

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

Направление подготовки: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Тепловые электрические станции и энергетические системы: оборудование, режимы и качество управления, Эксплуатация и управление режимами электроэнергетических систем,

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

**Рабочая программа дисциплины  
СОВРЕМЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ:  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОНТАЖ**

Блок	Блок 1.Дисциплины (модули)
Часть образовательной программы	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
Индекс дисциплины по учебному плану	Б1.В.01
Трудоемкость в зачетных единицах	2 семестр - 6
Часов (всего) по учебному плану	216
Лекции	2 семестр - 16 часов
Практические занятия	2 семестр - 16 часов
Лабораторные работы	учебным планом не предусмотрены
Аудиторные консультации по курсовым проектам (работам)	2 семестр - 16 часов
Самостоятельная работа	2 семестр - 127,7 часа
включая: РГР	учебным планом не предусмотрена
Промежуточная аттестация:	
включая:	
курсовые проекты (работы)	2 семестр - 0,3 часа
Промежуточная аттестация:	
зачет с оценкой	
экзамен	2 семестр - 2,5 часа
защита курсового проекта/работы	2 семестр - 17,5 часа
Контроль:	
экзамен	2 семестр - 33,5 часа

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

д. Доцент кафедры Энергетики,  
к. т. н.

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

А.В. Стрижиченко

(расшифровка подписи)

Заведующий кафедрой Энергетики,  
к. т. н., доцент

(название кафедры)



(подпись)

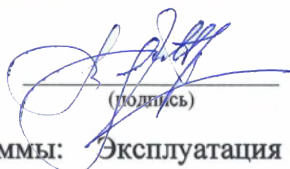
Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы: Тепловые электрические станции и энергетические системы: оборудование, режимы и качество управления

Зав. НИЛ ЦТ, к. т. н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

М.М. Султанов

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы: Эксплуатация и управление режимами электроэнергетических систем

Заведующий кафедрой Энергетики,

к. т. н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой Энергетики

(название кафедры)



(подпись)

Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины** -изучение конструктивных особенностей и условий выбора элементов при проектировании систем электроснабжения.

**Задачами дисциплины являются:**

- приобретение навыков выбора и проверки элементов систем электроснабжения;

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 – Способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов, проведении расчетов и экспериментов в соответствии с типовыми методиками и средствами автоматизации, обработкой полученных результатов, соблюдении производственной и экологической безопасности, управлении, эксплуатации, обслуживании, доводке процессов и ремонте технологического оборудования	ПК-1.1 Осуществляет сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования энергообъектов	<b>знать:</b> – конструктивное исполнение элементов систем электроснабжения <b>уметь:</b> – производить выбор и проверку элементов систем электроснабжения
	ПК-1.2 Проводит расчеты и эксперименты в соответствии с типовыми методиками и средствами автоматизации и обрабатывает полученные результаты	<b>знать:</b> – принципы построения и схемы сетей до и выше 1 кВ <b>уметь:</b> – обосновать предлагаемое проектно-конструкторское решение

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока дисциплин 1 по направлению подготовки Магистр 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль: Электроэнергетические системы и сети).

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах бакалавриата: «Высшая математика», «Теоретические основы электротехники», «Электрооборудование станций и подстанций», «Режимы работы и эксплуатация электрических систем».

Для освоения дисциплины, обучающийся должен:

**знать:**

- основы электротехники;

**уметь:**

- анализировать режимы электроэнергетических систем;

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216ч.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								Содержание самостоятельной работы
				Контактная						СР	Конт- роль	
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА			
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	11
1	Конструктивное исполнение элементов электроэнергетической системы	78	2	8	8	-	-	-	-	62	-	[1] стр. с 67 по 216
2	Проектирование систем электроснабжения	51,7	2	8	8	-	-	-	-	35,7	-	[5] стр. с 85 по 196
	Курсовая работа	34,3	2	-	-	-	-	4	0,3	30	-	[5] стр. 339-353
	Экзамен	36	2	-	-	-	-		<b>2,5</b>	-	<b>33,5</b>	Согласно программе проведения экзамена
	Итого:	216	-	16	16			4	2,8	127,7	35,5	

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### *1. Конструктивное исполнение элементов систем электроснабжения*

Воздушные, кабельные линии и токопроводы. Силовые трансформаторы и автотрансформаторы. Измерительные трансформаторы. Коммутационные и защитные аппараты.

#### *2. Проектирование систем электроснабжения*

Системы электроснабжения напряжением сетей до 1 кВ. Системы электроснабжения напряжением сетей выше 1 кВ. Выбор элементов системы электроснабжения выше 1 кВ. Канализация электроэнергии. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения. Электробезопасность в системах электроснабжения. Самозапуск электродвигателей в системах электроснабжения. Потребители электроэнергии и субъекты энергетики.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Воздушные, кабельные линии и токопроводы. (2 часа)
2. Силовые трансформаторы и автотрансформаторы. (2 час)
3. Измерительные трансформаторы. (2 час)
4. Коммутационные и защитные аппараты. (2 час)
5. Системы электроснабжения напряжением сетей до 1 кВ. (2 час)
6. Системы электроснабжения напряжением сетей выше 1 кВ. (2 час)
7. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения. (2 часа)
8. Самозапуск электродвигателей в системах электроснабжения. (2 часа)

### **3.5. Рефераты учебным планом не предусмотрены**

### **3.6. Расчетные задания**

Расчет токов короткого замыкания в системе электроснабжения и выбор элементов системы электроснабжения (по вариантам).

### **3.7. Темы курсового проекта (курсовой работы)**

Проектирование системы электроснабжения цеха/ участка промышленного предприятия (по вариантам).

3.8. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Номер и наименование результатов образования по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды компетенции и индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)		Формы контроля
		1	2	
<b>Знать:</b>				
– конструктивное исполнение элементов систем электроснабжения	ПК-1.1		X	Тест №1, 2, 3, 4 Контрольная работа № 1 Расчетное задание Курсовой проект
– принципы построения и схемы сетей до и выше 1 кВ	ПК-1.2		X	Тест №1, 2,3,4 Расчетное задание Курсовой проект
<b>Уметь:</b>				
– производить выбор и проверку элементов систем электроснабжения	ПК-1.1	X	X	Тест №1, 2, 3, 4 Контрольная работа № 2 Расчетное задание Курсовой проект
– обосновать предлагаемое проектно-конструкторское решение	ПК-1.2	X	X	Тест №1, 2, 3, 4 Контрольная работа № 2 Расчетное задание Курсовой проект
<i>Всего часов на раздел дисциплины (в соответствии с п.3.1)</i>		82	82	

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ)**

##### **4.1 Текущий контроль успеваемости по дисциплине:**

Для контроля результатов образования проводятся:

– тесты:

1. Воздушные, кабельные линии, токопроводы
2. Электрические машины и аппараты
3. Системы электроснабжения до 1 кВ
4. Системы электроснабжения выше 1 кВ

– контрольные работы:

1. Выбор и проверка электрических аппаратов
2. Выбор места расположения подстанции

- оценки хода и правильности выполнения расчетного задания;
- оценки хода и правильности выполнения курсового проекта;
- экзамен.

##### **4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (модуля) – экзамен;  
В приложение к диплому выносятся оценки за освоение дисциплины (2 семестр).

Оценка за освоение дисциплины, определяется на основании учебного рейтинга студента по модулю:

Оценка «отлично» - от 90 до 100 баллов.

Студент обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученного модуля, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную, и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. В процессе обучения студент проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученного модуля (дисциплины), в полном объеме выполнил все виды предусмотренного программой контроля, безупречно ответил не только на все основные Тесты билета, но и на дополнительные Тесты зачета/ экзамена в рамках основной программы модуля, правильно выполнил практическое задание.

Оценка «хорошо» - от 76 до 89 баллов.

Студент обнаружил полное знание материалов изученного модуля, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, предусмотренную программой. Студент показал систематический характер знаний по модулю, выполнил более половины видов предусмотренного программой контроля, ответил на все Тесты билета зачета/ экзамена, правильно выполнил практическое задание, но допустил при этом не принципиальные ошибки.

Оценка «удовлетворительно» - от 60 до 75 баллов.

Студент обнаружил знание материала изученного модуля в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Студент выполнил не менее половины видов предусмотренного программой контроля, допустил погрешность в ответе на теоретические Тесты и/ или при выполнении практических заданий, но обладает

необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнил практическое задание, но по указанию экзаменатора выполнил другие практические задания из того же раздела модуля.

Оценка «неудовлетворительно» - менее 60 баллов.

Студент обнаружил серьезные пробелы в знаниях основного материала изученного модуля, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Студент выполнил менее половины видов предусмотренного программой контроля, не ответил на все Тесты билета зачета/ экзамена и дополнительные Тесты, и неправильно выполнил практическое задание.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1. Печатные и электронные издания:**

1. Старшинов, В. А. Электрическая часть электростанций и подстанций [Электронный ресурс] : учеб.пособие / В. А. Старшинов, М. В. Пираторов, М. А. Козина ; под ред. В. А. Старшинова. - Электрон.текстовые дан. - М. :Издат. дом МЭИ, 2015.
2. Балаков, Ю. Н. Проектирование схем электроустановок [Электронный ресурс] : учеб.пособие / Ю. Н. Балаков, М. Ш. Мисриханов, А. В. Шунтов. - Электрон.текстовые дан. – М. :Издат. дом МЭИ, 2016.
3. Жуков, В. В. Электрическая часть электростанций с газотурбинными и парогазовыми установками [Электронный ресурс] : учеб.пособие для вузов / В. В. Жуков. - Электрон.текстовые дан. - М. :Издат. дом МЭИ, 2015
4. Бурман, А. П. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учеб.пособие/ А. П. Бурман, Ю. К. Розанов, Ю. Г. Шакарян. – Электрон.текстовые дан. – М. :Издат. дом МЭИ, 2012.
5. Кудрин, Б. И. Электроснабжение потребителей и режимы [Электронный ресурс] : учеб.пособие / Б. И. Кудрин, Б. В. Жилин, Ю. В. Матюнина. – Электрон.текстовые дан. - М. :Издат. дом МЭИ, 2013.
6. Основы современной энергетики. Т. 2. Современная электроэнергетика [Электронный ресурс] : учеб.пособие для вузов / И. М. Бортник [и др.] ; под ред. А. П. Бурмана, В. А. Строева. – Электрон.текстовые дан. – М. :Издат. дом МЭИ, 2010.

### **5.2.Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

MicrosoftOfficeWord, ExceliPowerPoint.

### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. Полнотекстовые внутривузовские издания НТБ МЭИ:<http://opac.mpei.ru/>
2. ЭБС Издательства "Лань": <http://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Университетская библиотека онлайн»: <http://biblioclub.ru>
4. Информационно-справочная система ГАРАНТ

### **5.4 Лицензионное программное обеспечение:**

1. Mathcad 15
2. RastrWin 3
3. Пакет Microsoft Office

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения освоения дисциплины используются мультимедийные средства и компьютерный класс кафедры.

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- Вид промежуточной аттестации – экзамен.**

[illegible]

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

**Направление подготовки: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Тепловые электрические станции и энергетические системы: оборудование, режимы и качество управления, Эксплуатация и управление режимами электроэнергетических систем, Энерго-, ресурсосбережение и экологическая безопасность промышленных предприятий, Автоматизированные системы управления объектами**

**Уровень квалификации: магистр**

**Форма обучения: очная**

**Оценочные средства контроля усвоения знаний, умений и  
владения (опытом, навыком) по дисциплине**

**Б1.В.01 СОВРЕМЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ:  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОНТАЖ**

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

**Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотношенных с индикаторами достижения компетенций:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Коды индикаторов достижения компетенции	Оценочное средство (тип и наименование)
<b>Знать:</b>		
– конструктивное исполнение элементов систем электроснабжения	ПК-1.1	Тест №1, 2, 3, 4 Контрольная работа № 1 Расчетное задание Курсовая работа
– принципы построения и схемы сетей до и выше 1 кВ	ПК-1.2	Тест №1, 2,3,4 Расчетное задание Курсовая работа
<b>Уметь:</b>		
– производить выбор и проверку элементов систем электроснабжения	ПК-1.1	Тест №1, 2, 3, 4 Контрольная работа № 2 Расчетное задание Курсовая работа
– обосновать предлагаемое проектно-конструкторское решение	ПК-1.2	Тест №1, 2, 3, 4 Контрольная работа № 2 Расчетное задание Курсовая работа

#### Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

##### А) Для текущего контроля успеваемости:

- Тест № 1. Тема – Воздушные, кабельные линии, токопроводы
- Тест № 2. Тема – Электрические машины и аппараты
- Тест № 3. Тема – Системы электроснабжения до 1 кВ
- Тест № 4. Тема – Системы электроснабжения выше 1 кВ

##### 1. Тест №1.

Тема: Воздушные, кабельные линии, токопроводы

1. Дайте правильные определения понятию «воздушные линии электропередач» (ВЛЭП):
  - А) Воздушными называются линии, предназначенные для передачи и распределения ЭЭ по проводам, расположенным на открытом воздухе и поддерживаемым с помощью опор и изоляторов;
  - Б) Воздушными называются линии, предназначенные для трансформации ЭЭ по проводам, расположенным на открытом воздухе и поддерживаемым с помощью опор и изоляторов;
  - В) Воздушными называются линии, для передачи электрической энергии или отдельных импульсов, состоящая из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями;
  - Г) Воздушными называются электротехнические устройства для передачи электроэнергии на малые расстояния.
2. Количество изоляторов ВЛЭП 35кВ:
  - А) 1 -2
  - Б) 0-1
  - В) от 6
  - Г) 3-5
3. Какова периодичность ремонта ВЛ с металлическими и железобетонными опорами:
  - А) не реже 1 раза в 10 лет;

- Б) Не реже 1 раза в год;  
 В) не реже 1 раз в 5 лет;  
 Г) не реже 1 раз в пол года.
4. устанавливается в начале ВЛ устанавливается опора:  
 А) Концевая;  
 Б) Промежуточная;  
 В) Анкерная;  
 Г) Угловая.
5. Как расположен нулевой провод на ВЛ до 1 кВ?  
 А) ниже фазных;  
 Б) выше фазных;  
 В) в любом месте  
 Г) между фазными проводами
6. Провод СИП – 3 применяется в воздушных ЛЭП при напряжении:  
 А) до 35 кВ;  
 Б) до 1кВ;  
 В) от 35 кВ;  
 Г) до 0.4 кВ;
7. Расшифруйте марку провода АПВ:  
 А) Провод с алюминиевой жилой и поливинилхлоридной изоляцией;  
 Б) Провод алюминиевый со стальным сердечником;  
 В) Провода с алюминиевой жилой, резиновой изоляцией, в оплётке из хлопчатобумажной ткани;  
 Г) голый, изготовленный из алюминия, многопроволочный.
8. Штыревые изоляторы ВЛ применяют на напряжение:  
 А) до 10кВ;  
 Б) до 6 кВ;  
 В) до 100кВ;  
 Г) до 20 кВ.
9. На кабельной линии длиной 1 км допускается установка не более:  
 А) 3 муфт;  
 Б) 8 муфт;  
 В) 6 муфт;  
 Г) 10 муфт.
10. Пролёт-это расстояние между:  
 А) это участок ВЛ между первой и последней опорой;  
 Б) это участок ВЛ между концевыми опорами;  
 В) это участок ВЛ между двумя близкими опорами;  
 Г) это участок ВЛ между анкерными опорами.

**По результатам СРС выставляется:**

- 7 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 6 баллов, если правильно выполнено от 70% до 90% заданий.
- 5 баллов, если правильно выполнено от 60% до 70% заданий.

**2. Тест №2.**

**Тема: Электрические машины и аппараты**

1. Какие обмотки имеет автотрансформатор:

- А) только обмотки ВН;  
 Б) обмотки ВН, НН и СН;  
 В) обмотки ВН и НН;  
 Г) только обмотки НН.

2) Если пренебречь потерями в сопротивлениях обмоток автотрансформатора. можно записать следующее выражение:

- А)  $S = U_B I_B \approx U_C I_C;$   
 Б)  $S = U_B I_B = U_C;$

$$\begin{aligned} \text{В)} S &= U_B I_B = 0; \\ \text{Г)} S &= U_B I_B \approx \frac{U_C - U_B}{U_C}; \end{aligned}$$

3) При выборе номинального первичного тока  $I_{1ном}$  следует учитывать возможность перегрузки трансформаторов тока на:

- А) 5 - 8%;
- Б) 10 - 20%;
- В) 25 - 30%;
- Г) 50 - 75%.

4) Расшифруйте марку трансформатора ТРДНС:

А) трехфазный двухобмоточный трансформатор с расщепленной обмоткой НН, с принудительной циркуляцией воздуха в системе охлаждения, с РПН, для собственных нужд электростанций;

Б) трехфазный двухобмоточный трансформатор, с принудительной циркуляцией воздуха в системе охлаждения, с РПН, для собственных нужд электростанций, номинальная мощность;

В) трехфазный двухобмоточный трансформатор с принудительной циркуляцией масла и воды в системе охлаждения;

Г) трехфазный двухобмоточный трансформатор, с расщепленной обмоткой НН, с принудительной циркуляцией масла и воды в системе охлаждения.

5) Устройство ПБВ позволяют изменять коэффициент трансформации ступенями в пределах ..... номинального напряжения:

- А) +1%, +0,5%, -0,5%, -1%;
- Б) +20%, +10%, -10%, -20%;
- В) +5%, +2,5%, -2,5%, -5%;
- Г) +10%, +5,5%, -5,5%, -10%.

6) При регулировании напряжения переключением ответвлений обмоток трансформаторов изменяют их коэффициенты трансформации:

$$\text{А)} k_{\text{ЕН-НН}} = \frac{U_{\text{ЕН}}}{U_{\text{НН}}} = \frac{\omega_{\text{НН}}}{\omega_{\text{ЕН}}};$$

$$\text{Б)} k_{\text{ЕН-НН}} = \frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ЕН}}} = \frac{\omega_{\text{ЕН}}}{\omega_{\text{НН}}};$$

$$\text{В)} k_{\text{НН-ЕН}} = \frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ЕН}}} = \frac{\omega_{\text{НН}}}{\omega_{\text{ЕН}}};$$

$$\text{Г)} k_{\text{ЕН-НН}} = \frac{U_{\text{ЕН}}}{U_{\text{НН}}} = \frac{\omega_{\text{ЕН}}}{\omega_{\text{НН}}}.$$

7) Трансформатор напряжения служит для:

- А) включения вольтметров и других приборов, реагирующих на значение напряжения;
- Б) включения амперметров и токовых катушек указанных приборов;
- В) защиты трансформатора при внутренних повреждениях, связанных с выделением газа, а также при утечке масла из-за неплотности;
- Г) оперативных включений и отключений отдельных цепей или электрооборудования в энергосистеме, в нормальных или аварийных режимах.

8) на какие классы напряжения применяют элегазовые выключатели:

- А) 6 - 220 кВ;
- Б) до 1 кВ;
- В) 220 - 1150 кВ;
- Г) 35 - 110 кВ.

9) Отводы - это:

- А) Грозозащита;
- Б) проводники, служащие для соединения, обмоток трансформатора с его вводами и переключателями;
- В) токоведущая часть для присоединения обмоток к сети;
- Г) защита для предотвращения токов короткого замыкания.

10) Магнитопровод трансформаторов набирают из:

- А) медных стержней;

- Б) стержней специальной электротехнической стали;
- В) изолированных листов специальной электротехнической стали;
- Г) медных листов.

**По результатам СРС выставляется:**

- 7 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 6 баллов, если правильно выполнено от 70% до 90% заданий.
- 5 баллов, если правильно выполнено от 60% до 70% заданий.

**3. Тест №3.**

**Тема: Системы электроснабжения до 1 кВ**

1. Важным параметром, влияющим на выбор элементов сети и экономичность режимов является:

- А) плотность тока;
- Б) сопротивление;
- В) напряжение;
- Г) частота.

2. В сетях до 1 кВ защиту выполняют:

- А) только автоматическими выключателями с расцепителями;
- Б) только плавкими предохранителями;
- В) автоматическими выключателями с расцепителями и плавкими предохранителями;
- Г) только АПВ трансформаторов, шин, линий.

3. К основным средствам защиты в электроустановках до 1кВ относятся:

- А) изолирующие штанги и клещи; указатели напряжения; измерительные клещи; ручной инструмент с изоляцией; перчатки диэлектрические
- Б) перчатки и боты; ковры и подставки диэлектрические; ручной инструмент с изоляцией
- В) изолирующие штанги и клещи; перчатки и боты;
- Г) накидки; изолирующие штанги и клещи; указатели напряжения.

4. Плавкий предохранитель предназначен для:

- А) для предотвращения самозапуска электроустановок;
- Б) автоматического пожаротушения электроустановок плавким элементом;
- В) защиты электроустановок перегрузок;
- Г) защиты электроустановок от токов КЗ и перегрузок.

5. Для исключения срабатывания перегорания плавкой вставки при протекании пусковых токов должно выполняться следующее условие:

- А)  $I_{\text{п}} \leq I_{\text{н.вст}} / K_{\text{пер}}$ ;
- Б)  $I_{\text{н.вст}} \geq I_{\text{п}} / K_{\text{пер}}$ ;
- В)  $I_{\text{п}} \geq I_{\text{н.вст}} / K_{\text{пер}}$ ;
- Г)  $I_{\text{н.вст}} \leq I_{\text{п}} / K_{\text{пер}}$ .

6. Предохранитель типа НПН расшифровывается как:

- А) насыпной полуинерционный;
- Б) насыпной неразборный;
- В) насыпной инерционный;
- Г) насыпной разборный.

7. Выбор автоматического выключателя осуществляется по следующим условиям:

- А)  $U_{\text{н.ав}} \leq U_{\text{н.с}}; I_{\text{откл.ав}} \leq I_{\text{к.макс}}; i_{\text{дин}} \leq i_{\text{уд}};$
- Б)  $U_{\text{н.ав}} \leq U_{\text{н.с}}; I_{\text{откл.ав}} \geq I_{\text{к.макс}}; i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}};$
- В)  $U_{\text{н.ав}} \geq U_{\text{н.с}}; I_{\text{откл.ав}} \leq I_{\text{к.макс}}; i_{\text{дин}} \leq i_{\text{уд}};$
- Г)  $U_{\text{н.ав}} \geq U_{\text{н.с}}; I_{\text{откл.ав}} \geq I_{\text{к.макс}}; i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}};$

8. Глухое подключение это подключение:

- А) без коммутационного аппарата;
- Б) с коммутационным аппаратом;
- В) без защитной аппаратуры;

Г) с высоковольтным коммутационным аппаратом.

9. В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяются на:

- А) 4;
- Б) 2;
- В) 3;
- Г) 5;

10. Какое из следующих определений является верным:

А) питающий проводник к каждому отдельному электроприёмнику выбирают по номинальному току, полагая его длительно допустимым и проверяя проводник по ограничениям, налагаемым ПУЭ;

Б) питающий проводник к каждому отдельному электроприёмнику выбирают по току КЗ, полагая его длительно допустимым и проверяя проводник по ограничениям, налагаемым ПУЭ;

В) питающий проводник к каждому отдельному электроприёмнику выбирают по номинальному напряжению, полагая его длительно допустимым и проверяя проводник по ограничениям, налагаемым ПУЭ;

Г) питающий проводник к каждому отдельному электроприёмнику выбирают по току КЗ.

**По результатам СРС выставляется:**

- 7 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 6 баллов, если правильно выполнено от 70% до 90% заданий.
- 5 баллов, если правильно выполнено от 60% до 70% заданий.

#### **4. Тест №4.**

**Тема: Системы электроснабжения выше 1 кВ**

1. Какие приняты две системы напряжений электрической системы напряжений электрических сетей:

- А) 0,4 – 6 – 10кВ; 35 – 110 – 330кВ;
- Б) 110 – 220 – 500кВ; 150 – 330 – 750кВ;
- В) 6 – 10 – 35кВ; 220 – 500 – 1150кВ;
- Г) 20 – 69 – 115; 350 – 525 – 787.

2. Длина линий от  $i$  – го потребителя до источника питания в прямоугольной системе может быть выражена через координаты ИП  $x, y$  и координаты потребителей  $x_i, y_i$  при прокладке трасс по кратчайшим расстояниям (Евклидово расстояние):

А)  $l_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$  ;

Б)  $l_i = |x - x_i| + |y - y_i|$ ;

В)  $l_i = \sqrt{(x + x_i)^2 + (y + y_i)^2}$  ;

Г)  $l_i = |x + x_i| + |y + y_i|$ .

3. Допустимая нагрузка трансформатора зависит от начальной нагрузки, максимума нагрузки и его продолжительности и характеризуется коэффициентом превышения нагрузки (перегрузки), определяемым из выражения:

А)  $k_{\text{пер}} = \frac{I_{\text{ном}}}{I_{\text{э.м}}}$  ;

Б)  $k_{\text{н.н}} = \frac{I_{\text{ном}}}{I_{\text{э.м}}}$  ;

В)  $k_{\text{н.н}} = \frac{I_{\text{э.м}}}{I_{\text{ном}}}$  ;

Г)  $k_{\text{пер}} = \frac{I_{\text{э.м}}}{I_{\text{ном}}}$  .

4. При прокладке кабелей напряжением до 10кВ в земле рекомендуется в одной траншее прокладывать силовые кабели:

- А) не более 3;
- Б) не более 6;
- В) не более 5;
- Г) не более 8.

5. Маслонаполненные кабельные линии напряжением 110 – 220 кВ должны иметь глубину залегания:

- А) не менее 3 м;

- Б) не менее 2,5 м;  
 В) не менее 1,5 м;  
 Г) не менее 1 м.
6. Значение мгновенной мощности на зажимах приемника:  
 А)  $p = 2 U_m I_m \sin \omega t \sin(\omega t - \varphi)$ ;  
 Б)  $p = U_m I_m \sin \omega t$  ;  
 В)  $p = 2 U_m I_m + \sin(\omega t - \varphi)$ ;  
 Г)  $p = 2 U_m I_m \sin(\omega t - \varphi)$ .
7. Глухозаземленной нейтралью называется:  
 А) нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление;  
 Б) нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через приборы сигнализации, измерения, защиты и подобные им устройства;  
 В) трехфазная электрическая сеть выше 1 кВ, в которой коэффициент замыкания на землю не превышает 1.4 ;  
 Г) защитный проводник, предназначенный для защитного заземления.
8. Электродвигатели разгоняются при самозапуске, если напряжение сети составляет ..... от номинального:  
 А) 85 – 90%;  
 Б) 35 – 50%;  
 В) 75 – 85%;  
 Г) 50 – 60%.
9. Оперативно - диспетчерское управление:  
 А) деятельность по производству и продаже электроэнергии на оптовый или розничные рынки для дальнейшего преобразования, передачи, распределения и продажи потребителям;  
 Б) комплекс мер по централизованному управлению технологическими режимами работы технических устройств электростанций, сетей и энергопринимающего оборудования потребителей , осуществляемому в целях обеспечения надежного энергоснабжения и качества электроэнергии;  
 В) совокупность производственных и иных имущественных объектов электроэнергетики, связанных единым процессом производства (в том числе производства в режиме комбинированной выработки электрической и тепловой энергии) и передачи электрической энергии;  
 Г) комплекс организационно технологически связанных действий, обеспечивающих передачу электроэнергии через технические устройства электрических сетей в соответствии с техническими регламентами.
10. Номинальная мощность трансформатора на ПС с числом трансформаторов  $n > 1$  в общем виде определяется из выражения:

А)  $S_m \geq \frac{P_p}{k_{\text{пер}}(n-1) \cos \varphi}$ ;

Б)  $S_m \leq \frac{P_p k_{1-2}}{k_{\text{пер}}(n-1) \sin \varphi}$ ;

В)  $S_m \geq \frac{P_p}{k_{\text{пер}} \cos \varphi}$ ;

Г)  $S_m \geq \frac{P_p}{k_{\text{пер}}(n+1) \sin \varphi}$ .

#### По результатам СРС выставляется:

- 7 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 6 баллов, если правильно выполнено от 70% до 90% заданий.
- 5 баллов, если правильно выполнено от 60% до 70% заданий.

#### Б) Для текущего контроля:

- контрольная работа №1. Тема – Выбор и проверка электрических аппаратов
- контрольная работа №2. Тема – Выбор места расположения подстанции

- Расчетное задание «Расчет токов короткого замыкания в системе электроснабжения и выбор элементов системы электроснабжения»
- Курсовая работа (проект). Тема – «Проектирование системы электроснабжения цеха/участка промышленного предприятия» (по вариантам)

## Содержание оценочных средств:

### 1. Контрольная работа №1.

Тема: Выбор и проверка электрических аппаратов

Пример. Выбор АД наибольшей мощности по реальному автомату

Дано:

Автомат ВА 51-31-3

Электроприемник - АД серии АИ

Требуется: составить схему линии ЭСН; выбрать наибольший по мощности АД; АИР180М4 определить параметры автомата.

Решение:

Составляется схема линии ЭСН, обозначаются элементы, наносятся известные данные.

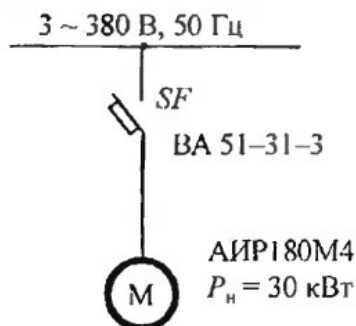


Схема линии ЭСН

- 1) Выписываются необходимые для расчета данные по [Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению] для ВА51-31-3  $I_{н.а} = 100$  А.
- 2) Определяется наибольший возможный  $I_{н.д}$  согласно условиям по [Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению] для линии с одним АД:

$$I_{н.р} \geq 1,25 I_{дл};$$

$$I_{н.р.нб} = I_{н.а} = 100 \text{ А};$$

$$I_{н.д} \leq \frac{I_{н.п}}{2,5} = \frac{100}{2,5} = 80 \text{ А}.$$

- 3) Определяется наибольшая расчетная мощность ( $P_{др}$ ) АД  
 $P_{др} = \sqrt{3} V_{дл} \eta_{ад} \cos \varphi_{ад} = 1,73 \cdot 380 \cdot 80 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 42,1 \text{ кВт}.$

Приблизленно принимается  $\eta_{ад} \cos \varphi_{ад} = 0,8$ .

- 4) Принимается по АИР180М4:

$P_{н} = 30 \text{ кВт};$

$\eta = 0,915;$

$\cos \varphi = 0,86;$

$S = 2 \%;$

$K_{п} = 7.$

- 5) Определяются параметры автомата:

$$I_{н.д} = \frac{P_{н} \cdot 10^3}{\sqrt{3} V_{дл} \eta_{ад} \cos \varphi_{ад}} = \frac{30 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,915 \cdot 0,86} = 58 \text{ А}.$$

Расчетные зависимости по [1, с. 57]:

Принимается  $I_{н.р} = 80 \text{ А};$

$$K_o = \frac{I_o}{I_{н.р}} = \frac{1,2I_n}{I_{н.р}} = \frac{1,2 \cdot 58 \cdot 7}{80} = 6,09.$$

Принимается  $K_o = 7$ .

ВА 51-31-3;

$V_{н.а} = 380 \text{ В};$

$I_{н.а} = 100 \text{ А};$

$I_{н.р} = 80 \text{ А};$

$I_{у(п)} = 1,25I_{н.р};$

$I_{у(кз)} = 7I_{н.р}$

$I_{откл} = 7 \text{ кА}.$

Ответ: АД типа АИР180М4,  $P_n = 30 \text{ кВт}$ ,  $n_n = 1470 \text{ об/мин}$ .

АЗ типа ВА 51-31-3,  $I_{н.р} = 80 \text{ А}$ ,  $I_{у(п)} = 1,25I_{н.р}$ ;  $I_{у(кз)} = 7I_{н.р}$

Варианты задания:

Вариант	Автомат	Электроприемник
1	ВА 51-31	АИР 160 М6
2	ВА 52-39	АИР 160 М6
3	ВА 53-41	АИР 160 М6
4	ВА 55-45	АИР 160 М6
5	ВА 55-39	АИР 200 М2
6	ВА 53-43	АИР 200 М2
7	ВА 51Г-33	АИР 200 М2
8	ВА 52-37	АИР 200 М2
9	ВА 52-31	АИР 180 М2
10	ВА 55-41	АИР 180 М2
11	ВА 51-31-1	АИР 180 М2
12	ВА 53-37	АИР 180 М2
13	ВА 52Г-33	АИР 225 М2
14	ВА 51-25	АИР 225 М2
15	ВА 52Г-31	АИР 225 М2

**По результатам СРС выставляется:**

- 7 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 6 баллов, если правильно выполнено от 70% до 90% заданий.
- 5 баллов, если правильно выполнено от 60% до 70% заданий.

## **2. Контрольная работа №2.**

Тема: Выбор места расположения подстанции

Дано: ценплан 3х2 км с силовыми нагрузками цехов (1 кл. = 0,1 км)

Параметр	Номер цеха				
	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4	Ц5
$P, \text{ кВт}$	100	160	1000	400	25
$X, \text{ км}$	0,6	1,45	2,4	1,55	0,4
$Y, \text{ км}$	1,45	1,25	0,9	0,55	0,4
$\cos \phi$	0,7	0,75	0,9	0,8	0,6

Требуется:

1. определить координаты ЦЭН активных;
2. определить координаты ЦЭН реактивных;
3. нанести данные на ген план.

Решение:

1. Наносятся на генплан центры электрических нагрузок (ЦЕН) каждого цеха (рис. 1), масштаб генплана  $m_r = 0,2 \text{ км/см}$ .
2. Определяются радиусы кругов активных и реактивных нагрузок, исходя из масштаба генплана.
3. Определяется масштаб активных ( $m_a$ ) нагрузок, исходя из масштаба генплана.

Принимается для наименьшей нагрузки (Ц5) радиус  $R_{a5} = 0,1 \text{ км}$ , тогда

$$m_a = \frac{P_5}{\pi R_{a5}^2} = \frac{25}{3,14 \cdot 0,1^2} = 769 \text{ кВт/км}^2$$

Принимается  $m_a = 800 \text{ кВт/км}^2$ .

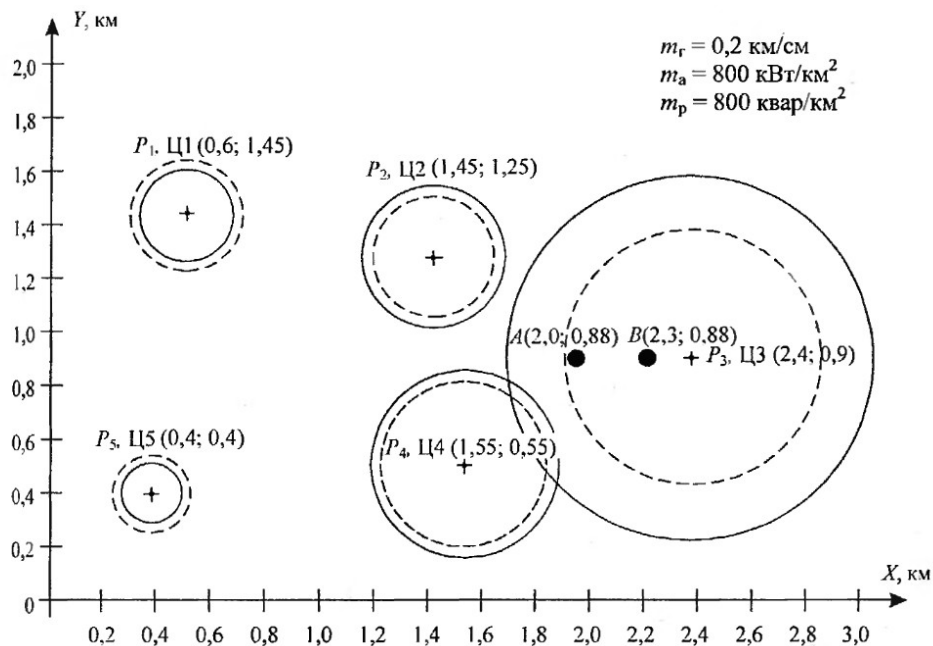
Определяется радиус для наибольшей нагрузки при принятом масштабе

$$R_{a3} = \sqrt{\frac{P_3}{\pi m_a}} = \sqrt{\frac{1000}{3,14 \cdot 800}} = 0,63 \text{ км}$$

Нанесение нагрузок на генплан в данном масштабе возможно, масштаб утверждается.

Определяются радиусы кругов для остальных нагрузок:

$$R_{ai} = \sqrt{\frac{P_i}{\pi m_a}}, R_{ai} = 2 \cdot 10^{-2} \sqrt{P_i}$$



Картограмма нагрузок

Определяются реактивные нагрузки каждого цеха из соотношения

$$Q_i = P_i \operatorname{tg} \varphi_i,$$

где  $\operatorname{tg} \varphi_i$  определяются по  $\cos \varphi_i$ .

Результаты заносятся в «Сводную ведомость нагрузок цехов».

Определяются радиусы кругов для реактивных нагрузок при том же масштабе, т.е. при

$m_p = 800 \text{ квар/км}^2$  по формуле

$$R_{pi} = 2 \cdot 10^{-2} \sqrt{Q_i}$$

Результаты заносятся в «Сводную ведомость нагрузок цехов».

Нагрузки кругами наносятся на генплан, активные – сплошной линией, реактивные – штриховой.

Определяются условные ЦЭН активной и реактивной:

$$X_{a0} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i X_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{100 \cdot 0,6 + 160 \cdot 1,45 + 1000 \cdot 2,4 + 400 \cdot 1,55 + 25 \cdot 0,4}{100 + 160 + 1000 + 40 + 25} = 2 \text{ км}$$

$$Y_{a0} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i Y_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{100 \cdot 1,45 + 160 \cdot 1,25 + 1000 \cdot 0,9 + 400 \cdot 0,55 + 25 \cdot 0,4}{100 + 160 + 1000 + 40 + 25} = 0,88 \text{ км}$$

Вблизи точки A(2,0;0,88) располагают ГПП.

$$X_{p0} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i X_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} = \frac{102 \cdot 0,6 + 141 \cdot 1,45 + 480 \cdot 2,4 + 300 \cdot 1,55 + 33 \cdot 0,4}{102 + 141 + 480 + 300 + 33} = 2,3 \text{ км.}$$

$$Y_{p0} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i Y_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} = \frac{102 \cdot 1,45 + 141 \cdot 1,25 + 480 \cdot 0,9 + 300 \cdot 0,55 + 33 \cdot 0,4}{102 + 141 + 480 + 300 + 33} = 0,88 \text{ км.}$$

Вблизи точки B(2,3;0,83) располагают ККУ или синхронный компенсатор (СК).

Составляется картограмма нагрузок для всего предприятия и наносятся необходимые данные.

Сводная ведомость нагрузок цехов

Параметр	Номер цеха				
	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4	Ц5
P, кВт	100	160	1000	400	25
R <sub>a</sub> , км	0,2	0,25	0,63	0,4	0,1
cos φ	0,7	0,75	0,9	0,8	0,6
tg φ	1,02	0,88	0,48	0,75	1,33
Q, квар	102	141	480	300	33
R <sub>p</sub> , км	0,22	0,25	0,44	0,35	0,11

### Индивидуальные задания

Вариант	Ц1				Ц2				Ц3			
	P <sub>1</sub> ,кВт	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	cos φ	P <sub>2</sub> ,кВт	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	cos φ	P <sub>3</sub> ,кВт	X <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>	cos φ
1	680	0,9	0,3	0,9	780	0,8	0,9	0,88	330	1	0,7	0,83
2	1150	1,2	0,4	0,91	480	0,4	0,8	0,82	1140	1	0,9	0,92
3	1090	0,3	0,3	0,89	330	0,2	0,7	0,96	770	0,8	1,3	0,89
4	470	1,1	0,2	0,79	110	0,1	0,5	0,83	1200	0,5	0,9	0,83
5	840	0,8	0,7	0,94	200	1,1	0,9	0,99	200	1,1	1,3	0,79
6	60	1,1	0,6	0,79	1150	1,1	0,8	0,86	230	0,7	0,9	0,77
7	490	0,5	0,6	0,89	830	0,8	0,6	0,79	170	0,5	1,1	0,91
8	170	0,8	0,3	0,91	590	0,2	0,5	0,79	990	0,1	0,4	0,94
9	1150	0,7	0,1	0,84	910	0,9	0,6	0,94	380	0,2	0,6	0,96
10	720	0,3	0,3	0,97	1160	0,1	0,7	0,88	1080	0,2	0,1	0,78
11	60	0,2	0,3	0,79	1160	0,1	0,2	0,82	1090	0,5	0,5	0,98
12	730	0,4	0,5	0,82	330	0,5	0,1	0,96	400	1	0,2	0,99
13	970	0,2	0,8	0,95	1080	0,3	0,8	0,89	1050	0,5	0,2	0,78
14	350	0,7	0,6	0,77	870	0,4	0,8	0,84	770	0,2	0,9	0,85
15	150	0,8	0,8	0,96	800	0,3	0,4	0,77	430	0,5	0,3	0,98

**По результатам СРС выставляется:**

- 7 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 6 баллов, если правильно выполнено от 70% до 90% заданий.
- 5 баллов, если правильно выполнено от 60% до 70% заданий.

### **3. Расчетное задание.**

**Тема: Расчет токов короткого замыкания в системе электроснабжения и выбор элементов системы электроснабжения (по вариантам)**

I. Исходные данные для задания:

План цеха с расстановкой оборудования и указанием источника питания, Паспортные данные электроприёмников

II. Технология выполнения задания: требуется составить расчетную схему замещения, определить параметры схемы замещения, приведенные к одной ступени напряжения, наметить точки короткого замыкания и провести эквивалентные преобразования схемы до точки короткого замыкания, рассчитать токи короткого замыкания в максимальном и минимальном режимах.

Минимальный объем - 10 стр.

**По результатам СРС выставляется:**

- 18 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 14-17 баллов, если правильно выполнено от 70% до 90% заданий.
- 10-13 баллов, если правильно выполнено от 60% до 70% заданий.

**В) Для итогового контроля:**

### **Курсовая работа (проект).**

**Тема: Построение схемы электроснабжения цеха/ участка (по вариантам)**

I. Исходные данные для задания:

План цеха с расстановкой оборудования, Паспортные данные электроприёмников

II. Технология выполнения задания: требуется рассчитать мощность, потребляемую цехом за наиболее загруженную смену, выбрать трансформаторы, а также выбрать проводники и аппараты защиты для групп электроприёмников и одиночных потребителей.

Расчет и выбор аппаратов защиты и линий электроснабжения

Методика расчета

Для выбора аппарата защиты нужно знать ток в линии, где он установлен, тип его и число фаз.

Токи (в амперах) в линии определяются по формуле

$$I_T = \frac{S_T}{\sqrt{3}V_{HT}} \quad \text{- сразу после трансформатора,}$$

где  $S_T$  - номинальная мощность трансформатора, кВА;

$V_{HT}$  - номинальное напряжение трансформатора, кВ;

Принимается  $V_{HT} = 0,4$  кВ.

$$I_{PY} = \frac{S_{м PY}}{\sqrt{3}V_{н PY}} \quad \text{- линия к РУ (РП или шинопровод),}$$

где  $S_{м PY}$  - максимальная расчетная мощность РУ, кВ-А;

$V_{н PY}$  —номинальное напряжение РУ, кВ,

Принимается  $V_{н PY} = 0,38$  кВ.

$$I_D = \frac{P_D}{\sqrt{3}V_{нД} \eta_D \cos \varphi_D} \quad \text{- линия к ЭД переменного тока,}$$

где  $P_D$  - мощность ЭД переменного тока, кВт;

$V_{нД}$  - номинальное напряжение ЭД, кВ;

$\eta_d$  - КПД ЭД, отн. ед.

Примечание. Если ЭД повторно-кратковременного режима, то  $P_d = P_{дп} \sqrt{ПВ}$

$$I_{св} = \frac{S_{св} \sqrt{ПВ}}{\sqrt{3} V_H} \quad - \text{ линия к сварочному трансформатору,}$$

где  $S_{св}$  - полная мощность сварочного 3-фазного трансформатора, кВА;

ПВ - продолжительность включения, отн. ед.

1. В сетях напряжения менее 1 кВ в качестве аппаратов защиты могут применяться автоматические выключатели (автоматы), предохранители и тепловые реле.

2. Автоматы выбираются согласно условиям:

$$I_{н.а} \geq I_{н.р}; \quad I_{н.р} \geq I_{дл} \quad - \text{ для линии без ЭД;}$$

$$V_{н.а} \geq V_c; \quad I_{н.р} \geq 1,25 I_{дл} \quad - \text{ для линии с одним ЭД;}$$

$$I_{н.р} \geq 1,1 I_M \quad - \text{ для групповой линии с несколькими ЭД,}$$

где  $I_{н.а}$  - номинальный ток автомата, А;

$I_{н.р}$  - номинальный ток расцепителя, А;

$I_{дл}$  - длительный ток в линии, А;

$I_M$  - максимальный ток в линии, А;

$V_{н.а}$  - номинальное напряжение автомата, В;

$V_c$  - напряжение сети, В;

$$K_o \geq \frac{I_o}{I_{н.р}}$$

$$I_o \geq I_{дл} \quad - \text{ для линии без ЭД;}$$

$$I_o \geq 1,2 I_{п} \quad - \text{ для линии с одним ЭД;}$$

$$I_o \geq 1,2 I_{пик} \quad - \text{ для групповой линии с несколькими ЭД,}$$

где  $K_o$  - кратность отсечки;

$I_o$  - ток отсечки;

$I_{н.р}$  - пусковой ток, А;

$$I_{п} = K_{п} I_{н.д},$$

где  $K_{п}$  - кратность пускового тока. Принимается  $K_{п} = 6,5 \dots 7,5$  - для АД;  $K_{п} = 2 \dots 3$  - для СД и МПТ;

$I_{н.д}$  - номинальный ток, А;

$I_{пик}$  - пиковый ток, А,

$$I_{пик} = I_{п.нб} + I_M - I_{н.нб}$$

где  $I_{п.нб}$  - пусковой ток наибольшего по мощности ЭД, А;

$I_{н.нб}$  - номинальный ток наибольшего в группе ЭД, А;

$I_{пик}$  - максимальный ток на группу, А.

Зная тип  $I_{н.а}$  и число полюсов автомата, выписываются все каталожные данные.

- Предохранители выбираются согласно условиям:

$I_{вс} \geq I_{дл}$  - для линии без ЭД;

$I_{вс} \geq \frac{I_n}{1,6}$  - для линии с ЭД и тяжелым пуском;

$I_{вс} \geq \frac{I_n}{2,5}$  - для линии с ЭД и легким пуском;

$I_{вс} \geq \frac{I_n + I_{дл}}{1,6}$  - для линии к РУ (РП или шинопровод);

$I_{вс} \geq 1,2 I_{св} \sqrt{ПВ}$  - для литии к сварочному трансформатору, где  $I_{вс}$  - ток плавкой вставки. А;

$I_{н.п} \geq I_{вс}$

где  $I_{н.п}$  - номинальный ток предохранителя, А.

- Тепловые реле выбираются согласно условию

$I_{тр} \geq 1,25 I_{н.д}$

$I_{тр}$  - ток теплового реле, номинальный, А.

Наиболее современными являются автоматы серии ВА и АЕ, предохранители серии ПР и ПН, тепловые реле серии РТЛ.

- Проводники для линий ЭСН выбираются с учетом соответствия аппарату защиты согласно условиям:

$I_{доп} \geq K_{зщ} I_{у(п)}$  - для липни, защищенной автоматом с комбинированным расцепителем;

$I_{доп} \geq K_{зщ} I_{вс}$  - для линии, защищенной только от КЗ предохранителем;

$I_{доп} \geq K_{зщ} I_{тр}$  - для линии с тепловым реле,

где  $I_{доп}$  - допустимый ток проводника, А;

$K_{зщ}$  - коэффициент защиты.

Принимают  $K_{зщ} = 1,25$  - для взрыво- и пожароопасных помещений;  $K_{зщ} = 1$  - для нормальных (неопасных) помещений;  $K_{зщ} = 0,33$  - для предохранителей без тепловых реле в линии.

По типу проводника, числу фаз и условию выбора формируется окончательно марка аппарата защиты.

Графическая часть включает в себя компоновку подстанции.

Минимальный объём - 20 стр.

### Критерии выставления оценки на защите курсовой работы:

Оценка «отлично».

Студент обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученного модуля, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и руководящие документы, и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. В процессе расчета курсовой работы студент проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученного модуля (дисциплины), в полном объеме выполнил все виды задания, безупречно ответил не только на все основные вопросы комиссии, но и на дополнительные вопросы в рамках основной программы модуля.

Оценка «хорошо».

Студент обнаружил полное знание материалов изученного модуля, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу и руководящие документы, предусмотренные программой. Студент показал систематический характер знаний по модулю, выполнил задание с минимальным количеством замечаний, ответил на все вопросы комиссии, но допустил при этом не принципиальные ошибки.

Оценка «удовлетворительно».

Студент обнаружил знание материала изученного модуля в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий курсовой работы, однако были

замечания. Студент выполнил не менее половины вопросов комиссии, допустил погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при пояснении выполняемых действий в курсовой работе, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, Оценка «неудовлетворительно» - менее 60 баллов.

Студент обнаружил серьезные пробелы в знаниях основного материала изученного модуля, допустил принципиальные ошибки в ответах на вопросы комиссии или студент не ответил на все вопросы и дополнительные вопросы комиссии.

### **Экзамен**

Проводится в письменной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 45 минут.

Вопросы к зачету:

1. Воздушные, кабельные линии и токопроводы.
2. Силовые трансформаторы и автотрансформаторы.
3. Измерительные трансформаторы.
4. Коммутационные и защитные аппараты.
5. Системы электроснабжения напряжением сетей до 1 кВ.
6. Системы электроснабжения напряжением сетей выше 1 кВ.
7. Выбор элементов системы электроснабжения выше 1 кВ.
8. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения.
9. Электробезопасность в системах электроснабжения.
10. Самозапуск электродвигателей в системах электроснабжения.
11. Потребители электроэнергии и субъекты энергетики.

### **Критерии выставления оценки на экзамене:**

Оценка «отлично» - от 90 до 100 баллов.

Студент обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученного модуля, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную, и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. В процессе обучения студент проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученного модуля (дисциплины), в полном объеме выполнил все виды предусмотренного программой контроля, безупречно ответил не только на все основные вопросы билета, но и на дополнительные вопросы зачета/ экзамена в рамках основной программы модуля, правильно выполнил практическое задание.

Оценка «хорошо» - от 76 до 89 баллов.

Студент обнаружил полное знание материалов изученного модуля, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, предусмотренную программой. Студент показал систематический характер знаний по модулю, выполнил более половины видов предусмотренного программой контроля, ответил на все вопросы билета экзамена, правильно выполнил практическое задание, но допустил при этом не принципиальные ошибки.

Оценка «удовлетворительно» - от 60 до 75 баллов.

Студент обнаружил знание материала изученного модуля в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Студент выполнил не менее половины видов предусмотренного программой контроля, допустил погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнил практическое задание, но по указанию экзаменатора выполнил другие практические задания из того же раздела модуля.

Оценка «неудовлетворительно» - менее 60 баллов.

Студент обнаружил серьезные пробелы в знаниях основного материала изученного модуля, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Студент выполнил менее половины видов предусмотренного программой контроля, не ответил на все вопросы билета экзамена и дополнительные вопросы, и неправильно выполнил практическое задание.