

Министерство образования Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный горный институт  
имени Г.В.Плеханова (технический университет)

Кафедра электротехники и электромеханики

# ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Программа, методические указания и контрольное задание  
для студентов заочной формы обучения специальности 180400*

**Часть 1**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2001

УДК 621.31.622(075.84)

**ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ:** Программа, методические указания и контрольное задание /Санкт-Петербургский горный институт. Сост.: *Б.Г. Анискин*. СПб, 2001. 27с.

Содержит программу курса «Электроснабжение горных предприятий», контрольное задание, состоящее из трех задач. Предназначены для студентов заочной формы обучения специальности 180400 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов». Могут быть использованы студентами специальности 170100 «Горные машины и оборудование».

Табл. 4. Ил. 2. Библиогр.:15 назв.

Научный редактор проф. *А.Е.Козярук*

©Санкт-Петербургский горный институт им. Г.В.Плеханова, 2001 г

## **ВВЕДЕНИЕ**

В курсе «Электроснабжение горных предприятий» для специальности 180400 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» рассматривается электроснабжение подземных работ, карьеров и обогатительных фабрик, электрооборудование, схемы электроснабжения, электробезопасность, освещение.

Изучению данной дисциплины должно предшествовать усвоение курсов математики, физики, теоретических основ электротехники, основ технологии горного производства, основ электроснабжения.

После усвоения материала курса выполняется контрольное задание, состоящее из трех задач:

1. Расчет электроснабжения подземного добычного участка угольной шахты.
2. Расчет освещения на горном предприятии.
3. Расчет электроснабжения участка карьера.

Методические указания из методологических соображений разбиты на две части: первая часть содержит программу курса, две задачи – №1 и №2 и варианты заданий для третьей задачи; вторая часть содержит задачу №3.

## **1. ПРОГРАММА**

### **1.1. Введение в курс**

Основные определения. Особенности электроснабжения горных работ. Эксплуатация электрооборудования на горном предприятии. [12.с. 6-26, 10.с. 11-20, 2.с. 6-16].

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Назначение элементов СЭС горных предприятий.
2. Основные отличия электроснабжения открытых и подземных горных работ.
3. Каковы особенности электроснабжения стационарных установок на поверхности шахт и рудников?
4. В каких случаях применяется резервирование питания электроприемников?
5. Уровни напряжений, при которых происходит распределение электрической энергии на открытых и подземных горных работах и обогатительных фабриках.

## **1.2. Электрические аппараты**

Аппаратура управления и защиты на горном предприятии. Магнитные пускатели, автоматические выключатели, высоковольтные ячейки. КРУВ-6.

[10.с. 106-149, 2.с. 37-85, 6.с. 562-603, 12.с. 199-226, 7.с. 170-221, 1.с. 292-470, 13.с. 90-200, 9.с. 151-221].

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Классификация аппаратов управления и защиты.
2. Чем отличаются рудничные аппараты от аппаратов на открытых горных работах?
3. Перечислите основные блоки рудничных магнитных пускателей и автоматических выключателей.
4. Учитываются ли особенности эксплуатации горного электрооборудования при конструировании аппаратов управления и защиты?
5. Какие типы контакторов используются в магнитных пускателях и автоматических выключателях?
6. Для чего предназначены пусковые агрегаты?
7. Конструкция пусковых агрегатов.

## **1.3. Освещение**

Освещение на горных предприятиях. Источники света, их классификация. Устройство ламп накаливания и газоразрядных и их характеристики. Методы расчета освещения. Выбор источника для осветительной сети. Конструкция светильников для освещения открытых и подземных горных работ.

[ 10.с. 190-202, 2.с. 312-328, 6.с. 668-677, 12.с. 79-102, 7.с. 221-238, 1.с. 504-515, 13.с. 285-293, 9.с. 389-411, 11.с. 59-83].

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Расскажите о конструкции взрывозащиты в светильниках для подземных выработок.
2. Как осуществляется контроль изоляции осветительной сети?
3. Как выполняется осветительная сеть?
4. Основное отличие ламп накаливания от газоразрядных ламп.

5. В каких случаях используют точечный метод определения освещенности?
6. Чем отличаются галогенные лампы от ламп накаливания общего назначения?
7. Устройство газоразрядных ламп высокого и низкого давления.
8. Какие источники питания используют для питания осветительной сети в подземных выработках?
9. Как устроена осветительная сеть на открытых горных работах?
10. Особенности освещения обогатительных фабрик.
11. Какова методика расчета освещения ксеноновыми лампами?
12. Какие системы нейтрали осветительной сети используются на горных предприятиях?

#### **1.4. Электроснабжение электровозного транспорта**

Электроснабжение электровозного транспорта на горных предприятиях. Конструкция тяговой сети. Электрооборудование электровозов и тяговых агрегатов. Схемы тяговых подстанций и их основные элементы. Расчет тяговой сети и определение мощности тяговой подстанции.

[10.с. 253-259, 2.с. 124-132, 6.с. 646-668, 12.с. 237-259, 15.с. 211-219, 7.с. 259-290, 11.с. 162-182].

#### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Какие типы электровозов применяются на горных предприятиях?
2. Из каких элементов состоит система электроснабжения электровозного транспорта?
3. Конструкция тяговой сети.
4. Как определить нагрузку тяговой сети?
5. Как определить максимальное расстояние между тяговыми подстанциями?
6. Из каких основных элементов состоит тяговая подстанция?

### **1.5. Энергетические показатели**

Энергетические показатели горного предприятия. Нормы электропотребления. Компенсация реактивной мощности. Компенсационные установки в подземных выработках.

[10.с. 347-357, 2.с. 290-311, 6.с. 379-416, 12.с. 102-120, 15.с. 251-257, 1.с. 525-534, 9.с. 375-389, 11.с. 290-311].

#### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Какие энергетические показатели работы электрохозяйства используются для оценки работы предприятия?
2. Как осуществляется учет расхода электрической энергии на предприятии?
3. Для чего необходим учет расхода электроэнергии?
4. Как производится расчет предприятия с энергоснабжающей организацией за использованную электроэнергию?
5. Что такое удельный расход электроэнергии?
6. Как определить требуемую величину емкости компенсирующих устройств?
7. Какими средствами можно уменьшить величину потребляемой реактивной мощности?
8. Какие существуют мероприятия на горном предприятии по экономии электроэнергии?

### **1.6. Схемы электроснабжения горных предприятий**

Схемы электроснабжения карьеров. Электроснабжение участков карьера. Электроснабжение шахт и рудников. Способы канализации электроэнергии в подземные выработки. Электроснабжение поверхности и подземных потребителей. Электроснабжение обогатительных фабрик.

[12.с. 283-301, 15.с. 162-167, 10.с. 11-34, 2.с. 172-175, 6.с. 115-218, 7.с. 57-115, 13.с. 471-494, 9.с. 329-375, 11.с. 102-115].

#### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Как классифицируются схемы электроснабжения на открытых горных работах?

2. Какова конструкция карьерной сети при транспортной и бес-транспортной системе отработки?
3. В чем заключаются особенности электроснабжения подземного дренажного комплекса на открытых горных работах?
4. В чем заключаются основные особенности электроснабжения шахт?
5. Какие существуют способы канализации электроэнергии в подземные выработки, их преимущества и недостатки?
6. Какие требования предъявляются к схемам электроснабжения потребителей I, II и III категории?
7. Какие типы кабелей разрешены к применению в подземных выработках шахт и рудников?
8. Как осуществляется электроснабжение стационарных установок поверхностного комплекса шахты, рудника, карьера?
9. Что такое обособленное питание подземных электропотребителей и зачем оно нужно?
10. Какие типы трансформаторов принимают для установки на ГПП шахт, рудников, карьеров и обогатительных фабрик?

### **1.7. Электрооборудование горных предприятий**

Электрооборудование ГПП, ЦПП, ПКТП, РЦ, КРП, ПП шахт, карьеров и обогатительных фабрик.  
[12.с. 301-312, 15.с. 182-202, 10.с. 146-163, 2.с. 197-215, 6.с. 218-316, 7.с. 115-147, 13.с. 58-90, 11.с. 83-102].

#### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Почему главные трансформаторы на ГПП работают в нормальном режиме раздельно?
2. Исходя, из каких условий производится выбор электрооборудования на ГПП на стороне 6 кВ?
3. Какое электрооборудование разрешено к установке на ЦПП угольных шахт?
4. Для чего необходимо знать мощность короткого замыкания на шинах ЦПП?
5. Как устроена ЦПП?
6. Какова конструкция ПКТП?

7. Как выбрать мощность трансформатора на БКТП-35-110/6?
8. Какова должна быть степень загрузки трансформатора ПКТП-6/0,7-0,4?
9. Что такое РП и КРП?
10. Каково назначение ПП и его основные защиты?
11. В каких местах устанавливают ПП и почему?

### **1.8. Электрооборудование механизмов**

Электроснабжение и электрооборудование экскаваторов, буровых станков, насосных установок, транспортно-отвальных мостов, установок гидромеханизации.

[15.с. 88-128, 12.с. 312-331, 2.с. 85-124, 7.с. 13-57, 11.с. 115-162].

#### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Каково основное электрооборудование одноковшовых экскаваторов?
2. Каково основное электрооборудование шагающих экскаваторов?
3. Электрооборудование буровых станков.
4. Из каких основных частей состоит установка гидромеханизации и ее электрооборудование?

### **1.9. Электробезопасность**

Электробезопасность при электрификации шахт, рудников, карьеров и обогатительных фабрик. Влияние режима нейтрали на электробезопасность. Защитное заземление и зануление. Контроль целостности цепи защитного заземления на открытых и подземных работах. Защитное и опережающее отключение. Виды исполнения рудничного электрооборудования. Искробезопасность. Электробезопасность на открытых горных работах. Контроль состояния изоляции электроустановок. Электробезопасность на обогатительных фабриках.

[15.с. 238-250, 12.с. 41-78, 10.с. 35-83, 2.с. 225, 6.с. 421-444, 7.с. 238-259, 1.с. 210-244, 13.с. 462-471, 9.с. 85-120, 11.с. 16-59].

#### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**



1. Чему равно напряжение прикосновения при заземленной и изолированной нейтрали?
2. С какой целью производится компенсация емкостной составляющей тока короткого замыкания на землю?
3. В чем заключаются основные отличия защитного заземления от зануления?
4. Почему величина сопротивления заземляющего устройства должна быть небольшой?
5. Какие защитные аппараты срабатывают при однофазной утечке на землю в сети с изолированной и заземленной нейтралью?
6. Каковы принципы построения схем реле утечки?
7. Как осуществляется контроль изоляции сети под напряжением и в обесточенном состоянии на участке шахты или рудника?
8. Как контролируется состояние изоляции осветительной сети?
9. Что такое опережающее отключение и где оно применяется?
10. Какое оборудование применяется в системе электроснабжения с опережающим отключением?
11. Каким способом можно энергетически изолировать точку короткого замыкания?
12. Что такое взрывоустойчивость и взрывонепроницаемость оболочки?
13. Почему рудничное электрооборудование в исполнении РВ и РО не делают герметичным?
14. Что такое «искробезопасность цепи»?
15. Какими способами достигается искробезопасность цепей управления в рудничной аппаратуре управления и защиты?
16. Как осуществляется контроль целостности заземляющей жилы у передвижных механизмов на открытых горных работах и в подземных выработках?
17. Как осуществляется заземление на обогатительных фабриках?

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

Задание состоит из трех задач. Первая задача содержит 20 вариантов, вторая и третья по 10 вариантов. Номер варианта первой

задачи должен соответствовать двум последним цифрам шифра зачетной книжки студента. Если две последние цифры шифра превышают число 20, номер варианта определяется путем вычитания из этих цифр числа  $20n$  (здесь  $n$  – число 1,2,3,4). Например, шифр студента ЭР96-1874, тогда номер варианта, который он должен выполнять:  $74-(20 \cdot 3)=14$ .

Номер варианта второй и третьей задачи соответствует последней цифре шифра зачетной книжки студента.

Контрольное задание выполняется аккуратно, приводятся все необходимые формулы, схемы, даются ссылки на используемую литературу. Номер варианта третьей задачи соответствуют номеру рисунка в приложении.

### ЗАДАЧА 1

#### Расчет электроснабжения участка угольной шахты

Исходные данные для расчета даны в таблице 1. Паспортные данные электропотребителей выбранного варианта берутся из таблицы 2 и заносятся в таблицу 3. Номинальный ток  $I_n$  определяется исходя из  $P_n$ . В соответствующей точке сети необходимо определить трехфазный ток короткого замыкания (к.з.)  $I_{кз}^{(3)}$ , величину напряжения в номинальном режиме  $U$  и выбрать коммутационный аппарат.

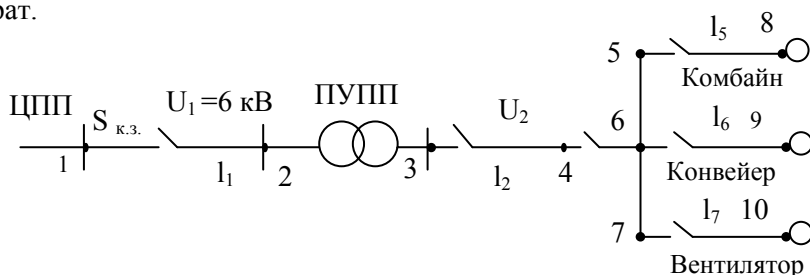


Рис.1. Схема электроснабжения участка

При расчете токов к.з. используется метод приведения к базисным условиям, для чего задано базисное напряжение  $U_6$ . Кроме того, задана мощность к.з. на шинах ЦПП.

На рис.1 дана принципиальная схема электроснабжения участка шахты; здесь  $l_1$  – длина высоковольтного кабеля, км;  $l_2$  – длина магистрального низковольтного кабеля, км;  $l_5, l_6, l_{06}$  – длины гибких кабелей соответственно комбайна, конвейера и вентилятора, км; 1 – шина ЦПП; 2 и 3 – соответственно высоковольтные и низковольтные распределительные устройства передвижной понизительной подстанции (РУ ПУПП); 4,5,6,7, - точки подключения коммутационных аппаратов; 8,9,10 – клеммы электроприемников.

Таблица 1

**ВАРИАНТЫ**

Вариант	Оборудование			Длина гибких кабелей, км			Напряжение вторичной обмотки, $U_{2н}$ , кВ
	Комбайн	Конвейер	Вентилятор	$l_5$	$l_6$	$l_7$	
0	К103	СП202	ВМ4	0,30	0,15	0,20	0,66
1	1К101У	СП87ПМ	ВМ5	0,35	0,24	0,15	0,66
2	МК67	СП48М	ВМ6	0,40	0,28	0,01	0,66
3	2К52МУ	СП63М	ВМЦ8	0,28	0,31	0,06	0,66
4	1ГШ68Е	СП87ПМ	ВМ6	0,26	0,27	0,04	1,14
5	1КШ1КГУ	КИЗМ	ВМ6	0,21	0,25	0,03	0,66
6	1ГШ68	СП37ПМ	ВМ12	0,31	0,26	0,08	1,14
7	КШЗМ	КМ81	ВМ5	0,34	0,19	0,12	1,14
8	2КШЗ	СП301	ВМ12	0,32	0,23	0,14	1,14
9	КА80	СПЦ151	ВМ4	0,25	0,18	0,09	0,66
10	К103	СП202	ВМ5	0,29	0,20	0,10	0,66
11	1К101У	СП202	ВМ4	0,21	0,28	0,08	0,66
12	МК67	СПЦ151	ВМЦ8	0,28	0,15	0,09	0,66
13	2К52МУ	СП202	ВМ6	0,23	0,18	0,12	0,66
14	1ГШ68Е	КИЗМ	ВМ4	0,31	0,12	0,18	1,14
15	КШ1КГУ	КИЗМ	ВМ5	0,30	0,23	0,20	0,66
16	1ГШ68	КИЗМ	ВМ6	0,36	0,21	0,16	1,14
17	КШЗМ	СП301	ВМ12	0,22	0,15	0,03	1,14
18	2КШЗ	СП301	ВМ6	0,28	0,18	0,08	1,14
19	КА80	СПЦ151	ВМ5	0,33	0,25	0,23	0,66

Окончание табл. 1

Вариант	Длина кабеля		Базисное напряжение, $U_6$ , кВ	Мощность к.з. на шинах ЦПП, $S_{кз}^{(3)}$	Точки, в которых нужно		
	высоковольтного, $l_1$ , км	низковольтного, $l_2$ , км			определить $I_{кз}^{(3)}$	определить величину напряжения	выбрать коммутационный аппарат
0	0,3	0,3	6,3	55	2	4	1
1	0,4	0,25	0,69	35	3	7	5
2	0,5	0,35	0,69	48	4	8	4
3	0,6	0,40	6,3	56	7	2	3
4	0,7	0,27	1,2	39	1	2	5
5	0,8	0,38	0,69	68	9	4	6
6	0,9	0,31	6,3	73	4	9	7
7	1,0	0,21	1,2	89	8	3	4
8	1,1	0,33	1,2	41	2	3	6
9	1,2	0,28	6,3	76	3	8	7
10	0,8	0,08	0,69	36	2	7	3
11	0,9	0,09	6,3	72	3	2	5
12	0,7	0,21	6,3	66	4	7	1
13	1,1	0,20	0,69	31	7	3	1
14	1,2	0,07	1,2	46	8	4	3
15	1,3	0,07	6,3	33	9	3	7
16	1,8	0,1	6,3	42	1	4	6
17	1,6	0,26	1,2	40	2	8	4
18	0,4	0,18	1,2	51	2	9	5
19	0,5	0,06	0,69	58	3	4	6

Таблица 2

Установка	Тип двигателя	$P_n$ , кВт	КПД $\eta_n$	Коэффициент мощности, $\cos\varphi_n$	$I_p/I_n$
К103	ЭДКОФ37-4	74	90,8	0,86	6,5
1К101У	ЭДКО4-100	100	92,0	0,86	6,3
МК67М	ЭКВ4У-125	125	91,8	0,81	7,0
2К52МУ	ЭДКО4-100	100	92,0	0,86	6,3
1ГШ68	ЭКВ4-У	264	95,0	0,83	7,0
1ГШ68Е	ЭКВ4-160	320	89,0	0,82	6,5
КШ1КГУ	ЭДКО4-100	100	92,0	0,80	6,3
2КШЗ	2ЭКВ5-200	400	93,5	0,85	5,7
КШЗМ	1ЭДКО5	290	92,0	0,88	5,4
КА80	ЭКВ3,5-132	132	92,0	0,83	6,2
СП202	ЭДКОФ-53/4	220	91,0	0,89	7,0
СП87ПМ	ЭДКОФВ-53/4	110	93,0	0,88	6,5
СП63М	ЭДКОФ4-45	90	91,5	0,86	6,5
КМ81	ЭДКОФ4-55	165	92,0	0,87	6,5
КИЗМ	ЭДКОФ-43/4	165	91,5	0,86	6,5
СПЦ151	ЭДКОФ4-55	110	92,0	0,87	6,5
СП48М	ЭДКОФ4-55	165	92,0	0,87	6,5
СП301	ЭДКОФ-53/4	330	91,0	0,89	7,0
ВМ4	ВРМ100	4	95,0	0,84	7,0
ВМ5	ВРМ132	13	88,0	0,87	7,0
ВМ6	ВРМ160	24	88,0	0,87	6,0
ВМ12	ВРМ280	110	98,5	0,89	6,5
ВМЦ8	ВР25052	75	92,0	0,89	6,0

Пример. Дано: комбайн 1К101У, конвейер СПЦ151, вентилятор ВМЦ8; длина кабельной линии:  $l_1 = 1,5$  км,  $l_2 = 0,2$  км,  $l_5 = 0,21$  км,  $l_6 = 0,15$  км,  $l_7 = 0,12$  км; напряжение соответственно первичной и вторичной обмоток:  $U_{1н} = 6$  кВ,  $U_{2н} = 660$  В; базисное напряжение  $U_б = 0,69$  кВ; мощность короткого замыкания  $S_{к.з.}^{(3)} = 35$  МВ·А.

Определить:  $I_{к.з.}^{(3)}$  в точке 4 (рис.1), величину напряжения при номинальном режиме в точке 3, выбрать соответствующий аппарат в точке 6. Результаты расчетов свести в таблицу.

Исходные данные

Таблица 3

Установка	$P_{н},$ кВт	$I_{н},$ А	$\cos\varphi_{н}$	$\eta_{н}$	$I_{п}/I_{н}$	Длина гибкого кабеля, м
Комбайн 1К101У	100	112	0,86	92	6,3	210
Конвейер СПЦ151	110	120	0,87	92	6,5	150
Вентилятор ВМЦ8	75	81	0,88	92	6	120

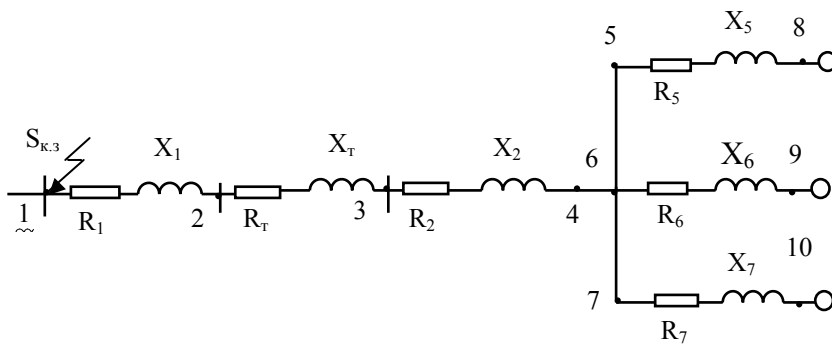


Рис.2 Схема замещения сети

Преобразовав формулу

$$P_n = \sqrt{3} U_n I_n \cos \varphi_n \eta_n,$$

найдем номинальный ток:

комбайна

$$I_{5н} = \frac{100 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 660 \cdot 0,86 \cdot 0,91} = 112 \text{ А};$$

конвейера

$$I_{6н} = \frac{110 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 660 \cdot 0,87 \cdot 0,92} = 120 \text{ А};$$

вентилятора

$$I_{7н} = \frac{75 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 660 \cdot 0,88 \cdot 0,92} = 81 \text{ А}.$$

Полученные данные внесем в табл.3. В соответствии с поставленной задачей нарисуем схему замещения сети (рис.2).

Для определения тока трехфазного к.з. в точке 4 необходимо знать параметры сети и сопротивление участковой трансформаторной подстанции. Так как мощность ПУПП неизвестна, необходимо определить расчетную мощность участка и выбрать участковую подстанцию.

Расчетная мощность участка.

$$P_p = K_c P_{уст},$$

где  $K_c = 0,29 + 0,71 P_{нmax} / P_{уст}$  - коэффициент спроса;

$$P_{уст} = \sum_{i=1}^n P_{ин} - \text{установленная мощность};$$

$P_{нmax}$  - мощность наиболее мощного двигателя.



Отсюда

$$P_{\text{уст}} = 100 + 110 + 75 = 285 \text{ кВт};$$

$$\text{Кс} = 0,29 + 0,71 \cdot 110 / 285 = 0,57;$$

$$P_p = 0,57 \cdot 285 = 162 \text{ кВт}.$$

Расчетная мощность трансформатора

$$S_p = P_p / \cos \varphi_{\text{св}},$$

где  $\cos \varphi_{\text{св}}$  - средневзвешенный коэффициент мощности.

Поскольку

$$\text{tg} \varphi_{\text{св}} = \frac{\sum Q_{\text{ин}}}{\sum P_{\text{ин}}} = \frac{\sum P_{\text{ин}} \text{tg} \varphi_{\text{ин}}}{\sum P_{\text{ин}}},$$

$$\text{то } \cos \varphi_{\text{св}} = 0,87.$$

$$\text{Отсюда } S_p = \frac{162}{0,87} = 186 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Выберем участковую трансформаторную подстанцию типа ТСВП-250 [2, с.264, табл. 11.2] в соответствии с условием  $S_p \leq S_{\text{т.н.}}$  (здесь  $S_{\text{т}}$  - номинальная мощность трансформатора), имеющую следующие паспортные данные:  $S_{\text{т.н.}}=250 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_{\text{в.н.}}=6 \text{ кВ}$ ,  $U_{\text{н.н.}}=0,69/0,4 \text{ кВ}$ ,  $I_{\text{в.н.}}=24,1 \text{ А}$ ,  $I_{\text{н.н.}}=209/362 \text{ А}$ ,  $u_k=3,3\%$ ,  $I_{\text{х,х}}=3,5\%$ ,  $P_{\text{х,х}}=1590 \text{ Вт}$ ,  $P_{\text{к}}=2160 \text{ Вт}$ .

Сопротивление обмоток трансформатора, приведенное к обмотке низкого напряжения трансформатора (табл.4),  $R_{\text{т}}=0,019 \text{ Ом}$ ,  $X_{\text{т}}=0,064 \text{ Ом}$ .

Таблица 4

Тип трансформатора	Номинальная мощность, кВ·А	Напряжение на вторичной обмотке, кВ	Сопротивление, Ом	
			активное $R_T$	индуктивное, $X_T$
ТСВП-100/6	100	0,4	0,0202	0,0518
		0,69	0,0605	0,155
ТСВП-160/6	160	0,4	0,0118	0,0327
		0,69	0,0353	0,0980
ТСВП-250/6	250	0,4	0,0063	0,0213
		0,69	0,019	0,0639
ТСВП-400/6	400	0,69	0,0107	0,0403
ТСВП-630/6	630	0,69	0,0057	0,0258
		1,2	0,0170	0,0776
ТСВП-1000/6	1000	0,69	0,0048	0,0206
		1,2	0,0151	0,063

Примечание: при использовании отпаяк для изменения напряжения на вторичной обмотке трансформатора приведенные значения сопротивления  $R_T$  и  $X_T$  умножаются на коэффициент  $K_{от}$  равный 0,95; 1,0; 1,05.

Сопротивление трансформатора, приведенное к низкому напряжению (НН), можно определить по формулам

$$R_T = P_K / 3 \cdot I_{2H}^2; Z_T = u_K U_{2H} / 100 \sqrt{3} \cdot I_{2H}; X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}.$$

Для определения сопротивления сети необходимо предварительно выбрать сечения кабелей, для чего надо знать значения расчетных токов.

Выбор сечения жил кабелей производится в соответствии с условием  $I_{каб} \leq I_{каб.доп}$ . Определим расчетный ток в магистральном кабеле длиной  $l_2 = 200$  м (рис.1)

$$I_2 = \frac{P_p}{\sqrt{3} U_H \cos \varphi_{св}} = \frac{162 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 660 \cdot 0,87} = 163 \text{ А.}$$

Из [2, с.272, табл. 11.6]выберем сечение жил кабеля и определим допустимый ток кабеля из условия  $I_2 \leq I_{\text{доп}}$ ; при  $S_{\text{к.м.}} = 35 \text{ мм}^2$ ,  $I_{\text{доп}} = 168 \text{ А}$ . Принимаем кабель КГЭШ (3х35+1х10+3х4), его удельное сопротивление [6, с.509, табл.20.1; 13, с.307, табл.13.15]  $R_0=0,54 \text{ Ом/км}$ ,  $X_0=0,084 \text{ Ом/км}$ . Сопротивление магистрального кабеля  $R_2=0,54 \cdot 0,2=0,108 \text{ Ом}$ ,  $X_2=0,084 \cdot 0,2=0,0168 \text{ Ом}$ .

Определим сечение и сопротивление высоковольтного кабеля длиной  $l_1=1500 \text{ м}$ . Расчетный ток этого кабеля принимаем равным номинальному току первичной обмотки ПУПП:  $I_1=24,1 \text{ А}$ . При сечении  $S_{\text{ВН}}=16 \text{ мм}^2$ ,  $I_{\text{доп}}=65 \text{ А}$ . Удельное сопротивление

$R_{10}=1,15 \text{ Ом/км}$ ,  $X_{10}=0,102 \text{ Ом/км}$ . Сопротивление всего кабеля  $R_1=R_{10}l_1=1,15 \cdot 1,5=1,7 \text{ Ом}$ ;  $X_1=X_{10}l_1=0,102 \cdot 1,5=0,15 \text{ Ом}$ .

Окончательно принимаем высоковольтный кабель (от ЦПП до участковой подстанции) типа ЭВТ (3х16+1х10), который проверяем по экономической плотности тока, термической стойкости к токам к.з. и допустимой потере напряжения.

Выбранное по длительно допустимому току нагрузки сечение кабеля проверяют на термическую стойкость [6, с.520, табл. 20.6; 13, с.476, табл.21.1] из условия  $I_{\text{пр}} \geq I_{\text{к.з.}}^{(3)}$ , где  $I_{\text{пр}}$  – предельно допустимый кратковременный ток к.з. в кабеле, кА;  $I_{\text{к.з.}}^{(3)}$  - ток трехфазного к.з. в начале проверяемого кабеля, кА. Примем в качестве защитного аппарата на ЦПП взрывобезопасную ячейку РВД-6. Тогда для сечения  $16 \text{ мм}^2$   $I_{\text{пр}} = 3,36 \text{ кА}$ .

Высоковольтный кабель по термической стойкости с медными жилами сечением  $25 \text{ мм}^2$  и более и мощности к.з. на шинах РПП-6 (ЦПП) не выше  $50 \text{ МВ} \cdot \text{А}$  проверять не требуется. Проверке подлежат кабели с сечением жил менее  $25 \text{ мм}^2$ , а также кабели, независимо от сечения, при мощности к.з. на шинах РПП-6 (ЦПП), превышающей  $50 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ .

Ток трехфазного к.з. в начале высоковольтного кабеля

$$I_{\text{к.з.}}^{(3)} = \frac{S_{\text{к.з.}}}{\sqrt{3}U_{\text{ср}}} = \frac{35}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 3,21 \text{ кА},$$

т.е. условие  $I_{пр} \geq I_{к.з.}^{(3)}$  выполняется. Проверка выбранного сечения по экономической плотности тока [6. с.158, табл.9.3] осуществляется по формуле

$$S_{эк} = \frac{I_1}{j_{эк}} = \frac{24,1}{3 \cdot 1} = 7,77 \text{ мм}^2,$$

где  $I_1$  – ток высоковольтного кабеля, А;  $j_{эк}$  – экономическая плотность тока, А/мм<sup>2</sup>. По экономической плотности тока сечение удовлетворяет заданным условиям.

Сечение кабеля по допустимой потере напряжения

$$S_{ВН} = \frac{\sqrt{3} I_1 L \cos \varphi_{св}}{\gamma \Delta U_{доп}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 24,1 \cdot 1500 \cdot 0,87}{50 \cdot 150} = 7,25 \text{ мм}^2,$$

где  $L=1500$  м- длина высоковольтного кабеля;  $\gamma= 50$  м / Ом мм<sup>2</sup> – удельная проводимость меди;  $\Delta U_{доп}$  – допустимая потеря напряжения.

Для  $U = 6$  кВ  $\Delta U_{доп}$  принять равной 150 В. По потере напряжения сечение кабеля также выбрано правильно.

В соответствии с условием задачи найдем ток трехфазного к.з. в точке 4. Для этого определим сопротивления элементов цепи, приведенные к базисному напряжению  $U_6=690$  В.

Индуктивное и активное сопротивления кабельной линии 6 кВ, приведенные к базисному напряжению

$$X_{61} = \frac{X_1 U_6^2}{U_{ср}^2} = \frac{0,15 \cdot 0,69^2}{6,3^2} = 0,002 \text{ Ом};$$

$$R_{61} = \frac{R_1 U_6^2}{U_{ср}^2} = \frac{1,7 \cdot 0,69^2}{6,3^2} = 0,02 \text{ Ом}$$

Сопротивление трансформатора:  $X_{6,т}=0,064$  Ом;  $R_{6,т}=0,019$  Ом.

Сопротивление кабеля магистрального:  $X_{62} = 0,017$  Ом;  $R_{62}=0,108$  Ом.

Суммарное сопротивление цепи до точки к.з., приведенное к базисному напряжению

$$X_{6\Sigma} = X_{61} + X_{6,T} + X_{62} = 0,002 + 0,064 + 0,017 = 0,083 \text{ Ом};$$

$$R_{6\Sigma} = R_{61} + R_{6,T} + R_{62} = 0,02 + 0,019 + 0,108 = 0,147 \text{ Ом};$$

$$Z_{6\Sigma} = \sqrt{X_{6\Sigma}^2 + R_{6\Sigma}^2} = \sqrt{0,083^2 + 0,147^2} = 0,17 \text{ Ом}.$$

Ток трехфазного к.з. в точке 4

$$I_{\text{к.з.}}^3 = \frac{U_6 \cdot 10^3}{\sqrt{3} Z_{6\Sigma}} = \frac{0,69 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,17} = 2346 \text{ А}.$$

Для определения величины напряжения в точке 3 в номинальном режиме необходимо определить потерю напряжения в высоковольтном кабеле

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{ВН}} &= \sqrt{3} I_1 (R_1 \cos \varphi_{\text{св}} + X_1 \sin \varphi_{\text{св}}) = \\ &= \sqrt{3} \cdot 24,1 \cdot 1,15 (1,15 \cdot 0,87 + 0,102 \cdot 0,36) = 64 \text{ В}. \end{aligned}$$

Напряжение на зажимах первичной обмотки трансформатора

$$U_{T1} = U_{\text{ИН}} - \Delta U_{\text{ВН}} = 6000 - 64 = 5936 \text{ В},$$

напряжение на зажимах вторичной обмотки трансформатора (в точке 3)

$$U_{T2} = \frac{U_{T1}}{K_T} = \frac{5936}{8,7} = 682 \text{ В},$$

где  $K_T$  – коэффициент трансформации ПУПП.

Выберем защитно-коммутационный аппарат в точке 6 в соответствии с условием  $U_{\text{на}} \geq U_{\text{н}}; I_{\text{на}} \geq I_{\text{раб}}; I_{\text{о.а}} \geq 1,2 I_{\text{к.з.}}^{(3)}$ , где  $U_{\text{н.а}}$ ,  $I_{\text{н.а}}$ ,  $I_{\text{о.а}}$  – соответственно номинальное напряжение, номинальный ток,

ток отключения аппарата (его паспортные данные);  $U_n$ ,  $I_{\text{раб}}$ ,  $I_{\text{к.з.}}^{(3)}$  - соответственно номинальное напряжение, рабочий ток и ток к.з. сети в месте установки аппарата.

Номинальное напряжение  $U_n=660$  В, номинальный ток конвейера  $I_n=120$  А. Так как в точке 4 определен ток трехфазного к.з., а точки 4 и 6 – практически одна точка, то  $I_{\text{к.з.6}}^{(3)} = I_{\text{к.з.4}}^{(3)} = 2346$  А.

Принимаем к установке в начале гибкого кабеля конвейера магнитный пускатель ПВИ-125 [6, с.601, табл.22.11; 13, с.105, табл.4.1], имеющий  $U_{\text{н.а}}= 660$  В,  $I_{\text{н.а}}=125$  А,  $I_{\text{о.а}}=2500$  А. Величина,  $I_{\text{о.а}} < 1,2I_{\text{к.з.}}^{(3)} = 1,2 \cdot 2346 = 2815$  А, т.е. условие выбора аппарата не соблюдено. Но, беря во внимание, что схемой электроснабжения участка предусмотрен групповой аппарат (автоматический выключатель) [6, с.583, табл.22.10; 13, с.90, табл.3.1] установленный в точке 4 и имеющий ток отключения больше, чем ток отключения магнитного пускателя, оставляем выбранный пускатель ПВИ-125.

После выбора коммутационного аппарата, необходимо определить ток уставки срабатывания максимальной токовой защиты этих аппаратов (автоматических выключателей, магнитных пускателей) и найти величину коэффициента чувствительности максимальной токовой защиты в соответствии с инструкцией по определению токов короткого замыкания, выбору и проверке уставок максимальной токовой защиты в сетях напряжением до 1140 В[3, с.314].

## **ЗАДАЧА 2**

### **Расчет освещения**

Расчет освещения на горном предприятии осуществляется несколькими методами:

1. точечный;
2. коэффициента светового потока;
3. удельной мощности;
4. прожекторный.

Определение освещенности на площади узкой, но протяженной (дороги, штреки, квершлага, выездные траншеи и т.п.), осуществляется точечным методом. Определение освещенности площадей с приблизительно равными сторонами (площадь карьера, промплощадка, камера ожидания, насосная камера и т.п.) осуществляется методом коэффициента светового потока с последующей проверкой точечным методом.

Для ориентировочных расчетов используется метод удельной мощности.

Прожекторное освещение применяют для освещения больших площадей (карьеры, склады, отвалы).

Перечисленные выше методы расчета освещения рассмотрены в литературе 2,6,9. Необходимые для решения технические данные светильников, трансформаторов и др. приведены в той же литературе.

#### **ВАРИАНТ 0**

Рассчитать освещение водоотливной камеры шириной 10 м и длиной 20 м. Высота камеры 3,6 м. Камера закреплена бетоном и побелена. Шахта опасна по газу и пыли. Светильники подвешены на высоте 3,3 м. Напряжение питающей сети 127 В.

#### **ВАРИАНТ 1**

Рассчитать освещение квершлага длиной 800 м. Рассчитать сеть, выбрать мощность источника.

#### **ВАРИАНТ 2**

Освещение площадки у погрузочного пункта осуществляется светильниками РВЛ-40М. Высота подвески светильников 2,5 м. Рас-

стояние между светильниками 4 м. Определить освещенность на почве выработки и сравнить ее с минимально допустимой.

#### ВАРИАНТ 3

Рассчитать освещение уклона высотой 2,2 м. Высота подвески светильника РВЛ-20М 1,9 м. Определить освещенность на почве выработки и сравнить с минимально допустимой.

#### ВАРИАНТ 4

Длина квершлага 400 м. Крепление бетонное. Высота подвески светильника 2,5 м. Напряжение осветительной сети 127 В. шахта опасна по газу и пыли. Выбрать тип светильника, количество светильников, определить освещенность на почве квершлага, определить мощность и выбрать тип осветительного трансформатора.

#### ВАРИАНТ 5

Выбрать тип и число светильников для освещения штрека длиной 600 м. Рассчитать осветительную сеть, выбрать тип и число осветительных трансформаторов. Шахта опасна по газу и пыли.

#### ВАРИАНТ 6

Длина лавы 120 м, высота 1,8 м. Рассчитать освещение лавы, выбрать тип и количество светильников, тип осветительного трансформатора.

#### ВАРИАНТ 7

Размеры компрессорной: длина – 30 м, ширина – 25 м, высота – 4 м. Коэффициенты отражения потолка  $\rho_n = 0,5$  и стен  $\rho_c = 0,3$ . Напряжение осветительной сети 220 В. Определить освещенность на уровне 0,8 м от пола, выбрать тип светильников, определить их количество и установленную мощность.

#### ВАРИАНТ 8

Определить количество светильников и их установленную мощность, необходимую для освещения откаточного штрека длиной 1500 м. Рассчитать осветительную сеть. Проверить эту сеть по потере напряжения.

#### ВАРИАНТ 9

Рассчитать освещение шоссейной дороги, идущей от шахты до рабочего поселка. Длина дороги 800 м. Светильники установлены на опорах высотой 9 м. Расстояние между опорами 20 м. Напряжение осветительной сети 220 В. Выбрать тип светильников, их коли-



чество, выбрать сечение осветительных проводов, проверить сеть по потере напряжения. Санитарная норма освещенности дороги  $E_n = 3$  лк.

## РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дзюбан В.С.* Справочник энергетика угольной шахты /Я.С.Риман, А.К.Маслий. М.: Недра, 1983.
2. *Медведев Г.Д.* Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий. М.: Недра, 1988 .
3. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М.: Недра, 1986г. Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. М.: Недра, 1976.
4. Правила безопасности в угольных шахтах. Самара.: Самарский дом печати, 1995.
5. Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. М.: Недра, 1976.
6. Справочник по электроустановкам угольных предприятий. Электроустановки угольных шахт. Под ред. В.В.Дегтярева, М.: Недра, 1988.
7. Справочник по электроустановкам угольных предприятий. Электроустановки угольных разрезов и обогатительных фабрик. Под ред. Ш.Ш. Ахмедова, М.: недра, 1988.
8. Справочник энергетика карьера. Под ред. В.А. Голубева,М.: Недра, 1986.
9. *Цапенко Е.Ф.* Горная электротехника / М.И.Мирский, О.В.Сухарев. М.: Недра, 1986.
10. *Щуцкий В.И.* Электрификация подземных горных работ /Н.И.Волощенко, Л.А.Плащанский. М.: Недра, 1986.
11. Электрификация открытых горных работ. Под ред. В.И. Щуцкого, М.: Недра, 1987.
12. Электрификация горных работ. Под ред. Г.Г. Пивняка , М.: Недра, 1992.
13. Электрооборудование и электроснабжение участка шахты. Справочник. Под ред. Р.Г. Беккер, М.: Недра, 1983.
14. Электрооборудование на 1140 В для угольных машин и комплексов. Под ред. Е.С. Траубе, М.: Недра, 1991.
15. Электропривод и электрификация открытых горных работ. Под ред. Б.П. Бельха Б.П.,М.: Недра, 1983.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1. Программа .....	3
1.1. Введение.....	3
1.2. Электрические аппараты .....	4
1.3. Освещение.....	4
1.4. Электроснабжение электровозного транспорта.....	5
1.5. Энергетические показатели .....	6
1.6. Схемы электроснабжения горных предприятий.....	6
1.7. Электрооборудование горных предприятий.....	7
1.8. Электрооборудование механизмов.....	8
1.9. Электробезопасность.....	8
2. Методические указания.....	10
Задача 1. Расчет электроснабжения участка угольной шахты..	10
Задача 2. Расчет освещения.....	23
Рекомендательный библиографический список.....	26