

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Український державний університет
науки і технологій**

*Кафедра «Автоматика та
телекомунікації»*

В авторській редакції

**ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ СИСТЕМ
АВТОМАТИКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ**

Навчально-методичні рекомендації
до курсової роботи

Електронне видання

ДНІПРО
2026

Упорядники:
Т.М. Сердюк

Електронне видання

Схвалено Групами забезпечення якості освітньої програми
G7 (174) «Автоматика та автоматизація на
транспорті»
J7 (273) «Системи керування рухом поїздів»

Протокол № 1 від 29.08.2024

Е 50 Електроживлення систем автоматики та зв'язку: навчально- методичні рекомендації до курсової роботи / упоряд. Т.М. Сердюк; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2026. – 36 с.

Навчально-методичні рекомендації призначені для використання студентами денної і дистанційної форм навчання спеціальностей G7(174) «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» і J7(273) «Залізничний транспорт» під час виконання контрольної роботи робіт з дисциплін «Електроживлення систем автоматики та зв'язку», «Системи електроживлення пристроїв керування рухом поїздів».

Навчально-методичні рекомендації містять основні теоретичні положення для засвоєння матеріалу, інструкції до виконання курсової роботи, вимоги до аналізу результатів та оформлення робіт.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Загальні положення.....	4
2. Вихідні дані.....	4
3. Опис системи електроживлення станції.....	6
4. Комплектація щитової установки поста ЕЦ панелями живлення.....	8
5. Порядок виконання курсової роботи	
Розділ 1.	11
Розділ 2.....	13
Розділ 3.....	15
Розділ 4.....	18
Розділ 5.....	20
Розділ 6.....	21
Розділ 7.....	22
Розділ 8.....	26
Розділ 9.....	27
Додатки.....	29
Бібліографічний список.....	35

ВСТУП

Для електроживлення пристроїв залізничної автоматики і телемеханіки застосовують випрямлячі, напівпровідникові перетворювачі, хімічні джерела струму (акумулятори), дизель-генератори автоматичні (ДГА) і т. ін. Усе це обладнання входить до складу установок, які живлять пристрої автоматики та телемеханіки електричною енергією [1 – 3].

Пристрої залізничної автоматики належать до електроспоживачів першої категорії і живляться як постійним, так і змінним струмом при заданих напругах і струмах. Акумуляторні батареї виконують роль резервних джерел [2].

Подальше удосконалення систем електроживлення пристроїв автоматики і телемеханіки полягає в розробці та введенні нових установок, що живляться електричною енергією без акумуляторних батарей, застосуванні апаратури з використанням сучасних засобів автоматизації та електроніки, підвищенні коефіцієнтів потужності та корисної дії.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Курсову роботу студенти виконують самостійно, засвоївши заздалегідь теоретичний матеріал курсу.

Завдання на курсову роботу складається з дев'яти пунктів. Варіант курсової роботи вибирається за двома останніми цифрами навчального шифру студента.

Курсова робота оформляється в рукописному вигляді на аркушах формату А4 з рамками та штампом, виготовленими за допомогою обчислювальної техніки, відповідно до ГОСТ 2.105-95 чи [4]. Не допускається використання аркушів, виконаних за допомогою ксерокса.

Обсяг пояснювальної записки не повинен перевищувати 20-25 аркушів. Пояснення не повинні містити основних положень навчальних посібників.

Текст пишеться на одному боці аркуша. Виправлення помилок виконуються поряд із зауваженнями на чистій сторінці.

Аркуші, записки, формули, рисунки та таблиці повинні бути пронумеровані. При цьому нумерація може бути як наскрізна, так і в межах кожного окремого пункту. Рисунки, графіки та схеми виконуються на міліметровці відповідно до ГОСТ 2.749-84 та варіанта завдання. Креслення повинні мати рамку та штамп, підписані студентом. Вшиваються вони відповідно до пункту виконання після тієї сторінки, де наведено їх опис [4].

Необхідно подати список використаної літератури, на яку були зроблені посилання в ході виконання курсової роботи. У кінці робота підписується виконавцем та вказується дата її завершення [4].

2. ВИХІДНІ ДАНІ

1. Вид тяги поїздів на заданій залізничній ділянці (табл. 1).
2. Умови зовнішнього електропостачання поста маршрутно-релейної

централізації (МРЦ) – два незалежні джерела електроенергії. Категорія електроспоживачів – перша. Номінальна напруга на вводах поста електричної централізації (ЕЦ) складає 380 В, її коливання знаходяться у межах від 342 до 399 В. Частота змінного струму 50 Гц. Її відхилення не перевищує ± 1 Гц.

3. Дані, що характеризують станцію (табл. 2).

Таблиця 1

Вид тяги	
Варіант (передостання цифра шифру)	Вид тяги
0, 2, 5	Електрична змінного струму Електрична постійного струму Автономна
1, 3, 7, 8	
4, 6, 9	

Таблиця 2

Характеристика станції

Позиція	Варіант (остання цифра шифру)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
Кількість стрілок	55	60	75	83	85	90	95	101	115	125	
Кількість стрілок з місцевим управлінням	–	4	6	–	4	6	–	7	8	9	
Маршрутні показники напрямку	Віддалені	–	+	–	–	+	–	–	+	–	+
	Невіддалені	–	–	–	–	+	–	+	–	+	+
Маршрутні показники колії відправлення	Віддалені	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–
	Невіддалені	–	+	–	+	–	–	–	+	+	–
Кількість підходів до станції	2	3	2	4	3	2	3	4	3	5	
Схильність до снігових заметів	+	–	+	+	–	+	–	–	+	+	
Кліматична зона	волога					суха					
Грунт	глина		чорнозем		суглинок		лес		пісок		
Питомий опір ρ , Ом·м	60		30		100		250		700		

Примітка. Позначеннями «+» чи «–» показано наявність або відсутність заданих показників

Підходи до заданої станції двоколієні. Перегін обладнано числовим кодовим автоблокуванням 25 Гц при електротязі змінного струму та 50 Гц при автономній і електричній тязі постійного струму. Тип рейок на станції – Р65, марки хрестовин стрілочних переводів – 1/11. Стрілочні електроприводи – постійного струму типу СП-6 з електродвигунами МСП-0,25, 160 В. Тип станційних рейкових кіл (РК) – фазочутливі 25 Гц з колійними реле ДСШ, які

кодуються по головних та тих коліях, що дозволяють пропускати поїзди без зупинки, струмами АЛС частотою 50 Гц при автономній і електричній тязі постійного струму та 25 Гц при електротязі змінного струму. На станції споруджується пост ЕЦ типу: у варіантах до 50 стрілок включно – Сз-72, від 50 до 100 стрілок включно – Сз-57, понад 100 стрілок – Сз-77 [2, 5, 6].

4. Вихідні дані виконання розрахунків щодо визначення перерізу проводу для живлення навантаження (табл. 3 та рис. 1, 2).

Таблиця 3

Вихідні дані для розрахунку перерізу проводу (розділ 8)

Варіант (сума двох останніх цифр шифру)	Найменування проводів для розрахунку
0	П, М (реле ЕЦ, рис. 1)
1	ПБ, ПМ (заряд акумуляторної батареї, рис. 1)
2	ТП (табло, пульт, рис. 1)
3, 13	РПБ, РМБ (робочі кола стрілок, рис. 1)
4, 14	МИ (живлення реле ПУ, МУ, АКН в усіх стативах)
5, 15	СХ, СМ (живлення ламп табло при завданні маршруту, рис. 2)
6, 16	РСХМ (прямий провід імпульсного живлення ламп табло, рис. 2)
7, 17	КСХ (підсвічення табло, рис. 2)
8, 18	КМС (лампи стрілочних комутаторів, рис. 2)
9	ПХС, ОХС (лампи світлофорів, рис. 2)
10	Внутрішньопостові проводи рейкових кіл (рис. 1)
11	ПХУ, ПХУС (маршрутні покажчики, рис. 2)
12	Е (електрообігрів стрілочних приводів, рис. 1)

3. ОПИС СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ СТАНЦІЇ

Пристрої електричної централізації за надійністю електроживлення належать до споживачів першої категорії [2, 6]. До першої категорії входять електроспоживачі, перерва в електроживленні яких може викликати небезпеку для життя людей, призвести до значних збитків державного майна, пошкодження дорогого обладнання, масового браку продукції, до розладнання складного технологічного процесу, порушення функціонування найбільш важливих елементів комунального господарства. Наприклад, пристрої ЕЦ проміжних станцій з кількістю стрілок до 30, автоблокування, світлофорної сигналізації з ключовою залежністю, пристрої зв'язку при напівавтоматичному автоблокуванні, тунелів, переїзної сигналізації, сортувальних механізованих гірок, контрольних пунктів автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС). Такі електроспоживачі забезпечуються електричною енергією від двох незалежних джерел, а перерва в електроживленні допускається лише на час автоматичного увімкнення резервного живлення.

До електроспоживачів другої категорії належать такі, перерва в електроживленні яких веде до масового недовироблення продукції, масових простоїв

робітників, механізмів і промислового транспорту, порушення нормальної діяльності значної кількості міських та сільських мешканців. Серед пристроїв залізничної автоматики до другої категорії належать компресорні станції для пневматичної очистки стрілок ЕЦ, станції пневматичної пошти та пункти списування вагонів на сортувальних станціях [2, 3].

Менш відповідальні електроспоживачі, які не підходять ані під першу, ані під другу категорії належать до третьої категорії (освітлення приміщень всіх службово-технічних будов пристроїв СЦБ, вузлів зв'язку та механізованих гірок) [2, 3].

Серед споживачів першої категорії виділяють групу, найбільш вимогливу до надійності електроживлення. Електроспоживачі цієї групи повинні мати третє незалежне джерело електроенергії - ДГА.

На станціях з кількістю стрілок більш 30, як правило, є можливість забезпечити електропостачання пристроїв МРЦ за двома окремими лініями від двох незалежних джерел зовнішніх мереж змінного струму. Як третє незалежне джерело живлення передбачається ДГА, і тоді електроживлення пристроїв МРЦ здійснюється за безбатарейною системою [1, 2].

Якщо використані для пристроїв ЕЦ джерела зовнішнього електропостачання живлять районні споживачі категорій 1 чи 2, то ДГА на посту ЕЦ повинен автоматично вмикатися в роботу лише в разі зникнення напруги на обох зовнішніх джерелах. Якщо електропостачання ЕЦ здійснюється від двох зовнішніх джерел (основне живить приймачі не нижче 2-ї категорії, а резервне – приймачі 3 категорії), то ДГА повинен запускатися відразу ж після вимикання основного джерела живлення й працювати до відновлення його роботи.

Безбатарейна система характеризується живленням основних об'єктів централізації – світлофорів, рейкових кіл, стрілок – тільки змінним струмом 220 В безпосередньо від мережі, через перетворювачі частоти або випрямлячі. Релейні схеми, що здійснюють залежність під час установки й розмикання маршрутів, також живляться через випрямлячі. Однак деякі реле цих схем чутливі до короткочасних перерв у електроживленні, тому для їхньої роботи передбачається контрольна батарея 24 В. Акумулятори цієї батареї виконують також роль високоякісного фільтра, що згладжує і таким чином виключає пульсації випрямленої напруги. Резервування живлення червоних ламп і запрошувальних вогнів вхідних світлофорів здійснюється від акумуляторних батарей, встановлених біля них.

У ряді випадків електропостачання поста МРЦ, виходячи з місцевих умов, може бути організовано тільки від одного зовнішнього джерела живлення. Другим джерелом у цьому випадку служить встановлений на посту ДГА. А в як третє джерело передбачене застосування акумуляторної батареї 24 В, ємність якої розраховується на резервне живлення стрілочних електроприводів, контрольних кіл стрілок, ламп запрошувальних вогнів станційних світлофорів через статичні тиристорні перетворювачі (батарейна система електроживлення).

Для живлення заданої станції МРЦ рекомендовано прийняти безбатарейну систему із застосуванням резервного джерела живлення (ДГА).

4. КОМПЛЕКТАЦІЯ ЩИТОВОЇ УСТАНОВКИ ПОСТА ЕЦ ПАНЕЛЯМИ ЖИВЛЕННЯ

Щитова установка, що споруджується на посту МРЦ, комплектується типовими панелями живлення залежно від кількості централізованих стрілок, роду тяги й системи живлення МРЦ. При безбатарейній системі живлення на великих станціях застосовують панелі, що описані в [5, 6, 9].

Вхідна панель ПВ-ЕЦК призначена для введення, контролю й початкового розподілу живлення 380/220 В за основними видами навантажень: пристрої СЦБ, зв'язок, маневрові пости, гарантоване й негарантоване освітлення та силове навантаження.

Напряга змінного струму кожного фідера контролюється фідерними реле 1Ф и 2Ф (рис. 1). Зі зниженням напруги у фазі основного фідера до 183 В реле 1Ф переключаче навантаження на резервний фідер.

Підключення навантажень виконується через автоматичний вимикач 1АВ. Якщо потужності ДГА не вистачає, передбачена можливість відключення контактором ОН негарантованого освітлення й силового навантаження під час роботи ДГА.

Розподільча панель ПР-ЕЦК служить для розподілу живлення змінного струму за окремими навантаженнями ЕЦ, ізолювання навантажень від заземленої мережі змінного струму, а також переключення світлофорів, маршрутних показчиків і табло на різні режими живлення.

Основу панелі ПР-ЕЦК (рис. 2) складають два потужних трифазних трансформатори ТС1 і ТС2 по 4,5 кВА кожний, вторинні обмотки яких розділені. Вони використовуються індивідуально й розраховані на максимальне фазове навантаження 1,5 кВА.

Імпульсне живлення лампочок табло здійснюється у двох режимах: із частотою миготіння 60 і 40 проблісків за хвилину. Тому для їхнього формування використовуються два блоки: БСК2 і БСК3 (кола РСХМ, СХМ, СМ). Маршрутні показчики на станціях можуть бути двох типів: напрямку (білого кольору) і колія відправлення (зеленого кольору).

При подвійному зниженні напруги маршрутні показчики напрямку відключаються повністю (кола ПХУ1, ПХУ2, ПХУ3), а показчики колій відправлення при групових світлофорах переводяться через трансформатор Т3 на напругу 50 В (кола ПХУС1, ПХУС2).

Деякі маршрутні показчики можуть розташовуватися на значній відстані від поста ЕЦ. Щоб зменшити в цьому випадку жильність кабелю, живлення їх передбачається підвищеною напругою 232 В, яке здійснюється через автотрансформатор Т2 (кола ПХУ2, ПХУС2).

Випрямно-перетворювальна панель ПВП-ЕЦК служить для випрямлення трифазного змінного струму в постійний, автоматичного заряду й підтримки в буферному режимі роботи акумуляторної батареї 24 В, перетворення постій-

ного струму батареї у змінний частотою 50 Гц, 220 В при відключенні зовнішніх мереж для гарантованого живлення визначених навантажень МРЦ за змінним струмом, а також живлення апаратури постійного струму 24 В і 220 В.

Залежно від фактичної напруги акумуляторної батареї панель ПВП-ЕЦК забезпечує її роботу в режимі безперервного підзаряду чи форсованого заряду. Переключення батареї з одного режиму в інший виконується автоматично за допомогою реле 1РН і ФЗ.

Перетворювач-випрямляч ПП типу ППВ-1 переводиться в режим перетворення постійного струму батареї у змінний 220 В за допомогою реле СА при вимиканні джерел змінного струму.

Напруга батареї в процесі її розряду контролюється реле 2РН. При зниженні його до $21,6 \pm 0,3$ В реле напруги 2РН вимикає реле ПРО, що, у свою чергу, обриває коло живлення реле ОП. Останнє ж відключає перетворювач від батареї, щоб уникнути виходу її з ладу. Відключення ПП від батареї може здійснюватись також вручну з пульта управління.

Стрілочні панелі ПСП-ЕЦК, ПСТ-ЕЦК призначені для живлення робочих кіл стрілочних електроприводів постійного струму (ПСП-ЕЦК) і приводів трифазного змінного струму (ПСТ-ЕЦК), а також електрообігрівання контактів їхніх автоперемикачів.

Стрілочні панелі випускаються в чотирьох модифікаціях. Із них – панелі ПСПН-ЕЦК1 (ПСТН-ЕЦК1) не розраховані на електрообігрівання стрілочних приводів і застосовуються в районах із сухим кліматом. Панелі ПСПН-ЕЦК2 (ПСТН-ЕЦК2), ПСПН-ЕЦК3 (ПСТН-ЕЦК3) забезпечують обігрів приводів і розраховані на потужність обігріву відповідно 4,5 і 9 кВА. Панелі ПСПР-ЕЦК (ПСТР-ЕЦК) виконані з урахуванням резервування електроживлення кіл переводу стрілок від акумуляторної батареї через перетворювач і застосовуються при батарейній, а в обґрунтованих випадках і при безбатарейній системі живлення.

У панелях ПСПН-ЕЦК2, ПСПН-ЕЦК3 додатково до трансформаторів ТС1, ТС2 встановлені один чи два трансформатори потужністю 4,5 кВА кожний (ТС3, ТС4), призначені для ізоляції від землі джерел живлення електрообігріву стрілочних приводів.

Для зняття напруги з обладнання й захисту силових трансформаторів панелі встановлені автоматичні вимикачі АВ1...АВ4.

Перетворювальна панель ПП25-ЕЦК призначена для живлення фазочутливих рейкових кіл з колійними реле ДСШ змінним струмом 25 Гц.

Панель працює від мережі однофазного змінного струму 220 В і забезпечує: перетворення змінного струму 50 Гц у змінний струм 25 Гц, фазування перетворювачів частоти 50/25 Гц, розподіл живлення 25 Гц по колах місцевих елементів колійних реле ДСШ і колах колійних трансформаторів РК, контроль справної роботи пристроїв фазування (ФУ), автоматичне або ручне вимикання кіл живлення РК, вимір та контроль перегорання запобіжників.

У панелі ПП25-ЕЦК (див. рис. 1) встановлено вісім перетворювачів

ПЧ50/25-300, з них 1П, 2П загальною потужністю 600 ВА для живлення місцевих елементів реле ДСШ, а 11П...13П, 21П...23П загальною потужністю 1740 ВА для живлення колійних трансформаторів рейкових кіл.

Виходи кожного колійного перетворювача розділені на дві лінії живлення. Напряга в кожній лінії при максимальному навантаженні 0,75 А складає 200...230 В. Аналогічно розділені виходи кожного з місцевих перетворювачів на дві групи живлення місцевих елементів. У кожній групі допускається струм величиною 1,4 А, при якому напруга повинна складати 100...115 В.

Лінії живлення рейкових кіл можуть відключатися індивідуальними викидачами 11В1...23В2.

На панелях ПП25-ЕЦК показана схема включення колійних і місцевих перетворювачів з фазуванням, що відповідає умовам завдання. Відомо, що для нормальної роботи фазочутливих рейкових кіл необхідно, щоб колійні і місцеві перетворювачі частоти (ПЧ) були жорстко сфазовані між собою. Оскільки частота 25 Гц у два рази менше частоти 50 Гц, то при синфазному включенні параметричних перетворювачів частоти в мережу змінного струму фаза може з однаковою ймовірністю набути значення 0° або 180° відносно частоти 50 Гц, тобто 25 Гц в колійних і місцевих перетворювачах відносно один одного можуть виявитися або в фазі, або в протифазі. Щоб забезпечити тверде фазування колійних і місцевих ПЧ 50/25, на панелях ПП25-ЕЦК усі перетворювачі забезпечуються пристроями фазування з відповідними реле.

На виходах перетворювачів ФУ забезпечують збіг за фазою напруг 25 Гц, якщо в мережу змінного струму перетворювачі включаються синфазно, і зсув напруг на 90° відносно одна одної, якщо вони включаються в мережу протифазно.

На ділянках з електротягою постійного струму рейкові кола розраховані на синфазне живлення їхніх колійних трансформаторів і місцевих елементів реле. Тому перетворювачі в цих випадках повинні бути включені в мережу змінного струму синфазно.

На ділянках із автономною та електричною тягою змінного струму використовуються фазочутливі рейкові кола, розраховані на живлення їх від напруг, які зсунуті одна від одної за фазою на 90° . Тому перетворювачі на таких ділянках повинні бути включені в мережу змінного струму протифазно.

Напруги місцевих елементів колійних реле є опорними стосовно напруг колійних елементів. Тому вихідні напруги місцевих перетворювачів повинні збігатися між собою за фазою, для чого на кожній панелі вони завжди включаються синфазно.

Перший місцевий перетворювач на панелі приймається як ведучий перетворювач, стосовно якого фазуються всі інші місцеві й колійні перетворювачі. Тому на перетворювачі 1П пристрій ФУ може не встановлюватися.

Перетворювачі частоти ПЧ 50/25, як відомо, працюють з використанням лише одного півперіоду змінного струму 50 Гц. Тому по вторинній обмотці силового трансформатора, від якого живляться перетворювачі, протікає пос-

тійна складова струму, що підмагнічує сердечник, знижує використання трансформатора й викликає додаткові втрати енергії.

Підмагнічувальний струм не перевищує припустимого значення (12 А) на панелі, де перетворювачі включені протифазно. При синфазному ж включенні перетворювачів панелі для запобігання перевищенню припустимого струму підмагнічування місцеві перетворювачі настроюються на роботу лише з чотирма колійними перетворювачами. Інші два колійних перетворювачі, якщо відсутні на станції рейкові кола, що вимагають зсуву напруг за фазою на 90° , включені в мережу протифазно з місцевими перетворювачами й використовуються лише для зменшення струму підмагнічування.

У випадку установки на станції двох чи більше панелей останні включаються протифазно для зменшення підмагнічування сердечника.

Однак у разі протифазного включення панелей рейкові кола, що живляться від них, не захищаються від небезпечного впливу одного на інше на межі розділу при сході ізолюючих стиків. У зв'язку з цим передбачається стикування рейкових кіл на границі районів живлення тільки живильними трансформаторами. Синфазне ж включення панелей не вимагає такого розміщення трансформаторів. Тому в тих випадках, коли необхідна установка двох панелей, але загальна кількість перетворювачів, що створюють підмагнічування, не перевищує чотирьох, дозволяється синфазне включення цих панелей. Перетворювачі, що не використовуються, повинні бути вимкнені з мережі.

При трьох панелях третя панель підключається синфазно до будь-якої з перших двох, включених протифазно.

У разі синфазного включення панелей фазування перетворювачів другої (додаткової) панелі здійснюється від першого місцевого перетворювача основної панелі. Місцевий перетворювач 1П додаткової панелі в такому випадку фазується за допомогою свого фазуючого пристрою 1ФУ.

У разі протифазного включення двох панелей їх пристрої фазування живляться від своїх місцевих перетворювачів 1П, 2П.

Як приклад на рис. 1 показані протифазне й синфазне включення місцевих і колійних перетворювачів на панелях. Включення панелей між собою показано протифазним. Їхнє синфазне включення на рис.1 відокремлено пунктиром.

Щит вимикання живлення ЩВП-73 установлюється на посту ЕЦ із метою протипожежної безпеки й призначений для швидкого і надійного одночасного вимкнення всіх джерел живлення МРЦ [1 –3, 5].

5. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ПЕРЕТВОРЮВАЧА ППВ-1

При безбатарейній системі живлення МРЦ від напівпровідникового перетворювача типу ППВ-1, встановленого на панелі ПВП-ЕЦК, одержують живлення (у випадку вимкнення всіх джерел змінного струму) такі навантаження гарантованого змінного струму: станційні блоки дешифраторів кодового ав-

тоблокування прилеглих до станції блок-дільниць; схеми зміни напрямку руху й контролю прилеглих перегонів (при організації двостороннього руху поїздів); схеми ДСН на прилеглих перегонах; схеми ДСН на станції; схеми огороження поїздів.

Номинальні (максимальні) потужності цих навантажень приведені в розрахунковій табл. 4. У цій самій таблиці зазначені їхні середньодобові коефіцієнти включення K , що характеризують, яку частину часу на добу ввімкнене навантаження. Для постійно увімкнених навантажень $K = 1$.

Таблиця 4

Розрахунок навантажень перетворювача ППВ-1

Навантаження	Вимірювач	Потужність навантаження		Кількість одиниць виміру	Максимальна потужність навантажень		Коефіцієнт K	Середня потужність навантажень	
		P , Вт	Q , вар		P , Вт	Q , вар		P , Вт	Q , вар
Схема зміни напрямку (блок ДСПН-2) Схема ДСН Станційні дешифратори автоблокування Схема ДСН на перегоні (блок ДСНП-2)	Підхід	12,7	6,0				1		
	Пост ЕЦ	36,5	5,0				1		
	Підхід	16,6	16,8				1		
	Підхід	12,7	6,0				1		
Всього		–	–		$\sum P_M$	$\sum Q_M$		P_H	Q_H

Відомо, що ККД перетворювача ППВ-1 залежить від ступеня його завантаження. Тому з метою підвищення ККД передбачена можливість настройки перетворювача на номінальні потужності 0,3, 0,6 і 1,0 кВт. Така настройка виконується за результатами розрахунку максимальної потужності навантажень S_M , ВА,

$$S_M = \sqrt{(\sum P_M)^2 + (\sum Q_M)^2}. \quad (1)$$

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

$$\cos \varphi_M = \sum P_M / S_M. \quad (2)$$

Перетворювач розрахований на номінальне навантаження $P_{НОМ}$ (0,3, 0,6, 1,0 кВт) при $\cos \varphi = 0,9$. Якщо реальний коефіцієнт потужності виявиться меншим 0,9, то навантаження на перетворювач повинно бути зменшене.

Припустиме в цьому випадку навантаження визначається за формулою:

$$P_{доп} \leq \frac{1,76 P_{НОМ}}{1 + \frac{1,57 \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_M}}{\cos \varphi_M}}. \quad (3)$$

При $\cos \varphi > 0,9$ припустима потужність перетворювача $P_{доп}$ може навіть

трохи перевищувати номінальну. Цю потужність можна розрахувати за таким співвідношенням:

$$P_{\text{доп}} \leq \frac{P_{\text{НОМ}} \cos \varphi_{\text{М}}}{0,9}. \quad (4)$$

З урахуванням коефіцієнта навантаження $K_{\text{Н}}$, середня потужність може бути визначена на основі таких виразів:

$$P_{\text{Н}} = \sum K \cdot P_{\text{Н}}, \quad (5)$$

$$Q_{\text{Н}} = \sum K \cdot Q_{\text{Н}}. \quad (6)$$

Середній коефіцієнт потужності навантаження перетворювача

$$\cos \varphi_{\text{Н}} = \frac{P_{\text{Н}}}{\sqrt{P_{\text{Н}}^2 + Q_{\text{Н}}^2}}. \quad (7)$$

Коефіцієнт навантаження перетворювача

$$K_{\text{Н}} = \frac{P_{\text{Н}}}{P_{\text{НОМ}}}, \quad (8)$$

де $P_{\text{НОМ}}$ – номінальна потужність перетворювача з урахуванням його настройки на максимальну потужність навантаження.

Коефіцієнт потужності впливає не тільки на використання встановленої потужності перетворювача, але також і на його коефіцієнт корисної дії (ККД). Тому ККД перетворювача визначається з урахуванням коефіцієнта потужності η_{φ} та завантаження $\eta_{\text{Н}}$ (див. дод. 1)

$$\eta_{\text{П}} = \frac{\eta_{\varphi} \eta_{\text{Н}}}{0,82}. \quad (9)$$

З урахуванням величин $P_{\text{Н}}$ та $\eta_{\text{П}}$ визначається струм перетворювача $I_{\text{П}}$, який споживається ним від батареї і складає

$$I_{\text{П}} = \frac{P_{\text{Н}}}{\eta_{\text{П}} U_{\text{б}}}, \quad (10)$$

де $U_{\text{б}}$ – номінальна напруга акумуляторної батареї, В.

У цьому пункті необхідно навести розрахунок навантажень перетворювача (табл. 4), а також струму, який споживається ним від акумуляторної батареї. Крім того, необхідно вказати номінальну потужність, на яку треба настроїти перетворювач ППВ-1, що розраховується.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ 24 В

Розрахунок батареї полягає у визначенні її ємності й виборі типу акумуляторів СК за індексом.

Визначаючи ємність акумуляторів, варто виходити з умов експлуатації батареї в основному і додатковому режимах резервування [2, 5].

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

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) [5];

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) [5];

3) контрольні лампочки на табло і панелях живлення – контролю фідерів, роботи перетворювача і т. ін. (споживаний лампочками струм $I_{лп}$ у розрахунку на посту ЕЦ дорівнює 0,175 А) [5];

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) перетворювач ППВ-1 за гарантованим живленням кіл змінного струму (споживаний від батареї перетворювачем струм $I_{п}$ визначено в розділі 1).

Розрядний струм батареї у режимі основного резервування, А,

$$I_{\text{бo}} = I_a n_c + I_{\text{лс}} n_{\text{вх}} + I_{\text{рп}} + I_{\text{лп}} + I_{\text{п}}, \quad (11)$$

де n_c – кількість стрілок ЕЦ, $n_{\text{вх}}$ – кількість підходів до станції.

Розрахунковий час $t_{\text{po}} = 2$ 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 вимкненням від батареї релейних пристроїв ЕЦ (шляхом вилучення запобіжників на стативах).

Розрядний струм батареї в додатковому режимі резервування

$$I_{\text{бд}} = I_{\text{бo}} - I_a n_c. \quad (12)$$

При встановленій тривалості місцевого акумуляторного резерву червоних вогнів вхідних світлофорів на 12 годин [7] тривалість додаткового режиму $t_{\text{бд}}$ контрольної батарея 24 В прийнята рівною 10 годинам [5].

В умовах розглянутого режиму експлуатації акумуляторної батареї фактична її розрядна ємність складе, А·год,

$$Q_{\text{ф}} = I_{\text{бo}} t_{\text{бo}} + I_{\text{бд}} t_{\text{бд}}. \quad (13)$$

Ємність акумуляторів, яка гарантується заводом, характеризується номінальним значенням $Q_{\text{н}}$. Однак з підвищенням інтенсивності розряду й зниженням температури електроліту ємність, що віддається акумуляторами, зменшується. Тому фактична ємність $Q_{\text{ф}}$ перераховується до номінальних умов. Таке перерахування проводиться за формулою

$$Q_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{ф}}}{K_c p \left[1 + K_t (t - 25^\circ) \right]}, \quad (14)$$

де Q_p – розрахункова номінальна ємність батареї; K_c – коефіцієнт зниження ємності акумуляторів від старіння. Для пристроїв СЦБ $K_c = 0,85$ [1, 2]; p – коефіцієнт інтенсивності розряду, який показує, яку частину номінальної ємності в процентах можна отримати від акумулятора в даному режимі розряду. Величина цього коефіцієнта залежить від часу розряду батареї t_{pp} струмом основного режиму I_{60} ; K_t – температурний коефіцієнт ємності. Для акумуляторів типу СК $K_t = 0,008$ [1]; t – температура електроліту під час розряду батареї. У розрахунках слід прийняти $t = +15^\circ\text{C}$ (температура акумуляторного приміщення поста ЕЦ, [1, 2]).

Значення розрахункового коефіцієнта інтенсивності розряду p варто визначити за режимом розряду батареї струмом I_{60} як найбільш несприятливим ($I_{60} > I_{6д}$) для батареї.

У такому випадку розрахункова (можлива) тривалість розряду батареї t_{pp} струмом основного режиму I_{60} складе

$$t_{pp} = \frac{Q_{\phi}}{I_{60}}. \quad (15)$$

За отриманим значенням t_{pp} розрахункового режиму розряду неважко визначити коефіцієнт інтенсивності розряду акумуляторів p за даними [1, с. 22].

За номінальною розрахунковою ємністю Q_p визначається тип акумуляторів СК: їхній індексний номер і паспортна номінальна ємність Q_H [1, табл. 2].

Індекс акумуляторів можна визначити за таким співвідношенням:

$$N = \frac{Q_H}{Q_1}, \quad (16)$$

де Q_1 – номінальна ємність акумулятора типу СК з індексом $N = 1$, $Q_1 = 36 \text{ А} \cdot \text{год}$.

При остаточному виборі типу акумулятора необхідно врахувати, що з метою скорочення різнотипності акумуляторних банок на постах ЕЦ рекомендується застосувати такі типи: СК4, СК6, СК8, СК10 і СК12 [2].

З метою модернізації кіл резервного електроживлення поста ЕЦ прийняти до експлуатації акумулятори нового покоління OPzS з номінальною напругою 2 В і ємністю 100...500 А год, [6, 7].

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК І РОЗПОДІЛ НАВАНТАЖЕНЬ ПАНЕЛІ ПР–ЕЦК

Розрахунок розподільчої панелі ПР-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 $P_{ЛТС}$, $Q_{ЛТС}$ складає відповідно 6 Вт і 0,9 вар [5].

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

$$P_{ЛТ} = P_{ЛТС} n_c, \quad (17)$$

$$Q_{ЛТ} = Q_{ЛТС} n_c. \quad (18)$$

Світлофори. Для більш рівномірного розподілу навантаження світлофорів у панелі ПР-ЕЦК передбачена можливість поділу світлофорів на чотири 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 миготливих вогнів світлофорів передбачено окреме коло ПСХМ імпульсного живлення. Коло гарантованого живлення вхідних світлофорів ПХР, ОХР зараз 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:

$$S_{СВП} = S_{СВ} n_{СВ}, \quad (19)$$

де $S_{СВ}$ – повна потужність світлофора. $S_{СВ} = 22 \text{ В} \cdot \text{А}$ при $\cos \varphi = 0,95$ [5];

$n_{СВ}$ – кількість світлофорів на станції. При числі стрілок більше 30 кількість світлофорів перевищує число стрілок у 1,3 разу [5].

Маршрутні покажчики. Для живлення маршрутних покажчиків використовуються фазові обмотки «в» ТС1 і ТС2. При цьому для живлення маршрутних покажчиків положення використовуються кола ПХУ1, ПХУ2 і ПХУ3, з них ПХУ2 – для живлення маршрутних покажчиків віддалених об'єктів; для живлення маршрутних покажчиків колій відправлення – кола ПХУС1 і ПХУС2, з них коло ПХУС2 – для покажчиків віддалених об'єктів.

Потужність маршрутних покажчиків $P_{МУ}$, якщо вони є на станції, визначається за усередненими даними в цілому по посту ЕЦ. $P_{МУ} = 700 \text{ Вт}$ на станціях з кількістю стрілок до 140 [2]. За наявності на станції різномісних маршрутних покажчиків потужність 700 Вт може бути розподілена між ними на розсуд самого студента.

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

Повна потужність кіл контролю стрілок

$$S_{КС} = S_{КСС} n_c, \quad (20)$$

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

Стрілки місцевого управління. Кола передачі стрілок на місцеве управління живляться від обмотки «в» ТС1 через трансформатор Т5 (тип ПТ-25А) при напрузі 110 В.

Потужність пристроїв передачі стрілок на місцеве управління

$$S_{\text{мс}} = S_{\text{мсс}} n_{\text{мс}}, \quad (21)$$

де $S_{\text{мсс}}$ – потужність пристроїв передачі на місцеве управління однієї стрілки, $S_{\text{мсс}} = 10 \text{ В}\cdot\text{А}$ при $\cos\varphi = 0,8$; $n_{\text{мс}}$ – кількість стрілок подвійного управління.

Дешифрувальні 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:

$$S_{\text{да}} = S_{\text{дап}} n_{\text{вх}}, \quad (22)$$

де $S_{\text{дап}}$ – потужність дешифрувальних пристроїв у розрахунку на один підхід складає $P_{\text{дап}} = 16,6 \text{ Вт}$, $Q_{\text{дап}} = 16,8 \text{ вар}$ [5].

Лампочки пультів огороження поїздів. Живлення ламп пультів огороження поїздів на коліях їхнього огляду й 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 огороження $S_{\text{оп}}$ (безперервного й імпульсного живлення) в цілому для поста ЕЦ може бути прийнята $P_{\text{оп}} = 90 \text{ Вт}$, $Q_{\text{оп}} = 20 \text{ вар}$.

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

Позапостові кола. Потужність позапостових кіл (ДСН, контролю перегону, зміни напрямку та ін.), що живляться від обмотки «а» ТС2 напругою 220 В через панель ПВП-ЕЦК, визначається за даними розрахунку навантажень ППВ-1 (див. розділ 1).

ЕПК пневмоочищення стрілок. Живлення ЕПК пневмообдувки стрілок від снігу виконується напругою 220 В від обмотки «а» ТС2 через панель ПВП-ЕЦК. Навантаження визначається з огляду на одночасний обдув двох стрілок у різних районах станції і може бути прийняте в цілому на пост ЕЦ $P_{\text{епк}} = 26 \text{ Вт}$, $Q_{\text{епк}} = 94 \text{ вар}$.

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,

$$S_{\text{к}} = S_{\text{крк}} n_{\text{рк}}, \quad (23)$$

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

Результати виконаних розрахунків рекомендується подати у формі табл. 5, де також слід розподілити навантаження світлофорів і маршрутних показників так, щоб вторинні обмотки трансформаторів ТС1 і ТС2 були якомога більш рівномірно завантажені. Потужність кожної з фазних обмоток ТС1 і ТС2 не повинна перевищувати 1,5 кВ·А.

Загальна потужність навантажень панелі ПР-ЕЦК $P_{\text{пр}}$, $Q_{\text{пр}}$, $S_{\text{пр}}$ може бути визначена за формулами:

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{ТС1}} + P_{\text{ТС2}}, \quad (24)$$

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{ТС1}} + Q_{\text{ТС2}}, \quad (25)$$

$$S_{\text{пр}} = \sqrt{P_{\text{пр}}^2 + Q_{\text{пр}}^2}, \quad (26)$$

де $P_{\text{ТС1}}$, $Q_{\text{ТС1}}$, $P_{\text{ТС2}}$, $Q_{\text{ТС2}}$ – активна і реактивна складові потужностей навантажень трансформаторів ТС1 і ТС2 відповідно.

Якщо загальна потужність перевищує 9 кВ·А, то необхідно встановити дві панелі ПР-ЕЦК.

У кінці розділу складається електрична схема електроживлення навантажень панелі ПР-ЕЦК відповідно до заданого варіанта. Приклад схеми наведено на рис.2.

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК НАВАНТАЖЕННЯ ВИПРЯМЛЯЧІВ

На підставі розрахунку навантаження випрямлячів панелі ПВП-ЕЦК встановлюється режим експлуатації зарядного пристрою ВП1 типу УЗАТ-24-30 і перетворювача-випрямляча ПП типу ППВ-1.

За наявності напруги змінного струму випрямний пристрій ВП1 і перетворювач-випрямляч ПП, що працює в даному випадку в режимі випрямлення, використовуються для живлення навантажень постійним струмом 24 В. Такими навантаженнями є релейні схеми поста МРЦ та акумуляторна батарея 24 В. Максимальний струм випрямної панелі складає 50 А. Тут ураховуються навантаження на ВП1–30А та ПП–20А.

Струм $I_{\text{н}}$, який споживається релейними схемами ЕЦ і панелями живлення, складає

$$I_{\text{н}} = I_{\text{ап}} n_{\text{с}}, \quad (27)$$

де $I_{\text{ап}}$ – середньодобовий струм, який споживається реле поста ЕЦ у нормального режимі в розрахунку на одну стрілку. При безбатарейній системі живлення $I_{\text{ап}} = 0,445$ А [5].

У режимі постійного підзаряду батарея перебуває в зарядженому стані.

При цьому вона споживає струм

$$I_{\text{пз}} = 0,0015Q_{\text{н}}, \quad (28)$$

де $Q_{\text{н}}$ – номінальна ємність акумуляторів батареї, А·год.

У режимі форсованого заряду батарея перебуває в розрядженому стані. При цьому зарядний струм батареї складає

$$I_{\text{зб}} = \frac{Q_{\text{н}}}{t_{\text{вв}} \eta_{\text{а}}}, \quad (29)$$

де $t_{\text{вв}}$ – максимальний час відновлення (заряду) батареї, приймається $t_{\text{вв}} = 72$ год [5]; $\eta_{\text{а}}$ – коефіцієнт корисної дії акумуляторів, $\eta_{\text{а}} = 0,8$ [5].

Струм випрямлячів у режимі постійного підзаряду батареї можна визначити за формулою

$$I_{\text{вп}} = I_{\text{н}} + I_{\text{пз}}. \quad (30)$$

У режимі форсованого заряду батареї струм випрямлячів дорівнює

$$I_{\text{вз}} = I_{\text{н}} + I_{\text{зб}}. \quad (31)$$

Регулювання струмів випрямлячів здійснюються в режимі постійного підзаряду батареї резисторами R2 «U» (ВП1) та R7 (ПП), а в режимі форсованого заряду – резисторами R1 «J» (ВП1) та R6 (ПП), при цьому якщо струм навантаження в режимі постійного підзаряду не перевищує 25 А, то використовується лише один зарядний пристрій ВП1. Якщо струм $I_{\text{вп}}$ перевищує 25 А, то додатково до ВП1 використовується перетворювач-випрямляч ПП. У випадку якщо струм $I_{\text{вп}}$ перевищує значення 42 А, то встановлюються дві панелі ПВП-ЕЦК.

У режимі форсованого заряду, як правило, використовуються два випрямних пристрої. При цьому, якщо струм $I_{\text{вз}}$ виявляється більше 50 А, тоді струм заряду батареї $I_{\text{зб}}$ обмежується таким значенням, щоб струм $I_{\text{вз}}$ дорівнював 50 А.

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК СТРІЛОЧНОЇ ПАНЕЛІ

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 під час переводу, з припустимим струмом панелі.

У випадку, коли на станції проектується електрообігрівання автоперемичів 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

$$I_{\text{СПmax}} = I_{\text{ЕП}} n_{\text{СО}}, \quad (32)$$

де $I_{\text{ЕП}}$ – струм, який споживається одним електроприводом стрілочного переводу даного типу; $n_{\text{СО}}$ – кількість одночасно переведених стрілок даного типу. Ця величина приймається рівною 50 % всіх стрілок, що входять у маршрут найбільшої довжини. На станціях з кількістю стрілок до 60 рекомендується приймати $n_{\text{СО}} = 4$; з кількістю стрілок від 60 до 100 – $n_{\text{СО}} = 6$, понад 100 стрілок – $n_{\text{СО}} = 8$ [5].

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

Потужність кіл електрообігріву стрілочних приводів розраховується таким чином:

$$S_e = S_{\text{ЕС}} n_c, \quad (33)$$

де $S_{\text{ЕС}}$ – потужність кіл електрообігріву, яка припадає на одну стрілку, $P_{\text{ЕС}} = 45$ Вт, $Q_{\text{ЕС}} = 22$ вар.

Електрообігрів приводів, як правило, здійснюється при напрузі 220 В. У цьому випадку потужність кіл з урахуванням втрат відповідає наведеним вище значенням. Якщо обігрів здійснюється при напрузі 127 В, то $P_{\text{ЕС}} = 15$ Вт, $Q_{\text{ЕС}} = 5$ вар, [2 – 5].

РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ РЕЙКОВИХ КІЛ І ПАНЕЛЕЙ ПП25-ЕЦК

Розрахунок панелей ПП25-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 й колійні перетворювачі. Розрахунок панелей виконується як за навантаженням колійних трансформаторів, так і за навантаженням місцевих елементів колійних реле ДСШ.

Потужність колійних трансформаторів рейкових кіл $S_{\text{ПТ}}$ і місцевих елементів колійних реле $S_{\text{МЕ}}$ можна визначити за такими співвідношеннями:

$$S_{\text{ПТ}} = S_{\text{ПТС}} n_c, \quad (34)$$

$$S_{\text{МЕ}} = S_{\text{МЕС}} n_c, \quad (35)$$

де $S_{\text{ПТС}}$, $S_{\text{МЕС}}$ – повні потужності відповідно колійних трансформаторів і місцевих елементів у розрахунку на одну стрілку (при електротязі змінного струму – $P_{\text{ПТС}} = 31,5$ Вт, $Q_{\text{ПТС}} = 14,8$ вар, $P_{\text{МЕС}} = 2,8$ Вт, $Q_{\text{МЕС}} = 4,7$ вар; при електротязі постійного струму – $P_{\text{ПТС}} = 16,8$ Вт, $Q_{\text{ПТС}} = 7,85$ вар, $P_{\text{МЕС}} = 4,1$ Вт, $Q_{\text{МЕС}} = 4,4$ вар; при автономній тязі – $P_{\text{ПТС}} = 17,2$ Вт, $Q_{\text{ПТС}} = 12,2$ вар, $P_{\text{МЕС}} = 4,1$ Вт, $Q_{\text{МЕС}} = 4,4$ вар, [5]).

Далі розраховується необхідна кількість місцевих $n_{\text{МП}}$ і колійних $n_{\text{ПШ}}$ перетворювачів:

$$n_{\text{МП}} = \frac{S_{\text{Ме}}}{S_{\text{ПМе}}}, \quad (36)$$

$$n_{\text{ПП}} = \frac{S_{\text{ПП}}}{S_{\text{ППе}}}, \quad (37)$$

де $S_{\text{ПМе}}$, $S_{\text{ППе}}$ – розрахункові потужності відповідно колійного і місцевого перетворювачів, $S_{\text{ПМе}} = 300 \text{ В}\cdot\text{А}$, $S_{\text{ППе}} = 290 \text{ В}\cdot\text{А}$, [2]. Деякий запас потужності резервується для збільшення навантаження при зниженні опору баласту понад норми. Якщо результати розрахунку $n_{\text{МП}}$ та $n_{\text{ПП}}$ виявляються дробовими, тоді вони округляються у більший бік до цілого числа.

Відповідно до кількості перетворювачів визначається кількість панелей. Потрібно мати на увазі, що на ділянках із автономною і електричною тягою змінного струму кількість панелей розраховується з урахуванням використання всіх перетворювачів, установлених на панелі. На ділянках з електро-тягою постійного струму одна панель встановлюється лише в тому випадку, коли кількість колійних перетворювачів не перевищує чотирьох. В іншому випадку встановлюються дві панелі.

Рекомендується також оцінити фактичне завантаження перетворювачів $S_{\text{фМП}}$ та $S_{\text{фПП}}$, скориставшись такими співвідношеннями:

$$S_{\text{фМП}} = \frac{S_{\text{Ме}}}{n_{\text{МП}}}, \quad (38)$$

$$S_{\text{фПП}} = \frac{S_{\text{ПП}}}{n_{\text{ПП}}}. \quad (39)$$

РОЗДІЛ 7. РОЗРАХУНОК ВВІДНОЇ ПАНЕЛІ ПВ-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 панелі.

Максимальна потужність однієї панелі ПВ-ЕЦК складає 80 кВА. При перевищенні цієї потужності встановлюються дві панелі ПВ-ЕЦК і відповідно два щити ЩВП-73. У цьому випадку до однієї з панелей підключається все навантаження СЦБ і зв'язку, а також гарантоване живлення, а до іншої – маневрові пости і всі споживачі негарантованого живлення (загального освітлення, вентиляції, майстерень і т. ін.).

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 ПР-ЕЦК, ПВП-ЕЦК, ПСПН-ЕЦК та ПП25-ЕЦК.

Створюване панеллю ПР-ЕЦК навантаження на ПВ-ЕЦК складається із

загальної потужності навантажень ПР-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.

Навантаження на ПВ-ЕЦК від панелі ПВП-ЕЦК створюються під час найбільш несприятливого післяаварійного періоду її роботи в режимі відновлення ємності контрольної батареї 24 В.

Активна складова цього навантаження розраховується за такою формулою:

$$P_{\text{ПВП}} = \frac{I_{\text{ВЗ}} U_{\text{ЗБ}}}{\eta_{\text{ВП}}}, \quad (40)$$

де $U_{\text{ЗБ}}$ – напруга батареї при форсованому заряді, $U_{\text{ЗБ}} = 31$ В; $\eta_{\text{ВП}}$ – ККД випрямних (зарядних) пристроїв, $\eta_{\text{ВП}} = 0,6$ [5].

Реактивна складова навантаження ПВП-ЕЦК орієнтовно може бути прийнята на станціях з кількістю стрілок до 100 – 1180 вар, більше 100 – 1400 вар.

Навантаження на ПВ-ЕЦК від стрілочної панелі ПСПН-ЕЦК визначаються потужністю живлення робочих кіл стрілок $S_{\text{ПСП}}$ під час переводу й електрообігріву 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 з кількістю стрілок до 60 включно – $P_{\text{ПСП}} = 2,1$ кВт, $Q_{\text{ПСП}} = 0,9$ квар; від 60 до 100 стрілок включно – $P_{\text{ПСП}} = 3,0$ кВт, $Q_{\text{ПСП}} = 0,9$ квар; понад 100 стрілок – $P_{\text{ПСП}} = 4,1$ кВт, $Q_{\text{ПСП}} = 0,8$ квар [5].

Навантаження на ПВ-ЕЦК від панелей ПП25-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.

У разі одиночного чи синфазного включення двох і більше перетворювачів ПЧ50/25–300 в мережу змінного струму розрахункова потужність кожного з них на частоті 50 Гц визначається за дод. 2. У разі протифазного ввімкнення двох ПЧ50/25-300 їхня розрахункова потужність на частоті 50 Гц відрізняється від схеми синфазного включення і також встановлюється за дод. 3 з урахуванням їх сумарного завантаження на частоті 25 Гц. Тому потужність $S_{\text{ППЧ}}$ на ПВ-ЕЦК буде залежати від схеми включення місцевих і колійних перетворювачів.

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

$$S_{\text{ППЧ}} = S_{\text{ПЧ}} n_{\text{ПЧ}}, \quad (41)$$

де $S_{\text{ПЧ}}$ – розрахункова потужність перетворювача на частоті 50 Гц (див. дод. 2) за даними його фактичного завантаження $S_{\text{фмп}}$ та $S_{\text{фшп}}$ з боку 25 Гц;

$n_{\text{ПЧ}}$ – кількість задіяних перетворювачів у панелі.

При протифазному включенні місцевих і колійних перетворювачів у панелі розрахункова потужність її визначається в такий спосіб.

Оскільки в загальному випадку одна панель містить два місцевих і шість колійних перетворювачів (колійні перетворювачі, як відомо, включаються між собою синфазно), тоді розрахункова потужність на частоті 50 Гц двох пар перетворювачів панелі визначається за даними дод. 3 залежно від їх сумарного ($S_{\text{фIII}} + S_{\text{фМП}}$) завантаження. Таким чином, розрахункова потужність протифазно ввімкнених двох пар перетворювачів однієї панелі визначається як

$$S_{\text{ПЧП}} = 2S_{2\text{ПЧ}}, \quad (42)$$

де $S_{2\text{ПЧ}}$ – розрахункова потужність однієї пари протифазно ввімкнених перетворювачів, отримана за даними дод. 3.

Розрахункова потужність інших колійних перетворювачів панелі $S_{\text{ПЧС}}$, які включені синфазно, визначається за формулою (41).

Загальна потужність панелі $S_{\text{ППЧ}}$ у цьому випадку може бути визначена як сума складових $S_{\text{ПЧП}}$ і $S_{\text{ПЧС}}$.

У разі установки на станції двох панелей ПП25-ЕЦК вони вмикаються між собою синфазно, якщо загальна кількість перетворювачів, що створюють підмагнічування, не перевищує чотирьох. У цьому випадку визначення розрахункової потужності панелей виконується за методикою, викладеною вище.

Як правило, за наявності на станції двох панелей ПП25-ЕЦК останні включаються між собою в протифазі. У цьому випадку, як при синфазному, так і при протифазному включеннях місцевих і колійних перетворювачів, загальна розрахункова потужність панелей $S_{\text{ППЧ}}$ визначається як сумарна потужність восьми пар протифазно ввімкнених перетворювачів

$$S_{\text{ППЧ}} = 8S_{2\text{ПЧ}}. \quad (43)$$

За наявності на станції трьох панелей ПП25-ЕЦК дві панелі включаються між собою протифазно, і їх потужність визначається за методикою розрахунку двох панелей. Потужність третьої панелі визначається за методикою розрахунку одиночної панелі. Загальна потужність усіх трьох панелей $S_{\text{ППЧ}}$ визначається сумою складових потужностей двох і однієї панелі.

Варто мати на увазі, що на ділянках із електротягою постійного струму панелі ПП25-ЕЦК, а також пристрої зв'язку отримують живлення через трансформатор ТСЗ. Сумарна потужність навантаження трансформатора ТСЗ визначається за формулою

$$S_{\text{ТСЗ}} = S_{\text{ППЧ}} + S_{\text{СВ}}, \quad (44)$$

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

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

У розрахунках потужності ввідної панелі варто передбачити за навантаженням резерв у розмірі 10 % від потужності всіх пристроїв СЦБ.

Потужності навантажень неосновного призначення залежать від типу поста ЕЦ наведені в дод. 5 і 6.

Результати розрахунку потужності панелі ПВ-ЕЦК $S_{ПВ}$ рекомендується подати у формі зведеної таблиці (табл. 6).

Таблиця 6

Результати розрахунку потужності панелі ПВ-ЕЦК

Навантаження	Потужність окремих навантажень		
	активна P , Вт	реактивна Q , вар	повна S , В·А
Панель ПР-ЕЦК Навантаження панелі Втрати на трансформаторах ТС1 і ТС2			
Панель ПВП-ЕЦК Навантаження в режимі заряду батареї			
Панель ПСПН-ЕЦК Перевод стрілок Обігрів стрілок (220 В)			
Панель ПП25-ЕЦК Навантаження панелей Втрати у трансформаторі ТС3 (при електротязі постійного струму)			
Всього СЦБ	19220	13900	23700
Резерв СЦБ –10 %	1920	1390	2370
Всього з резервом СЦБ	21120	15290	25980
Пристрої зв'язку	2300	2300	3250
Освітлення:			
гарантоване	1350	–	1350
негарантоване	6160	–	6150
Вентиляція:			
гарантована	3100	2317	3870
негарантована та майстерні	7200	5420	9000
Маневрові пости	7200	5420	9000
Всього на панель ПВ-ЕЦК	48430	35747	60200

Отримана потужність $S_{ПВ}$ порівнюється з припустимою і робиться висновок про кількість панелей ПВ-ЕЦК.

Одночасно з розрахунком потужності ПВ-ЕЦК визначається навантаження ДГА. У розрахунку навантаження ДГА $S_{ДГА}$ потужність споживачів негарантованого живлення не враховується.

$$S_{ДГА} = S_{ПВ} - S_{НСН} - S_{НО}, \quad (45)$$

де $S_{НСН}$, $S_{НО}$ – повна потужність відповідно негарантованого освітлення і силового навантаження.

Вибір типу ДГА виконується за активною складовою потужності $P_{ДГА}$. 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 [2, 3].

Якщо за результатами розрахунку навантаження ДГА з'ясується, що вона перевищує допустиме навантаження на агрегат, то приймається рішення про зниження потужності навантажень, у першу чергу за рахунок переключення кіл електрообігріву приводів з напруги 220 В на 127 В. Із врахуванням зменшення потужності обігріву виконується уточнення потужності навантажень СЦБ і відповідно навантажень ДГА і ввідної панелі.

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

$$I_{\phi} = \frac{S_{ПВ}}{3U_{\phi}}. \quad (46)$$

За отриманим значенням фазного струму I_{ϕ} вибирається найближча (у більший бік) типова плавка вставка. Панелі ПВ-ЕЦК випускаються з типовими плавкими вставками на 63, 80, 100 і 125 А.

Далі визначається коефіцієнт потужності живильної установки. Якщо $\cos \varphi < 0,9$, варто намітити заходи для його підвищення (наприклад, установку компенсаційних конденсаторів).

Розділ закінчується побудуванням електричної схеми живлення поста ЕЦ, приклад якої дано на рис. 1.

РОЗДІЛ 8. ВИБІР ПЕРЕРІЗУ ПРОВОДІВ

Визначення перерізу живильних проводів та кабелів ведуть за максимальними струмами, які можуть виникнути в точці розрахунку, та перевіряють на допустимий спад напруги в живлячих проводах. Зниження напруги особливо небезпечне в кабелях, які живлять релейні та безконтактні схеми, оскільки веде до їх нестійкої роботи.

У ході виконання розділу, по-перше, визначають максимальний струм в кабелі. По-друге, за визначеним значенням встановлюють згідно з дод. 8 переріз проводу кабелю з мідними жилами в міліметрах квадратних чи за формулою

$$q = \frac{l_{\Pi} I_{\max}}{57 \Delta U}, \quad (47)$$

де l_{Π} – довжина проводу, м; I_{\max} – максимальний струм в живильному проводі, А; ΔU – допустима втрата напруги, В; 57 – коефіцієнт, що враховує питомий опір мідного проводу, Ом·м/мм².

При виборі проводу слід враховувати умову

$$I_{\max} \leq I_{\text{доп}}, \quad (48)$$

де $I_{\text{доп}}$ – максимально допустимий струм, який може протікати через провід з обраним перерізом, А.

По-третє, встановлюється допустиме падіння напруги ΔU виходячи із умов роботи та виду навантаження і порівнюється з фактичною втратою напруги $\Delta U_{\text{ф}}$ в обраному живильному проводі

$$\Delta U \geq \Delta U_{\text{ф}}. \quad (49)$$

Фактична втрата напруги в обраному проводі визначається за формулою

$$\Delta U_{\text{ф}} = \frac{l_{\text{п}} I_{\max}}{57q}. \quad (50)$$

Якщо умови (48) та (49) не виконуються, то необхідно обрати провід з більшим перерізом та виконати необхідні розрахунки та перевірки за формулами (47 – 50) наново.

Найбільш складними є розрахунки кабелів П та М, які живлять релейні стативи. Крім струмів живлення стрілок станції, необхідно враховувати струми, що виникають при маршрутному наборі й ввімкненні контрольно-секційних реле (дод. 9). Допустима втрата напруги ΔU залежить від мінімальної напруги батареї $U_{\text{б.мін}}$ при її вимкненні від випрямляча та напруги реле $U_{\text{р}}$.

$$\Delta U = U_{\text{б.мін}} - U_{\text{р}}. \quad (51)$$

Так, мінімальна напруга батареї дорівнює $U_{\text{б.мін}} = 21,6$ В, а напруга підйому якоря реле типу НМ (НМШ) чи КДР з урахуванням коефіцієнта надійності $U_{\text{р}} = 16 \cdot 1,2 = 19,2$ В. У результаті мінімально допустимий спад напруги $\Delta U = 21,6 - 19,2 = 2,4$ В. Визначаючи фактичний спад напруги $\Delta U_{\text{ф}}$ в проводах П та М, необхідно враховувати спад напруги не тільки в живильних проводах стативів та проводах П та М, а і на контактах реле схеми. Загалом, приклад розрахунків живильних проводів наведено в [1].

РОЗДІЛ 9. ПРОЕКТУВАННЯ ЗАЗЕМЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Для заземлення металоконструкцій обладнання, що встановлено на посту ЕЦ, передбачається внутрішній контур заземлення. Магістральна шина підключається до щитка трьох заземлень (захисного, робочого та вимірювального заземлень), який виконується із штабової сталі з перерізом 4×25 мм, відгалуження – із сталюї стрічки 4×16 мм. Усі з'єднання заземлювальних елементів виконують зварюванням. На магістральній шині передбачають зварення болтів МВ $\times 40$ в кількості, достатній, для заземлення обладнання СЦБ та зв'язку. Кожний пристрій заземлюють окремим проводом, який виконують для пристроїв СЦБ із круглої сталі діаметром 5 мм, а для пристроїв зв'язку –

кабелем АПВ 4 [1–3].

Розрахунок заземлювальних пристроїв полягає у визначенні кількості заземлювальних елементів для прийнятого їх розташування залежно питомого опору ґрунту та найбільш допустимого опору заземлювального пристрою згідно з ПУЕ. Для електроустановок до 1000 В опір заземлюючої установки R_3 не повинен перевищувати 4 Ом [1].

У курсовій роботі рекомендовано спроектувати заземлення, що складається з групи вертикальних та горизонтальних смуг, які виконуються сталюого кутика з розмірами $50 \times 50 \times 4$ мм. Довжину вертикальних заземлювачів прийняти $l = 5$ м. Розрахунок провести в такій послідовності [1, 2, 5].

Встановлюється приблизна кількість вертикальних смуг:

$$n_B' = L_{\Pi} / a, \quad (52)$$

де L_{Π} – периметр зони, яку необхідно захистити, орієнтовно $L_{\Pi} = 10 \dots 25$ м; a – відстань між вертикальними смугами, $a = 5, 10$ або 15 м.

Визначається розрахунковий питомий опір ґрунту

$$\rho_p = k_c \rho, \quad (53)$$

де ρ – питомий опір ґрунту, Ом·м (див. табл. 2); k_c – коефіцієнт сезонності, який враховує просихання та промерзання ґрунту. Для середніх кліматичних умов (другий та третій пояси) і вертикальних електродів $k_c = 1,45 \dots 1,75$, для горизонтальних – $k_c = 2,0 \dots 4,5$.

Розраховується опір горизонтального заземлювача

$$R_{\Gamma} = \frac{0,37 \rho_p}{L_{\Gamma} \eta_{\Gamma}} \lg \frac{2L_{\Gamma}^2}{bh}, \quad (54)$$

де L_{Γ} – довжина горизонтального заземлювача, м, $L_{\Gamma} \approx L_{\Pi}$; b – ширина смуги, $b = 0,05$ м; h – глибина закладання смуги, $h = 0,5 \dots 0,8$ м; η_{Γ} – коефіцієнт екранування (використання) горизонтальних заземлювачів (дод. 10).

Визначається необхідний опір вертикальних заземлювачів

$$R_B \leq \frac{R_{\Gamma} R_3}{|R_{\Gamma} - R_3|}. \quad (55)$$

Встановлюється опір одного вертикального сталюого заземлювача форми кутика і розмірами 50×50 чи 60×60 мм за формулами

$$R_{3,B} = 0,318 \rho_p \text{ та } R_{3,B} = 0,298 \rho_p. \quad (56)$$

Уточнюється кількість вертикальних заземлювачів за формулою

$$n_B = R_{3,B} / (R_B \eta_B), \quad (57)$$

де η_B – коефіцієнт екранування вертикальних заземлювачів (див. дод. 10).

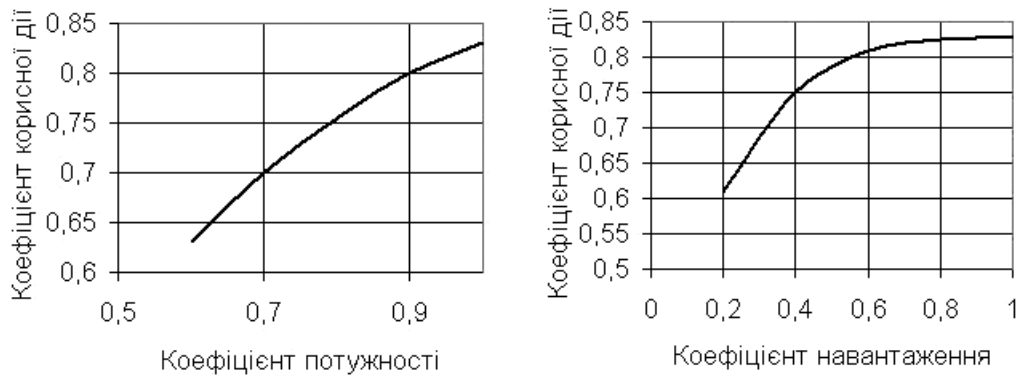
Якщо отримана кількість заземлювачів незначно відрізняється від попередньо визначеного n_B' , то зайві заземлювачі розміщують в зручних місцях у середині контуру. При $n_B < n_B'$ необхідно збільшити відстань між вертикальними заземлювачами a . У випадках коли n_B значно відрізняється від n_B' ро-

зрахунки повторюють [5].

У кінці розділу навести схему розрахованого заземлювача.

ДОДАТКИ

Додаток 1



Додаток 2

Розрахункова потужність на частоті 50 Гц ПЧ50/25–300 при ввімкненні до джерела змінного струму 220В, 50 Гц

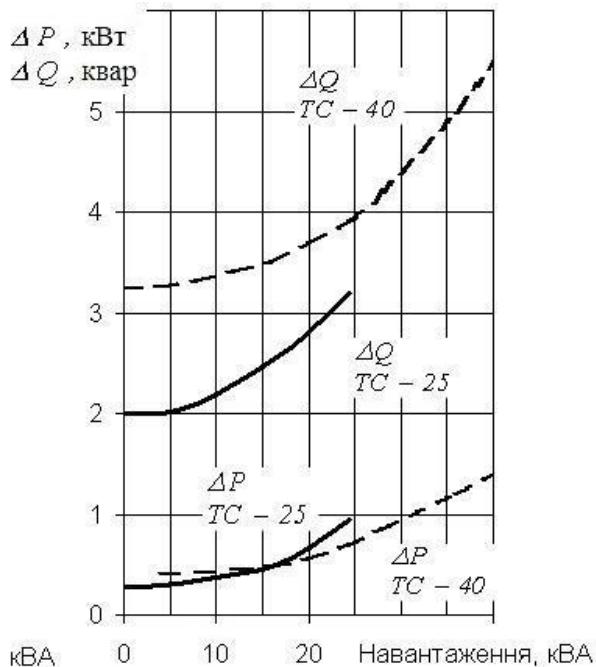
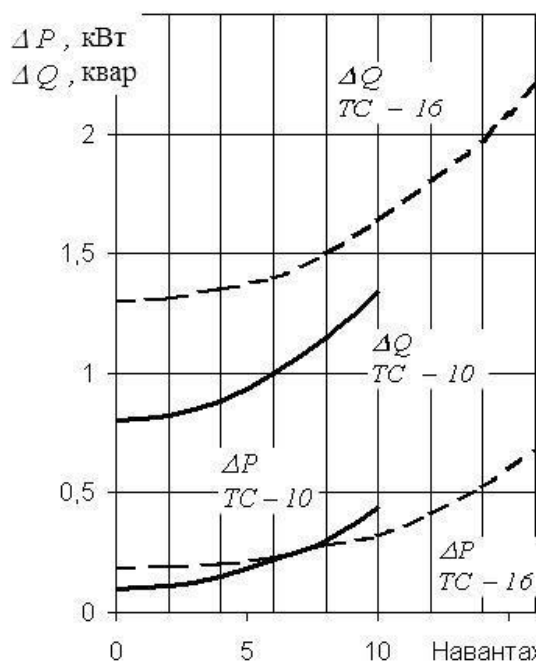
Навантаження на ПЧ 25 Гц, В·А	Навантаження на мережу 220 В, 50 Гц			
	P, Вт	Q, вар	S, В·А	cosφ
0	90	350	365	0,25
50	155	375	400	0,39
100	195	400	440	0,40
150	240	415	480	0,50
200	290	455	540	0,54
250	340	530	630	0,55
300	390	550	675	0,57

Додаток 3

Розрахункова потужність на частоті 50 Гц двох ПЧ50/25–300 при протифазному їх ввімкненні в мережу 220 В, 50 Гц

Навантаження на два ПЧ 25 Гц, В·А	Навантаження на мережу 220 В, 50 Гц			
	P, Вт	Q, вар	S, В·А	cosφ
0	180	240	300	0,6
100	280	250	374	0,75
200	380	260	460	0,83
300	480	285	550	0,87
400	580	345	660	0,88
500	710	435	800	0,88
600	840	565	950	0,88

Додаток 4



Додаток 5

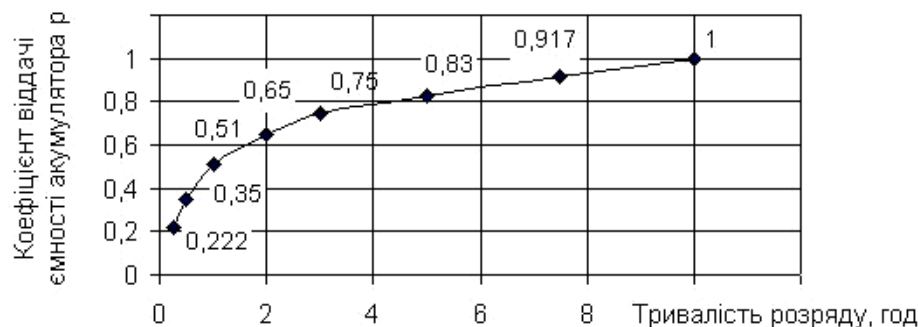
Навантаження пристроїв зв'язку на постах ЕЦ

Тип поста ЕЦ	Потужність, що споживається		
	Активна, Вт	Реактивна, вар	Повна, В·А
С ₃ – 72	3622	3419	4981
С ₃ – 57	5200	4426	6828
С ₃ – 77	5542	4857	7369

Додаток 6

Освітлювальне та силове навантаження на постах ЕЦ

Навантаження	Розрахункова потужність за типами постів ЕЦ, кВА		
	С ₃ - 72	С ₃ - 57	С ₃ - 77
Освітлення:			
гарантоване	4,2	6,94	6,52
негарантоване	6,4	9,26	12,87
Силове навантаження:			
гарантоване	3,9	2,65	2,3
негарантоване	16,5	17,40	18,3



Допустиме навантаження на провід та кабель з мідними жилами

Переріз проводу, мм ²	Допустиме навантаження, А	Переріз проводу, мм ²	Допустиме навантаження, А
Допустиме навантаження для кабелів на посту ЕЦ [5]			
0,78	5	6,0	15
1	5	10,0	15
1,5	6	16,0	30...35
2,5	6...10	25,0	35
4,0	10		
Допустиме навантаження для кабелів та проводів при прокладці в повітрі [8]			
Одножильних		Двожильних	
1,5	23	1,5	19
2,5	30	2,5	27
4,0	41	4,0	38
6,0	50	6,0	50
10,0	80	10,0	70
16,0	100	16,0	90
25,0	140	25,0	115
35,0	170	35,0	140
50,0	215	50,0	175
70,0	270	70,0	215

Витрати струму при заданні маршруту

Кількість стрілок на посту ЕЦ	Число одночасно встановлених маршрутів		Величина струму при заданні маршруту, А			
			Реле, що збуджуються			
	маневрові	елементарні	МП, ПП, ВКМ, ВП, УК, ПУ, МУ, КС	КН	АКН	ПУ, МУ
50	3	4	7	1,1	1,1	4,6
100	6	7	12,7	1,9	1,1	8,1
130	12	14	25,3	3,9	1,1	16,1

Значення коефіцієнтів екранування

Кількість вертикальних смуг	$a/l = 1$		$a/l = 2$		$a/l = 3$	
	η_B	η_Γ	η_B	η_Γ	η_B	η_Γ
10	0,55	0,34	0,69	0,4	0,76	0,56
20	0,47	0,27	0,64	0,32	0,71	0,45
30	0,43	0,24	0,6	0,3	0,68	0,41
50	0,4	0,21	0,56	0,28	0,66	0,37
70	0,38	0,2	0,54	0,26	0,64	0,35
100	0,35	0,19	0,52	0,24	0,62	0,33

Коефіцієнт використання заземлювачів при розташуванні їх в ряд

Кількість вертикальних смуг	$a/l = 1$		$a/l = 2$	
	η_Γ	η_B	η_Γ	η_B
2	0,8	0,87	0,9	0,92
3	0,79	0,8	0,9	0,88
4	0,77	0,76	0,89	0,85
5	0,74	0,72	0,86	0,83
6, 7	0,74	0,72	0,82	0,81
8, 9	0,67	0,65	0,79	0,79
10, 11	0,62	0,62	0,76	0,77
12, 13	0,55	0,59	0,72	0,75
14, 15	0,5	0,57	0,7	0,73
16 – 18	0,47	0,56	0,65	0,72
19, 20	0,42	0,52	0,56	0,70

Коефіцієнт використання заземлювачів при розташуванні їх по контуру

Кількість вертикальних смуг	$a/l = 1$		$a/l = 2$	
	η_Γ	η_B	η_Γ	η_B
3	0,45	0,72	0,55	0,8
4	0,45	0,72	0,55	0,8
5	0,4	0,68	0,48	0,78
6	0,4	0,65	0,45	0,75
7	0,38	0,63	0,43	0,74
8	0,36	0,61	0,42	0,73
9	0,35	0,6	0,41	0,72
10	0,34	0,58	0,4	0,71
11	0,33	0,57	0,4	0,71
12	0,32	0,56	0,39	0,7
13	0,31	0,55	0,39	0,7
14	0,3	0,54	0,38	0,69
15	0,3	0,53	0,37	0,69

Зразок титульного листа курсової роботи

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Кафедра АТ

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни «Електроживлення систем автоматики та зв'язку»

на тему:

«Проектування пристроїв електроживлення електричної централізації»

Виконав: студент групи _____
шифр _____

(Прізвище студента)

Перевірив: посада викладача

(Прізвище викладача)

Дніпро 2026

Зразок оформлення вихідних даних

ВИХІДНІ ДАНІ

Варіант 04

(дві останні цифри шифру)

1. Вид тяги поїздів на заданій залізничній ділянці – *електрична тяга змінного струму*.

2. Умови зовнішнього електропостачання поста електричної централізації (ЕЦ) – два незалежні джерела електроенергії. Категорія електроспоживачів – перша.

Номінальна напруга на вводах поста електричної централізації (ЕЦ) складає 380 В, її коливання знаходяться у межах від 342 до 399 В. Частота змінного струму 50 Гц. Її відхилення не перевищує ± 1 Гц.

3. Дані, що характеризують станцію.

Кількість стрілок		$n_c = 83$
Кількість стрілок з місцевим управлінням		$n_{му} = 0$
Маршрутні показники напрямку	Віддалені	-
	Невіддалені	-
Маршрутні показники колії відправлення	Віддалені	-
	Невіддалені	-
Кількість підходів до станції		$n_{ex} = 4$
Схильність до снігових заметів		+
Кліматична зона		суха
Ґрунт		чорнозем
Питомий опір ρ , Ом·м		30
Тип проводу		МИ (живлення реле ПУ, МУ, АКН в усіх стативах)

Завдання видав 10.09.2026 _____ доц. каф. АТ, Сердюк Т.М.

Завдання прийняв 10.09.2026 _____ студент гр. (ФІО) _____

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. 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. - 32с.
2. 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.
3. Сиченко, В.Г. Електроживлення систем залізничної автоматики [Текст] / В.Г. Сиченко, В.І. Гаврилюк / Монографія, 2009. – 372 с.
4. Методичні рекомендації до дипломного проектування [Текст] / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна; Уклад.: Ю. В. Малишев, Е. М. Губенко. – Д., 2002. – 33 с.
5. Maksym Serchenko, Yaroslav Bekh, Tetiana Serdiuk. “Dynamic Simulation of a Hybrid Solar Power System Under Fluctuating Irradiance Conditions”. 25th IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering 08TH I&CPS Industrial and Commercial Power Systems Europe. – 15-18July, 2025 – Sapienza University of Rome, Chania, Crete, Greece.
6. Сердюк Т.М. Електроживлення систем автоматики. [Електрон. ресурс]: Дистанційний курс навчання. – Дніпро: ДНУЗТ, 2023. – Режим доступу: <https://lider.ust.edu.ua/course/view.php?id=751>
7. Акумуляторні батареї OPZS 2/6/12 D 100 – 3500 А·год. – Режим доступу: <https://best-energy.com.ua/product/batterys/everexceed/opzs-2-6-12v>
8. Таблиця допустимих струмів та навантажень для кабелів та проводів. – Режим доступу: <https://fenixtm.com.ua/ru/blog/tablicya-dopustimih-strumiv-i-navantazhen-dlya-kabeliv-i-provodiv-19/>

Навчально-методичне видання

Сердюк Тетяна Миколаївна

ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ

Навчально-методичні рекомендації до курсової роботи

Електронне видання

Експертний висновок склав канд. техн. наук, проф. Володимир Профатилев

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 794 від 13.11.2024)

В авторській редакції

Комп'ютерна верстка Т.М. Сердюк

Формат 60x84 ^{1/16}. Ум. друк. арк.2.09. Обл.-вид. арк. 2.11.
Зам. № 16

Видавець: Український державний університет науки і технологій
вул. Лазаряна, 2, ауд. 1201, м. Дніпро, 49010.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010