

**ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНІКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ**

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

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до практичних занять, самостійної роботи, виконання  
графічно-розрахункової роботи  
для студентів денної форми навчання  
та для виконання контрольної роботи 2  
з дисципліни**

***«ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ»***

**на тему «Розрахунок та проектування установки  
електроживлення маршрутно-релейної централізації»  
для студентів заочної форми навчання рівня бакалавр  
6.050202 з напрямку «Автоматизація та комп'ютерно-  
інтегровані технології» всіх форм навчання**

**Харків - 2015**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до

друку на засіданні кафедри автоматика та комп'ютерне телекерування рухом поїздів 27 жовтня 2014 р., протокол № 2.

Укладачі:

професори С.В. Панченко,  
А.Б. Бойнік,  
доц. А.А. Прилипко

Рецензент

доц. О.О. Сосунов

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять, самостійної роботи, виконання графічно-розрахункової роботи для студентів денної форми навчання та для виконання контрольної роботи 2 з дисципліни  
*«ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ»*  
на тему «Розрахунок та проектування установки електроживлення маршрутно-релейної централізації»  
для студентів заочної форми навчання рівня бакалавр 6.050202 з напрямку «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» всіх форм навчання

Відповідальний за випуск Прилипко А.А.

Редактор Еткало О.О.

---

Підписано до друку 14.11.14 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,5. Тираж 100. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

## Зміст

Список скорочень.....	4
Вступ.....	5
1 Вибір та характеристика системи електроживлення.....	7
2 Комплектація щитової установки панелями живлення.....	8
3 Розрахунок стрілочної панелі.....	15
4 Розрахунок потужності рейкових кіл.....	17
5 Розрахунок та розподіл навантажень панелі ПР-ЕЦК.....	19
6 Розрахунок перетворювача ППВ-1 панелі ПВП-ЕЦК.....	25
7 Розрахунок акумуляторної батареї.....	29
8 Розрахунок випрямлячів перетворювальної панелі.....	32
9 Структурна схема ЕПУ.....	34
Список літератури.....	36

## Список скорочень

ЕЖУ – електроживильна установка  
МРЦ – маршрутно-релейна централізація  
РПЗ – розрахунково-пояснювальна записка  
РК – рейкове коло  
ТПП – трансформаторна понижувальна підстанція державних електромереж  
ППП – підстанція промислового підприємства  
РПП – розподільний пункт живлення низької напруги державних електромереж  
МПП – міська понижувальна підстанція  
ТП – тягова підстанція електрифікованої залізниці  
АЛС – автоматична локомотивна сигналізація  
ПЕОМ – персональна електронна обчислювальна машина  
ДГА – дизельний генераторний апарат  
ЕЦ – електрична сигналізація  
РНТ – регулювання напруг на лампах табло  
ДІ – датчик імпульсів  
ДРК – джерело живлення рейкових кіл

## **Вступ**

Для заданої станції, яка обладнана маршрутно-релейною централізацією (МРЦ), потрібно розробити електроживильну установку (ЕЖУ) та розрахувати її основні елементи, у тому числі напівпровідниковий перетворювач-випрямляч.

Вихідні дані для проектування вибираються із завдання, яке видається викладачем.

## **Основні завдання роботи.**

Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки (РПЗ) та двох креслень.

У РПЗ необхідно навести:

зміст, вступ (2 %);

характеристику обраної системи електроживлення МРЦ (10 %);

комплектацію щитової установки МРЦ панелями живлення (10 %);

розрахунок стрілочної панелі (8 %);

розрахунок потужності рейкових кіл та при необхідності перетворювальних панелей ПП25 – ЕЦК (10 %);

розрахунок та розподіл навантажень по виходах розподільної панелі (15 %);

розрахунок перетворювача - випрямляча типу НПВ – 1 (15 %);

розрахунок акумуляторної батареї 0,24 В (5 %);

розрахунок навантажень перетворювально-випрямної панелі (10 %);

список використаної літератури (5 %).

Креслення ЕЖУ повинні містити структурну схему живильної установки (приблизна схема подана на рисунку 1) (5 %), а також спрощені схеми панелей живлення, у тому числі схему розподілу навантажень на силові трансформатори розподільної панелі (приблизна схема наведена на рисунку 2) (5 %).

Умови зовнішнього електропостачання поста ЕЦ – два фідери (основний та резервний), які отримують живлення від двох незалежних джерел електроенергії змінного струму.

Номинальна напруга фідерів живлення – 380 В з коливаннями в межах 342 – 399 В та відхиленням частоти змінного струму, що не перевищує  $\pm 1$  Гц.

### **Характеристика джерел зовнішнього електропостачання:**

ТПП – трансформаторна понижувальна підстанція державних електромереж;

ППП – підстанція промислового підприємства;

РПП – розподільний пункт живлення низької напруги державних електромереж;

МПП – міська понижувальна підстанція;

ТП – тягова підстанція електрифікованої залізниці.

Підходи (перегони) до заданої станції – двоколіїні, обладнані числовим кодовим автоблокуванням 25 Гц – при електротязі змінного струму та 50 Гц – при автономній та електричній тязі постійного струму.

Встановлювані на стрілках електроприводи – типу СП – 6 м з електродвигуном постійного струму МСП – 0,25 або змінного струму МСТ – 0,3, причому одна перехресна стрілка еквівалентна двом одиночним та на ній встановлюються два електроприводи.

Тип проєктованих на станції рейкових кіл – фазочутливі з колійними реле ДСШ, які кодуються по головних та бічних коліях з неперервним рухом поїздів. При цьому частота струму АЛС при автономній та електричній тязі постійного струму дорівнює 50 Гц, а при електротязі змінного струму – 25 Гц.

### **Оформлення роботи**

Обсяг РПЗ не повинен перевищувати 20 аркушів формату 210\*297 мм, з текстом, написаним на одній стороні (допускається на двох сторонах) з обов'язковою нумерацією, включаючи розрахункові формули й таблиці.

Виправлення за зауваженнями слід наводити поруч із зауваженнями на чистій стороні аркушів або на додатковій сторінці.

У РПЗ не слід допускати переписування пояснень основних положень підручника чи цих методичних вказівок.

Наприкінці записки слід навести список використаної в роботі літератури.

Креслення ЕЖУ рекомендується виконувати за допомогою ПЕОМ. Вони повинні мати рамку, штамп, бути підписані студентом та поміщені в кінці РПЗ.

Оформлення роботи повинно відповідати вимогам, які зазначені у [8].

## **1 Вибір та характеристика системи електроживлення**

Відповідно до ОСТ 32.14-80 [6] визначальними у розподілі електроприймачів залізничного транспорту щодо надійності постачання їх електроенергією є три категорії. Пристрої МРЦ великих станцій (понад 30 стрілок) віднесені до особливої групи приймачів 1-ї категорії. Приймачі цієї групи повинні оснащуватися подвійним резервуванням електроживлення, тобто їх електропостачання повинно здійснюватися від трьох незалежних джерел електроенергії.

На станціях з числом стрілок більше 30, як правило, є можливість забезпечити енергопостачання пристроїв МРЦ від двох незалежних джерел зовнішньої мережі змінного струму. Як третє незалежне джерело живлення передбачається установлення автоматизованого дизель-генератора ДГА та електроживлення пристроїв МРЦ здійснюється в цьому випадку за безбатарейною системою [3,6,7].

Якщо до джерел зовнішнього електропостачання, крім пристроїв ЕЦ, підключаються народногосподарські споживачі 1-ї або 2-ї категорій, то дизель - генератор на посту ЕЦ повинен автоматично вмикатися лише при зникненні напруги на обох зовнішніх джерелах. Якщо ж електропостачання поста ЕЦ здійснюється від двох зовнішніх джерел, один з яких (основний) живить приймачі не нижче 2-ї категорій, а другий (резервний) живить приймачі 3-ї категорії, то встановлений на посту ЕЦ ДГА повинен запускатися при зникненні напруги в основному джерелі живлення та працювати до його відновлення.

За безбатарейною системою живлення основних об'єктів централізації – світлофорів, рейкових кіл, стрілок, реле – забезпечується змінним струмом 16, 24, 110, 180, 220 В через

трансформатори від мережі та постійним струмом 24 В від випрямлячів та контрольної батареї, що працюють у режимі постійного підзаряду. Ця батарея використовується в аварійному режимі (при відсутності змінної напруги в трьох незалежних джерелах живлення) для живлення перетворювачів постійного струму в змінний з метою резервування електропостачання гарантованих кіл.

У ряді випадків електропостачання поста ЕЦ, виходячи з місцевих умов, може бути організовано тільки від одного зовнішнього та двох постових джерел живлення – ДГА та акумуляторної батареї 24 В.

У таких випадках електроживлення поста МРЦ здійснюється за батареюною системою та ємність постової батареї при цьому розраховується з урахуванням резервного живлення стрілочних електроприводів, контрольних кіл стрілок, ламп запрошувальних вогнів станційних світлофорів через статичні тиристорні перетворювачі.

У РПЗ у цьому розділі необхідно навести аналіз умов зовнішнього електропостачання поста ЕЦ та на його основі зробити вибір системи електроживлення пристроїв МРЦ з короткою її характеристикою.

## **2 Комплектація щитової установки панелями живлення**

На посту ЕЦ живильна (щитова) установка комплектується типовими панелями живлення залежно від кількості централізованих стрілок, роду тяги та системи живлення пристроїв МРЦ.

При новому будівництві великих станцій за безбатареюною системою живлення застосовуються панелі живлення серії ЕЦК таких типів: ПВ-ЕЦК – ввідна, ПР-ЕЦК – розподільна, ПВП-ЕЦК – випрямно-перетворювальна, ПСПН-ЕЦК та ПСТН-ЕЦК – стрілочні, відповідно при електродвигунах постійного та змінного струму, ПП25-ЕЦК – перетворювальна рейкових кіл.

Ввідна панель ПВ-ЕЦК призначена для введення, контролю та первісного розподілу живлення 380/220 В за основними

видами навантажень: пристроями СЦБ, зв'язку, маневровими постами, гарантованим та негарантованим освітленням, а також силовим навантаженням.

Панель забезпечує підключення двох фідерів трифазного струму від зовнішніх джерел та одного фідера від резервної електростанції ДГА; автоматичне перемикання навантаження з одного фідера на інший при зниженні напруги нижче припустимого рівня або при зникненні; автоматичний запуск резервного дизель-генератора при порушенні живлення фідерів; підключення основних видів навантажень; оптичну та акустичну сигналізацію при відсутності напруги на фідерах та при перегоранні запобіжників; рахунок числа відключень фідерів.

Напруга змінного струму кожного фідера контролюється фідерними реле 1Ф та 2Ф (рисунок 1). При зниженні напруги в лінійних дротах основного фідера до 103 В реле 1Ф перемикає навантаження на резервний фідер.

Ручне перемикання фідерів живлення проводиться за допомогою тумблерів 1ВФ та 2ВФ, контакти яких заведені в коло магнітних пускачів (контакторів) увімкнення фідерів 1ВФ, 2ВФ, що підключають напругу до навантажень.

Для відключення напруги з магнітних пускачів при профілактичних оглядах та ремонтах живильної установки встановлені рубильники 1В та 2В.

При недостатній потужності ДГА передбачена можливість відключення негарантованого освітлення та силового навантаження під час увімкнення ДГА контактором ОН.

Для захисту від короткого замикання в живильній установці підключення всіх навантажень проводиться через автоматичний вимикач 1АВ.

Розподільна панель ПР-ЕЦК служить для розподілу живлення змінного струму по окремих навантаженнях ЕЦ, ізолювання навантажень від заземленої мережі змінного струму, а також перемикання світлофорів, маршрутних покажчиків і табло на різні режими живлення.

Основу панелі ПР-ЕЦК складають два потужних трифазних трансформатори ТС1 та ТС2 по 4,5 кВА кожен, вторинні обмотки яких використовуються індивідуально та розраховані на максимальне фазове навантаження 1,5 кВА.

Для захисту та увімкнення ТС1 та ТС2 використовуються автоматичні вимикачі 1АВ та 2АВ.

Вторинні обмотки ТС1 та ТС2 використовуються для увімкнення навантажень ЕЦ по змінному струму: світлофорів (обмотки фаз С – ТС1 та А, В, С – ТС2), маршрутних показчиків (обмотки фази В – ТС1 та ТС2), контрольних кіл стрілок (коло ПХКС 220 В від фази В – ТС1), ламп табло та панелей живлення (фаза А ТС1 напругою 24В), апаратури передачі стрілок на місцеве керування (коло ПХМУ 110 В від фази В – ТС1 через трансформатор Т5), дешифрувальних пристроїв кодових сигналів автоблокування (кола ПХ16, ПХ12 напругою 16 В, 12 В через трансформатор Т2 (СОБС – 2А) від фази А – ТС2), ламп пультів огороження колій огляду та ремонту рухомого складу (кола ОПХ, ОПХМ напругою 24 – 36 В, одержувані від фази А – ТС2 через Т8), кодових трансформаторів та трансмітерних реле схем кодування рейкових кіл (коло ПХТР 110 В фаза А – ТС2 через Т6), кодувальних трансформаторів, позапостових кіл централізації та електропневматичних клапанів (ЕПК) пневмоочищення стрілок, що одержують живлення по колу ПХ220 від фази А – ТС2 через панель ПВП- ЕЦК.

При вимкненні джерел змінного струму, контрольованих аварійними реле СА, панель забезпечує резервування по змінному струму від перетворювача панелі ПВП- ЕЦК кіл гарантованого безперервного (ПХР, ПХРІ) та імпульсного (ПХСМ) живлення ламп вхідних світлофорів, реле місцевого управління (ПХМУ), дешифраторних блоків (ПХ12, ПХ16) та імпульсного живлення ламп табло (СМ). Коло гарантованого безперервного живлення ламп табло (С) резервується на постійному струмі від акумуляторної батареї через панель ПВП - ЕЦК.

Плавне регулювання напруг на лампах табло здійснюється за допомогою регулятора РНТ.

Для забезпечення миготливого режиму ламп світлофорів, табло та пультів огороження составів у панелі встановлений безконтактний датчик імпульсів (ДІ) та чотири блоки силового кодування (БСК1 - БСК4), які комутують кола змінного струму. Живлення блоків БСК2 - БСК4 змінним струмом здійснюється від кола, яке вони комутують, а блока БСК1 – від фази С - ТС1

напругою 40 В через трансформатор Т1. Миготливий режим роботи ламп вхідних світлофорів зберігається в аварійному режимі за рахунок резервування живлення від перетворювача панелі ПВП- ЕЦК по колах ПХГКС100 та ПХР1.

Імпульсне живлення ламп табло може здійснюватись з частотою миготіння 60 або 40 проблісків на хвилину, при цьому для його формування використовуються блоки БСК2 та БСК3 (кола РСХМ, СХМ, СМ).

При пошкодженні приладів комутації, з метою виключення можливості безперервного живлення в колах миготіння ламп світлофорів та пультів огороження, в панелі встановлені реле контролю імпульсного живлення КМГ1 та КМГ2.

Схема панелі дає змогу здійснювати живлення ламп світлофорів у трьох режимах: денному – 220 В, нічному – 180 В та подвійного зниження напруги – 110 В. Перемикання цих режимів здійснюється як автоматично, так і вручну при натисканні відповідних кнопок на пульті керування.

Маршрутні покажчики на станціях підрозділяються на покажчики напрямку (білого кольору) та колії відправлення (зеленого кольору). При подвійному зниженні напруги маршрутні покажчики напрямків відключаються повністю (кола ПХУ1, ПХУ2, ПХУ3), а покажчики колій відправлення живляться через трансформатор Т3 напругою 50 В (кола ПХУС1, ПХУС2).

Маршрутні покажчики, що розміщені на значній відстані від поста ЕЦ, з метою зменшення жильності кабелю отримують підвищену напругу 232 В через автотрансформатор Т2 (ПХУ2, ПХУС2).

Випрямно-перетворювальна панель ПВП-ЕЦК забезпечує випрямлення трифазного змінного струму в постійний струм, автоматичну зарядку акумуляторної батареї напругою 24 В, перетворення в аварійному режимі постійного струму акумуляторної батареї в змінний струм частотою 50 Гц для живлення гарантованих навантажень МРЦ.

На панелі ПВП- ЕЦК (рисунок 1) встановлено таке основне обладнання:

1) трифазний випрямляч ВП1 типу УЗАТ – 24 – 30, розрахований на струм навантаження до 30 А при номінальній напрузі постійного струму 24 В;

2) перетворювач-випрямляч ПП типу ППВ – 1 потужністю до 1 кВт, розрахований на струм навантаження в режимі випрямлення до 20 А при напрузі 24 В та в режимі перетворення до 5 А при напрузі 220 В;

3) трансформатор Т1 (СОБС-2А) та випрямляч ВП2 для живлення позапостових схем ЕЦ напругою 28 – 30 В при струмі навантаження до 2,8 А;

4) трансформатор Т2 (ПОБС-3А) та випрямляч ВП2 (ВУС-1,3) для живлення ЕПК пневмообдувки стрілок напругою 220 В постійного струму, що не перевищує 1 А;

5) прилади автоматики, що складаються з напівпровідникових реле напруги 1РН, 2РН типу РНП, електромагнітних реле ФЗ (форсованої зарядки батареї), 0, ОП (відключення перетворювача), ДН (режиму "день - ніч"), СН (подвійного зниження напруги), СА (аварії мережі змінного струму), ВВ (ввімкнення вентиляції акумуляторного приміщення), БПК (контролю блока живлення позапостових схем).

Крім того, на панелі встановлені сигналізатори заземлень, вимірвальні прилади, захисне обладнання від перевантажень, а також лампи індикацій режиму роботи зарядних пристроїв перетворювача, контролю перегорання запобіжників та ін.

За допомогою випрямлячів цієї панелі залежно від фактичної напруги акумуляторної батареї забезпечується безперервний або форсований підзаряд. Переключення з одного режиму зарядки в інший здійснюється автоматично реле ФЗ.

У нормальних умовах при режимі безперервного підзаряду на батареї підтримується напруга  $26,4 \pm 0,6$  В, при зниженні її до  $24 \pm 0,3$  В знеструмлюється реле ФЗ, контактами якого замикаються кола форсованої зарядки батареї та вмикається вентиляція. Контроль її роботи здійснює реле ВВ, контакти якого введені в коло увімкнення випрямлячів ВП1 та ПП. У процесі зарядки батареї напруга на ній зростає, при досягненні  $31 \pm 0,3$  В збуджується реле ФЗ та в результаті цього вмикається режим безперервного підзаряду.

В аварійному режимі при зникненні напруги змінного струму знеструмлюється реле СА та своїми контактами переводить ПП в режим перетворення постійного струму батареї в змінний струм напругою 220, 180 та 110 В. При цьому напругу батареї контролює реле О, яке при зниженні напруги до  $21,6 \pm 0,3$  В знеструмлюється та обриває коло живлення реле ОП, останнє своїми контактами відключає перетворювач ПП від батареї для уникнення її глибокої розрядки.

При необхідності відключення ПП від батареї може здійснюватися також вручну з пульта керування.

Потужності випрямлячів однієї панелі ПВП-ЕЦК достатньо для зарядки акумуляторних батарей в післяаварійному режимі ЕЦ станцій з 80 стрілками.

Стрілочні панелі ПСПН-ЕЦК, ПСТН-ЕЦК необхідні для живлення кіл стрілочних електроприводів постійного (ПСПН-ЕЦК) та трифазного змінного струму (ПСТН-ЕЦК), електрообігріву контактів та їх автоперемикачів.

Стрілочні панелі випускаються в чотирьох виконаннях. З них панелі ПСПН-ЕЦК1 (ПСТН-ЕЦК1) не розраховані на електрообігрів стрілочних приводів та застосовуються в районах із сухим кліматом. Панелі ПСПН-ЕЦК2 (ПСТН-ЕЦК2), ПСПН-ЕЦК3 (ПСТН-ЕЦК3) забезпечують обігрів приводів та розраховані на потужність кіл обігріву відповідно 4,5 та 9 кВА. Потужності панелей ПСПН-ЕЦК та ПСТН-ЕЦК, як правило, достатньо для підключення в ЕЦ станцій до 180 стрілок. Панелі ПСПР-ЕЦК (ПСТР-ЕЦК) виконані з урахуванням резервування електроживлення кіл переведення стрілок від акумуляторної батареї через перетворювач та застосовуються в основному при батарейній системі живлення.

У всіх стрілочних панелях електроживлення робочих кіл стрілок розділене на дві групи. Кожна група з метою ізоляції її від заземленої мережі змінного струму живиться через окремий трифазний трансформатор ТС1 (ТС2) цієї панелі потужністю 4,5 кВА та випрямляч 1В (2В) напругою 220 В.

Силове обладнання кожної групи панелі ПСПН-ЕЦК розраховане на споживаний струм робочих кіл стрілок 30 А із взаємним автоматичним резервуванням. Необхідне в цих випадках переключення вихідних кіл випрямлячів здійснюється за допомогою реле 1ВВ, 2ВВ.

У панелях передбачена можливість відключення живлення робочих кіл стрілок при роботі електродвигуна привода на фрикцію. Таке відключення здійснюється з пульта керування.

У панелях ПСПН-ЕЦК2, ПСПН-ЕЦК3 (ПСТП-ЕЦК2, ПСТН-ЕЦК3) додатково до трансформаторів ТС1, ТС2 встановлюються трансформатори (ТС3, ТС4) потужністю 4,5 кВА кожен, призначені для електрообігріву стрілочних приводів (і також можуть використовуватися для живлення рейкових кіл 50 Гц при автономній тязі або електротязі постійного струму).

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 та забезпечує перетворення змінного струму 50 Гц в змінний струм 25 Гц, фазування перетворювачів частоти ПЧ 50/25 Гц, розподіл живлення 25 Гц по колах місцевих елементів колійних реле ДСШ та променях колійних трансформаторів рейкових кіл, контроль справної роботи фазуючих пристроїв, автоматичне або ручне відключення променів живлення рейкових кіл та контроль перегорання запобіжників.

У панелі ПП25-ЕЦК (Рисунок 1) встановлено 3 перетворювачі 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 промені живлення. Напряга в кожному промені при максимальному навантаженні 0,75 А становить 230 В. Аналогічно розділені виходи кожного з місцевих перетворювачів на дві групи живлення місцевих елементів. У кожній групі допускається струм навантаження 1,4 А, при якому напряга становить 115 В. Промені живлення рейкових кіл можуть відключатися індивідуальними вимикачами 11В1 - 23В2.

Щит вимкнення живлення ЩВП-73 встановлюється на посту ЕЦ в зручному з точки зору протипожежної безпеки місці та призначений для швидкого, надійного та одночасного відключення всіх джерел живлення ДРК.

Конструкція щита дає змогу робити відключення акумуляторних батарей для профілактики. При одній панелі ПВ-ЕЦК встановлюється один щит, при двох панелях – два щити. Кожен вимикач розрахований на допустимий струм 160 А.

У пояснювальній записці по цьому пункту завдання необхідно на основі аналізу вихідних даних навести обґрунтування вибору типів панелей живлення з урахуванням їх модифікацій та короткий опис їх призначення.

Число панелей живлення визначається розрахунками та орієнтовно може бути прийнято на станціях з числом стрілок до 80 за однією ввідною, розподільною, випрямно-перетворювальною та стрілочною панеллю. Число перетворювальних панелей рейкових кіл орієнтовно приймається з такого розрахунку: одна панель на 60 стрілок.

### **3 Розрахунок стрілочної панелі**

Стрілочні панелі розраховуються на максимальний сумарний струм обох груп робочих кіл стрілок 30 А при використанні панелі ПСПН-ЕЦК та 15 А – при використанні панелі ПСТН-ЕЦК. Розрахунок стрілочної панелі полягає у перевірці відповідності струму  $I_{сп\ max}$ , споживаного стрілками при переведенні на проєктованій станції з допустимим струмом панелі.

Якщо станція розташована на ділянці з вологою кліматичною зоною, проєктується електрообігрів автоперемикачів стрілочних приводів та визначається його потужність. З цієї потужності вибирається відповідне виконання панелі (без обігріву приводів ПСПН-ЕЦК1 (ПСТН-ЕЦК1)), з потужністю обігріву до 4,5 та 9 кВА відповідно ПСПН-ЕЦК2 та ПСПН-ЕЦК3 або ПСТН-ЕЦК2 та ПСТН-ЕЦК3. Максимальний (пусковий) струм  $I_{сп\ max}$ , споживаний від випрямлячів панелі ПСПН-ЕЦК, залежить від типу рейок, марок хрестовин стрілочних переводів, числа стрілок, які одночасно переводяться, та може бути визначений за формулою

$$I_{сп\ max} = I_{эн} \cdot N_{co}, \quad (1)$$

де  $I_{эп}$  – струм, споживаний електроприводом стрілочного переводу цього типу;

$N_{со}$  – кількість стрілок цього типу, які одночасно переводяться (приймається з розрахунку 50 % стрілок, що входять у маршрут найбільшої довжини).

Кількість стрілок у маршрутах найбільшої довжини подано в таблиці 1.

Таблиця 1 – Кількість стрілок у маршрутах найбільшої довжини

Тип стрілок	Тип рейок	Марка хрестовини	Число стрілок на станції									
			31	41	51	61	71	81	91	101	121	131
			40	50	60	70	80	90	100	120	130	140
Одиночні	P50	1/9	-	2	3	-	6	-	6	-	10	2
	P65	1/11	3	-	-	5	1	4	-	5	-	-
		1/18	-	2	2	2	-	2	-	3	2	3
Перехресні	P50	1/9	-	2	2	-	2	-	6	-	2	6
	P65	1/9	2	-	-	1	-	4	-	4	-	-

Значення струмів указані для електродвигунів типу МСП-0,25 (160 В) та МСТ-0,3 (100 В).

Значення розрахункових струмів двигунів стрілочних приводів типу СП-6 м наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Значення розрахункових струмів двигунів стрілочних приводів типу СП-6М

Тип стрілок	Тип рейок	Марка хрестовини	Розрахунковий струм двигуна електропривода $I_{эп}$ , А	
			постійного	змінного
Одиночна	P50	1/9,1/11	2,0	2,1
Одиночна	P65	1/9	2,4	2,5
Одиночна	P50	1/18	2,8	2,9
Перехресна	P50	1/9	2,8	2,9
Одиночна	P65	1/11	2,8	2,9
Перехресна	P65	1/9	3,6	3,7
Одиночна	P65	1/18	3,6	3,7

Потужність кіл електрообігріву стрілочних приводів розраховується за таким виразом:

$$S_{\text{э}} = S_{\text{эс}} * N_c , \quad (2)$$

де  $S_{\text{эс}}$  – потужність кола електрообігріву з урахуванням усіх втрат, віднесена на одну стрілку ( $P_{\text{эс}} = 25$  Вт,  $Q_{\text{эс}} = 22$  ВАр) [2];

$N_c$  – число стрілок на станції.

У пояснювальній записці необхідно навести результати розрахунків та обрану модифікацію стрілочної панелі.

#### 4 Розрахунок потужності рейкових кіл

Ураховуючи особливість станційних фазочутливих рейкових кіл, пов'язану з двома колами їх живлення, розрахунок повної потужності, споживаної рейковими колами, проводиться як за навантаженням, створюваним колійними трансформаторами, так і за навантаженням місцевих елементів колійних реле.

При новому проектуванні на станціях застосовуються рейкові кола частотою 25 Гц, однак при частковій модернізації існуючих станцій допускається експлуатація раніше запроектованих рейкових кіл.

Потужність колійних трансформаторів рейкових кіл та місцевих елементів колійних реле, ВА, можна визначити за такими співвідношеннями:

$$S_{nt} = S_{ntc} * N_c , \quad (3)$$

$$S_{mэ} = S_{mэс} * N_c , \quad (4)$$

де  $S_{ntc}$ ,  $S_{mэс}$  – повна потужність відповідно колійних трансформаторів та місцевих елементів у розрахунку на одну стрілку (складає: при електротязі змінного струму –  $R_{птс} = 23,4$  Вт,  $Q_{птс} = 17,5$  ВАр,  $R_{мэс} = 2,8$  Вт,  $Q_{мэс} = 8,6$  ВАр; при електротязі постійного струму –  $R_{птс} = 16$  Вт,  $Q_{птс} = 3$  ВАр,  $R_{мэс} = 4,1$  Вт,  $Q_{мэс} = 4,4$  ВАр; при автономній тязі –  $R_{птс} = 15$  Вт,  $Q_{птс} = 14$  ВАр,  $R_{мэс} = 4,1$  Вт,  $Q_{мэс} = 4,4$  ВАр) [2];

$N_c$  – число стрілок.

При автономній тязі або електротязі постійного струму, коли частота сигнального струму у рейкових колах дорівнює 50 Гц, ці повні потужності додають:

$$S_{\text{рцобщ}} = S_{\text{нм}} + S_{\text{мэ}} \quad , \quad (5)$$

отримана сумарна потужність урахується при розподілі навантажень панелі ПР-ЕЦК або виборі числа вільних трансформаторів ТС панелі ПСПН-ЕЦК (ПСТН-ЕЦК) з обов'язковим уточненням модифікації цієї панелі.

При електротязі змінного та електротязі постійного струму, коли частота сигнального струму рейкових кіл дорівнює 25 Гц, розраховується необхідне число місцевих  $N_{\text{ме}}$  та колійних  $N_{\text{пп}}$  перетворювачів:

$$N_{\text{мп}} = S_{\text{мэ}} / S_{\text{нмэ}} \quad , \quad (6)$$

$$N_{\text{пп}} = S_{\text{нэ}} / S_{\text{ппэ}} \quad , \quad (7)$$

де  $S_{\text{ппэ}}$  і  $S_{\text{пмэ}}$  – розрахункові потужності відповідно колійного та місцевого перетворювачів (становлять:  $S_{\text{пме}}$  – 300 ВА,  $S_{\text{ппе}}$  – 290 ВА [2]; деякий запас потужності резервується для збільшення навантаження при зниженні опору баласту понад норму).

Ці перетворювачі встановлюються в панелях ПП25 - ЕЦК (два перетворювачі для живлення місцевих елементів реле ДСШ та шість перетворювачів для живлення колійних) та відповідно до розрахунку визначається число цих панелей.

Слід мати на увазі, що на ділянках з електротягою постійного струму число панелей ПП25-ЕЦК розраховується з урахуванням використання тільки чотирьох колійних перетворювачів у кожній панелі для живлення колійних елементів реле ДСШ. Інші два колійних перетворювачі, якщо відсутні на станції рейкові кола, що потребують зсуву напружень по фазі на 90, працюють у холостому режимі. Вони вмикаються протифазно з місцевими перетворювачами та використовуються лише для зменшення струму підмагнічування.

У пояснювальній записці по цьому пункту завдання при автономній тязі та електротязі постійного струму необхідно навести розрахунок сумарної повної потужності рейкових кіл 50 Гц, а при електротязі змінного або постійного струму з рейковими колами 25 Гц – число перетворювачів та кількість панелей ПП25-ЕЦК.

## 5 Розрахунок та розподіл навантажень панелі ПР-ЕЦК

Розрахунок розподільної панелі ПР-ЕЦК має на меті виключення перевантажень вторинних обмоток силових трансформаторів Тс1 та Тс2, а також забезпечення приблизно однакового їх навантаження (різниця по завантаженню вторинних обмоток Тс не повинна перевищувати 5 %).

### Лампи табло та панелей живлення

Цим навантаженням, як правило, визначається потужність вторинної обмотки „а” Тс1.

Установлено, що на табло в нормальних умовах роботи станції в середньому на одну стрілку увімкнено 3,5 лампи. Однак найбільше навантаження на живильні пристрої створюють лампи табло, які освітлюють стрілочні ділянки, коли ДСП перевіряє положення стрілок. У цьому випадку потужність  $P_{лс}$  ламп у середньому на одну стрілку з урахуванням установлених маршрутів досягає 14 Вт, а створене на обмотці „а” Тс1 навантаження від усієї світлосхеми станції  $P_{лт}$ , Вт, складає

$$P_{лт} = P_{лс} \cdot N_{с} + P_{лп}, \quad (8)$$

де  $P_{лп}$  – потужність ламп індикації на панелях живильної установки (у розрахунку на пост ЕЦ можна прийняти рівною 25 Вт);

$P_{лс}$  – потужність на одну лампу однієї стрілки (14 Вт).

Якщо навантаження  $P_{лт}$  перевищує допустиму потужність фазової обмотки (1,5 кВА), то передбачається або обмеження освітлення табло, або лампи табло діляться на ряд груп, які

вмикаються за допомогою реле 1НКС, 2НКС, 1ЧКС, 2ЧКС. Як правило, освітлення здійснюється по горловинах станції. У цьому випадку навантаження  $P_{лт}$ , Вт, на фазову обмотку „а” ТрС1 може бути знайдене за формулою

$$P_{лт} = P_{лс} \cdot N_c / 2 + (P_l \cdot N_l \cdot N_c) / 2 + P_{лш}, \quad (9)$$

де  $P_l$  – потужність однієї лампи індикації (складає 2,5 Вт);

$M_l$  – число ламп табло в середньому на одну стрілку при нормальних умовах роботи станції.

### Світлофори

Для живлення вхідних світлофорів використовується фазова обмотка „с” ТС1 (кола ПЗР, ПХР1, ПХСМ). Навантаження на неї залежить від кількості світлофорів  $N_{вх}$  (підходів до станції). Додаткові вхідні світлофори по неправильній колії нормально відключені (вийняті запобіжники) та тому їх навантаження в розрахунок не беруться.

Навантаження  $S_{вхп}$ , ВА, від вхідних світлофорів складає

$$S_{вхп} = S_{вх} \times N_{вх}, \quad (10)$$

де  $S_{вх}$  – задана потужність одного вхідного світлофора (з урахуванням одночасного горіння двох ламп, потужність одного вхідного світлофора досягає  $P_{вх} = 68 \text{ Вт}$ ,  $Q_{вх} = 19 \text{ ВАр}$ );

$N_{вх}$  – кількість вхідних світлофорів.

Для живлення вихідних (маршрутних, маневрових) світлофорів використовуються обмотки „а”, „в”, та „с” Тс2 (кола ПХС2, ПХС3, ПХС4), а також обмотка „с” Тс1 (коло ПХС1), якщо потужність трансформатора Тс2 виявляється недостатньою. Потужність навантаження  $S_{свп}$ , ВА, вихідних світлофорів можна визначити так:

$$S_{свп} = S_{св} \cdot N_c, \quad (11)$$

де  $S_{cv}$  – повна потужність світлофорів (вихідних, маршрутних, маневрових), віднесена на одну стрілку (за середніми даними складає  $P_{cvn} = 28 \text{ Вт}$ ,  $Q_{cvn} = 9 \text{ ВАр}$ ).

### **Маршрутні покажчики**

Для живлення маршрутних покажчиків використовуються фазові обмотки „в” Тс1 н Тс2, при цьому для живлення маршрутних покажчиків положення використовуються кола ПХУ1 та ПХУ3, а для живлення маршрутних покажчиків віддалених об’єктів – ПХУ2; для живлення маршрутних покажчиків колій відправлення – кола ПХУС1 та 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 на пост ЕЦ та становить на станціях від 31 до 140 стрілок 700 Вт.

При наявності на станції різнотипних маршрутних покажчиків усереднена потужність 700 Вт може бути розподілена між ними на розсуд самого студента.

### **Контрольні кола стрілок**

Для живлення контрольних кіл стрілок використовується напруга 220 В, яка отримується від обмотки „в” ТС1.

Повна потужність кіл контролю стрілок, ВА, визначається так:

$$S_{KC} = S_{KCC} \cdot N_C, \quad (12)$$

де  $S_{KCC}$  – потужність кіл контролю у розрахунку на одну стрілку (складає  $P_{KCC} = 5,4 \text{ Вт}$ ;  $Q_{KCC} = 4 \text{ ВАр}$ ).

### **Стрілки місцевого керування**

Кола передачі стрілок на місцеве керування живляться від обмотки „в” ТС1 через трансформатор Тр5 (ПТ-25А) при напрузі 110 В.

Потужність пристроїв передачі стрілок на місцеве керування, що задається, ВА, визначається за формулою

$$S_{MC} = S_{MCC} \cdot N_{MC}, \quad (13)$$

де  $S_{MCC}$  – потужність пристроїв передачі на місцеве керування однієї стрілки (складає 10 ВА при  $\cos \varphi = 0,8$ );

$N_{MC}$  – кількість стрілок подвійного керування.

### **Дешифрувальні пристрої автоблокування**

Потужність дешифраторів автоблокування  $S_{да}$ , що живляться через трансформатор Т7 (СОБС-2А) від обмотки „а” ТС2, залежить від кількості підходів  $N_{ВХ}$  до станції та може бути визначена за такою формулою, ВА:

$$S_{ДА} = S_{ДАП} \cdot N_{ВХ}, \quad (14)$$

де  $S_{дан}$  – потужність дешифрувальних пристроїв у розрахунку на один підхід ( $P_{дан} = 15 \text{ Вт}$ ,  $Q_{дан} = 2 \text{ ВАр}$ ).

### **Лампи пультів огороження складів**

Живлення ламп пультів огороження рухомих складів на коліях їх огляду та ремонту відбувається напругою 24 – 36 В, яке отримують через трансформатор Т8 (СОБС2-А) від обмотки „а” ТС2. На станціях до 130 стрілок потужність ламп пультів огороження  $S_{он}$  (неперервного та імпульсного живлення) в цілому на пост ЕЦ може бути прийнята рівною  $P_{он} = 90 \text{ Вт}$ ,  $Q_{он} = 20 \text{ ВАр}$ .

### **Трансмітерні реле й трансмітери**

Навантаження  $S_{тр}$ , створене трансмітерним реле та кодовим трансмітером на обмотку „в” ТС2, визначається в розрахунку на пост ЕЦ та складає  $P_{тр} = 50 \text{ Вт}$ ,  $Q_{вц} = 5 \text{ ВАр}$ .

## Позапостові кола

Потужність позапостових кіл  $S_{вц}$  по змінному струму 220 В, що живляться від обмотки „а” ТС2 через панель ПВП-ЕЦК, при кількості стрілок до 130 може бути прийнята на пост ЕЦ ( $P_{вц} = 80 \text{ Вт}; Q_{вц} = 9 \text{ ВАр}$ ).

## ЕПК пневмоочищення стрілок

Живлення ЕПК пневмоочищення стрілок від снігу відбувається напругою 220 В від обмотки „а” ТС2 через панель ПВП-ЕЦК. Потужність ЕПК на пост ЕЦ можна прийняти  $P_{епк} = 150 \text{ Вт}; Q_{епк} = 46 \text{ ВАр}$ .

## Кодувальний трансформатор 50 Гц

Потужність кодувальних трансформаторів 50 Гц  $S_k$  визначаємо за формулою, ВА,

$$S_k = S_{крц} * N_{рц} , \quad (15)$$

де  $S_{крц}$  – потужність одного рейкового кола при кодуванні його частотою 50 Гц, (у середньому  $P_{крц}=11 \text{ Вт}, Q_{крц}=38 \text{ ВАр}$ );

$N_{рц}$  – кількість кодованих рейкових кіл (складає два рейкових кола на кожний підхід до станції).

Навантаження від кодувальних трансформаторів 50 Гц може вмикатися на обмотку „а” або „в” ТС2.

Результати виконаних розрахунків рекомендується подати у формі таблиці 3, у якій, крім того, слід розподілити навантаження світлофорів та маршрутних показчиків так, щоб вторинні обмотки „а”, „б” та „с” кожного з трансформаторів ТС1 та ТС2 були як можна більш рівномірно завантажені (різниця між потужностями, які припадають на кожну з обмоток, не повинна перевищувати 5 %).

У пояснювальній записці слід навести розрахунок навантажень та заповнити таблицю 3. Крім того, на основі отриманих даних розділу потрібно скласти схему розподілу навантажень панелі ПР-ЕЦК (рисунок 2).

Таблиця 3 – Розрахунок навантажень розподільної панелі ПР-ЕЦК

Навантаження	Вим.	Потужність од. вим.	Кількість од.вим.	Розподіл навантажень по вторинних обмотках трансформатора ТС1										
				„а”			„В”			„с”				
				Р, Вт	Q, ВАр	S, ВА	Р, Вт	Q, ВАр	S, ВА	Р, Вт	Q, ВАр	S, ВА		
Лампи табло														
Вхідні світлофори														
Маршрутні показчики														
Кола контролю стрілок														
.....														
.....														
Разом:														

Продовження таблиці 3

Навантаження	Вим.	Потужність од. вим.	Кількість од.вим.	Розподіл навантажень по вторинних обмотках трансформатора ТС2										
				„а”			„В”			„с”				
				P, Вт	Q, ВАр	S, ВА	P, Вт	Q, ВАр	S, ВА	P, Вт	Q, ВАр	S, ВА		
Лампи табло														
Вхідні світлофори														
Маршрутні показчики														
Кола контролю стрілок														
.....														
.....														
Разом:														

### 6 Розрахунок перетворювача ППВ-1 панелі ПВП-ЕЦК

При безбатарейній системі живлення на випадок зникнення змінної напруги в першому та другому фідерах живлення та незапуску ДГА від напівпровідникових перетворювачів типу ППВ-1 встановлюємо по одному в кожній панелі ПВП-ЕЦК, отримують живлення такі навантаження гарантованого змінного струму:

1) червоні лампи вхідних світлофорів (додаткові вхідні світлофори карликового типу на двоколіїних ділянках, як відомо, вмикаються тільки під час капітального ремонту перегінної колії та тому в розрахунках ППВ-1 не враховується);

2) позапостові схеми ЕЦ;

3) станційні блоки дешифраторів числового кодового авто блокування;

4) лампи запрошувальних вогнів світлофорів у сукупності з блоком їх імпульсного живлення;

5) блок імпульсного живлення групи ламп табло і панелей живлення;

б) контрольні кола стрілок.

Номінальні (максимальні) потужності цих навантажень наведено в таблицях 4-6. У таблиці 4 вказані їх середньодобові коефіцієнти вмикання  $K$ , що характеризують, яку частину доби увімкнене навантаження. Для навантажень, що носять короткочасний характер, їх середньодобові коефіцієнти рівні 0,1 – 0,3.

Відомо, що ККД перетворювача ППВ-1 залежить від ступеня його завантаження та тому з метою підвищення ККД передбачена можливість настроювання перетворювача на мінімальні потужності 0,3; 0,6 та 1 кВт. Таке настроювання робиться за результатами розрахунку максимальної потужності навантажень  $S_{max}$ , ВА, (таблиця 4).

$$S_{MAX} = \sqrt{P_{MAX}^2 + Q_{MAX}^2} . \quad (16)$$

Навантажувальна здатність перетворювача залежить від коефіцієнта потужності навантаження  $\cos \varphi$ , який для пікової потужності визначається як

$$\cos \varphi_m = P_m / S_m . \quad (17)$$

Перетворювач розрахований на номінальне навантаження  $P_{ном}$  (0,3; 0,6; 1,0 кВт) при значенні  $\cos \varphi_m$ , рівному 0,9. Тому, якщо реальний  $\cos \varphi_m$  навантаження буде менше 0,9, то навантаження на перетворювачі повинно бути зменшене.

Допустиме в цьому випадку навантаження  $P_{доп}$ , Вт, може бути визначене за такою формулою:

$$P_{доп} = (1.76 \cdot P_{ном}) / (1 + ((1.57 \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_m}) / \cos \varphi_m)). \quad (18)$$

При  $\cos \varphi_m$  більше 0,9 допустима потужність перетворювача може навіть трохи перевищувати номінальну. Цю потужність можна розрахувати таким чином, Вт:

$$P_{доп} = \frac{P_{ном} \times \cos \varphi_m}{0,9}; \quad (19)$$

Слід мати на увазі, що, якщо  $P_{доп}$  виявиться більше 1,0 кВт, тоді встановлюється друга панель ПВП-ЕЦК, яка буде виконувати функції, аналогічні першій панелі. У цьому випадку, аналізуючи максимальні потужності гарантованих навантажень (таблиця 5), необхідно визначити, які кола будуть підключені до першого, та які до другого перетворювача.

Розрахунок середньої потужності перетворювача проводиться для визначення струму, споживаного ним від акумуляторної батареї.

У тому випадку, якщо перетворювачів два, то нижченаведений розрахунок необхідно виконати для кожного з них.

З урахуванням коефіцієнта навантаження  $K_H$  необхідна від перетворювача середня потужність може бути визначена на основі таких формул:

$$P_H = K \cdot P_M, \quad (20)$$

$$Q_H = K \cdot Q_M, \quad (21)$$

Середній коефіцієнт потужності навантаження  $\cos \varphi_H$  перетворювача визначається за формулою

$$\cos \varphi_H = \frac{P_H}{\sqrt{P_H^2 + Q_H^2}}. \quad (22)$$

Коефіцієнт завантаження перетворювача:

$$K_H = \frac{P_H}{P_{ном}}. \quad (23)$$

Коефіцієнт потужності має значний вплив не тільки на використання встановленої потужності перетворювача, але та на його ККД. Тому ККД перетворювача визначається з урахуванням  $\cos\varphi_n$  та  $K_H$ . Для цього спочатку за даними таблиці 5 та 6 визначаються часткові значення ККД  $\eta_f$ ,  $\eta_n$  в залежності від  $\cos\varphi_n$  та  $K_H$ .

Таблиця 4 – Розрахунок навантажень перетворювача ППВ-1

Назва навантаження	Вимірювач	Потужність нагрузок на вимірювачі		Кількість одиниць вимір.	Максимальна потужність навантаження		Середньодобовий коефіцієнт, k	Середня потужність навантаження	
		P, Вт	Q, ВАр		Pmax, Вт	Qmax, ВАр		Pcp, Вт	Qcp, ВАр
Кола червоних ламп входних світлофорів	Підхід	37	13				1		
Позапостові кола ЕЦ	Піст ЕЦ	80	9				1		
Станційні ДА	Підхід	36	2				1		
Кола запрошувальних вогнів світлофорів	Світлофор	37	13				0,1		
Блок імпульсного живлення ламп табло та живлячих панелей	Піст ЕЦ	9,8	1,2				0,3		
Контрольні кола стрілок	Стрілка	5,4	4				1		
Всього					Pm	Qm		PH	QH

Таблиця 5

$\cos\varphi_n$	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95
$\eta_f$	0.5	0.61	0.67	0.7	0.73	0.75	0.78	0.8	0.85

Таблиця 6

$\kappa_{\text{H}}$	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$\eta_{\text{H}}$	0.53	0.62	0.69	0.74	0.78	0.82	0.83	0.84	0.85

Далі розраховуємо загальний ККД перетворювача:

$$\text{ККД}_n = \frac{\eta^f \times \eta_{\text{H}}}{0,82} \times 100\%. \quad (24)$$

З урахуванням величини  $P_{\text{H}}$  та  $\eta_{\text{H}}$ , струм, який споживається перетворювачем від батареї, обчислюється за формулою

$$I_{\text{II}} = \frac{P_{\text{H}}}{\eta_{\text{H}} \cdot U_{\text{б}}}, \quad (25)$$

де  $U_{\text{б}}$  – номінальна напруга акумуляторної батареї 24 В.

Якщо перетворювачів два, то сумарний струм визначається так:

$$I_{\text{II}} = I_{\text{n1}} + I_{\text{n2}}. \quad (26)$$

У пояснювальній записці у цьому пункті завдання слід навести розрахунок навантажень перетворювача, а також струму, споживаного ним від акумуляторної батареї. Крім того, необхідно вказати значення номінальної потужності, на яку потрібно настроїти перетворювач ППВ-1, що розраховується, та число панелей ППВ-ЕЦК.

## 7 Розрахунок акумуляторної батареї

Розрахунок акумуляторної батареї полягає у визначенні її ємності та виборі типів акумуляторів за індексом.

Акумуляторна батарея 24 В при безбатарейній системі живлення забезпечує в аварійному режимі (при відключеній напрузі всіх джерел змінного струму) живлення таких гарантованих навантажень ЕЦ:

а) релейних пристроїв централізації (витрата струму в розрахунку на одну стрілку становить 0,23 А);

б) ламп табло об'єктів, які самі живляться постійним струмом або мають джерела, незалежні від ЕЦ, ламп контролю блок-дільниць, що примикають до станції, повторювачі червоних та запрошувальних вогнів вхідних світлофорів та ін. (споживаний лампами струм у розрахунку на один двоколіїний підхід до станції можна прийняти рівним 0,20 А);

в) ламп контролю фідерів живлення та роботи для перетворювача живильної установки (споживаний лампами струм залежить від числа стрілок та в розрахунку на пост ЕЦ може бути прийнятий рівним 1,0 А);

г) перетворювача ППВ-1 в аварійному режимі для живлення гарантованих кіл змінним струмом (споживаний перетворювачем від батареї струм визначається розрахунком, що наведений у розділі б).

Розрядний струм батареї  $I_b$ , А, визначається за формулою

$$I_b = I_A \cdot N_C + I_{ЛП} \cdot N_{ВХ} + I_{ЛК} + I_P, \quad (27)$$

де  $I_A$  – струм у розрахунку на одну стрілку, складає 0,23 А;

$I_{ЛП}$  – струм, що споживається лампами на одно - та двоколіїний підхід до станції, складає 0,2 А;

$I_{ЛК}$  – струм, що споживається лампами, який не залежить від кількості стрілок та може бути прийнятий рівним 1 А;

$I_P$  – струм, що споживається перетворювачем від батареї.

Фактична розрядна ємність батареї, Агод:

$$Q_\phi = I_B \cdot t_p, \quad (28)$$

де  $t_p = t_o + t_\partial$  – тривалість резервного живлення навантажень ЕЦ від батареї.

Розрахунковий час  $t_o$  встановлюється виходячи з часу усунення можливої несправності ДГА та приймається рівним 2 год (основний режим резервування). Але в умовах застосування центрального живлення ламп вхідних світлофорів потрібно, щоб після закінчення основного часу резервування було забезпечено живлення червоних вогнів вхідних світлофорів ще протягом  $t_o=4$  год (додатковий режим резервування). З метою спрощення розрахунку пристроїв електроживлення, тривалість основного  $t_o$  та додаткового  $t_o$  резервування встановлена 6 год.

Ємність акумуляторів, гарантована заводом-виробником, характеризується номінальним значенням  $Q_n$ . Але із збільшенням інтенсивності розрядки та зниженням температури електроліту, ємність акумуляторів зменшується та тому її фактичне значення  $Q_f$  перераховується до номінальних умов. Такий розрахунок здійснюється за формулою

$$Q_p = \frac{Q_f}{K_c \cdot P(1 + K_t(t - 25))}, \quad (29)$$

де  $Q_p$  – розрахункова номінальна ємність батареї;

$K_c$  – коефіцієнт зниження ємності акумуляторів від старіння, для пристроїв СЦБ складає 0,85;

$P$  – коефіцієнт інтенсивності розрядки, визначається в залежності від режиму розрядки та приймається рівним 0,9;

$K_t$  – температурний коефіцієнт ємності, для акумуляторів СК складає 0,008;

$t$  – температура електроліту під час розрядки батареї, приймається рівною температурі акумуляторного приміщення, яка складає  $+15^\circ\text{C}$ .

За номінальною розрахунковою ємністю  $Q_p$  визначається тип акумуляторів СК – їх індексний номер та паспортна номінальна ємність (таблиці 1, 2).

Слід врахувати, що номінальна ємність акумулятора СК1 дорівнює 36 Агод.

При остаточному виборі типу акумуляторів необхідно врахувати, що з метою скорочення різнотипності акумуляторних ящиків на постах ЕЦ рекомендується застосування таких акумуляторів: СК2, СК4, СК6, СК8, СК10, СК12 і тд.

У пояснювальній записці потрібно зробити розрахунок ємності батареї та вказати обраний індексний номер акумуляторів СК, а також їх паспортну номінальну ємність.

## 8 Розрахунок випрямлячів перетворювальної панелі

На підставі розрахунку навантаження уипрямлячів встановлюється режим експлуатації зарядного пристрою ВП1 типу УЗАТ - 24 -30 та перетворювача – випрямляча ПП типу ППВ-1.

При наявності напруги змінного струму випрямний пристрій ВП1 та перетворювач - випрямляч ПП, що працює в цьому випадку в режимі випрямлення, використовуються для живлення навантажень постійного струму 24 В.

Такими навантаженнями є:

- а) релейні схеми поста;
- б) релейна панель живлення;
- в) акумуляторна батарея 24 В.

Максимальний струм, що віддається випрямлячами панелі, складає 50 А, у тому числі – ВП1 – 30 А та ПП – 20 А.

Струм  $I_n$ , який споживається релейними схемами ЕЦ:

$$I_n = I_{cп} * N_c, \quad (30)$$

де  $I_{cп}$  – середньодобовий струм, який споживається реле поста ЕЦ у нормальному режимі, розраховуючи на одну стрілку (становить при безбатарейній системі живлення 0,35 А).

Струм  $I_{рп}$ , який споживається реле живильних панелей, визначається в цілому на ЕЖУ та становить 1 А.

Акумуляторна батарея споживає від випрямних пристроїв, залежно від режиму її зарядки, струм різних значень:

а) у режимі постійного підзаряду (батарея перебуває в зарядженому стані) струм, який споживається при підзаряді,  $I_{пз}$  становить

$$I_{пз} = 0,0015 \cdot Q_n, \quad (31)$$

де  $Q_n$  – номінальна ємність акумуляторної батареї, Агод.  
(див. розділ 7);

б) у режимі форсованої зарядки (батарея перебуває у розрядженому стані) зарядний струм  $I_z$  батареї, А,

$$I_z = 3 \cdot N, \quad (32)$$

де  $N$  – індексний номер акумуляторної батареї.

Струм випрямлячів  $I_{вп}$  у режимі постійного підзаряду батареї можна визначити за такою формулою, А:

$$I_{вп} = I_H + I_{рп} + I_{пз}; \quad (33)$$

У режимі форсованої зарядки батареї струм випрямлячів  $I_{вз}$  знаходиться за формулою, А,

$$I_{вз} = I_H + I_{рп} + I_z; \quad (34)$$

Регулювання струмів випрямлячів здійснюється в режимі постійного підзаряду батареї резисторами R2 «U» (ВП1) і R7 (ПП), а в режимі форсованої зарядки – резисторами R1 «j» (ВП) і R6 (ПП), при цьому, якщо струм навантаження в режимі постійного підзаряду не перевищує 25 А, то використовується лише один зарядний пристрій ВП1. При цьому струмі  $I_{ан}$  перевищує 25 А, додатково до ВП1 використовується також перетворювач-випрямляч ПП. У разі ж перевищення струмом  $I_{вп}$  значень 42 А також встановлюється дві панелі ПВП-ЕЦК.

У режимі форсованої зарядки, як правило, використовуються обидва пристрої випрямлення. При цьому, якщо струм  $I_{вз}$  виявляється більше 50 А, то струм зарядки  $I_z$  батареї обмежується таким значенням, щоб струм  $I_{вз}$  став рівним 50 А.

У пояснювальній записці необхідно навести розрахунок струмів у різних режимах зарядки. За результатами розрахунків зробити висновок про характер використання пристроїв випрямлення ВП1 та ПП в процесі експлуатації.

## 9 Структурна схема ЕПУ

Структурна схема установки електроживлення МРЦ виконується на основі розрахунків та комплектації, її живлять панелями вибраного типу.

Структурна схема подається на однопитковому зображенні, за винятком кіл увімкнення перетворювачів частоти з панелі ПП25-ЕЦК. Провідність кіл міжпанельних з'єднань та навантажень позначається на схемі числом штрихів на них.

При розробленні структурної схеми слід врахувати, що на ділянках з електротягою постійного струму для уникнення підмагнічування блукаючими струмами перетворювачів частоти ПЧ 50/25 панелі ПП25-ЕЦК ізолюються від землі (мережі змінного струму) трансформатором типу ТСЗ. Трансформатор ТСЗ (рисунок 1) підключається до ввідної панелі навантаження пристроїв зв'язку через окремий автоматичний вимикач АВ.

На панелях ПП25-ЕЦК показується схема увімкнення колійних та місцевих перетворювачів з урахуванням їх фазування, що відповідає умовам завдання.

Відомо, що для нормальної роботи фазочутливих рейкових кіл необхідно, щоб колійні та місцеві перетворювачі частоти були жорстко зафазовані між собою.

Зважаючи на особливості конструкції параметричних перетворювачів частоти при увімкненні в мережу змінного струму фаза порушуваних в них коливань щодо частоти 50 Гц може з однаковою ймовірністю прийняти значення 0 або  $180^{\circ}$ . У цьому випадку напруги 25 Гц на виході колійних та місцевих перетворювачів відносно один одного можуть виявитися або в фазі, або в протифазі. Щоб забезпечити жорстке фазування колійних та місцевих перетворювачів, панелі ПП25-ЕЦК оснащені фазуючими пристроями ФУ з відповідними фазуючими реле.

На виходах перетворювачів фазуючі пристрої забезпечують отримання напруги 25 Гц, що збігається по фазі, якщо в мережу змінного струму перетворювач вмикається синфазно; та напруги, зсунуті одна щодо одної на  $90^{\circ}$ , якщо вони вмикаються в мережу протифазно.

На ділянках з електротягою постійного струму фазочутливі рейкові кола розраховані на синфазне живлення їх колійних трансформаторів та місцевих елементів реле. Тому колійні та

місцеві перетворювачі в цих випадках повинні бути увімкнені в мережу змінного струму синфазно.

На ділянках з автономною та електричною тягою змінного струму використовуються фазочутливі рейкові кола 25 Гц, розраховані на живлення від напруг, зсунутих одна відносно одної по фазі на  $30^{\circ}$ . Тому колійні та місцеві перетворювачі на таких ділянках мають бути увімкнені в мережу змінного струму протифазно.

Напруги елементів колійних реле є опорними відносно напруг колійних елементів. Тому вихідні напруги місцевих перетворювачів повинні збігатися між собою по фазі, для чого на кожній панелі вони завжди вмикаються синфазно.

Перетворювачі частоти ПЧ 50/25, як відомо, працюють з використанням лише одного напівперіоду змінного струму 50 Гц, другий напівперіод замикається вентилем. Тому по вторинній обмотці силового трансформатора, від якого живляться перетворювачі, протікає постійна складова струму, яка підмагнічує сердечник, знижує використання трансформатора та викликає додаткові втрати енергії.

Струм, що підмагнічує, не перевищує допустиме значення (12 А) на панелі, де місцеві та всі колійні перетворювачі увімкнені протифазно. При синфазному ж увімкненні перетворювачів панелі для виключення перевищування допустимого струму підмагнічування місцеві перетворювачі настраюються на роботу лише з чотирма колійними перетворювачами.

У випадку встановлення на станції двох або більше панелей вони вмикаються протифазно відносно одна одної для зменшення підмагнічування сердечника.

У тих випадках, коли необхідне устанавлення двох панелей, але загальне число перетворювачів, що створюють підмагнічування, не перевищує чотирьох, дозволяється синфазне вмикання цих панелей. Використовувані перетворювачі в цих випадках повинні бути відключені від мережі.

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

При синфазному вмиканні панелей фазування перетворювачів другої панелі здійснюється від першого

місцевого перетворювача першої панелі. Місцевий перетворювач 1П другої панелі в такому випадку фазує за допомогою свого фазуючого пристрою 1ФУ.

При противофазному вмиканні двох панелей їх фазуючі пристрої живляться від своїх місцевих перетворювачів 1П, 2П.

### Список літератури

1 Багуц, В.П. Электропитание устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / В.П. Багуц, Н.П. Ковалев, А.М Костроминов. – М.: Транспорт, 1991. – 286 с.

2 Дмитриев, В.Р. Электропитающие устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст]: справочник / В.Р Дмитриев, В.И. Смирнов. – М.: Транспорт, 1983. – 248 с.

3 Михайлов, А.Ф. Электропитающие устройства и линейные сооружения автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте [Текст] / А.Ф. Михайлов, Л.А. Частоедов. – М.: Транспорт, 1987. – 384 с.

4 Бочков, К.А. Микропроцессорные системы автоматики на железнодорожном транспорте [Текст] / К.А. Бочков, А.Н. Коврига, С.Н. Харлап. – Гомель, 2013. – 254 с.

5 Электропитание устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / Вл.В. Сапожников, Н.П. Коваленко и [и др.]; под ред. проф. Вл.В. Сапожникова. – М.: Маршрут, 2005. – 453 с.

6 ОСТ 32.14-80. Электроприемники предприятий железнодорожного транспорта. Категорийность в отношении обеспечения надежности электроснабжения. – М.: Узд-во стандартов, 1980.

7 Типовые материалы для проектирования. Электропитание устройств электрической централизации ЭЦ-10-88. ГТСС .1988. – М.: Узд-во стандартов, 1988.

8 Коновалов, Є.В. Студентська навчальна звітність. Текстова частина (пояснювальна записка). Загальні вимоги до викладення та оформлення [Текст]: метод. посібник з додержання вимог нормоконтролю у студент. навч. звітності / Є.В. Коновалов, Л.М. Козар. – 2-ге вид., переробл. та допов. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – 38 с.



