

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Пояснювальна записка

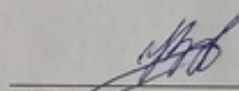
до кваліфікаційної роботи
на здобуття освітнього ступеня магістр

на тему: Модернізація систем резервного електроживлення пристроїв
залізничної автоматики

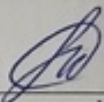
за освітньою програмою «Автоматика та автоматизація на транспорті»

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

Виконав: студент групи АТ2226

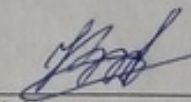
 / Іван УСАЧ /
(підпис студента)

Керівник: доцент кафедри АТ

 / Тетяна СЕРДЮК /
(підпис керівника)

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

Студент


(підпис студента)

Дніпро – 2024 рік

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

Faculty of Computer Technologies and Systems

Department of Automation and Telecommunication

Explanatory Note

to Master's Thesis

master

(higher education degree)

on the topic: Modernization of backup power supply systems of railway automatics devices

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

in the Specialty: 151 Automation and computer-integrated technologies

Done by the student of the group: AT2226 (7-AT) / Ivan USACH/

Scientific Supervisor: Associate Professor / Tetiana SERDIUK /

Dnipro – 2024

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТ

(підпис) Володимир ГАВРИЛЮК
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

« _____ » _____ 202__ р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу _____ магістра
(ступінь вищої освіти)

студенту Усач, Іван Сергійович
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Модернізація систем резервного електроживлення пристроїв залізничної автоматики

Керівник роботи: Сердюк Тетяна Миколаївна, к.т.н., доцент
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від " 12 " 01 2023 р. № 18 ст

2. Строк подання студентом роботи: 15.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: електрична тяга постійного струму; . кількість стрілок - 53; кількість підходів до станції - 5; схильність до сніжних заметів

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

4.1. Критичний аналіз організації системи електроживлення пристроїв залізничної автоматики і пошук шляхів її модернізації

4.2. Системи електроживлення пристроїв залізничної автоматики

4.3. Електроживлення поста електричної централізації

4.4. Впровадження схем та засобів захисту в панелях електроживлення

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

Класифікація джерел і систем електропостачання; Статистика відмов елементів;

Розрахунок потужності панелей поста ЕЦ;

Впровадження та засобів захисту в панелях електропостачання; Висновки

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ (Актуальність. Мета роботи. Методи дослідження. Практична значення отриманих результатів).	15.09.2023	10%
2	Розділ 1. Критичний аналіз організації системи електроживлення пристроїв залізничної автоматики і пошук шляхів її модернізації	01.10.2023	20%
3	Розділ 2. Системи електроживлення пристроїв залізничної автоматики	05.11.2023	25%
4	Розділ 3. Електроживлення поста електричної централізації	01.12.2023	25%
5	Розділ 4 Впровадження схем та засобів захисту в панелях електроживлення	15.12.2023	20%
	Висновки	15.12.2023	
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.2024	
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	26.01.2024	100%

Студент

(підпис)

Іван УСАЧ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Тетяна СЕРДЮК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра: 75 сторінки, 13 рисунок, 4 таблиць, 26 джерел літератури.

Об'єкт розробки – система електроживлення пристроїв залізничної автоматики.

Мета роботи – наукове й технічне дослідження шляхів удосконалення системи резервного електроживлення пристроїв залізничної автоматики.

Методи дослідження – закони електротехніки, електромеханіки та електродинаміки, математичної статистики.

У першому розділі приведений аналіз критичний аналіз організації системи електроживлення пристроїв залізничної автоматики і пошук шляхів її модернізації та удосконалення.

У другому розділі розглянуто системи електроживлення пристроїв залізничної автоматики й вирішено модернізувати систему резервного електропостачання пристроїв автоматики за рахунок впровадження сонячних панелей паралельно акумуляторам.

В третьому розділі приведено розрахунок панелі електроживлення поста електричної централізації залізниці.

В четвертому розділі запропоновано впровадження додаткових схем та засобів захисту систем електропостачання залізничної автоматики і зв'язку.

Висновок. Запропоновано впровадження сонячних панелей в системі резервного електропостачання пристроїв залізничної автоматики на прикладі переїзних авто шлагбаумів, розроблено схеми та засоби захисту панелей електроживлення поста ЕЦ.

Ключові слова: ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, АКУМУЛЯТОРИ, ОСНОВНЕ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ, РЕЗЕРВНЕ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. КРИТИЧНИЙ АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ПРИБОРІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ І ПОШУК ШЛЯХІВ ЇЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	10
1.1 Класифікація джерел і систем електропостачання.....	10
1.2 . Класифікація електроустановок залежно від умов електропостачання..	14
1.3 Енергопостачання пристроїв автоблокування.....	14
1.4 Основні та резервні пункти живлення.....	20
1.5.Аналіз надійності роботи панелей живлення поста ЕЦ. Статистика відмов елементів.....	23
1.6 Висновки до розділом.....	26
2. СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ПРИБОРІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ	28
2.1 Система електропостачання змінним струмом.....	28
2.2 Змішана система живлення.....	32
2.3 Електроживлення від високовольтних проводів, підвішених на опорах контактної мережі.....	34
2.4. Резервні джерела електроживлення пристроїв залізничної автоматики...	37
2.5 Висновки за розділом.....	41
3 ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ПОСТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ	42
3.1 Панелі електроживлення поста ЕЦ	42
3.1.1 Розрахунок перетворювачів панелі ПВП1М-ЕЦК.....	42
3.1.2 Розрахунок акумуляторної батареї 24В.....	44
3.1.3 Розрахунок і розподіл навантажень панелі ПР1-ЕЦК.....	51
3.1.4 Розрахунок навантаження випрямлячів панелі ПВП1М-ЕЦК.....	55
3.1.5 Розрахунок стрілочної панелі ПСПН-ЕЦК.....	57
3.1.6 Розрахунок потужності рейкових кіл та панелей ПП25.1-ЕЦК.....	58
3.1.7 Розрахунок ввідної панелі ПВ1М-ЕЦК, навантаження на зовнішні мережі та вибір ДГА.....	60

3.2 Висновки за розділом.....	66
4 ВПРОВАДЖЕННЯ СХЕМ ТА ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ В ПАНЕЛЯХ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ.....	67
ВИСНОВКИ.....	72
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	73

ВСТУП

Надійне та безперервне електропостачання потребується для стабільної роботи пристроїв автоматики та телемеханіки залізничного транспорту. Пристрої СЦБ та інші електроспоживачі залізниць відносяться до різних груп електроспоживачів та електроприймачів.

Електроприймачі, перебої в електропостачанні яких можуть привести до небезпеки для життя людей, значного збитку господарства, масового браку продукції, виходу із ладу устаткувань, пошкодження важливих елементів міського господарства належать до споживачів I категорії. Тому отримання постійного, надійного живлення від енергосистем, електростанцій, підсанцій або ліній електропередачі, що мають достатньо стабільну частоту, напругу та потужність на своїх шинах є головною безпекою для раніше зазначених отримувачів живлення.

До складу поняття «шини джерел живлення» входить: приєднання ліній низької або високої напруги, що живлять пристрої СЦБ, безпосередньо або через понижувальні (розділові) трансформатори [1-5].

Приймачі I категорії повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних джерел живлення й перерва їхнього електропостачання може бути допущена тільки на час автоматичного включення резервного живлення. Це час повинен бути мінімальним, але не більше 1,3 с. Переключення виконується за допомогою автоматичного реле.

Для приймачів I категорії особливо важливої групи необхідно передбачати додаткове електропостачання від третього незалежного джерела. Як таке джерело використовують автоматизовані дизель-генератори або акумуляторні батареї [1-3].

Саме тому задача модернізації системи резервного електроживлення пристроїв залізничної автоматики з метою підвищення надійності і якості електропостачання є *актуальною*.

Мета роботи – наукове й технічне дослідження шляхів удосконалення системи резервного електроживлення пристроїв залізничної автоматики.

Завдання: проаналізувати шляхи модернізації системи резервного електроживлення пристроїв залізничної автоматики; удосконалити існуючу систему резервного електроживлення пристроїв залізничної автоматики за рахунок впровадження акумуляторів нового покоління; розробити питання охорони праці при обслуговуванні пристроїв сигналізації, централізації, блокування (СЦБ).

Практична значимість – описані методи й результати дослідження застосовуються для модернізації існуючої системи резервного електроживлення пристроїв залізничної автоматики.

Елементи роботи подаються як приклад в дисциплінах «Електричні кола і лінії залізничної автоматики і зв'язку», «Електроживлення систем автоматики», «Станційні системи автоматики», «Системи автоматики на перегоні», «Експлуатаційні основи автоматики».

1. КРИТИЧНИЙ АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ПРИСТРОЇВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ І ПОШУК ШЛЯХІВ ЇЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ

1.1. Класифікація джерел і систем електропостачання

Енергетична система – це сукупність електричних станцій, ліній електричних передач і теплових мереж, які зв'язані між собою в загальному технологічному процесі споживання та вироблення електричної, а також теплової енергії.

Електричною системою називають електричну частину енергетичної системи.

Електрична станція – це електрична установка, що призначена для виготовлення електричної і теплової енергії.

Електрична установка – це установка, що призначена для виробництва, перетворення, передачі та споживання електричної енергії.

Згідно ПТЕ і ПУЕ всі установки діляться на [4, 5]:

- до 1000 В;
- вище 1000 В.

Стандартний ряд напруг до 1000 В: 110 В, 220 В, 380 В, 660 В.

Стандартний ряд напруг вище 1000 В: 6 кВ, 10кВ, 35кВ, 110кВ, 220кВ, 500кВ, 750кВ, 1150кВ.

Електрична підстанція - це електрична установка, на якій приймається, перетворюється і розподіляється по споживачах електрична енергія. При цьому перетворення може відбуватися:

- за родом струму;
- за напругою;
- за частотою.

Тягова підстанція – це електрична установка, що призначена для електроживлення транспортних засобів через контактну мережу.

Сукупність джерел та систем перетворення, розподілу та передачі електричної енергії називається системою електропостачання.

Конфігурація системи електропостачання – схема розташування джерел електроенергії, що входять в систему електропостачання, пристроїв розподілу, передачі, перетворення електроенергії (тобто, електростанції, лінії електропередачі, трансформаторні підстанції, розподільні пристрої і т. д.). Точка, де показники розкидування споживачів електроенергії у системі електропостачання мають найменше значення вважається центром електричних навантажень.

Система електропостачання не включає себе в споживачів (або приймачів електроенергії).

Системи електропостачання класифікуються наступним чином:

- за типом джерела електроенергії можна поділити на електрохімічні, дизель-електричні, атомні тощо.
- по конфігурації - централізовані, децентралізовані, комбіновані.
- за родом і частотою струму - постійного струму, змінного струму 50 Гц, змінного струму 400 Гц та ін.
- за кількістю фаз - одно-, дво-, три-, багатофазні.
- за режимом нейтралі — із ізольованою нейтраллю, глухозаземленою нейтраллю, компенсованою нейтраллю тощо.

За надійністю електропостачання – забезпечення споживачів 1 (1А, 1Б, 1В), 2, 3 категорій надійності, забезпечення змішаних споживачів [6-11].

За призначенням – це системи автономного, резервного, аварійного, чергового електропостачання.

За рівнем мобільності – стаціонарні, мобільні, ті, які пересуваються, що носяться.

За приналежністю до основного споживача — СЕС автомобіля, танка, гелікоптера, супутника тощо.

Система електропостачання також включає:

- джерела електроенергії – це гідроелектростанції (ГЕС), теплоелектростанції (ТЕС), сонячна енергетика, вітрогенератор;

- систему передачі електроенергії - повітряна лінія електропередач, кабельна лінія електропередач, електропроводка;
- систему перетворення електроенергії - трансформатор, автотрансформатор, випрямляч, перетворювач частоти, конвертор;
- систему розподілу електроенергії - відкритий розподільний пристрій, закритий розподільний пристрій;
- систему релейного захисту та автоматики - захист від перенапруги, грозозахист, захист від короткого замикання, дуговий захист;
- систему управління та сигналізації - система диспетчерського зв'язку, автоматизована система контролю та управління енергією (АСКтаУЕ), автоматизована система комерційного обліку енергії (АСКУЕ);
- систему експлуатації - технологічні карти, графіки навантаження, графіки регламентного технологічного обслуговування;
- систему власних потреб - системи обігріву, освітлення, вентиляції у будинках та спорудах, де розміщені елементи СЕС;
- систему надійного електропостачання найбільш відповідальних споживачів
- джерело безперебійного живлення, система автономного електропостачання (САЕ), система резервного електропостачання (СРЕ), мобільна система аварійного електропостачання (МСАЕ), Автоматичне введення резерву [1, 6-11].

Різновиди теплових електростанцій:

- конденсаційні електростанції (КЕС) – виробляють електричну енергію, обладнані паровими турбінами та працюють за принципом «вода – пар – турбіна – вода»;
- теплоелектроцентри (ТЕЦ) - комбіновані електростанції по виробництву електроенергії і тепла. Їх встановлюють поблизу виробничих та побутових споживачів тепла, а повний ККД складає 60-70%;
- газотурбінні електростанції (ГЕС) – турбіни обертає газ, що отримується при згоранні палива. Головний недолік даної станції - робота на дуже чистих і якісних продуктах горіння;

- магнітогідродинамічний генератор (МГД) – являє собою резервуар з газом при температурі 2600 - 2700°C, котрий утворює плазму, що має високу провідність. Плазма рухається у магнітному полі, під дією якого в ній наводиться ЕРС, ККД складає 50-60%;

- дизельні електростанції – знаходять використання, як переносні носії електроенергії. ККД складає 30-32%. Перевага електростанції - швидкий пуск.

Гідроелектростанції бувають: придамбові, дамби, гідроакumuлюючі, приливні. Гідрогенератор є блоком, що складається з гідравлічної турбіни і генератора (трьохфазний асинхронний). Потужність генератора: 225, 500, 640 МВт. Перевага гідрогенератора - низька собівартість, ККД складає 80-90%, береже ресурси.

Атомні електростанції. В них енергія від розщеплювання атома (Урана - U235, U238 або Тронію) переходить в електроенергію і тепло. Ядра діляться під дією швидких нейтронів з електроенергією більше 1 електрон/вольт. Енергія від розпаду перетворюється в тепло; тепло йде на перетворення води в пар, який обертає турбіну.

Альтернативні джерела енергії (геотермальні, повітряні, сонячні електростанції). Тобто, геотермальні електростанції працюють за принципом використання глибинного тепла Землі, а джерелом енергії виступають будь-які радіоактивні перетворення, хімічні реакції, які відбуваються в земній корі.

Так, в вулканічних районах глибинні води часто підігріваються гарячими газами, які підіймаються по щілинам земної кори від магматичних рік. Доступними вважаються геотермальні води та парові суміші з тепловмістом до 200 ккал/кг.

Через свердловину рідина підіймається на поверхню Землі з глибини 200-450 м та по трубопроводах направляється в сепараційний пристрій. Пар, що утворюється застосовують в корисних цілях: як теплопостачання для населення та технічних цілей при температурі 1200 С.

Перевагою геотермальних станцій є не використання та збереження енергетичних ресурсів, а недоліком – обмежена потужність.

1.2. Класифікація електроустановок залежно від умов електропостачання

1-а категорія – електроприймачі, у яких перерив або вихід із ладу в електропостачанні може спричинити за собою небезпеку для життя людей, привести до значного збитку для народного господарства, пошкодженню дорогого устаткування, масовому браку продукції, розладу складного технологічного процесу, порушенню функціонування особливо головних елементів господарства. Такі приймачі отримують електроживлення мінімум від двох незалежних електроджерел. Перерва в електропостачанні допускається на час автоматичного включення резерву або виконання технічного огляду.

2-а категорія – електроприймачі, у яких перерив або вихід з ладу в електропостачанні приводить до масового недовипуску продукції, простою робочих механізмів і промислового транспорту, порушенню нормальної діяльності значної кількості міських і сільських жителів. Перерва в електропостачанні допускається на час включення резервного живлення черговим персоналом або виїздною бригадою (до 1 год.), також у разі проведення технічних робіт.

3-а категорія – менш відповідальні електроприймачі, не відносяться ні під 1-у ні під 2-у категорії. Перерва в електропостачанні може досягати доби [1-3].

Електроенергія повинна відповідати держстандартам і вимогам [6-11].

1.3. Енергопостачання пристроїв автоблокування

Пристрої автоблокування живляться від високовольтних ліній СЦБ, що споруджуються вздовж залізничних колій напругою 10 кВ, частотою 50 Гц (раніше проектувалися ці лінії напругою 6 кВ). Резервне електропостачання відбувається від ліній поздовжнього електропостачання (ВЛ ПЕ) напругою 6, 10 чи 35 кВ. На відміну від ліній електропередачі високовольтні лінії СЦБ, як правило, не мають розгалужень, а замість невеликого числа потужних споживачів енергії (підприємства, населені пункти й інші) по всій їхній довжині через 1...2,5 км до них підключають пристрої автоматики й телемеханіки потужністю

0,5...1,5 кВА. Також уздовж ліній залізничного зв'язку, проходять високовольтні лінії СЦБ разом ще й з тяговою мережею електричних залізниць.

Сигнальні установки при системі живлення автоблокування (АБ) змінним струмом отримуються енергією електричну від двох трансформаторів, що приєднанні до ліній основного (ВЛ СЦБ) та резервного (ВЛ ПЕ) живлення (рис.1.1) [1].

Надійним резервом для живлення пристроїв АБ при припиненні подачі електроенергії від ВЛ СЦБ вважається лінія поздовжнього електропостачання, яка живиться від тягових підстанцій [1-3].

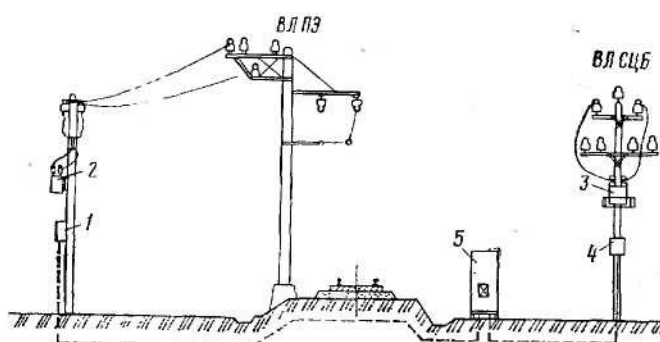


Рисунок 1.1 – Схема розташування проводів та приладів ВЛ СЦБ та ВЛ ПЕ:

1, 4 – кабельні ящики; 2 – резервний трансформатор типу ОМ; 3 – основний трансформатор типу ОМ; 5 – релейна шафа

При розміщенні ВЛ ПЕ в прольоті між двома сусідніми опорами контактної мережі в створі проводів лінії розміщують спеціальну резервну силову опору. Лінійний трансформатор типу ОМ монтують на опорі разом з комутаційною та захисною апаратурою.

Із вторинної обмотки резервного трансформатора напруга подається по кабелю до релейної шафи сигнальної установки (тилові контакти аварійного реле А типу АСП2-220). Пристрої автоблокування живляться через фронтіві контакти аварійного реле від основного лінійного трансформатора, включеного у високовольтну лінію. У разі припинення або перерви подачі напруги в цю лінію пристрої автоблокування живляться від резервного трансформатора лінії поздовжнього електропостачання.

Електроживлення інших пристроїв СЦБ і зв'язку, постів електричної централізації, станційного оперативного-технологічного зв'язку, двостороннього паркового зв'язку й підсилювальних пунктів магістрального зв'язку, що обслуговуються, на проміжних станціях, а також технологічних навантажень пристроїв виявлення перегрітих букс, переїзної, обвальної й тунельної сигналізації здійснюється від ВЛ СЦБ. Недопустиме приєднання к ВЛ СЦБ інших навантажень [1-3].

Резервне живлення вказаних вище споживачів, а також електроспоживачів, віднесених до II і III категорій, передбачається від високовольтної лінії поздовжнього електропостачання (ВЛ ПЕ) або місцевих джерел живлення. До лінії ВЛ ПЕ підключають і інші залізничні споживачі (службові й житлові будинки, електроінструмент для колійних робіт і т. ін.). Їхнє число визначають за припустимою площею поперечного перерізу проводів і потужністю живильних трансформаторів.

Від ВЛ СЦБ 6 (10) кВ електроенергія передається до сигнальних установок автоблокування через понижувальні лінійні трансформатори типу ОМ-0,6 (1,25). Для зменшення впливів на лінії зв'язку, що прокладені вздовж залізничної колії, лінійні трансформатори включають у різні фази поперемінно таким чином, щоб всі фази були завантажені рівномірно. У металевих шафах поблизу сигнальних точок розміщують трансформатори типу ОМ-0,6 (1,25), що на кабельних ділянках лінії АБ [1-3].

Всього застосовують дві системи електропостачання перегінних пристроїв в залежності від роду та типу АБ. У системі електроживлення змінним струмом рейкові кола та вся апаратура отримують електроенергію лише від високовольтної лінії. При змішаній системі рейкові кола живляться постійним струмом від акумуляторів, а сигнальні прилади - через понижувальні трансформатори від високовольтної лінії, а у разі її відключення – від місцевих акумуляторних батарей. Тепер змішана система електроживлення пристроїв АБ не проектується, але в експлуатується ще багатьма залізницями.

Незалежно від системи живлення та схеми електроживлення пристроїв втрата напруги наприкінці лінії між двома суміжними пунктами живлення ВЛ СЦБ 6 (10) кВ не має перевищувати 5 %.

На ділянках залізничного транспорту, де експлуатують автоблокування системи змінного струму, кожна сигнальна точка має основне та резервне живлення через окремі лінійні трансформатори з установкою в релейних шафах реле для автоматичного перемикання живлення з одного трансформатора на інший.

Високовольтні кола АБ повинні бути забезпечені двостороннім живленням від джерел енергії із взаємним резервуванням, що розташований по кінцям кожного плеча. Високовольтні кола ВЛ СЦБ 6 (10) кВ на всьому протязі секціонують. Схеми секціонування повинні обладнуватися так, щоб була можливість виконання ремонтних робіт з лінії.

Високовольтні лінії ВЛ СЦБ 6 (10) кВ підвішують на окремих опорах із сигнальними проводами. Вони отримують електроенергію від шин через ізолюючі трансформатор, а також не мають гальванічного зв'язку з іншими лініями електропередачі.

Високовольтно-сигнальні лінії СЦБ 6 (10) кВ призначені для електропостачання пристроїв автоблокування на перегонах та пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку на тих станціях, які не мають інших джерел електроенергії.

Завдяки сигнальним проводам забезпечується взаємодія пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку, що розташовані у різних пунктах вздовж залізниці, наприклад взаємне узгодження показань сусідніх світлофорів АБ. Сигнали керування та контролю іншої апаратури передається через сигнальні проводи [13].

Електроживлення АБ та станційних пристроїв СЦБ повинно бути організовано таким чином, щоб їхня робота не зупинялася при виникненні аварійних ситуацій або ремонті елементів високовольтної лінії. Тому резервування відбувається на всіх рівнях системи електропостачання. Тобто резервується живлення високовольтного кола, за можливістю дублюється саме коло, встановлюються

лінійні знижувальні трансформатори, а також місцеві резервні джерела електроенергії [1-3, 13-16].

Можливість відключення коротких ділянок високовольтних ліній при виникненні аварій чи при необхідності виконати ремонтні роботи досягається їх секціонуванням, тобто поділом лінії на окремі частини, що з'єднуються між собою роз'єднувачами.

При системі електроживлення змінним струмом всю високовольтну лінію ділять на окремі ділянки – плечі живлення, кожний з яких забезпечується електроенергією від пунктів живлення. Із двох суміжних пунктів живлення основний пункт є підключеним постійно, а резервний – тільки при відключенні основного пункту або при ремонтних роботах на лінії [1,16].

На ділянках з електротягою високовольтна лінія живиться від тягових підстанцій, а на неелектрифікованих ділянках – від будь-яких джерел енергії, розташованих поблизу залізничної ділянки, що забезпечують енергією споживачів І категорії (енергосистеми, електростанції, підстанції, лінії електропередачі).

На ділянках із автономною тягою, де електроживлення АБ здійснюється за змішаною системою живлення й забезпечується місцевим акумуляторним резервом, для кожної сигнальної установки монтують по одному лінійному трансформатору типу ОМ, який приєднується до ВЛ СЦБ. При змішаній системі живлення Допускається електроживлення двох сигнальних установок від одного лінійного трансформатора на перегонах при відстані між ними не більше 400 м, якщо живлення відбувається від змішаної системи [1-3].

На електрифікованих залізничних дільницях лінії ВЛ ПЕ 6 (10) кВ прокладають на опорах контактної мережі, тому на ділянках з електротягою споруджують однолінійні ВЛ СЦБ. На ділянках з автономною тягою при відсутності на них ВЛ ПЕ споруджують лінії з двома колами, які з'єднуються на загальних опорах проводів ВЛ СЦБ і ПЕ 6 (10) кВ. Дозволяється проектування двох ліній з окремими колами відбувається у місцях з несприятливими кліматичними умовами [1].

Високовольтні лінії СЦБ і ПЕ при електротязі постійного струму, як правило, виконуються трифазними напругою 6 (10) кВ із ізольованою нейтраллю. При електротязі в якості резервного джерела живлення використовується система змінного струму два проводи – рейка (ДПР) напругою 27,5 кВ. Два проводи підвішуються з польового боку опор контактної мережі, а в якості третього – використовуються рейки.

Для підвищення надійності електроживлення пристроїв СЦБ, спрощення пошуку несправностей на ділянках лінії й забезпечення можливості ремонтних робіт без відключення електропостачання споживачів I категорії лінії ВЛ СЦБ і ВЛ ПЕ секціонують за допомогою роз'єднувачів (рис. 1.2) [1, 2].

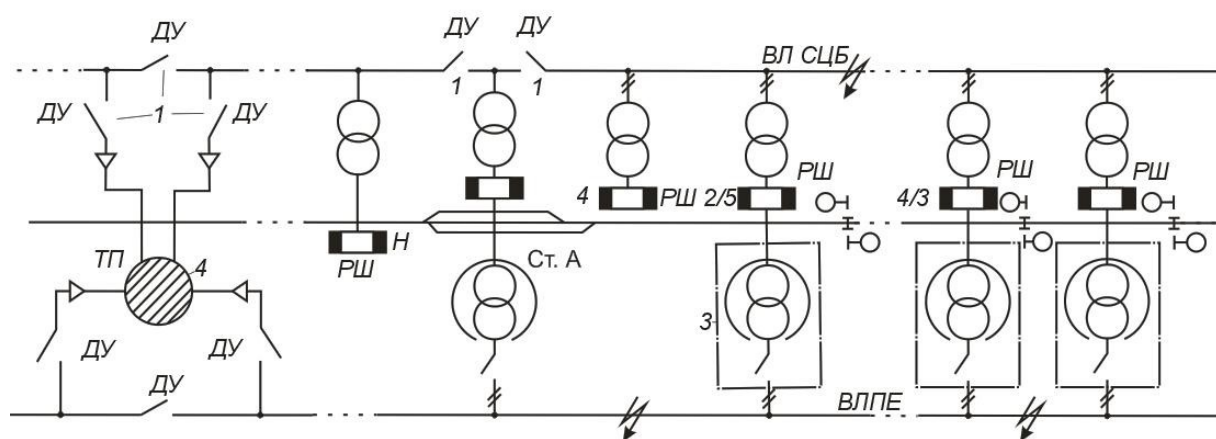


Рисунок 1.2 – Схема електропостачання пристроїв кодового автоблокування й централізації малих станцій при спорудженні ВЛ СЦБ та ВЛ ПЕ: 1 – роз'єднувач із дистанційним керуванням; 2 – силова опора із трансформатором типу ОМ; 3 – комплектна трансформаторна підстанція типу КТП із роз'єднувачами, встановлена на окремій опорі; 4 – трансформаторна підстанція

При підвішуванні ліній електропередачі на роздільних опорах допускається секціонування тільки ВЛ СЦБ (рис. 1.3). Роз'єднувачі встановлюють з обох боків трансформаторної підстанції, що живить пристрої електричної централізації. Його обладнають електроприводами з дистанційним управлінням (ДУ) від чергового по станції, а при наявності диспетчерської централізації або систем телесигналізації та телеуправління – ще й від енергодиспетчера. Передбачають один роз'єднувач з

дистанційним керуванням у разі відсутності трансформаторних підстанцій для живлення постів ЕЦ.

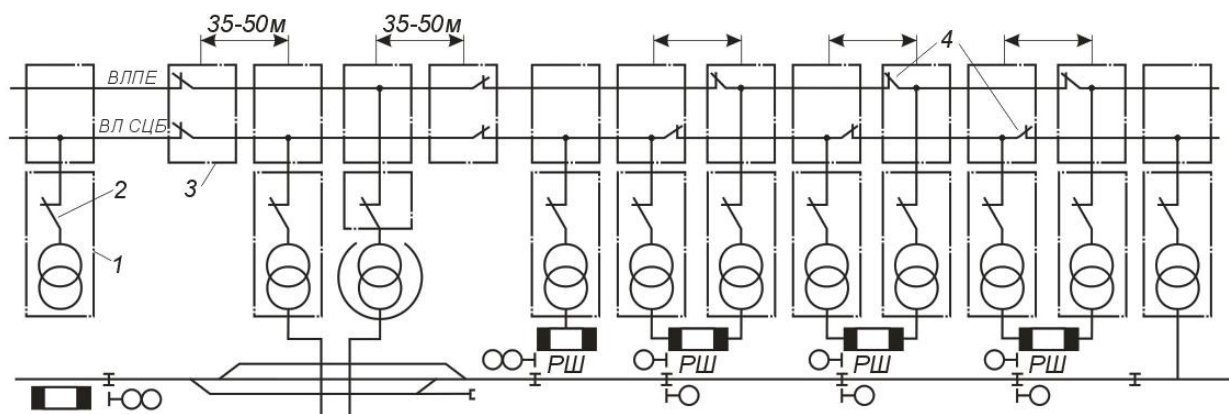


Рисунок 1.3 – Схема електропостачання сигнальних установок кодового АБ та централізації малих станцій при лінії електропередачі, виконаній з двома колами

У схемі електропостачання сигнальних установок кодового АБ та централізації малих станцій при лінії електропередачі з двома колами роз'єднувачі з дистанційним управлінням встановлюють в обидва кола лінії між трансформаторами, що надають живлення пристроям електричної централізації. З їхньою допомогою швидше визначають пошкодження в межах перегону. Лінійні роз'єднувачі з ручним управлінням дозволяють відключати лінію в межах ділянки між сусідніми трансформаторами типу ОМ, не порушуючи при цьому живлення сигнальних точок. Трансформатор, який живить сигнальну точку, разом з роз'єднувачем встановлюють на силовий виносний опір. Завдяки такому підключенню трансформатора дозволяє перевірити його без порушення двостороннього живлення лінії [1,16].

1.4. Основні та резервні пункти живлення

Високовольтні лінії СЦБ поділяють на окремі ділянки – плечі живлення. Кожне плече повинно забезпечуватися двостороннім живленням від пунктів основного й резервного живлення, які розташовані по кінцях дільниці. Це відноситься й до

ліній поздовжнього електропостачання, які використовуються для резервного живлення пристроїв СЦБ.

У системі живлення змінним струмом довжина плеча не повинна бути більшою 50 км (рис. 1.4). Електроживлення кожного плеча ВЛ СЦБ та ВЛ ПЕ виконується роздільним і, крім того, електроживлення кожного плеча ВЛ СЦБ повинно проходити через ізолюючі трансформатори.

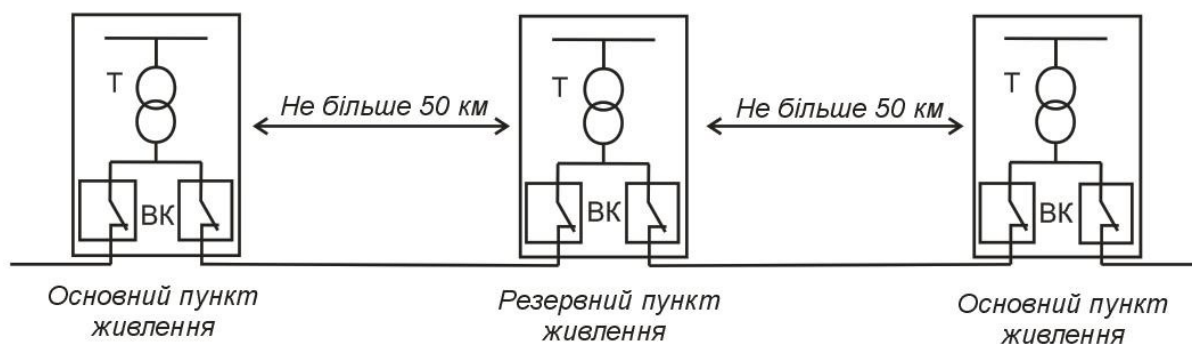


Рисунок 1.4 – Схема живлення ВЛ СЦБ при системі змінного струму

На ділянках з великою інтенсивністю руху, де суміжні пункти живлення досить надійні або де при надійних пунктах живлення відстань між ними перевищує 50 км, для зменшення довжини лінії, що вимикається під час аварій, на кожному ділянку лінії доцільно подавати електричну енергію одночасно з двох боків назустріч один одному із розривом всередині та установкою пункту секціонування, який є резервним пунктом живлення (рис. 1.5) [1-3].

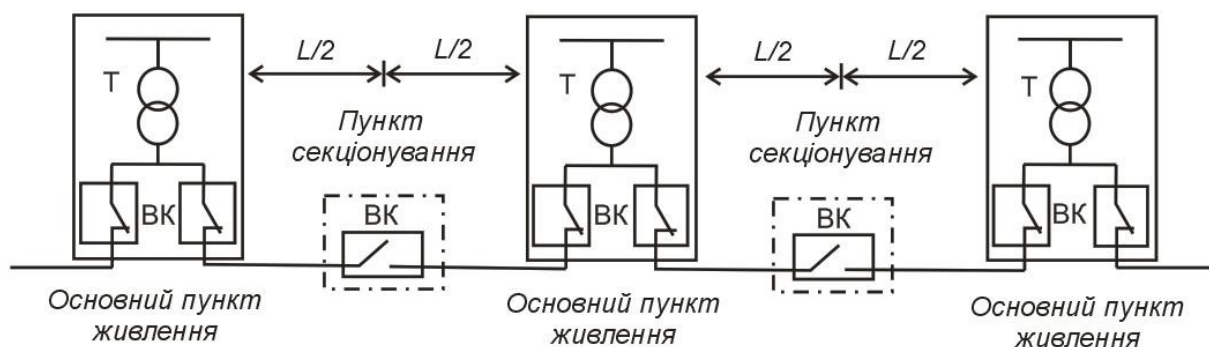


Рисунок 1.5 – Установка пункту секціонування на електрифікованих ділянках

Якщо пристрої АБ отримують електроживлення від телекерованих тягових підстанцій, фідерні вимикачі живильних пунктів автоблокування також вмикаються в загальну систему телекерування. По можливості пункти живлення автоблокування повинні мати однакову фазу та в необхідних ситуаціях допускати паралельну роботу трансформаторів.

У змішаній системі живлення, так само як і при системі змінного струму, всю високовольтну лінію ділять на окремі ділянки, тобто плечі живлення, кожен з яких отримує живлення з обох кінців (рис. 1.6). Довжина плеча живлення не може бути більшою 40 км.

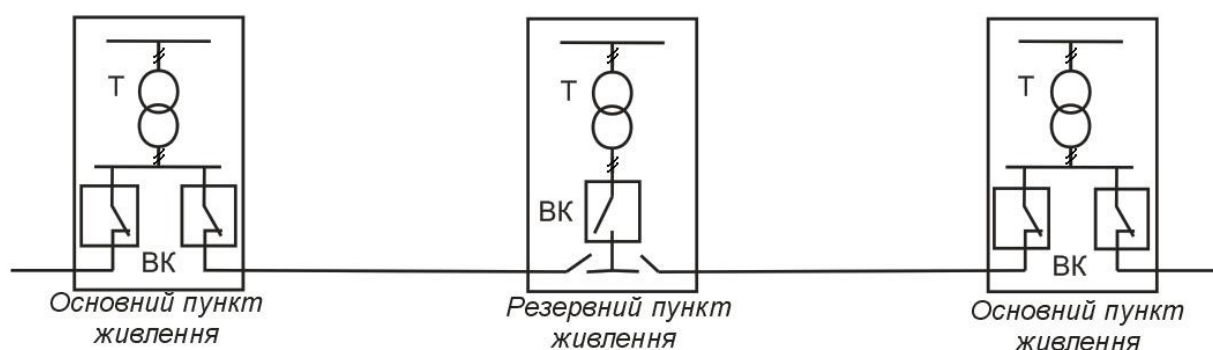


Рисунок 1.6 – Схема електроживлення ВЛ СЦБ при змішаній системі

У разі неможливості дотримання значень довжин від наявних джерел енергії для електроживлення пристроїв СЦБ, між ними розміщують автоматизовані резервні електричні станції. Якщо відстань між наявними пунктами живлення перевищує 40 км, то замість резервного пункту живлення допускається обладнати автоматичний пункт секціонування. Автоматичний пункт секціонування в нормальному режимі живлення високовольтної лінії ділить останню на дві частини, а при відключенні одного із суміжних з ним пунктів автоматично з'єднує обидві частини лінії, подаючи в них живлення з одного кінця [1,2].

Резервне живлення АБ відбувається від акумуляторних батарей, при цьому ємність акумуляторів приймається з урахуванням добового резерву. На основних пунктах живлення високовольтні фідери автоблокування, роблять роздільними для кожного плеча живлення й монтують на закритих підстанціях. На пунктах резервного живлення високовольтні фідери АБ можуть бути загальними на два

плечі живлення з наступним їхнім розподілом на підстанціях або повітряних розподільних пунктах.

Передбачають по одному роз'єднувачу наприкінці кожного перегону в силовій опорі для живлення вхідного світлофора (з боку перегону). В середині включають ще один роз'єднувач, якщо довжина перегону буде більшою 10 км. Незалежно від системи електроживлення роз'єднувачі, які встановлені біля вхідних світлофорів з боку перегону й в середині перегону, обладнають електроприводами з дистанційним керуванням від чергового по станції або диспетчера.

Аналогічними є схеми пунктів живлення пристроїв диспетчерської централізації щодо розглянутих схем енергопостачання пристроїв АБ [1,3, 13, 16].

1.5. Аналіз надійності роботи панелей живлення поста ЕЦ. Статистика відмов елементів

Одні із важливих та необхідних елементів засобів залізничної автоматики та телемеханіки вважаються живильні панелі на постах ЕЦ. Тому у разі їх несправності може статися повна відмова в роботі пристроїв електричної централізації та масових затримок поїздів. Розглянуті можливі шляхи усунення недоліків, властивих магнітним пускачів (контакторів) і схемами управління ними.

Відповідно до проведеного аналізу найчастіше виходять з ладу:

- 30,5 % - магнітні пускачі (контактори);
- 19,6 % - захисні автомати;
- 18,5% - запобіжники;
- 13 % - монтаж;
- 7% - зарядні пристрої;
- 5,4% - тумблери і пакетні вимикачі [13,16].

За винятком моделей останніх поколінь, магнітні пускачі (контактори) в панелях електроживлення в основному розроблені і вироблені ще в період існування Радянського Союзу. Вони не відповідають вимогам міжнародних стандартів як конструктивно, так і по заявленому ресурсу, який в 2-3 рази менше,

ніж у аналогічних пристроїв провідних світових виробників. Крім того, близько 40% панелей електроживлення давно виробили свій термін експлуатації та потребують заміни.

До головних причин пошкоджень магнітних пускачів (контакторів) живлячих панелей в порядку спадання за частотою відмов відносяться:

- зникнення електричного контакту в силових (внаслідок підгорання або зламу пружини) та допоміжних контактах;
- несправності магнітної системи через зношування контактуючих поверхонь або несправності короткозамкненого витка, що виражається в сильному гудінні і вібрації пристрою;
- пошкодження або злам котушки з причини згорання обмотки або міжвиткового замикання.

Незважаючи на конкретні конструктивні недоліки ці причини носять комплексний характер. Так, наприклад, зникнення електричного контакту в силових та допоміжних контактах відбувається через несвоєчасне їх очищення та регулювання. Крім цього, відкрита конструкція допоміжних контактів на тлі використання в конструкції наклепів звичайних матеріалів, які легко окислюються (міді, латуні та ін.) замість спеціалізованих сплавів у поєднанні з відсутністю можливості їх резервування теж знижують надійність. Це характерно практично для всіх типів магнітних пускачів (контакторів) [1, 13, 16].

Негативно позначається також сильна вібрація контактів при несправності магнітної системи. Погіршує стан використання магнітних пускачів (контакторів) з електромагнітною системою змінного струму. Це спочатку припускає вібрацію контактів, що приводить до підвищення ризику виходу з ладу котушки внаслідок незахищеності від перенапруг з боку мережі. У магнітних пускачах (контакторах) вітчизняного виробництва контактна система жорстко пов'язана з основною конструкцією, що виключає можливість її автономної заміни або підсилення. Також неможливо провести повноцінну та якісну ревізію контактної та магнітної систем без повного демонтажу пристрою. Саме ця обставина перешкоджає якісному виконанню регламентних робіт експлуатаційним штатом .

Без спеціально розроблених технічних рішень та застосування сучасної елементної бази підвищити надійність роботи силових комутуючих вузлів панелей електричного живлення не є можливим.

Варто зазначити, що практично вся аналогічна продукція провідних світових виробників надійніша та якісніша, має менші розміри та масу. Зі стандартних рядів закордонних магнітних пускачів (контакторів) можна підібрати доступний та потрібний варіант для комутації навантаження будь-якої потужності. Котушки електромагніта випускаються на всі стандартні напруги кіл керування змінного і постійного струму: 12 , 24 , 48 , 60, 110 і 230 В. Перевага надається живленню котушки електромагнітів від джерела постійного струму, що дозволяє відмовитися від використання короткозамкненого витка в конструкції магнітопроводу, що зробить магнітні пускачі (контактори) практично безшумними і незалежними від нестабільності напруги в мережі [1-3, 13, 16].

Допоміжні контакти в закордонних виробках виконані у вигляді окремих блоків фронтальних та бічних установок, що дає можливість їх резервування в схемах контролю спрацьовування і заміни без демонтажу всього магнітного пускача (контактора). Модульна конструкція блоку силових контактів має відповідні переваги.

Незважаючи на маленькі розміри аналогічної імпоротної продукції, в ній використано більш потужну контактну систему, ніж потрібно технічними умовами на відповідні панелі електричного живлення, а це підвищує надійність роботи останніх. Магнітні пускачі (контактори) легко встановлюються на штатні місця існуючих панелей електроживлення за допомогою простих перехідних основ без будь-яких слюсарних робіт. Штатні кріплення дають можливість установки з використанням гвинтових з'єднань або на ОМ - рейці.

Дані пристрої містять ще ряд додаткових переваг. Такі як, силові контакти контактора РМУ фірми Schneider Electric зроблені за унікальною запатентованою технологією впровадження атомів срібла в матеріал з особливою кристалічною решіткою, з якого вони виготовлені. Саме таке технічне рішення дозволяє мінімізувати ерозію матеріалу контакту при розриві дуги. Поверхня контактних

майданчиків виконана ребристою, причому ребра рухомих і нерухомих контактів розташовані перпендикулярно. При замиканні рухливий контакт трохи просувається по нерухомому, самоочищаючись від нагару.

Пластиковий корпус цього контактора по термостійкості задовольняє найжорсткішому світовому стандарту. Він не підтримує горіння, а при нагріванні не втрачає геометричної форми. Завдяки високій якості виготовлення магнітопроводу дозволяється різке зниження рівня шуму, вібрації та теплових втрат.

Підвищити надійність роботи живильних панелей на постах ЕЦ дозволить застосування магнітних пускачів (контакторів) закордонного виробництва з необхідним резервуванням контактної системи та сучасних технологій їх обслуговування [1-4].

1.5. Висновки за розділом

Як і будь-яка інша система, енергетична є головною та важливою системою для життя та розвитку людського фактору. Електричні станції виготовляють та розподіляють електричну енергію серед різних підприємств, які її потребують. Завдяки різноманітній класифікації системи електропостачання, збільшується можливість живлення різних сфер виробництва [20-24].

В залежності від категорії, до якої відноситься система, а даних категорій всього 3, збільшується кількість постачальників електричної енергії. Головною та важливою вважають саме першу категорію, яка містить щонайменше три джерела живлення, а усунення постачання енергії може призвести до небезпеки не лише продукту виробництва, а й людини. До неї відносять в першу чергу залізницю. Друга категорія отримує живлення від двох незалежних джерел, і дозволяє припинення живлення на 1 годину. Третя категорія може залишатися без електроживлення понад добу.

Головними та необхідними елементами засобів залізничної автоматики та телемеханіки є живильні панелі на постах ЕЦ. У разі їх поломки може статися повна відмова в роботі пристроїв електричної централізації та масових затримок поїздів, що не повинно бути допустиме. Тому у розділі запропоновано підвищити надійність роботи даних панелей за рахунок встановлення магнітних пускачів закордонного виробництва з необхідним резервуванням контактної системи, а головне - сучасних технологій їх обслуговування.

2. СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ПРИСТРОЇВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

2.1. Система електропостачання змінним струмом

В системі живлення автоблокування змінним струмом сигнальні установки отримують електроенергію від двох трансформаторів, що приєднані до ліній основного (ВЛ СЦБ) та резервного (ВЛ ПЕ) електроживлення.

Надійним резервом для живлення пристроїв АБ при припиненні подачі електричної енергії від ВЛ СЦБ є лінії поздовжнього електропостачання, які живяться від тягових підстанцій [1-3].

Спеціальну резервну силову опору встановлюють при розміщенні ВЛ ПЕ в прольоті між двома сусідніми опорами контактної мережі в створі проводів лінії. Разом з комутаційною, а також захисною апаратурою на опорі монтують лінійний трансформатор типу ОМ.

Із вторинної обмотки резервного трансформатора напруга подається по кабелю до релейної шафи сигнальної установки (тилові контакти аварійного реле А типу АСП2-220). Нормально пристрої АБ живляться через фронтові контакти аварійного реле від основного лінійного трансформатора, включеного у високовольтну лінію. При перерві подачі напруги в цю лінію пристрої автоблокування живляться від резервного трансформатора лінії поздовжнього електропостачання.

У випадку відсутності другого високовольтного кола застосовують резервування лінійних трансформаторів за схемою, що приведена на рис. 2.1, а. На сусідніх опорах розміщують трансформатори. За допомогою роз'єднувачів будь-який трансформатор відключають від лінії, і ділянка високовольтного кола готова для ремонту або усунення несправностей. Іноді для тих же кіл резервне живлення виконують від лінії низької напруги (220 В), підвішеної на сигнальній траверсі від сусідньої сигнальної установки (рис.2.1, б). В обох випадках перехід від

основного живлення до резервного відбувається автоматично за допомогою аварійного реле.

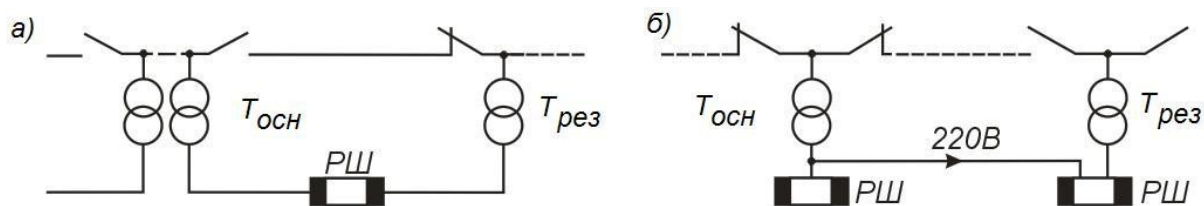


Рисунок 2.1– Схема резервного живлення релейної шафи

На ділянках з електричною тягою змінного струму, де застосовуються рейкові кола частотою 25 Гц, резервне живлення відбувається від проводів системи ДПР 27,5 кВ або лінії поздовжнього енергопостачання 35 кВ. Сигнальні установки одержують резервне живлення від комплектів однофазних трансформаторних підстанцій (КТПО) через трансформатор типу ЗНОМ-35-65 (рис. 2.2) [1-3, 13, 16].

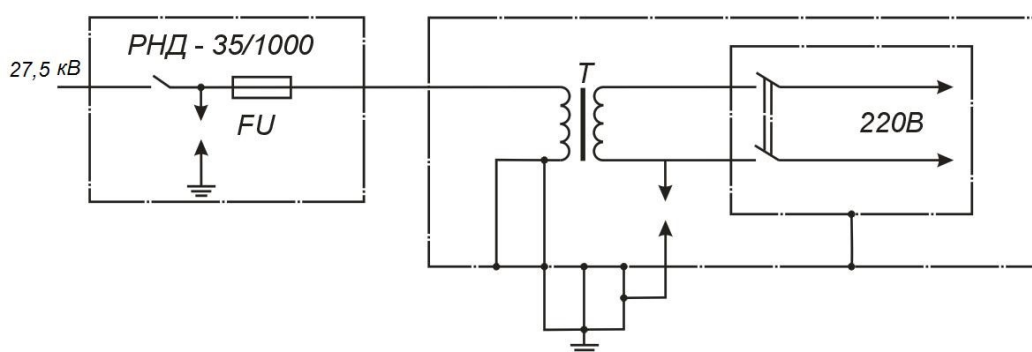


Рисунок 2.2 – Схема комутації трансформаторної підстанції КТПО

Для резервного живлення сигнальних установок допускають застосування трансформаторів, що живлять електричною енергією лінійні споживачі, крім трансформаторів для колійного інструмента. Не допускають розміщення лінійних трансформаторів основного та резервного живлення на одній опорі.

В якості лінійних трансформаторів використовують понижувальні трансформатори типу ОМ, при цьому рейкові кола, двигун кодового трансмітера, лампи світлофора та дешифратор живляться змінним струмом. Лампи світлофорів і дешифратор живляться від сигнального трансформатора типу СОБС, а рейкові

кола отримують живлення від колійного трансформатора типу ПОБС. На рис. 2.3 приведена схема електроживлення сигнальної установки кодового АБ при електричній тязі постійного струму.

В металевих релейних шафах розміщується вся апаратура сигнальних установок. Для сигнальних пристроїв кожної колії на двоколійних ділянках передбачається окрема релейна шафа. Завдяки такому поділу апаратури забезпечується автономність їхньої дії.

Кола електричного живлення від силових трансформаторів ліній ВЛ СЦБ та ВЛ ПЕ як для одиночної, так і для спареної сигнальної установки прокладають в різних траншеях і, крім цього, при спареній сигнальній установці підключають у різні релейні шафи так, щоб при ушкодженні однієї лінії живлення подавалося по іншій.

У релейних шафах від двох випрямлячів відбувається живлення приладів напругою 12 В постійного струму. Дані прилади, що не зв'язані лінійними колами, підключають до випрямляча дешифратора (П і М). Пристрої, що живлять лінійні кола, підключають до випрямляча БПШ (ЛП і ЛМ).

Завдяки автоматичним вимикачам та плавким запобіжникам на 20 А відбувається захист приладів від короткого замикання та перевантаження.

Для захисту приладів рейкового кола від впливів та проявів коротких замикань у контактній мережі й грозових розрядах на живильних і релейному кінцях вторинних обмоток дросель-трансформаторів розміщують нелінійні вирівнювачі.

Головна перевага системи живлення змінним струмом полягає в тому, що не потрібні місцеві джерела живлення – акумулятори. Однак дія АБ може порушуватися при вимиканні змінного струму. Тому така система вимагає надійних двосторонніх джерел живлення високовольної лінії й надійного резервування від ВЛ ПЕ [1-3, 13, 16]..

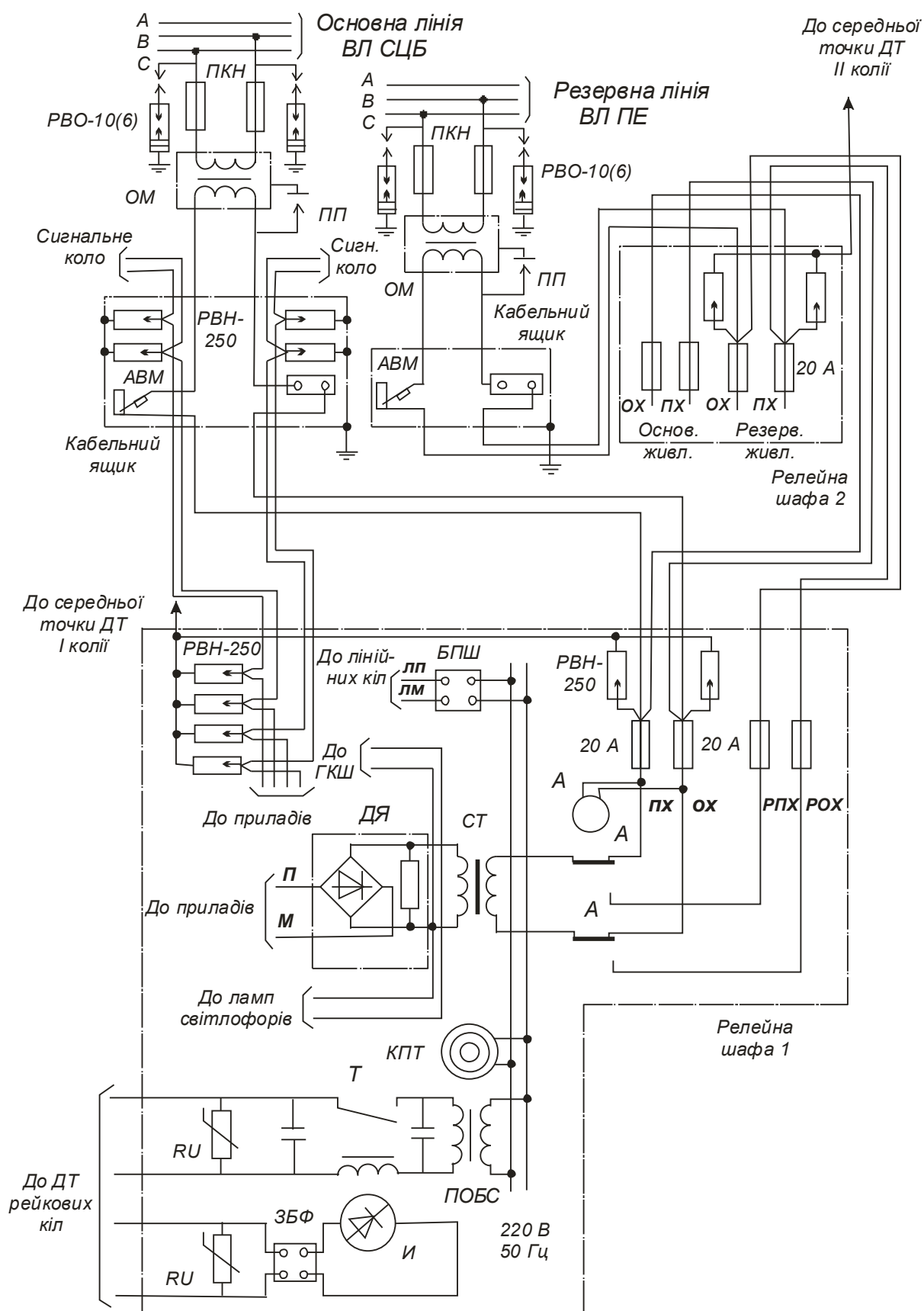


Рисунок 2.3 – Схема електричного живлення сигнальної установки кодового АБ при електричній тязі постійного струму

Схема електроживлення автоблокування при електричній тязі змінного струму аналогічна схемі електричного живлення автоблокування при електричній тязі постійного струму. Але є різниця, що в колі живлення рейкових кіл частотою 25 Гц включають статичні перетворювачі частоти типу ПЧ 50 / 25 –100, які розміщують у релейних шафах. У сигнальних установках одноколійного автоблокування й у спарених сигнальних установках двоколійного автоблокування перетворювачі частоти, що живлять рейкові кола, необхідно включати протифазно – це для зменшення струму підмагнічування й навантаження трансформаторів типу ОМ [1-3, 13, 16]..

2.2. Змішана система живлення

Змішану систему живлення використовують переважно на ділянках з автономною тягою. Така система живлення пристроїв АБ отримує електричну енергію змінного струму від ВЛ СЦБ, а при відключенні змінного струму всі пристрої і рейкові кола живляться від акумуляторів [1-3].

У релейних шафах напруга 220 В, що надходить від лінійного трансформатора, понижується трансформатором Т1 типу СОБС до 12 В і застосовується для живлення світлофорних ламп. Рейкові кола живляться від колійної батареї типу АБН-72 або АБН-80, яка працює в буферному режимі з випрямлячем типу ВАК-14 (рис. 2.4). Випрямляч типу ВАК-13 або ВАК-16 підзаряджає сигнальну акумуляторну батарею, що живить лінійне коло і реле сигнальної установки. Трансформатор Т2 типу ПОБС або СОБС-2А и трансмітер КПТ передають у рейкове коло імпульси змінного струму кодових комбінацій автоматичної локомотивної сигналізації.

У разі припинення подачі змінного струму лампи світлофора через тилкові контакти аварійного реле А продовжують отримувати живлення від акумуляторної батареї, запас ємності якої розрахований на безперервну роботу без заряду протягом доби.

Акумуляторні батареї розміщуються в батарейній шафі, що знаходиться поруч із релейною шафою. Випрямлячі, що працюють у буферному режимі з акумуляторами, розташовують тільки в релейних шафах [1].

У кабельному ящику кола напругою 220 В захищають автоматичним вимикачем багаторазової дії типу АВМ. У релейній шафі проводи захищені запобіжниками штепсельного типу на 20 А, які використовують і як роз'єднувачі для вимикання напруги при ремонті й випробуваннях.

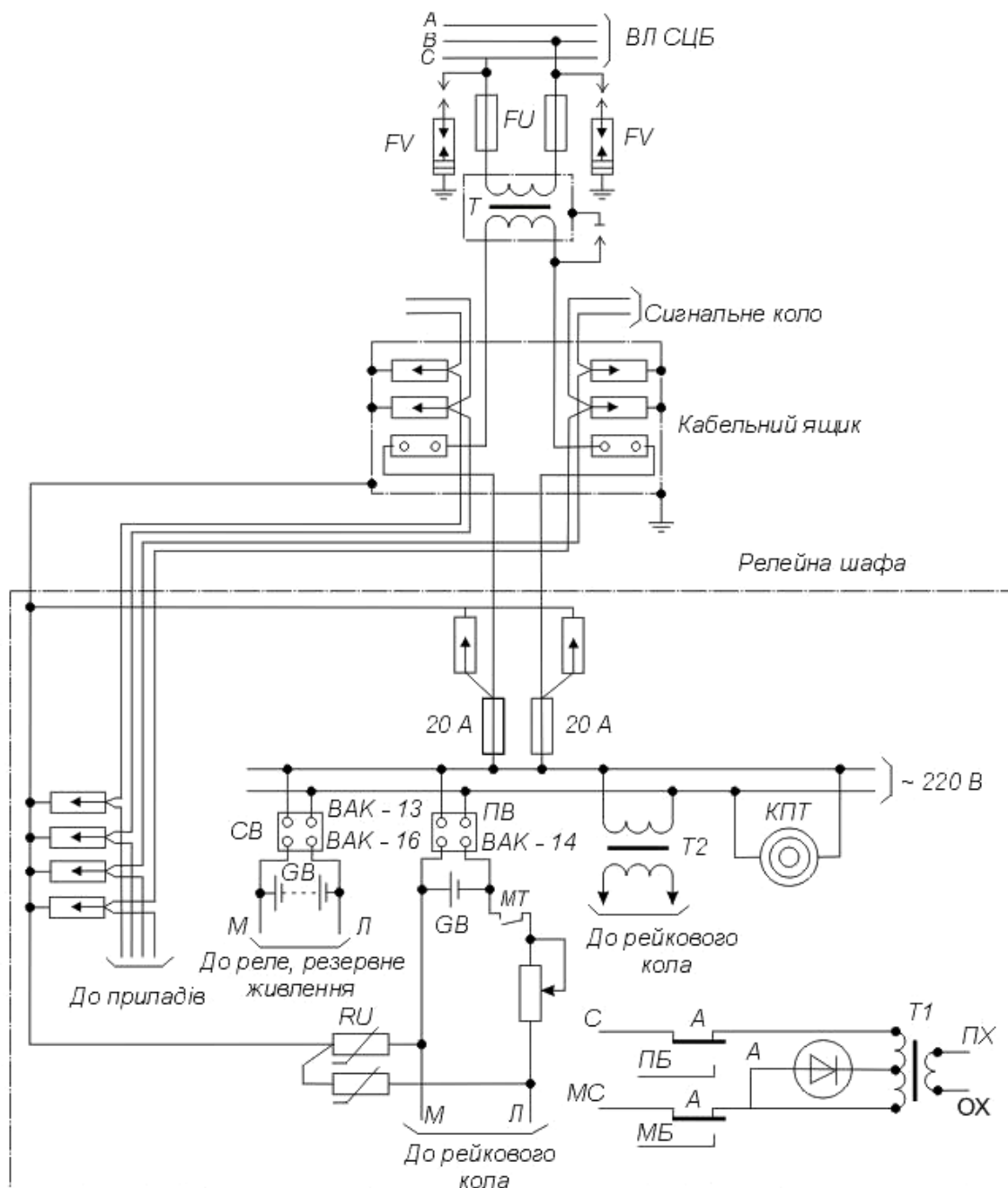


Рисунок 2.4 – Схема змішаної системи електричного живлення сигнальної установки автоблокування

Для захисту приладів у шафі від попадання на них високої напруги з високовольної лінії через трансформатор типу ОМ у коло напругою 220 В включають розрядники типу РВНШ-250. Такі розрядники підключають у кабельному ящику, а також у пристроях рейкових кіл [1].

Значне поліпшення районних енергетичних систем, висока надійність і незалежність один від одного пунктів електропостачання ВЛ СЦБ і поздовжнього електропостачання, а також спорудження цих ліній на залізобетонних опорах з підвіскою проводів марок ПС-25, АС-35 і здійсненням секціонування дозволили відмовитися від спорудження на ділянках з автономною тягою автоблокування з рейковими колами постійного струму, тобто відмовитися від змішаної системи живлення.

На ділянках з автономною тягою в основному використовують кодове АБ з рейковими колами змінного струму частотою 50 або 25 Гц [1-3].

Схема електроживлення сигнальних установок для рейкових кіл частотою 50 Гц буде аналогічна схемі електроживлення при електротязі постійного струму. Рейкові кола частотою 25 Гц живляться від перетворювачів частоти ПЧ50/25-100.

Слід зазначити, що змішана система АБ зараз знаходиться в експлуатації. Але при проектуванні залізничних ділянок з автономною тягою впроваджують кабельні високовольні лінії ВЛ СЦБ з двома колами (систему електропостачання ВЛ СЦБ змінного струму).

2.3. Електроживлення від високовольних проводів, підвішених на опорах контактної мережі

У випадках, коли залізничні ділянки з електротягою змінного струму прокладені в складних умовах (наприклад, горні райони), можна проектувати однофазні лінії напругою 27,5 кВ з підвіскою одного спеціального проводу СЦБ на опорах контактної мережі й застосування рейки в якості другого проводу (рис. 2.5). Провід напругою 27,5 кВ підвішують на одноколійних ділянках разом з

одним із проводів ДПР на двомісній консолі крайнім з боку поля, на двоколійних ділянках – з боку, протилежного проводам ДПР.

Резервне живлення АБ в цьому випадку передбачається від одного із проводів ДПР (рис. 2.6). Комплексні трансформаторні підстанції (КТПО) мають трансформатори типу ЗНОМ-35/65, які знижують напругу з 27,5 кВ до 220 В.

Трансформатор Т1 призначений для живлення тільки пристроїв АБ. Обидва трансформатори захищені розрядниками та плавкими запобіжниками. Для відключення трансформаторів від високовольтних ліній є три однополюсних роз'єднувачі із приводами ручного керування Р1, Р2 і Р3 (рис. 2.5) [1-3, 13, 16]..

Роз'єднувачі з'єднані із пристроєм заземлення таким чином, щоб при розімкнутих роз'єднувачах первинні обмотки трансформаторів заземлювалися. Крім цього, при відкриванні дверей КТПО, що перешкоджає доступу до трансформатора, її корпус також заземлюється, що гарантує захист від появи на КТПО потенціалу між рейкою та землею.

Комплексна трансформаторна підстанція має низьковольтну шафу з розподільчими пристроями, від яких до релейної шафи АБ підключаються кола основного та резервного живлення. У коло основного живлення підключене аварійне реле А, через фронтіві контакти якого живляться всі пристрої релейної шафи. Через тилові контакти реле А включене резервне коло живлення.

Напругою 220 В живиться сигнальний трансформатор СТ, двигун трансмітера КТП, випрямляч БПШ і перетворювач частоти ПЧ-50/25. Від трансформатора СТ отримують живлення лампи світлофора й дешифратор ДЯ. Пристрої релейної шафи, що живляться постійним струмом напругою 12 В, підключаються до випрямляча дешифратору (Я та М), а прилади, що живлять лінійні кола, – до випрямляча БПШ (ЛП і ЛМ). При такій системі живлення пристроїв релейної шафи АБ рейкові кола отримують струм частотою 25 Гц, а пристрої – струм частотою 50 Гц. Перетворювачі частоти ПЧ-50/25, розташовувані в релейних шафах сигнальної установки АБ, перетворюють частоту 50 Гц у частоту 25 Гц.

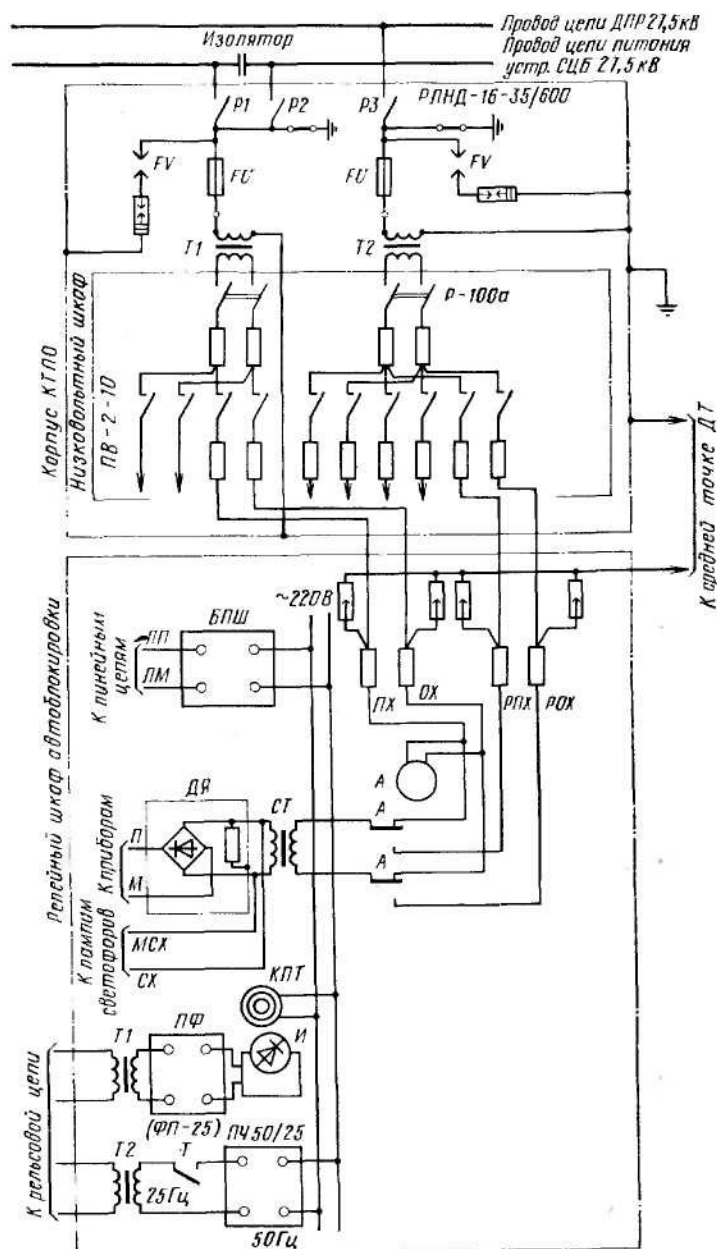


Рисунок 2.5 – Схема електроживлення сигнальної установки автоблокування від високовольних проводів, підвішених на опорах контактної мережі

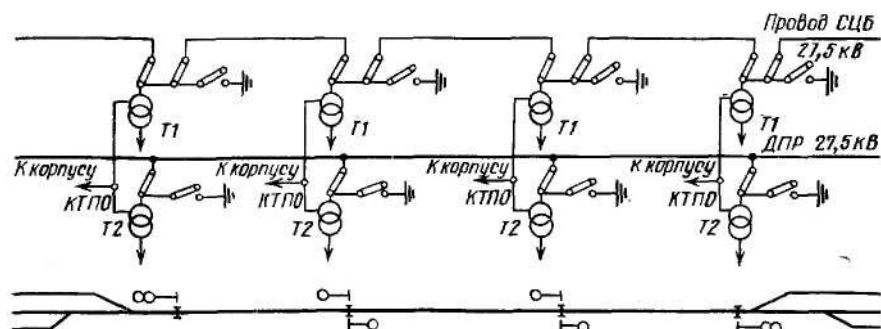


Рисунок 2.6 – Схема резервного живлення сигнальної точки автоблокування від системи два проводи - рейки (ДПР)

При електроживленні пристроїв автоблокування від високовольтних проводів, що підвішуються на опорах контактної мережі, не потрібні спеціальні високовольтні лінії АБ, що підвішуються на окремих опорах. Завдяки застосуванню лінії ДПР значно поліпшується резерв живлення. Виконувати роботи на високовольтному колі живлення пристроїв автоблокування можна тільки при відключеній напрузі із всіх кіл контактної мережі.

Для основного живлення пристроїв автоблокування високовольтний провід секціонують (включають ізолятор) й за допомогою шлейфа підключають до КТПО. Завдяки цьому за допомогою роз'єднувачів Р1 та Р2 силовий трансформатор можна підключити до лівого або правого плеча лінії, при цьому можна об'єднати два плечі без вимикання трансформатора. До КТПО підключають проводи системи ДПР. Приєднують трансформатор Т2, що використовується для живлення лінійних споживачів та в якості резервного для сигнальної установки. Кінці другої високовольтної обмотки силових трансформаторів приєднують до корпусу КТПО, а останній підключають до рейок через середню точку дроселя-трансформатора. Вторинні обмотки силових трансформаторів підключають до розподільчого щитка низьковольтної шафи, де напруга розподіляється по навантаженням [1-3, 13, 16]..

2.4. Резервні джерела електроживлення пристроїв залізничної автоматики

Сьогодні на Україні в якості резервного джерела живлення пристроїв залізничної автоматики широке розповсюдження знайшли свинцеві акумуляторні батареї типу АБН-72, АБН-80 ємністю 72 і 80 А·год відповідно і стаціонарні типу С і СК ємністю 216...360 А·год. Місце застосування АБН-72, АБН-80 – батарейні шафи вхідних світлофорів, переїзна сигналізація, інколи пост електричної сигналізації, стаціонарних свинцевих акумуляторів – пост електричної централізації. Акумуляторні батареї працюють, як правило, у буферному режимі з постійним чи імпульсним підзарядом. Головна перевага даного режиму є можливість застосування акумуляторів невеликої ємності, які дають можливість

автономної роботи акумулятору до трьох годин. Інший режим роботи акумуляторів «заряд-розряд». Переваги даного режиму є висока якість вихідної напруги, але цей спосіб заряду акумуляторів має низький ККД (лише 50%), виникає необхідність в постійному догляді за акумуляторами, кількість та ємність акумуляторних батарей значно зростає через необхідність двох чи більше груп акумуляторів, а термін дії скорочується у порівнянні з буферним режимом заряду. Тому в пристроях сигналізації, централізації та блокування використовується буферний режим роботи акумуляторних батарей.

Метою науково-дослідної роботи є вирішення завдання, а також поліпшення параметрів якості електроенергії та полегшення умов праці обслуговуючого персоналу за рахунок модернізації системи резервного електропостачання пристроїв залізничної автоматики: аналіз можливості застосування сонячних батарей та гелієвих свинцевих акумуляторів нового покоління закритого типу на пристроях переїзної сигналізації.

Перспективним є впровадження сонячних батарей на переїздах. Акумуляторні батареї забезпечують роботу електроприводів автошлагбаумів і резервування вогнів переїзних світлофорів при відключенні змінного струму. Для пристроїв переїзної сигналізації з автошлагбаумами використовуються батареї на 28 В, без автошлагбауму – на 14 В. Потужність пристроїв переїзної сигналізації з автошлагбаумом визначається потужністю двигуна постійного струму типу СЛ-571к, яка складає 95 Вт, або двигуна змінного струму типу АІР56В4Б 18 Вт та двох лампочок світлофору типу ЖС-12 30 Вт. Таким чином, необхідно передбачити резервування навантаження потужністю 125 або 48 Вт. Двигуни типу СЛ-571к є застарілими. Потужність пристроїв переїзної сигналізації без автошлагбауму враховує потужність двох ламп переїзної сигналізації та дзвінка при напрузі живлення 24 В – 9,6 Вт і при 12 В – 4,8 Вт. Тому потужність, яку необхідно резервувати, 40 або 35 Вт [1-3].

При розрахунках потужності сонячних панелей одним з головних факторів є рівень інсоляції місцевості. Найбільший рівень інсоляції у центральній та південній Україні, тому вигідніше буде застосовувати запропонований спосіб

резервування електричного живлення на перегонах цієї місцевості. Найкращим вибором фотоелемента даної панелі буде монокристалічний тип, так як він має більшу потужність на одиницю площі ніж полікристалічний. Однак і коштує більше. Так, полікристалічні сонячні батареї коштують 0,32...0,42 \$/Вт, а монокристалічні – 0,5...0,6 \$/Вт. Не менш важливим є температурний коефіцієнт потужності – зменшення потужності, при збільшенні температури навколишнього середовища. Коефіцієнт сильно залежить від якості фотоперетворювачів. На даний момент деякі панелі мають термін експлуатації до двадцяти років, за цей час вони встигнуть себе окупити і навіть принести прибуток[13,16].

Пропонується також змінити акумуляторні батареї зі свинцевих типу АБН-72 (АБН-80), яких потрібно 7 або 14 одиниць для забезпечення рівня напруги 14 або 28 В на гелеві свинцеві закритого типу, наприклад, VENTURA VG-12-100 Gel з номінальною напругою 14 В, ємністю 100 А·год з максимальним струмом до 30 А і вартістю близько 200 \$. Переваги гелевих акумуляторів виділяють наступні: низький саморозряд, виключено явище витікання електроліту при ушкодженні корпусу, кількість циклів заряд/розряд – 600...1000. Але дані батареї більш чутливі до коротких замикань, потребують високої якості зарядки та коштовні. Середня вартість сонячних батарей потужністю 100... 150 Вт – 1 500...4 000 грн. Вартість АБН-80 близько 2 800...3 000 грн.

Тому, вартість системи резервного електроживлення для одного пристрою переїзної сигналізації з автошлагбаумом, який побудовано на акумуляторах АБН-80, близько 42 000 грн., без автошлагбауму – 21 000 грн. При впровадженні нової системи резервування на сонячних батареях для одного пристрою переїзної сигналізації з автошлагбаумом і двигуном типу СЛ-571к необхідно забезпечити 125 Вт і використати два гелевих акумулятори 14 В з'єднаних послідовно для забезпечення напруги 28 В. Тобто вартість сонячних панелей складатиме 5856.00 грн., двох акумуляторів – $9500.0 \times 2 = 19000.0$ грн., загальна вартість запропонованої системи на один пристрій переїзної сигналізації – 24856,0 грн. на 2023 р. При резервуванні автоматичної переїзної сигналізації (АПС) з автошлагбаумом і двигуном типу АИР56В4Б 18 Вт вартість сонячних батарей

складатиме 2500.0 грн., двох акумуляторів – 19000 грн., загальна вартість – 21500 грн. Для пристроїв АПС без автошлагбауму можна використати одну акумуляторну батарею на 14 В і сонячні монокристалічні батареї потужністю 40 Вт, отже вартість установки становитиме 120000 грн, проти 21 000 грн. за умовою використання семи АБН-80, тобто в 2 рази дешевше [13,16].

На станціях даний спосіб резервування буде менш вигідним, оскільки загальне навантаження значно більше та складає близько 40...60 кВА, потужність пристроїв гарантованого живлення – 12...48 кВА в залежності від кількості стрілок на крупних станціях. Потужність пристроїв гарантованого живлення постійної напруги 700...850 Вт. Напруга живлення АБ 24 В, ємність 216...360 А·год. Тому потужність резервування, яку необхідно забезпечити, важко буде досягти одними сонячними панелями. Наприклад, вартість дванадцяти батарей ємністю 216 А·год типу С-6 чи СК-6 складає близько 60000 грн. Вартість двох гелевих акумуляторів на 12 В сучасного зразку для забезпечення напруги 24 В складатиме близько 26000 грн., а сонячних батарей на 750 Вт – 19500 грн. Тобто загальна вартість установки 35500 грн. проти 60000 грн. Але крім акумуляторів і панелей сонячних батарей необхідно передбачити впровадження ще кількох додаткових пристроїв для перетворення електричної енергії та дослідити питання електромагнітної сумісності сонячних панелей з пристроями зовнішнього та місцевого електропостачання. Не зважаючи на витрати, заощадження будуть неймовірні.

Тому при непередбачених аварійних ситуаціях в системі зовнішнього електроживлення пристрої залізничної автоматики все одно матимуть особисте джерело електроенергії.

2.5. Висновки за розділом

В системі живлення автоблокування змінним струмом сигнальні установки отримують електроенергію від двох трансформаторів, що приєднані до ліній основного (ВЛ СЦБ 6(10) кВ) та резервного (ВЛ ПЕ 6(10) кВ) електроживлення.

Надійним резервом для живлення пристроїв АБ при припиненні подачі електричної енергії від ВЛ СЦБ виступають лінії поздовжнього електропостачання, в свою чергу отримуючи живлення від тягових підстанцій. Резервування лінійних трансформаторів відбувається у випадку відсутності другого високовольтного кола.

Важливими та необхідними у всіх сферах діяльності системи живлення змінним струмом, адже завдяки їх головній перевазі, а саме застосування місцевих джерел, виключає встановлення акумуляторів.

Використання змішаної системи живлення передбачається тільки для залізниць з автономною тягою, а живиться система змінним струмом від ВЛ СЦБ. У разі відключення джерела змінного струму, пристрої переходять на живлення від акумуляторів.

Завданням даної роботи є вирішення проблеми, а також поліпшення параметрів якості електроенергії, полегшення умов праці обслуговуючого персоналу за рахунок модернізації системи резервного електропостачання пристроїв залізничної автоматики: аналіз можливості застосування сонячних батарей та гелієвих свинцевих акумуляторів нового покоління закритого типу на пристроях переїзної сигналізації.

У даному розділі запропоновано використання більш сучасних резервних систем електричного живлення залізничної автоматики. В більшості випадках це сонячні панелі, які додатково встановлюються на всіх пристроях СЦБ. У разі припинення електропостачання, дані пристрої будуть під струмом, що дозволяє дотримуватися графіку та безпеки руху поїздів.

3. ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ПОСТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ

3.1. Панелі електроживлення поста ЕЦ

Вихідні дані: електрична тяга постійного струму; кількість стрілок - 53; кількість підходів до станції - 5; схильність до сніжних заметів - присутня; кліматична зона - волога.

3.1.1. Розрахунок перетворювачів панелі ПВП1М-ЕЦК

При без акумуляторній системі електроживлення ЕЦ від перетворювачів (інверторів) типу ИТ-0,3-24, установлених на панелі ПВП1М-ЕЦК, отримують живлення (у випадку відключення всіх джерел змінного струму) наступні навантаження гарантованого змінного струму: станційні блоки дешифраторів кодового АБ, прилягаючих до станції блок-ділянок; схеми зміни напрямку руху та контролю прилеглих перегонів (при організації двостороннього руху поїздів); схеми ДСН на прилеглих перегонах; схеми ДСН на станції; схеми огороження поїздів [3].

Номінальні (максимальні) потужності цих навантажень приведені в розрахунковій табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок навантажень перетворювачів

Навантаження	Вимірювач	Потужність навантаження		Кількість одиниць виміру	Максимальна потужність навантажень	
		P , Вт	Q , вар		P , Вт	Q , вар
Схема зміни напрямку (блок ДСПН-2)	Підхід	12,7	6,0	5	63,5	30
Схема ДСН	Пост ЕЦ	36,5	5,0	1	36,5	5
Станційні дешифратори автоблокування	Підхід	16,6	16,8	5	83	84
Схема ДСН на перегоні (блок ДСНП-2)	Підхід	12,7	6,0	5	63,5	30
Всього		—	—		246,5	149

Розрахунок потужності перетворювачів виконується за результатами розрахунку максимальної потужності навантажень S_M , ВА,

$$S_M = \sqrt{(\Sigma P_M)^2 + (\Sigma Q_M)^2}, \quad (3.1)$$

$$S_M = \sqrt{246,5^2 + 149^2} = 288,03 \text{ ВА.}$$

Приймаємо перетворювачі потужністю 300 Вт.

Треба мати на увазі, що навантажувальна здатність перетворювачів істотно залежить від коефіцієнта потужності навантаження

$$\cos \varphi_M = \frac{\Sigma P_M}{S_M}, \quad (3.2)$$

$$\cos \varphi_M = \frac{246,5}{288,03} = 0,856.$$

Реальний коефіцієнт потужності виявився меншим 0,9, тому навантаження на перетворювач повинно бути зменшене.

Припустимо в цьому випадку навантаження, яке можна підключити до перетворювача визначається за формулою:

$$P_{\text{доп}} = \frac{1,76 \cdot P_{\text{ном}}}{1 + \frac{1,57 \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_M}}{\cos \varphi_M}} \quad (3.3)$$

$$P_{\text{доп}} = \frac{1,76 \cdot 300}{1 + \frac{1,57 \cdot \sqrt{1 - 0,856^2}}{0,856}} = 270,91 \text{ Вт.}$$

Оскільки потужність навантаження менша ніж $P_{\text{доп}}$, то залишаємо перетворювачі потужністю 300 Вт.

Визначаємо коефіцієнт завантаження перетворювачів:

$$K_H = \frac{P_H}{P_{\text{ном}}} \quad (3.4)$$

де $P_{\text{ном}}$ – номінальна потужність перетворювачів з урахуванням його настройки на максимальну потужність навантаження

$$K_H = \frac{246,5}{300} = 0,822.$$

Коефіцієнт потужності впливає не тільки на використання встановленої потужності перетворювачів, але також і на їх коефіцієнт корисної дії (ККД). Тому ККД перетворювачів визначається з урахуванням коефіцієнта потужності η_ϕ та завантаження η_H [3, 12]:

$$\eta_\pi = \frac{\eta_\phi \cdot \eta_H}{0,82} \quad (3.5)$$

$$\eta_\pi = \frac{0,77 \cdot 0,82}{0,82} = 0,77.$$

Із урахуванням величин P_H та η_π визначається струм перетворювачів I_π , який споживається перетворювачем від батареї, і складає

$$I_\pi = \frac{P_H}{\eta_\pi \cdot U_6}, \quad (3.6)$$

де U_6 - номінальна напруга акумуляторної батареї, яка складає 24 В.

$$I_\pi = \frac{246,5}{0,77 \cdot 24} = 13,34 \text{ А}$$

3.1.2. Розрахунок акумуляторної батареї 24В

Розрахунок батареї полягає у визначенні її ємності і виборі типу акумуляторів СК по індексу.

При визначенні ємності акумуляторів варто виходити з умов експлуатації батареї в основному і додатковому режимах резервування [12,13].

Основний режим резервування відповідає живленню протягом 2 годин від батареї всіх гарантованих навантажень ЕЦ в аварійних умовах при відключенні джерел змінного струму, у тому числі і ДГА [3].

Споживачами гарантованого живлення від батареї в цьому випадку є:

1) релейна апаратура ЕЦ (витрата струму I_a у розрахунку на одну стрілку складає 0,262 А) ;

2) прилади живильної установки – реле, блоки, сигналізатори заземлень та ін. (споживаний приладами струм $I_{рп}$ не залежить від кількості стрілок і в цілому на посту ЕЦ складає 0,432 А) ;

3) контрольні лампочки на табло і панелях живлення – контролю фідерів, роботи перетворювача і т. п. (споживаний лампочками струм $I_{лп}$ у розрахунку на посту ЕЦ дорівнює 0,175 А) ;

4) контрольні лампочки повторювачів вхідних світлофорів на табло (споживаний струм $I_{лс}$ у розрахунку на один підхід може бути прийнятий рівним 0,090 А);

5) перетворювачі ИТ по гарантованому живленню кіл змінного струму (споживаний від батареї перетворювачем струм $I_{п}$ визначено в пункті 3.4.1).

Розрядний струм батареї у режимі основного резервування, А,

$$I_{60} = I_a \cdot n_c + I_{лс} \cdot n_{вх} + I_{рп} + I_{лп} + I_{п}, \quad (3.7)$$

де n_c – число стрілок ЕЦ, $n_{вх}$ – число підходів до станції.

$$I_{60} = 0,262 \cdot 53 + 0,09 \cdot 5 + 0,432 + 0,75 + 13,34 = 28,28 \text{ А.}$$

Розрахунковий час $t_{60} = 2$ год основного резервування обрано з урахуванням часу усунення можливої несправності ДГА.

Якщо протягом двох годин несправність ДГА не усунута, батарея переводиться з основного режиму резервування на додатковий. Це досягається відключенням від батареї релейних пристроїв ЕЦ (шляхом вилучення запобіжників на стативах).

Розрядний струм батареї у додатковому режимі резервування

$$I_{6д} = I_{60} - I_a \cdot n_c, \quad (3.8)$$

$$I_{6д} = 28,28 - 0,262 \cdot 53 = 14,39 \text{ А.}$$

При встановленій тривалості місцевого акумуляторного резерву червоних вогнів вхідних світлофорів на 12 годин тривалість додаткового режиму $t_{6д}$ контрольної батарея 24 В прийнята рівною 10 годинам [3, 12].

В умовах розглянутого режиму експлуатації акумуляторної батареї фактична її

розрядна ємність складе:

$$Q_{\phi} = I_{\phi 0} \cdot t_{\phi 0} + I_{\phi d} \cdot t_{\phi d} \quad (3.9)$$

$$Q_{\phi} = 28,28 \cdot 2 + 14,39 \cdot 10 = 200,52 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

Ємність акумуляторів, яка гарантується заводом, характеризується номінальним значенням Q_n . Однак із підвищенням інтенсивності розряду і зниженням температури електроліту ємність, що віддається акумуляторами, зменшується. Тому фактична ємність Q_{ϕ} перераховується до номінальних умов. Таке перерахування проводиться за формулою

$$Q_p = \frac{Q_{\phi}}{K_c \cdot p \cdot [1 + K_t(t - 25^{\circ})]} \quad (3.10)$$

де Q_p – розрахункова номінальна ємність батареї;

K_c – коефіцієнт зниження ємності акумуляторів від старіння. Для пристроїв СЦБ $K_c = 0,85$ [2];

p – коефіцієнт інтенсивності розряду, який показує яку частину номінальної ємності в процентах можна отримати від акумулятора в даному режимі розряду. Величина цього коефіцієнту залежить від часу розряду батареї t_{pp} струмом основного режиму $I_{\phi 0}$;

K_t – температурний коефіцієнт ємності. Для акумуляторів типу СК $K_t = 0,008$;

t – температура електроліту під час розряду батареї. При розрахунках слід прийняти $t = +15^{\circ}\text{C}$ (температура акумуляторного приміщення поста ЕЦ, [12]).

Значення розрахункового коефіцієнта інтенсивності розряду p варто визначити за режимом розряду батареї струмом $I_{\phi 0}$ як найбільш несприятливим ($I_{\phi 0} > I_{\phi d}$) для батареї.

У такому випадку розрахункова можлива тривалість розряду батареї t_{pp} струмом основного режиму $I_{\phi 0}$ складе

$$t_{pp} = \frac{Q_{\phi}}{I_{60}}, \quad (3.11)$$

$$t_{pp} = \frac{200,52}{28,28} = 7,09 \text{ год.}$$

За отриманим значенням t_{pp} розрахункового режиму розряду визначаємо коефіцієнт інтенсивності розряду акумуляторів p за даними [12], $p = 0,9$.

$$Q_p = \frac{200,52}{0,85 \cdot 0,9 \cdot [1 + 0,008(15 - 25)]} = 284,91 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

За номінальною розрахунковою ємністю Q_p визначаємо тип акумуляторів СК: їхній індексний номер і паспортна номінальна ємність Q_n [7].

Приймаємо акумулятор типу СК-8 з ємністю 288 А·год.

В даний час питання електропостачання постів ЕЦ та інших станційних приміщень (ДСП, релейних будок), а також перегінних пристроїв СЦБ вирішуються відповідно до вимог нормативних документів, затверджених МШС: інструкцій ЦЕ-462, ЦЕ-191, ЦЕ-881, ВНТП-86. Ці документи базуються в основі своїй на вимогах ПУЕ [15]. При цьому живлення передбачається від суміщених або спеціальних комплектних трансформаторних підстанцій (КТП), а іноді і від власних фідерів 0,4 кВ [1].

На перегонах електропостачання здійснюється від спеціальних ліній: ВЛ СЦБ, ВЛ ПЕ, ДПР [6, 9, 10].

Станційні пристрої автоматики магістрального залізничного транспорту (пости електрифікованої (ЕЦ) і диспетчерської (ДЦ) централізації) в основному отримують електроенергію від трифазних трансформаторних підстанцій з вторинною напругою 380/220 В і глухозаземленою нейтраллю. Проектування пристроїв електропостачання та заземлення здійснюється відповідно до затверджених нормативними документами та чинним ГОСТам.

Резервне живлення при безбатарейній системі електропостачання поста ЕЦ (при відключенні двох фідерів) здійснюється від акумуляторної батареї. В даний час для резервного живлення станційних і перегінних пристроїв

залізничної автоматики застосовуються кислотно-свинцеві акумулятори типу СК-6, СК-8, СК-10 або АБН-72, АБН-80. Дані акумулятори можуть забезпечити струм розряду до 185 А, і тому дуже довго їм не було альтернативи як резервного харчування стрілок і світлофорів, особливо на великих станціях з кількістю стрілок від 30 до 100 і вище [6, 9, 10] .

Пропонується в якості альтернативного джерела постійного струму використати літій-залізофосфатні акумулятори (Lithium Iron Phosphate - Li-FePO₄) – це один з нових видів літєвих акумуляторів з номінальною напругою 3,2 ... 3,3 В на один елемент. Питома щільність енергії літій-залізофосфатні акумуляторів в 3 ... 5 рази вище, ніж у свинцево-кислотних акумуляторів, і при цьому вони можуть забезпечити високу швидкість розряду струмом до 10С [13].

Основні особливості та характеристики Li-FePO₄ акумуляторів:

- тривалий термін експлуатації. Літій-залізофосфатні акумулятори забезпечують понад 2000 циклів «заряд-розряд» (при заряді і розряді струмом в 1Q_{ном}). Після 1000 циклів «заряд-розряд» струмом 1Q_{ном} зниження ємності акумуляторів Li-FePO₄ складає всього 10%, а після 2000 циклів залишається приблизно 80% ємності від початкового значення. Після цього акумулятор можна експлуатувати і далі, але зі зниженою ємністю;
- допускають високу швидкість розряду струмом: тривалий розряд до 2С і коротко-тимчасовий розряд до 10Q_{ном};
- допускають високий струм заряду до 0,5С, що значно зменшує час заряду акумулятора (1 ... 2 години). При струмі заряду 0,5Q_{ном} літій-залізофосфатні акумулятор за 30 хвилин заряджається до 80% від своєї номінальної ємності;
- окремі елементи літій-залізофосфатні акумуляторів, також як і кислотно-свинцеві акумулятори, можна включати паралельно і послідовно-тельно для збільшення ємності і напруги акумуляторних батарей;
- високий рівень безпеки літій-залізофосфатні акумуляторів. На відміну від Li-Ion-акумуляторів в них відсутність небезпека спалаху або вибуху при заряді або короткому замиканні;

- широкий діапазон робочих температур від -10 до $+60$ °C;
- практично під час всього процесу розряду літій-залізофосфатні аку-тори забезпечують постійне номінальної-ве значення напруги $3,2 \dots 3,3$ В;
- відсутність токсичності виробництва літій-залізофосфатні акумуляторів, так як всі сировину, що використовується при виробництва, є екологічно чистим і не отруєє навколишнє середовище.

Сьогодні літій-залізофосфатні акумулятори широко використовуються для живлення електричного транспорту (електричні велосипеди та мотоцикли, електровізки), для резервного живлення базових станцій в системах мобільного зв'язку, для автономного живлення електроінструментів та інших пристроїв в яких використовуються електродвигуни, а також у джерелах живлення на сонячних батареях для накопичення енергії (системи забезпечення електроенергією житла).

Для автономного живлення переносної апаратури випускаються одноелементні акумулятори з номінальною напругою третьому $3,2$ В, і ємністю від 600 мА·год. (вага 15 г) до 36 А·год (вага 900 г). Акумулятори данного типу можна використовувати для живлення радіостанцій, датчиків, вимірювальних приладів. Для резервного живлення станційної апаратури і автономного живлення електричних транспортних засобів випускаються акумуляторні збірки з номінальним напругою $6, 9, 12, 24, 36$ і 48 В, і ємністю від 10 А · год (вага 500 г) до 200 А·год (вага 78 кг). Акумулятори даного типу підходять в якості заміни кислотно-свинцевих акумуляторів для резервного живлення станційних і перегінних пристроїв залізничної автоматики, оскільки можуть забезпечити струми розряду до 200 А.

До недоліків літій-залізофосфатні акумуляторів можна віднести те, що вони поки трохи поступаються по щільності енергії літій-полімерним акумуляторам. Вони не сумісні з зарядними пристроями для літій-іонних акумуляторів, оскільки максимально допустима напруга повного заряду літій-залізофосфатних акумуляторів складає $3,7$ В, а у Li-Ion- і Li-Pol-акумуляторів номінальна напруга заряду складає $4,2$ В.

Для створення зарядних пристроїв літій-залізо фосфатних акумуляторів можна застосовувати контролери заряду LiFePO_4 -акумуляторів компанії Texas Instruments, які побудовані на основі контролерів для Li-Ion- і Li-Pol-акумуляторів, зі зміною рівнів напруг, до яких необхідно заряджати літій –залізо фосфатні акумулятори [19-25].

Одноелементні літій-залізо фосфатні акумулятори з номінальною напругою 3,2 В, і ємністю від 600 мА·год (вага 15 г) до 36 А·год (вага 900 г) можна використати для живлення радіостанцій, датчиків, вимірювальних приладів.

Для резервного живлення стаціонарної апаратури і автономного живлення електричного транспорту випускаються акумуляторні збірки з номінальною напругою 6, 9, 12, 24, 36 і 48 В, і ємністю від 10 А год (вага 500 г) до 200 А·год (вага 78 кг). Такі акумулятори можуть бути впроваджені для резервного живлення станційних і перегінних пристроїв залізничної автоматики, оскільки можуть забезпечити струми розряду до 200 А, що характерно для станцій з числом стрілок від 30 до 100.

Літій-залізо фосфатні акумулятори, як один з нових видів літієвих акумуляторів з номінальною напругою 3,2 ... 3,3 В на один елемент, мають питому щільність енергії в 3 ... 5 рази вище, ніж у свинцево-кислотні акумуляторів, і при цьому вони можуть забезпечити високу швидкість розряду струмом до 10С, є дорогими і вимагають використання спеціальних зарядних пристроїв, які несумісні із зарядними пристроями літій-іонних і літій-полімерних акумуляторів [13, 16].

Застосування літієвих акумуляторів в пристроях СЦБ та зв'язку дозволить покращити умови праці електромеханіків, що пов'язано з виключенням такого шкідливого чинника, як вплив парів або брызок сірної кислоти на обладнання та обслуговуючий персонал і, отже, підвищити безпеку, скоротити місце для розміщення обладнання, полегшити працю і, таким чином, вивільнити певну кількість електромеханіків.

3.1.3. Розрахунок і розподіл навантажень панелі ПР1-ЕЦК

Розрахунок розподільчої панелі ПР1-ЕЦК виконується для того, щоб не допустити перевантаження вторинних обмоток силових трансформаторів ТС1 і ТС2, а також забезпечити однакове їхнє завантаження.

Лампочки табло і живильних панелей. Цим навантаженням визначається потужність вторинної обмотки “а” ТС1.

Встановлено, що навантаження, створюване лампочками табло і живильних панелей, у середньому на одну стрілку $P_{\text{ЛТС}}$, $Q_{\text{ЛТС}}$ складає відповідно 6 Вт і 0,9 вар [12,13].

У цьому випадку загальне навантаження від всієї схеми станції $P_{\text{ЛТ}}$, $Q_{\text{ЛТ}}$ на трансформатор ТС1 визначається наступними співвідношеннями:

$$P_{\text{ЛТ}} = P_{\text{ЛТС}} \cdot n_c, \quad (3.12)$$

$$P_{\text{ЛТ}} = 6 \cdot 53 = 318 \text{ Вт},$$

$$Q_{\text{ЛТ}} = Q_{\text{ЛТС}} \cdot n_c, \quad (3.13)$$

$$Q_{\text{ЛТ}} = 0,9 \cdot 53 = 47,7 \text{ вар}.$$

Повна потужність визначається за формулою:

$$S_{\text{ЛТ}} = \sqrt{P_{\text{ЛТ}}^2 + Q_{\text{ЛТ}}^2}, \quad (3.14)$$

$$S_{\text{ЛТ}} = \sqrt{318^2 + 47,7^2} = 321,56 \text{ ВА}.$$

Світлофори. Для більш рівномірного розподілу навантаження світлофорів у панелі ПР1-ЕЦК передбачена можливість поділу світлофорів на 4 групи, що підключаються до обмоток “а”, “в” і “с” ТС2 (кола ПСХ2, ПСХ3, ПСХ4), а також до обмотки “с” ТС1 (коло ПСХ1). Крім того, для мигаючих вогнів світлофорів передбачено окреме коло ПСХМ імпульсного живлення. Коло гарантованого живлення вхідних світлофорів ПХР, ОХР в даний час не використовується у зв'язку з переводом його червоних і запрошувальних вогнів на місцеве резервування.

Загальну потужність навантаження від усіх світлофорів станції можна визначити за формулою:

$$S_{\text{СВП}} = S_{\text{СВ}} \cdot n_{\text{СВ}}, \quad (3.15)$$

де $S_{\text{св}}$ – повна потужність світлофора. $S_{\text{св}} = 22 \text{ В} \cdot \text{А}$ при $\cos \varphi = 0,95$ [12];

$n_{\text{св}}$ – кількість світлофорів на станції. При числі стрілок більше 30 кількість світлофорів перевищує число стрілок у 1,3 рази, [3].

$$\begin{aligned} n_{\text{св}} &= 53 \cdot 1,3 = 69 \text{ шт}, \\ S_{\text{свп}} &= 22 \cdot 69 = 1518 \text{ ВА}, \\ P_{\text{свп}} &= S_{\text{свп}} \cdot \cos \varphi, \\ P_{\text{свп}} &= 1518 \cdot 0,95 = 1442 \text{ Вт}, \end{aligned} \quad (3.16)$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{свп}} &= \sqrt{S_{\text{свп}}^2 - P_{\text{свп}}^2}, \\ Q_{\text{свп}} &= \sqrt{1518^2 - 1442^2} = 473,99 \text{ вар}. \end{aligned} \quad (3.17)$$

Контрольні кола стрілок. Для живлення контрольних кіл стрілок використовується напруга 220 В, отримана від обмотки “в” ТС1.

Повна потужність кіл контролю стрілок

$$S_{\text{кк}} = S_{\text{ксс}} \cdot n_{\text{с}}, \quad (3.18)$$

де $S_{\text{ксс}}$ – потужність кіл контролю в розрахунку на одну стрілку складає $P_{\text{ксс}} = 7,7 \text{ Вт}$, $Q_{\text{ксс}} = 5,3 \text{ вар}$ [12].

$$\begin{aligned} P_{\text{кк}} &= 7,7 \cdot 53 = 408,1 \text{ Вт}, \\ Q_{\text{кк}} &= 5,3 \cdot 53 = 280,9 \text{ вар}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{кк}} &= \sqrt{P_{\text{кк}}^2 + Q_{\text{кк}}^2}, \\ S_{\text{кк}} &= \sqrt{408,1^2 + 280,9^2} = 495,43 \text{ ВА}. \end{aligned} \quad (3.19)$$

Дешифруючі пристрої автоблокування. Потужність дешифраторів автоблокування $S_{\text{да}}$, що живляться через трансформатор Т7 (тип СОБС-2А) від обмотки “а” ТС2, залежить від кількості підходів до станції $n_{\text{вх}}$ і може бути визначена за формулою:

$$S_{\text{да}} = S_{\text{дап}} \cdot n_{\text{вх}}, \quad (3.20)$$

де $S_{\text{дап}}$ - потужність дешифруючих пристроїв у розрахунку на один підхід складає $P_{\text{дап}} = 16,6 \text{ Вт}$, $Q_{\text{дап}} = 16,8 \text{ вар}$ [3,6].

$$P_{\text{да}} = 16,6 \cdot 5 = 83 \text{ Вт},$$

$$Q_{\text{да}} = 16,8 \cdot 5 = 84 \text{ вар},$$

$$S_{\text{да}} = \sqrt{P_{\text{да}}^2 + Q_{\text{да}}^2}, \quad (3.21)$$

$$S_{\text{да}} = \sqrt{83^2 + 84^2} = 118,08 \text{ ВА}.$$

Лампочки пультів огородження поїздів. Живлення ламп пультів огородження поїздів на коліях їхнього огляду і ремонту здійснюється напругою 24...36 В, яка береться від трансформатора Т8 (тип СОБС-2А) від обмотки “а” трансформатора ТС2. На станціях до 130 стрілок потужність ламп пультів огородження $S_{\text{оп}}$ (безупинного й імпульсного живлення) в цілому для поста ЕЦ може бути прийнята $P_{\text{оп}} = 90 \text{ Вт}$, $Q_{\text{оп}} = 20 \text{ вар}$.

$$S_{\text{оп}} = \sqrt{P_{\text{оп}}^2 + Q_{\text{оп}}^2}, \quad (3.22)$$

$$S_{\text{оп}} = \sqrt{90^2 + 20^2} = 92,19 \text{ ВА}.$$

Трансмітерні реле і трансмітери. Навантаження $S_{\text{тр}}$, яке створюється трансмітерними реле і кодовими трансмітерами на обмотку “в” ТС2, може бути прийнято в розрахунку на пост ЕЦ 110 В·А при $\cos \varphi = 0,8$.

$$P_{\text{тр}} = S_{\text{тр}} \cdot \cos \varphi, \quad (3.23)$$

$$P_{\text{тр}} = 110 \cdot 0,8 = 88 \text{ Вт},$$

$$Q_{\text{тр}} = \sqrt{S_{\text{тр}}^2 - P_{\text{тр}}^2}, \quad (3.24)$$

$$Q_{\text{тр}} = \sqrt{110^2 - 88^2} = 66 \text{ вар}.$$

Позапостові кола. Потужність позапостових кіл (ДСН, контролю перегону, зміни напрямку та ін.), що живляться від обмотки “а” ТС2 напругою 220 В через панель ПВП1М-ЕЦК, визначається за даними розрахунку навантажень перетворювача панелі ПВП1М-ЕЦК.

ЕПК пневмоочищення стрілок. Живлення ЕПК пневмообдувки стрілок від снігу виконується напругою 220 В від обмотки “а” ТС2 через панель ПВП1М-ЕЦК. Навантаження визначається з огляду на одночасний обдув двох стрілок у різних районах станції і може бути прийняте в цілому на пост ЕЦ $P_{\text{епк}} = 26 \text{ Вт}$,

$$Q_{\text{епк}} = 94 \text{ вар.}$$

$$S_{\text{епк}} = \sqrt{P_{\text{епк}}^2 + Q_{\text{епк}}^2}, \quad (3.25)$$

$$S_{\text{епк}} = \sqrt{26^2 + 94^2} = 97,5 \text{ ВА.}$$

Трансформатори 50 Гц для кодування станційних рейкових кіл. Кодування станційних рейкових кіл 25 Гц струмами 50 Гц використовується на ділянках з автономною та електричною тягою постійного струму. Це навантаження може включатися на обмотку “а” чи “в” ТС2.

Потужність кодувальних трансформаторів 50 Гц визначається за формулою, В·А,

$$S_{\text{к}} = S_{\text{крк}} \cdot n_{\text{рк}}, \quad (3.26)$$

де $S_{\text{крк}}$ - потужність одного рейкового кола при кодуванні його частотою 50 Гц (в середньому $P_{\text{крк}} = 11,0 \text{ Вт}$, $Q_{\text{крк}} = 38 \text{ вар}$); $n_{\text{рк}}$ – кількість рейкових кіл, що кодуються. Слід прийняти 2 рейкових кола на кожний з підходів до станції.

$$n_{\text{рк}} = 2 \cdot 5 = 10 \text{ шт,}$$

$$S_{\text{крк}} = \sqrt{P_{\text{крк}}^2 + Q_{\text{крк}}^2}, \quad (3.27)$$

$$S_{\text{крк}} = \sqrt{11^2 + 38^2} = 39,56 \text{ ВА,}$$

$$S_{\text{к}} = 39,56 \cdot 10 = 395,6 \text{ ВА.}$$

Результати виконаних розрахунків представлені у формі табл. 2.

Загальна потужність навантажень панелі ПР1-ЕЦК $P_{\text{пр}}$, $Q_{\text{пр}}$, $S_{\text{пр}}$ визначаємо за формулами:

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{ТС1}} + P_{\text{ТС2}}, \quad (3.28)$$

$$P_{\text{пр}} = 1581,89 + 1229,71 = 2811,6 \text{ Вт,}$$

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{ТС1}} + Q_{\text{ТС2}}, \quad (3.29)$$

$$Q_{\text{пр}} = 609,9 + 985,69 = 1595,59 \text{ вар,}$$

$$S_{\text{пр}} = \sqrt{P_{\text{пр}}^2 + Q_{\text{пр}}^2}, \quad (3.30)$$

$$S_{\text{пр}} = \sqrt{2811,6^2 + 1595,59^2} = 3232,8 \text{ ВА,}$$

де $P_{TC1}, Q_{TC1}, P_{TC2}, Q_{TC2}$ - активна і реактивна складові потужностей навантажень трансформаторів TC1 і TC2 відповідно.

Оскільки загальна потужність не перевищує 9 кВ·А, то встановлюємо одну панель ПР1-ЕЦК.

Результати виконаних розрахунків представлені у табл. 3.2 . Електрична схема електроживлення навантажень панелі ПР1-ЕЦК наведена на Листі 7.

3.1.4. Розрахунок навантаження випрямлячів панелі ПВП1М-ЕЦК

На підставі розрахунку навантаження випрямлячів панелі ПВП1М-ЕЦК встановлюється режим експлуатації блоку БУЗМ.

За наявності напруги змінного струму випрямні пристрої і перетворювачі, що працюють в режимі випрямлення використовуються для живлення навантажень постійним струмом 24 В. Максимальний струм випрямної панелі складає 50 А [3].

Струм I_H , який споживається релейними схемами ЕЦ і панелями живлення, складає

$$I_H = I_{ap} \cdot n_c, \quad (3.31)$$

де I_{ap} - середньодобовий струм, який споживається реле поста ЕЦ у нормальному режимі в розрахунку на одну стрілку. При безбатарейній системі живлення $I_{ap}=0,445$ А, [12].

$$I_H = 0,445 \cdot 53 = 23,58 \text{ А.}$$

У режимі постійного підзаряду батарея знаходиться в зарядженому стані. При цьому вона споживає струм

$$I_{пз} = 0,0015 \cdot Q_H, \quad (3.32)$$

де Q_H – номінальна ємність акумуляторів батареї, А·год.

$$I_{пз} = 0,0015 \cdot 288 = 0,432 \text{ А.}$$

У режимі форсованого заряду батарея знаходиться в розрядженому стані.

Таблиця 3.2 – Розрахунок навантаження панелі ПР1-ЕЦК

Навантаження			Лампочки табло	Світлофори	Контрольні кола стрілок	Дешифруючі пристрої АБ	Лампочки пульта	Трансмітери	Позапостові кола	ЕПК пневмоочистки стрілок	Кодувальні трансформатори 50 Гц	Всього
ТС1	а	Р,Вт	318									STC1=1717,83
		Q,вар	47,7									
		S,ВА	321,56									
	в	Р,Вт			408,1							
		Q,вар			280,9							
		S,ВА			495,43							
	с	Р,Вт		855,79								
		Q,вар		281,3								
		S,ВА		900,84								
ТС2	а	Р,Вт				83	90		246,5	26		STC2=1718,47
		Q,вар				84	20		149	94		
		S,ВА				118,08	92,19		288,03	97,5		
	в	Р,Вт						88			110	
		Q,вар						66			380	
		S,ВА						110			395,6	
	с	Р,Вт		586,21								
		Q,вар		192,69								
		S,ВА		617,07								

При цьому зарядний струм батареї складає

$$I_{36} = \frac{Q_H}{t_{BB} \cdot \eta_a}, \quad (3.33)$$

де t_{BB} - максимальний час відновлення (заряду) батареї, береться $t_{BB} = 72$ год [10]; η_a - коефіцієнт корисної дії акумуляторів, $\eta_a = 0,8$ [12].

$$I_{36} = \frac{288}{72 \cdot 0,8} = 5 \text{ A.}$$

Струм у режимі постійного підзаряду батареї можна визначити за формулою:

$$I_{\text{вп}} = I_{\text{н}} + I_{\text{пз}}, \quad (3.34)$$

$$I_{\text{вп}} = 23,58 + 0,432 = 24,01 \text{ А.}$$

У режимі форсованого заряду батареї струм дорівнює

$$I_{\text{вз}} = I_{\text{н}} + I_{\text{зб}}, \quad (3.35)$$

$$I_{\text{вз}} = 23,58 + 5 = 28,58 \text{ А.}$$

Оскільки $I_{\text{вп}}$ не перевищує значення 50 А, то встановлюється одна панель ПВП1М-ЕЦК.

3.1.5. Розрахунок стрілочної панелі ПСПН-ЕЦК

Стрілочні панелі розраховані на максимальний сумарний струм обох груп робочих кіл стрілок 30 А. Розрахунок стрілочної панелі полягає в перевірці відповідності струму, який споживається стрілками при їхньому переводі, із припустимим струмом панелі [3].

У випадку, коли на станції проектується електрообігрівання автоперемикачів стрілочних приводів, додатковим розрахунком перевіряється також потужність кіл обігріву. За цією потужністю вибирається відповідне виконання панелі.

Максимальний (пусковий) струм $I_{\text{сп max}}$, який споживається від випрямлячів панелі ПСПН-ЕЦК, залежить від типу рейок, марок хрестовин стрілочних переводів, кількості одночасно переведених стрілок і може бути визначений за формулою

$$I_{\text{сп max}} = I_{\text{еп}} \cdot n_{\text{со}}, \quad (3.36)$$

де $I_{\text{еп}}$ – струм, який споживається одним електроприводом стрілочного переводу даного типу; $n_{\text{со}}$ – кількість одночасно переведених стрілок даного типу. На станціях із кількістю стрілок до 60 - $n_{\text{со}} = 4$ [12,13].

Розрахунковий струм електроприводів СП-6 на стрілочних переводах із маркою хрестовини 1/11 при типі рейок Р65 складає 3,2 А.

$$I_{\text{сп max}} = 3,2 \cdot 4 = 12,8 \text{ А.}$$

Оскільки струм $I_{\text{сп max}}$ менше 30 А, то стрілочна панель ПСПН-ЕЦК буде одна.

Потужність кіл електрообігріву стрілочних приводів розраховується таким

ЧИНОМ:

$$S_e = S_{ec} \cdot n_c, \quad (3.37)$$

де S_{ec} – потужність кіл електрообігріву, яка припадає на одну стрілку, $P_{ec} = 15$ Вт, $Q_{ec} = 5$ вар.

$$S_{ec} = \sqrt{P_{ec}^2 + Q_{ec}^2}, \quad (3.38)$$

$$S_{ec} = \sqrt{15^2 + 5^2} = 15,81 \text{ ВА},$$

$$S_e = 15,81 \cdot 53 = 838 \text{ ВА}.$$

3.1.6. Розрахунок потужності рейкових кіл та панелей ПП25.1-ЕЦК

Розрахунок панелей ПП25.1-ЕЦК полягає у визначенні їхньої кількості, виходячи з навантаження, яке створюється рейковими колами.

Фазочутливі рейкові кола мають два кола живлення, тому в панелях установлюють місцеві і колійні перетворювачі. Розрахунок панелей виконується як за навантаженням колійних трансформаторів, так і за навантаженням місцевих елементів колійних реле ДСШ [3].

Потужність колійних трансформаторів рейкових кіл $S_{пт}$ і місцевих елементів колійних реле $S_{ме}$ можна визначити за наступними співвідношеннями:

$$S_{пт} = S_{птс} \cdot n_c, \quad (3.39)$$

$$S_{ме} = S_{мес} \cdot n_c, \quad (3.40)$$

де $S_{птс}, S_{мес}$ – повні потужності відповідно колійних трансформаторів і місцевих елементів у розрахунку на одну стрілку. При електротязі постійного струму – $P_{птс} = 16,8$ Вт, $Q_{птс} = 7,85$ вар, $P_{мес} = 4,1$ Вт, $Q_{мес} = 4,4$ вар.

$$S_{птс} = \sqrt{P_{птс}^2 + Q_{птс}^2}, \quad (3.41)$$

$$S_{птс} = \sqrt{16,8^2 + 7,85^2} = 18,544 \text{ ВА},$$

$$S_{пт} = 18,54 \cdot 53 = 982,8 \text{ ВА},$$

$$S_{мес} = \sqrt{P_{мес}^2 + Q_{мес}^2}, \quad (3.42)$$

$$S_{мес} = \sqrt{4,1^2 + 4,4^2} = 6,014 \text{ ВА},$$

$$S_{\text{ме}} = 6,014 \cdot 53 = 318,75 \text{ ВА.}$$

Далі розраховується необхідне число місцевих $n_{\text{мп}}$ і колійних $n_{\text{пп}}$ перетворювачів:

$$n_{\text{мп}} = \frac{S_{\text{ме}}}{S_{\text{пме}}}, \quad (3.43)$$

$$n_{\text{пп}} = \frac{S_{\text{пт}}}{S_{\text{ппе}}}, \quad (3.44)$$

де $S_{\text{ппе}}, S_{\text{пме}}$ – розрахункові потужності відповідно колійного і місцевого перетворювачів, $S_{\text{ппе}} = 290 \text{ ВА}$, $S_{\text{пме}} = 300 \text{ ВА}$, [12].

$$n_{\text{мп}} = \frac{318,75}{300} \approx 2,$$

$$n_{\text{пп}} = \frac{982,8}{290} \approx 4.$$

Відповідно до кількості перетворювачів визначається число панелей. На ділянках з електротягою постійного струму одна панель устанавлюється лише в тому випадку, коли кількість колійних перетворювачів не перевищує чотирьох. В даному випадку встановлюється одна панель.

Визначимо фактичне завантаження перетворювачів $S_{\text{фмп}}$ та $S_{\text{фпп}}$, скориставшись наступними співвідношеннями:

$$S_{\text{фмп}} = \frac{S_{\text{ме}}}{n_{\text{мп}}}, \quad (3.45)$$

$$S_{\text{фпп}} = \frac{S_{\text{пт}}}{n_{\text{пп}}}, \quad (3.46)$$

$$S_{\text{фмп}} = \frac{318,75}{2} = 159,37 \text{ ВА,}$$

$$S_{\text{фпп}} = \frac{982,8}{4} = 245,7 \text{ ВА.}$$

3.1.7. Розрахунок ввідної панелі ПВ1М-ЕЦК, навантаження на зовнішні мережі та вибір ДГА

Метою розрахунку ввідної панелі є перевірка завантаження її на потужність та визначення струмів плавких вставок у фідерах живлення, що повинні вказуватися в документації на панель.

Максимальна потужність однієї панелі ПВ1М-ЕЦК складає 80 кВА. Потужність ввідної панелі визначається сумою окремих видів навантажень: пристроїв СЦБ, зв'язку, освітлення і вентиляції, майстерень, а також маневрових постів (за їх наявності).

Потужність навантажень СЦБ визначається навантаженнями панелей ПР1-ЕЦК, ПВП1М-ЕЦК, ПСПН-ЕЦК та ПП25.1-ЕЦК [3].

Створюване панеллю ПР1-ЕЦК навантаження на ПВ1М-ЕЦК складається із загальної потужності навантажень ПР1-ЕЦК $S_{\text{пр}}$ і потужності втрат у трансформаторах ТС1 і ТС2. Активна $\Delta P_{\text{ТС}}$ і реактивна $\Delta Q_{\text{ТС}}$ – складові потужності втрат в кожному із ТС – орієнтовно дорівнюють $\Delta P_{\text{ТС}} = 540$ Вт, $\Delta Q_{\text{ТС}} = 750$ вар. Тоді повна повна потужність складе

$$\Delta S_{\text{ТС}} = \sqrt{\Delta P_{\text{ТС}}^2 + \Delta Q_{\text{ТС}}^2}, \quad (3.47)$$

$$\Delta S_{\text{ТС}} = \sqrt{540^2 + 750^2} = 924,17 \text{ ВА.}$$

Навантаження на ПВ1М-ЕЦК від панелі ПВ1М-ЕЦК створюються під час найбільш несприятливого після аварійного періоду її роботи в режимі відновлення ємності контрольної батареї 24 В.

Активна складова цього навантаження розраховується за наступною формулою:

$$P_{\text{ПВП}} = \frac{I_{\text{вз}} \cdot U_{36}}{\eta_{\text{ВП}}}, \quad (3.48)$$

де U_{36} – напруга батареї при форсованому заряді, $U_{36} = 31$ В; $\eta_{\text{ВП}}$ – ККД випрямних (зарядних) пристроїв, $\eta_{\text{ВП}} = 0,6$ [13].

$$P_{\text{ПВП}} = \frac{28,58 \cdot 31}{0,6} = 1476,63 \text{ Вт.}$$

Реактивна складова навантаження ПВ1М-ЕЦК орієнтовно може бути прийнята на станціях із кількістю стрілок до 100 – 1180 вар., тоді

$$S_{\text{ПВП}} = \sqrt{P_{\text{ПВП}}^2 + Q_{\text{ПВП}}^2}, \quad (3.49)$$

$$S_{\text{ПВП}} = \sqrt{1476,63^2 + 1180^2} = 1890,19 \text{ ВА.}$$

Навантаження на ПВ1М-ЕЦК від стрілочної панелі ПСПН-ЕЦК визначаються потужністю живлення робочих кіл стрілок $S_{\text{псп}}$ при їхньому переводі і електричного обігріву приводів, якщо він на станції передбачений.

Потужність кіл переводу стрілок залежить від кількості одночасно переведених стрілок і з урахуванням втрат може бути прийнята в цілому на пост ЕЦ на станціях із кількістю стрілок до 60 стрілок включно $P_{\text{псп}} = 2100$ Вт, $Q_{\text{псп}} = 900$ вар, [12].

$$S_{\text{псп}} = \sqrt{P_{\text{псп}}^2 + Q_{\text{псп}}^2}, \quad (3.50)$$

$$S_{\text{псп}} = \sqrt{2100^2 + 900^2} = 2284,73 \text{ ВА.}$$

Навантаження на ПВ1М-ЕЦК від панелей ПП25.1-ЕЦК визначаються кількістю панелей, схемою їхнього включення, а також видом тяги. Рейкові кола, як відомо, споживають електричну енергію від перетворювачів ПЧ50/25-300 на частоті 25 Гц. У той же час перетворювачі частоти з боку мережі споживають струм на частоті 50 Гц.

При синфазному включенні двох і більше перетворювачів ПЧ50/25–300 в мережу змінного струму розрахункова потужність кожного з них на частоті 50 Гц визначається за дод. 2.[12]. Тому потужність $S_{\text{ппч}}$ на ПВ1М-ЕЦК буде залежати від схеми включення місцевих і колійних перетворювачів.

При синфазному включенні розрахункову потужність ПП25.1-ЕЦК на частоті 50 Гц можна визначити як

$$S_{\text{ппч}} = S_{\text{пч}} \cdot n_{\text{пч}}, \quad (3.51)$$

де $S_{\text{пч}}$ – розрахункова потужність перетворювача на частоті 50 Гц [12] за даними його фактичного завантаження $S_{\text{фмп}}$ та $S_{\text{фпп}}$ з боку 25 Гц, $n_{\text{пч}}$ – кількість задіяних перетворювачів у панелі.

$$S_{\text{ппч}} = 630 \cdot 6 = 3780 \text{ ВА.}$$

На ділянках із електротягою постійного струму панелі ПП25.1-ЕЦК, а також пристрої зв'язку отримують живлення через трансформатор ТС3. Сумарна потужність навантаження трансформатора ТС3 визначається за формулою

$$S_{\text{ТСЗ}} = S_{\text{ппч}} \cdot S_{\text{св}}, \quad (3.52)$$

де $S_{\text{св}}$ – повна потужність пристроїв зв'язку.

$$S_{\text{ТСЗ}} = 3780 + 6828 = 10608 \text{ ВА.}$$

За отриманим значенням потужності $S_{\text{ТСЗ}}$ визначаємо потужність активних $\Delta P_{\text{ТСЗ}}$ і реактивних $\Delta Q_{\text{ТСЗ}}$ втрат у трансформаторі ТСЗ (дод. 4). [12].

$$\Delta P_{\text{ТСЗ}} = 350 \text{ Вт, } \Delta Q_{\text{ТСЗ}} = 1650 \text{ вар.}$$

$$\Delta S_{\text{ТСЗ}} = \sqrt{\Delta P_{\text{ТСЗ}}^2 + \Delta Q_{\text{ТСЗ}}^2}, \quad (3.53)$$

$$\Delta S_{\text{ТСЗ}} = \sqrt{350^2 + 1650^2} = 1686,71 \text{ ВА.}$$

Потужності навантажень неосновного призначення залежать від типу поста ЕЦ [3, 12].

Результати розрахунку потужності панелі ПВ1М-ЕЦК $S_{\text{пв}}$ представлені у табл.3.3.

Отже, на посту ЕЦ приймаємо одну панель ПВ1М-ЕЦК.

Одночасно з розрахунком потужності ПВ1М-ЕЦК визначається навантаження ДГА. При розрахунку навантаження ДГА $S_{\text{дга}}$ потужність споживачів негарантованого живлення не враховується.

$$S_{\text{дга}} = S_{\text{пв}} - S_{\text{нсн}} - S_{\text{но}}, \quad (3.54)$$

де $S_{\text{нсн}}, S_{\text{но}}$ – повна потужність відповідно негарантованого освітлення і силового навантаження.

$$S_{\text{дга}} = 60194,84 - 17400 - 9260 = 33534,84 \text{ ВА.}$$

Вибір типу ДГА виконується за активною складовою потужності $P_{\text{дга}}$. Як відомо, автоматизовані дизель-генераторні агрегати випускаються таких типів ДГА-12, ДГА-24 і ДГА-48 із номінальною потужністю відповідно 12, 24 і 48 кВт [8]. В даному випадку оберемо ДГА-48.

Розрахунок плавких вставок виконується для найбільш завантаженої фази системи електроживлення. Якщо врахувати рівномірність завантаження фаз, то струм $I_{\text{ф}}$ при напрузі $U_{\text{ф}}=220 \text{ В}$ складе

$$I_{\text{ф}} = \frac{S_{\text{пв}}}{3 \cdot U_{\text{ф}}}, \quad (3.55)$$

Таблиця 3.3 – Розрахунок потужності панелі ПВ-ЕЦК

Навантаження	Потужність окремих навантажень		
	активна Р, Вт	реактивна Q, вар	повна S, В·А
Панель ПР1–ЕЦК			
Навантаження панелі	2811,6	1595,59	3232,8
Втрати на трансформаторі ТС1	540	750	924,17
Втрати на трансформаторі ТС2	540	750	924,17
Панель ПВП1М–ЕЦК			
Навантаження в режимі заряду батареї	1476,63	1180	1890,19
Панель ПСПН–ЕЦК			
Перевод стрілок	2100	900	2284,73
Обігрів стрілок (127 В)	795	265	838
Панель ПП25.1–ЕЦК			
Навантаження панелей			3780
Втрати у трансформаторі ТС3	350	1650	1686,71
Всього СЦБ			15560,77
Резерв СЦБ –10 %			1556,07
Всього з резервом СЦБ			17116,84
Пристрої зв'язку	5200	4426	6828
Освітлення:			
гарантоване			6940
негарантоване			9260
Вентиляція:			
гарантована			2650
негарантована та майстерні			17400
Всього на панель ПВ1М-ЕЦК			60194,84

$$I_{\phi} = \frac{60194,84}{3 \cdot 220} = 91,2 \text{ А.}$$

За отриманим значенням фазного струму I_{ϕ} вибираємо найближчу плавку вставку панелі ПВ1М-ЕЦК на 100 А.

Альтернативним варіантом вибору ДГА є ДГА укомплектовується, крім дизель-генератора, щитом управління є основними операціями ЩДГА, щитом заряду і

розряду батарей і живленням автоматики ЩЗРБ 60-М, баками для води, масла і палива.

ДГА-48 забезпечать резервування кіл електроживлення з дуже великим запасом ($33534 \text{ ВА} < 48\,000 \text{ ВА}$). Тому запропоновано використати сучані дизель-генераторні установки типу Дизель-генератор 25 кВт / 30 кВА (Дизельна електростанція 25 кВт / 30 кВа) [3, 12-16].

Характеристики дизель генераторної ДГУ.

Номінальна потужність в основному режимі - 24/30кВт / кВА

Номінальна потужність в резервному режимі - 26/33кВт / кВА

Виробник Rex-Pool Plus (Польща)

Витрата палива на навантаженні 75% - 5,9л / год

Обсяг паливного бака - 110л

Габарити / вага (відкрите виконання), ДхШхВ - 1900х1000х1450 / 960мм / кг

Габарити / вага (виконання в шумопоглинаючому вмісті)- 2510х1060х1600 / 1300 мм / кг

Дизельний двигун Deutz (Німеччина)

Модель (ліцензійна, збірка Китай) D226B-3D виконання 3L

Система охолодження рідинна

Швидкість обертання коленвала - 1500об / хв

Регулювання швидкості обертання (базова) механічна

Система подачі повітря - турбо

Генератор змінного струму Marelli (Італія)

Напруга - 230 / 400В, 50Гц

Тип синхронний - безколекторний

Регулювання вихідної напруги - автоматична (АРН)

Ступінь захисту IP23

Клас ізоляції - Н

Основні функції модуля автоматики RGK40 (Італія):

- ручний та віддалений (від сигналу зовнішнього джерела) старт / стоп агрегату;

- вимірювання по фазах V, A, $\cos f$, kW, kVa, вимір rpm, Hz, лічильник; функція індикації та стеження за акумуляторними батареями;
- система сигналізації і відключення при низькому тиску масла, високій температурі охолоджуючої рідини, розносі двигуна;
- захист і відключення при перевантаженні по струму і / або напрузі, частоті;
- порт RS232 для підключення до ПК і програмування модуля.

Базова поставка: Дизель-генератор відкритого виконання з модулем автоматики RGK40, базовий паливний бак на 6 годин автономної роботи, індустріальний глушник.

Основні опції (за замовленням):

- Цифровий AMF контролер RGK800 (Італія);
- Автоматичне введення резерву з контакторами ATS;
- Розширення модуля автоматики для роботи в системі АСУТП;
- Система постійного підмагнічування силового генератора (PMG);
- Захист від бризок шумоізолюючий вміст;
- Захист від бризок, утеплений, шумоізолюючий контейнер;
- Синхронізація з основною мережею або іншим дизель-генератором;
- Ефективний глушитель з рівнем зменшення шумів на 35 дБ;
- Система автоматичного поповнення паливом з додаткового бака.
- Повна синхронізація модуля управління з ПК, SMS оповіщення, софт.

3.2. Висновки за розділом

Для електричного живлення пристроїв залізничної автоматики та телемеханіки використовують випрямлячі, напівпровідникові перетворювачі, хімічні джерела струму (акумулятори), ДГА та багато іншого. Дане обладнання розміщується в певних складних установках, які живлять пристрої автоматики та телемеханіки електричною енергією [1-3].

Панель ПВП1М-ЕЦК випрямно-перетворювальна панель призначена для перетворення трифазного змінного струму в постійний, а також підтримки заряду

аккумуляторної батареї 24 В. В залежності від напруги батареї панель забезпечує її роботу в режимі безперервного чи форсованого заряду.

У даному розділі виконувався розрахунок панелі електроживлення поста ЕЦ за такими даними: електрична тяга постійного струму; кількість стрілок - 53; кількість підходів до станції - 5; схильність до сніжних заметів - присутня; кліматична зона - волога. Також крім цього обирається певний тип ДГА за різними принципами та характеристиками, які приведені раніше.

Тому для даних умов наукової роботи запропоновано використовувати нові, сучасні дизель-генераторні установки типу дизель-генератор 25 кВт / 30 кВА із загальним обсягом вмісту палива 110 літрів, системою охолодження та синхронізацією з основною мережею живлення, а також іншими генераторами. ДГА вважають третім додатковим джерелом живленням систем, що входять до першої категорії електропостачання, а також одним із важливих.

4. ВПРОВАДЖЕННЯ СХЕМ ТА ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ В ПАНЕЛЯХ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

Зараз питання електропостачання постів ЕЦ та інших станційних приміщень, а також перегінних пристроїв СЦБ вирішуються згідно з вимогами нормативних документів, затверджених Міністерством транспорту України. У своїй основі ці документи базуються на вимогах ПУЕ. При цьому живлення передбачається від поєднаних або спеціальних комплексних трансформаторних підстанцій (КТП), а іноді і від власних фідерів 0,4 кВ [15]. Станційні облаштування автоматики магістрального залізничного транспорту(пости ЕЦ) в основному отримують електроенергію від трифазних трансформаторних підстанцій з вторинною напругою 380/220 В і глухозаземленою нейтраллю. Проектування схем електропостачання і заземлення відбувається згідно з погодженими нормативними документами та діючими Державними стандартами [21-23].

Принципово введення живлячої напруги відбувається наступним чином: від трансформаторної підстанції введення в постову будівлю здійснюється чотирижильним кабелем, який підключається до клем щита ввідного перемикачів(ЩВП), що призначених для знеструмлення приміщення при пожежній небезпеці. Далі напруга подається внутрішнім чотирижильним кабелем на ввідну панель ПВ1-ЕЦК, в якій по кожній фазі встановлені пристрої захисту. Корпуси ЩВП, ПВ1- ЕЦК і інших панелей електроживлення зводять до нуля через четверту жилу кабелю, з'єднану з нейтраллю трансформатора(нульовий робочий провідник). Біля постової службово-технічної будівлі обладнується заземлювач, який з'єднаний з контурами магістралей заземлення в службових кімнатах(релейною, зв'язковою, генераторною), які заземлюючими провідниками об'єднанні з корпусами стативів, панелей, ЩВП, пультом-табло. Через що створюється повторне заземлення устаткування. До цих же заземлюючих пристроїв (ЗП) підключені прилади захисту від перенапруги. Електроживлення пристроїв СЦБ (реле, світлофори, рейкові кола, контрольні і робочі кола стрілочних електроприводів) відокремлено від трифазної мережі з

глухозаземленною нейтраллю розділовими трансформаторами, що розташовуються в закритих панелях живлення. Ізоляція джерел живлення пристроїв СЦБ безперервно контролюється сигналізаторами заземлення з питомою чутливістю 1 кОм/В. Через що напруга, що подається на стативи з апаратурою і на виконавчі пристрої СЦБ, ізолювана від землі, що дає можливість використати однополюсне розмикання кіл. Для підтримки нормального рівня ізоляції віддалені від поста навантаження змінного струму з номінальною напругою 220 В згруповані в окремі розділові трансформатори з максимальною потужністю 1,5 КВ-А (рис.4.1) [10-16].

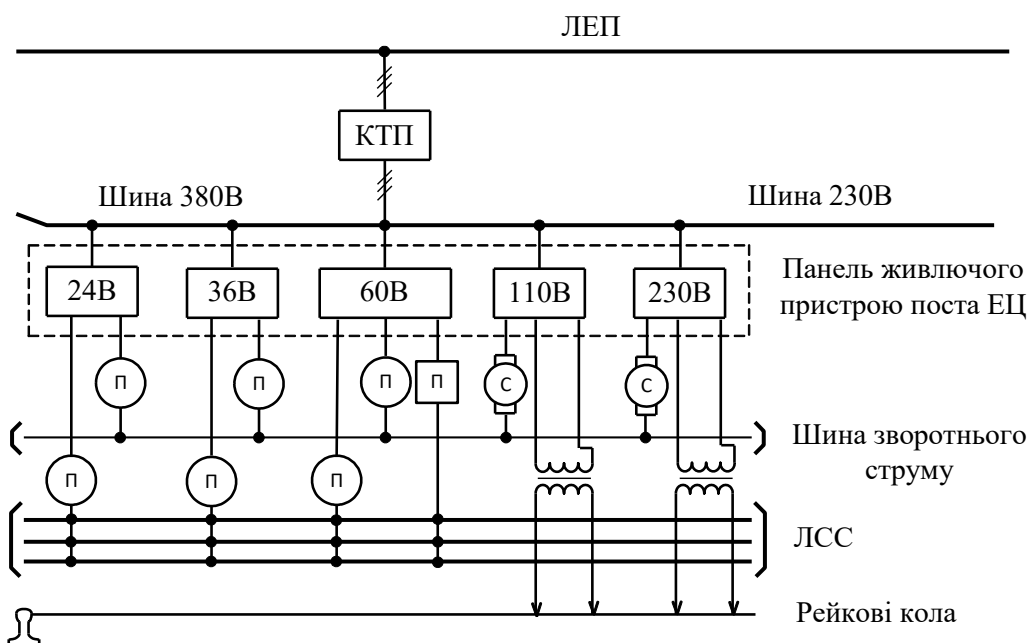


Рисунок 4.1 – Структурна узагальнена схема розподілу мережі електропостачання на посту ЕЦ. Примітка: П - перехідна група контактів, реле і т. п.;

С - стрілочний перевід

В цілому електричне постачання службово-технічних будівель залізничного транспорту виконується за Правилами облаштування електроустановок (ПОЕ), однак в реальному проектуванні деякі положення виконуються з відступом від вимог ПУЕ [4].

До даних відступів відносять:

- відсутність для електроустановок різного призначення загальних заземлюючих пристроїв;

- виконання з магістралями заземлень однопровідного з'єднання контурів заземлення;
- занижений переріз заземлюючих провідників;
- не забезпечення потрібного захисту значення струму короткого замикання (кз) для приладдя на підстанції;
- допускається послідовне з'єднання корпусів різних електроустановок.
- відсутність єдиних вимог, а також вказівок з облаштування заземлення в різних господарствах залізничного транспорту.

В результаті при пошкодженні ізоляції фазних дротів на трансформаторних підстанціях або в силових навантаженнях бувають випадки загорання кабелів та постового електричного обладнання за рахунок перенапруги в колах електропостачання [13, 16].

До споживачів першої категорії відносять пристрої електричної централізації за надійністю електроживлення. Найбільш вимогливих до надійності електроживлення виділяють групу серед усіх споживачів першої категорії. Споживачі цієї групи повинні мати третє незалежне джерело електроенергії - ДГА.

На станціях із кількістю стрілок більше 30, як правило, є можливість забезпечити електропостачання пристроїв МРЦ по двох окремих лініях від двох незалежних джерел зовнішніх мереж змінного струму. В якості третього незалежного джерела живлення передбачається ДГА, і тоді електроживлення пристроїв МРЦ відбувається по безбатарейній системі [12, 17].

Для захисту від перенапружень(атмосферних і комутаційних) на високій і низькій стороні різних КТП передбачаються обмежувачі перенапружень, розрядники, іскрові проміжки, оскільки при дії на високовольтну обмотку трансформатора блискавки 40% перенапружень здатні навестися ємнісним шляхом. Вибір обмежувачів перенапруження(ОПН) робиться без урахування часу відключення однофазних коротких замикань, тобто по найбільшій робочій напруги. Захист трансформатора з високої сторони відбувається високовольтними запобіжниками, які забезпечують тільки максимальний захист. Захист

трансформатора по низькій стороні від струмів (к.з.) відбувається автоматичними вимикачами, але захист від неповно фазного режиму не передбачають, тому відключити трансформатор при такому виді ушкодження неможливо [15].

Варто додати, що робота обладнання при тривалих перенапруженнях утворює прискорене старіння ізоляції, що призводить до порушення ізоляції кабелів та обладнання, що може створити пожежу. Нині на мережі доріг експлуатується понад 5 тис. постів електричної централізації. Споруди і обладнання ЕЦ знаходяться в експлуатації різний час, багато з них вже експлуатуються 40 років, тобто більше нормативного терміну служби.

Проаналізовані типові проекти та проектні рішення на реальних ділянках залізниць, чинні нормативні документи вживані в системах електропостачання на промисловому транспорті, вказують на те, що практично в усіх випадках захист від замикань на землю до приладу автоматичного захисту у вторинних ланцюгах відсутній. Особливістю кожного КТП є значна кількість споживачів електричної енергії: пристрої СЦБ, зв'язку, путнього і локомотивного господарства, а також складність виконання ЗП на обмеженість простору біля колій.

Майже на усіх КТП (окрім СТП) вторинна напруга подається до електричних споживачів по ланцюгах з глухозаземленою нейтраллю. При цьому в пристроях СЦБ і зв'язки в усіх випадках встановлюються ізолюючі трансформатори. Проте в усіх випадках відсутнє облаштування контролю замикання фази на землю (корпус). Дуже складно вирішити питання заземлення нейтралі у вторинних колах, в основному із-за багатофункціональності кіл електропостачання. А дана дія не дозволяє в умовах експлуатації вимкнути або понизити величини струму від сторонніх навантажень та джерел через заземлюючий пристрій (в першу чергу на постах ЕЦ), а також шляхом зниження опору заземлення первинного контуру [1,3,13-16].

Розподіл кількості відмов в обладнанні ЕЦ і РШ по причинах, наведено в табл.4.1.

Таблиця 4.1 – Розподіл кількості відмов в обладнанні ЕЦ і РШ по причинах

Причина займання	Кількість випадків	% від загальної кількості
Короткі замикання в електричних колах поста ЕЦ.	18	27,7
Короткі замикання в колах основного фідера живлення поста ЕЦ	7	10,8
Пожежі викликані протіканням тягового струму в ланцюгах ЕЦ та РШ.	6	9,2
Короткі замикання у трансформаторах поста ЕЦ	7	10,8
Короткі замикання в кола резервного живлення поста ЕЦ.	4	6,1
Пошкодження у постах ЕЦ і РШ, викликані атмосферними перенапруженнями	4	6,1
Короткі замикання у реле ТШ-2000	3	4,7
Короткі замикання у ланцюгах акумуляторної батареї	1	1,5
Пожежі викликані проведенням зварювальних робіт на коліях з порушенням правил виробництва зварювальних робіт	5	7,7
Інші випадки	10	15,4
Разом:	65	100

ВИСНОВКИ

Проаналізовано та розглянуто всі методи електроживлення систем автоматики, телемеханіки та зв'язку.

Розглянуто всі види систем електричного живлення пристроїв залізничної автоматики, а також шляхи їх модернізації та впровадження.

Було виконано розрахунки для всіх панелей електроживлення поста електричної централізації, обрано для панелі ПВП1М-ЕЦК генератор ДГА-48 з фазним струмом 100 А. Даний тип ДГА забезпечить резервування кіл електроживлення з дуже великим запасом.

В останньому розділі розглянуто за запропоновано схеми та засоби захисту в панелях електроживлення поста ЕЦ, наведено перелік причин відмов в обладнанні ЕЦ та РШ.

За результатами магістерської роботи опубліковано тези [24] на XVI Міжнародної науково-практичної конференції, Дніпро, 14-15 грудня 2022 р.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гаврилюк, В. І. Електроживлення систем залізничної автоматики, телемеханіки та зв'язку [Текст]: монографія / В. І. Гаврилюк, В. Г. Сиченко, Т. М. Сердюк; за заг. ред. В. І. Гаврилюка; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2016. – 193 с.
2. Сиченко, В.Г. Електроживлення систем залізничної автоматики [Текст] / В.Г. Сиченко, В.І. Гаврилюк / Монографія, 2009. – 372 с.
3. Електроживлення систем автоматики [Текст]: методичні вказівки до виконання курсової роботи / уклад. Т. М. Сердюк, В. І. Гаврилюк; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010. - 32 с.
4. Правила улаштування електроустановок [Текст]: вид. 3-тє, перероб. і доп.– Мінпаливенерго України, 2010. – 736 с.
5. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕ). URL: <https://www.diagram.com.ua/list/44.shtml#pte>
6. Characteristics of the electric power distribution in electrical measures of the secondary purpose: State standard DSTU EN 50160: 2014 (EN 50160: 2010, IDT). [Valid from 10.10.2014]. – Kyiv (Ukraine). – 2014.– 27 p.
7. Interstate standard GOST IEC 61000 - 4 - 30 – 2017. Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4-30. Testing and measurement methods. Methods of measuring the quality of electrical energy (IEC 61000-4-30: 2015, IDT). Moscow (Russia): Standartinform. – 2018. – 61 p.
8. Electromagnetic compatibility (EMC), Part 4, Section 30: Power quality measurement methods, IEC 61000-4-30.
9. CENELEC CLC/TS 50238-2, (2010). Railway applications – Compatibility between rolling stock and train detection systems – Part 2: Compatibility with track circuits. CENELEC prEN 50238-2 (draft, Pr. 15360). (2009). Railway applications – Compatibility between rolling stock and train detection systems –Part 2: Compatibility with track circuits.

10. CENELEC EN 50163. (2004). Railway applications – Supply voltages of traction systems.

11. CENELEC EN 50388. (2005). Railway applications – Power supply and rolling stock – Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock to achieve interoperability.

12. Сердюк, Т. М. Електроживлення і захист пристроїв електричної централізації / Т. М. Сердюк, З. В. Тодоров, О. С. Грецько // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2015. – Ном. 9. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУЗТ, 2015. – С. 29–45.

13. Tetiana Serdiuk, "Electromagnetic Compatibility and Power Quality of Traction and Non-Traction Consumers", Electromagnetic Compatibility - EMC EUROPE 2020 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Date of Conference 23-25 Sept. 2020, INSPEC Accession Number: 20166733, DOI: 10.1109/EMCEUROPE48519.2020.9245735. Publisher: IEEE. Conference Location: Roma, Italy.

14. Serdiuk T., Kuznetsov V., Serdiuk K., Nikolenko A., Kuznetsova Ye., Kuznetsova A. «Improvement of technical service of track circuits», Published in: 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS); Date of Conference: April 17-19, 2019 Kyiv, Ukraine; IEEE Catalog Number: CFP19U02-USB; ISBN: 978-1-7281-2159-8. Publisher: IEEE. Conference Location: Kyiv, Ukraine. Pages: 28 – 32.

15. Профатилів, В. І. Особливості експлуатації сучасних акумуляторів та батарей [Текст] / В. І. Профатилів, Т. М. Сердюк // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2014. – Ном. 7. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУЗТ, 2014. – С. 70–81.

16. Сердюк, Т. М. Електроживлення і захист пристроїв електричної централізації [Текст] / Т. М. Сердюк, З. В. Тодоров, О. С. Грецько // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2015. – Ном. 9. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУЗТ, 2015. – С. 29–45.

17. Сердюк, Т. М. Метод моделювання системи тягового електропостачання [Текст] / Т. М. Сердюк, В. В. Мелешко, В. І. Гаврилюк // Електромагнітна

сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2015. – Ном. 10. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУЗТ, 2015. – С. 35–43.

18. Сердюк, Т. М. Застосування акумуляторів на постах електричної централізації, переїздах і батарейних шафах входних світлофорів [Текст] / Т. М. Сердюк, А. Р. Олейнік // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2016. – Ном. 11. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУЗТ, 2016. – С. 24–34.

19. Сердюк Т. М. Літій-іонні акумулятори для резервного електроживлення пристроїв залізничної автоматики та зв'язку [Текст] / Т. М. Сердюк, М. Фелизиани, А. А. Коваленко, А. Ю. Журавлєв, Е. В. Кузнецова // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2017. – Ном. 14. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2017. – С. 65-75.

20. Drive Ukraine 2030. Ministry of Infrastructure of Ukraine. Electronic resource. Access mode: <https://mtu.gov.ua/en/news/29858.html>

21. Ukraine's Energy Strategy for 2035: "Security, Energy Efficiency, Competitiveness" Approved by the Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated August 18, 2017. N 605-p. Kyiv, 2017. –73 p. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>

22. Electric energy. Standards for the quality of electric energy in power supply systems of general purpose: GOST 13109-97. [Introduction 01.01.2000]. - Kyiv: Publishing house of standards, 1998; Gosstandart of Ukraine, with ext. et al., 1999. - 31 p.

23. The Methodology for measuring the power quality in general-purpose power supply systems: SOU-N EE40.1-37471933-55:2011 [Valid from 31.10.2011]. – Kyiv (Ukraine): Minenergougillya. – 2012. – 98 p.

24. Сердюк Т., Скалько В., Щербатюк О., Усач І., Прокопюк В., Хафте Хаєлом Адхена, Дослідження розподілу гармонік тягового струму по довжині фідерної зони / Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості і освіті: Тези XVI Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 14-15 грудня 2022 р.). – Д.: ДІТ, 2022 – С.40.