

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ
ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

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

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**для лабораторних і самостійної робіт
з освітньої компоненти**

«ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ»

**Розділ
РЕЙКОВІ КОЛА**

Харків 2025

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів 1 вересня 2025 р., протокол № 1.

Наведені завдання та методичні рекомендації для практичних робіт, виконання курсового та дипломного проєктування, а також рекомендації для самостійного вивчення відповідних розділів курсу.

Методичні вказівки призначені для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальностей 174 (G7) «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» і 273 (J7) «Залізничний транспорт», які вивчають освітню компоненту «Технічні засоби автоматизації» усіх форм здобуття освіти.

Укладачі:

доценти С. О. Змій,
О. В. Щебликіна,
старш. викл. О. В. Лазарєв

Рецензент

доц. Н. А. Корольова

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1. Дослідження апаратури класичних рейкових кіл	7
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2. Дослідження імпульсного РК постійного струму	9
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3. Дослідження кодового РК змінного струму частотою 50 Гц	18
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4. Дослідження РК змінного струму частотою 50 Гц із фазочутливим колійним приймачем типу ДСШ-12	25
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5. Дослідження РК змінного струму частотою 25 Гц із фазочутливим колійним приймачем типу ДСШ-13 і ДСШ-16	32
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6. Дослідження тонального рейкового кола (ТРК).....	40
Список літератури	49
Додаток А (обов'язковий).....	50
Додаток Б (довідковий)	51

ВСТУП

Метою методичних вказівок для лабораторних занять з освітньої компоненти «Технічні засоби автоматизації» є викладання порядку попередньої самостійної підготовки змісту і методики виконання лабораторних робіт. У методичних вказівках наведені контрольні запитання, що охоплюють усі аспекти поточного контролю знань з освітньої компоненти.

Роботи проводять у спеціалізованій лабораторії «Колійні датчики систем керування на залізничному транспорті» кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів. Повний курс лабораторних робіт (ЛР) складається з таких циклів:

- 1 Апаратура колійних датчиків.
- 2 Класичні рейкові кола (РК).

На першому занятті здобувачі повинні ознайомитися з правилами протипожежної безпеки (додаток А) і безпеки роботи з електрообладнанням із засвідченням підписом про ознайомлення та сприйняття в журналі виконання лабораторних робіт викладача, що постійно знаходиться в лабораторії.

Позааудиторні заняття складаються з визначення призначення РК, вивчення побудови РК, конструкції елементів, параметрів основних вузлів, методів регулювання РК, вимог щодо утримування РК, методики (алгоритму) виконання кожної конкретної роботи. При цьому **обов'язково** потрібно попередньо підготувати заготівку – звіт.

Допуск є перевіркою рівня підготовки здобувачів до виконання лабораторної роботи. Він складається з попередньої співбесіди з викладачем щодо питань, вивчених самостійно, і проходження тестування про готовність до виконання відповідної лабораторної роботи.

Виконують лабораторну роботу за наведеною окремо для кожної з робіт методикою. При цьому обов'язково дотримуватися правил безпеки

роботи з електрообладнанням. Лабораторні роботи виконують на макетах рейкових кіл (фізична модель РК), однією зі складових якого є штучна рейкова лінія (РЛ), що складається із Т-подібних ланок еквівалентної лінії зі змінним питомим опором ізоляції (рисунок В.1). Конкретна імітована довжина та можливі варіанти вибору опору ізоляції вказані в кожній лабораторній роботі окремо. Довжина РЛ встановлена перемикачами П1, а опір ізоляції – П2. Щоб вимкнути ланку, потрібно зашунтувати Z1 і Z2 перемикачем П1 і виставити R_I на клему ∞ . Слід пам'ятати, що рейкова лінія – це лінія з розподіленими параметрами. Тобто питомий опір ізоляції слід виставляти однаковий на всіх ланках лінії, що включені в довжину РЛ.

Наступний етап, що передуює захисту, складається із оформлення результатів дослідження, аналізу отриманих результатів математичного та фізичного моделювання, підготовки відповідей на контрольні запитання, які наведені після кожної лабораторної роботи, остаточного оформлення звіту для захисту.

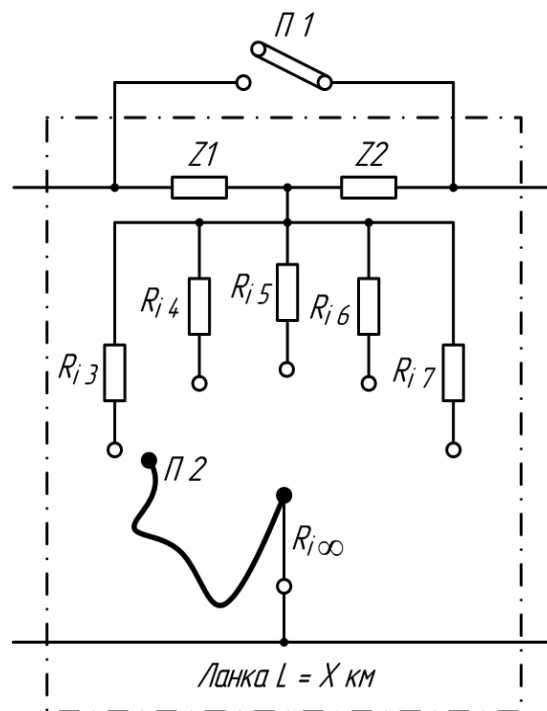


Рисунок В.1 – Штучна рейкова лінія

Звіт має містити дані вимірювань, графіки залежностей, потрібні для методики виконання, дані математичного моделювання.

Захист є співбесідою здобувача з викладачем із питань призначення та принципів побудови РК, конструкції елементів, методів регулювання та утримання РК, оцінювання результатів і характеру поведінки параметрів, що досліджували, а також, за необхідності, відповідей на контрольні запитання.

Можливий варіант тестування за допомогою ПЕОМ із тематики тих самих запитань.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

Дослідження апаратури класичних рейкових кіл

Мета роботи

Визначення призначення, вивчення будови, принципів функціонування, аналіз основних параметрів апаратури класичних рейкових кіл.

Програма виконання роботи

1 Повторити матеріал із курсу «Електротехніка та електричні машини» із таких питань:

- а) закони Кірхгофа та Ома;
- б) властивості індуктивності та ємності;
- в) резонанси струму та напруги;
- г) характеристики петлі гістерезису;
- д) принцип дії трансформатора.

2 Повторити матеріал із курсу «Теоретичні основи автоматики та телекерування» щодо принципів побудови та функціонування таких елементів залізничної автоматики:

- а) нейтральні реле;
- б) імпульсні реле;
- в) індукційні реле;
- г) трансмітери,

за такою схемою:

- назва;
- призначення та використання пристрою (функції, що виконує);
- конструкція;
- принцип дії пристрою;
- основні параметри.

3 Вивчити функції, конструкцію, теоретичні посилення та принцип дії дросель-трансформатора.

4 Вивчити функції, конструкцію, теоретичні посилення та принцип дії перетворювача частоти.

5 Побудувати залежність $Z_{\text{повн.}} = f(f)$ для схеми, що наведена на рисунку 1.1, на персональній електронно-обчислювальній машині в програмному середовищі для математичних розрахунків. Параметри приладів взяти з джерел [1, 4], ураховуючи, що $f = 0 \div 200$ Гц.

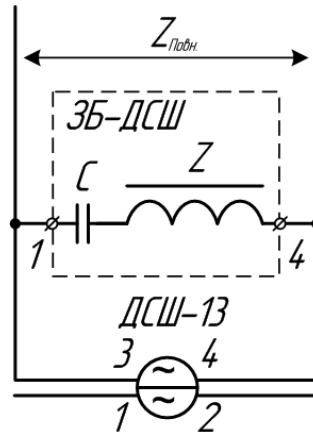


Рисунок 1.1 – Принципова схема підключення ЗБ-ДСШ

Контрольні запитання

Функції, конструкція, принцип дії, теоретичні обґрунтування та основні параметри:

- реле типу ІМШ;
- реле типу ДСШ;
- трансформаторів ПОБС, ПРТ;
- трансмітерів МТ, ККТ, БККТ;
- дросель-трансформаторів;
- перетворювачів частоти.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

Дослідження імпульсного РК постійного струму

Мета роботи

Вивчення будови, аналіз основних характеристик досліджуваного імпульсного рейкового кола постійного струму.

1 Опис робочого місця

Виконують роботу на лабораторній установці імпульсного РК, до якої входять:

1 Штучна рейкова лінія, що складається з п'яти Т-подібних ланок еквівалентної лінії по 500 м зі змінним питомим опором ізоляції R_I : 0,5; 1; 2; 5; 20 і ∞ Ом $\times$ км.

2 Випрямляч типу ВАК-14.

3 Імпульсне колійне (К) реле типу ІМШ-0,3.

4 Реостат обмежуючий R_O з опором 6 Ом.

5 Маятниковий трансмітер типу МТ-1.

6 Випрямляч типу ВАК-13 для живлення МТ.

7 Нормативний шунт $R_{ШН}$ з опором 0,06 Ом.

8 Вольтметр, що призначений для вимірювання напруги U_{Π} на початку РЛ (межі вимірювання $0 \div 1$ В).

9 Амперметр, що призначений для вимірювання струму I_{Π} на початку РЛ (межі вимірювання $0 \div 2$ А).

10 Вольтметр для вимірювання напруги U_R на колійному реле (колійному приймачу КП) (межі вимірювання $0 \div 2$ В).

11 Амперметр, що призначений для вимірювання струму I_R в обмотці колійного реле (межі вимірювання $0 \div 100$ мА).

Принципова схема імпульсного рейкового кола постійного струму наведена на рисунку 2.1, а відповідної лабораторної установки – на рисунку 2.2.

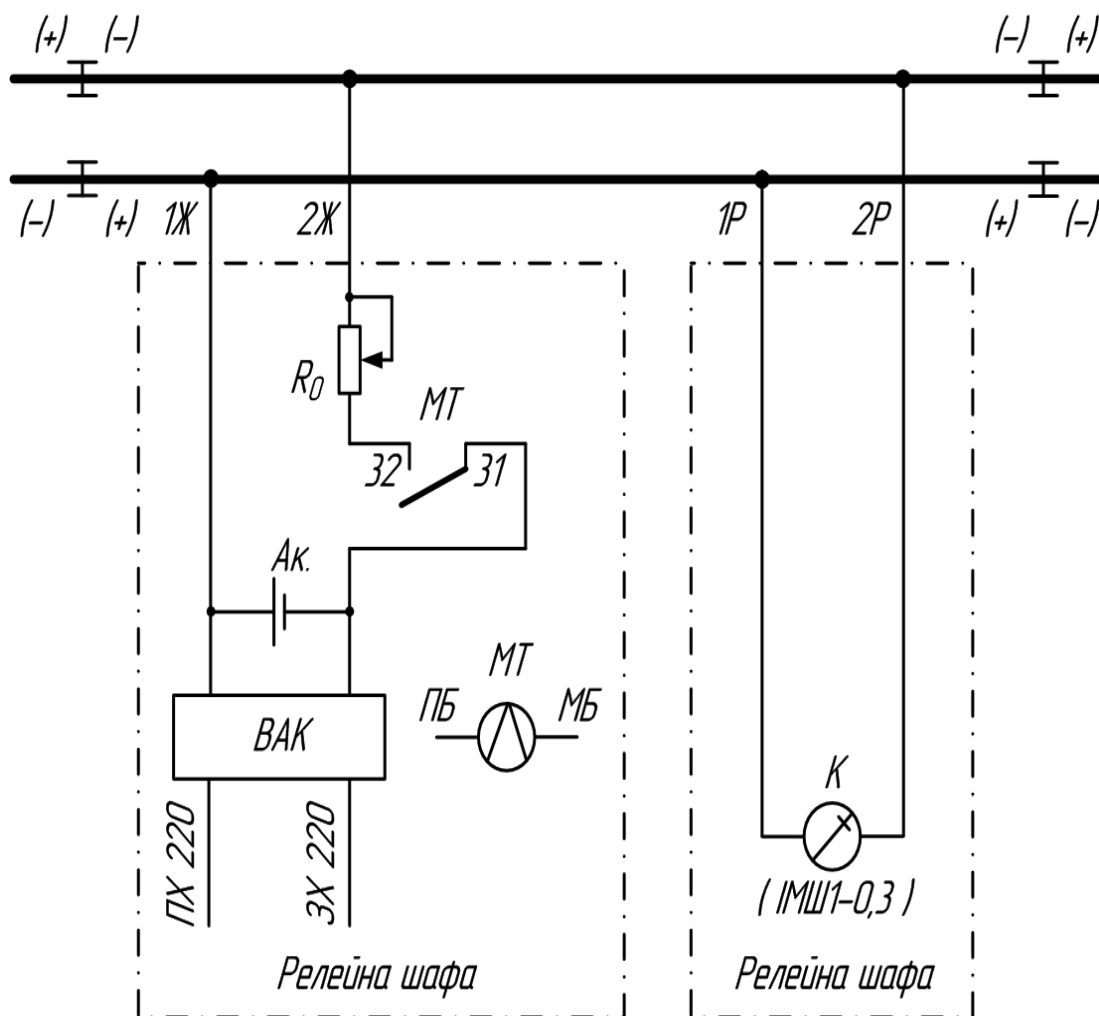


Рисунок 2.1 – Принципова схема імпульсного рейкового кола

Програма виконання роботи

1 Дослідження рейкового кола в нормальному режимі

1 Встановити еквівалентну довжину рейкового кола L зі значенням 2500 м та опір ізоляції $R_{I \text{ Min.}}$ зі значенням $1 \text{ Ом} \times \text{км}$.

2 Зашунтувати контакт 31-32 МТ перемичкою та, увімкнувши лабораторну установку, настроїти РК. Для цього, регулюючи реостатом R_0 , встановити на імпульсному колійному реле робоче значення напруги (струму) $U_P = 0,092 \text{ В}$ ($I_P = 0,308 \text{ А}$), тобто значення надійного спрацювання $U_{\text{Нсп.}}$. Зняти шунт із контакту 31-32 МТ, прослідити імпульсну роботу колійного приймача і знов зашунтувати контакт трансмітера для проведення подальших досліджень.

3 Дослідити залежності напруги U_{Π} і струму I_{Π} на початку рейкового кола, а також напруги і струму на колійному приймачі U_P і I_P від опору ізоляції рейкової лінії R_I за незмінних значень R_O і довжини. Результати вимірювань занести в таблицю 2.1

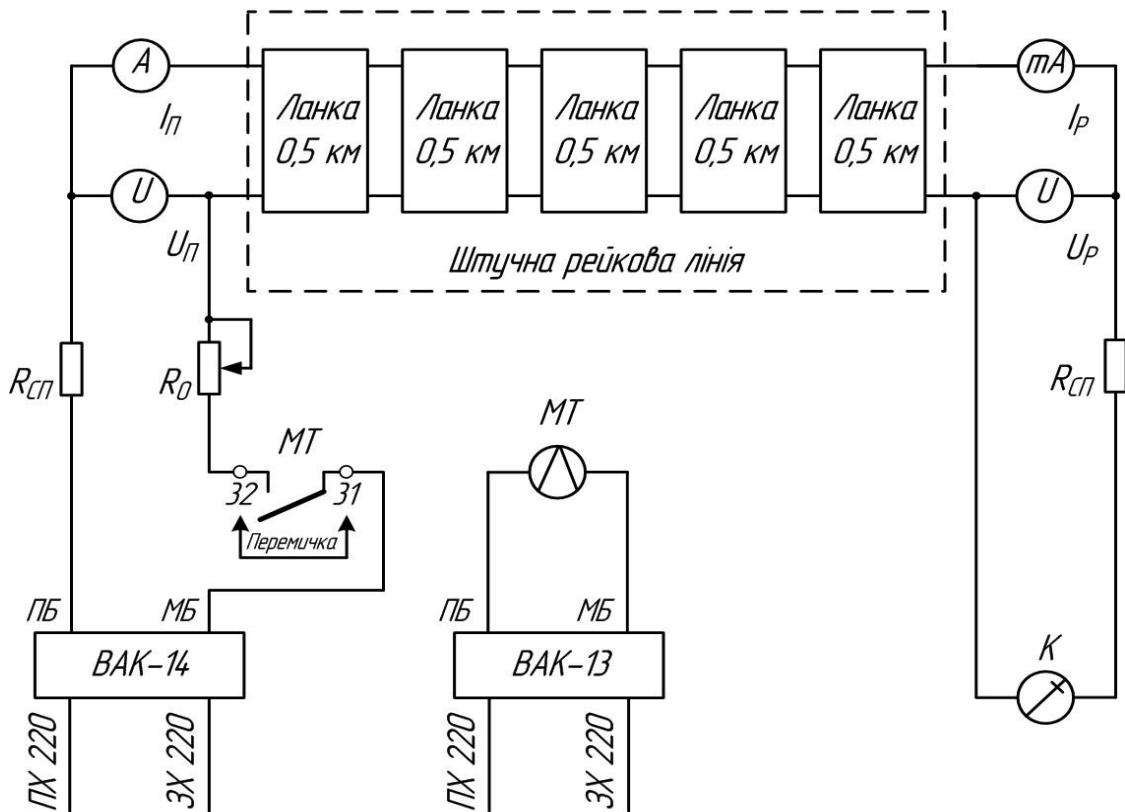


Рисунок 2.2 – Схема лабораторної установки

4 За даними таблиці побудувати такі залежності: $U_{\Pi} = f(R_I)$; $I_{\Pi} = f(R_I)$; $U_P = f(R_I)$; $I_P = f(R_I)$. Криві напруг і струмів будують в одних і тих самих координатних осях і одному масштабі відповідно.

5 Проаналізувати побудовані залежності і пояснити, чим визначений їхній характер.

6 Підготувати РК аналогічно пунктам 1 та 2 для довжини 1000 м. Налаштувати РК аналогічно пункту 3, ураховуючи, що робоча напруга на реле для мокрого баласту має бути більше від робочої напруги на 10 %, тобто $U_P = 1,1 \times U_P$ або $I_P = 1,1 \times I_P$.

7 Виміряти фактичну напругу на реле U_p для дуже мокрого баласту ($R_l = 0,5 \text{ Ом} \times \text{км}$), вологого баласту (слабкий дощ $R_l = 2 \text{ Ом} \times \text{км}$), сухого та слабо промерзлого баласту (осінь, заморозки $R_l = 5 \text{ Ом} \times \text{км}$), промерзлого ($R_l = 20 \text{ Ом} \times \text{км}$), сильно промерзлого баласту (R_l встановлено $\infty \text{ Ом} \times \text{км}$).

8 Пункти 6 і 7 повторити за довжини лінії 1500, 2000 та 2500 м. За даними вимірювань скласти регульовальну таблицю 2.2.

9 Вимкнути лабораторну установку.

10 Використовуючи дані таблиці 2.1, побудувати залежності $U_p = f(R_l)$ для відповідних довжин в одних і тих самих осях ординат і проаналізувати їх.

Таблиця 2.1

Параметр лінії		$U_p, \text{ В}$	$I_p, \text{ А}$	$U_p, \text{ В}$	$I_p, \text{ А}$
$R_l, \text{ Ом} \times \text{км}$	$L, \text{ м}$				
0,5	2500				
1					
2					
5					
20					
∞					

Таблиця 2.2

Довжина РЛ РК, м	Напруга на реле $U_p, \text{ В}$, за таких опорів баласту					
	0,5 $\text{Ом} \times \text{км}$	1 $\text{Ом} \times \text{км}$	2 $\text{Ом} \times \text{км}$	5 $\text{Ом} \times \text{км}$	20 $\text{Ом} \times \text{км}$	∞ $\text{Ом} \times \text{км}$
1000						
1500						
2000						
2500						

2 Дослідження рейкового кола в шунтовому режимі

Досліджувати шунтовий режим імпульсного РК у лабораторних умовах зручно за непрямим методом, за якого після накладення на рейкову лінію нормативного шунта $R_{\text{ШН}}$ виміряють залишкову напругу на колійному реле $U_{\text{РШ}}$ чи залишковий струм $I_{\text{РШ}}$. Шунтова чутливість буде надійною, якщо

$$U_{\text{РШ}} \leq U_{\text{ННСп}} \text{ або } I_{\text{РШ}} \leq I_{\text{ННСп}},$$

де $U_{\text{ННСп}}$ і $I_{\text{ННСп}}$ – напруга і струм надійного неспрацьовування імпульсного колійного реле.

Ступінь чутливості РК до шунта при цьому визначений коефіцієнтом шунтової чутливості до нормативного шунта

$$K_{\text{ШН}} = \frac{U_{\text{ННСп}}}{U_{\text{РШ}}} = \frac{I_{\text{ННСп}}}{I_{\text{РШ}}} \geq 1. \quad (2.1)$$

Досліджують РК у шунтовому режимі за двома варіантами.

Варіант 1. Дослідження залежності коефіцієнта шунтової чутливості від координати накладання шунта на рейкову лінію.

1 У РК, яке настроєне аналогічно нормальному режиму для довжини лінії 2500 м (пункти 1, 2), відключити опір витоку, тобто встановити $R_{\text{I Макс}}$. Увімкнути лабораторну установку.

2 Накладати послідовно нормативний шунт починаючи з релейного кінця рейкової лінії, а результати вимірювання залишкової напруги на реле в шунтовому режимі $U_{\text{РШ}}$ ($I_{\text{РШ}}$) вольтметром $U_{\text{Р}}$ ($I_{\text{Р}}$) занести до таблиці 2.3.

3 За формулою (2.1) розрахувати коефіцієнт шунтової чутливості $K_{\text{ШН}}$, приймаючи, що напруга надійного неспрацьовування $U_{\text{ННСп}}$ становить 0,069 В (струм надійного неспрацьовування $I_{\text{ННСп}} = 0,231$ А).

4 За даними таблиці побудувати криву залежності $K_{\text{ШН}} = f(X)$.

Таблиця 2.3

Номер з/п	Координата накладання шунта, км	Напруга на реле біля шунта $U_{рш}$, В	Коефіцієнт шунтової чутливості $K_{шн}$
1	$X=0$		
2	$X=1,0$		
3	$X=1,5$		
4	$X=2,0$		
5	$X=2,5$		

5 Виміряти напругу батареї $U_{бат.}$ на затискачах випрямляча, обчислити значення вхідного опору живильного кінця за формулою

$$R_{ж} = \frac{U_{бат.} - U_{п.}}{I_{п.}}$$

Значення напруги $U_{п.}$ і струму $I_{п.}$ на початку рейкової лінії беруть із таблиці 2.1.

6 Виміряти напругу і струм у кінці рейкової лінії, вважаючи, що $I_{к.}$ дорівнює $I_{р.}$ і визначити значення вхідного опору релейного кінця за формулою

$$R_{к.} = \frac{U_{к.}}{I_{к.}}$$

7 Зіставляючи значення опору $R_{п.}$ з опором $R_{к.}$, перевірити правильність одержання функції $K_{ш} = f(X)$, виходячи з таких закономірностей шунтового режиму РК:

- якщо $R_{п.} = R_{к.}$, то $K_{шп.} = K_{шр.}$;
- якщо $R_{п.} > R_{к.}$, то $K_{шп.} > K_{шр.}$;
- якщо $R_{п.} < R_{к.}$, то $K_{шп.} < K_{шр.}$.

8 Вимкнути лабораторну установку.

9 На підставі аналізу отриманих залежностей зробити висновок про значення коефіцієнта шунтової чутливості в цілому.

Варіант 2. Дослідження впливу опору ізоляції на шунтову чутливість РК.

1 Увімкнути лабораторну установку. У РК, яке настроєне аналогічно нормальному режиму для довжини лінії 2500 м (пункти 2, 3), встановити по черзі опір витоку, що відповідає питомим опорам ізоляції 0,5; 1; 2; 5, 20 і ∞ Ом $\times$ км і для кожного значення R_I визначити напругу і струм на реле – $U_{РШР}$, $I_{РШР}$, накладаючи шунт на релейному кінці, за вольтметром U_P і амперметром I_P .

2 Вимкнути лабораторну установку.

3 Визначити значення коефіцієнта шунтової чутливості на релейному кінці $K_{ШР}$. Результати занести до таблиці 2.4.

4 За формулою (2.1) розрахувати коефіцієнт шунтової чутливості $K_{ШН}$ (аналогічно пункту 3 варіанта 1).

5 За даними таблиці побудувати залежність $K_{ШР} = f(R_I)$.

6 Проаналізувати зазначену вище залежність і дати висновок про умови шунтування РК за різних значень R_I .

Таблиця 2.4

Номер з/п	R_I , Ом $\times$ км	$U_{РШР}$, В	$I_{РШР}$, А	$K_{ШР}$
1	0,5			
2	1			
3	2,5			
4	5			
5	20			
6	∞			

Порівняльний аналіз шунтової чутливості РК за імпульсного і неперервного режимів

1 Увімкнути лабораторну установку. У РК, яке настроєне аналогічно нормальному режиму для довжини лінії 2500 м (пункти 1, 2), встановити R_l значенням ∞ Ом $\times$ км і накласти нормативний шунт на живильний кінець.

2 Виміряти і занести до таблиці 2.5 величину струму $I_{ршж}$. Відзначити при цьому положення якоря імпульсного колійного реле (нормальне або перекинене).

3 Зняти перемичку з контактів 31-32 МТ і спостерігати за зміною положення якоря.

4 Знову зашунтувати контакти 31-32 МТ і накласти нормативний шунт на релейному кінці. У таблицю 2.6 занести значення струму $I_{ршр}$ і відзначити положення якоря.

5 Спостерігати за зміною положення якоря реле зі знятою перемичкою з контактів 31-32 МТ.

6 Вимкнути лабораторну установку.

7 За даними таблиць 2.5 і 2.6 визначити коефіцієнти шунтової чутливості $K_{шжн}$ і $K_{шрн}$ за неперервного живлення та $K_{шжі}$ і $K_{шрі}$ за імпульсного живлення, приймаючи струм надійного відпадиння якоря реле $I_{вн} = 0,12$ А, а струм надійного неспрацьовування $I_{ннсн} = 0,231$ А. Порівняти і пояснити результати.

Таблиця 2.5

Шунт на живильному кінці РК				
Положення якоря реле		$I_{ршж}$, А	$K_{шжн}$	$K_{шжі}$
Неперервний режим	Імпульсний режим			

Таблиця 2.6

Шунт на релейному кінці РК				
Положення якоря реле		$I_{ршр}, A$	$K_{шрн}$	$K_{шрі}$
Неперервний режим	Імпульсний режим			

Контрольні запитання

1 Назвіть сферу застосування, переваги та недоліки імпульсного рейкового кола.

2 Чому в імпульсному рейковому колі вища шунтова чутливість порівняно з рейковим колом із неперервним живленням (відповідь повинна мати пояснення у вигляді формул і графічних залежностей)?

3 Поясніть природу електрохімічного ефекту. Розкрийте суть методів боротьби з електрохімічним ефектом.

4 Яке призначення регулювальної таблиці?

5 Наведіть функції R_0 і розкрийте їхню суть.

6 Чому в імпульсному рейковому колі використано імпульсний приймач із низьким опором обмотки? Чому приймач не можна розташовувати на значній відстані від рейкової лінії?

7 Поясніть характер регулювальних характеристик за різної довжини рейкової лінії та різних $R_{із. \text{ мин.}}$ (відповідь проілюструвати залежностями, що отримані під час виконання лабораторної роботи).

8 Поясніть спосіб захисту в імпульсному рейковому колі від завад у разі короткого замикання ізолюючих стиків.

9 Як впливає опір ізоляції на нормальний режим (відповідь проілюструвати залежностями, що отримані під час виконання лабораторної роботи)?

10 Як впливає опір ізоляції на шунтовий режим (відповідь проілюструвати залежностями, що отримані під час виконання лабораторної роботи)?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

Дослідження кодового РК змінного струму частотою 50 Гц

Мета роботи

Вивчення будови та аналіз основних характеристик кодового рейкового (КРК) кола змінного струму частотою 50 Гц через його дослідження.

Опис робочого місця

Виконують роботу на лабораторній установці, до якої входять:

- 1 Штучна рейкова лінія, що складається із шести Т-подібних ланок еквівалентної довжини по 500 м зі змінним питомим опором ізоляції: 0,9; 2,5; 5; 10; 20 і ∞ Ом $\times$ км.
- 2 Лабораторний автотрансформатор ЛАТР-2.
- 3 Колійний трансформатор типу ПОБС-3А.
- 4 Реактор обмежуючий Z_O типу РОБС-3.
- 5 Конденсатор C_i , що призначений для гасіння іскри на контактах трансмітерного реле Т, ємністю 4 мкФ.
- 6 Блок конденсаторів колійних C_K 12 $\times$ 4 мкФ типу КБГ-МН.
- 7 Кодовий колійний трансмітер типу КПТШ-5 (КПТШ-7 або БКПТ).
- 8 Трансмітерна чарунка типу ТШ1-65В.
- 9 Захисний блок-фільтр типу ЗБФ-1.
- 10 Імпульсне колійне (К) реле типу ИМВШ-110.
- 11 Два дросель-трансформатори типу ДТ-0,6 з $n = 15$ і ДТ-0,2 з $n = 23$.
- 12 Вольтметр, що призначений для вимірювання напруги $U_{K \text{ Тр}}$ на колійному трансформаторі (межі вимірювання 0 ÷ 300 В).
- 13 Амперметр, що призначений для вимірювання струму $I_{K \text{ Тр}}$ колійного трансформатора (межі вимірювання 0 ÷ 5 А).

14 Амперметр, що призначений для вимірювання струму $I_{д\ дт}$ у додатковій обмотці дроселя-трансформатора ДТ-0,6 на живильному кінці (межі вимірювання $0 \div 10\text{ А}$).

15 Амперметр, що призначений для вимірювання струму $I_{СК}$ у кільці конденсаторів C_K (межі вимірювання $0 \div 10\text{ А}$).

16 Амперметр, що призначений для вимірювання струму $I_{АЛСН}$ у рейках (межі вимірювання $0 \div 5\text{ А}$).

17 Цифровий вольтметр, що призначений для вимірювання напруги U_P на колійному реле (колійному приймачі КП).

18 Нормативний шунт $R_{ШН}$ опором $0,06\text{ Ом}$.

Схема КРК частотою сигнального струму 50 Гц для ділянок з електротягою постійного струму наведена на рисунку 3.1, а відповідної лабораторної установки – на рисунку 3.2.

Програма виконання роботи

1 Регулювання кодового рейкового кола

Відпрацьовувати методику з регулювання РК потрібно в такій послідовності.

1 Зібрати схему РК довжиною 2000 м , встановити мінімальний опір ізоляції рейкової лінії $R_{I\ \text{мін}} = 0,9\text{ Ом}\times\text{км}$.

2 Накласти перемичку на контакти 11-12 реле Т. Встановити $C_{K1(2)}$ ємністю 20 мкФ . Увімкнути лабораторну установку і за допомогою ЛАТР встановити в нормальному режимі напругу на реле $U_P\ 4\text{ В}$. Змінюючи C_2 , через кожні 4 мкФ настроїти живильний кінець у резонанс. Ознаками резонансу будуть мінімальне значення струму $I_{K\ \text{тр}}$, максимальне значення та рівність струмів $I_{СК}$ і $I_{д\ дт}$ і максимум напруги на реле.

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

4 Зняти нормативний шунт і, підбираючи параметри резисторів $R_1\text{--}R_3$ у ЗБФ за незмінного положення ЛАТР, встановити на колійному реле значення напруги, яке близьке до $3,85\text{ В}$.

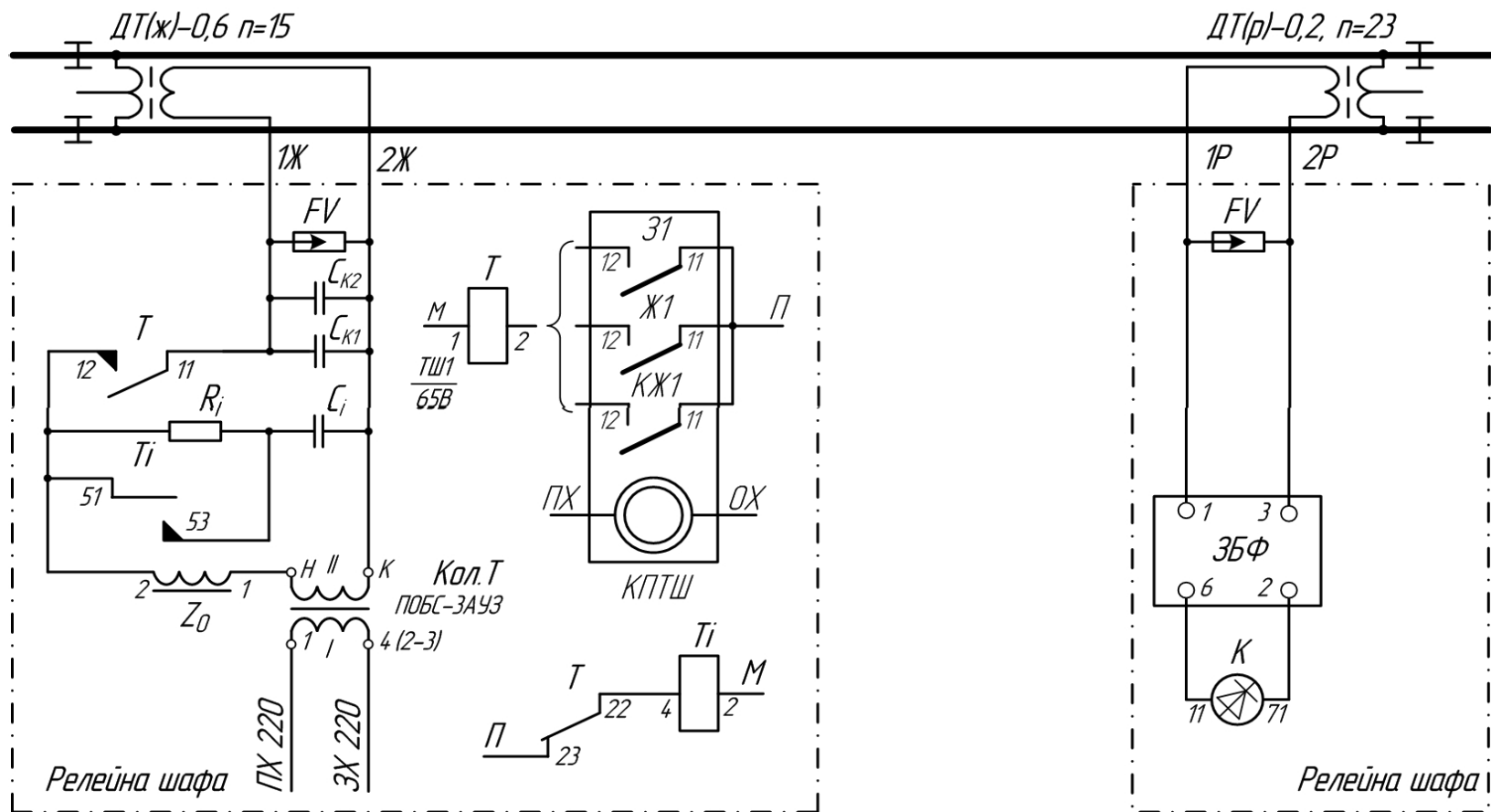
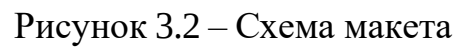


Рисунок 3.1 – Принципова схема рейкового кола

Таблиця 3.1

L, м	$R_{ЗБ\Phi}$, Ом	C_K , мкФ	$U_{K\text{ Тр}}$, В	$I_{K\text{ Тр}}$, А	S, ВА	$I_{ДДТ}$, А	U_R , В	$I_{АЛСН}$, А	$U_{P\infty}$, В	I_{K3} , А	S_{K3} , ВА	$I_{АЛСН\infty}$, А	$U_{PШЖ}$, В	$U_{PШР}$, В



5 За допомогою ЛАТР додатково відрегулювати напругу на реле до значення надійного спрацювання 3,85 В і зафіксувати нові значення $U_{K\text{ Тр}}$, $I_{K\text{ Тр}}$, $I_{ДДТ}$, $I_{АЛСН}$, U_P , які записати в таблицю 3.1.

6 Зняти перемичку з контакту 11-12 реле Т і простежити роботу КРК за нормального режиму. Якщо колійне реле працює нормально, то перейти до перевірки функціонування РК в інших режимах, а за необхідності додатково відрегулювати.

7 Накласти перемичку на контакти 11-12 реле Т. Перевірити функціонування КРК у режимах шунтового, короткого замикання, а також АЛСН за умови $R_I = \infty \text{ Ом} \times \text{км}$. Встановити $R_{I\text{ Макс.}} = \infty \text{ Ом} \times \text{км}$ і за незмінних усіх інших параметрів РК, що зафіксовані в пункті 5, виміряти напругу перевантаження $U_{P\infty}$ на колійному реле. Накласти шунт $R_{ШН}$ на живильному кінці і зафіксувати струм короткого замикання $I_{KЗ}$ колійного трансформатора амперметром $I_{K\text{ Тр}}$, а також значення залишкової напруги $U_{PШЖ}$ на колійному реле.

8 Зняти шунт із живильного кінця, накласти його на релейний і зафіксувати струм АЛСН $I_{АЛСН\infty}$ за $R_{I\text{ Макс.}}$, а також значення залишкової напруги $U_{PШР}$ на колійному реле. Простежити реакцію реле на шунт.

9 Вимкнути лабораторну установку.

Якщо зафіксовані значення досліджуваних параметрів $U_{P\infty}$, $I_{KЗ}$, $I_{АЛСН\infty}$, $S_{KЗ} = U_{K\text{ Тр}} \times I_{KЗ}$, $U_{PШЖ}$ і $U_{PШР}$ задовольняють припустимі норми, то додаткове регулювання КРК не потрібне, і РК вважають відрегульованим. В іншому випадку з'ясовують причини порушення нормальної роботи РК і після усунення несправностей додатково регулюють із перевіркою роботи РК у всіх основних режимах, що досліджують.

Припустимими нормами вимірюваних величин для КРК є $U_{P\infty} \leq 12 \text{ В}$; $I_{KЗ} \leq 1,21 \text{ А}$; $I_{АЛСН\infty} \leq 5 \text{ А}$; $S_{KЗ} \leq 500 \text{ ВА}$; $U_{PШЖ} = U_{PШР} \leq K_{НП} \times U_P = 0,7 \times 3,85 = 2,7 \text{ В}$.

Зафіксовані значення в процесі досліджень занести в таблицю 3.1 і проаналізувати отримані результати.

2 Дослідження впливу ємності конденсатора C_K на роботу КРК

1 Зібрати КРК довжиною 2000 м за умови $R_{I \text{ Мін.}} = 0,9 \text{ Ом} \times \text{км}$, встановити значення опорів $R1-R3$ у блоці ЗБФ, що отримані в пункті 4, і накласти перемичку на контакти 11–12 реле Т.

2 Відключити C_K , ввімкнути лабораторну установку і встановити на реле $U_P = 3,85 \text{ В}$. Зафіксувати при цьому значення $U_{K \text{ Тр.}}$, $I_{K \text{ Тр.}}$ і $I_{Д \text{ ДТ.}}$. Накласти шунт на живильний кінець, фіксуючи при цьому струм короткого замикання I_{K3} колійного трансформатора амперметром $I_{K \text{ Тр.}}$. Показання приладів занести і таблицю 3.2. Вимкнути живлення.

3 Повторити пункт 2 для значень ємності C_K від 4 до 48 мкФ через кожні 4 мкФ, щоразу встановлюючи $U_P = 3,85 \text{ В}$. Усі дані вимірювань занести в таблицю 3.2.

4 Вимкнути лабораторну установку.

5 За даними вимірювань і розрахунків побудувати графіки залежностей $S = f(C_K)$, $I_{Д \text{ ДТ.}} = f(C_K)$, $S_{K3} = f(C_K)$ і проаналізувати їх.

Таблиця 3.2

L, м	$R_{I \text{ Мін.}},$ Ом $\times$ км	$C_2,$ мкФ	$U_P,$ В	$U_{K \text{ Тр.}},$ В	$I_{K \text{ Тр.}},$ А	$S_{K \text{ Тр.}},$ ВА	$I_{Д \text{ ДТ.}},$ А	$I_{K3},$ А	$S_{K3},$ ВА
2000	0,9	0							
		4							
		8							
		12							
		16							
		20							
		24							
		28							
		32							
		36							
		40							

3 Дослідження залежності напруги на реле від опору ізоляції

- 1 Зібрати КРК довжиною 2000 м, встановити значення C_K і R_1 – R_3 у блоці ЗБФ, що отримані в пункті 4.
- 2 Встановити $R_{I \text{ мін}} = 0,9 \text{ Ом} \times \text{км}$, увімкнути лабораторну установку та за допомогою ЛАТР встановити на реле $U_P = 3,85 \text{ В}$.
- 3 Не змінюючи напруги $U_{K \text{ тр}}$, виміряти і занести в таблицю 3.3 напругу на реле U_P за таких значень R_I : 2,5; 5; 10; 20 і $\infty \text{ Ом} \times \text{км}$.
- 4 Вимкнути лабораторну установку.
- 5 За даними вимірювань побудувати графік залежності $U_P = f(R_I)$ і проаналізувати отримані результати.

Таблиця 3.3

R_I , $\text{Ом} \times \text{км}$	0,9	2,5	5,0	10	20	∞
U_P , В						

Контрольні запитання

- 1 Чому у КРК, що досліджували, на живильному кінці використовують ДТ-0,6, а на релейному кінці ДТ-0,2?
- 2 У якій послідовності виконують передпускове регулювання КРК?
- 3 Визначити сферу застосування КРК.
- 4 Які функції виконує КРК?
- 5 Які переваги і недоліки КРК?
- 6 Яке призначення, принцип роботи і конструкція захисного блок-фільтра ЗБФ?
- 7 Яке призначення реактора РОБС?
- 8 Яке призначення конденсатора, що паралельно підключений до додаткової обмотки ДТ (відповідь проілюструвати векторними діаграмами та залежностями, що отримані під час виконання лабораторної роботи)?
- 9 Як реалізовано в КРК 50 Гц безпосередній зв'язок нормального режиму і режиму АЛС?
- 10 Яка гранична довжина КРК і за якими критеріями її визначають?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

Дослідження РК змінного струму частотою 50 Гц із фазочутливим колійним приймачем типу ДСШ-12

Мета роботи

Вивчення будови та аналіз основних характеристик станційного двониткового рейкового кола змінного струму частотою 50 Гц із фазочутливим колійним приймачем (ФЧП) типу ДСШ-12 через його дослідження.

Опис робочого місця

Виконують роботу на лабораторній установці, до якої входять:

- 1 Штучна рейкова лінія, що складається з чотирьох Т-подібних ланок еквівалентної лінії, дві з яких довжиною 250 м, а дві інші – 500 м зі змінним питомим опором ізоляції: 0,9; 2,5; 5; 10; 20; ∞ Ом $\times$ км.
- 2 Колійний трансформатор типу ПОБС-3А.
- 3 Лабораторний автотрансформатор ЛАТР-2.
- 4 Колійне (К) реле типу ДСШ-12.
- 5 Блок конденсаторів обмежуючих C_O 20 мкФ (5 $\times$ 4 мкФ).
- 6 Чотири змінних обмежуючих резистори R_O по 14 Ом.
- 7 Додатковий резистор R_D з опором 47 Ом.
- 8 Релейний конденсатор C_P із ємністю 4 мкФ.
- 9 Амперметр змінного струму, що призначений для вимірювання струму колійного трансформатора $I_{K\ tr}$ (межі вимірювання 0 ÷ 5 А).
- 10 Вольтметр змінного струму, що призначений для вимірювання напруги на колійному трансформаторі $U_{K\ tr}$ (межі вимірювання 0 ÷ 300 В).
- 11 Цифровий вольтметр змінного струму, що призначений для вимірювання напруги на колійному реле (колійному приймачі КП) U_P (межі вимірювання 0 ÷ 30 В).
- 12 Нормативний шунт $R_{шн}$ опором 0,06 Ом.

13 Фазометр, що призначений для вимірювання фазових співвідношень на колійному реле.

Схема станційного двониткового РК змінного струму частотою 50 Гц із ФЧП типу ДСШ-12 для ділянок з електротягою постійного струму наведена на рисунку 4.1, а відповідної лабораторної установки – на рисунку 4.2.

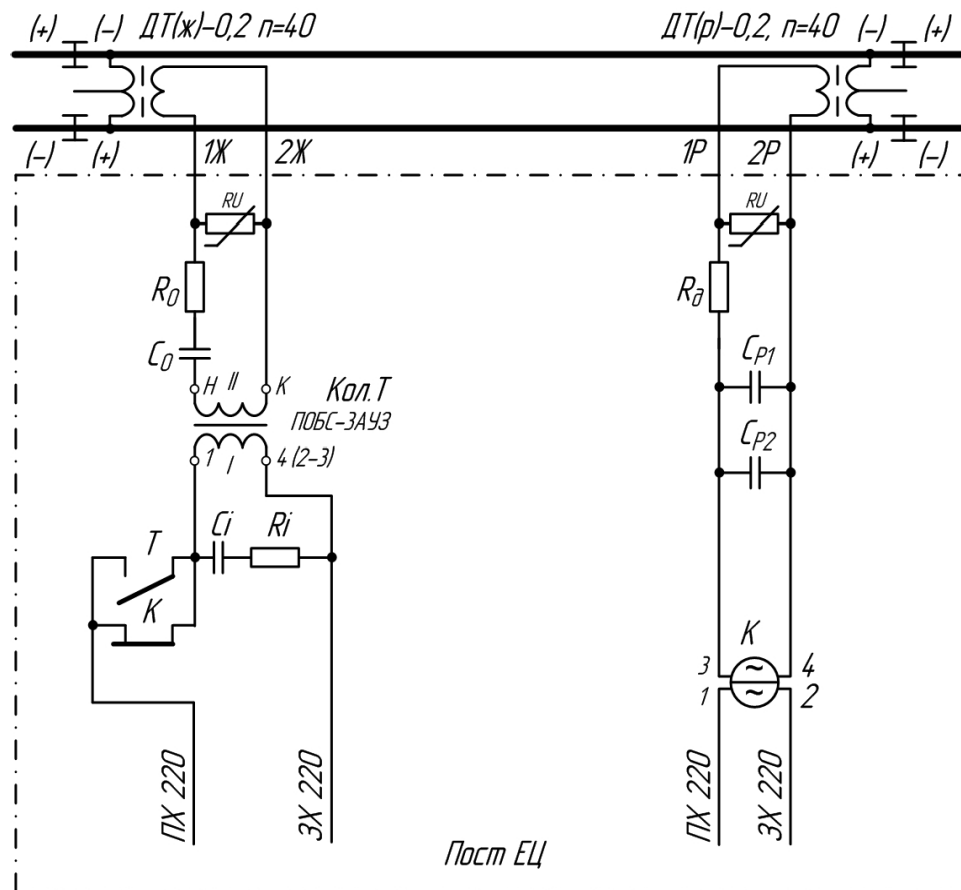


Рисунок 4.1 – Принципова схема рейкового кола

Програма виконання роботи

1 Дослідження впливу ємності конденсатора C_0 на потужність, що споживана РК за нормального режиму і режиму короткого замикання, а також на фазові співвідношення у ФЧП

1 Встановити довжину рейкової лінії 1250 м і питомий опір ізоляції $R_i = 0,9 \text{ Ом} \times \text{км}$.

2 Встановити ємність конденсатора $C_0 = 12 \text{ мкФ}$.

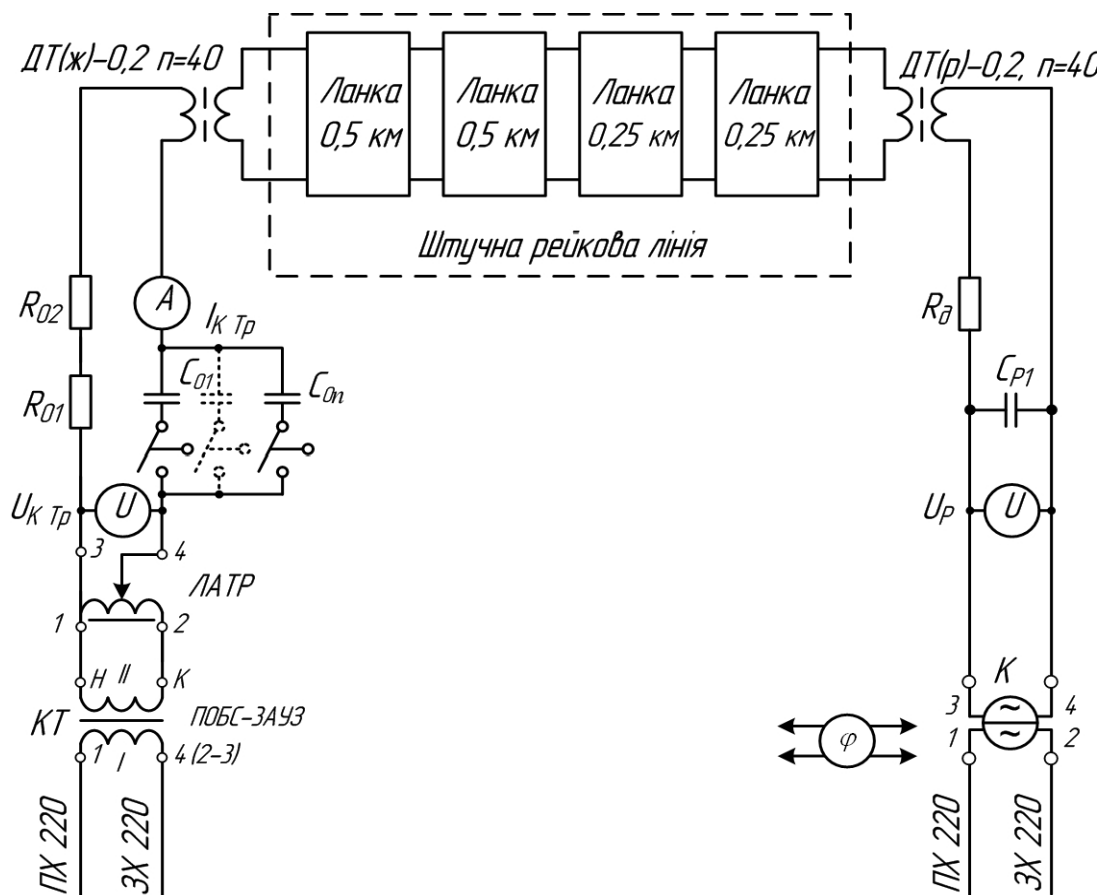


Рисунок 4.2 – Схема макета

3 Увімкнути лабораторну установку та за допомогою ЛАТР встановити на колійній обмотці реле ДСШ-12 напругу надійного спрацювання 14 В.

4 Виміряти значення $U_{K\ TP}$, $I_{K\ TP}$, U_p і фазового кута α_p між напругами U_p і U_{ME} (місцевий елемент), обчислити кут розстроювання реле β_p і $1/\cos \beta_p$:

$$\beta_p = \alpha_p - \alpha_1,$$

де α_p – кут фазових співвідношень у реле між векторами напруг колійної і місцевої обмоток;

α_1 – ідеальний кут між векторами цих напруг.

Дані вимірів і обчислень занести в таблицю 4.1.

5 Накласти нормативний шунт $R_{\text{шн}}$ на рейкову лінію на живильному кінці, виміряти струм короткого замикання $I_{\text{кз}}$ амперметром $I_{\text{к тр}}$ і занести в таблицю 4.1.

6 Повторити вимірювання з пунктів 2–5 для таких значень C_0 : 20, 16, 8, 4 мкФ і без ємності C_0 .

7 Вимкнути лабораторну установку.

8 За отриманим даними визначити уявні потужності нормального режиму S і режиму короткого замикання $S_{\text{кз}}$.

9 Побудувати графіки залежностей $S = f(C_0)$, $S_{\text{кз}} = f(C_0)$, $U_{\text{р}} = f(C_0)$, $\beta_{\text{р}} = f(C_0)$, надати письмово висновки і вибрати оптимальне значення ємності за уявною потужністю нормального режиму та короткого замикання з урахуванням припустимого кута розстроювання реле $\beta_{\text{р}}$.

Таблиця 4.1

C_0 , мкФ	U , В	I , А	S , ВА	$I_{\text{кз}}$, А	$S_{\text{кз}}$, В А	$U_{\text{р}}$, В	$\alpha_{\text{р}}$, град	$\beta_{\text{р}}$, град	$\frac{1}{\cos \varphi_{\text{р}}}$
0									
4									
8									
12									
16									
20									
24									

2 Дослідження впливу опору ізоляції на фазові співвідношення в колійному приймачі

1 У РК довжиною 1250 м встановити питомий опір ізоляції $R_{\text{і}} = 0,9 \text{ Ом} \times \text{км}$.

2 Увімкнути $C_0 = 12 \text{ мкФ}$.

3 Увімкнути лабораторну установку і встановити на реле напругу надійного спрацювання 14 В.

4 Виміряти напругу на реле U_P і фазовий кут між напругами U_P і U_{ME} (місцевий елемент), обчислити кут розстроювання реле. Дані вимірювань і обчислень занести в таблицю 4.2.

5 Не змінюючи напругу на колійному трансформаторі, повторити вимірювання для значень опорів ізоляції 2,5; 5; 10; 20 та ∞ Ом $\times$ км. Дані занести в таблицю 4.2.

6 Вимкнути лабораторну установку.

7 Побудувати залежності $U_P = f(R_I)$ і $\beta_P = f(R_I)$, проаналізувати їх і зробити висновок про характер впливу опору ізоляції на роботу колійного приймача за нормального режиму.

Таблиця 4.2

R_I , Ом $\times$ км	U_P , В	α_P , град	β_P , град	Положення сектора
0,9				
2,5				
5				
10				
20				
∞				

3 Дослідження РК в шунтовому режимі

1 У РК довжиною 1250 м встановити питомий опір ізоляції

$R_I = 0,9$ Ом $\times$ км.

2 Увімкнути $C_O = 12$ мкФ.

3 Увімкнути лабораторну установку і встановити на реле напругу надійного спрацювання 14 В.

4 Встановити $R_I = \infty$ Ом $\times$ км і перевірити шунтову чутливість на живильному і релейному кінцях РК. Для цього необхідно по черзі на обох кінцях рейкової лінії накласти нормативний шунт $R_{шн}$.

5 Виміряти залишкову напругу на колійному елементі реле вольтметром $U_{P\infty}$, а також фазовий зсув між цією напругою і напругою

місцевого елемента U_{ME} , визначити кути розстроювання $\beta_{РШЖ}$ й $\beta_{РШР}$. Дані вимірювань і обчислень занести в таблицю 4.3.

6 Відзначити положення сектора реле зашунтованого РК і розрахувати коефіцієнти шунтової чутливості, користуючись співвідношеннями

$$K_{ШЖ} = \frac{U_{РВ}}{U'_{РШЖ}},$$

$$K_{ШР} = \frac{U_{РВ}}{U'_{РШР}},$$

де $U_{РВ}$ – напруга відпускання реле ДСШ-12 (паспортне значення 6,3 В);

$U'_{РШЖ} = U_{РШЖ} \times \cos(\beta_{РШЖ})$ і $U'_{РШР} = U_{РШР} \times \cos(\beta_{РШР})$ – приведені залишкові напруги на реле з урахуванням кутів розстроювання.

7 Вимкнути лабораторну установку.

8 Проаналізувати роботу РК у шунтовому режимі та визначити вплив на критерії кута розстроювання колійного приймача.

Таблиця 4.3

Шунт на живильному кінці				Шунт на релейному кінці			
$U_{РШЖ}$, В	$\beta_{РШЖ}$, град	$K_{ШЖ}$	Положення сектора	$U_{РШР}$, В	$\beta_{РШР}$, град	$K_{ШР}$	Положення сектора

Контрольні запитання

1 Поясніть, чому в РК, що досліджували, немає пристроїв захисту від вад тягового струму та необхідно дотримуватися фазових співвідношень.

2 Назвіть функції C_O і принципи їх реалізації. Чи можна змінювати в процесі регулювання РК величину ємності C_O на живильному кінці РК (відповідь проілюструвати залежностями, що отримані під час виконання лабораторної роботи)?

3 Назвіть функції R_O і принципи їх реалізації (відповідь проілюструвати теоретичними залежностями).

4 Назвіть функції C_P і принципи їх реалізації.

5 Поясніть, чому в РК, що досліджували, виконується нерівність $S_{KЗ} < S_{НР}$.

6 Поясніть призначення та принципи реалізації фазового контролю ізолюючих стиків.

7 Наведіть векторну діаграму роботи РК і покажіть на ній, як впливає опір ізоляції на фазові співвідношення (відповідь проілюструвати залежностями, що отримані під час виконання лабораторної роботи).

8 Поясніть призначення поправочного коефіцієнта.

9 Як регулюють РК за нормального режиму?

10 Чому в процесі експлуатації не можна змінювати коефіцієнти трансформації дросель-трансформаторів?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

Дослідження РК змінного струму частотою 25 Гц із фазочутливим колійним приймачем типу ДСШ-13 і ДСШ-16

Мета роботи

Вивчення будови та аналіз основних характеристик станційного двониткового РК змінного струму частотою 25 Гц із ФЧП типу ДСШ-13 через його дослідження та порівняння з аналогічним РК із ДСШ-16.

Опис робочого місця

Виконують роботу на лабораторній установці, до якої входять:

- 1 Штучна рейкова лінія, що складається з чотирьох Т-подібних ланок еквівалентної лінії, по дві довжиною 250 та 500 м, зі змінним питомим опором ізоляції 0,5; 1; 2,5; 20 і ∞ Ом $\times$ км.
- 2 Два дросель-трансформатори типу ДТ-1-150.
- 3 Колійний (КТ) та ізолюючий (ІТ) трансформатори типу ПРТ-А.
- 4 Блок для двофазового живлення РК, що складається з двох перетворювачів частоти ПЧ-50/25-150 і двох реле ДСШ-13 прямої та зворотної фази (рисунок 5.1).
- 5 Резистор колійний R_K з опором 2,2 Ом.
- 6 Захисний блок (ЗБ) типу ЗБ-ДСШ.
- 7 Колійні реле типу ДСШ-13 (К1) і ДСШ-16 (К2).
- 8 Нормативний шунт $R_{шн}$ з опором 0,06 Ом.
- 9 Лабораторний автотрансформатор ЛАТР-2.
- 10 Тумблер Т для перемикання зі схеми з ДСШ-13 на схему з ДСШ-16.
- 11 Резистор релейний R_P з опором 1,1 Ом для схеми з ДСШ-16.
- 12 Амперметр змінного струму, що призначений для вимірювання струму колійного трансформатора $I_{КТр}$ (межі вимірювання 0 ÷ 6 А).

16 Фазометр для вимірювання фазових співвідношень у колійному реле. Для порівняльного аналізу схеми станційних двониткових РК змінного струму частотою 25 Гц для ділянок з електротягою змінного струму з ФЧП типу ДСШ-13 і ДСШ-16 наведені відповідно на рисунках 5.2 і 5.3. Схема відповідної лабораторної установки наведена на рисунку 5.4.

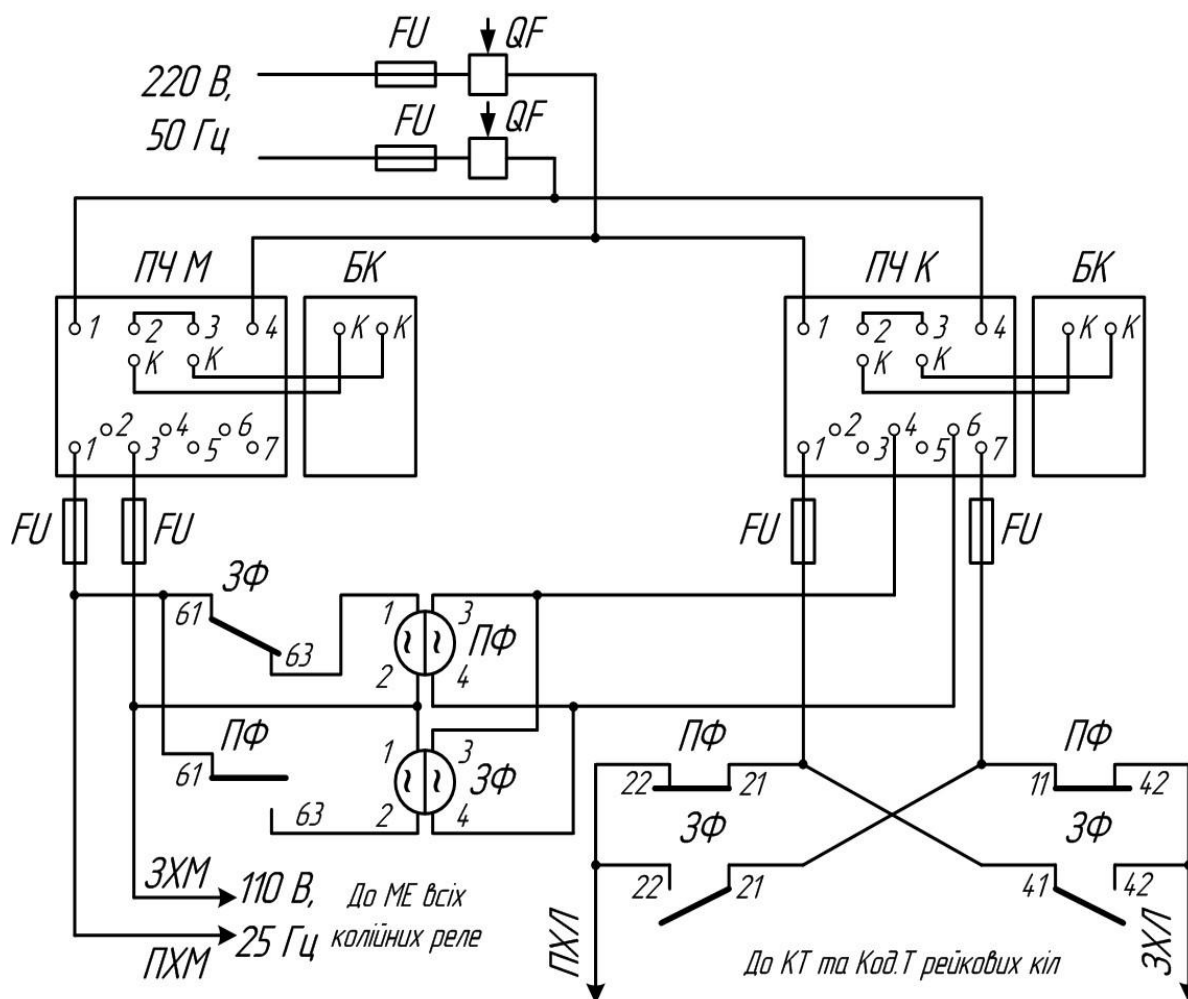
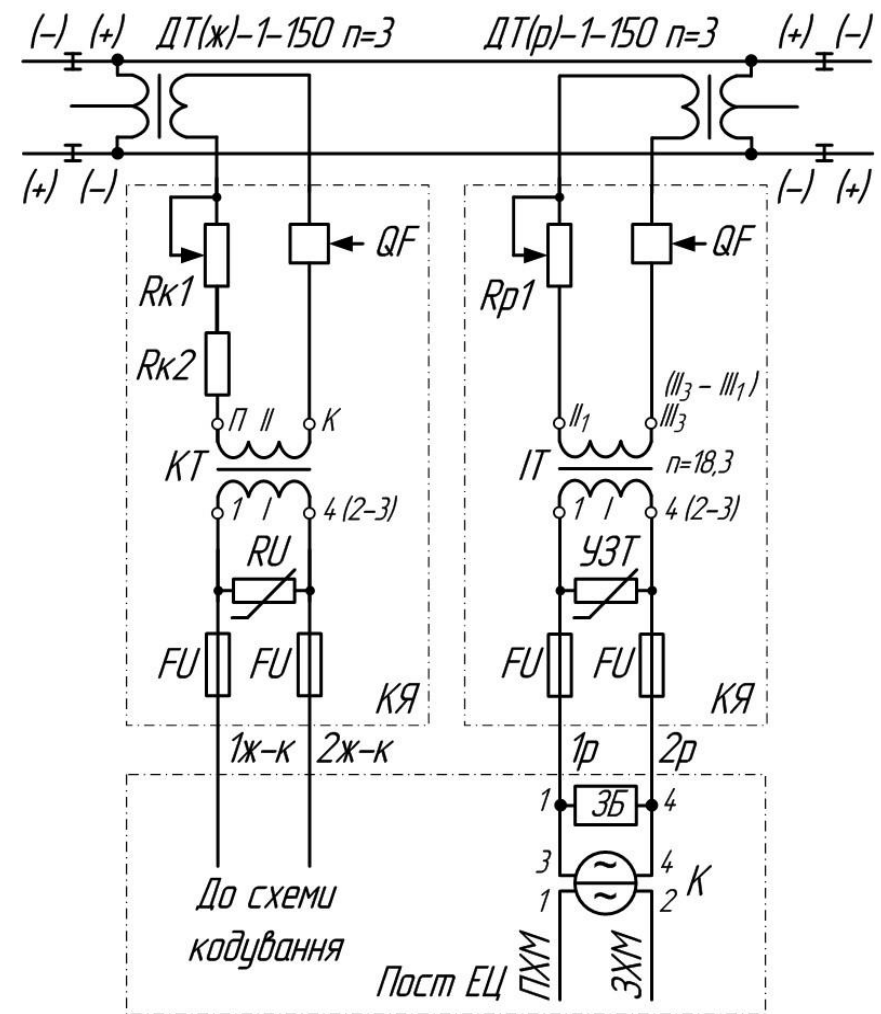
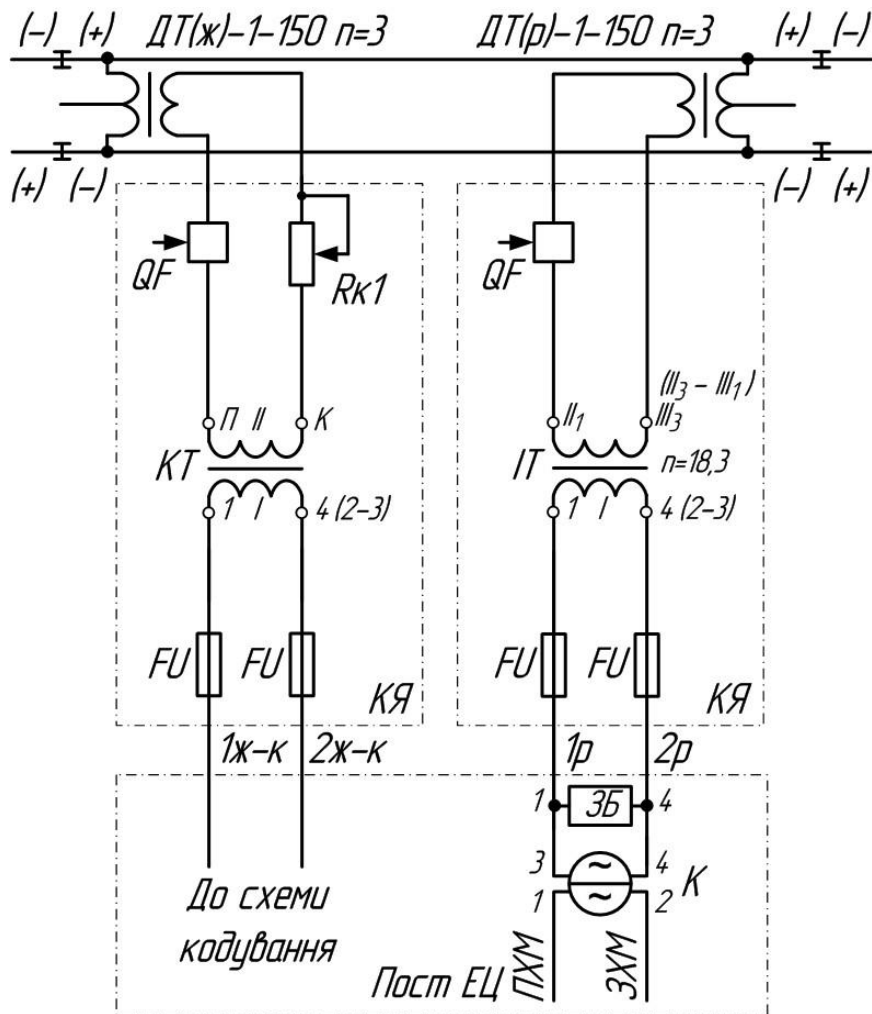


Рисунок 5.1 – Принципова схема блока для двофазного живлення РК



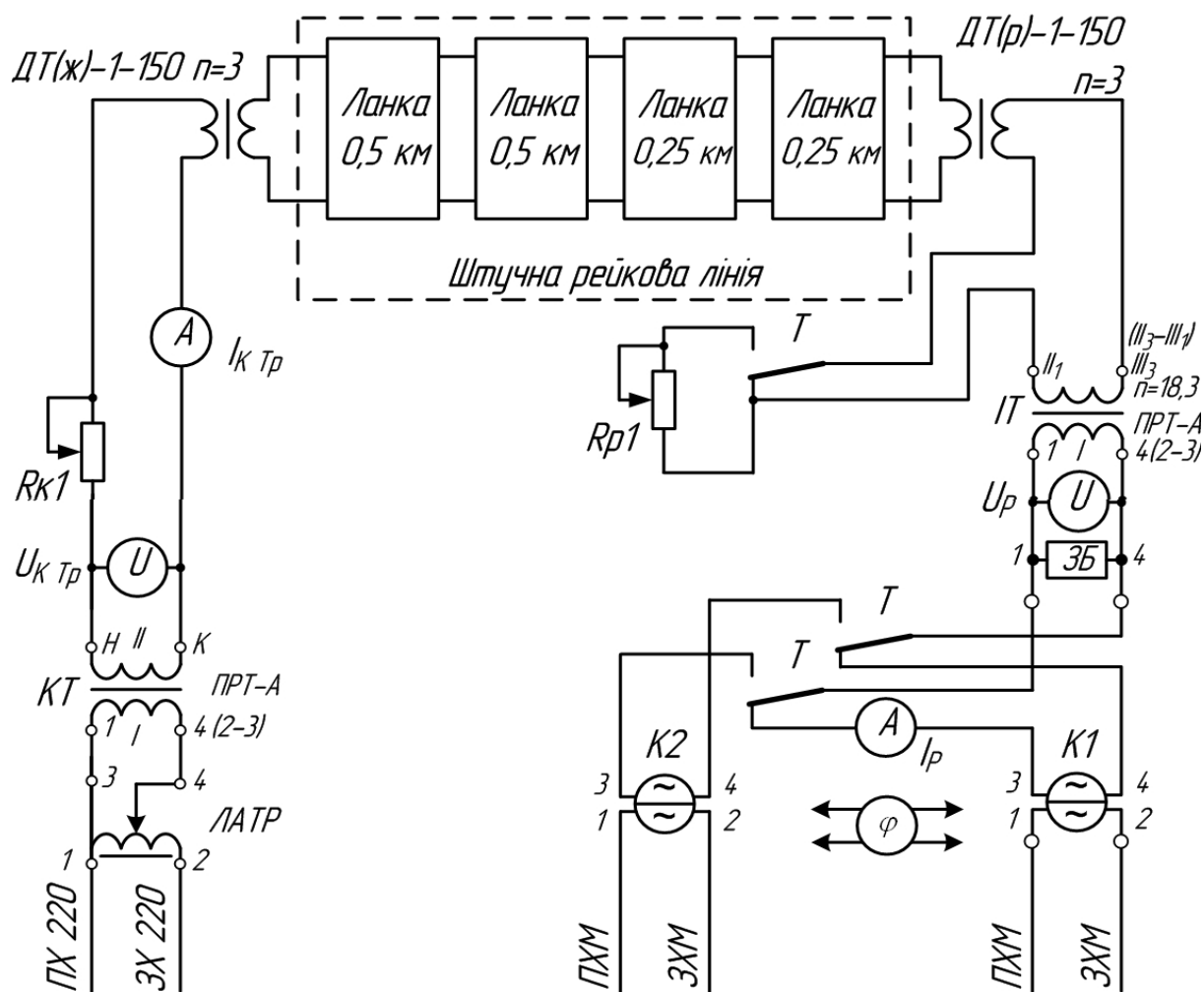


Рисунок 5.4 – Схема макета

Програма виконання роботи

1 Дослідження РК за нормального режиму

1 Встановити довжину рейкової лінії 1000 м із мінімальним питомим опором ізоляції $R_l = 1 \text{ Ом} \times \text{км}$.

2 Увімкнути лабораторну установку та за допомогою ЛАТР встановити на колійній обмотці реле ДСШ-13 напругу надійного спрацювання 15 В.

3 Виміряти напругу $U_{K \text{ ТР}}$ і струм $I_{K \text{ ТР}}$ живильного трансформатора, а також напругу на реле U_p і фазові співвідношення в ньому.

4 Не змінюючи довжини рейкової лінії і значення живлячої напруги на трансформаторі КТ, виміряти $U_{K \text{ ТР}}$, $I_{K \text{ ТР}}$, U_p за таких значень R_l : 0,5; 2,5; 5; 20 і $\infty \text{ Ом} \times \text{км}$. Дані вимірювань занести в таблицю 5.1.

5 Вимкнути лабораторну установку.

Таблиця 5.1

R_L , Ом×км	$U_{K\text{ Тр.}}$, В	$I_{K\text{ Тр.}}$, А	S , ВА	U_P , В	α_P , град	β_P , град
0,5						
1,0						
2,5						
5,0						
20						
∞						

6 За отриманим даними визначити уявну потужність нормального режиму S , а також обчислити кут розстроювання, виходячи з виразу

$$\beta_P = \alpha_P - \alpha_L,$$

де α_P – кут фазових співвідношень у реле між векторами напруг колійної і місцевої обмоток;

α_L – ідеальний кут між векторами цих напруг за двофазної системи живлення, що дорівнює 90° .

7 Побудувати графіки залежностей $I_{K\text{ Тр.}} = f(R_L)$, $S = f(R_L)$, $U_P = f(R_L)$, $\beta_P = f(R_L)$ і проаналізувати їх.

8 Повторити вимірювання для пунктів 1–3 за незмінного $R_L = 1$ Ом×км і довжини рейкової лінії РК з такими значеннями: 750, 500 і 250 м. Дані вимірювань занести в таблицю 5.2.

9 Вимкнути лабораторну установку.

10 За отриманим даними обчислити S і β_P , побудувати графіки залежностей $U_{K\text{ Тр.}} = f(L)$, $I_{K\text{ Тр.}} = f(L)$, $S = f(L)$, $\beta_P = f(L)$ і проаналізувати їх.

Таблиця 5.2

L, м	U _{К Тр.} , В	I _{К Тр.} , А	S, ВА	U _Р , В	φ _Р , град	β _Р , град
1000						
750						
500						
250						

2 Дослідження РК у шунтовому режимі та порівняльний аналіз рейкових кіл із реле ДСШ-13 і ДСШ-16

1 Перемкнути тумблер Т у положення «ДСШ-13». Встановити довжину рейкової лінії РК 1000 м, $R_I = 0,5 \text{ Ом} \times \text{км}$.

2 Увімкнути лабораторну установку та за допомогою ЛАТР встановити на колійній обмотці реле ДСШ-13 напругу надійного спрацювання 15 В.

3 Встановити $R_I = \infty \text{ Ом} \times \text{км}$.

4 Виміряти напругу перевантаження $U_{P\infty}$ вольтметром U_P .

5 Накласти нормативний шунт $R_{\text{ШН}}$ на живильний кінець і виміряти залишкову напругу на реле $U_{\text{РШЖ}}$ вольтметром U_P , а також фазовий зсув між напругами колійної та місцевої обмоток $\varphi_{\text{РШЖ}}$, визначити кути розстроювання $\beta_{\text{РШЖ}}$. Дані вимірювань і обчислень занести в таблицю 5.3.

6 Накласти нормативний шунт $R_{\text{ШН}}$ на релейний кінець і виміряти залишкову напругу на реле $U_{\text{РШР}}$ вольтметром U_P , а також фазовий зсув між напругами колійної та місцевої обмоток $\varphi_{\text{РШР}}$, визначити кути розстроювання $\beta_{\text{РШР}}$. Дані вимірювань і обчислень занести в таблицю 5.3.

7 Повторити дослідження для пунктів 1–6 за незмінної довжини рейкової лінії РК і R_I з такими значеннями 1; 2,5; 5; 20 і $\infty \text{ Ом} \times \text{км}$.

8 Вимкнути лабораторну установку.

Таблиця 5.3

R_I Мін., Ом×км	U_P , В	$U_{P\infty}$, В	$U_{PШЖ}$, В	$\varphi_{PШЖ}$, град	$\beta_{PШЖ}$, град	$K_{ШЖ}$	$U_{PШР}$, В	$\varphi_{PШР}$, град	$\beta_{PШР}$, град	$K_{ШР}$
0,5										
1,0										
2,5										
5,0										
20										
∞										

9 Визначити коефіцієнти шунтової чутливості $K_{Ш}$ за формулами

$$K_{ШЖ} = \frac{U_{PB}}{U'_{PШЖ}},$$

$$K_{ШР} = \frac{U_{PB}}{U'_{PШР}},$$

де U_{PB} – напруга відпускання реле ДСШ-13 (паспортне значення 7 В);

$U'_{PШЖ} = U_{PШЖ} \times \cos(\beta_{PШЖ})$ і $U'_{PШР} = U_{PШР} \times \cos(\beta_{PШР})$ - приведені залишкові напруги на реле з урахуванням кутів розстроювання.

10 Побудувати залежності $U_{P\infty} = f(R_{I \text{ Мін.}})$, $K_{ШЖ} = f(R_{I \text{ Мін.}})$, $K_{ШР} = f(R_{I \text{ Мін.}})$ і пояснити їхній характер.

11 Перемкнути тумблер Т у положення «ДСШ-16», виконати пункти 1–10, ураховуючи, що напруга надійного спрацювання реле ДСШ-16 становить 15,5 В, а напруга відпускання – 9 В. Під час роботи заповнити таблицю 5.4.

12 Порівняти залежності $K_{ШЖ}$ і $K_{ШР}$ для РК із реле ДСШ-13 і реле ДСШ-16, у звіті зробити відповідні письмові висновки.

Таблиця 5.4

$R_{I \text{ Min.}}$ Ом×км	U_P , В	$U_{P\infty}$, В	$U_{PШЖ}$, В	$\varphi_{PШЖ}$, град	$\beta_{PШЖ}$, град	$K_{ШЖ}$	$U_{PШР}$, В	$\varphi_{PШР}$, град	$\beta_{PШР}$, град	$K_{ШР}$
0,5										
1,0										
2,5										
5,0										
20										
∞										

Контрольні запитання

- 1 Переваги рейкових кіл із ФЧП.
- 2 Сфера застосування РК 25 Гц із ФЧП типу ДСШ-13 (16).
- 3 Переваги рейкових кіл із сигнальним струмом 25 Гц.
- 4 Які особливості живлення РК 25 Гц із ФЧП?
- 5 Чому дросель-трансформатори ДТ-1-150 мають низький коефіцієнт трансформації?
- 6 Навіщо на релейному кінці РК встановлено додатковий ізолюючий трансформатор ПРТ-А?
- 7 Поясніть спосіб регулювання фазочутливого РК 25 Гц.
- 8 Яке призначення R_K і R_P ?
- 9 Яке призначення захисного блока ЗБ-ДСШ? Який характер опору має контур захисного блока ЗБ-ДСШ на частоті 50 і 25 Гц?
- 10 Чому $K_{Ш}$ у РК із реле ДСШ-16 більший, ніж у РК із реле ДСШ-13?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6

Дослідження тонального рейкового кола (ТРК)

Мета роботи

Вивчення будови та аналіз основних характеристик ТРК через його дослідження.

Опис робочого місця

Виконують роботу на лабораторній установці, до якої входять:

1 Штучна рейкова лінія, що складається з чотирьох Т-подібних ланок еквівалентної лінії, по дві довжиною 250 і 500 м, зі змінним питомим опором ізоляції 0,5; 1; 2,5; 20 та ∞ Ом $\times$ км.

2 Генератор колійний ГК–8,9,11 (ГК–11,14,15; ГКУ) із пультом для настроювання ПН-ГК (рисунок 6.1). Пульт являє собою комутатор електричних кіл, щоб настроювати колійні генератори.

Призначення клем ПН-ГК:

- «~35» для подавання живлення 35 В на колійний генератор;
- «V1» для підключення вольтметра вимірювання напруги живлення;
- «A1» для підключення амперметра вимірювання струму живлення;
- «Вих.» («52», «2») для підключення пульта до входу колійного фільтра ФК, вимірювання напруги на виході ГК і зняття осцилограм.

Призначення перемикачів ПН-ГК:

- S1 для вибору навантаження ГК;
- S2 для вибору режиму вимірювання сигналу;
- S3 для вибору частоти модуляції 8 або 12 Гц;
- S4 для ввімкнення та вимкнення маніпуляції сигналу несучої частоти;
- «FH» для задавання несучих частот колійного генератора має положення «420», «480», «580» – для ГК-8,9,11 і «580», «720», «780» – для ГК-11,14,15.

З Фільтр колійний ФК–8,9,11 (ФК–11,14,15) із пультом для настроювання ПН-ФК (рисунок 6.2).

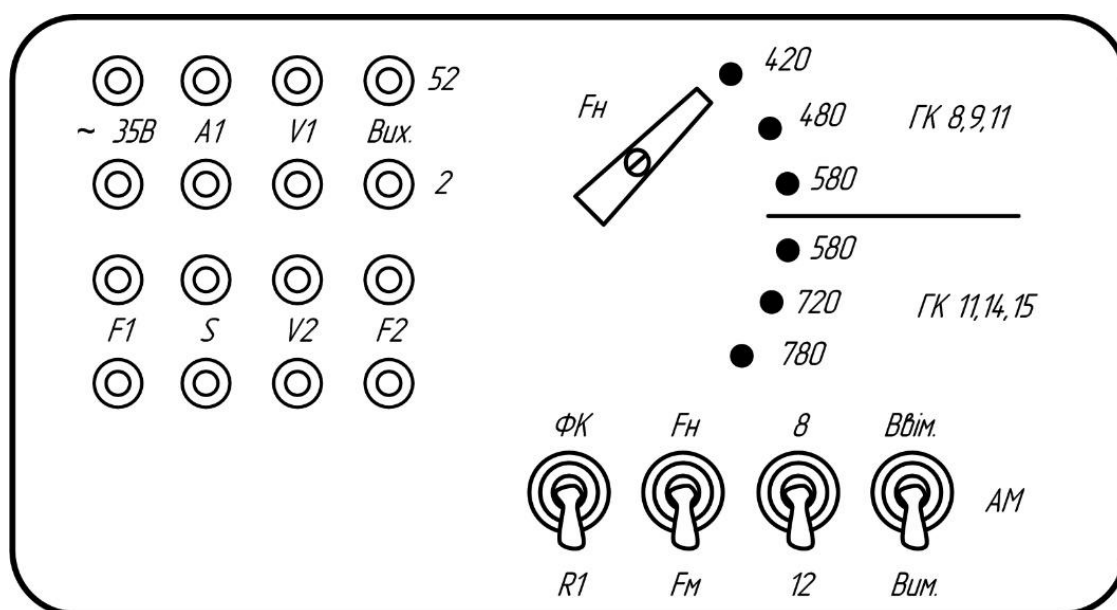


Рисунок 6.1 – Зовнішній вигляд пульта настроювання ГК–8,9,11

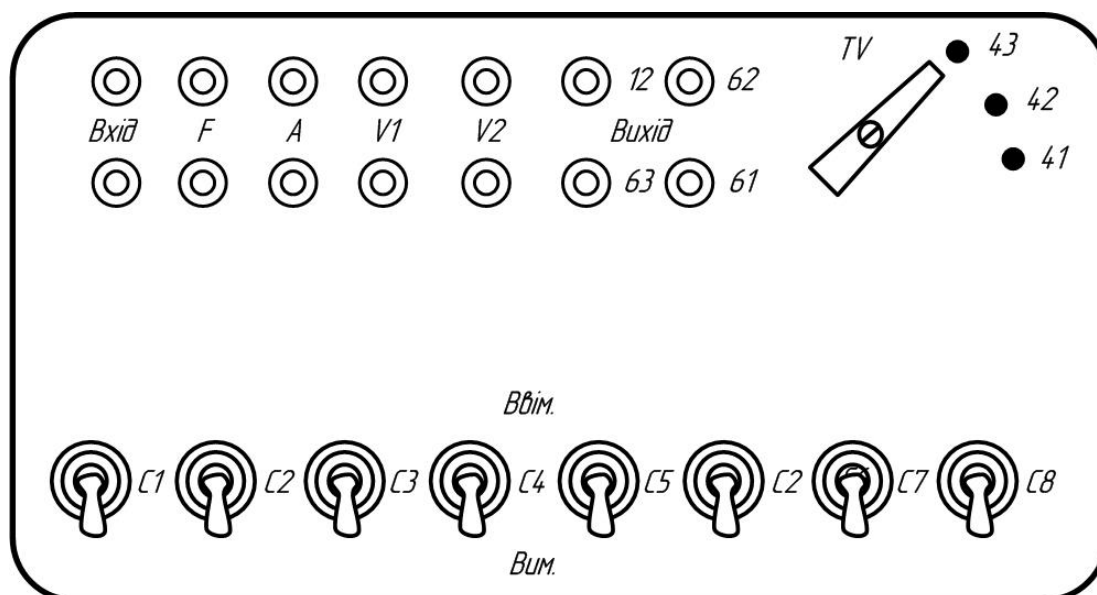


Рисунок 6.2 – Зовнішній вигляд пульта настроювання ФК–8,9,11

Пульт являє собою комутатор електричних кіл, щоб налаштувати коливні фільтри.

Призначення клем:

- «Вхід» для подавання на вхід фільтра необхідної частоти сигналу від коливного генератора;
- «Вихід» («12», «63», «62», «61») для підключення коливного трансформатора;
- «V1», «V2» – клем для підключення вольтметрів вимірювання напруг на ємності та індуктивності.

Призначення перемикачів:

- «TV» («43», «42», «41») для комутації відводів індуктивності трансформатора TV фільтра ФКМ;
- тумблери «С1», ..., «С8» для комутації відповідних конденсаторів фільтра з його налаштуванням.

4 Коливний приймач КП із пультом ПН-КП (рисунок 6.3).

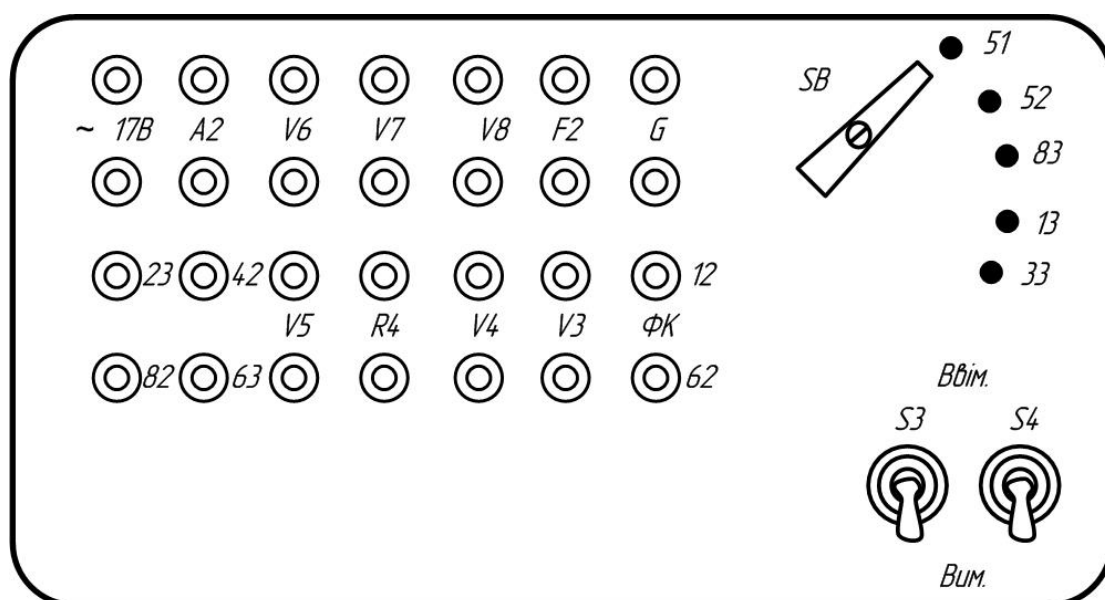


Рисунок 6.3 – Зовнішній вигляд пульта ПН-КП

Пульт являє собою комутатор електричних кіл, щоб налаштувати коливні приймачі.

Призначення клем:

- «~ 17» для подавання живлення 17,5 В на пульт;
- «V5» – для підключення вольтметра для вимірювання сигналу на КП;
- «V8» – для підключення колійного реле та вольтметра для вимірювання напруги на реле.

Перемикач «SB» призначений для підключення до пульта вихідних клем колійного приймача КП (51, 52, 83, 13, 33) залежно від його виконання, має п'ять положень («51», «52», «83», «13», «33») відповідно до однойменних вихідних клем КП.

5 Лабораторний автотрансформатор ЛАТР-2 для живлення генератора колійного.

6 Трансформатор типу ПОБС-5А для живлення колійного приймача.

7 Колійний трансформатор (КТ) типу ПОБС-2А (2 шт.).

8 Мультиметр для вимірювання напруг і струмів.

9 Осцилограф для зняття форм сигналу.

Принципова схема ТРК наведена на рисунку 6.4, а відповідної лабораторної установки – на рисунку 6.5.

Програма виконання роботи

1 Дослідження рейкового кола за нормального режиму

1 Отримати від викладача завдання на дослідження за формою таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Характеристика ТРК, що досліджують

$F_H,$ Гц	$F_M,$ Гц	$L_{PL},$ м	$R_{I \text{ Min.}},$ Ом×км

2 Встановити еквівалентну довжину рейкової лінії L_{PL} та опір ізоляції $R_{I \text{ Min.}}$.

3 Зняти перемичку з контактів А1 на пульті ПН-ГК.

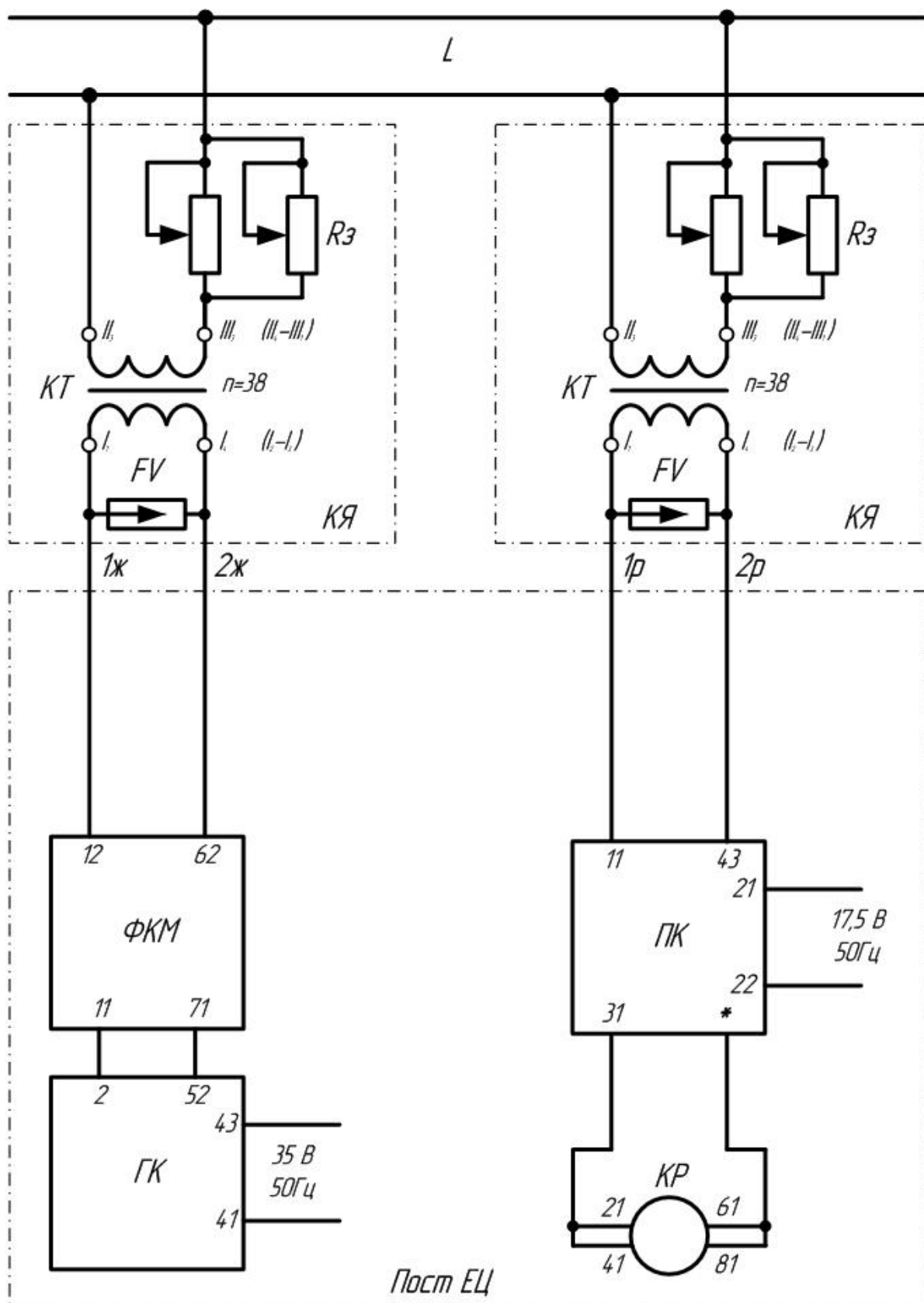


Рисунок 6.4 – Принципова схема ТРК

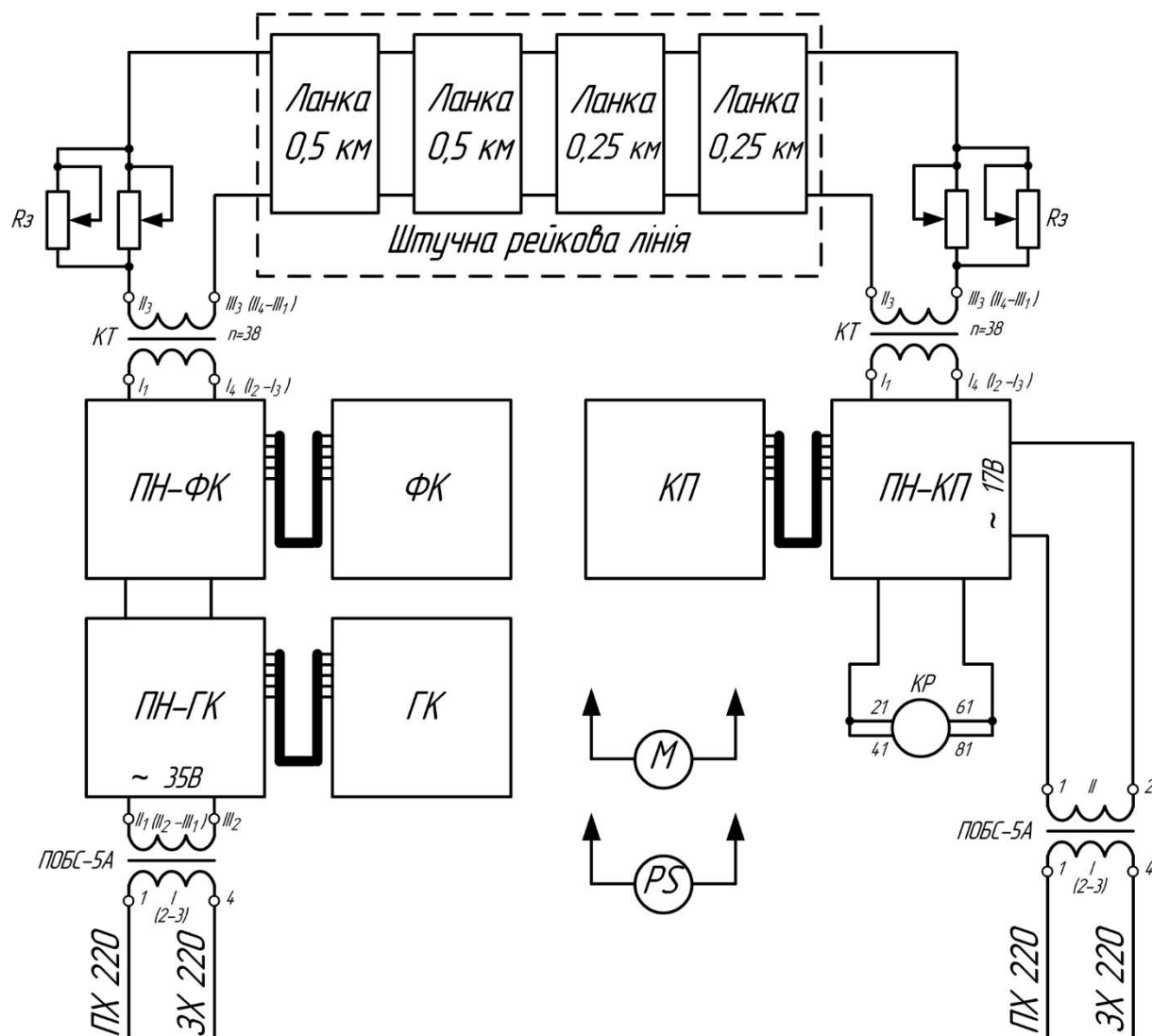


Рисунок 6.5 – Схема макета

4 За характеристикою ТРК, що досліджують, і нормативно-технічною документацією (НТД) (додаток А [1, 2]) виставити на пульті ПН-ГК несучу частоту F_H і частоту модуляції F_M .

5 На пульті ПН-ГК тумблером S1 вибрати для навантаження ГК колійний фільтр.

6 На пульті ПН-ГК тумблером S2 вибрати F_H режим вимірювання.

7 На пульті ПН-ГК тумблером S4 увімкнути маніпуляцію сигналу несучої частоти.

8 Зняти перемичку з контактів А на пульті ПН-ФК.

9 За характеристикою ТРК, що досліджують, і НТД (додаток Б) виставити на пульті ПН-ФК потрібні ємність та індуктивність.

10 Зняти перемичку з контактів А2 на пульті ПН-КП.

11 За характеристикою ТРК, що досліджують, і НТД (додаток Б) виставити на пульті ПН-КП необхідні вихідні клеми колійного приймача.

12 Встановити перемички на контакти А1 пульта ПН-ГК, контакти А пульта ПН-ФК, контакти А2 пульта ПН-КП.

13 Пересвідчитися в працездатності ГК, спостерігаючи за індикацією на його лицьовій панелі.

14 Пересвідчитися в коректному налаштуванні ФК, вимірюючи напруги на виході фільтра, його ємність та індуктивність (клеми «V1», «V2» ПН-ФК). За необхідності більш точно настроїти, підбираючи ємності (тумблери «С1», ..., «С8»).

15 Виставити на мультиметрі відповідний діапазон для вимірювання напруги змінного струму та підключити його на вхід КП (клеми «V5» ПН-КП).

16 За допомогою резистора для налаштування, що знаходиться на лицьовій панелі ГК, виставити потрібний рівень сигналу надійного спрацювання на вході КП за НТД.

17 Виміряти $U_{ГК\text{ нр}}$ $I_{ГК\text{ нр}}$, підрахувати $S_{нр}$, занести отримані дані в таблицю за формою таблиці 6.2.

18 Підготувати осцилограф для вимірювань.

19 Згідно з визначеними для попередньої підготовки контрольними точками зняття осцилограм дослідити сигнал ТРК. Форми та рівні сигналу занести в таблицю за формою таблиці 6.3 і проаналізувати їх.

2 Дослідження рейкового кола в шунтовому режимі та режимі короткого замикання

1 Після виконання останнього пункту для дослідження нормального режиму накласти нормативний шунт на живильний кінець і виміряти $U_{ГК\text{ кз}}$ і $I_{ГК\text{ кз}}$ (клеми «Вхід» та «А» пульта ПН-ФК відповідно), підрахувати $S_{кз}$, виміряти залишкову напругу $U_{КПЖ}$ і отримані дані занести в таблицю за формою таблиці 6.2.

2 Накласти нормативний шунт на релейний кінець і виміряти залишкову напругу $U_{КПР}$, отримані дані занести в таблицю за формою таблиці 1.2.

3 Підрахувати $K_{КПЖ}$ і $K_{КПР}$, результати занести в таблиці.

4 За теоретичними даними побудувати залежність $U_{КП} = f(x)$ для одного ТРК без ізолюючих стиків.

Контрольні запитання

1 Які переваги та недоліки у використанні ТРК порівняно з класичними РК?

2 Що таке зона додаткового шунтування в ТРК?

3 Які фактори впливають на довжину зони додаткового шунтування в ТРК?

4 Що впливає на амплітуду та форму сигналу ТРК із його проходженням по РЛ?

5 Для завданої викладачем кількості блок-ділянок і типу системи автоблокування на перегоні вибрати сигнальні частоти ТРК і побудувати сукупність залежностей $U_{КП} = f(x)$.

6 Які особливості облаштування станції ТРК?

7 Які перспективи розвитку ТРК?

Таблиця 6.2

Нормальний режим			Режим КЗ			Шунтовий режим			
$U_{ГК\text{ нр}}, В$	$I_{ГК\text{ нр}},$ А	$S_{нр},$ Вт	$U_{ГК\text{ кз}},$ В	$I_{ГК\text{ кз}},$ А	$S_{кз},$ Вт	$U_{КПЖ},$ В	$K_{КПЖ}$	$U_{КПР},$ В	$K_{КПР}$

Таблиця 6.3

Номер з/п	Контрольна точка	Форма сигналу	Рівень сигналу, В

Список літератури

- 1 Автоматизовані станційні системи керування рухом поїздів: навч. посіб. / В. І. Мойсеєнко, С. Л. Пархоменко, М. М. Чепцов, Т. А. Коцюба. Київ: 2019. 220 с.
- 2 Стислий довідник з апаратури залізничної автоматики і телемеханіки. Київ: Транспорт, 1995. 180 с.
- 3 Рейкові кола. Класичні рейкові кола: метод. вказівки до лабораторних робіт. Харків: УкрДУЗТ, 2014. 56 с.
- 4 Рейкові кола. Тональні рейкові кола: метод. вказівки до лабораторних робіт. Харків: УкрДУЗТ, 2015. 62 с.
- 5 ЦШЕОТ–0012. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ). Київ, 1998. 72 с.
- 6 Автоматика та телекомунікації на залізничному транспорті: навч. посіб. Київ: ДЕТУТ, 2016. 312 с.
- 7 Електропостачання залізничного транспорту: навч. посіб. Харків: УкрДУЗТ, 2013. 280 с.
- 8 Практичний посібник з технічного утримання апаратури тональних рейкових кіл / П. Д. Кулік, О. О. Удовіков, В. І. Басов та ін. Київ: ТОВ «Швидкий рух», 2006. 236 с.
- 9 ЦШЕОТ–0034. Методичні вказівки з експлуатації тональних рейкових кіл. Київ, 2004. 43 с.
- 10 Пристрої сигналізації централізації та блокування. Технологія обслуговування / Міністерство транспорту та зв'язку України; Державна адміністрація залізничного транспорту України; Головне управління автоматики, телемеханіки та зв'язку. Київ: ТОВ «Видавничий дім САМ», 2006. 461 с.

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

Інструкція з техніки безпеки

1 До виконання лабораторної роботи приступати тільки після дозволу викладача.

2 Перед виконанням лабораторної роботи потрібно ознайомитися з джерелами живлення, засобами їх вмикання та вимикання і схемою макета рейкового кола. Після цього отримати дозвіл на ввімкнення живлення.

3 **Заборонено** торкатися руками до затискачів, що знаходяться під напругою. Наявність напруги на затискачах схеми перевіряють вимірювальним пристроєм.

4 **Заборонено** замикати між собою електричними проводами сусідні макети.

5 За прилади, що приведені в несправний стан, винні несуть матеріальну відповідальність.

6 Виконуючи роботу, відходити від робочого місця без дозволу викладача **заборонено**. Також **заборонено** виконувати дії, несумісні з виконанням лабораторної роботи.

7 Після закінчення роботи вимкнути макет і привести у вихідний стан.

8 У випадку враження струмом **негайно знеструмити коло та повідомити викладача**.

9 У випадку появи вогню або специфічного запаху гарі **негайно знеструмити коло та повідомити викладача**.

ДОДАТОК Б
(довідковий)

Дані для налаштування апаратури ТРК

Частота, Гц		ГК–8,9,11 (ГК–11,14,15)		ФК–8,9,11 (ФК–11,14,15)				КП		
Несуча	Модуляції	Перемички для вибору частот		Перемички для вибору частот	Вхід	Вихід			Клеми входу	U _{спр.} , В
						ЦАБ	АБ _{АТ}	АБ _{ЕТ}		
420	8	12-23; 81-73	62-42	23-43-22-21-83	11, 71	12, 61	12, 62	12, 63	31-33	0,32–0,38
	12		62-33							
480	8	12-21, 81-63	62-42	23-42-22-21					31-13	
	12		62-33							
580	8	12-22, 81-82	62-42	23-41-22-73-81					31-83	
	12		62-33							
580	8	12-22, 81-73	62-42	23-43-22-73-81					31-52	
	12		62-33							
720	8	12-13, 81-63	62-42	23-42-82-21-83					31-51	
	12		62-33							
780	8	12-11, 81-82	62-42	23-41-81-21-83						
	12		62-33							

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для лабораторних і самостійної робіт з освітньої компоненти
«ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ»
Розділ «Рейкові кола»

Відповідальний за випуск Щебликіна О. В.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 11.11.2025 р.
Умовн. друк. арк. 3,0. Тираж . Замовлення № .
Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.