

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 функційної надійності тональних рейкових кіл
(комплексна)

за освітньою програмою: «Автоматика та автоматизація на транспорті»
зі спеціальності: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»

Виконав: студент групи АТ2121 (967М)



(підпис студента)

Микола КАСЬЯНОВ

Керівник: професор



(підпис керівника)

Володимир ГАВРИЛЮК

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

Студент



(підпис студента)

Дніпро – 2022 рік

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

Faculty of Computer Technologies and Systems

Department of Automation and Telecommunication

Explanatory Note

to Master's Thesis

master

(higher education degree)

on the topic: Increasing the functional reliability of tonal rail circuits (complex)

according to educational curriculum «Automatic and automation in transport»
in the Specialty: 151 Automation and computer-integrated technologies

Done by the student of the group AT2121 (967M)

Mykola KASYANOV

Scientific Supervisor: professor

Volodymyr HAVRYLIUK

Dnipro – 2022

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Комп'ютерних технологій і систем
Кафедра: Автоматика та телекомунікації
Рівень вищої освіти: Другий (магістерський)
Освітня програма: Системи керування рухом поїздів
Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТ

_____ Володимир ГАВРИЛЮК _____
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

« _____ » _____ 202__ р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу _____ магістра _____
(ступінь вищої освіти)

студенту _____ Касьянову Миколі Валерійовичу _____
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: _____ Підвищення функційної надійності тональних рейкових кіл _____
(комплексна)

Керівник роботи: _____ Гаврилюк Володимир Ілліч, к.т.н., професор _____
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від _____ "18" жовтня 2021 р. № 705ст

2. Строк подання студентом роботи: 15.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: _____ галузеві нормативні документи, інструкції ЦШ по _____
обслуговуванню ТРК, наукові статті, навчальні посібники і т.д.

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

_____ 4.1 Загальні відомості, регулювання і ТО тональних рейкових кіл _____

_____ 4.2 Розрахунок вихідних даних для створення діагностичного пристрою _____
автоматизованого контролю стану елементів тональних рейкових кіл

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про рейкові кола тональної частоти	01.04.2022	
2	Регулювання і технічне обслуговування апаратури ТРК	01.07.2022	
3	Діагностичний пристрій автоматизованого контролю стану елементів ТРК	01.09.2022	
4	Оформлення кваліфікаційної роботи	01.12.2022	
5	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	05.12.2022	
6	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	20.12.2022	

Студент

(підпис)

Микола КАСЬЯНОВ

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир ГАВРИЛЮК

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

70 сторінок, 13 рисунків, 40 джерел літератури.

Об'єкт проектування: системи залізничної автоматики.

Мета роботи – підвищення функційної надійності тональних рейкових кіл.

Методи дослідження – методи розрахунку тональних рейкових кіл, методики регулювання роботи і виявлення несправностей ТРК, використання констант для уніфікації розрахунків для лінійних контролерів.

У першому розділі проведений аналіз загальних характеристик тональних рейкових кіл та їх галузей використання.

У другому розділі приведені особливості розрахунку і методики регулювання ТРК, проведено аналіз щодо пошуку та усунення виявлених несправностей.

У третьому розділі розроблено діагностичний пристрій автоматизованого контролю стану елементів тональних рейкових кіл, приведена схема пристрою для автоматизованого контролю елементів тональних рейкових кіл, проведено розрахунки номінальної потужності для елементів лінійного контролера.

Висновок. Розглянуто напрями підвищення функціональної безпеки, надійності і зменшення експлуатаційних витрат шляхом розробки автоматизованого пристрою контролю напруги на колійному приймачу КП і колійному генераторі (КГ) ТРК.

Ключові слова: ДІАГНОСТИКА ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ, ЗАЛІЗНИЧНА АВТОМАТИКА, ЦИФРОВА СИСТЕМА, ДІАГНОСТИКА ПРИСТРОЇВ АВТОМАТИКИ.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. Загальні відомості про рейкові кола тональної частоти.....	9
1.1. Класифікація і галузі застосування ТРК.....	9
1.2. Загальна характеристика ТРК, кабельні лінії ТРК.....	10
1.3. Висновки за розділом. Постановка мети та завдання досліджень.....	25
2. Регулювання і технічне обслуговування ТРК.....	26
2.1. Особливості розрахунку та регулювання РЛ тональної частоти.....	26
2.2. Методика регулювання ТРК1 та ТРК2.....	31
2.3. Пошук та усунення несправностей у ТРК1 та ТРК2.....	37
2.4. Висновки за розділом.....	40
3. Діагностичний пристрій автоматизованого контролю стану елементів тональних рейкових кіл.....	41
3.1. Структурна схема пристрою для автоматизованого контролю елементів тональних рейкових кіл.....	42
3.2. Принципова схема пристрою діагностування стану колійних генераторів та приймачів.....	42
3.3. Розрахунок блоку живлення пристрою діагностування.....	58
3.3.1. Розрахунок потужності споживаною, елементами лінійного контролера.....	58
3.3.2. Розрахунок випрямлячів.....	62
Загальні висновки.....	65
Література.....	66

ВСТУП

Рейкові кола (РК) мають більш ніж вікову історію. За цей період відбувався безперервний розвиток їх теорії, удосконалення структурних і схемних рішень, модернізація технічних засобів. В даний час найбільші експлуатаційні, технічні й економічні переваги мають рейкові кола тональної частоти (ТРК), що знаходять усе більш широке застосування на вітчизняних і закордонних залізницях, лініях метрополітену і швидкісного трамвая.

Використання сигнального струму тонального діапазону дозволяє істотно підвищити завадозахищеність і послабити взаємні впливи між РК, знизити споживану потужність, застосувати сучасну елементну базу, здійснити централізоване розміщення апаратури. До переваг ТРК слід віднести можливість позбавлення від ізолюючих стиків, що особливо важливо для ділянок із суцільнозварними рейковими плітями. При відсутності ізолюючих стиків забезпечується електрична безперервність кола повернення тягового струму, скорочується кількість дроселів-трансформаторів і знижуються втрати електроенергії на тягу поїздів [1, 2, 3].

Розробки систем на базі ТРК розпочато у сімдесяті роки минулого сторіччя. Уперше ТРК були використані в системі автоблокування з централізованим розміщенням апаратури (ЦАБ). Надалі на базі ТРК було розроблено кілька нових систем автоблокування: ЦАБ-М-АЛСО, ЦАБс, АБТс, АБТ, АБТД і АБТЦ. В Україні піонерами в освоєнні ТРК стали Придніпровська та Одеська залізниці, Харківський метрополітен (1982–1985 рр.). Потім ТРК впроваджувалися на Київському і Дніпропетровському метрополітенах, ділянках Львівської, Південної та Південно-Західної залізниць, а в Кривому Розі – на лініях швидкісного трамвая. Залежно від часу розробки, застосовуваних сигнальних частот, апаратури, а також систем автоблокування, ТРК можна умовно розділити на чотири типи: ТРК1, ТРК2, ТРК3 і ТРК4.

Для ТРК1 було розроблено апаратуру в складі генератора ПГМ, фільтрів Ф8,9, Ф11,14,15 і приймача УПКЦ. У складі ТРК2 використовується апаратура другого покоління: генератор ГРЦ, фільтри ФП8,9, ФП11,14,15 і приймач ПРЦ. Для підсилення сигнальних струмів застосовуються колійні підсилювачі ПУ-1 (ПУ-1М) і ПУ-2 із трансформаторами типу ПТЦ (ПТЦ-М) і ВТ. Апаратура ТРК1 і ТРК2 є взаємозамінною.

Прообразом апаратури ТРК3 стала апаратура безстикових рейкових кіл для ділянок з низьким опором баласту (БРК-НОБ) у складі генератора ГП, фільтра ФПМ і приймача ПП. В даний час у ТРК3 використовується апаратура третього покоління в складі генератора ГПЗ (ГПУ), фільтра ФПМ (ФПМ1), приймача ПП1 і трансформатора УТЗ. Апаратура ТРК4 містить генератори ГРЦ4 (ГПУ), фільтри ФРЦ4 і приймачі ПРЦ4.

В першому розділі даного посібника викладено основні відомості про принципи побудови ТРК різних типів, наведено їх структурні й принципові схеми. Другий розділ містить докладні відомості про апаратуру ТРК, технологію її перевірки і налаштування в умовах ремонтно-технологічної дільниці (РТД) дистанції сигналізації та зв'язку, а також рекомендації з технічного обслуговування і підвищення експлуатаційної надійності. Третій розділ присвячено регулюванню ТРК у процесі введення в експлуатацію і при заміні апаратури. В четвертому розділі викладено порядок технічного обслуговування ТРК, в п'ятому наведено захист пристроїв ТРК від перенапруг, а в шостому містяться рекомендації з пошуку й усунення несправностей.

При складанні посібника використовувалась нормативно-технічна документація (НТД) розробників і виробників апаратури, нормативні матеріали Укрзалізниці, а також спеціальна література з питань побудови й експлуатації ТРК.

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО РЕЙКОВІ КОЛА ТОНАЛЬНОЇ ЧАСТОТИ

1.1 Класифікація й галузі застосування ТРК

Свою назву тональні рейкові кола одержали в зв'язку з використанням у них сигнального струму з частотами тонального діапазону в межах від 400 Гц до 6000 Гц, який умовно можна поділити на два піддіапазони: низький – від 400 Гц до 800 Гц і високий – від 4 кГц до 6 кГц.

Сигнальні струми ТРК низькочастотного діапазону утворюються амплітудною модуляцією (АМ) однієї з п'яти несучих частот сигналами 8 Гц і 12 Гц. При використанні різних комбінацій несучих частот і частот модуляції можливе утворення десяти АМ сигналів, що мають наступні позначення: $f_{8/8}$, $f_{8/12}$, $f_{9/8}$, $f_{9/12}$, $f_{11/8}$, $f_{11/12}$, $f_{14/8}$, $f_{14/12}$, $f_{15/8}$, $f_{15/12}$. Перше число в позначенні сигналу відповідає номеру найближчої меншої гармоніки промислової частоти (50 Гц) і може бути отримано діленням значення несучої частоти на 50 без залишку. Друге число в позначенні вказує частоту модуляції 8 Гц або 12 Гц.

Сигнальні струми ТРК високочастотного діапазону утворюються модуляцією однієї з трьох несучих частот 4545 Гц, 5000 Гц і 5555 Гц сигналами 8 Гц і 12 Гц і мають наступні позначення: $4,5/8$; $4,5/12$; $5,0/8$; $5,0/12$; $5,5/8$; $5,5/12$. У чисельнику зазначено округлені до першого знаку після коми значення несучих частот у кілогерцах, у знаменнику – значення частот модуляції 8 Гц або 12 Гц.

У ТРК1 і ТРК2 номінальні значення несучих частот становлять 425 Гц, 475 Гц, 575 Гц, 725 Гц і 775 Гц. У ТРК3 для підвищення завадозахищеності приймальних пристроїв використано частоти 420 Гц, 480 Гц, 580 Гц, 720 Гц і 780 Гц. У ТРК4 застосовуються частоти 4545 Гц, 5000 Гц і 5555 Гц. Значення несучих частот цього діапазону обрано за умовами одержання необхідних мінімальних зон додаткового шунтування при організації „електричного” стика за допомогою ТРК4, а також забезпечення їх роботи при низькому опорі баласту.

До теперішнього часу на основі ТРК розроблено кілька систем автоблокування:

ЦАБ-АЛСО (ЦАБ-М-АЛСО) – з централізованим розміщенням апаратури, без прохідних світлофорів і ізолюючих стиків, з організацією руху за сигналами АЛСН;

ЦАБс – з централізованим розміщенням апаратури, прохідними світлофорами й ізолюючими стиками;

АБТс – з децентралізованим розміщенням апаратури, прохідними світлофорами й ізолюючими стиками;

АБТЦ-2000 – з централізованим розміщенням апаратури, прохідними світлофорами, без ізолюючих стиків.

У системі ЦАБ (ЦАБ-М-АЛСО) використовуються ТРК з апаратурою першого і другого поколінь. У системах ЦАБс, АБТс і АБТЦ застосовується апаратура третього покоління. У системі АБТ спільно використовується апаратура третього і четвертого поколінь.

1.2 Загальна характеристика ТРК, кабельні лінії ТРК

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

На базі апаратури БРК-НОБ була розроблена і виготовляється апаратура ТРК третього покоління: генератори ГПЗ і ГПУ, колійний приймач ПП1 (ПК1). Як

коліїний фільтр у ТРК3 також використовується фільтр ФПМ. З 2004 року розпочато випуск модернізованих фільтрів ФПМ1 і ФПУ.

Апаратура ТРК3 розрахована для експлуатації як у постових умовах, так і в польових шафах АБ. Робочий діапазон температур навколишнього середовища становить від мінус 40°C до плюс 60°C.

З урахуванням досвіду експлуатації апаратури першого і другого поколінь у ТРК3 для підвищення захищеності колійних приймачів від завад змінного тягового струму застосовуються несучі частоти 420 Гц, 480 Гц, 580 Гц, 720 Гц і 780 Гц. Значення частот модуляції залишилися колишніми – 8 Гц і 12 Гц. При підвищенні завадозахищеності ТРК3 у шість разів у порівнянні з ТРК2, габаритні розміри її апаратури вдвічі менші.

У результаті експлуатації ТРК2 із приймачами ПРЦМ на метрополітенах було встановлено, що найбільш підданою впливові гармонік постійного тягового струму виявилася несуча частота 575 Гц, особливо в період зниження частоти живильної напруги до 49,03 Гц. Для усунення цього недоліку на метрополітенах використовується несуча частота 565 Гц замість 575 (580) Гц.

Структурна схема ТРК3 наведена на рис. 1.1. Живлення рейкових кіл 1РК і 2РК здійснюється від одного загального живильного (передавального) кінця сигнальним струмом $f_{8/8}$ (формується генератором 1/2Г1). Рейкові кола 3РК і 4РК отримують живлення аналогічно, але уже від генератора 3/4Г2, що формує сигнал $f_{9/12}$. Рейкові кола 2РК і 3РК мають спільний приймальний (релейний) кінець. Сигнальний струм $f_{8/8}$ сприймається на приймальних кінцях 1РК і 2РК селективними приймачами 1П1 і 2П1, настроєними на цей сигнал. Аналогічно на приймальних кінцях 3РК і 4РК колійні приймачі 3П2 і 4П2 (на рис. 1.1 не показаний) сприймають сигнал $f_{9/12}$.

При централізованому варіанті розміщення апаратури вона розташовується в релейних приміщеннях поста ЕЦ. При децентралізованому варіанті розміщення апаратура встановлюється в польові релейні шафи АБ. Колійні трансформатори

ПТ знаходяться в колійних ящиках КЯ безпосередньо біля рейок. Зв'язок між ПТ й іншою апаратурою здійснюється за допомогою кабельної лінії.

Один з різновидів типової схеми включення апаратури ТРКЗ з використанням індивідуального передавального комплексу представлений на рис. 1.2. Живлення сусідніх ТРК 1РК і 2РК сигнальним струмом, наприклад, $f\ 8/8$ (несуча частота 420 Гц, частота модуляції 8 Гц) здійснюється від одного живильного кінця за допомогою комплексу передавальної апаратури, що містить: колійний генератор 1/2Г1 типу ГП (виконання 8,9,11) або ГПУ, колійний фільтр 1/2ФП типу ФПМ або ФПМ1 (виконання 8,9,11), кабельний резистор 1/2РК, розрядник 1/2FV, запобіжник 1/2FU, захисний резистор 1/2R3 і узгоджувальний колійний трансформатор 1/2ПТ типу ПОБС-2А з коефіцієнтом трансформації 38. Коло 1/2СРЦ призначене для передавання в ТРК сигналів числової АЛС.

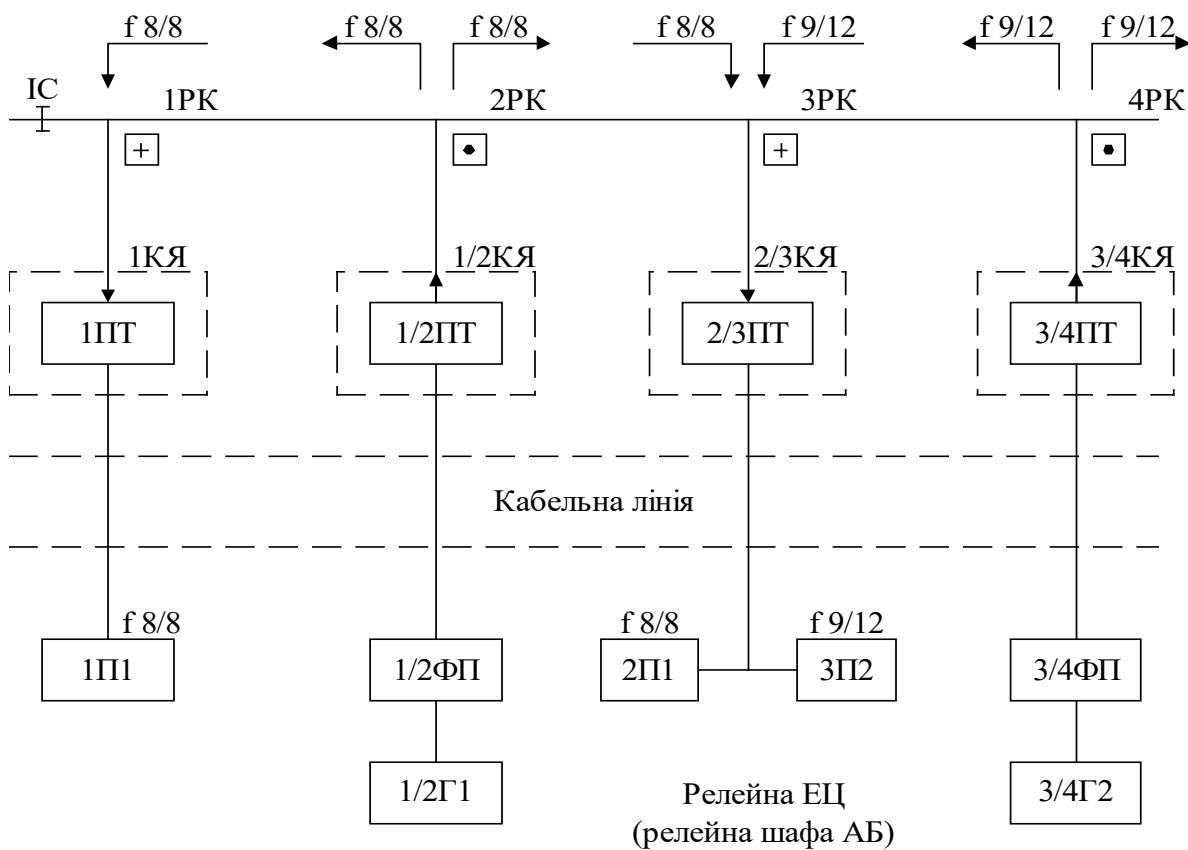


Рисунок 1.1 – Структурна схема ТРКЗ

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

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

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

Колійний трансформатор 1/2ПТ призначений для узгодження низького опору рейкової лінії з відносно високим опором апаратури ТРК. Коефіцієнт трансформації його дорівнює 38. У колійному ящику 1/2КЯ, крім трансформатора і розрядника, розміщують запобіжник 1/2FU (АВМ2-15 А) і захисний регульований резистор 1/2R3 (РМР1-1,1 Ом, два паралельно). Захисні резистори R3 забезпечують нормативний опір передавального або приймального кінця ТРК і захищають апаратуру від асиметрії тягового струму. Запобіжник

1/2FU захищає апаратуру ТРК від впливів тягового струму. На ділянках з електротягою для вирівнювання струмів асиметрії можуть установлюватися дросель-трансформатори ДТ-0,2; ДТ-0,6; ДТ1-150; ДТМ-0,17 (для метрополітену).

До складу апаратури приймального кінця рейкового кола 1РК входять: запобіжник 1FU, захисний резистор 1R3, колійний трансформатор 1ПТ ($n = 38$), розрядник 1FV, кабельний резистор 1RK, конденсатор кола АЛС (1СРЦ), колійний приймач 1П1 типу ПП8/8. На виході приймача (виводи 31, 33) підключене колійне реле 1П типу АНШ2-310.

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

У системах автоблокування без ізолюючих стиків, а також у системах переїзної сигналізації, незалежно від роду тяги поїздів, вторинні обмотки колійних трансформаторів з коефіцієнтом трансформації $n=38$ підключаються безпосередньо до рейок. Таке підключення використовується також при наявності ізолюючих стиків на ділянках з автономною тягою. На ділянках з ізолюючими стиками при електротязі змінного струму пропускання тягового струму в обхід ізолюючих стиків здійснюється по основних обмотках

дросель-трансформаторів ДТ-1 з коефіцієнтом трансформації $n=3$, додаткові обмотки яких підключаються до вторинних обмоток колійних трансформаторів ПОБС-2А, при цьому коефіцієнт трансформації колійних трансформаторів становить $n=13,1$.

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

При застосуванні дросель-трансформаторів ДТ-0,2 з коефіцієнтом трансформації $n=40$ колійні трансформатори не встановлюються, кабельна лінія безпосередньо підключається до додаткових обмоток дросель-трансформаторів.

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

При використанні в складі ТРК3 універсального генератора ГПУ й універсального фільтра ФПУ схема включення апаратури аналогічна зображеній на рис. 1.2 за винятком схеми живильного кінця (див. рис. 1.3). Генератор ГПУ живиться номінальною напругою 230 В, що подається на клеми 32-52, і може настроюватися на будь-яку комбінацію несучої і модулюючої частот діапазону ТРК3 і ТРК4. Фільтр ФПУ, на відміну від ФПМ, має одне виконання і може настроюватися на будь-яку несучу частоту діапазону ТРК3 (на рис. 1.3 показане настроювання на комбінацію $f\ 8/8$).

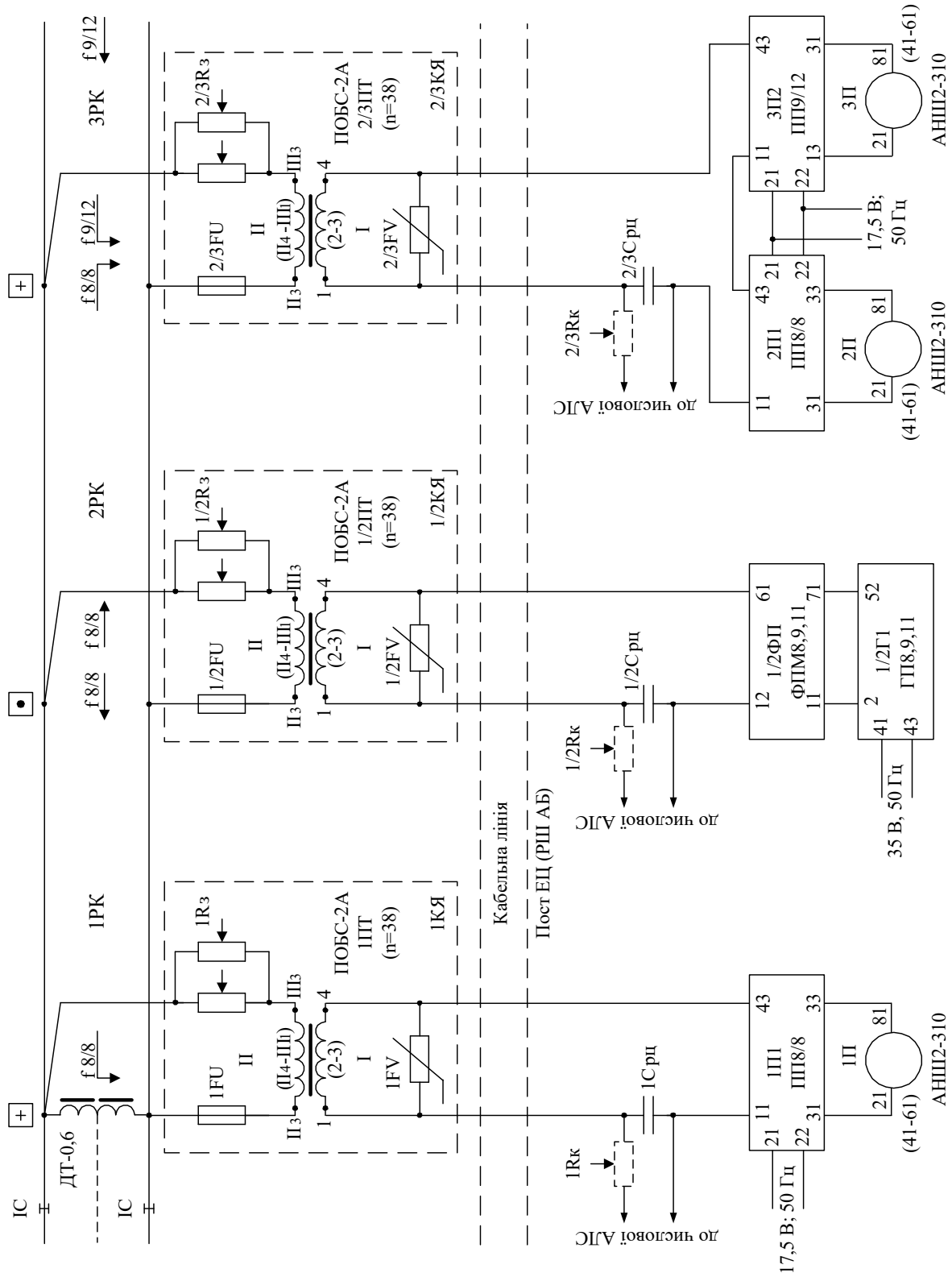


Рисунок 1.2 – Схема підключення апаратури ТРКЗ

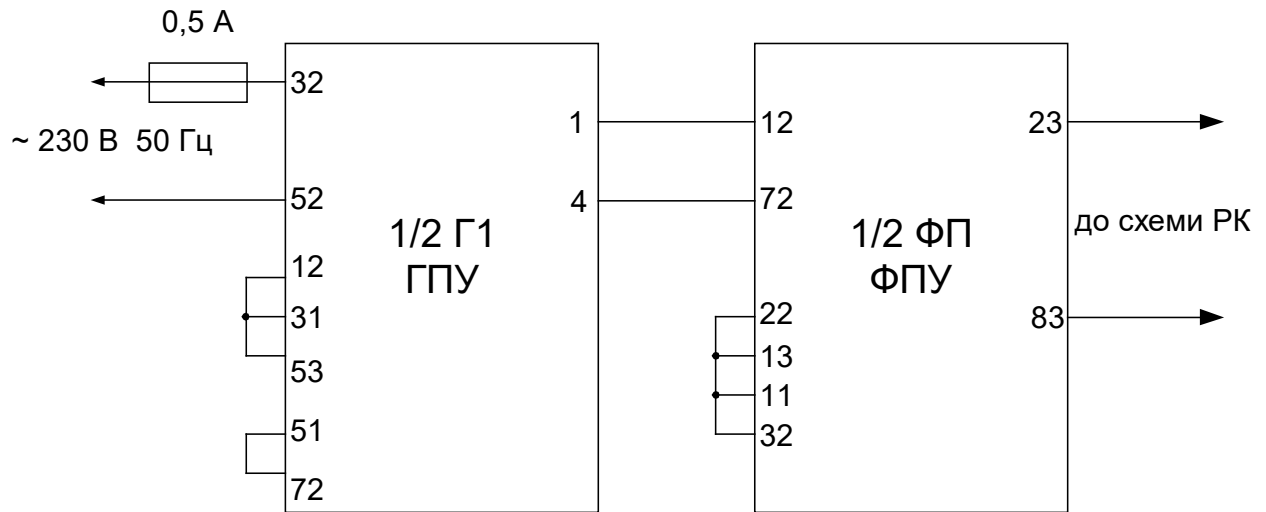


Рисунок 1.3 – Схема живильного кінця ТРК3 з використанням універсальної апаратури

Особливістю безстикових РК є наявність зони додаткового шунтування, довжина якої є змінною величиною і залежить від багатьох факторів (опору баласту та рейок, напруги живлення тощо). У зв'язку з цим для запобігання перекриття світлофора перед поїздом при наближенні його до точки підключення колійного приймача необхідно вживати додаткових заходів.

Таким заходом в системі АБТ є влаштування в зоні прохідного світлофора так званого „електричного” стика у вигляді двох додаткових високочастотних РК типу ТРК4. Для організації таких РК використовуються несучі частоти 4545 Гц, 5000 Гц або 5555 Гц із частотою модуляції 8 Гц або 12 Гц. Довжина РК при цьому становить від 150 м до 250 м. Зона додаткового шунтування таких РК становить не більше 15 м. Додатковим заходом, що виключає появу червоного вогню на прохідному світлофорі перед поїздом, що наближається, є перенесення місця установки прохідного світлофора на 20 м від точки підключення живильного кінця високочастотної РК назустріч руху поїзда.

Апаратура рейкових кіл ТРК4, оптимізованих за умовою забезпечення в них необхідних зон додаткового шунтування, містить наступні функціональні блоки: генератор ГРЦ4, фільтр ФРЦ4, приймач ПРЦ4. В даний час виготовляються генератор ГП4 і приймач ПП4.

Замість генератора ГРЦ4 (ГП4) може використовуватися універсальний генератор ГПУ, що настроюється на будь-яку комбінацію несучих і модулюючих частот діапазону ТРК4. За параметрами вихідних сигналів ГПУ аналогічний генераторам ГРЦ4 (ГП4), але на відміну від них живиться від джерела змінної напруги 230 В.

Один з варіантів структурної схеми ТРК4 системи АБТ наведено на рис. 1.4. У таких системах АБ блок-ділянка може складатися з двох ТРК4 (А, Б) і однієї (двох) ТРК3 (С).

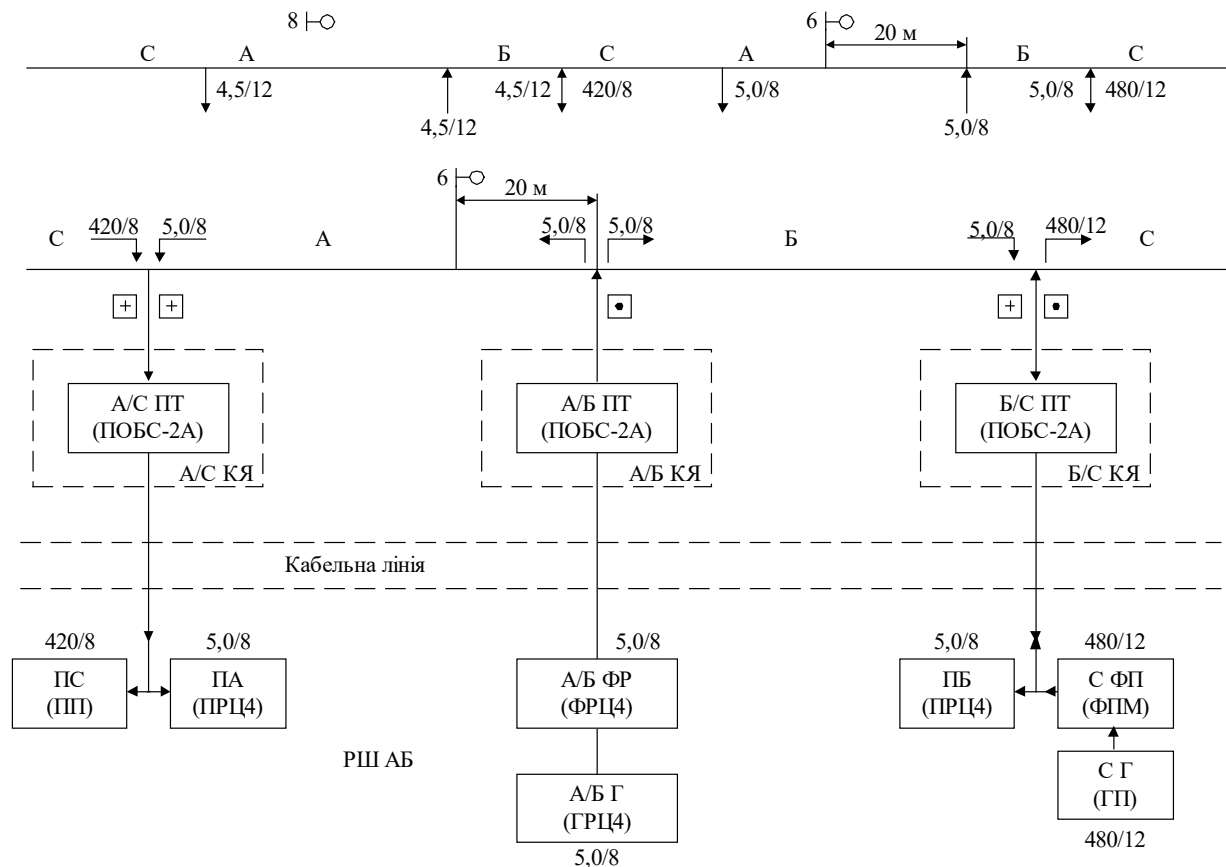


Рисунок 1.4 – Структурна схема ТРК4 у системі АБТ

Основна довжина блок-ділянки контролюється ТРК3, а його границя („електричний” стик) фіксується загальним живильним кінцем двох ТРК4 (генератор А/Б Г типу ГРЦ4), що підключається до рейок на деякій відстані (20 м) за колійним світлофором за ходом поїзда), обумовленій точністю фіксації границі блок-ділянки.

Особливістю системи АБТ є наявність сполучених приймально-передавальних кінців ТРК, що забезпечується істотною різницею частот у ТРК3 і ТРК4. ТРК4 А і Б живляться сигнальним струмом 5,0/8, що виробляється загальним живильним кінцем цих РК, який складається з генератора А/Б Г типу ГРЦ4 і фільтра А/Б ФР типу ФРЦ4. Селективні приймачі ПА і ПБ сприймають цей сигнал, тим самим контролюючи вільний стан РК А і Б. Послідовно з приймачем ПА типу ПРЦ4 включений приймач ПС типу ПП, що контролює стан РК С. Приймальний кінець РК Б сполучений з живильним кінцем РК С, тобто приймач ПБ (ПРЦ4) послідовно з'єднаний з колійним фільтром ФП (ФПМ) РК С, через який від генератора Г (ГП) РК С в рейкові кола С і Б подається сигнальний струм 480/12. Приймач ПБ (ПРЦ4) контролює стан РК Б.

Один з варіантів підключення апаратури ТРК4 у системі АБТ наведено на рис. 1.5 стосовно до блок-ділянки між світлофорами 8 і 6. У релейній шафі світлофора 6 розташовується апаратура РК А і Б (ТРК4), а також передавальна апаратура РК С (ТРК3) за світлофором 6 і колійний приймач РК С (ТРК3) перед світлофором 6. Живлення сигнальним струмом 5,0/8 РК А і Б на межі блок-ділянки забезпечується від генератора А/Б Г (ГРЦ4). Сигнальний струм з частотою несучої 5,0 кГц і частотою модуляції 8 Гц із виходу генератора (виводи 32, 52) А/Б Г через колійний фільтр А/Б ФР (виводи 4, 23) типу ФРЦ4 через колійний трансформатор А/Б ПТ надходить у рейкову лінію.

Передавальний кінець цих РК підключається на відстані від 15 м до 20 м за світлофором 6 і є умовним „електричним” стиком межі блок-ділянки. Цей сигнал

із РК А сприймається колійним приймачем ПА (ПРЦ4). По цій же кабельній парі проводів приймач ПС (ПП8/8) одночасно сприймає сигнал 420/8 із РК С перед світлофором 6 на частоті несучої 420 Гц і частоті модуляції 8 Гц. Стани РК С і А при цьому фіксуються колійними реле ПС і ПА відповідно.

РК Б контролюється колійним реле БП, включеним на виході колійного приймача ПБ (ПРЦ4).

Приймальний кінець РК Б сполучений з передавальним кінцем РК С за світлофором 6. У зв'язку з цим послідовно з входом (виводи 11, 43) колійного приймача ПБ включено вихід (виводи 12, 61) колійного фільтра С ФП (ФПМ8,9,11). При цьому сигнал з несучою частотою 480 Гц і частотою модуляції 12 Гц формується генератором СГ (ГП8,9,11) і подається на вхід колійного фільтра (виводи 11, 71) С ФП (ФПМ8,9,11).

Варіант включення апаратури АБТ, у якому як колійні генератори ТРК3 (рейкове коло С) і ТРК4 (рейкове коло А/Б) використані генератори ГПУ, наведений на рис. 1.6.

Ці схеми можна використовувати на лініях з будь-яким видом тяги. Захист приладів ТРК від асиметрії тягового струму здійснюється установленням автоматичних вимикачів АВМ2-15А (F) і захисних резисторів R3. При цьому на ділянках з автономною тягою автоматичні вимикачі не встановлюють. На цих ділянках можливо також замість захисних резисторів R3 у колійних ящиках використовувати кабельні резистори $R_K = 400 \text{ Ом}$, встановлені в релейній шафі (зображені штриховою лінією). Якщо живильний кінець ТРК3 не сполучений із приймальним кінцем ТРК4, то резистори R3 і R_K на ньому можна не встановлювати.

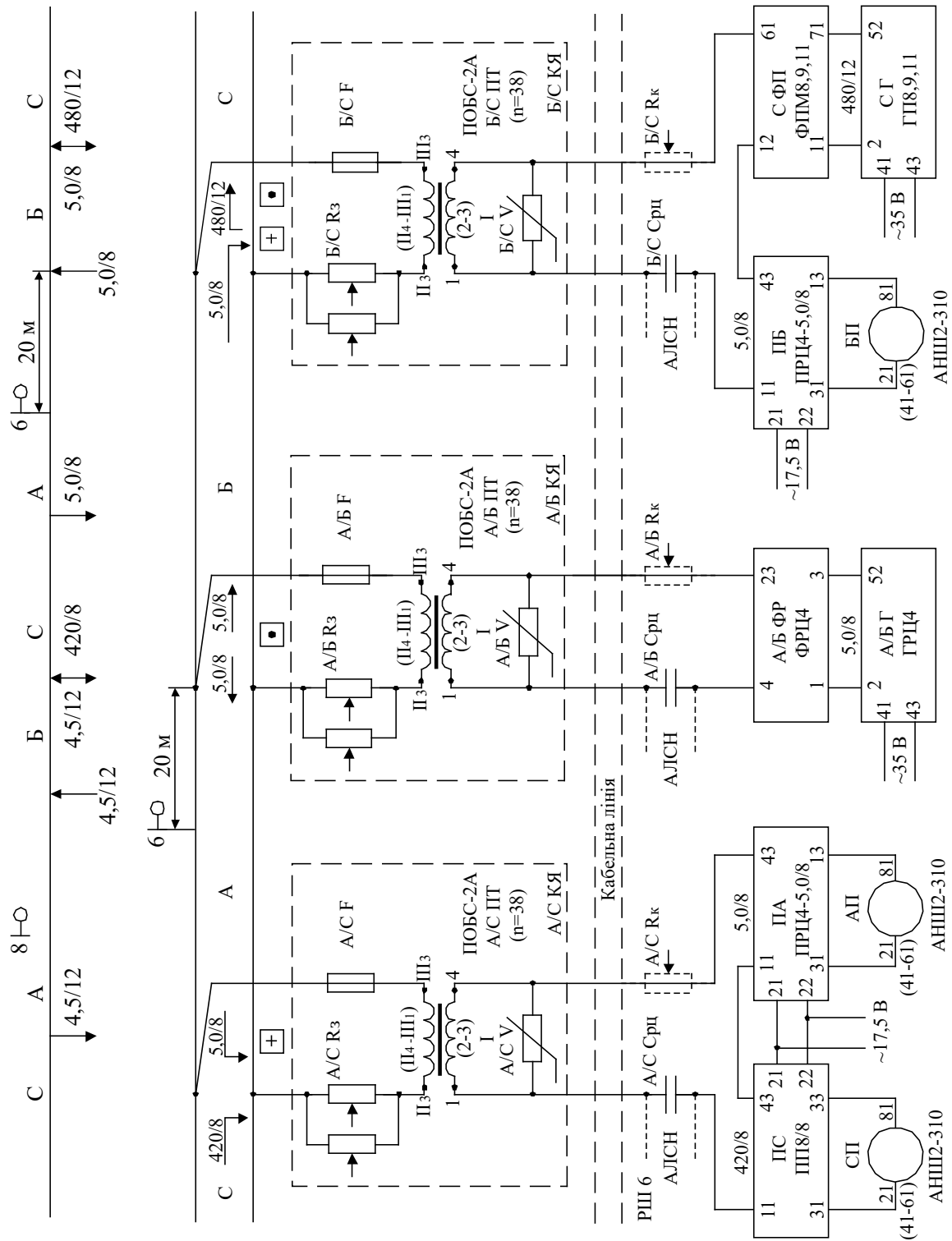


Рисунок 1.5 – Схема підключення апаратури ТРК4

На ділянках з електротягою постійного струму для вирівнювання тягового струму в рейкових нитках установлюють дросель-трансформатори типу ДТ-0,6. Місце їх установлення може знаходитися між світлофором і точкою підключення живильного кінця РК. На ділянках з електротягою змінного струму ДТ можна не встановлювати.

Для пропуску тягового струму через ізолюючі стики на границі станцій можна використовувати дросель-трансформатори ДТ-0,2 і ДТ-0,6 (з розімкнутою додатковою обмоткою) при електротязі постійного струму або ДТ-1-150 і ДТ-0,6 при електротязі змінного струму.

Схеми ТРК передбачають кодування струмами АЛС як з живильного, так і з релейного кінців. На двоколійних ділянках АБ при русі по неправильній колії для передачі сигналів АЛС використовується додатковий конденсатор (4 мкФ), встановлюваний у колійному ящику КЯ, який працює з конденсатором СРЦ за схемою з переключенням. Для живлення каналу передачі АЛС застосовуються кодові трансформатори ПОБС-3А або перетворювачі частоти ПЧ50/25-150, встановлені на групу РК.

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

До цих пошкоджень відносяться такі, при яких порушується симетричність кіл і виникає гальванічний зв'язок між ними, насамперед при однополюсному замиканні. Двополюсні замикання допускається не враховувати, тому що ймовірність їх невелика. Розмикання передавального або приймального кола контролюється знеструмленням двох колійних реле відповідних РК. Тому сполучення двох пошкоджень – замикання й обрив кола – можна не враховувати.

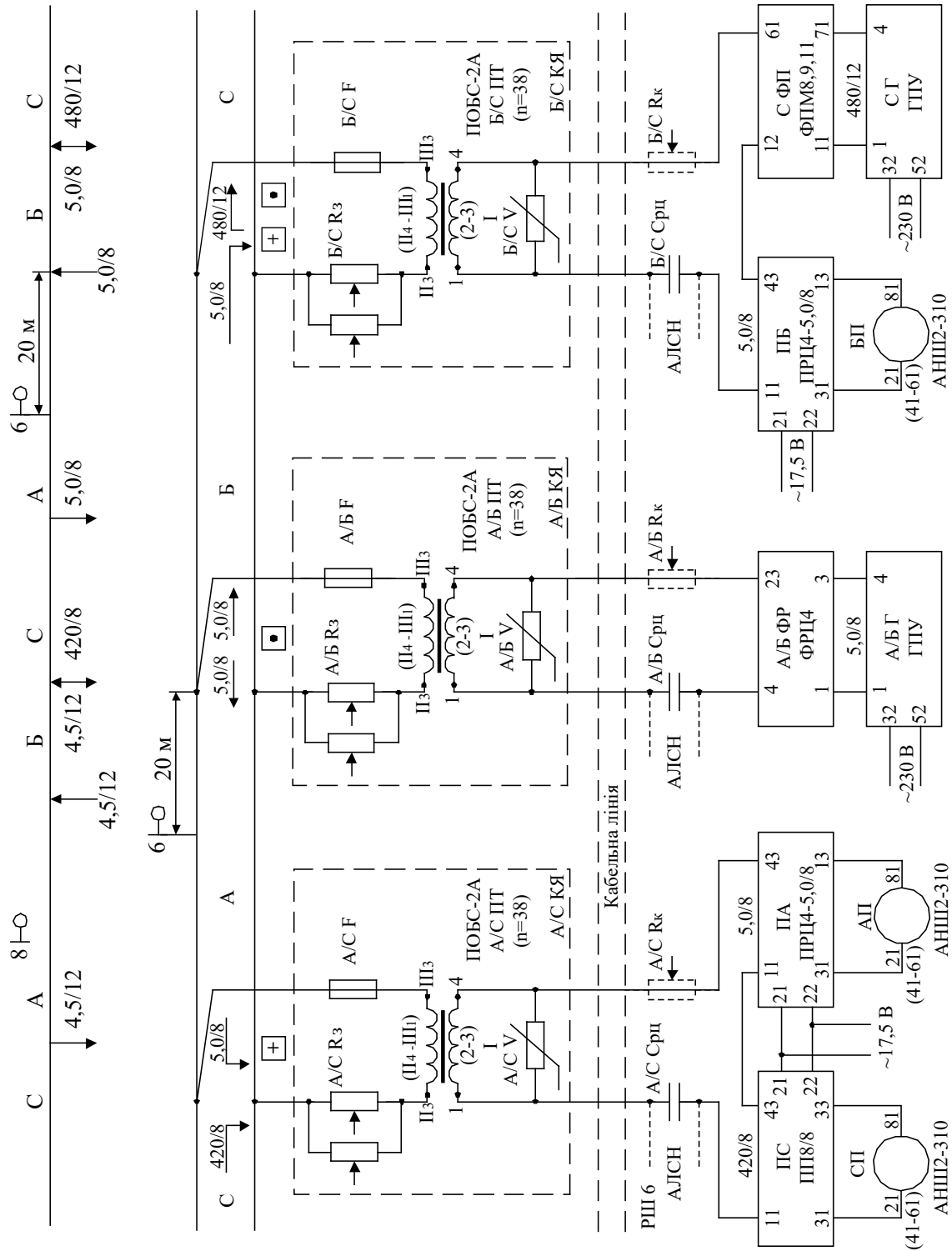


Рисунок 1.6 – Схема підключення апаратури ТРК4 з використанням генераторів ГПУ

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

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

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

На станціях двоколійних ділянок при кількості централізованих стрілок більше 40 живильні та релейні кінці РК парного та непарного напрямків руху рекомендується розміщувати в окремих кабелях і окремих трасах. У межах поста ЕЦ від кросового статива до стативів з апаратурою РК живильні та релейні кінці мають прокладатися окремими постовими симетричними кабелями.

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

1.3 Висновки за розділом. Постановка мети та завдання досліджень

Дана тема є комплексною. В першій роботі за темою показано, що тональні рейкові кола є достатньо надійними пристроями. Зміни опору ізоляції баласту від 0.8 до 50 Ом/км не викликають збоїв в роботі ТРК при нормальному і шунтовому режимах роботи, хоча в деяких випадках напруга в нормальному і, особливо, в шунтовому режимі наближується до граничних значень, при яких можуть виникнути збої в роботі РК.

Але враховуючі, що реальні параметри електричних елементів схеми рейкового кола (резисторів, конденсаторів) відрізняються від номінальних у межах допуску, до того ж можуть змінюватися під дією температури, вологості, старіння, зміна їх значень приводить до зміни електричних параметрів рейкового кола (напруги на колійному приймачі). Це також може привести до збоїв в роботі ТРК.

Для підтримання безпечного і працездатного режиму роботи тональних рейкових кіл вони підлягають плановому контролю напруги на колійних приймачах і генераторах, що потребує значних матеріальних ресурсів.

Сучасні комп'ютерні системи дозволяють проводити контроль режимів роботи ТРК в автоматичному режимі

Відповідно в роботі поставлено мету розробити автоматизованого пристрою контролю напруги на колійному приймачу КП і колійному генераторі (КГ) ТРК.

Розробка приладу дозволить окрім зменшення періодичності контролю також порівнювати безперервно виміряну напругу в РК і проводити її перевірку з потрібною напругою, значення якої задається регульовальними таблицями. В випадку наближення напруги до гранично допустимого значення сповіщати світловими та звуковими сигналами обслуговуючий персонал.

2. РЕГУЛЮВАННЯ І ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРК

2.1 Особливості розрахунку та регулювання рейкових ланцюгів

тональної частоти

Важливою умовою забезпечення надійної роботи ТРК є їхнє правильне регулювання перед включенням в експлуатацію та при технічному обслуговуванні.

Вона виконується за регулювальними таблицями, які зазвичай розробляються для конкретних ділянок залізниць. Регулювальні таблиці розраховуються за розрахунковими схемами, що складаються за двонитковими планами перегонів або станцій з урахуванням довжини РЦ, що розраховуються і суміжних з ними, довжини кабелю, частоти сигнального струму, а також наявності або відсутності ДП, ІВ, міжколійних перемичок і т.п. Крім цього, враховуються розрахункові значення параметрів, що використовується в кожній РЦ апаратури.

Основними електричними характеристиками колійних приймачів УПКЦ, ПРЦ і ПП є: номінальна напруга спрацьовування, що вимірюється для модульованого сигналу на вході приймача (висновки -11, 43) та становить 0,35 (для метрополітену 0,7); вхідний опір на зазначених висновках, що дорівнює 120... 160 Ом. При цьому як розрахункове значення вхідного опору приймача прийнято 140 Ом.

При розрахунках ТРК з приймачами УПКЦ, ПРЦ і ПП, враховується, що мінімальному значенню модульованої напруги 0,4 відповідає безперервний вхідний струм 3 мА, що приймається з урахуванням запасу зі спрацьовування приймача $k_{сз}=1,15$. Останній враховує відхилення від номінальної величини фактичних рівнів спрацьовування колійних приймачів, що викликаються розкидом їх параметрів та впливом температури навколишнього середовища. Максимально допустимі значення модульованої напруги на вході колійного приймача в залежності від схеми ТРК та умов її розрахунку можуть перебувати в межах від 0,75 до 1,7 Ст.

У процесі розробки стратегії забезпечення відповідності вимогам безпеки в ТРК було проведено експериментальні та теоретичні дослідження з оцінки рівнів та форми безперервного та модульованого сигналів у тональному діапазоні частот у різних точках схеми ТРК. Мета цих досліджень полягала в оцінці можливостей встановлення стабільних співвідношень між рівнями напруг і струмів на живильному та приймальному кінцях схеми ТРК при переході від безперервного сигналу до модульованого. Як показав аналіз осцилограм, на кінці живлення ТРК форма АМ сигналів струму і напруги на виходах генератора і фільтра являє собою послідовність імпульсів несучої частоти зі шпаруватістю 2.

Основні труднощі при такому способі розрахунку регулювання ТРК виникли на її релейному кінці. Справа в тому, що найпростішим і об'єктивним способом практичної оцінки рівня модульованого сигналу, що надходить з РЦ на вхід приймача, є вимірювання демодульованої напруги на вході порогового елемента (тригера), оскільки саме рівнем зазначеного сигналу визначається збуджений або знеструмлений стан приймача. Однак у тракті «вхід приймача - тригер», крім фільтрів несучої частоти і частоти модуляції, є низка каскадів, службовців посилення, демодуляції та обмеження сигналу. Наявність цих каскадів унеможливорює отримання лінійної залежності між рівнями сигналу у всьому діапазоні його змін на входах приймача і тригера. У зв'язку з цим було вирішено нормувати електричні характеристики по входу приймача, спираючись на реальну можливість відрегулювати всі приймачі, що випускаються, на один і той же рівень чутливості на їх входах. При цьому враховувалося, що тракт передачі сигналу від живильного кінця до входу приймача може бути заміщений еквівалентним генератором струму, внутрішній опір якого не менше ніж на порядок перевищує вхідний опір приймача. Отже, зміна вхідного опору приймача в дуже широких межах не надає практичного впливу величину струму на релейному кінці.

Для встановлення відповідності між вимірюваними рівнями напруг при модульованому сигналі і розрахунковими значеннями при безперервному сигналі були проведені вимірювання за допомогою наявних на лінії, РТУ і заводі-виробнику апаратури ТРК приладів Ц4312, Ц4380, ВЗ-38 і ВЗ-55 по наступній.

Спочатку кожна ТРК запитувала безперервним сигналом несучої частоти. Рівень сигналу на вході приймача виставлявся за допомогою одного з перелічених приладів відповідно до розрахункових даних. Потім генератор живлення перемикався в режим модульованого сигналу при збереженні амплітуди напруги несучої частоти незмінною. Після цього виміри перерахованими приладами проводилися повторно.

На підставі результатів безлічі вимірювань, виконаних за наведеною методикою, було встановлено, що при безперервному сигналі дані вимірювань рівнів напруг в різних точках схеми ТРК з похибкою, що визначається класом точності приладів, збіглися з розрахунковими даними, при цьому дані вимірювань на входах колійних приймачів і безперервних сигналах з похибкою $\pm 10 \%$ збіглися між собою.

Електричні характеристики складових елементів ТРК повинні відповідати встановленим нормам.

Регулювальні таблиці розробляються шляхом розрахунку основних режимів ТРК при безперервному сигналі несучої частоти та приведення отриманих даних до модульованого сигналу з урахуванням отриманих експериментальним шляхом коефіцієнтів перерахунку.

Запропонований спосіб розрахунку та наступного регулювання ТРК найбільше враховує характерні особливості ТРК. Зокрема, при цьому способі в процесі регулювання ТРК практично немає необхідності використовувати селективні прилади, оскільки достатні перевищення рівня корисного сигналу над перешкодою забезпечують фільтри, що є в апаратурі ТРК.

Крім цього, експериментально підтверджено, що при використанні вище перерахованих приладів, що реагують на середнє значення випрямленої напруги вимірювання, забезпечується стабільна відповідність між вимірюваними і розрахунковими значеннями електричних характеристик в ТРК. Це дозволило забезпечити реальні гарантії відповідності ТРК жорстким вимогам безпеки. За таким методом відрегульовано десятки тисяч ТРК.

Приклад регулювальної таблиці наведено у табл. 2.1. Регулювальна таблиця містить відомості про допустимі максимальні та мінімальні напруги на входах коливних приймачів ($U_{пп}$) в умовах експлуатації.

Перегон	№ РЦ	L, м	f, Гц	R _н , Ом·км	Нормальный режим							R _з +R _{сп} , Ом	
					U _{лпц} , В	S _{РЦ} , В·А		U _ф , В	U _н , В	U _{пп} , В			
						макс.	ср.			мин.	макс.	ПК	РК
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
А-Б	2П	466	425	0,25	2,45	2,6	1,3	10	0,33	0,4	1,3	0,35	0,35
	48П	250	775	1,0	6,8	21	10,5	42,4	0,64	0,8	1,2	0,3	0,3

Рис. 2.1 – Регулювальна таблиця щодо умов експлуатації

Мінімальне значення напруги $U_{пп}$ (графа 11 таблиці) відповідає мінімальному напрузі в мережі живлення та мінімальному значенню опору баласту. Максимальне значення $U_{пп}$ (графа 12) відповідає максимальному напрузі в мережі живлення та максимальному значенню опору баласту. Величини $U_{пп}$ є основними при регулюванні РЦ.

У таблиці також наведено значення напруги живлення на виході трансформатора ПТЦ $U_{2\text{птц}}$ (графа 6). Ці значення відповідають максимальній напрузі в мережі живлення. Напруги на виходах фільтрів U_f і рейках живильного кінця УН (графи 9 і 10) наведені для максимального значення напруги в мережі живлення та мінімального опору баласту. За цих умов для вільної РЦ визначені значення максимальної (в режимі безперервного сигналу) і середньої (в режимі АМ сигналу) потужності $S_{\text{рц}}$, споживаної РЦ від трансформатора ПТЦ, тобто. від передавального кінця (графи 7 та 8).

Наведені дані визначалися на основі нормального, шунтового та контрольного режимів з урахуванням конкретних довжин РЦ (графа 3), включаючи суміжні, та довжин кабелів.

Розрахунки виконувались з урахуванням забезпечення роботи РЦ у нормальному режимі при розрахунковому мінімальному опорі баласту, значення якого наведено у графі 5 таблиці.

При цьому враховані в розрахунках сумарні значення опорів сполучних проводів ($R_{\text{сп}}$) та резистора R_3 на живильних (ПК) і релейних (РК) кінцях РЦ наведені у графах 13 та 14 таблиці відповідно.

При розрахунках враховувалося також, що значення модульованої напруги $U_{\text{нн}} = 0,4$ відповідає безперервний вхідний струм 3 мА, що приймаються з урахуванням запасу зі спрацьовування приймача $K_3 = 1,15$. Коефіцієнт надійного повернення приймача, що враховує коливання напруги в мережі живлення в межах $\pm 10\%$ від номінального значення і $K_3 = 1,15$, приймався рівним $K_{\text{вн}} = 0,58$.

У графах 15 і 16 таблиці наведено значення напруги на кодових трансформаторах ($U_{\text{кт}}$) і потужності ($S_{\text{кт}}$), що забезпечують (при мінімальних значеннях напруги мережі живлення та опору баласту) нормативну величину струму АЛС частотою 50 Гц (2 А). При цьому в чисельнику представлені значення, що відповідають підключенню кодування до живильного, а в

знаменнику - до релейного кінця РЦ. Максимально можливі значення струму АЛС, наведені у графі 17 таблиці, відповідають максимальним значенням напруги живлення мережі та опору баласту.

При розрахунках режиму АЛС для відсутності ІВ на вхідних кінцях ТРК враховувалася наявність у них зон додаткового шунтування: в РЦ кордонів блоку ділянок та переїздів – 35 м; у всіх інших РЦ – 120 м.

2.2 Методика регулювання ТРК3 та ТРК4

Регулювання БРЦ третього та четвертого покоління (ТРК3 і ТРК4) виконується при пуску пристроїв в експлуатацію, заміні апаратури та інших випадках, що спричинили зміну режимів роботи РЦ.

Процес регулювання ТРК зводиться в основному до наступних дій:

- перевіряється правильність виконання монтажу та відповідність фактичних параметрів регульованих елементів, як це вимагає проект;
- налаштовуються в резонанс фільтри живильних кінців;
- регулюються рівні напруги на вході коливних приймачів і виходах фільтра і вихідного трансформатора живильного кінця;
- перевіряється справність монтажу, кабельних ланцюгів та режими роботи ТРК.

На живильних і релейних кінцях ТРК, залежно від довжини кабелю, встановлюються необхідні значення опорів додаткових резисторів Кд або РК (якщо вони регулюються). Значення опорів Кд повинні бути зазначені у нормалі для кожної ТРК. У загальному випадку опір кабельного резистора дорівнює:

$$R_k = 400 - r_k \cdot L_k, \quad (2.1)$$

де (Ом/км) – питомий опір кабельної петлі; (Км) - Довжина кабелю.

При діаметрі жили кабелю 1,0мм питомий опір = 47 Ом/км, при діаметрі жили 0,9 мм - $r_k = 60$ Ом/км, а при діаметрі жили 0,7 мм - $r_k = 90$ Ом/км.

Потім перевіряється цілісність регульованих резисторів, так як обрив проводу навіть у неробочій частині резистора може призвести до однополюсного об'єднання живильних та релейних кінців ТРК. Для підвищення надійності роботи пристроїв рекомендується регульовані резистори типу 7175 замінити на склі (С5-35 В-50 Вт) з найближчим за значенням опором. Допускається замінити один резистор потужністю 50 Вт на два послідовно включені резистора 25 Вт приблизно однакового опору.

У колійних ящиках перевіряється правильність включення I та II обмоток колійних трансформаторів, що забезпечують коефіцієнт трансформації ≈ 38 .

Значення сумарного опору захисного резистора R_3 і $R_{сп}$ (з'єднувальних проводів і перемичок) вимірюється в ящику шляхом методом амперметра і вольтметра при безперервному сигналі частотою 25 або 50 Гц. З цією метою в кабельну лінію подається безперервний кодовий струм або через трансформатор ПОБС-ЗА з кросового стативу напруга 40...70 від мережі 50 Гц. При вимірюваннях та регулюванні опору рейкова лінія в місці підключення перемичок закорочується або кінці перемичок, що підключаються до рейок, з'єднуються між собою. При зниженні опору R_3 покращуються умови передачі сигналів БРЦ і АЛС-АРС в даній БРЦ, зменшується зона додаткового шунтування. Однак одночасно з цим погіршуються умови виконання шунтового режиму, зростає величина тягового струму, що протікає по вторинній обмотці дорожнього трансформатора (ПОБС-2А) за наявності асиметрії рейкової лінії. Це може призвести до підмагнічування трансформатора та порушення нормальної роботи приймальних пристроїв РЦ.

Перед регулюванням ТРК необхідно перевірити та відрегулювати значення напруги живлення апаратури ЦАБ (ПГМ, ГРЦ, ПУ-1, ПРЦ, УПКЦ). Воно має бути в межах 15,7...18ДВ за частоти 50 Гц. У виняткових випадках з метою збільшення струмів АЛС-АРС у рейках допускається підвищення напруги

живлення блоку ПУ-1 до 20 Ст. Уся апаратура БРЦ має бути перевірена у РТУ відповідно до вимог НТД.

При регулюванні БРЦ всі пристрої БРЦ і АЛС, що впливають на неї, повинні бути відключені, наприклад, вилученням запобіжників у ланцюгах живлення колійних підсилювачів або іншим способом.

Електричні параметри БРЦ повинні вимірюватися за допомогою вимірювальних приладів, що мають клас точності не менше 2,5 і опір на шкалі 1,5 не менше 1,3 кОм, наприклад Ц4312, Ц4380, ВЗ-38, ВЗ-38Б, ВЗ-55 і іншими аналогічними.

Регулювання ТРК проводиться у такій послідовності. Після подачі напруги живлення на колійний генератор та підсилювач, перевіряється наявність напруги на їх виходах. Діюче значення напруги АМ сигналу на виході генератора ПГМ (ГРЦ), висновки 3, 31 має бути не менше 1,5 В. Напруга на виході підсилювача сигналу БРЦ (ПУ-1), висновки 3, 4, повинно бути не менше 15 В. Наявність на виході підсилювача напруги вище 28 В вказує на самозбудження підсилювача в паузах АМ сигналу БРЦ. Такий підсилювач має бути замінений. Потім переходять до налаштування в резонанс фільтра живильного кінця ФП8,9 (ФШ 1,14,15) безпосередньо в схемі БРЦ, так як на його налаштування впливає ємність кабельної лінії, що підключається (близько 0,05 мкФ/км).

Фільтр налаштовується в резонанс на конкретну частоту БРЦ, що несе (за проектом) незалежно від частоти модуляції. Фільтр ФП8,9 (ФП11,14,15) налаштовується в резонанс у процесі пусконаладжувальних робіт або при заміні фільтра внаслідок його несправності.

УТЗ складається з трансформатора TV з відводами та конденсаторів С1 та С2. На несучу частоту сигналу РЦ УТЗ налаштовується підключенням конденсаторів С1, С2 до відповідного відведення трансформатора шляхом встановлення зовнішніх перемичок (425 Гц - перемичка 10, 3; 475 Гц - 10, 4; 775 Гц - 10, 7). Зрівнює трансформатор встановлюється на вході колійного приймача РЦ меншої

довжини. Докладніше УТЗ буде розглянуто у розділі 2.7 цього видання. Для регулювання БРЦ можна також скористатися нормами інституту ГТСС.

Для з'єднання апаратури ТРК, розміщеної на посту ЕЦ, з колійними трансформаторами (ДП), розташованими безпосередньо біля рейкової лінії, використовується симетричний сигнально-блокувальний кабель з парним скручуванням жил. При цьому дублювання та розпарювання жил кабелю не допускається (це може підвищити в кілька разів взаємні впливи). Застосування несиметричного кабелю допускається, якщо в ньому використовується одна пара жил (наприклад, між муфтою та колісним ящиком у кінці кабельної магістралі).

Прийомні та передавальні пари РЦ повинні укладатися в різних кабелях як на полі, так і в релейних приміщеннях, і не оброблятися у суміщених кабельних муфтах. Під час перевірки правильності виконання монтажу кабельної магістралі необхідно:

- перевірити ізоляцію жил кабелю відповідно до вимог Інструкції з технічного обслуговування пристроїв СЦБ (при цьому треба вийняти прилади ТРК із штепсельних розеток);
- підключити до кабелю шляхові трансформатори ПОБС-2А (або ДП) всіх РЦ відповідно до проекту;
- виміряти опір шлейфів (через первинні обмотки дорожніх трансформаторів) кожного передавального та приймального кабельного ланцюга з кросового стативу, який не повинен перевищувати 400 Ом;
- підключити до кабелю входи колійних приймачів усіх РЦ відповідно до проекту. При відключених передавальних генераторах всі колійні реле повинні бути без струму;
- виключити передачу кодових сигналів АЛ;
- підключити вихід одного передавального генератора РЦ до пари кабелю, що відповідає за проектом. При вільному стані колії колійні реле РЦ, до яких

підключено передавальний пристрій, повинні знаходитися під струмом, а колійні реле інших РЦ - знеструмлені;

- відключити даний передавальний пристрій (генератор) та провести аналогічну перевірку для інших РЦ;

- підключити всі передавальні пристрої та перевірити виконання шунтового режиму накладенням нормативного шунта (0,06 Ом) на кінцях та в середині кожної РЦ.

Відсутність однополюсних об'єднань у монтажі кабельної магістралі перевіряється послідовним вилученням сполучних дужок на кросовому стативі. Вилучення будь-якої дужки має знеструмлювати колійне реле відповідної РЦ.

Якщо умови шунтового режиму виконуються, а збудження колійного реле походить лише від передавального пристрою власної РЦ, то кабельна магістраль може бути включена в експлуатацію. Обхідні ланцюги можуть створюватися внаслідок несправних з'єднань, по ємнісних ланцюгах при розпарюванні жил сигнальних пар, через зниження опору ізоляції між жилами або жилами і оболонкою кабелю і т.п. Необхідно враховувати, що при обриві однієї з жил ланцюг проходження сигнального струму, хоч і зі значним згасанням, зберігається. Особливо це проявляється при підвищених частотах 725 та 775 Гц за рахунок утворення обхідних ланцюгів через ємність кабелю. У результаті в ланцюзі з обірваною жилою протікатиме ослаблений сигнальний струм. Його значення зростає зі збільшенням сигнального струму та протяжності кабелю. Таким чином, наявність ослабленого сигнального струму не можна судити про справність кабельної лінії. При довжинах кабелю 2 км і більше при однополюсних замиканнях жил кабелю взаємний вплив між ланцюгами стає суттєвим, і струми впливу зрівнянні з робочими рівнями. З метою підвищення безпеки при довжинах кабелю понад 2 км. передбачається застосування схеми контролю справності кабельних ланцюгів (розглянуто раніше). Контрольні реле цієї схеми знеструмлюються при обриві або повідомленні між жилами різних пар,

а також при зниженні ізоляції між ними нижче за розрахункові значення. Контрольні реле при цьому забезпечують індикацію пошкодження та відключення передавальних або приймальних ланцюгів.

Регулювання шунтового режиму виконується після вимірювання залишкової напруги на вході УПКЦ (ПРЦ) при почерговому накладення нормативного шунта 0,06 Ом на релейному, живлення кінцях і середині ТРК. Залишкова напруга не повинна перевищувати 0,2 В; при цьому напруга на колійному реле повинна дорівнювати нулю. Якщо залишкова напруга більша за нормативну, необхідно зменшити напругу на вторинній обмотці трансформатора (ПТЦ) живильного кінця з урахуванням дотримання умов нормального режиму. Забороняється вимірювати залишкову напругу на шкалі 0,3 вимірювального приладу, так як опір самого приладу на цій межі вимірювань менше вхідного опору приймача. Для перевірки правильності монтажу та відсутності обхідних ланцюгів через жили кабелю необхідно також накласти нормативний шунт на середині ТРК. При цьому колійне реле також має відпустити якір.

Перевірка контрольного режиму роботи ТРК (контроль рейки, що лопнула або вилучена) може бути (у першому наближенні) здійснена обривом ланцюга передачі сигналу, наприклад, на кросовому стативі. Вилучається одна сполучна дужка, при цьому колійне реле має знеструмитися. Потім цю дужку ставлять місце і вилучають іншу дужку: колійне реле має бути без струму.

Рівність напруги на вході приймача в обох випадках свідчить про симетрію кабельної лінії. При перевірці контрольного режиму залишкова напруга на вході приймача (висновки 11, 43) має бути не більше 0,2 Ст.

При регулюванні БРЦ можуть бути виміряні зони додаткового шунтування ТРК. Це особливо важливо у місцях, де довжина зони має бути обмежена. При вимірі зон додаткового шунтування організується зв'язок між працівниками релейних приміщень та працюючими на полі (аналогічно до перевірки шунтового режиму). На деякій відстані (наприклад, якщо зона додаткового шунтування має

бути 120м), приблизно в 120м від вхідного кінця випробуваної БРЦ (точці підключення апаратури) накладається шунт опором, близьким до нуля (наприклад, два шунт опором 0,06 Ом). Шляхове реле має залишитися під струмом. Якщо воно без струму, необхідно відійти від точки підключення апаратури ще на кілька метрів. Поступово наближаючи шунт до точки підключення апаратури випробуваної БРЦ визначається відстань, у якому колійне реле відпускає якір (зона наближення).

При вимірі зон видалення на БРЦ накладається два шунти: один нормативний (0,06 Ом), а інший опором близьким до нуля. Перший шунт накладається в межах БРЦ, а другий на деякій відстані за точкою підключення апаратури випробуваної БРЦ по ходу руху (приблизно 100м). Шляхове реле має бути знеструмлене. Переміщуючи шунт вздовж РЛ і збільшуючи відстань від точки підключення апаратури, знімають перший шунт і знаходять відстань, при якому дорожнє реле притягує якір.

2.3 Пошук та усунення несправностей у ТРК3 та ТРК4

Несправність ТРК зазвичай призводить до її хибної зайнятості. При виникненні хибної зайнятості БРЦ необхідно перевірити, чи не проводилися чи не проводяться на ній будь-які роботи, і лише після цього приступати до пошуку елемента, що відмовив. Щоб визначити у БРЦ місце відмови, використовують спосіб послідовного пошуку з урахуванням особливості БРЦ, яка полягає в тому, що живлення сусідніх РЦ може здійснюватися від одного дорожнього генератора, тобто. вони можуть мати загальний живлячий (передаючий) кінець. Крім того, приймачі суміжних БРЦ можуть послідовно включатися в одну сигнальну пару, утворюючи при цьому загальний приймальний кінець. Це, як правило, дозволяє за реакцією прийомних пристроїв на пошкодження виявити можливе місце виникнення несправності.

При помилковій зайнятості двох суміжних ТРК, що мають різні передавальні та загальний приймальний кінці, несправність слід шукати у сполучному кабелі або у схемі приймального кінця. Після попереднього аналізу та визначення зони несправності для полегшення вимірювань доцільно виключити подачу до БРЦ кодових сигналів АЛС. Якщо попередній аналіз показав, що несправність знаходиться на кінці живлення ТРК, то необхідно перевірити рівень вихідного сигналу на висновках 3, 4 підсилювача ПУ-1. Напруга на цих висновках має бути в межах 12... 16 В. Якщо вихідна напруга відсутня, то необхідно перевірити напругу живлення підсилювача ПУ-1 та генератора ПГМ (ГРЦ), яка має бути в межах 15,7... 18,4 В, а потім виміряти напругу на виході генератора ПГМ (ГРЦ), висновки 3, 31. Воно має бути не менше 1,5 В. Для контролю несучої частоти та частоти модуляції сигналу можна скористатися спеціальними індикаторами сигналу, наприклад, ІЛТ-0,3 або селективними приладами (В7-63 тощо). Якщо напруга на висновках 3, 4 підсилювача в нормі, слід перевірити рівень напруги на кросі (не вилучаючи дужок) і порівняти його з напругою на виході фільтра живлення кінця ФП (висновки 11, 12). У тому випадку, якщо ця напруга близька за значенням, і дорівнює напрузі фільтра, вказаному в картці БРЦ, то несправність треба шукати в кабелі (обрив) або колійному ящику живильного кінця. Якщо напруга на кросі живильного кінця (без вилучення дужок) близька до нуля, необхідно скористатися імітатором навантаження живильного кінця (первинна обмотка трансформатора ПОБС-2А з резистором опором 0,2...0,6 Ом, підключеним до висновків ПЗ, ШЗ при перемичці П4 - Ш0, який підключається до монтажних гнізд кросового стативу, при цьому дужки вилучаються, а первинна обмотка ПОБС-2А підключається до кросу з боку монтажу.

Якщо попередній аналіз показав, що несправність знаходиться на релейному кінці РЦ, то на кросі вилучаються дужки і в гнізда кросового статива з боку кабельної лінії підключається імітатор навантаження (200 Ом) і вимірюється напруга на ньому. Якщо напруга на резисторі менше 0,4 В, то несправність слід

шукати в кабельній лінії (обрив) або в ящику колії релейного (приймального) кінця. Для цього необхідно перенести навантаження у 200 Ом у колійний ящик, підключити його замість кабельних жил та виміряти напругу, яка має бути не менше 0,4 В (для метрополітену 0,8 В). На підставі виміряного значення робиться висновок про несправність кабельних жил або іншої апаратури, розташованої в ящику.

Якщо напруга на резистори, підключеному до кабельних жил на кросі не менше 0,4 В, то кабельна лінія справна. У разі, якщо внаслідок несправності було знеструмлено дві суміжні БРЦ, що мають загальний релейний кінець, то відмову слід шукати у релейному приміщенні.

Коли внаслідок несправності була знеструмлена лише одна з двох БРЦ, що мають загальний релейний кінець, слід скористатися індикатором несучої та модулюючої частот сигналу БРЦ. Якщо на опорі, підключеному до кабельних жил на кросі, не зафіксована необхідна частота сигналу БРЦ, робиться висновок про несправність рейкової лінії. В іншому випадку несправний шляховий приймач.

Ефективним засобом визначення зони несправності може служити також включення апаратури ТРК самої себе, минаючи рейкову лінію. Так, при виникненні помилкової зайнятості, можна відключити вихід колійного фільтра від рейкової лінії (на кросі) та через резистор 1,5...2,0 кОм (МЛТ-2) підключити до входу колійного приймача, попередньо відключеного від РЛ (на кросі)). Якщо колійне реле стане під струм, значить, зона несправності знаходиться поза релейним приміщенням, інакше елемент, що відмовив, слід шукати всередині релейного приміщення. Якщо сигнал з одного кінця БРЦ на інший не приходить, то найбільш ймовірним є несправність кабельної або рейкової лінії. Відмови передавальних пристроїв АЛС при нормальній роботі БРЦ легко виявити реакції локомотивних приймальних пристроїв, а за відсутності поїздів - за наявності напруги на вході кабелю при штучному занятті БРЦ. Якщо необхідна напруга

сигналу на вході кабелю є, але локомотивними пристроями не сприймається, можливо відхилення частоти. Ця несправність може бути визначена розладом фільтра (ФПМ-АЛС), коли напруги на його індуктивному і ємнісному елементах не рівні між собою. За відсутності сигналу АЛС необхідно перевірити живлення на підсилювачах ПУ-1 та генераторах ПГ-АЛСМ.

При виконанні профілактичних робіт, пов'язаних із заміною блоків, слід враховувати, що виходи передавальних пристроїв БРЦ та АЛС включають послідовно. Тому вилучення блоку (ФП-АЛС, ФП8,9, ФП11,14,15 тощо) призводить до помилкової зайнятості двох сусідніх БРЦ. На приймальному кінці входи приймачів і виходи передавальних пристроїв АЛС на цьому кінці також включають послідовно, тобто при вилученні хоча б одного приймача або фільтрів АЛС з'являється помилкова зайнятість двох суміжних БРЦ. У разі вилучення блоків ГРЦ, ПУ-1, ПТЦ, ФП8,9, ФШ 1,14,15 у приладах БРЦ, що передають, також з'являється помилкова зайнятість двох сусідніх БРЦ.

Помилкова зайнятість БРЦ можлива також і при несправності дорожнього приймача. При збудженні дорожнього приймача можлива помилкова вільність БРЦ, що є небезпечною відмовою.

2.4 Висновки за розділом

В даному розділі проаналізовано методи обслуговування ТРК, пошуку дефектів та їх усуненню.

Оскільки ця робота відбувається в ручному режимі, експлуатаційні витрати на неї є суттєвими. Тому автоматизація контролю параметрів рейкових кіл є практично важливою задачею, вирішення якої дозволить зменшити експлуатаційні витрати.

3. ДІАГНОСТИЧНИЙ ПРИСТРІЙ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ

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

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

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

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

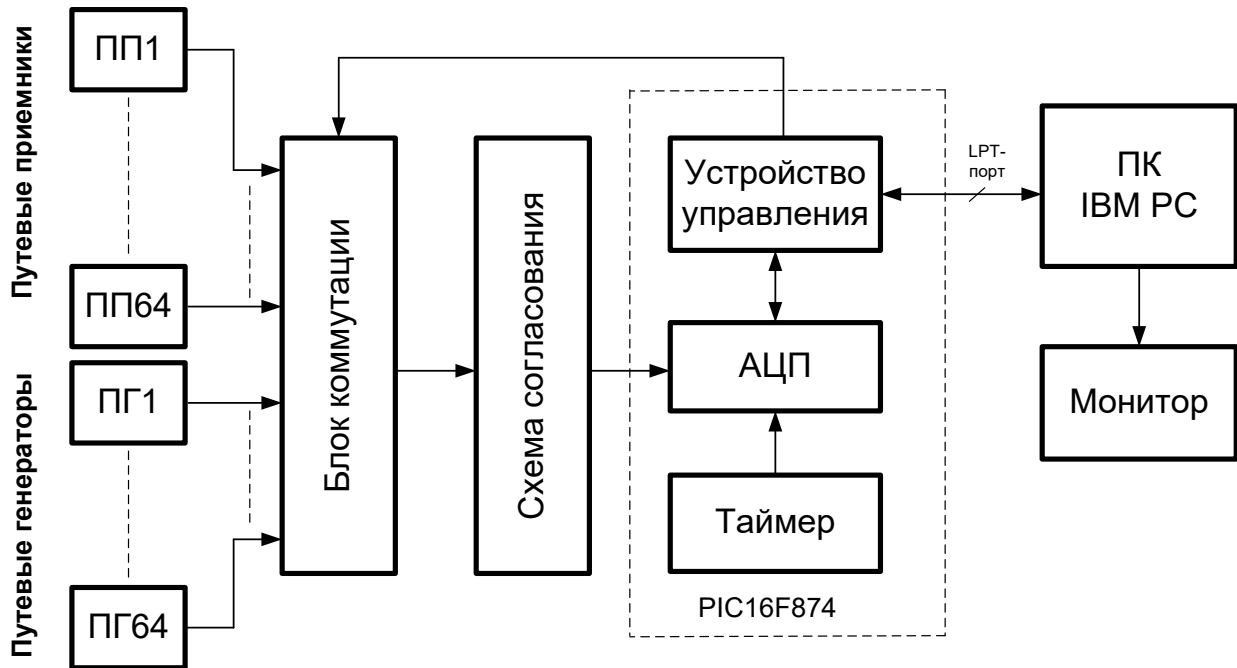


Рис. 3.1 – Структурна схема пристрою діагностування стану колійних генераторів та приймачів

3.2. Принципова схема пристрою діагностування стану колійних генераторів та приймачів

Принципова схема наведена на рис.4. Основним елементом пристрою діагностики є мікроконтролер PIC16F874, який виконує наступні функції :

- керування блоком комутації, АЦП та таймером;
- аналого-цифрове перетворювання за допомогою вбудованого 10-розрядного АЦП;
- управління виведенням інформації на індикатор;

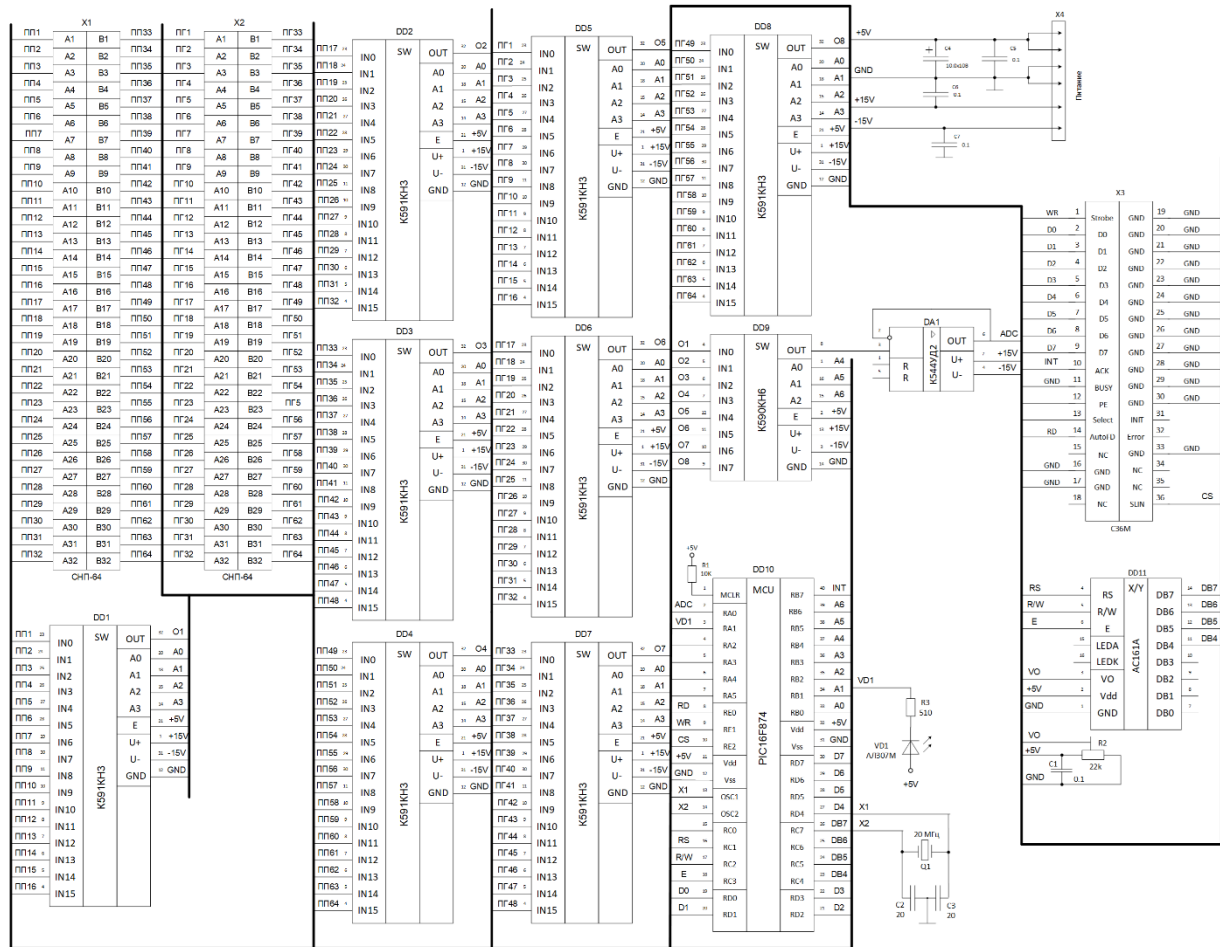


Рис. 3.2 – Принципова схема пристрою контролю

- організація обміну даними між діагностичним пристроєм і комп'ютером через паралельний порт.
- PIC-контролер фірми Microchip має наступні характеристики:
- високошвидкісна RISC архітектура;
- система команд - 35 інструкцій;
- всі команди виконуються за один цикл, окрім команд переходу, що виконуються за два цикли;
- максимальна тактова частота – 20 МГц;
- об'єм FLASH - пам'яті програм до 8Kx14 слів;
- об'єм пам'яті даних (ОЗУ) до 368 байт;

- об'єм EEPROM пам'яті даних до 256 байт;
- система переривань (до 14 джерел);
- 8-рівневий апаратний стек;
- скидання по включенню живлення (POR);
- сторожовий таймер WDT з власним RC генератором;
- режим енергозбереження SLEEP;
- вибір параметрів тактового генератора;
- високошвидкісна, енергозбережна CMOS FLASH/EEPROM технологія;
- технологія програмування ICSP, тобто програмування в готовому пристрої;
- режим внутрішньосхемної відладки; широкий діапазон напруг живлення – від 2,0 до 5,5 В;
- підвищена здатність навантаження портів введення/висновку (25 мА).

До складу PIC-контролера входить широкий набір периферійних модулів:

- таймер 0: 8-розрядний таймер/лічильник з 8-розрядним програмованим переддільником;
- таймер 1: 16-розрядний таймер/лічильник з можливістю підключення зовнішнього резонатора;
- таймер 2: 8-розрядний таймер/лічильник з восьми-розрядним програмованим переддільником і вихідним дільником;
- два модулі порівняння/захват/ШІМ;
- багатоканальне 10-розрядне АЦП послідовного наближення;
- послідовний синхронний порт MSSP;
- послідовний синхронно – асинхронний приймач-передавач USART з підтримкою детектування адреси;
- відомий 8-розрядний паралельний порт PSP;
- детектор зниженої напруги (BOD) для скидання по зниженню напруги живлення.

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

Регістри PORTA і TRISA.

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

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

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

Регістри PORTB і TRISB.

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

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

Регістри PORTC і TRISC.

PORTC – 8-розрядний двонаправлений порт введення/висновку.

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

Регістри PORTD і TRISD.

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

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

Регістри PORTE і TRISE.

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

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

Для зберігання програми і констант в PIC-контролері використовується перепрограмована пам'ять програм і незалежна пам'ять даних, виконані за FLASH технологією. Дані з EEPROM пам'яті і FLASH пам'яті програм можуть бути прочитані/перезаписані в нормальному режимі роботи мікроконтролера у всьому діапазоні напруги живлення. Операції виконуються з одним байтом для EEPROM і одним словом для FLASH пам'яті. Число циклів стирання/запису для FLASH пам'яті програм значно нижче в порівнянні з EEPROM пам'яттю даних, тому EEPROM пам'ять повинна використовуватися для збереження часто змінних даних. Час запису даних управляється внутрішнім таймером, воно залежить від напруги живлення, температури і має невеликий технологічний розкид. Запис проводиться за принципом «стирання - запис» для кожного байта або слова. Сформована кодом програми операція стирання не може бути виконана при включеному захисті запису. Запис в EEPROM пам'ять не впливає на виконання програми, а при записі в FLASH пам'ять виконання програми зупиняється на час запису. Не можна звернутися до пам'яті програм під час циклу запису. Читання FLASH пам'яті програм не впливає на виконання програми, а під час операції запису виконання програми припинене. У спарених

регістрах EEADRH:EEADR зберігається 13-розрядна адреса елементу пам'яті програм, до якої необхідно зробити звернення. Спарені регістри EEADRH:EEADR містять 14-розрядні дані для запису або відображення значення з пам'яті програм при читанні. Доступ до функцій запису і читання EEPROM пам'яті даних і FLASH пам'яті програм виконується через шість регістрів спеціального призначення.

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

Модуль таймера TMR0.

TMR0 – таймер/лічильник, має наступні особливості:

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

Модуль таймера TMR1.

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

Модуль таймера TMR2.

TMR2 – 8-розрядний таймер з програмованим переддільником і вихідним дільником, 8-розрядним регістром періоду PS2. TMR2 може бути опорним таймером для CCP модуля в ШИМ режимі. Регістри TMR2 доступні для

читання/запису і очищаються при будь-якому виді скидання. TMR2 вважає, інкременту від 00h до значення в регістрі PR2, потім скидається в 00h на наступному машинному циклі. Регістр PR2 доступний для запису/читання. Після скидання значення регістра PR2 рівне FFh.

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

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

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

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

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

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

указуючи, що читання завершено. Біт OBF залишається скинутим в 0 поки не будуть завантажені нові дані в PORTD.

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

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

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

- вибір відомого (-SS).

При ініціалізації SPI необхідно визначити наступні параметри роботи:

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

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

- SDI, автоматично управляється SPI модулем;
- SDO, біт TRISC<5> повинен бути скинутий в 0;

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

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

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

Відомий 8 - розрядний паралельний порт PSP є периферійним модулем PIC16F874. Зовнішній пристрій може читати/записувати дані в PORTD. При цьому паралельний порт містить два восьми-розрядні регістри: один регістр для прийому даних, інший - для передачі. Восьми-розрядні дані записуються у вихідний регістр PORTD, а зчитуються дані з вхідного регістра (вихідна і вхідна клеми мають одну і ту ж адресу), при цьому напрям даних управляється зовнішнім пристроєм. Запис в порт PSP відбувається, якщо виводи –CS і –WR мають низький рівень сигналу. Після переходу сигналу на виводі –CS або –WR у високий рівень дані зберігаються у вхідній клемі. Читання з PSP походить, якщо виводи –CS і –RD мають низький рівень сигналу. Негайно скидається в «0» біт OBF, вказуючи, що PORTD чекає читання зовнішньою шиною. Після переходу сигналу на виводі –CS або –RD у високий рівень встановлюється прапор переривання PSPIF, вказуючи, що читання завершено. Біт OBF залишається скинутим в «0» поки не будуть завантажені нові дані в PORTD.

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

Модуль ССР містить 16-розрядний регістр, який використовуватиметься як регістр порівняння. Регістр CCPR1 складається з двох 8-розрядних регістрів: CCPR1H (молодший байт), CCPR1L (старший байт). В регістрі CCPR1CON знаходяться управляючі біти модуля ССР1 доступні для запису і читання. В режимі порівняння 16-розрядний регістр порівнюється зі значенням TMR1. Як тільки значення в регістрах стають однаковими, тригер спеціальної події скидає таймер TMR1.

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

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

За допомогою сигналів A0-A6, що формуються на виводах RB0 - RB6, виконуються керування аналоговими комутаторами DD1-DD9. За допомогою сигналів A0-A3 виконуються керування першим рівнем аналогових комутаторів

DD1-DD8, а за допомогою сигналів А4-А6 виконується керування аналоговим комутатором другого рівня DD9.

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

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

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

Схеми ключа реалізована на МОП-транзисторах, які споживають мало електричної енергії. Звичайно в одному корпусі мікросхеми міститься декілька ключів та схем керування ними. При побудові принципіальної схеми використано аналогові ключі К591КН3, К590КН6.

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

Мікросхема К591КН3 виготовлена по КМОП технології, має 16 каналів і характеризується наступними параметрами: напруга живлення $U_{ин} = \pm 16 В$,

струм комутації $I_{\text{ком}} = 20 \text{ мА}$, напруга комутації $U_{\text{ком}} = \pm 15 \text{ В}$, опір відкритого ключа $R_{\text{отк}} = 270 \text{ Ом}$, час вмикання $t_{\text{вкл}} = 0,3 \text{ мкс}$.

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

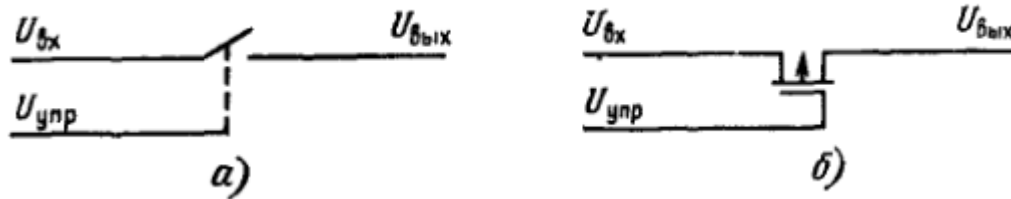


Рис. 3.3 – Схема аналогового ключа:

а) умовне позначення; б) фізична модель

Умовно-графічне позначення аналогового комутатору приведенне на рис.3.4

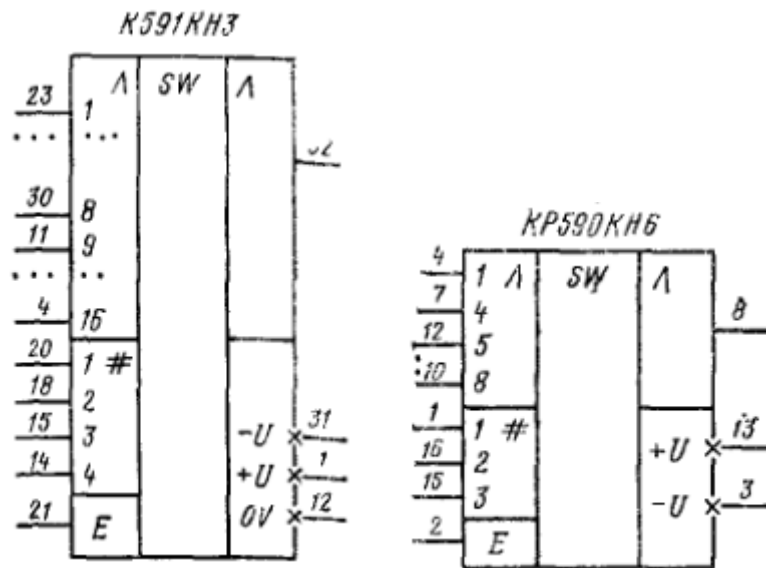


Рис.3.4 Умовно-графічне позначення аналогового комутатору

При поломці ПК, порушенні зв'язку з ним або інших причинах, що виключають можливість виведення інформації на монітор, для відображення стану пристрою діагностики використовується алфавітний - цифровий

рідкокристалічний індикатор (PKI) DD11 типу AC161A. Алфавітно-цифрові PKI-модулі є недорогим і зручним рішенням, що дозволяє заощадити час і ресурси при розробці нових виробів, при цьому забезпечують відображення великого об'єму інформації при хорошій помітності і низькому енергоспоживанні. Можливість оснащення PKI-модулів заднім підсвічуванням дозволяє експлуатувати їх в умовах із зниженою або нульовою освітленістю, а виконання з розширеним діапазоном температур ($-20^{\circ}\text{C} \dots +70^{\circ}\text{C}$) у складних експлуатаційних умовах.

Для з'єднання PKI-модуля з системою, що управляє, використовується паралельна синхронна шина, що налічує 8 або 4 (вибирається програмно) ліній даних DB0...DB7, лінію вибору операції R/W, лінію вибору регістра RS і лінію стробування/синхронізації E. Крім ліній шини, що управляє, є дві лінії для подачі напруги живлення 5 В - GND і VCC, і лінія для подачі напруги живлення драйвера PKI - V0. Для з'єднання модуля з системою, що управляє, можна вибрати один з двох варіантів: по 8-ми або 4-х розрядній шині. У першому випадку буде потрібно 11 сигнальних ліній, в другому - тільки 7. Сам процес обміну також може бути організований двояко. Можна підключити PKI-модуль до системної шини (якщо така є) і виконати обмін в синхронному режимі з максимальною швидкістю.

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

РКІ для чотирьох-розрядної шини даних проводиться в наступній послідовності:

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

Для читання інформації з контролера РКІ по чотирьох-розрядній шині, проводять наступні дії:

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

У схемі передбачена можливість регулювання яскравості ЖК індикатора за

допомогою змінного резистора R2, який підключається до індикатора по ланцюгу VO.

Буферний підсилювач (повторювач) DA1 типу K544УД2 – виконуються на операційному підсилювачі [7] з польовими транзисторами на вході, який забезпечує дуже високий вхідний опір схеми (десятки МОм), у результаті чого пристрій діагностики не впливає на роботу апаратури тональних рейкових кіл.:

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

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

Параметри ОП типу K544УД2:

- напруга живлення, $U_{\text{жив}}$ – від ± 5 В до ± 15 В;
- напруга зсуву, $U_{\text{зсув}}$ – 0,5 мВ;
- струм входу, $I_{\text{вх}}$ – 3 нА;
- коефіцієнт підсилення, $K_{\text{під}}$ – 106 дБ;
- швидкість наростання напруги на виході, $U_{\text{вих}}$ – 5 В/мкс;
- опір входу, $R_{\text{вх}}$ – 100 МОм;
- потужність споживання, $P_{\text{спож}}$ – 120 мВт;
- ширина смуги пропускання, f – 2,5 МГц.

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

- стандартність, оскільки даний інтерфейс є на кожному персональному комп'ютері типу IBM PC і на всіх комп'ютерах працює однаково;

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

Інтерфейс Centronics має і цілий ряд недоліків: відсутність гальванічної розв'язки, низька перешкодозахисна, невелика довжина сполучного кабелю (1,8 м). Але оскільки пристрій для автоматизованого контролю колійних генераторів та приймачів тональних рейкових кіл призначений для експлуатації в приміщенні, то дані недоліки не роблять істотного впливу на роботу інтерфейсу.

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

3.3. Розрахунок блоку живлення пристрою діагностування

3.3.1. Розрахунок потужності споживаною, елементами лінійного контролера

Напруга живлення, потрібна для даного лінійного контролера складає: $U_2 = +5\text{В}$ при максимальному струмі споживання $I_2 = 2\text{ А}$ та $U_3 = \pm 15\text{ В}$ при $I_3 = 0,5\text{А}$.

Знаходимо потужність, споживану лінійним контролером:

$$S_2 = U_2 \cdot I_2 = 5 \cdot 2 = 10\text{ Вт}$$

$$S_3 = U_3 \cdot I_3 = 30 \cdot 0,5 = 15\text{ Вт}$$

Розрахунок трансформатора.

Початкові дані: напруга мережі $U_1 = 220\text{ В}$

частота живлячої мережі $f = 50\text{ Гц}$.

Напруга вторинної обмотки:

$$U_2 = 7\text{ В}$$

$$U_3 = 32\text{ В}$$

Потужність вторинної обмотки:

$$S_2 = 14\text{ ВА}$$

$$S_3 = 16\text{ ВА}$$

Вибираємо броньовий нитковий магнітопровід.

Товщина стали $0,35\text{ мм}$.

Визначаємо амплітуду магнітної індукції. B_t , ККД трансформатора і щільність струму в обмотках – j :

$$B_t = 1,24\text{ Тл} \quad \eta = 0,89, \quad j = 2,6\text{ А/мм}^2,$$

$$S_{Tp} = S_2 + S_3 \tag{3.2}$$

Знаходимо основний параметр трансформатора

$$Q_c Q_o = \left(\frac{1 + \eta}{\eta} \right) \left(\frac{S_{rp} \cdot 10^2}{4,44 \cdot f_c \cdot R_c \cdot R_m \cdot B_T \cdot j} \right), \quad (3.3)$$

де:

Q_c – площа поперечного перетину стрижня магнітопроводу;

Q_o – площа вікна;

R_m – коефіцієнт заповнення міддю вікна сердечника рівний 0,28 Ом

R_c - коефіцієнт заповнення сталлю сердечника рівний 0,95

$$Q_c Q_o = \left(\frac{1 + 0,89}{0,89} \right) \left(\frac{7 \cdot 10^2}{4,44 \cdot 50 \cdot 0,95 \cdot 0,28 \cdot 1,24 \cdot 2,6} \right) = 7,8 \text{ мм}^2.$$

Визначаємо ширину стрижня магнітопроводу.

Ширину стрижня визначаємо по формулі:

$$a = \sqrt[4]{\frac{Q_c \cdot Q_o}{x \cdot y \cdot z}}, \quad (3.4)$$

де:

$$x = \frac{c}{a} = 1$$

$$y = \frac{b}{a} = 1$$

$$z = \frac{h}{a} = 2,5$$

$$a = \sqrt[4]{\frac{7,8}{1 \cdot 1 \cdot 2,5}} = 1,3 \text{ мм}.$$

Визначаємо втрати в сталі:

$$P_{ст} = e \cdot G_{ст} \quad (3.5)$$

де e – питомі втрати (Вт/кг) рівні 2,8;

$G_{ст}$ – маса сталі магнітопровода (кг) 0,05.

$$P_{cm} = 2,8 \cdot 0,05 = 0,14 \text{ Вт}.$$

Знаходимо струм холостого ходу

Визначаємо активну складову струму

$$I_{a.xx} = \frac{P_{ст}}{S_{Tp}} \cdot 100\% \quad (3.6)$$

$$I_{a.xx} = \frac{0.14}{7} \cdot 100\% = 2\%.$$

Визначаємо реактивну складову струму х.х.:

$$I_{pp.x} = \frac{q_{ст} \cdot G_{ст}}{S_{Tp}} \cdot 100\% , \quad (3.7)$$

$$I_{p.xx} = \frac{14 \cdot 0,05}{7} \cdot 100\% = 10\%$$

де $q_{ст}$ – питома потужність, що намагнічує, 14 вар.

Струм х.х., виражений в (%) рівний:

$$I_{xx} = \sqrt{I_{aax}^2 + I_{ppx}^2} = \sqrt{2^2 + 10^2} = 10.2\%$$

Визначаємо значення струму первинної обмотки

$$I_1 = \frac{S_{Tp}}{U_1 \cdot \eta \cdot \cos \varphi} , \quad (3.8)$$

де: $\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності при $f=50$ Гц (0,9).

$$I_1 = \frac{30}{220 \cdot 0,89 \cdot 0,9} = 0,17 \text{ А.}$$

Абсолютне значення струму холостого ходу рівне:

$$I_x = \frac{i_{xx}}{100} \cdot I_1 \quad (3.9)$$

$$I_x = \frac{10.2}{100} \cdot 0.17 = 0.017 \text{ А}$$

Значення холостого ходу складає 10.2% від основного, що відповідає нормі.

Визначуваний струм у вторинній обмотці трансформатора:

$$I_2 = \frac{S_2}{U_2} , \quad (3.10)$$

$$I_2 = \frac{14}{7} = 2 \text{ A};$$

Поперечний перетин провідників обмоток визначаємо по формулі:

$$q'i = \frac{I_1}{j}, \quad (3.11)$$

$$q'i = \frac{I_2}{j}, \quad (3.12)$$

де: I_1, I_2 , - струми у відповідних обмотках.

$$q'1 = \frac{0,17}{2,6} = 0,065 \text{ мм}^2 \quad q'2 = \frac{2}{2,6} = 0,77 \text{ мм}^2$$

Визначаємо амплітуду магнітного потоку в магнітопроводі:

$$\Phi = B \cdot Q_{ca} \cdot 10^{-4} \quad (3.13)$$

де: Q_{ca} – активний перетин магнітопровода, рівний 5,5 см²;

B – магнітна індукція, рівна 1,24 Тл.

$$\Phi = 1,24 \cdot 5,5 \cdot 10^{-4} = 6,82 \cdot 10^{-4} \text{ Вб.}$$

Визначаємо число витків кожної обмотки по формулі:

$$W_i = \frac{E_i}{4,44 \cdot f_c \cdot \Phi}, \quad (3.14)$$

де E_i – ЕДС відповідної обмотки.

$$E_i = U_i \cdot \left(1 - \frac{\Delta U_i}{100} \right), \quad (3.15)$$

де ΔU_i – процентне падіння напруги на обмотці трансформатора:

$$\Delta U_1 = 2 \text{ В}, \quad \Delta U_2 = 0,8 \text{ В}, \quad \Delta U_3 = 1 \text{ В}$$

$$E_1 = 220 \cdot \left(1 - \frac{2}{100} \right) = 215,6 \text{ В}$$

$$E_2 = 7 \cdot \left(1 - \frac{7,8}{100} \right) = 6,5 \text{ В}$$

$$E3 = 36 \cdot \left(1 - \frac{1}{100}\right) = 35.64 \text{ В}$$

$$W1 = \frac{215,6}{4,44 \cdot 50 \cdot 6,82 \cdot 10^{-4}} = 1395$$

$$W2 = \frac{6.5}{4,44 \cdot 50 \cdot 6,82 \cdot 10^{-4}} = 43$$

$$W3 = \frac{35.64}{4,44 \cdot 50 \cdot 6,82 \cdot 10^{-4}} = 235$$

Проводимо вибір трансформатора.

Згідно розрахункам вибираємо трансформатор:

Номінальна потужність: 30 ВА

Струм первинної обмотки: 0,17 А

Номінальний струм вторинних обмоток 2 и 0,5 А

Схема трансформатора представлена на рис.3.5.

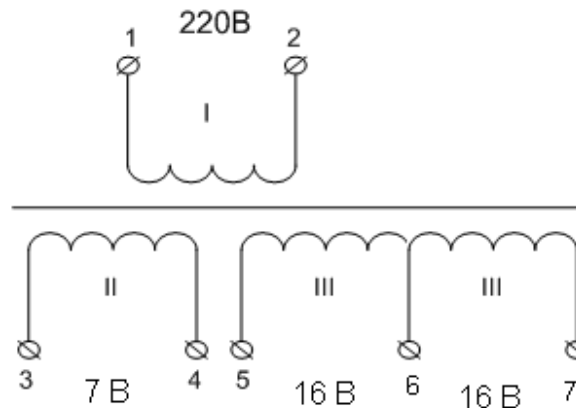


Рис. 3.5 – Схема трансформатора

3.3.2. Розрахунок випрямлячів

Як схема випрямлячів використовується мостова схема, яка володіє цілим рядом переваг (рис.3.7.):

- 1) хороше використання трансформатора;
- 2) простий згладжуючий фільтр;
- 3) низька зворотна напруга на вентилях;
- 4) низький вхідний опір випрямляча.

Вибираємо випрямний міст для випрямляча джерела живлення напругою +5В.

Тип вентиля для мостової схеми вибирається з наступних умов:

$$U_{\text{обр.мах.диода}} > \frac{U_{\text{обр}}}{2}, \quad (3.16)$$

де $U_{\text{обр}} = 10 \text{ В}$

$$I_{\text{пр.мах.диода}} > I_{\text{пр}}, \quad (3.17)$$

де $I_{\text{пр}} = 2 \text{ А}$.

Вибираємо з довідника за даними умовами випрямний міст КЦ402А.

Випрямний міст: КЦ402А має наступні параметри:

- а) максимально допустимий прямий струм $I = 2 \text{ А}$;
- б) максимально допустима зворотна напруга $U = 600 \text{ В}$;
- с) падіння напруга в прямому напрямі $U_{\text{пр}} = 1,2 \text{ В}$

$U_{\text{пр}}$ діода – пряме падіння напруги на діоді. $U_{\text{пр}}$ діода множиться на два, оскільки в мостовій схемі при випрямлянні струм проходить через два послідовно включених діода.

$$U_{\text{вых.выпр.}} = 10,4 - 2 \cdot 1,2 = 8 \text{ В}.$$

Напруга на конденсаторі визначається по формулі:

$$U_{\text{с}} = U_{\text{вых.выпр.}} \cdot K; \quad (3.18)$$

де $K = 1,25$ - коефіцієнт враховує підвищення напруги на конденсаторі.

$$U_c = 8 \cdot 1,25 = 10V.$$

Таким чином, що згладжує конденсатор C1, C2 для джерела живлення +5В вибираємо на 25В.

Як стабілізатор застосовується інтегральний стабілізатор типу КРЕН5В (7805). Він забезпечує на виході напругу +5В, при напрузі на вході +7-30В. Максимальний струм до 1,5А за наявності радіатора.

В принциповій схемі блоку живлення (рис.3.6) для згладжування пульсації використовуються конденсатори C1 - 2200,0 мкФх25В, C2 – 100,0 мкФх6,3В, C5, C9 - 100,0х50В та C7, C11 – 100,0х25В. Для зменшення високочастотних поміх використовуються конденсатори C1, C4, C6, C8, C10, C12 – 0,1 мкФ (50 В).

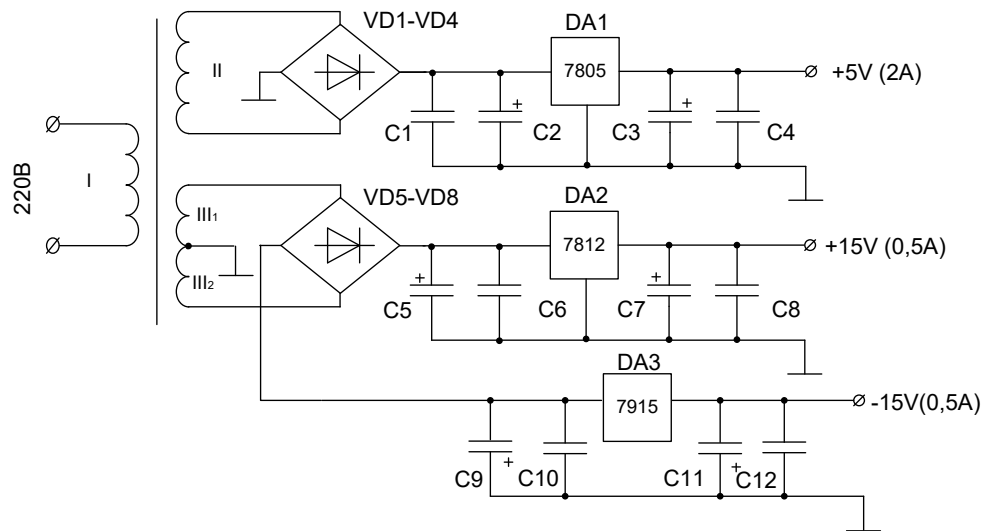


Рис. 3.6 – Принципова схема блоку живлення

ВИСНОВКИ

Дана тема є комплексною. В першій роботі за темою показано, що тональні рейкові кола є достатньо надійними пристроями. Зміни опору ізоляції баласту від 0.8 до 50 Ом/км не викликають збоїв в роботі ТРК при нормальному і шунтовому режимах роботи, хоча в деяких випадках напруга в нормальному і, особливо, в шунтовому режимі наближується до граничних значень, при яких можуть виникнути збої в роботі РК.

Але враховуючі, що реальні параметри електричних елементів схеми рейкового кола (резисторів, конденсаторів) відрізняються від номінальних у межах допуску, до того ж можуть змінюватися під дією температури, вологості, старіння, зміна їх значень приводить до зміни електричних параметрів рейкового кола (напруги на колійному приймачі). Це також може привести до збоїв в роботі ТРК.

Для підтримання безпечного і працездатного режиму роботи тональних рейкових кіл вони підлягають плановому контролю напруги на колійних приймачах і генераторах, що потребує значних матеріальних ресурсів.

Сучасні комп'ютерні системи дозволяють проводити контроль режимів роботи ТРК в автоматичному режимі

Відповідно до поставленої в роботі мети розглянуто напрями підвищення функціональної безпеки, надійності і зменшення експлуатаційних витрат шляхом розробки автоматизованого пристрою контролю напруги на колійному приймачу КП і колійному генераторі (КГ) ТРК.

Розробка приладу дозволить окрім зменшення періодичності контролю також порівнювати безперервно виміряну напругу в РК і проводити її перевірку з потрібною напругою, значення якої задається регульовальними таблицями. В випадку наближення напруги до гранично допустимого значення сповіщати світловими та звуковими сигналами обслуговуючий персонал.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аркатов В. С., Кравцов Ю. А., Степенский Б. М. Рельсовые цепи. Анализ работы и техническое обслуживание. – М.: Транспорт, 1990. – 295 с. {УДК 656.25 Р 82}
2. Аркатов В. С., Котляренко Н. Ф., Баженов А. И., Лебедева Т. Л. Рельсовые цепи магистральных железных дорог: Справочник. Под редакцией В. С. Аркатова. – М.: Транспорт, 1982. – 360 с. {УДК 656.25 (035) Р 36}
3. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1978.
4. Дмитриев В. С., Воронин В. А. Рельсовые цепи тональной частоты //Автоматика, телемеханика и связь. – 1996. – №5.
5. Дмитриев В. С., Лучинин В. С. Особенности расчёта и регулировки рельсовых цепей тональной частоты //Автоматика, связь, информатика. – 1998. – №8.
6. Дмитриев В. С., Минин В. А. Новые системы автоблокировки. – М.: Транспорт, 1981. – 247 с.
7. Дмитриев В. С., Минин В. А. Системы автоблокировки с рельсовыми цепями тональной частоты. – М.: Транспорт, 1992.
8. Дмитриев В. С., Минин В. А. Совершенствование систем автоблокировки. – М.: Транспорт, 1987. – 143 с. {УДК 656.25 Д 53}
9. Казаков А. А., Бубнов В. Д., Казаков Е. А. Системы интервального регулирования движения поездов. – М.: Транспорт, 1986. – 399 с., ил., табл. {УДК 656.2 К 14}
10. Казаков А. А., Казаков Е. А. Автоблокировка, локомотивная сигнализация и автостопы. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1980. – 360 с. {УДК 656.25 К 14}

11. Кокурин И. М., Кондратенко Л. Ф. Эксплуатационные основы устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. – М.: Транспорт, 1980. – 168 с. {УДК 656.25 К 60}
12. Сапожников В.В. Сертификация и доказательство безопасности систем железнодорожной автоматики. / Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., Талалаев В.И.- М.: Транспорт, 1997. - 288 с.
13. Надежность техники. Термины и определения.: ДСТУ 2860-94. - [введения 1996-01-01] .- М.: Госпотребстандарт Украины, 1996. - 33 с. - (Национальный стандарт Украины).
14. Меньшиков Н.Я., Королев А.И., Ягудин Р.Ш. Эксплуатационная надежность элементов систем железнодорожной автоматики и телемеханики. - М.: Транспорт, 1971. - 120 с.
15. Надежность техники. Экспериментальное оценивание и контроль надежности.: ДСТУ 2864-94. - [введения 1996-01-01] .- М.: Госпотребстандарт Украины, 1996. - 30 с. - (Национальный стандарт Украины).
16. Богомолов А. Н. Диагностика сложных систем. / А. М.Богомолов, В. А.Твердохлебов- К.: Наукова думка, 1974 - 128 с.
17. Техническая диагностика. Труды 1-го Всесоюзного совещания по технической диагностике. Москва, 1969 (Отв. Ред. Д. Т. Н. П. П. Пархоменко, М.: Наука, 1972 - 368 с. (62-5 Т38)
18. Мозгалеvский А. В. Койда А. Н. Вопросы проектирования систем диагностирования. - Л. Энергоатомиздат, 1985 - (Б-ка по автоматике). (681.5 М74)
19. Гриненко А.В., Пресняков А.И., Варченко В.И. Основные принципы построения диспетчерской подсистемы в АПК-ДК. // Автоматика, связь, информатика. - 2000. -№9. -с.16-19.
20. Иваненко А.А. Внедрение новых систем диспетчерской централизации и диспетчерского контроля. // Автоматика, связь, информатика. - 2001. -№9. -с.25-26.

21. Горбунов Б.Л. Аппаратные средства диспетчерского комплекса АПК-ДК. // Автоматика, связь, информатика. - 2000. -№9. -с.19-21.
22. Аверкиев С.А., Морозов С.С. Автоматизированная система диспетчерского контроля АСДУ «ГТСС-СЕКТОР». // Автоматика, связь, информатика. - 2000. -№9. -с.38-41.
23. Кей С. М., Марал мл. С. Л. Современные методы спектрального анализа: Обзор. - ТИИЭР. - Т. 69. - №11. - С. 5-51.
24. Марпл мл. С. Л. Цифровой спектральный анализ и его применения. - М.: Мир, 1990. - 584 с.
25. Маловичко В.В., Гаврилюк В.И. Автоматизированный контроль основных параметров стрелочного электропривода. // ВисникДииту, 2007, вып. 17. с. 5-7.
26. Вольдек А.И. Электрические машины. - Л.: Энергия, 1978. - 832 с.
27. ЦШ 0022, Инструкция по содержанию технической документации на устройства сигнализации, централизации и блокировки на железных дорогах Украины - М.: Укрзализныця, 2001. - 41 с.
28. V. Havryliuk. Modelling of the Return Traction Current Harmonics Distribution in Rails for AC Electric Railway System //2018 International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC EUROPE). – IEEE, 2018. – P. 251-254.
29. V. Havryliuk. Wavelet Based Detection of Signal Disturbances in Cab Signalling System //2019 International Symposium on Electromagnetic Compatibility- EMC EUROPE. – IEEE, 2019. – P. 94-99.
30. V. Havryliuk. Audio Frequency Track Circuits Monitoring Based on Wavelet Transform and Artificial Neural Network Classifier //2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). – IEEE, 2019. – P. 491-496.
31. V. Havryliuk. The Wavelet Based Detecting of the Signalling Relay Armature Defects //2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). – IEEE, 2019. – P. 507-512.

32. V. Havryliuk, "Modelling of the Distribution of Return Traction Current Harmonics in Electrically Asymmetric Rails," 2020 International Symposium on Electromagnetic Compatibility - EMC EUROPE, Rome, Italy, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/EMCEUROPE48519.2020.9245767.
33. V. Havryliuk, "Detecting of Signal Distortions in Cab Signalling System Using ANFIS and WPESE," 2020 IEEE 4th International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), Istanbul, Turkey, 2020, pp. 231-236, doi: 10.1109/IEPS51250.2020.9263165.
34. V. Havryliuk, "ANFIS Based Detecting of Signal Disturbances in Audio Frequency Track Circuits," 2020 IEEE 2nd International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC), Kyiv, Ukraine, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/SAIC51296.2020.9239127.
35. Havryliuk V. Determining a Train Location at Level Crossing Approach Section by Track Circuit Input Impedance Processing Using ANN //IEEE EUROCON 2021-19th International Conference on Smart Technologies. – IEEE, 2021. – C. 554-559.
36. V. Havryliuk, "Model of Propagation of Traction Current Harmonics from Trains to a Track Circuit Receiver." 2021 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC). IEEE, pp. 1-4, 2021.
37. V. Havryliuk, "Mathematical Model of the Induced AC Interference in DC Rails of a Double-Track System" 2021 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC). IEEE, pp. 1-4, 2022.
38. V. Havryliuk. Wavelet Based Detection of Signal Disturbances in Cab Signalling System //2019 International Symposium on Electromagnetic Compatibility-EMC EUROPE. – IEEE, 2019. – P. 94-99 (DOI: 10.1109/EMCEurope.2019.8872114).
39. V. Havryliuk. Modelling of the Distribution of Return Traction Current Harmonics in Electrically Asymmetric Rails // 2020 International Symposium

on Electromagnetic Compatibility - EMC EUROPE, Rome, Italy, 2020. pp. 1-6. (DOI: 10.1109/EMCEUROPE48519.2020.9245767).

40. V. Havryliuk. Model of Propagation of Traction Current Harmonics from Trains to a Track Circuit Receiver// 2021 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility -APEMC, IEEE, 2021. pp. 1-4. (DOI: 10.1109/APEMC49932.2021.9597152).