

Министерство путей сообщения Российской Федерации

Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Кафедра “Автоматика и телемеханика”

Ю.М. Иваненко

**ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ  
И ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

Методические указания по лабораторным работам

и курсовому проектированию

Хабаровск

2001

Рецензент: Кандидат технических наук, доцент кафедры "Электромеханика и электропривод" Дальневосточного университета путей сообщения В.В.

Кульчицкий Электропитание устройств железнодорожной автоматики и телемеханики: Методические указания по лабораторным работам и курсовому проектированию. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2001. – 35 с.

Методические указания содержат материал для выполнения курсового проекта и лабораторных работ по электропитанию устройств автоматики и телемеханики. Изучение типовых панелей электропитания устройств автоматики и телемеханики в цикле лабораторных работ и расчет потребляемых ими нагрузок при выполнении курсового проекта позволяет студенту получить полный объем знаний по данной дисциплине.

Методические указания предназначены для студентов 3 курса дневной формы обучения специальности "Автоматика, телемеханика и связь".

Создание данных методических указаний в электронном виде, и размещение их в локальной сети университета значительно упростит доступ студентов к этим указаниям.

Издательство Дальневосточного государственного университета путей сообщения (ДВГУПС), 2001

# Оглавление

## ВВЕДЕНИЕ

## "ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПИТАЮЩИХ УСТРОЙСТВ МАРШРУТНО-РЕЛЕЙНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ"

## Содержание курсовой работы

## Исходные данные

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

### 1. Выбор и характеристика системы электропитания МРЦ

### 2. Комплектация щитовой установки МРЦ панелями питания

### 3. Расчет преобразователя ППВ1

### 4. Расчет аккумуляторной батареи 24 В

### 5. Расчет и распределение нагрузок панели ПР-ЭЦК

### 6. Расчет нагрузки выпрямителей панели ПВП-ЭЦК

### 7. Расчет стрелочной панели

### 8. Расчет мощности рельсовых цепей и преобразовательных панелей ПП25-ЭЦК

### 9. Расчет вводной панели ПВ-ЭЦК, нагрузки на внешние сети переменного тока и выбор ЦГА

### 10. Структурная схема ЭПУ

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

## Рекомендуемая литература

## **ВВЕДЕНИЕ**

Для повышения качества подготовки специалистов железнодорожного транспорта в современных условиях развития информационных технологий необходимо совершенствовать методику обучения, изыскивать пути такой организации учебного процесса, который позволит значительно сократить время поиска необходимого учебного материала.

Создание методических указаний в этом случае предполагает наличие большого объема информации для выполнения лабораторных работ и материалов для курсового проекта. Наличие электронного вида данного методического указания, размещение его в локальной сети университета и в учебно-консультационных пунктах позволит студентам иметь широкий доступ к материалам без затрат времени на библиотечное обслуживание. Внесение изменений, новых инструктивных материалов в данные методические указания не вызовет больших затруднений.

## **"ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПИТАЮЩИХ УСТРОЙСТВ МАРШРУТНО-РЕЛЕЙНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ"**

Для заданной станции, на которой производится реконструкция электрической централизации, требуется разработать электропитающую установку (ЭПУ) и рассчитать её основные элементы, включая полупроводниковый преобразователь-выпрямитель.

### **Содержание курсовой работы**

Содержание курсовой работы составляют чертежи и расчетно-пояснительная записка.

В записке необходимо привести:

- наименование курсовой работы, содержание задания и исходные данные;
- характеристику выбранной системы электропитания МРЦ;
- комплектацию щитовой установки МРЦ панелями питания;
- расчет преобразователя выпрямителя типа ППВ-1;
- расчет аккумуляторной батареи 24В;
- расчет и распределение нагрузок по выходам распределительной панели;
- расчет нагрузок преобразовательно-выпрямительной панели;
- расчет стрелочной панели;
- расчет мощности рельсовых путей и преобразовательных панелей 50/25 Гц.

Чертежи ЭПУ должны содержать структурную схему питающей установки, а также упрощенные схемы панелей питания, включая схему распределения нагрузок на силовые трансформаторы распределительной панели.

В целях сокращения чертежных работ рекомендуется схемы питающих панелей совместить со структурной схемой ЭПУ (рис. 1), показав на ней панели питания в развернутом виде. Схему распределения нагрузок на трансформаторы распределительной панели (рис. 2) целесообразно привести на отдельном чертеже, на котором используемые, на котором используемые выходы панели показать свободными. (Рис. 1, 2 – см. вклейку).

### **Исходные данные**

1. Род тяги поездов на участке железной дороги – см. задание на курсовую работу.
2. Условия внешнего электроснабжения поста МРЦ – два независимых источника электроэнергии государственных электросетей. Источники электроэнергии используются для питания народнохозяйственных потребителей, категория которых указана в табл. 1.

Номинальное напряжение на вводах в пост ЭЦ составляет 380 В, его колебания находятся в пределах от 342 до 399 В.

Отклонения частоты переменного тока не превышают +1 Гц.

3. Данные, характеризующие станцию, – (задание). Подходы (перегоны) к заданной станции – двухпутные, оборудованные числовой кодовой автоблокировкой 25Гц при электротяге переменного тока и 50 Гц при автономной и электрической тяге постоянного тока.

Тип рельсов на станции – Р65, марки крестовин стрелочных переводов – 1/11. Стрелочные электроприводы – постоянного тока типа СП-6 с электродвигателями МСП-0,25, 160В (сохраняются от прежней системы ЭЦ).

Тип проектируемых на станции рельсовых цепей – фазочувствительные 25 Гц с путевыми реле ДСШ, кодируемые по главным и безостановочного пропуска путем токами АЛС частотой 50Гц при автономной и электрической тяге постоянного тока и 25 Гц при электротяге переменного тока.

На станции сооружается пост ЭЦ типа: в вариантах до 50 стрелок включительно – Сз-72, от 50 до 100 стрелок включительно – Сз-57, выше 100 стрелок – Сз-77.

### **Оформление курсовой работы**

Объем записи не должен превышать 13-15 листов формата 203 × 288 мм. Текст рекомендуется писать на одной стороне листа, оставляя поля 4 см для

замечаний рецензента. Исправления следует приводить рядом с замечаниями на чистой стороне листа.

Листы записки, а также расчетные формулы и таблицы должны быть пронумерованы.

Приводимые в записке пояснения не следует сопровождать переписыванием основных положений учебника или настоящих методических указаний.

Пояснения следует ограничивать объемом, рекомендуемым в конце каждого из пунктов данных методических указаний.

В конце записи следует привести список использованной при выполнении курсовой работы литературы, ссылаясь на неё в тексте при применении взятых из неё данных справочного характера. Если значения величин взяты из настоящих указаний, то на них в тексте следует сослаться как на литературный источник.

Чертежи ЭПУ рекомендуется выполнять карандашом на белой или миллиметровой бумаге. Чертежи должны иметь рамку, штамп, быть подписаны студентом и вшиты или вклеены в конце пояснительной записи.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

### **1. Выбор и характеристика системы электропитания МРЦ**

В соответствии с ОСТ 32.14–80 [4], по которому все электроприемники железнодорожного транспорта в отношении надежности снабжения их электроэнергией разделены на три категории, устройства ЭЦ крупных станций (свыше 30 стрелок) отнесены к особой группе приемников 1-й категории. Приемники этой группы должны иметь двойное резервирование электропитания, т.е. их электроснабжение должно осуществляться от трех независимых источников электроэнергии.

Характер удовлетворения этого требования зависит от условий внешнего электроснабжения на данной станции. На станциях с числом стрелок более 30, как правило, имеется возможность обеспечить электроснабжение устройств МРЦ по двум раздельным линиям от двух независимых источников внешних сетей переменного тока. В этом случае в качестве третьего независимого источника питания предусматривается установка автоматизированного дизель-генератора ДГА, и электропитание устройств МРЦ осуществляется по безбатарейной системе [1, § 40; 2, § 1.2].

Если используемые для устройства ЭЦ источники внешнего электроснабжения питают народнохозяйственные потребители 1-й или 2-й категорий, то дизель-генератор на посту ЭЦ должен автоматически

включаться в работу лишь при исчезновении напряжения на обоих внешних источниках. Если же электроснабжение ЭЦ осуществляется от двух внешних источников, один из которых (основной) питает приемники не ниже 2-й категории, а второй (резервный) питает приемники 3-й категории, то установленный на посту ЭЦ ДГА должен запускаться сразу же при отключении основного источника питания и работать до его восстановления.

Безбатарейная система питания характеризуется питанием основных объектов централизации – светофоров, рельсовых цепей, стрелок – только переменным током 220 В непосредственно от сети или через выпрямители (преобразователи частоты). Релейные схемы, осуществляющие зависимость при установке и размыкании маршрутов, также питаются через выпрямители. Однако, поскольку некоторые реле этих схем чувствительны к кратковременным перерывам питания, то для их работы предусматривается контрольная батарея 24 В. Аккумуляторы этой батареи выполняют также роль высококачественного слаживающего фильтра по подавлению пульсации выпрямленного напряжения. В настоящее время для резервирования питания красных ламп и пригласительных огней входных светофоров контрольная батарея 24 В не используется. Такое резервирование осуществляется от аккумуляторных батарей, устанавливаемых у входных светофоров.

В ряде случаев электроснабжение поста МРЦ, исходя из местных условий, может быть организовано только от одного внешнего источника питания. В качестве второго источника в этом случае служит устанавливаемый на посту ЭЦ ДГА. А в качестве третьего источника предусматривается аккумуляторная батарея 24 В, емкость которой увеличивается и рассчитывается на резервное питание стрелочных электроприводов, контрольных цепей стрелок, ламп пригласительных огней станционных светофоров через статические тиристорные преобразователи (батарейная система электропитания).

В пояснительной записке по данному разделу необходимо проанализировать заданные условия внешнего электроснабжения поста ЭЦ и обосновать выбор системы электропитания МРЦ, указать условия запуска на посту ДГА.

## **2. Комплектация щитовой установки МРЦ панелями питания**

Сооружаемая на посту МРЦ щитовая установка комплектуется типовыми панелями питания в зависимости от количества централизованных стрелок, рода тяги и системы питания МРЦ.

При безбатарейной системе питания на крупных станциях в настоящее время находят применение панели питания серии ЭЦК следующих типов [5, 6]: *ПВ-ЭЦК* – вводная; *ПР-ЭЦК* – распределительная; *ПВП-ЭЦК* – выпрямительно-преобразовательная; *ПСП-ЭЦК*, *ПСТ-ЭЦК* – стрелочная; *ПП25-ЭЦК* – преобразовательная рельсовых цепей.

**Вводная панель ПВ-ЭЦК** предназначена для ввода, контроля и начального распределения питания 380/220В по основным видам нагрузок: устройствам СЦБ, связи, маневровым постам, гарантированному и негарантированному освещению и силовой нагрузке.

Напряжение переменного тока каждого фидера контролируется фидерными реле 1Ф и 2Ф (см. рис. 1). При снижении напряжения в фазе основного фидера до 183 В реле 1Ф переключает нагрузку на резервный фидер.

Подключение нагрузок производится через автоматический выключатель 1АВ. При недостаточности мощности ДГА предусмотрена возможность отключения контрактором ОН негарантированного освещения и силовой нагрузки во время работы ДГА.

**Распределительная панель ПР-ЭЦК** служит для распределения питания переменного тока по отдельным нагрузкам ЭЦ, изолирования нагрузок от заземленной сети переменного тока, а также переключения светофоров, маршрутных указателей и табло на различные режимы питания.

Основу панели *ПР-ЭЦК* (см. рис. 2) составляют два мощных трехфазных трансформатора ТС1 и ТС2 по 4,5 кВ? А каждый, вторичные обмотки которых разделены, используются индивидуально и рассчитаны на максимальную фазовую нагрузку 1,5 кВ? А.

Импульсное питание лампочек табло осуществляется в двух режимах: с частотой мигания 60 и 40 проблесков в мин. Поэтому для их формирования используются два блока:

*БСК2* и *БСК3* (цепи РСХМ, СХМ, СМ).

Маршрутные указатели на станциях могут быть двух типов: направления (белого цвета) и пути отправления (зеленого цвета).

При двойном снижении напряжения маршрутные указатели направлений отключаются полностью (цепи ПХУ1, ПХУ2, ПХУ3), а указатели путей отправления при групповых светофорах переводятся через трансформатор Т3 на напряжение 30В (цепи ПХУС1, ПХУС2).

Ряд маршрутных указателей могут находиться на значительном удалении от поста ЭЦ. Чтобы уменьшить в этом случае жильность кабеля, питание их предусматривается повышенным напряжением 232 В, получаемым через автотрансформатор Т2 (ПХУ2, ПХУС2).

**Выпрямительно-преобразовательная панель ПВП-ЭЦК** служит для выпрямления трехфазного переменного тока в постоянный ток, автоматического заряда и содержания в буферном режиме аккумуляторной батареи 24 В, в преобразования постоянного тока батареи в переменный ток

50 Гц, 220 В при отключении внешних сетей для гарантированного питания определенных нагрузок МРЦ по переменному току, а также питания аппаратуры постоянного тока 24 В и 220 В.

В зависимости от фактического напряжения аккумуляторной батареи панель ПВП-ЭЦК обеспечивает содержание ее в режиме непрерывного подзаряда или форсированного заряда. Переключение батареи из одного режима в другой производится автоматически посредством реле *1РН* и *Ф3*.

Преобразователь-выпрямитель ПП типа ППВ-1 переводится в режим преобразования постоянного тока батареи в переменный ток 220 В посредством реле СА при выключении источников переменного тока.

Напряжение батареи в процессе ее разряда контролируется реле *2РН*. При снижении его до (21,6+0,3) в реле напряжения *2РН* выключает реле О, которое, в свою очередь, обрывает цепь питания реле ОП, а последнее отключает преобразователь от батареи во избежание выхода ее из строя. Отключение ПП от батареи может быть осуществлено также вручную с пульта управления.

**Стрелочные панели ПСП-ЭЦК, ПСТ-ЭЦК** предназначены для питания рабочих цепей стрелочных электроприводов постоянного тока (*ПСП-ЭЦК*) и приводов трехфазного переменного тока (*ПСТ-ЭЦК*), а также электрообогрева контактов их автопереключателей.

Стрелочные панели выпускаются в четырех исполнениях. Из них панели *ПСПН-ЭЦК1* (*ПСПН-ЭЦК1*) не рассчитаны на электрообогрев стрелочных приводов и применяются в районах с сухим климатом. Панели *ПСПН-ЭЦК2* (*ПС ТН-ЭЦК2*), *ПСПН-ЭЦК3* обеспечивают обогрев приводов и рассчитаны на мощность цепей обогрева соответственно 4,5 и 9 кВт. А. Панели *ПСПР-ЭЦК* (*ПСТР-ЭЦК*) выполнены с учетом резервирования электропитания цепей привода стрелок от аккумуляторной батареи через преобразователь и применяются при батарейной, а в обоснованных случаях и при безбатарейной системах питания.

В панелях *ПСПН-ЭЦК2*, *ПСПН-ЭЦК3* дополнительно к трансформаторам *ТС1*, *ТС2* установлены один или два трансформатора мощностью 4,5 кВт. А каждый (*ТС3*, *ТС4*), предназначенные для изоляции от земли источников питания электрообогрева стрелочных приводов.

Для снятия напряжения с оборудования и защиты силовых трансформаторов панели установлены автоматические выключатели *АВ1-АВ4*.

**Преобразовательная панель ПП25-ЭЦК** предназначена для питания фазочувствительных рельсовых цепей с путевыми реле ДСШ переменным током 25 Гц.

Панель работает от сети однофазового переменного тока 220 В и обеспечивает: преобразование переменного тока 50 Гц в переменный ток 25 Гц, фазировку преобразователей частоты 50/25 Гц, распределение питания 25 Гц по цепям местных элементов путевых реле ДСШ и лучам путевых трансформаторов рельсовых цепей, измерение и контроль перегорания предохранителей.

В панели *ПП25-ЭЦК* (см. рис. 1) установлены 8 преобразователей *ПЧ50' 25-300*, из них общей мощностью 600 В.А для питания местных элементов реле ДСШ, а *11П-13П, 2/77-23П* общей мощностью 1740 В. А для питания путевых трансформаторов рельсовых цепей.

Выходы каждого путевого преобразователя разделены на два луча питания. Напряжение в каждом луче при максимальной нагрузке 0,75 А составляет (200-230) В. Аналогично разделены выходы каждого из местных преобразователей на две группы питания местных элементов. В каждой группе допускается ток нагрузки 1,4 А, при котором напряжение составляет (100-115) В.

Лучи питания рельсовых цепей могут отключаться индивидуальными выключателями *11В1-23В2*.

**Щит выключения питания ЩВЦ** устанавливается на посту ЭЦ в целях противопожарной безопасности и предназначен для быстрого и надежного одновременного отключения всех источников питания МРЦ.

**В пояснительной записке** по данному пункту задания необходимо перечислить типы требующихся для комплектации данной ЭПУ МРЦ панелей питания с указанием их назначения.

Кроме того, по числу стрелок заданной станции необходимо наметить количество панелей того или другого типа, которое затем должно быть уточнено в результате выполненных расчетов питающих панелей.

При определении количества панелей рекомендуется руководствоваться следующими соображениями. Как правило, необходимость в установке дополнительной (второй) панели возникает: для *ПВ-ЭЦК* при числе стрелок более 100, *ПВП-ЭЦК* - более 80, *ПР-ЭЦК* - более 150. Количество панелей *ПП25-ЭЦК* – 1 панель на 40 стрелок при электротяге переменного тока и 60 стрелок при автономной и электрической тяге постоянного тока.

### **3. Расчет преобразователя *ППВ1***

При безбатарейной системе питания МРЦ от полупроводникового преобразователя типа *ППВ-1*, установленного на панели *ПВП-ЭЦК*, получают питание в случае отключения всех источников переменного тока следующие нагрузки гарантированного переменного тока:

- 1) стационарные блоки дешифраторов кодовой автоблокировки прилегающих к станции блок-участков;
- 2) схемы смены направления движения и контроля прилегающих перегонов (при организации двухстороннего движения поездов);
- 3) схемы ДСН на прилегающих перегонах;
- 4) схемы ДСН на станции;
- 5) схемы ограждения составов.

Номинальные (максимальные) мощности этих нагрузок приведены в расчетной табл. 3. В этой же таблице указаны их среднесуточные коэффициенты включения  $K$ , характеризующие, какую часть времени суток включена нагрузка. Для постоянно включенных нагрузок  $K = 1$ . Для нагрузок, носящих кратковременный характер, их среднесуточные коэффициенты равны 0.

Известно, что КПД преобразователя *ППВ-1* [6] зависит от степени его нагрузки. Поэтому в целях повышения КПД предусмотрена возможность настройки преобразователя на номинальные мощности 0,3; 0,6 и 1,0 кВт. Такая настройка производится по результатам расчета максимальной (пиковой) мощности нагрузок 8, Вт А,

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

Следует иметь в виду, что нагрузочная способность преобразователя существенно зависит от коэффициента мощности нагрузки  $\cos\varphi$ , который для пиковой мощности определяется как

$$\cos\varphi_m = \frac{\sum P_M}{S_M}. \quad (2)$$

Преобразователь рассчитан на номинальную нагрузку  $P_{ном}$  (0,3; 0,6; 1,0 кВт) при  $\cos\varphi$ , равном 0,9. Поэтому, если реальный  $\cos\varphi$  нагрузки окажется меньше 0,9, то нагрузка на преобразователь должна быть уменьшена. Допустимая в этом случае нагрузка, Вт, может быть определена по следующей формуле:

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

При  $\cos\varphi_m > 0,9$  допустимая мощность преобразователя  $P$  может даже несколько превышать номинальную. Эту мощность, Вт, можно рассчитать по следующему соотношению

$$P_{don} \leq \frac{P_{nom} \cos \Phi_M}{0,9} \quad (4)$$

Расчет средней мощности преобразователя производится для определения тока, потребляемого преобразователем от аккумуляторной батареи.

С учетом коэффициента нагрузки  $K$  требуемая от преобразователя средняя мощность может быть определена на основе следующих выражений

$$P_H = \sum K P_M, \text{ Вт.} \quad (5)$$

$$Q_H = \sum K Q_M, \text{ вар.} \quad (6)$$

Средний коэффициент мощности нагрузок преобразователя

$$\cos \Phi_H = \frac{P_H}{\sqrt{P_H^2 + Q_H^2}} \quad (7)$$

Коэффициент загрузки преобразователя

$$K_H = \frac{P_H}{P_{nom}}, \quad (8)$$

где  $P_{nom}$  ~ номинальная нагрузка преобразователя с учетом его настройки на пиковую мощность нагрузки.

Коэффициент мощности оказывает влияние не только на использование установленной мощности преобразователя, но также и на его КПД. Поэтому КПД преобразователя определяется с учетом  $\cos \Phi_H$  и  $K_H$ . Для этого сначала по графику (см. прил. 1) определяются частные значения КПД  $\eta_\varphi$   $\eta_H$  в зависимости от  $\cos \Phi_H$  и  $K_H$ , а затем рассчитывается общий

КПД преобразователя по формуле

$$\eta_n = \frac{\eta_\varphi \eta_H}{0,82} \quad (9)$$

С учетом величин  $P_H$  и  $I_H$  А, потребляемый преобразователем от батареи, составляет

$$I_N = \frac{P_H}{\eta_N U_6} . \quad (10)$$

где  $U_6$  – номинальное напряжение аккумуляторной батареи, В.

**В пояснительной записке** по данному пункту задания следует привести расчет нагрузок преобразователя (табл. 3), а также тока, потребляемого им от аккумуляторной батареи. Кроме того, необходимо указать значение номинальной мощности, на которое требуется настроить рассчитываемый преобразователь ППВ-1.

#### 4. Расчет аккумуляторной батареи 24 В

Расчет батареи заключается в определении ее емкости и выборе типа аккумуляторов СК по индексу.

При определении емкости аккумуляторов следует исходить из условий эксплуатации батареи в основном и дополнительном режимах резервирования [5].

Основной режим резервирования соответствует питанию в течении 2 ч от батареи всех гарантированных нагрузок ЭЦ в аварийных условиях при отключении источников переменного тока, в том числе и ДГА.

Потребителями гарантированного питания от батареи в этом случае являются:

- 1) релейная аппаратура ЭЦ (расход тока  $I_a$  в расчете на одну стрелку составляют 0,262 А [5]);
- 2) приборы питающей установки – реле, блоки, сигнализаторы заземлений и др. (потребляемый приборами ток  $I_{p^n}$  не зависит от числа стрелок и в целом на пост ЭЦ составляет 0,432 А [5]);
- 3) контрольные лампочки на табло и панелях питания – контроля фидеров, работы преобразователя и т.п. (потребляемый лампочками ток  $I_{лп}$  в расчете на пост ЭЦ равен 0,175 А [5]);
- 4) контрольные лампочки повторителей входных светофоров на табло (потребляемый ток  $I_{лс}$  в расчете на один подход может быть принят равным 0,090А);

5) преобразователь ППВ-1 по гарантированному питанию цепей переменного тока (потребляемый от батареи преобразователем ток  $I_h$  определяется расчетом в соответствии с п.3 данных методических указаний).

Разрядный ток батареи в режиме основного резервирования А

$$I_{6o} = I_a n_c + I_{ac} n_{ex} + I_{pn} + I_{nn} + I_h, \quad (11)$$

где  $n_c$  – число стрелок ЭЦ;  $n_{ex}$  – число подходов к станции.

Расчетное время  $t_{po}$  (2 ч) основного резервирования выбрано с учетом времени устранения возможной неисправности ДГА.

Если в течении двух часов неисправность ДГА не устранена, батарея переводится с основного режима резервирования на дополнительный. Это достигается отключением от батареи релейных устройств ЭЦ (путем изъятия предохранителей на стативах).

Разрядный ток батареи в дополнительном режиме резервирования

$$I_{6d} = I_{6o} - I_a n_c. \quad (12)$$

При установленной продолжительности местного аккумуляторного резерва красных огней входных светофоров в 12 ч [7] продолжительность

дополнительного режима  $t_{pd}$  контрольной батареи 24 В принята равной 10 ч [5].

В условиях рассматриваемого режима эксплуатации аккумуляторной батареи фактическая ее разрядная емкость составит, А? ч

$$Q_\Phi = I_{6o} t_{po} + I_{6d} t_{pd}. \quad (13)$$

Емкость аккумуляторов, гарантируемая заводом, характеризуется номинальным значением  $Q_N$ . Однако с повышением интенсивности разряда и понижением температуры электролита емкость, отдаваемая аккумуляторами, уменьшается. Поэтому фактическая емкость  $Q_\Phi$ , требуемая от аккумуляторов, пересчитывается к номинальным условиям. Такой пересчет, А? ч, ведется по формуле

$$Q_p = \frac{Q_\Phi}{K_c p [1 + K_t (t^\circ - 25^\circ)]}, \quad (14)$$

где  $Q_p$  – расчетная номинальная емкость батареи;  $K_c$  – коэффициент снижения емкости аккумуляторов от старения(для устройств СЦБ принимаемый равным 0,85 [2];  $P$  – коэффициент интенсивности разряда (коэффициент отбора емкости);  $K_t$  – температурный коэффициент емкости (для аккумуляторов СК составляющий 0,008 [1] );  $t^o$  – температура электролита во время разряда батареи (принимаемая равной температуре аккумуляторного помещения, которая на постах ЭЦ составляет +15 ° С [2]).

Значение расчетного коэффициента интенсивности разряда  $P$  следует определить по режиму разряда батареи током  $I_{60}$  как наиболее неблагоприятным ( $I_{60} > I_{6d}$ ) батареи.

В таком случае расчетная (возможная) длительность разряда батареи  $t_{pp}$  током основного режима  $I_{60}$  составит

$$t_{pp} = \frac{Q_p}{I_{60}} \quad (15)$$

По полученному значению  $t_{pp}$  расчетного режима разряда нетрудно определить коэффициент интенсивности разряда аккумуляторов  $P$  по данным [1, с. 22] или по графику [2, IV.41].

По номинальной расчетной емкости  $Q_p$  определяется тип аккумуляторов СК – их индексный номер и паспортная номинальная емкость  $Q_n$  [1, табл. 2; 2, табл. IV. 26].

Индекс аккумуляторов можно определить по следующему соотношению:

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

где  $Q_1$  – номинальная емкость аккумулятора типа СК с индексом 1 (составляющая 36 А. ч.).

При выборе (окончательном) типа аккумуляторов необходимо учесть, что в целях сокращения разнотипности аккумуляторных сосудов на постах ЭЦ рекомендуется применение следующих аккумуляторов: СК4, СК6, ССК8, СК10, СК12 [2].

**В пояснительной записке** требуется привести расчет емкости батареи и указать выбранный индексный номер аккумуляторов СК, а также их паспортную номинальную емкость.

## 5. Расчет и распределение нагрузок панели *ПР-ЭЦК*

Расчетом распределительной панели *ПР-ЭЦК* преследуется цель недопущения перегрузок вторичных обмоток силовых трансформаторов *TC1* и *TC2*, а также обеспечение примерно одинаковой их нагрузки.

**Лампочки табло и питающих панелей.** Этой нагрузкой определяется мощность вторичной обмотки “*a*” *TC1*.

Установлено, что нагрузка, создаваемая лампочками табло и питающих панелей, в среднем на одну стрелку  $P_{ЛТС}$ ,  $Q_{ЛТС}$  составляет соответственно 6 Вт и 0,9 вар [5].

В этом случае общая нагрузка от всей светосхемы станции  $P_{ЛТ}$ ,  $Q_{ЛТ}$  трансформатор *TC1* определяется следующими соотношениями:

$$P_{ЛТ} = P_{ЛТС} n_C. \quad (17)$$

$$Q_{ЛТ} = Q_{ЛТС} n_C. \quad (18)$$

**Светофоры.** Для более равномерного распределения нагрузки светофоров на питающие устройства в панели *ПР-ЭЦК* предусмотрена возможность разделения светофоров на 4 группы, которые подключаются к обмоткам “*a*”, “*в*” и “*с*” *TC2* (цепи ПСХ2, ПСХ3, ПСХ4), а также к обмотке “*с*” *TC1* (цепь ПСХ1). Кроме того, для мигающих огней светофоров предусмотрена отдельная цепь ПСХМ импульсного питания. Цепь гарантированного питания входных светофоров *ЛХР-ОХР* в настоящее время не используется в связи с переводом их красных и пригласительных огней на местное резервирование.

Общую мощность нагрузки от всех светофоров станции можно определить по формуле

$$S_{cen} = S_{ce} n_{ce}, \quad (19)$$

где  $S_{ce}$  – полная мощность светофора (по усредненным данным составляющая 22 В. А при  $\cos \Phi = 0,95$  [5]);  $n_{ce}$  – количество светофоров на станции (при числе стрелок более 30 количество светофоров превышает число стрелок в 1,3 раза [5]).

**Маршрутные указатели.** Для питания маршрутных указателей используются фазовые обмотки “в” ТС1 и ТС2. При этом для питания маршрутных указателей положения используются цепи ПХУ1, ПХУ2 и ПХУ3, из них ПХУ2 – для питания маршрутных указателей удаленных объектов; для питания маршрутных указателей путей отправления – цепи ПХУС1 и ПХУС2, из них цепь ПХУС2 - для указателей удаленных объектов.

Мощность маршрутных указателей  $P_{MY}$ , если они имеются на станции, определяется по усредненным данным в целом на пост ЭЦ и составляет на станциях до 140 стрелок 700 Вт [2].

При наличии на станции разнотипных маршрутных указателей усредненная мощность 700 Вт может быть распределена между ними по усмотрению самого студента.

**Контрольные цепи стрелок.** Для питания контрольных цепей стрелок используется напряжение 220 В, получаемое от обмотки “в” ТС1. Полная мощность цепей контроля стрелок, В. А

$$S_{KC} = S_{KCC} n_C, \quad (20)$$

где  $S_{KCC}$  - мощность цепей контроля в расчете на одну стрелку (составляет:  $P_{CC} = 1,1$  Вт,  $\mathcal{Q}_{KCC} = 5,3$  вар [5]).

**Стрелки местного управления.** Цепи передачи стрелок на местное управление питаются от обмотки “в” ТС1 через трансформатор Т5 (ПТ-25 А) при напряжении 110В. Кажущаяся мощность устройств передачи стрелок на местное управление, В.А,

$$S_m = S_{MCC} n_{MC}, \quad (21)$$

где  $S_{MCC}$  – мощность устройств передачи на местное управление одной стрелки (составляет 10 В? А при  $\cos \Phi = 0,8$ );  $n_{MC}$  – число стрелок двойного управления.

**Дешифрирующие устройства автоблокировки.** Мощность дешифраторов автоблокировки  $S_{da}$ , питаемых через трансформатор Т8 (СОБС-2А) от обмотки “а” ТС2, зависит от числа подходов  $n_{ex}$  к станции и может быть определена по следующей формуле, В? А:

$$S_{da} = S_{dan} n_{ex}, \quad (22)$$

где  $S_{\text{дан}}$  – мощность дешифрирующих устройств в расчете на один подход (составляет  $\Delta P_{\text{mc}} = 16,6$  Вт,  $Q_{\text{дан}} = 16,8$  вар [5].

**Лампочки пультов ограждения составов.** Питание ламп пультов ограждения составов на путях их осмотра и ремонта осуществляется напряжением (24-36) В, получаемым через трансформатор  $T8$  (СОБС-2А) от обмотки “а”  $TC2$ . На станциях до 130 стрелок мощность ламп пультов ограждения 50, (непрерывного и импульсного питания) в целом на пост ЭЦ может быть принята равной  $P_{\text{он}} = 90$  Вт,  $\Pi^{\Phi} = 20$  вар.

**Трансмиттерные реле и трансформаторы.** Нагрузка  $S_{\text{тр}}$ , создаваемая трансмиттерными реле и кодовыми трансмиттерами на обмотку “в”  $TC2$ , может быть принята в расчете на пост ЭЦ равной 110 В? А при  $\cos^{\Phi} = 0,8$ .

**Внепостовые цепи.** Мощность внепостовых цепей (ДСН, контроля перегона, смены направления и др.) по переменному току 220 В, питаемых от обмотки “а”  $TC2$  через панель  $ПВП$ -ЭЦК, определяется по данным расчета нагрузок  $ППВ-1$ .

**ЭПК пневмоочистки стрелок.** Питание ЭПК пневмообдувки стрелок от снега производится напряжением 220 В от обмотки “а”  $TC2$  через панель  $ПВП$ -ЭЦК. Нагрузка от обдувки, учитывая одновременный обдув двух стрелок в разных районах станции, может быть принята в целом на пост ЭЦ равной  $P_{\text{ЭПК}} = 26$  Вт,  $Q_{\text{ЭПК}} = 94$  вар.

**Кодирующие трансформаторы 50 Гц.** Кодирование станционных рельсовых цепей 25 Гц токами 50 Гц используется на участках с автономной и электрической тягой постоянного тока. Мощность кодирующих трансформаторов 50 Гц определяется по формуле, В. А,

$$S_k = S_{\text{кру}} n_{\text{ру}}, \quad (23)$$

где  $S_{\text{кру}}$  – мощность одной рельсовой цепи при кодировании ее частотой 50 Гц (в среднем  $P_{\text{кру}} = 11,0$  Вт,  $Q_{\text{кру}} = 38$  вар);  $n_{\text{ру}}$  – количество кодируемых рельсовых цепей (составляющее 2 рельсовые цепи на каждый из подходов к станции).

Нагрузка от кодируемых трансформаторов 50 Гц может включаться на обмотку “а” или “в”  $TC2$ .

Результаты выполненных расчетов рекомендуется представить в форме сводной табл. 4, в которой, кроме того, следует распределить нагрузки

светофоров и маршрутных указателей так, чтобы вторичные обмотки трансформаторов  $TC1$  и  $TC2$  были как можно более равномерно загружены.

Мощность каждой из фазных обмоток  $TC1$  и  $TC2$  не должна превышать 1,5 кВт А.

Общая мощность нагрузок панели *ПР-ЭЦК*  $P_{np}$ ,  $Q_{np}$ ,  $S_{np}$  др. может быть определена по формулам:

$$P_{np} = P_{TC1} + P_{TC2}, \quad (24)$$

$$Q_{np} = Q_{TC1} + Q_{TC2}, \quad (25)$$

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

где  $P_{TC1}$ ,  $Q_{TC2}$ ,  $Q_{TC1}$ ,  $P_{TC2}$  – активная и реактивная составляющие мощности нагрузок соответственно трансформаторов  $TC1$  и  $TC2$ .

Если общая мощность превысит 9 кВт А, устанавливается две панели *ПР-ЭЦК*. В **пояснительной записке** следует привести расчет нагрузок и заполненную табл. 3. Кроме того, на основании полученных данных настоящего параграфа следует составить схему распределения нагрузок панели *ПР-ЭЦК* (см. рис. 2).

## 6. Расчет нагрузки выпрямителей панели *ПВП-ЭЦК*

На основании расчета нагрузки выпрямителей устанавливается режим эксплуатации зарядного устройства *ВП1* типа УЗАТ-24-30 и преобразователя-выпрямителя *ПП* типа *ППВ-1*.

При наличии напряжения переменного тока выпрямительное устройство *ВП1* и преобразователь выпрямитель *ПП*, работающий в этом случае в режиме выпрямления, используются для питания нагрузок постоянного тока 24 В.

Такими нагрузками являются: а) релейные схемы поста МРЦ, б) аккумуляторная батарея 24 В.

Максимальный ток, отдаваемый выпрямителями панели, составляет 50 А, в том числе *ВП1-30* А и *ПП-20* А.

Ток  $I_H$  потребляемый релейными схемами ЭЦ и панелями питания, составляет

$$I_H = I_{an} n_c, \quad (27)$$

где  $I_{an}$  – среднесуточный ток, потребляемый реле поста ЭЦ в нормальном режиме в расчете на одну стрелку (составляющий при безбатарейной системе питания 0,445 А [5]).

Аккумуляторная батарея потребляет от выпрямительных устройств ток различных значений в зависимости от режима ее работы.

В режиме постоянного подзаряда (батарея находится в заряженном состоянии) потребляемый ею ток подзаряда составляет, А,

$$I_{n3} = 0,0015 Q_H, \quad (28)$$

где  $Q_H$  – номинальная емкость аккумуляторов батареи, А? ч.

В режиме форсированного заряда (батарея находится в разряженном состоянии) зарядный ток батареи, А, выражается следующим соотношением:

$$I_{36} = \frac{Q_H}{t_{e3} \eta_a}, \quad (29)$$

где  $t_{e3}$  – максимальное время восстановления (заряда) батареи (принимаемое равным 72 ч. [5]);  $\eta_a$  – КПД аккумуляторов (в расчетах принимаемое равным 0,8 [5]).

Ток выпрямителей в режиме постоянного подзаряда батареи можно определить по следующей формуле, А:

$$I_{en} = I_H + I_{n3}. \quad (30)$$

В режиме форсированного заряда батареи ток выпрямителей равен, А,

$$I_{e3} = I_H + I_{36}. \quad (31)$$

Регулировка токов выпрямителей осуществляется в режиме постоянного подзаряда батареи резисторами  $R2''U$  (ВП1) и  $R7$  (ПП), а в режиме форсированного заряда – резисторами  $R1''J$  (ВП1) и  $R6$  (ПП), при этом, если ток нагрузки в режиме постоянного подзаряда не превышает 25 А, то используется лишь одно зарядное устройство ВП1. При токе  $I_{en}$ , превышающем 25 А, дополнительно к ВП1 используется также

преобразователь – выпрямитель ПП. В случае же превышения током  $I_{ен}$  значения 42 А устанавливаются две панели *ПВП-ЭЦК*.

В режиме форсированного заряда, как правило, используются оба выпрямительных устройства. При этом, если ток  $I_{ен}$  оказывается больше 50 А, то ток заряда  $I_{зб}$  батареи ограничивается таким значением, чтобы ток  $I_{ен}$  стал равным 50 А.

**В пояснительной записке** необходимо привести расчет нагрузок в режиме постоянного подзаряда батареи и в режиме ее форсированного заряда. По результатам расчетов сделать вывод о характере использования выпрямительных устройств *ВП1* и *ПП* в процессе эксплуатации.

## 7. Расчет стрелочной панели

Стрелочные панели рассчитаны на максимальный суммарный ток обеих групп рабочих цепей стрелок 30 А. Расчет стрелочной панели заключается в проверке соответствия тока, потребляемого стрелками при их переводе, с допустимым током панели.

В случае, когда на станции проектируется электрообогрев автопереключателей стрелочных приводов, дополнительным расчетом проверяется также мощность цепей обогрева. По этой мощности выбирается соответствующее исполнение панели.

Максимальный (пусковой) ток  $I_{спн max}$  потребляемый от выпрямителей панели *ПСПН-ЭЦК*, зависит от типа рельсов, марок крестовин стрелочных переводов, числа одновременно переводимых стрелок и может быть определен по формуле, А,

$$I_{спн max} = i_{ен} n_{co}, \quad (32)$$

где  $i_{ен}$  – ток потребляемый одним электроприводом стрелочного привода данного типа;  $n_{co}$  – количество одновременно переводимых стрелок данного типа (принимаемое из расчета 50 % стрелок, входящих в маршрут наибольшей длины).

Значение  $n_{co}$  на станциях с числом стрелок до 60 рекомендуется принимать равным 4; с числом стрелок от 60 до 100 – 6 и свыше 100 стрелок – 8 [5].

Расчетный ток электроприводов СП-6 на стрелочных переводах 1/11 при типе рельсов Р65 составляет 3,2 А.

Мощность цепей электрообогрева стрелочных приводов рассчитывается по следующему выражению, В? А:

$$S_{\vartheta} = S_{\vartheta c} n_c, \quad (33)$$

где  $S_{\vartheta c}$  – мощность цепи электрообогрева, отнесенная на одну стрелку ( $P_{\vartheta c} = 45$  Вт,  $Q_{\vartheta c} = 22$  вар).

Электрообогрев приводов, как правило, осуществляется при напряжении цепи 220 В. В этом случае мощность цепи обогрева с учетом потерь соответствует приведенным выше значениям. Если обогрев производится при напряжении 127 В, то  $P_{\vartheta c} = 15$  Вт,  $Q_{\vartheta c} = 5$  вар [5].

**В пояснительной записке** следует привести расчетные формулы, выводы по результатам расчетов и выбранную модификацию стрелочной панели.

## 8. Расчет мощности рельсовых цепей и преобразовательных панелей ПП25-ЭЦК

Расчет панелей ПП25-ЭЦК заключается в определении их количества, исходя из нагрузки, создаваемой рельсовыми цепями.

Учитывая особенности фазочувствительных рельсовых цепей, связанные с двумя цепями их питания, в панелях устанавливают местные и путевые преобразователи. Расчет панелей поэтому производится как по нагрузке, создаваемой путевыми трансформаторами, так и по нагрузке местных элементов путевых реле.

Мощность путевых трансформаторов рельсовых цепей  $S_{nm}$  В? А, и местных элементов путевых реле  $S_{m\vartheta}$  В? А, можно определить по следующим соотношениям:

$$S_{nm} = S_{nm c} n_c, \quad (34)$$

$$S_{m\vartheta} = S_{m\vartheta c} n_c, \quad (35)$$

где  $S_{nm c}$ ,  $S_{m\vartheta c}$  – полные мощности соответственно путевых трансформаторов и местных элементов в расчете на одну стрелку (составляющие: при электротяге переменного тока –  $P_{nm c} = 31,5$  Вт,  $Q_{nm c} = 14,8$  вар,  $P_{m\vartheta c} = 2,8$  Вт,  $Q_{m\vartheta c} = 4,7$  вар; при электротяге постоянного тока –  $P_{nm c} = 16,8$  Вт,  $Q_{nm c} = 7,85$  вар,  $P_{m\vartheta c} = 4,1$  Вт,  $Q_{m\vartheta c} = 4,4$  вар; при автономной тяге –  $P_{nm c} = 17,2$  Вт,  $Q_{nm c} = 12,2$  вар,  $P_{m\vartheta c} = 4,1$  Вт,  $Q_{m\vartheta c} = 4,4$  вар [5]).

На основании полученных данных мощности рельсовых цепей рассчитывается требуемое число местных  $n_{m\vartheta}$  и путевых  $n_{nn}$  преобразователей:

$$n_{m\vartheta} = \frac{S_{m\vartheta}}{S_{nm\vartheta}}, \quad (36)$$

$$n_{nn} = \frac{S_{nn}}{S_{nn\vartheta}}, \quad (37)$$

где  $S_{nm\vartheta}, S_{nn\vartheta}$  – расчетные мощности соответственно путевого и местного преобразователей (составляющие:  $S_{nm\vartheta}$  – 300 В. А,  $S_{nn\vartheta}$  – 290 В. А [2]; некоторый запас мощности резервируется для увеличения нагрузки при понижении сопротивления балласта сверх нормы).

Если результаты расчета  $n_{m\vartheta}$  и  $n_{nn}$  оказываются дробными, то они округляются в большую сторону до целого числа.

В соответствии с числом преобразователей определяется число панелей. Следует при этом иметь в виду, что на участках с автономной и электротягой переменного тока число панелей рассчитывается с учетом использования всех преобразователей, устанавливаемых на панели. На участках с электротягой постоянного тока одна панель устанавливается лишь в том случае, когда требуемое число путевых преобразователей не превышает четырех. В противном случае устанавливаются две панели

В заключении расчета рекомендуется оценить фактическую загрузку преобразователей, воспользовавшись следующими соотношениями:

$$S_{\varphi nm} = \frac{S_{m\vartheta}}{n_{m\vartheta}}, \quad (38)$$

$$S_{\varphi nn} = \frac{S_{nn}}{n_{nn}}. \quad (39)$$

**В пояснительной записке** по данному пункту задания достаточно привести расчет мощности рельсовых цепей, требуемого числа преобразователей и количества панелей ПП25-ЭЦК.

## 9. Расчет вводной панели *ПВ-ЭЦК*, нагрузки на внешние сети переменного тока и выбор ЦГА

Целью расчета вводной панели является проверка загрузки ее по мощности и определение токов плавких вставок в фидерах питания, которые должны указываться в заказанной документации на панели.

Максимальная мощность одной панели *ПВ-ЭЦК* составляет 80 кВт. А. При превышении этой мощности устанавливаются две панели *ПВ-ЭЦК* и соответственно два щита ЩВП-73. В этом случае к одной из панелей подключается вся нагрузка СЦБ и связи, а также гарантированного питания, а к другой – маневровые посты и все потребители негарантированного питания (общего освещения, вентиляции, мастерских и т.п.) (табл. 1).

Мощность вводной панели определяется суммой отдельных видов нагрузок: устройств СЦБ, связи, освещения и вентиляции, мастерских, а также маневровых постов (при их наличии).

Мощность нагрузок СЦБ определяется нагрузками панелей *ПР-ЭЦК*, *ПВП-ЭЦК*, *ПСПН-ЭЦК* и *ПП25-ЭЦК*.

Создаваемая панелью *ПР-ЭЦК* нагрузка на *ПВ-ЭЦК* состоит из общей мощности нагрузок *ПР-ЭЦК*  $P_{np}$ ,  $Q_{np}$ ,  $S_{np}$  и мощности потерь в трансформаторах *TC1* и *TC2*. Активная  $\Delta P_{mc}$  и реактивная  $\Delta Q_{mc}$  составляющие мощности потерь в каждом из *TC* ориентировочно равны следующим значениям:  $\Delta P_{mc} = 540$  Вт,  $\Delta Q_{mc} = 750$  вар.

Нагрузка на *ПВ-ЭЦК* от панели *ПВП-ЭЦК* создается во время наиболее неблагоприятного послеаварийного периода ее работы в режиме восстановления емкости контрольной батареи 24 В.

Активная составляющая этой нагрузки рассчитывается по следующей формуле

$$P_{ПВП} = \frac{I_{б3}U_{зб}}{\eta_n} \quad (40)$$

где  $U_{зб}$  – напряжение батареи при форсированном заряде (составляет 31 В [5]);  $\eta_n$  – КПД выпрямительных (зарядных) устройств (равный 0,6).

Реактивная составляющая нагрузки *ПВП-ЭЦК* ориентировочно может быть принята равной на станциях с числом стрелок до 100-1180 вар, более 100-1400 вар.

Нагрузка на *ПВ-ЭЦК* от стрелочной панели *ПСПН-ЭЦК* определяется мощностью питания рабочих цепей стрелок  $P_{ncn}$ ,  $Q_{ncn}$ ,  $S_{ncn}$  при их переводе, а также мощностью электрообогрева (220 В) приводов, если обогрев на станции предусмотрен.

Мощность цепей перевода стрелок зависит от числа одновременно переводимых стрелок и с учетом потерь может быть принята в целом на пост ЭЦ на станциях до 60 стрелок включительно –  $P_{лсп} = 2,1\text{кВт}$ ,  $Q_{лсп} = 0,9 \text{ квар}$ ; от 60 стрелок до 100 стрелок включительно –  $P_{лсп} = 3,0\text{кВт}$ ,  $Q_{лсп} = 0,9 \text{ квар}$ ; свыше 100 стрелок –  $P_{лсп} = 4,1\text{кВт}$ ,  $Q_{лсп} = 0,8 \text{ квар}$  [5].

Нагрузка на *ПВ-ЭЦК* от панелей *ПП25-ЭЦК* определяется количеством панелей, схемой их включения, а также родом тяги.

Рельсовые цепи, как известно, потребляют от преобразователей ПЧ50/25-300 ток на частоте 25 Гц. В то же время преобразователи частоты со стороны сети потребляют ток на частоте 50 Гц

Соотношения между расчетными мощностями преобразователя со стороны нагрузки 25 Гц и со стороны 50 Гц зависят от его загрузки и схемы включения.

При одиночном или синфазном включении двух и более преобразователей ПЧ50/25 в сеть переменного тока расчетная мощность каждого из них на частоте 50 Гц определяется по прил. 2. При противофазном включении в сеть двух ПЧ50/25-300 их расчетная мощность на частоте 50 Гц отличается от схемы синфазного включения и также определяется по прил. 3 с учетом их суммарной загрузки по частоте 25 Гц. Поэтому, если на станции

предусмотрена лишь одна панель *ПП25-ЭЦК*, то ее нагрузка  $S_{ппч}$  на *ПВ-ЭЦК* будет зависеть от схемы включения ее местных и путевых преобразователей.

При синфазном их включении (условия включения преобразователей изложены в п.10 настоящих методических указаний) расчетную мощность *ПП25-ЭЦК* на частоте 50 Гц можно определить как

$$S_{ппч} = S_{пч} n_{пч}. \quad (41)$$

где  $S_{пч}$  – расчетная мощность преобразователя на частоте 50 Гц, полученная из прил. 2 по данным его загрузки  $S_{Фпп}$  ( $S_{Фмп}$ ) со стороны 25 Гц (см.п.8 методических указаний);  $n_{пч}$  – количество задействованных преобразователей в панели.

В том случае, когда загрузки местных и путевых преобразователей существенно отличаются друг от друга, их расчетные мощности могут быть

определенны отдельно для местных и путевых преобразователей по формуле (41), а затем просуммированы для получения общей мощности  $S_{nn\chi}$  панели.

При противофазном включении местных и путевых преобразователей в панели расчетная мощность ее определяется следующим образом.

Поскольку в общем случае одна панель содержит 2 местных и 6 путевых преобразователей (путевые преобразователи, как известно, включаются между собой синфазно), то расчетная мощность на частоте 50 Гц двух пар преобразователей панели (по одному местному и одному путевому) определяется по данным прил. 3 в зависимости от их суммарной  $(S_{\Phi nn} + S_{\Phi m\chi})$  загрузки.

Таким образом, расчетная мощность противофазно включенных преобразователей панели определится как

$$S_{n\chi n} = 2S_{2n\chi}. \quad (42)$$

где  $S_{n\chi}$  – расчетная мощность одной пары противофазно включенных преобразователей, полученная по данным прил. 3.

Расчетная мощность остальных путевых преобразователей панели  $S_{n\chi c}$ , как включенных синфазно, определяется по формуле (41).

Общая мощность панели  $S_{n\chi c}$  в этом случае может быть определена как сумма составляющих ее мощностей  $S_{nn\chi}$  и  $S_{n\chi c}$ .

При установке на станции двух панелей *ПП25-ЭЦК* они включаются между собой синфазно, если общее число преобразователей, создающих подмагничивание, не превышает четырех. В этом случае определение расчетной мощности панелей производится по методике, изложенной выше.

Как правило, при наличии на станции двух панелей *ПП25-ЭЦК* последние включаются противофазно друг относительно друга. В этом случае как при синфазном, так и при противофазном включениях местных и путевых преобразователей внутри панелей общая расчетная мощность панелей  $S_{nn\chi}$  определится (при задействованном состоянии всех преобразователей) как суммарная мощность восьми пар противофазно включенных преобразователей

$$S_{nn\chi} = 8S_{2n\chi}. \quad (43)$$

При наличии на станции трех панелей ПП25-ЭЦК две панели включаются между собой противофазно, и их расчетная мощность определяется по методике расчета двух панелей. Расчетная мощность третьей панели определяется по методике расчета одиночной панели. Общая мощность всех трех панелей  $S_{n\pi\chi}$  определяется суммой составляющих мощностей двух и одной панели.

Следует иметь ввиду, что на участках с электротягой постоянного тока панели ПП25-ЭЦК включаются через трансформатор ТС3 (см. п. 10). Поэтому мощность нагрузки ПП25-ЭЦК на вводную панель должна быть определена с учетом потерь в ТС3.

Однако через ТС3 при электротяге постоянного тока получают питание также и устройства связи. В этих условиях первоначально рассчитывается суммарная мощность нагрузки трансформатора ТС3 по формуле

$$S_{TC3} = S_{n\pi\chi} + S_{ce}, \quad (44)$$

где  $S_{ce}$  – полная мощность устройства связи.

По полученному значению мощности  $S_{TC3}$  определяется мощность активных  $\Delta P$  и реактивных  $\Delta Q$  потерь в трансформаторе ТС3 (график потерь мощности в ТС3 – см. прил. 4), которая затем учитывается при определении нагрузки, создаваемой устройствами СЦБ на вводную панель.

В расчетах мощности вводной панели следует предусмотреть по нагрузке СЦБ резерв в размере 10 % мощности СЦБ.

Мощности нагрузок неосновного назначения зависят от типа поста ЭЦ и для справки приведены в прил. 5 и 6.

Результаты расчета мощности вводной панели  $S_{PB}$  рекомендуется представить в форме сводной таблицы (см.табл.5) .

Полученная мощность  $S_{PB}$  сравнивается с допустимой и делается вывод о достаточности одной или необходимости установки двух панелей ПВ-ЭЦК.

Одновременно с расчетом мощности ПВ-ЭЦК производится расчет нагрузки ДГА. При расчете нагрузки ДГА мощность потребителей негарантированного питания не учитывается.

Таким образом, мощность нагрузок ДГА можно определить по формуле

$$S_{DGA} = S_{ne} - S_{nch} - S_{no}, \quad (45)$$

где  $S_{нв}, S_{нсн}$  – полная мощность соответственно негарантированных освещения и силовой нагрузки.

Выбор типа  $ДГА$  производится по активной составляющей мощности  $P_{ДГА}$ . Как известно, автоматизированные дизель-генераторные агрегаты ( $ДГА$ ) выпускаются типов  $ДГА-12$ ,  $ДГА-24$  и  $ЦГА-48$  с номинальной мощностью соответственно 12,24 и 48 кВт [3].

Если по результатам расчета нагрузки  $ДГА$  выясняется, что она превышает допустимую нагрузку на агрегат, то принимается решение о понижении мощности нагрузок, в первую очередь за счет переключения электрообогрева приводов с напряжения 220 В на 127 В. С учетом уменьшения мощности обогрева производится уточнение мощности нагрузок СЦБ и соответственно нагрузок  $ДГА$  и вводной панели.

Мощность вводной панели определяет собой нагрузку, создаваемую постом ЭЦ на внешние сети электроснабжения.

Поскольку в реальных условиях различных станций мощность ЭЦ может быть различной, то для селективности защиты плавкие вставки предохранителей фидеров питания должны соответствовать действительным нагрузкам.

Расчет плавких вставок производится по наиболее загруженной фазе системы питания. Если учесть равномерность загрузки фаз, то расчетный ток  $I_{\Phi}$  в каждой фазе при фазном напряжении  $U_{\Phi}$  (220 В) составит

$$I_{\Phi} = \frac{S_{нв}}{3U_{\Phi}} \quad (46)$$

По полученному значению тока  $I_{\Phi}$  выбирается ближайшая (в большую сторону) типовая плавкая вставка. Панели  $ПВ-ЭЦК$  выпускаются со следующими типовыми плавкими вставками: 63, 80, 100 и 125 А.

В заключение расчета ЭПУ поста МРЦ определяется  $\cos^{\Phi}$  питающей установки. При низком значении  $\cos^{\Phi}$  следует наметить меры по его повышению (в частности, установкой компенсационных конденсаторов).

## 10. Структурная схема ЭПУ

Структурная схема установки электропитания МП Ц выполняется на основе произведенных расчетов и комплектации ее питающими панелями выбранного типа.

Структурная схема показывается в однониточном изображении, за исключением цепей включения преобразователей частоты на панели ПП25-ЭЦК. Проводность цепей межпанельных соединений и нагрузок обозначается на схеме числом штрихов на них.

При разработке структурной схемы следует учесть, что на участках с электротягой постоянного тока во избежание подмагничивания блуждающими токами преобразователей частоты 50/25Гц панели ПП25-ЭЦК изолируются от земли (сети переменного тока) трансформатором типа ТС3. Трансформатор ТС3 (см.рис.1) подключается к вводной панели взамен нагрузки устройств связи, которые в этом случае включаются на трансформатор ТС3 через отдельный автоматический выключатель АВ.

На панелях ПП25-ЭЦК показывается схема включения путевых и местных преобразователей с учетом их фазировки, соответствующей условиям задания.

Известно, что для нормальной работы фазочувствительных рельсовых цепей необходимо, чтобы путевые и местные преобразователи частоты были жестко сфазированы между собой.

Поскольку частота 25 Гц в два раза меньше частоты 50 Гц, то при синфазном включении параметрических делителей частоты в сеть переменного тока фаза возбуждаемых в них колебаний относительно частоты 50 Гц может с одинаковой вероятностью. Принять значения  $0^\circ$  или  $180^\circ$ , т.е. 25 Гц в путевых и местных преобразователях относительно друг друга могут оказаться либо в фазе, либо в противофазе. Чтобы обеспечить жесткую фазировку путевых и местных ПЧ 50/25, на панелях ПП25-ЭЦК все преобразователи снабжены фазирующими устройствами ФУс соответствующими фазирующими реле.

На выходах преобразователей фазирующие устройства обеспечивают получение напряжений 25 Гц, совпадающих по фазе, если в сеть переменного тока преобразователи включаются синфазно, и напряжений, сдвинутых друг относительно друга на  $90^\circ$ , если они включаются в сеть противофазно.

На участках с электротягой постоянного тока фазочувствительные рельсовые цепи рассчитаны на синфазное питание их путевых трансформаторов и местных элементов реле. Поэтому путевые и местные преобразователи в этих случаях должны быть включены в сеть переменного тока синфазно.

На участках с автономной и электротягой переменного тока используются фазочувствительные рельсовые цепи, рассчитанные на питание их от сдвинутых друг относительно друга напряжений по фазе на  $90^\circ$ . Поэтому путевые и местные преобразователи на таких участках должны быть включены в сеть переменного тока противофазно.

Напряжения местных элементов путевых реле являются опорными по отношению к напряжениям путевых элементов.

Поэтому выходные напряжения местных преобразователей должны совпадать между собой по фазе, для чего на каждой панели всегда включаются синфазно.

Первый местный преобразователь на панели принимается в качестве ведущего преобразователя, по отношению к которому фазируются все остальные местные и путевые преобразователи. Поэтому на преобразователе 1/П фазирующее устройство ФУ может не устанавливаться.

Преобразователи частоты ПЧ 50/25, как известно, работают с использованием лишь одного полупериода переменного тока 50 Гц, второй полупериод запирается вентилем. Поэтому по вторичной обмотке силового трансформатора, от которого питаются преобразователи, протекает постоянная составляющая тока, которая подмагничивает сердечник, снижает использование трансформатора и вызывает дополнительные потери энергии.

Подмагничающий ток не превышает допустимого значения (12 А) на панели, где местные и все путевые преобразователи включены противофазно. При синфазном же включении преобразователей панели для непревышения допустимого тока подмагничивания местные преобразователи настраиваются на работу лишь с четырьмя путевыми преобразователями. Остальные два путевых преобразователя, если отсутствуют на станции рельсовые цепи, требующие сдвига напряжений по фазе на 90°, работают в холостом режиме и включенные в сеть противофазно с местными преобразователями используются лишь для уменьшения тока подмагничивания.

В случае установки на станции двух или более панелей последние включаются противофазно друг относительно друга для уменьшения подмагничивания сердечника.

Однако при противофазном включении панелей рельсовые цепи, питаемые от них, не защищаются от опасного влияния друг на друга на границе раздела при сходе изолирующих стыков. В связи с этим предусматривается стыкование рельсовых цепей на границе районов питания только питающими трансформаторами. Синфазное же включение панелей не требует такого размещения трансформаторов. Поэтому в тех случаях, когда необходима установка двух панелей, но общее число преобразователей, создающих подмагничивание, не превышает четырех, разрешается синфазное включение этих панелей. Неиспользуемые преобразователи в этих случаях должны быть отключены от сети.

При трех панелях третья панель подключается синфазно к любой из первых двух, включенных противофазно.

При синфазном включении панелей фазировка преобразователей второй (дополнительной) панели осуществляется от первого местного преобразователя основной панели. Местный преобразователь 1П дополнительной панели в таком случае фазируется при помощи своего фазирующего устройства 1ФУ.

При противофазном включении двух панелей их фазирующие устройства питаются от своих местных преобразователей 1П, 2П.

В качестве примера на рис. 1 показаны противофазное и синфазное включения местных и путевых преобразователей на панелях. Включение панелей между собой показано противофазным. Их синфазное включение на рис. 1 отражено пунктиром.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1

### Расчетная таблица мощности вводной панели

Наименование нагрузок	Мощность отдельных нагрузок		
	активная, Вт	реактивная, вар	полная, В? А
<b>Панель ПР-ЭЦК</b> Нагрузка панели	.	.	.
Потери в трансформаторах ТС	.	.	.
<b>Панель ПВП-ЭЦК</b> Нагрузка в режиме восстановления батареи	.	.	.
<b>Панель ПСПН-ЭЦК</b> Перевод стрелок	.	.	.
Электрообогрев приводов (220 В)	.	.	.
<b>Панель ПП25-ЭЦК</b> Нагрузка панелей	.	.	.
Потери в трансформаторе ТСЗ (при электротяге постоянного тока)	.	.	.
Итого СЦБ	.	.	.
Резерв СЦБ-10 %	.	.	.
Всего СЦБ с резервом	.	.	.
Устройства связи.....	.	.	.
Освещение: гарантированное.....	.	.	.
Негарантированное.....	.	.	.
Гарантированная вентиляция.....	.	.	.
Негарантированная вентиляция и мастерские..	.	.	.
Маневровые посты.....	.	.	.
Всего на вводную панель	.	.	.

Таблица 2

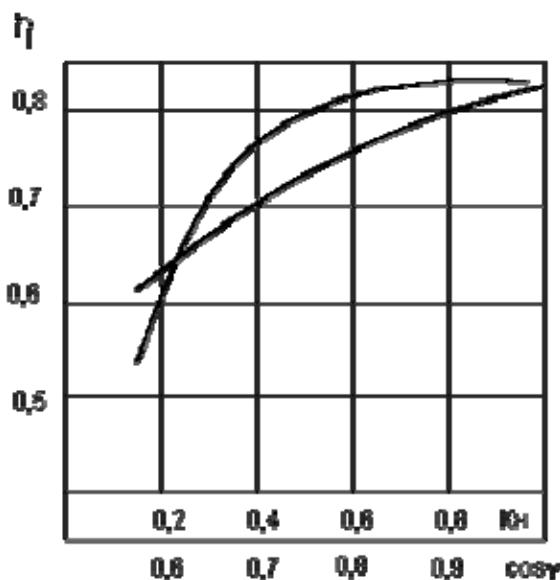
## Расчёт нагрузок преобразователя ППВ-1

Наименование нагрузок	Измеритель	Мощность нагрузок на измеритель		Количество единиц измерения	Максимальная мощность нагрузок		Средне суточный коэффициент, K	Средняя мощность нагрузок	
		P, Вт	Q, вар		$P_M$ , Вт	$Q_M$ , вар		$P_{CP}$	$Q_{CP}$ , вар
Схема мены Направления и контроля перегона (блок ДСНП-2)	Подход	12,7	6,0	.	.	.	1	.	.
Схема ДСН на станции	Пост ЭЦ	36,5	5,0	.	.	.	1	.	.
Станционные дешифраторы автоблокировки	Подход	16,6	16,8	.	.	.	1	.	.
Схема ДСН на прилегающем перегоне (блок ДСНП-2)	То же	12,7	6,0	.	.	.	1	.	.
Итого		--	--	.	$\sum P_M$	$\sum Q_M$	--	$P_H =$ $= \sum P_{CP}$	$Q_H =$ $= \sum Q_{CP}$

## Окончание прил. 1

### Таблица 3

## Расчёт нагрузок распределительной панели ПР-ЭЦК



## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

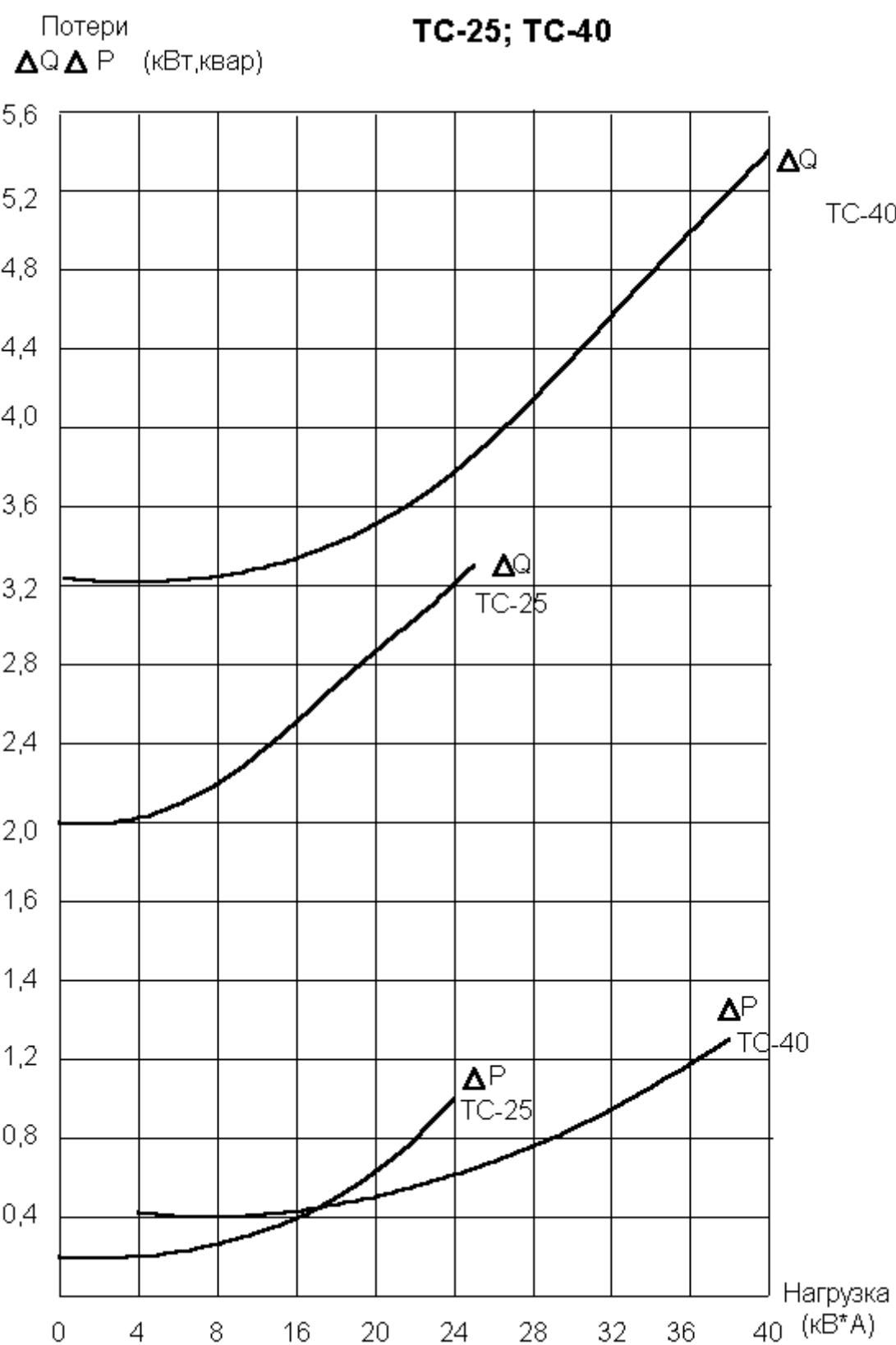
**Расчетная мощность на частоте 50 Гц одиночного ПЧ50/25-300  
при включении в сеть переменного тока 220 В, 50 Гц**

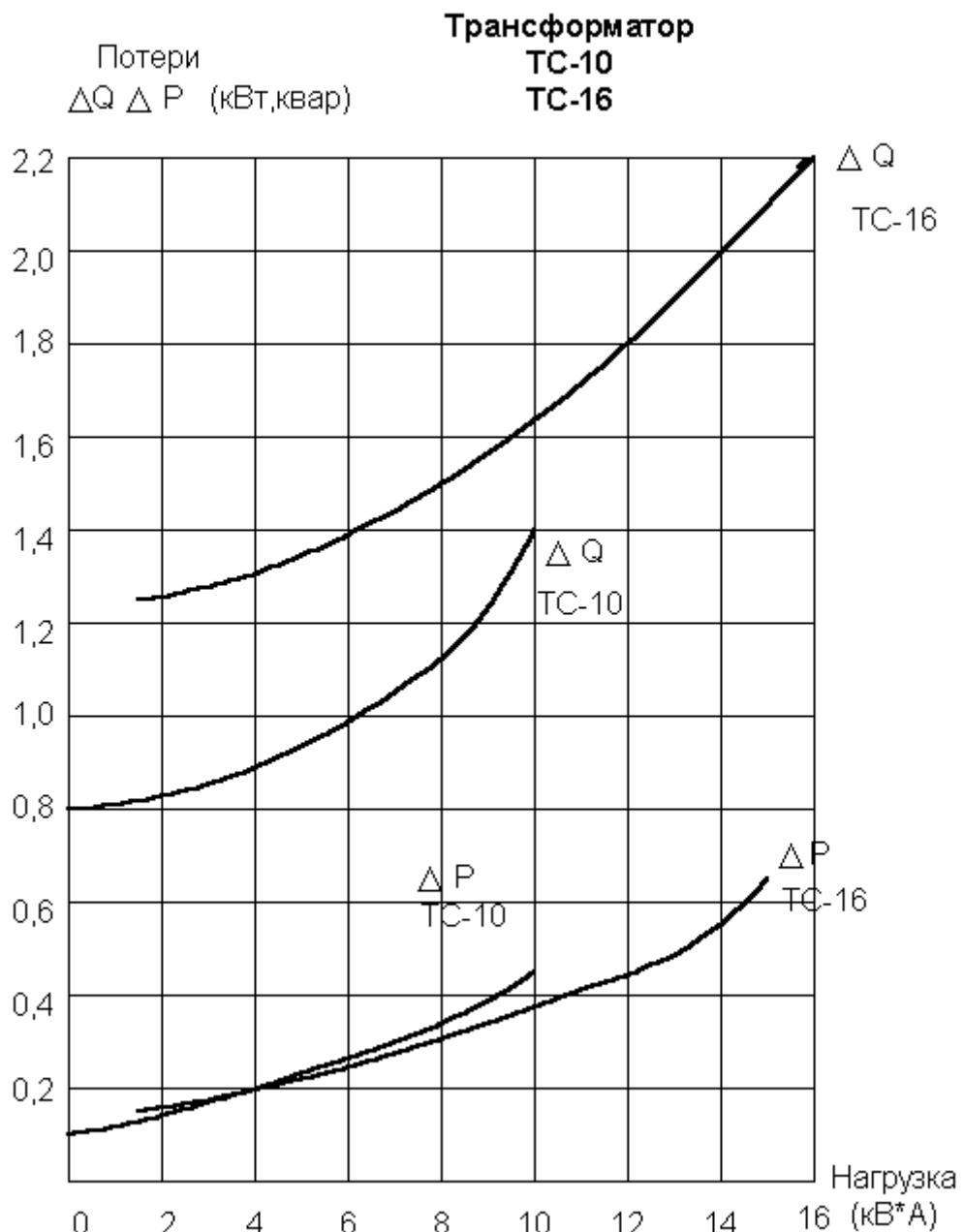
Нагрузка на ПЧ 25 Гц, В-А	Нагрузка на сеть 220 В, 50 Гц			
	P, Вт	Q, вар	S, В-А	cos φ
0	90	350	365	0,25
50	155	375	400	0,39
100	195	400	440	0,40
150	240	415	480	0,50
200	290	455	540	0,54
250	340	530	630	0,55
300	390	550	675	0,57
К.з.	60	970	970	0,06

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

**Расчетная мощность на частоте 50 Гц двух ПЧ50/25-300 при противофазном их включении в сеть 220 В, 50 Гц**

Суммарная нагрузка на два ПЧ, В-А	Нагрузка на сеть 220 В, 50 Гц			
	P, Вт	Q, вар	S, В-А	cos φ
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
К.з.	80	1320	1320	0,00



**ПРИЛОЖЕНИЕ 5****Нагрузка устройств связи на постах ЭЦ**

Тип поста	Потребляемая мощность		
	активная, Вт	реактивная, вар	полная, В*А
Сз-72	3622	3419	4981
Сз-57	5200	4426	6828
Сз-77	5542	4857	7369

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

### Осветительная и силовая нагрузки на постах ЭЦ

Наименование нагрузок	Расчетная мощность по типам постов ЭЦ, кВ"А		
	Сз-72	Сз-57	Сз-77
Освещение гарантированное негарантированное	4,2 6,4	6,94 9,26	6,52 12,87
Силовая нагрузка гарантированная негарантированная	3,9 16,5	2,65 17,40	2,3 18,13

Примечание. Коэффициент мощности для осветительных нагрузок составляет 0,92, для силовых – 0,8.

### Задание на курсовую работу студенту

Расчетное число стрелок	
Число стрелок, передаваемое на местное управление	
Маршрутные указатели неудаленные, удаленные	
Число подходов к станции	
Род тяги	
Условия внешнего электроснабжения	

## **Рекомендуемая литература**

1. Тюмerezов В.Е. источники электропитания устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи, 2-е изд. М.: Транспорт, 1978.
2. Дмитриев В.Р., Смирнова В.И. Электропитающие устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: Справочник. М.: Транспорт, 1983.
3. Михайлов А.Ф., Частоедов Л.А. Электроснабжение устройств автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта. М.: Транспорт, 1980
4. Отраслевой стандарт ОСТ 32.14-80. Электроприемники предприятий железнодорожного транспорта. Категорийность в отношении обеспечения надежности электроснабжения.
5. Типовые материалы для проектирования. Электропитание устройств электрической централизации ЭЦ-10-88.ГТСС.1988.
6. Коган Д.А., Эткин З.А. Аппаратура электропитания железнодорожной автоматики. М.: Транспорт, 1987.
7. Ведомственные нормы технологического проектирования ВНТП/МПС-84. Электроснабжение устройств СЦБ и электросвязи. – Л.: Транспорт, 1986.
8. Микулик Ф.П. Электропитание устройств автоматики, телемеханики и связи. Задание на курсовую работу. – М.: ВЗИИТ, 1991.
9. Багуц В.П., Ковалев Н.Г., Костроминов А.М. Электропитание устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. – М.: Транспорт, 1991.