

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Двоеглазов Семен Иванович
Должность: Директор
Дата подписания: 30.06.2025 16:33:58
Уникальный программный ключ:
2cc3f5fd1c09cc1a69668dd98bc3717111a1a535



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Старооскольский филиал

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования

**«Российский государственный геологоразведочный университет имени
Серго Орджоникидзе»
(СОФ МГРИ)**

Кафедра горного дела, экономики и природопользования

Огорельцев А.И.

**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ
ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Методические указания
по выполнению курсового проекта
для студентов специальности 21.05.04 –«Горное дело»

Рекомендовано Ученым советом СОФ МГРИ

Старый Оскол, 2022 г.

УДК 658.26:621.31 (073)

Составитель: старший преподаватель Огорельцев А.И.

Рецензент(ы): к.т.н. Крахт Л.Н.

Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий

Методические указания по выполнению курсового проекта для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / Сост.: А.И. Огорельцев. – Старый Оскол: СОФ МГРИ, 2022. – 30 с.

Методические указания содержат материалы для выполнения курсового проекта по дисциплине «Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело».

Утверждено и рекомендовано к изданию Ученым советом СОФ МГРИ (протокол № 10 от 29 августа 2022 г.).

© А.И.Огорельцев, 2022 г.
© СОФ МГРИ, 2022 г.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
1. Оформление проекта	4
2. Рекомендации по разработке разделов проекта	7
1. Исходные данные для проектирования	8
1.1. Основные положения	8
1.2. Построение схемы электроснабжения участка разреза	8
1.2.1. Рекомендации по работе над разделом.....	8
1.2.2. Рекомендации по выбору схемы электроснабжения	9
2. Расчет электрических нагрузок. выбор числа и мощности трансформаторов подстанций	11
2.1. Рекомендации для расчета электрических нагрузок	11
2.2. Расчет электрических нагрузок	11
2.3. Определение величины напряжений питания	15
2.4. Выбор подстанций и трансформаторов	16
2.4.1. Выбор типа и мощности ГПП (УПП)	16
2.4.2. Выбор ПКТП-6(10)/0,4 кВ	18
3. Проектирование воздушных и кабельных распределительных сетей разреза (участка)	19
3.1. Рекомендации по проектированию распределительных сетей	19
3.2. Расчет распределительных сетей участка	20
3.2.1. Рекомендации по расчету воздушных и кабельных ЛЭП	20
3.3. Выбор сечений проводников	21
3.3.1. Выбор сечений проводников по нагреву токами нагрузки.....	22
3.3.2. Выбор сечений проводников по экономической плотности тока.....	24
4. Расчет освещения участка	25
4.1. Рекомендации по расчету электрического освещения	25
4.2. Расчет прожекторного освещения	25
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	28
ПРИЛОЖЕНИЕ. ПЕРЕЧЕНЬ ТИПОВЫХ ЗАДАНИЙ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ.....	30

ВВЕДЕНИЕ

Современные карьеры – крупные потребители электрической энергии, обладающие характерными особенностями, связанными с работой машин и механизмов в условиях открытых горных работ. Специфика условий открытых горных работ (передвижной характер работы, метеорологические и климатические условия и другие специфические факторы) обусловила ряд специальных требований к электроснабжению предприятия. В процессе проектирования электроснабжения необходимо решать задачи, связанные с соблюдением требований безопасности, с защитой от однофазных замыканий на землю, с защитой персонала от поражения электрическим током и т. п.

Успешное внедрение нового электрооборудования, его эксплуатация и техническое обслуживание, повышение производительности труда и улучшение экономической эффективности производства зависит от уровня подготовки производственного персонала.

Специалист, эксплуатирующий электромеханическое хозяйство на открытых горных работах, должен владеть методикой проектирования систем электроснабжения горных предприятий. Освоение методов расчета системы электроснабжения позволит приобрести навыки принятия грамотных практических решений, обеспечивающих наивысшую производительность рабочих машин при минимальных эксплуатационных расходах, высокую надежность и безопасность систем электроснабжения, успешно решать технические задачи в области электроснабжения открытых горных работ.

В учебном пособии даны рекомендации по построению схем электроснабжения для различных горно-технологических условий, методика расчета электрических нагрузок, определения мощности и количества трансформаторных подстанций, порядок расчета воздушных и кабельных электрических сетей, устройств защитного заземления, осветительных установок.

I РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ПРОЕКТА

1. ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА

Целью курсового проектирования по курсу «Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий» является:

- 1) закрепление, углубление, систематизация и обобщение теоретических и практических знаний, полученных в процессе обучения;
- 2) выработка умения применения теоретических знаний при решении вопросов производственно-технического характера;
- 3) получение навыков самостоятельной работы с научно-технической литературой, действующими нормативами на проектирование систем электроснабжения на ОГР, справочной и иной специальной литературой.

Курсовой проект должен содержать пояснительную записку (ПЗ) и графическую часть, содержащую: схему электроснабжения карьера (участка) на плане горных работ ; электрическую принципиальную схему ГПП или УПП (БПП);

Пояснительная записка должна содержать:

- 4) титульный лист;
- 5) задание на курсовое проектирование;
- 6) содержание;
- 7) текст пояснительной записки, который должен содержать следующие разделы:
 - исходные данные для проектирования;
 - расчет электрических нагрузок, выбор числа и мощности трансформаторов подстанций;
 - проектирование воздушных и кабельных распределительных сетей разреза (участка);
 - расчет токов короткого замыкания;
 - расчет защитного заземления;
 - расчет освещения участка;
- 8) список использованной литературы;
- 9) свободный лист для замечаний руководителя проекта.

Нумерация страниц ПЗ должна включать титульный лист, задание на проектирование, лист «Содержание» и лист «Список использованной литературы». На каждом листе ПЗ выполняется рамка на расстоянии 20 мм от левой границы формата и 5 мм от остальных границ. На листах ПЗ выполняют основную надпись. Высота букв и цифр не должна быть меньше 2,5 мм (шрифт Times New Roman кеглем в 14 пунктов с одинарным межстрочным интервалом). Расстояние от рамки формата до границы текста должно составлять: в начале строки не менее 5 мм, в абзаце – 1,25 мм, в конце строки – не менее 3 мм.

Заголовки разделов ПЗ записки должны отличаться шрифтом от текста записки (шрифт Times New Roman кеглем, все прописные). Перенос в заголовках не допускается.

Весь текст ПЗ разбивать на разделы, подразделы, пункты и подпункты, которые нумеруются соответственно: разделы – 1, 2, 3 и т. д.; подразделы – 1.1, 1.2, 1.3 и т. д.; пункты – 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3 и т. д. Наименования разделов (заголовки) печатать прописными буквами. Наименования подразделов, пунктов и подпунктов (подзаголовки) – с заглавной буквы строчными буквами. Точка в конце заголовка или подзаголовка не ставится. Заголовок или подзаголовки печатать посередине строки и отделять от текста сверху и снизу тремя интервалами.

Расстояние между заголовком и подзаголовком составляет 2 интервала.

Формулы (если их в одном разделе больше трех) нумеровать. Номера формул печатать у правого края страницы арабскими цифрами в круглых скобках: (1.1), (1.2) и т. п. Первая цифра указывает номер раздела, а вторая –

номер формулы. Ссылки на формулы в тексте приводят в круглых скобках. Если несколько формул объединены фигурной скобкой, то знаки препинания ставят после каждой формулы.

Все входящие в формулу символы и коэффициенты должны быть расшифрованы с указанием единиц измерения. Первая строка расшифровки начинается со слова «где» без двоеточия после него. Расшифровка каждого символа или коэффициента печатается в подбор (т. е. не с новой строки) с разделением друг от друга точкой с запятой (;).

Таблица – это перечень систематизированных цифровых данных или каких-либо иных сведений, расположенных в определенном порядке по графам.

Нумерационный заголовок (слово «Таблица») печатать без кавычек строчными буквами (первая буква – прописная). Порядковый номер таблицы печатать арабскими цифрами. Знак номера (№) не ставить.

Точку в конце нумерационного заголовка не ставят. Слово «Таблица» размещают на два интервала выше тематического заголовка, у правого края таблицы.

Тематический заголовок таблицы располагают двумя способами: центрованным (посредине таблицы) или фланговым (каждая строка заголовка начинается от левого поля). Тематический заголовок печатают строчными буквами (первая буква – прописная) через 1,5 интервала. Точку в конце заголовка не ставят. Если тематический заголовок больше одной строки, то его делят на смысловые строки: каждая строка должна иметь законченный смысл. Переносы и сокращения в заголовке не допускаются. Тематический заголовок отделять от верхней ограничительной горизонтальной линии таблицы двумя интервалами.

Головка таблицы содержит заголовки и подзаголовки граф и наименование боковика. Строки заголовков и подзаголовков граф размещать горизонтально в соответствии с ГОСТ 1.5-68. Все первые строки заголовков располагают на одной горизонтали, а вторые и последующие строки выравнивают слева по первой строке.

При переносе части таблицы на другую страницу головку таблицы повторять. На два интервала выше верхней горизонтальной линии головки таблицы у правого края поля печатается, например «Продолжение табл. 1.5». Цифра «1» обозначает номер раздела, а цифра «5» – порядковый номер таблицы.

Размеры рисунка не должны превышать 175×255 мм (с учетом подрисуночной подписи). Подрисуночную подпись печатать на два интервала ниже поля самого рисунка. Рисунки, если их больше трех, имеют двойную нумерацию арабскими цифрами. Например: «Рис. 2.3. Принципиальная электрическая схема электроснабжения», точка в конце подписи не ставится. Первая цифра обозначает номер раздела, а вторая – порядковый номер рисунка.

Пояснительная записка и графическая часть проекта должны выполняться в полном соответствии с ЕСКД и действующими ГОСТ по оформлению текстовых и графических документов. Чертежи выполняются тушью, каран-

дашом или на принтере.

Объем пояснительной записки определяется автором проекта, но при этом должны соблюдаться следующие требования:

- краткость и четкость изложения материала;
- отсутствие материала из литературы описательного характера;
- должны приводиться необходимые таблицы, графики, схемы и эскизы с увязкой их с текстом;
- приводятся формулы, поясняются величины, входящие в нее с указанием размерности;
- нумерацию, формул, таблиц и рисунков рекомендуется проводить по разделам;
- однотипные расчеты не должны повторяться. Приводится пример вычислений одного элемента схемы, результаты других вычислений сводятся в рекомендуемые таблицы;
- необходимо особое внимание уделить обоснованию принимаемых технических решений, безопасному ведению работ, повышению надежности функционирования системы электроснабжения, внедрению новой прогрессивной техники и технологии.

Пояснительная записка помещается в обложку, на которой указывают название документа, учебную группу, фамилию, имя, отчество и шифр учащегося (для заочной формы обучения), выполнявшего курсовой проект, место (город), год выполнения.

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТА

Проектирование целесообразно проводить в следующем порядке:

- выбираются исходные данные для проектирования;
- производится расстановка горного технологического оборудования на плане горных работ (лист 1 ГЧ) с учетом масштаба;
- принимается схема внешнего электроснабжения карьера (участка);
- определяются расчетные нагрузки, уровни питающих напряжений, номинальная мощность трансформаторов на ГПП (УПП или БПП), ПКТП для буровых станков и другого низковольтного электрооборудования;
- определяется место установки ГПП (УПП или БПП);
- на плане горных работ (лист 1 ГЧ) производится трассировка воздушных и кабельных линий электропередачи;
- выполняется расчет сечения проводов воздушной кабельной высоковольтных и низковольтных ЛЭП (ВЛ и КЛ);
- производится расчет общего заземления участка;
- производится расчет общего освещения участка.

II ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УЧАСТКА РАЗРЕЗА

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1. Основные положения

Совершенствование техники и технологии добычи угля открытым способом, создание и внедрение мощных высокопроизводительных машин и комплексов требует дальнейшего повышения эффективности и надежности систем электроснабжения угольных разрезов. Важнейшим способом достижения этого, наряду с созданием и применением нового высоконадежного электро-технического оборудования, является рациональное построение и выбор оптимальных параметров систем электроснабжения разрезов, что позволит:

- обеспечить стабильное и качественное питание горного оборудования при минимальных потерях напряжения и мощности в распределительных сетях;
- уменьшить перерывы электроснабжения и потери производительности горных машин из-за отказов от планово-предупредительных ремонтов электрооборудования;
- снизить общие затраты на построение и эксплуатацию системы электроснабжения с учетом ущерба от аварийных перерывов подачи электроэнергии.

1.2. Построение схемы электроснабжения участка разреза

1.2.1. Рекомендации по работе над разделом

В соответствии с заданием на проектирование описывается принятая технологическая схема ведения горных работ, расстановка на плане горных работ горного технологического оборудования (экскаваторов, буровых станков и т. д.).

В разделе указывается районная подстанция (РПС), от которой питается разрез, расстояние до нее, описывается схема внешнего электроснабжения разреза, на плане горных работ составляется схема питания горного оборудования

По [табл. П.3.1.5-П.3.1.7](#) и справочной литературе [4; 9; 13] определяются технические данные выбранного технологического оборудования, тип и основные характеристики электродвигателей электроприемников.

Сменная производительность $\Pi_{\text{см}}$ принимается исходя из максимальной загруженности горного оборудования в смену, либо по теоретической произ-

водительности принятого оборудования ([табл. П.3.1.1-П.3.1.4](#)).

1.2.2. Рекомендации по выбору схемы электроснабжения

Электроснабжение разрезов должно осуществляться, как правило, от районных энергосистем по воздушным линиям электропередачи (ЛЭП) напряжением 35-110-220 кВ с применением принципа глубокого ввода высокого напряжения путем установки передвижных комплектных трансформаторных подстанций ПКТП 35-110/6(10) кВ в пределах горных работ, в том числе непосредственно на уступах разреза.

При выборе и построении систем электроснабжения разрезов необходимо учитывать следующие основные факторы:

- систему разработки, принятую на разрезе;
- горно-технологические параметры разреза (годовое подвигание фронта горных работ и экскаваторных забоев, число уступов, глубину разреза, длину фронта горных работ и т. п.);
- наличие мощных электроприемников и электроприемников разных уровней напряжения;
- перспективу дальнейшего развития разреза;
- погодные-климатические условия района расположения разреза.

При питании электроприемников разрезов напряжением до и выше 1000 В предусматривать, как правило, систему с изолированной нейтралью.

Разрешается применение глухозаземленной нейтрали для:

- силовых и осветительных сетей промплощадок разрезов;
- сетей водопонижающих установок, расположенных за границами ведения горных работ;
- осветительных сетей отвалов и автодорог вне разреза, в том числе выездных (въездных) траншей;
- сетей СЦБ;
- сетей, питающих осветительные установки, которые могут работать только от системы с глухозаземленной нейтралью.

Для разрезов (участков) при транспортной системе разработки следует, как правило, принимать продольную схему электроснабжения, с расположением передвижных (переносных) ЛЭП-6(10) кВ на уступах. В отдельных случаях (большой объем буровзрывных работ, значительная протяженность фронта горных работ и др.) при соответствующем технико-экономическом обосновании допускается применение поперечной схемы электроснабжения.

К одной передвижной (переносной) воздушной ЛЭП-6(10) кВ предусматривать присоединение одной из следующих групп электроустановок в составе:

- не более 3-х экскаваторов с емкостью ковша до 5 м³ и 2-3-х ПКТП с мощностью трансформаторов каждой подстанции до 630 кВ·А;
- не более 2-х экскаваторов с емкостью ковша до 12,5 м³ и 2-х ПКТП с

мощностью трансформаторов каждой подстанции до 630 кВ·А;

- не более одного экскаватора с емкостью ковша 15 м³ и более и одной ПКТП с трансформатором мощностью до 630 кВ·А;

- не более 2-х многочерпаковых (роторных) экскаваторов с теоретической производительностью до 1300 м³/ч и 2-х ПКТП с мощностью трансформаторов каждой подстанции до 630 кВ·А;

- не более одного многочерпакового (роторного) экскаватора с теоретической производительностью свыше 1300 м³/ч и одной ПКТП с трансформатором мощностью до 630 кВ·А.

Для разрезов (участков) при бестранспортной системе разработки следует принимать, как правило, схему электроснабжения, построенную по принципу блока «ЛЭП-35-110 кВ – передвижная (блочная) комплектная трансформаторная подстанция 35-110/6(10) кВ» с бортовыми поперечными ЛЭП-6(10) кВ.

2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК. ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПОДСТАНЦИЙ

2.1. Рекомендации для расчета электрических нагрузок

Электрические нагрузки используются при выборе мощности трансформаторов, начиная от ПКТП 6/0,4 кВ, приближаясь к главной подстанции, расчета токов по участкам распределительной низковольтной и высоковольтной сети.

Расчет электрических нагрузок и определение мощности трансформаторов ГПП (УПП или БПП), ПКТП производится в следующем порядке:

Электроприемники группируются по напряжению 6 кВ или 0,4(0,66) кВ.

Одноковшовые экскаваторы группируют по технологическим процессам: вскрышные, добычные, на отвалах.

Горные машины и механизмы с электроприводом напряжением 0,4(0,66) кВ объединяют по участкам или технологическим процессам.

Определяют суммарные номинальные мощности электроприемников в каждой группе.

По справочным данным ([табл. П.3.2.1-П.3.2.2](#)) в зависимости от принятого метода расчета нагрузок, принимают соответствующие расчетные коэффициенты и находят активные и реактивные нагрузки каждой группы.

Определяют общие активные и реактивные расчетные нагрузки по экскаваторам, и другим электроприемникам напряжением 6 кВ и суммарные нагрузки всех групп напряжением 6 кВ.

Вычисляют суммарные активную $P_{\Sigma\text{гпп}}$ и реактивную $Q_{\Sigma\text{гпп}}$ мощности на шинах 6 кВ ГПП (УПП или БПП), ПКТП.

По суммарным $P_{\Sigma\text{гпп}}$ и $Q_{\Sigma\text{гпп}}$ устанавливают общую расчетную мощность трансформаторов ГПП (УПП или БПП) S_T .

По расчетной мощности S_T выбирают стандартную мощность трансформаторов ГПП (УПП или БПП).

Трансформаторы КТП 35/6 кВт и ПКТП 6,0/0,4 кВ проверяются по условию прямого пуска наиболее мощного электродвигателя.

2.2. Расчет электрических нагрузок

Расчет электрических нагрузок экскаваторов, выполняющих вскрышные и добычные работы на разрезах, следует производить по методу удельного электропотребления.

Средняя активная мощность карьера, подстанции, узла нагрузки или отдельной линии определяется по формуле

$$P_p = \frac{k \cdot \sum \omega_{уд. i} \cdot P_{см. i}}{t_{см}}, \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

где $\omega_{уд. i}$ – удельный расход электроэнергии для данного типа экскаватора, кВт·ч/м³ (принимается согласно [табл. П.3.2.1](#)); $P_{см. i}$ – сменная производительность экскаватора ([табл. П.3.1.1-П. 3.1.4](#)), м³; $t_{см}$ – продолжительность смены, ч ($t_{см} = 5$ ч); k – коэффициент, учитывающий потери энергии в электрических сетях и трансформаторах. Величина k в среднем принимается: для высоковольтных сетей $k = 1,1$; для низковольтных сетей $k = 1,15$.

Расчет электрических нагрузок электроприемников разреза (участка разреза) напряжением до и выше 1000 В (в том числе и экскаваторов при укрупненных расчетах) производить по методу коэффициента спроса:

$$\begin{aligned} P_p &= k_c P_{уст}, \text{ кВт}, \\ Q_p &= P_p \operatorname{tg} \varphi_p, \text{ квар}, \\ S_p &= \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \text{ кВ} \cdot \text{А}, \end{aligned} \quad (2.2)$$

где k_c – коэффициент спроса для данного электроприемника; $P_{уст}$ – установленная мощность электроприемника, кВт; $\operatorname{tg} \varphi_p$ – соответствует $\cos \varphi_p$ данного электроприемника.

В формуле (2.2) под установленной мощностью понимается суммарная номинальная мощность электроприемников (электродвигателей, трансформаторов), присоединенных к сети, за исключением трансформаторов собственных нужд.

Значения коэффициентов спроса k_c и мощности $\cos \varphi$ для передвижных машин и установок принимаются по [табл. П.3.2.2](#). Для синхронных электродвигателей, работающих с опережающим $\cos \varphi$, величина Q_p принимается со знаком минус, а значение $\cos \varphi_p$ определяется согласно [табл. П.3.2.2](#).

При наличии нескольких групп потребителей, присоединенных к трансформатору подстанции и имеющих разные временные и нагрузочные характеристики, расчетная нагрузка

$$P_{расч} = \sum_i^n k_{ci} P_{ном. i}, \text{ кВт}; \quad Q_{расч} = P_{расч} \operatorname{tg} \varphi_{cp}, \text{ квар}, \quad (2.3)$$

где $P_{ном. i}$ – номинальная мощность i -го электроприемника; n – число групп или одиночных потребителей; $\operatorname{tg} \varphi_{cp}$ – средневзвешенный коэффициент реактивной мощности, соответствующий $\cos \varphi_{cp}$

$$\cos \varphi_{cp} = \frac{P_1 \cos \varphi_1 + P_2 \cos \varphi_2 + \dots + P_n \cos \varphi_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n}, \quad (2.4)$$

где P_n , $\cos \varphi_n$ – соответственно мощность и коэффициент мощности отдельных электроприемников в группе;

Расчетная мощность по фидеру или участку в целом, суммарные нагрузки трансформаторных подстанций определяются суммированием расчетных

мощностей отдельных электроприемников, с учетом коэффициента участия в максимуме нагрузки $K_{\text{ум}}$:

$$S_p = K_{\text{ум}} \sqrt{\left(\sum_{i=1}^N P_{pi}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^N Q_{pi}\right)^2}, \text{ кВ}\cdot\text{А}, \quad (2.5)$$

где N – количество электроприемников (групп потребителей), подключенных к фидеру, или участку; P_{pi} , Q_{pi} – соответственно расчетные активная и реактивная мощности i -го электроприемника (i -й группы), кВт, квар.

Коэффициент участия в максимуме нагрузки $K_{\text{ум}}$, принимается:

- 0,45-0,55 – для всех электроприемников промплощадки разреза на шинах 0,4 кВ;
- 0,8-0,85 – для электроприемников горного участка, питающихся от одной подстанции на шинах 0,4 кВ;
- 0,8-0,9 – для электроприемников вскрышных, добычных и отвальных работ на шинах 6 кВ ГПП (УПП).

Электрические нагрузки, определенные по формулам (2.1), (2.2) и (2.3), (2.5) используются при выборе мощности трансформаторов, сечений линии электропередачи по нагреву и экономической плотности тока, а также для определения величины потери напряжения в сети при длительном режиме работы электроприемников.

Для определения потери напряжения в сети при пиковом режиме активную нагрузку рекомендуется определять следующим образом:

$$P_{\text{пик}} = K_{\text{пик}} P_{\text{н.м}} + P_{\Sigma\text{н}}, \text{ кВт}, \quad (2.6)$$

где $K_{\text{пик}}$ – коэффициент, учитывающий пиковую нагрузку экскаваторов, принимается равным 1,6-1,8; $P_{\text{н.м}}$ – номинальная мощность наиболее мощного экскаватора в группе, кВт; $P_{\Sigma\text{н}}$ – суммарная номинальная мощность прочих электроприемников в группе, кВт.

При пиковом режиме реактивная нагрузка электроприемников с синхронным приводом принимается равной нулю, а электроприемников с асинхронным приводом – равной ее номинальному значению.

Средневзвешенный коэффициент мощности $\cos\varphi_{\text{ср}}$ и $\text{tg}\varphi_{\text{ср}}$ по разрезу (участку)

$$\cos\varphi_{\text{ср}} = \frac{P_{\Sigma p}}{S_{\Sigma p}}; \quad \text{tg}\varphi_{\text{ср}} = \frac{Q_{\Sigma p}}{P_{\Sigma p}}, \quad (2.7)$$

где $P_{\Sigma p}$, $Q_{\Sigma p}$, $S_{\Sigma p}$ – суммарная активная, реактивная и полная мощность по разрезу (участку) соответственно, кВт, квар, кВ·А.

Необходимая мощность, компенсирующих устройств по разрезу (участку)

$$Q_{\text{к.у.}} = P_{\Sigma p} (\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi_2), \text{ квар}, \quad (2.8)$$

где $\text{tg}\varphi_1 = \text{tg}\varphi_{\text{ср}}$ – естественный тангенс с учётом компенсирующей способности синхронных двигателей; $\text{tg}\varphi_2$ – соответствует нормативному коэффициенту

ту мощности, задается энергоснабжающей организацией или принимается согласно [табл. П.3.2.7.](#)

Годовой расход активной энергии по карьере (участку)

$$W_{\Gamma} = P_p T_M, \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (2.9)$$

где P_p – расчетная активная мощность, кВт; T_M – годовое число использования максимума активной нагрузки, ч. $T_M = 4000-5000$ ч.

Годовой расход реактивной энергии по карьере

$$V_{\Gamma} = Q_p T_{M.p}, \text{ квар} \cdot \text{ч}, \quad (2.10)$$

где Q_p – расчетная реактивная мощность, квар; $T_{M.p}$ – годовое число использования максимума реактивной мощности, ч.

Значение $T_{M.p}$ определяется по справочным или отраслевым инструкциям. При отсутствии точных данных $T_{M.p}$ можно ориентировочно принять на 15-20 % больше значения T_M , т. е. $T_{M.p} = (1,15-1,2) T_M$.

Пример расчета:

Исходные данные для расчета:

Номер варианта	Тип экскаватора	Кол-во экскаваторов	Тип буровых станков	Кол-во буровых станков	Категория пород	Погрузка на конвейер(1)/ жд транспорт(2)
1	ЭРГ-400	6	СБШК-200	4	1	1

Средняя активная мощность карьера, подстанции, узла нагрузки или отдельной линии определяется по формуле

$$P_p = \frac{k \cdot \sum \omega_{уд. i} \cdot P_{см. i}}{t_{см}};$$

$$P_p = \frac{1.1 \cdot 0.6 \cdot 6 \cdot 7840}{5} = 6210 \text{ кВт}.$$

Расчет электрических нагрузок электроприемников разреза (участка разреза) напряжением до и выше 1000 В (в том числе и экскаваторов при укрупненных расчетах) производить по методу коэффициента спроса:

$$P_p = k_c P_{уст}, \text{ кВт},$$

$$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi_p, \text{ квар},$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

$$P_p = 0.6 \cdot 10200 = 6120 \text{ кВт},$$

$$Q_p = 6120 \cdot 1.33 = 8140 \text{ квар},$$

$$S_p = \sqrt{6120^2 + 8140^2} = 10184 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Расчетная мощность по фидеру или участку в целом, суммарные нагруз-

ки трансформаторных подстанций определяются суммированием расчетных мощностей отдельных электроприемников, с учетом коэффициента участия в максимуме нагрузки $K_{\text{ум}}$:

$$S_p = K_{\text{ум}} \sqrt{\left(\sum_{i=1}^N P_{\text{pi}}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^N Q_{\text{pi}}\right)^2}, \text{ кВ}\cdot\text{А},$$

$$S_p = 0,85 \cdot 10184 = 8656,4 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Для определения потери напряжения в сети при пиковом режиме активную нагрузку рекомендуется определять следующим образом:

$$P_{\text{пик}} = K_{\text{пик}} P_{\text{н.м}} + P_{\Sigma \text{н}}, \text{ кВт},$$

$$P_{\text{пик}} = 1,7 \cdot 9000 + 1200 = 16500 \text{ кВт}.$$

Средневзвешенный коэффициент мощности $\cos \varphi_{\text{ср}}$ и $\text{tg} \varphi_{\text{ср}}$ по разрезу (участку)

$$\cos \varphi_{\text{ср}} = \frac{P_{\Sigma \text{р}}}{S_{\Sigma \text{р}}}; \quad \text{tg} \varphi_{\text{ср}} = \frac{Q_{\Sigma \text{р}}}{P_{\Sigma \text{р}}},$$

$$\cos \varphi_{\text{ср}} = \frac{6120}{10184} = 0,6; \quad \text{tg} \varphi_{\text{ср}} = \frac{8140}{6120} = 1,33.$$

Необходимая мощность, компенсирующих устройств по разрезу (участку)

$$Q_{\text{к.у.}} = P_{\Sigma \text{р}} (\text{tg} \varphi_1 - \text{tg} \varphi_2), \text{ квар},$$

$$Q_{\text{к.у.}} = 6120 \cdot (1,33 - 0,395) = 5722,2 \text{ квар}.$$

Годовой расход активной энергии по карьере (участку)

$$W_{\Gamma} = P_{\Gamma} T_{\text{м}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

$$W_{\Gamma} = 6120 \cdot 4500 = 27,54 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Годовой расход реактивной энергии по карьере

$$V_{\Gamma} = Q_{\Gamma} T_{\text{м.р}}, \text{ квар}\cdot\text{ч},$$

$$V_{\Gamma} = 8140 \cdot 1,2 \cdot 4500 = 43,96 \text{ квар}\cdot\text{ч}.$$

2.3. Определение величины напряжений питания

Для питания ГПП (УПП или БПП) напряжение питания определяется по формуле.

$$U = 16 \cdot \sqrt[4]{P \cdot L}, \text{ кВ}, \quad (2.11)$$

где P – активная мощность ГПП (УПП), МВт; L – расстояние до районной подстанции, км.

Принимается ближайшее большее стандартное напряжение.

Согласно [3], для питания передвижных и самоходных электроустановок следует применять сети напряжением не выше 35 кВ с изолированной нейтралью трансформаторов или заземленной через высокоомные резисторы, либо трансформаторы стабилизации сети.

На борт экскаватора подается, как правило, напряжение 6 кВ и реже 10 кВ. Для мощных экскаваторов допускается ввод на борт напряжения 35 кВ.

Питание низковольтных потребителей выполняется от сети 0,4 кВ, а для мощных потребителей 0,69 кВ, с изолированной нейтралью от понижающих трансформаторов ПКТП-6/0,4(0,69) кВ.

Пример расчета:

Исходные данные для расчета:

Номер варианта	Активная мощность ГПП (УПП), МВт	Расстояние до районной подстанции, км
1	100	25

Для питания ГПП (УПП или БПП) напряжение питания определяется по формуле.

$$U = 16 \cdot \sqrt[4]{P \cdot L} \text{ , кВ,}$$
$$U = 16 \sqrt[4]{100 \cdot 25} = 113,14 \text{ кВ.}$$

Принимается ближайшее большее стандартное напряжение 110 кВ.

2.4. Выбор подстанций и трансформаторов

2.4.1. Выбор типа и мощности ГПП (УПП)

Выбор типа, мощности и других параметров ГПП, а также их расположение должны обуславливаться величиной электрических нагрузок и размещением их на генеральном плане разреза.

Для ГПП напряжением 35-110/6(10) кВ, как правило, следует применять типовые проекты. Отказ от типового проекта должен быть обоснован технико-экономическим расчетом.

Для ГПП разрезов проектировать, как правило, открытое распредустройство ОРУ 35-110 кВ, открытую установку силовых трансформаторов 35-110/6(10) кВ и закрытое ЗРУ 6(10) кВ.

При наличии на разрезе электрифицированного железнодорожного транспорта следует проектировать ГПП, как правило, совмещенного типа с установкой силовых трансформаторов и преобразовательных агрегатов.

ГПП (УПП) следует размещать по возможности ближе к центру нагрузок. При этом следует учитывать, что минимальные расстояния от ОРУ 35-110 кВ и открытой установки трансформаторов 35-110/6(10) кВ с нормальной изоляцией до отдельных зданий и сооружений промплощадки должны быть не менее:

- до породного отвала – 100 м;
- до угольных складов и погрузочных пунктов для угля – 50 м;
- до прочих производственных сооружений – 30 м.

Для ГПП разреза следует предусматривать, как правило, установку двух силовых трансформаторов с регулированием напряжения под нагрузкой. Мощность каждого из них принимать равной 0,65-0,75 суммарной максимальной нагрузки на время освоения проектной мощности разреза.

Для электроснабжения мощных угольных разрезов, оснащенных высокопроизводительной горной техникой, следует применять однотрансформаторные передвижные (блочные) комплектные трансформаторные подстанции (ПКТП) напряжением 35-110/6(10) кВ мощностью до 16000 кВ·А включительно, отвечающие условиям эксплуатации на разрезах.

При выборе числа ПКТП следует учитывать:

- наличие электроприемников различных номинальных уровней напряжения;

- суммарную расчетную мощность электроприемников разреза (участка);
- целесообразность питания электроприемников параллельных технологических потоков от разных подстанций.

Номинальная мощность трансформатора ПКТП $S_{\text{тр.н}}$ определяется по расчетной нагрузке электроприемников, питающихся от подстанции. При этом должно быть соблюдено условие:

$$S_{\text{тр.н}} \geq S_p, \quad (2.14)$$

где S_p – расчетная нагрузка, кВ·А.

Выбранная с учетом нагрузки мощность трансформатора ПКТП должна быть проверена на возможность нормального пуска сетевого двигателя наиболее мощного и удаленного от подстанции экскаватора.

Для приближенной оценки возможности пуска электродвигателя можно руководствоваться следующими рекомендациями.

Мощность наибольшего двигателя в группе электроприемников, присоединенных к общим шинам подстанции, не должно превышать 30 % мощности трансформатора при редких пусках и не более 20 % – при частых пусках. При питании двигателя от отдельного трансформатора (блочная схема) мощность двигателя может составлять 80 % мощности трансформатора.

Пример расчета:

Выберем трансформатор ТМН 63000/110/6. Проверим его по условию:

$$S_{\text{тр.н}} \geq S_p, \\ 63000 \text{ кВ} \cdot \text{А} \geq 10184 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Проверим возможность нормального пуска сетевого двигателя наиболее мощного и удаленного от подстанции экскаватора. Так как суммарная мощность группы двигателей не превышает 20% мощности трансформатора, то нормальный пуск возможен.

2.4.2. Выбор ПКТП-6(10)/0,4 кВ

Мощность трансформатора передвижной подстанции, определяемая по величине нагрузки, рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{тр}} \geq \frac{P_p}{\cos \varphi_p}, \text{ кВ} \cdot \text{А}, \quad (2.16)$$

где P_p – расчетная нагрузка подстанции, кВт; $\cos \varphi_p$ – средневзвешенное значение коэффициента мощности группы электроприемников, питающейся

от подстанции (принимается равным 0,6-0,7).

Выбранная по величине нагрузки мощность подстанции проверяется по условию пуска наибольшего по величине двигателя в группе.

Технические данные основных типов трансформаторов приведены в [табл. П.3.2.3 – П.3.2.6](#).

Пример расчета:

Мощность трансформатора передвижной подстанции, определяемая по величине нагрузки, рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{тр}} \geq \frac{P_p}{\cos \varphi_p}, \text{ кВ} \cdot \text{А},$$
$$S_{\text{тр}} \geq \frac{1200}{0,65} \geq 1846 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Выберем 2 трансформатора ТДН 1000/10/0,4 со следующими параметрами:

Тип	Напряжение $U_{\text{лн}}$, кВ	Мощность $S_{\text{тн}}$, кВ·А	Потери, кВт		Ток х. х, $i_0\%$	Напряжение КЗ, $u_k\%$
			х. х, ΔP_x	КЗ, ΔP_k		
ТДН	10	1000	1,9	10,8	5,5	1,2

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ РАЗРЕЗА (УЧАСТКА)

3.1. Рекомендации по проектированию распределительных сетей

Питающие ЛЭП, расположенные на поверхности (на бортах) разреза, проектировать воздушными, распределительные ЛЭП внутри разреза – воздушными или кабельными. Для разрезов (участков) с поточной технологией и разрезов, расположенных в неблагоприятных погодных-климатических услови-

ях (в зоне холодного климата и т. п.), распределительные сети внутри разреза рекомендуется выполнять кабельными.

Для стационарных ВЛ-6-35 кВ следует принимать алюминиевые (А) или сталеалюминиевые (АС) провода сечением 35-185 мм². При применении проводов повышенного сечения (150-185 мм²) следует применять опоры с подвесными изоляторами.

Для передвижных ВЛ-6(10) кВ, как правило, предусматривать применение алюминиевого провода сечением 35-120 мм². Допускается применение сталеалюминиевого провода сечением 35-95 мм².

При применении провода АС-95 необходима проверка передвижных опор на устойчивость.

Расстояние (пролет) между передвижными опорами определяется расчетом в зависимости от конкретных климатических условий, но не должно превышать 50 м.

При устройстве поперечных ВЛ (спуск с уступа на уступ) расстояние между опорами, определяемое по проекции ВЛ на горизонтальную плоскость, не должно превышать 40 м.

Воздушные ЛЭП 6(10) кВ, сооружаемые на рабочих уступах, следует выполнять на передвижных или переносных типовых опорах. Рекомендуется применять деревянные одностоечные опоры на железобетонных основаниях.

Конструкция передвижных опор должна допускать монтаж, демонтаж и передвижку (транспортировку) опор с помощью обычных или специально оборудованных механизмов на базе бульдозеров, тракторов, автомашин или грузоподъемных кранов.

С целью повышения надежности электроснабжения электроприемников разреза и удобства эксплуатации системы электроснабжения рекомендуется осуществлять секционирование стационарных и передвижных ВЛ-6(10) кВ посредством мачтовых разъединителей наружной установки.

Расстояние между секционными разъединителями передвижных ВЛ принимать равным 400-600 м.

Секционирование стационарных ВЛ осуществлять путем установки разъединителей в местах разветвления электрической сети.

Рекомендуется совместная подвеска на общих опорах передвижкой или стационарной ВЛ:

- проводов ВЛ-6-35 кВ и магистрального заземляющего провода;
- проводов ВЛ-6(10) кВ, проводов осветительной ВЛ-0,22(0,38) кВ и магистрального заземляющего провода;
- проводов контактной сети напряжением до 1650 В постоянного тока и осветительной ВЛ-0,22(0,38) кВ.

При этом должны быть выполнены следующие условия:

- провода ВЛ более высокого напряжения должны располагаться выше проводов ВЛ низшего напряжения;
- расстояние между проводами ВЛ разных напряжений должны при-

ниматься в соответствии с требованиями для ВЛ более высокого напряжения;

- магистральный заземляющий провод следует подвешивать ниже всех других проводов, прокладываемых по опорам;

- крепление проводов ВЛ высшего напряжения на штыревых изоляторах должно быть двойным.

В места пересечения передвижных ВЛ с проводами контактной сети, линиями связи и сигнализации, а также с другими ВЛ должны применяться стационарные опоры и соблюдаться требования ПУЭ для ВЛ соответствующих напряжений.

Подвод электроэнергии к передвижным машинам и механизмам на разрезе следует осуществлять гибким кабелем (марки КГЭ, КРПТ и т. п.). В районах с холодным климатом следует применять кабели в исполнении ХЛ (морозостойкие).

Для механизации работ по укладке и перемещению гибких кабелей предусматривать применение различных типов самоходных кабельных передвижчиков, кабельных барабанов и т. п.

Для подвода электроэнергии на рабочие горизонты разреза и прокладки кабельных сетей внутри разреза широко использовать транспортные коммуникации (трассы конвейерных линий, скиповых подъемников), различные горные выработки, в том числе дренажные, имеющие выход на дневную поверхность разреза.

Присоединение кабелей, питающих электроприемники, к воздушной ЛЭП должно осуществляться с помощью специальных приключательных пунктов или ПКТП. Непосредственное присоединение кабеля к проводам ВЛ на опоре запрещается.

Соединение гибких кабелей допускается производить с помощью специальных соединительных муфт или передвижных приключательных пунктов.

3.2. Расчет распределительных сетей участка

3.2.1. Рекомендации по расчету воздушных и кабельных ЛЭП

Расчет и выбор сечений воздушных и кабельных ЛЭП целесообразно проводить в следующем порядке:

Расчет производится после определения расчетных нагрузок и выбора трансформаторов подстанций (разделы 1-2).

Составляют схему расположения электрооборудования на плане горных работ участка (карьера), выбирают трассы ЛЭП к электроприемникам, учитывая рекомендации, изложенные в п. 3.1.

Составляется [табл. 3.2](#), в которую заносятся исходные данные и результаты расчетов.

Каждому кабелю и воздушной ЛЭП на высоковольтных и низковольтных схемах присваивается порядковый номер, который проставляется на схемах и заносится в графу 1 [табл. 3.2](#).

Производится выбор типа кабеля и провода (графа 2).

На плане горных работ определяется длина отрезков ЛЭП и кабелей (графа 3).

Определяется расчетный ток нагрузки для каждого отрезка кабеля или воздушной ЛЭП (графа 5).

Производится определение сечений по нагреву, экономическим факторам и механической прочности (графы 6, 7, 8).

Наибольшее сечение принимается как предварительное и заносится в графу 9.

Сечение проводов ВЛ и жил кабелей проверяют на потерю напряжения в нормальном режиме работы.

Сечение проводов ВЛ и жил кабелей, питающих мощные экскаваторы, проверяются на потерю напряжения по пиковому току приводного двигателя преобразовательного агрегата.

Если предварительно выбранные сечения не проходят проверку, то производят их увеличение до необходимого значения и заносят в графы 10 и 11. Отрезки воздушных и кабельных линий, которые не проверялись, должны иметь прочерк.

Графа 12 [табл. 3.2](#) заполняется после расчета трехфазных токов короткого замыкания и проверки высоковольтных кабелей (6 кВ) на термическую стойкость.

Окончательно сечение принимается по результатам всех проверок (графа 13).

Для каждого отрезка кабельной или воздушной ЛЭП на схеме указывают:

- номер кабеля;
- тип кабеля или провода;
- количество и сечение жил силовых, заземления, управления;
- длину кабеля или линии в метрах.

3.3. Выбор сечений проводников

Сечения проводников воздушных и кабельных ЛЭП напряжением до и выше 1000 В следует выбирать:

- по нагреву токами нагрузки;
- по механической прочности;
- по экономической плотности тока (только ЛЭП 6-35 кВ и более со сроком службы более 5 лет).

С последующей проверкой:

- по допустимой потере напряжения в нормальном, и пиковом режи-

мах;

– на термическую устойчивость от воздействия токов короткого замыкания (только кабельные ЛЭП-6(10) кВ);

Окончательно должно приниматься наибольшее сечение, отвечающее указанными условиями.

3.3.1. Выбор сечений проводников по нагреву токами нагрузки

Выбор сечения проводников по нагреву сводится к сравнению расчетного тока I_p с длительно допустимыми токами нагрузки $I_{доп}$, приводимыми для стандартных сечений ([табл. П.3.3.1 – П.3.3.2](#)):

$$I_p \leq k I_{доп}, \text{ А}, \quad (3.1)$$

где k – поправочный коэффициент, зависящий от температуры окружающей среды и способа прокладки кабелей ([табл. П.3.3.3 – П.3.3.5](#)).

Расчетный ток нагрузки для выбора проводов, питающих отдельный электродвигатель:

$$I_p = \frac{P_{ном} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U \cos \varphi_{дв} \eta_{дв}}, \text{ А}, \quad (3.2)$$

где $P_{ном}$ – номинальная мощность электродвигателя, кВт; U – напряжение сети, В; $\cos \varphi_{дв}$ – коэффициент мощности электродвигателя; $\eta_{дв}$ – КПД электродвигателя.

Расчетный ток нагрузки ЛЭП, питающих группу горных машин (компрессоры, насосы, ленточные конвейеры, роторные экскаваторы и пр.).

$$I_p = \frac{\sum k_c P_{ном} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cos \varphi_c \eta_c}, \text{ А}, \quad (3.3)$$

где k_c – коэффициент спроса, принимаемый по таблице, η_c – КПД сети (для кабелей $\eta_c = 0,97 \dots 0,99$, для воздушной линии $\eta_c = 0,94 \dots 0,95$).

Расчетный ток для группы одноковшовых экскаваторов

$$I_p = \sqrt{(\sum I_{а.дв} + \sum I_{а.тр})^2 + (\sum I_{р.дв} + \sum I_{р.тр})^2}, \text{ А}, \quad (3.4)$$

где $\sum I_{а.дв} = \frac{\sum P_{ном.дв} k_c \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}$ – сумма активных составляющих приводных

двигателей главных преобразовательных агрегатов, А; k_c – коэффициент спроса; $P_{ном.дв}$ – номинальная мощность приводного двигателя, кВт;

$\sum I_{а.тр} = \frac{\sum S_{ном.тр} \cos \varphi_{ном.тр} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \eta_c}$ – сумма активных составляющих двигателей

вспомогательных механизмов и других токоприемников экскаватора, А; $\sum S_{ном тр}$ – сумма номинальных мощностей трансформаторов собственных нужд экскаваторов, кВт·А; $\cos \varphi_{т} = 0,7-0,75$ – коэффициент мощности вспомогательных механизмов и других токоприемников экскаватора; η_c – средний КПД сети; $\sum I_{р.дв} = \sum I_{а.дв} \operatorname{tg} \varphi_{ном.дв}$ – сумма реактивных составляющих расчетного тока

приводных двигателей; $\operatorname{tg}\varphi_{\text{ном.дв}}$ – соответствующий номинальному $\cos\varphi_{\text{ном.дв}}$ двигателей; $\Sigma I_{\text{р.тр}} = \Sigma I_{\text{а.тр}} \operatorname{tg}\varphi_{\text{ном.тр}}$ – сумма реактивных составляющих токов двигателей вспомогательных механизмов и других токоприемников экскаватора, питающихся от трансформатора собственных нужд; $\operatorname{tg}\varphi_{\text{ном.тр}}$ соответствует $\cos\varphi_{\text{ном.тр}}$.

Расчетный ток для проверки сечения проводов и кабелей, питающих группу электроприемников, по потере напряжения в пиковом (пусковом) режиме.

$$I_{\max} = \sqrt{(I_{\text{п.а.дв}} + \Sigma I_{\text{ном.а}})^2 + (I_{\text{п.р.дв}} + \Sigma I_{\text{ном.р}})^2}, \text{ А}, \quad (3.5)$$

где $I_{\text{п.а.дв}} = I_{\text{п.дв}} \cos \varphi_{\text{п.дв}}$ – активная составляющая тока наиболее мощного двигателя в пиковом (пусковом) режиме, А; $I_{\text{п.р.дв}} = I_{\text{п.дв}} \sin \varphi_{\text{п.дв}}$ – реактивная составляющая тока наиболее мощного двигателя в пиковом (пусковом) режиме, А; $\Sigma I_{\text{ном.а}} = \Sigma I_{\text{ном}} \cos\varphi_{\text{ном}}$, $\Sigma I_{\text{ном.р}} = \Sigma I_{\text{ном}} \sin\varphi_{\text{ном}}$ – сумма активных и реактивных составляющих тока всех остальных электроприемников в группе, работающих в нормальном режиме, А; $\cos\varphi_{\text{п.дв}}$ и $\sin\varphi_{\text{п.дв}}$ – значения при перегрузке (пуске) наиболее мощного двигателя; $\cos\varphi_{\text{ном}}$ и $\sin\varphi_{\text{ном}}$ – номинальные значения при работе в номинальном режиме.

В пиковом (пусковом) режиме для экскаваторов $I_{\text{п.дв}} = (1,6-1,8) I_{\text{ном.дв}}$; $\cos\varphi_{\text{п.дв}}$ определяют по справочным данным, либо принимают в пиковом режиме $\cos\varphi_{\text{пик.дв}} = 0,5$ (опережающий), в пусковом режиме для асинхронных двигателей $\cos\varphi_{\text{пуск.дв}} = 0,3$.

Расчетный ток нагрузки для определения сечения проводов и жил кабеля, питающих подстанцию.

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{р}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \text{ А}, \quad (3.6)$$

где $S_{\text{р}} = \sqrt{(\Sigma P_{\text{р.э}} + \Sigma P_{\text{р.г.м}})^2 + (\Sigma Q_{\text{р.э}} + \Sigma Q_{\text{р.г.м}})^2}$ кВ·А; $\Sigma P_{\text{р.э}}$, $\Sigma Q_{\text{р.э}}$ – соответственно суммарная расчетная активная и реактивная мощность экскаваторов, питающихся от данной подстанции по данной ЛЭП, кВт, квар; $\Sigma P_{\text{р.г.м}}$, $\Sigma Q_{\text{р.г.м}}$ – соответственно суммарная расчетная активная и реактивная мощность горных машин, питающихся по данной ЛЭП, кВт, квар.

Расчетный ток в линии можно определить по формуле

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{р}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{P_{\text{р}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cos \varphi}, \text{ А}, \quad (3.7)$$

где $S_{\text{р}}$ – полная расчетная нагрузка ЛЭП, кВ·А; $P_{\text{р}}$ – активная расчетная нагрузка ЛЭП, кВт; $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, кВ; $\cos\varphi$ – расчетный коэффициент мощности.

Пример расчета:

Расчетный ток нагрузки для выбора проводов, питающих отдельный электродвигатель:

$$I_p = \frac{P_{\text{ном}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U \cos \varphi_{\text{дв}} \eta_{\text{дв}}}, \text{ А}$$

$$I_p = \frac{50000}{1,73 \cdot 6000 \cdot 0,6 \cdot 0,65} = 12,35 \text{ А}$$

Расчетный ток нагрузки ЛЭП, питающих группу горных машин (компрессоры, насосы, ленточные конвейеры, роторные экскаваторы и пр.).

$$I_p = \frac{\sum k_c P_{\text{ном}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cos \varphi_c \eta_c}, \text{ А},$$

$$I_p = \frac{50000}{1,73 \cdot 6000 \cdot 0,9 \cdot 0,97} = 10,03 \text{ А}$$

Расчетный ток нагрузки для определения сечения проводов и жил кабеля, питающих подстанцию.

$$I_p = \frac{S_p \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \text{ А}$$

$$I_p = \frac{10184000}{1,73 \cdot 6000} = 981 \text{ А}$$

Расчетный ток в линии можно определить по формуле

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cos \varphi}, \text{ А},$$

$$I_p = \frac{10184000}{1,73 \cdot 6000 \cdot 0,6} = 1635 \text{ А}$$

3.3.2. Выбор сечений проводников по экономической плотности тока

Экономически целесообразное сечение проводника определяется из соотношения

$$S_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}}, \text{ мм}^2, \quad (3.8)$$

где $j_{\text{эк}}$ – экономическая плотность тока, А/мм², принимается согласно [табл. П.3.3.10](#).

В соответствии с ПУЭ [8] по экономической плотности тока не производят расчета:

– сетей напряжением до 1000 В при длительности использования максимума нагрузки до 5000 ч в год;

– шин и ответвлений к отдельным электроприемникам напряжением до 1000 В;

– временных сетей напряжением выше 1000 В (срок службы 3-5 лет), к которым относятся и распределительные сети напряжением 6 кВ разрезом.

Сечение проводника, полученное в результате указанных расчетов, округляется до ближайшего стандартного.

4. РАСЧЕТ ОСВЕЩЕНИЯ УЧАСТКА

4.1. Рекомендации по расчету электрического освещения

Электрическое освещение мест работ в разрезе проектировать по перечню нормам освещенности, согласно [табл. П. 3.8.1.](#)

Для освещения территории разреза следует применять высокоэффективные световые устройства.

Электрическое освещение мест работы передвижных машин должно осуществляться прожекторами, установленными на этих машинах.

Установку прожекторов рекомендуется проектировать для освещения небольших участков территории разреза и территории отдаленных объектов.

Расчет электрического освещения автодорог, линий забойных конвейеров, конвейерных галерей, выполненного светильниками типа СПО, ДРА, и т. п., следует производить точечным методом.

4.2. Расчет прожекторного освещения

При расчете прожекторного освещения на разрезах количество прожекторов, необходимых для создания требуемой освещенности рабочих поверхностей, рекомендуется определять методом светового потока. Для этого определяют суммарный световой поток, необходимый для освещения заданной площади:

$$F_{\Sigma} = S \cdot K_3 \cdot K_n, \text{ лм}, \quad (4.1)$$

где S – площадь освещаемой поверхности, м^2 ; K_n – коэффициент, учитывающий потери света в зависимости от конфигурации освещаемой поверхности (принимается $K_n = 1,15 - 1,5$); K_3 – коэффициент запаса (принимается $K_3 = 1,5$).

Необходимое количество прожекторов определяется по формуле:

$$N_{\text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{F_{\text{лп}} \cdot \eta} \quad (4.2)$$

где $F_{\text{лп}}$ – номинальный световой поток лампы прожектора, лм; η – КПД прожектора (принимается $\eta = 0,35 - 0,38$).

Высота установки прожектора определяется по формуле:

$$H \geq \sqrt{\frac{I_{\text{max}}}{300}}, \text{ м}, \quad (4.3)$$

где $I_{\max}$ – максимальная (осевая) сила света прожектора, кд.

Стационарные и переносные светильники и прожекторы в карьере и на отвалах подключаются к отдельным трансформаторам ТС или ТМ напряжением 6/0,23 В (для ламп ДКсТ – напряжением 6,0/0,4/0,23кВ) мощностью 5-100 кВ·А, установленных в металлических шкафах (КТП) или на опорах ВЛ-6 кВ. При небольшой суммарной мощности светильников питание их может осуществляться от трансформаторов ТС или ТСШ напряжением 400/133 В или 400/230 В, устанавливаемых в низковольтном отсеке передвижной трансформаторной подстанции. Ксеноновая лампа ДКсТ-20000 включается в сеть напряжением 380/220 В от специального пускового устройства. Защита трансформаторов осуществляется предохранителями ПК-6 или ПKN-6.

Пример расчета:

Суммарный световой поток, необходимый для освещения заданной площади:

$$F_{\Sigma} = S \cdot K_3 \cdot K_n, \text{ лм}$$
$$F_{\Sigma} = 4000000 \cdot 1,5 \cdot 1,3 = 7800000 \text{ лм}$$

Необходимое количество прожекторов определяется по формуле:

$$N_{\text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{F_{\text{лн}} \cdot \eta}$$

где $F_{\text{лн}} = 8500$ лм– номинальный световой поток лампы прожектора; η – КПД прожектора (принимается $\eta = 0,35-0,38$).

$$N_{\text{пр}} = \frac{7800000}{8500 \cdot 0,37} = 2480$$

Высота установки прожектора определяется по формуле:

$$H \geq \sqrt{\frac{I_{\max}}{300}}, \text{ м,}$$

где $I_{\max} = 200000$ – максимальная (осевая) сила света прожектора, кд.

$$H_{\min} = \sqrt{\frac{200000}{300}} = 25 \text{ м.}$$

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Волотковский С. А. Электрификация открытых горных работ: учебник для вузов. / С. А. Волотковский, В. И. Щуцкий, Н. И. Чеботаев [и др]. – М.: Недра, 1987, – 332 с.
- Голубев В. А. Новое электрооборудование для электроснабжения карьеров: Справочник. / В. А. Голубев, А. И. Лотов, П. П. Мирошкин. – М.: Недра, 1992. – 302 с., ил.
- Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. М.: Госгортехнадзор России, 2003. – 250 с., ил.
- Инструкция по безопасной эксплуатации электрооборудования и электросетей на карьерах. – М.: Недра, 1996. – 46 с., ил.
- Инструкция по безопасной эксплуатации электроустановок угольных разрезов. – Кемерово, 1996. – 248 с., ил.
- Пивняк Г. Г. Релейная защита электроустановок на открытых горных работах: справ. пособие / Г. Г. Пивняк, Ф. П. Шкрабец, Я. С. Горбунов. – М.: Недра, 1992. – 240 с., ил.
- Плащанский Л. А. Основы электроснабжения горных предприятий. – М.: Изд-во Московского гос. горного ун-та, 2005. – 499 с., ил.
- Правила технической эксплуатации электроустановок Потребителей. – М.: ИКЦ МарТ; Ростов н/Д: Изд-во центр МарТ, 2003. – 272 с.
- Правила устройства электроустановок: 9-й вып. – Новосибирск: Сиб. ун-т, 2008. – 854 с., ил.
- Разгильдеев Г. И. Вакуумные выключатели в схемах электроснабжения горных предприятий. / Г. И. Разгильдеев, В. В. Курехин. – М.: Недра, 1994. – 192 с.
- Самойлович И. С. Линии электропередачи карьеров. / И. С. Самойлович, И. В. Ситник. – М.: Недра, 1987. – 230 с.
- Справочник по электроустановкам угольных предприятий. Электроустановки угольных разрезов и обогатительных фабрик. / Ш. Ш. Ахмедов, А. Г. Кузьмичев, Ю. Т. Разумный [и др]; под общей ред. В. В. Дегтярева. – М.: Недра, 1988. – 436 с., ил.
- Справочник энергетика карьера. / И. С. Свердель, И. С. Самойлович, Г. Н. Носов, В. А. Хомцов, А. И. Козловских, Н. А. Меренков. Изд. 2-е. – М.: Недра, 1986. – 496 с.
- Справочник энергетика карьера / под ред. В. А. Голубева. – М.: Недра, 1986. – 420 с.
- Цапенко Е. Ф., Шкундин С.З. Электробезопасность на горных предприятиях: учеб. пособие. -2-е изд., стереотип./ Е. Ф. Цапенко, С. З. Шкундин – М.: Изд-во МГГУ, 2005. – 499с., ил.
- Чеботаев Н. И. Электрификация горного производства. Часть 1. Безопасность при эксплуатации электротехнических устройств горного про-

- изводства: учеб. пособие для вузов. – М.: Изд-во МГГУ, 2006. – 138с., ил.
- Чеботаев Н. И. Электротехнические комплексы. – М.: МГГУ, 2000. – 346 с., ил.
- Чоботаев Н. И. Электроснабжение и электрооборудование открытых горных работ: учебник для вузов. – М.: Изд-во Горная книга, 2006. – 474 с., ил.
- Чулков Н. Н. Электрификация карьеров в задачах и примеров. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Н. Н. Чулков, А. Н. Чулков. – М., Недра, 1976. – 277 с.
- Электрификация горных работ: учеб. для вузов / М. М. Белый, В. Т. Зайка, Г. Г. Пивняк и др. / под ред. Г. Г. Пивняка. – М.: Недра, 1992. – 383 с.
- Электрификация горных работ: учебник для вузов / под ред. С. А. Волотковского. – Киев: Вища школа, 1980. – 448 с.
- Электрооборудование и электроснабжение горнорудных предприятий. / под ред. В. С. Виноградова. – М.: Недра, 1983, – 355 с.
- Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений. СН 305-77. – М.: Строиздат, 1977. – 145 с.

Перечень типовых заданий на курсовой проект:

1. Расчет нагрузок, выбор числа и мощности трансформаторов подстанции.
2. Расчет прожекторов освещения.
3. Проектирование системы электроснабжения участка в соответствии с заданием.
4. Расчет воздушных и кабельных линий электропередачи.
5. Расчет распределительной сети участка.