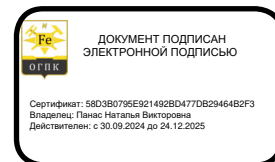


**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ МУРМАНСКОЙ  
ОБЛАСТИ**

Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение  
Мурманской области  
"Оленегорский горнопромышленный колледж"



**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ  
ГОРНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ (ПРЕДПРИЯТИЙ)**

**Методические указания по курсовому проектированию**

**для студентов очной, заочной и очно-заочной формы обучения**  
по специальности 13.02.11 "Техническая эксплуатация и обслуживание  
электрического и электромеханического оборудования"

Составитель:  
Корзина Екатерина Анатольевна  
преподаватель  
обще профессиональных дисциплин и  
МДК профессиональных модулей

Оленегорск  
2018

## **СОДЕРЖАНИЕ**

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	4
ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПОЯНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	6
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЁТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	7
ВВЕДЕНИЕ	
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ	
2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	
3 ВОПРОСЫ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	
ПРИЛОЖЕНИЕ	

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В учебном плане специальности «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования. Горная промышленность» предусмотрена дисциплина «Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий» с выполнением курсовой работы.

Требования к выполнению курсовой работы соответствуют стандарту «Системы управления качеством подготовки специалистов».

Целью курсового проектирования является приобретения студентами опыта самостоятельного расчёта и выбора электрооборудования, систем электроснабжения горных предприятий и навыков пользования справочной и нормативной документацией.

Темы курсовых работ должны соответствовать объёму теоретических знаний и практических навыков, полученных студентами в процессе обучения и на производственной практике, и включать вопросы, с которыми студенты могут встретиться в профессиональной деятельности. Задание на курсовое проектирование должно выдаваться в соответствии с оборудованием горного предприятия, на котором студенты проходят производственную практику, и может включать в себя как расчёт электроснабжения определённого участка предприятия, так и расчёт и выбор определённого электрооборудования.

Данное пособие определяет объём, содержание и порядок выполнения курсовых работ по дисциплине «Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий».

В состав курсовой работы входят:

- Расчётно-пояснительная записка;
- Графическая часть, оформленная в виде схем, графиков, чертежей.

Расчётно-пояснительная записка в соответствии с ГОСТ 1.105. должна содержать не менее 30 – 35 страниц печатного текста, включающего в себя технические расчёты и характеристики проектируемого оборудования или систем электроснабжения.

Структура расчётно-пояснительной записки включает в себя:

- Титульный лист;
- Задание на выполнение курсового проекта (выдаётся преподавателем);
- Содержание работы;
- Введение (краткая характеристика горного предприятия, цели проектирования);
- Содержательная часть записки (необходимые расчёты, выполненные по разделам содержания);
- Список использованных источников.

Расчётно-пояснительная записка может быть выполнена в компьютерном виде или от руки на листах формата А4. Содержание разделов расчётно-пояснительной записки должно соответствовать содержанию разделов задания.

Графическая часть представляет собой чертежи, выполненные в соответствии с ЕСКД на листах ватмана формата А1 или в электронном виде.

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

- 1) 1<sup>й</sup> лист – титульный, не номеруется, но считается за первый лист.
- 2) 2<sup>й</sup> лист – рецензия, лист с рамкой, без штампа, не номеруется, при подсчёте страниц не учитывается.
- 3) 3<sup>й</sup> лист – задание, вкладывается после титульного листа, не номеруется, при подсчёте страниц не учитывается, выдаётся преподавателем.
- 4) Оформление содержания
  - А) 3<sup>й</sup> лист – содержание начинается со страницы №2. Штамп 40x185 мм, рамка 5x5x5x20 мм.
  - Б) От рамки до названия не менее 1 см.
  - В) Название слева с красной строки, шрифт 12 или 14, (весь документ, кроме таблиц, выполняется одним и тем же шрифтом). Интервал одинарный или полуторный, первая буква заглавная, точка не ставится.
  - Г) От названия до перечисления разделов не менее 1 см.
  - Д) Слева от рамки до списка красная строка – 15 – 18 мм.
  - Е) Введение, заключение, список использованных источников не номеруются, в содержании ставятся без номера, порядковый № страницы указывается.
  - Ж) Справа до рамки не менее 0,5 см.
- 3) Перечисление разделов и подразделов в содержании – буквы заглавные и прописные, точки после названий не ставятся, напротив названия - номер страницы, одинарные пробелы. Названия разделов и подразделов должны быть одинаковыми в задании, содержании и в тексте.
  - И) В штампе указывается – название темы курсового проекта, название учебного заведения - ГАПОУ МО ОГПК, шифр профессии: КР ЭС 13.02.11.51.2019 ПЗ, проверил (Ф.И.О. преподавателя), Н.контр. (Ф.И.О. рецензента по оформлению технической документации), выполнил – Ф.И.О. студента. Лист 2, листов – общее количество (последний лист – Список использованных источников), листов содержания может быть несколько, остальные номеруются в обычном порядке, штамп маленький. В штампе надписи не должны касаться линий. Расстояние от текста до штампа не менее – 1 см.
- 5) Название курсовой работы должно быть на обложке, титульном листе, в задании, в большом штампе.
  - 6) Оформление разделов:
    - А) Каждый раздел начинается с нового листа, название с левой стороны с красной строки, первая буква названия заглавная, номер раздела перед названием без точки, после названия точка не ставится, справа от названия указывается номер литературы в скобках на расстоянии 3 мм от рамки, после названия одинарный пробел, подразделы начинаются с абзаца (красная строка), одинарный пробел, затем номер и название подраздела, после него - одинарный пробел.
    - Б) Текст начинается с новой строки с красной строки.
    - В) При выполнении необходимых расчётов привести формулы расчёта с единицами измерения и пояснениями всех буквенных обозначений и пример расчёта без использования буквенных обозначений. Формулы и примеры расчёта располагать посередине листа. Однотипные расчёты не приводить, а результаты вычислений свести в таблицы. Применяется сквозная нумерация всех формул. Номер формулы ставится в скобках и размещается справа от формулы на расстоянии 3 мм от рамки.
    - Г) Оформление таблиц: название сверху, близко к таблице. Если таблица одна, она не номеруется, если несколько – оформляется таким образом: Таблица 1 – название таблицы с прописной буквы. Точка после названия не ставится. Размер шрифта во всех таблицах должен быть один и тот же (может быть меньше, чем основной шрифт). Расстояние справа и слева от рамок не менее 3 мм. Расстояние до текста – 1 см. Таблицы помещаются в конце раздела. Нумерация таблиц сквозная.

Д)        Формулы, таблицы, графики и чертежи для расчётной записки выполняются с использованием средств WORD или выполняются на миллиметровой или белой бумаге в соответствии с ГОСТом. Если таблицы, графики и чертежи занимают весь лист, их оформляют в виде приложений и помещают в конце курсового проекта. Приветствуется выполнение чертежей и пояснительных записок в электронном варианте с презентацией курсового проекта.

## **ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПОЯНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

В объем работы курсовой работы по электроснабжению горных предприятий могут входить разделы:

Введение

1 Общая часть

1.1 Выбор схемы электроснабжения данного участка предприятия

2 Специальная часть

2.1 Расчет электрических нагрузок

2.2 Выбор числа и мощности силовых трансформаторов

2.3 Расчет, выбор и проверка сетей напряжением до 1кВ

2.4 Расчет компенсирующих устройств

2.5 Определение годового расхода электрической энергии

2.6 Расчет токов короткого замыкания

2.7 Выбор и проверка электрических сетей напряжением выше 1 кВ

2.8 Выбор и проверка высоковольтного оборудования

2.9 Расчет и выбор релейной защиты

2.10 Расчет защитного заземления

3 Вопросы техники безопасности и технической эксплуатации электрооборудования

3.1 Вопросы техники безопасности при эксплуатации электрооборудования

3.2 Вопросы технической эксплуатации электрооборудования

Заключение

Список использованных источников

Графическая часть:

Лист 1 Схема управления, защиты и сигнализации трансформаторной подстанции

Лист 2 Однолинейная схема электроснабжения данного участка производства

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЁТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

## ВВЕДЕНИЕ

Дать общую характеристику горного предприятия и участка, для которого производится расчёт схемы электроснабжения.

К основным характеристикам нагрузок относятся:

- Номинальная активная мощность электроприемника  $P_{\text{пасп}}$ , указывается в паспорте электрооборудования. Для многодвигательных электроприёмников под номинальной активной мощностью понимается сумма номинальных мощностей всех его электродвигателей. Для выбора электроприёмников с повторно-кратковременным режимом работы номинальная активная мощность определяется для стандартного ПВ электродвигателей в каталогах при заданном ПВ в зависимости от продолжительности включения по формуле:

$$P_{\text{ном}} = P_{\text{пасп}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{\text{задан}}}{ПВ_{\text{станд}}}}, \text{ кВт}$$

- Номинальная реактивная мощность электроприемника  $Q$  - индуктивная мощность электроприемника, потребляемая из сети, со знаком (+) и ёмкостная мощность электроприемника, отдаваемая в сеть, со знаком (-) при номинальной активной мощности и номинальном напряжении, для электроприёмников с повторно-кратковременным режимом работы определяется для стандартного ПВ электродвигателей в каталогах при заданном ПВ в зависимости от продолжительности включения по формуле:

$$Q_{\text{ном}} = Q_{\text{пасп}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{\text{задан}}}{ПВ_{\text{станд}}}}, \text{ кВАр}$$

- Полная мощность электроприемника  $S$  при номинальной активной мощности и номинальном напряжении для электроприёмников с повторно-кратковременным режимом работы определяется для стандартного ПВ электродвигателей в каталогах при заданном ПВ в зависимости от продолжительности включения по формуле:

$$S_{\text{ном}} = S_{\text{пасп}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{\text{задан}}}{ПВ_{\text{станд}}}}, \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

- Ток  $I$ , протекающий в системах электроснабжения, А.

## **1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ**

### **1.1 Выбор схемы электроснабжения данного участка предприятия**

Характеристика потребителей, определение категорий надёжности электроснабжения

#### **Категории электроприёмников**

В отношении обеспечения надёжности электроснабжения, характера и тяжести последствий от перерыва питания приёмники электрической энергии, согласно ПУЭ глава 1.2 подразделяются на категории:

- I категория – приёмники, перерыв в электроснабжении которых может повлечь за собой опасность для жизни людей или значительный материальный ущерб, связанный с повреждением оборудования, массовым браком продукции или длительным расстройством сложного технологического процесса. Недопустим или допустим на время автоматического включения резерва;
- II категория – приёмники, перерывы в электроснабжении которых связан с существенным недоотпуском продукции, простоем людей, механизмов, промышленного транспорта. Перерыв в электроснабжении допустим на время работы АВР или на время включения резерва оперативным персоналом;
- III категория – приёмники, не подходящие под определения I и II категорий. Должны иметь в наличии складской резерв, который должен быть установлен в течение суток;

#### **Характеристика потребителей**

Дать краткую характеристику потребителей заданного участка производства.

#### **Пример:**

Вентилятор является воздуходувной машиной и применяется для вентиляции производственных помещений и др. Электропривод вентилятора характеризуется равномерной и длительной нагрузкой. При небольших мощностях можно использовать АД с К.З. ротором, а при мощности выше 150 кВт желательно ставить СД. Вентилятор относится к потребителям I категории.

Транспортёр – это электрическое устройство, служащее для перемещения грузов на небольшие расстояния. Привод осуществляется в основном асинхронными двигателями с фазным ротором. Работает в продолжительном режиме и относится к потребителям I категории.

#### **Выбор рода тока и напряжения**

Выбор тока

Выбор рода тока зависит от применяемых электроустановок: электродвигателей, трансформаторов, освещения и т. д. и может быть:

- переменным током промышленной частоты 50 герц;
- переменным током с частотой, отличной от 50 герц для питания специальных двигателей (в этом случае требуются преобразовательные установки);
- постоянным током для питания сварочных установок, электродвигателей, электролизных ванн (в этом случае требуются выпрямительные установки).

### Выбор напряжения

Выбор того или иного стандартного напряжения определяет построение всей системы электроснабжения промышленных предприятий. Электроустановки по величине напряжения бывают до 1000 вольт и свыше 1000 вольт. Для уменьшения потерь электроэнергии в цеховых сетях следует применять напряжение не ниже 380 вольт. Система 380-220 вольт (звезда с глухо заземлённой нейтралью) даёт возможность совместного питания электродвигателей и систем освещения и имеет относительно низкое напряжение 220 вольт между проводом и землёй. Для питания мощных двигателей до 700 киловатт целесообразно применять напряжение 660 вольт. При выборе напряжения цеховых сетей необходимо учитывать технологические особенности производства.

Напряжение не выше 42 (36 или 24 вольта) вольт применяется в помещениях с повышенной опасностью для стационарного местного освещения и для ручных переносных светильников.

Выбор напряжения выше 1 кВ производится в зависимости от мощности электроустановок предприятия одновременно с выбором всей схемы электроснабжения. Для питания предприятий малой мощности и в распределительных сетях внутри предприятия используется напряжение 6 и 10 кВ.

Напряжение 35 кВ используется для создания центров питания предприятий средней мощности, если распределительные сети этих предприятий выполняются на напряжение 6-10 кВ, а так же для электроснабжения крупных удалённых (5-20 км) электроприёмников на это напряжение.

### **Составление схемы электроснабжения данного участка предприятия.**

Составить и описать схему электроснабжения данного участка предприятия. Каждый из трансформаторов подключается от отдельных РУ-6 кВ через высоковольтные выключатели. Между высоковольтными выключателями и силовыми трансформаторами устанавливаются трансформаторы тока (два с двумя вторичными обмотками в фазы А и С и один с одной вторичной обмоткой в фазу В) и напряжения для питания оперативных цепей трансформаторной подстанции. Каждый из силовых трансформаторов имеет свою секцию шин РУ-0,4 кВ, подключенную к трансформатору через автоматический выключатель. Секции шин соединяются между собой секционным разъединителем. К каждой секции шин должна быть подключена половина общей нагрузки. Часть нагрузки присоединяется непосредственно к секции шин, остальная часть нагрузки подключается через распределительные шкафы. Для этого распределить нагрузки РУ-0,4 кВ по возможности равномерно по распределительным шкафам с предохранителями или автоматическими выключателями. При выборе распределительных шкафов учитывать количество и мощность потребителей и распределять их в соответствии с количеством предохранителей или автоматических выключателей в распределительных шкафах.

## 2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Расчет электрических нагрузок

При определении электрических нагрузок предприятий необходимо учитывать режим работы, мощность, напряжение, род тока электроприёмников.

Все электроприёмники объединяются в группы в зависимости от питающего напряжения и назначения.

Для каждой группы определяется суммарная установленная мощность и расчётные нагрузки – активная (кВт), реактивная (кВАр) и полная (кВ·А) мощности.

Для предприятий горной промышленности для расчёта нагрузок применяется метод коэффициента спроса. Пример расчёта производится на примере однотипных потребителей.

Используемые формулы:

$$P_{\text{дл}} = P_{\text{н}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{\text{задан}}}{ПВ_{\text{двиг}}}},$$

где

$P_{\text{дл}}$  - активная мощность потребителя, работающего в повторно- кратковременном режиме, приведенная к стандартному режиму или номинальная активная мощность потребителя, работающего в стандартном режиме, кВт;

$P_{\text{н}}$  - номинальная активная мощность одного электроприёмника (паспортные данные), кВт;

$ПВ_{\text{двиг}}$  - продолжительность включения (паспортные данные), %.

$ПВ_{\text{задан}}$  – заданная продолжительность включения, %.

Для сварочных машин и трансформаторов номинальная активная мощность потребителя, работающего в длительном режиме, определяется по формуле:

$$P_{\text{дл}} = S_{\text{н}} \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{\text{задан}}}{ПВ_{\text{св.тр}}}},$$

где

$P_{\text{дл}}$  - активная мощность потребителя, работающего в повторно- кратковременном режиме, приведенная к стандартному режиму или номинальная активная мощность потребителя, работающего в стандартном режиме, кВт;

$S_{\text{н}}$  – номинальная мощность сварочной машины или трансформатора (паспортные данные), В·А;

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности сварочной машины или трансформатора (паспортные данные);

$ПВ_{\text{св.тр}}$  - продолжительность включения (паспортные данные), %.

$ПВ_{\text{задан}}$  – заданная продолжительность включения, %.

Активная мощность группы однотипных электроприемников с учётом ПВ определяется по формуле:

$$P_{\text{н}} = n \cdot P_{\text{дл}},$$

где

$P_{\text{н}}$  - активная мощность группы однотипных электроприемников с учётом ПВ, кВт;

$n$  - количество однотипных электроприемников в группе, шт.;

$P_{дл}$  - активная мощность одного потребителя, работающего в повторно-кратковременном режиме, приведенная к стандартному режиму или номинальная активная мощность потребителя, работающего в стандартном режиме, кВт.

Активная расчётная мощность группы однотипных электроприемников за наиболее загруженную смену определяется по формуле:

$$P_p = k_c \cdot P_n ,$$

где

$P_p$  - активная расчётная мощность группы однотипных электроприемников за наиболее загруженную смену, кВт;

$k_c$  - коэффициент спроса группы однотипных электроприемников (табличные данные);

$P_n$  - активная мощность группы однотипных электроприемников с учётом ПВ, кВт.

При отсутствии величины коэффициента спроса в таблицах его можно определить по формулам:

Для подготовительных и очистных участков шахт при отсутствии блокировки очередности пуска двигателей коэффициент спроса определяется по формуле:

$$k_c = 0,29 + \frac{0,71 \cdot P_{н.мах}}{P_n} ,$$

где

$k_c$  - коэффициент спроса для подготовительных и очистных участков шахт при отсутствии блокировки очередности пуска двигателей;

$P_{н.мах}$  - номинальная мощность наибольшего электродвигателя из данной группы, кВт;

$P_n$  - активная мощность группы однотипных электроприемников с учётом ПВ, кВт.

Для подготовительных и очистных участков шахт при наличии блокировки очередности пуска двигателей коэффициент спроса определяется по формуле:

$$k_c = 0,4 + \frac{0,6 \cdot P_{н.мах}}{P_n}$$

Реактивная расчётная мощность группы однотипных электроприёмников за наиболее загруженную смену определяется по формуле:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi ,$$

где

$Q_p$  - реактивная расчётная мощность группы однотипных электроприёмников за наиболее загруженную смену, кВАр;

$P_p$  - активная расчётная мощность группы однотипных электроприемников, кВт;

$\operatorname{tg} \varphi$  - отношение синуса угла сдвига фаз между током и напряжением к коэффициенту мощности  $\cos \varphi$  (реактивный коэффициент мощности), определяется по коэффициенту мощности  $\cos \varphi$ .

Полная расчетная мощность за наиболее загруженную смену определяется по формуле:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} ,$$

где

$S_p$  - полная расчетная мощность за наиболее загруженную смену, кВ·А;

$P_p$  - активная расчётная мощность группы однотипных электроприемников, кВт;

$Q_p$  - реактивная расчётная мощность группы однотипных электроприёмников за смену, кВАр.

Результаты расчёта сводятся в таблицы. На ШР или РП с одинаковыми нагрузками составляется одна таблица. Если ШР или РП имеют разные нагрузки, то на каждую из них составляется отдельная таблица. В таблицу 1 вносятся нагрузки потребителей, не вошедшие в ШР или РП, а также сами ШР или РП. Нагрузка освещения просчитывается отдельно. При отсутствии высоковольтных потребителей из таблицы 1 убираются строки «Нагрузки с  $U$  свыше 1 кВ» и «Итого на ВН и НН».

Таблица 1 – Результаты расчёта электрических нагрузок РУ-0,4 кВ

Наименование электроприёмников	n кол- во эл. приё- м.	$P_{\Sigma}$ кВт				$k_c$	$\cos \varphi$	$P_p$ кВт	$Q_p$ кВар	$S_p$ кВА
		$P_H$ $I^{10}$ приё- мн кВт.	$P_B$ $I^{10}$ приё- мн %	$P_{дп}$ $I^{10}$ приё- мн. кВт.	$P_d$ груп- пы приё- м. кВт.		$\tan \varphi$			
Нагрузки с $U$ до 1 кВ										
Итого на НН без освещения										
Освещение										
Итого на НН с освещением										
Нагрузки с $U$ свыше 1 кВ										
Компенсация реактивной мощности										
Итого с компенсацией										
Потери в трансформаторах										
Итого с потерями и компенсацией										
Итого на ВН и НН										

Таблица 2 – Результаты расчёта электрических нагрузок ШР или РП

Наименование электроприёмников	n кол- во эл. приё- м.	$P_{\Sigma}$ кВт				$k_c$	$\cos \varphi$	$P_p$ кВт	$Q_p$ кВар	$S_p$ кВА
		$P_H$ $I^{10}$ приё- мн кВт.	$P_B$ $I^{10}$ приё- мн %	$P_{дп}$ $I^{10}$ прим- н. кВт.	$P_d$ груп- пы приё- м. кВт.		$\tan \varphi$			

## 2.2 Выбор числа и мощности силовых трансформаторов

Мощность силовых трансформаторов определяется по формуле:

$$S_{p.т} = k_c \cdot \frac{\Sigma P_p}{1,25 \cdot \cos \varphi_{cp.взв}},$$

где

$S_{p.т}$  - расчётная мощность трансформатора, кВ·А;

$k_c$  – коэффициент спроса;

$\Sigma P_p$  – суммарная расчётная активная мощность всех электроприёмников с освещением на Н.Н.;

$\cos \varphi_{cp.взв}$  - средневзвешенный коэффициент мощности электроприёмников, определяется суммированием  $\cos \varphi$  однотипных электроприёмников и делением полученной суммы на количество групп однотипных электроприёмников.

Выбирается трансформатор по условию:

$$S_{н.т.} \geq S_{p.т.},$$

где

$S_{н.т.}$  - номинальная мощность трансформатора, кВ·А.

Проверяется трансформатор на перегрузочную способность:

$$1,4 \cdot S_{н.т.} \geq 0,75 \cdot S_{p.т.},$$

где

$S_{p.т.}$  - суммарная расчётная мощность на Н.Н. с освещением, кВ·А.

Выбирается трансформатор типа \_\_\_\_\_ мощностью  $S_{н.т.}$  \_\_\_\_\_ кВ·А с параметрами:  $P_{xx}$  \_\_\_\_\_ кВт;  $i_{xx}$  \_\_\_\_\_ %;  $U_{кз}$  \_\_\_\_\_ %;  $P_{кз}$  \_\_\_\_\_ кВт (табличные данные). Для горных предприятий, имеющих электроприёмники первой категории, необходимо брать два трансформатора, каждый из которых может нести полную нагрузку,  $N = 2$ . Для подземных работ применяются сухие трансформаторы.

Определяется фактический коэффициент загрузки:

$$\beta_{ф.} = \frac{S_{p.т.}}{S_{н.т.} \cdot N},$$

где

$\beta_{ф.}$  - фактический коэффициент загрузки;

$S_{p.т.}$  - суммарная расчётная мощность на Н.Н. с освещением, кВ·А;

$S_{н.т.}$  - номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

$N$  – число трансформаторов.

Определяются активные и реактивные потери мощности в трансформаторе по формулам:

$$\Delta P_{тр} = (\beta_{ф.}^2 \cdot P_{кз} + P_{xx}) \cdot N,$$
$$\Delta Q_{тр} = \frac{S_{н.т.}}{100} \cdot (\beta_{ф.}^2 \cdot U_{кз} + i_{xx}) \cdot N,$$

где

$\Delta P_{тр}$  - активные потери мощности в трансформаторе, кВт;

$\Delta Q_{тр}$  - реактивные потери мощности в трансформаторе, кВАр.

$P_{кз}$  – потери мощности короткого замыкания трансформатора, кВт;

$P_{xx}$  – потери мощности холостого хода трансформатора, кВт;  
 $U_{кз}$  – напряжение короткого замыкания трансформатора, %;  
 $i_{xx}$  – ток холостого хода трансформатора, %;  
 $\beta_f$  – фактический коэффициент загрузки трансформатора;  
 $S_{н.т}$  – номинальная мощность выбранного трансформатора, кВт·А;  
 $N$  – число трансформаторов.

### **Выбор автоматического выключателя питающей линии от трансформатора до РУ-0,4кВ**

Определяется расчётный ток во вторичной обмотке трансформатора по формуле:

$$I_p = \frac{S_{н.т}}{\sqrt{3} \cdot U_n},$$

где

$I_p$  – расчётный ток во вторичной обмотке трансформатора, А;

$U_n = 0,4$  – номинальное напряжение потребителей, кВ;

$S_{н.т}$  – номинальная мощность выбранного трансформатора, кВт·А.

Определяется ток расцепителя автоматического выключателя на питающей линии низкого напряжения от трансформатора до РУ-0,4 кВ по формуле:

$$I_{р.расц} = \frac{I_p}{0,85},$$

где

$I_{р.расц}$  – ток расцепителя автоматического выключателя, А.

Выбирается автомат типа \_\_\_\_\_;  $I_{н.расц}$  \_\_\_\_\_ А (табличные данные) от трансформатора до РУ-0,4 кВ по условию:

$$I_{н.расц} \geq I_{р.расц}$$

Выбираются сборные шины для трансформатора АІ \_\_\_\_\_  $I_d$  \_\_\_\_\_ А (табличные данные) по условию:

$$I_d \geq I_p$$

где

$I_d$  – длительно допустимый ток для данных шин (табличные данные), А.

Проверяются шины на соответствие выбранному автомату по условию:

$$I_d \geq I_{н.расц}$$

Проверяются шины на динамическую устойчивость:

Наибольшее удельное усилие при трёхфазном КЗ определяется по формуле:

$$f = \sqrt{3} \cdot \frac{i_{уд}^2}{a} \cdot 10^{-7},$$

где

$f$  – наибольшее удельное усилие при трёхфазном КЗ, Н/м;

$i_{уд}$  – ударный ток КЗ, протекающий в шинах, А, (берётся из раздела «Расчёт токов короткого замыкания для данной точки»), кА;

$a$  – расстояние между шинами, (принимается равным 0,1-0,5 м), м.

Максимальный изгибающий момент, действующий на шину, определяется по формуле:

$$M = \frac{f \cdot l^2}{10},$$

где

М- максимальный изгибающий момент, действующий на шину, Н·м;  
 f – наибольшее удельное усилие при трёхфазном КЗ , Н/м;  
 l – длина пролёта между опорными изоляторами шинной конструкции (принимается равной 3-10м), м.

Момент сопротивления сечения шины определяется по формуле:

$$W = \frac{h^2 \cdot b}{6},$$

где

W - момент сопротивления сечения шины, см<sup>3</sup>;

b - толщина шины, см;

h - ширина шины, см.

Расчётное напряжение в материале шин от изгиба определяется по формуле:

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{M}{W},$$

где

$\sigma_{\text{расч}}$  - расчётное напряжение в материале шин от изгиба, МПа.

Проверяются шины на динамическую устойчивость по условию:

$$\sigma_{\text{доп}} \geq \sigma_{\text{расч}},$$

где  $\sigma_{\text{доп}}$  - допустимое напряжение в материале шин от изгиба(табличные данные), МПа.

Выбираются опорные изоляторы для сборных шин типа \_\_\_\_\_ по условию:

$$F_{\text{доп}} = 0,6 \cdot F_{\text{разр}} > F,$$

где

$F_{\text{доп}}$  - допустимое усилие на головку изолятора, МПа;

$F_{\text{разр}}$  – разрушающее усилие на головку изолятора (табличные данные).

F – сила, действующая на изолятор, Н.

$$F = f \cdot l,$$

где

F – сила, действующая на изолятор, Н;

l – длина шины, м;

f – наибольшее удельное усилие при трёхфазном КЗ , Н/м.

Результаты расчета и выбора сводятся в таблицу

Тип трансформатора	Полная номинальная мощность	$U_{\text{вн}}$	$U_{\text{нн}}$	Потери мощности		$U_{\text{кз}}$	$I_{\text{хх}}$
				$P_{\text{хх}}$	$P_{\text{кз}}$		
				кВт	кВт	%	%

## Выбор числа и мощности силовых трансформаторов для карьеров

### Выбор мощности трансформаторов ГПП

Для трансформатора ГПП учитывается нагрузка вспомогательного производства по формуле:

$$P_p = P_{pBH} + P_{pHH}, \text{ кВт};$$

Так как на карьере имеется потребитель первой категории – водоотлив, то для ГПП предусматривается установка 2-х силовых трансформаторов, один из которых находится в работе, а второй – в резерве. С учетом КПД карьерных электросетей и оптимальной загрузки трансформаторов, необходимая мощность трансформатора ГПП определяется по формуле:

$$S_{p.t.ГПП} = \frac{\Sigma P_p}{\eta_{к.с.} \cdot N \cdot \beta_{опт}}, \text{ кВ}\cdot\text{А};$$

где  $\eta_{к.с.} = 0,94$  – КПД карьерных сетей;

$S_{p.t.ГПП}$  - расчётная мощность трансформатора ГПП, кВ·А;

$\Sigma P_p$  - суммарная расчётная активная мощность всех электроприёмников с освещением на НН и ВН, кВт;

$N$  - число трансформаторов;

$\beta_{опт} = 0,7$  – оптимальный коэффициент загрузки трансформатора ГПП.

Принимаются .... трансформатора типа .... с техническими данными: ..... по условию:

$$S_{н.т. ГПП} \geq S_{p.t.ГПП};$$

где  $S_{н.т.ГПП}$  - номинальная мощность трансформатора ГПП, кВ·А.

Проверяется силовой трансформатор ГПП на перегрузочную способность по условию:

$$1,4 \cdot \Sigma S_{н.т} \geq 0,75 \cdot \Sigma S_p;$$

Определяется фактический коэффициент загрузки трансформатора ГПП по формуле (20):

$$\beta_{ф.ГПП} = \frac{S_{p.с.комп}}{S_{н.т.ГПП}};$$

где  $\beta_{ф.ГПП}$  - фактический коэффициент загрузки;

$S_{p.с. комп.}$  - суммарная расчётная мощность на Н.Н. и В.Н. с учётом компенсации, кВ·А;

$S_{н.т.ГПП}$  - номинальная мощность трансформатора ГПП, кВ·А.

Определяются активные и реактивные потери мощности в силовых трансформаторах ГПП по формулам:

$$\Delta P_{тр.ГПП} = (\beta_{ф.ГПП}^2 \cdot P_{кз} + P_{хх}) \cdot N \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{тр.ГПП} = \frac{S_{н.т}}{100} \cdot (\beta_{ф.ГПП}^2 \cdot U_{кз} + i_{хх}) \cdot N \text{ кВАр}$$

где  $\Delta P_{тр.ГПП}$  - активные потери мощности в трансформаторах ГПП, кВт;

$\Delta Q_{тр.ГПП}$  - реактивные потери мощности в трансформаторах ГПП, кВАр;

$P_{кз}$  - потери мощности короткого замыкания трансформатора ГПП, кВт;

$P_{хх}$  - потери мощности холостого хода трансформатора ГПП, кВт;

$U_{кз}$  - напряжение короткого замыкания трансформатора ГПП, %;

$i_{хх}$  - ток холостого хода трансформатора ГПП, %;

$\beta_{ф.ГПП}$  - фактический коэффициент загрузки трансформатора ГПП;

$S_{н.т.ГПП}$  - номинальная мощность выбранного трансформатора ГПП, кВ·А;

$N$  - число трансформаторов, шт.

### Выбор трансформаторов для бурового станка

По условиям работы от одной ПКТП запитывается один буровой станок. Тогда потребная мощность трансформатора ПКТП определяется по формуле:

$$S_{p.t. CBШ} = \frac{\sum P_p}{N \cdot \beta_{opt}}$$

Принимается комплектная передвижная подстанция типа ПКТП с трансформатором типа .....: по условию:

$$S_{н.т. CBШ} \geq S_{p.t. CBШ}$$

Проверяется силовой трансформатор на перегрузочную способность по условию:

$$1,4 \cdot \sum S_{н.т.в.у.} \geq 0,75 \cdot \sum S_{p/n.}$$

Определяется фактический коэффициент загрузки трансформатора по формуле:

$$\beta_{ф. CBШ} = \frac{S_{p.с.комп}}{S_{н.т. CBШ}};$$

Определяются активные и реактивные потери мощности в силовых трансформаторах .... по формулам:

$$\begin{aligned} \Delta P_{тр. CBШ} &= (\beta_{ф. CBШ}^2 \cdot P_{кз} + P_{xx}) \cdot N \text{ кВт} \\ \Delta Q_{тр. CBШ} &= \frac{S_{н.т.}}{100} \cdot (\beta_{ф. CBШ}^2 \cdot U_{кз} + i_{xx}) \cdot N \text{ кВАр} \end{aligned}$$

### Выбор трансформатора для осветительной установки

По условиям работы от одной ПКТП запитывается осветительная установка. Тогда потребная мощность трансформатора ПКТП определяется по формуле:

$$S_{p.t. ОУ} = \frac{\sum P_p}{N \cdot \beta_{opt}}$$

Принимается комплектная передвижная подстанция типа ПКТП с трансформатором типа ....: по условию :

$$S_{н.т. ОУ} \geq S_{p.t. ОУ}$$

Проверяется силовой трансформатор на перегрузочную способность по условию:

$$1,4 \cdot \sum S_{н.т.в.у.} \geq 0,75 \cdot \sum S_p.$$

Определяется фактический коэффициент загрузки трансформатора по формуле:

$$\beta_{ф. ОУ} = \frac{S_{p.с.комп}}{S_{н.т. ОУ}};$$

Определяются активные и реактивные потери мощности в силовых трансформаторах ТМФ-100/6 по формулам :

$$\begin{aligned} \Delta P_{тр. ОУ} &= (\beta_{ф. ОУ}^2 \cdot P_{кз} + P_{xx}) \cdot N \text{ кВт} \\ \Delta Q_{тр. ОУ} &= \frac{S_{н.т.}}{100} \cdot (\beta_{ф. ОУ}^2 \cdot U_{кз} + i_{xx}) \cdot N \text{ кВАр} \end{aligned}$$

### Выбор трансформаторов для вспомогательных участков

Принимаются два силовых трансформатора, так как есть нагрузки первой категории - операторная.

Мощность силового трансформатора определяется по формуле:

$$S_{p.тв.у.} = \frac{\sum P_p}{N \cdot \beta_{opt}};$$

где  $S_{p.тв.у.}$  - расчётная мощность трансформатора, кВт·А;

$\sum P_p$  - суммарная расчётная активная мощность всех электроприёмников с освещением на Н.Н., кВт;

$\beta_{opt} = 0,7$  – оптимальный коэффициент загрузки трансформатора.

Выбирается силовой трансформатор типа .... по условию:

$$S_{н.т.в.у.} \geq S_{р.т.в.у.}$$

Проверяется силовой трансформатор на перегрузочную способность по условию:

$$1,4 \cdot \sum S_{н.т.в.у.} \geq 0,75 \cdot \sum S_{р.}$$

Определяется фактический коэффициент загрузки по формуле:

$$\beta_{ф.в.у.} = \frac{S_{р.с.компл}}{S_{н.т.в.у.}};$$

Определяются активные и реактивные потери мощности в силовом трансформаторе по формулам:

$$\Delta P_{тр.в.у.} = (\beta_{ф.в.у.}^2 \cdot P_{кз} + P_{xx}) \cdot N \text{ кВт}$$
$$\Delta Q_{тр.в.у.} = \frac{S_{н.т.}}{100} \cdot (\beta_{ф.в.у.}^2 \cdot U_{кз} + i_{xx}) \cdot N \text{ кВАр}$$

Суммарные потери в трансформаторах 6/0,4/0,23 определяются по формулам:

$$\sum \Delta P_{тр.6/0,4} = \Delta P_{тр.в.у.} + \Delta P_{тр.сбш} + \Delta P_{тр.оу} \text{ кВт};$$
$$\sum \Delta Q_{тр.6/0,4} = \Delta Q_{тр.в.у.} + \Delta Q_{тр.сбш} + \Delta Q_{тр.оу} \text{ кВт};$$

Выбор автоматического выключателя, шин и изоляторов питающей линии от трансформатора 6/0,4 кВ до РУ-0,4 кВ

Определяется расчётный ток во вторичной обмотке трансформатора по формуле:

$$I_p = \frac{S_{н.т.}}{\sqrt{3} \cdot U_n};$$

где  $I_p$  - расчётный ток во вторичной обмотке трансформатора, А;

$U_n$  - номинальное напряжение потребителей, 0,4 кВ;

$S_{н.т.}$  - номинальная мощность выбранного трансформатора, кВ·А.

Определяется ток расцепителя автоматического выключателя на питающей линии низкого напряжения от трансформатора до РУ-0,4 кВ по формуле:

$$I_{р.расц.} = \frac{I_p}{0,85};$$

где  $I_{р.расц.}$  - ток расцепителя автоматического выключателя, А.

Выбирается автомат типа \_\_\_\_\_,  $I_{н.расц.} = \text{_____}$  А от трансформатора до РУ-0,4 кВ по условию:

$$I_{н.расц.} \geq I_{р.расц.}$$

Выбираются сборные шины для трансформатора \_\_\_\_\_,  $I_d = \text{_____}$  А по условию :

$$I_d \geq I_p;$$

где  $I_d$  - длительно-допустимый ток для данных шин, А.

Проверяются шины на соответствие выбранному автомату по условию:

$$I_d \geq I_{н.расц.}$$

Расчёт и выбор остальных автоматов и шин производится аналогично, результаты расчёта и выбора автоматов и шин приведены в таблице .....

Таблица ....- Результаты расчёта и выбора автоматов и шин для НН ПКТП

Место установки	Тип транс-а	S <sub>н.</sub> ПКТП, ВА	I <sub>р</sub> , А	I <sub>р.расц</sub> , А	I <sub>н.расц</sub> , А	I <sub>отс.</sub> , КА	Тип автомата	I <sub>д</sub> , А	Марка шины
ПКТП ВУ									
ПКТП СБШ									
ПКТП ОУ									

Проверяются шины НН ПКТП ВУ на динамическую устойчивость.

Наибольшее усилие при трёхфазном КЗ, создаваемое проходящим через шинопровод максимальным током, которое испытывает средняя фаза, определяется по формуле:

$$F = 1,76 \cdot i_{уд}^2 \cdot \frac{l}{a} \cdot 10^{-2};$$

где F - наибольшее усилие при трёхфазном КЗ, кгс;

$i_{уд}$  - ударный ток КЗ, протекающий в шинах, кА;

l - длина пролёта между опорными изоляторами шинной конструкции. см;

a - расстояние между шинами, см.

Максимальный изгибающий момент, действующий на шину, определяется по формуле:

$$M = F \cdot l;$$

где M- максимальный изгибающий момент, действующий на шину, кгс·см;

F - наибольшее усилие при трёхфазном КЗ, кгс;

l - длина пролёта между опорными изоляторами шинной конструкции (принимается равной 200 - 500 см), см.

Момент сопротивления сечения шины определяется по формуле:

$$W = \frac{h^2 \cdot b}{6};$$

где W - момент сопротивления сечения шины, см<sup>3</sup>;

b - толщина шины, см;

h - ширина шины, см.

Расчётное напряжение в материале шин от изгиба определяется по формуле:

$$\sigma_{расч} = \frac{M}{W};$$

где  $\sigma_{расч}$  - расчётное напряжение в материале шин от изгиба, кгс/см<sup>2</sup>.

Проверяются шины на динамическую устойчивость по условию:

$$\sigma_{доп} \geq \sigma_{расч};$$

где  $\sigma_{доп}$  - допустимое напряжение в материале шин от изгиба, кгс/см<sup>2</sup>.

Выбираются опорные изоляторы для сборных шин типа \_\_\_\_\_

F<sub>разр</sub> = \_\_\_\_\_ кгс, U до 1 кВ по условию:

$$F_{доп} = 0,6 \cdot F_{разр} > F;$$

где F<sub>доп</sub> - допустимое усилие на головку изолятора, кгс;

$F_{\text{разр}}$  - разрушающее усилие на головку изолятора, кгс, (справочные данные);  
 $F$  - наибольшее усилие при трёхфазном КЗ, создаваемое проходящим через шинопровод максимальным током, кгс.

Проверка остальных шин и выбор изоляторов производится аналогично, результаты проверки шин и выбора изоляторов сводятся в таблицу.

### 2.3 Расчет компенсирующих устройств

Компенсирующие устройства могут подключаться как к высокой стороне трансформатора, так и к низкой. При расчёте и выборе компенсирующих устройств необходимо учитывать способ их подключения.

Используемые формулы:

Расчётная требуемая реактивная мощность, необходимая для повышения  $\cos \varphi$  определяется по формуле:

$$Q_{\text{р.н.к}} = \alpha \cdot \sum P_{\text{р}} \cdot (\text{tg } \varphi_{\text{ср.взв}} - \text{tg } \varphi_1),$$

где

$Q_{\text{р.н.к}}$  – расчётная требуемая реактивная мощность, необходимая для повышения  $\cos \varphi$ , кВАр;

$\sum P_{\text{р}}$  – суммарная расчётная активная мощность всех потребителей, кВт;

$\text{tg } \varphi_{\text{ср.взв}}$  – средневзвешенный реактивный коэффициент мощности при заданной нагрузке;

$\text{tg } \varphi_1$  – требуемый реактивный коэффициент мощности. Требуемый коэффициент реактивной мощности  $\text{tg } \varphi_1$  определяется по коэффициенту мощности  $\cos \varphi = 0,96 - 0,99$ ;

$\alpha$  – коэффициент, вводимый в расчёт с целью учёта компенсации реактивной мощности синхронными двигателями, при их наличии  $\alpha = 0,9$ . При отсутствии синхронных двигателей  $\alpha = 1$ .

Определяется число конденсаторов на все три фазы по формуле:

$$n_{\text{к}} = \frac{Q_{\text{р.н.к}}}{Q_{\text{ном.1 кку}} \cdot \left( \frac{U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном.кку}}} \right)^2},$$

где

$n_{\text{к}}$  - число конденсаторов на все три фазы, шт.;

$Q_{\text{р.н.к}}$  – расчётная требуемая реактивная мощность, необходимая для повышения  $\cos \varphi$ , кВАр;

$Q_{\text{ном.1 кку}}$  – номинальная мощность одного конденсатора, кВАр;

$U_{\text{ном}}$  - номинальное напряжение сети, кВ;

$U_{\text{ном.кку}}$  – рабочее напряжение конденсатора, кВ.

Выбирается батарея типа \_\_\_\_\_  $Q_{\text{н.кку}}$  \_\_\_\_\_ кВАр, ближайшая по мощности к расчётной реактивной мощности компенсирующего устройства.

Расчётная мощность с учётом компенсирующего устройства определяется по формуле:

$$S_{\text{р с н.кку}} = \sqrt{\sum P_{\text{р}}^2 + (\sum Q_{\text{р}} - Q_{\text{н.кку}})^2},$$

где

$S_{p.c.n.kku}$  – расчётная мощность с учётом компенсирующего устройства, кВ·А;

$\Sigma P_p^2$  – суммарная расчётная активная мощность всех потребителей за наиболее загруженную смену, кВт;

$\Sigma Q_p$  – суммарная расчётная реактивная мощность всех потребителей за наиболее загруженную смену, кВАр;

$Q_{n.kku}$  – номинальная реактивная мощность выбранной батареи, кВАр.

Определяется фактический коэффициент загрузки с учётом компенсации по формуле:

$$\beta_{ф.с.комп} = \frac{S_{p.c.n.kku}}{S_{н.т} \cdot N},$$

где

$S_{p.c.n.kku}$  – расчётная мощность с учётом компенсирующего устройства, кВ·А;

$S_{н.т}$  – номинальная мощность выбранного трансформатора, кВ·А;

$N$  – число трансформаторов, шт.

Определяется ток расцепителя автомата на питающей линии по формуле:

$$I_{p.расц} = 1,3 \cdot \frac{Q_{n.kku}}{\sqrt{3} \cdot U_n},$$

где

$I_{p.расц}$  – ток расцепителя автомата, А;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение сети, кВ;

$Q_{n.kku}$  – номинальная реактивная мощность выбранной батареи, кВАр.

Выбирается автомат типа \_\_\_\_\_  $I_{н.расц}$  \_\_\_\_\_ А по условию:

$$I_{н.расц} \geq I_{p.расц}$$

Выбираются шины для питания выбранной батареи типа АІ \_\_\_\_\_  $I_{дл}$  \_\_\_\_\_ по условию:

$$I_{дл} \geq I_p,$$

где расчётный ток определяется по формуле:

$$I_p = \frac{Q_{n.kku}}{\sqrt{3} \cdot U_n},$$

где

$I_{p.расц}$  – ток расцепителя автомата, А;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение сети, кВ;

$Q_{n.kku}$  – номинальная реактивная мощность выбранной батареи, кВАр.

Проверяются шины на соответствие выбранному автомату по условию:

$$I_{дл} \geq I_{н.расц}$$

Определяется величина разрядного сопротивления в том случае, если компенсирующее устройство подключается к высоковольтному РУ-6 кВ или РУ-10 кВ по формуле:

$$R_{раз} = \frac{U_n^2 \cdot 10^6}{Q_{n.kku}},$$

где

$R_{раз}$  – величина разрядного сопротивления, Ом;

$U_n$  – номинальное напряжение на высоковольтной обмотке трансформатора, кВ;

$Q_{n.kku}$  – номинальная реактивная мощность выбранной батареи, кВАр.

Результаты расчета и выбора сводятся в таблицу.

Место установки	$Q_{н.кку}$	$I_p$	$I_{p.расц}$	$I_{н.расц}$	$I_{отс}$	Тип автомата	$I_d$	Марка шины
	кВАр	А	А	А	кА		А	
РУ-6 кВ								
РУ-0,4кВ								
ПКТП СБШ								
ПКТП ОУ								

## 2.4 Расчёт, выбор и проверка сетей напряжением до 1кВ

Расчёт, выбор и проверку сетей напряжением до 1кВ выполняется в соответствии со схемой электроснабжения данного участка предприятия. Выбор электросетей от РУ- 0,4 кВ до потребителей, подключенных непосредственно к шинам РУ- 0,4 кВ, производится в зависимости от типа потребителя.

**Выбор электросетей от РУ - 0,4 кВ до электродвигателей (в том случае, если электродвигатель присоединяется непосредственно к секции шин)**

Расчётный ток электродвигателя определяется по формуле:

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta},$$

где

$I_p$  - расчётный ток электродвигателя, А;

$P_n$  – номинальная мощность электродвигателя, кВт;

$\eta$  - КПД электродвигателя;

$U_n = 0,4$  - номинальное напряжение, кВ;

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности электродвигателя.

Определяется ток расцепителя автомата по формуле:

$$I_{p.расц} = 1,1 \cdot I_p,$$

где

$I_{p.расц}$  – расчётный ток расцепителя автомата, А;

$I_p$  - расчётный ток электродвигателя, А;

Выбирается автомат типа \_\_\_\_\_,  $I_{н.расц}$  \_\_\_\_ А,  $I_{отс}$  \_\_\_\_ А по условию:

$$I_{н.расц} \geq I_{p.расц}$$

Проверяется автомат на действие токов к.з. по условию:

$$I_{отс} \geq k \cdot I_{пуск},$$

где

$I_{отс}$  – ток отсечки выбранного автомата, А;

$I_{пуск}$  - пусковой ток электродвигателя, А.

$k$  – коэффициент, учитывающий вид расцепителя и возможный разброс тока срабатывания относительно уставки,  $k = 1,5-2,2$ .

Пусковой ток электродвигателя определяется по формуле:

$$I_{пуск} = k_{п} \cdot I_{н.ст},$$

где

$I_{\text{пуск}}$  - пусковой ток электродвигателя, А;

$k_{\text{п}}$  - кратность пускового тока (для асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором

$k_{\text{п}} = 5,5 \div 7$  в зависимости от условий пуска двигателя, для асинхронных электродвигателей с фазным ротором  $k_{\text{п}} = 2$ );

$I_{\text{н.ст}}$  – номинальный ток статора электродвигателя, А.

Выбирается кабель марки \_\_\_\_\_  $I_{\text{д}}$  \_\_\_\_\_ А по условию:

$$I_{\text{д}} \geq I_{\text{р}}$$

Проверяется кабель на соответствие выбранного автомата по условию:

$$I_{\text{н.расц}} \geq I_{\text{д}}$$

### **Выбор электросетей от РУ - 0,4 кВ до сварочного трансформатора**

Определяется расчётный ток питающей линии сварочного трансформатора по формуле:

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}},$$

где

$I_{\text{р}}$  - расчётный ток питающей линии сварочного трансформатора, А;

$S_{\text{н}}$  – номинальная мощность одного сварочного трансформатора, кВт·А;

$U_{\text{н}}$  – номинальное напряжение первичной обмотки сварочного трансформатора, В.

Определяется расчётный ток расцепителя автомата питающей линии сварочного трансформатора по формуле:

$$I_{\text{р.расц}} = 1,1 \cdot I_{\text{р}},$$

где

$I_{\text{р.расц}}$  - расчётный ток расцепителя автомата, А;

$I_{\text{р}}$  - расчётный ток питающей линии сварочного трансформатора, А.

Выбирается автомат типа \_\_\_\_\_  $I_{\text{н.расц}}$  \_\_\_\_\_ А по условию:

$$I_{\text{н.расц}} \geq I_{\text{р.расц}}$$

Выбирается кабель марки \_\_\_\_\_  $I_{\text{д}}$  \_\_\_\_\_ А по условию:

$$I_{\text{д}} \geq I_{\text{р}}$$

Проверяется кабель на соответствие выбранного автомата по условию:

$$I_{\text{д}} \geq k_3 \cdot I_{\text{н.расц}},$$

где

$I_{\text{д}}$  – длительно допустимый ток выбранного кабеля, А;

$k_3 = 1,3$  – коэффициент запаса;

$I_{\text{р.расц}}$  - расчётный ток расцепителя автомата, А.

### **Выбор электросетей от РУ - 0,4 кВ до сборок освещения (на каждой секции шин по одной сборке освещения)**

Используемые формулы:

Определяется расчётный ток питающей линии сборки освещения по формуле:

$$I_p = \frac{P_{н.осв}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi},$$

где

$I_p$  - расчётный ток питающей линии сборки освещения, А;

$P_{н.осв}$  - мощность одной сборки освещения,  $\sum P_n = P_{осв}/2$ , кВт;

$U_n$  - номинальное напряжение освещения, кВ;

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности освещения.

Рассчитывается ток расцепителя автомата питающей линии сборки освещения по формуле:

$$I_{р.расц} = \frac{I_p}{0,85},$$

где

$I_{р.расц}$  - расчётный ток расцепителя автомата питающей линии сборки освещения, А;

$I_p$  - расчётный ток питающей линии сборки освещения, А

Выбирается автомат типа \_\_\_\_\_  $I_{н.расц}$  \_\_\_\_\_ А по условию:

$$I_{н.расц} \geq I_{р.расц}$$

Выбирается кабель марки \_\_\_\_\_  $I_d$  \_\_\_\_\_ А по условию:

$$I_d \geq I_p$$

Проверяется кабель на соответствие выбранного автомата по условию:

$$I_d \geq K_3 \cdot I_{н.расц},$$

где

$I_d$  - длительно допустимый ток выбранного кабеля, А;

$I_{р.расц}$  - расчётный ток расцепителя автомата питающей линии сборки освещения, А;

$K_3$  – коэффициент запаса, равный 1,3.

### **Выбор электросетей от РУ - 0,4 кВ до распределительных пунктов РП или ШР**

Расчетный ток питающей линии РП или ШР определяется по формуле:

$$I_p = \frac{\sum S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n},$$

где

$I_p$  – расчетный ток питающей линии РП или ШР при нормальном режиме работы, А;

$\sum S_p$  - суммарная расчетная мощность потребителей РП или ШР (сумма мощностей потребителей, входящих в данный РП), кВт·А;

$U_n = 0,4$  - номинальное напряжение, кВ.

Расчетный ток расцепителя автомата питающей линии РП или ШР определяется по формуле:

$$I_{р.расц} = \frac{I_p}{0,85}$$

где

$I_{р.расц}$  - расчетный ток расцепителя автомата, А.

Выбирается автомат типа \_\_\_\_\_  $I_{н.расц}$  \_\_\_\_\_ А по условию:

$$I_{н.расц} \geq I_{р.расц},$$

где

$I_{н.расц}$  - номинальный ток расцепителя автомата по каталогу, А.

Проверяется автомат на действие токов  $K_3$ . по условию:

$$I_{отс} \geq k \cdot I_{пуск},$$

где

$I_{отс}$  – ток отсечки выбранного автомата, А;

$I_{пуск}$  –, проходящий через питающую линию ШР или РП при пуске электрооборудования, А;

$k$  – коэффициент, учитывающий вид расцепителя и возможный разброс тока срабатывания относительно уставки,  $k = 1,5-2,2$ .

Пусковой ток, проходящий через питающую линию ШР или РП при пуске электрооборудования, определяется по формуле:

$$I_{пуск} = k_{п} \cdot I_{р},$$

где

$I_{пуск}$  – пусковой ток, проходящий через питающую линию ШР или РП при пуске электрооборудования, А;

$k_{п} = 5,5 - 7$  – коэффициент пуска для АД с КЗ ротором;

$I_{р}$  – расчетный ток питающей линии РП или ШР при нормальном режиме работы, А.

Выбирается кабель марки \_\_\_\_\_ ;  $I_{д}$  \_\_\_\_\_ А по условию:

$$I_{д} \geq I_{р}$$

где

$I_{д}$  – длительный допустимый ток кабельной линии, А.

Проверяется кабель на соответствие выбранного автомата по условию:

$$I_{д} \geq k_{з} \cdot I_{н.расч},$$

где

$k_{з}$  – коэффициент защиты,  $k_{з} = 1$ .

Аналогично рассчитываются остальные потребители, подключённые к РУ – 0,4 кВ.

Результаты расчётов сводятся в таблицу.

Таблица 3 – Расчёт сетей напряжения от РУ – 0,4 кВ

Наименование электроприёмни ков	$P_{н}$ кВт	$I_{р}$ А	$I_{расч}$ А	$I_{н.расч}$ А	$I_{пуск}$ А	$I_{отсч}$ А	Тип автомата	$I_{д}$ А	Марка и сечение кабеля, мм <sup>2</sup>

### Выбор электросетей от РП или ШР до потребителей

Расчетный ток питающей линии электроприёмников при нормальном режиме работы определяется по формуле:

$$I_{р} = \frac{P_{дл}}{\sqrt{3} \cdot U_{н}},$$

где

$I_{р}$  – расчетный ток питающей линии электроприёмников при нормальном режиме работы, А;

$P_{дл}$  – расчетная мощность данного потребителя, кВт;

$U_{н}$  – номинальное напряжение, кВ.

Расчетный ток расцепителя автомата питающей линии электроприёмников определяется по формуле:

$$I_{p,расц} = \frac{I_p}{0,85},$$

где

$I_{p,расц}$  - расчетный ток расцепителя автомата, А.

Выбирается автомат типа \_\_\_\_\_ ;  $I_{н,расц}$  \_\_\_\_\_ А по условию:

$$I_{н,расц} \geq I_{p,расц},$$

где

$I_{н,расц}$  - номинальный ток расцепителя автомата по каталогу, А.

Проверяется автомат на действие токов к.з.:

$$I_{отс} \geq 1,25 \cdot I_{пуск},$$

где

$I_{отс}$  – ток срабатывания отсечки автомата при к.з., А;

где  $I_{пуск}$  - пусковой ток двигателя, А.

Пусковой ток двигателя определяется по формуле:

$$I_{пуск} = k_n \cdot I_p,$$

где

$k_n = 5,5 - 7$  - коэффициент пуска для АД с КЗ ротором,  $k_n = 2$  для АД с фазным ротором.

Выбирается кабель марки \_\_\_\_\_ ;  $I_d$  \_\_\_\_\_ А по условию:

$$I_d \geq I_p$$

где

$I_d$  - длительный допустимый ток кабельной линии, А.

Проверяется кабель на соответствие выбранного автомата по условию:

$$I_d \geq k_z \cdot I_{н,расц},$$

где

$k_z$  - коэффициент защиты,  $k_z=1$ .

Аналогично рассчитываются остальные потребители, подключённые к ШР или РП.

Результаты расчётов сводятся в таблицу. Для ШР или РП с одинаковыми нагрузками составляется одна таблица, для ШР или РП, имеющие различные нагрузки, таблицы составляются на каждое РП.

Таблица 4 – Расчёт сетей напряжения от ШР или РП

Наименование электроприёмни ков	$P_{дп}$ кВт	$I_p$ А	$I_{расц}$ А	$I_{н,расц}$ А	$I_{пуск}$ А	$I_{ожсч}$ А	Тип автома та	$I_d$ А	Марка и сечение кабеля, мм <sup>2</sup>

В том случае, если выбираются распределительные шкафы с предохранителями для маломощных потребителей, расчёт и выбор электросетей от ШР до потребителей производится в следующем порядке:

Определяется расчётный ток питающей линии электроприёмников по формуле:

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta},$$

где

$I_p$  - расчётный ток, А;

$U_n = 0,4$  кВ, номинальное напряжение электроприёмников, кВ;

$P_n$  - номинальная мощность электроприёмника, кВт;

$\cos\varphi$  – коэффициент мощности электроприёмника.

Определяется пусковой ток электроприёмника по формуле:

$$I_{\text{пуск}} = k_p \cdot I_p,$$

где

$k_p = 5 - 7$  - коэффициент пуска для АД с КЗ ротором,  $k_p = 2$  для АД с фазным ротором.

Ток плавкой вставки предохранителя определяется по формуле:

$$I_{\text{пл.в}} = \frac{I_{\text{пуск}}}{\alpha},$$

где

$I_{\text{пл.в}}$  - ток плавкой вставки предохранителя, А;

$\alpha$  – коэффициент перегрузки, зависящий от условий пуска электрооборудования, для асинхронных двигателей при лёгких условиях пуска  $\alpha = 2,5$ ; при тяжёлых условиях пуска  $\alpha = 1,6 - 2$ ;

$I_{\text{пуск}}$  - пусковой ток электроприёмника, А.

Выбирается плавкий предохранитель типа \_\_\_\_\_  $I_{\text{н.пл.вст.}}$  А по условию:

$$I_{\text{н.пл.в}} \geq I_{\text{н.пл.вст}}$$

Выбирается кабель марки \_\_\_\_\_  $I_d$  А по условию:

$$I_d \geq I_{\text{пл.в}}$$

Проверяется кабель на соответствие выбранного предохранителя по условию:

$$I_d \geq k_3 \cdot I_{\text{н.пл.в}},$$

где

$k_3$  – коэффициент защиты, зависящий от характера нагрузки, при постоянной нагрузке  $k_3 = 0,33$ .

Аналогично рассчитываются остальные потребители, подключённые к ШР.

Результаты расчётов сводятся в таблицу.

Таблица 5 – Результаты расчёта сетей напряжения от ШР

Наименование потребителей	$P_{\text{дл}}$ кВт	$I_p$ А	$I_{\text{пуск}}$ А	$I_{\text{пикт.}}$ А	$I_{\text{н.пикт.}}$ А	Тип предохранителя	$I_d$ А	Марка и сечение кабеля, мм <sup>2</sup>

## 2.5 Определение годового расхода электрической энергии

Определение расхода электрической энергии на технологию:

Суммарная активная мощность, расходуемая на технологию без освещения, определяется по формуле:

$$P_{\text{техн}} = \sum P_p - P_{\text{осв}} ,$$

где

$P_{\text{техн}}$  – суммарная активная мощность, расходуемая на технологию (без освещения), кВт.

$\sum P_p$  - суммарная активная мощность всех электроприёмников, кВт;

$P_{\text{осв}}$  - активная мощность освещения, кВт.

Активная электрическая энергия, расходуемая на технологию (без освещения) определяется по формуле:

$$W_{\text{техн}} = P_{\text{техн}} \cdot T_{\Gamma} \cdot \frac{1}{1000} ,$$

где

$T_{\Gamma}$  – годовое число часов использования максимума нагрузок, ч;

$W_{\text{техн}}$  – активная электрическая энергия, расходуемая на технологию (без освещения), тыс. кВт. ч.

Суммарная реактивная мощность, расходуемая на технологию (без освещения) определяется по формуле:

$$Q_{\text{техн}} = \sum Q_p - Q_{\text{осв}} - Q_{\text{н.кку}} ,$$

где

$Q_{\text{техн}}$  – суммарная реактивная мощность, расходуемая на технологию (без освещения), кВАр;

$Q_{\text{н.кку}}$  – номинальная мощность комплектно-компенсирующего устройства, кВАр.

$\sum Q_p$  - суммарная реактивная мощность всех электроприёмников, кВАр;

$Q_{\text{осв}}$  - реактивная мощность освещения, кВАр.

Реактивная электрическая энергия, расходуемая на технологию (без освещения), определяется по формуле:

$$V_{\text{техн}} = Q_{\text{техн}} \cdot T_{\Gamma} \cdot \frac{1}{1000} ,$$

где

$V_{\text{техн}}$  – реактивная электрическая энергия, расходуемая на технологию (без освещения), кВАр· ч;

$T_{\Gamma}$  – годовое число часов использования максимума нагрузок, ч.

Активная электрическая энергия, расходуемая на освещение, определяется по формуле:

$$W_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \cdot T_{\text{осв}} \cdot \frac{1}{1000} ,$$

где

$W_{\text{осв}}$  – активная электрическая энергия, расходуемая на освещение, кВт· ч,

$T_{\text{осв}}$  - годовое число часов использования освещения, ч. В расчетах при достаточном естественном освещении годовое число часов использования осветительных установок принимают при двухсменной работе - 2100 ч, при трехсменной — 4600 ч, а при трехсменной непрерывной работе — 5600 ч. При недостаточном естественном освещении

при двухсменной работе число часов использования осветительных установок — 4100 ч; при трехсменной — 6000 ч; при непрерывной трехсменной работе — 8700 ч.

$P_{осв}$  — активная мощность, расходуемая на освещение, кВт.

Реактивная электрическая энергия, расходуемая на освещение, определяется по формуле:

$$V_{осв} = Q_{осв} \cdot T_{осв} \cdot \frac{1}{1000},$$

где

$V_{осв}$  — реактивная электрическая энергия, расходуемая на освещение, тыс.кВАр·ч;

$Q_{осв}$  — реактивная мощность, расходуемая на освещение, кВт.

Определение потерь электрической энергии в трансформаторах:

Потери активной электрической энергии в трансформаторах определяются по формуле:

$$W_{п.тр} = (\beta_{ф.с.комп}^2 \cdot P_{кз} \cdot \tau + P_{хх} \cdot T_{г}) \cdot \frac{N}{1000},$$

где

$W_{п.тр}$  — потери активной электрической энергии в трансформаторах, тыс.кВт·ч;

$\tau$  — время максимальных потерь мощности в трансформаторе за год, ч;

$P_{кз}$  — потери мощности короткого замыкания трансформатора, кВт;

$P_{хх}$  — потери мощности холостого хода трансформатора, кВт;

$N$  — число трансформаторов, шт.;

$\beta_{ф.с.комп}$  — фактический коэффициент загрузки трансформатора с учётом компенсации.

Время максимальных потерь мощности в трансформаторе за год определяется по формуле:

$$\tau = (0,124 + T_{\max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot T_{г},$$

где

$T_{\max}$  — максимальное число часов использования технологических приёмников, ч.

$T_{г}$  — годовое число часов использования максимума нагрузок, ч.

Потери реактивной электрической энергии в трансформаторах определяются по формуле:

$$V_{п.тр} = (\beta_{ф.с.комп}^2 \cdot U_{кз} \cdot \tau + i_{хх} \cdot T_{г}) \cdot \frac{S_{н.т}}{100} \cdot \frac{N}{1000},$$

где

$V_{п.тр}$  — потери реактивной электрической энергии в трансформаторах, тыс. кВАр·ч;

$\tau$  — время максимальных потерь мощности в трансформаторе за год, ч;

$T_{г}$  — годовое число часов использования максимума нагрузок, ч;

$i_{хх}$  — ток холостого хода трансформатора, %;

$\beta_{ф.с.комп}$  — фактический коэффициент загрузки трансформатора с учётом компенсации;

$S_{н.т}$  — номинальная мощность выбранного трансформатора, кВ·А;

$U_{кз}$  — напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

$N$  — число трансформаторов, шт.

Определение среднегодового коэффициента мощности

Среднегодовой коэффициент мощности определяется по формуле:

$$\cos \varphi_{ср.год} = \frac{\sum W}{\sqrt{\sum W^2 + \sum V^2}},$$

где

$\Sigma W$  - суммарная потребляемая активная электрическая энергия, тыс. кВт·ч.

$$\Sigma W = \Delta W_{\text{л}} + W_{\text{тех}} + W_{\text{осв}} + W_{\text{п.тр}},$$
$$\Delta W_{\text{л}} = 0,03 \cdot P_{\text{р}} \cdot T_{\text{мах}} \cdot \frac{1}{1000},$$

где

$\Delta W_{\text{л}}$  - потери активной электрической энергии в линиях, тыс. кВт·ч.

$$\Sigma V = V_{\text{тех}} + V_{\text{осв}} + V_{\text{п.тр}},$$

где

$\Sigma V$  - суммарная потребляемая реактивная электрическая энергия, тыс. кВАр·ч.

## Расчет годового расхода электрической энергии для карьеров

### 1 Определение расхода электрической энергии на технологию

Расчёт выполняется непосредственно после приведения используемых формул.

Суммарная активная мощность, расходуемая на технологию без освещения, определяется по формуле:

$$\Sigma P_{\text{техн}} = \Sigma P_{\text{р}};$$

где  $\Sigma P_{\text{техн}}$  - суммарная активная мощность, расходуемая на технологию без освещения и потерь на НН и ВН, кВт;

$\Sigma P_{\text{р}}$  - суммарная активная мощность всех электроприёмников за наиболее загруженную смену без освещения и потерь на НН и ВН, кВт.

Активная электрическая энергия, расходуемая на технологию без освещения, определяется по формуле:

$$W_{\text{техн}} = \Sigma P_{\text{техн}} \cdot T_{\text{г}} \cdot \frac{1}{1000};$$

где  $T_{\text{г}}$  - годовое число часов использования максимума нагрузок, для горнорудной промышленности  $T_{\text{г}} = 5487$  ч;

$W_{\text{техн}}$  - активная электрическая энергия, расходуемая на технологию без освещения, тыс. кВт·ч.

Суммарная реактивная мощность, расходуемая на технологию без освещения, определяется по формуле:

$$Q_{\text{техн}} = \Sigma Q_{\text{р}} - \Sigma Q_{\text{н.кку}};$$

где  $Q_{\text{техн}}$  - суммарная реактивная мощность, расходуемая на технологию без освещения на НН и ВН, кВАр;

$\Sigma Q_{\text{н.кку}}$  - номинальная мощность комплектно-компенсирующего устройства на НН и ВН без потерь, компенсации и освещения, кВАр;

$\Sigma Q_{\text{р}}$  - суммарная реактивная мощность всех электроприёмников за наиболее загруженную смену на НН и ВН, кВАр.

Реактивная электрическая энергия, расходуемая на технологию без освещения, определяется по формуле:

$$V_{\text{техн}} = Q_{\text{техн}} \cdot T_{\text{г}} \cdot \frac{1}{1000};$$

где  $V_{\text{техн}}$  - реактивная электрическая энергия, расходуемая на технологию без освещения, тыс. кВАр·ч;

$T_{\Gamma}$  - годовое число часов использования максимума нагрузок, ч.

## 2 Определение расхода электрической энергии на освещение

Активная электрическая энергия, расходуемая на освещение, определяется по формуле:

$$W_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \cdot T_{\text{осв}} \cdot \frac{1}{1000};$$

где  $W_{\text{осв}}$  - активная электрическая энергия, расходуемая на освещение, тыс. кВт·ч;

$T_{\text{осв}} = 5600$  - годовое число часов использования освещения, ч;

$P_{\text{осв}}$  - активная мощность, расходуемая на освещение, кВт.

Реактивная электрическая энергия, расходуемая на освещение при применении светильников с пускорегулирующими устройствами, определяется по формуле:

$$V_{\text{осв}} = Q_{\text{осв}} \cdot T_{\text{осв}} \cdot \frac{1}{1000};$$

где  $V_{\text{осв}}$  - реактивная электрическая энергия, расходуемая на освещение с компенсацией, тыс. кВАр·ч;

$Q_{\text{осв}}$  - реактивная мощность, расходуемая на освещение, кВт.

## 3. Определение потерь электрической энергии в трансформаторах:

Потери активной электрической энергии в трансформаторах определяются по формуле:

$$W_{\text{п.тр}} = (\beta_{\text{ф.с.комп}}^2 \cdot P_{\text{кз}} \cdot \tau + P_{\text{хх}} \cdot T_{\Gamma}) \cdot \frac{N}{1000};$$

где  $W_{\text{п.тр}}$  - потери активной электрической энергии в трансформаторах, тыс. кВт·ч;

$\tau$  - время максимальных потерь мощности в трансформаторе за год, ч;

$P_{\text{кз}}$  - потери мощности короткого замыкания трансформатора, кВт;

$P_{\text{хх}}$  - потери мощности холостого хода трансформатора, кВт;

$N$  - число трансформаторов, шт.;

$\beta_{\text{ф.с.комп}}$  - фактический коэффициент загрузки трансформатора с учётом компенсации.

Для трансформаторов ГПП:

Для трансформаторов вспомогательных участков:

Для трансформатора СБШ:

Для трансформатора осветительной установки:

Время максимальных потерь мощности в трансформаторе за год определяется по формуле:

$$\tau = (0,124 + T_{\text{мах}} \cdot 10^{-4})^2 \cdot T_{\Gamma};$$

где  $T_{\text{мах}}$  - максимальное число часов использования технологических приёмников,

$T_{\text{мах}} = 6360$  ч;

$T_{\Gamma} = 5487$  - годовое число часов использования максимума нагрузок, ч.

Суммарные потери активной электрической энергии в трансформаторах определяются по формуле (53):

$$W_{п.тр} = W_{п.тр.ГПП} + W_{п.тр.в.у.} + W_{п.тр.СБШ} + W_{п.тр.о.у.}$$

Потери реактивной электрической энергии в трансформаторах определяются по формуле:

$$V_{п.тр} = \left( \beta_{ф.с.комп}^2 \cdot U_{кз} \cdot \tau + i_{хх} \cdot T_{г} \right) \cdot \frac{S_{н.т}}{100} \cdot \frac{N}{1000};$$

где  $V_{п.тр}$  - потери реактивной электрической энергии в трансформаторах, тыс. кВАр·ч;

$\tau$  - время максимальных потерь мощности в трансформаторе за год, ч;

$T_{г}$  - годовое число часов использования максимума нагрузок, ч;

$i_{хх}$  - ток холостого хода трансформатора, %;

$\beta_{ф.с.комп}$  - фактический коэффициент загрузки трансформатора с учётом компенсации;

$S_{н.т}$  - номинальная мощность выбранного трансформатора, кВ·А;

$U_{кз}$  - напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

$N$  - число трансформаторов, шт.

Для трансформаторов ГПП:

Для трансформаторов вспомогательных участков:

Для трансформатора СБШ:

Для трансформатора осветительной установки:

Суммарные потери реактивной электрической энергии в трансформаторах определяются по формуле:

$$V_{п.тр} = V_{п.тр.ГПП} + V_{п.тр.в.у.} + V_{п.тр.СБШ} + V_{п.тр.о.у.}$$

#### 4. Определение среднегодового коэффициента мощности

Среднегодовой коэффициент мощности определяется по формуле:

$$\cos \varphi_{ср.год} = \frac{\Sigma W}{\sqrt{\Sigma W^2 + \Sigma V^2}};$$

где  $\Sigma W$  - суммарная потребляемая активная электрическая энергия, тыс. кВт·ч;

$\Sigma V$  - суммарная потребляемая реактивная электрическая энергия, тыс. кВАр·ч.

Суммарная потребляемая активная электрическая энергия определяется по формуле:

$$\Sigma W = \Delta W_{л} + W_{тех} + W_{осв} + W_{п.тр.}$$

Потери активной электрической энергии в линиях электропередач определяются по формуле:

$$\Delta W_{л} = 0,03 \cdot P_p \cdot T_{max} \cdot \frac{1}{1000};$$

где  $\Delta W_{л}$  - потери активной электрической энергии в линиях электропередач, тыс. кВт·ч;

$P_p$  - суммарная расчётная активная мощность потребителей на НН и ВН с учётом освещения, компенсации и потерь в трансформаторах, кВт.

Суммарная потребляемая реактивная электрическая энергия определяется по формуле:

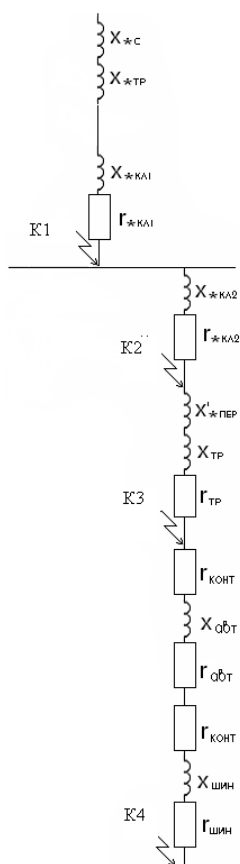
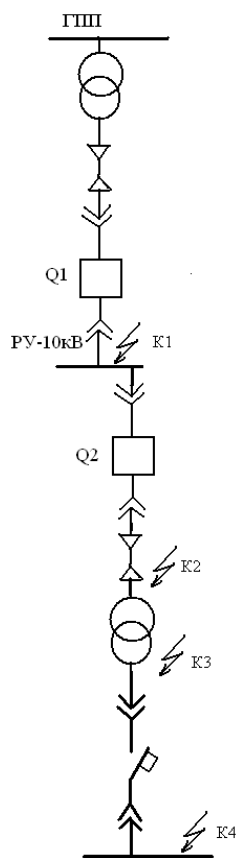
$$\Sigma V = V_{\text{тех}} + V_{\text{осв}} + V_{\text{пл.тр}} \text{ кВАр} \cdot \text{ч};$$

где  $\Sigma V$  - суммарная потребляемая реактивная электрическая энергия, тыс. кВАр · ч.

## 2.6 Расчет токов короткого замыкания

Исходные данные:  $S_{\text{HT}}$ ;  $S_{\text{КЗ}}$ ;  $L_1$ ;  $L_2$ ;  $L_3$ ;  $L_{\text{шин}}$

**Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1000 В**



При расчете токов короткого замыкания в установках напряжением до 1000 В должны учитываться активные и индуктивные сопротивления цепи короткого замыкания (воздушных и кабельных линий, обмоток силовых трансформаторов, трансформаторов тока, шин и коммутационной аппаратуры до точки КЗ). Для указанных установок считается, что мощность системы не ограничена и напряжение на стороне высшего напряжения трансформатора неизменно. Это выполняется, если мощность системы примерно в 50 раз больше мощности цехового трансформатора.

Начертить схему РУ – 0,4 кВ с учётом питающего трансформатора и схему замещения.

При расчете токов короткого замыкания на шинах низшего напряжения трансформатора необходимо вести расчёт индуктивных и активных сопротивлений цепи КЗ в указанных точках. Результирующие сопротивления цепи КЗ складываются из сопротивлений элементов цепи от трансформатора до точки короткого замыкания: трансформатора, воздушных и кабельных линий, токовых катушек и контактов аппаратов.

Активное сопротивление трансформатора определяется по формуле:

$$r_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{КЗ}} \cdot U_{\text{Н}}^2}{S_{\text{Н.Т}}^2},$$

где

$r_{\text{тр}}$  - активное сопротивление трансформатора, Ом;

$P_{\text{КЗ}}$  — мощность короткого замыкания, берётся из данных выбранного трансформатора, кВт;

$U_{\text{Н}} = 0,4 \text{ кВ}$  — номинальное напряжение сети, кВ;

$S_{н.т.}$  – номинальная мощность выбранного трансформатора, кВ·А.

Индуктивное сопротивление трансформатора определяется по формуле:

$$X_{тр} = \frac{10 \cdot U_{ном.ср}^2 \cdot U_{кз\%}}{S_{н.т}},$$

где

$X_{тр}$  – индуктивное сопротивление трансформатора, Ом;

$U_{кз\%}$  – напряжение короткого замыкания, берётся из данных выбранного трансформатора, %;

$U_{ном.ср}$  – среднее номинальное напряжение на высшей стороне трансформатора, кВ.

Активное сопротивление воздушных и кабельных линий определяется по формуле:

$$r_{л\pi} = r_0 \cdot l,$$

где

$r_{л\pi}$  – активное сопротивление воздушных или кабельных линий, Ом;

$r_0$  – активное сопротивление для данного сечения провода ВЛ или одной жилы кабеля 1 км линии электропередачи (справочные данные), Ом/км;

$l$  – длина воздушной линии электропередачи, км.

Индуктивное сопротивление воздушных и кабельных линий определяется по формуле:

$$X_{л\pi} = x_0 \cdot l,$$

где

$X_{л\pi}$  – индуктивное сопротивление воздушных и кабельных линий, Ом;

$x_0$  – индуктивное сопротивление сечения одной жилы кабеля или провода ВЛ 1 км линии электропередачи (справочные данные), Ом/км;

$l$  – длина кабельной линии электропередачи, км.

Сопротивление катушек и контактов аппаратов находят по данным справочников.

Полное сопротивление цепи в данной точке определяется по формуле:

$$Z_{к1} = \sqrt{r_{к1}^2 + x_{к1}^2},$$

где

$Z_{к1}$  – полное сопротивление всей цепи в точке К1, Ом;

$x_{к1}$  – суммарное индуктивное сопротивление всей цепи до точки КЗ К1, Ом;

$r_{к1}$  – суммарное активное сопротивление всей цепи до точки КЗ К1, Ом.

Для проверки аппаратуры на предельную отключающую способность определяется для данной точки ток трехфазного короткого замыкания по формуле:

$$I_{к1} = \frac{U_{ном.ср}}{1000 \cdot 1,73 \cdot \sqrt{r_{к1}^2 + x_{к1}^2}} = \frac{U_{ном.ср}}{1000 \cdot 1,73 \cdot Z_{к1}},$$

где

$I_{к1}$  – ток трехфазного короткого замыкания в данной точке, кА;

$r_{к1}$  – результирующее активное сопротивление всей цепи КЗ, Ом;

$x_{к1}$  – результирующее индуктивное сопротивление всей цепи КЗ, Ом;

$Z_{к1}$  – полное сопротивление всей цепи в точке К1, Ом;

$U_{ном.ср}$  – среднее номинальное напряжение на высшей стороне трансформатора, В.

Мгновенное значение ударного тока короткого замыкания в заданной точке определяется по формуле:

$$i_{уд.1} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_{к1},$$

где

$i_{уд1}$  – мгновенное значение ударного тока короткого замыкания в точке К1, кА;

$K_{уд}$  - ударный коэффициент, который принимается равным 1,8 при КЗ в сетях высокого напряжения, где активное сопротивление не оказывает существенного влияния.

Действующее значение ударного тока короткого замыкания в точке К1 определяется по формуле:

$$I_{уд.1} = I_{к1} \cdot \sqrt{1 + (K_{уд} - 1)^2},$$

где

$I_{уд.1}$  – действующее значение ударного тока короткого замыкания в точке К1, кА.

Мощность короткого замыкания в данной точке определяется по формуле:

$$S_{к.з.1} = \frac{S_6}{Z_{к1}}$$

где

$S_{к/з/1}$  - мощность короткого замыкания в данной точке, МВА;

$S_6$  – базовая мощность питающей высоковольтной подстанции, МВА;

$Z_{к1}$  - полное сопротивление цепи в точке К1, Ом.

Аналогично производится расчёт для остальных точек КЗ.

Результаты расчётов сводятся в таблицу.

Таблица – Токи короткого замыкания

Точки К.З.	$I_{к.з.}$ , кА	$i_{уд.}$ , кА	$I_{уд.}$ , кА	$S_{к.з.}$ , кА

## Расчёт токов короткого замыкания для карьеров

### 1 Расчёт базисных величин

Расчет токов короткого замыкания производится для выбора и проверки по электродинамической и термической стойкости электрических аппаратов и проводников, проектирования и настройки релейной защиты.

При расчете токов короткого замыкания на шинах высокого и низкого напряжения трансформатора необходимо вести расчёт индуктивных и активных сопротивлений цепи КЗ в указанных точках. Результирующие сопротивления цепи КЗ складываются из сопротивлений элементов цепи до точки короткого замыкания: трансформатора, воздушных и кабельных линий, шин, токовых катушек и контактов аппаратов.

Для указанных установок считается, что мощность системы не ограничена и напряжение на стороне высшего напряжения трансформатора неизменно.

Расчет токов короткого замыкания производится в относительных базисных единицах. При расчете токов короткого замыкания в относительных единицах принимаются исходные данные:

$$S_6 = 100 \text{ МВ} \cdot \text{А}; S_{н.т.} = 40 \text{ МВ} \cdot \text{А}; S_{кз} = 2000 \text{ МВ} \cdot \text{А}; U_{ср} = 6 \text{ кВ}; U_6 = 6,3 \text{ кВ}$$

Определяются точки короткого замыкания с указанием длины воздушных и кабельных питающих линий:

К<sub>1</sub>- питающая ЛЭП ВЛ - 1, длина воздушной линии  $l_1 = 1,8$  км;

К<sub>2</sub>- питающая ЛЭП ВЛ - 2, длина воздушной линии  $l_2 = 1,7$  км;

К<sub>3</sub>- высокая сторона ПКТП<sub>СБШ</sub> №1 6/0,4, длина воздушной линии l<sub>4</sub> =0,87 км;

К<sub>4</sub> - высокая сторона ПКТП<sub>ОУ</sub>, 6/0,23; длина воздушной линии l<sub>5</sub> =0,7 км;

К<sub>5</sub> - ЯВВ насоса водоотлива, 6 кВ, длина воздушной линии l<sub>6</sub> =0,5 км;

К<sub>6</sub>- ЯВВ экскаватора №1, 6 кВ, длина воздушной линии l<sub>7</sub> =0,39 км;

Определяется базисная величина тока короткого замыкания по формуле:

$$I_6 = \frac{S_6}{U_6 \cdot \sqrt{3}}, \text{ кА};$$

где U<sub>6</sub>- базисное напряжение, кВ;

I<sub>6</sub>- базисный ток, кА;

S<sub>6</sub>- базисная мощность, МВА.

Схемы токов короткого замыкания

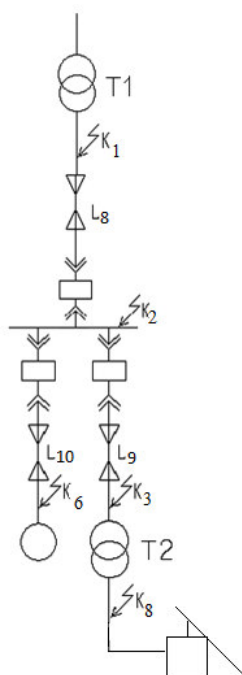


Рисунок . Расчётная схема

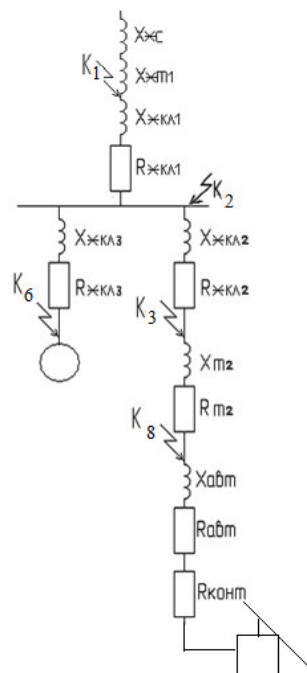


Рисунок . Схема замещения

## 2 Расчёт токов короткого замыкания в указанных точках

Определяется индуктивное сопротивление энергосистемы по формуле:

$$X_{*c} = \frac{S_6}{S_{кз}};$$

где S<sub>кз</sub> - полная мощность К.З. в системе, МВА;

X<sub>\*с</sub> - индуктивное сопротивление энергосистемы.

$$X_{*c} = \frac{100}{2000} = 0,05$$

Определяется индуктивное сопротивление трансформатора ГПП о формуле:

$$X_{*Т1} = \frac{U_{кз} \cdot S_6}{100 \cdot S_{НТ}};$$

где  $X_{*T1}$  - индуктивное сопротивление трансформатора ГПП.

Рассчитываются параметры К.З. в точке  $K_1$ .

Определяется активное и индуктивное сопротивление воздушной линии ЛЭП ВЛ-1 по формуле:

$$X_{*ВЛ1} = X_{0ВЛ1} \cdot l_{ВЛ1} \cdot \frac{S_6}{U_6^2};$$

$$r_{*ВЛ1} = r_{0ВЛ1} \cdot l_{ВЛ1} \cdot \frac{S_6}{U_6^2};$$

где  $X_{0ВЛ1} =$  ;  $r_{0ВЛ1}$  — удельное индуктивное и активное сопротивление воздушной линии, мОм/км;

$l_{ВЛ1} = 1,8$  — длина воздушной линии, км.

Определяется индуктивное сопротивление цепи короткого замыкания до точки  $K_1$  по формуле:

$$X_{*K1} = X_{*c} + X_{*T} + X_{*ВЛ1};$$

$$r_{*K1} = r_{*ВЛ1}$$

Определяется полное сопротивление цепи короткого замыкания до точки  $K_1$  по формуле:

$$Z_{*K1} = \sqrt{r_{*K1}^2 + X_{*K1}^2};$$

где  $Z_{*K1}$  — полное сопротивление в точке  $K_1$ .

Определяется ток КЗ в точке  $K_1$  по формуле:

$$I_{K.3.1} = \frac{I_6}{Z_{*K1}};$$

Определяется мощность КЗ в точке  $K_1$  по формуле:

$$S_{K31} = \frac{S_6}{Z_{*K1}}, \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

Определяются мгновенное и действующее значение ударных токов в точке  $K_1$  по формуле:

$$i_{уд.кз1} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{K31}, \text{ кА};$$

где  $K_y$  — ударный коэффициент, который принимается равным 1,8 при КЗ в сетях высокого напряжения, где активное сопротивление не оказывает существенного влияния.

$$I_{уд.кз1} = I_{K31} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_y - 1)^2}, \text{ кА}$$

Рассчитываются параметры К.З. в точке  $K_2$ .

Определяется активное и индуктивное сопротивление воздушной линии ЛЭП ВЛ — 2 по формулам

$$X_{*ВЛ2} = X_{0ВЛ2} \cdot l_{ВЛ2} \cdot \frac{S_6}{U_6^2};$$

$$r_{*ВЛ2} = r_{0ВЛ2} \cdot l_{ВЛ2} \cdot \frac{S_6}{U_6^2};$$

где  $X_{0ВЛ2} = 0,305$  ;  $r_{0ВЛ2} = 0,21$  – удельное индуктивное и активное сопротивление воздушной линии, мОм/км;

$l_{ВЛ2} = 1,7$  – длина воздушной линии, км.

Определяется индуктивное сопротивление цепи короткого замыкания до точки К1 по формуле:

$$X_{*К2} = X_{*с} + X_{*Т} + X_{*ВЛ2};$$

Определяется полное сопротивление цепи короткого замыкания до точки К1 по формуле:

$$Z_{*К2} = \sqrt{r_{*К2}^2 + X_{*К2}^2};$$

где  $Z_{*К2}$  – полное сопротивление в точке К2.

Определяется ток КЗ в точке К2 по формуле:

$$I_{К.3.2} = \frac{I_6}{Z_{К2}};$$

Определяется мощность КЗ в точке К2 по формуле:

$$S_{К32} = \frac{S_6}{Z_{К2}}, \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

Определяются мгновенное и действующее значение ударных токов в точке К2 по формуле:

$$i_{уд.к32} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{К32}, \text{ кА};$$

$$I_{уд.к32} = I_{К32} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_y - 1)^2}, \text{ кА};$$

где  $K_y$ - ударный коэффициент, который принимается равным 1,8 при КЗ в сетях высокого напряжения, где активное сопротивление не оказывает существенного влияния.

Рассчитываются параметры К.З. в точке К3 и до ПКТП 6/0,4 кВ СБШ

Определяется полное сопротивление цепи короткого замыкания до точки К3 по формуле:

$$X_{*ВЛ3} = X_{0ВЛ3} \cdot l_{ВЛ3} \cdot \frac{S_6}{U_6^2};$$

$$r_{*ВЛ3} = r_{0ВЛ3} \cdot l_{ВЛ3} \cdot \frac{S_6}{U_6^2};$$

$$X_{*К3} = X_{*с} + X_{*Т} + X_{*ВЛ3};$$

$$Z_{*К3} = \sqrt{r_{*К3}^2 + X_{*К3}^2};$$

Определяются токи КЗ в точке К3 по формуле:

$$I_{к.3} = \frac{I_6}{Z_{к3}};$$

Определяется мощности КЗ в точке К3, по формуле:

$$S_{к3} = \frac{S_6}{Z_{к3}}, \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

Определяются мгновенное и действующее значение ударных токов в точке К3 по формуле:

$$i_{уд.к3} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{к3}, \text{ кА};$$

$$I_{уд.к3} = I_{к3} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_y - 1)^2}, \text{ кА};$$

Рассчитываются параметры К.З. в точке К4 до ПКТП 6/0,4 кВ ОУ.

Определяется полное сопротивление цепи короткого замыкания до точки К6 по формуле:

$$X_{*вл4} = X_{0вл6} \cdot I_{вл6} \cdot \frac{S_6}{U_6^2};$$

$$r_{*вл4} = r_{0вл6} \cdot I_{вл6} \cdot \frac{S_6}{U_6^2};$$

$$r_{*к.4}^* = r_{*к2}^* + r_{*вл.6}^*;$$

$$X_{*к4}^* = X_{*к2}^* + X_{*вл6}^*;$$

$$Z_{*к4} = \sqrt{r_{*к6}^2 + X_{*к6}^2};$$

Определяется ток КЗ в точке К4 по формуле:

$$I_{к4} = \frac{I_6}{Z_{*к6}}, \text{ кА};$$

Определяется мощность КЗ в точке К4 по формуле:

$$S_{к4} = \frac{S_6}{Z_{*к6}}, \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

Определяются мгновенное и действующее значение ударных токов в точке К4 по формуле:

$$i_{уд.к4} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{к4}, \text{ кА};$$

$$I_{уд.к4} = I_{к4} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_y - 1)^2}, \text{ кА};$$

Рассчитываются параметры К.З. в точке К5 для ЯВВ водоотлива.

Определяется полное сопротивление цепи короткого замыкания до точки К7 по формуле:

$$X_{*вл5} = X_{0вл7} \cdot I_{вл7} \cdot \frac{S_6}{U_6^2};$$

$$r_{*ВЛ5} = r_{0ВЛ7} \cdot l_{ВЛ7} \cdot \frac{S_6}{U_6^2},$$

$$r_{*К.5} = r_{*К2} + r_{*ВЛ.5};$$

$$X_{*К5} = X_{*К2} + X_{*ВЛ5};$$

$$Z_{*К5} = \sqrt{r_{*К5}^2 + X_{*К5}^2};$$

Определяется ток КЗ в точке К<sub>5</sub> по формуле:

$$I_{КЗ5} = \frac{I_6}{Z_{*К5}}, \text{ кА};$$

Определяется мощность КЗ в точке К<sub>7</sub> по формуле:

$$S_{КЗ5} = \frac{S_6}{Z_{*К7}}, \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

Определяются мгновенное и действующее значение ударных токов в точке К<sub>7</sub> по формуле:

$$i_{уд.КЗ5} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{КЗ7}, \text{ кА};$$

$$I_{уд.КЗ5} = I_{КЗ5} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_y - 1)^2}, \text{ кА};$$

Рассчитываются параметры К.З. в точке К<sub>6</sub> для ЯВВ ЭКГ.

Определяется полное сопротивление цепи К.З. до точки К<sub>6</sub> по формуле:

$$X_{*ВЛ6} = X_{0ВЛ6} \cdot l_{ВЛ6} \cdot \frac{S_6}{U_6^2};$$

$$r_{*ВЛ6} = r_{0ВЛ6} \cdot l_{ВЛ6} \cdot \frac{S_6}{U_6^2};$$

$$r_{*К.6} = r_{*К1} + r_{*ВЛ.6};$$

$$X_{*К6} = X_{*К1} + X_{*ВЛ6};$$

$$Z_{*К6} = \sqrt{r_{*К6}^2 + X_{*К6}^2};$$

Определяется ток КЗ в точке К<sub>6</sub> по формуле:

$$I_{КЗ6} = \frac{I_6}{Z_{*К6}}, \text{ кА};$$

Определяется мощность КЗ в точке К<sub>8</sub> по формуле :

$$S_{КЗ6} = \frac{S_6}{Z_{*К6}}, \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

Определяются мгновенное и действующее значение ударных токов в точке К<sub>6</sub> по формуле:

$$i_{уд.КЗ6} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{КЗ6}, \text{ кА};$$

$$I_{уд.кз6} = I_{кз6} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_y - 1)^2}, \text{ кА};$$

Результаты расчёта параметров токов короткого замыкания заносятся в таблицу

Таблица - Результаты расчёта параметров токов короткого замыкания

Точки КЗ	$I_{кз}, \text{ кА}$	$i_{уд}, \text{ кА}$	$I_{уд}, \text{ кА}$	$S_{кз}, \text{ МВ} \cdot \text{А}$
К1				
К2				
К3				
К4				
К5				
К6				

## 2.7 Выбор и проверка электрических сетей напряжением выше 1 кВ

### Выбор и проверка электрических сетей от ГПП до трансформатора

Выбирается кабель или провод для кабельной или воздушной линии марки \_\_\_\_\_

$I_d$  \_\_\_\_\_ А по нагреву рабочим током по условию:

$$I_d \geq I_p,$$

где расчётный ток питающей линии от ГПП до трансформатора определяется по формуле:

$$I_p = \frac{S_{н.т.}}{\sqrt{3} \cdot U_n};$$

где

$I_p$  - расчётный ток питающей линии от ГПП до трансформатора, А;

$U_n$  - высоковольтное напряжение, кВ;

$S_{н.т.}$  - номинальная мощность выбранного трансформатора, кВ·А.

Проверка кабеля или провода для воздушной линии по экономической плотности тока по условию:

$$F_{выб.каб} \geq F_{эк}$$

где

$F_{выб.каб}$  - сечение жил выбранного кабеля или провода для воздушной линии, мм<sup>2</sup>;

$F_{эк}$  - экономически целесообразное сечение жил кабеля или провода, мм<sup>2</sup>.

Экономически целесообразное сечение жил кабеля или провода определяется по формуле:

$$F_{эк} = \frac{I_p}{j};$$

где

$F_{эк}$  - экономически целесообразное сечение жил кабеля или провода, мм<sup>2</sup>;

$j$  - экономическая плотность тока, А/мм<sup>2</sup> (для воздушных линий  $j = 1,3$ , для кабельных линий с алюминиевыми жилами  $j = 1,5$ , для кабельных линий с медными жилами  $j = 2$ ).

Проверка кабеля или провода для воздушной линии по термической устойчивости по условию:

$$I_{т.у} \geq I_{к.з}$$

Окончательно выбирается кабель или провод для воздушной линии марки \_\_\_\_\_ I<sub>д</sub> \_\_\_\_\_ А

Проверка кабеля или провода для воздушной линии по падению напряжения по условию:

$$\Delta U \leq 10\%$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l}{U_n} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi_{\text{ср.год}} + x_0 \cdot \sin \varphi_{\text{ср.год}}) \cdot 100\%$$

где

$\Delta U$  - падение напряжения, %;

$I_p$  - расчётный ток КЛ или ВЛ, А;

$l$  - длина линии, км;

$U_n$  - номинальное напряжение КЛ или ВЛ, В;

$r_0$  – активное сопротивление жил кабеля или провода воздушной линии, Ом /км;

$x_0$  – реактивное сопротивление жил кабеля или провода воздушной линии, Ом /км;

$\cos \varphi_{\text{ср.год}}$  - среднегодовой коэффициент мощности;

$\sin \varphi_{\text{ср.год}}$  - определяется по  $\cos \varphi_{\text{ср.взв}}$ .

### Выбор и проверка электрических сетей напряжением выше 1кВ для карьеров

Общие положения

Сечения воздушных и кабельных линий напряжением до и выше 1000 В выбираются по нагреву токами нагрузки с последующей проверкой по экономической плотности тока (только ЛЭП напряжением 6-35 кВ со сроком службы более 5 лет); на термическую устойчивость от воздействия токов короткого замыкания (только кабельные ЛЭП напряжением 6-10 кВ).

Выбор сечения проводников по нагреву токами нагрузки сводится к сравнению расчетного тока  $I_p$  с длительно допустимыми токами нагрузки для стандартных сечений по условию (12):

$$I_d \geq I_p$$

Распределение нагрузки по линиям электроснабжения.

Для расчёта питающей бортольцевой линии ВЛ напряжением 6 кВ учитываются все нагрузки. Питающие линии электроприёмников рассчитываются отдельно.

Результаты распределения нагрузок сведены в таблице

Таблица - Распределение нагрузки по питающим линиям 6 кВ

Электроприемники	Кол-во	$P_{\text{уст}}$	$P_{\text{общ}}$	$P_p$	$Q_p$	$S_p$
	шт	кВт	кВт	кВт	кВАр	кВА
Бортольцевая линия ВЛ						
Экскаватор ЭКГ-10-6 кВт						
Водоотлив-6 кВ						
ПКТП СБШ						
ПКТП ОУ						
Всего						
ВЛ электроприёмников						
Экскаватор ЭКГ-10-6 кВт						
Водоотлив-6 кВ						
ПКТП СБШ						
ПКТП ОУ						

Всего						
-------	--	--	--	--	--	--

Расчёт, выбор и проверка высоковольтных проводов

Расчётный ток для питающей линии ЛЭП определяется по формуле:

$$I_p = \frac{\sum S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (75)$$

где  $\sum S_p$  – суммарная расчётная мощность электроприёмников линии с учётом коэффициента спроса, кВт·А;

$U_n$  – номинальное напряжение сети, кВ.

Расчётный ток для линии ЛЭП, питающей высоковольтные электродвигатели, определяется по формуле:

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta_n \cdot \cos \varphi_n}, \quad (76)$$

где  $I_p$  – расчётный ток питающей линии электродвигателя, А;

$P_n$  – мощность электродвигателя, кВт;

$U_n$  – номинальное напряжение электродвигателя,  $U_n = 6$  кВ;

$\cos \varphi_n$  – номинальный коэффициент мощности электродвигателя.

Проверка провода по экономической плотности тока выполняется по условию:

$$F_{\text{выб.каб}} \geq F_{\text{эк}} \quad (77)$$

Сечение провода по экономической плотности тока определяется по формуле:

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j}, \quad (78)$$

где  $F_{\text{эк}}$  – экономически целесообразное сечение провода, мм<sup>2</sup>;

$j$  – экономическая плотность тока, А/мм<sup>2</sup> (для ВЛс алюминиевыми жилами  $j = 1,3$ ).

Проверяется провод по термической стойкости к токам КЗ по условию:

$$F_{\text{выб}} \geq F_{\text{min}} \quad (79)$$

Минимальное сечение провода определяется по формуле:

$$F_{\text{min}} = \frac{I_{\text{кз}} \cdot \sqrt{t_{\text{пр}}}}{C}, \quad (80)$$

где  $I_{\text{кз}}$  – ток КЗ, А;

$t_{\text{пр}}$  – время протекания токов КЗ, с;

$C$  – коэффициент, зависящий от материала проводника.

Время похождения тока короткого замыкания определяется по формуле:

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{откл}} + t_{\text{сз}} + T_a, \quad (81)$$

где  $t_{\text{откл}}$  – время отключения коммутационного аппарата, с;

$t_{\text{сз}}$  – время срабатывания защиты с учётом селективности, с;

$T_a$  – время затухания апериодической составляющей тока КЗ.

Проверка провода по падению напряжения выполняется по условию:

$$\Delta U \leq 5 \% \quad (82)$$

Падение напряжения в линии определяется по формуле:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l}{U_n} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi_{\text{ср.год}} + x_0 \cdot \sin \varphi_{\text{ср.год}}) \cdot 100\%, \quad (83)$$

где  $\Delta U$  – падение напряжения, %;

$I_p$  – расчётный ток ВЛ, А;

$l$  – длина линии электропередач, км;

$U_n$  – номинальное напряжение ВЛ, В;

$r_0$  – активное сопротивление провода, Ом /км;

$x_0$  – реактивное сопротивление провода, Ом /км;

$\cos \varphi_{\text{ср.год}}$  – среднегодовой коэффициент мощности;

$\sin \varphi_{\text{ср.год}}$  – определяется по  $\cos \varphi_{\text{ср.год}}$ .

Результаты расчёта, выбора и проверки проводов сведены в таблице ....

Таблица ... – Результаты расчёта и выбора проводов на напряжение 6 кВ

Линии эл-передач свыше 1000 В	Суммарная расчётная мощность	Расчётный ток	Сечение провода по эконом.плотности	Минимальное сечение провода	Выбранное сечение провода	Падение напряжения в линии	Длительно допустимый ток	Марка провода	Длина участка	Активное сопротивление провода	Реактивное сопротивление провода
	$S_p$	$I_p$	$F_{эк}$	$F_{мин}$	$F_{выб}$	$\Delta U$	$I_{дл}$		$l$	$r_0$	$x_0$
	кВА	А	мм <sup>2</sup>	мм <sup>2</sup>	мм <sup>2</sup>	%	А		км	МОм/км	МОм/км
ЛЭП ВЛ <sub>6,к</sub>											
ЛЭП ВЛ <sub>6</sub> Водоотлив											
ЛЭП ВЛ <sub>7</sub> ЯВВ <sub>ЭКГ-10</sub>											
ЛЭП ВЛ <sub>4</sub> ПКТП <sub>СБШ</sub>											
ЛЭП ВЛ <sub>5</sub> ПКТП <sub>ОУ</sub>											

## 2.8 Выбор и проверка высоковольтной аппаратуры

### Выбор и проверка вакуумного выключателя от РУ-10 или РУ- 6 до трансформатора

Выбирается высоковольтный выключатель типа \_\_\_\_\_  $I_n$  \_\_\_\_\_ А по условиям:

По допустимому напряжению по условию:

$$U_n \geq U_p$$

где

$U_n$  – напряжение вакуумного выключателя по каталогу, кВ,

$U_p$  – напряжение сети, кВ.

По допустимому длительному току по условию:

$$I_n \geq I_p$$

где

$I_n$  – длительный номинальный ток вакуумного выключателя по каталогу, А;

$I_p$  – расчётный ток сети, А.

По отключающей способности по условию:

$$I_{откл} \geq I_{к.з}$$

где

$I_{откл}$  – отключающий ток вакуумного выключателя по каталогу, кА;

$I_{к.з}$  – расчётный ток короткого замыкания в данной точке, кА

По динамической устойчивости по условию:

$$I_{дин} \geq i_{уд}$$

где

$I_{дин}$  – динамический ток вакуумного выключателя по каталогу, кА;

$i_{уд}$  – расчётный ударный ток короткого замыкания в данной точке, кА.

По термической устойчивости по условию:

$$I_{т.у}^2 \cdot t_{тер} \geq I_{к.з}^2 \cdot t_{тер}$$

где

$t_{\text{тер}}$  - время термической стойкости по каталогу.

Выбор трансформаторов тока

Выбирается трансформатор тока типа \_\_\_\_\_  $I_n$  \_\_\_\_\_ А по условиям:

По допустимому напряжению по условию:

$$U_n \geq U_p$$

где

$U_n$  – напряжение трансформатора тока по каталогу, кВ,

$U_p$  – напряжение сети, кВ.

По допустимому длительному току по условию:

$$I_n \geq I_p$$

где

$I_n$  – длительный ток трансформатора тока по каталогу, А;

$I_p$  – расчётный ток сети, А.

По отключающей способности по условию:

$$I_{\text{откл}} > I_{\text{кз}},$$

где

$I_{\text{откл}}$  – отключающий ток трансформатора тока по каталогу, кА;

$I_{\text{кз}}$  – расчётный ток короткого замыкания в данной точке, кА

По динамической устойчивости по условию:

$$I_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}},$$

где

$I_{\text{дин.}}$  – динамический ток трансформатора тока по каталогу, кА;

$i_{\text{уд.}}$  – расчётный ударный ток короткого замыкания в данной точке, кА.

По термической устойчивости по условию:

$$I_{\text{откл}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \geq I_{\text{кз}}^2 \cdot t_{\text{тер}}$$

где

$t_{\text{тер}}$  - время термической стойкости по каталогу.

Выбор трансформатора напряжения

Выбирается трансформатор напряжения типа .....,  $S_{2н}$ =....В·А по условиям:

По допустимому напряжению по условию:

$$U_n \geq U_p$$

По допустимой нагрузки на вторичной обмотке:

$$S_{2н} \geq S_{2р}$$

Определяется мощность подключаемых приборов:

$$S_{2р} = \sqrt{\sum P_{\text{пр}}^2 + \sum Q_{\text{пр}}^2},$$

Результаты расчёта мощности приборов заносятся в таблицу.

Таблица .. – Результаты расчёта мощности подключаемых приборов

Наименование приборов	Тип прибора	Мощность, потребляемая 1й катушкой	cosφ	n, шт.	Суммарная мощность		
					P, Вт	Q, ВАр	S <sub>2p</sub> , В·А
Вольтметр							
Ваттметр							
Счётчик							
Реле напряжения							
Реле напряжения							
Итого							

## Выбор и проверка высоковольтного оборудования для карьеров

### 2.8.1 Условия выбора и проверки высоковольтных выключателей

Выбор высоковольтного оборудования производится в соответствии со схемой электроснабжения данного участка горного предприятия.

Производится выбор электрических аппаратов, устанавливаемых на подстанции системы, на вводе ГПП, в цепи первичной обмотки силовых трансформаторов и на отходящих к отдельным цехам линиях электропередачи.

Выключатели, разъединители, короткозамыкатели и отделители выбираются по типу, форме исполнения, по номинальному напряжению и номинальному току.

Выключатели проверяются по допустимому ударному току, току термической стойкости и току отключения.

Проверка производится по условиям:

По напряжению по условию:

$$U_n \geq U_p$$

По длительному току по условию:

$$I_n \geq I_p$$

По отключающей способности по условию:

$$I_{откл} \geq I_{кз} ,$$

где  $I_{откл}$  – номинальный ток отключения выключателя, кА.

По динамической устойчивости по условию:

$$i_{дин} \geq i_{уд}$$

где  $i_{дин}$  – ток электродинамической устойчивости, кА.

По термической устойчивости по условию:

$$I_{ту}^2 \cdot t_{ту} \geq I_{кз}^2 \cdot t_{пр} ,$$

где  $I_{ту}$  – время термической устойчивости, с;

$t_{пр}$  – приведённое время теплового импульса, с.

### Выбор высоковольтных выключателей

От РУ-6 кВ на борткольцевую линию ВЛ выбирается вакуумный выключатель типа ... по условиям

Результаты расчёта сведены в таблице

Таблица ... - Результаты выбора и проверки автоматических выключателей

Условия выбора и место установки	По напряжению	По длительному току	По отключающей способности	По динамической устойчивости	По термической устойчивости	Тип выключателя
	$U_n \geq U_p$	$I_n \geq I_p$	$I_{откл} \geq I_{кз}$	$i_{дин} \geq i_{уд}$	$I_{откл}^2 \cdot t_{ту} \geq I_{кз}^2 \cdot t_{пр}$	
	кВ	А	кА	кА	кА <sup>2</sup> · с	
ВЛ <sub>б.к</sub>						
ВН ПКТП <sub>СБШ</sub>						
ВН ПКТП <sub>ОУ</sub>						
ЯВВ водоотлив						
ЯВВ ЭКГ-10						

### 3 Расчёт, выбор и проверка трансформаторов тока

Условия выбора и проверки трансформаторов тока по условию :

По напряжению:

$$U_n \geq U_p$$

По допустимому току:

$$I_{тт1} \geq I_p ,$$

где  $I_{тт1}$  – ток первичной обмотки трансформатора тока, А.

По динамической устойчивости:

$$k_{дин} \geq \frac{i_{уд}}{\sqrt{2} \cdot I_{тт1}} ,$$

где  $k_{дин}$  – коэффициент динамической устойчивости.

По термической стойкости:

$$k_{ту} \geq \frac{I_{кз} \cdot \sqrt{t_{пр}}}{I_{тт1} \cdot \sqrt{t_{ту}}} ,$$

где  $k_{ту}$  – коэффициент термической устойчивости.

Результаты расчёта сведены в таблице ....

Таблица ... - Результаты выбора и проверки трансформаторов тока

Таблица 11. Условия выбора и проверки трансформаторов тока					
Условия выбора ТТ и место установки	По напряжению	По длительному току	Подинамической устойчивости	Потермической устойчивости	Тип трансформатора тока
	$U_n \geq U_p$	$I_n \geq I_p$	$k_{дин} \geq \frac{i_{уд}}{\sqrt{2} \cdot I_{ТТ1}}$	$k_{ту} \geq \frac{I_{кз} \cdot \sqrt{t_{пр}}}{I_{ТТ1} \cdot \sqrt{t_{ту}}}$	
	кВ	А			
ВЛ <sub>б.к</sub>					
ВН ПКТП <sub>СБШ</sub>					
ВН ПКТП <sub>Оу</sub>					
ЯВВ водоотлив					
ЯВВ ЭКГ-10					

#### 4 Выбор трансформаторов напряжения

Выбирается трансформатор напряжения ... по условиям:  $U_n \geq U_p$

Определяется мощность подключаемых приборов по формуле :

По допустимой нагрузке вторичной обмотки:

$$S_{2n} \geq S_{2p}$$

условие выполнено

Результаты расчёта мощности подключаемых приборов сведены в таблице ...

Таблица - Результаты расчёта мощности подключаемых приборов

Наименование приборов	Тип прибора	Мощность потребляемая 1 катушкой	$\cos\varphi$	n	Суммарная мощность		
					P	Q	$S_{2p}$
				шт	Вт	ВАр	В·А
Вольтметр							
Ваттметр							
Счётчик							
Реле напряжения							
Реле напряжения							
Итого							

## 2.9 Расчет и выбор релейной защиты трансформатора

### Защита от внешних К.З.

Ток срабатывания реле определяется по формуле:

$$I_{ср.р} = \frac{k_n \cdot k_{сх} \cdot k_{с.з}}{k_{т.т} \cdot k_{возв}} \cdot I_{\max},$$

где

$I_{ср.р}$  - ток срабатывания реле, А;

$k_n$  - коэффициент надёжности,  $k_n = 1,1-1,2$ ;

$k_{возв}$  - коэффициент возврата реле,  $k_{возв} = 0,85$ ;

$k_{сх}$  - коэффициент схемы,  $k_{сх} = 1$ ;

$k_{с.з}$  - коэффициент срабатывания защиты,  $k_{с.з} = 2$ ;

$k_{т.т}$  - коэффициент трансформации трансформатора тока;

$I_{\max}$  - максимальный ток нагрузки, А.

Максимальный ток нагрузки определяется по формуле:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_{вн.ном}},$$

где

$I_{\max}$  — максимальный ток нагрузки, А;

$S_{\max}$  - максимальная мощность на низком напряжении с освещением с учётом потерь, кВт·А;

$U_{вн.ном}$  - номинальное напряжение на высокой стороне трансформатора, кВ.

Выбирается реле типа \_\_\_\_\_  $I_{ср.р}$  \_\_\_\_\_ А

Коэффициент чувствительности определяется по формуле:

$$K_{\chi} = \frac{0,87 \cdot I_{к.з.прив}}{I_{ср.р} \cdot k_{т.т}},$$

где

$K_{\chi}$  - коэффициент чувствительности реле;

$I_{\text{кз.прив}}$  – приведённый ток К.З., А;

$k_{\text{т.т}}$  - коэффициент трансформации трансформатора тока;

$I_{\text{ср.р}}$  - ток срабатывания реле, А.

$$I_{\text{кз.прив}} = \frac{I_{\text{кз}}}{k_{\text{т.с}}},$$

где

$I_{\text{кз}}$  – ток К.З. в данной точке схемы, А;

$k_{\text{т.с}}$  - коэффициент трансформации силового трансформатора.

$$k_{\text{т.с}} = \frac{U_1}{U_2}$$

Определяется величина токовой отсечки:

$$I_{\text{ср.отс.р}} = \frac{k_{\text{н}} \cdot I_{\text{кз.прив}}}{k_{\text{т.т}}},$$

где

$I_{\text{ср.отс.р}}$  - величина токовой отсечки, А;

$k_{\text{н}}$  - коэффициент надёжности,  $k_{\text{н}} = 1,1-1,2$ ;

$I_{\text{кз.прив}}$  – приведённый ток К.З., А;

$k_{\text{т.т}}$  - коэффициент трансформации трансформатора тока.

Выбирается реле типа \_\_\_\_\_  $I_{\text{ср.р}}$  \_\_\_\_\_ А

### Защита от перегрузки

Ток срабатывания защиты определяется по формуле:

$$I_{\text{ср.з}} = \frac{k_{\text{н}} \cdot I_{\text{мах}}}{k_{\text{возв}}},$$

где

$I_{\text{ср.з}}$  - ток срабатывания защиты, А;

$k_{\text{н}}$  - коэффициент надёжности,  $k_{\text{н}} = 1,05$ ;

$I_{\text{мах}}$  – максимальный ток нагрузки, А;

$k_{\text{возв}}$  - коэффициент возврата,  $k_{\text{возв}} = 0,85$ .

Выбирается реле типа \_\_\_\_\_  $I_{\text{ср.р}}$  \_\_\_\_\_ А

Коэффициент чувствительности определяется по формуле:

$$K_{\text{ч}} = \frac{0,87 \cdot I_{\text{кз.прив}}}{I_{\text{ср.з}} \cdot k_{\text{т.т}}},$$

где

$K_{\text{ч}}$  - коэффициент чувствительности реле;

$I_{\text{кз.прив}}$  – приведённый ток К.З., А;

$k_{\text{т.т}}$  - коэффициент трансформации трансформатора тока;

$I_{\text{ср.з}}$  - ток срабатывания защиты, А

### Релейная защита высоковольтных синхронных электродвигателей

Токовая отсечка определяется по формуле:

$$I_{\text{ср.р}} = \frac{k_{\text{н}} \cdot k_{\text{сх}} \cdot k_{\text{п}}}{k_{\text{т.т}} \cdot k_{\text{возв}}} \cdot I_{\text{н.дв}},$$

где

$K_{\text{п}}$  – кратность пускового тока.

Выбирается реле типа \_\_\_\_\_  $I_{\text{ср.р}}$  \_\_\_\_\_ А по условию:

$$K_{\text{ч}} \geq k$$

Коэффициент чувствительности определяется по формуле:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I^{(2)}}{I_{\text{ср.р}} \cdot k_{\text{т.т}}},$$
$$I^{(2)} = I^{(3)} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2},$$

где

$I^{(2)}$ -ток двухфазного КЗ, А;

$I^{(3)}$ -ток трехфазного КЗ, А.

## 2.10 Расчет защитного заземления

Исходные данные:

Грунт- песок с валунами,

Климатическая зона - 1,

Сопротивление естественного заземлителя  $R_e$ , Ом, задается в зависимости от типа естественного заземлителя с учётом величины удельного сопротивления грунта в пределах 4,5 - 14 Ом.

Нормальное сопротивление заземляющего устройства  $R_3 = 4$  Ом,

Искусственный заземлитель (выбирается труба или уголок),

Т.к.  $R_e > R_3$ , то необходимо искусственное заземление.

Определяется сопротивление растеканию искусственного заземления по формуле:

$$R_{\text{и.}} = \frac{R_3 \cdot R_e}{R_e - R_3},$$

где

$R_{\text{и.}}$  - сопротивление растеканию искусственного заземления, Ом;

$R_3$ - нормальное сопротивление заземляющего устройства, Ом;

$R_e$ - сопротивление естественного заземлителя, Ом.

Определяется расчётное удельное сопротивление грунта для вертикальных заземлителей по формуле:

$$\rho_{\text{расч.в.}} = K_{\text{с1}} \cdot \rho_{\text{гр.}},$$

где

$\rho_{\text{расч.в.}}$ - расчётное удельное сопротивление грунта для вертикальных заземлителей, Ом·м;

$\rho_{\text{гр}}$  - удельное сопротивление грунта, для данного грунта  $\rho_{\text{гр}} = 300$  Ом·м;

$K_{\text{с1}}$  - коэффициент сезонности для вертикальных заземлителей, для данной климатической зоны  $K_{\text{с1}} = 1,65$ .

Определяется расчётное удельное сопротивление грунта для горизонтальных полос по формуле:

$$\rho_{\text{расч.г.}} = K_{\text{с2}} \cdot \rho_{\text{гр.}},$$

где

$\rho_{\text{расч.г.}}$ - расчётное удельное сопротивление грунта для горизонтальных заземлителей, Ом·м;

$K_{\text{с2}}$ - коэффициент сезонности для горизонтальных полос, для данной климатической зоны  $K_{\text{с2}} = 5,5$ .

Определяется сопротивление растеканию одного вертикального заземлителя из арматурной стали или трубы по формуле:

$$R_{\text{в.}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.в.}}}{l} \cdot \left[ \lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t^1 + l}{4t^1 - l} \right],$$

где

$R_{\text{в.}}$  - сопротивление растеканию одного вертикального заземлителя из арматурной стали или трубы, Ом·м;

$\rho_{\text{расч.в.}}$  - расчётное удельное сопротивление грунта для вертикальных заземлителей, Ом·м;

$l$  - длина вертикального заземлителя,  $l = 2-3$  м;

$d$  - наружный диаметр вертикального заземлителя, м;

$t^1$  - глубина заложения вертикальных заземлителей (расстояние от поверхности земли до середины электрода),  $t = (0,5-0,7) \cdot l/2$ , м.

Для одного вертикального заземлителя из угловой или полосовой стали сопротивление растеканию определяется по формуле:

$$R_{\text{в.}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.в.}}}{l} \cdot \left[ \lg \frac{2l}{0,95 \cdot B} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t^1 + l}{4t^1 - l} \right],$$

где

$R_{\text{в.}}$  - сопротивление растеканию одного вертикального заземлителя из угловой или полосовой стали, Ом·м;

$B$  - ширина полосы или стороны уголка, м;

$l$  - длина вертикального заземлителя,  $l = 2-3$  м;

$\rho_{\text{расч.в.}}$  - расчётное удельное сопротивление грунта для вертикальных заземлителей, Ом·м;

$t^1$  - глубина заложения вертикальных заземлителей (расстояние от поверхности земли до середины электрода),  $t = (0,5-0,7) \cdot l/2$ , м.

Определяется количество вертикальных заземлителей по формуле:

$$n_{\text{в.}} = \frac{R_{\text{в.}}}{\eta_{\text{в.}} \cdot R_{\text{и.}}},$$

где

$n_{\text{в.}}$  - количество вертикальных заземлителей, штук;

$\eta_{\text{в.}}$  - коэффициент использования вертикальных заземлителей,  $\eta_{\text{в.}} = 0,64-0,69$ ;

$R_{\text{в.}}$  - сопротивление растеканию одного вертикального заземлителя из арматурной стали или трубы, Ом·м;

$R_{\text{и.}}$  - сопротивление растеканию искусственного заземления, Ом.

Определяется длина соединительной полосы по формуле:

$$l_{\text{г.}} = 1,05 \cdot n_{\text{в.}} \cdot a,$$

где

$l_{\text{г.}}$  - длина соединительной полосы горизонтального заземлителя, м;

$a$  - расстояние между вертикальными заземлителями, принимается равным  $1/3$  длины вертикального заземлителя, м.

$n_{\text{в.}}$  - количество вертикальных заземлителей, штук.

Определяется сопротивление растеканию горизонтального заземлителя из угловой или полосовой стали по формуле:

$$R_{\text{г.}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.г.}}}{l_{\text{г.}}} \cdot \lg \frac{2l_{\text{г.}}^2}{B \cdot t},$$

где

$R_{\Gamma}$  - сопротивление растеканию горизонтального заземлителя из угловой или полосовой стали, Ом·м;

$B$  – ширина полосы или стороны уголка, м;

$l_{\Gamma}$  - длина соединительной полосы горизонтального заземлителя, м;

$t$  - расстояние от поверхности земли до вертикального заземлителя, м.

Определяется действительное сопротивление растеканию горизонтального заземлителя с учетом коэффициента использования по формуле:

$$R_{\Gamma}^1 = \frac{R_{\Gamma}}{\eta_{\Gamma}}$$

где

$R_{\Gamma}^1$  - действительное сопротивление растеканию горизонтального заземлителя с учетом коэффициента использования, Ом·м;

$\eta_{\Gamma}$  - коэффициент использования вертикальных заземлителей,  $\eta_{\Gamma} = 0,41$ .

$R_{\Gamma}$  - сопротивление растеканию горизонтального заземлителя из угловой или полосовой стали, Ом·м.

Уточняется сопротивление растеканию вертикального заземлителя с учетом сопротивления горизонтального заземлителя по формуле:

$$R_{\Gamma}^1 = \frac{R_{\Gamma}^1 \cdot R_{\Pi}}{R_{\Gamma}^1 - R_{\Pi}},$$

где

$R_{\Pi}$  - сопротивление растеканию вертикального заземлителя с учетом сопротивления горизонтального заземлителя, Ом·м;

$R_{\Gamma}^1$  - действительное сопротивление растеканию горизонтального заземлителя с учетом коэффициента использования, Ом·м;

$R_{\Pi}$  - сопротивление растеканию искусственного заземления, Ом.

Определяется уточненное число вертикальных заземлителей по формуле:

$$n_{\Gamma}^1 = \frac{R_{\Pi}}{\eta_{\Gamma} \cdot R_{\Gamma}^1},$$

где

$n_{\Gamma}^1$  - уточненное число вертикальных заземлителей, штук;

$R_{\Gamma}^1$  - сопротивление растеканию вертикального заземлителя с учетом сопротивления горизонтального заземлителя, Ом·м;

$R_{\Pi}$  - сопротивление растеканию одного вертикального заземлителя из арматурной стали или трубы, или из угловой, или полосовой стали, Ом·м;

Принимается к установке \_\_\_\_\_ число вертикальных заземлителей (уголок № или труба )

## **ВПРОСЫ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

### **3.1 Вопросы техники безопасности при эксплуатации электрооборудования**

Вопросы техники безопасности рассматриваются применительно к выбранному электрооборудованию (ТБ при обслуживании ТП, высоковольтных и низковольтных сетей и их оборудования).

### **3.2 Вопросы технической эксплуатации электрооборудования**

Вопросы технической эксплуатации рассматриваются применительно к выбранному электрооборудованию (обслуживание ТП, высоковольтных и низковольтных сетей и их оборудования) .

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Технологическая инструкция цеха.
- 2 Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: Учебное пособие. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006.
- 3 Шеховцов В.П., Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования, М., ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004.
- 4 Правила устройства электроустановок 7-е издание, Новосибирск, Сибирское Университетское Издательство, 2005.
- 5 Неклепаев Б.Н., Крючков И.П., Электрическая часть электростанций и подстанций, М.: Энергоатомиздат, 1989.
- 6 Электротехнический справочник: В 4т. Т.2. Электротехнические изделия и устройства, / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. И.Н. Орлов) - 9-е изд., стер. - М.: Издательство МЭИ, 2003.
- 7 Электротехнический справочник: В 4т. Т.3. Производство, передача и распределение электроэнергии, / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. А.И. Попов) - 9-е изд., стер. - М.: Издательство МЭИ, 2004.
- 8 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей, Госэнергонадзор Минэнерго России, СПб.: ООО Альтернативная Полиграфия, 2003.
- 9 Каталог Merlin Geren фирмы Schneider Electric, 2006.
- 10 Справочная книга для проектирования электрического освещения под. ред. Кнорринга Г.М., Л: Энергия, 1976.
- 11 Шеховцов В.П., Электрическое и электромеханическое оборудование: Учебник. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004.
- 12 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок, М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2001.
- 13 Каталог фирмы Legrand, 2005/2006.
- 14 Каталог фирмы ЗАО «МЕАНДР», 2007.

Приложение 1 - Справочные данные по разделу 2.1

Таблица – Коэффициенты спроса и мощности электроприёмников на открытых горных работах

Электроприемник	Коэффициент	
	спроса $k_c$	мощности $\cos \varphi$
Экскаватор одноковшовый с приводом по системе Г — Д:		
на вскрыше	0,5 — 0,7	0,5 — 0,65
на добыче	0,5 — 0,75	0,6 — 0,75
		(опережающий)
		0,5 — 0,7
		0,6 — 0,8
		(опережающий)
Экскаватор роторный	0,6 — 0,7	0,7
Отвалообразователь ленточный, перегружатель	0,6 — 0,7	0,65
Станок ударно-канатного бурения	0,5 — 0,6	0,65
Станок вращательного бурения	0,5 — 0,7	0,7
Ленточный конвейер	0,6	0,7
Землесос с приводом до 200 кВт	0,6	0,75
То же от 200 до 2000 кВт	0,8	0,9
Дренажная шахта	0,7	0,7
Технологический комплекс	0,6	0,7
Депо электровозов	0,4	0,7
Механическая мастерская	0,3	0,65
Административный быткомбинат	0,6	0,75
Погрузка угля в железнодорожные вагоны	0,55	0,7
Насосная станция водоснабжения	0,75	0,75
Наружное освещение промплощадок, обогатительных фабрик, карьеров	1,0	1,0
Наружное освещение дорог и горных работ карьера	1,0	1,0

Примечания: 1. Нижний предел дан для легких, верхний — для тяжелых грунтов. 2. Для одноковшовых экскаваторов с приводом по системе ТП — Д значения коэффициентов спроса и мощности принимаются по данным завода-изготовителя.

Таблица – Коэффициенты спроса и мощности электроприёмников на подземных выработках шахт

Электроприемник	Коэффициент	
	спроса $k_c$	мощности $\cos\varphi$
Очистные работы:		
Шахты с пологими пластами	0,45	0,6
Шахты с крутыми пластами	0,55	0,7
Подготовительные работы	0,35	0,6
Участки шахт	-	0,65
Участковый водоотлив	0,7	0,8
Откатка контактными электровозами	0,8	0,9
Коньейеры (магистральные и участковые	0,65	0,7
Прочие механизмы	0,7	0,7
Околоствольный двор без главного водоотлива	0,65	0,7
Главный водоотлив	0,8	0,9
Поверхность шахт		
Собственные нужды:		
Шахтных подъёмов и компрессорных станций	0,7	0,7
Главных вентиляторов	0,5	0,7
Технологический комплекс	0,6	0,7
Канатная дорога	0,65	0,7
Калориферная	0,7	0,7
Насосная станция дегазации	0,75	0,75
Склад угля	0,5	0,7
Прочие установки	0,65	0,7
Вспомогательные объекты		
Погрузка в железнодорожные вагоны	0,55	0,7
Насосные станции (противопожарная, хозяйственного водоснабжения, технической воды и очистки шахтных вод)	0,75	0,75
Котельная	0,7	0,75
Механические мастерские	0,3	0,85
Административно- бытовой комбинат	0,6	0,7
Прочие мелкие установки	0,6	0,7

Таблица - Допустимые нагрузки шин

Размеры шин, мм	Нагрузка, А при числе полюс на полюс или фазу							
	1	2	3	4	1	2	3	4
	<i>Медные шины</i>				<i>Алюминиевые шины</i>			
15x3		210				165		
20x3		275				215		
25x3		340				265		
30x4		475				365		
40x4		625				480		
40x5		700				540		
50x5		860				665		
50x6		955				740		
60x6	1125	1740	2240		840	1350	1720	
80x6	1480	2110	2720		1150	1630	2100	
100x6	1810	2470	3170		1425	1935	2500	
60x8	1320	2160	2790		1025	1680	2180	
80x8	1690	2620	3370		1320	2040	2620	
100x8	2080	3060	3930		1625	2390	3050	
120x8	2400	3400	4340		1900	2650	2380	
60x10	1475	3560	3300		1155	2010	2650	
80x10	1900	3100	3990		1480	2410	3100	
100x10	2310	3610	4650	5300	1820	2860	3640	4150
120x10	2650	4100	5200	5900	2070	3200	4100	4650

Таблица - Механические характеристики материала шин

Материал	Марка	Разрушающее напряжение $\sigma_{разр}$ МПа	Допустимое напряжение $\sigma_{доп}$ МПа	Модуль упругости, Е Па
Алюминий	АДО	60-70	40	$7 \cdot 10^{10}$
Алюминиевый сплав	АД31Т	130	75	
Алюминиевый сплав	АД31Т1	200	90	-
Медь	МГТ	250-300	140	-
Сталь	Ст3	370-500	160	

Таблица - Технические данные опорных изоляторов для внутренних установок

Тип изолятора	Напряжение, кВ		Минимальное разрушающее усилие при статическом изгибе, кгс, не менее	Масса, кг
	номинальное	сухое разрядное (не ниже)		
ОФ-1-250 УТЗ	1	11	250	0,6
ОФ-1-750 <sub>ов</sub> УТЗ	1	11	750	2,6
ОФ-1250 <sub>ов</sub> *	1	11	1250	5,0
ОФ-1-2000 <sub>ов</sub> *	1	11	2000	7,3
ОФ-1-3000 <sub>ов</sub> *	1	11	3000	8,0
ОФ-6-375 УЗ (ОМА-6)	6	36	375	1,1
ОФР-6-375 УЗ	6	36	375	11
ОФ-6-375 <sub>кр</sub> УЗ (ОА-6 <sub>кр</sub> )	6	36	375	2,5
ОФ-6-375 <sub>ов</sub> УЗ (ОА-6 <sub>ов</sub> )	6	36	375	2,6
ОФ-6-375П УЗ (ОМАП-6)	6	36	375	1,03
ОФ-6-750 <sub>кр</sub> УЗ (ОБ-6 <sub>кр</sub> )	6	36	750	4,7
ОФ-6-750 <sub>ов</sub> УЗ (ОБ-6 <sub>ов</sub> )	6	36	750	5,3
ИОТА-6 *	6	36	375	1,1
ИОТБ-6*	6	36	750	2,5

Примечание. Данные взяты из каталога 20.02.05-76, выпущенного взамен каталога 20.02.01-63, 20.02.01-70. Обозначения: О — опорный, Ф — фарфоровый, Р — ребристый; 1, 6, 10, 20, 24, 35 — номинальное напряжение, кВ; 375, 750, 1250, 2000, 3000, 4250 — минимальное разрушающее усилие на изгиб, кгс; буквы кв, ов, кр обозначают форму нижнего основания фланца (соответственно квадратную, овальную, круглую); У — климатическое исполнение; 3 — категория размещения.

Продолжение приложения 2 - Справочные данные по разделу 2.2

Таблица - Потери х. х. и к.з. в трехфазных двухобмоточных трансформаторов

Тип трансформатора, номинальная мощность, кВ·А и наивысшее напряжение, кВ	$P_{х.х.};$ кВт	$P_{к.з.};$ кВт	$U_{к.з.};$ %	$I_{х.х.};$ %
ТСЗ 20/6	0,155	0,51	4,5	9,5
ТСЗ 20/10	0,155	0,51	4,5	9,5
ТСЗ 35/10	0,23	0,83	4,5	8,5
ТСЗ 60/10	0,35	1,3	4,5	7,5
ТСЗА 60/10	0,4	1,3	4,5	7,5
ТСЗ 100/10	0,5	2,07	4,5	6,5
ТСЗА 100/10	0,575	2,07	4,5	6,5
ТЗА 100/10	0,65	2,4	5,5	7,0
ТСЗ 180/10	0,8	3,2	4,5	6,0
ТСЗА 180/10	1,0	3,2	4,5	6,0
ТЗА 180/10	1,1	4,0	5,5	6,5
ТСЗ 320/10	1,6	4,85	4,5	5,5
ТСЗА 320/10	1,6	4,85	4,5	5,5
ТЗА 320/10	1,7	6,1	5,5	6,5
ТСЗ 560/6	2,0	7,2	4,5	5,0
ТСЗ 560/10	2,0	7,2	4,5	5,0
ТЗН 560/10	2,5	9,4	5,5	6,0
ТЗН 750/10	4,1	11,9	5,5	6,0
ТМ 1000/10	4,9	15,0	5,5	5,0
ТЗН 1000/10	4,9	15,0	5,5	5,0
ТЗА 1800/10	8,0	24,0	5,5	4,5

Таблица – Технические данные компенсирующих установок

Тип установки	Номинальная мощность, квар	Число и мощность регулируемых ступеней, шт·квар
УК-0,38-11 ОН	110	1х110
УК-0,38-22 ОН	220	2х110
УК-0,38-32 ОН	320	3х110
УК-0,38-43 ОН	430	4х110
УК-0,38-54 ОН	540	5х110
УК-0,380-15 ОН	150	1х150
УК-0,38-300 НЛ, НП	300	2х150
УК-0,38-450 НЛ, НП	450	3х150
УК-0,38-600 НЛ, НП	600	4х150
УК-0,38-900 НЛ, НП	900	6х150

Примечание. Установленные аппараты защиты и управления — предохранители ПН-2 и контакторы КТ-6000. **Данные компенсирующие установки подключаются к РУ-0.4 кВ.**

Таблица – Технические данные компенсирующих установок

Тип установки	Номинальная мощность,	Число и мощность регулируемых ступеней,
УК-6/10-450 ЛУЗ, ПУЗ	450	3х150
УК-6/10-675 ЛУЗ, ПУЗ	675	1х675
УК-6/10-900 ЛУЗ, ПУЗ	900	1х900
УК-6/10-1125 ЛУЗ, ПУЗ	1125	1х1125
УК-6/10Н-900 Л, П	900	1х900
УК-6/10Н-1350 Л, П	1350	1х1350

Примечания: 1. В УК-6/10 на вводах установлены разъединители; в УК-6/10Н с автоматическим регулированием на вводах установлены высоковольтные выключатели. 2. УК комплектуются конденсаторами с встроенными разрядными сопротивлениями. **Данные компенсирующие установки подключаются к РУ-6 кВ или РУ-10 кВ**

Тип конденсаторной установки	Мощность, кВАр	Номинальный ток, А	Номинальный ток вводного предохранителя	Минимальная ступень, кВАр	Габаритные размеры, мм
АКУ-0,4-25-5	25	36,25	63	5	1000х600х250
АКУ-0,4-35-5	35	50,75	80	5	
АКУ-0,4-45-5	45	65,25	100	5	
АКУ-0,4-50-10	50	72,5	125	10	
АКУ-0,4-55-10	55	79,75	125	10	
АКУ-0,4-60-10	60	87	160	10	

AKY-0,4-70-10	70	101,5	160	10	1200x800x300
AKY-0,4-80-10	80	116	200	10	
AKY-0,4-90-10	90	130,5	225	10	
AKY-0,4-100-10	100	145	250	10	1400x750x240
AKY-0,4-110-10	110	159,5	250	10	
AKY-0,4-120-20	120	174	300	20	
AKY-0,4-140-20	140	203	315	20	
AKY-0,4-150-10	150	217,5	400	10	1600x700x300
AKY-0,4-160-20	160	232	400	20	
AKY-0,4-180-20	180	261	400	20	
AKY-0,4-200-20	200	290	500	20	2000x800x400
AKY-0,4-220-20	220	319	500	20	
AKY-0,4-240-20	240	148	630	20	
AKY-0,4-260-20	260	377	630	20	
AKY-0,4-320-20	320	464	800	20	
AKY-0,4-360-40	360	522	800	40	2000x1200x400
AKY-0,4-400-40	400	580	1000	40	
AKY-0,4-520-40	520	754	1250	40	2000x1600x600
AKY-0,4-540-60	540	783	1250	60	

# Приложение 4 - Справочные данные по разделу 2.4

Таблица – Автоматические выключатели

Тип автомата	Номинальный ток, А		Уставки тока срабатывания максимальных расцепителей, А	
	автомата	катушки максимального расцепителя	на шкале, обратно зависимой от тока характеристики, $I_{н.расц}$	на шкале, не зависимой от тока характеристики (отсечка), $I_{отс}$
ABM-4H	400	120 150 250 400	—	100, 150, 200 150, 225, 300 250, 375, 500 400, 600, 800
ABM-4C	400	120 150 250 250 300 400	150, 250 190, 300 250, 400 310, 50 375, 600 500, 800	960, 1300, 1200, 1650 1600, 2200 2000, 2750 2400, 3300 3200, 4400
ABM-10H	1000	600 800 1000	—	600, 900, 1200 800, 1200, 1600 1000, 1500, 2000
ABM-10C	1000	500 600 800 1000	625, 1000 750, 1200 1000, 1600 1500, 2000	4000, 5500 4800, 6600 6000, 8600 8000, 10000
ABM-15H	1500	1000 1200 1500	—	1000, 1500, 2000 1500, 2200, 3000
ABM-15C	1500	1000 1200 1500	1250, 2000 1500, 2400 1800, 3000	8000, 10000 8000, 10000 8000, 10000
ABM-20H	2000	1000 1200 1500 2000		1500, 2000 1500, 2400 1800, 3000 2500, 4000
ABM-20C	2000	1000 1200 1500	1250, 2000 1500, 2400 1800, 3000	8000, 10000 8000, 10000 8000, 10000

Продолжение приложения 4 - Справочные данные по разделу 2.

Таблица - Автоматические выключатели

Тип выключателя	Номинальный ток выключателя $I_{ном}$ А	Номинальный ток полупроводникового расцепителя (МТЗ) $I_{ном}$ А	Предельный ток отключения выключателя $I_{отс.}$ А, при $U=380/660$ В
Э06	630	250, 400, 630	28/20
Э10	1000	—	40/30
Э16	1600	—	40/30
Э25	3200	1000, 1250, 1600, 2000, 2500	55/35
Э40	6300	3200, 4000, 6300	105/50

Таблица - Автоматические выключатели

Тип выключателя	Вид расцепителя максимального тока	Номинальный ток выключателя	Номинальный ток расцепителя максимального тока	Предельный ток отключения выключателя
А3710Б	Полупроводниковые и электромагнитные	40	20, 25, 32, 40	18
		80	40, 50, 63, 80	36
А3720Б	Электромагнитные	250	160, 200, 250	75
А3730Б	— « —	400	160, 200, 250, 320,	100
А3740Б		630	250, 320, 400, 500,	100

Таблица - Автоматические выключатели

<b>Электрические характеристики DPX125</b>	
Максимальное рабочее напряжение [V]	500AC, 250DC
Номинальный ток [A]	16, 25, 40, 63, 100, 125
Отключающая способность [kA]	16, 25, 36
Термическая уставка	(0,7...1)In
Магнитная уставка	фиксированная
Клеммы для кабеля	70мм <sup>2</sup>
Полюса	3P 4P 3P+N/2
<b>Электрические характеристики DPX160</b>	
Максимальное рабочее напряжение [V]	500AC, 250DC
Номинальный ток [A]	25, 40, 63, 100, 160
Отключающая способность [kA]	36
Термическая уставка	(0,64...1)In
Магнитная уставка	фиксированная при 10In
Клеммы для кабеля	95мм <sup>2</sup>
Полюса	3P 4P 3P+N/2
<b>Электрические характеристики DPX250</b>	
Максимальное рабочее напряжение [V]	690AC, 250DC
Номинальный ток [A]	25, 40, 63, 100, 160, 250
Отключающая способность [kA]	36, 70, 100

Продолжение приложения 4 - Справочные данные по разделу 2.

Термическая уставка	(0,64...1)In
Магнитная уставка	(3,5...10)In
Клеммы для кабеля	150мм <sup>2</sup>
Полюса	3P 4P 3P+N/2
<b>Электрические характеристики DPX400</b>	
Максимальное рабочее напряжение [V]	690AC, 250DC
Номинальный ток [A]	250, 320, 400
Отключающая способность [kA]	36, 70, 100
Термическая уставка	(0,8...1)In
Магнитная уставка	(3,5...10)In
Клеммы для кабеля	300мм <sup>2</sup>
Полюса	3P 3P+N/2
<b>Электрические характеристики DPX630</b>	
Максимальное рабочее напряжение [V]	690AC
Номинальный ток [A]	160, 250, 400, 630
Отключающая способность [kA]	36, 70, 100
Регулирование тока	Ir: (0,4...1)In
Клеммы для кабеля	300мм <sup>2</sup>
Полюса	3P 4P
<b>Электрические характеристики DPX1250</b>	
Максимальное рабочее напряжение [V]	690AC, 250DC
Номинальный ток [A]	500, 630, 800, 1000, 1250
Отключающая способность [kA]	50, 70, 100
Термическая уставка	(0,8...1)In
Магнитная уставка	500-800 A: (5...10)In, 1000 и 1250 A: (3...6)In
Клеммы для кабеля	2 или 4x240мм <sup>2</sup>
Полюса	3P 4P
<b>Электрические характеристики DPX1600</b>	
Максимальное рабочее напряжение [V]	690AC
Номинальный ток [A]	630, 800, 1250, 1600
Отключающая способность [kA]	50, 70
Регулирование тока	Ir: (0,4...1)In
Клеммы для кабеля	2 или 4x240мм <sup>2</sup>
Полюса	3P 4P

Таблица - Предохранители

	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 10Х38ММ 500В 0,5А
<a href="#">3NW8001-1</a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 10Х38ММ 500В 6А
<a href="#">3NW8002-1</a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 10Х38ММ 500В 2А
<a href="#">3NW8003-1</a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 10Х38ММ 500В 10А
<a href="#">3NW8004-1</a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 10Х38ММ 500В 4А

Продолжение приложения 4 - Справочные данные по разделу 2.

<a href="#"><u>3NW8005-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 10Х38ММ 500В 16А
<a href="#"><u>3NW8006-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 10Х38ММ 500В 12А
<a href="#"><u>3NW8007-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 10Х38ММ 500В 20А
<a href="#"><u>3NW8008-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 10Х38ММ 500В 8А
<a href="#"><u>3NW8010-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 10Х38ММ 500В 25А
<a href="#"><u>3NW8011-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 10Х38ММ 500В 1А
<a href="#"><u>3NW8101-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 14Х51ММ 500В 6А
<a href="#"><u>3NW8102-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 14Х51ММ 500В 2А
<a href="#"><u>3NW8103-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 14Х51ММ 500В 10А
<a href="#"><u>3NW8104-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 14Х51ММ 500В 4А
<a href="#"><u>3NW8105-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 14Х51ММ 500В 16А
<a href="#"><u>3NW8106-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 14Х51ММ 500В 12А
<a href="#"><u>3NW8107-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 14Х51ММ 500В 20А
<a href="#"><u>3NW8108-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 14Х51ММ 500В 8А
<a href="#"><u>3NW8110-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 14Х51ММ 500В 25А
<a href="#"><u>3NW8112-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 14Х51ММ 500В 32А
<a href="#"><u>3NW8117-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 14Х51ММ 500В 40А
<a href="#"><u>3NW8120-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 14Х51ММ 500В 50А
<a href="#"><u>3NW8203-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 22Х58ММ 500В 10А
<a href="#"><u>3NW8205-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 22Х58ММ 500В 16А
<a href="#"><u>3NW8206-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 22Х58ММ 500В 12А
<a href="#"><u>3NW8207-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 22Х58ММ 500В 20А
<a href="#"><u>3NW8210-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 22Х58ММ 500В 25А
<a href="#"><u>3NW8212-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 22Х58ММ 500В 32А
<a href="#"><u>3NW8217-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 22Х58ММ 500В 40А
<a href="#"><u>3NW8220-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 22Х58ММ 500В 50А
<a href="#"><u>3NW8222-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 22Х58ММ 500В 63А
<a href="#"><u>3NW8224-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 22Х58ММ 500В 80А
<a href="#"><u>3NW8230-1</u></a>	ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПЛАВКАЯ ВСТАВКА АМ 22Х58ММ 500В 100А

Продолжение приложения 4 - Справочные данные по разделу 2.

Таблица - Кабели с бумажной пропитанной изоляцией, в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемые в земле и воздухе

Сечение е жилы, мм <sup>2</sup>	Токовые нагрузки кабелей, А											
	Одножильные кабели до 1 кВ		Двухжильные кабели до 1 кВ		Одножильные кабели для работы при постоянном токе							
					Трехжильные кабели						Четырех- жильные кабели до 1 кВ	
					до 3 кВ		6 кВ		10 кВ			
	в земле	в воздух е	в земле	в воз- духе	в земле	в воз- духе	в земле	в воз- духе	в земле	в воздух е	в земле	в воз- духе
Кабели с медными жилами												
2,5		40	45	30	40	28						
4	80	55	60	40	55	37	—	—	—	—	50	35
6	105	75	80	55	70	45	—	—	—	—	60	45
10	140	95	105	75	95	60	80	55	—	—	85	60
16	175	120	140	95	120	80	105	65	95	60	115	80
25	235	160	185	130	160	105	135	90	120	85	150	100
35	285	200	225	150	190	125	160	ПО	150	105	175	120
50	360	245	270	185	235	155	200	145	180	135	215	145
70	440	305	325	225	285	200	245	175	215	165	265	185
95	520	360	380	275	340	245	295	215	265	200	310	215
120	595	415	435	320	390	285	340	250	310	240	350	260
150	675	470	500	375	435	330	390	290	355	270	395	300
185	755	525		—	490	375	440	325	400	305	450	340
240	880	610	—	—	570	430	510	375	460	350	—	—'
Кабели с алюминиевыми жилами												
2,5	—	31	35	23	31	22	-	-	-	-	-	-
4	60	42	46	31	42	29	—	—	—	—	38	27
6	80	55	60	42	55	35	—	—	—	—	46	35
10	110	75	80	55	75	46	60	42	—	—	65	45
16	135	90	110	75	90	60	80	50	75	46	90	60
25	180	125	140	100	125	80	105	70	90	65	115	75
35	220	155	175	115	145	95	125	85	115	80	135	95
50	275	190	210	140	180	120	155	110	140	105	165	110
70	340	235	250	175	220	155	190	135	165	130	200	140
95	400	275	290	210	260	190	225	165	205	155	240	165
120	460	320	335	245	300	220	260	190	240»	185	270	200
150	520	360	385	290	335	255	300	225	275-	210	305	230
185	580	405	—	—	380	290	340	250	310	235	345	260
240	675	470	—	—	440	330	390	290	355	270	—	—

Примечания: 1. Токовые нагрузки на одножильные кабели с медными жилами сечением 300, 400, 500, 625 и 800 мм<sup>2</sup> составляют в земле соответственно 1000, 1200, 1400, 1520 и 1700 А, в воздухе — 720, 880, 1020, 1180 и 1400 А.

2. Токовые нагрузки на одножильные кабели с алюминиевыми жилами сечением 300, 400, 500, 625 и 800 мм<sup>2</sup> составляют в земле соответственно 770, 940, 1080, 1170 и 1310 А\* в воздухе — 555, 675, 785, 910 и 1080 А.

Приложение 5 - Справочные данные по разделу 2.7

Таблица - Кабели трёхфазные с алюминиевыми жилами АСБ, АОСБ, ААБ, АОАБ, ААШв, АСБГ, АОСБГ, ААБГ, АСГТ

Рабочее напряже- ние, кВ	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Длительно допустимая токовая нагрузка, А		Потери в одном кабеле	Длина кабеля на 1	Масса
		при прокладке в траншее	при прокладке в конструкциях	при полной нагрузке, кВт/км	% потери напря- жения, м	алюминия т/км
Трёхжильные						
6	10	60	42	40	185	0,08
	16	80	50	45	220	0,13
	25	105	70	50	260	0,20
	35	125	85	51	310	0,28
	50	155	110	54	360	0,40
	70	190	135	59	410	0,56
	95	225	165	61	470	0,76
	120	260	190	64	510	0,96
	150	300	225	67	560	1,20
	185	340	250	69	600	1,48
240	390	290	70	680	1,92	
10	16	75	46	39	400	0.13
	25	90	65	36	510	0,20
	35	115	80	42	560	0.28
	50	140	105	44	660	0,40
	70	165	130	44	780	0,56
	95	205	155	50	860	0,76
	120	240	185	54	930	0,96
	150	275	210	56	1010	1.20
	185	310	235	57	1100	1,48
	240	355	270	58	1250	1,92

Продолжение приложения 5 - Справочные данные по разделу 2.7

Таблица - Кабели трехфазные с медными жилами СБ, ОСБ, СБГ, ОСБГ, СГТ, СБУ

Рабочее напряжение, кВ	Сечение жилы, мм"	Длительно допустимая токовая нагрузка, А		Потери в одном кабеле при полной нагрузке, кВт/км	Длина кабеля на 1 % потери напряжения, м	Масса меди, т/км
		при кладке траншее	про- в в при прокладке в конструкциях			
Трехжильные						
6	10	80	55	41	310	0,26
	16	105	65	46	370	0,42
	25	135	90	47	445	0,66
	35	180	110	49	524	0,92
	50	200	145	52	600	1,38
	70	245	175	59	690	1,65
	95	295	215	61	790	2,50
	120	340	250	64	865	3,16
	150	390	290	66	935	3,95
	185	440	325	70	1020	4,88
	240	510	375	72	1150	6,33
10	16	95	60	38	535	0,42
	25	120	85	37	650	0,66
	35	150	105	43	730	0,92
	50	180	135	44	860	1,38
	70	215	165	45	1010	1,65
	95	265	200	49	1120	2,50
	120	310	240	53	1210	3,16
	150	355	270	54	1320	3,96
	185	400	305	58	1440	4,88
	240	460	350	60	1570	6,33

Технические характеристики реле тока серии РТ40

Тип реле	Пределы уставок, А	Последовательное соединение катушек		
		Ток срабатывания, А	Термическая стойкость, А	
			длительно	в течении 1 с
РТ40/0,2	0,05...0,2	0,05...0,1	0,55	15
РТ40/0,6	0,15...0,6	0,15...0,8	1,75	50
РТ40/2	0,5...2,0	0,5...1,0	4,15	100
РТ40/6	1,5...6,0	1,5...3,0	11,0	300
РТ40/10	2,5...10,0	2,5...5,0	17,0	400
РТ40/20	5,0...25	5,0...10,0	19,0	400
РТ40/50	12,5...50	12,5...25	27,0	500
РТ40/100	25...100	25...50	27,0	500
РТ40/200	50...200	50...100	27,0	500

Технические характеристики РТ-40, РТ-140

Типоисполнение реле	Пределы уставки на ток срабатывания реле, А		Номинальный ток, А		Потребляемая мощность при токе минимальной уставки, ВА, не более
	соединение катушек		соединение катушек		
	последоват. 1 диапазон	параллельное 2 диапазон	последоват. 1 диапазон;	параллельное 2 диапазон	
РТ 40/0,2	0,05-0,1	0,1-0,2	0,4	1,0	0,2
РТ 40/0,6	0,15-0,3	0,3-0,6	1,6	2,5	0,2
РТ 40/2	0,5-1,0	1,0-2,0	2,5	6,3	0,2
РТ 40/6	1,5-3,0	3,0-6,0	10	16	0,5
РТ 40/10	2,5-5,0	5,0-10,0	16	16	0,5
РТ 40/20	5,0-10,0	10,0-20,0	16	16	0,5
РТ 40/50	12,5-25,0	25,0-50,0	16	16	0,8
РТ 40/100	25,0-50,0	50,0-100,0	16	16	1,8
РТ 40/200	50,0-100,0	100,0-200,0	16	16	8

Значения коэффициента запаса для токовых отсечек  
мгновенного действия

Тип реле	Защищаемый объект	
	линия	трансформатор
<b>РТ-40</b>	1,2—1,3	1,3—1,4
<b>РТ-80</b>	1,5—1,6	1,6