

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Амурский государственный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной работе  
А.В. Лейфа

« 01 » 09 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
«Электроэнергетические системы и сети»

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Направленность (профиль) образовательной программы «Электроэнергетика»  
Квалификация выпускника – бакалавр  
Год набора – 2021  
Форма обучения – очная  
Курс 3 Семестр 5, 6  
Экзамен 5, 6 семестр  
Общая трудоемкость дисциплины 324 (акад. час.), 9 (з.е.)

Составитель: Н.В. Савина, заведующий кафедрой, профессор, доктор технических наук

Факультет энергетический  
Кафедра энергетики

2021 г.

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 - «Электроэнергетика и электротехника», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 144 от 28.02.2018.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры энергетики  
протокол № 1 от 01 сентября 2021

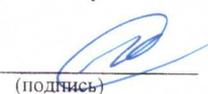
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.В. Савина

СОГЛАСОВАНО  
Учебно-методическое управление

  
(подпись) \_\_\_\_\_ Н.А. Чалкина

«01» сентября 2021 г.

СОГЛАСОВАНО  
Зав. выпускающей кафедрой

  
(подпись) \_\_\_\_\_ Н.В. Савина

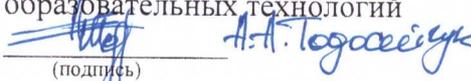
«01» сентября 2021 г.

СОГЛАСОВАНО  
Директор НБ

  
(подпись) \_\_\_\_\_ О.В. Петрович

«01» сентября 2021 г.

СОГЛАСОВАНО  
Центр информационных и  
образовательных технологий

  
(подпись) \_\_\_\_\_ А.А. Логачев

«01» сентября 2021 г.

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Цель дисциплины (модуля):** Целями освоения дисциплины «Электроэнергетические системы и сети» являются формирование систематизированных знаний в области электроэнергетических систем и сетей и расчета их режимов, приобретение студентами навыков их проектирования, развитие культуры экономически целесообразного выбора проектируемого варианта схемы сети, расчета и анализа режимов электрических сетей и систем, регулирования частоты и напряжения.

### **Задачи дисциплины (модуля):**

- изучение основ электроэнергетических систем (ЭЭС), схем электроэнергетических систем и сетей, конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи;
- изучение методов и алгоритмов расчетов сетей различной конфигурации разных классов номинального напряжения, установившихся режимов сложных электроэнергетических систем, в том числе и с помощью промышленных программно-вычислительных комплексов;
- получение знаний в области регулирования частоты и напряжения в электроэнергетических системах;
- формирование навыков по расчету и анализу установившихся режимов электрических сетей и систем, по обеспечению желаемого напряжения в сети, условий выполнения балансов активной и реактивной мощностей в ЭЭС;
- изучение основ построения электроэнергетических систем, технологий анализа и синтеза схем электрических сетей, принципов и методов разработки и реализации оптимальных технических решений при проектировании электроэнергетических систем и сетей;
- овладение методами и алгоритмами проектирования электроэнергетических систем и сетей;
- формирование профессиональных навыков по проектированию электроэнергетических систем и сетей.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО**

Дисциплина «Электроэнергетические системы и сети» входит в Блок 1 «Дисциплины (модули), в часть, формируемую участниками образовательных отношений, и относится к дисциплинам, формирующим профессиональные знания и навыки, необходимые при проектировании и эксплуатации электроэнергетических систем и сетей, расчете и анализе их режимов.

Для освоения данной дисциплины необходимо знать, уметь и быть готовым применять материал в объеме, изложенном в рабочих программах следующих дисциплин образовательной программы направления подготовки «Электроэнергетика и электротехника»:

Высшая математика;

Теоретические основы электротехники;

Электротехнические и конструкционные материалы.

Дисциплина является одной из профилирующих и формирует компетенции, необходимые при прохождении производственной практики, выполнении выпускной квалификационной работы. Знания, умения и навыки, полученные при освоении данной дисциплины, необходимы для изучения дисциплин:

Эксплуатация и ремонт электрооборудования;

Специальный курс электрических сетей;

Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения;

Алгоритмы задач электроэнергетики.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

#### 3.1. Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-1 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	<p>ИД-1<sub>ПК-1</sub>. Выполняет сбор и анализ данных для проектирования объектов профессиональной деятельности.</p> <p>ИД-2<sub>ПК-1</sub>. Выбирает и реализует типовые проектные решения для объектов профессиональной деятельности</p> <p>ИД-3<sub>ПК-1</sub>. Разрабатывает конкурентно-способные варианты технических решений и выбирает экономически целесообразный при проектировании объектов профессиональной деятельности.</p> <p>ИД-4<sub>ПК-1</sub>. Определяет параметры электрооборудования и режимов объектов профессиональной деятельности, учитывая технические ограничения и требования по безопасности, при их проектировании</p> <p>ИД-5<sub>ПК-1</sub>. Выбирает методы и способы регулирования параметров режимов объектов профессиональной деятельности</p> <p>ИД-6<sub>ПК-1</sub> Участвует в разработке частей документации для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования объектов профессиональной деятельности</p> <p>ИД-7<sub>ПК-1</sub>. Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации объектов профессиональной деятельности</p>
ПК-2 Способен определять параметры оборудования, рассчитывать режимы работы и участвовать в ведении режимов объектов профессиональной деятельности	<p>ИД-1<sub>ПК-2</sub>. Определяет параметры оборудования объектов профессиональной деятельности</p> <p>ИД-2<sub>ПК-2</sub>. Рассчитывает и анализирует режимы объектов профессиональной деятельности</p> <p>ИД-3<sub>ПК-2</sub>. Обеспечивает заданные параметры режимов работы оборудования и систем объектов профессиональной деятельности</p>

#### 4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц, 324 академических часа.

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация	Семестр	Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)						Контроль (в академических часах)	Самостоятельная работа (в академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости
			Л	ПЗ	ЛР	ИКР	КТО	КЭ			
1	Структура и	5	14	4						12	блиц-опрос на лекции;

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация	Семестр	Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)					Контроль (в академических часах)	Самостоятельная работа (в академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости и
			Л	ПЗ	ЛР	ИКР	КТО			
	характеристики ЭЭС, электрических сетей									опрос на практическом занятии; защита индивидуального домашнего задания
2	Расчет установившихся режимов	5	26	8					18	блиц-опрос на лекции; опрос на практическом занятии; защита индивидуального домашнего задания контрольная работа
3	Рабочие режимы электроэнергетических систем	5	10	4					12	блиц-опрос на лекции; опрос на практическом занятии; защита индивидуального домашнего задания
4	Экзамен	5					0,3	35,7		
1	Проектирование электрических сетей	6	24	8	8				9	блиц-опрос на лекции; опрос на практическом занятии; защита индивидуального домашнего задания защита отчета по лабораторн

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация	Семестр	Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)					Контроль (в академических часах)	Самостоятельная работа (в академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости и
			Л	ПЗ	ЛР	ИКР	КТО			
										ой работе.
2	Расчет установившихся режимов сложных электроэнергетических систем	6	14	4	4				8	блиц-опрос на лекции; опрос на практическом занятии; защита индивидуального домашнего задания; защита отчета по лабораторной работе
3	Повышение эффективности и надежности функционирования электроэнергетических систем	6	10	4	4				8	блиц-опрос на лекции; опрос на практическом занятии; защита индивидуального домашнего задания; защита отчета по лабораторной работе
4	Курсовой проект	6				3			36	Контроль хода выполнения курсового проекта. Защита курсового проекта
5	Экзамен	6	98	32	16			0,3	35,7	
	ИТОГО					3		0,6	71,4	103

Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, ЛР – лабораторная работа, ИКР – иная контактная работа, КТО – контроль теоретического обучения, КЭ – контроль на экзамене.

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
	5 семестр	
	Раздел 1. Структура и характеристики ЭЭС, электрических сетей	
1	Общие сведения об электроэнергетических системах	Общие сведения об электроэнергетических системах и электрических сетях. Определение электроэнергетической системы, электрической станции, электрической сети, подстанции, линии электропередачи. Классификация электрических сетей. Линии электропередачи переменного и постоянного тока. Понижающие и преобразовательные подстанции. Характеристики оборудования линий и подстанций. Типы конфигураций электрических сетей
2	Схемы электрических сетей	Разомкнутые сети. Замкнутые сети: кольцевые сети и сети с двухсторонним питанием. Схемы соединения электрической сети. Способы присоединения подстанций к электрической сети. Схемы электрических соединений подстанций
3	Конструкции линий электрических сетей	Конструктивные элементы воздушных линий электропередачи (ЛЭП). Провода воздушных линий и тросы. Опоры: их классификация и конструктивное исполнение, область применения; линейная арматура; изоляторы. ВЛИ. Конструктивные элементы кабельных линий электропередачи. Классификация кабельных линий, принципы формирования марки кабеля, маркировка кабелей, конструктивное исполнение кабелей различного уровня номинального напряжения, их область применения. Кабельная арматура. Прокладка кабелей
	Раздел 2. Расчет установившихся режимов	
4	Схемы замещения линий, трансформаторов и автотрансформаторов	Понятие режима электрической сети и задачи расчета режимов сети. Схемы замещения элементов электрических сетей и их параметры. Схемы замещения линий с сосредоточенными параметрами. Определение параметров схем замещения воздушных и кабельных линий. Схемы замещения двухобмоточных, трехобмоточных трансформаторов, трансформаторов с расщепленными обмотками, автотрансформаторов и расчет их параметров
5	Расчет режимов разомкнутых электрических сетей	Расчет установившихся нормальных и послеаварийных режимов электрических сетей различной конфигурации – общие сведения. Расчет режимов линий электропередачи и электрических сетей в нормальных и послеаварийных режимах. Приведенная и расчетная нагрузка узла. Потери мощности в двухобмоточном, трехобмоточном трансформаторах, в автотрансформаторе. Падение и потеря

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
		напряжения. Расчет режима электрической сети по данным «конца» и по данным «начала» при заданном токе нагрузки, мощности нагрузки. Построение векторных диаграмм при расчете режимов
6	Расчет режимов в замкнутых электрических сетях	Определение потоков мощности на головных участках в простых замкнутых сетях. Точка потокораздела. Расчет режимов кольцевых сетей. Расчет сети с двумя точками потокораздела. Расчет режимов сети с двухсторонним питанием
7	Расчет режимов в электрических сетях нескольких классов номинальных напряжений	Определение напряжения на стороне низшего напряжения трансформатора. Расчет режимов сети с различными номинальными напряжениями. Порядок расчета режима сети любой конфигурации. Регулирование напряжения с помощью ответвлений РПН трансформаторов, автотрансформаторов и линейных регуляторов
8	Особенности расчета режимов	Расчет режима в однородных сетях. Особенности расчета сетей с равномерно распределенной нагрузкой. Определение наибольшей потери напряжения
9	Модели электрических нагрузок узлов электрических сетей при расчетах режимов	Электрические нагрузки узлов электрических сетей. Статические и динамические характеристики нагрузок, понятие и физическая сущность. Статические характеристики осветительной нагрузки, двигателей. Комплексная нагрузка узла. Статические характеристики комплексной нагрузки по напряжению и частоте. Регулируемый эффект нагрузки. Способы задания нагрузки при расчетах режимов
10	Балансы активной и реактивной мощности в энергосистеме	Балансы мощностей в электроэнергетической системе. Баланс активной мощности и ее связь с частотой. Резерв мощности. Регулирование частоты вращения турбины. Статическая и динамическая характеристики турбины. Регулирование напряжения и частоты в электроэнергетической системе. Баланс реактивной мощности и ее связь с напряжением. Генерация реактивной мощности. Потребление реактивной мощности. Регулирование напряжения в ЭЭС
	6 семестр	
	Раздел 1. Проектирование электрических сетей	
1	Введение. Современное состояние электроэнергетической системы	Современное состояние электроэнергетических систем и тенденции их развития. Топливо-энергетический комплекс. Перспективы развития электроэнергетических систем в России и на Дальнем Востоке
2	Исходные данные для проектирования электрических сетей	Характеристика района проектирования. Электрические нагрузки и их представление при проектировании и эксплуатации электроэнергетических систем. Графики электрических нагрузок (ГЭН) и их анализ при проектировании электрических сетей. Построение ГЭН подстанций из типовых графиков при различных способах задания информации. Долгосрочное прогнозирование ГЭН.

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
		Практическое применение формулы сложных процентов при проектировании электрических нагрузок. Переход от реальных ГЭН к ГЭН в относительных единицах и построение прогнозируемого ГЭН
3	Технико-экономические основы проектирования электрических сетей	Задачи и методы проектирования электроэнергетических систем и электрических сетей. Общие требования к схемам электрических сетей. Принципы формирования вариантов конфигурации электрической сети. Выбор конфигураций схем и основных параметров электрических сетей. Выбор схем построения сети. Технико-экономические основы проектирования электрических сетей – общий подход. Критерии выбора оптимального варианта, алгоритм выбора. Основные экономические показатели систем передачи и распределения электроэнергии: капитальные вложения (инвестиции); эксплуатационные издержки; чистый дисконтированный доход; эквивалентные годовые расходы (годовые приведенные затраты) и срок окупаемости капитальных затрат. Определение потерь электроэнергии в электрической сети при ее проектировании. Технико-экономическое сравнение вариантов электрической сети. Выбор рационального напряжения сети. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов на подстанциях. Выбор сечения проводов и кабелей в сетях различных назначений и номинальных напряжений различными методами. Особенности выбора и проверки сечений линий в замкнутых сетях. Проверка сечений проводов по нагреву длительно допустимым током. Проектирование схем электрических сетей. Учет фактора надежности при проектировании электрических сетей
Раздел 2. Расчет установившихся режимов сложных электроэнергетических систем		
4	Основы расчета установившихся режимов сложных электроэнергетических систем	Основы расчета нормальных режимов сложных электрических сетей и систем. Специфика расчетов сложных систем. Преобразование сети и исключение узлов. Расчеты однородных сетей. Учет слабой заполненности матриц. Преобразования сети при расчете режимов электроэнергетических систем большой сложности. Разделение системы на подсистемы. Методы эквивалентирования сети. Представление системы уравнений узловых напряжений для расчета с помощью программно-вычислительных комплексов (ПВК) на персональном компьютере. Методы решения уравнений узловых напряжений. Способы задания параметров элементов схемы, нагрузочных и генераторных узлов. Балансирующий узел. Определение параметров режимов. Расчет режимов с помощью современных промышленных программно-вычислительных комплексов. Анализ полученных результатов
5	Особые режимы электроэнергетических систем	Особые режимы электрических сетей. Источники, вызывающие особые режимы в электрической сети. Неполнофазные режимы. Условия допустимости

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
		неполнофазных режимов. Расчет несимметричных режимов
	Раздел 3. Повышение эффективности и надежности функционирования электроэнергетических систем	
6	Компенсация реактивной мощности и регулирование напряжения в электроэнергетических системах	Компенсация реактивной мощности. Современное состояние проблемы компенсации реактивной мощности. Источники и потребители реактивной мощности. Три задачи компенсации реактивной мощности: балансовая задача, регулирование напряжения в сети, экономическая задача. Методы регулирования напряжения. Технические средства компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения: синхронные генераторы; синхронные компенсаторы; статические источники реактивной мощности; батареи конденсаторов; устройства FACTS; устройства РПН, их регулировочные характеристики
7	Методы расчета и анализа потерь мощности и электрической энергии в электрических сетях	Общая характеристика проблемы потерь электроэнергии. Расчет потерь мощности и электроэнергии в элементах ЭЭС. Анализ потерь мощности и электроэнергии. Основные мероприятия, направленные на снижение потерь электроэнергии
8	Методы регулирования частоты	Первичное, вторичное и третичное регулирования частоты. Противоаварийные мероприятия при снижении частоты в электроэнергетических системах

## 5.2. Практические занятия

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
	5 семестр	
1	Раздел 1. Структура и характеристики ЭЭС, электрических сетей	Расчет параметров электрических схем замещения ЛЭП
2		Расчет параметров схем замещения трансформаторов и автотрансформаторов
3	Раздел 2. Расчет установившихся режимов	Составление схем замещения электрической сети. Определение приведенной и расчетной нагрузок узла
4		Расчет режимов в разомкнутых сетях
5		Расчет режимов в кольцевых сетях
6		Расчет режимов в сетях с двухсторонним питанием
7		Выбор ответвлений РПН трансформаторов, автотрансформаторов, линейных регуляторов
8	Раздел 3. Рабочие режимы электроэнергетических систем	Расчет режимов в сетях с несколькими номинальными напряжениями
	6 семестр	
1	Раздел Проектирование электрических сетей	1. Расчет вероятностных характеристик графиков нагрузки подстанций и режимных характеристик сети.
2		Разработка и технический анализ вариантов конфигурации электрической сети. Определение рационального

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
		напряжения сети.
3		Выбор числа и мощности силовых трансформаторов на ПС. Выбор и проверка сечений воздушных и кабельных линий
4	Раздел 2. Расчет установившихся режимов сложных электроэнергетических систем	Расчет экономических показателей электрических сетей. Выбор оптимального варианта схемы электрической сети.
5		Компенсация реактивной мощности
6	Раздел 3. Повышение эффективности и надежности функционирования электроэнергетических систем	Преобразование и эквивалентирование схем электрических сетей сложной конфигурации
7		Определение потерь электроэнергии в электрической сети.

### 5.3. Лабораторные работы

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
	6 семестр	
1	Раздел 1. Проектирование электрических сетей	1. Построение и анализ графиков электрической нагрузки подстанций
2	Раздел 2. Расчет установившихся режимов сложных электроэнергетических систем	Исследование симметричного установившегося режима работы разомкнутой электрической сети
3		Исследование симметричного установившегося режима работы замкнутой сети с двумя источниками питания
4		Расчет и анализ установившегося режима с помощью промышленных ПВК
5		Исследование несимметричного установившегося режима работы электрической сети
6		Регулирование напряжения и активной мощности генератора, работающего в параллель с электрической системой

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоёмкость в акад. часах
5 семестр			
1	Раздел 1. Структура и характеристики ЭЭС, электрических сетей	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	2 4 6

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоёмкость в акад. часах
2	Раздел 2. Расчет установившихся режимов	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	4
			8
			6
3	Раздел 3. Рабочие режимы электроэнергетических систем	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	2
			4
			6
4		Подготовка к экзамену	35,7
6 семестр			
1	Раздел 1. Проектирование электрических сетей	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; подготовка к лабораторной работе; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	2
			2
			2
			3
2	Раздел 2. Расчет установившихся режимов сложных электроэнергетических систем	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; подготовка к лабораторной работе; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	2
			2
			2
			2
3	Раздел 3. Повышение эффективности и надежности функционирования электроэнергетических систем	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; подготовка к лабораторной работе; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	2
			2
			2
			2
4		Выполнение курсового проекта	36
5		Подготовка к экзамену	35,7

#### Курсовой проект

Отдельным видом самостоятельной работы является курсовой проект, предусмотренный для закрепления теоретических знаний, полученных при изучении дисциплины, приобретения навыков использования научно-технической и справочной литературы, применения информационных технологий, практических и профессиональных навыков по проектированию электроэнергетических систем и сетей, на выполнение которого учебным планом отводится 36 академических часов.

Примерная тематика курсовых проектов:  
 Проектирование электрической сети указанного энергорайона Приморского края;  
 Проектирование электрической сети указанного энергорайона в Амурской области;  
 Проектирование электрической сети указанного энергорайона Хабаровского края;  
 Проектирование электрической сети Южноякутского энергорайона;  
 Проектирование электрической сети указанного энергорайона Еврейской автономной области.

Ниже приведен пример типового бланка задания на курсовой проект, содержание которого заполняется индивидуально для каждого студента.

### ЗАДАНИЕ № \_\_\_\_

на курсовой проект по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети»  
 Студент \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_ Дата выдачи задания «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_  
 Задание выдал \_\_\_\_\_ Задание принял(а) \_\_\_\_\_  
*ФИО руководителя проекта, подпись* *Подпись студента*

Тема проекта: \_\_\_\_\_  
 Спроектировать электрическую сеть для подключения подстанций А–Е.

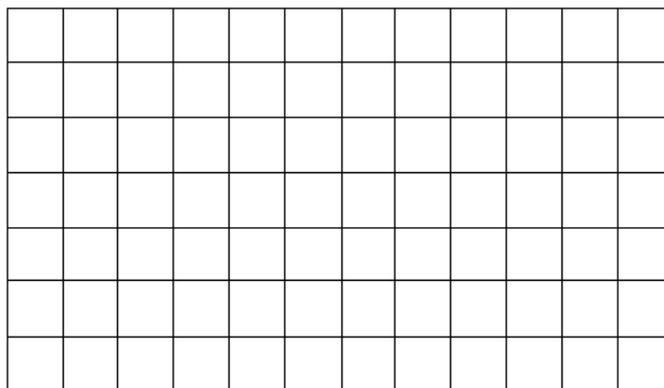
#### Данные о нагрузках подстанций

Исходные данные		Подстанция					
		А	Б	В	Г	Д	Е
Суммарная установленная мощность, МВт							
Коэффициент реактивной мощности нагрузки, tgφ							
Состав потребителей по категориям надежности, %	1 категория						
	2 категория						
	3 категория						
Желаемое напряжение вторичной сети, кВ							

Наименование источника питания		
Напряжение на шинах источника при наибольших нагрузках, кВ	_____ $U_{ном}$	_____ $U_{ном}$
при наименьших нагрузках, кВ	_____ $U_{ном}$	_____ $U_{ном}$
при тяжелых авариях в сети, кВ	_____ $U_{ном}$	_____ $U_{ном}$

Продолжительность использования наибольшей нагрузки  $T_{макс}$ , час. \_\_\_\_\_  
 Коэффициент реактивной мощности, задаваемый энергосистемой, tgφ \_\_\_\_\_  
 Коэффициент попадания в максимум нагрузки системы \_\_\_\_\_

#### Схема сети



Масштаб в 1 см \_\_\_\_\_ км

В процессе проектирования для одного из энергорайонов Дальнего Востока студенты разрабатывают следующие вопросы:

- Характеристика энергорайона: источники питания; электрические сети; потребители; климатическая и географическая характеристика.
- Расчет электрических нагрузок.
- Разработка конкурентоспособных вариантов электрической сети и их технический анализ, выбор двух конкурентоспособных вариантов конфигурации электрической сети.
- Техническая проработка каждого из конкурентоспособных вариантов.
- Выбор оптимального варианта электрической сети.
- Расчет и анализ установившихся режимов.
- Регулирование напряжения в сети.
- Техничко-экономические показатели проекта. Оценка инвестиционной привлекательности проекта.

Графическая часть проекта выполняется на двух листах и включает в себя: варианты конфигурации и схемы построения электрической сети; подробную однолинейную электрическую схему оптимального варианта сети; схему замещения сети и результаты расчета и анализа установившихся режимов.

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации дисциплины «Электроэнергетические системы и сети» используются традиционные и современные образовательные технологии. Из современных образовательных технологий применяются информационные и компьютерные технологии, технологии активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой, технологии проблемного обучения. Применяются следующие активные и интерактивные формы проведения занятий: дискуссии, проблемные ситуации, разбор конкретных ситуаций; работа в команде, проектный метод.

Перечень занятий, проводимых в активной и интерактивной форме

Тема	Наименование активных/ интерактивных форм обучения
Лекции 5 семестр	
Схемы электрических сетей	Разбор конкретных ситуаций
Конструкции линий электрических сетей	Работа в команде
Расчет режимов разомкнутых электрических сетей	Проблемная лекция
Балансы активной и реактивной мощности в энергосистеме	Проблемная лекция
Лекции 6 семестр	

Тема	Наименование активных/ интерактивных форм обучения
Исходные данные для проектирования электрических сетей	Проблемная лекция
Технико-экономические основы проектирования электрических сетей	Проектный метод
Особые режимы электроэнергетических систем	Работа в команде
Регулирование напряжения в электроэнергетических системах	Разбор конкретных ситуаций
<b>Практические занятия 5 семестр</b>	
Выбор ответвлений РПН трансформаторов, автотрансформаторов, линейных регуляторов	Разбор конкретных ситуаций, дискуссии
Расчет режимов в сетях с несколькими номинальными напряжениями	Кейс-метод
<b>Практические занятия 6 семестр</b>	
Преобразование и эквивалентирование схем электрических сетей сложной конфигурации	Разбор конкретных ситуаций, дискуссии
Компенсация реактивной мощности	Кейс-метод

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а также методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети».

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплине приведены в фонде оценочных средств.

Оценочные средства и технологии для проведения промежуточной аттестации включают контрольные вопросы к защите курсового проекта, вопросы и задания к экзамену.

### Контрольные вопросы и задания к экзамену 5 семестр

Вопросы к экзамену

1. Общие сведения об электроэнергетических системах.
2. Классификация электрических сетей.
3. Стандартный ряд номинальных напряжений и наибольшие рабочие значения напряжений.
4. Преимущества объединённых энергосистем.
5. Линии электропередачи переменного и постоянного тока.
6. Понижающие и преобразовательные подстанции. Характеристика оборудования подстанций.
7. Системообразующие сети, пример.
8. Питающие сети, пример.

9. Распределительные сети, пример.
10. Типы конфигураций электрических сетей.
11. Способы присоединения подстанций к электрической сети.
12. Схемы электрических соединений подстанций.
13. Конструктивные элементы ВЛЭП и их назначение.
14. Транспозиция проводов, и с какой целью она применяется.
15. Высота опоры, длина пролёта, стрела провеса. Ориентировочные значения длин пролётов ВЛЭП разных классов номинальных напряжений.
16. Провода и их характеристика, конструктивное исполнение.
17. Марки грозозащитных тросов и области их применения.
18. Виды и типы опор. Их назначение и конструктивное исполнение.
19. Унификация конструкций металлических и железобетонных опор. Шифры опор.
20. Расположение проводов на опоре.
21. Классификация линейных изоляторов, их конструктивное исполнение. Количество изоляторов в гирляндах на ВЛЭП различных номинальных напряжений.
22. Виды линейной арматуры, её назначение.
23. Изолированные воздушные линии (ВЛИ)
24. Классификация кабелей.
25. Кабели напряжением до 1 кВ.
26. Кабели напряжением 3 – 10 кВ.
27. Кабели напряжением 20, 35 кВ.
28. Маслонаполненные кабели низкого давления.
29. Маслонаполненные кабели высокого давления.
30. Газоизолированные линии и газонаполненные кабели.
31. Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена.
32. Принцип формирования марок кабелей. Примеры маркировки кабелей.
33. Кабельная арматура, её назначение.
34. Прокладка кабелей.
35. Схемы замещения ЛЭП и их параметры.
36. Каталожные данные трансформаторов, основные понятия и определения.
37. Схема соединения обмоток автотрансформатора. Типовая и номинальная мощности автотрансформаторов.
38. Схема замещения двухобмоточного трансформатора и её параметры.
39. Схема замещения трансформатора с расщепленной обмоткой и её параметры.
40. Схема замещения трёхобмоточного трансформатора, её параметры.
41. Схема замещения автотрансформатора, её параметры.
42. Определение потерь мощности в двухобмоточном трансформаторе.
43. Определение потерь мощности в трёхобмоточном трансформаторе и автотрансформаторе.
44. Приведенная и расчётная нагрузка узла.
45. Падение и потеря напряжения.
46. Расчёт режима линий при заданном токе нагрузки по данным «конца».
47. Расчёт режима линий при заданном токе нагрузки по данным «начала».
48. Построение векторных диаграмм токов и напряжений при расчёте режима линии.
49. Расчёт режимов разомкнутых сетей по данным «конца».
50. Расчёт режимов разомкнутых сетей по данным «начала».
51. Построение векторных диаграмм токов и напряжений при расчёте режимов разомкнутых сетей.
52. Определение потоков мощности на головных участках в простых замкнутых сетях и в сетях с двухсторонним питанием.

53. Расчёт кольцевых сетей.
54. Расчет простой замкнутой сети с двумя точками потокораздела.
55. Расчёт режимов сетей с двухсторонним питанием.
56. Определение напряжения на стороне низшего напряжения подстанции с двухобмоточными трансформаторами.
57. Определение напряжения на сторонах среднего и низшего напряжений подстанции с трёхобмоточными трансформаторами и автотрансформаторами.
58. Расчёт сетей с различными номинальными напряжениями.
59. Регулирование напряжения в электрической сети.
60. Выбор ответвлений РПН в двухобмоточных трансформаторах
61. Выбор ответвлений РПН в трехобмоточных трансформаторах
62. Выбор ответвлений РПН в автотрансформаторах.
63. Линейные регуляторы и область их применения. Выбор ответвлений линейных регуляторов.
64. Расчет режимов линий электропередачи и электрических сетей в послеаварийных режимах.
65. Особенности расчёта режимов в однородных электрических сетях.
66. Определение наибольшей потери напряжения.
67. Особенности расчёта режима сетей с равномерно распределённой нагрузкой.
68. Электрические нагрузки узлов электрических сетей.
69. Статические и динамические характеристики разных видов нагрузок, понятия и физическая сущность.
70. Обобщённые статические нагрузки по напряжению и частоте комплексной нагрузки.
71. Задание нагрузки при расчётах режимов.
72. Представление генераторов при расчётах установившихся режимов.
73. Баланс активной мощности в энергосистеме и его связь с частотой.
74. Регулирование частоты вращения турбины
75. Регулирование частоты в электроэнергетической системе.
76. Баланс реактивной мощности в энергосистеме и его связь с напряжением.

Задания для экзамена сформированы в виде задач, включающих в себя составление схем замещения электрических сетей и определение их параметров, определение приведенной и расчетной мощностей нагрузки узлов электрической сети, расчет режимов разомкнутых и замкнутых сетей, сетей с двумя уровнями номинального напряжения, обеспечение желаемого уровня номинального напряжения на шинах подстанции с помощью РПН и линейных регуляторов.

#### 6 семестр

##### Вопросы к экзамену

1. Тенденции и перспективы развития электроэнергетических систем.
2. Цели и задачи проектирования электроэнергетических систем
3. Исходные данные для проектирования электрических сетей, электроэнергетических систем, их достоверность и полнота
4. Графики электрических нагрузок (ГЭН) и их анализ при проектировании электрических сетей
5. Построение ГЭН подстанций из типовых графиков при различных способах задания информации
6. Долгосрочное прогнозирование ГЭН
7. Практическое применение формулы сложных процентов при прогнозировании электрических нагрузок
8. Переход от реальных ГЭН к ГЭН в относительных единицах и построение прогнозируемого ГЭН

9. Влияние режимов работы потребителей на формирование ГЭН подстанций
10. Понятие «Число часов использования наибольшей нагрузки» и его определение
11. Техничко-экономические основы проектирования электрических сетей
12. Характеристика района проектирования электрической сети
13. Общие требования к схемам электрических сетей. Принципы формирования вариантов конфигурации электрической сети
14. Выбор схем построения сети. Принципы технического отбора конкурентоспособных вариантов сетей при проектировании
15. Учет фактора надежности при проектировании электрических сетей
16. Критерии выбора оптимального варианта, алгоритм выбора
17. Капитальные вложения
18. Эксплуатационные издержки
19. Чистый дисконтированный доход, эквивалентные годовые расходы (годовые приведенные затраты) и срок окупаемости капитальных затрат.
20. Техничко-экономическое сравнение вариантов электрической сети. Выбор оптимального варианта схемы электрической сети при проектировании
21. Определение потерь электрической энергии при проектировании электрической сети
22. Выбор рационального напряжения сети
23. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов на ПС
24. Определение сечения проводов и кабелей по экономической плотности тока
25. Определение сечения проводов по экономическим токовым интервалам
26. Определение сечений линий в распределительных сетях по допустимой потере напряжения
27. Особенности выбора и проверки сечений в замкнутых сетях
28. Проверка сечений линий по нагреву длительно допустимым током
29. Проектирование схем электрических сетей
30. Основы расчета нормальных режимов сложных электрических сетей
31. Представление системы уравнений узловых напряжений (УУН) для ее решения на ПК. Раздельное решение уравнений узловых напряжений
32. Сходимость решения уравнений установившегося режима
33. Существование решения системы УУН
34. Единственность решения нелинейных УУН
35. Чувствительность решения нелинейных УУН
36. Преобразование сети при расчете режимов электроэнергетических систем большой сложности
37. Исключение узлов при расчете режимов электроэнергетических систем большой сложности
38. Метод расщепления сети. Расчеты однородных сетей
39. Расчет системы УУН при перспективном проектировании схем энергосистем
40. Учет слабой заполненности матрицы узловых проводимостей
41. Методы эквивалентирования сети
42. Эквивалентирование при расчетах УУН систем большой сложности
43. Разделение электроэнергетических систем на подсистемы при расчете режимов
44. Методы решения уравнений узловых напряжений.
45. Матричные и топологические методы расчета режимов электроэнергетических систем
46. Способы задания параметров элементов схемы, нагрузочных и генераторных узлов. Балансирующий узел
47. Расчет режимов с помощью промышленных программно-вычислительных комплексов
48. Анализ установившихся режимов

49. Особые режимы электрических сетей и их анализ
50. Источники, вызывающие особые режимы в электрической сети
51. Симметрирование режима
52. Порядок расчета неполнофазного режима
53. Условия допустимости работы с длительно неполнофазным режимом
54. Представление системы УУН для анализа несинусоидальных режимов
55. Источники и потребители реактивной мощности
56. Балансовая задача компенсации реактивной мощности
57. Экономическая задача компенсации реактивной мощности
58. Регулирование напряжения в сети продольной компенсацией реактивной мощности
59. Регулирование напряжения в сети поперечной компенсацией реактивной мощности
60. Технические средства компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения
61. Расчета потерь мощности и электроэнергии в элементах электрических сетей.
62. Анализ потерь мощности и электроэнергии.
63. Основные мероприятия по снижению потерь электроэнергии.
64. Первичное, вторичное и третичное регулирования частоты
65. Противоаварийные мероприятия при снижении частоты в электроэнергетических системах

Задания для экзамена сформированы в виде инженерных задач, включающих в себя проектирование электрических сетей, регулирование напряжения с помощью компенсирующих устройств, преобразование сложносвязанных электрических сетей для расчета режимов, использование практических приемов для ускорения расчетов режимов на ПК, представление схем электрической сети и ее параметров для расчета на ПК, анализ особых режимов.

#### Вопросы к защите курсового проекта (6 семестр)

1. Классификация электрических сетей.
2. Стандартный ряд номинальных напряжений и наибольшие рабочие значения напряжений.
3. Какие бывают опоры? Их назначение.
4. Классификация линейных изоляторов, их конструктивное исполнение.
5. Виды линейной арматуры, её назначение.
6. Задание нагрузки при расчётах режимов.
7. Представление генераторов при расчётах установившихся режимов.
8. Схемы замещения ВЛЭП и их параметры.
9. Схема замещения двухобмоточного трансформатора и её параметры.
10. Схема замещения трансформатора с расщепленной обмоткой и её параметры.
11. Схема замещения трёхобмоточного трансформатора, её параметры.
12. Схема замещения автотрансформатора, её параметры.
13. Определение потерь мощности в двухобмоточном трансформаторе.
14. Определение потерь мощности в трёхобмоточном трансформаторе и автотрансформаторе.
15. Приведенная и расчётная нагрузка узла.
16. Схемы электрических сетей.
17. Расчёт режимов разомкнутых сетей по данным «начала».
18. Расчёт кольцевых сетей.
19. Особенности расчёта режимов в однородных электрических сетях.
20. Расчёт режимов сетей с двухсторонним питанием.

21. Определение наибольшей потери напряжения.
22. Определение напряжения на стороне низшего напряжения подстанции с двухобмоточными трансформаторами.
23. Определение напряжения на сторонах среднего и низшего напряжений подстанции с трёхобмоточными трансформаторами и автотрансформаторами.
24. Расчёт сетей с различными номинальными напряжениями.
25. Регулирование напряжения с помощью РПН трансформаторов и линейных регуляторов.
26. Выбор ответвлений РПН в двухобмоточных трансформаторах.
27. Выбор ответвлений РПН в трехобмоточных трансформаторах.
28. Выбор ответвлений РПН в автотрансформаторах.
29. Способы присоединения подстанций к электрической сети.
30. Схемы электрических соединений подстанций.
31. В чем заключается характеристика района проектирования?
32. Какие климатические характеристики нужно знать при проектировании и для чего?
33. Расчет электрических нагрузок с помощью вероятностных характеристик.
34. Выбор номинального напряжения сети.
35. Принципы составления вариантов конфигурации электрической сети.
36. Выбор сечений проводов ВЛ методом экономических токовых интервалов.
37. Выбор сечений проводников по нагреву длительно-допустимым током.
38. Выбор сечений проводников по допустимой потере напряжения.
39. Технический анализ вариантов конфигурации сети.
40. Чистый дисконтированный доход. Среднегодовые эквивалентные затраты.
41. Капитальные вложения.
42. Эксплуатационные издержки.
43. Расчет потерь электроэнергии.
44. Три задачи компенсации реактивной мощности.
45. Балансовый расчет компенсации реактивной мощности.
46. Выбор компенсирующих устройств методом поперечной компенсации.
47. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов.
48. Схемы распределительных устройств подстанций.
49. Подготовка исходной информации для расчета режимов с помощью ПВК СДО-6.
50. Подготовка исходной информации для расчета режимов с помощью ПВК RastrWin.
51. Характеристика ПВК, используемых для расчета режимов.
52. Проверка правильности расчетов режимов с помощью ПВК.
53. В чем заключается анализ режимов, и с какой целью его проводят.
54. Встречное регулирование напряжения.

Защита курсового проекта может проходить в виде доклада студента и ответов на поставленные вопросы членами комиссии по приему курсового проекта, либо в виде деловой игры.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

а) литература:

1. Савина, Н. В. Электроэнергетические системы и сети [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Ч. 1 / Н. В. Савина ; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2014. - 177 с. [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/7062.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7062.pdf)
2. Ушаков, В. Я. Электроэнергетические системы и сети : учебное пособие для вузов / В. Я. Ушаков. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 446 с. — (Высшее

образование). — ISBN 978-5-534-00649-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451327> (дата обращения: 07.04.2021).

3. Лыкин, А. В. Электроэнергетические системы и сети : учебник для вузов / А. В. Лыкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 360 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04321-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451023> (дата обращения: 07.04.2021).

4. Идельчик, Виталий Исаакович. Электрические системы и сети [Текст] : учеб. / В. И. Идельчик. - М. : Энергоатомиздат, 1989. - 588 с.

5. Савина, Н.В. Практикум по электрическим сетям [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.В. Савина, Ю.В. Мясоедов, В.Ю. Маркитан. – Благовещенск : Амурский гос. ун-т, 2014. – 254 с. - Режим доступа : [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/7127.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7127.pdf)

6. Электроэнергетические системы и сети [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным занятиям / сост. : В. Ю. Маркитан, В. В. Рябинин. – Благовещенск : Изд-во АмГУ, 2014. – 100 с. - Режим доступа : [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/7083.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7083.pdf)

7. Электроэнергетические системы и сети [Электронный ресурс] : Методические указания для самостоятельной работы студентов направления подготовки «Электроэнергетика и электротехника» / Н.В. Савина ; АмГУ, Эн.ф. – 2-е изд., испр. и доп. – Благовещенск : Амурский гос. ун-т, 2017. – 52 с. - Режим доступа : [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/9643.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/9643.pdf)

8. Электроэнергетические системы и сети [Электронный ресурс] : методические указания к курсовому проектированию / Н. В. Савина. – Благовещенск : Изд-во АмГУ, 2013. – 59 с. - Режим доступа : [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/7154.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7154.pdf)

9. Блок, В.М. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей вузов [Текст] : учеб. пособие / В.М. Блок, Г.К. Обушев, Л.В. Паперно; ред. В.М. Блок. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. :Высш. шк., 1990. - 384 с.

10. Немировский А.Е., Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций : учебное пособие / Немировский А.Е. - М. : Инфра-Инженерия, 2018. - 148 с. - ISBN 978-5-9729-0207-1 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972902071.html> (дата обращения: 15.10.2019)

11. Роголёв Н.Д., Экономика энергетики : учебник для вузов / Н.Д. Роголёв, А.Г. Зубкова, И.В. Мастерова и др.; под ред. Н.Д. Роголёва. - М. : Издательский дом МЭИ, 2011. - 320 с. - ISBN 978-5-383-00324-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383003244.html> (дата обращения: 17.10.2019).

12. Справочник по проектированию электрических сетей [Текст] / под ред. Д. Л. Файбисовича. - М. : НЦ ЭНАС, 2005. - 315 с.

13. Герасимова В.Г., Электротехнический справочник Т.2: Электротехнические изделия и устройства / Герасимова В.Г. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01174-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011744.html> (дата обращения: 16.10.2019).

14. Герасимова В.Г., Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Герасимова В.Г. - М. : Издательский

дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01175-1 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL :<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011751.html> (дата обращения: 16.10.2019).

15. Герасимова В.Г., Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 4. Использование электрической энергии / Герасимова В.Г. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01205-5 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL :<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012055.html> (дата обращения: 16.10.2019).

в) нормативные документы:

1. Правила устройства электроустановок – 7-е изд. - М. : изд-во НИЦ ЭНАС, 2003. – 704 с.

2. Методические рекомендации по проектированию развития энергосистем СО 153-34.20.118-2003. Утверждены приказом Минэнерго России от 30.06.03 № 281

3. Об утверждении методических указаний по расчету повышающих (понижающих) коэффициентов к тарифам на услуги по передаче электрической энергии в зависимости от соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон по договорам об оказании услуг по передаче электрической энергии по единой национальной (общероссийской) электрической сети (договорам энергоснабжения). Приказ Федеральной службы по тарифам от 31 августа 2010 г. N 219-э/6.

4. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций напряжением 35-750 кВ. Типовые решения. - М. : Энергосетьпроект, 2006.

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Перечень программного обеспечения (обеспеченного лицензией)	Реквизиты подтверждающих документов
1	Операционная система MS Windows 7 Pro, Операционная система MS Windows XP SP3	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года
2	Операционная система MS Windows 10 Education, Pro	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года
3	MS Office 2010 standard	лицензия Microsoft office 2010 Standard RUS OLP ML Academic 50, договор №492 от 28 июня 2012 года
4	MS Office 2013/2016 PRO PLUS Academic	Сублицензионный договор № Tr000027462 от 10.12.2015
5	Kaspersky Endpoint Security 2010	Лицензия (Стандартный Russian Edition. 250-499 Node 1 year Educational Renewal License) 26FE-200406-045956-1-20795 до 05.06.2021
6	RastrWin3 Базовый комплекс	10 лиц. По договору №0323100012213000182-0001592-01/1144 от 31.12.2013
7	RastrWin3 Оптимизация режима	10 лиц. по договору №0323100012213000181-0001592-01/1143 от 31.12.2013 и договору №236 от 02.12.2014
8	Mathcad Education – University Edition	25 раб. мест по Software Order Fulfillment Confirmation, Service Contract # 4A1934168 от 18.12.2014

№	Перечень программного обеспечения (свободно распространяемого)	Реквизиты подтверждающих документов (при наличии)
1	Mozilla Firefox	Бесплатное распространение по лицензии MPL 2.0 <a href="https://www.mozilla.org/en-US/MPL/">https://www.mozilla.org/en-US/MPL/</a>
2	Google Chrome	Бесплатное распространение по лицензии google chromium <a href="http://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html">http://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html</a> На условиях <a href="https://www.google.com/chrome/browser/privacy/eula_text.html">https://www.google.com/chrome/browser/privacy/eula_text.html</a>
3	WinDjView	Бесплатное распространение по лицензии GNU GPL <a href="http://www.gnu.org/licenses/oldlicenses/gpl-2.0.htm">http://www.gnu.org/licenses/oldlicenses/gpl-2.0.htm</a>
4	LibreOffice	Бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL <a href="https://ru.libreoffice.org/about-us/license/">https://ru.libreoffice.org/about-us/license/</a>

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	ЭБС ЛАНЬ <a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>	Электронно-библиотечная система, включающая в себя как электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам.
2	ЭБС IPRbooks <a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>	Электронно-библиотечная система IPRbooks — научно-образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования
3	ЭБС ЮРАЙТ <a href="https://urait.ru">https://urait.ru</a>	Фонд электронной библиотеки составляет более 4000 наименований и постоянно пополняется новинками, в большинстве своем это учебники и учебные пособия для всех уровней профессионального образования от ведущих научных школ с соблюдением требований ФГОС
4	ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» <a href="http://www.studentlibrary.ru">www.studentlibrary.ru</a>	Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" ( <a href="http://www.studentlibrary.ru">www.studentlibrary.ru</a> ) является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения (ФГОС ВО 3+) к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
		формирования фондов основной и дополнительной литературы, для СПО, ВПО и аспирантуры.

г) официальные сайты энергетических предприятий-партнеров

Наименование сайта	Краткая характеристика
<a href="http://www.drsk.ru/">http://www.drsk.ru/</a>	Акционерное общество «Дальневосточная распределительная сетевая компания» (АО «ДРСК») осуществляет деятельность по передаче и транспортировке электрической энергии по распределительным сетям на территории Амурской области, Хабаровского края, Еврейской автономной области, Приморского края, Южного района республики САХА (Якутия)
<a href="http://www.burges.rushydro.ru/">http://www.burges.rushydro.ru/</a>	Филиал Публичного акционерного общества «Федеральная гидрогенерирующая компания» – «Бурейская ГЭС» (сокращенное наименование – Филиал ПАО «РусГидро» – «Бурейская ГЭС») создан на основании решения Совета директоров ОАО «ГидроОГК» от 27.08.2007 Основные функции в Дальневосточной энергосистеме: выдача мощности и выработка электроэнергии; принятие неравномерной нагрузки; участие в регулировании основных параметров энергосистемы; обеспечение аварийного резерва, как кратковременного по мощности, так и длительного – по энергии; резкое повышение надежности функционирования всей энергосистемы региона
<a href="http://www.zges.rushydro.ru/">http://www.zges.rushydro.ru/</a>	Филиал Публичного акционерного общества «Федеральная гидрогенерирующая компания» – «Зейская ГЭС» (сокращенное наименование – Филиал ПАО «РусГидро» – «Зейская ГЭС») создан на основании решения Совета директоров ОАО «ГидроОГК» от 27.08.2007. В Дальневосточной энергосистеме Зейская ГЭС осуществляет следующие функции: выдача мощности и выработка электроэнергии; регулирование частоты; прием суточных и недельных неравномерностей нагрузки по энергосистеме; аварийный резерв, как кратковременный по мощности, так и длительный по энергии
<a href="http://www.sops.ru/index.php?id=rdu_amur">http://www.sops.ru/index.php?id=rdu_amur</a>	Филиал АО «СО ЕЭС» «Региональное диспетчерское управление энергосистемы Амурской области» (Амурское РДУ) осуществляет функции оперативно-диспетчерского управления объектами электроэнергетики на территории Амурской области, а также Алданского и Нерюнгринского районов (улусов) Республики Саха (Якутия) и входит в зону операционной деятельности Филиала АО «СО ЕЭС»

Наименование сайта	Краткая характеристика
	ОДУ Востока
<a href="http://www.dvec.ru/amur-blag/">http://www.dvec.ru/amur-blag/</a>	<p>Публичное акционерное общество «Дальневосточная энергетическая компания» (ПАО «ДЭК») образовано путем слияния региональных энергосистем Дальнего Востока и осуществляет деятельность на территории Приморья, Хабаровского края, Амурской области, ЕАО.</p> <p>Филиал «Амурэнергосбыт» поставляет электроэнергию потребителям на территории Амурской области</p>
<a href="http://www.fsk-ees.ru/">http://www.fsk-ees.ru/</a>	<p>Публичное акционерное общество «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» (ПАО «ФСК ЕЭС») создано в соответствии с программой реформирования электроэнергетики Российской Федерации как организация по управлению Единой национальной (общероссийской) электрической сетью (ЕНЭС) с целью ее сохранения и развития.</p> <p>Амурское ПМЭС (Амурское предприятие магистральных электрических сетей) – предприятие, входящее в состав филиала ПАО «ФСК ЕЭС» – МЭС Востока и осуществляющее эксплуатацию линий электропередачи (ЛЭП) и подстанций (ПС) напряжением 220 кВ и сверхвысокого напряжения (500 кВ) в Амурской области и на юге Республики Саха (Якутия)</p>

#### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Адрес	Название, краткая характеристика
1.	<a href="http://www.edu.ru/index.php">http://www.edu.ru/index.php</a>	Российское образование. Федеральный портал
2.	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>	Единое окно доступа к образовательным ресурсам
3.	<a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>	GoogleScholar —поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин.
4.	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования
5.	<a href="http://www.cito.ru/gdenet/">http://www.cito.ru/gdenet/</a>	Глобальная сеть дистанционного образования
6.	<a href="https://www.runnet.ru">https://www.runnet.ru</a>	RUNNet (RussianUNiversityNetwork) - крупнейшая в России научно-образовательная телекоммуникационная сеть, обладающая протяженной высокоскоростной магистральной инфраструктурой и международными каналами, обеспечивающими интеграцию с зарубежными научно-образовательными сетями (NationalResearchandEducationNetworks, NREN) и с Интернет.
7.	<a href="http://neicon.ru">http://neicon.ru</a>	Полнотекстовый архив ведущих западных научных журналов на российской платформе Национального

№	Адрес	Название, краткая характеристика
		электронно-информационного консорциума (НЭИКОН)
8.	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>	Полиматематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных «WebofScienceCoreCollection»
9.	<a href="https://www.scopus.com">https://www.scopus.com</a>	Международная реферативная база данных научных изданий Scopus
10.	<a href="http://www.mathnet.ru/">http://www.mathnet.ru/</a>	Общероссийский математический портал Math-Net.Ru
11.	<a href="http://drsk.ru">http://drsk.ru</a>	Официальный сайт Акционерное общество "Дальневосточная распределительная сетевая компания"
12.	<a href="http://www.rushydro.ru/company/">http://www.rushydro.ru/company/</a>	Официальный сайт ПАО «РусГидро»
13.	<a href="https://gisp.gov.ru/">https://gisp.gov.ru/</a>	Государственная информационная система промышленности. Профессиональная база знаний, предоставляющая сервисы для всех субъектов промышленной деятельности — от органов власти Российской Федерации до отдельных предприятий и индивидуальных предпринимателей.
14.	<a href="https://www.gis-tek.ru/">https://www.gis-tek.ru/</a>	ГИС ТЭК – федеральная государственная информационная система, содержащая информацию о состоянии и прогнозе развития топливно-энергетического комплекса РФ.
15.	<a href="http://www.fsk-ees.ru/about/standards_organization/">http://www.fsk-ees.ru/about/standards_organization/</a>	Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы. Публичное акционерное общество «создано в соответствии с программой реформирования электроэнергетики Российской Федерации как организация по управлению Единой национальной (общероссийской) электрической сетью (ЕНЭС) с целью ее сохранения и развития.
16.	<a href="https://minenergo.gov.ru/node/234">https://minenergo.gov.ru/node/234</a>	Министерство энергетики Российской Федерации (Минэнерго России)

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует требованиям ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Для реализации программы бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленности (профилю) «Электроэнергетика» имеется материально-техническая база, соответствующая действующим противопожарным и санитарным правилам и нормам и обеспечивающая проведение всех видов занятий, самостоятельной работы, практики, государственной итоговой аттестации, предусмотренных учебным планом.

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Амурского государственного университета.

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, состав которого указан в п. 9 данной рабочей программы дисциплины и обновляется при необходимости.

Сведения о материально-техническом обеспечении ОПОП ВО входят в комплект ОПОП ВО.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ**

по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети»

направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

направленность (профиль) образовательной программы: Электроэнергетика

В соответствии с учебным планом для заочной формы обучения предусмотрено

Год набора 2021

Экзамен 4, 4 курс 17,4 (акад. час.)

Лекции 20 (акад. час.)

Лабораторные работы 4 (акад. час.)

Практические занятия 16 (акад. час.)

Иная контактная работ 3 (акад. час.)

Самостоятельная работа 263 (акад. час)

Курсовой проект 4 курс

Общая трудоемкость дисциплины 324(акад. час.), 9 (з.е.)

### СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация	Семестр	Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)					Контроль (в академических часах)	Самостоятельная работа (в академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости
			Л	ПЗ	ЛР	ИКР	КТО			
1	Структура и характеристики ЭЭС, электрических сетей	6	2						34	
1	Структура и характеристики ЭЭС, электрических сетей	7							27	блиц-опрос на лекции; опрос на практическом занятии; защита индивидуального домашнего задания
2	Расчет установившихся режимов	7	8	8					28	блиц-опрос на лекции; опрос на практическом занятии; защита индивидуального домашнего задания контрольная работа
3	Рабочие режимы электроэнергетических систем	7							28	блиц-опрос на лекции; опрос на практическом занятии; защита индивидуального домашнего задания

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация	Семестр	Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)					Контроль (в академических часах)	Самостоятельная работа (в академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости и
			Л	ПЗ	ЛР	ИКР	КТО			
	Экзамен	7						0,3	8,7	
1	Проектирование электрических сетей	8							38	блиц-опрос на лекции; опрос на практическом занятии; защита индивидуального домашнего задания; защита отчета по лабораторной работе.
2	Расчет установившихся режимов сложных электроэнергетических систем	8	10	8	4				38	блиц-опрос на лекции; опрос на практическом занятии; защита индивидуального домашнего задания; защита отчета по лабораторной работе
3	Повышение эффективности и надежности функционирования электроэнергетических систем	8							34	блиц-опрос на лекции; опрос на практическом занятии; защита индивидуального домашнего задания; защита отчета по лабораторной работе

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация	Семестр	Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)					Контроль (в академических часах)	Самостоятельная работа (в академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости
			Л	ПЗ	ЛР	ИКР	КТО			
4	Курсовой проект	8				3			36	Контроль хода выполнения курсового проекта. Защита курсового проекта
5	Экзамен	8						0,3	8,7	
	<b>ИТОГО</b>		20	16	4	3		0,6	17,4	263

Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, ЛР – лабораторная работа, ИКР – иная контактная работа, КТО – контроль теоретического обучения, КЭ – контроль на экзамене.

### САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	№ раздела дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в акад. часах
<b>5 семестр</b>			
1	Раздел 1. Структура и характеристики ЭЭС, электрических сетей	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	61
2	Раздел 2. Расчет установившихся режимов	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	28
3	Раздел 3. Рабочие режимы электроэнергетических систем	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	28
4		Подготовка к экзамену	8,7
<b>6 семестр</b>			
1	Раздел 1. Проектирование электрических сетей	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; подготовка к лабораторной работе; проработка материала, вынесенного на	38

№ п/п	№ раздела дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоёмкость в акад. часах
		самостоятельное изучение	
2	Раздел 2. Расчет установившихся режимов сложных электроэнергетических систем	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; подготовка к лабораторной работе; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	38
3	Раздел 3. Повышение эффективности и надежности функционирования электроэнергетических систем	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; подготовка к лабораторной работе; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	34
4		Выполнение курсового проекта	36
5		Подготовка к экзамену	8,7