

№ 2837

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»
ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

Кафедра энергетики и энергоэффективности
горной промышленности

Л.А. Плащанский

Электроснабжение горного производства

Учебное пособие

Утверждено Методическим советом НИТУ «МИСиС»



Москва 2017

УДК 621.311:622
ПЗ7

Рецензент
канд. техн. наук, проф. *Ю.Е. Бабичев*

Плащанский Л.А.

ПЗ7 Электроснабжение горного производства : учеб. пособие / Л.А. Плащанский. – М. : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2017. – 118 с.
ISBN 978-5-906846-48-8

Изложены цели и задачи курсового проекта как самостоятельной инженерной работы, приведен порядок расчета и краткий справочный материал по определению электрических нагрузок, величины напряжения внешнего электроснабжения, выбору силовых трансформаторов, потерь мощности и энергии в основных элементах СЭС, выбору проводов и кабелей, расчету токов КЗ, выбору и проверке электрооборудования, релейной защиты и защиты подстанций и распредустройств от внешних воздействий, а также компенсации реактивной мощности.

Пособие рассчитано на студентов вузов, обучающихся по специализации «Электрификация и автоматизация горного производства» направления 21.05.04 «Горное дело» (квалификация – горный инженер), студентов технологических и механических направлений, которым читается дисциплина «Электроснабжение горных предприятий» и «Энергетика горных предприятий», а также бакалавров и магистров, обучающихся по направлению 13.03.02 и 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

УДК 621.311:622

ISBN 978-5-906846-48-8

© Л.А. Плащанский, 2017
© НИТУ «МИСиС», 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Определение расчетной нагрузки	8
1.1. Основные характеристики электрических нагрузок	8
1.2. Расчет нагрузки предприятия	9
2. Определение напряжения внешнего электроснабжения	12
3. Выбор силовых трансформаторов	13
4. Расчет воздушных и кабельных линий электропередачи	18
4.1. Выбор сечения жил кабеля и проводов ЛЭП по нагреву.....	18
4.2. Выбор сечения по экономической плотности тока	29
4.3. Расчет сети по потере напряжения	32
4.4. Выбор сечения жил кабелей по условию термической стойкости току короткого замыкания.....	35
4.5. Расчет проводов на механическую прочность.....	38
5. Характерные схемы электроснабжения горных предприятий	45
6. Расчет токов короткого замыкания.....	46
6.1. Определение расчетных величин.....	46
6.2. Порядок расчета токов КЗ	49
6.3. Учет подпитки мест КЗ от электродвигателей	53
7. Выбор электрических аппаратов, изоляторов и шин	55
7.1. Выбор и проверка выключателей напряжением выше 1 кВ	55
7.2. Выбор и проверка разъединителей, отделителей, короткозамыкателей и выключателей нагрузки	56
7.3. Выбор и проверка изоляторов и шин.....	56
7.4. Выбор и проверка реакторов	77
7.5. Выбор и проверка трансформаторов тока	78
7.6. Выбор и проверка трансформаторов напряжения (ТН).....	87
8. Выбор и расчет релейной защиты.....	92
8.1. Расчет дифференциальной защиты трансформаторов	92
8.2. Расчет дифференциальной защиты трехобмоточного трансформатора	94
8.3. Токовая отсечка	95
8.4. Защита от перегрузки	95
8.5. Защита электродвигателей от многофазных КЗ	96
8.6. Защита ЭД от перегрузки.....	96
9. Расчет заземляющих устройств.....	97
10. Молниезащита подстанций и воздушных линий.....	101

11. Компенсация реактивной мощности	106
12. Определение стоимости электроэнергии и основных показателей электропотребления	107
Библиографический список	112
Приложения	113

ВВЕДЕНИЕ

В учебном плане направления 21.05.04 «Горное дело» (специализация «Электрификация и автоматизация горного производства») предусмотрена дисциплина «Электроснабжение горного производства» с курсовым проектом в 10-м семестре.

Требования к выполнению курсового проекта изложены в соответствии со стандартом предприятия «Системы управления качеством подготовки специалистов».

Целью курсового проектирования являются систематизация, расширение и углубление теоретических знаний студентов, ознакомление их с новейшими достижениями в области проектирования и эксплуатации систем электроснабжения горных предприятий.

В ходе курсового проектирования студенты приобретают опыт самостоятельного решения задач электроснабжения горных предприятий, а также получают и расширяют навыки пользования нормативной и справочной литературой.

Темы курсовых проектов должны соответствовать современному уровню техники и проектирования, объему теоретических знаний, практических навыков и личностных качеств, полученных студентами на производственной практике, и включать вопросы, с которыми они могут встретиться в своей профессиональной деятельности.

Для придания курсовому проекту реального характера задание на проектирование выдается применительно к предприятию, где студенты проходили производственную практику, в процессе которой они должны собрать необходимый материал и сведения для успешного выполнения курсового проекта.

Данное пособие определяет объем, порядок и содержание разделов проекта по электроснабжению горного предприятия.

Задание на курсовой проект студент получает на выпускающей кафедре и выполняет его под руководством преподавателя (образец для оформления задания приводится в Приложении 1).

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части, оформляемой в виде чертежа, графиков и схем.

Расчетно-пояснительная записка, в соответствии с ГОСТ 2.105, представляет собой текстовую часть объемом 40–45 страниц, содержащую описание задания, технические расчеты, характеристики и экономические показатели объекта проектирования. Все решения

принимаются в соответствии с ГОСТ, СНиП, ПУЭ и другими нормативно-техническими документами.

Основными задачами курсового проектирования являются: закрепление и развитие знаний и умений, полученных в ходе изучения дисциплины; формирование профессиональных навыков решения инженерных задач, связанных с будущей профессиональной деятельностью специалиста; развитие у студентов основ творческого мышления и навыков находить обоснованные технико-экономические решения; привитие практических навыков применения норм и правил проектирования; развитие навыков применения современных методов расчета.

Тематика курсового проектирования определяется и утверждается решением кафедры, а объем и трудоемкость определяются учебной программой дисциплины. Желательно обеспечить преемственность тематики курсового и дипломного проектирования.

Структура и объем расчетно-пояснительной записки и графической части устанавливаются кафедрой в соответствии с характером и местом дисциплины в учебном плане.

Рекомендуется следующий состав и порядок расположения материала в записке:

титульный лист проекта стандартного образца;

задание на выполнение курсового проекта;

титульный лист расчетно-пояснительной записки;

содержание проекта;

введение (цели проекта);

техническое описание и краткий анализ объекта проектирования;

содержательная часть записки;

список литературы, использованные проектные и справочные материалы.

Расчетно-пояснительная записка, как правило, выполняется на компьютере, но также может быть представлена в рукописном виде на листах формата А4.

Поля: левое – 30 мм, остальные – не менее 20 мм. Использование машинной графики является предпочтительным.

Для направления подготовки 21.05.04 «Горное дело» (специализация «Электрификация и автоматизация горного производства» – 10-й семестр) содержание записки должно соответствовать заданию и включать вопросы:

Введение

1. Определение расчетных электрических нагрузок.
2. Определение величины напряжения внешнего электроснабжения.
3. Выбор сечения жил кабелей и проводов ВЛ по нагреву, потере напряжения, экономической плотности тока, механической прочности, термической стойкости.
4. Выбор мощности силовых трансформаторов главных пониженных подстанций горного предприятия и так называемых цеховых трансформаторов.
5. Расчет токов короткого замыкания.
6. Выбор коммутационной аппаратуры.
7. Выбор и расчет релейной защиты для одного из элементов СЭС.
8. Расчет защитного заземления.
9. Выбор защиты от перенапряжения.
10. Основные технико-экономические показатели горного предприятия.

Расчетные формулы должны сопровождаться пояснением всех буквенных обозначений с указанием размерностей входящих в них величин. Однотипные расчеты приводить не рекомендуется. При многократности повторяемых однотипных расчетов следует привести расчетную формулу, дать один-два примера расчета, а результаты последующих расчетов свести в таблицу. Все таблицы должны быть пронумерованы.

Графическая часть проекта представляет собой 1–2 листа формата А1 (594×841 мм). Чертежи и иллюстрации, клеиваемые в расчетно-пояснительную записку, выполняются на отдельных страницах. Условные обозначения должны соответствовать требованиям ГОСТ 2.701–2008, ГОСТ 2.702–75. Все чертежи должны выполняться в соответствии с ЕСКД. В нижнем правом углу размещают штамп (Приложение 2).

Принципиальная схема электроснабжения приводится с указанием всех элементов: трансформаторных подстанций, распределительных устройств (открытого или закрытого типа), сечения и длины проводов и кабелей, защитной и коммутационной аппаратуры, а также спецификации электрооборудования.

В зависимости от принятого типа подстанции и РУ приводится схема расположения электрооборудования.

Формы обложки и титульного листа прилагаются (Приложения 3, 4).

В качестве примера приведен определенный справочный материал, не заменяющий опубликованную справочную литературу и Интернет-ресурс.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ

1.1. Основные характеристики электрических нагрузок

При проектировании системы электроснабжения (СЭС) или анализе режимов ее работы все потребители электроэнергии рассматриваются в качестве нагрузок.

Различают следующие виды нагрузок: активную мощность P , реактивную мощность Q , полную мощность S и ток I .

Поскольку режимы работы электропотребителей различны и изменяются во времени, для характеристики их пользуются следующими понятиями:

1. Номинальная активная (установленная) мощность электропотребителя – мощность, указанная в его паспорте.

Применительно к многодвигательным приводам под номинальной понимают сумму номинальных мощностей всех его электродвигателей.

Для приемников электроэнергии с повторно-кратковременным режимом работы номинальную мощность определяют по паспортной путем приведения ее к длительному режиму работы ($PВ = 1$):

для электродвигателей

$$P_{ном i} = P_{пасп} \sqrt{PВ_{пасп}} ;$$

для трансформаторов

$$S_{ном i} = S_{пасп} \sqrt{PВ_{пасп}} ,$$

где $PВ_{пасп}$ – паспортная продолжительность включения.

2. Под номинальной реактивной мощностью понимают реактивную мощность, потребляемую из сети (знак «плюс») или отдаваемую в сеть (знак «минус») при номинальной активной мощности и номинальном напряжении:

$$Q_{ном i} = Q_{пасп} \sqrt{PВ_{пасп}} .$$

3. В определенные промежутки времени активная, реактивная, полная мощность или ток принимают значения, наибольшие из соответствующих средних значений. В зависимости от продолжительности различают два вида максимальных нагрузок:

- максимальные длительные нагрузки продолжительностью 10, 30, 60 мин;
- максимальные кратковременные нагрузки – пиковые – длительностью 1–2 с.

Вероятная максимальная нагрузка за 30 мин принимается в качестве расчетной по допустимому нагреву. Расчетная нагрузка по допустимому нагреву ($P_{\text{расч}}$, $Q_{\text{расч}}$, $S_{\text{расч}}$, $I_{\text{расч}}$) используется для выбора элементов системы электроснабжения по нагреву и расчета максимальных потерь мощности в них.

Пиковые нагрузки определяют для проверки сетей по условиям самозапуска электродвигателей, выбора плавких вставок предохранителей, расчета тока срабатывания максимальной токовой защиты, а также оценки потерь напряжения в контактной сети и проверки колебаний в цеховых сетях.

1.2. Расчет нагрузки предприятия

Расчетная нагрузка предприятия определяется суммированием расчетных нагрузок отдельных групп электропотребителей с учетом коэффициента разновременности максимумов нагрузки:

$$S_{\text{расч}} = k_{\text{p max}} \sqrt{\left(\sum_1^n P_{\text{расч}i}\right)^2 + \left(\sum_1^n Q_{\text{расч}i}\right)^2}$$

где $k_{\text{p max}}$ – коэффициент разновременности максимумов нагрузки отдельных групп приемников, $k_{\text{p max}} = 0,85-1,0$;

$\sum_1^n P_{\text{расч}i}$, $\sum_1^n Q_{\text{расч}i}$ – сумма расчетных активных и реактивных нагрузок,

$$\sum_1^n P_{\text{расч}i} = \sum_1^n P_{\text{ном}i} K_c,$$

здесь $\sum_1^n P_{\text{ном}i}$ – суммарная установленная, или номинальная, мощность отдельных групп приемников, определяемая нагрузкой на шинах ЦПП (ТП, ГРП) и мощностью всех электропотребителей напряжением до 1 кВ или указываемая в задании;

K_c – коэффициент спроса.

Нагрузка на шинах ЦПП, ТП, ГРП тяговой подстанции принимается по материалам практики, а мощность электропотребителей поверхности определяется мощностью стационарных установок напряжением выше 1 кВ (из раздела «Стационарные установки» дипломного проекта или по данным практики) и мощностью электропотребителей поверхности до 1 кВ (по данным производственной практики). Данные сводятся в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Перечень нагрузок предприятия

Наименование нагрузки	$P_{\text{ном}i}$, кВт
Нагрузка на шинах ЦПП, ТП, ГРП, тяговой подстанции	
Нагрузка стационарных установок напряжением выше 1 кВ	
Нагрузка электропотребителей напряжением до 1 кВ	
Всего по предприятию $\Sigma P_{\text{ном}i}$	

Величина коэффициента спроса K_c принимается в зависимости от коэффициента использования активной мощности $K_{\text{и}}$ и коэффициента включения $K_{\text{в}}$. Для $K_{\text{в}} = 0,8$ (характерного для горных предприятий) значения K_c приводятся в табл.1.2.

Таблица 1.2

Значения коэффициента спроса

$K_{\text{в}} = 0,8$	$K_{\text{и}}$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	K_c	0,5	0,6	0,65–0,7	0,75–0,8	0,85–0,9	0,92–0,95

Для группы приемников коэффициент использования активной мощности $K_{\text{и}}$ определяется по формуле

$$K_{\text{и}} = \frac{\sum_1^n P_{\text{ср.см}}}{\sum_1^n P_{\text{ном}i}},$$

где n – число электропотребителей в группе приемников;

$\sum_1^n P_{\text{ср.см}}$ – средняя мощность группы приемников за наиболее загруженную смену, кВт;

$\sum_1^n P_{\text{ном}i}$ – номинальная мощность группы приемников, кВт.

$\sum_1^n Q_{\text{расч}i}$ – сумма расчетных реактивных нагрузок, квар;

$$\sum_1^n Q_{\text{расч}i} = \sum_1^n P_{\text{расч}i} \operatorname{tg}\varphi ,$$

где $\operatorname{tg}\varphi$ – тангенс угла сдвига фаз, соответствующий средневзвешенному коэффициенту мощности.