

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

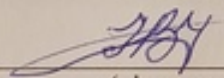
**Пояснювальна записка**  
до кваліфікаційної роботи  
на здобуття освітнього ступеня магістр

на тему: Підвищення функціональної безпечності тональних рейкових кіл  
(комплексна)

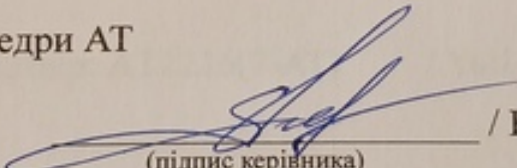
за освітньою програмою «Автоматика та автоматизація на транспорті»

зі спеціальності: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Виконав: студентка групи АТ2226(7-АТ)

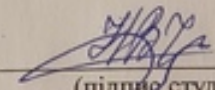
  
/ Юлія ЧЕРНЕНКО /  
(підпис студента)

Керівник: проф. кафедри АТ

  
/ Володимир ГАВРИЛЮК /  
(підпис керівника)

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

Студент

  
(підпис студента)

Дніпро – 2024 рік

**Ministry of Education and Science of Ukraine**  
**Ukrainian State University of Science and Technology**  
**Faculty of Computer Technologies and Systems**  
**Department of Automation and Telecommunication**

**Explanatory Note**

to Master's Thesis

master

(higher education degree)

o

according to educational curriculum «Automatic machinery and automation in transport industry»

t  
in the Specialty: 151 Electronics and automation (Automation and computer-integrated  
h  
technologies)  
e

D t  
o o  
n o  
S P  
c i  
b i  
y c

**Improving the functional safety of tone rail wheels (comprehensive)**

n  
t  
h  
€  
i  
s  
t  
S  
d  
p  
a  
t  
v  
.

**Міністерство освіти і науки України**  
**Український державний університет науки і технологій**

Факультет: Комп'ютерних технологій і систем  
Кафедра: Автоматика та телекомунікації  
Рівень вищої освіти: Магістр  
Освітня програма: Автоматика та автоматизація на транспорті  
Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТ

\_\_\_\_\_ Володимир ГАВРИЛЮК

(підпис)

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу \_\_\_\_\_ магістра

(ступінь вищої освіти)

студенту \_\_\_\_\_ Черненко Юлія Володимирівна

(Прізвище, Ім'я По батькові)

**1. Тема роботи:** \_\_\_\_\_ Підвищення функційної безпечності тональних  
рейкових кіл

Керівник роботи: \_\_\_\_\_ Гаврилук Володимир Ілліч, д.ф.-м.н., професор

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

затверджені наказом від \_\_\_\_\_ " 21 " 11 2022 р. № 1151 ст

**2. Строк подання студентом роботи:** 15.12.2023 р.

**3. Вихідні дані до роботи:** \_\_\_\_\_

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

4.1 Аналітична частина: Рейкові кола тональної частоти. Аналітичний огляд літератури. Постановка мети і завдань роботи;

4.2 Основна частина: 1) Підвищення функційної безпечності тональних рейкових кіл шляхом ....

2)

3)

**5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):**

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
Аналітична частина	Гаврилюк В.І.	01.09.2023	
Основна частина	Гаврилюк В.І.	01.09.2023	

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ (Актуальність. Мета роботи. Методи дослідження. Практичне значення отриманих результатів)	15.09.2023	10%
2	Розділ 1. Рейкові кола тональної частоти. Аналітичний огляд літератури. Постановка мети і завдань роботи	01.10.2023	25%
3	Розділ 2. Підвищення функційної безпечності тональних рейкових кіл	05.11.2023	30%
4	Розділ 3.		
5	Розділ 4	15.12.2023	25%
6	Висновки	15.12.2023	10%
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.12.2023	
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	15.12.2023	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Юлія ЧЕРНЕНКО

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Володимир ГАВРИЛЮК

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

## ЗМІСТ

### В

#### **ВЕЙКОВІ КОЛА ТОНАЛЬНОЇ ЧАСТОТИ. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД**

### II

Вейкові кола тональної частоти. Загальні відомості.....	11
Принципи побудови ТРК.....	13
Структурна схема та апаратура ТРК.....	14
Р.4 Випробування ізоляції підвищеною напругою.....	16
А5 Вимірювання провідності.....	19
Т.6 Вимірювання тангенса кута діелектричних втрат.....	22
У.7 Контроль ізоляції по значенню електричної ємності.....	25
Р.8 Імпульсні випробування.....	25
И9 Вимірювання опору ізоляції й коефіцієнта абсорбції.....	26
Висновок до розділу.....	28

#### **ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІЙНОЇ БЕЗПЕЧНОСТІ АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ШЛЯХОМ ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПЕРЕРВНОГО МОНІТОРИНГУ СИГНАЛЬНОГО СТРУМУ АЛСН В ВЕЙКАХ**

#### **З. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СКЛАДУ**

### А

Модернізація засобів безпеки руху.....	29
2.2 АБТЦ-М.....	32
Висновок до розділу.....	48

#### **РОБОТИ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ЛОКОМОТИВНОГО ПРИЄМНИКА БАГАТОЗНАЧНОЇ АЛС ..... 51**

### М

3.1 Постановка задачі.....	51
Математичні експерименти.....	54

### И

### І..

...

Висновок до розділу.....	63
<b>ВИСНОВОК.....</b>	<b>65</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>66</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>68</b>

## ВСТУП

Основним завданням залізничного транспорту є повне та своєчасне задоволенню потреб народного господарства й населення в перевезеннях. Для виконання цієї задачі необхідне подальше підвищення пропускної спроможності, підвищення ваги вантажу та швидкості руху потягів. Багато в чому для цього сприяє впровадження сучасних засобів автоматики й телемеханіки. При порівняно невеликих витратах це дозволяє підвищити пропускну спроможність ліній, значно збільшити продуктивність і поліпшити умови праці залізничників, підвищити безпеку руху поїздів. Службою сигналізації і зв'язку разом з галузевою наукою розроблена й прийнята концепція розвитку засобів залізничної автоматики й телемеханіки. Основні її завдання припускають перехід на нову елементну базу, що забезпечує якісна зміна показників господарства у бік зниження матеріалів, енергомісткості і трудомісткості; повсюдне впровадження засобів контролю і діагностики для переходу на прогресивні ремонтно-відбудовні методи оснащення кожної лінії відповідно до її категорії й необхідного обсягу перевезень.

Так, одним з пунктів програми є впровадження автоблокування з тональними рейковими колами. Рейкові кола тональної частоти володіють багатьма істотними експлуатаційними, технічними і економічними перевагами. Використання сигнального струму тонального діапазону дозволяє підвищити захищеність від впливу перешкод тягового струму, знизити споживану потужність, здійснити централізоване розміщення апаратури, виключити взаємний вплив між рейковими колами. До переваг варто також віднести можливість виключення в них малонадійних ізолюючих стиків, що особливо важливо для ділянок із цільнозварними рейковими колами, де установка ізолюючих стиків знижує міцність колії й ефективність її використання. При

використанні тональних рейкових кіл зменшується кількість використовуваних дросель-трансформаторів, що робить їх застосування значно дешевшим.

Дослідження показали, що експлуатаційні витрати, особливо при обслуговуванні пристроїв коротких рейкових кіл, для ділянок, обладнаних автоблокуванням з тональними рейковими колами знижуються в середньому на 67,5%. Крім цього, застосування тональних рейкових кіл скорочує щорічні витрати по господарству колії на 2 тисячі гривень на 1 кілометр.

# 1. СТАН ПРОБЛЕМИ. ПОСТАНОВКА МЕТИ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.

## 1.1. Рейкові кола тональної частоти. Загальні відомості.

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

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

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

У першому етапі (у системі ЧАБ) це були РК з ізолюючими стиками і відносно низькими частотами (125 – 375 Гц). Це дозволяло використовувати відомі методи синтезу та розрахунку рейкових кіл.

Класична побудова РК (живлення на вихідному кінці БО, а приймальна апаратура – на вхідному) та використання загального сигналу для контролю стану БУ та передачі інформації призвели до необхідності застосування гетеродинного приймача, суттєвого ускладнення схеми та збільшення обсягу апаратури.

Надалі в ТРК функції передачі інформації між світлофорами та на локомотив були виключені. Крім того, суттєво змінилася структура ТРК – у системі ЦАБ вперше були застосовані рейкові кола без ізолюючих стиків із живленням двох суміжних РК від одного генератора. Така структура ТРК призвела до суттєвого спрощення схеми, зменшення обсягу апаратури та числа жил з'єднувального кабелю. Однак відсутність ізолюючих стиків вимагало розробки нових методів для оптимізації параметрів і для розрахунку зони додаткового шунтування необмежених РК (рейкових кіл, у яких опір РЛ не обмежується в зоні установки ізолюючих або електричних стиків).

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

Апаратура таких РК спочатку проектувалася для випадку її розміщення в опалюваних станційних приміщеннях з температурою навколишнього середовища від +5 до +40С при автономній тязі та тязі постійного струму (апаратура першого покоління). Потім ця апаратура була вдосконалена для застосування в неопалюваних приміщеннях і в релейних шафах при температурі від -45 до +65оС (апаратура другого покоління, взаємозамінна з попередньою і застосовувана з 1986 року).

Досвід розробки та експлуатації зазначених ТРК, а також необхідність їх використання на ділянках з електричною тягою змінного струму і на ділянках зі знизеним опором баласту призвели до подальшого вдосконалення апаратури ТРК. У апаратурі третього покоління, що застосовується при будь-яких видах тяги і на ділянках з нормальним і знизеним опором баласту, були дещо змінені частоти, оптимізовано параметри апаратури, підвищена перешкодозахисність приймальних

пристроїв, істотно скорочено кількість застосовуваної апаратури та її габарити. У системі АБТ ці рейкові кола отримали найменування ТРК3 (рейкові кола третього типу).

Розробка системи АБТ без ізолюючих стиків вимагала вирішення питання чіткої фіксації кордонів БД. Для цього було створено тональне рейкове коло четвертого типу ТРК4 з малою величиною зони додаткового шунтування.

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

## 1.2. Принципи побудови ТРК.

Як зазначалося, основною відмінною особливістю ТРК є живлення двох суміжних РК від одного загального джерела сигнального струму (генератора) і можливість роботи без ізолюючих стиків. Така побудова ТРК скорочує кількість апаратури, кабелю для з'єднання апаратури з рейковою лінією, використовуваних частот сигнального струму і дозволяє просто реалізувати рейкові кола без стиків ізолюючих.

На рис. 1.1 показана структура, що пояснює принцип побудови ТРК.

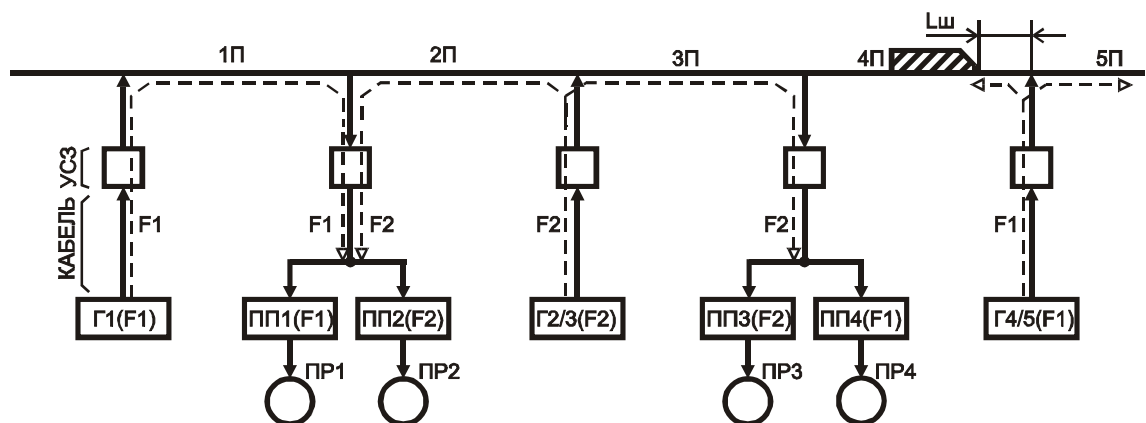


Рис. 1.2 Принцип побудови ТРК

Сигнальний струм частотою F1 або F2 від генераторів Г подається в рейкову лінію, якою поширюється в обидві сторони від точки підключення. Від генератора Г1 живиться рейкове коло 1, від генератора Г 2/3 - рейкові кола 2 і 3 і т. д. Колійні приймачі КП1 і КП2, КП3 і КП4 підключаються до загальної точки релейних кінців РК. Приймачі володіють властивостями частотної селекції та

пороговими властивостями, тобто реагують на сигнал певної частоти та амплітуди.

Колійні реле на виходах приймачів нормально збуджені. При знаходженні рухомої одиниці (або зламі рейки), наприклад, на 4П колійне реле КР4 знеструмлюється. Порушення цього реле від сигнального струму рейкового кола 3П виключено через велике згасання частоти  $F_2$  в приймачі КР4( $F_1$ ). Виключається і можливість збудження цього реле сигнальним струмом частоти  $F_1$  від генератора Г1 рейкового кола 1П через природне загасання в рейковій лінії протягом трьох РК (1, 2 і 3). Розрахунки показали, що рівень перешкоди від цього сигналу буде приблизно в 100 разів нижче за рівень корисного сигналу, що надходить на обмотку реле від генератора власної РК.

В окремих випадках (при малій довжині РК 2П і 3П та високому рівні сигналу в 1П) передбачається застосування та чергування трьох частот. У зв'язку з відсутністю ізолюючих стиків шунтовий режим ТРК настає не тільки при знаходженні рухомої одиниці на ділянці шляху між генератором і приймачем, але і при знаходженні в деякій зоні за межами підключення цих приладів. Цю зону називають зоною додаткового шунтування. Так, наприклад, при наближенні рухомої одиниці на відстань  $L_{ш}$  від точки підключення генератора Г4/5 (див. рис. 2.1) колійне реле КР5 знеструмлюється. Величина цієї відстані залежить від несучої частоти і питомого опору баласту і в граничному випадку становить 10-15% від довжини рейкового кола.

Розглянута апаратура розміщується у станційному приміщенні чи релейних шафах залежно від типу АБ і з'єднується з рейковою лінією з допомогою сигнального кабелю. На полі (безпосередньо біля колії) розміщуються пристрої узгодження та захисту УСЗ. У реальних схемах підвищення завадозахищеності від тягового струму і струмів РК паралельного шляху передбачена модуляція сигнального струму частотами 8 і 12 Гц.



при  $r_{i \min}=0,04$  Ом·км  $L_{\max}=150$  м. ТРК може використовуватись і з ізолюючими стиками. У цьому її гранична довжина збільшується до 1300 м.

До тональних рейкових кіл відносяться також рейкові кола, що використовуються в системі АБ-УЕ (діапазон частот 1900 – 2800 Гц).

Використання адаптивного колійного приймача (див. п. 1.4) дозволило істотно збільшити довжину цих рейкових кіл у порівнянні з розглянутими вище. Слід зазначити також, що РК системи АБ-УЕ є кодовими.

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

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

У вибраному діапазоні несучих частот рівень гармонічних складових тягового струму менший, ніж за більш низьких частот, що дозволило:

1. Підвищити заводо захищеність РК.
2. Підвищити чутливість приймачів і, як наслідок, знизити потужність, споживану ТРК.

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

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

1. Для контролю вільності перегону та справності рейок у системі НАБ, що підвищує безпеку руху та дає можливість впровадження систем диспетчерської централізації.
2. Для організації захисних ділянок необхідної довжини в кодовій та імпульсно-провідній АБ. При цьому встановлення додаткових релейних шаф та лінійних високовольтних трансформаторів у межах блок-дільниці не потрібно.
3. Як РК накладання для отримання необхідної довжини ділянок наближення до переїзду. Це дозволяє скоротити до мінімуму передчасність закриття переїзду.
4. На ділянках зі зниженим опором баласту.

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

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

### 1.3 Структурна схема і апаратура ТРК.

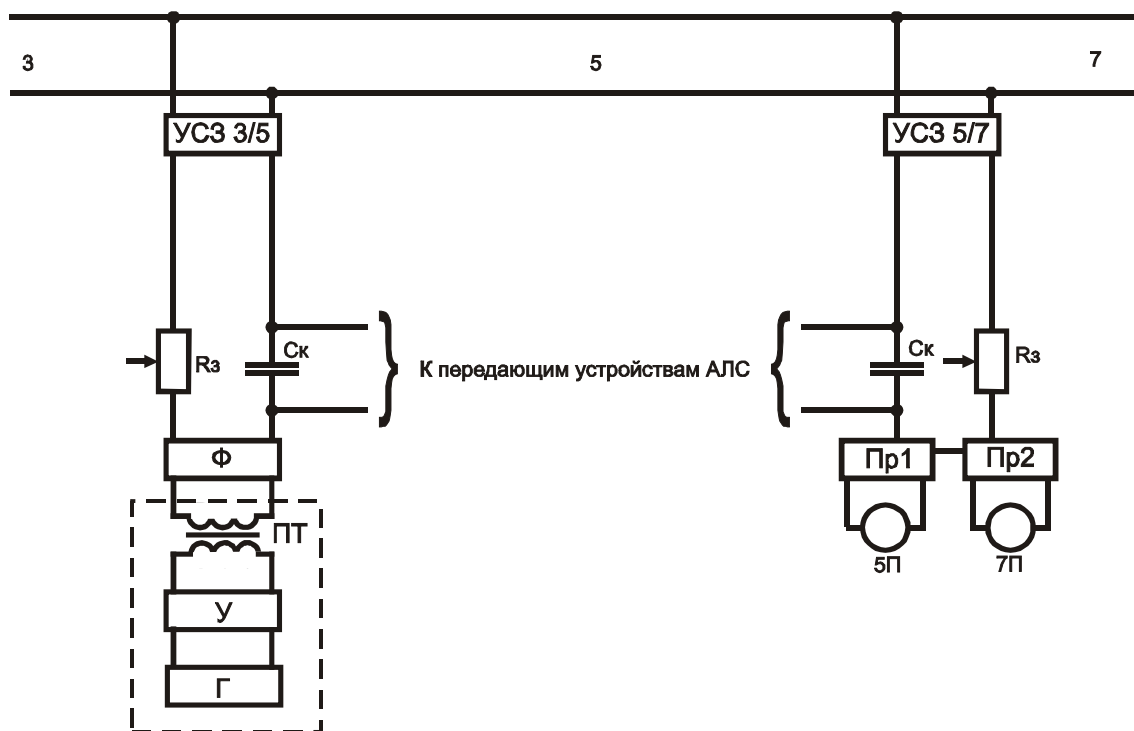


Рис. 1.3.1 Узагальнена структурна схема ТРК

Передавальна апаратура першого і другого поколінь містила генератор Г амплітудно-модульованих сигналів, підсилювач П, колійний трансформатор КТ для налаштування напруги живлення ТРК в залежності від її довжини і величини мінімального питомого опору баласту, фільтр живлення кінця Ф. У подальшому у рейкових колах ТРК3 і ТРК4 блоки Г, П, Ф та КТ були об'єднані в один блок генератор, а фільтри стали виконувати нові функції.

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

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

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

Схема ТРК передбачає можливість передачі сигналів АЛС числового та частотного кодів. Включення кодових сигналів у рейкову лінію проводиться за існуючими жилами кабелю передаючого та приймального кінців ТРК. Конденсатори є елементами фільтра передавальних пристроїв АЛС.

Пристрої узгодження та захисту УСЗ розміщуються в колійних ящиках і вирішують наступні завдання: узгодження опору сполучного кабелю та апаратури з опором рейкової лінії, захист апаратури ТРК від грозового розряду (при автономній тязі поїздів) або від комутаційних перенапруг у контактній від асиметрії зворотного тягового струму (при електричній тязі).

До пристроїв захисту можна віднести і дросель-трансформатори, що встановлюються при електричній тязі для вирівнювання тягових зворотних струмів в рейкових нитках (для усунення асиметрії).

У табл. 1.3.2 наведено типи та основні особливості апаратури ТРК різних поколінь.

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

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

## 2. Частоти модуляції всіх типів апаратури – 8 і 12 Гц.

Різновиди апаратури ТРК

Параметри		Перше покоління	Друге покоління	Третій тип (ТРК3)	Четвертий тип (ТРК4)
Деякі характеристики та особливості		+5...+40°C	-45...+65°C Взаємозамінна з апаратурою 1-го покоління	-45...+65°C Уніфіційована для будь-якого опору баласту і виду тяги, зменшені габарити та кількість апаратури, підвищена заводозахисність	-45...+65°C Зменшена зона додаткового шунтування
Область застосування		ЦАБ	ЦАБ-М, АРС метрополітенів	ЦАБс, АБТс, АБТ, АБТЦ	АБТ
Несучі частоти, Гц		425, 475	425, 475, 575, 725, 775	420, 480, 580, 720, 780	4545, 5000, 5555
Напруга живлення блоків		~17,5 В	~17,5 В	~17,5 В; ~35 В	~17,5 В; ~35 В
Тип блока	Г	ПГМ	ГРЦ	ГП8,9,11 ГП11,14,15 (ГП3/8,9,11 ГП3/11,14,15)	ГРЦ4 (ГП4)
	У	ПУ1	ПУ1		
	ПТ	ПТЦ	ПТЦ		
	Ф	ФП8, 9	ФП8,9 ФП11,14,15	ФПМ8,9,11 ФПМ11,14,15	ФРЦ4 (ФРЦ4Л)
	Пр	УПКЦ... 4 типу	ПРЦ... 10 видів для зал. доріг та 10 для метро	ПП... (ПП1...) 10 видів для залізних доріг та 10 для метро	ПРЦ4... (ПРЦ4Л...) (ПРЦ4Л1...) 6 видів

3. У дужках вказано вдосконалені модифікації блоків.

4. Числа в позначенні типу фільтра і блоку ГК вказують номери несучих частот, на які вони можуть бути налаштовані за допомогою зовнішніх переминок.

5. Різновиди приймачів визначаються комбінацією несучої та модулюючої частот. Ці дані вказуються на позначенні типу конкретного приймача (перше число – умовний номер несучої частоти, другий – частота модуляції).

Наприклад, ПРК8-8 або ПРК8-12 (приймач рейкового кола, налаштований на несучу частоту  $f_8 = 425$  Гц і частоту модуляції 8 або 12 Гц).

Крім того, різновиди приймачів визначаються областю застосування (залізничні лінії або лінії метрополітенів). Для ліній метрополітенів випускаються приймачі,

чутливість яких у 2 рази нижча. Наприклад, ПКМ11-8 (колійний приймач для ліній метрополітенів, налаштований на несучу частоту  $f_{11} = 580$  Гц і частоту модуляції 8 Гц).

6. В даний час відповідно до Вказівки ГТСС № 1454 від 12 травня 2000 року апаратура першого і другого поколінь в діючих пристроях замінена на апаратуру третього типу.

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

### Апаратура ТРКЗ

Апаратура ТРК третього покоління розроблялася з урахуванням можливості роботи на ділянках з питомим опором баласту до 0,04 Ом км. При цьому одночасно з оптимізацією характеристик ТРК були вирішені питання зменшення обсягу обладнання, підвищення надійності апаратури та перешкодозахищеності приймальних пристроїв.

Досвід розробки та експлуатації апаратури ТРК попередніх поколінь дозволив створити універсальну апаратуру для експлуатації як при зниженому, так і при нормальному опорі баласту на ділянках з будь-яким видом тяги поїздів у централізованих і децентралізованих системах. Так, розміри передавальних пристроїв були зменшені приблизно в два рази, перешкодостійкість підвищена приблизно в 6 разів, мінімальний опір баласту при тій же довжині рейкового ланцюга знижено в 1,4-1,5 разів.

Для апаратури ТРКЗ було розроблено три функціональні блоки: колійний генератор типу ГК, колійний фільтр типу ФКМ і колійний приймач типу ПК. Генератори ГК та фільтри ФКМ зібрані на базі реле НШ, приймач ПК – на платі реле ДСШ.

**Колійні генератори ГКЗ** формують і посилюють амплітудно-модульовані сигнали зі 100%-ю модуляцією і синусоїдальною формою несучої частоти.

Генератори ГКЗ взаємозамінні з генераторами ГК попередньої модифікації. Включають такі вузли: генератор несучих частот, генератор модулюючих частот, маніпулятор, попередній підсилювач, регулятор вихідної напруги, вихідний підсилювач, вторинне джерело живлення.

Генератор несучих частот виконаний на мікросхемі DD1 генератора низької частоти з кварцовим резонатором GB. Налаштування на одну із трьох передбачених частот здійснюється за допомогою зовнішніх перемичок (табл. 1.3.2).

Налаштування генераторів ГКЗ

Тип ГКЗ	Несуча/модулююча частота, Гц		Перемички			
			генератори несучої частоти	генератори модулюючої частоти	налаштування в резонанс	підключення вихідного каскаду
ГПЗ/8,9,11	420	8	12-23	62-42	81-73	83-72 3-4 51-61
		12		62-33		
	480	8	12-21	62-42	81-63	
		12		62-33		
	580	8	12-22	62-42	81-82	
		12		62-33		
ГПЗ/11,14,15	580	8	12-22	62-42	81-73	
		12		62-33		
	720	8	12-13	62-42	81-63	
		12		62-33		
	780	8	12-11	62-42	81-82	
		12		62-33		

Генератор модулюючих частот та маніпулятор реалізовані на мікросхемі DD2. На його входи від генератора DD1 подаються сигнали тактової частоти (1 МГц) і частоти, що несе  $f_n$ .

Попередній підсилювач служить для узгодження виходу мікросхеми DD2 з регулятором вихідної напруги та виконаний на транзисторах VT2 VT5, що працюють у ключовому режимі.

До складу регулятора входять: змінний резистор R11, резистори R9 і R10, трансформатор TV і конденсатор C6 з резистором R15.

Резистори R9 R11 включаються послідовно з первинною обмоткою трансформатора TV за допомогою зовнішньої перемички 83 72. Змінний резистор R11 за рахунок зміни струму первинної обмотки TV дозволяє регулювати вихідну напругу амплітудно-модульованого сигналу від 1 до 6 В. Ручка змінного резистора R11 кожуха блоку ГКЗ для можливості регулювання вихідної напруги без відкриття блоку.

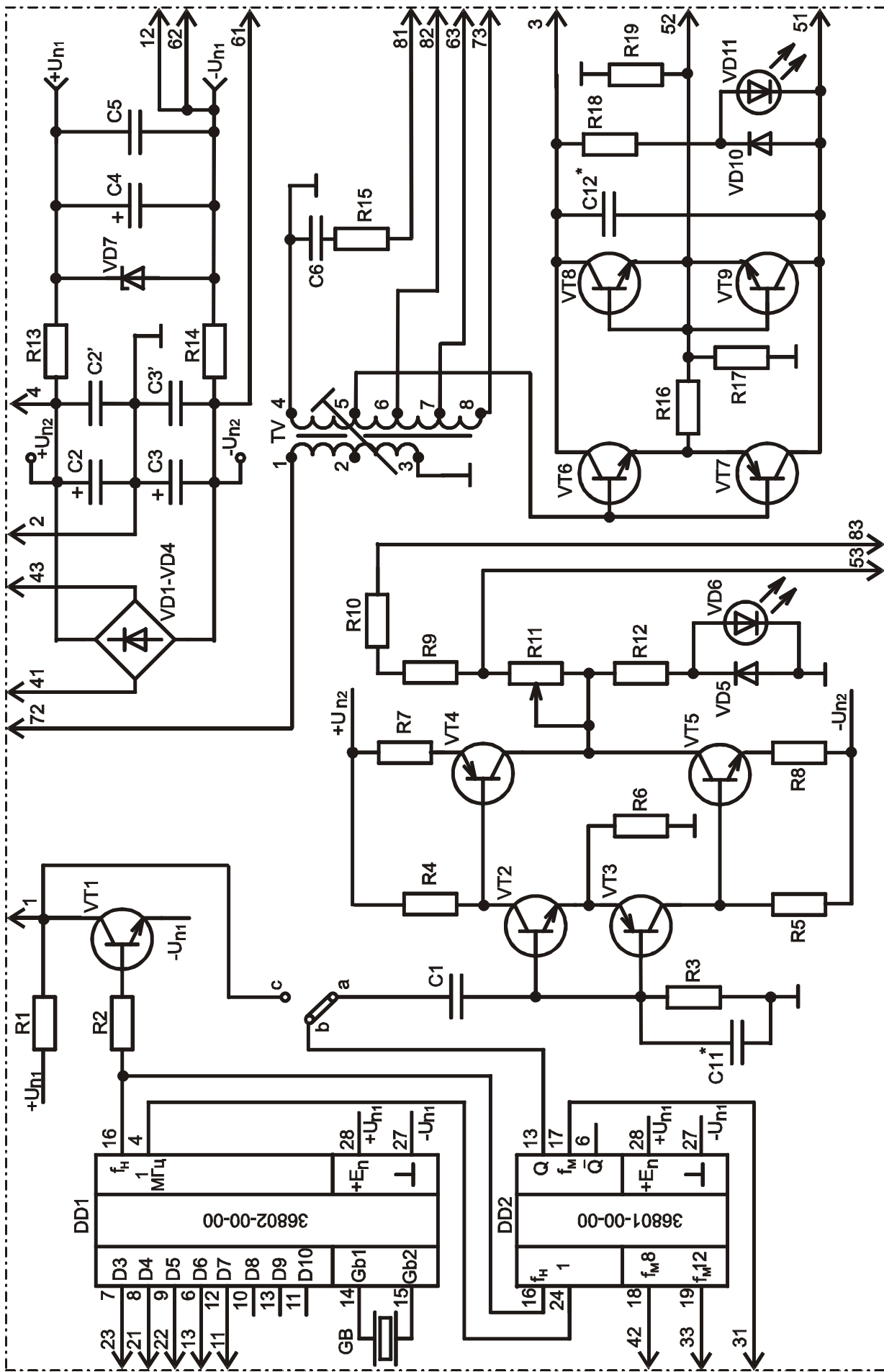


Рис. 2.3. Принципиальная схема генераторов ГПЗ

Трансформатор TV забезпечує гальванічну розв'язку ланцюга регулятора від ланцюга вихідного підсилювача. Крім того, він забезпечує зниження вихідного опору регулятора, що виключає таку небезпечну відмову, як зростання вихідної напруги генератора ГКЗ при різних пошкодженнях в ланцюгу регулятора і зміні вихідного опору вихідного підсилювача. Конденсатор С6 і секціонована вторинна обмотка трансформатора TV дозволяють виконати налаштування в резонанс на несучій частоті, що виключає спотворення форми вихідного сигналу.

Налаштування здійснюється відповідно до налаштування генератора несучої частоти за допомогою зовнішніх перемичок

Вихідний підсилювач працює в лінійному режимі та складається з двох каскадів (транзистори VT6 VT9). Наявність 100%-вої негативної зворотний зв'язок виключає зміна вихідної напруги при зміні коефіцієнтів посилення транзисторів. Вихідний сигнал знімається з виводів 2-52.

Номинальна вихідна потужність підсилювача 20 В·А. При необхідності отримання більш потужного сигналу до виводів 53-83 підключають колійний підсилювач КУ1. При цьому вихідний підсилювач і трансформатор TV відключають (зняттям перемичок 3-4, 51-61 і 83-72), загальну точку живлення підключають до резисторів регулятора напруги (перемичкою 2-83).

Вторинне джерело живлення виробляє двополярну нестабілізовану напругу  $\pm 20$  В та стабілізовану напругу 9 В.

З метою візуального контролю роботи колійного генератора ГКЗ передбачені світлодіоди VD6 та VD11, які виведені на передню панель. Блимання світлодіода VD6 говорить про нормальну роботу задаючих генераторів і попереднього підсилювача. Режим миготіння світлодіода VD6 (8 або 12 Гц) дозволяє при достатньому досвіді візуально визначити налаштування генератора модулюючих

частот. Рівне свічення світлодіода VD11 свідчить про наявність живлення вихідного підсилювача.

Схеми генераторів ГК3/8,9,11 та ГК3/11,14,15 ідентичні. Розрізнення полягають у параметрах трансформатора VT.

Відмінність розглянутого колійного генератора від передаючих пристроїв другого покоління полягає в наступному: в одному блоці ГК3 об'єднані генератор, підсилювач і колійний трансформатор, що зменшує об'єм апаратури; генератор видає синусоїдальний вихідний сигнал, що виключає необхідність установки додаткового фільтра для формування синусоїдальної форми сигналу; застосовані більш стабільні генератори несучої та модулюючої частот; передбачена світлова індикація стану блоку колійного генератора. У блоці ГК попередньої модифікації генератор несучих частот був реалізований на операційному підсилювачі з коливальним LC-контуром в колі позитивного зворотнього, генератор модулюючих частот у вигляді мультівібратора на операційному підсилювачі з часозадаючими RC-ланцюжками в колі негативного зворотнього зв'язку, а маніпулятор на транзисторному ключі.

**Колійні фільтри ФКМ** вирішують наступні завдання: захист вихідних ланцюгів колійного генератора від впливу струмів локомотивної сигналізації, тягового струму і перенапруг, що виникають в РЛ; забезпечення необхідного за умовами роботи рейкових кіл зворотнього вхідного опору апаратури живильного кінця РК; гальванічний поділ вихідного ланцюга генератора від кабелю.

Фільтр ФКМ (рис. 1.3.3) реалізований у вигляді послідовного коливального LC-контур. Він містить 8 конденсаторів і трансформатор TV в якості індуктивності.

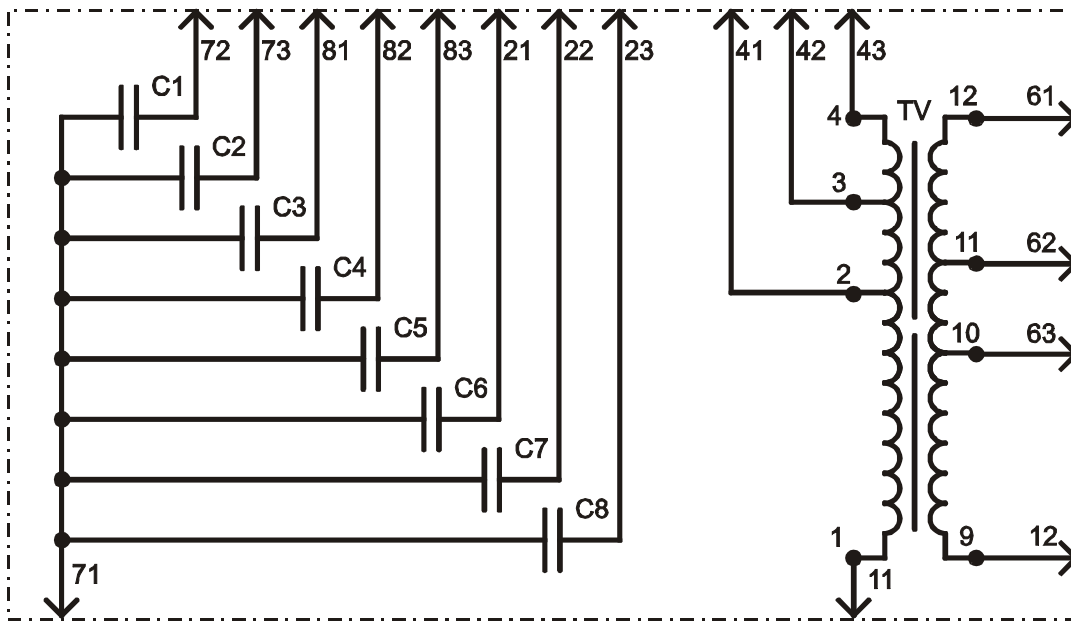


Рис. 1.3.3. Принципіальна схема колійних фільтрів ФКМ

Входом фільтра є виводи 11-71, на які подається сигнал від генератора ГКЗ. Налаштування на необхідну частоту здійснюється одночасною зміною індуктивності і ємності, що дозволяє забезпечити відносно стабільний вхідний опір фільтра на різних частотах. Індуктивність контуру змінюється шляхом використання всієї або частини первинної обмотки трансформатора TV, ємність - за рахунок зміни набору конденсаторів (табл.1.3.4 ).

### Налаштування фільтрів ФКМ

Тип	Несуча частота, Гц	Конденсатори	Загальна ємність, мкФ	Виводи обмоток TV	Перемички
ФПМ 8,9,11	420	C5, C6, C7, C8	4,85	1-4	43-23-22-21-83
	480	C6, C7, C8	4,38	1-3	42-23-22-21
	580	C2, C3, C7, C8	4,07	1-2	41-23-22-73-81
ФПМ 11,14,15	580	C2, C3, C7, C8	4,07	1-4	43-23-22-73-81
	720	C4, C5, C6, C8	3,68	1-3	42-23-21-82-83
	780	C3, C5, C6, C8	3,57	1-2	41-23-21-81-83

Зазначені дані з налаштування фільтрів ФКМ (див. табл. 1.3.4) є розрахунковими. Для того, щоб врахувати фактичні значення ємностей і індуктивностей конкретного фільтра, а також вплив ємності кабелю, що підключається до його виходу, налаштування проводять на місці установки апаратури. При цьому за допомогою перемичок додають або виключають ті чи інші конденсатори, добиваючись отримання максимуму напруги на виході фільтра або рівності напруги на індуктивності (висновки 23-11) і ємності (висновки 23-71).

Фільтри ФКМ8,9,11 та ФКМ11,14,15 відрізняються параметрами трансформаторів TV.

З урахуванням різних умов застосування в колійних фільтрах ФКМ передбачені 3 виходи з різними вихідними опорами.

Фільтр розрахований таким чином, що енергетично найбільш вигідним є вихідний опір 800 Ом (висновки 12-61). Цей вихід використовується у випадках найчастішого застосування – у рейкових колах із нормальним опором баласту.

Виводи 12-62 (вихідний опір 400 Ом) використовують у ТРК при низькому опорі баласту, а також за відсутності захисного резистора в УСЗ, що характерно для автономної тяги. При цьому від колійного генератора ГКЗ споживається досить мала потужність, що дозволяє використовувати в якості резервного джерела живлення акумуляторні батареї.

Виводи 12-63 (вихідний опір 140 Ом) використовуються при низькому опорі баласту та наявності електричної тяги. Використовується в цьому випадку вихідний опір фільтра, що забезпечує оптимальний зворотній вхідний опір живильного кінця ТРК (0,4 Ом).

Зазначені рекомендації є загальними і в конкретних випадках можуть бути прийняті інші рішення.

Особливостями аналізованих фільтрів на відміну від фільтрів другого покоління є: універсальність схеми для обох діапазонів частот, відносна стабільність вхідного та вихідного опорів на різних частотах, наявність трьох виходів з різними вихідними опорами для різних випадків застосування.

**Колійні приймачі ПК** призначені для прийому та дешифрування амплітудно-модульованих сигналів та управління колійним реле відповідно до рівня цього сигналу.

Колійний приймач ПК містить наступні функціональні вузли: вхідний фільтр, демодулятор, амплітудний обмежувач, перший буферний каскад, перший фільтр частоти модуляції, другий буферний каскад, пороговий пристрій, вихідний підсилювач, другий фільтр частоти модуля, вторинне джерело живлення.

Вхідний фільтр виділяє амплітудно-модульований сигнал з частотою несучої, відповідної налаштування фільтра, і пригнічує сигнали з іншими несучими частотами, сигнали АЛС і гармоніки тягового струму. Вхідний фільтр є смуговим фільтром, зібраним з чотирьох пов'язаних LC-контурів. Причому зв'язок між контурами TV1-C1 і TV2-C2, а також між TV3-C3 і TV4-C4 трансформаторний, вище критичного, а між цими парами передбачений слабкий зв'язок через транзисторний каскад VT1.

Входом фільтра є виводи 11-43 зовнішнього гнізда блоку ПК.

Підлаштований резистор R34 призначений для регулювання чутливості приймача.

Смуга пропускання вхідного фільтра – не менше 24 Гц; загасання сигналу несучої частоти сусіднього каналу становить не менше 38 дБ на частотах  $f_8$ ,  $f_9$  і не менше 30 дБ на частотах  $f_{11}$ ,  $f_{14}$ ,  $f_{15}$ .

Демодулятор виділяє сигнал із частотою модуляції і реалізується на транзисторі VT2(1.3.4).

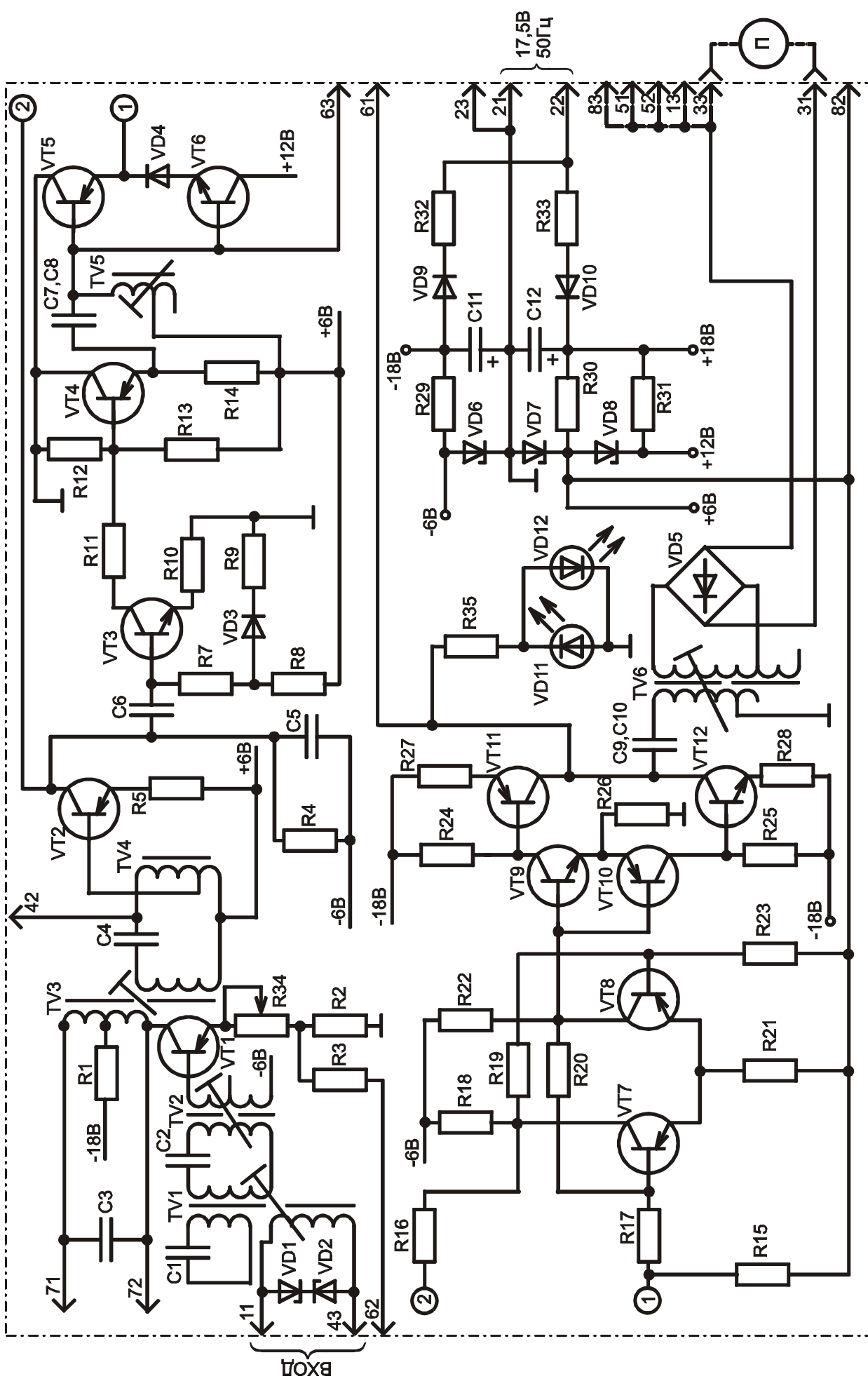


Рис. 2.5. Принципиальная схема приемников ПП

Амплітудний обмежувач введений у схему колійного приймача для більш надійної селекції частот модуляції 8 та 12 Гц. Він реалізований на транзисторі VT3, включеним за схемою із загальним емітером. Резистор R10 забезпечує глибокий негативний зворотний зв'язок.

Перший буферний каскад (VT4) забезпечує узгодження вхідного опору першого фільтра модулюючої частоти з параметрами амплітудного обмежувача.

Перший фільтр модулюючої частоти реалізований у вигляді LC-контур (C7, C8, TV5). Добротність контуру дорівнює приблизно шести. Включення фільтра з такою добротністю перед пороговим пристроєм у поєднанні з наявністю амплітудного обмежувача істотно покращило селекцію модулюючої частоти і підвищило захищеність приймача від гармонік тягового струму. При впливі на вхід шляхового приймача сигналу з частотою модуляції сусіднього каналу напруга постійного струму на виході ПК не перевищує 0,1 Ст.

Допустимий рівень гармонічної перешкоди у приймачів ПК у 8 разів більший, ніж у приймачів ПРК.

Другий буферний каскад (транзистори VT5 і VT6, включені за схемою із загальним колектором) також забезпечує узгодження функціональних вузлів.

Пороговий елемент реалізований у вигляді симетричного тригера (VT7, VT8) з коефіцієнтом повернення близьким до 1. Коефіцієнт повернення приймача штучно занижений до 0,95 за рахунок слабкого позитивного зворотного зв'язку між транзисторами VT7 і VT2 через резистор R16. При необхідності коефіцієнт повернення приймача може бути зменшено. Для цього висновки блоку 62-21 з'єднують через фронтний контакт колійного реле. У цьому випадку при збудженому стані колійного реле в ланцюзі регулювання чутливості приймача паралельно резистору R2 підключений резистор R3.

Після знеструмлення колійного реле (при шунтуванні РК поїздом) резистор R3 відключається. Це призводить до зміни порога спрацьовування приймача при

вільному РК чутливість приймача зберігається в заданих межах, а після знеструмлення колійного реле дещо загрублюється, тобто для збудження реле знадобиться більша напруга на вході приймача.

Вихідний підсилювач призначений для живлення колійного реле і є двокаскадним двотактним підсилювачем з двополярним живленням. Перший каскад (VT9 та VT10) працює в лінійному режимі, другий (VT11 та VT12) – у ключовому режимі.

Другий фільтр частоти модуляції (C9, C10, TV6) забезпечує гальванічну розв'язку ланцюгів живлення підсилювача від ланцюга реле і виключає можливість порушення колійного реле при пошкодженнях, що призводять до потрапляння в ланцюг живлення підсилювача змінного струму промислової частоти або його другої гармоніки.

Випрямляч (VD5) забезпечує живлення колійного реле постійним струмом.

Вторинне джерело живлення отримує змінну напругу 17,5 (через зовнішні висновки блоку 21-22). Він включає в себе два одно-напівперіодні випрямлячі (VD9, C11, R32 і VD10, C12, R33), що виробляють двополярну постійну напругу  $\pm 18$  В; джерело двополярної стабілізованої напруги  $\pm 6$  (VD6, VD7, R29, R30); джерело стабілізованої напруги  $\pm 12$  (VD8, R31).

Номінальне значення чутливості блоків ПК (величина діючого значення напруги вхідного амплітудно-модульованого сигналу з номінальними частотами, при яких колійне реле на виході приймача притягує свій якір) становить 0,35 В. Вихідна напруга приймача ПК при вільній та справній ТРК і найгіршому поєднанні дестабілізуючих факторів не менше 4,2 В; при зайнятій – не більше 0,1 ст.

Потужність, споживана приймачем, не перевищує 5 ВА.

Світлодіоди VD11 і VD12 забезпечують світлову індикацію стану приймача. Почергове миготіння світлодіодів з частотою модуляції вказує на наявність на вході приймача сигналу і справність всіх трактів до другого фільтра модуляції. Рівне світіння одного діода та згасання іншого свідчать про зайнятість РК або пошкодження приймача.

У приймачі ПК передбачено захист від помилкової установки приймача іншого типу. При загальному зовнішньому виведенні 31 вихід для підключення колійного реле організується на висновках 33, 13, 83, 52 або 51 для приймачів з частотами 420, 480, 580, 720 або 780 Гц відповідно. Виводи 23-61 служать для підключення (при необхідності) додаткового колійного реле з метою організації контролю помилкового замикання фронтних контактів основного колійного реле.

Різні варіанти колійних приймачів ПК для конкретних комбінацій несучої і модулюючої частот (ПК8-8, ПК8-12 і т. д.) визначаються типами трансформаторів TV1 TV6, ємностями конденсаторів C1 C4 і відсутністю або наявністю конденсаторів C8 і C10.

У метрополітені застосовується приймач типу ПКМ, схема якого ідентична схемі ПК, але чутливість встановлюється рівною 0,7 В і використовуються інші висновки трансформатора TV2.

У 2001 році розпочато випуск колійних приймачів типу ПК1, у яких удосконалена схема вторинного джерела живлення.

### **Особливості та апаратура рейкових ланцюгів ТРК4**

Рейковий ланцюг ТРК4 і апаратура для неї були розроблені з метою більш точної фіксації меж БО в системах АБ без ізолюючих стиків.

При вирішенні цього завдання ТРК4 оптимізувалася за умовами забезпечення мінімальної зони додаткового шунтування та забезпечення працездатності РК при низькому опорі баласту для заданої довжини ТРК4 (250 м). В результаті як середня частота сигнального струму була обрана частота 5 кГц, зворотні входні опори по кінцях РК прийняті 0,4 Ом. Зона додаткового шунтування ТРК4 змінюється від 3 до 22 м залежно від довжини РК та опору баласту.

Апаратура рейкових ланцюгів ТРК4 розроблена з урахуванням можливості суміщення (послідовного включення) приймача ТРК4 і приймача ТРК3, а також приймача ТРК4 з передавальної апаратурою ТРК3. В останньому випадку вхідний ланцюг приймача ПРК4Л підключається до кабелю послідовно з виходом фільтра ФКМ.

Сучасна апаратура ТРК4 містить блоки: колійний генератор ГК4, колійний фільтр ФРК4Л і колійний приймач ПРК4Л.

Колійний генератор ГК4 виконаний за схемою, аналогічною схемою генератора ГК3. Відмінності полягають у наступному. Використовуються інші керуючі входи мікросхеми DD1, що змінює коефіцієнт поділу частоти кварцового резонатора і забезпечує формування несучих частот, необхідних ТРК4.

У схему вихідного підсилювача (VT6 VT9) для усунення робочих точок введені ланцюги R16, VD8 і R17, VD9, що призвело до поліпшення форми вихідного сигналу. Крім того, змінено параметри деяких резисторів, конденсаторів та індуктивностей.

Перемички, що встановлюються для налаштування генераторів на необхідну несучу і моделюючу частоти, для налаштування фільтра регулятора напруги в резонанс з обраною несучою частотою, а також для підключення вихідного каскаду(1.3.5).

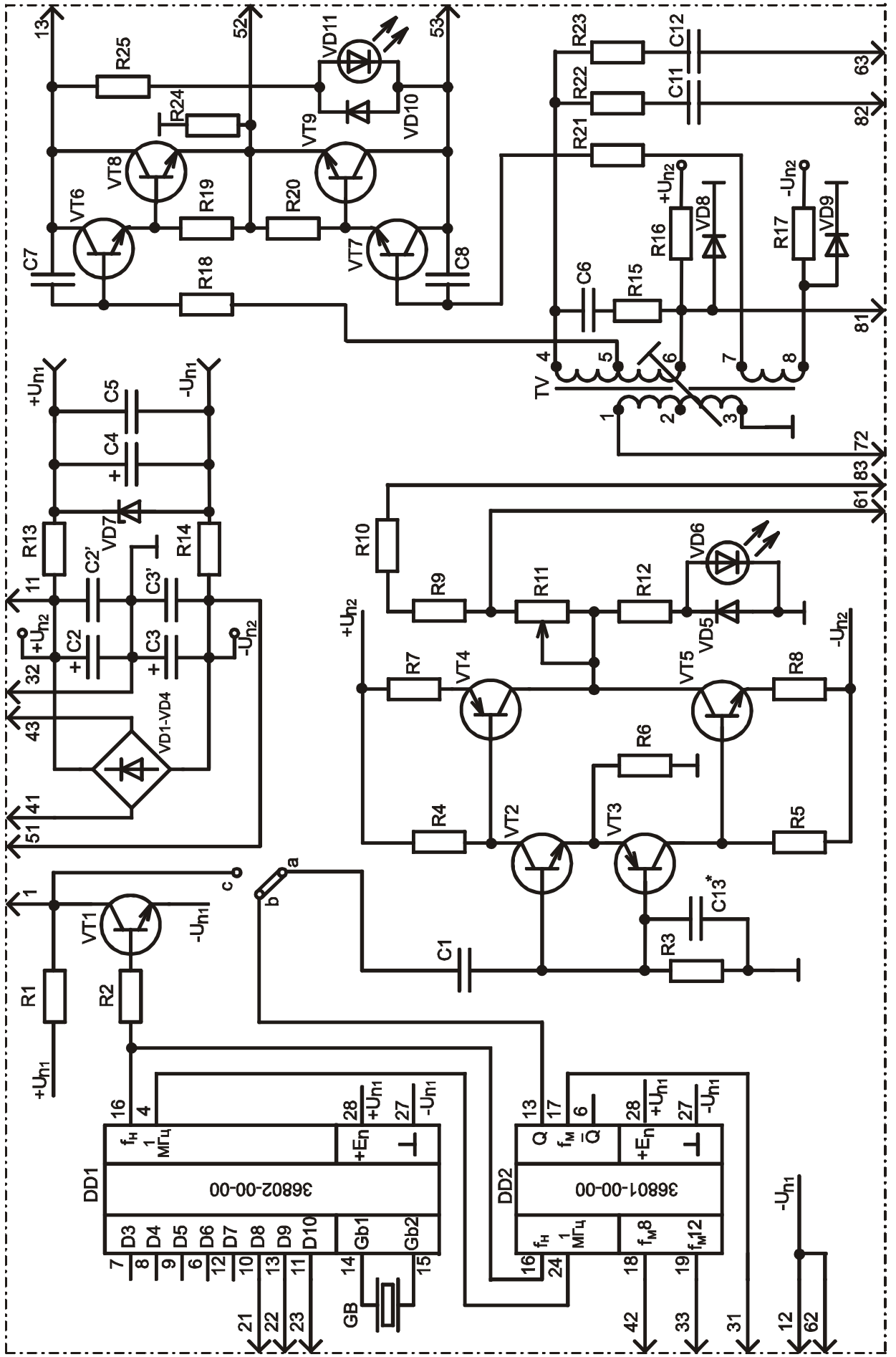


Рис. 2.6. Принципиальная схема генератора ГП4

## Налаштування генератора ГК4

Частота несучої/ модулюючої частоти, Гц		Перемички			
		генератори несучої частоти	генератори модулюючої частоти	налаштування в резонанс	підключення вихідного каскаду
4545	8	12-21	62-42	81-63	83-72 11-13 51-53
	12		62-33		
5000	8	12-22	62-42	81-82	
	12		62-33		
5555	8	12-23	62-42	-	
	12		62-33		

Схема колійного генератора попередньої модифікації (ГРК4) суттєво відрізняється від аналізованої. Так, в ГРК4 розподіл частоти кварцового резонатора (100 кГц) для отримання несучої частоти здійснювалося тригерами; генератор модулюючої частоти був реалізований у вигляді мультавibratorа на базі операційного підсилювача; функції модулятора виконував J-K тригер.

Підрегулювання частоти в генераторах ГК3 і ГК4 не потрібно, тому що задає кварцових резонатор GB має досить високу стабільність.

**Шляховий фільтр ФРК4Л** в якості входу використовує зовнішні виводи 1 і 3, вихідний сигнал знімається з виводів 4 і 23 (рис. 1.3.6).

При налаштуванні на частоту 5,5 кГц використовується один конденсатор С1, на 5 кГц – С1 та С2 (перемичка 23-43), на 4,5 кГц – С1 та С3 (перемичка 23-63).

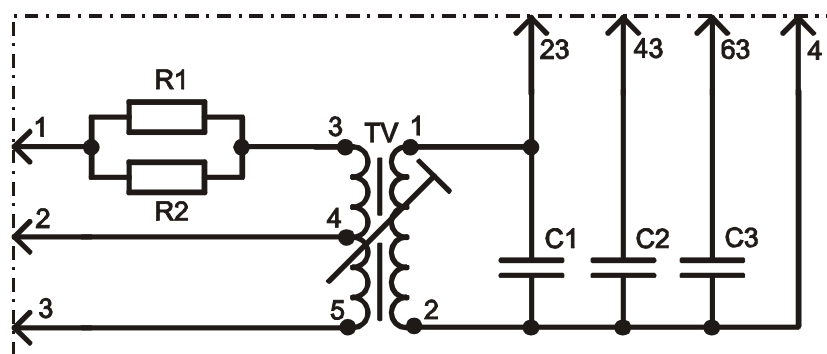


Рис. 1.3.6. Схема колійного фільтру ФРК4Л

Вихідний опір фільтра з урахуванням внутрішнього опору генератору становить 120-160 Ом. При навантаженні 510 Ом і напрузі на вході фільтра 6 В напруга амплітудно-модульованого сигналу на виході фільтра – не менше 35 В.

**Колійні приймачі ПРК4Л** реалізовані за схемами, ідентичним схемою ПК (див. рис. 1.3.4). Відмінності полягають у незначних змінах схем контурів вхідного фільтра та параметрів деяких елементів.

Чутливість ПРК4Л становить 0,11 0,13 В. При цьому напруга на виході приймача не менше 4,6 В. Коефіцієнт повернення не менше 0,8.

Згасання вхідного фільтра на частотах сусідніх каналів – не менше 38 дБ. При подачі на вхід приймача сигналу номінальної несучої частоти, але з частотою модуляції сусіднього каналу, напруга на виході приймача не більше 0,1 В.

Варіанти виконання колійних приймачів ПРК4Л (ПРК4Л-4/8, ПРК4Л-4/12 і т.д.) відрізняються використанням різних обмоток трансформаторів TV1 TV4 та наявністю або відсутністю конденсаторів С8 та С10.

### **Схеми пристроїв узгодження та захисту**

Схема пристрою узгодження та захисту залежить від розв'язуваних завдань та умов застосування. Умови застосування визначаються наявністю або відсутністю і родом тягового струму, наявністю або відсутністю дросель-трансформатора в місці підключення апаратури до рейкової лінії.

Розглянемо принципові схеми пристроїв узгодження та захисту для різних випадків застосування (рис.1.3.6).

При аналізі схем пристроїв узгодження та захисту необхідно врахувати, що на ділянках, обладнаних тональними рейковими колами при електричній тязі поїздів встановлюються дросель-трансформатори (ДТ). Вони необхідні для вирівнювання тягового струму, підключення відсмоктуючих фідерів тягових підстанцій і для пропуску зворотного тягового струму в обхід ізолюючих стиків, установлених на межах блок-ділянок або на межі станції.

Якщо ДТ розташований у місці підключення апаратури ТРК, то це дозволяє в окремих випадках упростити схему УСЗ та використовувати додаткову обмотку ДТ для підключення апаратури до рейкової лінії. У першому випадку ДТ забезпечує захист від тягового струму, в іншому – виконує роль згоджувального трансформатора.

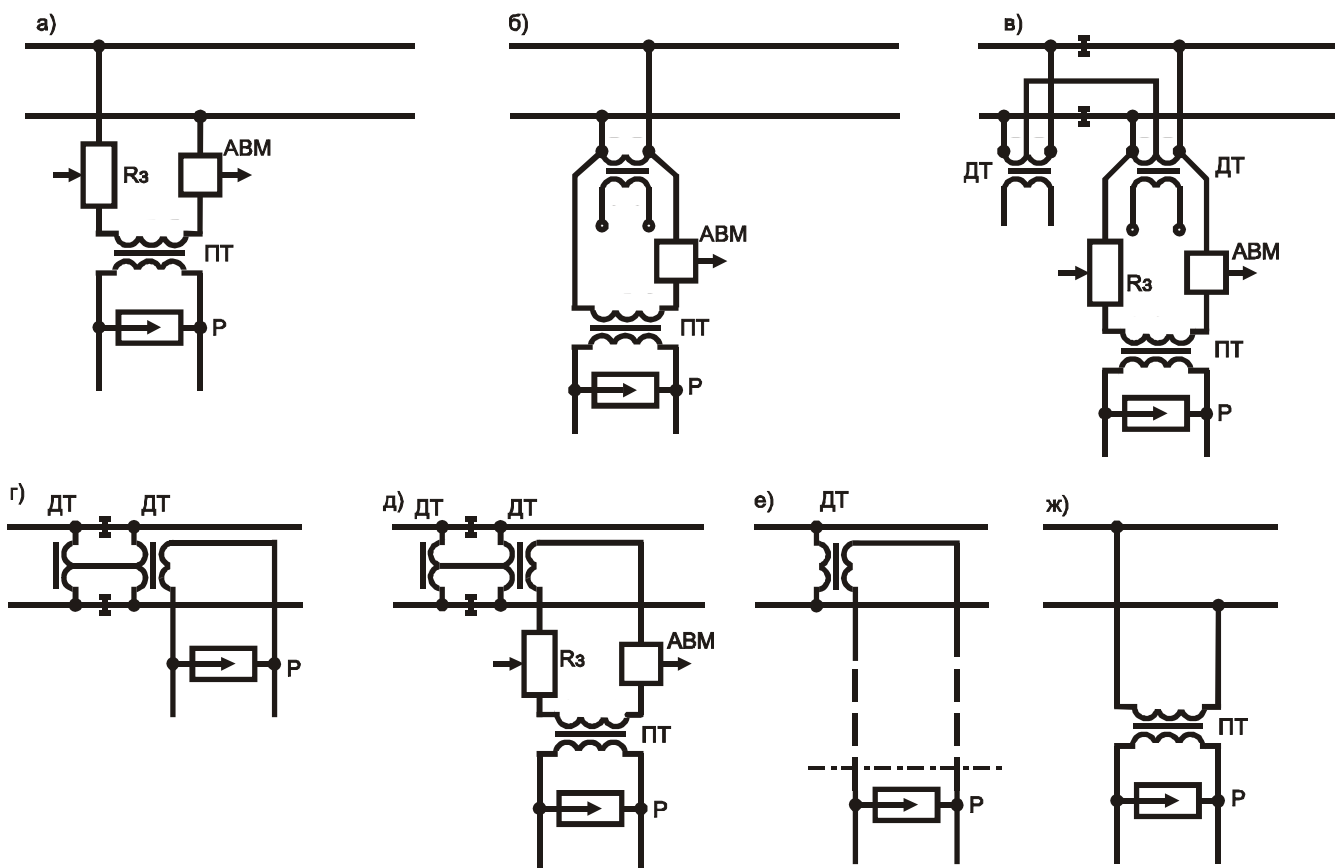


Рис. 1.3.7 Схеми пристроїв узгодження та захисту

1. Узгоджувальний трансформатор ПТ типу ПОбС-2А з коефіцієнтом трансформації  $n = 38$  (рис. 1.3.7, а, б, в, ж). Трансформатор ПТ забезпечує узгодження опорів рейкової лінії та з'єднувального кабелю.

Якщо при тязі постійного струму апаратура ТРК підключається через додаткову обмотку ДТ, то узгоджувальний трансформатор не встановлюють (рис. 1.3.7, г, е), тому що дросель-трансформатор з коефіцієнтом трансформації  $n=40$  виконує функції узгодження.

При електротязі змінного струму для більш надійного захисту обслуговуючого персоналу та приладів від тягового струму використовують ДТ ( $n=3$ ) спільно з узгоджувачем трансформатором ПТ (рис. 1.3.7, д.).

2. Захисний резистор  $R_z$ . Резистори забезпечують захист апаратури від тягового струму за його асиметрії. Крім того, вони забезпечують необхідні зворотні вхідні опори по кінцях рейкової лінії; З цією метою сумарний опір цих резисторів та з'єднувальних проводів у вторинній обмотці трансформатора ПТ має становити 0,3-0,4 Ом.

За наявності ДТ у місці підключення апаратури захисний резистор за умови забезпечення необхідних опорів по кінцях рейкового кола може не встановлюватись (рис. 1.3.7, б, г, е). При низькому опорі ізоляції РЛ, а також при тязі змінного струму зазначена умова не виконується, тому резистори  $R_z$  встановлені (рис. 1.3.7, д).

3. Автоматичний вимикач багаторазової дії АВМ типу АВМ2-15 або АВМ1-5, який забезпечує захист апаратури та обслуговуючого персоналу від асиметрії тягового струму, що перевищує допустимі значення. Принцип захисту ось у чому. При зростанні струму асиметрії вище допустимої межі сердечник трансформатора ПТ входить до насичення, опір його обмотки змінному струму зменшується, що призводить до збільшення струму і надійного спрацьовування АВМ.

За відсутності узгоджуючого трансформатора АВМ не встановлюється (рис. 1.3.7, г, е).

При автономній тягі поїздів захисні резистори та автоматичні вимикачі не потрібні (рис. 1.3.7, ж).

4. Розрядник Р (типу РВНШ або РКН) або вирівнювач (типу ВОЦН-220), який забезпечує захист апаратури від грозового розряду (за автономної тяги) або від комутаційних перенапруг у контактній мережі (при електричній тягі).

Зазначені прилади розміщуються в колійній скриньці, яка встановлюється безпосередньо біля залізничної колії на місці підключення апаратури ТРК до рейкової лінії. За відсутності у схемі УСЗ узгоджувальних трансформаторів колійна ящик не застосовується. У цьому випадку розрядники встановлюються у місці розміщення апаратури ТРК (релейна шафа автоблокування або станційне приміщення).

Таким чином, схеми УСЗ представлені на рис. 1.3.7, застосовуються у таких випадках:

- а) при тязі постійного чи змінного струму та за відсутності ДТ у місці підключення апаратури ТРК;
- б) при тязі постійного або змінного струму, наявності ДТ у місці підключення апаратури ТРК та дотриманні необхідних величин опорів по кінцях РЛ;
- в) при тязі постійного або змінного струму, наявності ДТ у місці підключення апаратури ТРК та необхідності застосування додаткових резисторів для забезпечення необхідних величин опорів по кінцях РЛ (наприклад, на ділянках з низьким опором ізоляції РЛ);

- г) у разі тяги постійного струму, децентралізованого розміщення апаратури АБ та використання додаткової обмотки ДТ для підключення апаратури ТРК (розрядник розміщується в релейній шафі);
- д) при тязі змінного струму та використання додаткової обмотки ДТ для підключення апаратури ТРК;
- е) у разі тяги постійного струму, централізованого розміщення апаратури АБ та використання додаткової обмотки ДТ для підключення апаратури ТРК (розрядник розміщується у станційному приміщенні на місці встановлення апаратури АБ);
- ж) за автономної тяги.

#### 1.4 Узагальнена схема ТРК

#### 1.5. Принципи розрахунку ТРК

Особливості розрахунку ТРК визначаються наступними факторами.

1. Відсутність ізолюючих стиків, що потребує врахування вхідних опорів суміжних рейкових кіл. Ці опори виявляються підключеними по кінцях рейкової лінії паралельно до опорів апаратури і істотно впливають на режими роботи ТРК.
2. Використання кабелю щодо великої довжини для підключення апаратури ТРК до рейкової лінії, що вимагає обліку опору та ємності жил кабелю та їх узгодження з опором апаратури, а також розрахунку гранично допустимої довжини кабелю.
3. Наявність зони додаткового шунтування, що призводить до необхідності дослідження та розрахунку її тривалості залежно від тривалості ТРК, частоти сигнального струму та зміни опору баласту.

4. Відмінність довжин суміжних ТРК, що живляться від одного генератора. При цьому має бути забезпечене виконання всіх режимів роботи кожної з цих ТРК при загальній напрузі живлення.
5. Вплив сигналу від генератора однієї ТРК на приймач іншої ТРК із тією самою частотою. Для унеможливлення такого впливу необхідно визначити мінімально допустиму довжину ТРК при використанні двох частот.
6. Застосування ТРК на ділянках зі зниженим опором баласту. При роботі ТРК без ізолюючих стиків в цих умовах істотно зростає вплив обхідних шляхів для сигнального струму (міжколійні перемички, заземлення опор контактної мережі, відсмоктування тягового струму тощо). У зв'язку з цим схема заміщення рейкової лінії має прийматися несиметричною. Для такого випадку відомий метод, заснований на заміщенні елементів РК еквівалентними чотириполюсниками, стає незастосовним через складність та громіздкість одержуваних виразів.
7. Можливість сприйняття локомотивними котушками іншого поїзда кодового сигналу АЛС, призначеного для поїзда.

Дослідження та синтез тональних рейкових кіл, проведені фахівцями ВНІЖТу з урахуванням перелічених факторів, дозволили обрати несучі частоти та оптимізувати параметри апаратури ТРК3 та ТРК4, розробити рекомендації щодо вибору довжин цих РК в різних умовах експлуатації, скласти регульовальні таблиці.

