



А. И. Герасимов

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ КАРЬЕРА
Методические указания

УДК 621.313.130.075.83:622.271
ББК 31.29 - 5
Г37

Электроснабжение карьера: Методические указания по проектированию для студентов специальности "Электропривод и автоматика промышленных установок и технологический комплексов". Сост. А. И. Герасимов; КГАЦМиЗ.- Красноярск, 2003. - 61 с.

Рассмотрены основные положения и требования, к выполнению разделов проекта по электроснабжению и электрооборудованию карьеров. Приведены примеры расчетов. Имеются справочно-информационные материалы.

Рис. 2, табл. 34, библиогр. 11 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета академии.

© Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Красноярская государственная академия цветных металлов и золота, 2003

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	4
1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К ОБЪЕМУ И ОФОРМЛЕНИЮ ПРОЕКТА	5
3. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	6
4. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ	8
4.1. Общие положения	8
4.2. Расчет освещения карьера, отвалов и промплощадки	8
4.3. Расчет освещения автодорог	10
4.4. Расчет освещения помещений	10
5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ И ВЫБОР ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ	11
5.1. Определение электрической расчетной мощности участков и карьера в целом	11
5.2. Выбор трансформаторов для ГПП или ПКТП-35/6-10 кВ	13
5.3. Выбор ПКТП - 6/0,4 кВ	14
6. РАСЧЕТ ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ	15
6.1. Определение расчетных токов	15
6.2. Выбор сечений проводников	15
6.3. Проверка сети по потере напряжения в пусковом режиме	27
6.4. Расчет установки продольно-емкостной компенсации	28
7. РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ	29
8. ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	30
9. ВЫБОР РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ	31
9.1. Построение релейной защиты	31
9.2. Расчет токов однофазного замыкания на землю в сети 6 - 10 кВ	32
9.3. Сетевая автоматика	34
10. РАСЧЕТ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ	35
11. ВЫБОР УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ	36
12. ТЕХНИКО - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ	38
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	29
ПРИЛОЖЕНИЯ	40
Приложение 1. Задание на курсовой проект	40
Приложение 2. Условные графические обозначения	41
Приложение 3. Справочно-информационные материалы	42

Основные сокращения

АД - асинхронный двигатель;
АВР - автоматическое включение резерва;
ВН - высшее напряжение;
НН - низшее напряжение;
КЗ - короткое замыкание;
ПВ - относительная продолжительность включения;
ПКТП – передвижная комплектная трансформаторная подстанция;
ППРП – передвижная понизительная распределительная подстанция;
РП - распределительный пункт или распределительная подстанция;
ПП – приключательный пункт;
РУ - распределительное устройство;
ВЛ – воздушная линия электропередачи;
КЛ – кабельная линия электропередачи;
ЭП - электроприемник;
ТТ - трансформатор тока;
КЗР - короткозамкнутый ротор;
КСС - кривая силы света

Условные обозначения

I_n - номинальный ток;
 $I_{расч}$ – полный расчетный ток;
 I_a – активная составляющая расчетного тока;
 I_p – реактивная составляющая расчетного тока;
 I_n - пусковой ток одиночного ЭП;
 $k_{п.н}$ – коэффициент пускового тока двигателя номинальный;
 $I_{кр}$ - кратковременный пиковый ток группы ЭП;
 $I_{пр}$ - расчетный ток проводника;
 $I_{дл}$ - длительно допустимый ток в проводнике при нормальных условиях прокладки;
 k_n – поправочный коэффициент на длительно допустимый ток в проводнике по условиям прокладки;
 P_n - номинальная активная мощность электроприемника;
 $S_{н.т}$ - номинальная мощность трансформатора;
 P_p - расчетная активная мощность электроприемников;
 Q_p - расчетная реактивная мощность электроприемников;
 S_p - расчетная полная мощность электроприемников;
 $P_{кз}$ - потери мощности короткого замыкания трансформатора;
 $U_{кз} \%$ - напряжение короткого замыкания трансформатора
 k_3 - коэффициент загрузки

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Методические указания составлены для подготовки дипломированных специалистов по направлению 654500 «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» по дисциплине «Электрификация горных предприятий» в соответствии с разделом ДС.05 «Дисциплины специализаций» Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования подготовки инженера по специальности 180400 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов», утвержденного Государственным комитетом Российской Федерации по высшему образованию 27 марта 2000 г., рег. № 207 тех/дс. Методические указания могут быть использованы студентами специальностей 170100, 090500.

1. Исходные данные для проектирования

Данные для проектирования студенты получают на практике, а также из периодической печати, литературы или от руководителя курсового и дипломного проектирования. Для начала работы над проектом желательно иметь следующую информацию:

- 1) план горных работ с нанесенными на него электрифицированными горно-транспортными машинами, воздушными и кабельными линиями, приключательными пунктами, подстанциями, осветительными установками, ж. д. путями, автомобильными дорогами и другими техническими сооружениями и установками;
- 2) принципиальные схемы электроснабжения;
- 3) генеральный план поверхности рудника с указанием зданий, сооружений, ЛЭП, подстанций;
- 4) сведения о промышленной площадке, ее размерах и всех электроприемниках, находящихся на ней;
- 5) наименование энергосистемы, от которой питается карьер;
- 6) источники питания постоянного и переменного тока;
- 7) величины токов короткого замыкания в электрических сетях;
- 8) общая характеристика карьера: тип полезного ископаемого, объемы добычи и вскрыши;
- 9) климатические и геологические данные района: местонахождение, средние и предельные температуры воздуха и почвы, атмосферное давление, максимальная сила ветра, число грозных дней в году, степень и характер загрязнения атмосферы, максимальный уровень грунтовых вод, характеристика грунтов по электропроводности;
- 10) перечень объектов основного технологического комплекса,

- 11) вспомогательных объектов, размещаемых на территории предприятия и поблизости;
- 12) характеристика электроприемников по мощности, напряжению, роду тока, исполнению, вентиляции;
- 13) особенности электрического освещения;
- 14) режимы работы основных смен, их число, годовое число часов работы оборудования, категории электроприемников;
- 15) характеристика среды: классы взрыво- и пожароопасности, наличие химически активной среды, где работает электрооборудование;
- 16) исполнение электрооборудования по степени защиты от воды, пыли, химически активной среды;
- 17) выполнение защитного заземления и зануления: естественные заземлители, искусственные заземлители, заземляющие и нулевые защитные проводники;
- 18) защиты от однофазных замыканий на землю для высоковольтных сетей и устройства защитного отключения для низковольтных сетей;
- 19) планы раскладки заземляющих проводников и заземления цеха.
- 20) экономические показатели: стоимость электрооборудования, тарифы на электроэнергию, нормативы отчислений на амортизацию и обслуживание электрооборудования, число часов использования максимума активной мощности.

2. Требования к объему и оформлению проекта

Проект должен содержать расчетно-пояснительную записку на 40 - 60 страницах (с рамками и штампами) и графическую часть, выполненную не менее чем на двух листах формата А1 или на прозрачных пленках формата А4 при оформлении с помощью компьютера.

Обязательными чертежами являются:

- 1) план горных работ с указанием мест установки горно-транспортного оборудования и электрических сетей;
- 2) принципиальные схемы электроснабжения.

Планы горных работ выполняют в соответствии с [10; 11]: условные графические обозначения элементов приведены в прил. 2. На планах горных работ наносят экскаваторы, буровые станки, водоотливные установки, подстанции, приключательные пункты, воздушные и кабельные линии, заземляющие устройства. Пример выполнения плана участка горных работ представлен на рис. 1.

Принципиальные схемы электроснабжения выполняются по ГОСТ 2.702—75, ГОСТ 2.710—81.

Дипломный проект отличается от курсового проекта тем, что выполняется не для участка горных работ, а для всего карьера. Перечень

обязательных, решаемых в проектах вопросов, приведен в прил. 1. Каждый студент по заданию разрабатывает специальный вопрос проекта.

3. Построение системы электроснабжения

При выборе и построении системы электроснабжения карьера учитывают следующие основные факторы: систему разработки; горнотехнические параметры карьера; наличие мощных электроприемников; погоднo-климатические условия района расположения карьера; перспективы развития карьера. Электроснабжение карьеров должно осуществляться от районных энергосистем по воздушным линиям (ВЛ) электропередачи напряжением 35 - 220 кВ с применением принципа глубокого ввода путем установки передвижных комплектных трансформаторных подстанций (ПКТП) напряжением 110-35/6-10 кВ в пределах горных работ. Для сетей напряжением 6-10 кВ карьеров применяют в основном системы с изолированной нейтралью: допускается заземление нейтрали через высокоомные резисторы, трансформаторные и другие устройства, обеспечивающие наложение активного тока на полный ток замыкания на землю (см. табл. П. 3.24).

Схему электроснабжения карьера рекомендуется принимать: при транспортной системе разработки - продольную, с расположением передвижных ВЛ напряжением 6-10 кВ на уступах; при бестранспортной системе разработки - построенную по принципу блока «ВЛ 35 - 110 -ПКТП 35-110/6-10 кВ» с бортовыми магистральными и радиально - поперечными ВЛ 6-10 кВ; при применении техники непрерывного действия (поточная технология) - магистрально-радиальную с расположением кабельных линий электропередачи (КЛ) на уступах; при комбинированной системе разработки - комбинации схем электроснабжения разрезов с циклической и поточной технологиями.

Вопрос об окончательном выборе системы электроснабжения решается технико-экономическим сравнением возможных вариантов по минимуму приведенных затрат (см. п. 11).

При построении схемы распределения электроэнергии на карьере к одной передвижной ВЛ напряжением 6-10 кВ рекомендуется присоединять не более: трех экскаваторов с ковшом вместимостью до 5 м³ и трех ПКТП единичной мощностью до 630 кВА; двух экскаваторов с ковшом вместимостью до 15 м³ и двух ПКТП единичной мощностью до

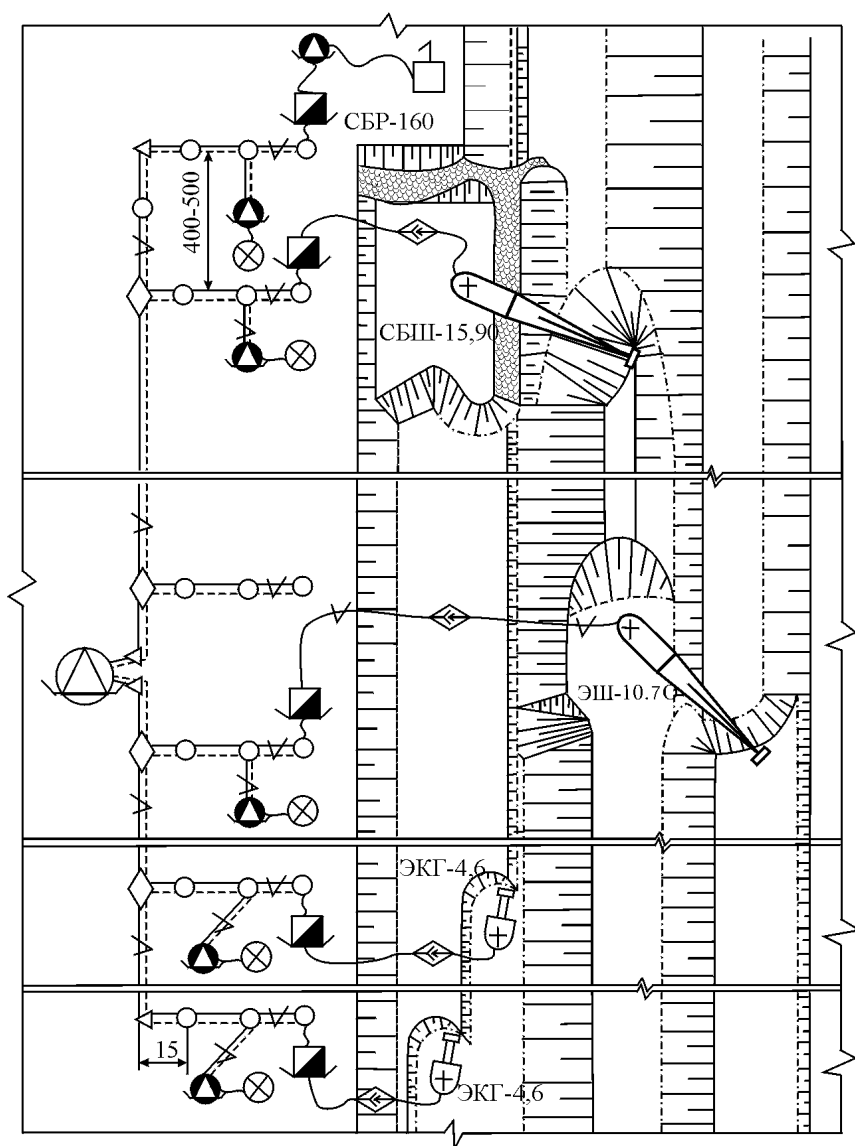


Рис.1. План участка горных работ

630 кВА; одного экскаватора с ковшом вместимостью 20 м^3 и более, двух ПКТП единичной мощностью до 630 кВА; двух роторных (многочерпаковых) экскаваторов с теоретической производительностью до $1300 \text{ м}^3/\text{ч}$ и двух ПКТП единичной мощностью до 630 кВА; пяти ПКТП единичной мощностью до 100 кВА для питания силовых потребителей или не более десяти ПКТП единичной мощностью до 100 кВА для питания осветительных установок. Ток металлического однофазного замыкания на землю не должен превышать 15 А: в случае превышения сеть рекомендуется разукрупнять путем установки дополнительных ПКТП 35/6-10 кВ.

На сверхмощных карьерах для электроснабжения горно-технологического оборудования возможно использование передвижных понизительных распределительных подстанций ППРП 110/6-10 кВ.

4. Электрическое освещение

4.1. Общие положения

При проектировании выполняют светотехнические и электротехнические расчеты освещения карьера, промышленной площадки, автодорог и помещений промплощадки. В светотехнический расчет входит: выбор источников света и осветительных приборов; выбор системы освещения; выбор расчетных коэффициентов и минимальной освещенности; определение мощности ламп, необходимых для получения заданной освещенности определение числа и расположения светильников. Для решения перечисленных задач в практике проектирования для расчета освещения карьерами, промплощадки используют метод светового потока, для расчета освещения автодорог - точечный метод, для расчета освещения помещений - метод удельной мощности. Места работ и объекты карьера, подлежащие освещению, а также их нормируемую освещенность следует принимать в соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом». Для осветительных установок с ксеноновыми лампами, которым для работы необходимо два уровня напряжения (220 и 380 В), рекомендуется принимать индивидуальные трансформаторы 6/0,4 кВ с выведенной нулевой точкой (см. табл. П.3.22).

4.2. Расчет освещения карьера, отвалов и промплощадки

Освещаемую территорию условно представляют в виде прямоугольника площадью $S = L \cdot M, \text{ м}^2$, где L, M – длина и ширина карьера, м.

Световой поток, необходимый для обеспечения минимальной освещенности карьера определяется по формуле:

$$F_0 = E_n \cdot S, \text{ лм},$$

где E_n – требуемая нормируемая минимальная освещенность, лк ($E_n = 0,2 \dots 0,5$ лк).

Места работы машин и механизмов должны иметь усиленную освещенность $E'_n = 5$ лк.

Площадь с усиленной освещенностью (м):

$$S_d = \frac{2}{3} L \cdot m \left(b + \frac{h}{\sin \alpha} \right),$$

где m – число уступов, на которых работы проводятся одновременно; b , h – средняя ширина и высота уступа, м; α – угол откоса уступа, град.

Требуемый световой поток (лм) для создания усиленной освещенности:

$$F_d = E'_n \cdot S_d.$$

Полный световой поток для освещения картера (лм): $F_k = F_o + F_d$.

$$\text{Требуемое количество прожекторов (шт): } N = \frac{F_k \cdot k_3 \cdot C}{\eta_{пр} \cdot F_l},$$

где k_3 – коэффициент запаса ($k_3 = 1,5$); C – коэффициент, учитывающий потери света ($C = 1,15 \dots 1,5$); $\eta_{пр}$ – КПД прожекторов; F_l – световой поток лампы в прожекторе (табл. П.3.1 – П.3.3), лм.

Минимальная высота установки прожекторов (м):

$$H_{min} = \sqrt{\frac{I_{max}}{300}} \text{ м},$$

где I_{max} – осевая сила света прожектора (табл. П.3.2.–П.3.3), кд.

Места установки прожекторов определяют путем наложения на план горных работ изолюкс равной горизонтальной освещенности (0,5 и 5 лк): при этом уточняется и корректируется количество прожекторов [2].

Мощность силового трансформатора (кВА) для питания ламп ДКсТ:

$$S_{тр} = \frac{\sqrt{3} \cdot P_l}{\cos \varphi_{уст} \cdot \eta_{ос}}.$$

где P_l – мощность лампы, кВт; $\cos \varphi_{уст}$ – коэффициент мощности осветительной установки ($\cos \varphi_{уст} = 0,95$); $\eta_{ос}$ – КПД осветительной сети ($\eta_{ос} = 0,95 \dots 0,96$).

4.3. Расчет освещения автодорог

Минимальная освещенность дороги на осевой линии должна составлять $E_{min} = 0,5$ лк. Расчет выполняют в следующей последовательности:

- 1) Принимают боковое расположение светильников на опорах.
- 2) Определяют следующие размеры: расстояние между опорами – l ; высоту подвески светильников – h ; расстояние от осевой линии опор до осевой линии дороги – X ; половину расстояния между опорами $Y = l/2$.
- 3) Рассчитывают соотношения величин: $\xi = X/h$; $\eta = Y/h$.
- 4) По табл. П.3.4 определяют относительную освещенность точки на оси дороги на равном расстоянии между опорами: $\varepsilon = f(\xi, \eta)$.
- 5) Освещенность от двух светильников $\sum \varepsilon = 2\varepsilon$.
- 6) Необходимый световой поток одной лампы (лм.):

$$F_{\text{л}} = \frac{1000 E_{\text{min}} k_3 h^2}{\mu \sum \varepsilon},$$

где k_3 коэффициент запаса ($k_3=1,5$ - для люминесцентных ламп; $k_3=1,3$ - для ламп накаливания); μ - коэффициент, учитывающий свет удаленных светильников $\mu = 1,1 \dots 1,2$).

7) По расчетной величине $F_{\text{л}}$ принимают лампу со световым потоком, который не должен отличаться более, чем на 10 - 20%.

8) Полное количество светильников для освещения дороги:

$$N_{\text{св}} = \frac{L-l}{l}, \text{ шт.},$$

где L длина дороги, м; l – длина пролета между опорами.

4.4. Расчет освещения помещений

Сущность метода удельной мощности заключается в том, что между величиной освещенности E_{min} , и мощностью источников света ω , приходящейся на 1 м^2 существует прямо пропорциональная зависимость. Величину ω следует принимать по [8, табл. 5-21 - 5-49]. ω определяется в зависимости от высоты подвески светильников h , площади S , освещенности E_{min} . Если расчетные величины по факту отличаются от входных табличных параметров, то полученную величину ω следует пересчитать пропорциональна на каждый отличительный признак. Если фактические коэффициенты отражения лучше входных табличных, то ω уменьшается на 20%, соответственно если они хуже, то увеличивается на 20% (все это с учетом прочих поправок). В связи с большим количеством освещаемых помещений расчеты рекомендуется сводить в таблицы.

5. Электрические нагрузки и выбор трансформаторной подстанции

5.1. Определение электрической расчетной мощности участков и карьера в целом

Расчет электрических нагрузок производят методом установленной мощности и коэффициента спроса. Все электроприемники делят на группы одинаковых нагрузок по мощности, назначению и характеру работы. По каждой группе электроприемников (табл.1) рассчитывают: установленную мощность $P_{усті} = P_{ні} \cdot n_i$ кВт; активную расчетную нагрузку

$P_{рi} = P_{усті} \cdot K_{с.тр}$ кВт; расчетную реактивную нагрузку

$Q_{рi} = P_{рi} \cdot \operatorname{tg}\varphi_i$ квар; расход активной электроэнергии

$W_{аi} = P_{рi} \cdot T_i$ кВт·ч; расход реактивной электроэнергии,

$W_{рi} = Q_{рi} \cdot T_i$ квар·ч. Расчетную полную нагрузку (кВА) участка или

карьера определяют по выражению $S_p = \sqrt{(\sum P_{рi})^2 + (\sum Q_{рi})^2}$.

Полная расчетная электрическая нагрузка (табл. 1) участка карьера

$$S_p = \sqrt{2972,7^2 + (-69,4)^2} = 2973,5 \text{ кВА.}$$

Энергетические характеристики основных электроприемников имеются в приложениях (табл. П. 3.14 ... П- 3.21).

Коэффициенты спроса и коэффициенты мощности для основного электрооборудования принимаются по табл. П.3.20, Для одноковшовых экскаваторов коэффициенты спроса определяются по табл. П.3.21 в зависимости от суммарного количества одноковшовых экскаваторов, получающих питание от подстанции: при этом учитывается характер работы - добыча или вскрыша. Расчетную нагрузку средних и мощных экскаваторов определяют отдельно для сетевых электродвигателей и трансформаторов, так как они работают с разными коэффициентами мощности ($\cos\varphi_{дв}$, $\cos\varphi_{тр}$). Коэффициенты спроса принимаются одинаковыми для двигателей и трансформаторов. Для экскаваторов с асинхронными двигателями $\cos\varphi_{дв}$ принимают по табл. П.3.20. Для экскаваторов с синхронными двигателями $\cos\varphi_{дв}$ принимают номинальный по табл. П.3.14. Коэффициент мощности для трансформаторов $\cos\varphi_{тр} = 0,7$.

Таблица 1

Пример расчета электрической нагрузки участка карьера (рис.1)

Потребители электроэнергии	n _i , шт	P _н , кВт	P _{уст} , кВт	Расчетные коэффициенты			Расчетная нагрузка		T, ч/г	Годовой расход	
				κ _{с.тр}	cosφ	tgφ	P _p , кВт	Q _p , квар		W _a ·10 ⁶ , кВт·ч	W _p ·10 ⁶ , квар·ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Электропотребители напряжением 6 кВ

Экскаваторы на добыче:

ЭКГ-4,6:

двигатели	2	250	500	0,67	0,62	1,126	335	442,1	4300	1,44	1,81
трансформаторы	2	30	60	0,67	0,7	1,02	28,1	28,7	4300	0,121	0,123

Экскаваторы на вскрыше

ЭШ-15.90:

двигатели	1	1900	19000	0,64	0,85	on -0,62	1216	-753,9	4500	5,47	-3,39
трансформаторы	2	400	800	0,64	0,7	1,02	358,4	365,6	4500	1,613	1,644

ЭШ-10.70:

двигатели	1	125	12500	0,64	0,9	on -0,48	800	-384	4500	3,6	-1,73
трансформаторы	1	250	250	0,64	0,7	1,02	112	114,2	4500	0,72	0,73
Итого.							2849,5	-187,3		12,964	-0,813

Электропотребители низкого напряжения

Буровой станок

СБР-160	1	128	128	0,65	0,7	1,02	83,2	84,9	6000	0,5	0,51
---------	---	-----	-----	------	-----	------	------	------	------	-----	------

Подстанции для осветительных установок

МТП-40/6/0,4	5	40	200	0,5	0,95	0,33	100	33	2000	0,2	0,07
--------------	---	----	-----	-----	------	------	-----	----	------	-----	------

Итого по низковольтным							123,2	117,9		0,7	0,58
Всего па участку:							2972,7	-69,4		13,664	-0,233

Если на карьере преобладает нагрузка от асинхронных двигателей, то полная расчетная мощность во многом зависит от мероприятий по компенсации реактивной мощности. Для таких предприятий $\sum Q_{pi}$ и средневзвешенный коэффициент мощности $\cos\varphi_{ср.взв}$ носят индуктивный характер:

$$\cos\varphi_{ср.взв} = \frac{\sum W_{ai}}{\sqrt{(\sum W_{ai})^2 + (W_{pi})^2}}.$$

Если $\cos\varphi_{ср.взв} < 0,92...0,95$, необходимо предусмотреть комплектные конденсаторные установки по расчетной мощности (квар)

$$Q_K = \sum P_{pi} (tg\varphi_1 - tg\varphi_2),$$

где $tg\varphi_1$ - коэффициент реактивной мощности, соответствующий $\cos\varphi_{ср.взв}$

тивной мощности, соответствующий желаемому $\cos\varphi$. Полная расчетная мощность нагрузок после компенсации реактивной мощности:

$$S_p = \sqrt{(\sum P_{pi})^2 + (\sum Q_{pi} - Q_K)^2}, \text{ кВА}$$

5.2. Выбор трансформаторов для ГПП или ПКТП - 35/6-10 кВ

Выбор типа, мощности и расположения подстанций обуславливается величиной электрических нагрузок и размещением их на плане горных работ карьера. На карьерах малой и средней производительности обычно сооружается главная понизительная подстанция ГПП 35 - 220/6 кВ. Количество силовых трансформаторов на ГПП зависит от наличия в карьере электроприемников первой и второй категорий. К первой категории относятся водоотливные установки, дренажные шахты и подъемные установки. Если их нет, то на ГПП принимают один трансформатор из условия: $S_{н.т} \geq S_p$.

В случае наличия на карьере электроприемников первой категории на ГПП принимается к установке два трансформатора одинаковой мощности. Расчетную мощность (кВА) одного трансформатора определяют по выражению $S_{тр1} = K_{1-2} \cdot K_{см} \cdot S_p$, где K_{1-2} - коэффициент, учитывающий наличие на предприятии электроприемников первой и второй категорий ($K_{1-2} = 0,75 \dots 0,8$). $K_{см}$ - коэффициент совмещения максимума ($K_{см} = 0,9 \dots 0,95$). Мощность принимаемого к установке трансформатора должна удовлетворять условию $S_{н.т} \geq S_{тр1}$. Выбранные трансформаторы проверяются по перегрузочной способности на случай аварии одного из них: $k_{пер} = S_p / S_{н.т}$. Должно выполняться условие $1,1 < k_{пер} < 1,4$. Основными критериями правильности выбора количества, номинальной мощности и типа трансформаторов ГПП являются технико-экономические расчеты. Из всех возможных вариантов принимается вариант с наименьшими приведенными затратами (см. п. 11).

При современных масштабах горных работ питание электроприемников от ГПП на мощных карьерах связано с большой протяженностью электрических сетей 6-10 кВ, что обуславливает увеличение затрат на сооружение и эксплуатацию ЛЭП, рост потерь электроэнергии, ухудшение качества электроэнергии. Крупные карьеры рекомендуется делить на участки. Каждый участок питается от своей блочной передвижной комплектной трансформаторной подстанции ПКТП или сборно-разборной СПКТП. Благодаря ПКТП или СПКТП возможен глубокий ввод электроэнергии напряжением 35 - 110 кВ на рабочие уступы карьера. Перечень выпускаемых промышленностью подстанций для участков карьеров приведен в табл. П.3.22. Подстанции для участков выбирается по условию $S_{н.т} \geq S_p$.

5.3. Выбор ПКТП-6/0,4 кВ

Передвижные подстанции для питания низковольтных электроприемников напряжением 0,4 кВ выбирают по двум условиям: 1) возможности прямого пуска асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором; 2) величине расчетной нагрузки.

Возможен упрощенный выбор силового трансформатора ПКТП-6/0,4 кВ по условию пуска двигателей: мощность наибольшего по величине двигателя с короткозамкнутым ротором в группе электроприемников должна быть меньше 30% мощности $S_{н.т}$ при редких пусках или меньше 20% от $S_{н.т}$ при частых пусках; если от подстанции получает питание один двигатель с короткозамкнутым ротором, то его мощность должна быть меньше $0,8 S_{н.т}$.

Силовой трансформатор ПКТП-6/0,4 кВ (табл.П.3.22) по второму условию выполняют по расчетной мощности трансформатора (кВА)

$$S_{р.ПКТП} = \frac{K_c \cdot \sum P_{нi}}{\cos\varphi_{ср}},$$

где $P_{нi}$ - номинальная мощность i-го потребителя, кВт; K_c - групповой коэффициент спроса (табл. П.3.20) $\cos\varphi_{ср} = \frac{\sum P_{нi} \cdot \cos\varphi_i}{\sum P_{нi}}$ - средний коэффициент мощности группы электроприемников.

6. Расчет воздушных и кабельных линий

6.1. Определение расчетных токов

К пояснительной записке выполняют вкладыш со схемой распределения энергии (без уступов и контуров карьера), полностью соответствующей схеме, нанесенной на плане горных работ. Длины всех участков линий указывают на вкладыше (рис. 2) или в отдельной таблице.

Предварительно линии и участки линий на схеме распределения электроэнергии 6 кВ карьера нумеруют так, как показано на рис. 2. Нумерация позволяет точно ориентироваться в проектных расчетах.

Расчетные токи определяют по расчетным мощностям путем деления их на $\sqrt{3} \cdot U_{н}$. Расчетные мощности находят умножением номинальных мощностей на коэффициенты спроса. Определяют средние и максимальные расчетные мощности. Расчет токов выполняются дважды:

по средним коэффициентам спроса $K_{с.ср}$ (табл. П.3.21) определяют сред

ние расчетные токи $I_{расч}$ длительного режима работы электроприемников; по максимальным коэффициентам спроса $K_{с.мах}$ определяют максимальные расчетные токи $I_{расч.мах}$ кратковременного режима работы электроприемников - пусковые. Следует иметь в виду, что максимальные расчетные токи определяют только для двигателей, а результирующие максимальные расчетные токи в линиях получают соответствующим суммированием максимальных токов двигателей со средними токами трансформаторов (табл. 2).

6.2. Выбор сечений проводников

Сечения проводников воздушных и кабельных линий напряжением до и выше 1000 В выбирают по нагреву средним расчетным током $I_{расч}$ с последующей проверкой: по экономической плотности среднего расчетного тока (только для ЛЭП 6 - 35 кВ со сроком службы более 5 лет); по механической прочности; по допустимой потере напряжения, создаваемой максимальным расчетным током.

Выбор сечения проводников по нагреву сводится к сравниванию среднего расчетного тока $I_{расч}$ с длительно допустимыми токами $I_{дл}$ для проводников стандартных сечений (табл. П.3.9 - П.3.12).

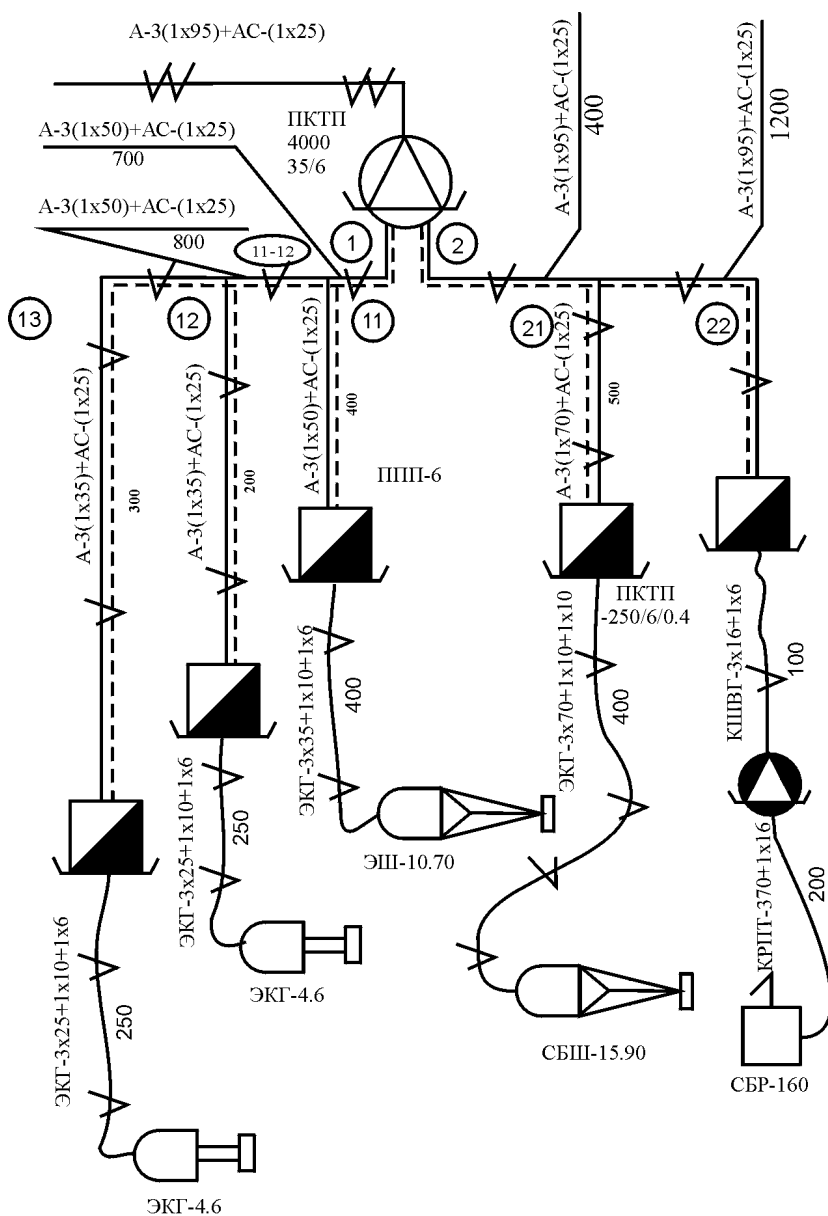


Рис.2. Схема распределения электроэнергии на участке карьера

Таблица 2

Пример расчета распределительной сети напряжением 6 кВ

Разделы расчета	Пояснения, расчетные величины и формулы	Номера участков линий к рис. 2				
		13	12	11-12	11	1
Характеристика рассчитываемого участка, наименование электроприемников		ВЛ+ПП+ КЛ+ ЭКГ-4,6	ВЛ+ПП+ +КЛ+ ЭКГ-4,6	ВЛ питает два ЭКГ- 4,6	ВЛ+ПП+ +КЛ+ ЭШ-10.70	ВЛ питает три экска- ватора
Длина участка	воздушная линия, $L_{в\lambda}$, м	300	200	800	400	700
	кабельная линия, $L_{к\lambda}$, м	250	250	-	400	-
Мощ- ность	$P_{н.дв}$, кВт	250	250	500	1250	1750
	$S_{н.т}$, кВА	30	30	60	250	310
Расчет- ные	$K_{с.ср}$	0,44	0,44	0,43	0,43	0,39
	$K_{с.мах}$	1,6	1,6	1,6	1,5	1,3
коэф- фици- енты:	$\cos\varphi_{дв}$	0,62	0,62	0,62	0,9он	0,999
	$\cos\varphi_{тр}$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	$tg\varphi_{дв}$	1,26	1,26	1,26	-0,48	0,02
	$tg\varphi_{тр}$	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Расчет- ная мощ- ность средняя	$P_{р.дв} = P_{н.дв} K_{с.ср}$, кВт	110	110	215	537,5	682,5
	$P_{р.тр} = S_{н.т} K_{с.ср} \cos \varphi$, кВт	9,24	9,24	18,06	75,25	119,7
	$\Sigma P_p = \Sigma P_{р.дв} + \Sigma P_{р.тр}$, кВт	409,24	409,24	818,06	1950,25	2394,7
	$Q_{р.дв} = P_{р.дв} tg\varphi_{дв}$, квар	138,6	138,6	270,9	- 258	13,65
	$Q_{р.тр} = P_{р.тр} tg\varphi_{тр}$, квар	9,43	9,43	18,42	76,76	122,09
	$\Sigma Q_p = \Sigma Q_{р.дв} + \Sigma Q_{р.тр}$, квар	148,03	148,03	289,32	-181,24	135,74

Продолжение табл. 2

Разделы расчета	Пояснения, расчетные величины и формулы	Номера участков линий к рис. 2				
		13	12	11-12	11	1
Расчет- ная мощ- ность макси- мальная	$P_{p,дв.маx} = P_{н,дв} \cdot K_{с.маx}$,	400	400	800	1875	2275
	$P_{p,тр.маx} = P_{p,тр}$, кВт	9,24	9,24	18,06	75,25	119,7
	$\Sigma P_{p.маx} = \Sigma P_{p,дв.маx} + \Sigma P_{p,тр}$, кВт	409,24	409,24	818,06	1950,25	2394,7
	$Q_{p,дв.маx} = P_{p,дв.маx} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{дв}$, квар	504	504	1008	-900	45,5
	$Q_{p,тр.маx} = Q_{p,тр}$, квар	9,43	9,43	18,42	76,76	122,09
	$\Sigma Q_{p.маx} = \Sigma Q_{p,дв.маx} + \Sigma Q_{p,тр}$, квар	513,43	513,43	1026,42	-832,24	167,59
Средний расчетный ток	$\Sigma I_a = \frac{\Sigma P_p}{\sqrt{3} \cdot 6}$, А	11,47	11,47	22,43	58,96	77,19
	$\Sigma I_p = \frac{\Sigma Q_p}{\sqrt{3} \cdot 6}$, А	14,25	14,25	27,84	-17,44	13,06
	$I_{расч} = \sqrt{(\Sigma I_a)^2 + (\Sigma I_p)^2}$, А	18,25	18,25	35,7	61,4	78,4

Продолжение табл. 2

Разделы расчета	Пояснения, расчетные величины и формулы	Номера участков линий к рис. 2				
		13	12	11-12	11	1
Максимальный расчетный ток	$\Sigma I_{a.max} = \frac{\Sigma P_{p.max}}{\sqrt{3} \cdot 6}, A$	39,38	39,38	78,72	187,67	230,44
	$\Sigma I_{p.max} = \frac{\Sigma Q_{p.max}}{\sqrt{3} \cdot 6}, A$	49,41	49,41	98,82	-79,22	16,13
	$I_{расч.max} = \sqrt{(\Sigma I_{a.max})^2 + (\Sigma I_{p.max})^2}, A$	63,19	63,19	126,3	203,7	231
Выбор ВЛ	по длительному току	A-16	A-16	A-16	A-16	A-16
$S, мм^2$	по экономической плотности	-	-	-	-	-
	по механической прочности	A-35	A-35	A-35	A-35	A-35
Приня- ты про- вода ВЛ	марка и сечение с учетом проверки по ΔU	A-35	A-35	A-50	A-50	A-50
	удельное активное сопротивление $r_0, Ом/км$	0,885	0,885	0,693	0,693	0,693
	Удельное индуктивное сопротивление $x_0, Ом/км$	0,366	0,366	0,355	0,355	0,355
Выбор КЛ, $S, мм^2$	по длительному току $I_{дл.доп} \geq I_{расч}$	1,5	1,5	--	16	--
	по току к.з. $S_{min} \geq \frac{I_{\infty max}^{(3)} \sqrt{t_{п}}}{C}$	25	25	--	35	--

Окончание табл. 2

Разделы расчета	Пояснения, расчетные величины и формулы	Номера участков линий к рис. 2				
		13	12	11-12	11	1
1	2	3	4	5	6	7
Принят кабель	марка и сечение жил кабеля	КГЭ- 3x25+2x10 +1x6	КГЭ- 3x25+2x10 +1x6	-	КГЭ- 3x35+1x10 +1x6	-
	r_0 , Ом/км	0,71	0,71	-	0,51	-
	X_0 , Ом/км	0,085	0,085	-	0,079	-
Провер- ка элек- триче- ской сети на потерю напря- жения	$\cos \varphi = \frac{\sum I_{a.\max}}{\sum I_{\text{расч. max}}}$	0,62	0,62	0,62	0,90n	0,999
	$\sin \varphi = \frac{\sum I_{p.\max}}{\sum I_{\text{расч. max}}}$	0,78	0,78	0,78	-0,42	0,04
	потеря напряжения в ВЛ $\Delta U\%_{\text{вл}}$	0,46	0,31	2,06	1,65	3,2
	потеря напряжения в КЛ $\Delta U\%_{\text{кл}}$	0,23	0,23	-	0,99	-
	суммарная потеря в ВЛ и КЛ	0,69	0,54	2,06	2,74	3,2
	$\Delta U\% = \Delta U\%_{\text{вл}} + \Delta U\%_{\text{кл}}$, %					
	суммарная потеря от подстанции до электро- приёмника, %	5,95	5,8	5,26	5,94	3,2

Экономически целесообразное сечение проводников (мм^2) определяют по выражению $S_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{э}}}$ где $j_{\text{э}}$ - экономическая плотность

тока, А/мм^2 (табл. П.3.6). Не подлежат проверке по экономической плотности тока ЛЭП с малым сроком службы (до 5 лет), к числу которых на карьере относятся передвижные воздушные и кабельные ЛЭП 6-10 кВ. Расчетные сечения проводников округляются до ближайших меньших стандартных.

Выбранные по нагреву и экономической плотности тока сечения проводников проверяют по механической прочности путем сравнения с минимально допустимыми сечениями (табл. П.3.7) для ВЛ второго класса в зависимости от материала и конструкции провода.

Наибольшее сечение проводников из выбранных по нагреву экономической плотности тока и механической прочности проверяют по допустимой потере напряжения при максимальном расчетном токе по выражению

$$\Delta U\% = \frac{\sqrt{3}I_{\text{расч. max}}}{U_{\text{н}}} L(r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) \cdot 100\% ,$$

где $U_{\text{н}}$, - номинальное напряжение, В; L - длина участка рассчитываемой линии, км; r_0 , x_0 - соответственно удельные активное и индуктивное сопротивления одного километра линии, Ом/км; $\cos \varphi$, $\sin \varphi$ - тригонометрические функции, соответствующие сдвигу фазы максимального расчетного тока относительно напряжения (см. табл. 2).

Если от подстанции до электроприемника имеется несколько последовательно соединенных участков ВЛ и КЛ с различными токами сечениями проводников, потери напряжения определяют отдельно на каждом участке, а затем суммируют в соответствии с направлением прохождения тока. Суммарные потери напряжения от подстанции до клемм электроприемника при максимальных расчетных токах не должны превышать 10%, в противном случае сечения проводников увеличивают. Отличительной особенностью выбора кабелей ЛЭП напряжением 6-10 кВ является обязательная проверка их на термическую устойчивость к воздействию тока короткого замыкания (мм^2) по формуле.

$S_{\text{min}} \geq \frac{I_{\infty \text{ max}}^{(3)} \sqrt{t_{\text{п}}}}{C}$, где $I_{\infty \text{ max}}^{(3)}$ - максимальный установившийся ток короткого замыкания, кА; $t_{\text{п}}$ -приведенное время действия тока к.з., с ($t_{\text{п}} = 0,7 - 0,8$ с); C - расчетный коэффициент, определяемый допустимой температурой нагрева (для кабелей с бумажной изоляцией и медными жила-

ми $C = 165$, с алюминиевыми жилами $C = 95$; для гибких кабелей с медными жилами в резиновой изоляции $C = 114$. При выборе стандартного сечения кабелей по термической устойчивости принимают кабели ближайшего большего стандартного сечения относительно расчетного S_{\min} .

Питающие ВЛ напряжением 35 - 220 кВ предусматривают в двухцепном исполнении. ВЛ напряжением до 35 кВ, сооружаемые на рабочих уступах, следует выполнять передвижными. Для стационарных ВЛ напряжением 6 - 35 кВ применяют алюминиевые (А) или сталеалюминевые (АС) провода сечением 35 - 185 мм².

Выбор сечений проводников низковольтных электрических сетей производится после выбора аппаратов защиты. Аппараты защиты выбираются в соответствии с расчетными выражениями табл. 3

Выбор проводников низковольтных сетей заключается в подборе таких стандартных сечений, у которых ток длительно допустимый $I_{\text{дл}}$ – с учетом поправок на условия прокладки выше или равен току проводника по условию срабатывания защиты. Принятые сечения проводников проверяются по потере напряжения в трансформаторе подстанции и самих проводниках до клемм электроприемников. Допустимая потеря напряжения в низковольтной карьерной сети составляет 7,5% для осветительной сети и 10% для силовой сети. Окончательным критерием правильности выбора сечений проводников является успешность срабатывания максимальных токовых защит от аварийных режимов работы электрической сети. Пример выбора низковольтных аппаратов и кабелей приведен в табл. 4.

По условиям нагрева длительно расчетным током I_p допустимый ток в проводнике $I_{\text{пр}}$ определяется из выражения:

$$I_{\text{расч}} \leq I_{\text{пр}} = k_{\text{п}} I_{\text{дл}},$$

где $I_{\text{дл}}$ - табличное значение длительного допустимого тока в проводнике, А; $k_{\text{п}}$ - поправочный коэффициент, учитывающий условия прокладки проводов, кабелей. (см. табл. ПЗ.13).

Согласно ПУЭ предельное допустимое соотношение между током срабатывания защитного аппарата I_3 и длительно допустимым током по нагреву $I_{\text{пр}}$ для проводников силовых и осветительных сетей

$$I_{\text{пр}} \geq k_3 I_3,$$

где k_3 - коэффициенты защиты, значения которых приведены в табл. 5

Таблица 3

Расчетные выражения для выбора аппаратов защиты в силовых и осветительных сетях

Аппарат защиты	Расчетные формулы			
	силовые сети		осветительные сети	
	линии к одиночным электроприемникам	линии к группам электроприемников	лампы накаливания и люминесцентные лампы	лампы ДРЛ, ДРИ
Плавкая вставка предохранителя	$I_{н.вс} \geq I_{н.эп}$; $I_{н.вс} \geq I_{пуск} / 2,5$; $I_{н.вс} \geq I_{пуск} / (1,6...2)$; $I_{н.вс} \geq 1,2 I_{н.св} \sqrt{ПВ}$	$I_{н.вс} \geq I_{расч}$; $I_{н.вс} \geq I_{кр} / 2,5$	$I_{н.вс} \geq I_{расч}$ -	$I_{н.вс} \geq 1,2 I_{расч}$ -
Тепловой расцепитель автоматического выключателя с нерегулируемой обратной зависимой от тока характеристикой	$I_{ср.тепл.нр} \geq 1,15 I_{н.эп} *$	$I_{ср.тепл.нр} \geq 1,1 I_{расч} *$	$I_{ср.тепл.нр} \geq I_{расч}$	$I_{ср.тепл.нр} \geq 1,3 I_{расч}$
То же, с регулируемой обратной зависимой от тока характеристикой	$I_{ср.тепл.рег} \geq 1,25 I_{н.эп} *$			
Комбинированный расцепитель автоматического выключателя с регулируемой обратной зависимой характеристикой	$I_{ср.комб.рег} \geq 1,25 I_{н.эп} *$ $I_{уст.э.о} \geq 1,2 I_{пуск}$	$I_{ср.комб.рег} \geq 1,1 I_{расч} *$ $I_{уст.э.о} \geq 1,2 I_{кр}$	$I_{ср.комб.рег} \geq I_{расч}$ -	$I_{ср.комб.рег} \geq I_{расч}$ -
То же с нерегулируемой обратной зависимой от тока характеристикой	$I_{уст.э.о} \geq 1,2 I_{пуск}$	$I_{уст.э.о} \geq 1,5 I_{кр}$	-	-

* При установке автоматических выключателей в шкафу и для линий к силовым ЭП, не имеющих в своем составе электродвигатели, повышающие коэффициенты 1,25, 1,15 и 1,1 не вводятся.

Таблица 4

Выбор сечения кабелей низкого напряжения

Раз- делы	Обозначения и расчетные формулы, единицы измерения		Но- мер п/п	Выбираемые аппара- ты и кабели	
1	2	3	4	5	6
Номер линии или участка сети			1	H22-0	-
Электропри- емник	наименование электроприемника, тип, номер на плане силовой сети		2	Буровой станок, СБР-160, № 1	Лампа ДКсТ- 20000
	максимальная мощность P_p , или P_n , кВт		3	128	20
	максимальный ток I_p или I_n , А		4	180,6	56
	пусковой или пиковый ток $I_{пз}$, или $I_{кп}$, А		5	260	56
Аппаратура коммутации, управления и защиты	Тип шкафа, ящика, НКУ, подстанции		6	ПКТП- 160/6/0,4	МТП- 40/6/0,4
	Номинальный ток коммутационного аппарата		7	250	100
	Тип автоматического выключателя		8	BA52-35	BA52-31
	Уставка расцепителя выключателя, А		9	200	63
	Тип магнитного пускателя		10	-	ПМА 5202- УХЛ2В
	Тип теплового реле		11	-	ППТ-10
	Номинальный ток уставки теплового реле, А		12	200	72,3
	Плавкий пре- дохра-нитель	тип предохранителя	13	-	-
		ток плавкой вставки, А	14	-	-
	Расчет сечения проводов и кабелей	По усло- виям сра- батыва- ния токовой защиты	ток срабатывания защиты I_3 , А	15	200
коэффициент защиты K_3			16	1	1
расчетный ток проводника $I_{пр} \geq \square \square K_3$, А			17	200	72,3
По условиям нагревания длительным током на- грузки		характеристика среды и усло- вий прокладки	18	в воздухе +30°C	в воздухе +30°C
		поправочный коэффициент на условия прокладки $K_{п}$	19	0,96	0,96
		расчетный ток проводника $I_{пр} = k_{п} I_{дл. доп}$, А	20	211,2	91,2
Принят ка- бель		допустимый ток при нормаль- ных условиях прокладки $I_{дл. доп}$, А	21	220	95
		марка	22	КГ	КГ
		сечения и количество жил	23	3x95+1x2 5+1x10	3x25+1x1 0+1x6

Продолжение табл. 4

Раз- делы	Обозначения и расчетные формулы, единицы измерения		Но- мер п/п	Выбираемые аппара- ты и кабели	
1	2	3	4	5	6
Проверка электрической сети на потерю напряжения	Параметры трансфор- матора	Номинальный ток трансфор- матора $I_{н.тр} = \frac{S_{н.тр}}{\sqrt{3}U_H}$, А	24	243,1	60,7
		коэффициент загрузки транс- форматора $\beta = \frac{\Sigma I_{расч}}{I_{н.тр}}$	25	0,742	0,92
		$S_{н.тр}$, кВА	26	160	40
		$\Delta P_{кз}$, кВт	27	2,65	0,88
		$U_{кз}$, %	28	4,5	4,5
	Потеря на- пряжения в трансфор- маторе	$U_a\% = 100\Delta P_{кз} / S_{н.тр}$, %	29	1,6	2,2
		$U_p\% = \sqrt{(U_{кз}\%)^2 - (U_a\%)^2}$, %	30	4,2	3,92
		$\Delta U_{тр}\% = \beta (U_a\% \cos \varphi + U_p\% \sin \varphi)$, %	31	3,05	3,05
	Параметры кабеля	L , км	32	0,2	0,015
		r_0 , Ом/км	33	0,19	0,71
		x_0 , Ом/км	34	0,068	0,085
	Потеря напряжения в кабеле $\Delta U_{кл}\% = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{кр}}{U_H} L_{кл} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) \cdot 100$, %		35	4,3	3,09
	Суммарная потеря напряжения $\Sigma \Delta U\% = \Delta U_{тр}\% + \Delta U_{кл}\%$		36	7,35	6,14
	Условия $\Sigma \Delta U\% < 10\%$ или $\Sigma \Delta U\% < 7,5\%$		37	выполн.	-
Токи КЗ и ток от- сечки	Минимальный ток трехфазного КЗ $I_{кз.min}^{(3)}$, А		38	4321	1079
	Минимальный ток двухфазного КЗ $I_{кз.min}^{(2)}$, А		39	3759	939
	Кратность отсечки выключателя K_O		40	12	10
	Ток срабатывания отсечки выключателя $I_O = I_{н.рц} \cdot K_O$		41	2400	630

Окончание табл. 4

Раз- делы	Обозначения и расчетные формулы, единицы измерения		Но- мер п/п	Выбираемые аппара- ты и кабели	
1	2	3	4	5	6
Проверка сети по условию срабатывания защиты	Кратность срабатывания отсечки $k_{o,расч} = \frac{I_{кз.min}^{(2)}}{I_o}$ Требования $k_{o,расч} \geq 1,4$ (для $I_{н.рц} \leq 100$ А) $k_{o,расч} \geq 1,25$ (для $I_{н.рц} > 100$ А)			1,56 выполн.	1,49 выполн.
	Кратность срабатывания плавких вставок $\frac{I_{кз.min}^{(2)}}{I_{н.вс}} \geq 3$			-	-

Таблица 5

Минимально допустимые значения коэффициента защиты

Типы защиты	Коэффициенты защиты k_z			
	сетей, для которых защита от перегрузки обязательна			сетей, не тре- бующих за- щиты от перегрузки (требуется только за- щита от токов КЗ)
	Проводники с резиновой или поливи- нилхлоридной изоляцией		кабели с бу- мажной изо- ляцией и изоляция из вулканизиро- ванного по- лиэтилена	
	взрыво- и пожаро- опасные производ- ственные, служебно- бытовые помещения (осветительные сети независимо от рода проводки)	невзрыво- и непожароопас- ные помещения (например, про- вода АПР, ПР на роliках и изо- ляторах)		
$I_{н.вст}$	1,25	1	1	0,33
$I_{уст.э.о}$	1,25	1	1	0,22
$I_{ср.теп.рег}$	1	1	0,8	0,8
$I_{ср.комб.пр}$	1	1	1	1

На ВЛ 6-10 кВ при применении проводов сечением 150-185 мм² предусматривают опоры с подвесными изоляторами. Для передвижных ВЛ напряжением 6-10 кВ применяют алюминиевые провода сечением 35-120 мм². Передвижные ВЛ секционируют на участки длиной 400-600 м с установкой приключательных пунктов или разъединителей на опорах. Силовые гибкие кабели на напряжение 6 кВ рекомендуется принимать марки КГЭ, а на напряжение до 0,66 кВ - марки КГ.

6.3. Проверка сети по потере напряжения в пусковом режиме

Проверка сети напряжением 6-10 кВ сводится к определению фактического напряжения на зажимах сетевого двигателя мощного экскаватора в момент его пуска и сравняванию этого напряжения с допустимым. Расчетная схема проверяемой сети строится исходя из следующих условий: экскаватор расположен на наиболее удаленном (в соответствии с технологией ведения горных работ) расстоянии от источника питания; электроприемники с синхронными двигателями, связанные с проверяемой сетью, отключены, а синхронными двигателями (мощностью более 500 кВт) работают в длительном режиме с расчетной нагрузкой. Проверку сети производят с учетом только индуктивных сопротивлений ее основных элементов: трансформатора ПКТП 35-110/6-10 кВ, воздушной и кабельной ЛЭП 6-10 кВ.

Напряжение на зажимах сетевого двигателя экскаватора в момент его пуска ($U_{дп}$) определяют выражением (кВ)

$$U_{дп} = \frac{(U_x - \Delta U_{пр})}{1 + \sqrt{3} K_{пн} I_{н.дв} U^{-1} X_{вн} 10^{-3}},$$

где $\Delta U_{пр}$ - потеря напряжения от прочей нагрузки в общих с пусковым двигателем элементах сети, кВ; $X_{вн}$ - внешнее индуктивное сопротивление участка сети от питающего трансформатора до пускаемого двигателя. Ом; $K_{пн}$ - номинальная кратность пускового тока пускаемого двигателя. Потерю напряжения в сети от прочей нагрузки (кВ) определяют по формуле

$$\Delta U_{пр} = \frac{(R_{общ} + X_{общ}) P_{расч.пр} 10^{-3}}{U_n},$$

где $P_{расч.пр}$ - расчетная нагрузка прочих электроприемников с асинхронным приводам (мощностью более 500 кВт), подключенные к сети, кВт. Значение $X_{вн}$ определяют по выражению $X_{вн} = X_{тр} + X_{вл} + X_{кл}$, где $X_{тр}$ - индуктивное сопротивление трансформатора, Ом; $X_{вл}$, $X_{кл}$ - индуктивное сопротивление соответственно воздушной и кабельной ЛЭП, Ом.

Индуктивное сопротивление трансформатора $X_{тр} = \frac{10 U_{кз} U_x^2}{S_{н.тр}}$.

Индуктивное сопротивление ВЛ 6-10 кВ $X_{вл} = \frac{0,4 L_{вл}}{n_{вл}}$,

где $L_{вл}$ - длина ВЛ, км; $n_{вл}$ - число параллельных ВЛ.

Индуктивное сопротивление КЛ 6-10 кВ: $X_{\text{ВЛ}} = \frac{0,08L_{\text{КЛ}}}{n_{\text{КЛ}}}$,

где $L_{\text{КЛ}}$ длина КЛ, км; $n_{\text{КЛ}}$ - число параллельных КЛ.

Кратность напряжения на зажимах двигателя в момент его пуска определяют по выражению $U'_{\text{дп}} = \frac{U_{\text{дп}}}{U_{\text{Н}}}$.

Для нормального запуска сетевого двигателя экскаватора должно выполняться условие $U'_{\text{дп}} \geq 0,75$.

Если данное условие не выполняется, то рассматривают возможность обеспечения нормального запуска двигателя путем применения установки продольно-емкостной компенсации или повышения мощности питающего трансформатора, а также за счет уменьшения длины ВЛ 6-10 кВ (приближения подстанции к экскаватору).

6.4. Расчет установки продольно - емкостной компенсации

Расчет УПК производят в следующей последовательности. Зная напряжение на зажимах сетевого двигателя экскаватора при пуске без применения УПК ($U_{\text{дп}}$) и его допустимое значение ($U'_{\text{дп.д}}$) определяют расчетное сопротивление конденсаторной батареи УПК (Ом):

$$X_{\text{ср}} = \frac{(U'_{\text{дп.д}} - U_{\text{дп}}) \cdot U_{\text{Н}} 10^3}{\sqrt{3} K_{\text{пн}} I_{\text{н.дв}} U'_{\text{дп.д}} U_{\text{дп}}}$$

Конденсаторы УПК выбирают из табл. П.3.23. Определяют параметры батареи конденсаторов:

а) число параллельных ветвей в фазе $n_{\text{В}} = \frac{K_{\text{пн}} I_{\text{н.дв}} U'_{\text{дп.д}}}{I_{\text{бн}}}$ округляют до

ближайшего большего целого $n'_{\text{В}}$, где $I_{\text{бн}}$ - номинальный ток банки конденсатора, А;

б) число конденсаторов в каждой ветви $m_{\text{В}} = \frac{n_{\text{В}} X_{\text{ср}}}{X_{\text{бн}}}$ округляется до

ближайшего большего $m'_{\text{В}}$, где $X_{\text{бн}}$ номинальное сопротивление одной банки конденсатора. Ом;

в)общее число конденсаторов на фазу $N = n'_B \cdot m'_B$;

г)общее число конденсаторов в батарее (на три фазы) $M = 3N$.

Сопротивление выбранных конденсаторов $X_{св} = \frac{m'_B X_{бн}}{n'_B}$.

Кратность напряжения на зажимах пускового двигателя при применении

$$\text{УПК: } U'_{дп.с} = \frac{U'_{дп}}{1 - \sqrt{3} K_{пн} I_{н.дв} U'^{-1}_{дп} X_{св} 10^{-3}}$$

Значение пускового тока двигателя при применении УПК (А)

$$I_{дп.с} = K_{пн} I_{н.дв} U'_{дп.с}$$

Допустимость величин тока и напряжением приходящихся на одну банку

$$\text{конденсатора: } I_{б} = \frac{I_{дп.с}}{n'_B} \leq K_I I_{бн}; U_{б} = I_{б} X_{бн} \leq K_u U_{бн}, \quad (*)$$

где K_I, K_u - коэффициенты допустимых перегрузок конденсаторов соответственно по току и напряжению; $U_{бн}$ - номинальное напряжение банки конденсатора, В. Если условия (*) не выполняются, то увеличивают значения n'_B, m'_B (и расчет повторяют).

7. Расчет токов короткого замыкания

Расчет токов короткого замыкания рекомендуется производить в относительных единицах в нижеследующем порядке [7, с.135-137, 5, с. 38-46].

Составляют расчетную схему, соответствующую нормальному режиму работы системы электроснабжения. В расчетную схему вводят все участвующие в питании точки КЗ источники тока и все элементы (трансформаторы, воздушные и кабельные линии) связей с местом КЗ и между собой. За источники питания места КЗ принимают внешнюю систему электроснабжения и синхронные электродвигатели. На схеме электроснабжения выбирают расчетные точки КЗ. Составляют схему замещения, на которой все элементы вводят соответствующими сопротивлениями с указанием порядковых номеров сопротивлений, их величин, выраженных в относительных единицах, приведенных к базисной мощности. Схему замещения путем соответствующих преобразований приводят к простейшему виду. В каждой точке КЗ для соответствующих моментов времени (0; 0,2; ∞, с.) определяют действующее значение начального

сверхпереходного тока КЗ, посылаемого энергосистемой; токи КЗ, посылаемые синхронными двигателями; суммарные токи КЗ от энергосистемы и синхронных двигателей мгновенные и действующие значения токов КЗ; установившиеся токи КЗ; мощности КЗ. Расчеты токов КЗ сводят в таблицу [9, с. 67].

8. Выбор электрооборудования

Рекомендуется применять новое электрооборудование и материалы, предназначенные для работы в условиях открытых горных разработок передвижные комплектные распределительные пункты с вакуумными выключателями – КРУП - 6(10)В - 630 УХЛ1 и разъединителями – КРУП – 10 – 630 УХЛ1 передвижные приключательные пункты на напряжение 6-10 кВ – КРУПП – 1 - 6(10)/630 УХЛ1 и на напряжение 35 кВ - ППП-35Э/630 УХЛ1.

Принятые к установке комплектные устройства проверяются на соответствие по методикам, изложенным в литературе [5 – 7, 9]. Путем сопоставления расчетных эксплуатационных параметров с номинальными параметрами электрооборудования: 1) номинальное напряжение; 2) номинальный ток 3) экономическая плотность тока; 4) электродинамическая устойчивость; 5) электротермическая устойчивость; 6) нагрузка вторичных цепей; 7) коммутационная способность; 8) характеристика токоограничений; 9) потери напряжения в нормальном режиме. В табл. - 6 конкретизируются параметры проверки для всех видов электрооборудования.

Не допускается в комплектных устройствах при выборе электрооборудования заменять электрические аппараты одного типа на другие. Если аппараты не подходят, то заменяются полностью комплектные устройства. Подробное описание комплектных распределительных устройств имеется в [6, с. 321 – 410].

Все выбранное электрооборудование наносят на принципиальную схему электроснабжения. Над шинами РУ 6(10) кВ понизительных подстанций изображают таблицы, содержащие: номер ячейки на плане помещения РУ; номер схемы первичных соединений по каталогу; наименования шкафов, перечень основного электрооборудования, реле защиты и их уставки срабатывания.

Таблица 6

Требования к выбору электрооборудования

№ п/п	Виды выбираемого электрооборудования	Номер параметра, учитываемый при выборе								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Кабельные линии	+	+	(+)	(+)	(+)	-	-	-	+
2	Шины и тоководы	+	+	(+)	+	+	-	-	-	-
3	Выключатели	+	+	-	+	+	-	+	-	-
4	Разъединители	+	+	-	+	+	-	(+)	-	-
5	Короткозамыкатели	+	-	-	+	+	-	-	-	-
6	Отделители	+	+	-	+	+	-	(+)	-	-
7	Предохранители	+	+	-	-	-	-	+	-	-
8	Выключатели нагрузки	+	+	-	+	+	-	+	-	-
9	Разрядники	+	-	-	-	-	-	+	-	-
10	Трансформаторы тока	+	+	-	+	+	+	-	-	-
11	Трансформаторы напряжений	+	-	-	-	-	+	-	-	-
12	Изоляторы: опорные проходные									
		+	-	-	+	+	-	-	-	-
		+	+	-	+	+	-	-	-	-
13	Реакторы	+	+	+	-	-	+	-	-	+
14	Автоматы	+	+	-	(+)	(+)	-	+	+	-
15	Контакты	+	+	-	-	-	-	+	+	-
16	Магнитные пускатели	+	+	-	-	-	-	+	-	-
17	Рубильники	+	+	-	+	+	-	+	-	-

Примечание. В скобках указаны параметры для аппаратов $U_n > 1000$ В.

9. Выбор релейной защиты

9.1. Построение релейной защиты

Для воздушных и кабельных линий электропередачи напряжением выше 1 кВ, питающих электроустановки карьеров, должны быть предусмотрены устройства защиты от многофазных замыканий и от замыканий на землю, действующие на отключение.

Релейную защиту выполняют в виде селективной защиты (устанавливаемой на поврежденное присоединение и направление) и неселективной резервной защиты. Селективная защита от замыканий на землю должна быть, как правило, двухступенчатой. Первая ступень защиты, устанавливаемая в ПП или РП с выключателями, должна отключать по-

врежденный участок без выдержки времени. Вторая ступень, устанавливаемая в РУ 6-10 кВ подстанций или РП, должна иметь выдержку времени не более 0,5 с для отстройки от первой ступени защиты.

В разветвленных электрических сетях карьеров допускается устройство трехступенчатой селективной релейной защиты. Первую ступень без выдержки времени устанавливают в ПП с выключателями; вторую с выдержкой времени не более 0,5 с - на отходящих присоединениях отдельно стоящего карьерного РУ 6-10 кВ; третью ступень с выдержкой времени не более 0,7 с - на отходящих присоединениях подстанций.

Неселективная резервная защита должна действовать с выдержкой времени не более 1 с на отключение секции шин или питающего трансформатора с последующим запретом АВР и АПВ.

Защиту от однофазных замыканий на землю с действием на сигнал допускается выполнять на линиях, питающих стационарные конвейерные линии, подъемники, дробилки и т. п. потребители при одновременном выполнении условий: а) обеспечено обособленное питание указанных потребителей через разделительный трансформатор или дополнительную обмотку трансформатора; б) контур защитного заземления электроустановок этих потребителей гальванически не связан с заземляющим контуром питающей подстанции; в) электрическая сеть, питающая эти потребители, кабельная.

В электроустановках карьеров напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью должны применяться устройства максимальной токовой защиты и защиты от утечек тока на землю, действующие на отключение не более 0,2 с.

Защита от утечки на стороне 220 В трансформаторов собственных нужд передвижных подстанций, распределительных и приключательных пунктов, комплектуемых из шкафов КРУ 6-10 кВ общепромышленного назначения, может не устанавливаться, если к указанным трансформаторам подключены только цепи управления, защиты и сигнализации.

При наличии в КРУ экскаватора или другой передвижной машины защиты минимального напряжения, аналогичная защита в ПП должна быть блокирована (отключена).

Расчеты параметров срабатывания релейной защиты выполняют по известным методикам [2, 5, 6]. В связи с большим количеством однотипных расчетов их рекомендуется сводить в таблицы. Обязательной является проверка максимальной токовой защиты на десяти процентную погрешность.

9.2. Расчет токов однофазного замыкания на землю в сети 6-10 кВ и выбор уставок защиты

Расчеты выполняют с целью выбора и настройки релейной защиты от однофазных замыканий, а также для проектирования защитного заземления.

Ток однофазного замыкания на землю можно определять и по упрощенной эмпирической формуле:

$$I_{33} = \frac{U_{\text{л}} (35I_{\text{кл}} + I_{\text{вл}})}{350}, \quad \text{А} \quad (*)$$

где $U_{\text{л}}$ - линейное номинальное напряжение сети, кВ; $I_{\text{кл}}$ и $I_{\text{вл}}$ - суммарная длина соответственно кабельных и воздушных линий, км.

Путем пересчета из выражения (*) можно определять суммарную емкость трех фаз сети или её отдельных элементов:

$$C_{\text{с}} = \frac{35I_{\text{кл}} + I_{\text{вл}}}{350\omega}, \quad \text{Ф}$$

Уставки тока срабатывания реле защиты, устанавливаются в миллиамперах. Необходимую уставку можно определить по току (нулевой последовательности) замыкания на землю $I_{\text{заш}}$, проходящему через первичную обмотку (высоковольтный кабель силовой сети) трансформатора тока нулевой последовательности в месте установки защиты:

$$I_{\text{у}} \leq I_{\text{заш}} k_{\text{тт}} / k_{\text{ч}},$$

где $k_{\text{тт}}$ - коэффициент трансформации трансформаторов тока нулевой последовательности (в расчетах можно принимать $k_{\text{тт}} = 0,0295$); $k_{\text{ч}}$ - коэффициент чувствительности ($k_{\text{ч}} = 2 \dots 3$).

В разветвленных электрических сетях на первой ступени простые токовые защиты могут успешно работать если выполняется условие:

$$k_{\text{н}} I_{\text{с.соб}} \leq I_{\text{с.з}} < \frac{I_{\text{заш}}}{k_{\text{ч}}}, \quad \text{А}$$

где $I_{\text{с.соб}}$ - собственный (емкостной) ток защищаемой линии; $k_{\text{н}}$ - коэффициент надежности, учитывающий броски токов при однофазных замыканиях на землю ($k_{\text{н}} = 4 \dots 5$ для защит без выдержки времени; $k_{\text{н}} = 2 \dots 2,5$ для защит с выдержкой времени).

Селективное действие защиты на токовом принципе возможно, если будет выполнено условие:

$$I_{\text{с.соб}} \leq (0,12 \dots 0,17) I_{33}.$$

При невыполнении этого условия должны применяться направленные защиты или ток I_{33} должен быть искусственным путем увеличен

за счет подключения между фазами сети и землей дополнительных емкостей (конденсаторов):

$$C_{\text{доп}} \geq \frac{(n - n_{\text{сб}})L_{\text{тр}}}{R_{\text{тр}}^2 + \omega^2 L_{\text{тр}}^2} - \frac{C_{\text{с}} - C_{\text{сб}}}{3} + \sqrt{\left| \frac{(k_{\text{ч}} k_{\text{н}} C_{\text{сб}})^2}{9} - \frac{1}{\omega^2} (q - q_{\text{сб}})^2 \right|},$$

где n - полное число измерительных трансформаторов напряжения в сети; $n_{\text{сб}}$ - число измерительных трансформаторов напряжения на защищаемой линии; $C_{\text{сб}}$ - емкость трех фаз собственной защищаемой линии, Ф; q - проводимость активной всей сети относительно земли; $q_{\text{сб}}$ - проводимость активной защищаемой линии относительно земли; $L_{\text{тр}}$ - индуктивность фазы измерительного трансформатора напряжения ($L_{\text{тр}}=67,2/314$, Гн); $R_{\text{тр}}$ - активное сопротивление фазы измерительного трансформатора напряжения ($R_{\text{тр}}=13,7$ кОм).

Если при помощи обычных токовых защит не удастся добиться селективности, то в сети должна быть установлена направленная защита. Условия выбора уставок по $I_{\text{ср.защ}}$ и $U_{\text{ср.защ}}$ для направленных защит представляется в виде двух неравенств:

$$\frac{I_{\text{зз}} - I_{\text{зз.сб}}}{k_{\text{ч}}} - I_{\text{нб.нр}} \geq I_{\text{ср.защ}} \geq 2(I_{\text{нб.нр}} - \frac{U_{\text{ср.защ}}}{3U_0} I_{\text{зз.сб}});$$

$$\frac{3U_0}{2} \geq U_{\text{ср.защ}} \geq 2U_{\text{нес}}$$

где $U_{\text{нес}} = (0,1...0,15)U_{\text{ф}}$; $3U_0 = U_{\text{ф}}$; уставка $U_{\text{ср.защ}} = (0,3...0,4)U_{\text{ф}}$; $I_{\text{нб.нр}}$ - ток небаланса в цепях релейной защиты.

9.3. Сетевая автоматика

На отходящих фидерах подстанций применяют однократное автоматическое повторное включение (АПВ) при срабатывании: максимально-токовой защиты; защиты от однофазных замыканий на землю при наличии опережающего контроля изоляции.

На ГПП и других подстанциях, питающих нагрузки первой категории по бесперебойности электроснабжения, применяют автоматическое включение резерва (АВР) на секционных выключателях шин 6 - 10 и 0,4 кВ.

В схемах электроснабжения карьеров предусматривают дистанци-

онное управление КРУ 6-10 кВ на присоединениях, питающих водоотливные насосные станции и водопонижающие установки.

10. Расчет защитного заземления

Расчет заземляющих устройств карьеров ведется исходя из нормированной допустимой величины сопротивления заземления. Согласно «Единым правилам безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом» величина сопротивления заземления у наиболее удаленной электроустановки должна быть не более 4 Ом.

В районах с удельным сопротивлением земли в наиболее неблагоприятное время года – более 500 Ом·м, если мероприятия, по повышению эффективности заземления, предусмотренные п.п. 1.7.66 и 1.7.68 ПУЭ, не позволяют получить приемлемые по экономическим соображениям заземлители, допускается повышать величину допустимого сопротивления (Ом) до значения

$$R_{\text{д}} \leq 4 \frac{\rho}{500},$$

где ρ – удельное максимальное сопротивление земли, Ом·м.

Величину допустимого сопротивления заземляющего устройства проверяют по току однофазного замыкания на землю: $R_{\text{з, доп}} \leq \frac{125}{I_{\text{зз}}}$.

Величина сопротивления $R_{\text{з, доп}}$ не должна превышать 40 Ом.

Расчет заземляющих устройств выполняют по методикам, изложенным в [2,4,5].

Пример.

Выполнить расчет защитного заземления применительно к схеме распределения электроэнергии, приведенной на рис. 2, для самого удаленного экскаватора ЭКГ-4,6. В районе расположения ПКТП 35/6 кВ имеются геологоразведочные скважины с обсадными трубами, сопротивление растекания тока с которых, составляет 10 Ом. Исходные данные: удельное сопротивление грунта $\rho = 100$ Ом·м; длина магистрального провода заземления $l_{\text{мз}} = 1,8$ км; длина заземляющей жилы кабеля $l_{\text{зж}} = 0,25$ км.

Решение:

1. Допустимое значение сопротивления заземляющего устройства принимаем равным 4 Ом, т.к. $\rho < 500$ Ом·м.

2. В качестве магистрального заземляющего провода, проклады-

ваемого по опорам ВЛ 6 кВ, принимаем провод марки АС сечением 25 мм², для которого $r_{0,мз} = 1,146 \text{ Ом/км}$.

Сопротивление этого провода определяем по формуле $R_{мз} = r_{0мз} \cdot l_{мз}$.

$$R_{мз} = 1,146 \cdot 1,8 = 2,06 \text{ Ом.}$$

3. Сопротивление заземляющей жилы гибкого кабеля экскаватора ЭКГ-4,6 (сечение жилы 6 мм²) находим по формуле $R_{зж} = r_{0зж} \cdot l_{зж}$:

$$R_{зж} = 3 \cdot 0,25 = 0,75 \text{ Ом.}$$

4. Сопротивление центрального заземляющего устройства, сооружаемого у ПКТП 35/6 кВ:

$$R_{цз} = 4 - (2,06 + 0,75) = 1,19 \text{ Ом.}$$

5. Так как в районе расположения ПКТП 35/6 кВ имеются геологоразведочные скважины с обсадными трубами, то используем их для устройства центрального заземлителя. Учитывая, что сопротивление естественного заземлителя в данном случае равно 10 Ом, определяем сопротивление искусственного заземлителя по формуле $R_{из} = R_{цз} \cdot R_{сз} / (R_{сз} - R_{из})$:

$$R_{из} = 1,19 \cdot 10 / (10 - 1,19) = 1,35 \text{ Ом.}$$

6. Сопротивление растеканию тока с одного электрода заземления, забитого с поверхности, выполненного из круглой стали $d = 16 \text{ мм}$, $L_э = 5 \text{ м}$ (тип электрода вертикальный углубленный) определяем по формуле

$$R_э = \frac{\rho}{L_э} \ln \frac{4L_э}{d} = \frac{100}{5} \ln \frac{4 \cdot 5}{0,16} = 96,5, \text{ Ом.}$$

7. Количество электродов центрального заземлителя при расположении электродов по контуру вокруг подстанции определяем по формуле

$$n = \frac{R_э}{R_{из} \eta_{и}} = \frac{96,5}{1,35 \cdot 0,39} = 183 \text{ шт,}$$

где $\eta_{и}$ – коэффициент использования электродов заземления (табл. П.3.28), $\eta_{и} = 0,39$ при расстояниях между электродами $a = L_э$ и количестве электродов более 100.

11. Выбор устройств защиты от перенапряжений

Защита от атмосферных перенапряжений подстанций напряжением 35/6-10 кВ должна осуществляться по упрощенным схемам, приведенным в разделе 4 ПУЭ. При этом установка тросовых молниеотводов на подходе ВЛ 35 кВ к подстанции не требуется.

Защиту от атмосферных перенапряжений передвижных подстанций с низшим напряжением до 1000 В, присоединенных к ВЛ 6-10 кВ,

выполняют вентильными разрядниками, устанавливаемыми с высокой стороны подстанции. Защита указанных подстанций, подключенных к ВЛ 6-10 кВ через ПП или РП с вентильными разрядниками, не требуется. Установку вентильных разрядников с низкой стороны подстанции выполняют при длине отходящей ВЛ 0,23 - 0,4 кВ, превышающей 500 м. На подходе ВЛ 6 - 10 кВ к передвижным подстанциям с пониженной импульсной прочностью изоляции трансформаторов устанавливают комплект трубчатых разрядников.

Защита ВЛ напряжение 35 кВ, питающих электроустановки разрезов, от прямых ударов молнии не требуется. Защита стационарных ВЛ разрезов от атмосферных перенапряжений должна предусматриваться в следующих местах с ослабленной изоляцией: 1) в районах со слабой и умеренной грозовой активностью (при числе грозových часов в год до 60) - переходов ВЛ - кабель и пересечений с другой ВЛ либо с линиями связи и сигнализации; 2) в районах с сильной грозовой активностью (при числе грозových часов в год более 60), кроме вышеперечисленных мест с ослабленной изоляцией - линейных разъединителей, переходов с опор одного типа (деревянных) на опоры другого типа (металлические, железобетонные).

При пересечениях между собой передвижных ВЛ напряжением до 10 кВ установка трубчатых разрядников на деревянных опорах, ограничивающих пролеты пересечения, не требуется, при вертикальном расстоянии между проводами ВЛ не более 2м.

Защита от атмосферных перенапряжений электроприемников горных машин (экскаваторов, буровых станков, отвалообразователей, перегружателей, конвейеров, насосных установок и др.), отключаемых во время грозы, не требуется.

Защиту электроприемников горных машин, не отключаемых во время грозы, выполняют: а) для одноковшовых экскаваторов с ковшом вместимостью 13 м³ и более, роторных комплексов, отвалообразователей и транспортно-отвальных мостов - двумя комплектами вентильных разрядников, устанавливаемых по одному в ПП и в КРУ машины; б) для одноковшовых экскаваторов с ковшом вместимостью до 13 м³ - комплектом вентильных разрядников, установленных в ПП.

Защита от атмосферных перенапряжений электрических двигателей стационарных установок (насосов, землесосов, установок гидромеханизации и др.) мощностью до 3000 кВт, распределительные устройства которых присоединены к ВЛ 6 - 10 кВ непосредственно или через короткие (до 50 м) кабельные вставки, должна выполняться в соответствии с требованиями раздела 4 ПУЭ. При этом в районах со слабой и умеренной

грозовой активностью защиту можно выполнять без установки защитных емкостей.

В РУ 6 - 10 кВ с вакуумными выключателями необходимо предусматривать защиту от коммутационных перенапряжений. В качестве новых средств защиты от атмосферных и коммутационных перенапряжений электроустановок напряжением до 35 кВ карьеров рекомендуется применять ограничители перенапряжений типа ОПНК (ОПНК - 6 УХЛ2, ОПНК - 10 УХЛ2, ОПНК - 35 УХЛ1).

Разрядники для защиты от перенапряжений выбирают по величине номинального напряжения сети и по расчетным минимальным и максимальным токам короткого замыкания в месте установки.

11. Техничко - экономические расчеты

Техничко - экономические расчеты выполняют для выбора:

- наиболее рациональной схемы электроснабжения [7, с.55-66];
- экономически обоснованного числа, мощности и режима работы трансформаторов ГПП, ПКТП, ТП [7, а. 85 - 96];
- рациональных напряжений в системе внешнего и внутреннего электроснабжения [7, с. 117 - 118, с- 128 - 132];
- экономически целесообразных средств компенсации реактивной мощности и мест размещения компенсирующих устройств [7, с. 229-234];
- электрических аппаратов и токоведущих устройств [5, с.57 - 87];
- сечений проводов, шин и жил кабелей [7, с. 59 - 62];
- целесообразной мощности собственных электростанций и генераторных установок в случае их необходимости;
- трасс и способов прокладки электросетей с учетом коммуникаций электрохозяйства в целом.

Годовую стоимость электроэнергии определяют по двухставочному тарифу с учетом питания от соответствующей энергосистемы (табл. П.3.27):

$$C_{\text{э.год}} = a \cdot P_{\text{max}} + b \cdot W_{\text{а.год}}.$$

где a - годовая стоимость 1 кВт максимальной активной мощности, руб.; P_{max} - заявляемая предприятием максимальная активная мощность, кВт; b - стоимость 1 кВт.ч активной энергии, коп.; $W_{\text{а.год}}$ - годовой расход активной энергии, кВт.ч.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила устройства электроустановок./Минэнерго СССР. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1987. -648 с.
2. Электрификация открытых горных работ/ Под ред. В. И.Щуцкого - М.: Недра, 1987. - 332 с.
3. Справочник энергетика карьера/ Под ред. В. А. Голубева - М.: Недра, 1986. - 420 с.
4. Справочник по электроустановкам угольных предприятий. Электроустановки угольных разрезов и обогатительных фабрик. Под ред. В. В. Дегтярева - М.: Недра, 1988. - 436 с.
5. Чулков Н. Н., Чулков А. Н. Электрификация карьеров в задачах и примерах. - М.: Недра, 1976. -277 с.
6. Электрооборудование и электроснабжение горнорудных предприятий/ Под ред. В. С. Виноградова - М.: Недра, 1983. – 355 с.
7. Федоров А. А., Старкова Л. Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учеб. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 368 с.
8. Справочная книга для проектирования электрического освещения/Под ред. Г. М. Кнорринга - Л.: Энергия, 1976. -384 с.
9. Герасимов А. И. Проектирование электроснабжения цехов предприятий цветной металлургии: Учеб. Пособие. 2-е изд. перераб. и доп. /Гос. Образоват. учреждение «ГАЦМиЗ» - Красноярск, 2003. – 208 с.
10. РТМ 12.25.006 – 90. Расчет и построение систем электроснабжения угольных разрезов. Министерство угольной промышленности СССР. М., 1990, - 169 с.
11. СТП ГАЦМиЗ 11-98. Правила оформления горно – графической документации. Красноярск. – 48 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ
ПРОЕКТ
“Электроснабжение карьера”

УТВЕРЖДАЮ
зав- кафедрой электрификации гор-
но-металлургического производства,
доц., к.т.н.

В. В. Павлов

Студенту _____ группы _____

Выполнить расчет электроснабжения участка карьера

Пояснительная записка:

1. Исходные данные для проектирования. Сведения об электро-механическом оборудовании и его размещении.
2. Построение системы электроснабжения.
3. Электрическое освещение.
4. Электрические нагрузки и выбор трансформаторных подстанций.
5. Расчет воздушных и кабельных линий.
6. Расчет токов короткого замыкания.
7. Выбор электрооборудования.
8. Выбор релейной защиты и расчет уставок реле.
9. Расчет защитного заземления
10. Выбор устройств защиты от перенапряжений.
11. Техничко-экономические расчеты.
12. Сведения об эксплуатации системы внутреннего электроснабжения (организация переноса воздушных и кабельных линий, перемещения передвижных подстанций, контроль исправности электрооборудования, организация ремонта).

Графическая часть:

1. План горных работ;
2. Принципиальная однолинейная схема электроснабжения.

Специальный вопрос в проекте _____

Консультант по специальному вопросу _____

Руководитель курсового проекта _____ А. И. Герасимов






Задание принял к выполнению студент _____

Дата " ____ " _____ 200 ____ г






ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Условные графические обозначения

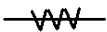
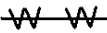
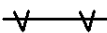
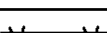
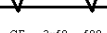
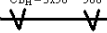
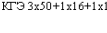


1. Машины и механизмы

-  - Экскаватор одокровшовой ЭКГ или ЭВГ
-  - Экскаватор шагающий ЭШ
-  - Экскаватор роторный
-  - Перегрузатель
-  - Буровой станок






2. Источники питания

-  - Подстанция 110/6(10) кВ, стационарная
-  - Подстанция 35/6(10) кВ, стационарная
-  - Подстанция 35/6(10) кВ, передвижная
-  - Подстанция 6(10)/0,69(0,4) кВ, стационарная или мачтовая
-  - ПКТП 6(10)/0,69(0,4) кВ, передвижная














3. Воздушные и кабельные линии

-  - Воздушная ЛЭП 110 кВ
-  - Воздушная ЛЭП 35 кВ
-  - Воздушная ЛЭП 6(10) кВ
-  - Воздушная ЛЭП 0,38(0,22) кВ
-  - Двухцепная воздушная ЛЭП 6(10) кВ
-  - Кабель бронированный, марки СБ, напряжением 6 кВ, трехжильный, сечением жил по 50 мм, длиной 400 м
-  - Кабель гибкий, марки КГЭ-ХЛ, напряжением 6 кВ, сечением жил 3x50+1x16+1x10, длиной 400 м
-  - Электрод заземления
-  - Заземляющий трос

4. Электрооборудование и аппаратура

-  - Передвижной приключательный пункт с выключателем 35 кВ
-  - Передвижной приключательный пункт с выключателем 6(10) кВ
-  - Передвижной приключательный пункт с разъединителем и предохранителем
-  - Штепсельный разъем
-  - Штепсельный разъем тройниковый

5. Опоры воздушных ЛЭП

-  - Опора промежуточная, стационарная
-  - То же, с разъединителем
-  - Опора промежуточная, передвижная
-  - То же, с разъединителем
-  - Опора стационарная с подкосом
-  - Опора угловая, стационарная
-  - Опора угловая, передвижная
-  - Опора анкерная, стационарная
-  - То же, с разъединителем
-  - Опора анкерная, передвижная
-  - Опора концевая, стационарная
-  - Опора концевая, передвижная
-  - Опора ответвительная

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

СПРАВОЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

Таблица П.3.1

Техническая характеристика дуговых трубчатых ксеноновых ламп

Лампа	Мощность, кВт	Напряжение, В	Ток, А	Световой поток, лк
ДКсТБ – 2000	2	60	31	3700
ДКсТ – 2000	2	40	52	33000
ДКсТ – 5000	5	110	48	88000
ДКсТП – 6000	6	110	55	130000
ДКсТБ – 6000	6	220	30	210000
ДКсТ – 10000	10	220	46	220000

Продолжение табл. П.3.1

Лампа	Мощность, кВт	Напряжение, В	Ток, А	Световой поток, лк
ДКсТВ – 15000	15	220	68	550000
ДКсТ - 20000	20	380	56	600000
ДКсТВ – 50000	50	380	132	2000000
ДКсТ – 50000	50	380	140	1800000
ДКсТ – 100000	100	380	270	3500000
ДКсТВ - 100000	100	380	285	5000000

Таблица П.3.2

Характеристики световых приборов с лампами ДКсТ

Тип светового прибора	Тип лампы	Мощность, кВт	КПД, %	Максимальная сила света, кд
СПКс2 – 10000	ДКсТ – 10000	10	62	60000
СПКс3 – 10000	ДКсТ – 10000	10	65	200000
ОУКсН – 20000	ДКсТ – 20000	20	76	650000
ОУКсН - 50000	ДКсТ - 50000	50	67	2000000

Таблица П.3.3

Основные технические характеристики прожекторов

Тип прожектора	Тип лампы			Максимальная сила света	Световой поток лм	КПД %
	Тип	Мощность, Вт	Напряжение			
ПСМ – 50 - 1	ДРЛ - 700	700	220	52000	38500	35
- “ -	ДРЛ - 400	400	220	20000	22000	35
ПЭС - 45	ДРЛ – 700	700	220	40000	38500	27
- “ -	ДРЛ – 400	400	220	15000	22000	27
ПЗС – 35	Общего назн.	500	220	50000	8200	27
- “ -	- “ -	500	127	85000	9100	27
ПЭМ – 35	- “ -	500	220	40000	8200	25
- “ -	- “ -	500	127	70000	9100	25

Продолжение табл. П.3.3

Тип прожектора	Тип лампы			Максимальная сила света	Световой поток лм	КПД %
	Тип	Мощность, Вт	Напряжение			
ПЭМ – 25	Общего назн.	200	220	10000	2920	25
- “ -		200	127	15000	3200	25
ПKN – 1000 – 1	КИ – 220 – 1000 – 5	1000	220	75000	22000	60
ПKN – 1500 – 1	КИ – 220 – 1500	1500	220	110000	33000	60
ПKN – 2000 -1	КИ – 220 – 1000 - 5	2000	220	140000	44000	60
ПKN – 2000 – 2	КИ – 220 – 1500	1000	220	30000	22000	60
ПKN – 1500 – 2	КИ – 220 – 1000	1500	220	40000	76000	60
ПФС – 45 – 1	ПЖ – 220 – 1000	1000	220	750000	17000	-
ПФС – 45 – 2	- “ -	- “ -	- “ -	125000	- “ -	-
ПФС – 45 – 3	- “ -	- “ -	- “ -	150000	- “ -	-
ПФС – 35 – 2	ПЖ – 220 – 500 – 3	500	220	25000	8500	-
ПФС – 35 – 3	- “ -	- “ -	- “ -	70000	- “ -	-
ПФС – 35 - 4	- “ -	- “ -	- “ -	30000	- “ -	-

Таблица П 3 4

Относительная освещенность для расчета освещения от светильников наружного освещения, наклоненных на угол около 20 град.

X:h	Значение η при Y:h								
	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,2	1,78	1,98	2,18	2,38	2,57	2,77	2,97	3,17	3,37
0,4	1,66	1,85	2,04	2,22	2,40	2,59	2,78	2,96	3,14
0,6	1,58	1,75	1,92	2,10	2,28	2,45	2,62	2,80	2,98
0,8	1,48	1,65	1,82	1,98	2,14	2,31	2,48	2,64	2,90
1,0	1,40	1,56	1,72	1,87	2,03	2,18	2,34	2,50	2,65
1,2	1,33	1,48	1,63	1,78	1,92	2,07	2,22	2,37	2,52
1,4	1,27	1,41	1,53	1,68	1,83	1,97	2,12	2,36	2,40
1,6	1,22	1,35	1,48	1,62	1,76	1,89	2,02	2,16	2,30
1,8	1,16	1,29	1,42	1,55	1,68	1,81	1,94	2,06	2,19
2,0	1,11	1,23	1,35	1,48	1,60	1,72	1,84	1,97	2,09
2,2	1,06	1,18	1,30	1,42	1,53	1,65	1,77	1,89	2,07
2,4	1,02	1,14	1,25	1,36	1,48	1,59	1,70	1,82	1,93
2,6	0,98	1,09	1,20	1,31	1,42	1,53	1,64	1,74	1,85
2,8	0,95	1,06	1,16	1,26	1,37	1,48	1,58	1,69	1,79
3,0	0,92	1,02	1,12	1,22	1,33	1,43	1,53	1,63	1,73

Таблица П.3.5.

Основные расчетные параметры карьерных воздушных линий напряжением до 1000 В и выше

Марка провода	Длительно допустимый ток $I_{\text{дл. доп}}$ А	Активное сопротивление r_0	Индуктивное сопротивление (X_0 Ом/км) при напряжении		
			до 500 В	6 – 10 кВ	35 кВ
А – 16	105	1,910	0,358	0,391	--
А – 25	136	1,240	0,345	0,337	--
А – 35	170	0,885	0,336	0,336	0,445
А – 50	215	0,693	0,325	0,335	0,438
А – 70	265	0,445	0,314	0,345	0,428
А – 95	320	0,315	0,303	0,4	0,417
А – 120	375	0,2160	0,297	0,327	0,411
А – 150	440	0,194	--	0,319	0,408
А – 185	500	0,157	--	0,311	0,403
А – 240	590	0,120	--	0,305	0,359

Продолжение табл. П.3.5

Марка провода	Длительно допустимый ток $I_{\text{дл.доп}}$ А	Активное сопротивление r_0	Индуктивное сопротивление (X_0 Ом/км) при напряжении		
			до 500 В	6 – 10 кВ	35 кВ
АС – 16	111	10772	0,351	0,430	--
АС – 25	142	1,146	0,339	0,521	--
АС – 35	175	0,773	0,330	0,405	0,438
АС – 50	210	0,592	0,319	0,392	0,427
АС – 70	265	0,420	0,308	0,382	0,417
АС – 95	330	0,299	0,297	0,371	0,406
АС - 120	390	0,245	0,392	0,365	0,400
АС – 150	450	0,195	--	0,358	0,398
АС – 185	520	0,154	--	0,355	0,324
АС - 240	605	0,118	--	0,350	0,390

Примечания: 1. При напряжении 500 В расстояние между проводами принимают 600 мм. 2. При напряжении 6 - 10 кВ расстояние между проводами марки А принимают 1000 мм, а между проводами марки АС соответственно 2000 мм. 3. При напряжении 35 кВ расстояние между проводами принимают 3500 мм.

Таблица П. 3.6

Экономическая плотность тока (А/мм)

Наименование проводников	Продолжительность использования максимума нагрузки, ч		
	свыше 1000 до 3000	свыше 3000 до 5000	свыше 5000 до 8700
Голые провода и шины медные	2,5	2,1	1,8
То же, алюминиевые:			
1)Европейская часть СССР, Закавказье, Забайкалье, Дальний Восток.	1,3	1,1	1,0
2)Центральная Сибирь, Казахстан, Средняя Азия.	1,5	1,4	1,3
Кабели с бумажной и провода с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией с медными жилами	3,0	2,5	2,0
То же с алюминиевыми жилами:			
1) Европейская часть СССР, Закавказье, Забайкалье и Дальний Восток.	1,6	1,4	1,2
2)Центральная Сибирь, Казахстан, Средняя Азия	1,8	1,6	1,5

Продолжение табл. П.3.6

Наименование проводников	Продолжительность использования максимума нагрузки, ч		
	свыше 1000 до 3000	свыше 3000 до 5000	свыше 5000 до 8700
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с медными жилами.	3,5	3,1	2,7
То же, с алюминиевыми жилами:			
1)Европейская часть СССР, Закавказье, Забайкалье и Дальний Восток.	1,9	1,7	1,6
2)Центральная Сибирь, Казахстан и Средняя Азия.	2,2	2,0	1,9

Таблица П. 3. 7

Минимальные допустимые сечения проводов воздушных линий по условиям механической прочности

Провод		Класс и сечения (мм ²) ВЛ.		
Конструкция	Материал	1 класс	2 класс	3 класс
Однопроволочные.	Сталь	Не допускается	Не допускается	12,5
Многопроволочные	Алюминий	35	25 (35)	16
	Сталеалюминий.	25	16	10

Примечание. В скобках указаны сечения для населенной местности и пересечений с инженерными сооружениями.

Таблица П.3.8

Активные и реактивные сопротивления кабелей с медными жилами

Сечения, мм	Активное сопротивление $r_{ок}$	Реактивное сопротивление $X_{ок}$ (Ом/кг) для кабелей напряжением, кВ			
		6	10	20	35
10	1,78	0,100	0,113	--	--
16	1,12	0,094	0,104	--	--
25	0,71	0,058	0,094	0,135	--
25	0,51	0,079	0,088	0,129	--
50	0,35	0,072	0,082	0,119	--
70	0,26	0,069	0,079	0,116	0,132
95	0,19	0,068	0,076	0,110	0,126
120	0,15	0,066	0,076	0,107	0,119
150	0,12	0,066	0,072	0,104	0,116
185	0,10	0,066	0,069	0,100	0,113

Таблица П. 3. 9

Токовые нагрузки на кабели с алюминиевыми жилами с резиновой и пластмассовой изоляцией в свинцовой, ПВХ и резиновой оболочке, бронированные и небронированные

S мм ²	Таковая нагрузка, А, на жилы кабелей, I _{дл.доп}				
	Одножильные в воздухе	Двухжильные		Трехжильные	
		в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1	2	3	4	5	6
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	395	310	440	270	385
240	465	--	--	--	--

Таблица П.3. 10

Токовые нагрузки на кабели с медными жилами с резиновой изоляцией в свинцовой П8Х или резиновой оболочке, бронированные и небронированные

S мм ²	Таковая нагрузка, А, на жилы кабелей, I _{дл.доп} .				
	Одножильные в воздухе	Двухжильные		Трехжильные	
		в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1	2	3	4	5	6
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225

Продолжение табл. П.3.10

S мм ²	Таковая нагрузка, А, на жилы кабелей, Идл.доп.				
	Одножильные в воздухе	Двухжильные		Трехжильные	
		в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	--	--	--	--

Примечание. Токовые нагрузки распространяются на провода и кабели как с заземленной жилой, так и без нее.

Таблица П. 3. 11

Токовые нагрузки на шнуры, переносные шланговые легкие и средние кабели, переносные шланговые тяжелые кабели, шахтные гибкие шланговые кабели, прожекторные и переносные провода с медными жилами на напряжение до 660 В

S мм ²	Токовая нагрузка, А, на жилы кабелей, Идл.доп.		
	Одножильные	Двухжильные	Трехжильные
0,5	--	12	--
0,75	--	16	14
1,0	--	18	16
1,5	--	23	20
2,5	40	33	28
4	50	43	36
6	65	55	45
10	90	75	60
16	120	95	80
25	160	125	105
35	190	150	130
50	235	185	160
70	290	235	200

Примечание. Токовые нагрузки распространяются на провода и кабели как с заземляющей жилой, так и без неё.

Таблица П. 3. 12

Длительно допустимые нагрузки на высоковольтные кабели

Число и номинальное сечение жил, мм			Длительно допустимые токовые нагрузки для гибких кабелей при температуре окружающей среды +25 С°		
основные	заземления	вспомогательные	КШВГ, КШВГЭ – ХЛ, КШВГ – ХЛ, КШВГВ – ХЛ, КШВГЭ, КШВГЭВ – ХЛ	КГЭ – ХЛ	КГЭТ
3 х 10	1 х 6	1 х 6	70	91	94
3 х 16	1 х 6	1 х 6	90	117	121
3 х 25	1 х 10	1 х 6(10)	120	157	161
3 х 35	1 х 10	1 х 6(10)	145	189	195
3 х 50	1 х 16	1 х 10	180	235	242
3 х 70	1 х 16	1 х 10	220	289	296
3 х 95	1 х 25	1 х 10	265	346	356
3 х 120	1 х 35	1 х 10	310	403	417
3 х 150	1 х 50	1 х 10	350	458	470

Примечания. 1. Вспомогательные жилы имеются только у кабелей КШВГВ-ХЛ, КШВГЭВ - ХЛ, КГЭ, КГЭ - ХЛ. Сечения вспомогательных жил, указанные в скобках, приведены для кабелей КШВГВ-ХЛ, КШВГЭВ-ХЛ. 2. Для кабелей, намотанных на барабан, длительно допустимый ток определяют с учетом поправочных коэффициентов 0,8 - при числе слоев навивки – 1; 0,6 при числе слоев навивки – 2; 0,5 - при числе слоев навивки – 3.

Таблица П.3.13

Поправочные коэффициенты для определения длительно допустимых токовых нагрузок на гибкие кабели

Максимальная температура окружающей среды, действующая в течение не менее 10 суток в году, °С	Поправочный коэффициент	
	КШВГ, КШВГЭ-ХЛ, КШВГ-ХЛ, КШВГВ-ХЛ, КШВГЭ, КШВГЭВ-ХЛ	КШВГТ, КГЭТ, КГЭ-ХЛ, КГ
- 60	1,76	1,56
- 50	1,69	1,50
- 40	1,62	1,44
- 30	1,54	1,38
- 20	1,45	1,32
- 10	1,37	1,26
- 5	1,32	1,23
0	1,27	1,19
+ 5	1,22	1,15
+ 10	1,17	1,12

Продолжение табл. П.3.13

Максимальная температура окружающей среды, действующая в течение не менее 10 суток в году, °С	Поправочный коэффициент	
	КШВГ, КШВГЭ-ХЛ, КШВГ-ХЛ, КШВГВ-ХЛ, КШВГЭ, КШВГЭВ-ХЛ	КШВГТ, КГЭТ, КГЭ-ХЛ, КГ
+ 15	1,12	1,08
+ 20	1,06	1,04
+ 25	1,00	1,00
+ 30	0,94	0,96
+ 40	0,79	0,86
+ 50	0,61	0,78

Таблица П.3.14

Технические характеристики сетевых электроприемников одноковшовых экскаваторов

Тип экскаватора	Мощность сетевого электродвигателя, кВт	Мощность трансформатора собственных нужд, кВА	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток двигателя
ЭКГ-2у	250	100	6000	0,9
ЭКГ-3,2	250	100	6000	0,9
ЭКГ-3,2у	400	100	6000	0,9
ЭКГ-4у	520	100	6000	0,85опер.
ЭКГ-4,6 Б	250	30	6000	0,9
ЭКГ-5	250	40	6000	0,9
ЭКГ-6,3ус	520	100	6000	0,85опер.
ЭКГ-6,3у	1250	160	6000	0,9опер.
ЭКГ-8	520	100	6000	0,85опер.
ЭКГ-8И	520	100	6000	0,85опер.
ЭКГ-10ус	1250	160	6000	0,9опер.
ЭКГ-12,5	1250	160	6000	0,9опер.
ЭКГ-20	2500	400	6000	0,9опер.
ЭВГ-6	520	100	6000	0,9опер.
ЭВГ-15	1470	400	6000	0,9опер.
ЭВГ-35/65	2×2300; 1×660	2×400; 250; 100	6000	0,9опер.

Продолжение табл. П.3.14

Тип экскаватора	Мощность сетевого электродвигателя, кВт	Мощность трансформатора собственных нужд, кВА	Номинальное напряжение, В	Номинальный cos двигателя
ЭВГ-35/65М	2×2500	2×400; 250; 100	6000	0,9опер.
ЭВГ-100/70	2×6300	1600; 1000; 630	35000	0,85опер.
ЭШ-5/45	425	250	6000	0,85опер.
ЭШ-6/45М	520	250	6000	0,85опер.
ЭШ-6/60	715	180	6000	0,8опер.
ЭШ-10/60 А	860	250	6000	0,8опер.
ЭШ-10/70 А	1250	250	6000	0,9опер.
ЭШ-13/50	1250	250	6000	0,9опер.
ЭШ-20-55	2000	2×250	6000	0,85опер.
ЭШ-15/70	2000	2×250	6000	0,85опер.
ЭШ-15/90	1900	2×400	6000	0,85опер.
ЭШ-20/75	1900	2×400	6000	0,85опер.
ЭШ-20/90	2500	2×400	6000	0,85опер.
ЭШ-25/100 А	2×1900	2×400; 100	6000	0,85опер.
ЭШ-40/85	2×2250	4×400	10000	0,85опер.
ЭШ-65/100	4×2250	6×400	10000	0,95опер.
ЭШ-80/100	4×3600	2×1600	10000	0,9опер.
ЭШ-100/100	4×3600	8×400	10000	0,9опер.
ЭШ-100/125	4×3150	8×400	10000	0,95опер.

Таблица П.3.15

Энергетические показатели цепных многоковшовых экскаваторов

Тип экскаватора	Номинальное напряжение, В	Установленные высоко- вольтные электроприемни- ки		Расчетная нагруз- ка экскаватора	
		Рдв.уст., кВт	Стр.уст., кВА	Ррасч., кВт	cosφ
Р – 300	6000	-	340	170	0,84
Р – 500	6000	-	580	300	0,83
ДС – 800	6000	400	390	1100	0,84
ДС - 1000	6000	630	623	1100	0,94

Таблица П.3.16

Энергетические показатели роторных экскаваторов

Тип экскаватора	Номинальное напряжение, В	Установленные высоко- вольтные электропри- емники		Расчетная нагрузка экс- каватора	
		Рдв.уст., кВт ($U_H=6(10)кВ$)	Стр.уст., кВА	Ррасч., кВт	cos φ
ЗЭР – 500 – 2	6000	-	373	226	0,85
ЭРГ – 400	6000	-	580	425	0,9
К 300	6000	-	693	400	0,9
ЭР – 630	6000	-	880	460	0,9
ЭРГВ – 630	6000	-	630; 250	460	0,9
ЭР – 1250	6000	-	630; 63	650	0,9
ЭРП – 1250	6000	-	2×630	800	0,9
ЭРГ – 1600	6000	2360	1720	1700	0,93
ЭРШР – 1600	6000	4410	1320	2700	0,93
ЭРШРД – 5000	10000	5120	1680	3600	0,93
КУ – 800	35000	6580	3000	3000	0,93
ШРС - 2400	3500	3770	3100	3100	0,93
ЭРШР – 5000	6000	6854	1726	2960	0,95
ЭРШРД – 5250	10000	9051	2064	3700	0,92

Таблица П.3.17

Энергетические характеристики буровых станков

Тип бурового станка	Подводимое напряжение В.	Установленная мощность Р _{уст.} , кВт	Коэффициент спроса Кс	cosφ
2СБШ – 200 – 32	380/660	320	0.7	0.7
2СБШ – 200 – 40	-“-	350	-“-	-“-
4СБШ – 200 – 40	-“-	380	-“-	-“-
3СБШ – 200 – 60	-“-	400	-“-	-“-
СБШ – 250 – МНА - 32	-“-	400	-“-	-“-
СБШ – 250 – 55	-“-	400	-“-	-“-
СБШ – 320	6000	712	-“-	-“-
2СБР – 125	380/660	122	0.65	-“-
СВБ – 2М	380	61	-“-	-“-
СБР – 160	380/660	128	-“-	-“-
СБР – 160А – 2	380	184	-“-	-“-
СБУ – 100 Г- 35	-“-	24	-“-	-“-
СБУ – 100 П- 35	-“-	24	-“-	-“-
СБУ – 100 М- 35	-“-	4	-“-	-“-
СБУ – 125 А- 32	-“-	40	-“-	-“-
СБУ – 100 А- 52	-“-	90	-“-	-“-

Таблица п.3.18

Энергетические показатели отвалообразователей

Тип атвалообразователя	Номинальное напряжение, В	Установленные высоковольтные электроприемники		Расчетная нагрузка экскаватора	
		Р _{дв.уст.} , кВт	S _{тр.уст.} , кВА	Р _{расч.} , кВт	cosφ
ОШ – 1500	6000	720	160	540	0,87
ОШР – 4500/90	6000	1060	660	1200	0,87
ОШР – 4500/180	6000	2530	460	2500	0,87
ОШР – 5000/95	6000	2040	440	1800	0,87
ОШР – 5000/190	6000	2930	440	2850	0,88
Р – 1500	6000	--	680	320	0,86

Р – 5500	6000	1250	1790	2100	0,86
АПС – 6800	6000	4159; 3700	6300	9000	0,9

Таблица П.3.19

Энергетические показатели самоходных дробильно-перегрузочных установок

Наименование установок	U _н , В	P _{дв.уст.} , кВт	S _{тр.уст.} , кВА	P _{ср.уст.} , кВт	P _{max.потр.} , кВт	cosφ
ДПУ – 1200	6000	2х630	400	1400	1500	0,82
ДПА – 2000	6000	2х630	630	1550	1800	0,82

Таблица П.3.20

Значения коэффициентов спроса (Kc) и мощности (cosφ)

Наименование машин и механизмов	Kc	cosφ
Одноковшовые экскаваторы с однодвигательным приводом на переменном токе	0,45 – 0,55	0,6 – 0,65
Многоковшовые экскаваторы	0,65 – 0,75	0,7 – 0,75
Отвалообразователи	0,5 – 0,6	0,65 – 0,7
Станки вращательного бурения	0,6 – 0,7	0,7 – 0,75
Станки ударного бурения	0,2 – 0,6	0,6 – 0,65
Ленточные конвейеры, забойные	0,5 – 0,65	0,6 – 0,65
Ленточные конвейеры сборные	0,65 – 0,7	0,65 – 0,7
Насосы, землесосы гидромеханизации	0,8	0,87 – 0,88
Насосы водоотлива	0,7 – 0,8	0,8 – 0,85
Электромеханические мастерские	0,3 – 0,4	0,58- 0,61
Электросварка	0,3 – 0,4	0,4 – 0,5
Освещение	0,9	1 - для ЛН; 0,95 – для люм.
Механизмы технического комплекса (дробилки, грохоты, конвейеры) и т.п.	0,35 – 0,65	0,75 – 0,8

Таблица П.3.21

Расчетные коэффициенты спроса для средних условий работы одноковшовых экскаваторов

Коэффициент спроса	Экскаватор с приводом	Число экскаваторов						
		1	2	3	4	5	6 - 10	11 – 18
Для среднепотребляемой мощности Кс.ср	На постоянном токе: добычные вскрышные На трехфазном токе	0,44	0,43	0,40	0,38	0,37	0,36-0,33	0,32-0,29
		0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,35-0,32	0,31-0,28
		0,56	0,52	0,50	0,48	0,47	0,46-0,42	0,41-0,34
Для определения мощности трансформаторов Кс.тр	На постоянном токе: добычные вскрышные На трехфазном токе	0,45	0,73	0,70	0,67	0,65	0,63-0,59	0,58-0,51
		0,40	0,69	0,67	0,64	0,63	0,61-0,57	0,56-0,49
		0,37	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55-0,51	0,50-0,43
Для определения максимальной пиковой мощности Кс.мах	На постоянном токе: добычные вскрышные На трехфазном токе	1,6	1,6	1,4	1,24	1,18	1,05-0,91	0,88-0,85
		1,5	1,5	1,3	1,16	1,05	1,0-0,87	0,83-0,63
		1,33	1,3	1,14	1,02	0,94	0,89-0,77	0,74-0,54

Таблица П.3.22

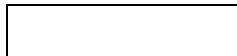
Понизительные подстанции, рекомендуемые к установке в карьерах

Подстанция 6/0,4 кВ		Подстанция 35/6-10 кВ	
Тип подстанции	Конструктивное выполнение	Тип подстанции	Конструктивное выполнение
МТП-25/6/0,6 МТП-40/6/0,4 МТП-63/6/0,4 МТП-100/6/0,4 МТП-160/6/0,4 МТП-250/6/0,4 МТП-400/6/0,4	Мачтовая -«-	СКТП-1000/35/6-10 СКТП-1600/35/6-10 СКТП-2500/35/6-10 СКТП-4000/35/6-10	Сборно-разборные комплектные трансформаторные подстанции
ПСКТП-100/6/0,4 ПСКТП-160/6/0,4	Передвижные комплектные трансформаторные подстанции	ПКТП-2500/35/6-10 ПКТП-4000/35/6-10	Блочные передвижные комплектные трансформаторные подстанции

ПСКТП-
250/6/0,4

с сухими транс-
форматорами

ПКТП-6300/35/6-10



Продолжение табл.П.3.22

Подстанции 6/0,4 кВ		Подстанции 35/6-10 кВ	
Тип подстан- ции	Конструктивное выполнение	Тип подстанции	Конструктивное выполнение
ПСКТП- 400/6/0,4		ПКТП-10000/35/6- 10 ПТЛА-10000/35/6- 10	
ПКТП- 250/6/0,4 ПКТП- 400/6/0,4 ПКТП- 630/6/0,4	Передвижные комплектные трансформатор- ные подстанции с масляными трансформато- рами		

П р и м е ч а н и е. Первые цифры в обозначении типов подстанций указывают на мощность силового трехфазного трансформатора, кВА; вторые две цифры - первичное напряжение, кВ; третьи цифры - вторичное напряжение, кВ.

Таблица П.3.23

Характеристики конденсаторов установок продольной компенсации

Тип установки	Напряжение, В	Ток, А	Мощность, квар	Сопротивление, Ом
КСА-0,38-18	380	47,4	18	8,0
КСА-0,5-18	500	36,0	18	13,9
КСП-0,66-40	660	60,6	40	10,9
КСА-1,05-25	1050	23,8	25	44,2
КСП-1,05	1050	71,4	75	14,7
КСПК-1,05-120	1050	114,5	120	9,2

Таблица П.3.24

Рекомендуемые значения сопротивлений высокоомных резисторов в нейтрали силового трансформатора

Емкостной ток замыкания на землю в высоковольтной сети, А	Сопротивление резистора (кОм), при напряжении сети, кВ	
	6	10
0,7 - 2	3	4
3 - 6	2	3
5 - 6	1	2
7 - 8	1	1,5
9 - 10	0,75	1

П р и м е ч а н и е. Для сетей, оснащенных защитами от замыкания на землю типа ЗЗП-1, значения сопротивления резистора в указанном диапазоне емкостных токов должны быть увеличены в два раза.

Таблица П.3.25

Значения удельных емкостей на фазу и емкостных токов для бронированных кабелей с бумажной пропитанной изоляцией

Сечения жил кабеля, мм ²	Удельная емкость жил кабеля мкФ/км · 10 ⁻³		Удельный емкостной ток кабеля А/км · 10 ⁻³	
	6 кВ	10 кВ	6 кВ	10 кВ
3 × 25	140	110	460	360
3 × 35	160	130	520	420
3 × 50	180	140	590	460
3 × 70	210	160	680	520
3 × 95	240	190	790	620
3 × 120	270	200	890	650
3 × 150	315	240	1030	780
3 × 185	360	260	1180	850
3 × 240	400	300	1300	980

Таблица П.3.26

Расчетные значения удельных емкостей на фазу и емкостных токов для кабелей марки КШВГ

Сечения жил кабеля, мм ²	Удельная емкость жил кабеля мкФ/км · 10 ⁻³		Удельный емкостной ток кабеля, А/км · 10 ⁻³	
3 × 25 + 1 × 10	290	220	950	720
3 × 35 + 1 × 10	330	250	1080	820
3 × 50 + 1 × 16	360	280	1180	920
3 × 70 + 1 × 16	430	320	1400	1040
3 × 95 + 1 × 25	490	350	1600	1140
3 × 120 + 1 × 35	530	370	1730	1210
3 × 150 + 1 × 50	590	420	1930	1370

Таблица П.3.27

Тарифы на электроэнергию для промышленных предприятий

Энергоснабжающие организации	а, руб	б, коп/кВт· ч
Красноярскэнерго	177	53,26
Кузбасэнерго	165	45,95
Новосибирскэнерго	170	61,00

Омскэнерго	140	70,0
Томскэнерго	160	86,07
Хакасэнерго	150	25,53

Таблица П.3.28

Коэффициенты экранирования заземлителей и соединительных полос

Отношение - расстояния между тру- бами (угол- ками) к их длине	Размещение заземлителей					
	в ряд			по контуру		
	число - труб(угол- ков)	коэффициенты экранирования		число труб (уголков)	коэффициенты экранирования	
		$\eta_{\text{эк.эл}}$	$\eta_{\text{эк.п}}$		$\eta_{\text{эк.эл}}$	$\eta_{\text{эк.п}}$
1	2	0,84-0,87	0,8	4	0,66-0,72	0,55
	3	0,70-0,80	0,75	6	0,58-0,65	0,40
	5	0,67-0,72	0,70	10	0,52-0,58	0,35
	10	0,56-0,62	0,60	20	0,44-0,50	0,27
	15	0,51-0,56	0,45	40	0,8-0,44	0,21
	20	0,47-0,50	0,40	60	0,36-0,42	0,19
	30	0,40-0,48	0,30	100	0,33-0,39	0,18
2	2	0,90-0,92	0,90	4	0,96-0,80	0,58
	3	0,85-0,88	0,85	6	0,71-0,75	0,56
	5	0,79-0,83	0,80	10	0,66-0,71	0,50
	10	0,72-0,74	0,60	20	0,61-0,66	0,36
	15	0,66-0,73	0,55	40	0,55-0,61	0,28
	20	0,65-0,70	0,50	60	0,52-0,58	0,25
	30	0,60-0,64	0,44	100	0,49-0,55	0,23
3	2	0,93-0,95	0,98	4	0,4-0,86	0,73
	3	0,90-0,92	0,95	6	0,7-0,82	0,68
	5	0,85-0,88	0,90	10	0,74-0,78	0,58
	10	0,79-0,83	0,80	20	0,68-0,73	0,49
	15	0,76-0,80	0,70	40	0,64-0,68	0,42
	20	0,74-0,79	0,65	60	0,62-0,67	0,38
	30	0,70-0,75	0,58	100	0,69-0,65	0,34

Учебное издание

Герасимов Анатолий Игоревич

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ КАРЬЕРА

Методические указания па курсовому и дипломному проектированию
для студентов специальности 180400 «Электропривод и автоматика про-
мышленных установок и технологических комплексов» очной и заочной
форм обучения

Редактор Л. Г. Семухина
Компьютерная верстка И. В. Манченкова

Подписано в печать в печать 20.11.2003 г.

Формат 60х84/16.

Бумага офсетная

Печать ризографическая.

Усл. Печ. Л. 3,2.

Уч. – изд. Л. 3,5.

Тираж 200 экз.

Заказ

Редакционно - издательский отдел
Гос. образоват. учреждения «ГАЦМиЗ»
660025, Красноярск, ул. Вавилова, 66а
Отпечатано в издательстве «Поликон»
Г. Красноярск, ул. Ленина, 113, офис 415
Тел. (3912) 23-52-73, e-mail: polimt@krasline.ru