

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Политехнический институт (филиал) федерального государственного
автономного образовательного учреждения высшего образования
«Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»
в г. Мирном

КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА»

Ю.В. Бебихов
Н.С. Волотковская
А.С. Семёнов

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Учебное пособие для студентов направления
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
и специальности 21.05.04 «Горное дело»*

(бакалавриат/специалитет, очная и заочная формы обучения)



Москва 2018

УДК 658.26(075.8)
ББК 31.281я73
Б 35

Утверждено на заседании учебно-методического совета МПТИ (ф) СВФУ

Авторы:

Бебихов Юрий Владимирович, к.ф.-м.н., доцент кафедры ЭиАПП;
Волотковская Наталья Сергеевна, к.т.н., доцент, доцент кафедры ЭиАПП;
Семёнов Александр Сергеевич, к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой ЭиАПП
МПТИ (ф) СВФУ, г. Мирный, Республика Саха (Якутия), Россия

Рецензенты:

Забегин Игорь Витальевич, директор ЗЭС, ПАО «Якутскэнерго»;
Тархов Андрей Борисович, главный энергетик, АК «АЛРОСА» (ПАО)
г. Мирный, Республика Саха (Якутия), Россия

Бебихов Ю.В., Волотковская Н.С. и др.

Б 35 Электроснабжение промышленных предприятий: Учебное пособие для студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и специальности 21.05.04 «Горное дело» / Ю.В. Бебихов, Н.С. Волотковская, А.С. Семёнов. – М.: Издательство «Спутник +», 2018. – 87 с.

ISBN 978-5-9973-5026-0

Учебное пособие разработано для студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (профили «Электроснабжение», «Электропривод и автоматика», «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций, учреждений») и специальности 21.05.04 «Горное дело» (специализации «Горные машины и оборудование», «Обогащение полезных ископаемых», «Подземная разработка рудных месторождений», «Электрификация и автоматизация горного производства») очной и заочной форм обучения.

Предназначено для систематизации обучения дисциплинам «Электроснабжение горного производства», «Электроснабжение и электрооборудование горных предприятий», «Основы расчета и проектирования электроснабжения предприятий», а также для раздела «Электроснабжение» выпускной квалификационной работы бакалавров и специалистов.

Рассмотрены теоретические и практические вопросы расчетов и проектирования схем электроснабжения проходческого или добычного участков рудника, электроснабжения цеха или участка обогатительной фабрики, электроснабжения вскрышного участка карьера. Представлен пример моделирования режимов работы системы электроснабжения в пакете программ MatLab. В виде приложений приведены все необходимые данные для выполнения расчетов и варианты заданий.

Работа подготовлена на кафедре электроэнергетики и автоматизации промышленного производства за счет собственных средств.

УДК 658.26(075.8)
ББК 31.281я73

Печатается в авторской редакции
Отпечатано с готового оригинал-макета.

ISBN 978-5-9973-5026-0

© Бебихов Ю.В.,
Волотковская Н.С.,
Семёнов А.С., 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	4
РГР № 1. Расчет проходческого или добычного участка рудника	6
Введение	6
Расчетные данные задания	6
Порядок выполнения расчета	7
РГР № 2. Расчет электроснабжения цеха (участка) обогатительной фабрики	15
Введение	15
Расчетные данные задания	15
Порядок выполнения расчета	18
РГР № 3. Расчет электроснабжения вскрышного участка карьера	26
Введение	26
Расчетные данные задания	26
Порядок выполнения расчета	28
Курсовой проект. Электроснабжение горного производства	33
Введение	33
Исходные данные задания	34
Порядок выполнения расчета	35
Заключение	53
Графическая часть	54
Дополнительное задание. Моделирование режимов работы системы электроснабжения участка горного предприятия	55
Введение	55
Расчет параметров системы	55
Создание модели и описание блоков	57
Результаты моделирования	62
Приложения	63
Список литературы	84

Предисловие

Качественная подготовка специалистов требует не только хороших теоретических знаний, но и умения использовать эти знания в практических расчетах. Расчеты электрических сетей, их проверки и выбор электрооборудования имеют место как на стадии проектирования, так и в процессе эксплуатации. Поэтому приобретение хороших навыков в проведении расчетов заданий и курсовых как самостоятельной работы – важная часть работы студентов.

Цель разработки учебного пособия – научить студентов использовать теоретические знания при расчетах практических заданий в профильных дисциплинах направлений подготовки и специальностей, что в свою очередь поможет в дальнейшей работе по специальности на промышленных предприятиях.

Выполнение расчетов базируется на использовании значительного по объему справочного материала, размещенного в большом количестве справочников и директивных документов различных министерств и ведомств. Собранные в данном пособии материалы облегчат самостоятельную работу студентов с каждым отдельным заданием и сохранят их время.

Анализ справочных данных различных источников указывает на некоторое расхождение в определении одних и тех же величин, что обусловлено значением некоторых параметров в определенном диапазоне. Для студентов важно обратить внимание не на саму величину удельного сопротивления или проводимости, а на их влияние на режим сети по результатам расчетов. При этом нужно помнить, что допустимая погрешность в электроэнергетических расчетах не должна превышать 10%. Такая величина допустимой погрешности обусловлена неточностью исходных данных.

Расчеты электрических сетей начинают с постановки задачи и ее анализа. После этого необходимо: составить принципиальную схему и выбрать условия расчета; проанализировать технические данные и дополнить данными из

справочников; составить расчетную схему и схему замещения, вычислить параметры элементов; осуществить расчеты и оценить полученные результаты.

Расчеты, как правило, выполняют на схемах замещения, при этом именуют каждый элемент схемы и указывают величину мощности. После этого принимают подходящие типы проводов и кабелей и проверяют правильность выбора по необходимым параметрам. Выбор оборудования и коммутационных аппаратов производят также на основе проведенных расчетов электрических сетей и токов короткого замыкания в точках установки коммутационных аппаратов.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

«Расчет проходческого или добычного участка рудника»

Введение

При выполнении расчетной работы студент должен:

- выбрать мощность трансформатора;
- выбрать кабельные сети;
- проверить сеть по потерям напряжения;
- рассчитать токи короткого замыкания;
- проверить выбранные кабели на термическую стойкость;
- выбрать коммутационную аппаратуру.

При выполнении расчетно-графической работы необходимо выполнить:

- расчет электрических нагрузок;
- расчет электрических сетей;
- расчет токов короткого замыкания;
- выбор и проверку электрического оборудования.

Расчетные данные задания

Выбрать тип и мощность трансформаторной подстанции добычного участка по схеме приведенной на рис. 1. Необходимые для расчета данные приведены в приложении табл. П.1.

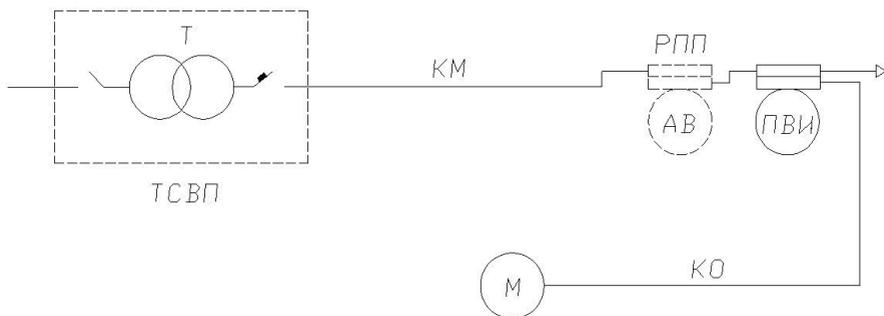


Рис. 1. Расчетная схема электроснабжения участка: КМ – магистральный кабель; КО – кабель ответвления; РПП – распределительный пункт на участке.

Порядок выполнения расчета

1. Расчет электрических нагрузок и выбор мощности трансформаторов

Электрические нагрузки шахты рекомендуется определять по установленной мощности P_n и коэффициенту спроса K_c . Зная суммарную установленную мощность $\sum P_n$ потребителей участка, определяют расчетную мощность трансформатора S_p :

$$S_p = K_c \times \sum P_n / \cos \varphi;$$

$$S_{тн} \geq S_p,$$

где $\cos \varphi$ – средневзвешенный коэффициент мощности, заданный в расчетных данных.

На основании расчетной мощности выбирают тип трансформатора. В качестве источника питания целесообразно принимать передвижные взрывобезопасные подстанции типа ТСВП. Их применение позволяет в ряде случаев обеспечить более качественное электроснабжение участка шахты.

2. Выбор схемы электроснабжения участка и напряжения сети

В этом параграфе необходимо принять схему электроснабжения участка при напряжении 660 или 1140 В и обосновать принятое напряжение, при этом нужно помнить, что напряжение 1140 В применяется при $S_{тн} \geq 630$ кВ·А.

3. Расчет кабельной сети участка по нагреву

Для выбора кабелей по нагреву необходимо определить их расчетные токи. Для комбайнового кабеля в качестве расчетного принимают ток, соответствующий часовой мощности двигателя комбайна:

$$I_n = P_n / (\sqrt{3} \times U_n \times \eta \times \cos \varphi_d);$$

$$I_p = K_c \times I_n,$$

где P_n – номинальная мощность двигателя комбайна, кВт; U_n – номинальное напряжение сети, В; $\cos \varphi_d$, η – соответственно, номинальный коэффициент мощности и коэффициент полезного действия двигателя.

Для магистрального кабеля расчетный ток находят по выражению:

$$I_{км} = S_p / (\sqrt{3} U_n),$$

где S_p – расчетная мощность трансформатора, кВт·А.

По таблице токовых нагрузок для кабелей сравнивают полученный расчетный ток с допустимым для данного сечения принятой марки кабеля при данной температуре выработок. Принимают сечение кабеля, допустимый ток которого равен или больше расчетного. При этом следует учитывать условия механической прочности.

Наиболее предпочтительное сечение кабелей очистных комбайнов – 30...70 мм², а в ряде случаев 95, конвейеров – 16...35 мм², электросверл – 4...6, других электродвигателей – 10...15, осветительной сети – 4...10.

Рекомендуется принимать сечения кабелей для стационарных электроприемников или смонтированных на платформах не менее 10 мм², а для передвижных – не менее 16 мм².

4. Проверка кабельной сети по допустимой потере напряжения в номинальном режиме работы

Порядок проверки следующий.

Определяют потерю напряжения в трансформаторе:

$$\Delta U_T = \beta (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) U_0 / 100, \quad (\text{В})$$

где $\beta = S_p / S_{T.H}$ – коэффициент загрузки трансформатора, представляющий собой отношение расчетной нагрузки трансформатора S_p к его номинальной $S_{T.H}$:

$$U_a = \frac{P_{K3}}{S_{T.H}} 100, \quad \%; \quad U_p = \sqrt{U_{K3}^2 - U_a^2}, \quad (\%)$$

U_0 – напряжение холостого хода трансформатора, равное $1,05U_H$ (В); P_{K3} – потери в трансформаторе в режиме КЗ (паспортная величина, Вт); U_{K3} – напряжение КЗ трансформатора (паспортная величина).

Далее находят потерю напряжения в гибком кабеле (кабель ответвления) ΔU_{K0} и потерю напряжения в магистральном кабеле ΔU_{KM} , т.е.:

$$\Delta U_K = \sqrt{3} \cdot I_p (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi),$$

где r и x – активное и индуктивное сопротивления соответствующих кабелей,

$$r = r_0 \cdot L; \quad x = x_0 \cdot L;$$

где r_0 , x_0 – удельные активное и индуктивное сопротивление одного км кабеля (находится по справочным данным); L – длина кабеля (задана, км).

При определении потери напряжения в комбайновом кабеле $\Delta U_{\text{ко}}$ необходимо принять вместо $\cos\varphi$ коэффициент мощности двигателя комбайна, т. е. $\cos\varphi_{\text{д}}$ (задан по условию).

Определяют общую потерю напряжения:

$$\Sigma\Delta U = \Delta U_{\text{т}} + \Delta U_{\text{км}} + \Delta U_{\text{ко}}$$

и отклонение напряжения на зажимах двигателя при нормальном режиме работы:

$$\delta U_{\text{д}} = \frac{U - U_{\text{н}}}{U_{\text{н}}} \cdot 100, \quad (\%)$$

где U – реальное напряжение на зажимах двигателя с учетом потерь напряжения в сети.

Отклонение напряжения на зажимах комбайнового двигателя сравнивают с доступным. Должно выполняться условие:

$$|\delta U_{\text{д}}| \leq 5\%$$

Если оно не выполняется, необходимо увеличить сечение либо кабеля ответвления, либо магистрального. В отдельных случаях приходится увеличивать сечения обеих кабелей или принимать подстанцию большей мощности, после чего ещё раз проверить выполнение ранее приведенного условия.

5. Проверка кабельной сети по условию пуска мощного двигателя

Напряжение на зажимах двигателя при пуске определяется по формуле:

$$U_{\text{пуск}} = \frac{U_0 - \Delta U_{\text{н.р.}}}{1 + \gamma_{\text{пуск}}}, \quad (\text{В})$$

где $\Delta U_{\text{н.р.}}$ – потеря напряжения в сети от работающих двигателей при номинальном напряжении в тех элементах сети, через которые подключен пускаемый двигатель:

$$\Delta U_{\text{н.р.}} = (r_{\text{т}} + x_{\text{т}} + r_{\text{км}} + x_{\text{км}}) \cdot (\Sigma P_{\text{н}} - P_{\text{н.д}}) \cdot \frac{850}{U_{\text{н}}}, \quad (\text{В})$$

где r_T, x_T – активное и индуктивное сопротивление трансформатора:

$$r_T = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_0^2}{S_{г.н}^2} \cdot 10^{-3}; \quad z_T = \frac{U_{кз} \cdot U_0^2}{100 S_{г.н}} \cdot 10^{-3};$$

$$x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2},$$

где $P_{н.д}$ – номинальная мощность двигателя комбайна, $\gamma_{пуск}$ – параметр пускового режима:

$$\gamma_{пуск} = \sqrt{3} \cdot I_{пуск} (\sum r \cdot \cos \varphi_{пуск} + \sum x \cdot \sin \varphi_{пуск}) / U_n,$$

где $I_{пуск}$ – пусковой ток двигателя при номинальном напряжении, А; $\sum r, \sum x$ – соответственно суммы активных и индуктивных сопротивлений трансформатора, магистрального кабеля и кабеля ответвления; $\cos \varphi_{пуск}$ – коэффициент мощности двигателя при пуске. Рекомендуется принимать равным 0,5.

Результаты расчета признаются удовлетворительными, если соблюдается условие:

$$U_{пуск} / U_n \geq 0,80.$$

6. Проверка кабельной сети на отсутствие опрокидывания при перегрузке двигателя

Напряжение на зажимах двигателя комбайна при перегрузке определяется по формуле:

$$U_{п.г} = \frac{U_0 - \Delta U_{н.р}}{1 + 1,57 \frac{I_{н.р}}{U_n} - 6 (\sum r + \sum x)},$$

где θ – кратность максимального момента (задана в табл. П.1).

Кабельная сеть выбрана правильно, если выполняется условие:

$$U_{п.г} / U_n \geq 0,85.$$

При невыполнении указанного условия необходимо увеличить сечение либо комбайнового кабеля, либо магистрального. В отдельных случаях приходится увеличивать сечение всех кабелей, а иногда одновременно принимать трансформаторную подстанцию большей мощности. После этого необходимо ещё раз проверить, выполняется ли условие отсутствия опрокидывания при перезагрузке двигателя.

В выводах к работе необходимо привести технические характеристики принятого на основании расчетов электрооборудования и кабеля.

7. Расчет токов короткого замыкания в участковой сети

В трехфазных электрических сетях с изолированной нейтралью возможны двух- и трехфазные короткие замыкания (КЗ). Ток трехфазного короткого замыкания является максимальным током КЗ, определение которого необходимо для выбора коммутационной аппаратуры с учетом её отключающей способности и проверки выбранных кабелей на термическую стойкость. Ток двухфазного КЗ является минимальным током КЗ, определение которого необходимо для проверки выбранных уставок срабатывания максимальной токовой защиты.

Расчет токов КЗ ведется в следующем порядке:

- составляется схема замещения участковой сети (рис. 2);
- определяются сопротивления элементов схемы.

Допускается не учитывать сопротивления внешней распределительной сети при мощности участковой подстанции до 400 кВ·А включительно, т.е. принимать $r_{p.c} = 0$ и $x_{p.c} = 0$. При мощности подстанции более 400 кВ·А считаем мощность КЗ равной 70 МВ·А, принимаем активное сопротивление распределительной сети равным нулю, т. е. $r_{p.c}=0$ и тогда индуктивное сопротивление высоковольтной распределительной сети, будет:

$$x_{p.c} = U_0^2 / S_{кз}, \text{ Ом,}$$

где $U_0 = 0,69$ кВ или 1,2 кВ.

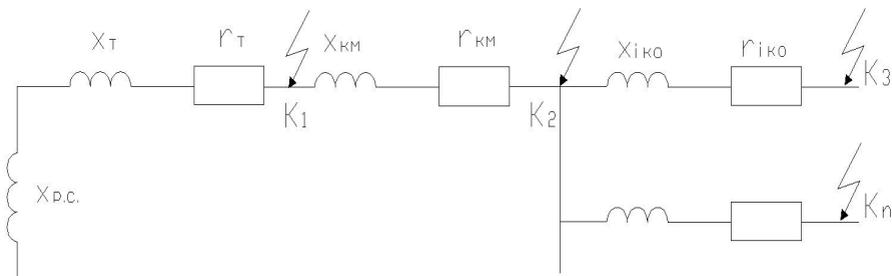


Рис. 2. Схема замещения

Находят токи трехфазного короткого замыкания (точки K_1, K_2, K_3):

$$I_{ki}^{(3)} = U_0 / (\sqrt{3} z_{ki})$$

И токи двухфазного короткого замыкания (точки K_1, K_2, K_3):

$$I_{ki}^{(2)} = 0,95 U_0 / (2 z_{ki}),$$

где z_{ki} – эквивалентное сопротивление сети до соответствующей точки КЗ:

$$z_{ki} = \sqrt{(\sum r)^2 + (\sum x)^2}$$

Эквивалентное сопротивление цепи КЗ:

до точки K_1

$$z_{K_1} = \sqrt{r_T^2 + (x_{p.c} + x_T)^2},$$

до точки K_2

$$z_{K_2} = \sqrt{(r_T + r_{KM})^2 + (x_{p.c} + x_T + x_{KM})^2},$$

до точки K_3

$$z_{K_3} = \sqrt{(r_T + r_{KM} + r_{KO})^2 + (x_{p.c} + x_T + x_{KM} + x_{KO})^2}.$$

8. Выбор коммутационной аппаратуры

Коммутационные аппараты (автоматические выключатели и магнитные пускатели) выбираются по номинальному току $I_{н.ап}$ и номинальному напряжению $U_{н.ап}$ аппарата. При выборе должны выполняться условия:

$$U_{н.ап} = U_n$$

$$I_{н.ап} \geq I_p$$

где I_p – ток, протекающий через аппарат.

Не следует выбирать аппараты с большим запасом по току, так как в этом случае неизбежно завышение уставок срабатывания защиты. Выбранные аппараты должны быть проверены на отключающую способность. Отключающая способность аппарата должна не менее чем в 1,2 раза превышать максимально возможный ток трехфазного КЗ (на его зажимах), т.е.:

$$I_{ап.откл} \geq 1,2 I_K^{(3)},$$

где $I_{ап.откл}$ – предельный ток отключения аппарата (паспортная величина)

Иногда выбираемый пускатель не проходит по отключающей способности, но последовательно с ним включены и другие защитные аппараты (АВ). В этом случае проверку по отключающей способности пускателя можно производить по выражению:

$$I_{\text{ап.откл}} \geq 1,2 I_{\text{к}}^{(3)} / (nk),$$

где n – число аппаратов, последовательно включенных в силовую цепь, имеющих максимальную токовую защиту, которая способна срабатывать при токе равном $I_{\text{к}}^{(3)}$; $k = 1$, при $n = 2$ и $k = 1,1$ при $n = 3 \dots 4$.

9. Выбор уставок максимальной токовой защиты

Уставки максимальных токовых реле магнитных пускателей и автоматических выключателей выбираются так, чтобы защита не сработала при любых нормальных режимах работы двигателя и вместе с тем обеспечивала отключение сети при коротком замыкании с достаточным запасом надежности, компенсирующим погрешность расчета.

Ток уставки защиты автоматического выключателя выбирается из условия:

$$I_{\text{у}} \geq I_{\text{пуск}} + \sum I_{\text{р}}, \quad (\text{А})$$

где $I_{\text{пуск}}$ – пусковой ток наиболее мощного электродвигателя; $\sum I_{\text{р}}$ – сумма расчетных токов всех остальных электроприемников (А):

$$\sum I_{\text{р}} = \frac{k_{\text{с}}(\sum P_{\text{н}} - P_{\text{н.макс}})}{\sqrt{3} U_{\text{н}} \cos \varphi},$$

для магнитного пускателя:

$$I_{\text{у}} \geq I_{\text{пуск}}.$$

Выбранная уставка максимальной защиты должна быть проверена по току двухфазного КЗ, определенному в наиболее удаленной от коммутационного аппарата точке сети. Должно выполняться условие:

$$I_{\text{к}}^{(2)} / I_{\text{у}} \geq 1,5 \text{ (1,25),}$$

где 1,5; 1,25 – коэффициент чувствительности максимальной токовой защиты.

Для магистралей и ответвлений, выполненных бронированными и экранированными кабелями, допускается коэффициент чувствительности равный 1,25.

При невыполнении данного условия необходимо увеличить ток двухфазного КЗ путем увеличения сечений кабеля (комбайнового, магистрального или всех) или произвести замену трансформаторной подстанции на более мощную.

В выводах к работе необходимо привести технические характеристики принятого на основании расчетов электрооборудования и типы кабелей, а так же технические характеристики принятого на основании расчетов электрооборудования и уставки срабатывания МТЗ.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

«Расчет электроснабжения цеха (участка) обогатительной фабрики»

Введение

При выполнении данной расчетной работы студент должен:

- выбрать двигатель к центробежному насосу;
- выбрать мощность трансформатора;
- выбрать кабельные сети;
- проверить сеть по потерям напряжения;
- выбрать коммутационную аппаратуру.

При выполнении расчетно-графической работы необходимо выполнить:

- расчет мощности двигателя;
- расчет электрических нагрузок;
- расчет электрических сетей.

Расчетные данные задания

Выбор варианта задания производится из табл. П.2 – П.9 по номеру в списке группы, а схема электроснабжения технологического участка обогатительной фабрики, приведенные на рис. 3-6 – по начальной букве фамилии студента.

Схема А-Г

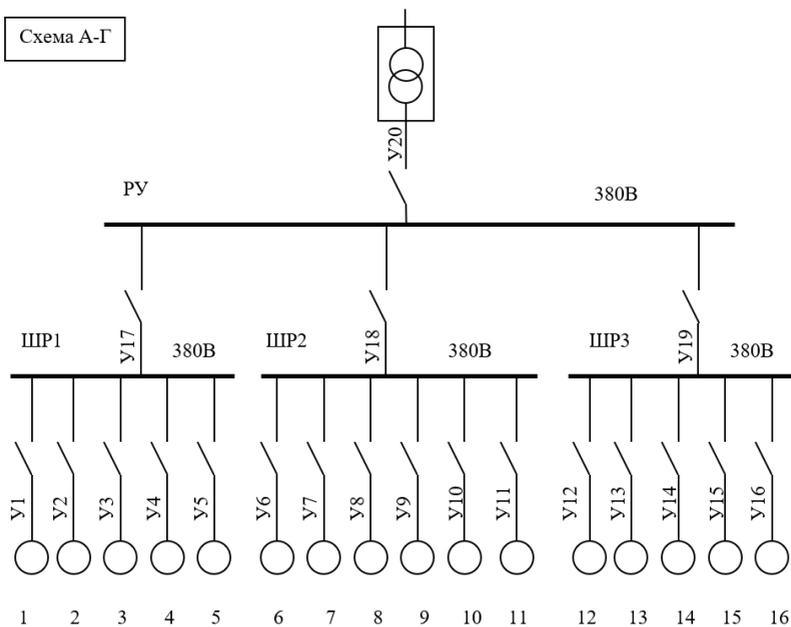


Рис. 3. Схема участка доводки

Схема Д-К

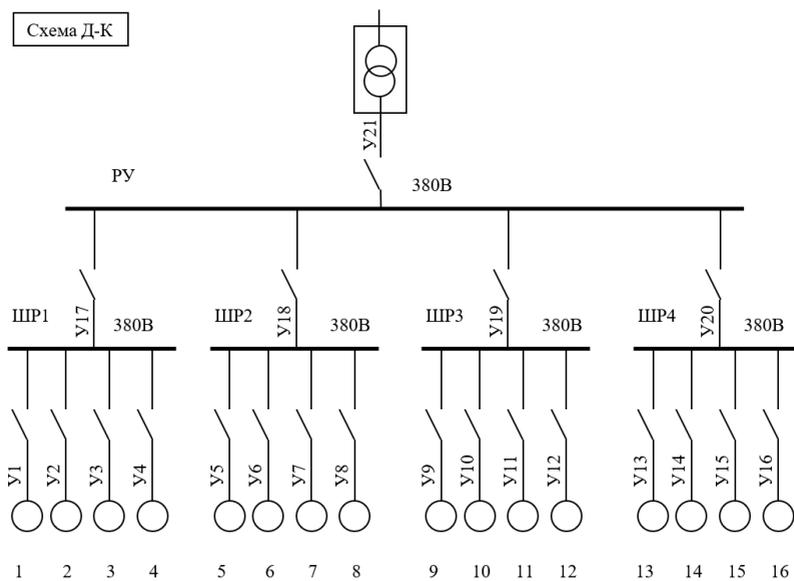


Рис. 4. Схема участка рудоподготовки

Порядок выполнения расчета

1. Выбор цеха и схемы цеховых электрических сетей

Сети напряжением до 1 кВ служат для распределения электроэнергии внутри цехов промышленных предприятий, а также для питания некоторых ЭП, расположенных за пределами цеха на территории предприятия. Цеховые электрические сети напряжением до 1 кВ являются составной частью СЭС промышленного предприятия и осуществляют непосредственное питание большинства ЭП. Схема внутрицеховой сети определяется технологическим процессом производства, планировкой помещений цеха, взаимным расположением ТП, ЭП и вводов питания, расчетной мощностью, требованиями бесперебойности электроснабжения, технико-экономическими соображениями, условиями окружающей среды.

Внутрицеховые СЭС выполняются от трансформатора КТП с отходящим магистральным шинопроводом (магистраль), предназначенным для передачи электроэнергии нескольким РШ или нескольким ЭП, присоединенным к магистрали в различных точках. Отдельные приемники и РШ в этом случае присоединяются к магистрали с помощью ответвлений. Распределительные внутрицеховые сети – это сети, к которым непосредственно подключаются различные ЭП цеха.

Распределительные сети выполняются с помощью распределительных шинопроводов (ШРА) и распределительных шкафов (РШ). По своей структуре схемы внутрицеховых электрических сетей могут быть радиальными, магистральными и смешанными.

Радиальные схемы применяют при наличии групп сосредоточенных нагрузок с неравномерным распределением их по площади цеха, во взрыво- и пожароопасных цехах, в цехах с химически активной или аналогичной средой.

Радиальные схемы нашли широкое применение в насосных и компрессорных станциях, на предприятиях нефтехимической промышленности, в литейных и других цехах. Радиальные схемы

внутрицеховых сетей выполняют кабелями или изолированными проводами. Они могут быть применены для нагрузок любой категории надежности.

Достоинством радиальных схем является их высокая надежность, так как авария на одной линии не влияет на работу ЭП, подключенных к другой линии. Недостатками радиальных схем являются: малая экономичность, связанная со значительным расходом проводникового материала, труб, распределительных шкафов, большое число защитной и коммутационной аппаратуры, ограниченная гибкость.

Магистральные схемы целесообразно применять для питания силовых и осветительных нагрузок, распределенных относительно равномерно по площади цеха, а также для питания группы ЭП, принадлежащих одной технологической линии.

2. Расчет мощности и выбор типа электродвигателя к центробежному насосу

Согласно заданию по справочнику или из таблиц приложений выбирают тип центробежного насоса, применяемого на обогатительных фабриках, например *ШН500-40* с подачей (производительностью) $Q=500 \text{ м}^3/\text{ч}$ и напором (высотой) $H=40 \text{ м}$. Расчет мощности производится по формуле:

$$P = \frac{k_z \gamma_{\text{ж}} Q H_{\Sigma}}{\eta_n \eta_n},$$

где $k_z = 1,1$ – коэффициент запаса; $\gamma_{\text{ж}}$ – удельный вес жидкости, для воды $\gamma_{\text{ж}} = 9800 \text{ Н} / \text{м}^3$; $\eta_n = 0,45 - 0,75$ – КПД насоса; $\eta_n = 0,9 - 1$ – КПД передачи; $H_{\Sigma} = H + \sum \Delta h$ – полный напор, включая потери в трубопроводе.

Сечение трубы для диаметра d находят:

$$S = \frac{\pi d^2}{4}.$$

Скорость воды в трубопроводе:

$$V = \frac{Q}{S}.$$

Расчет потерь в магистрали:

– потери в трубе:

$$\Delta h_1 = a \left(1,1 \frac{V^{1,75}}{d^{1,25}} \right) l,$$

где $a \approx 0,0005$ – для стальных труб; l – длина трассы.

– потери в коленах, вентилях и задвижках:

$$\Delta h_{2,3,4} = \xi \left(\frac{V^2}{2g} \right) n,$$

где ξ при расчете потерь в коленах определяется из табл. 10 по соотношению d и радиуса закругления трубопровода R ; $\xi=0,49$ для стандартного вентиля; $\xi=6$ для задвижки Лудло; n – количество перечисленных ранее элементов в трассе.

Таблица 1.

d/R	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
ξ	0,13	0,138	0,158	0,21	0,29	0,44	0,98	1,98

Мощность и тип электродвигателя выбирается из условия $P_n \geq P_p$. Тип асинхронного двигателя выбирают из справочной литературы или таблиц приложений.

3. Расчет электрических нагрузок

Определение ожидаемых (расчетных) значений электрических нагрузок является первым и основополагающим этапом проектирования СЭС. Расчетная максимальная мощность, потребляемая электроприемниками предприятия, всегда меньше суммы номинальных мощностей этих ЭП.

Необходимость определения ожидаемых (расчетных) нагрузок промышленных предприятий по рекомендуемым ниже методам вызвана неполной загрузкой некоторых ЭП, одновременностью их работы, вероятностным случайным характером включения и отключения ЭП, зависящим от особенностей технологического процесса и организационно-технических мероприятий по обеспечению надлежащих условий труда рабочих и служащих данного производства. Правильное определение ожидаемых электрических нагрузок и обеспечение необходимой степени бесперебойности их питания имеют большое народнохозяйственное значение. От этого расчета

зависят исходные данные для выбора всех элементов СЭС промышленного предприятия и денежные затраты при установке, монтаже и эксплуатации выбранного электрооборудования.

Наибольшее распространение получили методы определения расчетных нагрузок: по коэффициенту использования и максимуму нагрузок; по установленной мощности и коэффициенту спроса; по удельному расходу энергии на единицу продукции при заданном объеме производства за определенный период; по удельной нагрузке на единицу производственной площади.

Два последних способа позволяют определить ориентировочное значение нагрузки.

Многие проектные организации используют для расчета электрических нагрузок более простой метод коэффициента спроса, причем расчеты выполняют как для небольших узлов (распределительные пункты, питающие линии и шинопроводы напряжением до 1000 В и т.д.), так и для крупных узлов (ТП, ГПП, РП).

Анализ приведенных сравнительных расчетов показал, что для небольших объектов и узлов целесообразно выполнять расчеты электрических нагрузок методом коэффициента спроса, как наиболее простым и дающим незначительные расхождения в результатах.

При расчетах электрических нагрузок методом коэффициента спроса, k_c как и $\cos\varphi$, выбирают из справочной литературы или табл.4 приложений для каждого типа электроприемников и вида производства. Расчетные мощности для каждой группы однотипных электроприемников рассчитывают следующим образом:

$$P_p = k_c \sum P_n;$$
$$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi;$$
$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}.$$

Весь расчет мощностей можно свести в табл. 2.

Таблица 2.

№ п/п	Наименование эл. приемника	Кол-во шт.	$P_{н,}$ кВт	$\Sigma P_{н,}$ кВт	k_c	$\cos\varphi$	$P_p,$ кВт	$Q_p,$ кВ·Ар	$S_p,$ кВ А
						$\text{tg}\varphi$			

По величине ΣS_p выбирают мощность и тип трансформатора исходя из условия: $S_{шт} \geq \Sigma S_p$ – для однитрансформаторной подстанции.

Технические характеристики выбранных трансформаторов, необходимые для дальнейших расчетов, приведены в таблицах приложений.

4. Выбор проводников к электроприемникам

Проводники электрических сетей от проходящего по ним тока согласно закону Джоуля-Ленца нагреваются. Количество выделенной тепловой энергии Q пропорционально квадрату тока, сопротивлению и времени протекания тока. Нарастание температуры проводника происходит до тех пор, пока не наступит тепловое равновесие между теплом, выделяемым в проводнике с током, и отдачей в окружающую среду.

Чрезмерно высокая температура нагрева проводника может привести к преждевременному износу изоляции, ухудшению контактных соединений и пожарной опасности. Поэтому устанавливаются предельно допустимые значения температуры нагрева проводников в зависимости от марки и материала изоляции проводника в различных режимах. Электрические внутрицеховые сети рассчитываются по току нагрева.

При расчете сети по нагреву сначала выбирают марку проводника в зависимости от характеристики среды помещения, его конфигурации и способа прокладки сети. Затем переходят к выбору сечения проводников по условию допустимых длительных токовых нагрузок. Допустимая температура нагрева проводников имеет важное значение для безопасной эксплуатации сети, так как перегрев проводов током может привести к выходу проводника из строя, а в некоторых случаях может возникнуть пожар и даже взрыв (во взрывоопасной среде). При выборе сечения проводников должно соблюдаться условие:

$$I_p \leq I_{дон},$$

где $I_p = \frac{K_c P_n}{\sqrt{3} U_n \cos \varphi \eta}$, для единичного электроприемника; $I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_n}$, для группы электроприемников.

Значения допустимых длительных токовых нагрузок составлены для нормальных условий прокладки проводников: температура воздуха + 25°C, земли + 15°C и при условии, что в траншее уложен только один кабель. Если условия прокладки проводников отличаются от номинальных, то допустимый ток нагрузки определяется с поправкой на температуру k_m , количество прокладываемых кабелей в одной траншее k_{np} и с учетом режима работы ЭП:

$$I_{p, \text{доп}} = \frac{I_p}{k_T k_{np} k_{ПВ}}$$

Коэффициенты k_m и k_{np} выбираются по справочным таблицам, а:

$$k_{ПВ} = \frac{0,875}{\sqrt{ПВ}}$$

учитывается при работе ЭП в повторно-кратковременном режиме. Сечение провода или кабеля выбирается из условия $I_{p, \text{доп}} \leq I_{\text{доп}}$.

5. Проверка по потере напряжения

Выбранные по длительно допустимому току сечения проводников внутрицеховых электрических сетей должны быть проверены по потере напряжения. Уровень напряжения на зажимах у наиболее удаленного ЭП можно найти рассчитав потерю напряжения, можно определить напряжение на вторичной стороне питающего трансформатора и выбрать отпайку для регулирования напряжения. Для нормальной работы ЭП напряжение на его вводе должно быть не менее $0,95 U_n$, т. е. $\Delta U_{\text{доп}} = 5\% U_n$.

Определение потери напряжения рассчитывается по формуле:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot L \cdot (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi), \text{ В}$$

где: I_p – расчетный ток в данном проводнике, А; L – длина этого проводника, км; r_0 , x_0 – удельные активное и реактивное сопротивления проводника соответственно, Ом; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности сети.

Потеря напряжения в линии с несколькими участками определяется как сумма потерь напряжения на этих отдельных участках сети:

$$\Delta U_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta U_i.$$

Токи на участках сети определяют как сумму токов, протекающих по данному участку. Полученные результаты необходимо свести в табл. 3.

Таблица 3.

Наименование электроприемника	I_p , А	Марка кабеля	$I_{доп}$, А	L, м	ΔU_i , В

6. Выбор автоматических выключателей

Автоматические выключатели обеспечивают одновременно функции коммутации силовых цепей (токи от единиц ампер до десятков тысяч), а также защиты электроприемников и сетей от перегрузки и коротких замыканий. Аппараты имеют тепловой расцепитель и, как правило, электродинамический расцепитель. Автоматы снабжаются дугогасящими устройствами в виде фибровых пластин либо дугогасящих камер. Их выбирают по номинальному напряжению и номинальному току. Уставки токов срабатывания расцепителей определяют по следующим соотношениям:

1. Для силовых одиночных электроприемников:

– ток уставки теплового расцепителя: $I_T = 1,25I_n$;

– ток уставки электромагнитного расцепителя: $I_s = 1,2I_{пуск}$;

где $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_n \cos \varphi \eta}$ – номинальный ток электроприемника; $I_{пуск} = 5 \div 7 I_n$ – пусковой ток асинхронного электродвигателя.

2. Для группы силовых электроприемников соответственно:

– ток уставки теплового расцепителя: $I_T = 1,1I_{max}$;

– ток уставки электромагнитного расцепителя: $I_s \geq 1,2I_{max}$;

где $I_{max} = I_{пуск} + \sum_{i=1}^{n-1} I_n$ – наибольший суммарный ток группы электроприемников в номинальном режиме.

Автоматы используются для коммутации и защиты цепей электроустановок различного назначения и электродвигателей. Они

устанавливаются в шкафах отходящих линий комплектных трансформаторных подстанций (КТП) и т. д. Расчетные данные и типы выбранных автоматов необходимо свести в табл. 4.

Таблица 4.

Наименование электроприемника	Тип автомата	$I_{н. ап.}$	$U_{н. ап.}$	I_p	I_T	I_3

Автоматы выпускаются на переменные напряжения от 220 до 1000 В и постоянные – от 110 до 440 В с ручным и электродвигательным приводом. Наибольшее применение получили автоматы следующих серий:

- АЗ7 - для установки в распределительных устройствах на переменное напряжение до 1000 В. На номинальный ток от 16 до 160 А.

- АЕ1000, АЕ2000 - для защиты цепей и электроприемников от перегрузки и коротких замыканий на переменные напряжения 380, 660 В. На номинальные токи от 16 до 160 А.

- ВА47, 88, 101 - для защиты цепей и электроприемников от перегрузки и коротких замыканий на переменные напряжения до 660 В. На номинальные токи от 5 до 250 А.

В выводах к работе необходимо указать тип принятого центробежного насоса, мощность и тип выбранного электродвигателя, мощность и тип участкового трансформатора, а также выбранные медные или алюминиевые кабели к РП магистральные и потребителям (указать марки кабелей). Перечислить типы принятых коммутационных аппаратов.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

«Расчет электроснабжения вскрышного участка карьера»

Введение

При выполнении расчетно-графической работы студент должен рассмотреть и решить следующие вопросы:

- выбрать мощность трансформатора (КТП);
- выбрать воздушные (ПМ) и кабельные (КМ) сети;
- проверить сеть по потере напряжения;
- рассчитать токи короткого замыкания и проверить выбранные кабели на термическую стойкость;
- выбрать коммутационную аппаратуру.

При выполнении расчетной работы необходимо выполнить:

- расчет электрических нагрузок;
- расчет электрических сетей;
- расчет токов короткого замыкания;
- выбор и проверку электрооборудования.

Расчетные данные задания

Для выполнения расчетного задания необходимо выбрать схему электроснабжения вскрышного участка карьера (выбирается по начальной букве фамилии студента) рис. 7-9 и по последней цифре зачетной книжки или порядковому номеру в списке выбираются числовые исходные данные (таблицы П.10 – П.12).

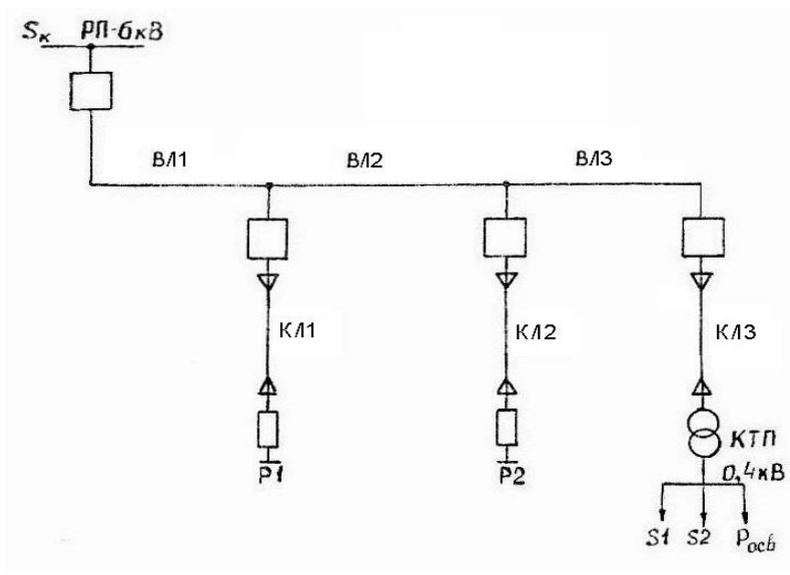


Рис. 7. Схема вскрышного участка карьера (А-II)

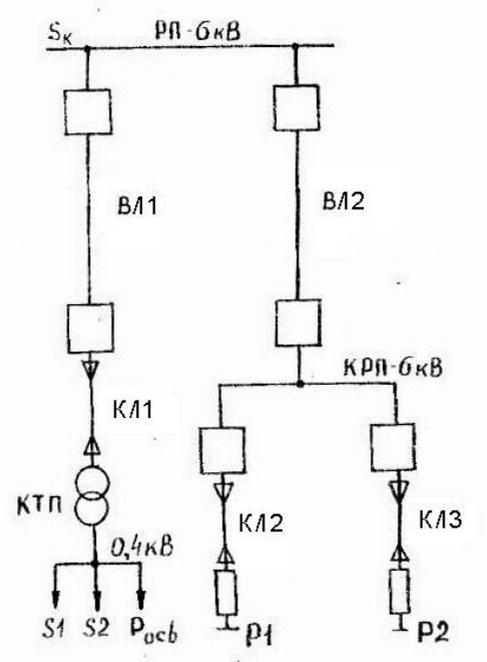


Рис. 8. Схема вскрышного участка карьера (К-О)

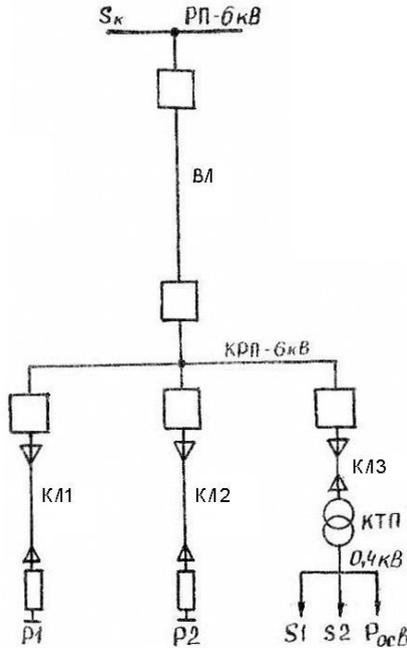


Рис. 9. Схема вскрышного участка карьера (П-Я)

Порядок выполнения расчета

1. Расчет электрических нагрузок

Расчет электрических нагрузок необходим для выбора трансформаторов, коммутационного оборудования и электрических сетей. Активная, реактивная и полная мощность рассчитываются с использованием коэффициента спроса (K_c) для шин распределительных пунктов РП и КРП, а также для точек подключения к магистральной электрической сети.

Результаты расчетов целесообразно свести в табл.5. Шапка для расчетной таблицы приведена ниже.

Таблица 5.

№ п/п	Приемник	Кол-во, шт.	Ном. мощность, P_n , кВт	Сум. ном. мощность, $\sum P_n$, кВт	$\frac{\cos \varphi}{\operatorname{tg} \varphi}$	K_c	Расчетные нагрузки		
							$P_p = K_c \cdot \sum P_n$, кВт	$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi$, квар	$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$, кВт·А

2. Расчет электрических сетей

Воздушные сети, изображенные на схемах 1-3 задания, условно будем считать постоянными. Выбор сечения F проводников для ПМ выполняем по экономической плотности тока:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}; F = \frac{I_p}{J_s},$$

где J_s – экономическая плотность тока, А/мм.

Карьерные кабельные сети следует отнести к временным, а их выбор делаем по условию допустимого нагрева в соответствии с выражением:

$$I_p \leq K_{np} \cdot K_m \cdot I_{дон},$$

где $I_{дон}$ – значение допустимого длительного тока для соответствующей КМ; K_{np} и K_m – коэффициенты, учитывающие условия прокладки кабеля и температуру окружающей среды.

Для проверки сети по потере напряжения необходимо:

- определяем потерю напряжения в ВЛ и КЛ;
- принимаем напряжение на РП, определяем его уровень на зажимах потребителей;
- определяем величину отклонения напряжения у потребителей.

Если величина отклонения превышает нормированную необходимо дать рекомендации к ее уменьшению.

Потерю напряжения на участке определяем по формуле:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot (r_0 \cdot L \cdot \cos \varphi_{cp} + x_0 \cdot L \cdot \sin \varphi_{cp}),$$

где r_0 и x_0 – соответственно удельное активное и реактивное сопротивления рассчитываемого участка, Ом/км; L – длина участка сети, который рассчитывается, км; $\cos \varphi_{cp}$ – средневзвешенный коэффициент мощности для групп приемников, для индивидуальных приемников принимается по таблицам

$$\text{задания, } \cos \varphi_{cp} = \frac{\sum_1^n P_{ni} \cdot \cos \varphi_i}{\sum_1^n P_{ni}}.$$

После этого находим суммарную потерю напряжения от источника питания (шин подстанции) до зажимов рассматриваемого двигателя:

$$\sum \Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \dots$$

Потом сравниваем полученную сумму с допустимым значением потерь напряжения, которое составляет 5% от U_n .

3. Расчет токов короткого замыкания

Токи КЗ следует определять в конце каждого кабельного участка (на зажимах электроприемников) с учетом подпитки электродвигателей, а также в местах установки коммутационных аппаратов.

Расчет сопротивлений можно производить в именованных или относительных единицах (желательно в относительных).

$$\text{Сопротивление системы в относительных единицах } X_{сис}^* = \frac{S_\delta}{S_k},$$

где S_δ – базисная мощность, принятая произвольно в МВ·А; S_k

Сопротивление кабельной и воздушной сети в относительных единицах:

$$X_c^* = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_\delta}{U_{cp}^2}; R_c^* = R_0 \cdot L \cdot \frac{S_\delta}{U_{cp}^2},$$

где U_{cp} – среднее относительное напряжение сети.

Относительное сопротивление трансформатора:

$$Z_m^* = \frac{U_{кз} \cdot S_\delta}{100 \cdot S_{ми}}; R_m^* = \frac{\Delta P_{кз} \cdot S_\delta}{S_{ми}^2}; X_m^* = \sqrt{Z_m^2 - R_m^2},$$

где $S_{ми}$ – номинальная мощность трансформатора, МВ·А; $U_{кз}$ – напряжение короткого замыкания трансформатора в %; $\Delta P_{кз}$ – потери короткого замыкания в трансформаторе, МВт. Результирующее сопротивление цепи до точки короткого замыкания определяется суммированием последовательно включенных сопротивлений.

$$\text{Полное результирующее сопротивление равно } Z_{рез\delta} = \sqrt{X_{рез\delta}^2 + R_{рез\delta}^2}.$$

Токи короткого замыкания находим из формул:

- установившийся ток КЗ $I_{\infty} = \frac{I_{\delta}}{Z_{\text{рез}\delta}}$;
- ударный ток $I_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\infty}$; $I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta}}$,

где U_{δ} – базисное напряжение, равно среднему номинальному напряжению на ступени короткого замыкания; K_y – ударный коэффициент, который без учета активного сопротивления принимаем равным 1,8.

При наличии кабельных линий и трансформаторов мощностью $S_{\text{ми}} \leq 630$ кВ·А активное сопротивление следует учитывать, тогда $K_y = 1 + e^{-\frac{t}{T_a}}$, где t – время, равное полупериоду, в которое возникает максимальное значение полного тока; $T_a = \frac{R_{\text{рез}}}{\omega \cdot X_{\text{рез}}}$ – постоянная времени рассматриваемой сети. Для переменного тока частотой 50 Гц, T_a и ω соответственно равны 0,01 с и 314.

Ток подпитки точки КЗ от асинхронных и синхронных двигателей следует вводить в расчетную схему только в случаях достаточно заметного их участия в питании короткого замыкания (при суммарной мощности свыше 1000 кВт). Это такие потребители как экскаваторы ЭКГ – 6,3; ЭКГ -12,5 и др.

Ток подпитки точки КЗ от асинхронных и синхронных двигателей можно определить по методу группового учета, при котором двигатели, присоединенные к общим шинам, заменяются эквивалентными суммарной мощностью. Тогда сверхпереходный ток КЗ от двигателей:

$$I''_{\Sigma cg}{}^{(3)} = 5,5 I_{\Sigma cg}; I''_{\Sigma ag}{}^{(3)} = 5,5 I_{\Sigma ag},$$

где $I_{\Sigma cg}$ и $I_{\Sigma ag}$ – суммарные номинальные токи синхронных и асинхронных двигателей.

Ударные токи КЗ от двигателей будут:

$$i_y = K_y \sqrt{2} I''_{\Sigma cg}; i_y = K_y \sqrt{2} I''_{\Sigma ag}$$

Для синхронных двигателей ударный коэффициент равен $K_y = 1,65$. Для асинхронных двигателей мощностью 200 ÷ 500 кВт ударный коэффициент равен $K_y = 1,2 \div 1,4$; мощностью 630 ÷ 2000 кВт – $K_y = 1,6 \div 1,65$.

4. Проверка кабелей на термическую стойкость

Сечение жил кабеля (мм^2) на термическую стойкость проверяется по формуле:

$$F_{mc} = \alpha \cdot I_{\infty} \cdot \sqrt{t_n},$$

где I_{∞} – установившийся ток КЗ, кА; $\alpha = 7$ для медных жил кабеля и $\alpha = 12$ – для алюминиевых; t_n – промежуток времени от возникновения КЗ до полного отключения его выключателем, с и равен сумме времени срабатывания выключателя и времени срабатывания автоматики, для сетей напряжением ниже 1000 В равно 0,2 с.

Выбранное сечение должно удовлетворять условию $F \geq F_{mc}$.

5. Выбор и проверка электрооборудования

В этом разделе следует выбрать и проверить выключатели, расположенные на РП, КРП и на ответвлениях. Выбрать и проверить уставки автоматов в сети 0,4 кВ. Выключатели напряжением выше 1000 В выбираются:

- по напряжению сети $U_{ив} \geq U_{ис}$;
- по длительному току нагрузки $I_{ив} \geq I_p$;
- по отключающей способности $I_{откл.в} \geq I_{\infty}$;

Выбранные выключатели проверяют на электродинамическую и термическую стойкость: $I_{дин} \geq i_y$, $I_{тер}^2 \geq B_k$, где $I_{дин}$ и $I_{тер}$ – соответственно токи динамической и термической устойчивости, приведенные в технической характеристике выключателя; B_k – тепловой импульс, который рассчитывается исходя из реальных значений тока короткого замыкания I_{∞} и времени его действия t_{cp} , $B_k = I_{\infty}^2 \cdot t_{cp}$, где $t_{cp} = 0,2$ с.

В выводах необходимо привести примерные типы экскаваторов, рассчитанную общую мощность низковольтной нагрузки S_p , выбранную мощность и тип трансформатора, рассчитанную S_p всего вскрышного участка, выбранные провода ВЛ и медные кабели к потребителям и выбранные коммутационные аппараты.

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

«Электроснабжение горного производства»

Введение

Курсовой проект содержит две составные части. В первой части «Электроснабжение добычного или подготовительного участка» должны быть рассмотрены вопросы расчетов освещения участка, выбора передвижной участковой подземной подстанции (ПУПП), кабельной сети, коммутационной и защитной аппаратуры на стороне 0,69 (1,2) кВ ПУПП. Должны быть выбраны также уставки защиты коммутационных аппаратов. В другой части проекта решается один из таких вопросов:

- совершенствование схемы электроснабжения горизонта;
- совершенствование схемы электроснабжения центральной подземной подстанции (ЦПП);
- электроснабжения подземного транспорта;
- темы по электроснабжению, которые предлагаются предприятием при прохождении практики (для дневной формы обучения).

Возможно также выполнение курсового проекта по результатам научных исследований студента, которые выполнялись на кафедре.

Тема курсового проекта утверждается руководителем курсового проектирования.

Курсовая выполняется в соответствии с последовательностью и объемом подачи материала приведенными далее начиная с первого пункта – введение по тринадцатый пункт – заключение.

Необходимо привести краткую характеристику шахты (рудника), годовую и суточную продуктивность, сведения о залежах (мощность, угол спада, глубина залегания), схему раскрытия, систему разработки и т.п. Необходимо дать краткое описание существующей схемы электроснабжения подземных горных работ (схему питания ЦПП, схему электроснабжения горизонтов).

Отметить недостатки, которые надо устранить при совершенствовании электроснабжения подземных горных работ.

Исходные данные задания

Исходными данными курсового проекта являются такие материалы производственной практики или места работы студента:

1. Количество горизонтов, которые разрабатываются.
2. Системы разработки и параметры.
3. Количество добывающих и подготовительных участков, их механизация.
4. Технологическая схема подземного участка, на которой показано размещение электрических аппаратов и электроприемников, их мощность.
5. Схема электроснабжения подземного участка.
6. Мощность электроприемников околоствольного двора.
7. Данные о водоотливной установке (мощность двигателей насосов, количество насосов, одновременно работающих).
8. Сведения об освещении подземных выработок.
9. Схема электроснабжения напряжением 6 кВ подземных электроприемников.
10. План размещения электрооборудования в ЦПП.
11. Принципиальная электрическая схема ЦПП шахты, на которой указаны все присоединения, типы комплектных распределительных устройств (КРУ) и их типоразмеры, количество, марки, сечение жил и длина ствольных кабелей.
12. Мощность короткого замыкания (КЗ) на шинах главной понизительной подстанции (ГПП) и ЦПП.
13. Принципиальная электрическая схема ГПП шахты, на которой указаны все присоединения к шинам 6-10 кВ, их назначение, типы КРУ, выключателей, трансформаторов тока.
14. Подземная электрическая нагрузка (табл. П.13 – П.15).

Эти данные необходимы для расчетов электрических нагрузок, выбора схем электроснабжения и их элементов, выбора коммутационных аппаратов, а

также для сравнения принятых в проекте решений с решениями, которые применяются на шахте или руднике. Новые решения отдельных вопросов проекта, а именно замена устаревшего оборудования, изменения в схеме электроснабжения, являются показателем творческой работы студента, его умения самостоятельно решать технические задачи по электроснабжению горных производств.

При отсутствии необходимых реальных данных для выполнения курсового проекта, в приложении приведены 25 вариантов с исходными данными задач. При этом принимается, что: пласт пологий; способ подготовки шахтного поля – панельный с отработкой столбов от границы панели; шахта опасна по газу и пыли. Распределение электроэнергии в подземных выработках горизонта осуществляется по схеме: ЦПП - РПП-6 №1 - РПП-6 №2 - ПУПП - РПП-0,66 (1,14). Мощность КЗ на шинах ЦПП равна 70 МВ·А.

Порядок выполнения расчета

1. Схема электроснабжения подземных электроприемников

В этом параграфе нужно дать краткое описание действующей схемы электроснабжения участка. Отметить недостатки схемы и наметить меры по ее усовершенствованию. Надо обосновать способ питания электроприемников очистных и подготовительных забоев, показать целесообразность применения схемы ЦПП - ПУПП, или схемы ЦПП - РПП-6 - ПУПП, решить вопрос рационального питания ЦПП, электроснабжения электроприемников околоствольного двора, транспорта. Разработать схему электроснабжения участка.

2. Расчет осветительных нагрузок

Для определения электрических нагрузок осветительной сети следует из справочной литературы выбрать тип светильника и мощность источника света. Количество светильников для освещения горных выработок определяют по условию обеспечения требуемой минимальной освещенности, исходя из длины выработки и расстояния между светильниками. Для определения расстояния между светильниками надо выполнить светотехнические расчеты, используя

точный метод. После определения мощности освещения на участке надо выбрать осветительный трансформатор. Расчеты выполняются только для одного участка. Мощности для освещения других подземных выработок можно определить более простыми методами:

- зная расстоянием между светильниками определяют их количество и общую мощность;

- по удельной мощности, Вт / м². Этот метод очень удобен для расчетов освещения камер и перегрузочных площадок;

- можно использовать данные, полученные на производственной практике.

Мощность на освещение учитывается при определении расчетных нагрузок участка, РПП-6 или ЦПП.

3. Расчет электрических нагрузок

В этом параграфе рассчитываются нагрузки одного из участков в соответствии с заданием на курсовой проект по согласованию с руководителем проекта. Для этого составляется таблица 6, в которую заносят названия машин и механизмов и их номинальные данные.

Таблица 6. Электрические нагрузки участка

№ пп	Название машины	Тип двигателя	Номинальная мощность двигателя, кВт	Номинальный ток, А	Количество двигателей	Общая мощность, кВт	η, %	cosφ
1	Комбайн (тип)							
2	Конвейер							
3	Маслостанция							
4								
5								
Всего								

Расчетная нагрузка участка определяется методом коэффициента спроса K_c по общей установленной мощностью $\sum P_{ном}$. Согласно этому методу, расчетная мощность может быть определена по выражению:

$$P_p = K_c \sum P_{ном}, \quad (1)$$

где $\Sigma P_{\text{ном}}$ – суммарная номинальная мощность приемников, кроме резервных или таких, которые функционируют только в ремонтную смену; K_c – коэффициент спроса, учитывающий одновременность работы электродвигателей, степень их загрузки и КПД, а также КПД сети.

Для участков с механизированными крепями:

$$K_c = 0,4 + 0,6 \frac{P_{\text{max}}}{\Sigma P_{\text{ном}}}, \quad (2)$$

где P_{max} – номинальная мощность наиболее мощного двигателя участка.

Если добыча полезных ископаемых осуществляется машинами с индивидуальными крепями:

$$K_c = 0,29 + 0,71 \frac{P_{\text{max}}}{\Sigma P_{\text{ном}}}. \quad (3)$$

По этой же методике определяют нагрузку подготовительных участков, рудничного транспорта, электроприемников околоствольного двора и т.д. Исходные значения для выполнения таких расчетов могут быть взяты из таблиц приложений или материалов практики

4. Выбор подстанции участка

По расчетным нагрузкам участка определяют нужную мощность трансформатора участковой подстанции

$$S_{\text{т.р}} = \frac{K_c P_{\text{ном}}}{1,25 \cos \varphi_{\text{ср}}}, \quad (4)$$

где: $\cos \varphi_{\text{ср}}$ – средневзвешенный коэффициент мощности электроприемников участка, значение $\cos \varphi_{\text{ср}}$ можно принять равным 0,6 для всех подготовительных и добычных участков на пологих пластах и 0,7 для добычных участков на крутых пластах или рассчитать; 1,25 – коэффициент, уточняющий расчетную мощность участка. По расчетной мощности принимают трансформатор, мощность которого равна или ближайшая большая к расчетной. Чаще всего следует отдавать предпочтение передвижным трансформаторным подстанциям типа ТСВП или КТПВ (табл.П.16). Если расчетная мощность трансформатора будет более 630 кВ·А при напряжении 660

В, необходимо электроприемники участка разделить на две группы по технологическим признакам или принять номинальное напряжение 1140. При разделе всех электроприемников на две группы нужно определить расчетную мощность трансформатора для каждой группы и выбрать две участковые подстанции. Необходимо учесть, что для каждой группы электроприемников нужно определить коэффициент спроса и принять соответствующий коэффициент мощности.

5. Расчет кабельной сети участка

Для выбора кабельной сети участка составляется расчетная схема участковой сети. Если на участке приняты две подстанции, то достаточно привести в проекте расчетную схему более протяженной с большими мощностями сеть, которая питается от одной трансформаторной подстанции. Выбирается местоположение ПУПП и РПП-0,69 (1,2) кВ.

Выбор кабельной сети участка делается по условиям нагрева токами рабочего режима. Выбранные сечения кабелей проверяются:

- по потере напряжения в нормальном режиме работы;
- по пусковым режимам;
- по режиму перегрузки;
- по режиму торможения;
- по термической стойкости к действию токов КЗ.

Выбор кабелей по нагреву выполняется по расчетным токам их нагрузок. Сначала выбирают марку кабеля в зависимости от его назначения и условий прокладки. Затем по таблицам допустимых токовых нагрузок кабелей из справочной литературы или табл.П.19 выбирают кабель, имеющий ток равный или ближайший больший расчетному для реальных условий прокладки. Если температура окружающей среды отличается от нормативной + 25° С, то надо принимать поправочный коэффициент K_t , тогда

$$I_p \leq K_t I_{\text{доп}}, \quad (5)$$

где I_p – расчетный ток кабеля, который выбирается.

Для ответвлений к отдельному электродвигателю

$$I_P = \frac{1000P_{\text{ном}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}\eta_{\text{ном}} \cos \varphi_{\text{ном}}}, \text{ А, (6)}$$

где $\eta_{\text{ном}}$, $\cos \varphi_{\text{ном}}$ – КПД и коэффициент мощности двигателя соответственно; $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность электродвигателя, кВт.

Для комбайнов с воздушным охлаждением электродвигателя значение $P_{\text{ном}}$ необходимо принимать в кратковременном режиме, а если охлаждение водяное – в длительном режиме.

Расчетный ток многодвигательного привода, питающегося по одному кабелю

$$I_P = \sum I_{\text{д.ном}}. \quad (7)$$

Расчетный ток нагрузки магистрального кабеля

$$I_{\text{р.м}} = \frac{S_{\text{т.р}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}}. \quad (8)$$

Поправочный коэффициент на температуру окружающей среды можно принять из табл. П.18.

При выборе сечений кабелей на крутых пластах для питания комбайнов с кабелеукладчиком барабанного типа, нагрузки на кабели снижаются в сравнении с номинальной на 30%.

При выборе кабеля по нагреву необходимо учитывать механическую прочность кабелей. Сечения кабелей не должны быть меньше минимально допустимых. Для машин и электрических аппаратов, смонтированных на специальных возках или в составе энергопоезда, сечение кабеля необходимо принимать не менее 10 мм², а для отдельно проложенных или периодически перемещаемых машин и механизмов – не менее 16 мм².

В пояснительной записке приводятся расчеты для магистрального и комбайнового кабелей. Результаты расчетов всех кабелей сводят в табл. 7.

Таблица 7. Результаты расчетов

№ пп	Электроприемник	Расчетный ток, А	Кабель	Допустимый ток, А
1	РП участка (магистраль)			

2	Комбайн			
3	Конвейер			
4	Маслостанции			
	...			

Выбранные сечения кабелей проверяют по потере напряжения при нормальном режиме работы. Для этого составляется расчетная схема, на которой приводятся марки кабелей, их сечения и длины. По расчетной схеме составляется схема замещения, на которой все элементы схемы электроснабжения заменяются соответствующими сопротивлениями. Определяют потери напряжения в трансформаторе:

$$\Delta U_m = \beta_m (u_a \cos \varphi_2 + u_p \sin \varphi_2) \frac{U_0}{100}, \text{ В}, \quad (9)$$

где $\beta = \frac{S_{m.p}}{S_{m.ном}}$ – коэффициент загрузки трансформатора; u_a, u_p – относительные значения соответственно активной и реактивной составляющей напряжения КЗ трансформатора, % (табл.П.16):

$$u_a = \frac{P_k}{S_{m.ном}} \cdot 100; \quad u_p = \sqrt{u_k^2 - u_a^2}, \quad (10)$$

где u_k – напряжение КЗ трансформатора (каталожные данные); P_k – активные потери в трансформаторе (каталожные данные); φ_2 – угол сдвига фаз вторичной цепи трансформатора.

Потери напряжения в кабелях определяют по формуле:

$$\Delta U_{к.в(к.м)} = \sqrt{3} I_{р.к.в(к.м)} (R_{к.в(к.м)} \cos \varphi_{к.в(к.м)} + X_{к.в(к.м)} \sin \varphi_{к.в(к.м)}), \quad (11)$$

где $I_{р.к.в(к.м)}$; $R_{к.в(к.м)}$; $X_{к.в(к.м)}$ – расчетная нагрузка, активное и реактивное сопротивления кабеля ответвления и магистрального соответственно; $\cos \varphi_{к.в(к.м)}$ – коэффициент мощности двигателя.

Определяют суммарные потери напряжения к каждому электроприемнику:

$$\sum \Delta U = \Delta U_m + \Delta U_{к.м} + \Delta U_{к.в}. \quad (12)$$

Проверку сети по потере напряжения осуществляют путем сравнения потери напряжения в участковой сети к каждому электроприемнику с допустимыми потерями напряжения, для сети 380 В равны 39 В, для 660 В – 63

В, для 1140 В – 117 В. При этом сеть выбрана правильно, если допустимые потери напряжения больше расчетных. Если это условие не выполняется, необходимо увеличить сечение гибкого кабеля электроприемника или магистрального.

В отдельных случаях необходимо увеличить сечения обеих кабелей, принимать два магистральных кабеля, уменьшать его длину или принимать подстанцию большей мощности, а иногда вместо одной – несколько подстанций. В любом случае необходимо проверить выполнение ранее указанного требования.

Проверка кабельной сети по условию пуска выполняется для наиболее мощного и наиболее удаленного электроприемника, то есть для кабеля, который имеет наибольший момент нагрузки. Если напряжение на зажимах этого двигателя будет больше минимально допустимого, то можно допустить, что это будет справедливо и для других двигателей, которые имеют меньшие значения моментов нагрузки. В участковых сетях обычно наиболее мощным и наиболее удаленным является двигатель комбайна. Иногда, наиболее мощными и наиболее удаленными могут быть двигатели конвейера при многодвигательном приводе. Проверка делается в такой последовательности:

1. Определяют активное и индуктивное сопротивление трансформатора, магистрального и гибкого кабелей.

Активное сопротивление трансформатора:

$$r_m = \frac{p_k U_x^2}{S_{\text{НОМ}}^2}, \quad (13)$$

где U_x – напряжение холостого хода трансформатора.

Полное сопротивление обмоток трансформатора:

$$Z_m = \frac{u_k U_x^2}{100 S_{m, \text{НОМ}}}. \quad (14)$$

Индуктивное сопротивление трансформатора:

$$X_m = \sqrt{Z_m^2 - r_m^2}. \quad (15)$$

Активные и индуктивные сопротивления кабелей определяют с учетом их длины:

$$r_k = r_0 l; x_k = x_0 l, \text{ или } r_k = \rho \frac{l}{s} = \frac{1}{\gamma s}, \quad (16)$$

где r_0, x_0 – сопротивление одного метра (километра) кабеля (табл. П.20); ρ, γ – удельное сопротивление и удельная проводимость кабеля. Для шахтных медных кабелей удельная проводимость равна $50 \text{ Ом} \cdot \text{м} / \text{мм}^2$, для алюминиевых – $32 \text{ Ом} \cdot \text{м} / \text{мм}^2$;

2. Находят потерю напряжения в сети от нормально работающих двигателей, при номинальном напряжении в тех элементах сети, через которые подключен запускаемый двигатель:

$$\Delta U_{\text{н.п}} = \frac{850}{U_{\text{ном}}} (r_m + x_m + r_{\text{к.м}} + x_{\text{к.м}}) (\sum P_{\text{ном}} - P_d), \quad (17)$$

где $\sum P_{\text{ном}}$ – суммарная номинальная мощность двигателей, питающихся от РПП-НН участка; P_d – мощность двигателя (двигателей), что запускается.

3. Определяют фактическое напряжение при пуске на зажимах двигателя комбайна или струга:

$$U_{\text{пуск.ф}} = \frac{U_0 - \Delta U_{\text{н.п}}}{1 + \sqrt{3} \frac{I_{\text{пуск.д}}}{U_{\text{ном}}} (\sum R \cos \varphi_{\text{пуск}} + \sum X \sin \varphi_{\text{пуск}})}; \quad (18)$$

при перегрузке:

$$U_{\text{пер}} = \frac{U_0 - \Delta U_{\text{н.п}}}{1 + 1,57 \frac{I_{\text{ном.д}}}{U_{\text{ном}}} \varepsilon (\sum R + \sum X)}; \quad (19)$$

при торможении:

$$U_3 = \frac{U_0 - \Delta U_{\text{н.п}}}{1 + 0,87 \frac{I_{\text{пуск.д}}}{U_{\text{ном}}} (\sum R + \sum X)}; \quad (20)$$

где $\sum R, \sum X$ – сумма активных и индуктивных сопротивлений от трансформатора до запускаемого двигателя; $I_{\text{пуск}}$ – пусковой ток двигателя при $U_{\text{ном}}$ (по каталогу); $\cos \varphi_{\text{пуск}}$ – коэффициент мощности при пуске двигателя можно принять равным 0,5; ε – кратность максимального момента двигателя (по каталогу);

4. Сравнивают фактическое напряжение при пуске двигателя с номинальным напряжением сети. Параметры сети выбраны правильно, если выполняется условие:

$$U_{\text{пуск.ф}} \geq 0,8U_{\text{ном}}. \quad (21)$$

Если это условие не выполняется, нужно принять меры как при проверке сети по допустимой потере напряжения в нормальном режиме.

Далее проверяют кабельную сеть на отсутствие опрокидывания при перегрузке и при торможении двигателя. Необходимо выполнить требования:

$$U_{\text{пер}} \geq 0,85U_{\text{ном}}; \quad U_{\text{з}} \geq 0,85U_{\text{ном}}. \quad (22)$$

Окончательно принимают сечения кабелей, которые удовлетворяют всем условиям проверки.

Напряжение на зажимах струговых электродвигателей при пуске проверяют по формуле (18) при условии, что пуск осуществляется двигателем дальнего привода при нормальной работе двигателей ближнего привода. Если обеспечивается условие (21), то напряжение на зажимах электродвигателей при перегрузке не проверяют.

После расчетов токов КЗ проверяют выбранные кабели на термическую стойкость путем сравнения трехфазного тока КЗ на распределительном пункте участка (в начале кабеля) с допустимыми токами КЗ для кабелей. Допустимые токи КЗ должны превышать токи КЗ на РПП-0,66 кВ участка.

6. Расчет токов КЗ участковой сети

Значения токов трехфазного КЗ надо знать для проверки коммутационных аппаратов на отключающую способность и кабеля на термическую стойкость, а токи двухфазного КЗ – для проверки на чувствительность максимальной токовой защиты аппаратов.

Для расчета токов КЗ составляется расчетная схема. На схеме выбираются точки КЗ, в которых необходимо определить токи трехфазного и двухфазного КЗ. Этими точками являются: зажимы 660 или 1140 В трансформатора, распределительный пункт забоя, зажимы двигателей машин и механизмов

участка. Определяются сопротивления элементов схемы. Составляется схема замещения. Значения сопротивлений можно взять п. 2.7.

Токи КЗ определяют по формулам

$$I_k^{(2)} = \frac{0,95U_x}{2\sqrt{(r_{p,m}+r_m+r_k l_3)^2+(x_{p,m}+x_m+x l_3)^2}}; \quad (23)$$

$$I_k^{(3)} = \frac{U_x}{\sqrt{3}\sqrt{(r_{p,m}+r_m+r_k l_3)^2+(x_{p,m}+x_m+x l_3)^2}}; \quad (24)$$

где U_x – среднее номинальное напряжение ступени КЗ, принимается равной 0,135; 0,23; 0,4; 0,69 или 1,2 кВ; r_k, x_k – соответственно активное и индуктивное сопротивления 1 км кабеля принятого сечения; l_3 – длина кабельных линий до точки КЗ, км; $r_{p,m}, x_{p,m}$ – соответственно активный и индуктивное сопротивления высоковольтной распределительной сети.

При этом допускается:

- не учитывать сопротивление высоковольтной распределительной сети при мощности участков подстанций до 400 кВ·А включительно, то есть $r_{p,m} = 0; x_{p,m} = 0;$

- принимать активное сопротивление распределительной сети 6 кВ равным нулю ($r_{p,m} = 0$) при мощности КЗ $S_k \geq 50$ МВ·А, а реактивное сопротивление определять по формуле:

$$x_{p,m} = \frac{U_x^2}{S_k}; \quad (25)$$

- если мощность КЗ на вводе подстанции менее 50 МВ·А, то реактивное сопротивление распределительной сети 6 кВ определять по формуле (25), а активный по формуле:

$$r_{p,m} = \frac{1,1}{S_k} - 0,02;$$

- принимать переходное сопротивление контактов и элементов аппаратов 0,005 Ом на один коммутационный аппарат и на точку КЗ.

Например: активное сопротивление кабеля сечением 50 мм^2 равно $r_k = 0,423 \text{ Ом / км}$, индуктивный $x_k = 0,075 \text{ Ом / км}$.

Сводная длина кабельных линий с учетом сопротивлений элементов коммутационных аппаратов и переходного сопротивления в точке КЗ

$$l_3 = l_1 k_{31} + l_2 k_{32} + \dots + l_n k_{3n} + (n + 1)l_e, \quad (26)$$

где l_1, \dots, l_n – фактическая длина кабелей с различными сечениями жил, км; k_{31}, \dots, k_{3n} – коэффициент приведения; n – количество коммутационных аппаратов, последовательно включенных от ПУПП в цепь КЗ; $l_e = 0,01 \text{ км}$ – сводная длина кабельной линии, эквивалентная переходным сопротивлениям коммутационных аппаратов и точки КЗ.

Значения коэффициентов сведения можно принять по справочной литературе.

При расчетах токов КЗ в осветительных сетях для учета сопротивления контактных соединений к значению l_3 добавляют длину кабеля l_0 сечением 4 мм^2 , количество светильников и тройниковых муфт N (м) осветительной сети до точки КЗ ($l_0 = 2N$).

В пояснительной записке приводятся расчеты сопротивлений и токов КЗ только на зажимах трансформатора подстанции, РПП-0,69 (1,2) кВ и на зажимах двигателя комбайна. Результаты расчетов токов КЗ в других точках сети сводятся в табл. 8.

Таблица 8. Значения токов КЗ

Ток	Точки КЗ								
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	и т.д.
$I_k^{(3)}$									
$I_k^{(2)}$									

7. Выбор коммутационных аппаратов и уставок срабатывания максимальной токовой защиты

Основной коммутационной аппаратурой на участке являются автоматические выключатели, магнитные пускатели и станции управления. Эти аппараты выбирают по:

- месту размещения (уровень взрывозащиты);
- назначению (тип аппарата).

Типоразмер автоматического выключателя выбирают по условиям:

$$U_{a.ном} = U_{ном}; I_{a.ном} \geq I_p \quad (27)$$

$$I_{a.вык} \geq 1,2I_{к.мах}^{(3)}$$

где I_p – рабочий ток, проходящий через выключатель; $I_{a.ном}$ – номинальный ток автоматического выключателя; $I_{к.мах}^{(3)}$ – трехфазный ток короткого замыкания в месте установки выключателя; $I_{a.вык}$ – предельный ток выключения автомата (отключающая способность) в табл. П.21, П. 25.

Магнитные пускатели выбирают так же, как и автоматические выключатели, но если последовательно с пускателем в сеть включены другие коммутационные аппараты, проверку по отключающей способности пускателя нужно производить по формуле:

$$I_{вык.пуск} \geq 1,2I_{к/мах}^{(3)}/(nk), \quad (28)$$

где n – количество последовательно включенных аппаратов; k – коэффициент, который зависит от количества последовательно включенных аппаратов: $k = 1$ при $n = 2$ и $k = 1,1$ при $n = 3 \dots 4$.

Магнитные станции управления выбирают по назначению, номинальному напряжению сети и номинальным токам, количеству силовых отводов, номинальным токам контакторов для управления электродвигателем комбайна и забойного конвейера. Станция управления проверяется на способность выключать ток трехфазного КЗ в месте ее установки.

Выбор уставок максимальной защиты выполняют так, чтобы избежать ложного срабатывания защиты при любых рабочих режимах электродвигателей и обеспечить надежное срабатывание защиты при минимально возможных токах КЗ в наиболее удаленной точке участка защищаемой сети.

Уставка тока срабатывания реле I_y автоматических выключателей, магнитных пускателей, станций управления определяется для защиты:

- магистрали:

$$I_y \geq I_{д.пуск} + \sum I_{ном.ин}, \quad (29)$$

где $\sum I_{ном.ин}$ – сумма номинальных токов всех двигателей магистрали, кроме самого мощного, что запускается;

- ответвлений при одиночном двигателе $I_y^{од}$ и многодвигательном приводе с одновременным пуском $I_y^{мно}$ питающимся через общий пускатель:

$$\begin{aligned} I_y^{од} &\geq I_{д.пуск}, \\ I_y^{мно} &\geq \sum I_{д.пуск}; \end{aligned} \quad (30)$$

- осветительной сети с лампами накаливания:

$$I_y \geq 3I_{ном.ос}; \quad (31)$$

- с люминесцентными лампами:

$$I_y \geq 1,25I_{ном.ос}; \quad (32)$$

где $I_{ном.ос}$ – номинальный ток осветительной сети.

По результатам расчетов принимают по шкале аппаратов защиты (блок УМС, ПМЗ или БКЗ) значения уставки тока, равной расчетному или ближайшее большее (см. в табл. приложений).

Принятую уставку проверяют по расчетным минимальным токам двухфазного КЗ. При этом должно выполняться условие

$$I_{к.min}^{(2)} / I_y \geq K_ч \quad (33)$$

где $K_ч = 1,5$ – коэффициент чувствительности защиты. Допускается его снижение до 1,25.

Если отключающая способность пускателя меньше значения, полученного по выражению (27), а защита осуществляется автоматическим выключателем, то уставку его защиты I_{yAB} следует согласовать с предельным током выключения пускателя $I_{вык.пуск}$:

$$I_{yAB} \leq I_{вык.пуск} / (1,2K_{ч}) = 0,55I_{вык.пуск}. \quad (34)$$

Типоразмеры аппаратов, которые приняты, а также характеристики защиты необходимо свести в табл. 9.

Таблица 9. Принятые аппараты и характеристики защиты

Электроприемник	Номинальный ток, А	Выключатель или пускатель	$I_k^{(3)}$, А	$I_k^{(2)}$, А	I_y , А	$K_{ч}$

8. Выбор кабелей 6 кВ

Расчетная нагрузка P_p на РПП-6 №1 и №2 или ЦПП может быть определена по следующим выражениям:

$$P_{p.рпп} = K_m \sum P_{рпп}, \quad (35)$$

$$P_{p.цпп} = K_m \sum P_{рпп}.$$

где $\sum P_{рпп}$ – электрическая нагрузка РПП-6 (принимается из табл. П.14); K_m – коэффициент участия в максимуме нагрузки (для РПП-6 равен 0,65 ... 0,85, а для ЦПП – 0,75 ... 0,85).

Пользуясь результатами расчетов электрических нагрузок (п. 1.5) и схемой электроснабжения горизонта, нужно выбрать кабели, питающие ПУПП, РПП-6 и ЦПП. Выбор сечения кабелей напряжением 6 кВ выполняют, а затем проверяют согласно следующим условиями:

- по нагреву рабочими токами;
- по нагреву токами КЗ;
- по экономической плотности тока (со сроком службы более 3-5 лет);
- по допустимой потере напряжения.

Принимается самое большое стандартное сечение кабеля из полученных значений. Порядок выбора кабеля с первыми двумя условиями описанный ранее (п. 1.7).

Ток нагрузки высоковольтного кабеля, по которому питается ПУШП, определяется по формуле:

$$I_p = \frac{S_{m,p}}{\sqrt{3}U_{ном}}, \quad (36)$$

где $S_{m,p}$ – расчетная мощность ПУШП (см. п. 1.6).

Расчетный ток кабелей, питающих РПП-6 кВ определяют с учетом расчетных нагрузок участка (рассчитаны в п.5) и РПП-6 кВ №1 и №2 (заданы в табл. П.14).

Далее согласно схеме электроснабжения подземных электроприемников принимают необходимое количество питающих кабелей и рассчитывают токовую нагрузку на кабель. При этом необходимо предусмотреть, чтобы при повреждении одного из кабелей, те, которые остались в работе, должны обеспечить питание всей подземной нагрузки. Сечение ствольных кабелей может быть 35 ... 240 мм².

Экономическое сечение кабеля определяется по расчетным токам:

$$S_{вх} = \frac{I_p}{j_{вх}}, \quad (38)$$

где $j_{вх}$ – экономическая плотность тока (табл. 10).

Таблица 10. Экономическая плотность тока

Тип кабеля	Экономическая плотность тока (А / мм ²) при продолжительности использования максимума T_M , час.		
	1000...3000	3000...5000	5000...8700
Кабели с бумажной изоляцией с медными жилами	3,0	2,5	2,0
Кабели с резиновой изоляцией и медными жилами	3,5	3,1	2,7

Далее принимается кабель с ближайшим к расчетному стандартному сечению.

При проверке подземной высоковольтной кабельной сети по потере напряжения в нормальном режиме работы следует учитывать то, что при напряжении холостого хода вторичной обмотки трансформатора ГПП шахты 6600 В, допустимая потеря напряжения составляет 600 В или 10% от номинального уровня 6000 В. Учитывая потерю напряжения в трансформаторе ГПП на уровне 4% от номинального, допускаем общую потерю напряжения между ГПП и ПУПП на уровне 6% (учитывая 2% потерь напряжения в ствольных кабелях, а иногда и в реакторах). Поэтому потеря напряжения в кабельной сети между ЦПП и ПУПП не должна превышать 4% от номинальной или 240 В.

Общую потерю напряжения в подземной высоковольтной кабельной сети определяют по формуле:

$$\sum \Delta U_{\text{вк}} = \sum_{i=1} \sqrt{3} I_{p,i} (R_{\text{вк},i} \cdot \cos \varphi_{\text{вк}} + X_{\text{вк},i} \cdot \sin \varphi_{\text{вк}}), \quad (39)$$

где $I_{p,i}$, $R_{\text{вк},i}$, $X_{\text{вк},i}$ – соответственно расчетный ток, активное и реактивное сопротивления i -го высоковольтного кабеля; $\cos \varphi_{\text{вк}}$ – коэффициент мощности для подземных электроприемников (допускается принять 0,6-0,7).

При этом должно выполняться условие: $\sum \Delta U_{\text{вк}} \leq 240 \text{ В}$.

9. Расчеты токов КЗ в подземной сети 6 кВ

Значения токов КЗ в подземных сетях 6 кВ необходимы для выбора комплектных распределительных устройств, средств ограничения токов КЗ, проверки выбранных кабелей 6 кВ на термическую стойкость, а также для настройки средств защиты и системной автоматики.

Расчет токов КЗ можно выполнять в именованных или относительных единицах, приведенных к базисным условиям.

Рекомендуется такой порядок расчетов:

- составляется однолинейная расчетная схема сети;
- по расчетной схеме составляется схема замещения;

- на расчетной схеме выбираются точки КЗ;
- определяются значения сопротивлений всех элементов схемы;
- определяются значения результирующих сопротивлений до каждой точки КЗ;
- определяются значения токов КЗ в расчетных точках.

Отраслевые Правила безопасности допускают упрощенный расчет токов КЗ.

Ток трехфазного КЗ определяют по формуле:

$$I_k^{(3)} = \frac{U_x}{\sqrt{3} \sqrt{(\sum X)^2 + (\sum R)^2}}, \quad (40)$$

где U_x – напряжение ступени КЗ. Принимается равной 6,3 (3,15 и т.д.) кВ; $\sum X$ – индуктивное сопротивление цепи КЗ определяется по выражению:

$$\sum X = x_c + x_m + x_p + x_{\text{каб}},$$

где x_c – индуктивное сопротивление энергосистемы, приведенное к напряжению ступени КЗ. Определяется по формуле (25); x_m – индуктивное сопротивление трансформатора ГПП, которое рассчитывается по выражению (14); x_p – индуктивное сопротивление тока реактора:

$$x_p = \frac{10x_p\%U_p}{\sqrt{3}I_p}$$

где $x_p\%$ – относительное реактивное сопротивление реактора (по каталогу); U_p и I_p – соответственно номинальные напряжение (кВ) и ток реактора (А); $x_{\text{каб}}$ – индуктивное сопротивление кабеля, которое определяют с учетом сопротивления 1 км, что равно 0,08 Ом; $\sum R$ – активное сопротивление цепи КЗ, можно принимать равным активному сопротивлению кабельной линии (формула 16).

Мощность трехфазного КЗ в подземной сети:

$$S_k^{(3)} = \sqrt{3}I_k^{(3)}U_x. \quad (41)$$

Величина $S_k^{(3)}$ не должна превышать предельно допустимые значения отключающей мощности высоковольтных КРУ.

После расчетов токов КЗ необходимо провести проверку выбранных кабелей на термическую стойкость (нагрев токами КЗ).

10. Выбор комплектных распределительных устройств и уставок их защиты

В курсовом проекте необходимо выбрать комплектные распределительные устройства на РПП-6 и ЦПП шахты (вводные, секционные, отходящих присоединений), питающие ПУПП или РПП-6 кВ.

КРП выбирают по назначению, исполнению, номинальному току и номинальному напряжению. Проверяются КРП по предельным значениям тока и мощности.

Типоразмер ячейки выбирают по условиям:

$$\begin{aligned} U_{\text{НОМ.КРП}} &= U_{\text{НОМ.В}}, \\ I_{\text{НОМ.КРП}} &\geq I_M, \end{aligned} \quad (42)$$

где I_M – ток нагрузки ячейки:

$$I_M = \frac{S_{m.p}}{\sqrt{3}U_{\text{НОМ.В}}} \quad (43)$$

где $U_{\text{НОМ.В}}$ – номинальное напряжение высоковольтной распределительной сети шахты.

Проверка принятого КРП (ячейки) выполняется по условиям:

$$I_{\text{ВЫК.КРП}} \geq I_k^{(3)}; S_{\text{ВЫК.КРП}} \geq S_k^{(3)}, \quad (44)$$

где, $I_{\text{ВЫК.КРП}}, S_{\text{ВЫК.КРП}}$ – соответственно ток и мощность отключения КРП (каталожные данные в таблицах приложений); $S_k^{(3)}, I_k^{(3)}$ – соответственно мощность и ток КЗ в месте установки ячейки.

Уставки срабатывания максимальной защиты КРП определяются для токовых реле мгновенного действия, включенных по схеме неполной звезды, по формулам:

$$I_{\text{ср}} = \frac{\kappa_n I_{\text{max}}}{\kappa_{m.c}}; \quad I_y \geq I_{\text{ср}}; \quad (45)$$

$$I_{\text{сн1}} = \kappa_{m.c} I_y;$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_k^{(2)}}{\kappa_m I_{\text{сн1}}}, \quad (46)$$

где $I_{ср}$ – расчетный ток срабатывания реле; k_n – коэффициент отстройки защиты (принимается равным 1,2 ... 1,4); k_m – коэффициент трансформации силового трансформатора участковой подстанции; I_y – ток уставки; $I_{сн1}$ – первичный ток срабатывания защиты; $I_k^{(2)}$ – ток двухфазного КЗ на зажимах вторичной обмотки трансформатора ПУПП; $K_{\text{ч}}$ – коэффициент чувствительности защиты (должен быть не менее 1,5); $k_{m.c}$ – коэффициент трансформации трансформаторов тока (таблицы приложений); I_{max} – максимальный рабочий ток линии, питающей ПУПП:

$$I_{max} = I_{ном.m} + I_{пуск.max}/k_m, \quad (47)$$

где $I_{ном.m}$ – номинальный ток первичной обмотки трансформатора ПУПП; $I_{пуск.max}$ – пусковой ток наиболее мощного электроприемника, питающегося от ПУПП.

Проверка уставок тока срабатывания реле максимальной защиты передвижных участковых подстанций выполняется по формулам:

- для трансформаторов с одинаковыми схемами соединения обмоток

$$\frac{I_k^{(2)}}{I_{сн1}k_m} \geq 1,5; \quad (48)$$

- для трансформаторов с различными схемами соединения первичной и вторичной обмоток

$$\frac{I_k^{(2)}}{\sqrt{3}I_{сн1}k_m} \geq 1,5; \quad (49)$$

где $I_k^{(2)}$ – ток двухфазного КЗ на стороне вторичной обмотки трансформатора.

Если указанные требования не выполняются, то необходимо увеличить ток двухфазного КЗ, т.е. уменьшить сопротивление цепи КЗ.

Заключение

В заключении надо привести краткие сведения о том, что сделано в проекте по усовершенствованию схемы электроснабжения, а также принятых решений, отличающихся от действующих на шахте. Необходимо указать тип принятой участковой подстанции, перечислить принятые к прокладке кабели и

коммутационную аппаратуру на низкой стороне напряжения, а также принятые кабели, ячейки РПП-6 и ЦПП на напряжение 6-10 кВ.

Графическая часть

Графическая часть проекта состоит из двух чертежей формата А3 или А4, размещенных в конце пояснительной записки. На одном чертеже, где изображен план горных работ, в зависимости от темы курсового проекта надо начертить одну из схем электроснабжения добычного или подготовительного участка. На втором чертеже может быть изображено:

- схема электроснабжения горизонта;
- конструктивное исполнение распределительного пункта участка;
- план расположения электрооборудования в ЦПП или РПП-6;
- схемы замещения для расчетов токов короткого замыкания на высокой и низкой сторонах напряжения;
- другие схемы или конструктивные решения.

Второй чертеж выполняется согласно заданию руководителя проекта.

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

«Моделирование режимов работы системы электроснабжения участка горного предприятия»

Введение

При выполнении дополнительного задания студент должен рассмотреть и решить следующие вопросы:

- знакомство с пакетом программ MatLab;
- знакомство с приложениями Simulink и SimPowerSystems;
- выбрать участок для исследования, разработать математическую модель;
- рассчитать недостающие параметры системы для проведения моделирования;
- получить результаты в виде графических зависимостей основных параметров системы электроснабжения от времени.

При выполнении задания необходимо дополнительно:

- сопоставить расчетные значения со значениями, полученными в результате моделирования, и определить относительную и абсолютную погрешности.

Для выполнения дополнительного задания необходимо выбрать участок или цех из приведенных ранее расчетно-графических работ № 1-3.

Расчет параметров системы

В качестве примера проведем моделирование системы электроснабжения добычного участка рудника. Целью моделирования является построение характеристики зависимости мощности, потребляемой объектами, от суточного времени работы оборудования. Исходными данными являются технические характеристики установленного на объекте оборудования. Для моделирования необходимо рассчитать недостающие параметры для трансформатора, сопротивления линий и др. Найдём значения сопротивления и индуктивности для трансформатора:

$$P_1 = P_2 = \frac{P_H}{3} = \frac{400}{3} = 133,3 \text{ кВт} \quad R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{3500}{38,1} = 92 \text{ Ом}$$

$$U_1 = \frac{U_H}{\sqrt{3}} = \frac{6}{\sqrt{3}} = 3,5 \text{ кВ}$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{380}{351} = 1,1 \text{ Ом}$$

$$U_2 = \frac{U_H}{\sqrt{3}} = \frac{0,66}{\sqrt{3}} = 0,38 \text{ кВ}$$

$$L_1 = \frac{R_1}{2\pi f} = \frac{92}{314} = 0,3 \text{ Гн}$$

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{133,3}{3,5} = 38,1 \text{ А}$$

$$L_2 = \frac{R_2}{2\pi f} = \frac{1,1}{314} = 0,004 \text{ Гн}$$

$$I_2 = \frac{P_2}{U_2} = \frac{133,3}{0,38} = 351 \text{ А}$$

Чтобы найденные данные подставить в модель, нужно привести их к следующему виду: $R_1 \cdot 0,00021 = 0,002$; $R_2 \cdot 0,019 = 0,002$; $L_1 \cdot 0,27 = 0,08$; $L_2 \cdot 20 = 0,08$
 $R_M = R_1 \cdot 55 = 500$, $L_M = L_1 \cdot 170 = 500$. После проведенных расчетов подставляем все значения в модель трансформатора.

Сопротивление в кабельных линиях находим путём суммирования сопротивлений и умножением их на длину кабеля. В качестве параметров потребителей используем реальные значения из задания или расчётов. После расчётов составляем сводную таблицу по всем данным, которые мы будем использоваться при моделировании схемы электроснабжения.

Таблица 11. Сводные данные для моделирования

№	Наименование	S, кВА	P, кВт	Q, кВар	U, В	R, Ом	L, мГн
1	Источник питания	800	-	-	6000	X \ R = 15	
2	Сопротивление кабеля до трансформатора	-	-	-	-	0,0024	0,025
3	Трансформатор	400	-	-	6000/ 660	0,002	0,08
4	Сопротивление кабеля после трансформатора	-	-	-	-	0,005	0,002
5	Сопротивление кабеля подборщика	-	-	-	-	0,078	0,09
6	Подборщик	62	55	28	660	-	-
7	Сопротивление кабеля рабочего органа	-	-	-	-	0,036	0,04

8	Рабочий орган	335	300	150	660	-	-
9	Сопротивление кабеля насосов	-	-	-	-	0,262	0,31
10	Насосы смазки и охлаждения	9,4	8,5	4	660	-	-
11	Сопротивление кабеля буровой установки	-	-	-	-	0,044	0,05
12	Буровая установка	200	180	90	660	-	-
13	Сопротивление кабеля гусеничного хода	-	-	-	-	0,054	0,07
14	Гусеничный ход	123	110	55	660	-	-
15	Сопротивление кабеля конвейера	-	-	-	-	0,056	0,08
16	Конвейер	82	75	35	660	-	-
17	Сопротивление кабеля мех. крепи	-	-	-	-	0,373	0,55
18	Механизированная установка крепи	4,5	4	2	660	-	-
19	Сопротивление кабеля освещения	-	-	-	-	0,524	0,6
20	Освещение	0,6	0,6	-	400	-	-

Создание модели и описание блоков

Подставляем рассчитанные параметры из сводной таблицы в модель.

Модель системы электроснабжения представляет собой набор силовых блоков из библиотеки SimPowerSystems, расположенных и соединенных в определённой последовательности. В результате моделирования мы должны проверить совпадение рассчитанных параметров мощности и токов КЗ с данными, которые получатся в результате моделирования. В схеме моделирования допускаются небольшие расхождения параметров с расчётными на 5-10%.

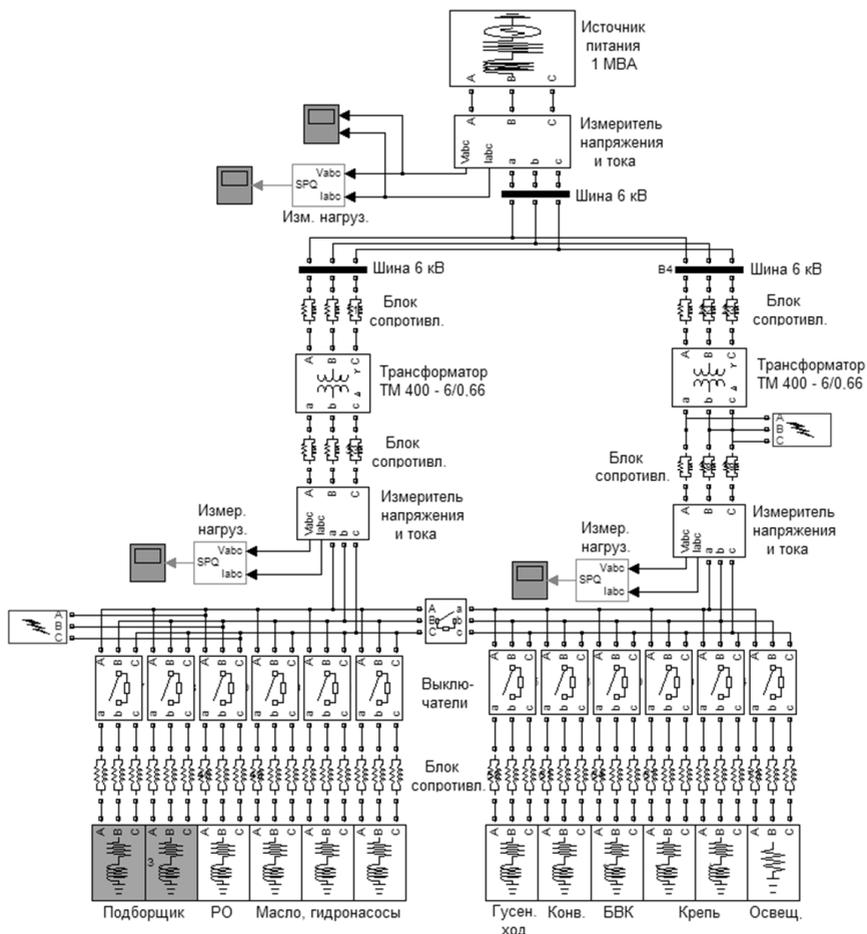


Рис. 10. Модель системы электроснабжения добычного участка

Приведём описание основных блоков, которые влияют на схему и результат моделирования. Блок измерителя нагрузок включает в себя возможности измерения полной, активной и реактивной мощностей оборудования. Она основана на законах физики и электромеханики. В результате суммирования и вычитания фазных напряжений и перемножением их с токами получаем необходимые нагрузки.

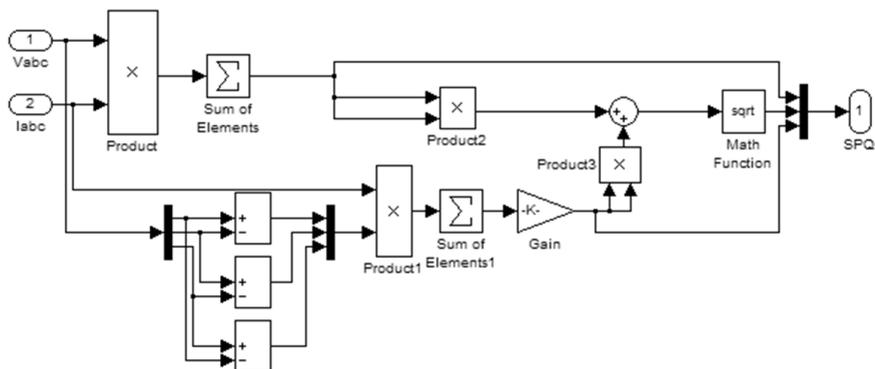


Рис. 11. Подсистема блока измерителя нагрузок

При моделировании с помощью таймеров задаются рабочие параметры механизмов: время запуска, работы и остановки. Для каждого механизма эти значения выставляются индивидуально. Они влияют на суточный график нагрузки, который нам в итоге необходимо получить.

Сначала получим график суточных нагрузок для главного оборудования подборщика добычного комбайна, а затем суммарный график.

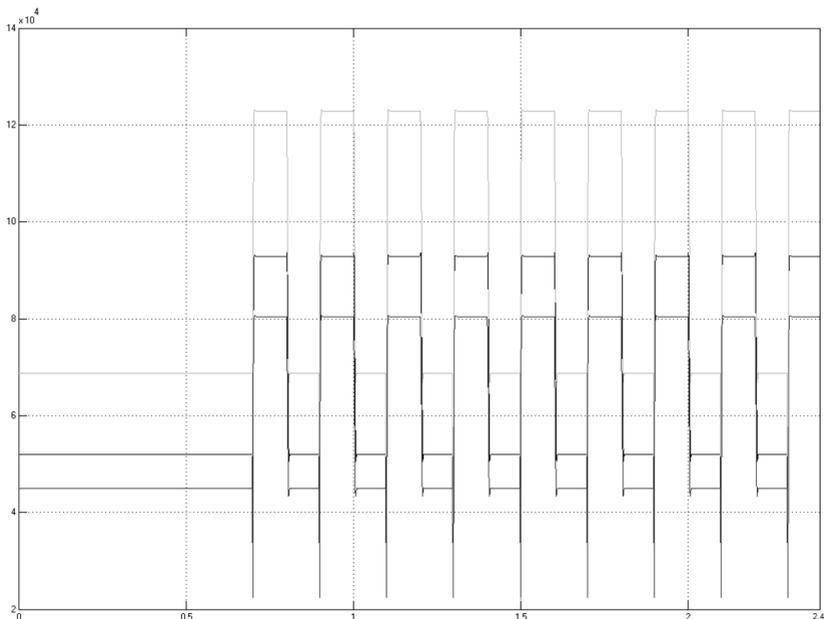


Рис. 12. Суточный график нагрузки подборщика добычного комбайна

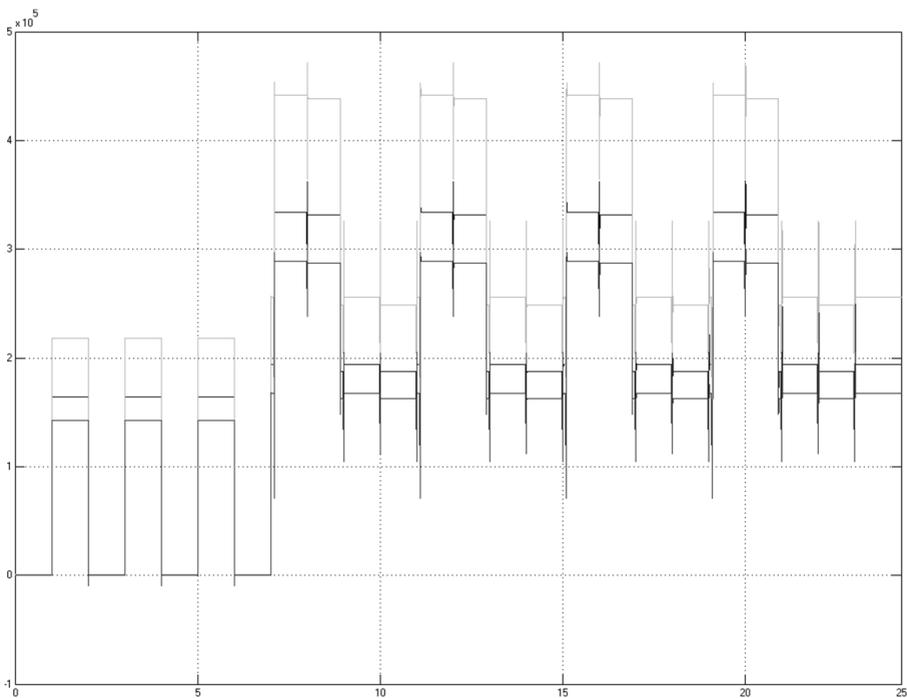


Рис. 13. Суммарный суточный график нагрузки всего оборудования участка

Опишем нагрузочный график подборщика. Подборщик, как и весь комбайн, работает в три смены (четвертая ночная смена – ремонтная). Время работы подборщика (комбайна) составляет один час. После чего происходит передвижение комбайна, установка крепи и другие мероприятия. На все эти вспомогательные операции уходит один час времени. Этим обуславливается суточный график подборщика.

На суммарном графике нагрузки отображена работа всего оборудования, установленного на участке, в течение суток. Добычной комбайн работает в три смены (четвертая ночная – ремонтная). Работа комбайна и всего его оборудования видна на промежутке с 7 до 24 часов. С 0 до 6 часов работает оборудование, необходимое для ремонта или других видов работ, не связанных с добычей полезного ископаемого. Также в это время могут вестись буровзрывные работы при появлении более крепких типов пород.

Моделирование токов короткого замыкания произведём в соответствии с расчётами в двух точках: сразу после трансформатора и непосредственно перед самым мощным двигателем (рабочим орган комбайна).

Также следует учесть разницу между трёхфазным коротким замыканием и ударным током КЗ. Так как наше оборудование является низковольтным (до 1 кВ), то ток короткого замыкания может во много раз превышать номинальный ток оборудования.

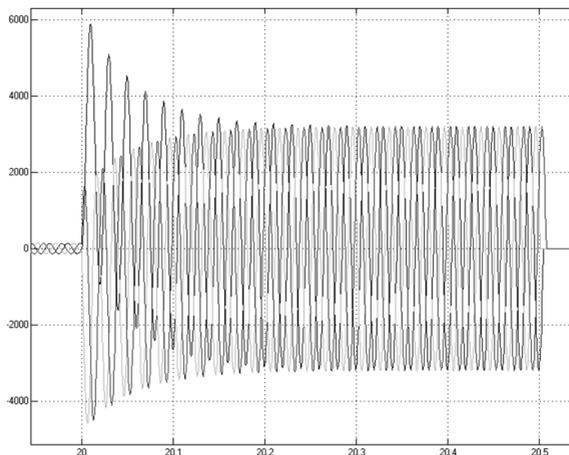


Рис. 14. Ток короткого замыкания рабочего органа комбайна

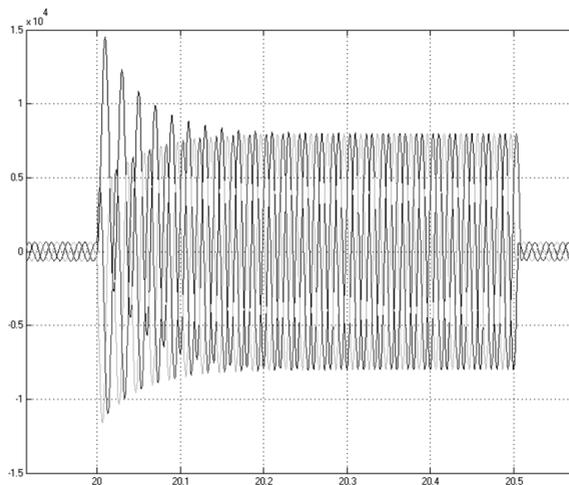


Рис.15. Ток короткого замыкания всей системы электроснабжения участка

Результаты моделирования

Таким образом, были получены формы и величины трёхфазного и ударного токов короткого замыкания. Составим сводную таблицу по рассчитанным и промоделированным параметрам короткого замыкания.

Таблица 12. Сопоставление токов короткого замыкания

Точка КЗ	Расчёт		Моделирование		Погрешность ε , %	
	$I_{кз}^{(3)}$, кА	$I_{у}^{(3)}$, кА	$I_{кз}^{(3)}$, кА	$I_{у}^{(3)}$, кА	$I_{кз}^{(3)}$	$I_{у}^{(3)}$
1	7,9	14,6	8	14,5	1,26%	0,7%
2	3,2	5,92	3,3	5,85	3,1%	1,2%

В результате проделанного моделирования мы видим, что наблюдаются небольшие расхождения с расчётными и промоделированными параметрами, но эти расхождения не выходят за рамки допустимых (5-10%). Моделирование будем считать успешным, а параметры – работоспособными.

Приложения

Таблица П.1

Исходные данные для выполнения РГР №1 и 2
«Расчет проходческого или добычного участка рудника»

Вариант	ΣP_n , кВт	P_n , кВт	Длина кабеля, м		K_c	$\cos \varphi$	$I_{\text{пуск.д.}}$, А	$\cos \varphi_d$	η	b
			КМ	КО						
1	454	175	100	120	0,7	0,65	870	0,85	0,95	3,0
2	587	215	85	180	0,6	0,6	750	0,88	0,91	2,2
3	326	120	80	180	0,65	0,6	600	0,87	0,93	2,1
4	427	93	40	190	0,55	0,6	570	0,86	0,92	2,15
5	320	93	60	200	0,65	0,65	570	0,88	0,94	2,16
6	400	105	50	100	0,65	0,6	840	0,88	0,92	3,0
7	236	90	100	200	0,6	0,65	530	0,82	0,93	2,18
8	470	150	40	185	0,65	0,8	790	0,86	0,96	3,0
9	304	125	80	100	0,55	0,65	800	0,89	0,91	2,15
10	352	155	100	150	0,6	0,8	840	0,86	0,92	2,2
11	578	150	50	150	0,6	0,8	450	0,88	0,9	2,8
12	385	160	55	120	0,65	0,7	500	0,9	0,93	2,2
13	467	157	45	130	0,7	0,8	480	0,88	0,92	2,1
14	730	230	35	140	0,6	0,85	800	0,95	0,9	2,2
15	500	205	60	150	0,7	0,8	780	0,9	0,9	3,0
16	600	170	20	110	0,65	0,7	520	0,92	0,92	2,8
17	400	210	30	160	0,6	0,8	760	0,93	0,93	2,1
18	385	90	35	170	0,75	0,85	380	0,88	0,91	2,6
19	400	108	25	180	0,7	0,8	420	0,95	0,9	3,0
20	525	145	60	190	0,7	0,75	489	0,92	0,93	2,6
21	550	300	40	200	0,6	0,7	820	0,93	0,9	2,2
22	359	120	50	195	0,75	0,8	458	0,95	0,92	3,0
23	438	98	22	185	0,7	0,8	385	0,89	0,94	3,0
24	557	138	33	175	0,65	0,7	600	0,9	0,9	2,25
25	378	105	48	165	0,75	0,8	405	0,95	0,9	2,15
26	338	189	50	155	0,75	0,8	530	0,94	0,92	2,2
27	300	112	60	145	0,75	0,8	480	0,93	0,92	2,1
28	445	310	18	135	0,65	0,7	820	0,9	0,9	2,2
29	550	95	27	125	0,75	0,8	380	0,94	0,93	3,0
30	410	100	17	115	0,75	0,8	388	0,9	0,94	3,0
31	738	305	22	200	0,6	0,7	800	0,95	0,92	2,25
32	390	108	28	190	0,75	0,8	408	0,88	0,9	2,15
33	520	298	15	180	0,6	0,7	569	0,95	0,93	2,2
34	577	129	60	170	0,65	0,8	512	0,9	0,92	2,6
35	477	98	45	160	0,7	0,8	385	0,92	0,9	3,0

Примечание. K_c – коэффициент спроса; $\cos \varphi$ – средневзвешенный коэффициент мощности по участку; $\cos \varphi_d$ – коэффициент мощности двигателя комбайна; η – КПД двигателя комбайна; P_n , $I_{\text{пуск.д.}}$ – соответственно номинальные мощность и пусковой ток двигателя комбайна; $M_{\text{макс}}/M_n$ – кратность максимального момента; ΣP_n – суммарная номинальная мощность потребителей участка.

Таблица П.2

Цех доводки данные для схемы А-Г

№ЭП	Наименование ЭП	Кол-во	Рн, кВт					
			В1	В2	В3	В4	В5	В6
1-5	Сепаратор доводочный	5	2,2	1,5	3,0	7,5	3	4
6,7	Насос	2	3	4	18,5	11	20	18,5
8	Насос центробежный	1						
9-11	Грохот	3	1,1	3	4	3	5,5	7,5
12-14	Машина отсадочная	3	5	4	7,5	5,5	3	6
15,16	Конвейер	2	4	7,5	15	15	7,5	11

Таблица П.3

Цех рудоподготовки данные для схемы Д-К

№ЭП	Наименование ЭП	Кол-во	Рн, кВт					
			В7	В8	В9	В10	В11	В12
1-4	Дробилка	3	17	8	10	8	10	7
5-7	Насос	4	7,5	3	18,5	7,5	11	18,5
8	Насос центробежный	1						
9,10	Скруббер	2	3	5,5	7,5	4	2,2	11
11,12	Грохот	2	2,2	1,1	3	5,5	4	1,1
13,14	Классификатор	2	5,5	2,2	4	3	5,5	2,2
15,16	Конвейер	2	4	7,5	22	11	7,5	11

Таблица П.4

Цех рудоподготовки данные для схемы Л-П

№ЭП	Наименование ЭП	Кол-во	Рн, кВт					
			В13	В14	В15	В16	В17	В18
1-4	Мельница	4	11	22	7,5	15	18,5	5,5
5-8	Вентилятор	4	2,2	3	4	5,5	2,2	3
9,10	Питатель	2	4	5,5	3	2,2	7,5	11
11,12	Дробилка	1	7	17	10	5	10	6
13	Насос центробежный	1						
14	Насос	2	7,5	18,5	22	11	13	7,5
15,16	Насос	2	15	11	18,5	14	22	18,5

Таблица П.5

Цех обогащения данные для схемы Р-Я

№ЭП	Наименование ЭП	Кол-во	Рн, кВт					
			В19	В20	В21	В22	В23	В24
1-4	Питатель	4	15,5	30	11	15	14	22
5-8	Машина отсадочная	4	15	24	13	15,5	7,5	14
9,10	Классификатор	2	11	15	18,5	24	13	17
11	Насос центробежный	1						
12	Насос	1	15	27	11	17,5	18	9
13,14	Вентилятор	2	7,5	15	23	21	18,5	11
15,16	Грохот	2	12,2	11	14	13	5,5	23

Таблица П.6

Данные для схемы А-Г

Участок	Длина участка, м					
	В1	В2	В3	В4	В5	В6
У1	20	15	21	31	18	25
У2	22	48	26	26	18	27
У3	25	21	19	32	25	29
У4	16	26	20	15	24	24
У5	21	32	18	14	26	36
У6	20	19	27	17	21	35
У7	21	18	26	26	13	14
У8	24	25	23	35	16	25
У9	18	24	18	28	18	26
У10	23	19	20	29	27	34
У11	29	26	18	14	29	36
У12	25	24	27	17	34	19
У13	17	18	26	22	16	17
У14	22	16	28	25	15	16
У15	20	24	27	24	39	24
У16	16	26	12	26	26	15
У17	19	15	24	23	24	24
У18	28	16	21	32	28	26
У19	17	24	23	21	19	31
У20	24	29	29	27	29	29

Таблица П.7

Данные для схемы Д-К

Участок	Длина участка, м					
	В7	В8	В9	В10	В11	В12
У1	16	26	80	15	24	24
У2	36	25	23	75	14	31
У3	34	24	18	28	85	24
У4	29	18	14	48	26	96
У5	28	87	17	21	19	32
У6	97	26	26	26	18	15
У7	96	18	24	32	18	14
У8	18	87	26	23	35	16
У9	15	26	71	18	28	18
У10	24	23	13	90	29	27
У11	28	18	16	48	86	26
У12	34	10	18	21	19	72
У13	16	14	27	26	10	95
У14	24	15	26	32	88	14
У15	27	26	24	72	16	28
У16	34	39	68	20	24	27
У17	26	76	15	16	26	12
У18	69	24	20	24	27	24
У19	44	16	16	26	12	26
У20	34	34	19	15	24	15
У21	18	29	38	16	21	16

Таблица П.8

Данные для схемы Л-П

Участок	Длина участка, м					
	В13	В14	В15	В16	В17	В18
У1	24	32	18	14	15	24
У2	26	23	35	16	17	12
У3	21	18	28	18	22	16
У4	13	30	29	27	20	24
У5	16	48	26	26	16	26
У6	18	21	19	32	32	18
У7	27	26	10	15	23	35
У8	34	10	28	16	21	16
У9	16	14	24	25	23	28
У10	24	15	18	24	18	29
У11	19	32	23	19	19	26
У12	19	18	29	26	18	33
У13	28	18	16	48	26	26
У14	34	19	18	21	29	24
У15	16	14	27	26	24	16
У16	24	15	26	32	34	24
У17	27	26	24	22	18	29
У18	34	39	28	20	35	12
У19	26	26	15	16	28	27

Таблица П.9

Данные для схемы Р-Я

Участок	Длина участка, м					
	В19	В20	В21	В22	В23	В24
У1	19	32	26	24	22	32
У2	19	15	39	28	20	23
У3	28	16	26	15	16	18
У4	24	25	33	21	31	16
У5	32	18	14	26	26	18
У6	23	35	16	19	32	25
У7	18	28	18	19	15	24
У8	48	26	26	16	15	32
У9	21	19	32	32	17	23
У10	34	10	28	16	22	21
У11	19	28	16	21	16	23
У12	14	24	25	23	28	18
У13	15	18	24	18	29	19
У14	32	23	19	10	26	18
У15	23	35	14	48	26	26
У16	18	28	17	21	19	29
У17	19	29	26	26	19	24
У18	18	14	24	32	18	27
У19	27	17	26	23	35	26
У20	26	12	21	18	28	24
У21	18	16	48	26	26	28
У22	19	28	16	21	22	15

Таблица П.10

Числовой материал для расчета вскрышного участка карьера схемы (А-И)

Вар.	S _{кв} , МВ-А	Длина сети, км				ЭКСК. P1			ЭКСК. P2			Нагрузка 0,4 кВ				
		ВЛ2	ВЛ3	КЛ1	КЛ2	P _н , кВт	cosφ	К _с	P _н , кВт	cosφ	К _с	S1, кВ-А	S2, кВ-А	cosφ	К _с	P _{осв} , кВт
0	200	1,0	1,0	0,1	0,12	250	0,7	0,5	1800	0,8	0,6	100	200	0,65	0,6	20
1	150	1,5	2,0	0,12	0,08	320	0,6	0,6	1150	0,9	0,5	50	100	0,7	0,5	20
2	180	1,5	1,2	0,08	0,1	1150	0,9	0,6	320	0,8	0,7	80	160	0,8	0,7	30
3	180	1,5	1,2	0,1	0,08	1800	0,8	0,7	400	0,8	0,6	150	80	0,6	0,6	15
4	120	1,0	1,2	0,12	0,08	425	0,7	0,6	1258	0,9	0,6	150	250	0,7	0,5	25
5	250	1,5	2,0	0,12	0,1	1250	0,9	0,7	525	0,7	0,55	80	120	0,6	0,7	15
6	160	1,4	1,5	0,1	0,1	525	0,7	0,6	1068	0,9	0,6	300	200	0,5	0,6	30
7	180	2,5	1,5	0,12	0,12	320	0,8	0,6	1258	0,8	0,7	180	320	0,5	0,6	40
8	210	2,0	1,2	0,05	0,12	3200	0,8	0,6	320	0,8	0,6	200	150	0,65	0,6	25
9	240	1,4	1,8	0,2	0,1	1250	0,9	0,7	520	0,7	0,5	150	120	0,5	0,7	20

Примечание. При мощности больше 1000 кВт cosφ опережающий; длина воздушной сети ВЛ1 равна 3 км; длина кабельной сети КЛ3 равна 0,2 км.

Таблица П.11

Числовой материал для расчета вскрышного участка карьера схемы (К-О)

Вар.	S _{кв} , МВ-А	Длина сети, км				ЭКСК. P1			ЭКСК. P2			Нагрузка 0,4 кВ				
		ВЛ2	КЛ1	КЛ2	КЛ3	P _н , кВт	cosφ	К _с	P _н , кВт	cosφ	К _с	S1, кВ-А	S2, кВ-А	cosφ	К _с	P _{осв} , кВт
0	200	2,0	0,18	0,12	0,1	425	0,7	0,6	1800	0,9	0,6	80	120	0,6	0,7	25
1	150	1,5	0,12	0,1	0,12	320	0,8	0,7	1250	0,8	0,5	190	60	0,5	0,6	15
2	300	2,5	0,16	0,2	0,1	1250	0,9	0,5	525	0,5	0,6	60	180	0,6	0,6	18
3	250	1,5	0,2	0,1	0,1	1800	0,8	0,6	320	0,6	0,6	100	120	0,6	0,5	30
4	180	2,0	0,15	0,12	0,12	425	0,7	0,6	1150	0,8	0,6	150	130	0,5	0,6	25
5	220	3,0	0,18	0,12	0,12	320	0,6	0,6	1250	0,9	0,5	150	80	0,5	0,5	20
6	250	2,0	0,2	0,1	0,1	1200	0,9	0,5	520	0,6	0,55	80	160	0,6	0,7	15
7	150	3,0	0,19	0,1	0,08	1150	0,8	0,6	1425	0,7	0,6	120	80	0,7	0,5	20
8	200	2,0	0,18	0,1	0,06	320	0,7	0,5	1450	0,8	0,7	60	190	0,8	0,5	18
9	250	4,0	0,19	0,06	0,08	250	0,6	0,6	1250	0,8	0,55	100	110	0,7	0,6	25

Примечание. Для потребителей мощностью больше 1000 кВт cosφ опережающий; длина воздушной сети ВЛ1 равна 2 км.

Таблица П.12 (П-Я)

Числовой материал для расчета вскрышного участка карьера схемы (П-Я)

Вар.	S _{кв} , МВ-А	Длина сети, км			ЭКСК. P1			ЭКСК. P2			Нагрузка 0,4 кВ				
		КЛ1	КЛ2	КЛ3	P _н , кВт	cosφ	К _с	P _н , кВт	cosφ	К _с	S1, кВ-А	S2, кВ-А	cosφ	К _с	P _{осв} , кВт
0	250	0,1	0,11	0,2	1150	0,8	0,7	320	0,7	0,55	120	60	0,6	0,5	25
1	100	0,1	0,12	0,18	1800	0,9	0,6	425	0,8	0,6	160	90	0,5	0,7	30
2	300	0,1	0,12	0,15	250	0,7	0,5	715	0,7	0,7	90	130	0,6	0,6	25
3	120	0,12	0,12	0,19	1200	0,9	0,6	520	0,7	0,6	150	100	0,7	0,6	20
4	150	0,08	0,12	0,2	1150	0,8	0,5	520	0,6	0,55	80	140	0,5	0,5	30
5	200	0,12	0,11	0,15	1450	0,9	0,5	425	0,7	0,6	100	50	0,5	0,6	15
6	150	0,1	0,12	0,18	1800	0,8	0,6	320	0,8	0,5	80	70	0,7	0,5	20
7	250	0,12	0,08	0,18	1068	0,9	0,5	715	0,8	0,7	150	140	0,6	0,6	30
8	150	0,06	0,12	0,19	1150	0,8	0,6	520	0,7	0,6	80	90	0,7	0,5	25
9	180	0,1	0,06	0,2	1600	0,9	0,7	425	0,8	0,55	70	150	0,6	0,4	20

Примечание. Для нагрузок, мощность которых больше 1000 кВт, cosφ опережающий; длина воздушной сети ВЛ равна 2,5 км.

Таблица П.13

Технические данные электроприемников добычного участка для выполнения курсового проекта по дисциплине «Электроснабжение горного производства»

Электроприемник	В а р и а н т ы												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Комбайн:	115	135	125	110	170	200	2x160	250	2x200	175	140	197	115
$P_{ном}, кВт$	660	660	660	660	660	1140	1140	1140	1140	660	660	660	660
$U_{ном}, В$	92	92	91,3	90	91	92	90	90	89	91	90	92	91,2
$\eta, \%$	0,87	0,82	0,84	0,85	0,87	0,86	0,88	0,87	0,88	0,87	0,88	0,85	0,86
$\cos \varphi_{ном}$	700	800	750	750	900	850	850	860	850	650	700	650	700
$I_{пуск}, А$	Конвейер лавы:												
$P_{ном}, кВт$	2x100	2x55	2x45	2x110	110	2x110	2x110	110	90	2x37	2x55	55	75
$U_{ном}, В$	660	660	660	660	660	1140	660	1140	1140	660	660	660	660
$\eta, \%$	93	91,5	92	93	93	93	93	93	91	92	91,5	91,5	92
$\cos \varphi_{ном}$	0,89	0,86	0,85	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,86	0,87	0,86	0,86	0,88
$I_{пуск}, А$	750	575	600	600	600	850	600	420	400	320	575	575	600
Конвейер штреса:	Конвейер штреса:												
$P_{ном}, кВт$	110	55	55	110	110	110	110	110	90	45	55	45	75
$U_{ном}, В$	660	660	660	660	660	1140	660	1140	1140	660	660	660	660
$\eta, \%$	92	91,7	91,7	92	92	92	92	92	90	90	90,7	90	91
$\cos \varphi_{ном}$	0,89	0,87	0,87	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,9	0,88	0,87	0,88	0,89
$I_{пуск}, А$	760	360	360	760	760	420	760	420	400	300	360	300	500

Продолжение табл. П.13

Электроприемник	В а р и а н т ы											
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Комбайн:												
$P_{\text{ном}}$, кВт	90	150	145	97	120	140	180	110	97	200	105	150
$U_{\text{ном}}$, В	660	660	660	660	660	660	1140	660	660	1140	660	660
η , %	90,3	91,5	92	90	89	91	90	91,3	92	89	91,3	92
$\cos \varphi_{\text{ном}}$	0,88	0,87	0,87	0,85	0,86	0,88	0,84	0,84	0,85	0,88	0,84	0,86
$I_{\text{пуск}}$, А	600	800	750	650	650	720	670	750	650	850	750	860
Конвейер лавы:												
$P_{\text{ном}}$, кВт	75	2x55	2x55	2x45	110	95	2x110	55	55	2x110	2x37	110
$U_{\text{ном}}$, В	660	660	660	660	660	660	1140	660	660	1140	660	660
η , %	92	91,5	91,5	92	93	83	93	91,5	91,5	93	92	93
$\cos \varphi_{\text{ном}}$	0,88	0,86	0,86	0,85	0,89	0,87	0,89	0,86	0,86	0,89	0,85	0,89
$I_{\text{пуск}}$, А	600	575	575	600	600	585	600	575	575	600	320	600
Конвейер штрека:												
$P_{\text{ном}}$, кВт	75	55	55	55	75	110	120	97	105	80	93	105
$U_{\text{ном}}$, В	660	660	660	660	660	660	1140	660	660	1140	660	660
η , %	91	90,7	90,7	90,7	89	88	90	87	91	88	89	91
$\cos \varphi_{\text{ном}}$	0,89	0,87	0,87	0,87	0,86	0,83	0,89	0,86	0,87	0,86	0,83	0,89
$I_{\text{пуск}}$, А	500	360	360	360	450	760	455	420	720	430	500	740

Продолжение табл. П.13

Электроприемник	В а р и а н т ы												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Маслостанции: P _{ном} , кВт U _{ном} , В η, % cos φ _{ном} I _{пуск} , А	55+7,5	55+7,5	55	2х55	2х55	110+7,5	110+7,5	110+7,5	110+7,5	18+7,5	55+7,5	55+7,5	55+7,5
	660	660	660	660	660	1140	660	1140	1140	660	660	660	660
	87	90,7	90,7	90,7	90,7	92	92	92	92	90	90,7	90,7	90,7
	0,89	0,87	0,87	0,87	0,87	0,89	0,89	0,89	0,89	0,9	0,89	0,89	0,89
	360	360	360	572	572	420	760	420	420	100	360	360	360
Насос опорожнения: P _{ном} , кВт U _{ном} , В η, % cos φ _{ном} I _{пуск} , А	30	22	18,5	15	45	55	37	55	55	15	45	30	30
	660	660	660	660	660	1140	660	1140	1140	660	660	660	660
	88	90	90	89,5	90	90,7	90	90,7	90,7	89,5	90	91	88
	0,9	0,89	0,9	0,89	0,88	0,86	0,86	0,86	0,86	0,89	0,88	0,9	0,9
	200	130	120	100	320	250	250	250	250	100	320	200	200
Лебедка: P _{ном} , кВт U _{ном} , В η, % cos φ _{ном} I _{пуск} , А	13	17	13	17	15	25	13	25	25	13	15	13	15
	660	660	660	660	660	1140	660	1140	1140	660	660	660	660
	89	88,5	89	88,5	89	88	89	88	88	89	89	89	89
	0,87	0,80	0,87	0,8	0,89	0,89	0,87	0,89	0,89	0,87	0,89	0,87	0,89
	100	120	100	120	120	100	100	100	100	100	120	100	120

Продолжение табл. П.13

Электроприемник	Варианты											
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Маслостанция:												
$P_{ном}, \text{кВт}$	55+7,5	2x55	2x55	55+7,5	55+7,5	45+7,5	2x100	55+7,5	2x17+4	2x110	2x17+4	55+7,5
$U_{ном}, \text{В}$	660	660	660	660	660	660	1140	660	660	1140	660	660
$\eta, \%$	90,7	90,7	90,7	90,7	90,7	89	93	90,7	86	93	86	90,7
$\cos \varphi_{ном}$	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,86	0,89	0,89	0,88	0,89	0,88	0,87
$I_{пуск}, \text{А}$	360	720	720	720	360	300	850	360	230	850	230	360
Насос орошения:												
$P_{ном}, \text{кВт}$	18,5	45	55	15	17	22	55	22	15	55	15	30
$U_{ном}, \text{В}$	660	660	660	660	660	660	1140	660	660	1140	660	660
$\eta, \%$	90	90	90,7	89,5	86	90	90,7	90	89,5	90,7	89,5	88
$\cos \varphi_{ном}$	0,9	0,88	0,86	0,89	0,87	0,89	0,86	0,89	0,89	0,86	0,89	0,9
$I_{пуск}, \text{А}$	120	320	360	100	125	130	250	130	100	250	100	200
Лебедка:												
$P_{ном}, \text{кВт}$	13	15	15	13	15	17	25	13	13	25	17	17
$U_{ном}, \text{В}$	660	660	660	660	660	660	1140	660	660	1140	660	660
$\eta, \%$	89	89	89	89	89	88,5	88	89	89	88	88,5	88,5
$\cos \varphi_{ном}$	0,87	0,89	0,89	0,87	0,89	0,8	0,89	0,87	0,87	0,89	0,8	0,8
$I_{пуск}, \text{А}$	100	120	120	100	100	120	100	100	100	100	120	120

Таблица П.14

Расчетные данные РПП-6 кВ и ПУПП

Вариант	Расчетная мощность, кВт		Расстояние (м)				Количество вводов	
	РПП-6 №1 (без мощности РПП-6 №2)	РПП-6 №2 (без мощности ПУПП)	от ЦПП до РПП-6 №1	от РПП-6 №1 до РПП-6 №2	от РПП-6 №2 до ПУПП	от ПУПП до РПП-0,66 (1, 14) кВ	РПП-6 №1	РПП-6 №2
1	900	600	1100	800	800	80	1	1
2	940	700	1000	500	850	110	1	1
3	900	600	1200	700	700	150	1	1
4	1050	590	1050	680	900	100	2	2
5	980	620	1080	520	850	190	1	1
6	1080	500	1200	800	950	100	2	1
7	1000	800	1100	900	730	95	2	1
8	900	1100	1300	850	900	150	1	1
9	1200	700	1500	750	800	130	2	1
10	950	850	1400	500	700	120	2	1
11	900	900	1200	900	750	150	2	2
12	1050	750	1000	700	680	100	2	1
13	750	1050	1050	680	850	120	2	2
14	850	950	1080	720	750	80	2	1
15	660	1120	1000	750	850	150	2	1
16	580	920	1100	820	650	160	1	1
17	600	900	1200	900	1000	120	1	1
18	560	830	1100	850	750	100	2	1
19	600	920	1050	750	800	120	2	1
20	580	880	980	700	650	150	1	1
21	630	790	1040	650	830	170	1	1
22	720	700	1150	750	720	100	1	1
23	800	590	920	700	700	130	2	1
24	780	620	1050	800	680	90	1	1
25	690	730	980	850	730	140	2	1

Длина кабелей

Вариант	Длина кабелей (м), от РПП-0,66 (1,14) до:						
	комбайна	конвейера лавы	конвейера штрека	маслостанции	насоса орошения	лебедки	ручного сверла
1	100	115	55	35	20	30	230
2	80	60	90	35	38	25	185
3	90	83	67	20	37	32	200
4	110	105	82	38	21	30	215
5	100	52	95	37	20	35	210
6	80	175	73	36	39	30	185
7	90	145	80	38	22	25	200
8	120	45	67	36	20	30	225
9	85	56	78	20	38	32	190
10	100	68	85	25	28	32	215
11	130	70	90	30	33	25	235
12	95	72	54	27	30	30	200
13	184	65	67	36	39	28	190
14	100	95	80	35	38	30	205
15	180	80	72	38	21	28	185
16	110	60	80	36	20	32	215
17	170	88	75	20	23	28	175
18	80	65	92	35	38	30	185
19	100	90	85	38	21	32	203
20	120	100	86	36	20	29	224
21	85	42	33	37	20	31	190
22	170	35	32	36	39	30	175
23	150	32	35	39	22	32	215
24	165	38	40	36	20	35	170
25	80	37	32	35	39	30	185

Таблица П.16

Технические данные рудничных передвижных трансформаторных подстанций

Подстанция	Ном. мощность, кВА	Напряжение XX, В		Сопротивления, Ом		
		ВН	НН	г	х	z
ТСВП-100/6	100	6000±5%	400/690	0,0605/0,0203	0,1553/0,0522	0,1666/0,0560
ТСВП-160/6	160		690/1200	0,0353/0,0119	0,0980/0,0329	0,1041/0,0350
ТСВП-250/6	250		400/690	0,0190/0,0064	0,0639/0,0215	0,0667/0,0224
ТСВП-400/6	400		690/1200	0,0107	0,0403	0,0417
ТСВП-630/6	630		690/1200	0,0056/0,0171	0,0258/0,0782	0,0265/0,0800
ТСВП-1000/6	1000		690/1200	-	-	-
ТСВП-160/6 КП	160		690/400	0,0344/0,0116	0,0983/0,0330	0,1041/0,0350
ТСВП-400/6 КП	400		690	0,0107	0,0403	0,0417
2 ТСВП-160/6 КП	160		400/690	0,0270/0,0091	0,1037/0,0348	0,1071/0,0360
2 ТСВП-400/6 КП	400		690	0,0086	0,0395	0,0405
КТПВ-100/6	100		400/690	0,0543/0,0182	0,1321/0,0444	0,1428/0,0480
КТПВ-160/6	160		400/690	0,0288/0,0097	0,1032/0,0347	0,1071/0,0360
КТПВ-250/6	250		400/690	0,0156/0,0052	0,0648/0,0218	0,0667/0,0224
КТПВ-400/6	400		690	0,0113	0,0389	0,0405
КТПВ-630/6	630		690	0,0050/0,0152	0,0267/0,0809	0,0272/0,0823
КТПВ-1000/6	1000		1200	-	-	-
КТПВ-1250/6	1250		690/1200	-	-	-

Продолжение табл. ПА.16

Подстанция	Номинальный ток, А		цкз. напряжение КЗ, %	I _{XX} , ток XX, %	Потери, Вт	
	ВН	НН			XX при Уном	КЗ при sinα = 1
ТСВП-100/6	9,6	83,5/144	3	2,5	550	1950
ТСВП-160/6	15,5	134/231	3,6	2,2	700	2550
ТСВП-250/6	20	208/361	3,6	1,5	1000	2950
ТСВП-400/6	38,5	333/577	3,5	1,2	1300	3950
ТСВП-630/6	60,6	524/303	3,5	1,1	2000	5200
ТСВП-1000/6	96,2	835/481	5	1	2800	7250
ТСВП-160/6 КП	15,4	133,5/231	3,5	4	1850	1250
ТСВП-400/6 КП	38,5	334,7	3,5	3,6	2000	3600
2 ТСВП-160/6 КП	15,4	133,5/231	3,6	2,4	700	1450
2 ТСВП-400/6 КП	38,5	334,7	3,4	1,3	1350	2900
КТПВ-100/6	9,5	83,5/144	3	2,5	520	1920
КТПВ-160/6	15,4	133/231	3,6	2,1	670	2100
КТПВ-250/6	24,1	209/362	3,5	1,5	950	2930
КТПВ-400/6	38,6	335	3,4	1,2	1300	3950
КТПВ-630/6	60,6	527	3,6	1,1	1950	5100
КТПВ-1000/6	-	-	5	1	2800	7250
КТПВ-1250/6	-	-	5,5	0,8	3200	8300

Таблица П.17

Технические данные силовых трансформаторов напряжением 6-35кВ

Тип трансформатора	Номинальная мощность кВ·А	Номинальное напряжение обмоток, кВ		Потери, кВт		Напряжение к.з., %	Ток х.х., %
		ВН	НН	х.х.	к.з.		
ТМ-63	63	6; 10	0,23;0,4	0,268	1,28	4,5; 4,7	2,8
ТМ-100	100	6; 10	0,23;0,4	0,365	1,97	4,5	2,6
ТМ-100	100	35	0,4	0,42	1,97	6,5	2,6
ТМ-160	160	6; 10	0,23;0,4	0,565	2,65	4,5	2,4
ТМ-160	160	35	0,23;0,4	0,545	3,05	6,5	2,2
ТМ-250	250	6; 10	0,23;0,4; 0,69	0,82	3,7	4,5	2,3
ТМ-250	250	35	0,4; 0,69	1	3,7	6,5	2,3
ТМ-400	400	6; 10	0,4; 0,69	1,05	5,5	4,5	2,1
ТМ-400	400	35	0,4; 0,69	1,35	5,5	6,5	2,1
ТМ-630	630	6; 10	0,4; 0,69	1,56	7,6	5,5	2
ТМ-630	630	35	0,4; 0,69	1,9	7,6	6,5	2
ТСЗ-160/10	160	6; 10	0,23; 0,4; 0,69	0,7	2,7	5,5	4
ТСЗ-160/10	160	6,3; 10,5	0,4	0,7	2,7	5,5	4
ТСЗ-250/10	250	6; 10	0,23; 0,4; 0,69	1	3,8	5,5	3,5
ТСЗ-250/15	250	13,8; 15,7	0,4	1,1	4,4	8	4
ТСЗ-400/10	400	6; 10	0,23; 0,4; 0,69	1,3	5,4	5,5	3
ТСЗ-400/15	400	13,8; 15,7	0,4	1,4	6	8	3,5
ТСЗ-630/10	630	6; 10	0,4; 0,69	2	7,3	5,5	1,5
ТСЗС-630/10	630	6; 10	0,4	2	8,5	8	2
ТСЗ-630/15	630	13,8; 15,7	0,4	2,3	8,7	8	2
ТСЗ-1000/10	1000	6; 10	0,4; 0,69	3	11,2	5,5	1,5
ТСЗС-1000/10	1000	6; 10; 10,5	0,4; 0,63	3	12	8	2
ТМН-1000/10	1000	6; 10	0,4; 0,69	2,1	11	5,5	1,4
ТМН-1600/10	1600	6; 10	0,4; 0,69	2,8	18	6,0	1,3
ТМН-2500/35	2500	10; 35	6,3	6,2	25	6,5	3,5
ТМН-4000/35	4000	35	6,3; 11	8,5	33,5	7,5	3
ТМН-6300/35	6300	35	6,3; 11	12,3	46,5	7,5	3
ТМЗ-630/10	630	6; 10	0,4	1,4	5,6	6,2	1,8
ТМЗ-1000/10	1000	6; 10	0,4	2,1	9,7	10	1,4
ТМЗ-1600/10	1600	6; 10	0,4	2,8	14	6	1,3
ТСЗ-1600/10	1600	6; 10	0,4	4,2	16	5,5	2,5

Таблица П.18

Поправочные коэффициенты на температуру окружающей среды

Нормированная температура жил, °С	Поправочные коэффициенты при фактической температуре среды, °С									
	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
80	1,25	1,2	1,17	1,13	1,09	1,04	1,0	0,95	0,9	0,85
70	1,29	1,24	1,2	1,15	1,11	1,05	1,0	0,94	0,88	0,81
65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,0	0,94	0,87	0,79

Таблица П.19

**Длительно допустимые токи кабелей,
прокладываемых в подземных выработках**

Сечение основной жилы кабеля, мм ²	Марки кабелей и напряжение, кВ						
	Трехжильные бронированные с бумажной изоляцией		ЭВТ		Гибкие с резиновой и пластмассовой изоляцией		
	до 1, кВ	6, кВ	до 1кВ	6кВ	КГЭШ	КГЭШ	ГРШЭ
					6кВ	до 1,2кВ	до 1кВ
2,5	25	—	—	—	—	—	33
4	35	—	—	—	—	45	45
6	45	—	—	—	47	58	58
10	60	54	60	60	65	75	75
16	80	67	85	65	85	105	105
25	105	90	105	90	120	136	136
35	125	110	125	110	145	168	168
50	155	145	155	145	180	200	200
70	200	175	200	200	220	250	250
95	245	215	245	245	265	290	290
120	285	250	—	—	—	—	—
150	330	290	—	—	—	—	—
185	375	325	—	—	—	—	—
240	430	375	—	—	—	—	—

Таблица П.20

Активное и индуктивное сопротивление медных кабелей при 20° С

Сечение жилы кабеля, мм ²	Сопротивление, Ом / км		
	Активное бронированного и гибкого кабеля	Индуктивное бронированного кабеля на напряжение	
		до 1,2 кВ	до 6 кВ
4	4,5	0,095	—
6	3,0	0,090	—
10	1,84	0,073	0,110
16	1,15	0,068	0,102
25	0,74	0,066	0,091
35	0,52	0,064	0,087
50	0,37	0,063	0,083
70	0,26	0,061	0,080
95	0,194	0,060	0,078

Таблица П.21

Основные технические параметры магнитных пускателей

Тип пускателя	Ном. ток, $I_{ном}$, А	Ном. напряжение, $U_{ном}$, В	Коммутационная способность, А		$P_{ном.}$, кВт			Тип защиты	
			выключения (действующее значение)	включения (амплитудное)	380	660	1140	От токов КЗ	От перегрузки
Нереверсивные пускатели									
ПВИ – 32БТ	32	660/380	1100	1900	16	28	—	ПМЗ	ТЗП
ПВИ – 63БТ	63		1500	2700	32	55	—		
ПВИ – 125БТ	125		2500	4600	55	100	—		
ПВИ – 250БТ	250		4000	7000	125	200	—		
ПРВИ – 63	63	660/380	2500	2700	32	55	—	БКЗ	БКЗ
ПРВИ – 125	125	660/380	2500	4600	55	107	—		
ПРВИ – 250	250	660/380	4000/3000	7000/5600	160	210	—		
ПРВИ – 320	320	1140/660	3000/4000	5600/7000	—	270	470		
ПРВИ – 400	400	1140/660	3200/4800	6000/8800	—	340	590		
Реверсивные пускатели									
ПМВИР-41	80	660/380	750/1100	1100/1900	16	27	—	—	—
ПМВИР-250Т	250	660/380	1000/1500	1650/2700	31	54	—	—	—
ПВ- 1140– 2*25	2*25	1140	—	—	—	—	40	ПМЗ	ТЗП
ПВ-1140 –2*63	2*63	1140	1000	1650	—	—	100		
ПВ-1140 –250	250	1140	3750	6900	—	—	237		

Таблица П.22

Уставки блока максимальной защиты ПМЗ

Тип пускателя	Ток уставки, соответствующий условным единицам на шкале блока ПМЗ, А										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПВИ – 32БТ	63	78	93	109	125	140	156	171	187	—	—
ПВИ – 63БТ	125	156	187	218	250	281	312	343	375	—	—
ПВИ – 125БТ	250	312	375	437	500	562	625	687	750	—	—
ПВИ – 250БТ	500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	—	—
ПВИ – 32М	63	78	93	109	125	140	156	171	187	203	218
ПВИ – 63М	125	156	187	218	250	281	312	343	375	406	440
ПВИ – 80М, МР	160	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560
ПВИ – 125М	250	312	375	437	500	562	625	687	750	813	875
ПВИ – 160М	320	400	480	560	640	720	800	880	960	1040	1120

Примечание. Уставки блока ТЗП токовой защиты от перегрузки: 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 и 1,0.

Таблица П.23

Уставки блока БТЗ - 3

Тип пускателя	Положение показателя блока и соответствующий ток, А										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПВИ – 32БТМ	63	78	93	109	125	140	156	171	187	203	218
ПРВ – М - 32											
ПВИ – 63БТМ	125	156	187	218	250	281	312	343	375	406	440
ПРВ – М - 63											
ПВИ – 125БТМ	250	312	375	437	500	562	625	687	750	813	875
ПРВ – М - 125											
ПРВ – М -160	320	400	480	560	640	720	800	880	960	1040	1120

Примечание. Уставки срабатывания токовой защиты блока БТЗ – 3 от перегрузки: 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0 $I_{ном}$.

Таблица П.24

Уставка максимальной токовой защиты блока БКЗ

Тип пускателя	Ток уставки, соответствующий условным единицам на шкале максимальной токовой защиты, А										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПРВИ – 63	125	156	187	218	250	281	312	343	375	406	440
ПРВИ – 125	250	312	375	436	500	562	625	687	750	813	875
ПРВИ – 160В	320	400	480	560	640	720	800	880	960	1040	1120
ПРВИ – 250	500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	1625	1800
ПРВИ – 320	640	800	960	1120	1280	1440	1600	1760	1920	2080	2240
	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800

Примечание. Уставки защиты блока БКЗ от перегрузки: 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 $I_{ном}$.

Таблица П.25

Основные технические данные автоматических выключателей

Тип выключателя	Номинальный ток, А	Коммутационная способность, кА (действующее значение)	Номинальное напряжение, В
АВ – 200ДО	200	17/20	660/380
АВ – 320ДО	320	20/23	660/380
АВ – 320ДО2	320	10	1140
АВ – 315Р	315	20/23	660; 380
АВ – 320Р	320	14/23	660; 380
АВ – 320АПВ	320	20	660
АВ – 400Р1	400	22/27	660; 380
АВ – 400ДО	400	12/22	1140; 660
АВ – 400ДО4	400	11/17	1140/660
АБВ – 250	250	5,5/9	660/380
ВРН – 100	100	13/12	380; 660
ВРН – 200	200	16/13	380; 860
ВРН – 315	315	19/14	380; 660

Таблица П.26

Уставки максимальной защиты автоматических выключателей

Тип выключателя	Тип тока МСЗ	Ток уставок, соответствующий разделениям шкалы установок										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
АВ – 200Р АВ – 200ДО	ПМЗ	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	—	—
АВ – 315Р АВ – 320Р АВ – 320ДО АВ – 320ДО2 АВ – 320АПВ		800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	—	—
АВ – 400ДО1 При $I_{ном}=250А$		800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	—	—
АВ – 400ДО4		500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	—	—
АВ – 400Р1		800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800
ВРН – 100	БТЗ-1	200	250	300	350	400	450	500	550	600	—	—
ВРН – 200	ПМЗ	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	—	—
ВРН – 315		800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	—	—

Таблица П.27

Технические данные КРУВ-6

1	Номинальное напряжение, кВ	6
2	Максимальное напряжение, кВ	7,2
3	Номинальный ток сборных шин, разъединителей и выключателей, А	630
4	Мощность выключения, МВ·А	100
5	Номинальный ток выключения, кА	9,6
6	Ток включения и электродинамической стойкости (амплитудное значение), кА	25
7	Максимальный ток термической стойкости (односекундный), кА	9,6
8	Масса, кг	1250
9	Номинальный ток шкафов (определяется токами трансформаторов тока или параметрами защиты) - для вводной и секционной шкафов, А - для шкафов отходящих присоединений, А	100; 160; 200; 320; 400; 630 20; 32; 40; 50; 80; 100; 160; 200; 320; 400

Таблица П.28

Характеристика максимальной защиты КРУ типа КРУВ-6

Ном. ток шкафа, А	Выполнение ТС, А	Вторичный ток ТС, А	Реле РТМ защиты от ТКЗ		Реле РТ-40 для защиты от перегрузки	
			Ток настройки, А	Ток уставки, А	Ток настройки, А	Ток срабатывания, А
20	100/5	1,0	40...80	60	0,7	1,4
32	100/5	1,5	40...80	60	1,0	2,0
40	100/5	2,0	40...80	60	3,0	3,0
50	100/5	2,5	40...80	60	3,5	3,5
80	200/5	2,0	25...40	30	3,0	3,0
100	100/5	5,0	40...80	60	3,5	7,0
160	150/5	5,0	25...40	40	3,5	7,0
200	200/5	5,0	40...80	60	3,5	7,0
320	300/5	5,0	25...40	40	3,5	7,0
400	400/5	5,0	25...40	30	3,5	7,0
630	600/5	5,0	15...25	20	3,5	7,0

Таблица П.29

Техническая характеристика насосов, применяемых на обогатительных фабриках

Насос	Подача, м ³ /ч	Напор, м	Частота вращения вала, об/мин	Электродвигатель***	
				Тип	Мощность, кВт
ШН250-34	250	34	1470	BAO 82-4	55
ШН500-40	500	40	1450	BAO 92-4	100
ШН1000-45	1000	45	1450	AK111-4	250
ВШН150-1	150	50	1450	AO2-72-4-83	28
6Ш8	250	54	1450	AO2-92-4	100
6Ш8-2	150	33	1450	BAO-72-4	30
8Ш8*	560	35	985	AO3-315-6	110
ШН150М	150	30	1450	BAO 72-4	30
12НДС**	1260	64	1450	-	-
12НДСР**	1080	68	1450	-	-

* - опытная партия; ** - выпускается без рамы и электродвигателя; *** - входит в комплектацию насоса.

Таблица П.30

Технические характеристики асинхронных электродвигателей.

Электродвигатель	Номинальные параметры					$I_{пуск}/I_{ном}$	$M_{пуск}/M_{ном}$	$M_{max}/M_{ном}$
	мощность, кВт	напряжение, В	ток статора, А	к.п.д., %	cosφ			
BP100S4	3	380/660	6,9/4	82	0,81	5,8	2,1	2,5
BP100L4	4	380/660	8,85/5,1	84	0,82	5,8	2,0	2,5
BP112M4	5,5	380/660	11,7/6,8	86	0,83	6,8	2,3	2,9
BP132S4	7,5	380/660	15,2/8,7	89	0,85	7,0	2,3	3,0
BP132M4	11	380/660	22,4/12,8	89,3	0,84	7,0	2,3	3,2
BP160S4	15	380/660	30,0/17,5	90	0,85	6,0	2,5	2,6
BP160M4	18,5	380/660	36,5/22,1	90	0,86	6,0	2,2	2,6
BP180S4	22	380/660	43,0/25,0	88,5	0,88	5,7	2,1	2,3
BP180M4	30	380/660	58,0/33,5	89,5	0,88	5,7	2,1	2,3
BP200M4	37	380/660	71,5/41,5	90,5	0,87	6,1	2,2	2,6
BP200L4	45	380/660	86,0/49,5	91,5	0,87	6,3	2,2	2,7
BP225M4	55	380/660	107,5/62,0	91,5	0,85	6,1	2,1	2,3
BP250S4	75	380/660	140,0/80,5	91,7	0,89	7,0	2,0	2,5
BP250M4	90	380/660	166,0/95,0	92,0	0,90	6,5	2,0	2,5
BP280S4	110	380/660	202,0/116,0	93,5	0,89	6,8	2,0	2,8
BAO2-280S4	132	380/660	245,0/140,0	93,8	0,88	6,5	1,9	2,6
BAO2-280M4	160	380/660	300,0/170,0	94,0	0,89	6,5	1,9	2,6
BAO2-280L4	200	380/660	365,0/210,0	94,2	0,89	6,5	1,9	2,6
BAO2-315M4	250	660	260,0	94,5	0,89	6,5	1,7	2,5
BAO2-315L4	315	660	325,0	94,5	0,89	6,5	1,7	2,5
BAO-61-4Y5	13	1140	9,0	87,0	0,86	7,0	1,3	2,2
BAO-61-4Y5	17	1140	11,0	89,0	0,89	7,0	1,3	2,2
BAO-61-4Y5	22	1140	14,5	88,0	0,88	7,0	1,5	2,2
BAO-72-4Y5	30	1140	19,5	89,0	0,88	7,0	1,5	2,2

Таблица П.3.1

Технические характеристики асинхронных электродвигателей
с фазным ротором.

Электродвигатель	Ном. мощность, кВт	При номинальной нагрузке				Параметры ротора		$M_{max}/M_{нох}$	Маховый момент ротора, кН·м ²
		частота вращени и, об/мин	ток статора , А	к.п.д. , %	cosφ	напря- жение, В	ток, А		
АКН-2-17-23-16У4	315	365	43	91,3	0,78	480	400	2,3	11,9
АКН-2-17-27-16У4	400	365	154	91,9	0,78	565	430	2,3	13
АКН-2-17-31-16У4	500	365	67	92,6	0,78	685	440	2,3	14,4
АКН-2-17-39-16У4	630	365	84	93,3	0,78	855	440	2,4	16,8
АКН-2-18-36-16У4	800	370	108	93,8	0,76	950	520	2,4	34
АКН-2-18-43-16У4	1000	370	132	94,1	0,78	1090	565	2,3	39
АКН-2-18-53-16У4	1250	370	166	94,5	0,72	805	950	2,4	45
АКН-2-19-33-16У4	1600	370	194	94,5	0,84	745	1340	2,2	75,5
АКН-2-19-41-16У4	2000	370	241	94,8	0,85	910	1370	2,3	88,5
АКН-2-16-39-12У4	500	490	65	93,4	0,8	665	455	2,3	7,8
АКН-2-16-48-12У4	630	490	81	93,8	0,8	810	465	2,3	9
АКН-2-16-57-12У4	800	490	102	94,3	0,8	990	480	2,4	10,3
АКН-2-17-48-12У4	1000	495	125	94,6	0,81	1060	560	2,3	18,8
АКН-2-17-57-12У4	1250	495	154	94,8	0,82	1260	590	2,3	21,6
АКН-2-18-43-12У4	1600	495	192	94,6	0,85	850	1150	2,4	39
АКН-2-18-53-12У4	2000	495	237	95	0,86	1050	1170	2,5	45
АКН-2-15-57-10У4	630	590	77	94,5	0,83	850	440	2,3	5,2
АКН-2-15-69-10У4	800	590	98	94,6	0,83	1025	465	2,3	6,2
АКН-2-16-57-10У4	1000	590	121	94,7	0,84	1170	505	2,6	10,4
АКН-2-16-69-10У4	1250	590	150	94,9	0,85	1400	530	2,6	12
АКН-2-17-57-10У4	1600	595	188	95,2	0,86	1480	635	2,4	21,3
АКН-2-17-69-10У4	2000	595	232	95,3	0,87	1770	665	2,4	25,2
АКН-2-15-57-8У4	800	735	95	94,8	0,86	965	490	2,5	4,7

Примечание. Данные электродвигатели изготавливаются напряжением 6 кВ.

Таблица П.32

Коэффициенты спроса, использования и мощности для электроприемников обогатительных и агломерационных фабрик.

Электроприемники	Коэффициенты		
	k_c	k_n	$\cos\varphi$
<i>Дробилки:</i> крупного дробления (щековые, конусные с двухдвигательным приводом)	0,5	0,45	0,62
конусные крупного дробления с однодвигательным приводом, конусные среднего дробления	0,65	0,6	0,75
молотковые	0,85	0,78	0,85
<i>Мельницы:</i> шаровые	0,95	0,9	0,9*
шаровые и стержневые II и III стадий дробления	0,85	0,8	0,9*
<i>Конвейеры ленточные:</i> легкие с приводом до 10 кВт	0,5	0,4	0,6
с лентой шириной до 1400 мм	0,65	0,6	0,75
с лентой шириной 1600 мм и более	0,75	0,7	0,8
<i>Конвейеры электровибрационные</i>	1,0	0,98	0,6
<i>Питатели</i>	0,75	0,65	0,8
<i>Электромагнитные и магнитные сепараторы</i>	0,5	0,4	0,65
<i>Грохоты</i>	0,6	0,5	0,65
<i>Насосы:</i> производственного водоснабжения	0,85	0,8	0,85
песковые производственные	0,8	0,75	0,8
песковые для перекачки хвостов	0,75-0,85	0,7-0,8	0,9**
<i>Вентиляторы производственные, воздуходувки, дымососы, вакуум-насосы</i>	0,8	0,75	0,8
<i>Аглоэксгаустеры</i>	0,8-0,9	0,75-0,85	0,9**
<i>Вагоноопрокидыватели</i>	0,4-0,5	0,35-0,45	0,5-0,6
<i>Насосы масляные</i>	0,7	0,65	0,75
<i>Сварочные трансформаторы ручной электросварки</i>	0,3-0,4	0,2-0,25	0,3-0,45
<i>Общефабричные компрессоры</i>	0,75-0,8	0,65	0,8
<i>Механическое станочное оборудование</i>	0,2	0,16	0,5-0,6
<i>Сантехвентиляция</i>	0,65-0,75	0,6-0,7	0,7-0,8
<i>Котельная</i>	0,7	0,6	0,75
<i>Освещение цехов:</i> производственных	0,85-0,95	0,85-0,95	0,95-1,0
вспомогательных	0,9	0,9	1,0

* - опережающий; ** - опережающий, уточняется по каталогу.

Таблица П.33

Технические данные трехполюсных выключателей переменного тока
серии А3700

Выключатель	Номинальное напряжение В	Номинальный ток, А			Уставка по току срабатывания расцепителей, А		Предельно допустимый ТКЗ, кА
		Выключателей	расцепителей		Тепловых	Электромагнитных	
			Электромагнитных	Тепловых			
<i>Выключатели токоограничивающие с электромагнитными и тепловыми расцепителями</i>							
А371 6Б	380;660	160	150;160	16;20;25;32;40;50;63;80;100;125;150	18;23;29;37;46;57;72;92;115	630;1600	5-75
А372 6Б	380;660	250	170;250	160;200;250	185;230;290	2500	40-75
А373 6Б	380;660	400	400	400	460	4000	40-100
<i>Выключатели нетокоограничивающие с электромагнитными и тепловыми расцепителями</i>							
А371 6Ф	380	160	160	16;20;25;32;40;50;63;80;100;125;160	18;23;29;37;46;57;72;92;115;145;185	1600	5,5-25
А372 6Ф	380	250	250	160;200;250	185;230;290	2500	35
А373 6Ф	380	630	400;630	400;500;630	460;575;725	4000;5000;6300	50
<i>Выключатели токоограничивающие с электромагнитными расцепителями</i>							
А371 2Б	380;660	160	80;160	-	-	630;1000;1600	75
А372 2Б	380;660	250	250	-	-	1600;2000;2500	40;80
А373 2Б	380;660	400	400	-	-	2500;3200;4000	55;100
А374 2Б	380;660	630	630	-	-	4000;5000;6300	60;100
<i>Выключатели нетокоограничивающие с электромагнитными расцепителями</i>							
А371 2Ф	380	160	80;160	-	-	1000;1600	25
А372 2Ф	380	250	250	-	-	1600;2000;2500	35
А373 2Ф	380	630	400;630	-	-	4000;5000;6300	50

Список литературы

1. Авсеев М.Г., Алексеенко А.Ф., Гармаш И.А. Сборник задач по горной электротехнике. – М.: Недра, 1988. – 276 с.
2. Антонов В.Ф., Ахмедов Ш.Ш., Волотковский С.А. и др. Справочник по электроустановкам угольных предприятий. Электроустановки угольных шахт. – М.: Недра, 1988. – 727 с.
3. Ахлюстин В.К. Электрификация обогатительных фабрик. – М.: Недра, 1973. – 424 с.
4. Белорусов Н.И. Электрические кабели, провода и шнуры: справочник. – М.: Недра, 1972. – 536 с.
5. Белый М.М. Электрооборудование и электроснабжение подземных горных работ. – Днепропетровск: Национальный горный университет, 2008 – 212 с.
6. Белый М.М., Заика В.Т., Пивняк Г.Г. и др. Электрификация горных работ: учебник для вузов. – М.: Недра, 1992. – 383 с.
7. Волотковская Н.С., Семёнов А.С. Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий: практикум по выполнению расчетно-графических работ. – М.: Издательство «Перо», 2018. – 23 с.
8. Волотковская Н.С., Семёнов А.С. Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий: лабораторный практикум. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2018. – 84 с.
9. Волотковская Н.С., Семёнов А.С. Электроснабжение горного производства. – М.: Издательство «Перо», 2017. – 41 с.
10. Волотковский С.А., Мирошкин П.П., Самойлов И.С., Чеботаев Н.И., Щуцкий В.И. Электрификация открытых горных работ. – М.: Недра, 1972. – 472 с.
11. Голубев В.А., Мирошкин П.П., Шадрин Н.М. и др. Энергетик карьера: справочник. – М.: Недра, 1986. – 420 с.

12. Декопов Б.И., Тимофеев А.В. Проектирование электроустановок и автоматизации горно-обогатительных предприятий. – М.: Недра, 1981. – 272 с.
13. Дзюбан В.С., Риман Я.С., Маслий А.К. Энергетик угольной шахты: справочник. – М.: Недра, 1983. – 542 с.
14. Дзюбан В.С., Ширник И.Г., Ванеев Б.Н., Гостищев В.М. Справочник энергетика угольной шахты: в 2-х т. – Донецк: ООО «Юго-Восток Лтд», 2001. – т. 1. – 447 с.
15. Кугушева Н.Н., Семёнов А.С. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Системы электроснабжения». – М.: Издательство «Перо», 2015. – 24 с.
16. Озерной М.И. Электрооборудование и электроснабжение подземных разработок угольных шахт. – М.: Недра, 1975. – 448 с.
17. Пивняк Г.Г., Белый М.М., Бажин Г.М. Электроснабжение горных предприятий: справочное пособие. – Днепропетровск: Национальный горный университет, 2008 – 550 с.
18. Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. – М.: Недра, 1976 – 303 с.
19. Правила устройства электроустановок. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2009. – 853 с.
20. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
21. Семёнов А.С. Основы моделирования электротехнических и электромеханических систем. – М.: Издательство «Перо», 2016. – 48 с.
22. Семёнов А.С. Программа MATLAB. – М.: Издательство «Спутник +», 2012. – 40 с.
23. Семёнов А.С., Бебихов Ю.В., Самсонов А.В. Проектирование и расчет внешней электроэнергетической системы. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 56 с.

24. Хубиева В.М., Петрова М.Н., Семёнов А.С. Проектирование электропривода подборщика путем моделирования. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 96 с.
25. Цапенко Е.Ф., Мирский М.И., Сухарев А.В. Горная электротехника. – М.: Недра, 1986 – 431 с.
26. Чулков Н.Н. Электрификация карьеров в задачах и примерах. – М.: Недра, 1972. – 256 с.
27. Щуцкий В.И., Волшиненко Н.И., Плащанский Л.А. Электрификация подземных горных работ: учебник для вузов. – М.: Недра, 1986 – 364 с.



Уважаемые читатели!

Издательство «Спутник+»
предлагает:

- 📖 **ИЗДАНИЕ И ПЕЧАТЬ МОНОГРАФИЙ, КНИГ** любыми тиражами (от 50 экз.).
 - ✓ Срок - от 3-х дней в полноцветной и простой обложке или твердом переплете.
 - ✓ Присвоение ISBN, рассылка по библиотекам и регистрация в Книжной палате.
 - ✓ Оказываем помощь в реализации книжной продукции.
 - 📖 **ПУБЛИКАЦИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ** для защиты диссертаций в журналах по гуманитарным, естественным и техническим наукам.
 - ✓ Журнал «Естественные и технические науки» входит в перечень ВАК.
 - 📖 **ПРОВЕДЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАОЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ** по всем научным направлениям для аспирантов, соискателей, докторантов и научных работников.
 - 📖 **ПУБЛИКАЦИЯ СТИХОВ И ПРОЗЫ** в журналах «Российская литература», «Литературный альманах «Спутник» и «Литературная столица».
- + **Набор, верстка, корректура и редакция текстов.**
+ **Печать авторефератов, переплет диссертаций (от 1 часа).**
-
- **Переплетные работы, тиснение, полноцветная цифровая печать.**

Наш адрес: Москва, 109428, Рязанский проспект, д. 8 А
тел. (495) 730-47-74, 778-45-60, 730-48-71 с 9 до 18 (обед с 14 до 15)
<http://www.sputnikplus.ru> e-mail: print@sputnikplus.ru

Учебное издание

Бибихов Юрий Владимирович,
Волотковская Наталья Сергеевна,
Семёнов Александр Сергеевич

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Учебное пособие для студентов направления
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
и специальности 21.05.04 «Горное дело»*

Издательство «Спутник +»
109428, Москва, Рязанский проспект, д. 8А.
Тел.: (495) 730-47-74, 778-45-60 (с 9.00 до 18.00)
Подписано в печать 19.12.2018. Формат 60×90/16.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,44. Тираж 50 экз. Заказ 2085.
Отпечатано в ООО «Издательство «Спутник +»