

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО**  
профессор В.А. Лебедев

---

**Проректор по образовательной дея-**  
**тельности доцент Д.Г. Петраков**

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ**

<b>Уровень высшего образования:</b>	Бакалавриат
<b>Направление подготовки:</b>	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
<b>Направленность (профиль):</b>	Энергообеспечение предприятий
<b>Квалификация выпускника:</b>	бакалавр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доцент С.В.Бабурин

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Электрические сети» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника», утвержденного приказом Минобрнауки России № 143 от 28 февраля 2018 г.;

- на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки «13.04.02 Теплоэнергетика и теплотехника», направленность (профиль) «Энергообеспечение предприятий».

Составитель: \_\_\_\_\_ к.т.н., доц. С.В. Бабурин

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Электроэнергетика и электромеханика» от 22.01.2021 г. , протокол № 12/01.**

Заведующий кафедрой  
электроэнергетики и электромеханики \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. В.А. Шпенст

**Рабочая программа согласована:**

Начальник отдела  
лицензирования, аккредитации и  
контроля качества образования \_\_\_\_\_ Дубровская Ю.А.

Начальник отдела методического  
обеспечения учебного процесса к.т.н. \_\_\_\_\_ Романчиков А.Ю.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель изучения дисциплины** – формирование у студентов базовых знаний в области передачи и распределения электрической энергии, взаимной связи и объективных закономерностей этих процессов.

### **Задачи дисциплины:**

- ознакомление с конструктивным выполнением электрических сетей;
- изучение параметров элементов и схем электрических сетей;
- получение опыта проектирования электрических сетей;
- изучение методов расчета установившихся режимов электрических сетей;
- получение сведений о регулировании режимов электроэнергетических систем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Электрические сети» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений «Дисциплины (модули)» по выбору основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника», направленность (профиль) «Энергообеспечение предприятий» и изучается в 5 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Электрические сети» являются «Электротехника».

Дисциплина «Электрические сети» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Монтаж и эксплуатация электрооборудования систем электроснабжения», «Электроснабжение предприятий».

Особенностью дисциплины «Электрические сети» является то, что она охватывает комплекс проблем, связанных с выбором конфигурации электрических сетей и составляющих эти сети элементов.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Электрические сети» направлен на формирование следующих компетенций:

<b>Формируемые компетенции</b>		<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>
<b>Содержание компетенции</b>	<b>Код компетенции</b>	
Способен к разработке технологических схем ОПД, их элементов и систем	ПКС-1	ПКС-1.1 Участвует в принятии и обосновании технических решений при разработке технологических схем ОПД, их элементов и систем; ПКС-1.2 Разрабатывает меры по обеспечению технологической дисциплины при эксплуатации и обслуживании ОПД
Способен управлять процессами эксплуатации ОПД	ПКС-6	ПКС-6.1 Управляет процессами эксплуатации ОПД

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 2 зачётных единицы, 72 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		5
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>34</b>	<b>34</b>
Лекции (Л)	17	17
Практические занятия (ПЗ)	17	17
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>38</b>	<b>38</b>
Выполнение курсовой работы (проекта)	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат	-	-
Подготовка к практическим занятиям	17	17
Подготовка к лабораторным занятиям	-	-
Работа с литературой	11	11
Подготовка к промежуточной аттестации	10	10
<b>Промежуточная аттестация – зачет (З)</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>		
<b>ак. час.</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

#### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
Раздел 1. Введение. Общие сведения о системах передачи и распределения электроэнергии	9	2	-	-	7
Раздел 2. Схемы замещения элементов электрических сетей	11	2	4	-	5
Раздел 3. Схемы электрических сетей	7	2	-	-	5
Раздел 4. Расчет установившихся режимов электрических сетей	16	4	4	-	8
Раздел 5. Регулирование напряжения в электрических сетях	16	4	4	-	8
Раздел 6. Проектирование электрических сетей	13	3	5	-	5
<b>Итого:</b>	<b>72</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>38</b>

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе. Основные понятия и определения. Классификации электрических сетей. Воздушные линии. Конструкции воздушных линий электропередачи. Провода. Опоры. Изоляция. Арматура. Грозозащитный трос. Кабельные линии. Конструкции кабельных линий электропередачи. Изоляция кабелей. Способы прокладки кабелей. Соединительные и концевые муфты. Токопроводы и электропроводки.	2
2	Раздел 2	Линии электропередачи. Схема замещения линии электропередачи. Продольные и поперечные параметры схемы замещения. Активное сопротивление. Индуктивное сопротивление. Активная проводимость. Явление короны. Емкостная проводимость. Зарядная мощность. Расщепление фаз линии. Погонные параметры и их порядок для линий различной конструкции и напряжения. Выбор схемы замещения линии в зависимости от ее конструкции и номинального напряжения. Трансформаторы. Схемы замещения двухобмоточных трансформаторов. Определение параметров схемы замещения по паспортным данным. Потери холостого хода и нагрузочные потери активной и реактивной мощностей в трансформаторе. Расщепление обмотки низкого напряжения трансформатора. Схемы замещения трехобмоточного трансформатора и автотрансформатора. Источники питания и нагрузки. Синхронные генераторы, двигатели, компенсаторы. Представление синхронных машин в расчетных схемах. Схемы замещения синхронных машин. Векторные диаграммы. Приемники электроэнергии и потребители электроэнергии. Понятие об узле нагрузки. Комплексная нагрузка узлов, ее состав. Способы представления нагрузок в расчетных схемах. Статические характеристики типовой, обобщенной нагрузки по напряжению и частоте.	2
3	Раздел 3	Распределительные сети. Схемы распределительных сетей напряжением до 35 кВ. Радиальные, магистральные, смешанные и петлевые сети. Резервированные сети. Схемы распределительных сетей напряжением 110...220 кВ. Подстанции. Присоединение подстанций к сети. Типовые схемы подстанций. Дальние электропередачи. Структура и схемы межсистемных передач переменного тока напряжением 330 кВ и выше. Способы повышения пропускной способности передач. Структура и схемы межсистемных передач постоянного тока. Преобразовательные подстанции. Пропускная способность ли-	2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		ний и передач постоянного тока.	
4	Раздел 4	<p>Расчет разомкнутой сети. Задачи расчета установившихся режимов. Приведение нагрузок к стороне высшего напряжения трансформаторов.</p> <p>Алгоритм расчета режима разомкнутой сети. Векторная диаграмма напряжений. Продольная и поперечная составляющие падения напряжения. Метод последовательных приближений. Определение напряжения на вторичной стороне трансформатора. Упрощения при расчетах сетей напряжением ниже 35 кВ. Расчет замкнутой сети. Расчет режима замкнутой (кольцевой) электрической сети напряжением 110...220 кВ. Расчет потоков мощности на головных участках замкнутой сети. Приведение замкнутой сети к расчету двух разомкнутых схем. Понятие об однородной и неоднородной замкнутой сети.</p> <p>Уравнения узловых напряжений. Понятие о сложно-замкнутой электрической сети. Представление активных элементов в электрической сети задающими токами. Формирование уравнений узловых напряжений для сети постоянного тока. Балансирующий узел по току (мощности). Базисный узел по напряжению. Уравнения для сети переменного тока с комплексными коэффициентами и переменными. Методы решения уравнений узловых напряжений.</p>	4
5	Раздел 5	<p>Регулирование напряжения на электростанциях. Диапазон и возможности регулирования напряжения генераторами и трансформаторами станции. Регулирование напряжения на подстанциях. Устройство ПБВ и РПН. Принципиальная схема РПН. Выбор регулировочных ответвлений трансформаторов.</p> <p>Регулирование напряжения в распределительных сетях. Требования ПУЭ к уровням напряжения в центре питания. Централизованное регулирование напряжения. Средства местного регулирования напряжения.</p>	4
6	Раздел 6	<p>Нагрузки, напряжения и схемы сетей. Методы определения электрических нагрузок. Коэффициент разновременности максимумов и коэффициент попадания в максимум нагрузки энергосистемы. Области применения различных напряжений. Выбор номинального напряжения электрической сети. Области применения различных конфигураций электрических сетей. Основные технические ограничения. Выбор основного оборудования. Нормированная экономическая плотность тока. Стандартные сечения проводников. Основные технические ограничения при выборе сечений проводников воздушных и</p>	3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		кабельных линий. Допустимые перегрузки кабелей. Выбор количества и мощности трансформаторов на подстанциях.	
<b>Итого:</b>			<b>17</b>

#### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 2	Составление схем замещения электрических сетей	4
2	Раздел 4	Расчет установившегося режима электрической сети	4
3	Раздел 5	Регулирование напряжения в электрических сетях	4
4	Раздел 6	Выбор и проверка сечений проводников	5
<b>Итого:</b>			<b>17</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне зачета) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

### 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

##### Раздел 1. Общие сведения о системах передачи и распределения электроэнергии.

1. Основные определения и понятия в ЭЭС

2. Характеристика систем производства электроэнергии.

3. Характеристика систем передачи электроэнергии.
4. Характеристика систем распределения электроэнергии.
5. Режимы нейтралей электрических сетей.

## **Раздел 2. Схемы замещения элементов электрических сетей**

1. Схема замещения линии.
2. Схема замещения трансформатора.
3. Схема замещения автотрансформатора.
4. Представление нагрузок в схемах.
5. Представление источников питания.

## **Раздел 3. Схемы электрических сетей.**

1. Расчетные уровни для выбора схем.
2. Классификация электрических сетей.
3. Схемы электрических сетей напряжением 6-10 кВ
4. Комплектные трансформаторные подстанции.
5. Схемы подстанций с высшим напряжением 110 кВ и выше.

## **Раздел 4. Расчет установившихся режимов электрических сетей.**

1. Задачи расчета установившихся режимов.
2. Расчет простых разомкнутых схем.
3. Расчет кольцевой сети.
4. Уравнения узловых напряжений.
5. Методы решения УУН.

## **Раздел 5. Регулирование напряжения в электрических сетях.**

1. Регулирование напряжения на станциях.
2. Регулирование напряжения на подстанциях.
3. Выбор регулировочных ответвлений.
4. Регулирование напряжения в распределительных сетях.
5. Регулирование напряжения в сетях 110 кВ и выше.

## **Раздел 6. Проектирование электрических сетей.**

1. Выбор напряжения электрической сети.
2. Выбор сечений проводов ВЛ.
3. Выбор сечений жил КЛ.
4. Конструкции ВЛ.
5. Основы проектирования конструктивной части ВЛ.

### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (зачета)**

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов к зачету (по дисциплине):**

1. Конструкции воздушных линий электропередачи.
2. Конструкции кабельных линий электропередачи.
3. Способы прокладки КЛ
4. Схемы замещения линий электропередачи.
5. Погонные параметры для линий различной конструкции и напряжения.
6. Схемы замещения двухобмоточных трансформаторов
7. Расщепление обмотки низкого напряжения трансформатора.
8. Схемы замещения трехобмоточного трансформатора и автотрансформатора
9. Представление нагрузок в схемах. 12
10. Представление источников питания в схемах.
11. Схемы распределения электроэнергии на низком напряжении.
12. Схемы распределения электроэнергии на среднем напряжении.
13. Схемы распределения электроэнергии на высоком напряжении.
14. Подстанции электрических сетей.
15. Основы регулирования частоты в изолированной ЭЭС.



16. Основы регулирования напряжения в объединенной ЭЭС.
17. Оптимальное распределение мощности в ЭЭС.
18. Компенсация реактивной мощности.
19. Расчет установившегося режима разомкнутой сети.
20. Расчет установившегося режима замкнутой сети.
21. Уравнения узловых напряжений.
22. Методы решения УУН.
23. Регулирование напряжения на подстанциях.
24. Основы проектирования электрических сетей.
25. Выбор схемы и напряжения электрической сети.
26. Выбор сечений проводов.
27. Основы проектирования конструкции ВЛ.
28. Расчет проводов на прочность.
29. Потери электроэнергии в электрических сетях.
30. Методы расчета потерь мощности и электроэнергии.

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к зачету

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
<b>Вариант 1</b>		
1	Назначение распределительной сети	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. доставка э/э непосредственно потребителям.</li> <li>2. трансформация э/э.</li> <li>3. передача больших объемов э/э на дальние расстояния.</li> <li>4. формирование ЕЭС.</li> </ol>
2	Наибольшее количество электроэнергии теряется в сетях напряжением	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 500 кВ.</li> <li>2. 110-220 кВ.</li> <li>3. 6-10 кВ.</li> <li>4. 0,4 кВ</li> </ol>
3	Сети внутреннего электроснабжения промышленных предприятий выполняются преимущественно	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. электропроводами.</li> <li>2. воздушными линиями.</li> <li>3. токопроводами.</li> <li>4. кабельными линиями.</li> </ol>
4	Городские сети 0,38-10 кВ выполняются преимущественно	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. токопроводами</li> <li>2. воздушными линиями</li> <li>3. кабельными линиями</li> <li>4. электропроводами</li> </ol>
5	Для ВЛ напряжением до 35 кВ широко применяются провода	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. сталеалюминиевые</li> <li>2. стальные</li> <li>3. самонесущие изолированные</li> <li>4. алюминиевые</li> </ol>
6	Время $\tau_{\max}$ наибольших потерь мощности – это	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Время, за которое потребитель, работая с наибольшей нагрузкой, получит ту же электроэнергию, что и при работе по действительному годовому графику нагрузки</li> <li>2. Число часов в году.</li> <li>3. Время работы элемента сети с наибольшей нагрузкой, при котором потери электроэнергии в элементе будут такими же, что и при работе по действительному годовому графику нагрузки.</li> <li>4. Время, в течение которого имеют место максимальные потери.</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
7	Схема замещения элемента электрической сети – это	1. Графическое представление элемента сети его параметрами. 2. Представление элемента сети в масштабе. 3. Представление элемента сети физическим аналогом. 4. Виртуальное представление элемента сети.
8	Факторы, влияющие на индуктивное сопротивление линии	1. Расстояние между проводами и высота опоры. 2. Высота опоры и радиус провода. 3. Расстояние между проводами и радиус провода. 4. Расстояние от провода до земли.
9	В дальних передачах для снижения внутренних перенапряжений между фазой и землей включают	1. Ограничитель перенапряжений. 2. Вентильный разрядник. 3. Реактор. 4. Емкость.
10	Активная проводимость линии обусловлена	1. Активным сопротивлением проводов. 2. Потерями мощности на корону. 3. Емкостью между проводами и землей. 4. Индуктивностью проводов линии.
11	Экономическая плотность тока соответствует	1. Минимуму потерь напряжения в линии. 2. Минимуму потерь мощности в линии. 3. Минимуму потерь энергии в линии. 4. Минимуму затрат на сооружение и эксплуатацию линии.
12	При каких сечениях проводов линии 110 кВ напряженность на поверхности провода не превышает критического значения?	1. 50 мм <sup>2</sup> и более. 2. 70 мм <sup>2</sup> и более. 3. 120 мм <sup>2</sup> и более. 4. 150 мм <sup>2</sup> и более.
13	Соотношение индуктивных сопротивлений воздушных и кабельных линий одинакового напряжения и длины	1. $X_{\text{вл}} > X_{\text{кл}}$ .      2. $X_{\text{вл}} < X_{\text{кл}}$ . 3. $X_{\text{вл}} = X_{\text{кл}}$ .      4. $X_{\text{вл}} \approx 2X_{\text{кл}}$ .
14	Площадь графика нагрузки $P(t)$ представляет собой	1. Потери мощности. 2. Энергию, переданную потребителю. 3. Потери напряжения. 4. Потери энергии.
15	Закон, определяющий потери активной мощности и электроэнергии в элементе электрической сети	1. Ома.                      2. Джоуля-Ленца. 3. Ньютона.              4. Кирхгофа.
16	Нормальное состояние переключателей в схеме тупиковой подстанции	1. Рабочая замкнута, ремонтная разомкнута. 2. Рабочая разомкнута, ремонтная замкнута. 3. Обе переключатели замкнуты. 4. Обе переключатели разомкнуты.
17	Наименьшие рабочие напряжения электрических сетей определяются:	1. Надежностью работы изоляции 2. Устойчивостью параллельной работы генераторов и узлов нагрузки. 3. ГОСТ 13109-97. 4. Правилами устройства электроустановок.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
18	Продолжительностью использования наибольшей нагрузки $T_{\max}$ называют	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Время работы элемента сети с наибольшей нагрузкой, при котором потери электроэнергии будут такими же, что и при работе элемента сети по действительному годовому графику нагрузки.</li> <li>2. Время, в течение которого имеет место максимальная нагрузка</li> <li>3. Время, за которое потребитель, работая с наибольшей нагрузкой, получит ту же электроэнергию, что и при работе по действительному годовому графику нагрузки</li> <li>4. Число часов в году.</li> </ol>
19	Минимально допустимое по механической прочности сечение провода ВЛ определяется:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Районом по пляске проводов.</li> <li>2. Районом по гололеду.</li> <li>3. Районом по ветру.</li> <li>4. Районом по грозовой деятельности.</li> </ol>
20	При превышении мощностью нагрузки вырабатываемой мощности	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Частота неизменна.</li> <li>2. Частота увеличивается.</li> <li>3. Частота уменьшается.</li> <li>4. Напряжение уменьшается.</li> </ol>
<b>Вариант 2.</b>		
1	Причина внутренних перенапряжений в передачах сверхвысокого напряжения	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Длина передачи.</li> <li>2. Оперативные переключения.</li> <li>3. Дефицит реактивной мощности.</li> <li>4. Перетоки избытка реактивной мощности в режиме малой нагрузки.</li> </ol>
2	При нарушении баланса активной мощности	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изменяется частота в системе.</li> <li>2. Изменяется напряжение в узлах электрической сети.</li> <li>3. Частота в системе не меняется.</li> <li>4. Напряжения в узлах сети не меняются.</li> </ol>
3	При превышении мощностью нагрузки вырабатываемой мощности	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Частота неизменна.</li> <li>6. Частота увеличивается.</li> <li>7. Частота уменьшается.</li> <li>8. Напряжение уменьшается.</li> </ol>
4	Допустимые отклонения частоты в течение 95 % времени интервала в одну неделю	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 0,5 Гц.</li> <li>2. 0,2 Гц.</li> <li>3. 0,4 Гц.</li> <li>4. 1 Гц.</li> </ol>
5	При превышении вырабатываемой мощностью мощности нагрузки	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Частота неизменна.</li> <li>2. Частота увеличивается.</li> <li>3. Частота уменьшается.</li> <li>4. Напряжение уменьшается.</li> </ol>
6	Основной целью регулирования напряжения в системообразующих сетях напряжением 330 кВ и выше является:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поддержание допустимых отклонений напряжения на зажимах электроприемников.</li> <li>2. Уменьшение потерь напряжения в сети.</li> <li>3. Обеспечение экономичного режима их работы за счет уменьшения потерь мощности и энергии.</li> <li>4. Ограничение внутренних перенапряжений для обеспечения надежной работы изоляции оборудования.</li> </ol>
7	<p>На рисунке приведена</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Радиальная схема.</li> <li>2. Кольцевая схема.</li> <li>3. Двойная магистральная схема.</li> <li>4. Замкнутая схема, опирающаяся на два источника.</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
8	Минимально допустимое по механической прочности сечение провода ВЛ определяется:	<ul style="list-style-type: none"> <li>5. Районом по пляске проводов.</li> <li>6. Районом по гололеду.</li> <li>7. Районом по ветру.</li> <li>8. Районом по грозовой деятельности.</li> </ul>
9	Проверка сечений по допустимому длительному току, приводимому в справочных данных, означает	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Проверку по потере напряжения.</li> <li>2. Проверку по допустимому нагреву.</li> <li>3. Проверку по короне.</li> <li>4. Проверку по термической стойкости.</li> </ul>
10	Площадь графика нагрузки $P(t)$ представляет собой	<ul style="list-style-type: none"> <li>5. Потери мощности.</li> <li>6. Энергию, переданную потребителю.</li> <li>7. Потери напряжения.</li> <li>8. Потери энергии.</li> </ul>
11	При нарушении баланса реактивной мощности	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Изменяется частота в системе.</li> <li>2. Изменяется напряжение в узлах.</li> <li>3. Частота в системе не меняется.</li> <li>4. Напряжения в узлах сети не меняются.</li> </ul>
12	Реактивная мощность, выдаваемая конденсаторами, включенными в звезду $Q_Y$ , и реактивная мощность, выдаваемая конденсаторами, включенными в треугольник $Q_{\Delta}$ , соотносятся как	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. <math>Q_Y = Q_{\Delta}</math>.</li> <li>2. <math>Q_Y</math> больше <math>Q_{\Delta}</math> в трираза.</li> <li>3. <math>Q_{\Delta}</math> больше <math>Q_Y</math> в трираза.</li> <li>4. <math>Q_{\Delta}</math> больше <math>Q_Y</math> в <math>\sqrt{3}</math> раз.</li> </ul>
13	Стрела провеса провода имеет наибольшее значение в режиме	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Ветра без гололеда.</li> <li>2. Среднегодовой температуры.</li> <li>3. Низшей температуры</li> <li>4. Высшей температуры.</li> </ul>
14	Сети сельской электрификации выполняются преимущественно	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. кабельными линиями</li> <li>2. воздушными линиями</li> <li>3. токопроводами</li> <li>4. электропроводами</li> </ul>
15	Соотношение емкостных проводимостей воздушных и кабельных линий одинакового напряжения и длины	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. <math>B_{ВЛ} &gt; B_{КЛ}</math>.</li> <li>2. <math>B_{ВЛ} &lt; B_{КЛ}</math>.</li> <li>3. <math>B_{ВЛ} = B_{КЛ}</math>.</li> <li>4. <math>B_{ВЛ} \approx 2B_{КЛ}</math>.</li> </ul>
16	Назначение системообразующей сети	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. доставка э/э непосредственно потребителям</li> <li>2. трансформация э/э</li> <li>3. распределение э/э</li> <li>4. формирование ЕЭС и передача больших объемов э/э</li> </ul>
17	Однородная замкнутая сеть – это	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Любая кольцевая сеть.</li> <li>2. Замкнутая сеть, состоящая из участков одинаковой длины.</li> <li>3. Замкнутая сеть одного напряжения.</li> <li>4. Замкнутая сеть одного напряжения, выполненная линиями одинакового сечения.</li> </ul>
18	Выберите метод решения уравнений узловых напряжений.	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Метод Зейделя.</li> <li>2. Метод потенциалов.</li> <li>3. Операторный метод.</li> <li>4. Симплекс-метод.</li> </ul>
19	Потери на корону не зависят от	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Температуры воздуха.</li> <li>2. Напряжения линии.</li> <li>3. Влажности.</li> <li>4. Сечения провода.</li> </ul>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
20	Отклонения напряжения в точке передачи электрической энергии не должны превышать	1. 10 %. 2. 5 %. 3. 15 %. 4. 2,5 %.
<b>Вариант 3.</b>		
1	Зарядная мощность линии определяется	1. Индуктивностью проводов. 2. Емкостью между проводами и землей. 3. Ионизацией воздуха вокруг проводов. 4. Утечками через изоляцию.
2	Наибольшие рабочие напряжения электрических сетей определяются	1. Устойчивостью параллельной работы генераторов и узлов нагрузки. 2. Надежностью работы изоляции. 3. Величиной коммутационных и атмосферных перенапряжений. 4. Правилами устройства электроустановок.
3	Основной целью регулирования напряжения в распределительных сетях напряжением 6-20 кВ является:	1. Обеспечение экономичного режима их работы за счет уменьшения потерь мощности и энергии. 2. Ограничение внутренних перенапряжений для обеспечения надежной работы изоляции оборудования. 3. Уменьшение потерь напряжения в сети. 4. Поддержание допустимых отклонений напряжения на зажимах электроприемников
4	Минимальные сечения проводов ВЛ 110 кВ по условиям ограничения потерь на корону:	1. 50 мм <sup>2</sup> .                      2. 70 мм <sup>2</sup> . 3. 120 мм <sup>2</sup> .                    4. 240 мм <sup>2</sup> .
5	В схеме из N узлов количество независимых уравнений по 1-му закону Кирхгофа составляет	1. N.                      2. N-1. 3. N+1.                    4. N-2.
6	Экономическая плотность тока соответствует	5. Минимуму потерь напряжения в линии. 6. Минимуму потерь мощности в линии. 7. Минимуму потерь энергии в линии. 8. Минимуму затрат на сооружение и эксплуатацию линии.
8	Для оценки электропотребления при проектировании электрических сетей применяется:	1. Метод коэффициента максимума. 2. Метод удельных норм расходы электроэнергии. 3. Метод расчетного коэффициента активной мощности. 94. Метод экспертных оценок.
9	Коэффициент попадания в максимум нагрузки энергосистемы $k_m$ учитывает:	1. Нагрузку каждой подстанции в период прохождения максимума нагрузки энергосистемы. 2. Неточность исходных данных. 3. Время года, для которого выполняется расчет. 4. Несовпадение во времени расчетных нагрузок объектов.
10	Минимально допустимое по механической прочности сечение провода ВЛ определяется:	9. Районом по пляске проводов. 10. Районом по гололеду. 11. Районом по ветру. 12. Районом по грозовой деятельности.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
11	Перегрузка кабелей напряжением 6-10 кВ свыше допустимого длительного тока	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Не допускается.</li> <li>2. Допускается.</li> <li>3. Допускается в период максимума энерго-системы.</li> <li>4. Допускается, но не более 6 часов в сутки в течение 5 суток.</li> </ol>
12	Расчет проводов на прочность выполняется методом	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разрушающих напряжений.</li> <li>2. Допустимых напряжений.</li> <li>3. Простой итерации.</li> <li>4. Последовательных приближений.</li> </ol>
13	Площадь графика нагрузки $P(t)$ представляет собой	<ol style="list-style-type: none"> <li>9. Потери мощности.</li> <li>10. Энергию, переданную потребителю.</li> <li>11. Потери напряжения.</li> <li>12. Потери энергии.</li> </ol>
15	Перемычка из двух разъединителей в схеме подстанции позволяет	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Осуществлять питание потребителей через два трансформатора при ремонте или повреждении одной из линий.</li> <li>2. Осуществлять питание потребителей через две линии при ремонте или повреждении одного трансформатора.</li> <li>3. Уменьшить токи КЗ.</li> <li>4. Выровнять напряжения линий.</li> </ol>
16	Назначение распределительной сети	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. доставка э/э непосредственно потребителям.</li> <li>2. трансформация э/э.</li> <li>3. передача больших объемов э/э на дальние расстояния.</li> <li>4. формирование ЕЭС.</li> </ol>
17	Закон, определяющий потери активной мощности и электроэнергии в элементе электрической сети	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ома.</li> <li>2. Джоуля-Ленца.</li> <li>3. Ньютона.</li> <li>4. Кирхгофа.</li> </ol>
18	Стрела провеса провода имеет наибольшее значение в режиме	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Ветра без гололеда.</li> <li>6. Среднегодовой температуры.</li> <li>7. Низшей температуры</li> <li>8. Высшей температуры.</li> </ol>
19	Источником реактивной мощности является:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Асинхронная машина</li> <li>2. Синхронная машина.</li> <li>3. Токоограничивающий реактор.</li> <li>4. Коммутационный аппарат.</li> </ol>
20	Основной целью регулирования напряжения в распределительных сетях напряжением 110-220 кВ является:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поддержание допустимых отклонений напряжения на зажимах электроприемников.</li> <li>2. Уменьшение потерь напряжения в сети.</li> <li>3. Обеспечение экономичного режима их работы за счет уменьшения потерь мощности и энергии.</li> <li>4. Ограничение внутренних перенапряжений для обеспечения надежной работы изоляции.</li> </ol>

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачет)

Оценка	Описание
Зачтено	Посещение более 50 % лекционных и практических занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточ-

	но высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
<b>Не зачтено</b>	Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

*Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:*

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Не зачтено
50-65	Зачтено
66-85	Зачтено
86-100	Зачтено

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

### **7.1. Рекомендуемая литература**

#### **7.1.1. Основная литература**

1. Костин В. Н. Электроэнергетические системы и сети [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Н. Костин. - СПб.: Горн. ун-т, 2013. - 117 с.  
[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set\\_static\\_req&ns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=%2D228531<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set_static_req&ns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%2D228531<.>)
2. Карапетян И.Г. Справочник по проектированию электрических сетей [Электронный ресурс]: справочник / И.Г. Карапетян, Д.Л. Файбисович, И.М. Шапиро ; под ред. Д. Л. Файбисовича. — Электрон. дан. — Москва : ЭНАС, 2017. — 376 с. <https://e.lanbook.com/book/104578>

#### **7.1.2 Дополнительная литература**

1. ПУЭ, изд. 7-е: общие правила; передача электроэнергии; распределительные устройства и подстанции; электрическое освещение; электрооборудование специальных установок [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва : ЭНАС, 2013. — 552 с. <https://e.lanbook.com/book/38572>

#### **7.1.3. Учебно-методическое обеспечение**

1. Учебно-методические разработки для проведения практических занятий по учебной дисциплине «Электрические сети» <http://ior.spmi.ru/taxonomy/term/122>.
2. Учебно-методические разработки для самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине «Электрические сети» <http://ior.spmi.ru/taxonomy/term/122>.

### **7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
2. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
3. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
4. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
5. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
6. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
7. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»: <https://e.lanbook.com/>
8. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>
9. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).

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

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:**

**8.1.1 Аудитории для проведения лекционных занятий:** Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, практических занятий, оснащены мультимедийными средствами.

тимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

### **8.1.2 Аудитории для проведения практических занятий:**

Лаборатории оснащены электрооборудованием, стендами и измерительными средствами, необходимыми для выполнения практических работ по дисциплине.

Мебель лабораторная:

12 посадочных мест

Оборудование и приборы:

Стенд «Сети с изолированной нейтралью» - 1 шт., стенд «Сети с заземленной нейтралью» - 1 шт., стол – 1 шт., стул – 19 шт., доска - 2 шт.; компенсатор реактивной мощности – 1 шт., стенд «Дифференциальное реле» - 1 шт., стенд «Источник эл. питания ауд. 7126-7132» – 1 шт., стенд «Линия электропередачи» – 1 шт., комплект типового лабораторного оборудования «Теория эл цепей» ТЭЦОЭ1-С-К - 2 шт., плакат в рамке – 9 шт.

Компьютерная техника:

Блок системный RAMEC GALE AL с монитором BenQ GL2450 (возможность подключения к сети «Интернет»), принтер Xerox Phaser 4600DN.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011.

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012.

Kaspersky antivirus 6.0.4.142.

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional, Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011, Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007.

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011, Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010, CorelDRAW Graphics Suite X5, Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product key: 766H1.

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО).

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**



1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., балон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стуля – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

**8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

1. Microsoft Windows 8 Professional.
2. Microsoft Office 2007 Standard.
3. Microsoft Office 2010 Professional Plus.
4. Statistica for Windows.
5. LabView Professional.
6. MathCad Education.