МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Забайкальский государственный университет»

(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Факультет горный

Кафедра Подземной разработки месторождений полезных ископаемых

**УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**для студентов заочной формы обучения**

по дисциплине «Электроснабжение

горных предприятий»

для специальности 21.05.04Горное дело

специализация Подземная разработка рудных месторождений

Общая трудоемкость дисциплины (модуля)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды занятий | Распределение по семестрам  в часах | | | Всего часов |
| 10  семестр | ----  семестр | ----  семестр |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Общая трудоемкость | 108 |  |  | 108 |
| Аудиторные занятия, в т.ч.: | 18 |  |  | 18 |
| лекционные (ЛК) | 8 |  |  | 8 |
| практические (семинарские) (ПЗ, СЗ) | 10 |  |  | 10 |
| лабораторные (ЛР) | - |  |  | - |
| Самостоятельная работа студентов (СРС) | 90 |  |  | 90 |
| Форма промежуточного контроля в семестре\* | Зачет |  |  | Зачет |
| Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП) |  |  |  |  |

**Краткое содержание курса**

|  |  |
| --- | --- |
| №  Темы, раздела | Наименование тем, разделов дисциплины |
| 1 | 2 |
|  | **I. Электрификация подземных горных работ.** |
| 1 | Электроснабжение на поверхности шахт и рудников.  Размещение подстанции на поверхности шахт и рудников. Электрические сети, схемы электроснабжения потребителей. Категории электропотребителей.  Электроснабжение подземных работ  Электроснабжение горных работ через ствол. Электроснабжение горных работ через шурфы и скважины. Сооружение и устройство подземных подстанций и. распределительных подземных пунктов. Рудничная аппаратура управления и защиты. Виды защит рудничной аппаратуры. Электрические сети. |
|  | **II. Электропривод горных машин и механизмов** |
| 2 | Электропривод горных машин.  Классификация и типы электродвигателей, применяемых на подземных горных работах. Классификация и маркировка рудничного электрооборудования по взрывобезопасности. |
|  | **II. Электробезопасность горных работ.** |
| 3 | Электробезопасность горных работ.  Требования правил безопасности к электроснабжению подземных горных работ. Поражение человека электрическим током, меры защиты от поражения электрическим током. Защитное заземление и отключение. |

**Форма текущего контроля**

**Контрольная работа: Расчет электроснабжения подземного участка**

***Разделы контрольной работы:***

***№ 1 Определение мощности участковой трансформаторной подстанции***

Определить мощность и выбрать тип силового трансформатора участковой подстанции (УПП): 1. Методом коэффициента спроса (kс); 2. Методом коэффициента формы графика нагрузки (kф).

***№ 2 Расчет кабельной сети участка напряжением до 1000В***

Выбрать марку, сечение кабеля потребителей на участке шахты, и до участковой подстанции на расстоянии 200м.

***№ 3 Расчет токов короткого замыкания в шахтных кабельных сетях***

Определить токи к.з. в наиболее характерных точках кабельной сети напряжением до 1000 кВ

***№ 4 Выбор коммутационной аппаратуры и уста­вок защиты.***

Произвести выбор пускозащитной аппаратуры к электрооборудо­ванию принятого в предыдущих расчетах оборудования.

***№ 5 Выбор высоковольтной ячейки и уставок ее защиты:***

Произвести расчет сети напряжением выше 1000 В и выбор пускозащитной аппаратуры к электрооборудо­ванию.

**Задание на контрольную работу** по сумме двух последних номеров зачетки (на пример: две последние цифры зачетки 32 вариант задания №5 номер).

***Исходные данные:***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | ВМ-5М | | ВМ-6М | | 17ЛС-2см | | 30ЛС-2СМ | | 55ЛС-2СМ | | 100ЛС-2СМ | | Конвейер 2Л80 | | Конвейер 2Л100 | | Компрессор ЗИФ-ШВ-5 | | Насос ЦНС 38-66 | | Светильники  РВЛ 15 | |
| Кол-во | Длина участка,м | Кол-во | Длина участка,м | Кол-во | Длина участка,м | Кол-во | Длина участка,м | Кол-во | Длина участка,м | Кол-во | Длина участка,м | Кол-во | Длина участка,м | Кол-во | Длина участка,м | Кол-во | Длина участка,м | Кол-во | Длина участка,м | Кол-во | Длина участка,м |
|  | 1 | 105 |  |  | 1 | 270 | 1 | 200 | 1 | 180 |  |  |  |  |  |  | 1 | 230 | 1 | 60 | 10 | 120 |
|  | 1 | 125 |  |  | 1 | 310 |  |  | 1 | 160 | 1 | 133 |  |  |  |  |  |  | 2 | 65 | 20 | 230 |
|  | 1 | 120 |  |  |  |  | 1 | 260 |  |  | 1 | 153 |  |  |  |  | 1 | 125 | 2 | 75 | 30 | 140 |
|  | 1 | 140 | 1 | 160 |  |  | 1 | 180 | 1 | 220 |  |  |  |  |  |  | 1 | 250 | 1 | 85 | 45 | 250 |
|  | 1 | 215 |  |  |  |  |  |  | 1 | 220 | 1 | 224 |  |  |  |  | 1 | 140 | 2 | 95 | 25 | 160 |
|  |  |  | 1 | 125 |  |  | 1 | 155 | 1 | 134 | 1 | 284 |  |  |  |  |  |  | 2 | 105 | 35 | 215 |
|  |  |  | 1 | 165 |  |  |  |  | 1 | 134 | 1 | 138 |  |  |  |  | 1 | 232 | 2 | 115 | 22 | 125 |
|  |  |  | 1 | 150 | 1 | 145 |  |  | 1 | 45 | 1 | 238 |  |  |  |  |  |  | 2 | 125 | 24 | 235 |
|  |  |  | 1 | 180 |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 220 | 1 | 130 | 1 | 123 | 2 | 135 | 36 | 145 |
|  |  |  | 1 | 135 |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 226 | 1 | 135 | 1 | 244 | 2 | 145 | 48 | 255 |
|  |  |  | 1 | 195 |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 144 | 1 | 140 | 1 | 154 | 2 | 155 | 28 | 116 |
|  |  |  | 1 | 220 |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 146 | 1 | 145 | 1 | 230 | 2 | 165 | 18 | 226 |
|  | 1 | 235 |  |  | 1 | 245 | 1 | 100 | 1 | 45 | 1 | 164 |  |  |  |  |  |  | 1 | 175 | 26 | 128 |
|  | 1 | 230 |  |  | 1 | 160 | 1 | 240 | 1 | 55 |  |  |  |  |  |  | 1 | 120 | 1 | 185 | 36 | 238 |
|  | 1 | 250 |  |  | 1 | 80 | 1 | 255 | 1 | 55 | 1 | 164 |  |  |  |  |  |  | 1 | 195 | 44 | 148 |
|  |  |  | 1 | 210 |  |  | 1 | 242 | 1 | 63 | 1 | 147 |  |  |  |  |  |  | 2 | 205 | 13 | 258 |
|  | 1 | 75 | 1 | 172 | 1 | 180 |  |  | 1 | 63 | 1 | 247 |  |  |  |  |  |  | 1 | 215 | 23 | 113 |
|  |  |  | 1 | 132 | 1 | 225 | 1 | 142 | 1 | 34 |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 225 | 33 | 223 |
|  | 1 | 120 | 1 | 116 | 1 | 125 | 1 | 336 | 1 | 34 |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 230 | 47 | 133 |
| 00. |  |  | 1 | 186 | 1 | 135 | 1 | 336 | 1 | 20 |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 235 | 56 | 243 |

Примечание:

Расстояние от РПП 0,66 доучастковой подстанции УПП - 300м.

Расстояние от УПП до РПП-6 - 1200м.

Расстояние от РПП-6 до ЦПП – 2000м.

**Методические указания к контрольной работе:**

***Расчет электроснабжения подземного участка***

**1 Методика расчета электроснабжения подземного участка**

**1.1 Определение мощности участковой трансформаторной подстанции**

Определение мощности силовых трансформаторов относится к области определения электрических расчетных нагрузок. Для определения расчетных нагрузок подземных электроустановок существует несколько методов определения: расчет нагрузок по техниче­ским нормам; по расходу электроэнергии и числу часов использования мак­симума; по коэффициенту спроса; метод упорядоченных диаграмм; статистический метод; метод вероятностного моделирования графиков нагрузки и др..

Наиболее широко распространен *метод коэффициента спроса (kc) ,* который позволяет получить расчетную нагрузку по номинальной мощности и значению коэффициента спроса (табл. 4.3).

Физический смысл коэффициента спроса можно уяснить из выражения

*Кс= Ко· Кз* ,

где *Ко* — коэффициент одновременности работы приемников;

*К3* — коэф­фициент загрузки.

Расчетная нагрузка для группы однородных приемников по режиму работы определяется по формулам:

- активная мощность Pрасч = *Кс* · Рном ;

*-* реактивная мощность *Q* расч = Pрасч · tg φ ;

- полная мощность .

где *Кс*— коэффициент спроса определенной группы приемников;

tg φ — соответствует характерному для данной группы приемников cos φ.

Расчетная нагрузка узла системы электроснабжения определяется сум­мированием расчетных нагрузок отдельных групп приемников, входящих в данный узел (участок, цех, предприятие), с учетом коэффициента участия в максимуме нагрузок *Крм* (коэффициент разновременности)

,

где Σ*Ppac* и ΣQpac —соответственно сумма расчетных активных и реактивных нагрузок отдельных групп приемников;

*Крм* — коэффициент разновременности или участия в максимуме нагрузки, 0,85…1,0.

*Определение мощности участковой трансформаторной под­станции по методу коэффициента спроса выполняют в следую­щем порядке:*

1. Составляют схему электроснабжения участка.

2. Все намеченные к установке электроприемники группируют по технологическим процессам (очистные работы, подготовительные работы, околоствольный двор и т. п. )

3. Составляют таблицу 1.1 для определения суммарной установ­ленной мощности электроприемников участка;

4. Определяют значения коэффициентов *kс* и *соs φср* ;

5. Определяют расчетную мощность трансформатора (подстанции);

6. К установке принимают трансформатор (подстанцию) ближайшей большей мощности по стандартной шкале мощностей.

Расчетный ток нагрузки отдель­ного электродвигателя (А), определяют по формуле

,

где *Pн —* номинальная мощность электродвигателя, кВт;

*ηдв* — к. п. д. электродвигателя;

*U* — напряжение сети, В;

*cos φдв* — коэффициент мощности электродвигателя.

*Таблица 1.1 -* Технические характеристики потребителей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Наименования групп потребителей*** | ***Количество приемников*** | ***Установленная мощность***  ***Рн, кВт*** | ***Номинальный ток***  ***Iн , А*** | ***Номинальный к.п.д.,***  ***%*** | ***соsφ*** | ***Активная мощность Рр, кВт*** | ***Реактивная мощность***  ***Qр, кВт*** | ***Полная мощность***  ***S, кВт*** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| итого |  |  |  |  |  |  |  |  |

Величина *kc* равна отношению устойчивой максимальной нагрузки приемников к их суммарной установленной мощности. Под устойчивой максимальной нагрузкой обычно понимают нагрузку за время не менее 30 мин.

.

Коэффициент спроса *kc* учитывает степень загрузки и одно­временности работы двигателей, их к. п. д., а также к.п.д. сети. Величина *kc* принимается по табличным данным или определяется по эмпирическим формулам. Ориентировочно при числе двигателей меньше 20 *kc*=0,5…0,6, при большем числе двигателей *kc*=0,4…0,5.

Если механизация очистных или подготовительных работ осуществляется при помощи машин (с индивидуальной крепью) без электрической блокировки очередности пуска электродвига­телей, *kc* определяется по формуле

,

где *Рном. м*— номинальная мощность наиболее мощного электро­двигателя в группе электроприемников на участке (комбайн, проходческий комбайн, конвейер и т. п.);

*PΣ* — суммарная но­минальная (установленная) мощность электродвигателей и ос­вещения, присоединенная к участковой подстанции.

Если механизация добычи угля осуществляется с помощью комплексов с механизированной крепью и автоматической бло­кировкой очередности пуска двигателей, входящих в состав ком­плекса, *kc* определяется по формуле

.

Значение *соs φср* опреде­ляется из выражения

,

где *Р1,  Рп -* установленные мощности электроприемников группы, кВт;

соsφ1, соsφn - фактические коэффициенты мощности соответствующих электроприемников группы.

*Таблица 1.2 -*Коэффициент спроса для групп электроприемников

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Приемники*** | ***kc*** | ***Cos φ*** |
| Компрессоры стационарные мощностью, кВт:  до 200  до 400  выше 400  Насосы мощностью, кВт:  до 50  до 200  до 500  выше 500  Вакуум—насосы  Вентиляторы местного проветривания  Вентиляторы главного проветривания мощностью, кВт: до 200  до 800  выше 800  Толкатели, опрокидыватели, качающиеся площадки, шахтные двери, бункерные затворы, скреперные лебедки мощностью до 15 кВт и выше, лебедки маневровые, откаточные, подъемные до 200 кВт  Подъемы мощностью, кВт:  до 1000  до 2000  выше 2000  Погрузочные машины  Питатели ленточные, барабанные, лотковые (мощностью до 10 кВт), грохоты разные  Конвейеры легкие мощностью до 4,5 кВт, питатели реагентные, лебедки  Конвейеры тяжелые с шириной ленты до 1400 мм, шнеки, элеваторы, механические топки, питатели пластинчатые и тарельчатые  Конвейеры сверхтяжелые с шириной ленты 1600 — 2000 мм  Электровибрационные механизмы  Вагоноопрокидыватели | 0,8  0,85  0,95  0,7  0,8  0,85  0,9  0,95  0,7  0,8  0,9  0,95  0,5—0,7  0,75  0,75  0,95  0,7  0,7  0,7  0,8  0,8  0,7  0,5 | 0,75  0,8  0,8  0,75  0,8  0,8  0,85  0,85  0,8  0,8  0,8  0,85  0,65  0,75  0,8  0,8  0,65  0,72  0,65  0,75  0,85  0,65  0,5 |

Требуемая мощность осветительного трансформатора, питающего осветительную сеть с лампами накаливания и люминесцентными лампами (кВА),

,

где Рлн, Рлл — мощности ламп соответственно накаливания и люминесцентных, Вт;

*п, т* — число ламп накаливания и люминесцентных данной мощности;

*ηс* — к. п. д. сети ηс =0,92…0,95;

*ηсв* — к. п. д. светильников;

*cos* φ — коэффициент мощности люминесцентных светиль­ников, *cos* φ=0,5.

Средняя нагрузка для осветительной сети принимается равной макси­мальной:

Pсм осв. = *Кс* · ΣРном.осв ,

где Рном.осв. — установленная мощность светильника с учетом потерь в пускорегулирующей аппаратуре.

*Q*см осв = Pсм осв · tg φсм осв ,

где *φ*см осв — коэффициент реактивной мощности.

Расчетная мощность участковой трансформаторной под­станции

,

где соs φср — средневзвешенный коэффициент мощности группы электроприемников.

**1.2 Расчет кабельной сети участка напряжением до 1000 В**

Расчет участковой кабельной сети сводится к определению та­ких сечений кабелей, которые удовлетворяли бы условию экономичности, обеспечивали бы подвод к потребителям электроэнергии с напряжением, достаточным для их нормальной работы, не перегреваясь сверх допустимого значения.

Задачей расчета является определение минимального сечения кабеля, предназначенного для питания отдельного электродвигателя, группы электродвигателей или шин подстанции. Кабель должен обеспечивать подведение к приемникам электроэнергии с напряжением, достаточным для нормальной работы последних, не перегреваясь сверх допустимой величины.

В соответствии с этим расчет кабеля сводят к определению мини­мального сечения по допускаемому нагреву и по допускаемой потере напряжения.

Расчет кабеля производят в следующей последовательности:

* определяют расчетный ток нагрузки, протекающий по кабелю;
* по условиям эксплуатации устанавливают тип кабеля для дан­ного потребителя (бронированный или гибкий);
* определяют минимальное сечение кабеля по допускаемому нагреву и по допускаемой потере напряжения;
* выбирают окончательно кабель с большим из полученных сечений.

*1. Выбор сечений кабелей по нагреву.*

Основное условие выбора заключается в том, чтобы фактический или расчетный ток Iр был меньше или равен допустимому току для данного сечения и марки кабеля.

Например, сечение магистрального кабеля от ПУПП или трансформатора до распределительного пункта низкого напряжения (РП—НН) выбирается по условию

Iд.д≥Iф,

где Iд.д — длительно допустимый ток для кабеля соответствующего сечения по нагреву, А;

Iф — фактический ток нагрузки магистрального кабеля, А.

Если условию Iд.д≥Iф, не удовлетворяет ни один кабель мак­симально возможного сечения (по условию подключения во вводные устройства подстанций, автоматических выключателей и станций управления), к прокладке принимают два параллельных или раздельно включенных кабеля. При параллельном включении кабелей их суммарное сечение определяется по условию 2Iд.д ≥ Iф.

Расчетный ток нагрузки кабеля, питающего шины подстанции, определяют по формуле

,

где *Sтp*— расчетная мощность на шинах подстанции, кВА.

Сечение гибких кабелей для питания отдельных электропри­емников участка (кроме многоприводных комбайнов) предварительно выбирается исходя из длительно допустимой нагрузки по нагреву номинальным током Iном согласно условию

Iд.д ≥ Iном.

Расчетный ток нагрузки для выбора кабеля (А), питающего отдельный электродвигатель, определяют по формуле

,

где *Pн —* номинальная мощность электродвигателя, кВт;

*ηдв* — к. п. д. электродвигателя;

*U* — напряже­ние сети, В;

*cos φдв* — коэффициент мощности электродвигателя.

При питании по одному кабелю нескольких одновременно работающих электродвигателей ток, протекающий через кабель, равен сумме номинальных токов этих электродвигателей. Сечение гибкого кабеля для питания комбайнов с двумя электродвигателями равной мощности определяется исходя из условия для двигателей:

с водяным охлаждением Iд.д ≥ 2Iном ;

с воздушным охлаждением Iд.д ≥ 2Iном.час,

где Iном — номинальный ток комбайнового электродвигателя с водяным охлаж­дением;

Iном.час — номинальный ток комбайнового электродвигателя с воздушным охлаждением в часовом режиме *S2.*

Расчетный ток нагрузки кабеля, питающего группу электродви­гателей, определяют по формуле

,

где *kc* — коэффициент спроса по среднепотребляемой мощности.

Определив ток нагрузки кабеля, производят выбор кабеля по допускаемому нагреву, т. е. устанавливают минимальное сечение жил кабеля. Минимальное сечение жил кабеля определяют по табл. 5А, в которых каждому стандартному сечению жилы кабеля соответствует определенный допустимый длительный ток Iд.д. Величина допустимого длительного тока для данного сечения кабеля зависит от температуры окружающего воздуха (в таблице допустимые длительные токи приведены для кабелей, проложенных в выработках с температурой воздуха +25° С).

При температуре окружающей среды, отличающейся от 25 °С, величина допускаемой токовой нагрузки должна быть снижена или повышена в соответствии с поправочными коэффициентами (табл. 1.4). Для определения сечения жил кабеля длительный допустимый ток умножают на поправочный коэффициент.

При напряжении 660 В можно осуществить питание потребителей по кабелю КГЭШ с сечением основных жил 4…150 мм2 .

*2. Расчет участковой сети по потере напряжения.*

Потерей напряжения на участке сети называется алгебраическая разность между напряжениями в начале и конце этого участка. Расчет по потере напряжения имеет важное значение, так как высокопроизводительная работа забойных машин и механизмов зависит от качества электроэнергии, а последнее определяется уровнем напряжения, подводимого к электроприемникам.

Как известно, номинальные напряжения электроприемников участка составляют 127, 220, 380, 660 и 1140 В. Номинальное напряжение вторичной обмотки понижающего трансформатора (при холостом ходе) принимается с учетом 5 % потери напря­жения в трансформаторе при номинальной нагрузке. В связи с этим номинальные напряжения трансформаторов составляют соответственно 133, 231, 400, 695 и 1200 В.

Из условий обеспечения нормальной работы приемников электрической энергии на участке потеря напряжения в высоковольтном кабеле, проложенном от ЦПП до участковой трансформаторной подстанции, не должна превышав 75 В при напряжении 3000 В, и 150 В — при 6000 В.

Потеря напряжения в кабеле ΔU (В) определяется из следующих выражений с учетом индуктивного сопротивления кабеля

,

без учета индуктивного сопротивления кабеля

,

где *Iк* — расчетная токовая нагрузка кабеля, A;

*LK* — длина кабеля, м;

*RK* и Хк — активное и индуктивное сопротивление 1 м кабеля, Ом/м;

cos φcp — средневзвешенный коэффициент мощности;

*ρ* — удельная сопротивление материала жил кабеля при его рабочей температуре, Ом-мм2/м( для меди 0,02 Ом-мм2/м);

SIIP — предварительно принятое сечение кабеля, мм2.

Выбор кабелей в подземных электрических установках до 1140 В производят исходя из допустимых нагрузок с последующей проверкой кабельной сети по допустимой потере напряжения в нормальном и пусковом режимах.

В нормальном режиме допустимая потеря напряжения в участковой сети ΔUдоп (В) сетей 380, 660 и 1440 В составляет соответственно 39, 66 и 177 В.

В нормальном режиме работы участковой кабельной сети напряжением до 1140 В расчет производят в такой последовательности.

Затем определяют потерю напряжения в трансформаторе

,

где *Rтр, Хтр* — активное и индуктивное сопротивление трансформатора, Ом.

Определяют потерю напряжения ΔUк.г (В) в гибком кабеле, проложенном от магнитного пускателя, установленного па распределительном пункте участка, до электродвигателя комбайна

,

где *cosφ* — коэффициент мощности электродвигателя комбайна.

Определяют допустимую потерю напряжения в бронированном кабеле ΔUк.б (В), проложенном от трансформаторной подстанции до распределительного пункта участка

.

По допустимой потере напряжения в бронированном кабеле определяют се­чение его рабочих жил (мм2)

. (4.21)

Расчет потери напряжения в кабельной сети при пусковом режиме аналогичен расчету при нормальном режиме, но в формулы подставляют величины, соответствующие режиму пуска двигателя. Коэффициент мощности при пуске двигателя и средневзвешенный коэффициент мощности, для упрощения расчетов, принимают равными cosϕ=0.

**1.3 Расчет токов короткого замыкания в шахтных кабельных сетях**

Расчет токов к.з. необходим для проверки устойчивости при к.з. выбранных уставок защиты и отключающей способности пускозащитной аппаратуры.

В основу расчета положен тот же метод, что и при определении токов к.з. в воздушных ЛЭП поверхности, т. е. определение суммарного сопротивления до точки к.з.

При расчете токов к.з. в шахтных электрических сетях переменного тока напряжением до 1200 В наряду с индуктивным учитываются и активные сопротивления элементов цепи к.з.: силовых трансформаторов, кабельных линий, шинопроводов, первичных обмоток многовитковых трансформаторов тока, катушек автоматических выключателей, различных контактных соединений, дуги в месте к.з. Общее активное сопротивление цепи к.з. может быть 30% общего индуктивного сопротивления, что влияет на полное суммарное сопротивление и ток к.з.

При расчетах определяют как наибольшие токи трехфазного, так и токи двухфазного к.з. Первые необходимы для проверки коммутационной способности электроаппаратов при возникающих к. з., а вторые — для проверки чувствительности максимальной токовой защиты.

Ток трехфазного к.з. (А) для любой точки сети может быть определен по формуле

,

где *Uном* – номинальное напряжение источника тока, кВ.

*R* и *X* - соответственно сумма активных и индуктивных сопротивлений цепи до определяемой точки к.з., Ом.

Ток двухфазного к.з. (А) можно определить из соотношения

.

Активное сопротивление трансформатора (Ом) определяют по формуле

,

где *Рк* — потери в меди трансформатора, Вт;

 — номинальный ток в квадрате вторичной обмотки трансформатора, А.

Индуктивное сопротивление трансформатора (Ом) можно определить по формуле

,

где *Uк* — напряжение к. з. трансформатора, %;

*Uном* — номиналь­ное напряжение вторичной обмотки трансформатора, кВ;

*Sном* — номинальная мощность трансформатора, кВ-А.

Активное и индуктивное сопротивление кабелей приведено в приложении табл. 6А.

При отсутствии таблиц активное сопротивление кабеля (Ом) определяют по формуле

,

где *L* — длина кабеля, м;

*γ* — удельная проводимость материала проводника, м/Ом-мм2;

*S* — сечение рабочей жилы кабеля, мм2.

Индуктивное сопротивление кабеля можно принять в пределах 0,07…0,08 Ом/км.

Токи к.з. для проверки отключающей способности пускозащитной аппаратуры и чувствительности срабатывания максимальной токовой защиты желательно определить в любой точке присоединения, но наиболее характерными точками кабельной сети при напряжении до 1,2 кВ являются: автоматический выключатель ПУПП, автоматический выключатель РПП-1,14 (0,66; 0,38) кВ, наиболее крупный по мощности и наиболее удаленный электродвигатель, например, комбайна, струга и наиболее маломощный электроприемник, наиболее удаленный от источника питания, например ручное электросверло, последний светильник и т.п. В кабельной сети напряжением 6(10) кВ наиболее характерной точкой является ввод ПУПП или силового трансформатора.

**1.4 Выбор коммутационной аппаратуры и уставок защиты**

Пускозащитная аппаратура выбирается по номинальному на­пряжению сети, длительно протекающему току нагрузки, мощ­ности потребителя, величине токовой уставки защиты, а также по максимальному току трехфазного к.з., который может возникнуть в защищаемом присоединении. Аппарат считается пригодным для установки, если отключающая способность силовых контактов в 1,2 раза превышает максимально возможный ток трехфазного к. з.

1. *Выбор коммутационной аппаратуры.*

*Автоматические выключатели* предназначены для нечастых оперативных включений и отключений потребителей и зашиты сети от токов к.з. Автоматические выключатели выпираются по назначению, поминальному напряжению, номинальному току и проверяются по предельному току отключения.

Типоразмер фидерного выключателя выбирается исходя из условия

*IФ* ≤ *Iном* ,

где *IФ* — рабочий ток, проходящий через автомат, А;

*Iном* — номинальный ток фидерного вы­ключателя, А.

Не рекомендуется выбирать фидерный выключатель, рассчи­танный на номинальный ток, значительно превышающий ток *IФ*, так как токовые уставки будут заведомо завышены против необходимых величин.

*Магнитные взрывобезопасные пускатели* выбираются по назначению, номинальному напряжению, номинальной мощно­сти включаемого пускателем электродвигателя, зависящей от режима его работы, и проверяются но способности пускателя отключать максимально возможный ток трехфазного короткого замыкания. При включении пускателем нескольких электродвигателей мощность их суммируется.

При комплектовании магнитных пускателей в РП—НН не­обходимо проверить допустимость нагрузки на вводные зажимы пускателей. Величины транзитной токовой нагрузки по данным ВНМИВЭ приведены в табл.1.3.

*Таблица 1.3 -*Величина транзитной токовой нагрузки

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Допустимый ток вывода (номинальный ток аппара­туры), А*** | ***до 25*** | ***25…63*** | ***63…250*** | ***свыше 250*** |
| Кратность суммарного тока (включая транзитный) по отношению к допустимому, не более | 3 | 2,5 | 2 | 1,2 |

Выбранный фидерный выключатель или магнитный пускатель проверяется на способность отключать наибольший возможный ток трехфазного к.з. в защищаемом присоединении согласно условию

*,*

где ** — предельно отключаемый ток аппарата, А;

** — расчетный максимальный ток трехфазного к. з. на зажимах аппарата (А).

Если отключающая способность проверяемого аппарата (или пускателя) оказывается равной или меньшей рассчитанной величины, то при наличии на присоединении, питающем аппарат, группового, общего или другого аппарата необходимо проверить, удовлетворяет ли он условию

*,*

где ** — предельно отключаемый ток группового или об­щего аппарата, А.

Если ни один из проверенных аппаратов не удовлетворяет условию, то необходимо установить дополнительный аппарат, который должен удовлетворять этому требованию и условию** .

Показателем правильности выбора аппаратов должно быть соблюдение соотношения

*.*

Выбор коммутационной аппаратуры в участковых сетях напряжением 1140 В проводится по соответствующей методики.

2. *Выбор уставок защиты.*

*Плавкие предохранители.* При защите магистрали номиналь­ный ток плавкой вставки предохранителей

* ,*

где ** — номинальный пусковой ток наиболее мощного электродвигателя, А;

** — сумма номинальных токов всех остальных электроприемников, А.

Коэффициент, обеспечивающий неперегорание плавкой вставки при пусках электродвигателей с короткозамкнутым ротором, рекомендуется принимать равным 1,6…2,5. При нор­мальных условиях пуска электродвигателя (редкие пуски и быстрое разворачивание) значение этого коэффициента следует принимать равным 2,5, а при тяжелых (частые пуски при длительном разворачивании) — 1,6…2. Чрезмерно занимать номинальный ток плавкой вставки не следует, так как она может перегореть при пусках, что является одной из причин вы­хода из строя электродвигателей в режиме однофазной работы.

Для защиты ответвления при использовании электродвигателя с короткозамкнутым ротором номинальный ток плавкой вставки

**.

При защите осветительной сети номинальный ток плавкой вставки выбирается по условию

**,

где ** — номинальный ток нагрузки, А.

Для установки принимается плавкая вставка со значением ее номинального тока, ближайшим к расчетному. Допускается параллельное включение в одном патроне предохранителя двух равных или различающихся по номинальному току на 30…35% плавких вставок. При этом суммарный ток их не должен превышать расчетного.

Для защиты неискробезопасных цепей напряжением 36 В, питающих внешних потребителей, ток плавкой вставки

**,

где ** — номинальное вторичное напряжение трансформатора, В;

*Zтр* — полное сопротивление обмотки трансформатора, Ом;

Zк — полное сопротивление кабеля, Ом.

Выбранная плавкая вставка проверяется по расчетному ми­нимальному току двухфазного к. з. в наиболее электрически удаленной от трансформатора точке сети

*.*

Выбранная плавкая вставка, проверенная но расчетному минимальному току двухфазного к. з. и наименьшему сечению жил кабеля, должна соответствовать наибольшему длительно допустимому току нагрузки.

Отношение (кратность) расчетного минимального тока двухфазного к. з. к номинальному току плавкой вставки должно удовлетворять условию

*.*

При этом кратность, равная 4, допускается только в сетях напряжением 380 и 660 В, где требуется плавкая вставка на номинальный ток 160 и 200 А, а также в сетях напряжением 127 В независимо от требуемой величины тока плавкой вставки.

Когда необходимая кратность не обеспечивается, следует применять аппараты с реле максимального тока или повысить токи к. з. в соответствии с рекомендациями, изложенными ниже.

Значение тока плавкой вставки для защиты неискробезопасных цепей напряжением 36 В должно проверяться по ус­ловию

*,*

где ** — расчетный минимальный ток к. з. в наиболее элек­трически удаленной точке защищаемого присоединения, А.

Номинальный ток плавкой вставки предохранителей, встроенных в аппараты, установленные на первичной стороне осветительных трансформаторов ТСШ, выбирается по формуле

*,*

где *kтр* — коэффициент трансформации.

Принимается плавкая вставка с ближайшим к расчетному значением ее номинального тока.

Отношение (кратность) расчетного тока двухфазного к.з. к номинальному току плавкой вставки должно удовлетворять условиям:

- для трансформаторов с одинаковой схемой соединения первичной обмотки и вторичной

*,*

- для трансформаторов с различной схемой соединения первичной и вторичной обмоток

*,*

где ** — расчетный ток двухфазного к.з., определенный для замыкания на вводных зажимах следующего после вторичной обмотки защитного аппарата, А.

*Токовые реле.* Для защиты магистрали величина уставки тока срабатывания реле автоматических выключателей или магнитных пускателей

*.*

Для защиты ответвлений, питающих электродвигатель или группу одновременно пускаемых электродвигателей с короткозамкнутым ротором, уставка реле

*.*

Для защиты магистралей с мощными асинхронными элек­тродвигателями с короткозамкнутым ротором (в тех случаях, когда пусковые токи превышают 600…700 А) допускается выбирать уставки тока срабатывания реле, исходя из фактических пусковых токов

**,

где ** — фактический пусковой ток двигателя, соответствующий напряжению ** пуск при пуске, А.

Необходимо принимать уставку тока срабатывания реле максимального тока на 25 % выше фактического пускового тока электродвигателя защищаемого присоединения.

При осветительной нагрузке ток уставки защиты ответвле­ния выбирается по условию

*.*

При отсутствии данных о номинальных значениях пусковых токов двигателей с достаточной для практических целей точностью эти значения могут быть определены для двигателей с короткозамкнутым ротором умножением рабочего тока на 6…7, а для двигателей с фазным ротором — на 1,5.

Выбранная и принятая к установке на шкале ближайшая большая уставка тока срабатывания реле проверяется по расчетному минимальному току двухфазного к.з. При этом отношение (кратность) расчетного тока ** к уставке тока срабатывания реле должно удовлетворять условию

*,*

где *k*ч=1,5 — коэффициент чувствительности защиты.

Если при проверке ток ** окажется недостаточным для соблюдения условия, он должен быть увеличен до необходимого значения, для чего следует:

* увеличить сечение магистрального кабеля или кабеля на ответвлении;
* уменьшить длину магистрального кабеля, приблизив участ­ковую подстанцию к распределительному пункту;
* увеличить трансформаторную мощность установкой более мощного трансформатора или за счет использования двух параллельно включенных трансформаторов;
* установить трансформаторы с более низкими напряжениями к. з., т. е. с большими токами к. з. при прочих равных параметрах питающей электрической сети.

При подключении к сетевым секциям автоматических вы­ключателей, станции управления и магнитных пускателей ап­паратов сигнализации, контроля и управления должны прове­ряться термическая устойчивость кабелей, питающих указанные аппараты, а также уставка максимальной токовой защиты коммутационных аппаратов, защищающих эти кабели от токов к.з.

При расчете, выборе и проверке уставок тока срабатывания реле аппарата, защищающего электрическую сеть, которая питает горные машины с многодвигательным приводом, необходимо учитывать токоограничивающее влияние монтажных проводов и кабелей.

Защита вторичной обмотки силового трансформатора и участка сети от зажимов этой обмотки напряжением 660—380 и 220—133 В может быть осуществлена не только плавкими предохранителями, по и реле максимального тока.

В последнем случае выбор и проверка уставок тока срабатывания реле производятся по формулам:

* для трансформаторов с одинаковыми схемами соединения первичной и вторичной обмоток (например, Δ/Δ; *Y/Y; Z/Z* и др.)

*,*

где ** — расчетный ток двухфазного к.з. на стороне вто­ричной обмотки трансформатора;

** — уставка тока срабатывания реле аппаратов со стороны первичной обмотки трансформатора;

* для трансформаторов с различными схемами соединения первичной и вторичной обмоток (например, Δ/ *Y*; *Y/*Δ*; YZ/Z* и др.)

*.*

Величина уставки тока отключения максимальных реле аппаратов на стороне первичной обмотки для защиты вторичной стороны осветительных трансформаторов ТСШ и трансформаторов, встроенных в пусковые агрегаты, при питании от них осветительной нагрузки выбирается по формулам:

* для осветительных трансформаторов

*.*

где *kтр* — коэффициент трансформации, равный 4,96 для напряжения 660/133 В, и 2,85 для напряжения 380/133 В;

* для трансформаторов встроенных в агрегаты АОШ,

*.*

Проверка участковой сети на устойчивость работы защиты от утечек тока производится при условии, что длина кабелей, присоединенных к одной подстанции (трансформатору), не превышает 4 км (емкость относительно земли не более 1 мкФ на фазу).

**Приложение к контрольной работе**

Таблица 1А - Характеристика потребителей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Потребители | Номинальная мощность *Р*, кВт | Номинальное напряжение  *UН*, В | Номинальный к.п.д.,  % | Коэффициент мощности cosφ | Iпуск / Iном | Мпуск / Мном | Мmax / Мном | Тип двигателя |
| ВМ-5М | 13 | 380/660 | 89,7 | 0,85 | 7,0 | 2,2 |  | ВРМ132М2 |
| ВМ-6М | 24 | 380/660 | 91,0 | 0,87 | 6,0 | 1,9 |  | ВРМ160М2 |
| ВМЭ2-10 | 110 | 380/660 |  |  |  |  |  | 2ВРМ280 |
| 17ЛС2СМ | 17 | 380/660 | 90,0 | 0,86 | 6,0 | 2,,2 |  | ВРЛ160М4 |
| 30ЛС2СМ | 30 | 380/660 | 89,5 | 0,88 | 5,7 | 2,1 |  | ВРЛ180М4 |
| 55ЛС2СМ | 55 | 380/660 | 91,5 | 0,85 | 6,1 | 2,1 |  | ВРЛ225М4 |
| 100ЛС2СМ | 100 | 380/660 | 93,5 | 0,89 | 6,8 | 2,0 |  | ВРЛ280S4 |
| Конвейер 2Л80 | 55 | 380/660 | 92,0 | 0,87 | 6,5 | 2,7 |  | КОФ |
| Конвейер 2Л100 | 100 | 660 | 92,5 | 0,88 | 6,5 | 2,5 |  | КОФ |
| Компрессор  ЗИФ-ШВ-5 | 45 | 380/660 | 91,5 | 0,87 | 6,3 | 2,2 |  | ВР200L4 |
| Насос ЦНС 38-66 | 15 | 380/660 | 89,5 | 0,86 | 6,0 | 1,8 |  | ВР160S2 |

Таблица 2А - Характеристики рудничных светильников

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | исполнение | лампа | Напряжение, В | Мощность, Вт | Световой поток, лм | КПД , % | Масса, кг |
| РПЛ-01-20 | РП | ЛЛ | 127 | 20 | 980 | 65 | 10,0 |
| РПЛ-01-40 | РП | ЛЛ | 220 | 40 | 2480 | 65 | 16,0 |
| РВЛ-15 | РВ | ЛЛ | 127 | 15 | 630 | 70 | 10,0 |
| РВЛ-20-М | РВ | ЛЛ | 127 | 20 | 980 | 65 | 11,0 |
| РВЛ40М | РВ | ЛЛ | 220 | 40 | 2480 | 65 | 20,0 |

*Таблица 3А -*Характеристики осветительных аппаратов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***№*** | ***Обозначение*** | ***Кол-во***  ***фаз*** | ***Мощность*** | ***Сторона ВН*** | | | | | ***Сторона НН*** | | | | | ***Uk***  ***тр-ра*** |
| ***Напряжение*** | ***Iном.***  ***авт.***  ***выкл.*** | ***Iуст.*** | ***D***  ***каб.***  ***вводов*** | ***Кол-во***  ***вводов*** | ***Напряжение*** | ***Iном.***  ***авт.***  ***выкл.*** | ***Iуст.*** | ***D***  ***каб.***  ***вводов*** | ***Кол-во***  ***выводов*** |
| кВА | В | A | A | мм. | шт. | В | A | A | мм. | шт. | % |
|  | АОШ-0,25-1Ф-660-380/127-220 | 1 | 0,25 | 660-380 | 2,0 | 24,0 | 13...18 | 2 | 127-220 | 1,6 | 2,08 | 13.18 | 1 | 8,3 |
|  | АОШ-0,4-1Ф-660-380/127-220 | 1 | 0,4 | 660-380 | 2,0 | 24,0 | 13.18 | 2 | 127-220 | 2,5 | 3,25 | 13.18 | 1 | 6,2 |
|  | АОШ-0,8-1Ф-660-380/127-220 | 1 | 0,8 | 660-380 | 4,0 | 48,0 | 18.25 | 2 | 127-220 | 2,5 | 3,25 | 18.25 | 1 | 3,2 |
|  | АОШ-1,6-1Ф-660-380/127-220 | 1 | 1,6 | 660-380 | 8,0 | 96,0 | 18.25 | 2 | 127-220 | 5,0 | 6,5 | 18.25 | 1 | 3 |
|  | АОШ-0,8-3Ф-660-380/127-220 | 3 | 0,8 | 660-380 | 4,0 | 48,0 | 24.30 | 2 | 127-220 | 1,6 | 2,08 | 18.25 | 2 | 4 |
|  | АОШ-1,6-3Ф-660-380/127-220 | 3 | 1,6 | 660-380 | 6,3 | 75,6 | 24.30 | 2 | 127-220 | 3,2 | 4,09 | 18.25 | 2 | 3,5 |
|  | АОШ-2,5-3Ф-660-380/127-220 | 3 | 2,5 | 660-380 | 10,0 | 120,0 | 24.30 | 2 | 127-220 | 5,0 | 6,5 | 18.25 | 2 | 3,1 |
|  | АОШ-5,0-3Ф-660-380/127-220 | 3 | 5,0 | 660-380 | 16,0 | 192,0 | 24.30 | 2 | 127-220 | 10,0 | 13,0 | 18.25 | 2 | 2,1 |

*Таблица 4А-* Технические данные рудничных передвижных трансформаторных подстанций серии КТПВ (ТСВП)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Тип подстанции*** | ***Номинальная мощность, кВА*** | ***Номинальное напряжение, В*** | | ***Номинальный ток, А*** | | ***Сопротивление обмоток*** | | ***Напряжение к.з., %*** | ***Потери к.з., кВт*** | ***К.п.д.,***  ***%*** |
| ***Высшее ВН*** | ***Низшее НН*** | ***ВН*** | ***НН*** | ***Rтр, Ом*** | ***Xтр, Ом*** |
| КТПВ (ТСВП)-100/6 | 100 | 6000 | 690/400 | 9,5 | 83,3/144 | 0,0543/0,0182 | 0,1428/0,0480 | 3,0 | 1,14 | 97,6 |
| КТПВ (ТСВП) -160/6 | 160 | 6000 | 690/400 | 15,4 | 133/230 | 0,0288/0,0097 | 0,1071/0,0360 | 3,6 | 1,55 | 97,9 |
| КТПВ (ТСВП) -250/6 | 250 | 6000 | 690/400 | 24,1 | 209/362 | 0,0156/0,0052 | 0,0667/0,0224 | 3,5 | 2,05 | 98,1 |
| КТПВ (ТСВП) -400/6 | 400 | 6000 | 690/400 | 38,5 | 335/580 | 0,0113/0,0380 | 0,0405/0,0136 | 3,4 | 3,80 | 98,5 |
| КТПВ (ТСВП) -630/6 | 630 | 6000 | 1200/690 | 60,6 | 303/525 | 0,0152/0,0050 | 0,0823/0,0275 | 3,6 | 4,20 | 98,7 |
| КТПВ (ТСВП) -800/6 | 800 | 6000 | 1200/690 | 77 | 385/670 | н/д | н/д | 4,5 | н/д | 98,4 |
| КТПВ (ТСВП) -1000/6 | 1000 | 6000 | 1200 | 96,3 | 481,5 | 0,0104 | 0,0720 | 5,0 | 7,25 | 98,6 |

*Таблица 5А -* Технические и конструктивные данные шахтных кабелей

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Длительно допустимые нагрузки (в воздухе), А*** | ***Число и номинальное сечение жил, мм2*** | | | ***Наружный диаметр***  ***кабеля, мм*** |
| ***основных*** | ***заземляющих*** | ***вспомогательных*** |
| Кабели силовые шахтные марки ЭВТ на напряжение 6000 В | | | | |
| 110  135  165  210  255  300 | 3×25  3×35  3×50  3×70  3×95  3×120 | 1×10  1×10  1×10  1×10  1×10  1×10 | 4×4  4×4  4×4  4×4  4×4  4×4 | 44,2  47,0  51,2  53,5  -  - |
| Кабели силовые шахтные марки ЭВТ на напряжение 1140 В | | | | |
| 115  141  177  226  274  321 | 3×25  3×35  3×50  3×70  3×95  3×120 | 1×10  1×10  1×10  1×10  1×10  1×10 | 4×4  4×4  4×4  4×4  4×4  4×4 | -  41,7  44,5  48,6  51,5  54,6 |
| Кабели силовые шахтные марки КШВЭБбШв на напряжение 6000 В | | | | |
| 65  85  110  135  165  210  255  300  335  385  460 | 3×10  3×16  3×25  3×35  3×50  3×70  3×95  3×120  3×150  3×195  3×240 | 1×6  1×6  1×10  1×16  1×16  1×16  1×16  1×16  1×16  1×16  1×16 | 1×6  1×6  1×10  1×16  1×16  1×16  1×16  1×16  1×16  1×16  1×16 | 30,8  33,0  36,2  38,8  42,2  46,3  49,9  53,4  57,4  61,1 |
| Кабели силовые шахтные марки КШВЭБбШв на напряжение 1140 В | | | | |
| 66  87  115  141  177  226  274  321  370  421  499 | 3×10  3×16  3×25  3×35  3×50  3×70  3×95  3×120  3×150  3×195  3×240 | 1×6  1×6  1×10  1×16  1×16  1×16  1×16  1×16  1×16  1×16  1×16 | 1×6  1×6  1×10  1×16  1×16  1×16  1×16  1×16  1×16  1×16  1×16 | 27,0  29,5  30,7  33,2  37,1  40,7  44,8  48,2  51,9  55,9  61,5 |
| Кабели силовые шахтные марки КГТЭкШ на напряжение 6000 В | | | | |
| 130  170  205  255  315  380 | 3×16  3×25  3×35  3×50  3×70  3×95 | 1×10  1×10  1×10  1×10  1×10  1×10 | 6×2,5  6×4  6×4  6×4  6×4  6×4 | 57  60  64  69  74  80 |
| Кабели силовые шахтные марки КГЭШ на напряжение 1140 В | | | | |
| 45  45  58  58  75  75  105  105  136  136  168  168  200  200  250  250  290  290  320  320  360  360 | 3×4  3×4  3×6  3×6  3×10  3×10  3×16  3×16  3×25  3×25  3×35  3×35  3×50  3×50  3×70  3×70  3×95  3×95  3×120  3×120  3×150  3×150 | 1×2,5  1×2,5  1×4  1×4  1×6  1×6  1×6  1×10  1×10  1×10  1×10  1×10  1×10  1×10  1×10  1×10  1×10  1×10  1×16  1×16  1×16  1×16 | -  3×1,5  -  3×2,5  -  3×4  -  3×6  -  3×6  -  3×6  -  3×6  -  3×6  -  3×10  -  3×10  -  3×10 | 22,8  28,2  26,5  31,0  29,2  34,0  33,7  37,7  37,7  41,1  41,2  46,0  44,7  50,0  49,2  54,0  55,4  59,1  59,0  63,1  64,5  68,2 |
| Кабели силовые шахтные марки КОГРЭШ на напряжение 660 В | | | | |
| 25  37  37  46  46  59  59 | 3×1,5  3×2,5  3×2,5  3×4,0  3×4,0  3×6,0  3×6,0 | 1×1,5  1×1,5  1×2,5  1×2,5  1×4,0  1×2,5  1×4,0 | 1×1,5  1×1,5  1×2,5  1×2,5  1×2,5  1×2,5  1×2,5 | 17,1  17,9  17,9  18,9  18,9  20,7  20,7 |

*Таблица 6А -*Активное и индуктивное сопротивление 1 км кабеля

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Сечение жилы, мм2*** | ***Активное сопротивление жил при +20°С, Ом/км*** | | ***Индуктивное сопротивление жил, Ом/км, при напряжении кабеля, кВ*** | | | |
| ***медь*** | ***алюминий*** | ***До 1*** | ***6*** | ***10*** | ***35*** |
| 4 | 4,6 | 7,74 | 0,095 | - | - | - |
| 6 | 3,07 | 5,17 | 0,090 | - | - | - |
| 10 | 1,84 | 3,1 | 0,073 | 0,11 | 0,122 | - |
| 16 | 1,15 | 1,94 | 0,0675 | 0,102 | 0,113 | - |
| 25 | 0,74 | 1,24 | 0,0662 | 0,091 | 0,099 | - |
| 35 | 0,52 | 0,89 | 0,0637 | 0,087 | 0,095 | - |
| 50 | 0,35 | 0,62 | 0,0625 | 0,083 | 0,090 | - |
| 70 | 0,26 | 0,443 | 0,0612 | 0,08 | 0,086 | 0,137 |
| 95 | 0,194 | 0,326 | 0,0606 | 0,078 | 0,083 | 0,126 |
| 120 | 0,153 | 0,258 | 0,0602 | 0,076 | 0,081 | 0,120 |
| 150 | 0,122 | 0,206 | 0,0596 | 0,074 | 0,079 | 0,116 |
| 185 | 0,099 | 0,167 | 0,0592 | 0,073 | 0,077 | 0,113 |
| 240 | 0,077 | 0,129 | 0,0587 | 0,071 | 0,075 | - |

*Таблица 7А-* Технические данные автоматических выключателей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Тип АВ*** | ***Номинальное напряжение, В*** | ***Тип максимальной защиты*** | ***Диапазон уставок токовой защиты, А*** | ***Тип РУ*** | ***Уставки РУ, кОм*** | | ***Тип блока дистанционного управления*** | ***Отключающая способность, кА*** |
| предупредительная | аварийная |
| ВРН-125А | 380/660 | ПМЗ | 250-750 | - | - |  | - | 14/13 |
| ВРН-250А | 380/660 | ПМЗ | 500-1500 | - | - | - | - | 17/14 |
| ВРН-315А | 380/660 | ПМЗ | 630-1890 | - | - | - | - | 18/10 |
| ВРН-400А | 380,660 | ПМЗ | 800-2400 | - | - | - | - | 18/10 |
| АФВ-160-РВ-Р-РУ | 380/660 | ПМЗ | 240-1600 | БКИ | 150 | 30 | - | 50/10 |
| АФВ-250-РВ-Р-РУ | 380/660 | ПМЗ | 375-2500 | БКИ | 150 | 30 | - | 50/10 |
| АФВ-400-РВ-Р-РУ | 380/660 | ПМЗ | 600-4000 | БКИ | 150 | 30 | - | 65/10 |
| АФВ-630-РВ-Р-РУ | 380/660 | ПМЗ | 945-6300 | БКИ | 150 | 30 | - | 65/10 |
| АВВ-125Р | 380/660 | ПМЗ | 250-875 | БКИ | 150 | 30 | - | 25/22 |
| АВВ-250Р | 380/660 | ПМЗ | 500-1750 | БКИ | 150 | 30 | - | 25/22 |
| АВВ-400Р | 380/660 | ПМЗ | 800-2400 | БКИ | 150 | 30 | - | 25/22 |
| АВВ-250ДОМ | 660/1140 | ПМЗ | 500-1750 | БКИ | 150 | 30 | ДО | 22/12 |
| АВВ-400ДОМ | 660/1140 | ПМЗ | 800-2800 | БКИ | 150 | 30 | ДО | 22/12 |

*Таблица 8А -* Характеристики взрывобезопасных пускателей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Тип пускателя*** | ***Номинальное напряжение, В*** | ***Мах мощность управления двигателя, кВт*** | ***Тип***  ***максимальной защиты*** | ***Уставки от тока перегрузки ТЗП, А*** | ***Уставки от токов к.з. ПМЗ, А*** | ***Уставки ТЭЗ, А*** | ***Тип РУ*** | ***Уставки РУ, кОм*** | | ***Тип блока***  ***управления*** | ***Отключающая способность, кА*** | ***Электро-***  ***динамическая стойкость, кА*** |
| Пред. | Авар. |
| ПРН–32Б | 380/660 | 15/24 | ПМЗ; ТЗП | 10-32 | 75-280 | 26-28 | БКИ | 150 | 30 | БДУ | - | - |
| ПРН–63Б | 380/660 | 30/45 | ПМЗ; ТЗП | 20-63 | 150-550 | 29-56 | БКИ | 150 | 30 | БДУ | - | - |
| ПРН–125Б | 380/660 | 55/110 | ПМЗ; ТЗП | 40-125 | 300-1100 | 32-115 | БКИ | 150 | 30 | БДУ | - | - |
| ПРН–250Б | 380/660 | 110/200 | ПМЗ; ТЗП | 125-275 | 500-1800 | 35-240 | БКИ | 150 | 30 | БДУ | - | - |
| ПРН–320Б | 380/660 | 160/280 | ПМЗ; ТЗП | 160-352 | 640-2140 | 36-310 | БКИ | 150 | 30 | БДУ | - | - |
| ПВИ-25-РВ | 380/660 | 20 | ПМЗ; ТЗП | 8-25 | 60-230 | 18-35 | БКИ | 150 | 30 | БДУ | 1,0 | 1,65 |
| ПВИ-32-РВ | 380/660 | 16/27 | ПМЗ; ТЗП | 8-32 | 320-480 | 18-35 | БКИ | 150 | 30 | БДУ | 1,0 | 1,65 |
| ПВИ-63-РВ | 380/660 | 31/54 | ПМЗ; ТЗП | 8-63 | 315-630 | 45, 56 | БКИ | 150 | 30 | БДУ | 1,0 | 1,65 |
| ПВИ-125-РВ | 380/660 | 62/107 | ПМЗ; ТЗП | 33-152 | 200-2400 | 115 | БКИ | 150 | 30 | БДУ | 1,75 | 2,85 |
| ПВИ-250-РВ | 380/660 | 124/214 | ПМЗ; ТЗП | 33-250 | 350-3500 | 240 | БКИ | 150 | 30 | БДУ | 2,5 | 5,6 |
| ПВИ-320-РВ | 380/660 | 156/270 | ПМЗ; ТЗП | 150-320 | 500-6000 | 310 | БКИ | 150 | 30 | БДУ | 3,5 | 6,0 |
| ПВИ-400-РВ | 380/660 | 198/342 | ПМЗ; ТЗП | 150-400 | 500-6000 | 390 | БКИ | 150 | 30 | БДУ | 5,0 | 8,0 |
| ПВВ-320 | 1140 | 466 | ПМЗ; ТЗП | 150-320 | 500-6000 | 310 | БКИ | 150 | 30 | БДУ | 3,5 | 6,0 |

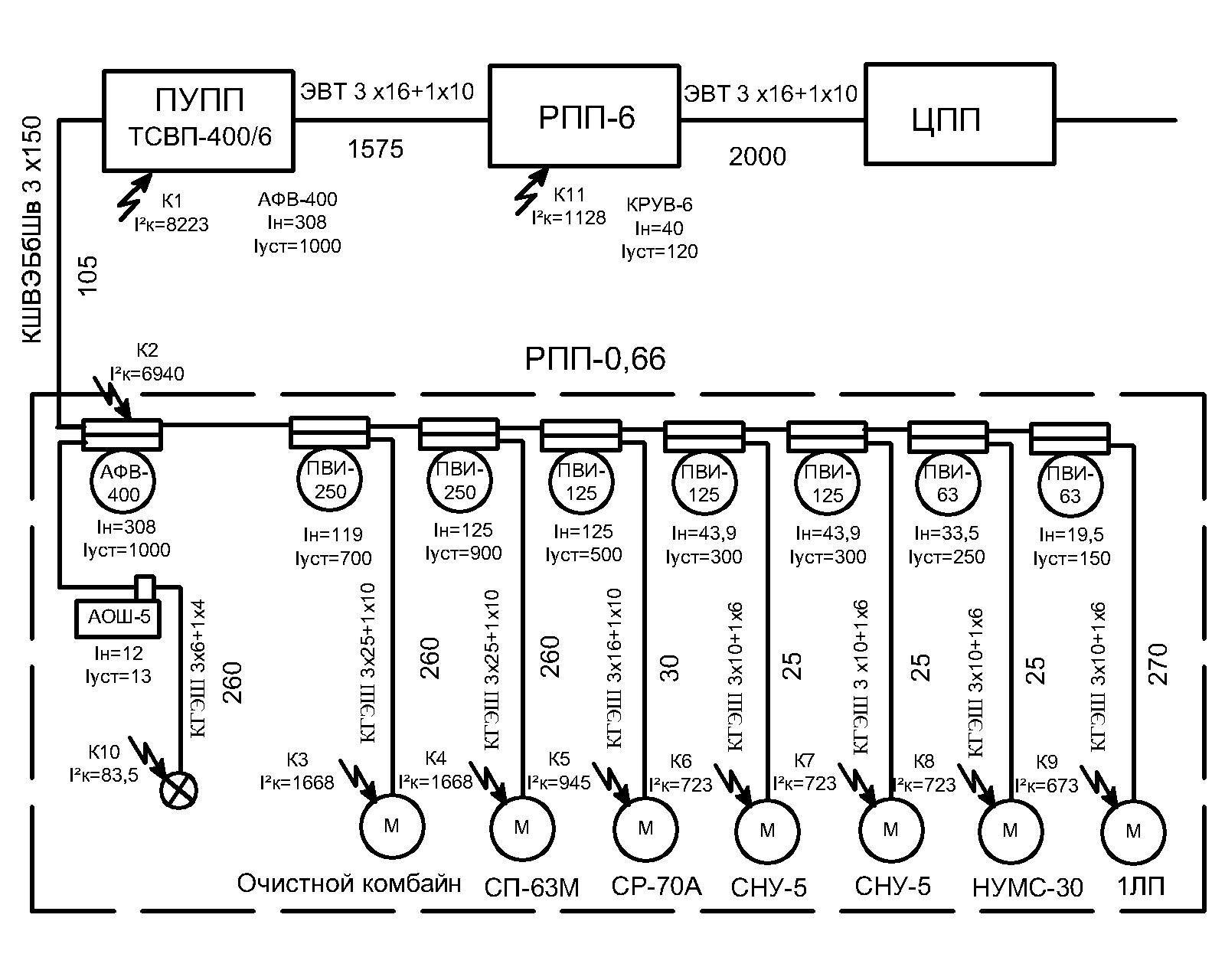
*Таблица 9А - Т*ехнические данные шахтных комплектных распределительных устройств (КРУ)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Параметры*** | ***КРУВ-6-ВВ*** | ***КРУ-РН-6*** |
| Исполнение по взрывозащите | РВ | РН |
| Номинальное напряжение, кВ | 6,0 | 6,0 |
| Наибольшее напряжение, кВ | 7,2 | 7,2 |
| Номинальный ток входных и секционных КРУ, А | 100; 160; 200; 320; 400; 630 | 320; 400; 630; 800 |
| Номинальный ток КРУ отходящего присоединения, кА | 20; 30; 40; 50; 80; 100; 160; 200; 315; 400; 630 | 50; 80; 100; 150; 200; 300; 400; 630 |
| Номинальный ток отключения, кА | 20 | 20 |
| Мощность отключения, МВА | 200 | 200 |
| Одноступенчатый ток термической стойкости, кА | 20 | 20 |
| Амплитудное значение тока электродинамической стойкости, кА | 25 | 52 |
| Тип выключателя | EVOLIS (SE), VF-12 | EVOLIS (SE), VF-12 |
| Масса, кг | 850 | 650-850 |
| Реле защиты от токов к.з. | РТМ | РТМ |
| Уставки тока реле РТМ, А | 9-15; 15-25; 25-40; 40-80; 80-200 | |
| Реле защиты от перегрузки | РТ-40 | РТ-40 |
| Уставки РТ-40 | 0,5-1; 1,0-2,0; 1,5-3,0; 3,0-6,0; 2,5-5,0; 5,0-10,0 | |
| Реле минимального напряжения | РМН | РМН |
| Характеристика РМН: Номинальное напряжение, В | 100 | 100 |
| Номинальное напряжение втягивания на землю | 85 | 85 |
| Напряжение отпадения, В | 50-60 | 50-60 |
| Защита от однофазного замыкания на землю | нет | РТЗ-50 |
| Уставки РТЗ-50, А | - | 0,010; 0,012; 0,014; 0,016; 0,018; 0,020 |

**Пример расчета**

*Исходные данные:* Произвести расчет кабельной сети напряжением 660 В по нормальному и пусковому режимам для питания электрооборудования механизированного комплекса очистного участка. В со­став комплекса входят: очистной комбайн; скребковые конвейеры: лавы — СП63М; штрека — СР-70А; две насосные станции СНУ-5; насосная станция орошения НУМС-30; предохранительная лебедка 1ЛП и светильники лавы.

Длина участка 200 м; расстояние от участка до РПП-0,66 - 36 м; расстояние от РПП-0,66 доПУПП 100 м.



*Рис. 1 -*  Принципиальная схема электроснабжения участка

**1. Выбор мощности и типа силового трансформатора**

Составляем таблицу основных параметров электрооборудова­ния комплекса (табл. 1.4).

Расчетный ток нагрузки (А), отдельного электродвигателя потребителя находят по формуле

.

Определяем значения коэф­фициентов *kс* и *соs φср* по табл. 1.2 и характеристики потребителей.

Расчетную нагрузку для группы однородных приемников по режиму работы определяем по формулам:

- активная мощность

Pрасч = *Кс* · Рном ;

*-* реактивная мощность

*Q* расч = Pрасч · tg φ ;

- полная мощность

.

Все полученные данные заносим в табл. 4.5.

Требуемая мощность осветительного трансформатора, питающего осветительную сеть

 кВА

Принимаем один осветительный пусковой агрегат АОШ-5 с номинальным вторичным током 10,0 А, что превышает ток нагрузки равный 2,3А

*Таблица 1.4 -* Параметры электрооборудова­ния комплекса

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Наименования потребителей*** | ***Электродвигатель*** | ***Установленная мощность***  ***Рн, кВт*** | ***Номинальный ток***  ***Iн , А*** | ***Номинальный к.п.д.,***  ***%*** | ***Соsφ***  ***группы*** | ***Коэф. спроса*** | ***Активная мощность Рр, кВт*** | ***Реактивная мощность***  ***Qр, кВт*** | ***Полная мощность***  ***Sр, кВт*** |
| Очистной комбайн | ЭДКО4-2МУ5 | 75/105 | 84,6/119 | 92,0 | 0,84 | 0,7 | 73,5 | 47,5 | 87,5 |
| СП63М | ЭДКОФ-43/4 | 2×55= 110 | 62,5×2 = 125 | 86,6 | 0,86 | 0,8 | 88 | 52,2 | 102 |
| СР-70А | ЭДКОФ-43/4 | 55 | 62,5 | 86,6 | 0,86 | 0,8 | 44 | 26,1 | 51,2 |
| СНУ-5 № 1 | ВАО 62-4  ВАО 41-4 | 2×17=34  4 | 19,5×2 = 39  4,9 | 89,5  84,0 | 0,86 | 0,7 | 26,6 | 15,8 | 30,9 |
| СНУ-5 № 2 | ВАО 62-4  ВАО 41-4 | 2×17=34  4 | 19,5×2 = 39  4,9 | 89,5  84,0 | 0,86 | 0,7 | 26,6 | 15,8 | 30,9 |
| НУМС-30 | ВАО 72-4 | 30 | 33,5 | 90,5 | 0,87 | 0,7 | 21 | 11,9 | 24,1 |
| 1ЛП | ВАО 62-4 | 17 | 19,5 | 89,5 | 0,87 | 0,6 | 10,2 | 5,8 | 11,7 |
| РВЛ-15 | - | 60×0,015 = 0,9 | 0,2×60(133/690) = 2,3 | 80,0 | 0,50 | 1,0 | 0,9 | 1,6 | 1,8 |
| итого |  | 394 |  |  |  |  |  |  | 340,1 |

По полученным в табл.1.4 результатам при полной мощности 340,1 кВт к установке принимаем ПУПП типа КТПВ (ТСВП)-400/6 с трансформатором мощностью 400 кВА, табл.4А.

Для сравнения произведем выбор трансформатора по средним значениям коэф­фициентов *kс* и *соs φср* для всего очистного участка.

Средневзвешенный коэффициент мощности для очистных работ на шахтах с пологим падением рекомендуется принимать *соs φср* =0,6.

Коэффициент спроса для комплексов с механизированной крепью и автоматической бло­кировкой очередности пуска двигателей



Мощность силового трансформатора

 кВА.

К установке принимаем ПУПП типа КТПВ (ТСВП)-400/6 с трансформатором мощностью 400 кВА, табл.4А.

**2 Расчет кабельной сети участка напряжением до 1000 В**

*Выбор сечений кабелей по нагреву*

По токовой нагрузке выбираем сечения гибких кабелей марки КГЭШ и магистрального кабеля марки КШВЭБбШв.

Ток магистрального кабеля определяем с учетом загрузки трансформатора

А,

где *β* - коэффициент загрузки трансформатора;

*I2Т* – номинальный ток трансформатора на низкой стороне, А.



Расчетный ток нагрузки для выбора кабеля (А), питающего отдельный электродвигатель, определяют по формуле

,

Принятые сечения кабелей с учетом механической прочности найденные по расчетному току нагрузки в соответствии данными табл.5А приложения, приведены в табл. 1.5.

*Таблица 1.5 -* Марки и сечения кабелей по расчетному току нагрузки

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Наименования потребителей*** | ***Номинальная мощность***  ***Рн, кВт*** | ***Номинальный ток***  ***Iн , А*** | ***Принятый кабель*** |
| ПУПП | 400 | 308 | КШВЭБбШв-3×150+1×16 |
| РПП-0,66 | 400 | 308 | КШВЭБбШв-3×150+1×16 |
| Очистной комбайн | 105 | 119 | КГЭШ -3×25+1×10+3×4 |
| СП63М | 2×55 | 62,5×2 | КГЭШ -3×25+1×10 |
| СР-70А | 55 | 62,5 | КГЭШ -3×16+1×10 |
| СНУ-5 № 1 | 2×17+4 | 19,5×2 +4,9 | КГЭШ -3×10+1×6 |
| СНУ-5 № 2 | 2×17+4 | 19,5×2 +4,9 | КГЭШ -3×10+1×6 |
| НУМС-30 | 30 | 33,5 | КГЭШ -3×10+1×6 |
| 1ЛП | 17 | 19,5 | КГЭШ -3×10+1×6 |
| РВЛ-15 | 0,9 | 12 | КГЭШ -3×6+1×4 |

*Проверка участковой сети по потере напряжения.*

Потери напряжения сети складываются из потерь в силовом трансформаторе, магистральном кабеле и гибком кабеле до наиболее мощного и удаленного потребителя.

Потеря напряжения в силовом трансформаторе

где *Uа* – активная составляющая напряжения к.з, %;

*Uр* – реактивная составляющая напряжения к.з, %.

Активная составляющая напряжения к.з, %.

%

Реактивная составляющая напряжения к.з, %.



где *Рк.з* – потери к.з. трансформатора, кВт;

*Uк.з* – напряжение к.з. трансформатора, %.

Потеря напряжения в Вольтах составит

В

где *Uн.тр* – номинальное напряжение трансформатора, В.

Потеря напряжения в магистральном кабеле

В

Потеря напряжения в гибком кабеле потребителя (очистного комбайна), находится по формуле

В

Данные по потери напряжения в гибком кабеле потребителей представляем в виде табл. 1.6.

*Таблица 1.6 -* Потери напряжения в гибком кабеле потребителей

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Наименования потребителей*** | ***Расчетная токовая нагрузка кабеля***  ***Iн , А*** | ***Длина кабеля LK, м*** | ***Средневзвешенный коэффициент мощности потребителя соsφ*** | ***Потеря напряжения в гибком кабеле ΔUг.к., В*** |
| Очистной комбайн | 119 | 260 | 0,84 | 32,7 |
| СП63М | 62,5×2 | 260 | 0,86 | 19,4 |
| СР-70А | 62,5×2 | 30 | 0,86 | 3,5 |
| СНУ-5 № 1 | 19,5×2 +4,9 | 25 | 0,87 | 3,3 |
| СНУ-5 № 2 | 19,5×2 +4,9 | 25 | 0,87 | 3,3 |
| НУМС-30 | 33,5 | 25 | 0,87 | 2,6 |
| 1ЛП | 19,5 | 270 | 0,87 | 15,9 |
| РВЛ-15 | 12 | 260 | 0,50 | 9,0 |

Максимально возможная потеря напряжения в гибком кабеле потребителя

В

где  - допустимая величина потерь в гибком кабеле, при U=660 В равна 66В.

Из табл.4.6 видно, что потеря напряжения в гибком кабеле потребителя сети меньше, чем максимально возможная потеря напряжения в гибком кабеле потребителя 41,45 А. Таким образом, по нормальному режиму кабельная сеть выбрана правильно.

По табл.4.6 расчет потери напряжения сети производим для наиболее мощного и удаленного потребителя (очистного комбайна).

Для проверки определим потерю напряжения в гибком кабеле комбайна по формуле



где *Rк* и *Xк* — активное и индуктивное сопротивления 1 км кабеля, Ом по табл.6А.

*Расчет участковой сети по пусковому режиму при пуске электродвигателя комбайна и нормальной работе остальных токоприемников.*

Пусковой ток трансформатора

А

где *Iд.т* – номинальный ток двигателя, А;

*Iд.п* – пусковой ток двигателя, А.

Потеря напряжения в трансформаторе при пуске двигателей комбайна

Абсолютное значение потери напряжения в трансформаторе

В

Потеря напряжения в магистральном кабеле

В

Потеря напряжения в гибком кабеле комбайна

В

Суммарная потеря напряжения при пуске

В

Минимальное напряжение при пусковом режиме по формуле

*Umin* = В,

где 1,1 – принятая минимальная кратность пускового момента;

1,7 - кратность пускового момента электродвигателя ЭДКО4-2МУ5.

Допустимая потеря напряжения при пуске

*Uдоп* = 690 — 530 = 160 В.

Суммарная потеря напряжения при пуске В, меньше допустимой величины, равной 160 В. Следовательно, выбран­ные сечения кабелей вполне достаточны, чтобы обеспечить работу токоприемни­ков в любом из режимов.

*Проверка участковой сети на устойчивость работы защиты от утечек тока*

Согласно ПБ, общая длина кабелей, присоединенных к одному трансформатору, не должна превышать 3 км (предельно допустимая емкость сети не более 1 мкФ на фазу). Общая длина кабелей меньше 3 км. Следовательно, кабельная сеть полностью удовлетворяет всем предъ­являемым к ней требованиям.

**3 Расчет токов короткого замыкания в шахтных кабельных сетях**

Определить токи к.з. в наиболее характерных точках кабельной сети напряжением до 1,0 кВ для заданных условий.

Точки к.з. рис. 4.3 соответствуют: К1 - автоматический вы­ключатель ПУПП, К2 - автоматический выключатель РПП-0,66 кВ, К3 - электродвигатель очистного комбайна, К4…К9 электропотребители участка, К10 - последний светильник цепи, К11 – ввод 6кВ ПУПП.

Активное сопротивление трансформатора (Ом)

Ом

где *Рк* — потери в меди трансформатора, Вт;

 — номинальный ток в квадрате вторичной обмотки трансформатора, А.

Индуктивное сопротивление трансформатора (Ом)

Ом

где *Uк* — напряжение к. з. трансформатора, %;

*Uном* — номинальное напряжение вторичной обмотки трансформатора, кВ;

*Sном* — номинальная мощность трансформатора, кВ-А.

*Параметры короткого замыкания в точке К1 (ПУПП)*

Ток трехфазного к. з. (А) в точке К1



где *Uном* – номинальное напряжение источника тока, кВ.

*R* и *X* - соответственно сумма активных и индуктивных сопротивлений цепи до определяемой точки к. з., Ом.

Ток двухфазного к.з. (А) в точке К1

.

*Параметры короткого замыкания в точке К2 (автоматический выключатель)*

Активное сопротивление магистрального кабеля (Ом) длиной 105 м

Ом

где *L* — длина кабеля, км;

*rк* — активное сопротивление 1 км кабеля (табл. 6А), Ом/км.

Индуктивное сопротивление кабеля (Ом) длиной 105 м

Ом

где *L* — длина кабеля, км;

*хк* — индуктивное сопротивление 1 км кабеля (табл. 6А), Ом/км.

Полное активное сопротивление до точки К2

Ом

Полное индуктивное сопротивление до точки К2

Ом

Ток трехфазного к. з. (А) в точке К2



Ток двухфазного к.з. (А) в точке К2

.

*Параметры короткого замыкания в точке К3(очистной комбайн)*

Активное сопротивление гибкого кабеля (Ом) КГЭШ 3×25 длиной 260 м

Ом

Индуктивное сопротивление гибкого кабеля (Ом)

Ом

Полное активное сопротивление до точки К3

Ом

Полное индуктивное сопротивление до точки К3

Ом

Ток трехфазного к. з. (А) в точке К3



Ток двухфазного к.з. (А) в точке К3

.

Токи двухфазного и трехфазного короткого замыкания для остальных потребителей электроэнергии находятся аналогично как в точке *К3****,*** расчеты сводятся в табл. 1.7.

*Таблица 1.7-* Токи короткого замыкания отдельных потребителей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***№ точки к.з.*** | ***Наименования потребителей*** | ***Длина кабеля L, км*** | ***Сечение кабеля мм2*** | ***Активное сопротивление гибкого кабеля Rг.к., Ом*** | ***Индуктивное сопротивление гибкого кабеля Хг.к., Ом*** | ***Полное активное сопротивление до точки к.з., R к., Ом*** | ***Полное индуктивное сопротивление до точки к..з., Х к., Ом*** | ***Ток трехфазного к. з. (А) в точке к.з.*** | ***Ток двухфазного к.з. (А) в точке к.з.*** |
| *К3* | Очистной комбайн | 0,26 | 25 | 0,190 | 0,017 | 0,205 | 0,065 | 1917 | 1668 |
| *К4* | СП63М | 0,26 | 25 | 0,190 | 0,017 | 0,205 | 0,065 | 1917 | 1668 |
| *К5* | СР-70А | 0,030 | 16 | 0,345 | 0,021 | 0,360 | 0,069 | 1087 | 945 |
| *К6* | СНУ-5 № 1 | 0,025 | 10 | 0,460 | 0,018 | 0,475 | 0,066 | 832 | 723 |
| *К7* | СНУ-5 № 2 | 0,025 | 10 | 0,460 | 0,018 | 0,475 | 0,066 | 832 | 723 |
| *К8* | НУМС-30 | 0,025 | 10 | 0,460 | 0,018 | 0,475 | 0,066 | 832 | 723 |
| *К9* | 1ЛП | 0,27 | 10 | 0,497 | 0,020 | 0,512 | 0,068 | 773 | 673 |

*Параметры короткого замыкания в точке К10 (освещение)*

Активное сопротивление гибкого кабеля (Ом) для освещения КГЭШ 3×6 длиной 260 м

Ом

Индуктивное сопротивление гибкого кабеля (Ом) для освещения КГЭШ 3×6 длиной 260 м

Ом

Ток трехфазного к. з. (А) в точке К10 при напряжении 133 В (сопротивлением трансформатора АОШ-5 пренебрегаем)



Ток двухфазного к.з. (А) в точке К4

А

**4 Выбор коммутационной аппаратуры и уста­вок защиты**

Произведем выбор пускозащитной аппаратуры к электрооборудо­ванию принятого в предыдущих расчетах механизированного комплекса очистного участка. Напряжение силовой сети 660 В, осветительной — 127 В.

*Выбор магнитных пускателей*

Произведем выбор пускателя для управления и зашиты электродвигателя очистного комбайна. Параметры двига­теля: *Iном* = 119 А; *I*пуск = 485 А; *I(*2) = 1668 А; *Рном* = 105 кВт.

Выбираем магнитный пускатель ПВИ-250-РВ (табл. 8А) на (*Uном* = 660 В, *Iном* = 250 А, допустимую мощность подключаемого двигателя 214 кВт с уставкой максимальной защиты 350-3500 А и предельно отключаемым током 5600 А.

Согласно ПБ, токовая уставка должна быть на 25% больше фактического пускового тока защищаемого присоединения, что составит ** А, Принимаем *Iу* = 700 А. Проверяем чувствительность токовой уставки на сраба­тывание:

**; **.

При максимально возможном токе трехфазного к. з. на зажимах электродви­гателя с учетом 20% запаса  *=* 1917 ⋅ 1,2 = 2300 А, выбранный пускатель также подходит, потому что 3750 А > 2300 А.

Выбор остальных пускателей для управления и защиты токоприемников аналогичен данному. Выбранные пускатели приведены в табл. 1.8.

*Выбор автоматического фидерного выключателя*

- установленного в РПП-0,66. По суммарному номинальному току потребителей *I* = 308 А выбираем выключатель АФВ-400-РВ (табл. 7А), имеющий следующие параметры: *Iном* = 400 А, диапазон токовой уставки защиты 600-4000 А, предельный разрывной ток 10000 А.

Токовая уставка АФВ-400-РВ

** А.

С учетом 25% запаса * А*. Принимаем *Iу* = 1000 А. Максимальный ток трехфазного к. з. на выводах АФВ с учетом 20% запаса равен ** = 7977⋅1,2 = 9572 А, что меньше 10000 А. Проверяем чувствительность защиты АФВ-3:

**; **.

Окончательно принимаем к установке АФВ-400-РВ.

*Выбор аппарата управления и защиты для осветительной сети*

Для пита­ния светильников лавы принимаем пусковой агрегат АОШ-5 с номинальным вторичным током 10,0 А на 3 линии, что превышает ток нагрузки, равный 12/3=4 А.

Проверяем чувствительность защиты

**,

где *Iу* - ток уставки пускового агрегата АОШ-5 составляет 13 А.

*Таблица 1.8 -* Принятые аппараты управления и защиты

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Наименования потребителей*** | ***Номинальная мощность***  ***Рн, кВт*** | ***Номинальный***  ***ток***  ***Iн , А*** | ***Пусковой ток Iп , А*** | ***Двухфазный ток к.з., А*** | ***Токовая уставка реле, А*** | ***Аппарат управления и защиты*** |
| АВ ПУПП |  | 308 | 674 | 8223 | 1000 | АФВ-400-РВ |
| АВ  РПП-0,66 |  | 308 | 674 | 6940 | 1000 | АФВ-400-РВ |
| Очистной комбайн | 105 | 119 | 485 | 1668 | 700 | ПВИ-250-РВ |
| СП63М | 2×55 | 62,5×2 | 812 | - | 900 | ПВИ-250-РВ |
| СР-70А | 55 | 62,5 | 406 | - | 500 | ПВИ-125-РВ |
| СНУ-5 № 1 | 2×17+4 | 19,5×2 +4,9 | 280 | - | 300 | ПВИ-125-РВ |
| СНУ-5 № 2 | 2×17+4 | 19,5×2 +4,9 | 280 | - | 300 | ПВИ-125-РВ |
| НУМС-30 | 30 | 33,5 | 234,5 | - | 250 | ПВИ-63-РВ |
| 1ЛП | 17 | 19,5 | 136,5 | - | 150 | ПВИ-Р-63-РВ |
| РВЛ-15 | 0,9 | 12 | - | 83,5 | 13 | АОШ-5 |

**5 Выбор высоковольтной ячейки и уставок ее защиты**

*Выбор кабеля напряжением 6 кВ для питания ПУПП*

Номинальный ток первичной обмотки трансформатора КТПВ (ТСВП)-400/6 *Iном* = 38,5 А, по табл. 5А выбираем кабель сечением жил 10 мм2, который при 6кВ допускает нагрузку 55 А. Расстояние до ПУПП равно 1500 м (рис.4.3).

Определяют допустимую потерю напряжения в бронированном кабеле ΔUк.б (В), проложенном от трансформаторной подстанции до распределительного пункта участка 1,5% от Uн

 В

По допустимой потере напряжения в бронированном кабеле определяют сечение его рабочих жил

мм2

где *Iк* — расчетная токовая нагрузка кабеля, A;

*LK* — длина кабеля с учетом провисания в 10%, м;

cos φcp — средневзвешенный коэффициент мощности;

ρ — удельная сопротивление материала жил кабеля при его рабочей температуре, Ом-мм2/м( для меди 0,02 Ом-мм2/м);

Сечение кабеля по условию термической стойкости

 мм2

где *I* — установившийся ток к.з., кA;

α - термический коэффициент для кабелей напряжением до 10кВ включительно с медными жилами α=7, с алюминиевыми жилами α=12;

*tф –* фиктивное время (время прохождения тока к.з. принимаем равным собственному времени срабатывания реле защиты и силового выключателя 0,25 с поскольку в подземных выработках защита от токов к.з. должна быть мгновенного действия),

Сечение кабеля по экономической плотности тока

 мм2

где *Iк* — расчетная токовая нагрузка кабеля, A;

*j* — нормированное значение экономической плотности тока, по табл. 1.9 А/мм2.

*Таблица 1.9 -* Нормированное значение экономической плотности тока

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Наименование проводников*** | ***Экономическая плотность тока (А/мм2) при продолжительности использования максимума нагрузки, ч*** | | |
| ***1000-3000*** | ***3000-5000*** | ***5000-8760*** |
| Неизолированные провода и шины:  -медные  -алюминевые  Кабели с бумажной изоляцией с жилами:  -медными  алюминевыми | 2,5  1,3  3,0  1,6 | 2,1  1,1  2,5  1,4 | 1,8  1,0  2,0  1,2 |

По расчетам выбираем сечение рабочей жилы кабеля по допустимой потере напряжения по наибольшему из полученных значений 16 мм2. К прокладке от РПП-6 до ПУПП принимаем восьмижильный кабель на напряжение 6 кВ марки ЭВТ 3×16+1×10+4×2,5 с допустимой токовой нагрузкой 65 А (табл.5А).

*Расчет тока короткого замыкания на шинах КРУ РПП-6*

*Параметры короткого замыкания в точке К5.*

- производят исходя из максимально допустимой мощности к.з. на шинах ЦПП, которая, согласно ПБ не должна превышать 50000 кВ⋅А.

Ток к.з. на шинах ЦПП

А

Сопротивление электросистемы до шин ЦПП

 Ом

Активное сопротивление магистрального кабеля (Ом) длиной 2 км

Ом

где *L* — длина кабеля, км;

*rк* — активное сопротивление 1 км кабеля (табл. 6А), Ом/км.

Индуктивное сопротивление кабеля (Ом) длиной 2 км

Ом

где *L* — длина кабеля, км;

*хк* — индуктивное сопротивление 1 км кабеля (табл. 6А), Ом/км.

Полное сопротивление кабеля

 Ом

Суммарное сопротивление до шин КРУ РПП-6

Ом

Установившийся ток к.з. на шинах КРУ РПП-6

 А

Мощность к.з. на шинах КРУ РПП-6

 В А= 11,7 МВ А

Предельно отключаемый ток

 А

Односекундный ток термической стойкости

 А

*Выбор ячейки КРУ, установленной в РПП-6*

По номинальному току трансформатора КТПВ (ТСВП)-400/6 *Iном* = 39,4 А выбираем КРУВ-6 с *Iном* = 40 А (табл. 9А), параметры которой выше расчетных данных.

Токовую уставку РТМ определим по току трансформатора при пуске

*,*

** А

где 1,2…1,4 — коэффициент запаса;

*kтр* — коэффициент трансформации. *kтр* = *U1ном/U2ном* = 6000/690 = 8,7

Так как Iуст= 93…108,5А, поставим уставку на 120 А. При пуске электродвигателя очистного комбайна ложных сраба­тываний не произойдет.

Проверим выбранную уставку на требования ПБ: 1128/120= 9,4 > 1,5, что вполне удовлетворяет требованиям ПБ.

При возникновении к. з. защита надежно отключит установку от сети, даже если не сработает защита в сети 660 В.

**Форма промежуточного контроля**

**Зачет**

***Вопросы на зачет по дисциплине "Электроснабжение горных предприятий "***

1. Типы и размещение подстанции на поверхности шахт и рудников, понятие глубокого ввода.
2. Структурная схема систем электроснабжения шахты (рудника). Электричес­кие сети, величина напряжения питающих ЛЭП.
3. Классификации потребителей электрической энергии рудников по величине напряжения, роду тока и характеру использования электроэнергии.
4. Категории электропотребителей по ПУЭ в соответствии с характером ущерба, который может быть нанесен предприятию из-за перерывов в электроснабжении.
5. Схемы распределения электроэнергии системы внутреннего электро­снабжения
6. Системы электроснабжения с изолированной и глухозаземленной нейт­ралью***,*** способы питания электроприемников подземных горных работ.
7. Электроснабжение горных работ с обособленным питанием подземных электроприемников.
8. Электроснабжение горных работ через ствол.
9. Электроснабжение горных работ через шурфы и скважины.
10. Сооружение и оборудование ЦПП (центральной подземной подстанции).
11. Сооружение и устройство распределительного пункта РПП - 6 (10) кВ.
12. Предназначение и типы КРУ, силовых трансформаторов, , коммутационной аппаратуры напряжением до 1000 В подземных подстанций.
13. Участковые ста­ционарные трансформаторные подстанции и низковольтные распределительные подземные пункты РПП.
14. Участковые передвижные трансформаторные подстанции, состав комплектации, определение мощности по методу коэффициента спроса.
15. Классификация рудничной аппаратуры управле­ния и защиты по напряжению, роду тока, назначении., способу управления.
16. Виды защит рудничной аппаратуры.
17. Аппараты ручного управления.
18. Ручные полуавтоматическим аппараты.
19. Рудничные аппараты дистанционного и автоматического управле­ния.
20. Магнитные станции управления.
21. Виды повреждений электрооборудования в шахтах
22. Защита оборудованияот токов к. з. или недопустимых перегрузок в шахтах.
23. Защита от недопустимого перегрева и нулевая защита.
24. Основные эле­менты рудничной аппаратуры управле­ния и защиты
25. Методика выбора коммутационной аппаратуры и уста­вок защиты
26. Типы шахтных кабелей по напряжению, по конструкции, по назначению.
27. Выбор типа кабелей потребителей участка шахты по нагреву и потере напряжения.
28. Прокладка кабельных линий в горных выработках.
29. Силовая распределительная сеть. Построение схемы электроснабжения участка
30. Порядок расчета токов короткого замыкания в шахтных кабельных сетях
31. Выбор коммутационной аппаратуры и уста­вок защиты
32. Расчет электрического освещения в подземных выработ­ках тотечным методом и методом светового потока.
33. Классификация электродвигателей по роду тока, напряжению, мощности, частоте вращения
34. Типы электродвигателей применяемых на подземных горных работах по режиму работы.
35. Выбор типа и мощности электродвигателей передвижных механизмов
36. Расчет электропривода шахтных стационарных установок
37. Основные характеристики и технико-экономические показатели электропривода.
38. Виды исполнения взрывозащиты электрооборудования и основы искробезопасности.
39. Класси­фикация и маркировка рудничного электрооборудования по взрывобезопасности.
40. Условия безопасности в электричес­ких сетях с разным режимом нейтрали.
41. Требования правил безопасности к электроснабжению подземных горных работ.
42. Виды поражение человека электрическим током, безопасная величина длительного токаи напряжения в шахтах.
43. Меры защиты от поражения электрическим током (10 пунктов).
44. Принцип действия защитного заземления потребителей в шахте
45. Защитное отключение в электросхемах подземных потребителей, состав аппаратуры защитного отключения.
46. Коэффициент мощности и его технико-экономическое значение, реактивная мощность.

**Оформление письменной работы согласно МИ 01-03-2023** Общие требования к построению и оформлению учебной текстовой документации.

**Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**Основная литература**

**Печатные издания**

1. Медведев В.В.. Электроснабжение шахт и рудников: учебное пособие / В.В. Медведев, А.А. Морозов, А.В.Бейдин. - Чита: ЗабГУ, 2023. – 202 с.
2. Электрификация горного производства : учебник. В 2 т. Т.1 / под ред. Л.А. Пучкова, Г.Г. Пивняка. - М. : МГГУ, 2007. - 511с.
3. Электрификация горного производства : учебник. В 2 т. Т.2 / А. В. Ляхомский [и др.] ; под ред. Л.А. Пучкова, Г.Г. Пивняка. - М. : МГГУ, 2007. - 595с.

**Издания из ЭБС**

1. Основы электроснабжения горных предприятий [Электронный ресурс] : Учебник для вузов / Плащанский Л.А. - 2-е изд., исправ. - М: Издательство Московского государственного горного университета, 2006.
2. Электрификация горного производства. В 2 т. Т. 1. [Электронный ресурс]: Учебник для вузов / А.В. Ляхомский, Л.А. Плащанский, Н.И. Чеботаев, В.И. Щуцкий. - М: Издательство МГГУ, 2007.
3. Электрификация горного производства. В 2 т. Т. 2 [Электронный ресурс] : Учебник для вузов: В 2 т. Под ред. Л.А. Пучкова и Г.Г. Пивняка. - М: Издательство МГГУ, 2007

**Дополнительная литература**

**Печатные издания**

1. Пичуев, А.В. Электрификация горного производства в задачах и примерах : учеб. пособие / Пичуев, Александр Вадимович, В. И. Петуров, Н. И. Чеботаев. - Москва : Горная кн., 2012. - 251 с.

**Издания из ЭБС**

1. Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок горных предприятий [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / Фащиленко В.Н. - М. : Горная книга, 2011.

**Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам:

1. https://e.lanbook.com/ Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань».

2. https://www.biblio-online.ru/ Электронно-библиотечная система «Юрайт»

3. http://www.studentlibrary.ru/ Электронно-библиотечная система «Консультант студента»

4. http://www.trmost.com/ Электронно-библиотечная система «Троицкий мост»

5. http://diss.rsl.ru/ Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки.

6. https://elibrary.ru/ Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

7. http://window.edu.ru Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» предоставляет свободный доступ к каталогу образовательных Интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования.

8. http://www.nlr.ru/ Российская национальная библиотека

9. http://www.gpntb.ru/ Государственная публичная научно-техническая библиотека России

10. http://www.rasl.ru/ Библиотека Российской Академии наук

11. http://studentam.net/ Электронная библиотека учебников

12. http://techlib.org Библиотека технической литературы

Ведущий преподаватель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.В. Медведев

Заведующий кафедрой ПРМПИ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.В. Медведев