

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ
ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

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

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**для практичних занять, розрахунково-графічної роботи
і контрольної роботи з освітньої компоненти**

***«ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ
ТА РОБОТОТЕХНІКИ»***

Харків 2025

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів 01 вересня 2025 р., протокол № 1.

Описано методику вивчення та аналізу принципів побудови і дії систем живлення релейних і мікропроцесорних систем, а також порядок і методику виконання контрольної (для заочників) і розрахунково-графічної робіт.

Методичні вказівки призначені для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка».

Укладачі:

доценти А. А. Прилипко,
В. Ф. Кустов

Рецензент

доц. О. О. Сосунов

ЗМІСТ

1 Програма з проведення практичних занять і пояснення тем.....	4
2 Оформлення контрольної і розрахунково-графічної робіт.....	27
3 Загальні пояснення для контрольної і розрахунково-графічної робіт.....	28
4 Порядок і методика виконання контрольної (для заочників) і розрахунково-графічної робіт.....	29
Список літератури.....	39
Додаток А.....	41
Додаток Б.....	43

1 Програма з проведення практичних занять і пояснення тем

Практичне заняття 1. Системи електропостачання пристроїв автоблокування та електричної централізації

Призначення систем електропостачання пристроїв автоблокування та ЕЦ. Системи електропостачання пристроїв автоблокування (АБ) та електричної централізації (ЕЦ) призначені для забезпечення безперебійного живлення апаратних засобів залізничної автоматики і телемеханіки, що відповідають за безпеку та регулювання руху поїздів. Вони гарантують стабільну роботу сигнальних пристроїв, переїзної автоматики, стрілочних приводів, релейних систем та інших елементів, які входять до складу АБ та ЕЦ. Основна мета – гарантувати надійність, безпеку та безперервність функціонування систем управління рухом поїздів за будь-яких умов експлуатації. Системи електропостачання включають джерела живлення (трансформатори, акумуляторні батареї, дизель-генератори), розподільні мережі, пристрої захисту і контролю, а також системи резервування для підвищення надійності [1-4].

Особливості проєктування систем електропостачання:

1 Надійність і резервування. Системи проєктують з урахуванням дублювання джерел живлення (основне та резервне) для забезпечення безперебійної роботи навіть у разі відмови одного з джерел.

2 Стабільність напруги. Використовують стабілізатори та перетворювачі для підтримання необхідних параметрів електроживлення.

3 Захист від перевантажень і збоїв. Включають автоматичні вимикачі, запобіжники та системи діагностики для захисту обладнання.

4 Енергоефективність. Застосовують сучасні технології для зниження енергоспоживання та оптимізації роботи системи.

5 Адаптація до умов експлуатації. Системи враховують кліматичні умови, електромагнітні завади та специфіку залізничної інфраструктури.

6 Автоматизація та контроль. Впроваджують системи моніторингу стану електропостачання та дистанційного керування.

Функції систем електропостачання АБ та ЕЦ:

- забезпечення безперебійного живлення всіх пристроїв АБ та ЕЦ;
- контроль параметрів електроживлення (напруга, струм, частота);
- автоматичне перемикання на резервні джерела живлення в разі збою;
- захист обладнання від коротких замикань, перевантажень та інших аварійних ситуацій;
- реєстрація параметрів роботи системи для діагностики та аналізу.

Контрольні запитання для самопідготовки

1 Яке призначення систем електропостачання пристроїв автоблокування та ЕЦ?

2 Які основні компоненти входять до складу систем електропостачання АБ та ЕЦ?

3 Які особливості враховують для проєктування систем електропостачання?

4 Які функції виконують системи резервного живлення?

5 Як забезпечено захист обладнання від аварійних ситуацій у системах електропостачання?

Практичне заняття 2. Вибір і характеристика системи електроживлення поста ЕЦ на проміжних станціях. Комплектація щитової установки панелями живлення

Призначення систем електроживлення поста ЕЦ на проміжних станціях. Система електроживлення поста електричної централізації (ЕЦ) на проміжних станціях призначена для забезпечення стабільним і безперебійним електроживленням пристроїв автоматики і телемеханіки, що відповідають за управління стрілками, сигналами, переїзною автоматикою

та іншими елементами залізничної інфраструктури. Основна мета – гарантувати безпеку руху поїздів, надійність роботи обладнання та оперативне реагування на аварійні ситуації. Система включає основні та резервні джерела живлення, розподільні пристрої, системи захисту і автоматизації [1-4].

Вибір системи електроживлення поста ЕЦ залежить:

- 1) від навантаження. Загальна потужність споживачів (релейні схеми, стрілочні приводи, сигнальні пристрої);
- 2) надійності. Використання резервних джерел (акумуляторні батареї, дизель-генератори) для безперебійної роботи;
- 3) типу мережі. Змінний струм (220/380 В) для основного живлення, постійний струм (12/24 В) для релейних схем;
- 4) умов експлуатації. Кліматичні особливості, віддаленість від основних ліній електропередачі, електромагнітні завади;
- 5) автоматизації. Впровадження систем моніторингу і дистанційного керування.

Система зазвичай включає трансформаторні підстанції, акумуляторні батареї, випрямлячі, інвертори та пристрої автоматичного перемикавання на резервне живлення.

Комплектація щитової установки панелями живлення. Щитова установка поста ЕЦ укомплектована панелями живлення, які забезпечують розподіл електроенергії, захист і контроль роботи системи.

Основні елементи:

- панелі розподілу. Для подавання електроенергії до окремих груп споживачів (сигнали, стрілки, реле);
- панелі захисту. Оснащені автоматичними вимикачами, запобіжниками та релейним захистом від перевантажень і коротких замикань;
- панелі акумуляторного живлення. Забезпечують резервне живлення в разі вимкнення основного джерела;

- панелі випрямлення. Перетворюють змінний струм у постійний для живлення релейних схем;
- панелі контролю та діагностики для моніторингу параметрів напруги, струму, стану акумуляторів і передавання даних на пульт оператора.

Коротка характеристика панелей живлення проміжних станцій:

- 1 Панель розподілу живлення (ПР) розподіляє електроенергію між споживачами, забезпечує селективний захист кожної лінії.
- 2 Панель випрямлення (ПВ) забезпечує стабільну напругу постійного струму (12/24 В) для релейних схем і сигнальних пристроїв.
- 3 Панель акумуляторного резерву (ПАР) містить акумуляторні батареї, зарядні пристрої та системи контролю заряду, гарантує автономну роботу протягом кількох годин.
- 4 Панель захисту і автоматики (ПЗА) включає автоматичні вимикачі, реле контролю напруги, системи сигналізації про збої.
- 5 Панель моніторингу відображає параметри роботи системи (напруга, струм, стан резервного живлення) і передає дані до диспетчерського пункту.

Панелі живлення компактні, модульні, мають захист від зовнішніх впливів (IP54 або вище) і відповідають стандартам залізничної автоматики. Вони забезпечують надійність, простоту обслуговування та швидке виявлення несправностей.

Контрольні запитання для самопідготовки

- 1 Яке призначення системи електроживлення поста ЕЦ на проміжних станціях?
- 2 Які фактори враховують для вибору системи електроживлення?
- 3 Які основні типи панелей живлення входять до щитової установки поста ЕЦ?
- 4 Які функції виконують панелі випрямлення та акумуляторного резерву?
- 5 Як забезпечено захист і контроль у системі електроживлення поста ЕЦ?

Практичне заняття 3. Вибір і характеристика системи електроживлення на станціях із кількістю стрілок більше 30. Комплектація щитової установки панелями живлення. Призначення систем електроживлення на станціях із кількістю стрілок більше 30

Система електроживлення на великих залізничних станціях із кількістю стрілок більше 30 призначена для забезпечення стабільним і безперебійним живленням пристроїв електричної централізації (ЕЦ), автоблокування, переїзної автоматики, стрілочних приводів, сигнальних систем та інших елементів залізничної інфраструктури. Вона гарантує безпеку руху поїздів, надійність роботи обладнання та оперативне реагування на аварійні ситуації в умовах високого навантаження та складної конфігурації станції. Система включає основні та резервні джерела живлення, розподільні пристрої, системи захисту, автоматизації та моніторингу [1-4].

Вибір системи електроживлення для станцій із кількістю стрілок більше 30 враховує:

- високе енергоспоживання. Значна кількість стрілок і сигнальних пристроїв потребує потужних джерел живлення (трансформаторів, генераторів);
- надійність і резервування. Використовують дубльовані джерела живлення (основне, резервне, аварійне) для забезпечення безперервної роботи;
- типи струму. Змінний струм (220/380 В) для живлення силового обладнання та постійний струм (12/24 В) для релейних схем і сигналізації;
- складність інфраструктури. Враховано велику кількість споживачів, розгалужену мережу та необхідність централізованого керування;
- екологічні та кліматичні умови. Система адаптована до впливу зовнішнього середовища, електромагнітних завад і температурних коливань;
- автоматизація. Впроваджують системи моніторингу, діагностики та дистанційного керування для оперативного виявлення збоїв.

Система включає трансформаторні підстанції, акумуляторні батареї, випрямлячі, інвертори, системи автоматичного перемикавання на резервне живлення та пристрої захисту.

Комплектація щитової установки панелями живлення. Щитова установка на великих станціях укомплектована панелями живлення для ефективного розподілу електроенергії, захисту і контролю роботи системи. Основні елементи:

- панелі розподілу живлення забезпечують подавання електроенергії до груп споживачів (стрілки, сигнали, реле) з індивідуальним захистом кожної лінії;
- панелі випрямлення перетворюють змінний струм у постійний для живлення релейних схем і сигнальних пристроїв;
- панелі акумуляторного резерву містять акумуляторні батареї великої ємності, зарядні пристрої та системи контролю заряду для тривалої автономної роботи;
- панелі захисту і автоматики оснащені автоматичними вимикачами, реле захисту від перевантажень, коротких замикань і системами сигналізації;
- панелі моніторингу та керування відображають параметри роботи системи (напруга, струм, стан акумуляторів) і забезпечують інтеграцію з диспетчерськими системами;
- панелі резервного живлення координують автоматичне перемикавання на резервні джерела (дизель-генератори, акумулятори) у разі збою основного живлення.

Коротка характеристика панелей живлення для великих станцій:

1 Панель розподілу живлення (ПРЖ) Має модульну конструкцію, забезпечує селективний розподіл електроенергії до великої кількості споживачів, оснащена захистом від перевантажень.

2 Панель випрямлення (ПВ) забезпечує стабільну напругу постійного струму (12/24 В) для релейних схем, сигналізації та інших пристроїв ЕЦ.

3 Панель акумуляторного резерву (ПАР) містить акумулятори підвищеної ємності, зарядні пристрої та системи діагностики для забезпечення автономної роботи протягом 6–12 год.

4 Панель захисту і автоматики (ПЗА) включає релейний захист, автоматичні вимикачі, системи сигналізації та інтеграцію з автоматизованими системами керування.

5 Панель моніторингу оснащена дисплеєм для відображення параметрів роботи системи, підтримує дистанційний контроль і передавання даних до центрального пульта.

Панелі живлення для великих станцій мають підвищений рівень захисту (IP54–IP65), модульну конструкцію для зручності обслуговування, відповідають стандартам залізничної автоматики. Вони забезпечують високу надійність, швидке виявлення несправностей і можливість масштабування.

Контрольні запитання для самопідготовки

1 Яке призначення системи електроживлення на станціях із кількістю стрілок більше 30?

2 Які фактори враховують, вибираючи системи електроживлення для великих станцій?

3 Які типи панелей живлення входять до щитової установки на таких станціях?

4 Які функції виконують панелі випрямлення та акумуляторного резерву?

5 Як забезпечено захист і моніторинг у системі електроживлення великих станцій?

Практичні заняття 4, 5. Особливості електроживлення мікропроцесорних АБ та ЕЦ

Електропостачання мікропроцесорних АБ (МАБ) не має потребувати реконструкції існуючого енергопостачання на станціях і перегонах. Живлення пристроїв МАБ має бути здійснено від систем енергопостачання з використанням типових панелей і пристроїв живлення, дозволених для застосування на залізницях України. У разі використання нових панелей і пристроїв живлення технічні вимоги для них мають бути викладені в окремому документі та затверджені у встановленому порядку.

Первинне електроживлення МАБ має бути здійснено:

- від двох зовнішніх незалежних трифазних фідерів змінного струму з номінальною напругою 380 В і частотою 50 Гц;
- акумуляторної батареї номінальною напругою 24 В;
- ДГА (за наявності) як резервної електростанції з номінальною напругою 380 В і частотою 50 Гц;
- пристроїв безперебійного живлення з номінальною напругою 230 В і частотою 50 Гц (за наявності).

Для живлення МАБ від трифазного фідера змінного струму, ДГА і пристроїв безперебійного живлення відхилення від перелічених вище величин номінальної напруги допускають у бік зменшення не більше 10 %, а в бік збільшення – не більше 5 %, відхилення частоти змінного струму від мінус 1 до плюс 1 %. Перерву електроживлення допускають до 1,3 с із перемиканням з одного фідера змінного струму на інший.

У всіх випадках із виникненням вказаних вище відхилень МАБ має виконувати всі задані функції зі збереженням інформації, а також не потребувати від навченого персоналу перевантаження або перезавпуску технічних засобів МАБ; забезпечувати надійну роботу вторинних джерел живлення. Система живлення МАБ має забезпечувати електроживлення польових і постових пристроїв необхідними номіналами та

характеристиками напруг і необхідною потужністю; контролювати первинне, вторинне електроживлення та власні ТЗА.

МАН має приймати від ЕЦ суміжної станції основну інформацію:

- встановлення маршруту відправлення на перегін;
- відправлення на перегін господарчого поїзда (вилучення ключа-жезла з апарата управління);
- ввімкнення алгоритму зміни напрямку руху на колії перегону;
- сигнальне показання вхідного світлофора;
- режим живлення світлофорів;
- команди про зміну напрямку руху на колії перегону.

У МАН потрібно передбачати кодування рейкових кіл кодами (сигналами) автоматичної локомотивної сигналізації.

Довжина імпульсів та інтервалів кодових посилок АЛСН мікропроцесорного генератора МАН має відповідати нормативним значенням для трансмітерів типу КПТШ-515 (КПТШ-715), наведених у таблиці 1. Тривалість першого інтервалу між імпульсами кодового циклу З чи Ж у рейковому колі для рівня 0,5 амплітуди імпульсу має бути в межах від 130 до 160 мс. Вимірювання часових параметрів коду АЛС мікропроцесорного генератора мають здійснювати пристрої діагностики. Пристрої комутації повинні мати можливість регулювати вказані вище часові параметри.

Так, у мікропроцесорній системі Ebilock Блок живлення мікропроцесорних блоків призначений для забезпечення живлення постійною напругою 5,1 В усіх модулів ПЛК однієї об'єднувальної панелі. Тип модуля живлення вибирають із наявних у цій серії ПЛК модулів. Вибір типу модуля живлення визначають типом і рівнем живлячої напруги (24 В), а також максимальною величиною потужності.

Таблиця 1 – Нормативні значення імпульсів та інтервалів кодових посилок

Тип транс- мітера	Код	Довжина імпульсів та інтервалів кодової послідовності, с					
		1 імпульс	1 інтервал	2 імпульс	2 інтервал	3 імпульс	3 інтервал
КПТШ-515	«З»	0,35	0,12	0,22	0,12	0,22	0,57
	«Ж»	0,38	0,12	0,38	0,72	-	-
	«КЖ»	0,23	0,57	-	-	-	-
КПТШ-715	«З»	0,35	0,12	0,24	0,12	0,24	0,79
	«Ж»	0,35	0,12	0,6	0,79	-	-
	«КЖ»	0,30	0,63	-	-	-	-

Сучасна система електроживлення має включати обладнання для електропостачання та електроживильну установку. Ця система має гарантувати стабільне електропостачання та неперервне живлення основних і допоміжних електроприймачів. Під час проектування, модернізації або реконструкції існуючих систем живлення важливо розглянути можливість встановлення нової установки або зміни існуючої акумуляторної батареї, а також переходу на особисту (малу) стаціонарну чи пересувну електростанцію будь-якого типу.

Електроживильна установка з акумуляторними батареями має забезпечувати неперервність електроживлення електроприймачів першої категорії.

Акумуляторні батареї повинні мати електричну ємність, яка б забезпечувала час електроживлення електроприймачів, для забезпечення роботи яких вони розраховані, із розрахованим часом розряду під час найбільшого навантаження: не менше 2 год – якщо акумулятори не використовують як незалежні джерела живлення; не менше 6 год – для

використання як незалежного взаємно резервованого джерела живлення особистої (малої) пересувної електростанції різноманітного принципу дії; не менше 8 год – використання акумуляторної батареї як незалежного взаємно резервованого джерела живлення [5].

Електрична схема ввімкнення акумуляторної батареї, яку використовують як незалежне взаємно резервоване джерело живлення, має забезпечувати безперебійність електроживлення апаратури.

Електропостачання сучасних систем електроживлення має відбуватися від трансформаторних підстанцій системи електроживлення загального призначення: від трансформаторних підстанцій залізниць, які підключені до системи електропостачання загального призначення; відомчих трансформаторних підстанцій, які не входять до складу трансформаторних підстанцій електропостачання загального призначення та залізничних трансформаторних підстанцій; трансформаторних підстанцій, підключених до ліній електропостачання нетягових споживачів; трансформаторних підстанцій, підключених до місцевих електростанцій; особистих (малих) стаціонарних або пересувних електростанцій різних типів.

Вибирати джерело живлення в сучасних системах електропостачання ЗАТ потрібно на основі виконання вимог щодо надійності електропостачання електроприймачів різних категорій. Втрати напруги в лініях електропостачання від трансформаторних підстанцій до електроживильної установки не мають перевищувати 5 % номінального значення напруги на виході з трансформаторної підстанції. Обладнання електроживильної установки має забезпечувати облік електроенергії окремо від споживання електроенергії іншими службами. Основний компонент системи електропостачання систем ЗАТ - це електроживильна установка, яка має забезпечувати основні, допоміжні та побутові електроприймачі номінальною живлячою напругою постійного та змінного струму потрібної

потужності, облік електроенергії, захист від перенапруги (імпульсних і часових) на своєму вході, перемикання ліній електропостачання, безперебійність і стабілізацію електроживлення, заряджання акумуляторів, моніторинг і адміністрування своїх елементів.

Склад електроживильних установок може включати пристрої для введення і перемикання ліній електропостачання змінного струму; захисту від атмосферної та промислової імпульсних перенапруг великої потужності; обліку електроенергії; апарати для стабілізації змінної напруги; пристрої для вирівнювання напруги; конвертори для перетворення постійного струму; інвертори для перетворення постійного струму в змінний; пристрої для розподілу постійного та змінного струму; батареї для зберігання енергії; пристрої для контролю, керування та сигналізації; джерела безперебійного живлення, що використовують акумуляторні батареї; систему для віддаленого спостереження та управління.

Електроживильний пристрій має отримувати енергію через вхідний пристрій (ЩВ). Резервний ввід має бути автоматизованим. Напруга живлення обладнання має бути, наприклад, 13,5 В, 24 В, 60 В, якої можна досягнути за допомогою конвертора. За потужності споживача більше 1,25 кВт допускають використання випрямлячів для необхідної номінальної напруги. Як джерело неперервного живлення використовують герметичні стаціонарні свинцево-кислотні акумулятори.

Структурна схема установки живлення модульної суміщеної МСПУ-20-01, яка призначена для електропостачання пристроїв електричної централізації на станціях із кількістю стрілок менше 30, показана на рисунку 1 [6].

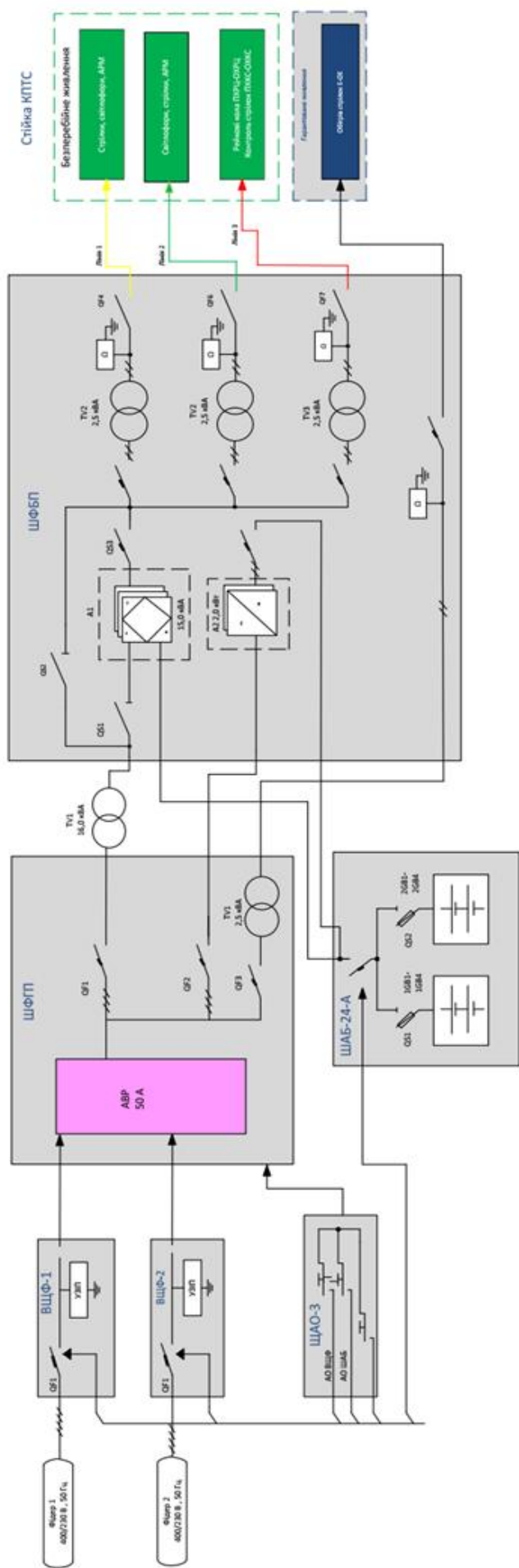


Рисунок 1 – Структурна схема установки живлення мікропроцесорної ЕЦ
малих станцій (менше 30 стрілок)

Контрольні запитання для самопідготовки

- 1 Які основні вимоги для системи електроживлення мікропроцесорних систем автоблокування (МAB) щодо використання існуючої інфраструктури енергопостачання?
- 2 Які джерела первинного електроживлення використовують для МAB? Які їхні номінальні характеристики (напруга, частота)?
- 3 Які допустимі відхилення напруги та частоти для живлення МAB від трифазного фідера, ДГА та пристроїв безперебійного живлення?
- 4 Який максимальний час перерви електроживлення допускають для перемикання між фідерами змінного струму?
- 5 Як МAB забезпечує збереження інформації та надійну роботу з відхиленнями параметрів електроживлення?
- 6 Які функції виконує система живлення МAB щодо контролю первинного, вторинного електроживлення і технічних засобів автоматики (ТЗА)?
- 7 Яку інформацію МAB отримує від електричної централізації (ЕЦ) суміжних станцій?
- 8 Яке значення має кодування рейкових кіл у МAB? Які кодові сигнали автоматичної локомотивної сигналізації (АЛСН) використовують?
- 9 Які нормативні значення довжини імпульсів та інтервалів кодових посилок для трансмітерів типу КПТШ-515 і КПТШ-715?
- 10 Які вимоги щодо тривалості першого інтервалу між імпульсами кодового циклу «З» або «Ж» у рейковому колі?
- 11 Як вимірюють часові параметри кодів АЛС у мікропроцесорному генераторі МAB?
- 12 Які можливості передбачені у пристроях комутації МAB для регулювання часових параметрів кодових посилок?
- 13 Яке призначення блока живлення мікропроцесорних блоків у системі Ebilock? Які параметри враховують, вибираючи модуль живлення?

Практичне заняття 6. Живлення сигнальної точки системи АБ

Для живлення кожної сигнальної точки на опорах ліній основного і резервного живлення 6(10) кВ установлені знижувальні лінійні трансформатори типу ОМ-0.63 (1.25). Підключення трансформаторів до лінії відбувається через об'єднані запобіжники - роз'єднувачі типу ПКН із номінальним струмом плавкої вставки 0.5-1.0 А. Для захисту від перевантаження ОМ-0,63(1.25) такі плавкі вставки надмірно великі. Від грозових і комутаційних перенапруг на високому боці трансформатори захищені розрядниками відповідного типу РВП-6(10).

Силові кола напругою 220 В виконують двома проводами (ПХ і ОХ) у металевій трубі, яка спускається в змонтований на рівні 1.3-1.5 м кабельний ящик (КЯ). Запобіжники ПКН із замиканням проводів не спрацювують, тому ізоляція проводів має бути дуже надійна, у крайньому випадку на дроти рекомендовано надягати хлорвінілову трубку. У кабельному ящику в проводі ОХ встановлено автоматичний вимикач багаторазової дії типу АВМ-1 для захисту кабелю і пристроїв релейної шафи за перевантажень і коротких замикань. Однак практика показала, що після багаторазових спрацювань за великого струму контакти АВМ заварюються, і вигоряє обмотка ОМ. Для захисту від потрапляння високої напруги на бік низької на іншому проводі ПХ на корпусі ОМ встановлений запобіжник ПП-2. КЯ можна використовувати також для переходу сигнальних проводів із лінії на кабелі зв'язку.

Стали чинними «Методичні вказівки щодо захисту від перенапруги пристроїв автоблокування, електричної централізації» (І-247-97). У КЯ замість розрядників РВНШ встановлюють нові типи низьковольтних розрядників типу РКН-600, з напругою пробою 500-800 В. Один із розрядників включений між проводом ПХ і низьковольтним заземленням, а інший між високовольтним і низьковольтним заземленням для їх короткотривалого динамічного об'єднання в момент спрацювання під час грози і відведення частини струму розряду від кіл у РШ.

Лінійні трансформатори основного і резервного живлення встановлюють зазвичай на окремих опорах, а кабелі, що подають напругу 220 В у релейні шафи сигнальної точки, потрібно укласти в роздільні траншеї.

Кожна силова опора з трансформатором ОМ має два заземлюючих пристрої в мережі високої 6(10) кВ і низької 0,22 кВ напруг. У колах високої напруги заземлюють корпус силового трансформатора, розрядники і приводи роз'єднувачів; у колах низької напруги - кабельні ящики, пробивні запобіжники, АВМ і низьковольтні розрядники РКН-600. З'єднувальні дроти (спуски) від засобів захисту і корпусів електрообладнання до заземлюючого пристрою в мережі високої напруги виконані з трьох скручених у джут сталевих оцинкованих проводів діаметром 5 мм, а в мережі низької напруги – із двох. Опір високовольтного заземлення сигнальної точки – до 10 Ом, низьковольтного – 30 Ом. Електричного об'єднання заземлень у ЛЕП, де земляний захист діє на сигнал, не допускають.

У релейній шафі сигнальної точки кабелі основного і резервного живлення підключені до схеми через запобіжники штепсельного типу на 20 А, який має бути використаний як вимикач для створення видимого розриву кіл 220 В під час ремонтно-профілактичних робіт. Далі дроти основного джерела живлення підключені до обмотки аварійного реле контролю напруги А і його нормально розімкнутого (фронтального) контакту. Проводи підключені до резервного джерела обмотки контрольного реле А1 і нормально замкнутого (тилового) контакту аварійного реле А. Від загального контакту реле живлення надходить до навантаження релейної шафи.

Із вимкненням живлення сигнальної точки за основним фідером реле А буде знеструмлене і переведе свої контакти, тим самим переводячи живлення навантаження на резервний фідер. На ділянках, обладнаних системою контролю основного і резервного живлення сигнальних точок (система ЧДК), реле А іншим контактом сформує і передає сигнал по проводах на станцію, що примикає до перегону, де на пульті чергового буде мигати сигнальна лампочка. Зі зникненням резервного живлення буде без

струму реле А1, і в чергового по станції контрольна лампочка буде мигати з іншою частотою.

Аварійне реле типу АСШ2/220 має в колі своєї обмотки випрямляч і кремнієвий стабілітрон, завдяки чому напругу спрацювання реле відрегульовано на 190 В. Напруга відпускання реле має бути не нижче 133 В. У релейних шафах останніх випусків як аварійне реле застосовують швидкодіюче напівпровідникове реле типу РНП. Реле відрегульовано на напругу спрацювання 198 В, напруга відпускання не вище 187 В. Реле дає змогу знизити поріг спрацювання до 185 В. Коефіцієнт повернення може бути регульований у межах 0.95-0.75. Через мале споживання аварійних реле за струмом в аварійному режимі можуть бути створені ситуації, коли перемикання реле на резервний фідер не відбувається. Таке може статися за неповнофазних режимів роботи ВЛ, наведеної напруги в разі обриву і замикання одного з проводів на землю, перегорання одного з високовольтних запобіжників, коли в піску залишається доріжка для проходження струму.

Для захисту кіл і апаратів від поздовжніх і поперечних комутаційних перенапруг у релейних шафах встановлюють низьковольтні розрядники типу РВНШ-250 і вирівнювачі типу ВОЦШ-220. За новими правилами, для ОМ менше 4 кВА застосовують розрядники РКН-600 і вирівнювачі ВОЦН-220, для більш потужних трансформаторів - розрядники РКВН-250.

Пристрої АБ отримують електроживлення від двох трифазних високовольтних ліній.

Перегони обладнані пристроями кодового АБ і АЛС. За автономної та електричної тяги постійного струму частота струму рейкових кіл (РК) 50 Гц, а електротяги змінного струму – 25 Гц.

Контрольні запитання для самопідготовки

1 Яке призначення знижувальних лінійних трансформаторів типу ОМ-0.63 (1.25) або ОМ-4(10) у системі живлення сигнальної точки автоблокування?

2 Які технічні засоби використовують для підключення трансформаторів до ліній живлення 6(10) кВ? Який номінальний струм плавкої вставки запобіжників ПКН?

3 Як захищають трансформатори від грозових і комутаційних перенапруг на високому боці?

4 Як виконані силові кола напругою 220 В? Які вимоги щодо ізоляції проводів?

5 Яка роль автоматичного вимикача типу АВМ-1 у кабельному ящику? Які недоліки його роботи виявлені на практиці?

6 Як працює запобіжник ПП-2, встановлений на корпусі трансформатора ОМ? Яку функцію він виконує?

7 Які типи низьковольтних розрядників застосовують у кабельних ящиках згідно з новими методичними вказівками? Як вони підключені?

8 Які вимоги щодо розміщення лінійних трансформаторів основного та резервного живлення та прокладання кабелів до релейних шаф?

9 Які характеристики заземлюючих пристроїв у мережах високої (6/10 кВ) і низької (0,22 кВ) напруги на силових опорах сигнальної точки?

10 Як перемикають між основним і резервним живленням у релейній шафі сигнальну точку? Яка роль аварійного реле типу АСШ2/220 або РНП?

11 Які параметри напруги спрацювання та відпускання аварійного реле типу АСШ2/220 (рисунок 2)?

12 Які ситуації можуть призводити до неперемикання аварійного реле на резервний фідер? Чому це відбувається?

13 Які пристрої застосовують для захисту кіл релейної шафи від поздовжніх і поперечних комутаційних перенапруг?

14 Як впливає частота струму рейкових кіл (25 або 50 Гц) на роботу пристроїв автоблокування за різних типів електротяги?

15 Яка роль системи ЧДК у контролі основного та резервного живлення сигнальних точок? Як сигналізована аварійна ситуація на пульті чергового?

Практичні заняття 7, 8. Вплив вологості на деградацію елементів захисту в системах живлення

Для захисту від зовнішніх і внутрішніх електромагнітних завад застосовують такі основні способи та елементи:

- просторове та гальванічне розділення чутливих кіл і компонентів від джерел завад (ліній живлення, силових комутаційних кіл тощо), що сприяє зменшенню електричного зв'язку, зокрема паразитної ємності між елементами;

- обмеження напруги, струму і потужності завад;
- екранування і заземлення;
- використання частотної і часової селекції робочих сигналів і завад;
- зменшення пульсацій вторинного живлення постійного струму.

Для цього використовують найчастіше такі елементи і можливості:

- зменшення паразитної ємності між електричними колами, якими розповсюджуються електромагнітні завади, і чутливими до завад колами і елементами, а також між корпусом (екраном) і проводами;

- трансформатори – для гальванічного розділення і збільшення опору для проникнення електромагнітних завад, особливо на високих частотах;

- індуктивні дроселі, феритові елементи (кільця, трубки/циліндри, кліпси, SMD-ферити) – для електричних фільтрів;

- конденсатори – для електричних фільтрів, часових селекторів, зменшення пульсацій вторинного живлення;

- оптрони – для гальванічного розділення і збільшення опору для завад, особливо на високих частотах;

- розрядники, варистори, TVS-діоди (супресори) – для обмеження рівня напруги від потужних імпульсних завад.

Одним із важливих факторів, які можуть впливати на функційну безпечність за одночасних впливів на всі канали резервування та виключити

основну перевагу резервованих систем - незалежність відмов у них, є вплив вологості на якість завадозахисних елементів і опір тракту розповсюдження завад як у бік чутливих елементів, так і недопустимого випромінювання. Тому важливим є аналіз можливих змін основних параметрів способів захисту і завадозахисних елементів у процесі експлуатації під дією вологості.

Пульсації вихідної напруги

Вихідна напруга після випрямляча має пульсації, які залежать від ємності C , частоти мережі f , наприклад 50 Гц, струму навантаження I_L та періоду пульсацій $T = 1/f$.

Амплітуду пульсацій ΔV наближено визначають з рівняння

$$\Delta U \approx \frac{I_L T}{C} = \frac{I_L}{fC} . \quad (1)$$

Якщо зменшується ємність (наприклад через старіння), пульсації зростають, що призводить до погіршення якості вихідної напруги. У разі збільшення ємності стабільність напруги покращується.

Подання пульсацій як ряду Фур'є

Пульсації напруги після випрямляча можна апроксимувати періодичною функцією (наприклад пилкоподібною хвилею для однопівперіодного випрямляча). Для пилкоподібного сигналу з періодом T і амплітудою ΔV ряд Фур'є матиме вигляд

$$v(t) = \frac{\Delta V}{2} - \frac{\Delta V}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(2\pi n f t)}{n} , \quad (2)$$

де $f = 1 / T$ — частота пульсацій (наприклад 100 Гц для мостового випрямляча в мережі 50 Гц).

Конденсатор діє як низькочастотний фільтр, послаблюючи високочастотні гармоніки. Послаблення гармонік залежить від імпедансу конденсатора для кожної гармоніки:

$$|Z_c(n)| = \frac{1}{2\pi n f C} . \quad (3)$$

Зменшення ємності. Зростання $|ZC(n)|$ послаблює фільтрацію, що призводить до збільшення амплітуд вищих гармонік у спектрі пульсацій.

Збільшення ємності. Зменшення $|ZC(n)|$ покращує фільтрацію, знижуючи амплітуди гармонік.

Вплив на спектр сигналу

Зміна ємності впливає на гармонійний склад вхідного струму. Без належної ємності вхідний струм стає більш нелінійним, що збільшує гармонійні спотворення. Спектр струму можна подати як ряд Фур'є

$$i(t) = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} I_n \sin(2\pi n f t + \varphi_n) . \quad (4)$$

Зі зменшенням ємності амплітуди вищих гармонік зростають через погіршення фільтрації.

Зі збільшенням ємності низькочастотні гармоніки можуть бути надмірно послаблені, але виникає ризик резонансу на певних частотах, якщо ємність утворює LC-контур із індуктивністю трансформатора.

Частота резонансу LC-контур

$$f_{\text{рез}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \quad (5)$$

де L — індуктивність обмотки трансформатора. Зміна ємності зсуває частоту резонансу, що може викликати небажані коливання.

Амплітуда n -ї гармоніки пульсацій після фільтрації конденсатором пропорційна:

$$U_n \propto \frac{\Delta V}{n} \cdot \frac{1}{1+(2\pi n f R_L C)^2}. \quad (6)$$

Зі зменшенням ємності значення $2\pi n f R_L C$ зменшується, що збільшує внесок вищих гармонік, погіршуючи якість сигналу.

Висновки

1 Волога на платах або роз'ємах створює додаткові струмопровідні шляхи, що знижує завадостійкість.

2 Вологе середовище змінює електричні характеристики друкованих плат, кабелів, трансформаторів.

3 В умовах вологості імпульсні перенапруги, наприклад швидкі перехідні процеси (EFT), мікросекундні всплески (Surge), розряди статичної електрики (ESD), викликають більш часті, глибокі та небезпечні порушення функціонування систем.

Контрольні запитання для самопідготовки

1 Які основні способи та елементи застосовують для захисту від зовнішніх і внутрішніх електромагнітних завад у системах живлення?

2 Як просторове та гальванічне розділення сприяє зменшенню електромагнітних завад?

3 Яку роль відіграють трансформатори та оптрони для захисту від електромагнітних завад?

4 Які функції виконують індуктивні дроселі, феритові елементи і конденсатори в системах захисту від завад?

5 Як впливає вологість на функціональну безпечність резервованих систем і чому це може виключити їхню основну перевагу?

6 Як визначають амплітуду пульсацій вихідної напруги після випрямляча за формулою (1)? Які параметри впливають на її значення?

7 Як зміна ємності конденсатора впливає на пульсації вихідної напруги і стабільність живлення?

8 Подання пульсації напруги після випрямляча як ряду Фур'є. Яка роль конденсатора в послабленні гармонік?

9 Як зміна ємності конденсатора впливає на імпеданс для вищих гармонік, за формулою (3)?

10 Як впливає зменшення або збільшення ємності на гармонійний склад вхідного струму в системі живлення?

11 Яке значення має частота резонансу LC-контур? Як зміна ємності впливає на її значення, за формулою (5)?

12 Як вологість впливає на електричні характеристики друкованих плат, кабелів і трансформаторів у системах живлення?

13 Які типи імпульсних перенапруг (EFT, Surge, ESD) стають більш небезпечними в умовах вологості? Чому?

14 Як волога на платах або роз'ємах впливає на завадостійкість систем живлення?

15 Які наслідки зменшення ємності конденсатора для якості сигналу в системі живлення? Як це пов'язано з вищими гармоніками, за формулою (6)?

2 Оформлення контрольної і розрахунково-графічної робіт

Обсяг контрольної та розрахунково-графічної робіт не має перевищувати 10 сторінок формату 210 x 297 мм із текстом, написаним з одного боку з обов'язковою нумерацією, включаючи розрахункові формули і таблиці. Робота має бути оформлена відповідно до студентської навчальної звітності [8].

У роботі потрібно виконувати тільки те, що рекомендовано в пунктах із назвою «**Завдання ...**». Наприкінці пояснювальної записки та кожного розділу слід навести короткий висновок за результатами виконаних розрахунків.

Пояснення, що наведені в роботі, не слід супроводжувати переписуванням основних положень підручника або цих методичних рекомендацій.

Наприкінці роботи навести список використаних для виконання роботи джерел літератури, посилаючись на них у тексті. Якщо значення величин узяті з цих методичних вказівок, то на них у тексті потрібно посилатися як на літературне джерело.

Виправлення за зауваженнями робити поруч із зауваженнями на чистому боці аркушів або додатковій сторінці.

3 Загальні пояснення для контрольної і розрахунково-графічної робіт

У системах автоматики на перегоні споживачами електроенергії є світлофорні лампи, рейкові кола, релейні схеми АБ та ін. Для визначення кількості і параметрів пристроїв живлення необхідно розрахувати потужність усіх електроприймачів.

Розрахунки виконують для всіх електроприймачів відповідно до завдання. Потужність для кожного електроприймача визначають з урахуванням середньодобового коефіцієнта навантаження (СДКН). Розраховують потужність з урахуванням максимального значення СДКН для визначення типу силового лінійного трансформатора і кількості жил кабелю живлення. Розрахунок потужності з урахуванням середнього значення СДКН потрібний для розрахунку навантаження на високовольтну лінію.

Для визначення повної потужності та коефіцієнта навантаження в контрольній роботі потрібно використовувати такі формули:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} ; \quad (7)$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} , \quad (8)$$

де P , Q , S – активна, реактивна і повна потужності відповідно.

4 Порядок і методика виконання контрольної (для заочників) і розрахунково-графічної робіт

4.1 Вибір схем електропостачання і пристроїв живлення сигнальної установки

Пояснення. Пристрої енергопостачання АБ належать до споживачів першої категорії та забезпечені електроенергією від двох незалежних джерел, що допускають перерву електроживлення тільки на час автоматичного перемикавання з основного джерела живлення на резервне.

У схемі електропостачання пристроїв АБ з основним живленням від ВЛ СЦБ і резервним живленням від ВЛ ПЭ, змонтованих на самостійних опорах (рисунок Б.1), для посилення незалежності обидві лінії розташовані по різні боки залізничної колії. Однофазні масляні трансформатори типу ОМ, що живлять сигнальні точки, встановлюють на лінійних опорах, проєктованих з урахуванням монтажу трансформаторів.

Схема рисунка Б.2 є типовою для електротяги постійного струму та припускає розміщення ВЛ ПЭ на опорах контактної мережі з польового боку.

Схема рисунка Б.3 – типова для електротяги змінного струму. Як резервну використовують лінію ДПР (два проводи-рейка). Таке рішення

обумовлене системою електротяги змінного струму, у якій для трифазної системи живлення одна фаза жорстко пов'язана з рейковою лінією, а дві фази по черзі підключені до секцій контактної мережі. Напруга в контактній мережі для електротяги змінного струму – 27,5 кВ.

Комплектні трансформаторні підстанції типу КТП служать для живлення сигнальних установок автоблокування від високовольтної лінії напругою більше 10 кВ.

На рисунку Б.4 подана схема живлення одиночної сигнальної установки кодового АБ, якщо використані рейкові кола 50 Гц і електротяга постійного струму. Кабелі для підключення сигнальної установки до силових трансформаторів ліній ВЛ СЦБ і ВЛ ПЭ, як для одиночної, так і спареної сигнальної установки, прокладені в різних траншеях і за спареної сигнальної установки заведені в різні релейні шафи.

У релейних шафах пристрої АБ, що живляться напругою постійного струму, отримують електричну енергію від двох випрямлячів. Пристрої схеми, не пов'язані з лінійними колами ув'язки, підключені до випрямляча дешифратора АБ ДА або ДЯ (полюси П і М), який підключено до секції сигнального трансформатора СОБС-2А. Пристрої, пов'язані з лінійними колами ув'язки, підключені до блока БПШ (полюси ЛП і ЛМ).

Пристрої РК частотою 50 Гц живляться напругою змінного струму від колійного трансформатора ПОБС-2А.

У сигнальних установках АБ застосовано централізований контроль стану пристроїв АБ і фідерів електроживлення. Генератор ГКШ системи диспетчерського контролю підключений до секції сигнального трансформатора СОБС-2А.

В основний і резервний фідери електроживлення ввімкнені аварійні реле А і А1 типу АСШ2-220 для контролю їхнього стану.

Пристрої обігріву в релейній шафі живляться від другого сигнального трансформатора СОБС-2А.

Схема електроживлення АБ із використанням рейкових кіл 25 Гц і електротяги змінного струму аналогічна схемі, що наведена на рисунку Б.4. Різниця полягає в тому, що в кола живлення рейкових кіл частотою 25 Гц ввімкнені статичні перетворювачі частоти типу ПЧ50/25-100. У спарених сигнальних установках двоколійного АБ перетворювачі частоти, що живлять рейкові кола, необхідно вмикати протифазно, щоб зменшити струми підмагнічування і навантаження трансформаторів ОМ.

Схема електроживлення АБ для автономної тяги можна проєктувати з рейковими колами 50 або 25 Гц. Схема електроживлення сигнальних установок буде аналогічна схемі, наведеній на рисунку 2. Для рейкових кіл 25 Гц їхнє живлення буде здійснено, як і для електричної тяги змінного струму, від перетворювачів частоти ПЧ50/25-100.

Завдання. У цьому пункті залежно від тяги і частоти рейкових кіл вибрати, описати і накреслити схеми електропостачання пристроїв АБ на перегоні і в сигнальній установці.

4.2 Розрахунок навантажень пристроїв

Для визначення потужностей, що споживають пристрої АБ, необхідно виконати розрахунки в таблиці 2.

Для визначення втрат у трансформаторі СОБС-2А, який живить дешифратор АБ, лампи світлофора і генератор диспетчерського контролю ГКШ, необхідно розрахувати повну потужність, що споживають дешифратор АБ, генератор ГКШ і лампа світлофора, як для середнього, так і максимального СДКН за формулою

$$S_{\text{СОБС}} = \sqrt{(P_{\text{ДА}} + P_{\text{ГКШ}} + P_{\text{СВ}})^2 + (Q_{\text{ДА}})^2}, \quad (9)$$

де $P_{ДА}$, $P_{ГКШ}$ і $P_{Св}$ – активні потужності, що споживають відповідно дешифратор АБ, генератор ГКШ і лампа світлофора;

$Q_{ДА}$ – реактивна потужність, що споживає дешифратор АБ.

Таблиця 2 – Перелік споживачів одиночної сигнальної установки кодового АБ

Прилад	Середньодобовий коефіцієнт навантаження (СДКН)			
	середній		максимальний	
	Р, Вт	Q, Вар	Р, Вт	Q, Вар
Дешифратор АБ	31,7	14,8	31,7	14,8
Генератор ГКШ	2,0			
Лампа світлофора	15,0			
Втрати в СОБС-2А	$\Delta P^C_{\text{собс}}$	$\Delta Q^C_{\text{собс}}$	$\Delta P^M_{\text{собс}}$	$\Delta Q^M_{\text{собс}}$
Блок БПШ	7,2			
Обігрів шафи	53,7			
Трансмітер КПТШ	22,0			
Освітлення шафи	-	-	90,0	-
Паяльник	-	-	90,0	-
Реле АСП2-220	7		7	
Загальна потужність пристроїв АБ	$P^C_{AB} =$	$Q^C_{AB} =$	$P^M_{AB} =$	$Q^M_{AB} =$

Втрати в трансформаторі СОБС-2А $\Delta P_{\text{СОБС}}$ і $\Delta Q_{\text{СОБС}}$ визначають за значенням повної потужності $S_{\text{СОБС}}$ і графіком, що наведений на рисунку 3.

Завдання. У цьому пункті необхідно заповнити таблицю 2 і визначити активну і реактивну потужності, що споживають пристрої АБ, для середнього і максимального СДКН.

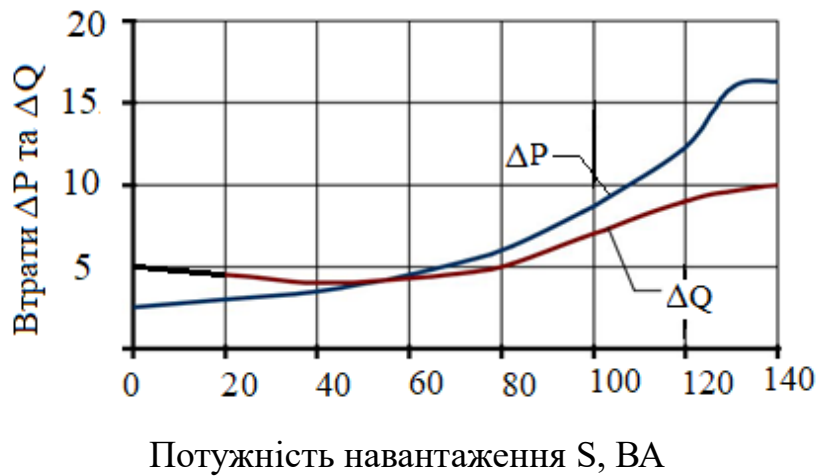


Рисунок 3 – Втрати ΔP і ΔQ у трансформаторі (тип СОБС)

4.3 Розрахунок навантажень рейкових кіл

Для розрахунку потужності, що споживає РК частотою 50 Гц від мережі, необхідно визначити потужність РК і втрати в трансформаторі ПОБС-2А, який живить РК.

Для визначення втрат у трансформаторі ПОБС-2А необхідно розрахувати повну потужність $S_{РК}$, яку споживає РК (за завданням), за формулою (1). Потужності РК вказано в таблиці А.2.

Втрати в трансформаторі ПОБС-2А $\Delta P_{ПОБС}$ і $\Delta Q_{ПОБС}$ визначають за значенням повної потужності $S_{РК}$ і графіком, що наведений на рисунку 4.

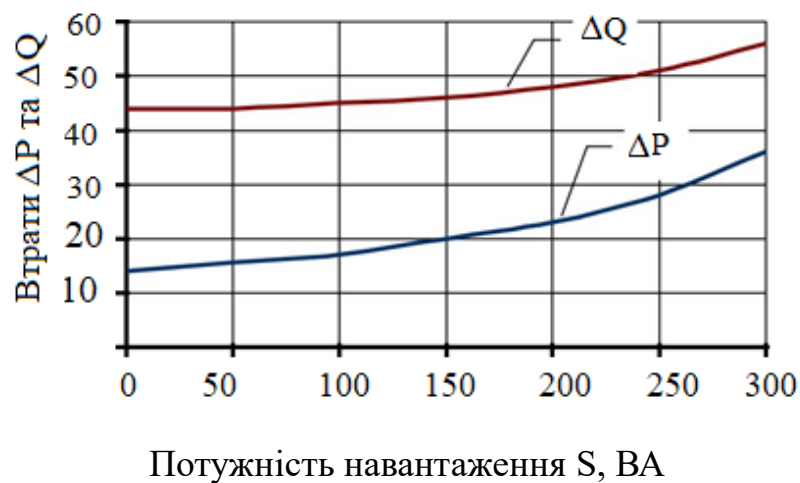


Рисунок 4 – Втрати в трансформаторі (тип ПОБС)

Потужність, що споживає РК частотою 50 Гц, і визначені втрати в трансформаторі ПОБС-2 А слід занести в таблицю 3, розрахувати загальне навантаження РК на мережу частотою 50 Гц.

Таблиця 3 – Навантаження на мережу від РК 50 Гц

Прилад	Середньодобовий коефіцієнт навантаження (СДКН)			
	середній		максимальний	
	Р, Вт	Q, Вар	Р, Вт	Q, Вар
Рейкове коло РК 50 Гц	Р _{РК}	Q _{РК}	Р _{РК}	Q _{РК}
Втрати в ПОБС-2А	$\Delta P^C_{\text{ПОБС}}$	$\Delta Q^C_{\text{ПОБС}}$	$\Delta P^M_{\text{ПОБС}}$	$\Delta Q^M_{\text{ПОБС}}$
Потужність споживання	$P^C_{\text{РК}} =$	$Q^C_{\text{РК}} =$	$P^M_{\text{РК}} =$	$Q^M_{\text{РК}} =$

Для розрахунку потужності, що споживають РК частотою 25 Гц від мережі 50 Гц, необхідно визначити потужність, яку споживає ПЧ25/50-100. Для цього слід розрахувати повну потужність $S_{\text{РК}}$, яку споживає РК (за завданням), за формулою (1). Потужності РК вказано в таблиці А.2. Потужності $P_{\text{ПЧ}}$ і $Q_{\text{ПЧ}}$, що споживає ПЧ25/50-100 від мережі, визначають за значенням повної потужності $S_{\text{РК}}$ і графіком, що наведений на рисунку 5.

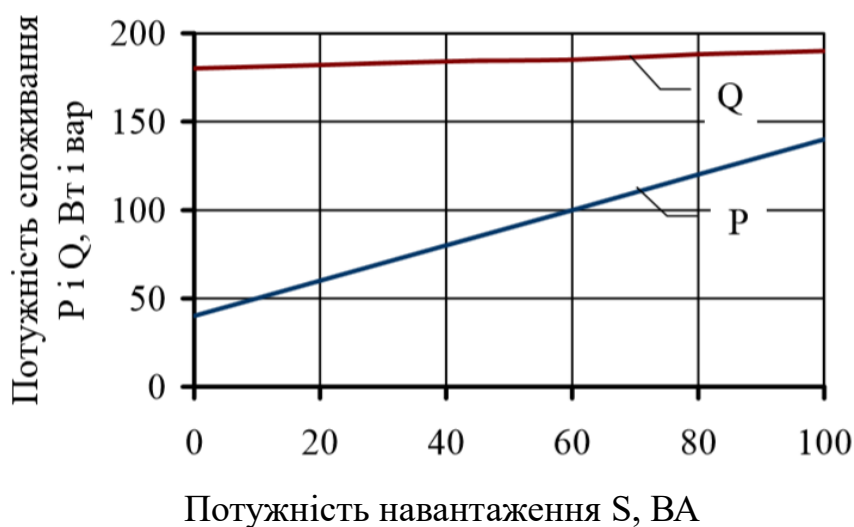


Рисунок 5 – Графік потужностей, що споживає від мережі 50 Гц один перетворювач ПЧ 50/25-100

Потужності, що споживає РК частотою 25 Гц і перетворювач ПЧ 50/25-100 від мережі 50 Гц, слід занести в таблицю 4.

Таблиця 4 – Навантаження на мережу від РК 25 Гц

Прилад	Середньодобовий коефіцієнт навантаження (СДКН)			
	середній		максимальний	
	Р, Вт	Q, Вар	Р, Вт	Q, Вар
Рейкове коло РК 25 Гц	РРК	QРК	РРК	QРК
Втрати в ПОБС-2А	$\Delta P_{\text{ПОБС}}^C$	$\Delta Q_{\text{ПОБС}}^C$	$\Delta P_{\text{ПОБС}}^M$	$\Delta Q_{\text{ПОБС}}^M$
Потужність споживання	$P_{\text{РК}}^C =$	$Q_{\text{РК}}^C =$	$P_{\text{РК}}^M =$	$Q_{\text{РК}}^M =$

Завдання. У цьому пункті необхідно заповнити таблицю 3, якщо використовують РК частотою 50 Гц, і визначити активну і реактивну потужності, що споживають РК АБ для середнього і максимального СДКН.

4.4 Розрахунок навантажень сигнальної установки

Для розрахунку потужностей, що споживає сигнальна установка, необхідно заповнити і виконати розрахунки в таблиці 5. Якщо за завданням спарена сигнальна установка для двоколіїної АБ, тоді значення потужностей із таблиць 2-4 (залежно від частоти РК) необхідно подвоїти, а потім виконувати інші розрахунки.

За допомогою формул (1) і (2) розрахувати повні потужності і коефіцієнти навантаження: $S_{\text{СУ}}^C$, $S_{\text{СУ}}^M$, $\cos\varphi_C$, $\cos\varphi_M$.

Завдання. У цьому пункті необхідно заповнити таблицю 5 і визначити активну і реактивну потужності, що споживає сигнальна установка АБ для середнього і максимального СДКН. Розрахувати повні потужності і коефіцієнти навантаження для сигнальної установки АБ.

Таблиця 5 – Навантаження сигнальної установки АБ

Прилад	Середньодобовий коефіцієнт навантаження (СДКН)			
	середній		максимальний	
	Р, Вт	Q, Вар	Р, Вт	Q, Вар
Пристрої АБ	P_{AB}^C	Q_{AB}^C	P_{AB}^M	Q_{AB}^M
Рейкові кола	P_{PK}^C	Q_{PK}^C	P_{PK}^M	Q_{PK}^M
Загальна потужність сигнальної установки	$P_{cy}^C =$	$Q_{cy}^C =$	$P_{cy}^M =$	$Q_{cy}^M =$

4.5 Розрахунок кількості жил кабелю живлення

Для розрахунку кількості жил у прямому і зворотному проводах живлення визначають струм, використовуваний пристроями сигнальної установки, за формулою

$$I_{cy}^M = \frac{S_{cy1}^M}{U}, \quad (10)$$

де U – нормальна напруга вторинної обмотки трансформатора ОМ, $U = 230$ В.

Припустимі спадання напруги в кабелі становлять 3 % номінальної живильної напруги:

$$\Delta U = 0,03 \times U. \quad (11)$$

Щоби визначити необхідну кількість жил, слід використати формулу

$$n = \frac{2pI_{cy1}^M L \cos \varphi_M}{q \Delta U}, \quad (12)$$

де p – питомий опір міді, $p = 1,75 \times 10^{-2}$ Ом мм²/м;

L – довжина кабелю від КЯ до РШ, $L = 30$ м;

$\cos \varphi_M$ – коефіцієнт потужності сигнальної установки;

q – переріз стандартної жили кабелю діаметром 1 мм, $q = 0,785$ мм²;

ΔU – втрати напруги в кабелі.

Округливши до більшого цілого числа, можна визначити кількість жил для прямого і зворотного проводів на кожен кабель живлення.

Завдання. У цьому пункті необхідно розрахувати кількість жил кабелю живлення за описаною методикою.

4.6 Вибір типу силового лінійного трансформатора та визначення навантаження на високовольтну лінію

На підставі отриманого результату S_{CY1}^M вибирають тип лінійного трансформатора ОМ. Якщо потужність менше 630 ВА, тоді використовують трансформатор типу ОМ-0,63. Якщо більше 600 ВА, тоді ОМ-1,25.

Для розрахунку навантаження на високовольтну лінію необхідно визначити втрати в трансформаторі типу ОМ. Для цього відповідно до повної потужності S_{CY}^M і графіка, що наведений на рисунках 6, 7, знаходять ΔP_{OM} і ΔQ_{OM} для вибраного типу трансформатора ОМ.

Навантаження на високовольтну лінію визначають за формулами

$$P_{C_{\Sigma\P}}^C = P_{CY}^C + \Delta P_{OM}; \quad (13)$$

$$Q_{C_{\Sigma\P}}^C = Q_{CY}^C + \Delta Q_{OM}; \quad (14)$$

$$S_{C_{\Sigma\P}}^C = \sqrt{(P_{C_{\Sigma\P}}^C)^2 + (Q_{C_{\Sigma\P}}^C)^2}. \quad (15)$$

Завдання. У цьому пункті необхідно вибрати тип трансформатора типу ОМ і розрахувати навантаження на високовольтну лінію. За допомогою формули (2) розрахувати коефіцієнт навантаження на високовольтну лінію $\cos \varphi_{\text{суп.}}$.

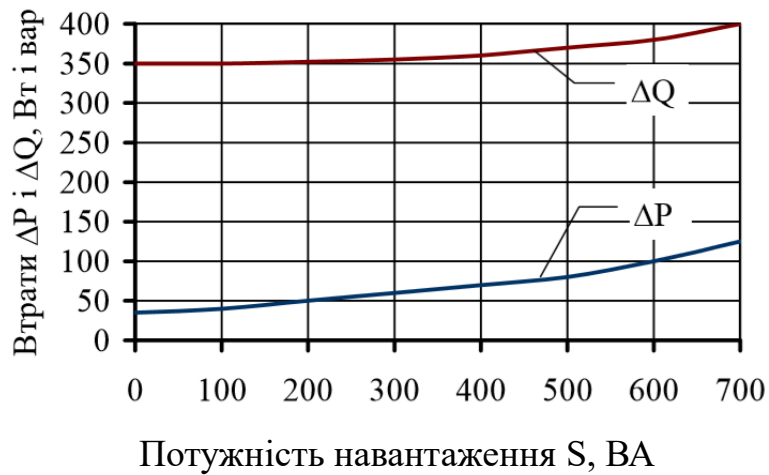


Рисунок 6 – Втрати в трансформаторі типу ОМ-0,63

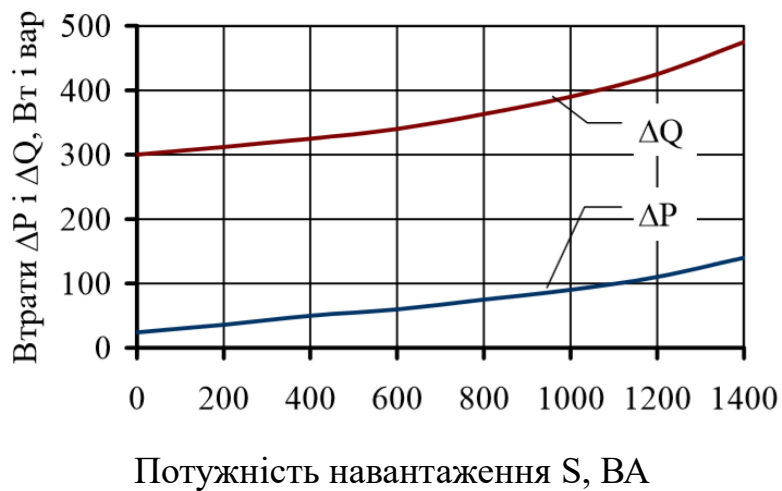


Рисунок 7 – Втрати в трансформаторі типу ОМ-1,25

Висновок

За результатами розрахунків для сигнальної установки необхідно зробити загальний висновок, тобто вказати:

- максимальну потужність, що споживає сигнальна установка, і відповідний коефіцієнт навантаження;
- тип трансформатора ОМ;
- кількість жил кабелю живлення;
- навантаження на високовольтну лінію і відповідний коефіцієнт навантаження.

Список літератури

- 1 Правила технічної експлуатації залізниць України: наказ № 258 від 25.07.2006 р.; зареєстр. в Мін-ві Юстиції України від 25.10.2006 р. № 1143/13017 / Мінпаливенерго України. Київ, 2006. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.
- 2 ЦШ – 0042. Пристроїв сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування: затв. Наказом № 347-ЦЗ від 26.04.2006 р. / Міністерство транспорту. Київ, 2006. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.
- 3 ЦШ-0060. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування: затв. Наказом № 090-ЦЗ від 07.10.2009 р. / Міністерство транспорту. Київ, 2009. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.
- 4 Інструкція з технічного обслуговування і ремонту пристроїв електропостачання систем сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) ЦЕ-0033: затв. Наказом Укрзалізниці від 09.02.2012 р. № 048-Ц. На заміну ЦЕ-0002. Київ, 2012. 53 с.
- 5 Гаврилюк В. І., Сиченко В. Г., Сердюк Т. М. Електроживлення систем залізничної автоматики, телемеханіки та зв'язку: монографія. Дніпро: ДНУЗТ, 2016. 196 с.

6 Проектні рішення АФАМ.657122.001ПР. Установка живильна модульна суміщена МСПУ-20-01: альбом П. Луганськ: ТОВ НВП «Стальенерго», 2014.

7 Кустов В. Ф., Прилипко А. А. Вплив вологості на деградацію елементів захисту і параметри каналів проникнення завад: загрози для електромагнітної сумісності і функціональної безпеки систем залізничної автоматики. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2025. № 2. С. 144-158.

8 Коновалов Є. В., Козар Л. М. Студентська навчальна звітність. Текстова частина (пояснювальна записка). Загальні вимоги до викладення та оформлення: метод. посіб. з додержання вимог нормоконтролю у студ. навч. звітності. Вид. 2-ге, перероб та доп. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 38 с.

9 Клименко К. С. Розрахунок пристроїв живлення сигнальної установки кодового АБ : метод. вказівки до практ. занять та самост. роботи з виконання контрольної роботи № 2 з дисципліни «Електроживлення систем автоматики». Харків: УкрДАЗТ, 2011. 22 с.

ДОДАТОК А

Програмоване завдання та дані

Варіант визначають за сумою останніх двох цифр шифру квитка здобувача освіти. Наприклад, шифр 20030023 – варіант 5.

Таблиця А.1 – Варіанти для контрольної роботи 2

Варіант	Тип рейкового кола	Довжина рейкових кіл, м	Тип сигнальної установки
0	РЦ50-01П	до 1000	одиначна
1	РЦ50-01П	1000-1500	одиначна
2	РЦ50-01П	1500-2000	одиначна
3	РЦ50-01П	2000-2600	одиначна
4	РЦ50-01П	1500-2000	спарена
5	РЦ50-01П	2000-2600	спарена
6	РЦ50-02П	до 1000	одиначна
7	РЦ50-02П	1000-1500	одиначна
8	РЦ50-02П	1500-2000	одиначна
9	РЦ50-02П	2000-2600	одиначна
10	РЦ50-02П	1500-2000	спарена
11	РЦ50-02П	2000-2600	спарена
12	РЦ50-02П	2000-2600	спарена
13	РЦ25-01П	до 1000	одиначна
14	РЦ25-01П	1000-1500	одиначна
15	РЦ25-01П	1500-2000	одиначна
16	РЦ25-01П	2000-2600	одиначна
17	РЦ25-01П	1500-2000	спарена
18	РЦ25-01П	2000-2600	спарена

Таблиця А.2 – Потужності для різних рейкових кіл

Тип рейкового кола	Довжина рейкових кіл, м	Потужність			
		Середня		Максимальна	
		Р, Вт	Q, вар	Р, Вт	Q, вар
РЦ50-01П	до 1000	24	55	21	67
	1000-1500	40	69	36	115
	1500-2000	90	120	75	239
	2000-2600	140	148	135	459
РЦ50-02П	до 1000	18	57	21	67
	1000-1500	21	67	28	75
	1500-2000	36	71	50	87
	2000-2600	90	120	140	143
РЦ25-01П	до 1000	6,6	3,7	12,3	--
	1000-1500	13,5	7,6	27	--
	1500-2000	24,8	14,1	53	--
	2000-2500	47	26,6	100	--

ДОДАТОК Б

Схеми електропостачання АБ

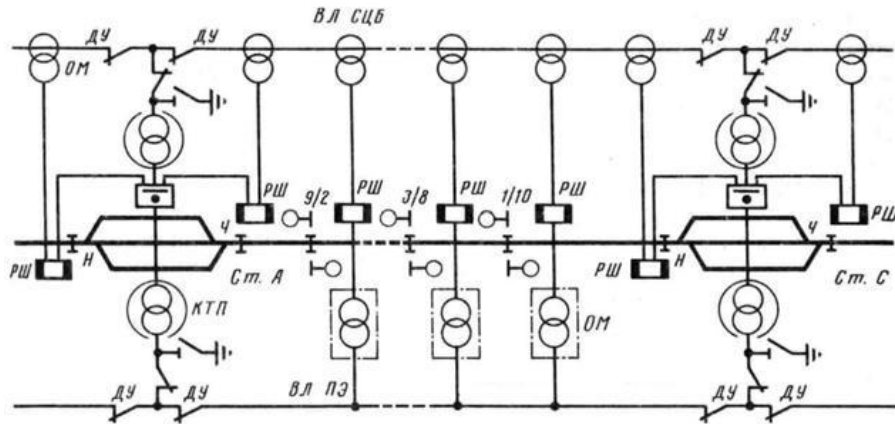


Рисунок Б.1 – Схема для автономної тяги

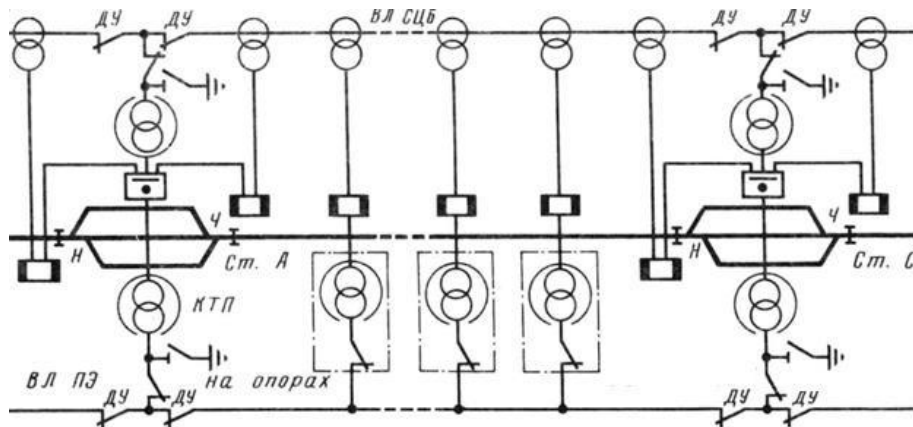


Рисунок Б.2 – Схема для електротяги постійного струму

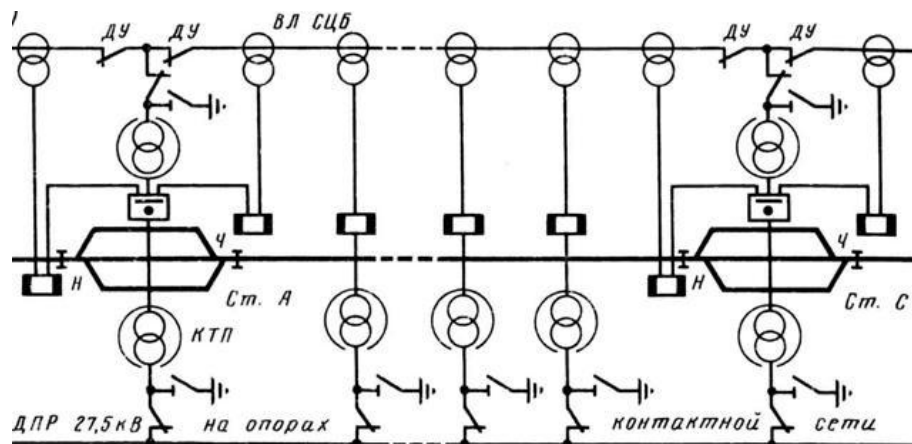


Рисунок Б.3 – Схема для електротяги змінного струму

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для практичних занять, розрахунково-графічної роботи
і контрольної роботи з освітньої компоненти

«ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ ТА РОБОТОТЕХНІКИ»

Відповідальний за випуск Прилипко А. А.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 3.11.2025 р.

Умовн. друк. арк. 2,5. Тираж . Замовлення № .

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.