

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

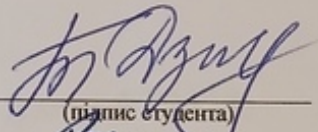
Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи магістра

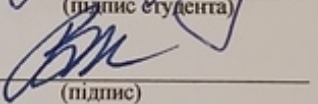
на тему: «Розробка підсистеми діагностики вхідного сигналу на станції»
за освітньою програмою: «Автоматика та автоматизація на транспорті»
зі спеціальності: «174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

Виконав: студент
групи «АТ2323»


(підпис студента)

/Тарас ДЗЮБА /
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

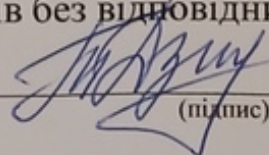
Керівник:


(підпис)

/доц. Володимир МАЛОВІЧКО/
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент


(підпис)

Дніпро – 2025 рік

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

Faculty «Computer technologies and systems»
Department «Automatics and Telecommunication»

Explanatory Note
to Master's Thesis

on the topic: «Development of the input signal diagnostics subsystem at the station»
according to educational curriculum «Automatics and Automation on transport»
in the Speciality: «174 Automation and computer-integrated technologies»

Done by the student of the group AT2323:

/Taras DZIUBA/

Scientific Supervisor:

/Volodymyr MALOVYCHKO/

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра: «Автоматика та телекомунікації»

Рівень вищої освіти: магістр

Освітня програма: «Автоматика та автоматизація на транспорті»

Спеціальність: «174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

студенту Дзюбі Тарасу Тарасовичу

1. Тема роботи: «Розробка підсистеми діагностики вхідного сигналу на станції»

Керівник роботи: Маловічко Володимир Володимирович, доцент
затверджені наказом № 20 ст. від 05.01.2024

2. Строк подання студентом роботи: 15.01.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Схема керування вхідним світлофором для ЕЦ малих станцій релейного типу

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

4.1 Аналіз систем централізації які використовуються в Україні

4.2 Апаратура вхідного сигналу та інноваційна технологія її експлуатації

4.3 Розробка схеми контролю та діагностування вхідного сигналу

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

16 слайдів для презентації

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз систем централізації які використовуються в Україні	1.12.24	30%
2	Апаратура вхідного сигналу та інноваційна технологія її експлуатації	15.12.24	60%
3	Розробка схеми контролю та діагностування вхідного сигналу	30.12.24	100%
4	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.25	
5	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	22.01.25	

Студент

(підпис)

Тарас ДЗЮБА

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

доц. Володимир МАЛОВІЧКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

80 с., 17 рис., 12 джерел.

Метою роботи є розробка підсистеми контролю та діагностування вхідного світлофору.

Об'єкт дослідження – апаратура керування вхідним світлофором станції.

Предмет дослідження – методи та засоби покращення контролю стану апаратури вхідного сигналу.

У першому розділі дослідження здійснено огляд можливостей систем електричної централізації релейного, релейно-процесорного та мікропроцесорного типів для моніторингу та діагностики вхідного сигналу.

У другому розділі подано методику технічного обслуговування та характеристики функціонування апаратури вхідного сигналу, а також детально розглянуто особливості налаштування і функціонування регулятора струму, що використовується для заряджання акумуляторних батарей вхідного світлофора.

У третьому розділі запропоновано структурну схему діагностичного комплексу для перевірки компонентів систем електричної централізації. Крім того, розроблено принципові та структурні схеми діагностичного комплексу для аналізу вхідних сигналів, виконано вибір аналогових і дискретних сигналів для діагностики, проаналізовано інтеграцію запропонованої розробки із наявними автоматизованими системами, а також здійснено розрахунок і проектування цифрових фільтрів на основі операційних підсилювачів.

Ключові слова: СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ, ВХІДНИЙ СИГНАЛ, ЕЛЕКТРИЧНА ЦЕНТРАЛІЗАЦІЯ, ПОШУК ВІДМОВ, ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Аналіз систем централізації які використовуються в Україні.....	10
1.1 Еволюція станційних систем централізації	10
1.2 Блочна маршрутна релейна централізація.....	11
1.3 Удосконалена електрична централізація (УЕЦ-М)	13
1.4 Релейно-процесорна система «МІСАТ»	15
1.5 Система Ebiloc-950.....	20
1.6 Мікропроцесорна централізація МПЦ-У	25
1.8 Висновки до першого розділу.....	30
2 Апаратура вхідного сигналу та інноваційна технологія її експлуатації. 31	31
2.1 Ключові вимоги до схем керування вхідними світлофорами	31
2.2 Аналіз факторів, що впливають на роботу рейкових кіл.....	32
2.3 Схеми сигнальних і покажчикових реле.....	42
2.4 Перемикання сигналів у разі несправності ламп.....	44
2.5 Перевірка стану вхідних світлофорів за інструкцією по технічному обслуговуванню.....	47
2.6 Принцип дії та обслуговування автоматичного регулятора струму.....	50
2.7 Висновки до другого розділу	53
3 Розробка схеми контролю та діагностування вхідного сигналу	55
3.1 Структурна схема діагностичного комплексу для систем електричної централізації.....	55
3.2 Принцип вимірювання аналогових і дискретних сигналів у шафі вхідного світлофора	62

3.3 Принцип функціонування системи контролю стану вхідного сигналу	64
3.4 Принцип функціонування системи контролю стану вхідного сигналу під час підзарядки акумуляторної батареї	66
3.5 Характеристика елементної бази та алгоритм функціонування принципової схеми.....	67
3.6 Розрахунок елементів генератора тактових імпульсів.....	68
3.8 Перспективи впровадження системи моніторингу стану апаратури вхідного сигналу на релейній та релейно-процесорній елементній базі.....	73
Висновки.....	78
Перелік посилань.....	79

ВСТУП

У сфері сигналізації, централізації та блокування спостерігається прогресуюче "старіння" технічних засобів, поряд із уповільненим впровадженням сучасних технологій і обладнання. Практично всі пристрої, що експлуатуються з часу їхнього впровадження до 1990 року, за своїм функціональним рівнем не відповідають актуальним вимогам комплексної автоматизації транспортних процесів. Це обмежує широкомасштабне впровадження інформаційних технологій, унеможлиблює реалізацію автоматизованих методів обслуговування обладнання, а також ускладнює інтеграцію із системами середнього та високого рівнів автоматизації перевізних процесів. Крім того, такі засоби не забезпечують скорочення експлуатаційних витрат.

Наявність значної кількості пристроїв із перевищеними термінами експлуатації, недостатньо надійною елементною базою та відсутністю ефективних діагностичних методів обумовлює зростання витрат на їх технічне утримання й обслуговування, що безпосередньо впливає на ефективність транспортних процесів [1].

Технічні засоби та системи залізничної автоматики й телемеханіки виконують визначальну функцію у забезпеченні безпеки руху поїздів. Вони включають верхньорівневі системи диспетчерського управління та моніторингу, які передають команди пристроям нижчого рівня, розташованим на станціях і перегонах. Останні, у свою чергу, здійснюють управління стрілочними переводами та показаннями світлофорів.

Збої в роботі зазначених систем створюють потенційні ризики виникнення аварійних ситуацій, які можуть спричинити транспортні катастрофи. Традиційна модернізація обладнання потребує значних інвестицій, проте підвищення рівня безпеки при цьому є незначним, а термін окупності таких проектів часто перевищує 15 років. У додаток до цього відбувається зниження

рівня кваліфікації обслуговуючого персоналу, що підсилює вплив "людського фактора" на функціонування систем.

Особливо критичним елементом контролю є вхідний сигнал на станціях, відмова якого спричиняє не лише затримки руху поїздів, а й утворення "черг" транспортних засобів на перегоні.

Така ситуація наголошує на необхідності системного підходу до модернізації технічних засобів, використання інноваційних рішень для підвищення надійності систем і зменшення витрат на їх експлуатацію.

1 АНАЛІЗ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В УКРАЇНІ

1.1 Еволюція станційних систем централізації

Хронологічно першим етапом розвитку стала механічна централізація, у якій управління стрілками та семафорами здійснювалося за допомогою важелів і гнучких тяг. Такий підхід вимагав значних фізичних зусиль від сигналіста під час переведення стрілок, що суттєво обмежувало радіус дії постів і знижувало загальну ефективність роботи системи.

У 1930-х роках в Україні було запроваджено релейну електричну централізацію, яка повністю відмовилася від використання механічних замикань. Спочатку ці системи встановлювали виключно на невеликих станціях з метою перевірки надійності релейної апаратури та електричних замикань у реальних умовах експлуатації. Досвід тривалої роботи таких систем на малих станціях підтвердив їхню здатність забезпечувати високий рівень безпеки руху поїздів, підвищену швидкодію, а також універсальність у різних умовах функціонування.

Починаючи з 1945-1946 років, релейну централізацію почали впроваджувати на великих станціях. На початкових етапах застосовували релейні системи з центральними залежностями та роздільним управлінням стрілками. Однак значний обсяг ручних дій, необхідних черговому для встановлення складних маршрутів, негативно впливав на загальну ефективність централізації.

З 1947-1948 років було впроваджено релейну централізацію маршрутного типу, яка значно спростила процес встановлення маршрутів, мінімізувала кількість ручних операцій чергового та забезпечила підвищення швидкодії системи [1].

Подальшим якісним стрибком стало створення блочної маршрутно-релейної централізації (БМРЦ), яку з 1960 року було стандартизовано як

типовий варіант. Ця система отримала широке застосування як на великих, так і на малих станціях.

Із розробкою малогабаритних реле типу РЕЛ релейні системи централізації перейшли на нову елементну базу. У цих системах замість традиційних функціональних блоків із штепсельним підключенням почали використовувати панельні блоки, що сприяло підвищенню компактності та надійності. Серед таких систем можна виділити УЕЦ-М і ЕЦ-І.

Наприкінці 1990-х років в Україні розпочали впровадження релейно-процесорних систем, що поєднували переваги традиційних релейних і сучасних електронних технологій. З 2010 року у використанні увійшли мікропроцесорні системи централізації, які суттєво підвищили рівень автоматизації управління станційними системами.

Подальший розгляд зосереджено на особливостях реалізації діагностики вхідного сигналу в найпоширеніших системах електричної централізації, які сьогодні активно експлуатуються в Україні.

1.2 Блочна маршрутна релейна централізація

Пристрої блочної маршрутно-релейної централізації (БМРЦ) разом із системами електроживлення розміщуються у спеціалізованій будівлі, відомій як пост електричної централізації (ЕЦ). Основні приміщення поста ЕЦ включають апаратну, релейну, зарядну, акумуляторну, зв'язкову та інші функціональні кімнати. Черговий по станції працює в апаратній за пультом управління, використовуючи пульт-табло, пульт-маніпулятор або виносне табло для контролю та керування.

Близько 70% пристроїв релейних систем БМРЦ виконані у вигляді типових блоків, що дозволило організувати масове їх виробництво на заводах. Це значно спростило процес монтажу та обслуговування систем. Схеми БМРЦ для станцій з будь-якою кількістю стрілок і сигналів складають шляхом з'єднання наборних і виконавчих блоків відповідно до однопиткового плану станції.

Починаючи з 1960 року, у системах ЕЦ почали використовувати блочні рішення, спочатку лише у виконавчих групах реле, а з 1966 року — також у наборних групах. Застосування типових блоків забезпечило:

- до 70% монтажних робіт виконувалося на заводі, що зменшувало обсяг робіт на місці будівництва;
- попередню перевірку та налаштування блоків на заводі, що підвищувало якість монтажу;
- скорочення термінів проєктування на 30–35% завдяки уніфікованим рішенням.

Система БМРЦ найбільш ефективна для станцій із кількістю стрілок понад 25. Для менших станцій рекомендовані системи електричної централізації малих станцій (ЕЦ-12), які мають кілька модифікацій: ЕЦ-12, ЕЦ-12-80, ЕЦ-12-83, ЕЦ-12-90, ЕЦ-12-2000, ЕЦ-12-2003.

Система ЕЦ-12 базується на схемних вузлах, сформованих із реле, призначених для керування окремими об'єктами централізації. У межах одного схемного вузла реле розташовуються на статурі в компактному порядку.

У ранніх модифікаціях системи (ЕЦ-12, ЕЦ-12-80, ЕЦ-12-83) маршрути задавалися натисканням двох кнопок: початкової та кінцевої точок маршруту. Для зміни напрямку маршруту використовувалися додаткові кнопки.

Новіші модифікації (ЕЦ-12-90, ЕЦ-12-2000, ЕЦ-12-2003) впровадили елементи, характерні для блочної маршрутно-релейної централізації. Це дозволило скоротити кількість кнопок і підвищити зручність управління. Наприклад, кожен світлофор керується єдиною кнопкою, яка визначає напрямок руху. Вибір категорії маршруту (поїзний чи маневровий) здійснюється за допомогою трьох додаткових кнопок.

Управління стрілками здійснюється натисканням кнопок виклику стрілок та двох групових кнопок, які задають плюсове чи мінусове положення.

Системи БМРЦ характеризуються обмеженими можливостями діагностики вхідного світлофора. Інформація, доступна черговому по станції,

зводиться до візуальної або звукової сигналізації у разі несправності, наприклад, перегорання лампи чи відмови обладнання.

При відмові світлофора, під час натискання кнопки для встановлення маршруту, відповідна лампа не засвічується, і маршрут не формується. Такий підхід не дозволяє оперативно виявляти несправності, що знижує рівень надійності та безпеки.

Модернізація систем діагностики є необхідною для підвищення функціональної ефективності БМРЦ. Вона включає впровадження сучасних автоматизованих засобів контролю, здатних оперативно локалізувати несправності, мінімізуючи затримки руху й знижуючи ризики аварійних ситуацій.

1.3 Удосконалена електрична централізація (УЕЦ-М)

Удосконалена електрична централізація (УЕЦ-М) являє собою інноваційну систему керування залізничною інфраструктурою, що вирізняється централізованими залежностями та централізованим живленням. Вона адаптована для застосування на залізничних станціях різного масштабу — від малих до великих. Архітектура системи побудована на блочній структурі, де реалізовано штепсельне підключення реле до блоків, а також використання уніфікованої елементної бази для наборних та виконавчих груп у формі малогабаритних реле типу РЕЛ.

Система УЕЦ-М передбачає два різновиди блоків для наборної групи і десять типів блоків для виконавчої групи. Організація управління об'єктами централізації охоплює три режими: маршрутний, роздільний і резервний, що забезпечує високу гнучкість та адаптивність системи.

Для підвищення функціональності та надійності розробники реалізували низку технічних інновацій, серед яких:

- централізоване живлення ламп вогнів вхідного світлофора з резервуванням від локальних акумуляторів для критичних сигналів – червоного та запрошувального вогнів;

- застосування двохниткових ламп, що сприяє підвищенню загальної надійності сигналізації;
- резервне управління маршрутами руху поїздів, що забезпечує стабільність функціонування системи у надзвичайних умовах;
- можливість накопичення конфліктного маршруту (у випадку диспетчерської централізації, ДЦ), що покращує гнучкість управління;
- захист від передчасного розмикання секцій у разі втрати шунта, що мінімізує ризики аварійних ситуацій;
- функція завдання маршруту через помилково зайняту секцію без відкриття сигналу, яка дозволяє обходити певні технічні несправності;
- штучне замикання маршрутних секцій для підвищення оперативності диспетчерського керування;
- автоматизована реєстрація короткочасних відмов у роботі рейкових кіл і контрольних ланцюгів стрілок, включених у маршрут;
- вилучення конденсаторів, що уповільнюють роботу сигнального реле та реле скасування маршруту, для забезпечення швидкодії системи;
- попередня індикація на дисплеї для запобігання помилковому перекриттю сигналу під час натискання кнопки штучного розмикання секції;

Система електричної централізації індустріального типу (ЕЦ-І) також базується на використанні уніфікованої елементної бази, представленої малогабаритними реле типу РЕЛ. Такий підхід гарантує високу сумісність компонентів і значно спрощує обслуговування системи.

Використання стандартизованої елементної бази для наборних і виконавчих груп забезпечує суттєве підвищення надійності системи УЕЦ-М порівняно з блочною маршрутно-релейною централізацією (БМРЦ). Однак

впровадження цих інновацій супроводжується значними витратами на установку та експлуатацію, що робить систему дорожчою у порівнянні з аналогами.

Попри численні вдосконалення, система УЕЦ-М, як і БМРЦ, не передбачає розширеної діагностики вхідних сигналів. Єдиним поліпшенням є функція реєстрації короткочасних збоїв сигналу під час завдання маршруту. Проте ця функція обмежена в своїй аналітичній ефективності та не забезпечує повноцінної діагностичної підтримки.

Система УЕЦ-М демонструє значні переваги у функціональності та надійності завдяки впровадженню технічних інновацій. Водночас її обмеження в аспекті діагностики сигналів визначають перспективні напрями для подальших досліджень і вдосконалень.

1.4 Релейно-процесорна система «МІСАТ»

Релейно-процесорна централізація (РПЦ) «МІСАТ» є сучасною технологічною платформою для централізованого управління рухом поїздів на залізничних станціях. Вона забезпечує високий рівень безпеки за рахунок взаємного замикання стрілок і сигналів, дистанційного контролю об'єктів та автоматичного моніторингу стану пристроїв залізничної автоматики. Крім того, система дозволяє фіксувати дії чергового по станції (оператора), переміщення поїздів і стан обладнання у вигляді цифрового архіву («чорного ящика»).

РПЦ «МІСАТ» може бути інтегрована як під час будівництва нових станцій, так і в процесі модернізації існуючих систем електричної централізації (ЕЦ), включаючи об'єкти стикування різних типів тягових систем.

З початку 2000-х років Україна розпочала впровадження систем залізничної автоматики нового покоління. Перший проект з використанням РПЦ був реалізований на маневровій дільниці станції «Київ-Технічний» за участю НВП «Желдоравтоматика». Станом на сьогодні релейно-процесорні (РПЦ) та мікропроцесорні (МПЦ) системи централізації функціонують на 30

станціях України, що становить 2% від їхньої загальної кількості. Для порівняння, у Росії цей показник сягає 6,7%.

Серед провідних українських розробників та виробників РПЦ виділяються:

- ТОВ НВП «Желдоравтоматика» (м. Харків);
- МПО «Імпульс» (м. Сєвєродонецьк);
- ТОВ «Анtron» і «Автотелтранс» (м. Київ);
- ТОВ «НКП КС-МІСАТ» (м. Харків).

В Україні випробувальні впровадження РПЦ, розроблених ВАТ «Радіоавіоніка» (м. Санкт-Петербург), проведено на станціях «Красноград» і «Полтава». У дільничній роботі «Лозова – Красноград» використовується шведська система МПЦ Ebilock-950.

На прикладі станції «Лозова», де застосовано систему БРЦ-М (блочна релейна централізація з мікропроцесорним набором маршрутів), використання «МІСАТ» дозволило досягти:

- Розширення функціональних можливостей релейних систем централізації;
- Високих стандартів безпеки та надійності;
- Скорочення кількості реле на одну стрілку у 2–2,5 рази;
- Зменшення обсягу службово-технічних приміщень поста централізації;
- Інтеграції через стандартизовані протоколи передачі даних у локальних обчислювальних мережах;
- Використання сучасних обчислювальних засобів для введення та візуалізації інформації, що усуває потребу у спеціалізованих маніпуляторах.

Структурні рівні системи

1. Рівень користувача

- Автоматизовані робочі місця (АРМ) для диспетчерів, чергових і технічного персоналу.
- Обладнання базується на резервованих промислових комп'ютерах, що гарантують безперервність роботи.

2. Рівень обчислень і залежностей

- Комплекс технічних засобів управління та контролю (сервер залежностей), що включає промислові обчислювальні пристрої й периферійне обладнання.
- Сервер координує взаємодію автоматизованих робочих місць із релейними схемами через локальні обчислювальні мережі.

3. Виконавчий рівень

- Виконавчі релейні схеми забезпечують безпеку з використанням реле першого класу надійності.
- Інтеграція з існуючими рейковими колами та перегінними системами мінімізує потребу у значних модифікаціях.

4. Рівень напільних пристроїв

- Охоплює світлофори, стрілочні приводи, рейкові кола, переїзди та інші об'єкти інфраструктури.

Переваги РПЦ «МІСАТ»

- Підвищена надійність: зменшення кількості реле мінімізує ймовірність відмов.
- Економічність: скорочення обсягу обладнання знижує витрати на проектування та експлуатацію.
- Гнучкість впровадження: інтеграція з існуючими релейними ЕЦ дозволяє поступово модернізувати станції.
- Сучасність: використання стандартних протоколів забезпечує сумісність із сучасними технологіями автоматизації.
- Покращена діагностика: нові інструменти дозволяють швидше виявляти та локалізувати відмови.

Релейно-процесорна централізація «МІСАТ» поєднує переваги традиційних релейних систем із інноваціями у сфері обчислювальної техніки. Ця система є ефективним рішенням для модернізації залізничної автоматики, забезпечуючи підвищення безпеки, економічності та гнучкості в управлінні.

Разом із цим удосконалення діагностики вхідних сигналів залишається перспективним напрямом для майбутніх розробок.

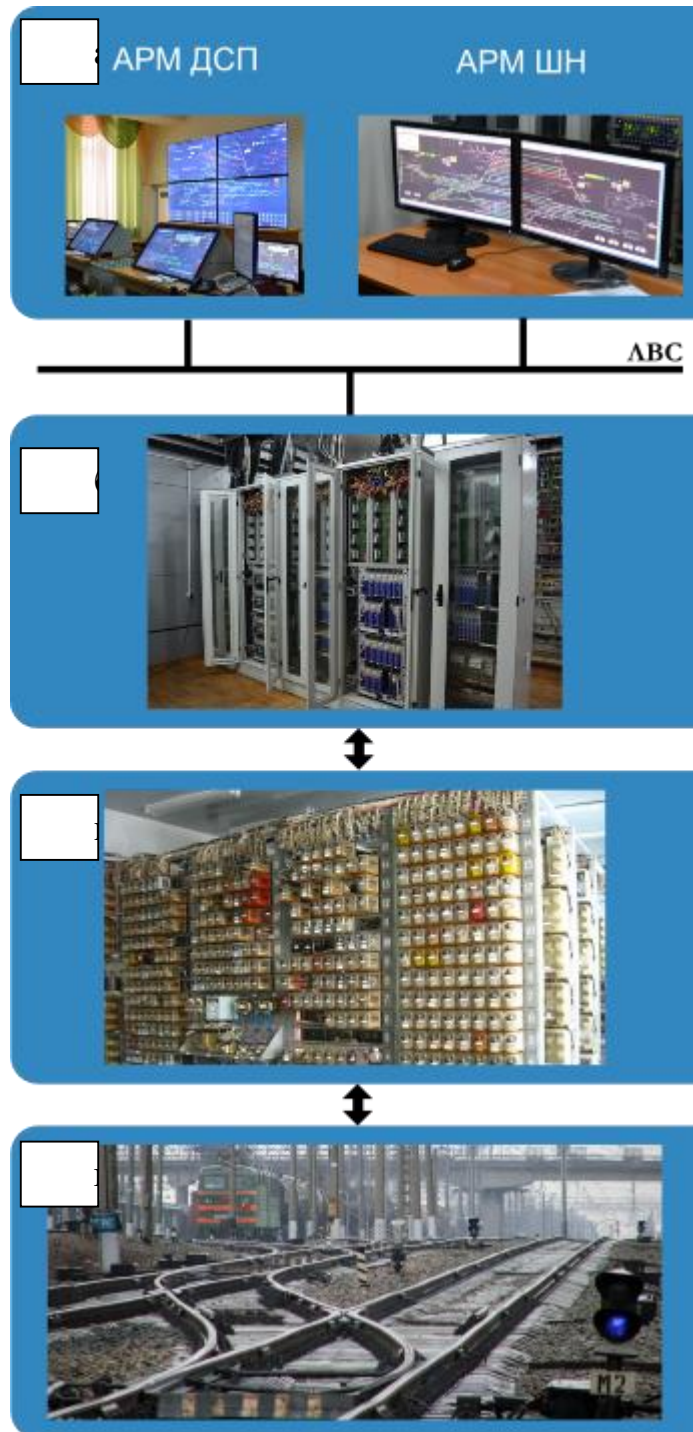


Рисунок1.1 – Структура РПЦ МІСАТ

Розширені функціональні можливості системи

- Програмування маршрутів шляхом активації клавіш, що позначають початкову та кінцеву точки маршруту на пульті-маніпуляторі, із

- застосуванням варіантної кнопки світлофора для активації альтернативного маршруту за потреби;
- Побудова маршрутів шляхом вибору світлофорів початку й завершення через автоматизоване робоче місце чергового по станції (АРМ ДСП) (Рис. 7.4);
 - Паралельна обробка та встановлення необмеженої кількості маршрутів будь-яких напрямів і типів (поїзних чи маневрових) у межах зони управління однієї ЕЦ із запобіганням формуванню конфліктних ("ворожих") маршрутів;
 - Багаторівнева перевірка умов безпеки при формуванні маршрутів. Первинна перевірка реалізується через схеми виконавчої групи. За умови відповідності вимогам безпеки формуються команди управління, у разі порушення — надається заборона з відповідним попередженням;
 - Скасування маршрутів (як поїзних, так і маневрових) із дотриманням заданих часових інтервалів і можливістю групового скасування однотипних маршрутів;
 - Індивідуальне управління стрілками через АРМ ДСП із обов'язковою перевіркою стану стрілкових ділянок на вільність;
 - Забезпечення захисту колій на запит поста технічного обслуговування (ПТО);
 - Деактивація дозволяючого сигналу світлофора без необхідності анулювання маршруту;
 - Повторна активація світлофора, що забезпечує замкнений маршрут;
 - Передача інформації щодо прибуття та узгодження пересування під час роботи при ПАБ;
 - Керування технічними засобами на колії, зокрема встановленням і зняттям башмаків та дрезин;
 - Блокування та розблокування стрілок, світлофорів і рейкових ділянок;

- Додавання приміток до колійних елементів (стрілок, рейкових кіл, світлофорів), які відображаються на АРМ ДСП під час підготовки маршрутів (наприклад, "ведуться роботи" або "обмеження швидкості");
- Заборона підготовки маршрутів через певну стрілку чи її окреме положення;
- Додавання технічних повідомлень електромеханіком для інформування чергового оператора під час роботи з малозадіяними рейковими колами;
- Контроль втрат сигналу шунта та короткочасного порушення стану стрілок;
- Діагностика системи із реєстрацією результатів;
- Архівування станів об'єктів управління і контролю, а також технічного стану РПЦ з мінімальним терміном зберігання 30 діб;
- Фіксація дій персоналу із забезпеченням терміну зберігання записів не менше 30 діб;
- Інтеграція з системами верхнього рівня (ДК, ДЦ, АСУ).

На відміну від релейних систем, під час діагностики вхідного сигналу на моніторі автоматизованого робочого місця електромеханіка виводяться дані про стан сигналів і світлових індикаторів. Уся отримана інформація автоматично фіксується в журналі подій, хоча діагностика стану апаратури у шафі сигналу й РТА вхідного сигналу не виконується.

1.5 Система Ebiloc-950

Алгоритм функціонування мікропроцесорної централізації (МПЦ) розроблено на базі принципів релейної централізації, задекларованих у стандарті ЕЦ-12-90. Основу системи становить центральний комп'ютер, який забезпечує безпечну інтеграцію всіх взаємопов'язаних компонентів електричної централізації стрілок і сигналів, а також координацію роботи із системами управління та контролю (АРМ ДСП, АРМ ШН) і модулів об'єктного контролю.

Центральний комп'ютер виконує управління електроприводами стрілок, сигналами, інтерфейсними реле, які передають інформацію про стан рейкових кіл, інтегрованих систем, зв'язок із центральним процесором та стан електроживлення. Надійність забезпечується завдяки системі виявлення несправностей із переведенням системи в захисний стан у разі необхідності.

Архітектура та принципи побудови

Система базується на децентралізованому розміщенні обладнання, реалізованому за модульним підходом:

- Пристрої управління об'єктами (ОК) центральної горловини станції та центральний процесор розташовуються на посту ЕЦ.
- Модулі об'єктного контролю (МПК) контейнерного типу, які безпосередньо взаємодіють із пристроями горловини станції, розташовані поблизу керованих об'єктів.

Центральний процесор забезпечує виконання алгоритмів МПЦ, отримуючи команди від системи управління й контролю та надсилаючи їх у вигляді наказів до об'єктних контролерів. Інформація про стан пристроїв передається назад до системи управління.

Зв'язок між компонентами системи здійснюється через послідовний обмін даними у двох напрямках:

- Об'єктний контролер підключається до лінії передачі через концентратор.
- Центральний комп'ютер з'єднується з об'єктними контролерами через кабелі, модеми та концентратори у чотирьох напрямках.

Така організація дозволяє значно скоротити кількість кабелів СЦБ, що знижує витрати на їх прокладання. Усі керовані пристрої (рейкові кола, електроприводи, світлофори) розташовані в безпосередній близькості до модулів управління, що спрощує діагностику несправностей і технічне обслуговування.

Розташування обладнання адаптується до місцевих умов та вимог замовника.

Особливості системи зв'язку

Система зв'язку характеризується підвищеною надійністю завдяки резервуванню:

- У разі пошкодження кабелю інформація продовжує передаватися через концентратори з альтернативних напрямків.
- Для зв'язку використовується волоконно-оптичний кабель.

Об'єктні контролери системи Ebilos-950 повністю сумісні з вітчизняними рейковими колами, електроприводами, світлофорами, реле, а також легко інтегруються із системами автоблокування, переїзної сигналізації, кодування рейкових кіл, САУТ тощо.

Забезпечення безпеки та енергонезалежності

Система оснащена джерелами безперебійного живлення з необслуговуваними батареями, які забезпечують функціонування таких компонентів:

- Електронних пристроїв;
- Рейкових кіл;
- Світлофорів, електроприводів і реле.

Стійкість системи до зовнішніх впливів, таких як блискавка або коротке замикання, значно підвищує її надійність.

Управління та контроль

Мікропроцесорна централізація керується через АРМ ДСП, створений на базі промислових автоматизованих систем.

Функціональні можливості:

- Надсилання команд від чергового по станції (встановлення або скасування маршрутів);
- Індикація стану об'єктів на АРМ;
- Реєстрація всіх команд, наказів центрального комп'ютера, станів об'єктів і повідомлень про несправності в журналі з можливістю друку;
- Відображення інформації про відмови на терміналі електромеханіка.

Центральний процесорний модуль

Центральний процесорний модуль містить два комп'ютери, один із яких функціонує як основний, а інший перебуває у «гарячому резерві».

До складу кожного комп'ютера входять:

- Два незалежні канали обробки даних («Процесор А» і «Процесор В»);
- Сервісний процесор для реалізації інтерфейсу із зовнішніми пристроями.

Функції, що стосуються безпеки, виконуються у двох незалежних каналах, що забезпечує підвищений рівень надійності.

Основні функції центрального процесора

- Конвертація команд із системи управління у безпечні накази для стрілок, світлофорів тощо;
- Формування та замикання маршрутів;
- Розмикання маршрутів у ручному або автоматичному режимі;
- Виконання інших завдань централізації відповідно до технічних вимог.

Система Ebiloc-950 забезпечує високий рівень надійності та безпеки, значно спрощуючи експлуатацію й технічне обслуговування пристроїв СЦБ.

Основні принципи побудови електричної централізації

Реалізація електричної централізації (ЕЦ) може здійснюватися двома основними підходами:

1. Вільний монтаж — залежності для кожної станції формуються індивідуально шляхом побудови електричних схем із використанням окремих реле.
2. Географічний принцип — система представляє собою набір готових модулів (блоків), які інтегруються згідно з планом станції.

Система Ebiloc-950 комбінує переваги обох підходів, проте завдяки програмованій елементній базі перевершує традиційні системи за експлуатаційними характеристиками.

Основні та додаткові функції системи Ebiloc-950

Основні функції системи відповідають сучасним вимогам до ЕЦ. Завдяки гнучкій програмованій базі реалізовано такі додаткові можливості:

- Блокування стрілки в заданому положенні виконується за командою оператора. У разі блокування:
 - Стрілка не може бути переведена індивідуально;
 - Її використання в маршруті можливе лише за умови відповідності положення трасі маршруту.
- Блокування секції
За командою оператора виключається можливість відкриття сигналу маршруту, що проходить через заблоковану секцію.
- Установка поїзного маршруту з автоматичним відкриттям сигналів
Забезпечує автоматичне увімкнення дозволяючого показання світлофора після формування маршруту.
- Контроль забороняючого показання маневрових світлофорів прикриття
Система забезпечує, щоб під час встановлення поїзних маршрутів на маневрових світлофорах прикриття були активовані забороняючі сигнали. Відкриття дозволяючого показання на поїзному світлофорі можливе лише після виконання цієї умови.

Допоміжний режим управління

Система передбачає допоміжний режим управління, який активується за таких умов:

- Часткова несправність пристроїв МПЦ;
- Відмова об'єктів управління;
- Пошкодження кабельної мережі станції.

У цьому режимі оператор працює відповідно до спеціальних вимог, що мінімізують ризик помилок:

- Однозначна індикація дій оператора;
- Повторні підтвердження команд із поясненням їх наслідків;
- Фіксація причин активації режиму у системному журналі.

Функціонал допоміжного режиму включає:

- Індивідуальне переведення стрілок без контролю рейкового кола;
- Формування маршрутів без відкриття дозволяючих сигналів.

Діагностика вхідного сигналу

У системі Ebilos-950 діагностика реалізована за підходами, що відрізняються від традиційних релейних систем:

- Функції частини обладнання, яке раніше розташовувалося на посту ЕЦ, виконуються програмно через об'єктні контролери.
- Залишкове обладнання в шафах не діагностується, оскільки його кількість мінімізована завдяки програмним рішенням.

Переваги системи

Система Ebilos-950 забезпечує низку важливих переваг:

- Підвищена надійність і безпека завдяки програмним алгоритмам, які виключають типові відмови релейних систем.
- Оптимізація апаратури та зниження витрат на обслуговування через використання об'єктних контролерів.
- Гнучкість експлуатації, зокрема в умовах аварійних ситуацій, завдяки допоміжному режиму управління.
- Інтеграція із сучасними системами, такими як САУТ, переїзна сигналізація, автоблокування тощо.

Ця система є однією з найбільш ефективних у забезпеченні централізованого управління залізничним рухом навіть за складних експлуатаційних умов.

1.6 Мікропроцесорна централізація МПЦ-У

МПЦ-У — це сучасний комплекс технічних і програмних засобів, розроблений для централізованого управління, контролю та регулювання руху поїздів на залізничних станціях у реальному часі. Система відповідає вимогам Правил технічної експлуатації залізниць України та технічного завдання, забезпечуючи:

- високий рівень безпеки руху поїздів;
- точне й надійне відображення інформації про стан об'єктів;
- контроль та діагностику технічних засобів автоматики (тза).

Система інтегрується з наявними колійними й постовими пристроями СЦБ, адаптованими до умов українських залізниць, і підтримує взаємодію зі станційними централізованими системами, що відповідають сучасним стандартам.

Основні характеристики

1. Гнучкість та адаптивність

- Параметри системи МПЦ-У можна змінювати з мінімальними витратами без серйозних змін у її структурі.
- Забезпечується поступове нарощування кількості технічних засобів автоматики (ТЗА) та функціональних можливостей у процесі розвитку станції.
- Підтримується збільшення кількості одночасно працюючих автоматизованих робочих місць (АРМ) чергового по станції.

2. Основні функції управління

- Встановлення та замикання поїзних маршрутів приймання/відправлення з автоматичним відкриттям світлофорів.
- Перекриття світлофорів на забороняюче показання при вступі поїзда на маршрут.
- Забезпечення взаємозалежності сигнальних показань.
- Встановлення маневрових маршрутів із відкриттям початкового світлофора.
- Перекриття дозволяючих показань світлофорів як із скасуванням маршруту, так і без нього.
- Повторне відкриття світлофора за командою оператора.
- Автоматичне посекційне або групове розмикання маршрутів.
- Управління сигналами автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС) у рейкових колах маршрутів приймання та відправлення.
- Контроль і управління перегінними пристроями з кодовим або неавтоматичним блокуванням.

- Індивідуальне переведення стрілок із перевіркою стану стрілкової секції.
- Зниження напруги на лампах світлофорів для подовження терміну їх служби.
- Аварійне відключення електроживлення поста ЕЦ.
- Реалізація функцій «нагадування», огороження колій, управління дизель-генераторним агрегатом.
- Відключення живлення робочих кіл стрілок при порушеннях їх нормального переведення.

3. Функції контролю та діагностики

- Контроль стану ізолюваних ділянок, стрілок, перегонів, ділянок наближення та віддалення.
- Перевірка сигнальних показань і справності ламп світлофорів.
- Моніторинг опору ізоляції вторинних кіл та кабельних ліній.
- Діагностика стану електроживлення й працездатності ТЗА.
- Фіксація дій персоналу в системному журналі.

4. Альтернативність релейним системам МПЦ-У, у комбінації з МАБ-У, пропонує сучасну альтернативу релейним системам централізації та блокування, забезпечуючи:

- Значно вищу надійність і безпеку управління рухом поїздів.
- Оптимальну ефективність на ділянках із різними обсягами руху, включно з високошвидкісними лініями.

На відміну від традиційних мікропроцесорних систем централізації, МПЦ-У не використовує окремі блоки об'єктних контролерів. Це дозволяє спростити архітектуру системи та зменшити потребу в обладнанні.

Переваги системи

1. Гнучкість адаптації. Система легко масштабується відповідно до потреб станції та особливостей її експлуатації.
2. Підвищена безпека. Реалізація функцій контролю та управління відповідає найвищим стандартам безпеки.

3. Зниження експлуатаційних витрат. Оптимізація апаратної частини системи та покращена діагностика значно знижують витрати на технічне обслуговування.
4. Інтеграція з сучасними технологіями. Підтримується взаємодія із системами автоблокування, локомотивної сигналізації та іншими автоматизованими засобами управління.

МПЦ-У є прогресивним рішенням для забезпечення безпеки та ефективності управління рухом поїздів, задовольняючи вимоги сучасної залізничної інфраструктури.

1.7 Постановка задачі

Актуальність роботи. Залізниці України, виконуючи ключову роль у перевезенні вантажів і пасажирів, водночас мають стратегічне значення для забезпечення обороноздатності держави. У цьому контексті будь-які відмови технічних засобів залізничної автоматики, які спричиняють затримки руху поїздів, призводять до серйозних наслідків та вимагають посиленого моніторингу й оперативного реагування.

Одним із найбільш критичних елементів системи управління рухом є вхідний сигнал станції, відмова якого:

- Значно обмежує пропускну здатність перегону;
- Ускладнює процес формування та виконання маршрутів.

Розташування вхідного сигналу у віддаленій зоні станції від поста електричної централізації (ЕЦ) створює додаткові технічні труднощі, пов'язані з:

- Значним часом, необхідним для прибуття обслуговуючого персоналу до місця несправності;
- Обмеженими можливостями скорочення цього часу через фізичні параметри відстані.

Отже, скорочення часу виявлення та усунення несправностей вхідного сигналу стає першочерговим завданням для забезпечення безперебійного руху

поїздів, підвищення пропускної здатності залізничних станцій і загальної ефективності функціонування технічних засобів автоматики.

Розв'язання цієї задачі сприятиме мінімізації затримок у русі, покращенню надійності залізничної інфраструктури та забезпеченню стабільності транспортних перевезень у складних експлуатаційних умовах.

Метою роботи є розробка підсистеми контролю та діагностування вхідного світлофору

Завданням роботи є:

- аналіз існуючих можливостей систем електричної централізації на залізничних станціях України по діагностуванню та контролю апаратури вхідних сигналів;

- розробка структурної та принципової схеми діагностування апаратури вхідного сигналу;

- розробка технічних засобів захисту інформації що використовується в системі контролю вхідного сигналу для підвищення функціональної надійності роботи системи;

- аналіз можливостей ув'язки системи контролю вхідного сигналу з системами напівавтоматичного блокування системами ідентифікації рухомого складу та системами контролю пергрітих букс.

Об'єкт дослідження – апаратура керування вхідним світлофором станції.

Предмет дослідження – методи та засоби покращення контролю стану апаратури вхідного сигналу.

З метою вирішення поставлених завдань використовувалися аналіз роботи систем електричної централізації, аналіз процесу технічного обслуговування сигналів та РТА на станції, розроблені принципова та структурні схеми діагностування апаратури вхідних сигналів на станції, розраховані та спроектовані за допомогою обчислювальної техніки цифрові фільтри захисту інформації, розглянуті способи об'єднання розробленого діагностичного комплексу з іншими системами автоматики для зменшення його вартості.

1.8 Висновки до першого розділу

В першому розділі даної роботи було проведено аналіз існуючих систем електричної централізації на предмет визначення ступеня контролю системою стану апаратури вхідного сигналу. За результатами аналізу можна зробити висновок що в релейних системах апаратура вхідної шафи не контролюється зовсім, у чергового по станції є тільки інформація відкривається сигнал чи ні. Не на багато краща ситуація і у релейно процесорних системах централізації де на відміну від релейних систем додатково в пам'яті комп'ютера зберігається лише інформація про відмову вхідного сигналу та фіксується час її існування. В мікропроцесорних системах ситуація значно краща, так як вся апаратура керування сигналом яка у релейних систем знаходилась на станції замінена на програмні залежності але в релейній шафі залишається обладнання ув'язки АБ та ЕЦ і обладнання для керування рейковими колами наближення. Таким чином система контролю апаратури вхідного сигналу вкрай необхідна і актуально її застосовувати в першу чергу для систем електричної централізації релейного та релейно процесорного типу.

2 АПАРАТУРА ВХІДНОГО СИГНАЛУ ТА ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

2.1 Ключові вимоги до схем керування вхідними світлофорами

Проаналізуємо принципи функціонування схем підключення сигнальних елементів світлофорів, напольних сигнальних реле, які здійснюють безпосереднє управління ними, а також індикаторних і вогневих реле, що забезпечують контроль коректного функціонування ламп сигналізації та передачу їхніх показань на диспетчерський пульт. Дані схеми мають універсальний характер і є малозалежними від типів централізації або структурної організації станцій.

Незалежно від типу живлення пристроїв релейної централізації (місцевого чи централізованого), розмірів станції або виду тягової системи на відповідній ділянці, для вхідних світлофорів обов'язково передбачається резервне енергоживлення від акумуляторних батарей, що забезпечує безперервність їхньої роботи.

З метою мінімізації ризику помилкових індикацій при підключенні кабелів, що з'єднують релейну шафу зі світлофорними головками, доцільно використовувати індивідуальні прямі та зворотні провідники для кожної сигнальної лампи. Крім того, рекомендується впровадження двостороннього розмикання електричних ланцюгів у випадках подачі сигналів, що дозволяють рух.

Для забезпечення однакової яскравості сигнальних вогнів кількість фронтних контактів реле в ланцюгах різних ламп повинна бути однаковою та, за можливості, мінімальною. Оптимальним є використання одного контакту в прямому і зворотному проводах, без урахування спільних контактів реле подвійного зниження напруги (ДСН). Виключенням є лише схеми для миготливих сигналів, що вимагають специфічних налаштувань.

Для запобігання переходу дозволяючих сигналів у забороняючі під час перемикання фідерів живлення або випадкового шунтування рейкових кіл необхідно передбачити уповільнене відпадання якорів сигнальних реле.

Водночас важливо забезпечити оперативну зміну індикації у разі несправності ламп, аби уникнути тривалого відображення спотворених сигналів, залишаючи на світлофорі дозволяючі показання, що відповідають умовам зниженої швидкості руху.

Ланцюги керування запрошувальними вогнями повинні відзначатися високою надійністю та функціональною автономністю, незалежно від стану інших схем, групових реле чи запобіжників.

Схеми керування мають бути конструктивно простими, виключати залежність від положення стрілок, незамкнених маршрутів або стану рейкових кіл, що підвищує їхню експлуатаційну ефективність та стійкість до можливих збоїв.

2.2 Аналіз факторів, що впливають на роботу рейкових кіл

Схеми підключення вогнів вхідного світлофора

Оптимізована схема функціонування вхідного світлофора характеризується високим рівнем уніфікації, що забезпечує її ефективне використання як на невеликих, так і на масштабних станціях. Набір реле, відповідальний за керування світловими сигналами та моніторинг їхнього стану, є стандартизованим і демонструє мінімальну залежність від додаткових сигналів, які можуть виникати на вхідному світлофорі за умов наявності маршрутних світлофорів чи пологих стрілок.

Ключовою перевагою цієї схеми є її здатність поступово переходити до відповідного дозволяючого сигналу зниженої швидкості у разі перегорання ламп, і лише у крайньому разі — до забороняючого червоного сигналу. Наприклад, у разі несправності зеленої лампи сигнал автоматично змінюється на жовтий. Якщо виходять із ладу пристрої миготіння, жовтий миготливий сигнал переходить у постійний жовтий, що також сигналізує про необхідність зниження швидкості руху.

Подібний підхід застосовується й у випадку перегорання ламп зеленої смуги при жовтому сигналі: зберігається жовтий сигнал без зеленої смуги. У

разі несправності ламп, які забезпечують індикацію "зелений миготливий із жовтим сигналом і зеленою смугою", схема переключує сигналізацію на "два жовті", де верхній є миготливим.

Однак у разі подальшого виходу з ладу ламп для таких сигналів, як "один жовтий", "один жовтий миготливий", "два жовті", або "два жовті з верхнім миготливим", необхідно передбачити автоматичне переключення дозволяючого сигналу на червоний вогонь.

Реалізація сигнальних режимів на вхідному світлофорі забезпечується контактами сигнальних реле (див. рис. 2.1), які розташовуються у релейній шафі цього світлофора. Енергопостачання таких реле здійснюється через систему живлення, що підключена до приміщення чергового по станції (ДСП).

Для позначення сигналів у схемі прийнято такі умовні позначення:

- **ЗС** — зелений сигнал,
- **ЖС** — верхній жовтий сигнал,
- **2ЖС** — нижній жовтий сигнал,
- **ПС** — запрошувальний сигнал,
- **М** — реле миготіння.

Ця схема гарантує надійність сигналізації навіть у разі несправностей, підтримуючи безпеку руху на високому рівні.

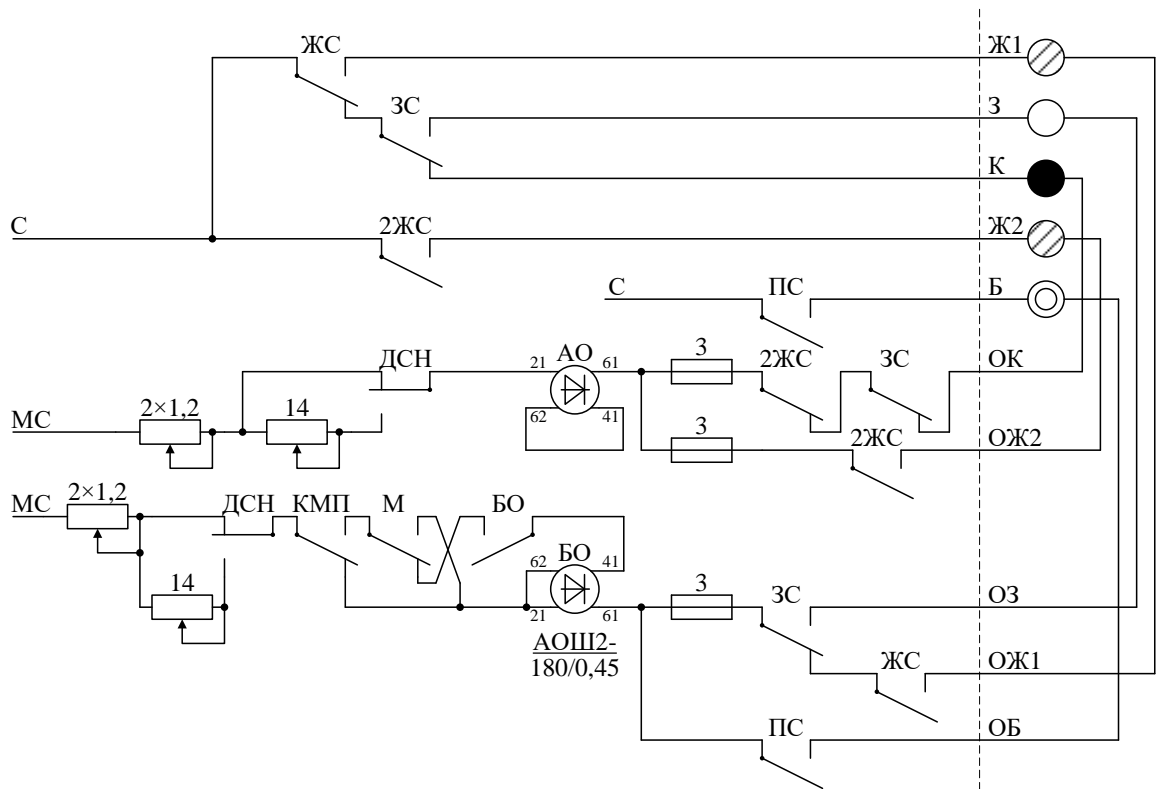


Рисунок 2.1 – Схема керування вхідним світлофором

Функціонування реле у схемі вхідного світлофора

Реле М є ключовим компонентом для забезпечення миготливої індикації на світлофорі, працюючи у взаємодії із сигнальними реле. У релейній шафі вхідного світлофора також розташовані вогневі реле АТ і БО, які здійснюють контроль справності ниток ламп, а також реле контролю миготіння КМ і реле контролю миготіння посиленого типу КМП, що відповідають за правильність формування миготливих сигналів.

Реле АТ і БО дублюються пристроями у приміщенні чергового по станції (ДСП), через контакти яких передається інформація на диспетчерський пулт про стан світлофора та зміни сигналів у разі несправностей ламп.

Схема передбачає одночасне горіння декількох ламп, наприклад:

- два жовті,
- жовтий із зеленим,
- червоний із місячно-білим сигналом.

Кожна лампа проходить перевірку через реле АТ і БО. У схемі реалізовано поділ навантаження: струм проходить лише через обмотку реле, що відповідає за активну на даний момент лампу.

- Реле АТ здійснює контроль ламп червоного та нижнього жовтого вогнів, які не повинні світитися одночасно.
- Реле БО контролює лампи зеленого, верхнього жовтого і запрошувального вогнів.

У штатному режимі активний червоний вогонь. Струм надходить від джерела живлення через тилові контакти реле ЗС та ЖС, а далі по проводу К до лампи червоного вогню. Зворотний струм проходить через провід ОК та обмотку реле АТ, після чого повертається до мінусового полюса джерела живлення (МС).

При встановленні маршруту прийому на головний шлях активується реле ЖС:

- Його тилові контакти розмикають ланцюг лампи червоного вогню.
- Фронткові контакти замикають ланцюг лампи верхнього жовтого вогню через провідники Ж1 та ОЖ1.
- Реле АТ деактивується, а реле БО притягує якір.
- Дублюючі реле у приміщенні ДСП передають відповідну інформацію на пульт, забезпечуючи необхідні функціональні залежності.

У разі маршруту на бічний шлях активуються реле ЖС і 2ЖС:

- Тилові контакти ЖС розривають ланцюг лампи червоного вогню.
- Фронткові контакти ЖС вмикають лампу верхнього жовтого вогню через провідники Ж1 і ОЖ1, а реле 2ЖС активує лампу нижнього жовтого вогню через дроти Ж2 і ОЖ2.
- У цьому режимі одночасно працюють обидва реле АТ і БО, а дублюючі реле в ДСП забезпечують відображення інформації про стан індикації.

Для прямого пропуску по головному шляху активується реле ЗС:

- Його тилові контакти вимикають червоний вогонь.
- Фронткові контакти забезпечують включення лампи зеленого сигналу.

При активації запрошувального сигналу через пульт реле М (типу НМШШ2-400) переходить у режим переривчастої роботи, формуючи імпульси для живлення вогнів світлофора. Щоб уникнути збоїв або відображення нештатних сигналів, роботу реле М контролює реле КМ, яке підключене до конденсаторного блоку КБМШ-5 (див. рис. 2.2).

Ця схема гарантує високу точність управління сигналами, забезпечуючи їхню надійність та безпеку в експлуатації.

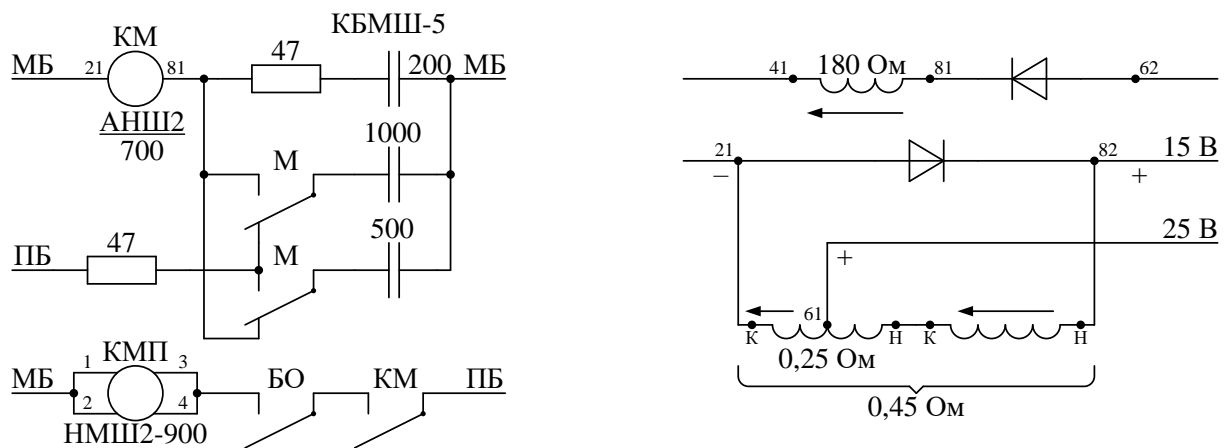


Рисунок 2.2 – Схема керування миганням та структура вогневого реле

Робота блоку управління миготливими сигналами та реле в схемі світлофора

Конденсаторний блок забезпечує безперебійне управління миготливими сигналами, використовуючи три конденсатори:

- 1000 мкФ — основний зарядний елемент для формування імпульсів.
- 500 мкФ — забезпечує стабільність живлення реле під час циклічного перемикавання.
- 200 мкФ — підтримує струм у реле КМ у перехідних станах.

У нормальному циклі роботи:

1. Конденсатор 1000 мкФ заряджається. Коли фронтовий контакт реле М замикається, конденсатор розряджається через обмотку реле КМ і паралельно заряджає конденсатор 200 мкФ, притягуючи якорь реле КМ.

2. Через інший фронтний контакт реле М заряджається конденсатор 500 мкФ.
3. При відпусканні якоря реле М тилі контакти замикають, і конденсатор 500 мкФ розряджається через реле КМ та 200 мкФ, забезпечуючи продовження роботи реле КМ до моменту повторної активації реле М.

Циклічне переключення гарантує стабільну імпульсну роботу реле КМ. У перехідних станах реле КМ підтримується енергією від конденсатора 200 мкФ, що запобігає його відключенню.

Під час активації запрошувального сигналу разом із реле М живлення подається на реле ПС, яке своїми фронтними контактами замикає ланцюг місячно-білого вогню.

Для покращення роботи вогневого реле БО, його первинний ланцюг проходить через тилі контакт реле КМП, що забезпечує додатковий контроль.

Реле КМП, функціонуючи як повторювач КМ, активується через фронтний контакт БО. При цьому фронтний контакт реле КМП додає у ланцюг лампи місячно-білого вогню контакт реле М, перетворюючи сигнал на миготливий.

Формування миготливої індикації

- У моменти розмикання фронтного контакту реле М струм на лампу подається через високоомну обмотку реле БО, знижуючи струм і вимикаючи лампу.
- При замиканні фронтного контакту реле М струм відновлюється, і лампа знову спалахує.
- Під час переходу контактної пружини реле М між фронтним і тилі контактами реле БО залишається активним завдяки уповільненню спрацьовування його якоря, забезпечуючи плавність роботи.

У разі перегорання лампи реле БО відпускає якір, надсилаючи сигнал про несправність на пульт чергового.

Реле АОШ2-180/0,45 має низькоомні та високоомні обмотки, що адаптують його роботу залежно від потужності лампи:

- Низькоомна обмотка:
 - Для ламп 25 Вт підключається частина обмотки (виводи 21-61).
 - Для ламп 15 Вт використовується повна обмотка (виводи 21-82).
- Високоомна обмотка забезпечує стабілізацію, а у разі її відключення (наприклад, у реле АТ) це уповільнює роботу реле.

Правильне підключення обмоток критично важливе, адже порушення викликає:

- Перегрів і вихід з ладу реле.
- Недостатній струм, що спричиняє непритягнення якоря.

Живлення обмоток організовано так:

- Мінус подається на виводи 21 і 41.
- Плюс подається на виводи 61 (82) і 62.

У разі несправності пристроїв миготіння:

1. Реле КМ і КМП відпускають якорі.
2. Відключається постове реле ПС, припиняючи живлення місячно-білого вогню.
3. Вогневе реле БО також вимикається, припиняючи подачу струму на сигнал.
4. На диспетчерському пульті з'являється індикація про відсутність запрошувального сигналу.

Ця система забезпечує надійну роботу миготливих сигналів, ефективний контроль їхнього стану та оперативне реагування на несправності, підтримуючи безпеку руху на високому рівні.

У разі встановлення маршруту для наскрізного пропуску по бічному шляху активуються реле ЖС і 2ЖС, а реле М переходить у режим імпульсної роботи, що забезпечує формування сигналів.

Основні етапи роботи:

1. Реле КМ і КМП притягують якорі, підтримуючи стабільну роботу ланцюгів контролю миготіння.
2. Ланцюги жовтих вогнів активуються через контакти реле ЖС і 2ЖС, які послідовно замикають електричні кола верхнього і нижнього жовтих сигналів.
3. Миготливий режим верхнього жовтого вогню формується за допомогою контактів реле М, КМ та КМП, подібно до режиму запрошувального сигналу.

На станціях із маршрутними світлофорами реалізація жовтого миготливого та зеленого миготливого сигналів не потребує додаткових реле у шафі вхідного світлофора.

Необхідні умови:

- Імпульсна робота реле М синхронізується з активацією реле ЖС (для жовтого миготливого) або ЗС (для зеленого миготливого).
- Робота реле М, КМ, КМП та БО відбувається аналогічно до режиму запрошувального сигналу, забезпечуючи миготливий характер індикації.

На станціях із пологими стрілками формування сигнальних показань, таких як два жовті вогні (верхній миготливий) або зелена смуга, виконується наступним чином:

1. У шафі вхідного світлофора одночасно активуються реле ЖС, 2ЖС і М, подібно до роботи схеми на маршрутах із крутим відхиленням.
2. Для формування зеленої смуги додатково з приміщення ДСП подається живлення 220 В змінного струму, яке активується контактами реле зеленої смуги ЗПС.

Контакти реле ЗПС забезпечують подачу живлення на лампи зеленої смуги, коли маршрут передбачає відхилення по пологих стрілках.

- Основні процеси, пов'язані з роботою миготливих і постійних сигналів, залишаються ідентичними до звичайних маршрутів.

- Робота базується на послідовності активації реле М, КМ, КМП та БО, які забезпечують необхідну індикацію.

Ключові переваги реалізації

1. Універсальність. Використання стандартного набору реле дозволяє адаптувати світлофорну систему до специфічних вимог станції без суттєвих змін у схемі.
2. Надійність. Імпульсна робота реле М, а також контроль функціонування реле КМ і КМП забезпечують точне перемикання і стабільну роботу світлових сигналів.
3. Гнучкість. Підключення зеленої смуги через реле ЗПС дозволяє інтегрувати додаткові сигнали, забезпечуючи відповідність різним технічним вимогам станцій.

Ця схема гарантує точну індикацію, безпеку руху та легку адаптацію до умов різної інфраструктури.

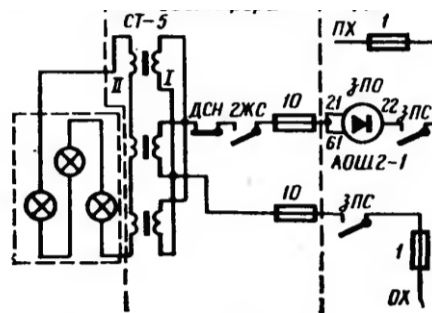


Рисунок 2.3 – Схема включення зеленої смуги

Вдосконалений текст із підвищенням наукового стилю:

Зелену смугу освітлюють три лампи, номінальні параметри яких становлять 12 В напруги та 25 Вт потужності кожна. Лампи з'єднані послідовно й інтегровані в електричну схему через три трансформатори моделі СТ-5, які розміщені в шафі вхідного світлофора. Вторинні обмотки трансформаторів також мають послідовне з'єднання. Залежно від віддаленості світлофора, висновки вторинних обмоток трансформаторів необхідно обирати таким чином, щоб загальна напруга в межах контуру становила 33–36 В.

Первинні обмотки трансформаторів з'єднані паралельно, і через контакти реле 2ЖС та ЗПС на них подається напруга 220 В із приміщення чергового по станції (ДСП).

Послідовне з'єднання ламп зеленої смуги дає можливість контролювати їхню функціональність за допомогою єдиного вогневого реле типу ЗПС (модель АОШ2-1), яке включене в первинний контур трансформатора на посту. Підключення обмоток реле АОШ2-1 у цій схемі є нетиповим: використовуються обмотка 21–22 та частина обмотки 61–22, що рекомендовано на основі результатів експериментального тестування.

Аналогічна електрична схема використовується для таких випадків: один жовтий миготливий сигнал; жовтий сигнал у поєднанні з зеленою смугою, що світиться; один зелений миготливий сигнал разом із жовтим сигналом і зеленою смугою, що світиться.

У системах централізації з автономним живленням лампи зеленої смуги не оснащені аварійним резервом. У разі відсутності подачі змінного струму сигнали з використанням зеленої смуги, що світиться, автоматично замінюються на відповідні сигнали без її використання. Аналогічний перехід відбувається у випадках перегорання ламп зеленої смуги.

У зворотних провідниках схеми вхідного світлофора встановлені резистори з різними номіналами опору: 1,2 Ом – для регулювання напруги на лампах, і 14 Ом – для зменшення напруги вдвічі. Резистори з опором 1,2 Ом, з урахуванням допустимого нагрівання, розраховані на тривале пропускання струму до 3 А. Фактичний струм у зворотних провідниках, при функціонуванні ламп із потужністю 25 Вт, не перевищує 2,1 А. Резистор із номіналом 14 Ом, розрахований на 1 А, пропускає струм лише у режимі перемикачів сигналів світлофорів із подвійним зниженням напруги.

За необхідності у шафі вхідного світлофора зелена смуга може бути відключена шляхом вилучення запобіжників на 10 А.

2.3 Схеми сигнальних і покажчикових реле

Сигнальні реле, інтегровані в шафу вхідного світлофора, виконують функцію контролю відповідних сигналів світлофора. Це дозволяє запобігти виникненню некоректних сигналів у випадку випадкового потрапляння сторонніх електричних напруг на провідники.

Для реалізації функцій сигнальних реле використовуються реле моделі НМШ2-900. Для забезпечення невеликої затримки спрацьовування, яка унеможливує короткочасну появу червоного сигналу під час перемикання роздільних сигналів, одна з обмоток цих реле має замкнуті накоротко висновки.

Активація сигнальних реле здійснюється фронтовими контактами постового сигнального реле приймання НС. Для забезпечення чіткого функціонування системи в реле ЗС, ЖС і 2ЖС додатково включають тиллові контакти реле ЧПС. Це дозволяє уникнути помилкової активації сигналів у разі випадкового натискання кнопки запрошення сигналу при наявності дозволяючого вогню. У схемах, які не передбачають контрольно-секційні реле (наприклад, за умови місцевого живлення), необхідно перевіряти відпадання якоря приймального реле ЧПЗ для уникнення хибних сигналів.

Для активації зеленого сигналу, як самостійно, так і у комбінації з іншими сигналами, постове реле ЧЗС має активуватися за умов: вхідний сигнал відкритий для безперервного пропуску потягів, наступний сигнал маршруту також відкритий, а на приймальній частині маршруту відсутні відхилення, або ж вони є, але забезпечують рух за пологою стрілкою.

У маршрутах наскрізного пропуску по головній колії станції реле ЧЗС збуджується через фронтові контакти реле ЧДКМ (підготовка маршруту приймання) та ЧОРУ (відкриття вихідного сигналу). Для маршрутів пропуску по боковій колії активація здійснюється через контакти реле ЧЗКМ, НЗКМ і ЧОРУ.

Реле М, яке розташоване в шафі вхідного світлофора (рис. 2.4), отримує живлення імпульсним струмом із приміщення ДСП за допомогою контакту реле запиту вогню ЧПС та контакту реле ЧМІГ. Реле ЧМІГ забезпечує активацію реле М у разі, якщо вхідний сигнал відкритий для маршруту безперервного пропуску потяга, наступний сигнал на цьому маршруті відкритий, а у вхідній чи вихідній частині маршруту наявні відхилення за стрілками, або ж вони відсутні, але потяг приймається до закритого вихідного сигналу після вхідного та маршрутного світлофорів.

Ця схема забезпечує надійність роботи сигналізації та точність показань при будь-яких можливих конфігураціях маршрутів, дозволяючи мінімізувати ризики помилкових індикацій.

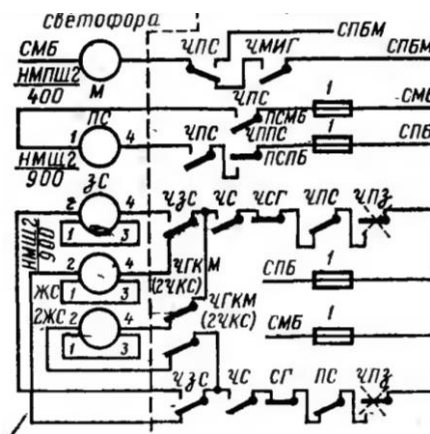


Рисунок 2.4 – Включення сигнальних реле в шафі світлофора

Запрошення в системах централізації

Запрошення використовуються у випадках несправності пристроїв централізації. У схемах запрошення відсутній контроль готовності маршруту, тому застосування цього сигналу потребує максимальної обережності. Перед активацією необхідно переконатися у правильному положенні стрілок, вільності колійних ділянок та відсутності конфліктних маршрутів.

Для активації запрошення передбачені кнопки, оснащені механічними лічильниками натискань, що забезпечує контроль за частотою використання. На двоколійних ділянках такі запрошення можуть бути реалізовані на

вихідних світлофорах, однак зазвичай вони передбачені виключно для головного шляху.

Частота імпульсного живлення у схемах запрошення регулюється маятниковим трансмітером типу МТ-2, розташованим у приміщенні чергового по станції (ДСП) (рис. 2.2). Через контакт трансмітера підключається постове реле миготіння М моделі НМПШ2-400, яке забезпечує необхідну періодичність імпульсів у ланцюгах світлофорів. Генерована частота становить 40 імпульсів на хвилину, при цьому контакт реле замикає ланцюг на одну секунду і розмикає на пів секунди.

Для продовження терміну служби реле М його підключення здійснюється через контакти сигнальних реле запрошення обох горловин станції, а також через контакти реле ЧМІГ і НМІГ. Така конфігурація мінімізує зношення обладнання та покращує надійність роботи системи.

Контроль справності трансмітера та реле М забезпечується за допомогою постового реле контролю миготіння КМ. Контакт цього реле активує лампу індикації на пульті управління, яка сигналізує про належну роботу пристроїв миготіння. Це рішення сприяє оперативному виявленню можливих несправностей і гарантує стабільність функціонування системи запрошення.

2.4 Перемикання сигналів у разі несправності ламп

У приміщенні чергового по станції (ДСП) розташовані повторювачі вогневих реле ЧАО, ЧБО, а також реле контролю миготіння ЧКМ (рис. 2.6). Постове реле ЧБО активується при ввімкненні зеленого або жовтого сигналів на вхідному світлофорі, але залишається неактивним у режимі запиту сигналу. Його функціонування відрізняється від реле БО, встановленого у шафі світлофора.

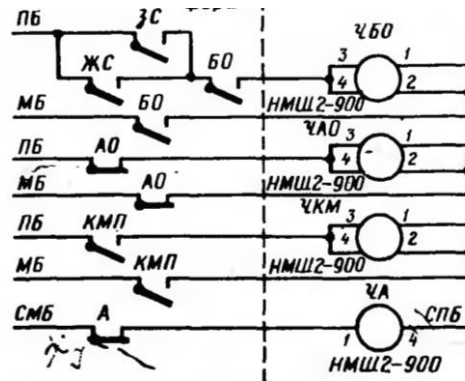


Рисунок 2.5 – Постові повторювачі сигнальних реле

Реле моделі НМШ2-900 із паралельним з'єднанням обмоток використовуються як постові реле ЧБО, ЧАО та ЧКМ. Живлення цих реле здійснюється від батареї 14 В, розташованої у шафі вхідного світлофора. Щоб уникнути тривалого збереження спотворених сигналів у разі перегорання ламп, кожне реле підключається через окремий двопровідний ланцюг із двостороннім розмиканням, що підвищує надійність системи.

Індикація стану сигналів. При активації запрошувального сигналу біла лампа на пульті засвічується через фронтіві контакти реле ЧПС і ЧКМ. У разі знеструмлення пристроїв у шафі вхідного світлофора аварійна червона лампа на пульті вмикається через тиловий контакт реле А (шафа світлофора) і його повторювач ЧА, розташований у приміщенні ДСП.

Червона лампа може також працювати у миготливому режимі, сигналізуючи про несправності, пов'язані з лампами зеленого сигналу, зеленої смуги чи пристроями миготіння. У таких випадках світлофор переходить на основний сигнал, що відповідає зниженій швидкості руху.

Перемикання при несправності ламп. Якщо дозволяючий сигнал (зелений) активний, основне сигнальне реле НС продовжує отримувати живлення через фронтіві контакт реле ЧРУ (рис. 2.6), навіть у разі несправності ламп вхідного світлофора.

При активації жовтого або миготливого жовтого сигналів перегорання ламп викликає вимкнення реле ЧСГ, а згодом і реле ЖС та 2ЖС, після чого сигнал перемикається на червоний. Якщо ввімкнено зелений сигнал, реле ЧЗС

залишається активним, а перегорання ламп не призводить до знеструмлення реле ЧСГ через шунтування його контактом реле ЧЗС. Аналогічно реле ЧРУ залишається увімкненим завдяки додатковому шунтуванню його ланцюга через послідовно з'єднані контакти реле ЧРУ і ЧСГ, забезпечуючи живлення реле НС.

У разі несправності реле ЧПВ відбувається відключення реле відповідності ЧСО, а згодом і реле ЧЗС. Це призводить до вимкнення реле ЗС у шафі вхідного світлофора і переходу сигналу на верхній жовтий. Водночас реле БО та його постовий повторювач ЧПВ притягують якорі.

Реле ЧСГ, тимчасово знеструмлене контактом реле ЧЗС, повторно отримує живлення через контакт реле ЧПВ. Завдяки конструктивному уповільненню якоря реле ЧСГ не відпускається. Реле ЧСО не може активуватися повторно, оскільки його ланцюг блокується фронтовим контактом реле ЧБО.

Робота із сигналами зеленої смуги. У разі несправності ламп зеленої смуги жовті сигнали на світлофорі залишаються активними. Сигнал "зелений із жовтим" змінюється на два жовті. Це забезпечує безпечне перемикання сигналів, уникаючи помилкових показань і підвищуючи надійність роботи системи.

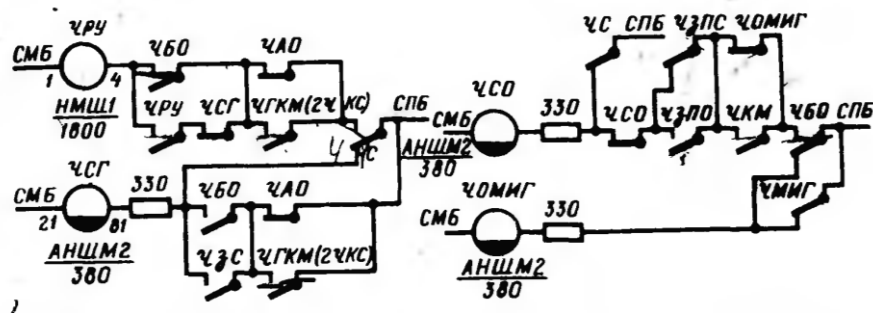


Рисунок 2.6. – Схеми сигнальних реле для руху по головній колії

2.5 Перевірка стану вхідних світлофорів за інструкцією по технічному обслуговуванню

Перевірка видимості запрошувального вогню вхідних, вихідних і маршрутних світлофорів виконується один раз на місяць комісійно при місячному огляді пристроїв, а також після кожної заміни ламп або лінзового комплекту. Результати перевірки оформлюються в журналі огляду форми ДУ-1.

Перевірку видимості запрошувального вогню на вихідних і маршрутних світлофорах, що суміщені з маневровими, допускається виконувати перевіркою видимості дозволяючого маневрового показання на зазначених світлофорах.

Перевірка видимості сигнальних вогнів світлофорів на головних коліях перегонів і станцій з локомотива, а також дії локомотивної сигналізації та відповідності показань колійного і локомотивного світлофорів виконується старшим електромеханіком і машиністом локомотива один раз на місяць. Результати перевірки оформлюються актом за формою ШУ-60. Видимість сигнальних вогнів світлофорів повинна задовольняти вимогам ПТЕ, видимість маршрутних і світлових покажчиків повинна бути не менше 100 м.

Зміна ламп лінзових світлофорів виконується електромеханіком і електромонтером. Зміна ламп червоних, жовтих і зелених вогнів вхідних, вихідних і маршрутних світлофорів, що розташовані на головних коліях і коліях безупинного пропускання поїздів, світлофорів прикриття і попереджувальних (крім дільниць з автоблокуванням) виконується:

- однопітккових та двопітккових, які не обладнані схемою переключення на резервну нитку – два рази на рік;

- двопітккових, які обладнані схемою переключення на резервну нитку - до перегорання основної нитки, але не рідше, ніж один раз на рік.

Лампи повинні замінюватися в такій послідовності: лампа червоного вогню замінюється новою, знята лампа червоного вогню встановлюється замість лампи жовтого вогню, знята лампа жовтого вогню встановлюється замість

лампи зеленого вогню; якщо вихідний світлофор суміщений з маневровим, знята лампа зеленого вогню встановлюється замість лампи білого вогню. Лампи других (третьох) жовтих і других зелених вогнів на вхідних, вихідних та маршрутних світлофорах, що розташовані на головних коліях і коліях безупинного пропускання поїздів замінюються новими.

- однопіткві та двопіткві, які не обладнані схемою переключення на резервну пітку - один раз на рік;

- двопіткві, які обладнані схемою переключення на резервну пітку - при перегоранні основної пітки, але не рідше, ніж один раз в два роки.

Зміна ламп запрошувальних вогнів, вогнів повторювальних світлофорів, вогнів світлових показчиків (крім світлових показчиків перегріву букс), зелених світляних смуг і загороджувальних світлофорів, що застосовуються для огороження рухомого складу на станційних коліях виконується:

- однопіткві та двопіткві, які не обладнані схемою переключення на резервну пітку - один раз в два роки;

- двопіткві, які обладнані схемою переключення на резервну пітку - при перегоранні основної пітки, але не рідше, ніж один раз в чотири роки.

При цьому вказані лампи замінюються новими.

Кожна лампа, що встановлюється на будь-який тип світлофора, повинна бути перевірена в ремонтно-технологічній дільниці (РТД) СЦБ і мати на цоколі порядковий номер та дату перевірки.

Про зміну ламп на світлофорах, зелених світляних смугах і світлових показчиках (крім світлових показчиків перегріву букс) робиться запис у картку обліку за формою ШУ-61 із зазначенням номера і дати заміни кожної лампи.

Зміна ламп маршрутних показчиків та світлових показчиків перегріву букс, виконується електромеханіком і електромонтером в міру перегорання. Результати роботи оформлюються в журналі форми ШУ-2.

Вимірювання напруги на лампах світлофорів, зелених світляних смуг, світлових та маршрутних показчиків при денному режимі живлення змінним струмом виконується електромеханіком або електромонтером при зміні ламп. Результати вимірювань заносяться в картку обліку форми ШУ-61. При денному режимі напруга на затискачах лампотримача лінзових світлофорів, зелених світляних смуг і світлових показчиків (крім світлових показчиків перегріву букс) повинна бути 11,5 В, прожекторних світлофорів - 9,5 В при номінальній напрузі мережі 115, 230 і 380 В. При коливаннях напруги мережі +5% і -10% допускається зміна напруги на лампах світлофорів відповідно на +0,5 В і -1,0 В. Напруга на лампах маршрутних показчиків та показчиків перегріву букс повинна бути в межах 207 – 220 В.

Вимірювання напруги на лампах світлофорів при аварійному живленні (на постійному струмі) та при нічному режимі живлення виконується електромеханіком і електромонтером перед введенням пристроїв в експлуатацію. Напруга на лампах лінзових світлофорів при нічному режимі живлення повинна бути в межах 8,5 - 10 В.

Перевірка дії схеми подвійного зниження напруги виконується електромеханіком і електромонтером перед введенням пристроїв в експлуатацію. Напруга на лампах при подвійному зниженні напруги вимірюється тільки при введенні нових пристроїв в експлуатацію і повинна бути $4,5 \pm 0,5$ В.

Чистка зовнішньої частини лінзових комплектів, зелених світляних смуг, світлових та маршрутних показчиків виконується електромонтером в міру необхідності, але не рідше, ніж один раз на рік. Перевірка справності та чистка внутрішньої частини світлофорних головок і зелених світляних смуг, світлових та маршрутних показчиків виконується електромонтером при кожній зміні ламп, але не рідше, ніж один раз на рік. Перевірка внутрішнього стану і чистка трансформаторного ящика, стакана світлофора, внутрішніх частин світлових та маршрутних показчиків з вилученням ламп виконується електромеханіком і електромонтером один раз на рік.

При цьому перевіряється стан лампотримачів і монтажу, кріплень; виконується чистка контактів, лінз та стекл, а при необхідності і фарбування всередині. В кожний трансформаторний ящик та стакан світлофора повинна бути вкладена табличка, на якій зазначається дата останньої виконаної перевірки внутрішнього стану.

2.6 Принцип дії та обслуговування автоматичного регулятора струму

Автоматичний регулятор струму (РТА) у поєднанні з випрямлячем типу ВАК-13 або трансформатором Тр моделі ПОБС-2А виконує функцію автоматичного заряду акумуляторної батареї. Ця батарея використовується для живлення сигнальних точок автоблокування постійного струму, вхідних світлофорів та інших пристроїв автоматики.

РТА забезпечує регулювання струму зарядки в режимі постійного підзаряду та автоматичний форсований заряд батареї максимальним струмом, який підтримується випрямлячем.

На прикладі принципової схеми 36687-01-00ЭЗ, яка містить РТА, акумуляторну батарею (Б), випрямляч типу ВАК-13 і трансформатор Тр моделі ПОБС-2А, можна розглянути функціонування регулятора. Трансформатор Тр ПОБС-2А розрахований на струм 10 А, і при роботі з випрямлячем ВАК-13 він відключається.

РТА підключається до батареї чотирма проводами. Силові дроти ПБ-МБ забезпечують зарядку батареї та живлення навантаження. Контрольні дроти забезпечують роботу регуляторної схеми.

Пристрій режиму (РУ), виконаний у вигляді тригера на транзисторах Т1 і Т2, живиться від батареї через контрольні дроти КПБ-КМБ, які проходять через LC-фільтр (ДрС5). На вхід тригера сигнал подається через стабілітрон Д1 та потенціометр, зібраний на резисторах R1-R3.

Поріг спрацьовування тригера визначається напругою стабілітрона Д1. При напрузі батареї, яка перевищує рівень відключення форсованого заряду, падіння напруги на резисторах R2 і R3 перевищує опорну напругу Д1, що

призводить до його провідності. У результаті відкривається транзистор Т1, який через резистор R4 подає струм на базу транзистора Т2, викликаючи його відкриття.

Позитивний зворотний зв'язок забезпечується через резистори R7 і R5 та діод Д2. Це підвищує падіння напруги на резисторах R2 і R3, стабілізуючи стан тригера. При зниженні напруги до порогового значення струм через стабілітрон Д1 зменшується, транзистори Т1 і Т2 закриваються, а тригер повертається у вихідний стан.

Для роботи з батареєю із семи акумуляторів у коло підключаються резистори R5 і R7. У разі використання батареї з шістьма акумуляторами резистор R5 шунтується через перемичку між клемми 15-16 РТА.

Діод Д3 забезпечує автоматичний зсув напруги, а резистор R6 підтримує відкритий стан транзистора Т2 у відсутності керуючого сигналу.

Транзистор Т3 працює як емітерний повторювач для Т2, підсилюючи вихідний сигнал. Зсувна напруга подається через резистор R8. Транзистор Т4 залишається відкритим завдяки струму, що протікає через коло КПБ, діод Д3, емітер-базу Т4, діод Д4, резистори R10 і R24, та випрямлячі Д6-Д9.

При обслуговуванні РТА необхідно контролювати:

1. Справність стабілітронів, транзисторів і резисторів, відповідальних за роботу тригера.
2. Якість з'єднань силових і контрольних проводів.
3. Напругу батареї, яка повинна відповідати параметрам регулятора.

Своєчасне технічне обслуговування забезпечує надійну роботу пристрою, стабільний заряд батареї та функціонування систем автоматизації залізничного транспорту.

Принцип роботи автоматичного регулятора струму у режимі відновлення

Автоматичний регулятор струму (РТА) у режимі відновлення забезпечує заряд акумуляторної батареї після переривання подачі змінного струму, навіть

якщо батарея тимчасово відключена. Основний ланцюг керування реалізований на базі транзистора Т4 і випрямляча Д6-Д9.

Режим форсованого заряду

При відновленні живлення з випрямного моста Д6-Д9 напруга через відкритий транзистор Т4, резистор R14 і діод Д10 подається на керуючий електрод тиристора Д11. Унаслідок цього тиристор відкривається на весь напівперіод мережі, і струм заряду батареї досягає максимального значення. Одночасно через транзистор Т4 протікає струм, який запалює світлодіод Д5, сигналізуючи про активний режим форсованого заряду.

Під час форсованого заряду напруга на батареї поступово зростає, спричиняючи збільшення струму через потенціометр, зібраний на резисторах R1-R3. Коли напруга батареї досягає встановленого порогу, падіння напруги на резисторах R2 і R3 зрівнюється з опорною напругою стабілітрона Д1. Це викликає відкриття транзистора Т1, а згодом і транзистора Т2 через керуючий струм, що протікає через резистор R4.

Транзистор Т2 створює позитивний зворотний зв'язок із транзистором Т1 через резистори R5, R7 і діод Д2, стабілізуючи стан тригера. Унаслідок цього Т3 відкривається, а транзистор Т4 закривається через шунтування його кола емітер-база діодом Д3 і резистором R11. При цьому тиристор Д11 припиняє проводити струм, а світлодіод Д5 гасне, сигналізуючи про завершення форсованого заряду.

Режим постійного підзаряду

Після завершення форсованого заряду регулятор переходить у режим широтно-імпульсного регулювання (ШИМ), забезпечуючи оптимальний струм підзаряду батареї.

Напруга з моста Д6-Д9 через резистор R13 подається на формувач пилкоподібної напруги (ФПН), створений резистором R15 і конденсатором С6. Послідовно з'єднані стабілітрони Д13 і Д14 формують усічене трапецієподібне напруження, яке через інтегровальну схему перетворюється на пилкоподібну напругу.

Напруга з RШ, пропорційна струму навантаження, додається до пилкоподібної напруги, а напруга на потенціометрі R23 створює протилежну дію. Коли сума миттєвих напруг перевищує поріг стабілітрона Д17, транзистор Т5 відкривається, активуючи транзистор Т6. Це викликає подачу імпульсу на тиристор Д11, забезпечуючи короткочасний зарядний імпульс.

Зі збільшенням напруги батареї падіння напруги на резисторах R27 і потенціометрі R23 зростає, протидіючи пилкоподібній напрузі. Це зсуває момент відкриття тиристора Д11 і зменшує струм заряду.

Для компенсації температурних впливів і стабілізації роботи використовується діод Д19, а резистори R25, R26 і діод Д21 підвищують стійкість напруги батареї, згладжуючи коливання напруги в мережі.

При роботі з випрямлячем ВАК-13 діоди Д6-Д9 не використовуються, оскільки подається вже випрямлений струм. Це спрощує схему та виключає необхідність у мостовому випрямлячі.

Автоматичний регулятор струму в режимі відновлення забезпечує ефективно заряджання акумуляторної батареї, адаптуючи струм заряду до поточного стану батареї та вимог мережі. Завдяки ШИМ-регулюванню і точному контролю параметрів напруги та струму пристрій гарантує стабільність живлення і продовжує строк служби акумуляторної батареї.

2.7 Висновки до другого розділу

У другому розділі роботи проведено детальний аналіз особливостей функціонування вхідних сигналів, висвітлено принципи технічного обслуговування відповідних пристроїв, а також розглянуто специфіку експлуатації та налаштування автоматичного регулятора струму, що встановлюється у шафі вхідного сигналу. Зазначений регулятор використовується для підтримки заряду акумуляторної батареї, яка виконує функцію резервного джерела енергії для живлення вхідного сигналу в умовах відсутності основного енергопостачання.

На основі проведеного дослідження встановлено, що апаратура вхідного сигналу характеризується високою технічною складністю та значними габаритами. Її обслуговування є трудомістким процесом, що потребує значних витрат часу на діагностику та усунення несправностей у разі відмови. Крім того, для оперативного виконання ремонтних робіт обслуговуючий персонал повинен володіти глибокими технічними знаннями та практичними навичками. У випадках, коли рівень підготовки персоналу є недостатнім, час, необхідний для ліквідації несправностей, суттєво збільшується, що може негативно впливати на ефективність експлуатації системи в цілому.

3 РОЗРОБКА СХЕМИ КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ ВХІДНОГО СИГНАЛУ

3.1 Структурна схема діагностичного комплексу для систем електричної централізації

Розробка підсистеми діагностики несправностей у пристроях електричної централізації малих станцій є важливим завданням, спрямованим на підвищення ефективності експлуатації залізничних систем. Основною метою є скорочення часу ліквідації несправностей, що, своєю чергою, зменшує затримку руху поїздів під час виникнення відмов.

Система діагностики забезпечує оперативне інформування обслуговуючого персоналу про місце виникнення несправності, вказуючи конкретний вузол чи реле, що відмовило. Це дозволяє електромеханіку або іншому відповідальному спеціалісту швидко вжити необхідних заходів для усунення проблеми.

Моделювання часу відновлення системи

Час відновлення працездатності системи визначається сукупністю таких випадкових величин:

- $t_{\text{п}}$ — час пошуку несправності,
- $t_{\text{оп}}$ — час оповіщення про відмову,
- $t_{\text{пр}}$ — час проходження до місця несправності,
- $t_{\text{ус}}$ — час усунення несправності.

Формула загального часу відновлення:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{п}} + t_{\text{оп}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{ус}} \quad (3.1)$$

При впровадженні діагностичної системи час оповіщення зводиться до мінімуму (кілька секунд), тому цим параметром можна знехтувати. Спрощена формула набуває вигляду:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{п}} + T_{\text{пр}} + T_{\text{ус}}; \quad (3.2)$$

де:

$T_{\text{п}}$ — математичне очікування часу пошуку несправності,

$T_{пр}$ — математичне очікування часу проходження до об'єкта несправності,

$T_{ус}$ — математичне очікування часу усунення несправності.

Скорочення часу T_b є критично важливим, оскільки це напряму впливає на затримки руху поїздів і загальну ефективність роботи залізничної станції.

Особливості експлуатації та обслуговування

Сучасна практика обслуговування пристроїв електричної централізації спрямована на підвищення ефективності роботи електромеханіків. Проте збільшення кількості технічних об'єктів, які обслуговує один спеціаліст, призводить до розширення зон обслуговування. У випадках, коли електромеханік обслуговує дві малі станції, виникають такі труднощі:

Затримки через віддаленість станцій. Якщо електромеханік перебуває на одній станції, а на іншій виникає несправність, значний час витрачається на прибуття до місця відмови.

Наявність лише електромонтера на місці. У таких випадках система діагностики дозволяє електромеханіку дистанційно керувати діями монтера, наприклад, інструктувати його щодо заміни несправного реле з аварійного комплекту.

На великих станціях України найпоширенішими є системи блочної маршрутної релейної централізації (БМРЦ). Попри їхню надійність, вони мають низку недоліків:

- застаріла елементна база,
- значне енергоспоживання,
- великі габарити апаратури.

Більшість систем експлуатуються понад 30 років, що збільшує ймовірність відмов через фізичне зношення компонентів. У той же час пошук несправностей у таких системах є складнішим, ніж у колійних пристроях, і вимагає від персоналу глибоких знань про конструкцію і принципи роботи системи.

Масова заміна застарілих систем на сучасні найближчим часом не планується. Тому основним завданням є підвищення ефективності експлуатації існуючих систем за рахунок впровадження додаткових засобів діагностики. Це дозволить:

- скоротити час на пошук несправностей,
- зменшити затримки руху поїздів,
- підвищити надійність і ефективність роботи залізничних систем.

Впровадження діагностичних комплексів є ключовим етапом модернізації систем електричної централізації, спрямованим на оптимізацію роботи залізничного транспорту.

Розробка сучасної системи діагностики станційних пристроїв покликана вирішити низку проблем, пов'язаних із пошуком та усуненням несправностей у системах електричної централізації. Основним завданням є забезпечення швидкого виявлення відмов та мінімізації часу простою поїздів.

Для досягнення високої надійності пропонується контроль стану кожної групи об'єктів через окремий мікроконтролер (МК). Такий підхід дозволяє локалізувати відмову в межах одного вузла, зберігаючи працездатність системи. Крім того, передбачено резервування мікроконтролерів із використанням дубльованих структур із взаємним контролем, що підвищує стійкість до відмов.

Система базується на використанні персонального комп'ютера (ПК) як центрального вузла, що забезпечує обробку інформації. ПК підключений до мікроконтролерів через шину даних, а кожен мікроконтролер відповідає за контроль конкретної групи пристроїв електричної централізації.

Функціональні блоки мікроконтролерів:

1. МК1

- Контролює стан кабелів сигналізації, централізації та блокування.

- Використовує пристрій фіксації аналогових сигналів (регістр-замикач) у поєднанні з аналого-цифровим перетворювачем (АЦП).

2. МК2

- Контролює стан стрілочних механізмів.
- Аналогічний МК1, але призначений для діагностики стрілок.

3. МК3

- Здійснює контроль колійних реле.

4. МК4

- Відповідає за моніторинг напруг на лампах станційних сигналів через модемну лінію зв'язку.

5. МК5 та МК6

- Працюють із дискретними сигналами від живлячої панелі поста централізації та сигнальних реле відповідно.
- Гальванічна розв'язка на базі оптопар забезпечує безпечну передачу сигналів.

6. МК7 та МК8

- Контролюють реле набірної та виконавчої груп відповідно, забезпечуючи повний огляд стану релейної апаратури.

Особливості апаратної частини

Мультиплексори забезпечують комутацію вхідних сигналів до АЦП. Вони дозволяють оптимально використовувати ресурси мікроконтролера, вибираючи активний вхід залежно від діагностичних вимог.

- Для кабелів сигналізації, стрілок та колійних реле мультиплексори забезпечують високу швидкість комутації.
- Для пристроїв із фіксованими сигналами (наприклад, лампи) можна застосовувати простіші комутатори.

Блоки гальванічної розв'язки на основі оптопар захищають мікроконтролери від перешкод і потенційних перевантажень, що виникають у колі поста централізації.

Для підвищення надійності кожен мікроконтролер може дублюватися. Дубльовані контролери працюють із сильними зв'язками, перевіряючи стан один одного. У разі виходу з ладу основного контролера його функції миттєво переходять до резервного.

Переваги системи діагностики

1. **Скорочення часу пошуку несправностей.** Система автоматично вказує на вузол чи компонент, що вийшов із ладу. Це суттєво скорочує час діагностики та ліквідації несправностей.
2. **Надійність.** Завдяки використанню окремих мікроконтролерів для кожної групи пристроїв система зберігає працездатність навіть у разі відмови одного з блоків.
3. **Масштабованість.** Архітектура системи дозволяє інтегрувати її як із сучасними, так і з застарілими системами централізації без значних витрат.
4. **Дистанційне управління.** Завдяки функціоналу ПК електромеханік може контролювати стан системи дистанційно, коригуючи дії персоналу на місці.
5. **Енергозбереження.** Використання сучасної елементної бази знижує енергоспоживання, що є важливим для малих станцій.

Розроблена система діагностики станційних пристроїв дозволяє значно підвищити ефективність обслуговування та надійність роботи систем електричної централізації. Завдяки модульній структурі, резервуванню та використанню сучасної елементної бази, система є універсальною та може бути впроваджена на об'єктах із різним рівнем технічного забезпечення.

Принципи функціонування та особливості застосування мікроконтролерів у системах діагностики

Мікроконтролери (МК) виконують ключові завдання збору даних та їх попередньої обробки з подальшою передачею на персональний комп'ютер (ПК). Конструювання комплексної діагностичної системи, здатної охопити всі

об'єкти, є можливим, проте основна увага в цій роботі приділена об'єкту, який, згідно з пунктом 2.1, потребує найретельнішого контролю.

Функціонування системи передбачає поетапне отримання інформації від мікроконтролерів (МК1–МК8), її аналіз ПК, зіставлення з нормативними параметрами та формування статистичної бази даних. У разі виявлення відхилення параметрів від допустимих значень ПК активує звуковий сигнал та візуальну індикацію на інформаційному дисплеї. Для підвищення зручності користування передбачено встановлення додаткового пристрою індикації в зоні чергування електромеханіків. Цей пристрій, реалізований у вигляді діодного індикатора, сигналізує про відмову об'єкта.

Додатково ПК інтегрується з системою диспетчерського контролю, передаючи інформацію через модем диспетчеру служби сигналізації, централізації та блокування. Для старшого електромеханіка передбачено автоматизоване створення звітів щодо стану апаратури електричної централізації, що значно полегшує координацію ремонтних заходів.

Функціональні можливості мікроконтролерів у системі

МК1 — контроль кабельних ліній

ПК отримує такі дані:

- величини опору кабельних ліній;
- технічний стан окремих жил кабелю;
- інші параметри, що підлягають діагностуванню.

Зчитування інформації здійснюється через мультиплексор із сучасних діагностичних пристроїв. У разі пошкодження кабелю МК1 визначає точне місце пошкодження, а ПК розраховує відстань до нього від поста електричної централізації. Ця система дозволяє виявляти поступові деградації обладнання, запобігаючи виникненню критичних несправностей.

МК2 — моніторинг стрілочних переводів

Принципи роботи та функції описані в попередніх розділах.

МК3 — контроль колійних реле

Мікроконтролер реєструє напругу на колійних реле та передає її на ПК, який:

- порівнює отримані значення з нормативами рейкових кіл;
- активує індикацію у випадку виходу параметрів за допустимі межі.

Діагностика базується на прогнозуванні можливих відмов шляхом моніторингу наближення параметрів до граничних значень.

МК4 — моніторинг напруги світлофорів

Мікроконтролер комунікує із сенсорними пристроями через модем, здійснюючи аналіз таких параметрів:

- напруги живильних установок;
- опору ізоляції сигнальних кабелів.

Ця функціональність дозволяє своєчасно виявляти згоряння основної нитки у двониткових лампах.

МК5 — контроль живильних установок

Мікроконтролер контролює дискретні величини, такі як:

- наявність чи відсутність живлення у підсистемах.

Додавання аналогово-цифрового перетворювача дозволяє розширити функціонал контролем аналогових параметрів, зокрема рівнів струму та напруги. Така інтеграція зменшує необхідність у планових перевірках живильних панелей.

МК6 — моніторинг сигнальних реле

Мікроконтролер виконує аналіз:

- технічного стану сигнальних реле;
- часу спрацювання механізмів, зокрема затримок на відпадання якорів.

МК7 і МК8 — контроль реле маршрутизації

Мікроконтролери відповідають за перевірку відповідності положення реле заданим маршрутам.

Функціональні характеристики системи

- **Діагностика.** МК1–МК4 забезпечують комплексну діагностику технічного стану обладнання з можливістю прогнозування відмов.

- **Моніторинг.** МК5–МК8 виконують безперервний контроль параметрів, без функцій поглибленої діагностики.
- **Прогнозування.** ПК формує статистичні дані, що використовуються для прогнозування відмов у разі поступової зміни параметрів.
- **Оповіщення.** Активація звукового сигналу та візуальної індикації у випадку несправностей.
- **Дистанційний контроль.** Інформація передається диспетчеру для організації оперативних дій із залученням електромеханіків.

Запропонована система забезпечує автоматизований моніторинг і діагностику технічного стану обладнання електричної централізації, включаючи кабельні лінії, реле та світлофори. Це дозволяє своєчасно виявляти несправності, підвищувати надійність системи та оптимізувати витрати часу на технічне обслуговування.

3.2 Принцип вимірювання аналогових і дискретних сигналів у шафі вхідного світлофора

У рамках дослідження створено інтегрований засіб для високоточної діагностики параметрів сигнальної точки вхідного світлофора.

Склад системи фіксації

Функціональний склад системи включає:

- модем сигнальної точки;
- мікроконтролер (МК);
- блок управління процесами запису та читання даних;
- модуль фіксації аналогових сигналів;
- аналогово-цифровий перетворювач (АЦП);
- аналоговий комутатор;
- модуль реєстрації дискретних сигналів.

Мікроконтролер забезпечує керування режимами роботи блоку управління процесами читання та запису й визначає, з якого модуля фіксації надходять дані для обробки. Модулі реєстрації аналогових і дискретних

сигналів виконують первинну фіксацію інформації та передають отримані дані для подальшої обробки в мікроконтролер. Аналогові сигнали через комутатор спрямовуються в АЦП, де відбувається їхнє перетворення з аналогової у цифрову форму.

Система забезпечує діагностику як дискретних, так і аналогових сигналів, що включають:

Дискретні сигнали:

- перевірку коректності функціонування дешифраторної чарунки (реле Ж4);
- контроль наявності змінного живлення 220 В (реле А);
- визначення резервного живлення (реле А1);
- діагностику ввімкнення функції подвійного зниження напруги (реле ДСН);
- контроль роботи вогневого реле О, яке моніторить справність ламп світлофорів;
- моніторинг напрямку руху потягів (реле 1Н1);
- перевірку функціонування миготливих реле КМ1.

Аналогові сигнали:

1. Основна напруга (реле А). Зчитується з контактів ПП2-14 та ПП2-15 і порівнюється з номінальною величиною, заданою для сигнальної точки. Контроль виконується за допомогою комутатора, АЦП, а оброблені результати передаються до мікроконтролера для зіставлення з еталонними параметрами.
2. Напруга на лампах світлофорів. Фіксується під час роботи ламп, включаючи червоне світло в стані охолодження. Перевірка здійснюється за допомогою комутатора, АЦП і блоку фіксації. Отримані значення порівнюються з нормативними в мікроконтролері.
3. Параметри сигналів рейкового кола. За допомогою АЦП і гальванічної розв'язки через трансформатор визначаються амплітуди імпульсів, їхня тривалість і паузи у прийнятих та переданих кодах.

4. Напруга на колійному реле та вторинній обмотці трансформатора рейкового кола.
5. Рівні постійної (П, М) та змінної (СХ, МСХ) напруги.
6. Напруга на сигнальних реле (Ж, З).

Розроблена принципова схема комплексу повністю відповідає заданій функціональній структурі. Програмне забезпечення автоматизованого робочого місця (АРМ) забезпечує диспетчеру або електромеханіку можливість у реальному часі здійснювати моніторинг стану пристроїв на перегоні, а також виконувати вимірювання для попередження аварійних ситуацій.

Електромеханік може дистанційно перевіряти будь-який із контрольованих параметрів, що усуває необхідність фізичного виїзду на лінію. До того ж, процес вимірювання автоматизований, що виключає людський фактор, мінімізує похибки і забезпечує високу точність результатів.

3.3 Принцип функціонування системи контролю стану вхідного сигналу

Замість застарілих схем контролю типу РТА, пропонується впровадження сучасного пристрою для діагностики й заряджання акумуляторних батарей із використанням мікропроцесорної техніки. Однак, через економічну недоцільність застосування мікропроцесорних рішень виключно для моніторингу напруги акумулятора, оптимальним є створення інтегрованої системи контролю всіх пристроїв вхідного сигналу.

Така система забезпечує комплексний контроль як аналогових, так і дискретних сигналів, що дозволяє значно знизити ризик відмов і підвищити загальну надійність систем електричної централізації.

Розроблена система контролю, призначена для шафи вхідного світлофора, включає:

- мікроконтролер (МК);
- модуль управління читанням і записом даних;
- блок обробки аналогових сигналів;

- аналогово-цифровий перетворювач (АЦП);
- мультиплексор для почергового опитування параметрів;
- модуль реєстрації дискретних сигналів;
- пристрій гальванічної розв'язки та узгодження рівнів (оптопари);
- вбудований модем для передачі даних.
- Алгоритм функціонування системи

Запис параметрів. Система регулярно зчитує дискретні й аналогові параметри з контрольованих елементів та записує їх у пам'ять мікроконтролера.

Конфігураційна залежність. Обсяг контрольованих параметрів залежить від типу системи електричної централізації та схеми управління вхідним світлофором. Проте базові параметри, що включають стан реле й напруги живлення, є універсальними.

Дискретні сигнали включають:

- стан зайнятості або вільності ділянок наближення;
- роботу вогневих реле (КО, ЖО, ЗО, РКО, БО);
- наявність основного і резервного живлення;
- стан реле (ДСН, ПМГ, ЖЗО, ЖЗО1, ПКО тощо).

Аналогові сигнали включають:

- рівні основного та резервного живлення;
- напругу на лампах світлофора;
- напругу на акумуляторних батареях.

Мультиплексор забезпечує послідовне зчитування сигналів із різних контрольованих пристроїв. Ці дані надходять до аналогово-цифрового перетворювача для обробки.

Після обробки отриманих параметрів мікроконтролер передає дані через модем по лінії ДСН. Інформація надходить до посту електричної централізації, де інтегрується в загальну систему моніторингу та передається на автоматизоване робоче місце (АРМ) старшого електромеханіка.

Інтегрована система контролю стану вхідного сигналу демонструє високу ефективність в автоматизації моніторингу, забезпечуючи оперативний централізований контроль параметрів. Вона дозволяє скоротити час виявлення та усунення несправностей, зменшити кількість відмов, а також підвищити загальну надійність і ефективність роботи систем електричної централізації.

3.4 Принцип функціонування системи контролю стану вхідного сигналу під час підзарядки акумуляторної батареї

Одним із ключових завдань розробленої системи є контроль і підтримка оптимального рівня напруги на акумуляторній батареї, що забезпечує роботу вхідного сигналу. Система базується на мікропроцесорному комплексі, який виконує функції моніторингу, підзарядки й захисту батареї. Унікальність підходу полягає в здатності підтримувати напругу батареї на заданому рівні шляхом регулювання зарядного струму залежно від її поточного стану.

Мікроконтролер із заданою періодичністю здійснює аналіз рівня напруги на акумуляторній батареї. У разі виявлення зниження напруги нижче допустимого рівня запускається процедура підзарядки.

Для зарядки використовується блок керування, до складу якого входять транзисторні ключі та обмежувальні резистори. Мікроконтролер встановлює параметри зарядного струму, щоб забезпечити поступове відновлення номінального рівня напруги, уникаючи надмірного струмового навантаження.

У режимі зарядки система безперервно аналізує рівень напруги й за необхідності знижує струм зарядки для запобігання перенапрузі. У міру досягнення номінальних параметрів батарея переходить у режим підтримуючого заряду, який запобігає її саморозряду.

У разі наближення до критичного рівня напруги система автоматично обмежує подачу струму, щоб уникнути перегріву чи пошкодження батареї.

Основні переваги підходу

Система враховує поточний стан батареї, коригуючи параметри зарядного струму, що забезпечує її стабільну роботу навіть за умов значного навантаження.

Завдяки відсутності форсованого режиму заряду мінімізується хімічне та термічне зношування акумулятора, що сприяє продовженню його експлуатаційного ресурсу.

Контроль струму зарядки знижує споживання енергії, особливо в режимах підтримання напруги, що є важливим для систем із постійним енергоспоживанням.

Запропонована система контролю стану акумуляторної батареї демонструє високу ефективність у забезпеченні стабільної роботи акумулятора та його довговічності. Завдяки адаптивному управлінню зарядом забезпечується надійність усієї системи електричної централізації, а також досягається зниження витрат на обслуговування та енергію. Такий підхід сприяє покращенню загальної експлуатаційної ефективності та зменшенню ризиків аварійних ситуацій.

3.5 Характеристика елементної бази та алгоритм функціонування принципової схеми

Залежно від обсягу параметрів, які відслідковує мікропроцесорна система, обирається відповідний тип контролера, зокрема мікроконтролер PIC16F873, розроблений компанією Microchip. Даний мікроконтролер вирізняється наявністю енергоефективних режимів, функції захисту програмного коду та інтегрованого сторожового таймера (WDT), який може бути вимкнений виключно шляхом налаштування конфігураційних бітів. Для забезпечення підвищеної надійності WDT оснащений автономним RC-генератором.

Два додаткові таймери відповідають за формування затримок перед запуском мікроконтролера. Таймер запуску генератора (OST) утримує пристрій у стані скидання до стабілізації частоти тактового сигналу генератора. Таймер активації живлення (PWRT) вступає в дію після подачі

напруги та підтримує стан скидання мікроконтролера протягом 72 мс (типове значення), забезпечуючи стабілізацію напруги живлення. У багатьох випадках такі функції дозволяють відмовитися від використання зовнішніх схем скидання.

Режим SLEEP забезпечує мінімізацію енергоспоживання, дозволяючи вихід із цього стану за допомогою сигналу зовнішнього скидання, переповнення сторожового таймера або активації переривань. Гнучке налаштування режимів функціонування тактового генератора розширює сферу застосування мікроконтролерів у різних електронних пристроях. Зокрема, використання режиму RC-генератора знижує вартість системи, тоді як режим LP із кварцовим резонатором оптимізує споживання енергії. Необхідний режим функціонування задається через конфігураційні біти мікроконтролера.

Алгоритм функціонування принципової схеми відповідає описаній раніше структурній схемі розробленого комплексу.

3.6 Розрахунок елементів генератора тактових імпульсів.

В принциповій схемі для видачі тактових імпульсів ми використовуємо генератор на операційному підсилювачі (рис.3.1).

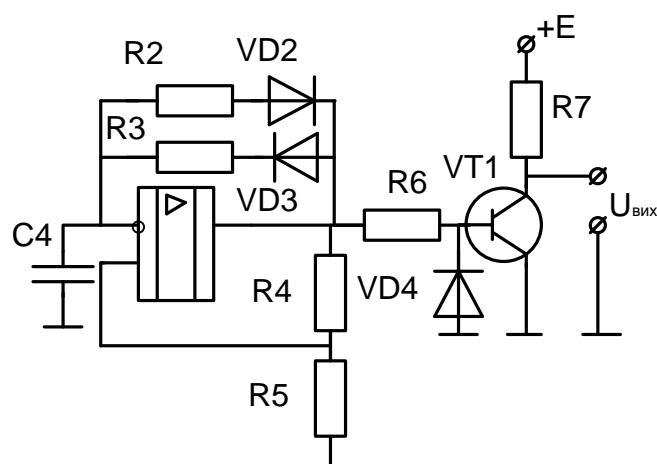


Рисунок 3.1 – Генератор прямокутних імпульсів на операційному підсилювачі

Розрахунок тривалості імпульсів і пауз. Тривалість імпульсів (t_i) та пауз між ними (t_n) визначаються за наступними співвідношеннями:

$$t_i = \frac{T}{Q}, \quad (3.3)$$

$$t_{\text{п}} = T - t_i, \quad (3.4)$$

де T — період сигналу, Q — частота роботи генератора.

Розрахунок операційного підсилювача. Необхідний тип операційного підсилювача визначається за умовою:

$$V_{i \text{ вих}} \geq \frac{10 \cdot U_{\text{вих max}}}{t_i}, \quad (3.5)$$

де $V_{i \text{ вих}}$ — максимальна швидкість наростання вихідної напруги, $U_{\text{вих max}}$ — максимальне значення амплітуди вихідної напруги.

Допустимий вихідний струм. Розрахунок допустимого вихідного струму операційного підсилювача здійснюється за виразом:

$$I_{\text{вих доп}} = \frac{U_{\text{вих max}}}{R_{\text{н min}}}, \quad (3.6)$$

де $R_{\text{н min}}$ — мінімальне значення опору навантаження.

Розрахунок поділювача струму. Для поділювача струму, що реалізується за допомогою резисторів R_4 та R_5 , величина струму визначається як:

$$I_{\text{дел}} = 0,1 \cdot I_{\text{вих доп}},$$

а коефіцієнт передачі струму γ задається в межах $0,3 \div 0,7$.

Ємність конденсатора встановлюється:

$$C_4 > 10 \cdot 10 \text{ пФ}.$$

Значення опорів резисторів обчислюються за формулами:

$$R_4 = \frac{U_{\text{вих max}} \cdot \gamma}{I_{\text{дел}}}, \quad (3.7)$$

$$R_3 = \frac{R_4 \cdot (1 - \gamma)}{\gamma}. \quad (3.8)$$

Резистори й транзистори. Резистори R_6 та R_7 , що забезпечують функціонування ключового режиму, мають номінали:

$$R_6 = R_7 = 1 \text{ кОм}.$$

Транзистор VT1 разом із зазначеними резисторами виконує функцію електронного ключа.

Генератор тактових імпульсів. Генератор тактових імпульсів побудований на основі кварцового резонатора (див. рис. 3.2). Частота генерації:

$$Q=100 \text{ кГц},$$

а ємності конденсаторів становлять:

$$C1=C2=15 \text{ пФ}.$$

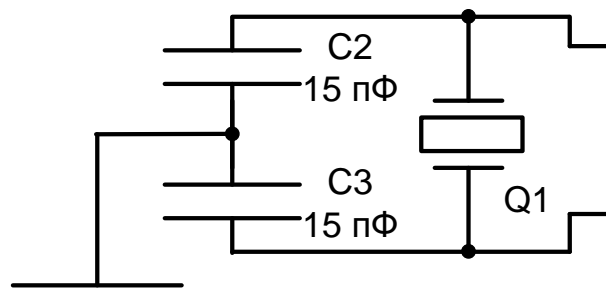


Рисунок 3.2 – Генератор тактових імпульсів

Генератор працює автономно від вбудованого генератора мікроконтролера.

Гальванічна розв'язка. Для забезпечення гальванічної розв'язки застосовується оптопара типу АОД109А, яка є багатоканальним оптоелектронним пристроєм із трьома незалежними оптопарами, розташованими в металокерамічному корпусі.

Електричні параметри оптопари:

- коефіцієнт передачі струму за умов $I_{вх}=10 \text{ мА}$ становить 1,2%;
- вхідна напруга при $I_{вх}=10 \text{ мА}^*$ не перевищує 1,5 В;
- зворотний струм фотодіода за умов $I_{вх}=0$ — не більше 2 мкА;
- кількість каналів — 3;
- час наростання і спаду імпульсу струму — не більше 0,5 мкс;
- опір ізоляції між входом і виходом — не менше 109 Ом.

3.7 Розрахунок тривалості активних смугових фільтрів для захисту інформації, що передається на пост

Для забезпечення захисту переданої інформації від електромагнітних перешкод та впливу сусідніх кабелів було запропоновано застосування активних смугових фільтрів. Основне завдання цих фільтрів полягає у виділенні робочого частотного діапазону та ефективному придушенні сигналів поза межами цього діапазону.

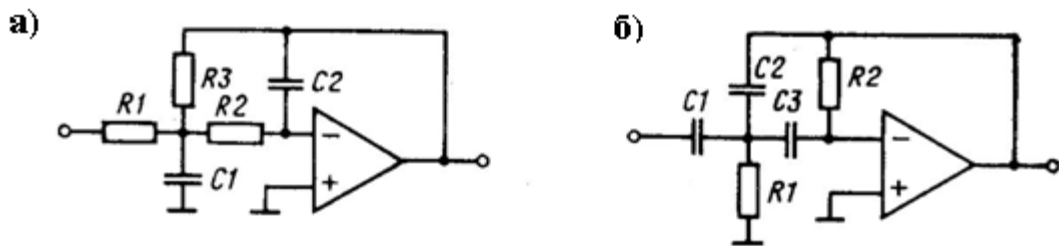


Рисунок 3.3 – Схеми ФНЧ (а) та ФВЧ (б)

Розрахунок фільтрів нижніх частот (ФНЧ)

Частота зрізу для фільтра нижніх частот визначається за формулою:

$$f_0 = \frac{0,45}{R_1 \cdot C_1},$$

де:

- $R_1 = 2 \cdot R_2,$
- $R_3 = R_1,$
- $C_1 = 4 \cdot C_2.$

ФНЧ із частотою зрізу $f_0=300$ Гц:

1. Розраховуємо добуток

$$R_1 \cdot C_1 = \frac{0,45}{300} = 0,0015 \text{ с.}$$

2. Обираємо $C_1=50$ $\mu\text{Ф}$

$$R_1 = \frac{0,0015}{50 \cdot 10^{-6}} = 30 \text{ Ом.}$$

3. Розраховуємо R_2 і R_3 :

$$R_2 = \frac{R_1}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ Ом,} \quad R_3 = R_1 = 30 \text{ Ом.}$$

4. Знаходимо C_2 :

$$C_2 = \frac{C_1}{4} = \frac{50}{4} = 12,5 \mu\text{Ф}.$$

Розрахунок фільтрів верхніх частот (ФВЧ)

Частота зрізу для фільтра верхніх частот визначається за формулою:

$$f_0 = \frac{0,225}{R_2 \cdot C_2},$$

де:

- $R_2 = 4 \cdot R_1,$
- $C_1 = C_2,$
- $C_3 = 2 \cdot C_2.$

ФВЧ із частотою зрізу $f_0=2400$ Гц:

1. Розраховуємо добуток $R_2 \cdot C_2$

$$R_2 \cdot C_2 = \frac{0,225}{2400} = 9,375 \cdot 10^{-5} \text{ с}.$$

2. Обираємо $C_2=50$ нФ

$$R_2 = \frac{9,375 \cdot 10^{-5}}{50 \cdot 10^{-9}} = 1875 \text{ Ом}.$$

Обираємо найближчий номінал із ряду E24: $R_2=2000$ Ом

3. Знаходимо R_1 :

$$R_1 = \frac{R_2}{4} = \frac{2000}{4} = 500 \text{ Ом}.$$

4. Визначаємо C_3 :

$$C_3 = 2 \cdot C_2 = 2 \cdot 50 \text{ нФ} = 100 \text{ нФ}.$$

Підсумкові характеристики фільтрів

1. ФНЧ:

- Частота зрізу: $f_0=300$ Гц,
- Номінали:

$$R_1 = 30 \text{ Ом},$$

$$R_2 = 15 \text{ Ом},$$

$$R_3 = 30 \text{ Ом},$$

$$C_1 = 50 \text{ мФ},$$

$$C_2 = 13 \text{ мФ}.$$

2. ФВЧ:

- Частота зрізу: $f_0=2400$ Гц,

- Номінали:

$$R_1 = 510 \text{ Ом},$$

$$R_2 = 2000 \text{ Ом},$$

$$C_1 = 50 \text{ нФ},$$

$$C_2 = 50 \text{ нФ},$$

$$C_3 = 100 \text{ нФ}.$$

Для підтвердження працездатності фільтрів було проведено моделювання в середовищі **MATLAB Simulink**. Результати показали ефективне придушення завад у частотних діапазонах поза межами робочих значень 300 Гц÷2400 Гц. Це забезпечує надійний захист інформації від зовнішніх електромагнітних впливів.

3.8 Перспективи впровадження системи моніторингу стану апаратури вхідного сигналу на релейній та релейно-процесорній елементній базі

Можна дійти висновку, що під час розробки та впровадження системи моніторингу стану апаратури вхідного сигналу значно зменшується кількість відмов і підвищується надійність функціонування системи електричної централізації загалом. При цьому, завдяки можливості здійснювати контроль аналогових величин і зберігати їх у пам'яті обчислювальної техніки на робочому місці електромеханіка, система сприяє прогнозуванню виходу параметрів за межі допустимих значень. Це досягається через аналіз результатів вимірювань, що, у свою чергу, дозволяє попереджати виникнення відмов і мінімізувати затримки в русі потягів.

Застосування пристрою для підзарядки акумуляторної батареї істотно покращує експлуатаційні характеристики батареї та продовжує термін її

служби, оскільки система виключає режим форсованого заряджання, який прискорює зношення акумуляторів.

Описана система може ефективно використовуватися в системах електричної централізації релейного типу. Однак у сучасних умовах все ширше застосовуються системи релейно-процесорної централізації, де набірна група замінюється мікропроцесорною елементною базою. У таких системах на центральному посту, замість традиційного маніпуляторного пульта та виносного табло, встановлюються автоматизовані робочі місця (АРМ) чергового по станції (рис. 3.4).

У зв'язку з цим у системах діагностики вхідного сигналу відпадає потреба у встановленні окремого комп'ютера для відображення інформації електромеханіку, адже цю інформацію можна передавати безпосередньо на АРМ ДСП або на АРМ ШН, які передбачені в таких системах. Це забезпечує суттєве зниження вартості діагностичного комплексу і підвищує привабливість розробки та впровадження зазначеної системи.



Рисунок 3.4 – АРМ ДСП у релейно-процесорній централізації

Водночас використання цієї розробки для систем централізації мікропроцесорного типу потребує її модернізації, оскільки, на відміну від

релейно-процесорних систем, у системах МПЦ релейне обладнання на посту повністю замінюється, а також суттєво змінюються схема керування світлофорами та конфігурація апаратури релейної шафи.

3.9 Інтеграція розробленого діагностичного комплексу із системою МПАБ-У

Запропонований діагностичний комплекс рекомендовано до впровадження як на великих, так і на малих залізничних станціях. При цьому схеми керування сигналами та обладнання для інтеграції, розміщене в релейній шафі вхідного світлофора, зазнають лише незначних модифікацій. Однак пріоритетним напрямком є встановлення таких систем саме на малих станціях, адже час прибуття обслуговуючого персоналу до релейної шафи на таких об'єктах є суттєво більшим. Це пояснюється тим, що електромеханік часто обслуговує кілька станцій і може перебувати на значній відстані від необхідного об'єкта. Таким чином, важливим завданням є зменшення часу на пошук несправностей завдяки засобам моніторингу й діагностики.

На багатьох малих станціях перегони обладнані системами напіваавтоматичного блокування, які поступово замінюються на мікропроцесорні аналоги. Однією з таких систем є **МПАБ-У**, розроблена підприємством **ІМПУЛЬС**.

МПАБ-У являє собою сучасну систему інтервального регулювання та забезпечення безпеки руху поїздів на одноколійних і багатоколійних малодіяльних перегонах із будь-яким видом тяги, яка реалізує функції напіваавтоматичного блокування.

Контроль зайнятості або вільності перегону здійснюється за допомогою апаратури підрахунку осей.

Основні функції МПАБ-У:

- контроль зайнятості чи вільності кожного напрямку перегону;
- автоматизована перевірка цілісності поїзда, що прибув;
- забезпечення інформаційного обміну між сусідніми станціями для роботи напіваавтоматичного блокування;

- формування керуючих сигналів для систем електричної централізації (ЕЦ);
- кодування рейкових кіл підходів до станції сигналами автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС).

Переваги системи МПАБ-У:

- зменшення кількості обладнання на станції під час інтеграції до системи МПЦ-У;
- програмна реалізація логічних функцій у безпечному центральному процесорі;
- можливість організації автоматичного блокпоста на перегоні;
- сумісність із будь-якими типами систем електричної централізації завдяки розвиненим інтерфейсам.

Структуру системи представлено на рис. 3.5.

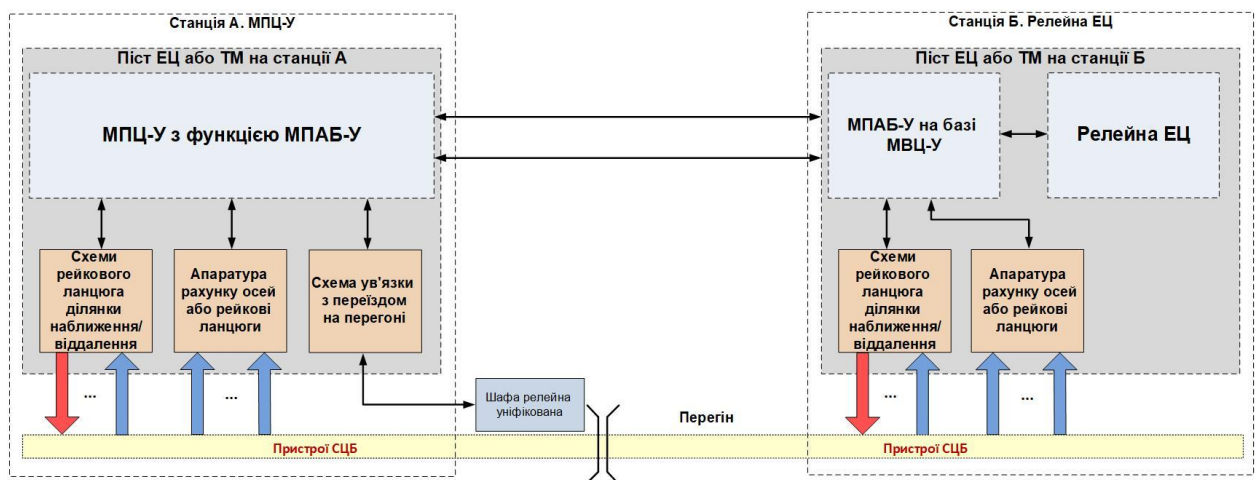


Рисунок 3.5. – Структура МПАБ-У

Як видно зі структури, система передбачає підключення напільних пристроїв СЦБ, що дозволяє інтегрувати її з комплексом діагностики та контролю вхідного сигналу. У цьому випадку відпадає потреба у встановленні окремого комп'ютера на станції та передачі даних через кабелі живлення із застосуванням цифрових фільтрів, оскільки в МПАБ-У наявна окрема лінія для підключення релейної шафи.

Аналогічну інтеграцію системи діагностики вхідного сигналу можна реалізувати із системою САІРС, яка використовується для ідентифікації рухомого складу, або із системою АСДК-Б, призначеною для контролю перегрітих букс. Всі зазначені системи мають обладнання, що розташоване на межах станції або поряд із релейною шафою вхідного сигналу, а також передбачають виділені канали підключення.

Таке поєднання дає змогу значно знизити вартість системи без втрати її функціональних можливостей.

3.10 Висновки до третього розділу

У рамках третього розділу проведено детальне дослідження ключових параметрів контролю аналогових і дискретних сигналів у релейній шафі вхідного світлофора. Виконано підбір елементної бази та створено комплексну систему моніторингу й діагностики, що включає розробку як структурної, так і принципової схем. Додатково здійснено розрахунки захисної схеми для ефективної передачі інформації з релейної шафи на центральний пост.

Розроблено підсистему для керування зарядом акумуляторної батареї, яка розміщується в батарейній шафі, що забезпечує стабільну роботу системи в умовах змінного енергозабезпечення. Розглянуто можливості інтеграції запропонованої системи в релейно-процесорні централізації та її взаємодії з іншими автоматизованими системами, такими як:

- системи напівавтоматичного блокування;
- система ідентифікації рухомого складу;
- система контролю температури букс.

Таким чином, розроблена система демонструє високий рівень універсальності та інтеграційної здатності, що відповідає сучасним стандартам діагностики й керування на залізничному транспорті. Вона забезпечує надійність, масштабованість і адаптацію до різних технічних умов експлуатації.

ВИСНОВКИ

У відповідності до завдання в роботі вирішено наступні задачі:

1. Виконано аналіз існуючих можливостей систем електричної централізації на залізничних станціях України по діагностуванню та контролю апаратури вхідних сигналів. Зроблено висновок що найбільш доцільним є встановлення розробленої системи контролю вхідного сигналу на малих станціях обладнаних релейнопроцесорною централізацією.

2. Розроблено структурну та принципову схеми діагностування апаратури вхідного сигналу, обрано аналогові та дискретні величини для контролю, розроблено підсистему керування зарядом акумулятора батареїної шафи.

3. Розроблено технічні засоби захисту інформації, що використовується в системі контролю вхідного сигналу, у вигляді активних фільтрів на операційних підсилювачах, перевірена робота розробленого пристрою за допомогою комп'ютерного моделювання в середовищі Matlab Simulink.

4. Виконано аналіз можливостей ув'язки системи контролю вхідного сигналу з системами напівавтоматичного блокування системами ідентифікації рухомого складу та системами контролю перегрітих букс. Зокрема запропоновано для зменшення економічної вартості розробленої системи виконувати поєднання з такими системами як МПАБ-У, САІРС та АСДК-Б

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ЦШЕОТ 0012: інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування. Київ: Укрзалізниця, 1998. 72 с.
2. ЦШ-0001. Інструкція з сигналізації на залізницях України, затверджена наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 23.06.2008 № 747.
3. Мойсеєнко В.І. Автоматизовані станційні системи керування рухом поїздів / В.І. Мойсеєнко, С.Л. Пархоменко, М.М. Чепцов, Т.А. Коцюба. Під заг. ред. Мойсеєнка В.І. – 2013. – С. 393.
4. Басов В. І., Єлисеєв В.В., Петренко О.В., Бойнік А.Б., Чепцов М.Н., Радковський С.О. Мікропроцесорна система централізації МПЦ – У: Навчальний посібник для студентів вузів залізничного транспорту. – К.: Макрос, 2014. – 432 с.
5. Правила технічної експлуатації залізниць України. Затв. наказом Міністерства транспорту України від 20 грудня 1996 р. №411. Із змінами і доповненнями, внесеними наказом Міністерства транспорту України від 8 червня 1998 р. №226, від 23 липня 1999 р. №386, від 19 березня 2002 р. №179. – Київ, 2003. – 134 с.
6. . Інструкція з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні робіт з технічного обслуговування та ремонту пристроїв сигналізації, централізації та блокування в АТ «Укрзалізниця», рішення правління АТ «Укрзалізниця» від 10.02.2020 (протокол № Ц45/11 Ком.т.)
7. ЦЕ/0002. Інструкція з технічного обслуговування і ремонту пристроїв електропостачання систем сигналізації, централізації та блокування (СЦБ), затверджена наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України від 26.03.2001 № 169-Ц
8. ЦШ/0042. Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування, затверджена наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України від 26.04.2006 № 347-ЦЗ.

9. Данько М.І. та ін. Мікропроцесорна диспетчерська централізація «КАСКАД» /М.І. Данько, В.І. Мойсеєнко, В.З. Рахматов, В.І. Троценко, М.М. Чепцов: Навч. посібник. – Харків, 2005. – 176 с.
10. Чепцов М.М. Методи синтезу сигнально-процесорної централізації стрілок і сигналів / М.М. Чепцов, А.Б. Бойнік, Д.М. Кузьменко.: Монографія.: – Донецьк : «ДонІЗТ», - 2010. – 181 С.
11. Бойнік А.Б. сигнально-процесорна система централізованого керування стрілками та сигналами. / А.Б. Бойнік, М.М. Чепцов // Залізничний транспорт України. – 2010. - №5. – С.59 – 61.
12. Мікропроцесорне напівавтоматичне блокування МПАБ-У. Режим доступу: <http://imp.lg.ua/index.php/ru/npab-u> (дата звернення: 24.08.2021р.)