

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики, информационных  
технологий и управляющих систем

канд. техн. наук, доцент А.В. Белоусов

« 30 » мая 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

**ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ**

направление подготовки:

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность программы (профиль):

Электроснабжение

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

**Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем**  
**Кафедра электроэнергетики и автоматики**

Белгород 2023

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом Минобрнауки России от 28 февраля 2018г. №144;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В. Г. Шухова в 2023 году.

Составитель: канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ (О. И. Кирилина)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 17 » апреля 2023 г., протокол № 17

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ (А. В. Белоусов)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ (А. В. Белоусов)

« 17 » апреля 2023 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 29 » мая 2023 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ (А. Н. Семернин)

# 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональные	ПК-1. Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения объектов	ПК-1.11. Участвует в разработке конфигурации электроэнергетических систем и сетей с учетом факторов надежности и конкурентоспособности вариантов на основании данных инструментального анализа геодезических особенностей района с помощью стационарных и перемещаемых беспилотной авиатехникой измерительных приборов	<p><b>Знания</b> основу конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи; типы конфигурации электрических сетей и способы присоединений подстанций; цели, задачи, принципы и общий алгоритм проектирования электрических сетей; методы и алгоритмы проектирования электрических сетей; алгоритмы выбора номинальных напряжений, конфигурации сети, параметров элементов электрических сетей; балансы активной мощности и ее связь с частотой; балансы реактивной мощности и ее связь с напряжением</p> <p><b>Умения</b> классифицировать электрические сети; составлять и анализировать конкурентоспособные варианты конфигурации электрической сети с учетом фактора надежности; выбирать номинальное напряжение сети; проводить компенсацию реактивной мощности; выбирать сечения проводов и кабелей, силовые трансформаторы в сетях различных назначений и номинальных напряжений; составлять и обеспечивать балансы активной и реактивной мощностей в ЭЭС</p> <p><b>Навыки</b> проектирования на вариантной основе электрических сетей и использования справочной литературы; навыками выбора оптимальных для рассматриваемой схемы электрической сети параметров</p>
	ПК-2. Способен проектировать отдельные элементы систем электроснабжения и рассчитывать параметры режимов электрических сетей и электроустановок с применением современного программного обеспечения	ПК-2.5. Моделирует и анализирует отдельные элементы и комбинированные системы для расчёта режимов электроэнергетических систем и сетей с использованием прикладного программного обеспечения	<p><b>Знания</b> критерии выбора оптимального варианта электрической сети; технико-экономические основы проектирования электроэнергетических систем и сетей; мероприятия по снижению потерь мощности и энергии в электрических сетях</p> <p><b>Умения</b> рассчитывать технико-экономические показатели вариантов сети и выбирать рациональный вариант схемы сети; рассчитывать установившиеся режимы электроэнергетических систем и сетей; выбирать средства регулирования напряжения на понижающих подстанциях, в электрической сети;</p> <p><b>Навыки</b> оценки надёжности конфигурации электрической сети; навыками расчёта чистого дисконтированного дохода; эквивалентных годовых расходов (годовых приведенных затрат) и срока окупаемости капитальных затрат; навыками расчета параметров режима электрических сетей и расчетов режимов сложных систем.</p>

ПК-3. Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов	ПК-3.7. Способен рассчитывать и регулировать параметры режимов работы объектов электроэнергетики с учетом инструментального анализа их состояния с помощью стационарных и перемещаемых беспилотной авиатехникой измерительных приборов	<b>Знания</b> схемы замещения линий, трансформаторов и автотрансформаторов; методы преобразования и эквивалентирования сети; методы расчета режимов работы электроэнергетических систем и сетей; методы регулирования напряжения, компенсации параметров и реактивной мощности в электрических сетях; <b>Умения</b> составлять схемы замещения и определять параметры схемы замещения основных элементов электроэнергетических систем и сетей; анализировать рабочие режимы электроэнергетической системы; проводить компенсацию реактивной мощности; определять потери мощности и электроэнергии и выбирать мероприятия по их оптимальному снижению <b>Навыки</b> анализа и составления электрических схем электрических сетей; навыками составления схем замещения электрических сетей; навыками анализа результатов расчетов режимов работы электроэнергетических систем и сетей; навыками обеспечения условий выполнения балансов в ЭЭС; навыками регулирования напряжения в электрических сетях
--	--	--

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ПК-1.** Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения объектов

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1.	Инженерная экология
2.	Математические задачи электроэнергетики
3.	Электроснабжение
4.	Переходные процессы в электроэнергетических системах
5.	Электроснабжение цеховых электроприемников
6.	Электроснабжение промышленных предприятий
7.	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем
8.	Проектирование систем электроснабжения жилых зданий
9.	Проектирование систем электроснабжения общественных зданий и сооружений
10.	Электрические станции и подстанции
11.	Энергетические системы и сети
12.	Автоматизированные системы диспетчерского управления
13.	Экономика энергетики
14.	Производственная преддипломная практика
15.	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

**2. Компетенция ПК-2.** Способен проектировать отдельные элементы систем электроснабжения и рассчитывать параметры режимов электрических сетей и электроустановок с применением современного программного обеспечения

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1.	Электроснабжение

2.	Проектирование систем электроснабжения жилых зданий
3.	Проектирование систем электроснабжения общественных зданий и сооружений
4.	Электрические станции и подстанции
5.	Электроэнергетические системы и сети
6.	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

**3. Компетенция ПК-3.** Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1.	Электроснабжение
2.	Основы электропривода
3.	Переходные процессы в электроэнергетических системах
4.	Силовая электроника
5.	Электробезопасность
6.	Электрические станции и подстанции
7.	Электроэнергетические системы и сети
8.	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зач. единиц, 324 часов.

Форма промежуточной аттестации зачет (7 семестр), экзамен (8 семестр)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7	Семестр № 8
Общая трудоемкость дисциплины, час	324	144	180
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	<b>119</b>	<b>71</b>	<b>48</b>
лекции	56	34	34
лабораторные	28	17	17
практические	28	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	7	3	4
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	<b>205</b>	<b>73</b>	<b>132</b>
Курсовой проект	54	-	54
Курсовая работа	-	-	-
Расчетно-графическое задание	18	18	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	97	55	42
Экзамен	36	-	36

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным
1.	Структура и характеристики ЭЭС, электрических сетей				
1.1	Общая характеристика систем передачи и распределения электрической энергии. Моделирование элементов электрических систем. Основные понятия и определения. Характеристика системы передачи электрической энергии. Характеристика системы распределения электрической энергии. Типы конфигураций сети. Пример взаимосвязи систем передачи и распределения электрической энергии.	1	-	-	1
1.2	Принципы конструктивного исполнения линий электропередач. Назначение воздушных линий электропередачи. Конструктивное исполнение воздушных линий. Опоры ВЛ. Провода ВЛ. Грозозащитные тросы. Изоляторы. Кабельные линии электропередачи. Особенности исполнения КЛ низкого и высокого напряжения.	1	-	2	2
1.3	Напряжения элементов электрической сети. Режимы нейтралей электрических сетей. Номинальные напряжения и классификация электрических сетей. Номинальные напряжения элементов электрических сетей и эпюра напряжения. Режим работы сети до 1000 В с глухозаземлённой нейтралью. Режим работы сети с изолированной нейтралью. Режим работы сети с компенсированной нейтралью. Режим работы высоковольтной сети с глухозаземлённой нейтралью.	2	-	2	4
2	Использование беспилотных летательных аппаратов в электросетевом комплексе для мониторинга ЛЭП				
2.1	Особенности и преимущества использования БПЛА при планировании, строительстве и обследовании ЛЭП. Оптический и тепловизионный мониторинг для выявления аварийных ситуаций и перегревов изоляторов и проводников. Организация аварийно-спасательных работ. Контроль коррозии деталей опор, оголения и ржавления арматуры, выявление деформации опор и дефектов их антикоррозийной защиты. Сжигание с помощью установленного на дроне огнемёта мусора, попавшего на провода ЛЭП. Использование беспилотников в	8	-	-	10

	ветроэнергетике для изучения картины ветров на точке планируемого размещения компьютерной модели, обеспечивающей расчет точек размещения ветроэлектрогенераторных установок. Использование беспилотников в солнечной энергетике для оптимального размещения солнечных батарей. Применение БПЛА самолетного типа для линейных конструкций, мультикоптерного – для вертикальных конструкций и гибридных БВС для обеспечения зависания над объектом. Контроль мест установки и наличия повреждения гасителей вибрации и распорок.				
	Проектирование электроэнергетических систем и сетей				
3.1	Исходные данные для проектирования электрических сетей, электроэнергетических систем. 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. Практическое применение формулы сложных процентов при проектировании электрических нагрузок. Переход от реальных ГЭН к ГЭН в относительных единицах.	2	1	-	4
3.2	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. Учет фактора надежности при проектировании электрических сетей.	2	1	-	2
4. Характеристики и параметры элементов электроэнергетических систем					
4.1	Характеристика и расчёт параметров схем замещения воздушных и кабельных линий. Схемы замещения воздушных линий (ВЛ). Активное сопротивление ВЛ. Индуктивное сопротивление ВЛ. Ёмкостная проводимость ВЛ. Активная проводимость ВЛ. Расщепление фазных проводов. ЛЭП со стальными проводами.	2	2	2	4
4.2	Параметры и схемы замещения двухобмоточных трансформаторов. Назначение, условные обозначения, схемы соединения обмоток и векторные диаграммы напряжений трансформаторов. Двухобмоточные трансформаторы. Опыт короткого замыкания и параметры, определяемые по его результатам. Опыт холостого хода и параметры, определяемые по его результатам.	2	1	2	4
4.3	Трёхобмоточные трансформаторы. Назначение трёхобмоточных трансформаторов. Схемы замещения трёхобмоточных трансформаторов. Определение параметров схемы замещения. Типы исполнения трёхобмоточных трансформаторов по мощности. Особенности автотрансформаторов (АТ) по сравнению с	2	1	-	4



	другими трансформаторами. Схемы однофазного автотрансформатора и трёхфазной группы автотрансформаторов. Режимы работы автотрансформаторов. Типовая мощность и коэффициент выгодности АТ. Определение и необходимость применения коэффициента приведения (пересчёта). Параметры схемы замещения.				
5. Техничко-экономические расчеты и рабочие режимы в электрических сетях энергосистем.					
5.1	Балансы активной и реактивной мощности и их связь с частотой и напряжением. Выработка реактивной мощности на электростанциях. Компенсация реактивной мощности. Компенсирующие устройства.	2	1	2	2
5.2	Выбор рационального напряжения сети. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов на подстанциях с учётом компенсации реактивной мощности.	2	2	2	4
5.3	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.	2	2	2	4
5.4	Техничко-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. Техничко-экономическое сравнение вариантов электрической сети.	2	1	3	2
6. Расчет установившихся режимов					
6.1	Электрические нагрузки и задачи расчётов установившихся режимов. Необходимость моделирования нагрузок для расчётов установившихся режимов электрических нагрузок. Моделирование нагрузки неизменным по модулю и фазе током. Моделирование нагрузки неизменной мощностью. Задание нагрузки неизменными последовательно и параллельно соединёнными сопротивлениями. Представление нагрузки проводимостью (шунтом). Задачи расчёта и анализа установившегося режима электрической сети. Характеристика симметричных установившихся режимов трёхфазных электрических сетей.	2	2	-	4
6.2	Анализ режима участка электрической сети. Токи и напряжения при симметричной трёхфазной электрической нагрузке. Векторное изображение тока и напряжения. Вывод формулы падения напряжения для активно-индуктивной нагрузки в конце участка цепи в соответствии с законом Ома. Продольная и поперечная составляющая падения напряжения. Падение и потери напряжения на участке сети. Векторная диаграмма тока и напряжения фазы участка электрической цепи. 4.	2	3	-	4



	Влияние поперечной составляющей падения напряжения на модуль напряжения. Определение напряжения по известным значениям напряжения и мощности конца и начала участка. Векторная диаграмма напряжений участка сети и треугольник падения напряжения. Влияние соотношения активного и индуктивного сопротивлений на величину угла сдвига фаз напряжений по концам участка электрической цепи. Векторная диаграмма напряжений и токов участка сети для различного характера нагрузки.				
	ВСЕГО	34	17	17	55

## Курс 4 Семестр 8

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным
<b>1. Расчет установившихся режимов</b>					
1.1	Расчёт установившихся режимов разомкнутых электрических сетей. Исходные данные, необходимые для расчёта, установившегося режима разомкнутой электрической сети. Расчёт по данным, характеризующим начало участка. Векторная диаграмма мощности. Расчёт по данным, характеризующим конец участка. Векторная диаграмма мощности. Расчёт по заданной мощности конца участка и напряжению начала. Расчёт по заданной мощности начала участка и напряжению конца.	2	2	2	4
1.2	Расчет режима линии электропередачи. Расчёт по данным в начале ЛЭП. Расчёт по данным в конце ЛЭП. Расчёт режима ЛЭП при известном напряжении в начале. Анализ режима холостого хода ЛЭП. Расчёт установившегося режима разомкнутой электрической сети при известном напряжении в конце сети и нагрузках в узлах.	2	4	-	4
1.3	Расчёт установившихся режимов простых замкнутых электрических сетей. Определение и схемы замкнутых электрических сетей. Расчётные нагрузки и схемы электрических сетей. Анализ электрического режима простейшей замкнутой электрической сети. Расчёт потокораспределения. Правило моментов для токов при расчёте сети с двусторонним питанием. Правило моментов для мощностей при расчёте сети с двусторонним питанием.	2	4	-	4
1.4	Основы расчета нормальных режимов сложных электрических сетей и систем. Специфика расчетов сложных систем. Преобразование сети и исключение узлов. Учет слабой заполненности матриц. Преобразования сети при расчете режимов электроэнергетических систем большой сложности.	2	2	-	4

1.5	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.	2	2	-	2
<b>2. Механический расчет воздушных линий электропередачи и инспекция состояния их конструкции</b>					
2.1	Характеристика задач и исходных условий расчета конструктивной части линий. Удельные механические нагрузки на провода и тросы. Напряжение в материале провода и уравнение провода.	2	2	-	2
2.2	Напряжения провода при разных климатических условиях (уравнение состояния провода). Критическая длина пролета. Критическая температура. Допустимые напряжения и расчет по среднегодовым условиям. Особенности расчета напряжений в сталеалюминиевых проводах. Критическая температура.	2	2	-	2
2.3	БПЛА - как отдельные способы эксплуатации и диагностики электроэнергетического хозяйства (установка оборудования, маневренность, способность приближаться к опасным для жизни человека объектам). Оснащение энергетиков мультикоптерами для решения локальных задач в ходе очередных и внеплановых осмотров, а также при выполнении аварийно-восстановительных работ на труднодоступных участках (сильноперегруженная, заболоченная местность и т. д.)). Отслеживание загрязнений изоляторов промышленными уносами (с указанием цвета изоляторов), загрязнение изоляторов птицами. Мойка изоляторов ЛЭП с помощью БПЛА. Обзор применения БПЛА в электроэнергетике за рубежом;	2	-	-	10
<b>3. Качество электрической энергии и его обеспечение</b>					
3.1	Методы расчёта и анализа потерь электрической энергии. Структура расхода электроэнергии на её передачу. Потери, зависящие и не зависящие от нагрузки. Метод характерных суточных режимов. Метод средних нагрузок. Метод среднеквадратичных параметров режимов. Метод времени наибольших потерь.	2	2	-	2
3.2	Нормы основных показателей качества электроэнергии. Влияние частоты на работу оборудования. Первичное регулирование частоты. Вторичное регулирование частоты. Выбор станций для регулирования частоты. Регулирование частоты в послеаварийных режимах.	2	1	-	4
3.3	Основные задачи регулирования режимов. Регулирование напряжения с помощью трансформаторов с устройствами регулирования под нагрузкой. Выбор режимов регулирования напряжения в распределительных сетях. Регулирование напряжения изменением потоков реактивной мощности.	2	1	-	4

	ВСЕГО	22	22	-	42
--	-------	----	----	---	----

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>семестр № 7</b>				
1	Проектирование электроэнергетических систем и сетей	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. Практическое применение формулы сложных процентов при проектировании электрических нагрузок. Переход от реальных ГЭН к ГЭН в относительных единицах.	1	1
		Задачи и методы проектирования электроэнергетических систем и электрических сетей. Принципы формирования вариантов конфигурации электрической сети. Выбор конфигураций схем и основных параметров электрических сетей. Выбор схем построения сети. Учет фактора надежности при проектировании электрических сетей.	1	1
2	Характеристики и параметры элементов электроэнергетических систем	Характеристика и расчёт параметров схем замещения воздушных и кабельных линий. Схемы замещения воздушных линий (ВЛ). Активное сопротивление ВЛ. Индуктивное сопротивление ВЛ. Ёмкостная проводимость ВЛ. Активная проводимость ВЛ. Расщепление фазных проводов. ЛЭП со стальными проводами.	2	2
		Параметры и схемы замещения двухобмоточных трансформаторов. Назначение, условные обозначения, схемы соединения обмоток и векторные диаграммы напряжений трансформаторов. Двухобмоточные трансформаторы. Опыт короткого замыкания и параметры, определяемые по его результатам. Опыт холостого хода и параметры, определяемые по его результатам.	1	1
		Трёхобмоточные трансформаторы. Назначение трёхобмоточных трансформаторов. Схемы замещения трёхобмоточных трансформаторов. Определение параметров схемы замещения. Типы исполнения трёхобмоточных трансформаторов по мощности. Особенности автотрансформаторов (АТ) по сравнению с другими трансформаторами. Схемы однофазного автотрансформатора и трёхфазной группы автотрансформаторов. Режимы работы автотрансформаторов. Типовая мощность и коэффициент	1	1

		выгодности АТ. Определение и необходимость применения коэффициента приведения (пересчёта). Параметры схемы замещения.		
3	Технико-экономические расчеты и рабочие режимы в электрических сетях энергосистем.	Балансы активной и реактивной мощности и их связь с частотой и напряжением. Выработка реактивной мощности на электростанциях. Компенсация реактивной мощности. Компенсирующие устройства.	1	1
		Выбор рационального напряжения сети. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов на подстанциях с учётом компенсации реактивной мощности.	2	2
		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.	2	2
		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.	1	1
4	Расчет установившихся режимов	Электрические нагрузки и задачи расчётов установившихся режимов. Необходимость моделирования нагрузок для расчётов установившихся режимов электрических нагрузок. Моделирование нагрузки неизменным по модулю и фазе током. Моделирование нагрузки неизменной мощностью. Задание нагрузки неизменными последовательно и параллельно соединёнными сопротивлениями. Представление нагрузки проводимостью (шунтом). Задачи расчёта и анализа установившегося режима электрической сети. Характеристика симметричных установившихся режимов трёхфазных электрических сетей.	2	2
		Анализ режима участка электрической сети. Токи и напряжения при симметричной трёхфазной электрической нагрузке. Векторное изображение тока и напряжения. Вывод формулы падения напряжения для активно-индуктивной нагрузки в конце участка цепи в соответствии с законом Ома. Продольная и поперечная составляющая падения напряжения. Падение и потери напряжения на участке сети. Векторная диаграмма тока и напряжения фазы участка электрической цепи. 4. Влияние поперечной составляющей падения напряжения на модуль напряжения. Определение	3	3

		напряжения по известным значениям напряжения и мощности конца и начала участка. Векторная диаграмма напряжений участка сети и треугольник падения напряжения. Влияние соотношения активного и индуктивного сопротивлений на величину угла сдвига фаз напряжений по концам участка электрической цепи. Векторная диаграмма напряжений и токов участка сети для различного характера нагрузки.		
		<b>ВСЕГО</b>	<b>17</b>	<b>17</b>
№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>семестр № 8</b>				
1	Расчет установившихся режимов	Расчёт установившихся режимов разомкнутых электрических сетей. Исходные данные, необходимые для расчёта, установившегося режима разомкнутой электрической сети. Расчёт по данным, характеризующим начало участка. Векторная диаграмма мощности. Расчёт по данным, характеризующим конец участка. Векторная диаграмма мощности. Расчёт по заданной мощности конца участка и напряжению начала. Расчёт по заданной мощности начала участка и напряжению конца.	2	2
		Расчет режима линии электропередачи. Расчёт по данным в начале ЛЭП. Расчёт по данным в конце ЛЭП. Расчёт режима ЛЭП при известном напряжении в начале. Анализ режима холостого хода ЛЭП. Расчёт установившегося режима разомкнутой электрической сети при известном напряжении в конце сети и нагрузках в узлах.	4	4
		Расчёт установившихся режимов простых замкнутых электрических сетей. Определение и схемы замкнутых электрических сетей. Расчётные нагрузки и схемы электрических сетей. Анализ электрического режима простейшей замкнутой электрической сети. Расчёт потокораспределения. Правило моментов для токов при расчёте сети с двусторонним питанием. Правило моментов для мощностей при расчёте сети с двусторонним питанием.	4	4
		Основы расчета нормальных режимов сложных электрических сетей и систем. Специфика расчетов сложных систем. Преобразование сети и исключение узлов. Учет слабой заполненности матриц. Преобразования сети при расчете режимов электроэнергетических систем большой сложности.	2	2
		Представление системы уравнений узловых напряжений для расчета с помощью программно-вычислительных комплексов	2	2

		(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.		
2	Механический расчет воздушных линий электропередачи и инспекция состояния ее конструкции с помощью БПЛА	Характеристика задач и исходных условий расчета конструктивной части линий. Удельные механические нагрузки на провода и тросы. Напряжение в материале провода и уравнение провода.	2	2
		Напряжения провода при разных климатических условиях (уравнение состояния провода). Критическая длина пролета. Критическая температура. Допустимые напряжения и расчет по среднегодовым условиям. Особенности расчета напряжений в сталеалюминиевых проводах. Критическая температура.	2	2
3	Качество электрической энергии и его обеспечение	Методы расчёта и анализа потерь электрической энергии. Структура расхода электроэнергии на её передачу. Потери, зависящие и не зависящие от нагрузки. Метод характерных суточных режимов. Метод средних нагрузок. Метод среднеквадратичных параметров режимов. Метод времени наибольших потерь.	2	2
		Нормы основных показателей качества электроэнергии. Влияние частоты на работу оборудования. Первичное регулирование частоты. Вторичное регулирование частоты. Выбор станций для регулирования частоты. Регулирование частоты в послеаварийных режимах.	1	1
		Основные задачи регулирования режимов. Регулирование напряжения с помощью трансформаторов с устройствами регулирования под нагрузкой. Выбор режимов регулирования напряжения в распределительных сетях. Регулирование напряжения изменением потоков реактивной мощности.	1	1
<b>ВСЕГО</b>			<b>22</b>	<b>22</b>

### 3.3 Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 7				
1	Структура и характеристики ЭЭС, электрических сетей	Режимы работы нейтралей в электроустановках	4	4
2	Характеристики и параметры элементов электроэнергетических систем	Моделирование работы воздушной линии электропередачи на компьютеризованном стенде ЭЭ1-Б-С-К и исследование погодных характеристик	4	4
3	Технико-экономические расчеты и рабочие	Регулирование напряжения с помощью трансформаторов с устройствами	4	4

	режимы в электрических сетях энергосистем.	регулируемая под нагрузкой		
4	Технико-экономические расчеты и рабочие режимы в электрических сетях энергосистем.	Регулирование напряжения путем поперечной и продольной компенсации реактивной мощности	5	5
ВСЕГО			17	17

#### 4.4. Содержание курсового проекта

Отдельным видом самостоятельной работы является курсовой проект, в процессе выполнения которого студент применяет практически умения, полученные в процессе изучения дисциплины, и повышает степень владения следующими навыками: составления схем замещения электрических сетей; расчета параметров режима электрических сетей; расчетов режимов сложных систем и анализа результатов расчетов режимов работы электроэнергетических систем и сетей; обеспечения условий выполнения балансов в ЭЭС; регулирования напряжения в электрических сетях; расчета воздушных линий на механическую прочность.

На выполнение курсового проекта учебным планом отводится 54 часа.

Тема курсового проекта: «Проектирование районной электрической сети для заданного региона РФ».

В процессе выполнения курсового проекта студенты разрабатывают следующие вопросы:

1. Расчёт нормального установившегося (максимального) режима работы спроектированной сети с регулированием напряжения на сторонах НН подстанций.

2. Расчет тяжелого послеаварийного установившегося режима работы спроектированной сети.

3. Анализ установившихся режимов.

4. Определение себестоимости передачи и распределения электроэнергии по спроектированной сети.

5. Расчет воздушных линий на механическую прочность

Курсовой проект состоит из пояснительной записки объемом 45–50 страниц (шрифт Times New Roman, размер 14, интервал 1,5) и графической части, которая выполняется на одного листах формата А1.

Графическая часть проекта должна содержать: подробную однолинейную электрическую схему оптимального варианта сети; схему замещения сети для нормального и послеаварийного режима работы и результаты расчета и анализа установившихся режимов, результаты расчета воздушных линий на механическую прочность (удельные механические нагрузки на провода и тросы).

Исходные данные на курсовой проект формируются преподавателем индивидуально для каждого студента.

Типовой бланк задания на курсовой проект приведены на следующих страницах. Бланк задания заполняется индивидуально для каждого студента.

### ЗАДАНИЕ № 1

на курсовой проект по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети»

Студент \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_ Дата выдачи задания «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г.

Задание выдал \_\_\_\_\_ Задание принял(а) \_\_\_\_\_  
ФИО руководителя проекта, подпись подпись студента

**Тема проекта: «Проектирование районной электрической сети»**

**Спроектировать электрическую сеть для электроснабжения пунктов «А»-«Ж»**

**Географическое расположение источников и нагрузок – \_\_\_\_\_ Белгородская обл. (край)**



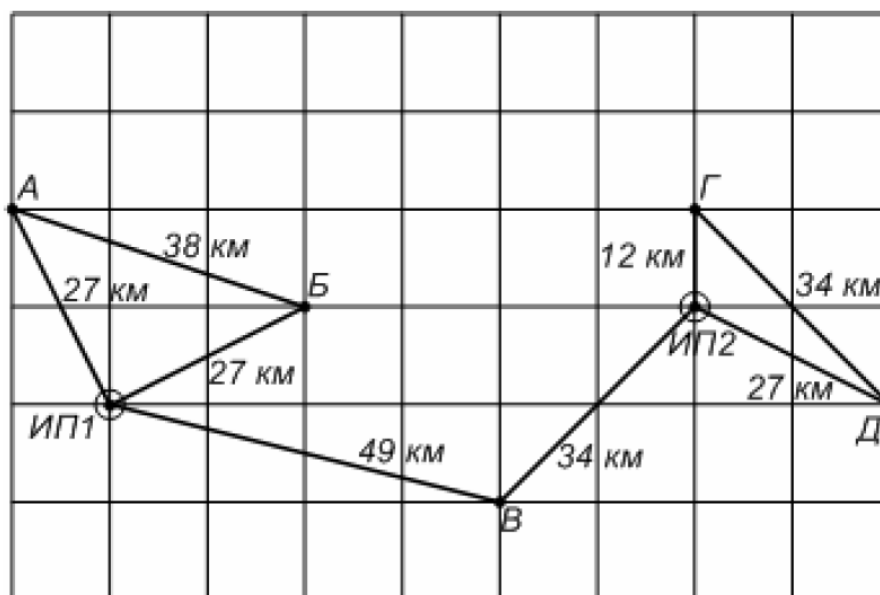
## данные о потребителях электроэнергии

Данные	Пункт							
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	
Суммарная установленная мощность подстанции, МВт	15	26	11	48	56	67	30	
Коэффициент мощности нагрузки, $\text{tg}\varphi$	0,56	0,54	0,60	0,49	0,47	0,42	0,52	
Состав потребителей по категориям, %	1 категория	10	10	–	20	25	30	25
	2 категория	20	30	–	20	20	30	25
	3 категория	70	60	100	60	55	40	50
Желаемое напряжение вторичной сети, кВ	10,3	10,4	10,1	10,0	10,5	10,4	10,5	

Наименование источника	ИП1	ИП2
Напряжения на шинах источника при наибольших нагрузках, кВ	<u>1,13</u> $U_{\text{ном}}$	<u>1,11</u> $U_{\text{ном}}$
при тяжелых авариях в сети, кВ	<u>1,05</u> $U_{\text{ном}}$	<u>1,07</u> $U_{\text{ном}}$

Для всех пунктов:

Продолжительность использования наибольшей нагрузки $T_{\text{макс}}$	<u>5500</u> час
Коэффициент мощности, задаваемый энергосистемой, $\text{tg}\varphi$	<u>0,37</u>
Коэффициент попадания в максимум нагрузки системы	<u>0,9</u>
Схема сети	



### Содержание расчетно-графического задания.

Отдельным видом самостоятельной работы является расчетно-графическое задание, в процессе выполнения которого студент применяет практически умения, полученные в процессе изучения дисциплины, и повышает степень владения следующими навыками: проектирования на вариантной основе электрических сетей и использования справочной литературы; выбора оптимальных для рассматриваемой схемы электрической сети параметров; оценки надёжности конфигурации электрической сети; анализа и составления электрических схем электрических сетей.

На выполнение курсового проекта учебным планом отводится 18 часов.

В процессе выполнения расчетно-графического задания студенты разрабатывают следующие вопросы:

1. Расчёт вероятностных характеристик нагрузок.

2. Составление 4–5 конкурентно-способных вариантов. Для каждого из вариантов необходимо осуществить выбор номинального напряжения и предварительный выбор схем распределительных устройств подстанций. Технический анализ вариантов. Выбор двух вариантов для дальнейшего анализа осуществляется по минимуму суммарной длины трасс ВЛ в одноцепном исполнении, суммарного количества выключателей и минимуму ступеней трансформации.

3. Для двух выбранных вариантов необходимо осуществить выбор числа и мощности силовых трансформаторов с учётом компенсации реактивной мощности, выбор и проверку сечений проводов ВЛ.

4. Выбор оптимального варианта (осуществляется по минимуму среднегодовых эквивалентных затрат или по максимуму ЧДД).

Расчетно-графическое задание состоит из пояснительной записки объемом 25–30 страниц (шрифт Times New Roman, размер 14, интервал 1,5) и графической части, которая выполняется на одном листе формата А3.

Графическая часть проекта должна содержать: электрические схемы разработанных вариантов электрической сети с указанием длин линий и выбранных марок проводов и силовых трансформаторов, а также результаты технико-экономического анализа вариантов;

Типовой бланк задания на расчетно-графическое задание и пример его заполнения приведены на следующих страницах. Бланк задания заполняется индивидуально для каждого студента.

### ЗАДАНИЕ № \_\_\_\_

на курсовой проект по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети»

Студент \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_ Дата выдачи задания «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г.  
 Задание выдал \_\_\_\_\_ Задание принял(а) \_\_\_\_\_  
ФИО руководителя проекта, подпись подпись студента

### Тема проекта: «Проектирование районной электрической сети»

**Спроектировать электрическую сеть для электроснабжения пунктов «А»-«Ж»**

**Географическое расположение источников и нагрузок – \_\_\_\_\_ обл. (край)**

#### Данные о потребителях электроэнергии

Данные	Пункт						
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
Суммарная установленная мощность подстанции, МВт							
Коэффициент мощности нагрузки, $\text{tg}\varphi$							
Состав потребителей по категориям, %	1 категория						
	2 категория						
	3 категория						
Желаемое напряжение вторичной сети, кВ							

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

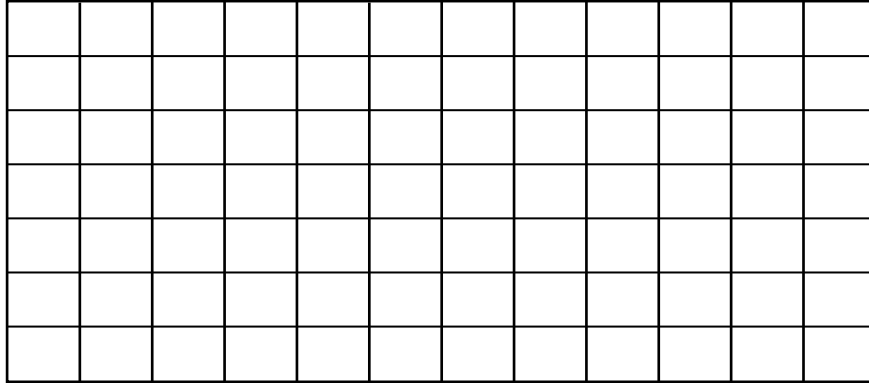
*Для всех пунктов:*

Продолжительность использования наибольшей нагрузки  $T_{\text{макс}}$  \_\_\_\_\_ час

Коэффициент мощности, задаваемый энергосистемой,  $\text{tg}\varphi$  \_\_\_\_\_

Коэффициент попадания в максимум нагрузки системы \_\_\_\_\_

Схема сети



Масштаб в 1 см \_\_\_\_\_ км

## ЗАДАНИЕ № \_\_\_\_

на курсовой проект по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети»

Студент \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_ Дата выдачи задания «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г.  
 Задание выдал \_\_\_\_\_ Задание принял(а) \_\_\_\_\_  
 ФИО руководителя проекта, подпись \_\_\_\_\_ подпись студента \_\_\_\_\_

**Тема проекта: «Проектирование районной электрической сети»**

**Спроектировать электрическую сеть для электроснабжения пунктов «А»-«Ж»**

**Географическое расположение источников и нагрузок – Белгородская обл. (край)**

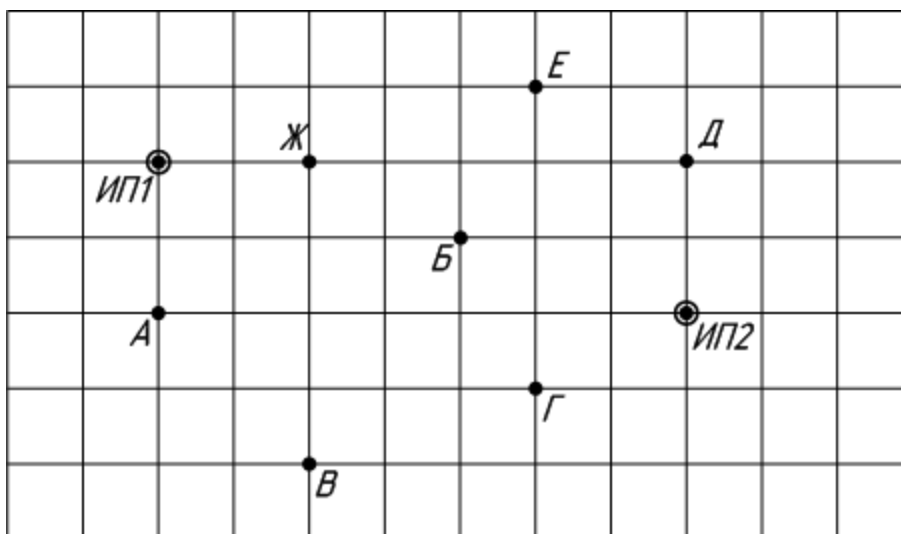
### Данные о потребителях электроэнергии

Данные	Пункт							
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	
Суммарная установленная мощность подстанции, МВт	15	26	11	48	56	67	30	
Коэффициент мощности нагрузки, $\text{tg}\varphi$	0,56	0,54	0,60	0,49	0,47	0,42	0,52	
Состав потребителей по категориям, %	1 категория	10	10	–	20	25	30	25
	2 категория	20	30	–	20	20	30	25
	3 категория	70	60	100	60	55	40	50
Желаемое напряжение вторичной сети, кВ	10,3	10,4	10,1	10,0	10,5	10,4	10,5	

Наименование источника	ИП1	ИП2
Напряжение на шинах источника при наибольших нагрузках, кВ	<u>1,13</u> $U_{\text{ном}}$	<u>1,11</u> $U_{\text{ном}}$
при тяжелых авариях в сети, кВ	<u>1,05</u> $U_{\text{ном}}$	<u>1,07</u> $U_{\text{ном}}$

**Для всех пунктов:**

Продолжительность использования наибольшей нагрузки  $T_{\text{макс}}$  \_\_\_\_\_ 5500 час  
 Коэффициент мощности, задаваемый энергосистемой,  $\text{tg}\varphi$  \_\_\_\_\_ 0,37  
 Коэффициент попадания в максимум нагрузки системы \_\_\_\_\_ 0,9  
 Схема сети



Масштаб в 1 см 12 км

## 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется в конце седьмого семестра изучения дисциплины в форме зачета и после завершения изучения дисциплины в конце восьмого семестра в форме экзамена.

### Вопросы для подготовки к зачету

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Структура и характеристики ЭЭС, электрических сетей	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Почему необходимо передавать (транспортировать) электроэнергию?</li><li>2. Какие элементы входят в систему передачи и распределения электроэнергии?</li><li>3. Что общего в понятиях «электропередача» и «электрическая сеть» и чем они отличаются?</li><li>4. Чем отличаются понятия «система электроснабжения» и «электроэнергетическая система»?</li><li>5. Каким требованиям должна удовлетворять система передачи и распределения ЭЭ?</li><li>6. Какова роль трансформаторов?</li><li>7. Какова классификация линий электропередачи переменного тока?</li><li>8. Какие линии составляют системы передачи и распределения ЭЭ?</li><li>9. Для чего необходимы автоматические устройства на всех объектах систем передачи и распределения ЭЭ?</li><li>10. В чем условность разделения систем передачи и распределения ЭЭ по номинальному напряжению?</li><li>11. Какие возможны этапы развития системы передачи ЭЭ?</li><li>12. В чём преимущества и недостатки сложнзамкнутых систем передачи ЭЭ?</li><li>13. Каково назначение и какими свойствами обладает система распределения ЭЭ?</li><li>14. Какие сети составляют систему распределения ЭЭ?</li><li>15. Какие уровни (ступени) в ней выделяются?</li><li>16. По каким признакам классифицируются распределительные сети?</li><li>17. Чем определяется их схемное построение?</li><li>18. В чём преимущества и недостатки радиальных и магистральных схем?</li><li>19. Как формируются замкнутые сети? Каковы их виды?</li><li>20. В каких случаях экономически целесообразно применение сложнзамкнутых сетей?</li><li>21. Какие особенности распределительных сетей?</li><li>22. Как классифицируются линии электропередачи по конструктивному исполнению?</li><li>23. Какими факторами определяется выбор типа ЛЭП?</li><li>24. Каким требованиям должны удовлетворять материалы и конструкции ВЛ?</li><li>25. Из каких основных конструктивных элементов состоит ВЛ?</li><li>26. Каковы основные геометрические характеристики ВЛ и чем они определяются?</li><li>27. В чём назначение опор?</li><li>28. Каковы типы опор, различающиеся по функциональному</li></ol>

		<p>назначению?</p> <p>29. Какие преимущества и недостатки деревянных, железобетонных и металлических опор?</p> <p>30. Какие материалы применяются для изготовления проводов и грозозащитных тросов?</p> <p>31. Какие преимущества и недостатки алюминиевых, медных и сталеалюминиевых проводов?</p> <p>32. Какие типы изоляторов используются на воздушных линиях?</p> <p>33. Какова основная арматура ВЛ? Каково её назначение?</p> <p>34. Какова конструкция линии с изолированными проводами?</p> <p>35. Какие преимущества линий с изолированными проводами?</p> <p>36. Какие линии называются компактными?</p> <p>37. В чём преимущество компактных линий перед ВЛ традиционного исполнения?</p> <p>38. В каких случаях применяются кабельные линии?</p> <p>39. Какие способы прокладки кабелей?</p> <p>40. Какие преимущества и недостатки кабельных линий по сравнению с воздушными?</p> <p>41. Какими условиями определяется выбор способа прокладки кабеля?</p> <p>42. Чем конструктивно отличаются кабели 10 кВ и 110 кВ?</p> <p>43. Какие применяют типы кабельных муфт?</p>
2	Использование беспилотных летательных аппаратов в электросетевом комплексе для мониторинга ЛЭП	<p>1. Каким образом выявляются повреждения металлоконструкций, нарушений лакокрасочного или цинкового покрытия ЛЭП</p> <p>2. Как осуществляется оптический и тепловизионный мониторинг для выявления аварийных ситуаций и перегревов с помощью БПЛА?</p> <p>3. Как осуществляется сжигание с помощью установленного на дроне огнемета мусора, попавшего на провода ЛЭП?</p> <p>4. Каким образом используют беспилотники в ветроэнергетике?</p> <p>5. Каким образом используют беспилотники в солнечной энергетике?</p> <p>6. Какие типы БПЛА применяются для контроля горизонтальных и вертикальных конструкций ЛЭП?</p> <p>7. Какие типы БПЛА применяются для выполнения длительных работ в режиме «зависания»?</p> <p>8. В чем состоят особенности и преимущества использования БПЛА при планировании, строительстве и обследовании ЛЭП.</p> <p>9. Как используют беспилотники в ветроэнергетике для изучения картины ветров на точке планируемого размещения компьютерной модели, обеспечивающей расчет точек размещения ветроэлектрогенераторных установок?</p> <p>10. Как осуществляют контроль мест установки и наличия повреждения гасителей вибрации и распорок на ЛЭП?</p>
3	Характеристики и параметры элементов электроэнергетических систем	<p>1. Схемы замещения ВЛЭП и их параметры.</p> <p>2. Схемы замещения кабельных линий, их параметры.</p> <p>3. Каталожные данные трансформаторов, основные понятия и определения.</p> <p>4. Схема соединения обмоток автотрансформатора. Распределение токов при работе автотрансформатора в понижающем режиме.</p> <p>5. Типовая и номинальная мощности автотрансформаторов.</p>

		<p>6. Схема замещения двухобмоточного трансформатора и её параметры.</p> <p>7. Схема замещения трансформатора с расщепленной обмоткой и её параметры.</p> <p>8. Схема замещения трёхобмоточного трансформатора, её параметры.</p> <p>9. Схема замещения автотрансформатора, её параметры.</p>
4	Технико-экономические расчеты и рабочие режимы в электрических сетях энергосистем.	<p>1. Каковы наиболее характерные задачи при проектировании систем</p> <p>2. передачи и распределения электроэнергии?</p> <p>3. Какие известны основные экономические показатели систем передачи и распределения электроэнергии?</p> <p>4. Какие составляющие входят в капитальные затраты электрической сети?</p> <p>5. От чего зависит стоимость сооружения линии электропередачи?</p> <p>6. Как укрупненно определяется стоимость подстанции?</p> <p>7. Что понимается под ежегодными издержками на эксплуатацию электрической сети? Какие составляющие входят в них?</p> <p>8. В чем сущность амортизационных отчислений? Как они зависят от срока службы объекта?</p> <p>9. Как определяются затраты на возмещение потерь электроэнергии в электрической сети?</p> <p>10. Критерии выбора оптимального варианта электрической сети</p> <p>11. Капитальные вложения</p> <p>12. Эксплуатационные издержки</p> <p>13. Чистый дисконтированный доход, эквивалентные годовые расходы (годовые приведенные затраты) и срок окупаемости капитальных затрат.</p> <p>14. Технико-экономическое сравнение вариантов электрической сети. Выбор оптимального варианта схемы электрической сети при проектировании</p> <p>15. Определение потерь электрической энергии при проектировании электрической сети</p>
5	Расчет установившихся режимов	<p>1. Почему в электрических сетях, оснащённых устройствами регулирования, достаточно представлять нагрузки неизменной мощностью?</p> <p>2. В каких расчётах электрических систем и сетей такой учёт нагрузки допустим?</p> <p>3. При анализе режимов каких сетей допустимо моделировать электрические нагрузки неизменным по величине током?</p> <p>4. Чем обусловлена погрешность такой модели нагрузок?</p> <p>5. Как определить значения неизменных сопротивлений и проводимостей, моделирующих электрические нагрузки?</p> <p>6. Одинаковы ли эти значения при последовательном и параллельном включении сопротивлений?</p> <p>7. Сформулируйте понятие «электрическая сеть» (ЭС). В чем назначение ЭС?</p> <p>8. Какая основная задача расчета и анализа установившегося режима (состояния электрического равновесия) устройств передачи электрической энергии?</p> <p>9. Перечислите основные показатели режима, характеризующие электрическое состояние участка сети.</p> <p>10. Как представляется электрическая сеть при расчете установившихся режимов? Какие данные необходимы для расчетов?</p>



11. В чем причина нелинейности математического описания задачи расчета установившегося режима?
12. В чем отличие задачи расчета установившегося режима электрической сети от классической задачи расчета электрической цепи?
13. При каких условиях установившийся режим трехфазной электрической сети называется симметричным?
14. Запишите выражение полной мощности для трехфазной электрической цепи. Как вычислить активную и реактивную мощность одно- и трехфазной электроустановки?
15. Запишите выражение тока для фазы нагрузки трехфазной сети через фазное и межфазное напряжение. Какое допущение при этом используется?
16. Каково значение расчетов параметров установившихся электрических режимов, выполняемых вручную?
17. Как учитывается трехфазная сеть и какие параметры ее электрического состояния анализируются при расчете установившихся симметричных режимов?
18. В чем состоит отличие понятий «потеря напряжения» и «падение напряжения»? Что называется, продольной и поперечной составляющими падения напряжения, отклонения напряжения?
19. Запишите выражения, характеризующие взаимосвязь параметров электрического режима и схемы замещения трехфазной сети.
20. Запишите выражения падения напряжения и его составляющих через токи и мощность. Приведите различные записи закона Ома для участка сети. Как геометрически (векторно) связаны продольная и поперечная составляющие вектора падения напряжения? Почему они неодинаковые при расчете их по данным начала и конца звена?
21. Каковы отличия векторных диаграмм напряжения при задании параметров в начале и конце участка сети?
22. Какое допущение используется при вычислении междуфазных напряжений?
23. Когда можно пренебречь поперечной составляющей падения напряжения и продольную составляющую падения напряжения приравнять потере напряжения?
24. Какие факторы определяют взаимное положение векторов токов и напряжений по концам участка сети?
25. Как влияет характер электрической нагрузки (коэффициент мощности) на взаимное положение векторов напряжений по концам участка сети?
26. В каком соотношении находятся продольная и поперечная составляющие вектора падения напряжения на участке сети при примерном равенстве его активного и индуктивного сопротивлений?
27. Как приближенно учесть влияние поперечной составляющей падения напряжения на модуль (величину) напряжения?
28. Как влияет при неизменном  $\cos\phi$  нагрузки изменение площади сечения проводов и протяженности линии на фазовый сдвиг векторов напряжений?
29. К каким изменениям векторных диаграмм токов и напряжений электропередачи приводит увеличение нагрузки на ее приемном конце?

## Вопросы для подготовки к экзамену

Экзамен включает две части: теоретическую (2 вопроса) и практическую (решение задачи). Для подготовки письменного ответа на вопросы билета и решение задачи, которые студент выбирает случайным образом, отводится 50 минут. После проверки ответов преподаватель проводит со студентом собеседование с целью определения уровня освоения студентом изученного материала и может задать дополнительные вопросы.

Распределение вопросов и заданий по билетам находится в закрытом для студентов доступе. Ежегодно по дисциплине на заседании кафедры утверждается комплект билетов для проведения экзамена. Экзамен является наиболее значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

#### Перечень тем и вопросов для подготовки к теоретической части экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Структура и характеристики ЭЭС, электрических сетей	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Почему необходимо передавать (транспортировать) электроэнергию?</li> <li>2. Какие элементы входят в систему передачи и распределения электроэнергии?</li> <li>3. Что общего в понятиях «электропередача» и «электрическая сеть» и чем они отличаются?</li> <li>4. Чем отличаются понятия «система электроснабжения» и «электроэнергетическая система»?</li> <li>5. Каким требованиям должна удовлетворять система передачи и распределения ЭЭС?</li> <li>6. Какова роль трансформаторов?</li> <li>7. Какова классификация линий электропередачи переменного тока?</li> <li>8. Какие линии составляют системы передачи и распределения ЭЭС?</li> <li>9. Для чего необходимы автоматические устройства на всех объектах систем передачи и распределения ЭЭС?</li> <li>10. В чем условность разделения систем передачи и распределения ЭЭС по номинальному напряжению?</li> <li>11. Какие возможны этапы развития системы передачи ЭЭС?</li> <li>12. В чём преимущества и недостатки сложноразветвленных систем передачи ЭЭС?</li> <li>13. Каково назначение и какими свойствами обладает система распределения ЭЭС?</li> <li>14. Какие сети составляют систему распределения ЭЭС?</li> <li>15. Какие уровни (ступени) в ней выделяются?</li> <li>16. По каким признакам классифицируются распределительные сети?</li> <li>17. Чем определяется их схемное построение?</li> <li>18. В чём преимущества и недостатки радиальных и магистральных схем?</li> <li>19. Как формируются замкнутые сети? Каковы их виды?</li> <li>20. В каких случаях экономически целесообразно применение сложноразветвленных сетей?</li> <li>21. Какие особенности распределительных сетей?</li> <li>22. Как классифицируются линии электропередачи по конструктивному исполнению?</li> <li>23. Какими факторами определяется выбор типа ЛЭП?</li> </ol>

		<p>24. Каким требованиям должны удовлетворять материалы и конструкции ВЛ?</p> <p>25. Из каких основных конструктивных элементов состоит ВЛ?</p> <p>26. Каковы основные геометрические характеристики ВЛ и чем они определяются?</p> <p>27. В чём назначение опор?</p> <p>28. Каковы типы опор, различающиеся по функциональному назначению?</p> <p>29. Какие преимущества и недостатки деревянных, железобетонных и металлических опор?</p> <p>30. Какие материалы применяются для изготовления проводов и грозозащитных тросов?</p> <p>31. Какие преимущества и недостатки алюминиевых, медных и сталеалюминиевых проводов?</p> <p>32. Какие типы изоляторов используются на воздушных линиях?</p> <p>33. Какова основная арматура ВЛ? Каково её назначение?</p> <p>34. Какова конструкция линии с изолированными проводами?</p> <p>35. Какие преимущества линий с изолированными проводами?</p> <p>36. Какие линии называются компактными?</p> <p>37. В чём преимущество компактных линий перед ВЛ традиционного исполнения?</p> <p>38. В каких случаях применяются кабельные линии?</p> <p>39. Какие способы прокладки кабелей?</p> <p>40. Какие преимущества и недостатки кабельных линий по сравнению с воздушными?</p> <p>41. Какими условиями определяется выбор способа прокладки кабеля?</p> <p>42. Чем конструктивно отличаются кабели 10 кВ и 110 кВ?</p> <p>43. Какие применяют типы кабельных муфт?</p>
2	<p>Проектирование электроэнергетических систем и сетей</p>	<p>1. Характеристика района проектирования электрической сети</p> <p>2. Какие климатические характеристики нужно знать при проектировании и для чего?</p> <p>3. Расчет электрических нагрузок с помощью вероятностных характеристик.</p> <p>4. Проектирование электрических сетей питающих энергосистем</p> <p>5. От чего зависят возможные конфигурации электрических сетей?</p> <p>6. Какие требования предъявляются к схемам электрических сетей?</p> <p>7. Какие известны подходы к учету надежности электроснабжения при выборе схем электрических сетей?</p> <p>8. Какие потребители электроэнергии относятся к I категории?</p> <p>9. Какие потребители электроэнергии относятся ко II и III категории?</p> <p>10. Что понимается под обеспечением гибкости схемы электрической сети?</p> <p>11. Какие известны радиальные (радиально-магистральные) и замкнутые конфигурации электрических сетей?</p> <p>12. Какие способы присоединения подстанций к одной радиальной и двойной радиальной сети известны?</p> <p>13. Как могут подключаться подстанции к сети с двумя центрами питания?</p> <p>14. Чем отличается распределительный пункт от подстанции?</p>

		<p>15. Какие требования предъявляются к схемам распределительных устройств?</p> <p>16. Какие известны блочные схемы подстанций?</p> <p>17. В чем сущность схем по типу мостика и по типу четырехугольника?</p> <p>18. Чем отличается секция шин от системы шин?</p> <p>19. Каково назначение секционного, шиносоединительного и обходного выключателей?</p> <p>20. Каково назначение обходной системы шин?</p> <p>21. Как подключается линия в схеме с двумя секциями шин и обходной системой шин?</p> <p>22. Как подключается линия в схеме с двумя системами шин и обходной системой шин?</p> <p>23. Как подключаются линии в схеме с полутора выключателями на присоединение?</p> <p>24. Какие известны схемы распределительных устройств низшего напряжения одно- и двухтрансформаторных подстанций?</p>
3	Характеристики и параметры элементов электроэнергетических систем	<p>1. Схемы замещения ВЛЭП и их параметры.</p> <p>2. Схемы замещения кабельных линий, их параметры.</p> <p>3. Каталожные данные трансформаторов, основные понятия и определения.</p> <p>4. Схема соединения обмоток автотрансформатора. Распределение токов при работе автотрансформатора в понижающем режиме.</p> <p>5. Типовая и номинальная мощности автотрансформаторов.</p> <p>6. Схема замещения двухобмоточного трансформатора и её параметры.</p> <p>7. Схема замещения трансформатора с расщепленной обмоткой и её параметры.</p> <p>8. Схема замещения трёхобмоточного трансформатора, её параметры.</p> <p>9. Схема замещения автотрансформатора, её параметры.</p>
4	Технико-экономические расчеты и рабочие режимы в электрических сетях энергосистем.	<p>1. Каковы наиболее характерные задачи при проектировании систем</p> <p>2. передачи и распределения электроэнергии?</p> <p>3. Какие известны основные экономические показатели систем передачи и распределения электроэнергии?</p> <p>4. Какие составляющие входят в капитальные затраты электрической сети?</p> <p>5. От чего зависит стоимость сооружения линии электропередачи?</p> <p>6. Как укрупненно определяется стоимость подстанции?</p> <p>7. Что понимается под ежегодными издержками на эксплуатацию электрической сети? Какие составляющие входят в них?</p> <p>8. В чем сущность амортизационных отчислений? Как они зависят от срока службы объекта?</p> <p>9. Как определяются затраты на возмещение потерь электроэнергии в электрической сети?</p> <p>10. Критерии выбора оптимального варианта электрической сети</p> <p>11. Капитальные вложения</p> <p>12. Эксплуатационные издержки</p> <p>13. Чистый дисконтированный доход, эквивалентные годовые расходы (годовые приведенные затраты) и срок окупаемости капитальных затрат.</p>

		<p>14. Техничко-экономическое сравнение вариантов электрической сети. Выбор оптимального варианта схемы электрической сети при проектировании</p> <p>15. Определение потерь электрической энергии при проектировании электрической сети</p>
5	Расчет установившихся режимов	<p>1. Почему в электрических сетях, оснащённых устройствами регулирования, достаточно представлять нагрузки неизменной мощностью?</p> <p>2. В каких расчётах электрических систем и сетей такой учёт нагрузки допустим?</p> <p>3. При анализе режимов каких сетей допустимо моделировать электрические нагрузки неизменным по величине током?</p> <p>4. Чем обусловлена погрешность такой модели нагрузок?</p> <p>5. Как определить значения неизменных сопротивлений и проводимостей, моделирующих электрические нагрузки?</p> <p>6. Одинаковы ли эти значения при последовательном и параллельном включении сопротивлений?</p> <p>7. Сформулируйте понятие «электрическая сеть» (ЭС). В чем назначение ЭС?</p> <p>8. Какая основная задача расчета и анализа установившегося режима (состояния электрического равновесия) устройств передачи электрической энергии?</p> <p>9. Перечислите основные показатели режима, характеризующие электрическое состояние участка сети.</p> <p>10. Как представляется электрическая сеть при расчете установившихся режимов? Какие данные необходимы для расчетов?</p> <p>11. В чем причина нелинейности математического описания задачи расчета установившегося режима?</p> <p>12. В чем отличие задачи расчета установившегося режима электрической сети от классической задачи расчета электрической цепи?</p> <p>13. При каких условиях установившийся режим трехфазной электрической сети называется симметричным?</p> <p>14. Запишите выражение полной мощности для трехфазной электрической цепи. Как вычислить активную и реактивную мощность одно- и трехфазной электроустановки?</p> <p>15. Запишите выражение тока для фазы нагрузки трехфазной сети через фазное и межфазное напряжение. Какое допущение при этом используется?</p> <p>16. Каково значение расчетов параметров установившихся электрических режимов, выполняемых вручную?</p> <p>17. Как учитывается трехфазная сеть и какие параметры ее электрического состояния анализируются при расчете установившихся симметричных режимов?</p> <p>18. В чем состоит отличие понятий «потеря напряжения» и «падение напряжения»? Что называется, продольной и поперечной составляющими падения напряжения, отклонения напряжения?</p> <p>19. Запишите выражения, характеризующие взаимосвязь параметров электрического режима и схемы замещения трехфазной сети.</p> <p>20. Запишите выражения падения напряжения и его составляющих через токи и мощность. Приведите различные записи закона Ома для участка сети. Как геометрически (векторно) связаны продольная и поперечная составляющие вектора падения напряжения? Почему они неодинаковые при расчете их по данным начала и конца звена?</p>

21. Каковы отличия векторных диаграмм напряжения при задании параметров в начале и конце участка сети?
22. Какое допущение используется при вычислении междуфазных напряжений?
23. Когда можно пренебречь поперечной составляющей падения напряжения и продольную составляющую падения напряжения приравнять потере напряжения?
24. Какие факторы определяют взаимное положение векторов токов и напряжений по концам участка сети?
25. Как влияет характер электрической нагрузки (коэффициент мощности) на взаимное положение векторов напряжений по концам участка сети?
26. В каком соотношении находятся продольная и поперечная составляющие вектора падения напряжения на участке сети при примерном равенстве его активного и индуктивного сопротивлений?
27. Как приближенно учесть влияние поперечной составляющей падения напряжения на модуль (величину) напряжения?
28. Как влияет при неизменном  $\cos\phi$  нагрузки изменение площади сечения проводов и протяженности линии на фазовый сдвиг векторов напряжений?
29. К каким изменениям векторных диаграмм токов и напряжений электропередачи приводит увеличение нагрузки на ее приемном конце?
30. Расчёт режимов разомкнутых сетей по данным «конца».
31. Расчёт режимов разомкнутых сетей по данным «начала».
32. Построение векторных диаграмм токов и напряжений при расчёте режимов разомкнутых сетей.
33. Определение потоков мощности на головных участках в простых замкнутых сетях и в сетях с двухсторонним питанием.
34. Расчёт кольцевых сетей.
35. Понятие «точка потокораздела». Как рассчитать кольцевую сеть с двумя точками потокораздела?
36. Особенности расчёта режимов в однородных электрических сетях.
37. Расчёт режимов сетей с двухсторонним питанием.
38. Определение наибольшей потери напряжения.
39. Особенности расчёта сетей с равномерно распределённой нагрузкой.
40. Определение напряжения на стороне низшего напряжения подстанции с двухобмоточными трансформаторами.
41. Определение напряжения на сторонах среднего и низшего напряжений подстанции с трёхобмоточными трансформаторами и автотрансформаторами.
42. Расчёт сетей с различными номинальными напряжениями.
43. Преобразование сети при расчете режимов электроэнергетических систем большой сложности
44. Исключение узлов при расчете режимов электроэнергетических систем большой сложности
45. Методы эквивалентирования сети
46. Эквивалентирование при расчетах УУН систем большой сложности
47. Методы решения уравнений узловых напряжений.
48. Матричные и топологические методы расчета режимов электроэнергетических систем

		<p>49. Способы задания параметров элементов схемы, нагрузочных и генераторных узлов. Балансирующий узел</p> <p>50. Расчет режимов с помощью промышленных программно-вычислительных комплексов</p> <p>51. Анализ установившихся режимов</p>
6	Механический расчет воздушных линий электропередачи и инспекция состояния ее конструкции с помощью БПЛА	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие расчетные климатические условия регламентируют ПУЭ для расчета проводов и тросов на механическую прочность?</li> <li>2. Что такое удельная нагрузка на торец (провод)?</li> <li>3. Перечислить удельные нагрузки на провод?</li> <li>4. Как рассчитываются удельные нагрузки на провод?</li> <li>5. В чем заключается задача механического расчета проводов?</li> <li>6. Записать уравнение состояния проводов. Каково физическое содержание уравнения состояния провода?</li> <li>7. Как выполняется расчет монтажных стрел провеса провода?</li> <li>8. Запишите выражение для расчета стрелы провеса провода?</li> <li>9. Назовите особенности механического расчета грозозащитного троса?</li> <li>10. Поясните термин «исходный режим». Какой принимается исходный режим при расчете грозозащитного троса?</li> <li>11. Каковы достоинства применения БПЛА при эксплуатации и диагностике электроэнергетического хозяйства?</li> <li>12.</li> <li>13. Для решения каких локальных задач необходимо оснащение энергетиков мультикоптерами в ходе очередных и внеплановых осмотров?</li> <li>14. Каким образом используют мультикоптеры при выполнении аварийно-восстановительных работ на труднодоступных участках</li> <li>15. Как производят отслеживание загрязнений изоляторов промышленными уносами и загрязнение изоляторов птицами с помощью БПЛА.</li> <li>16. Как возможна мойка изоляторов ЛЭП с помощью БПЛА.</li> <li>17. В чем состоят основные трудности при использовании БПЛА для обследования ЛЭП?</li> <li>18. Какие критерии должны быть учтены при выборе БПЛА?</li> <li>19. Какое применение нашли БПЛА в электроэнергетике за рубежом?</li> <li>20. Как влияет использование различных дронов на вероятность несчастных случаев при обслуживании электрических установок?</li> </ol>
7	Качество электрической энергии и его обеспечение	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие известны показатели качества электрической энергии?</li> <li>2. Каким показателем оценивается качество частоты?</li> <li>3. Какими показателями оценивается качество напряжения?</li> <li>4. Что понимают под отклонением напряжения и каковы причины его появления?</li> <li>5. Как влияет отклонение напряжения на работу электроприемников?</li> <li>6. Каковы верхние пределы допустимых отклонений напряжения в сетях 35 – 750 кВ?</li> <li>7. Что понимают под колебанием напряжения, каковы причины его появления?</li> <li>8. Как количественно оценивается колебание напряжения?</li> <li>9. По каким причинам возникает несинусоидальность напряжения? Каковы отрицательные последствия ее появления?</li> <li>10. Как количественно оценивается несинусоидальность напряжения?</li> </ol>

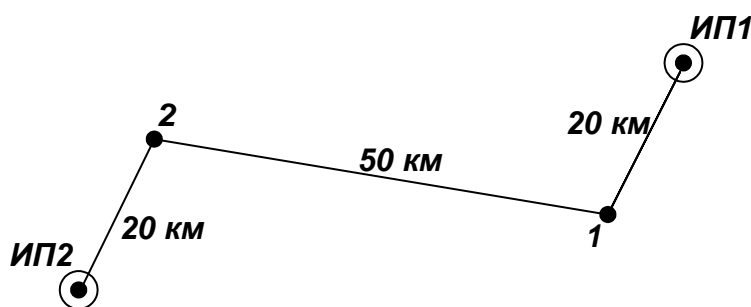


	<p>11. Каковы причины появления несимметрии напряжений и отрицательные последствия ее появления?</p> <p>12. Какими количественными показателями оценивается несимметрия напряжения?</p> <p>13. Что понимают под провалом напряжения?</p> <p>14. Как определить диапазон изменения мощности при регулировании частоты?</p> <p>15. Как влияет крутизна частотной характеристики элементов системы на регулирование частоты?</p> <p>16. Каковы возможные причины и последствия понижения частоты в энергосистеме?</p> <p>17. Каковы особенности поведения станции при отсутствии резерва мощности?</p> <p>18. Каким образом классифицируют изменения частоты в энергосистеме?</p> <p>19. Какова связь между балансом активной мощности и регулированием частоты?</p> <p>20. Что понимают под резервом мощности и энергии системы и каково назначение резерва?</p> <p>21. Как характеризовать процесс первичного регулирования частоты?</p> <p>22. Каким образом выполняют регулирование частоты в энергосистемах?</p> <p>23. Какие требования предъявляют к регуляторам частоты электрических станций?</p> <p>24. Каковы приоритеты в распределении активных мощностей между электростанциями?</p>
--	---

### Перечень типовых задач для практической части экзамена

#### Задача № 1.

$P_1=27$  МВт,  $\operatorname{tg} \varphi_1=0,7$ ;  
 $P_2=52$  МВт,  $\operatorname{tg} \varphi_2=0,5$ ;  
 Район по гололёду –IV.

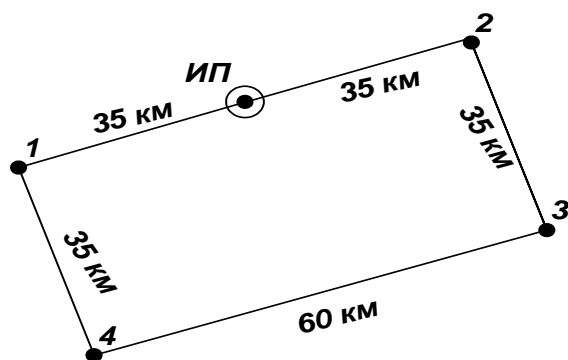


1. Определить напряжение сети;
2. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 2;
3. Выбрать сечение проводов ВЛЭП ИП2–2.

#### Задача № 2.

$P_1=28$  МВт,  $\operatorname{tg} \varphi_1=0,6$ ;  
 $P_2=25$  МВт,  $\operatorname{tg} \varphi_2=0,6$ ;  
 $P_3=31$  МВт,  $\operatorname{tg} \varphi_3=0,5$ ;  
 $P_4=12$  МВт,  $\operatorname{tg} \varphi_4=0,7$ ;

Район по гололёду –Ш.



1. Определить напряжение сети;
2. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 1;
3. Выбрать сечение проводов ВЛЭП 3–4.

### Задача №3

Определить необходимое число конденсаторов, номинальное напряжение и установленную мощность батареи конденсаторов для следующих условий. Районная понижающая подстанция связана с центром питания ( $U_{ИП}=120$  кВ) одноцепной ВЛЭП длиной 87 км, марка провода АС-185. Наибольшая расчетная нагрузка подстанции равна  $42+j21$  МВА. По условиям работы потребителей потери напряжения в ВЛЭП при этой нагрузке не должны превышать  $\Delta U_{доп\%}=5,5\%$ . Для снижения потерь напряжения в каждую фазу ВЛ необходимо включить однофазные конденсаторы, напряжением 0,66 кВ.

### Задача №4

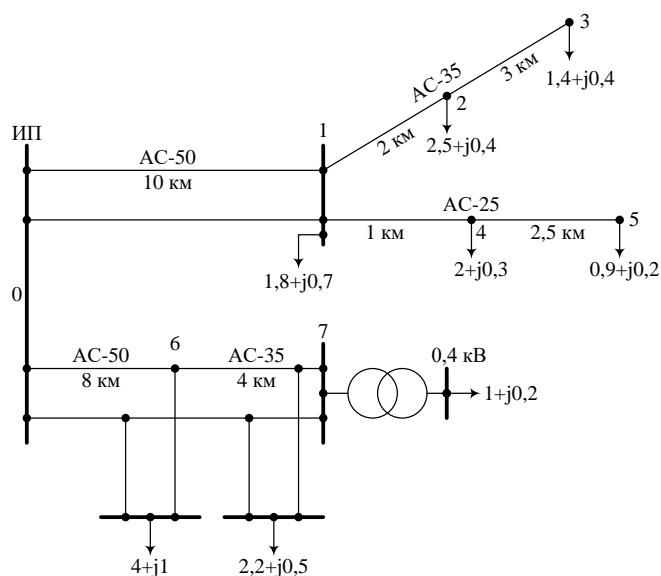
ЛЭП – 220 кВ выполнена проводом марки АСКП-400 и имеет протяжённость 180 км. Изменяются ли параметры схемы её замещения, если каждую фазу выполнить двумя проводами марки АСКП-240? Расстояние между проводами при расщеплении – 400 мм. Расстояние между фазами – 4,5 м

### Задача №5

Воздушная линия электропередачи напряжением 500 кВ длиной 220 км связывает между собой две электростанции. Составить для нее схему замещения и определить ее параметры, если линия выполнена проводом АСК-500/64, число проводов в фазе 3. Расстояние между проводами в расщеплении 500 мм. Расстояние между фазами 11 м. Подвеска проводов горизонтальная.

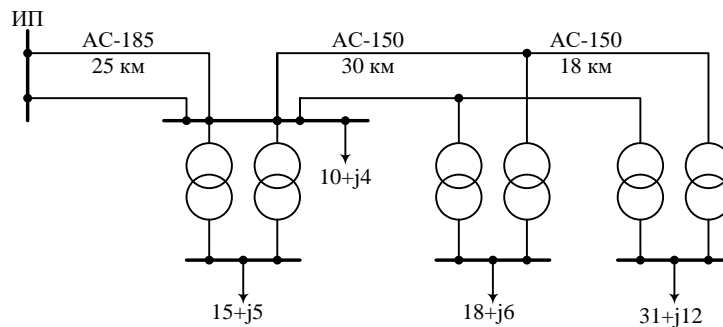
### Задача №6

Рассчитать режим разомкнутой сети при  $U_{ИП}=10,7$  кВ. Определить суммарные потери мощности в сети.



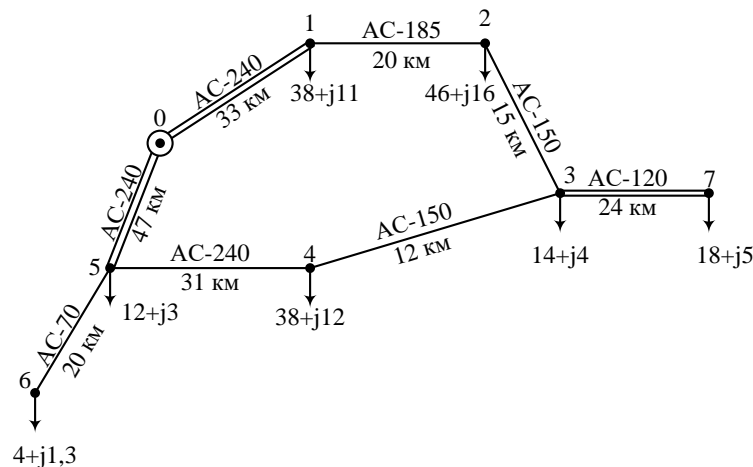
### Задача №7

Рассчитать режим районной разомкнутой сети 110 кВ при напряжении источника питания 117 кВ.



### Задача №8

Описать порядок расчёта установившегося режима в схеме (без численной подстановки величин). В узлах задана приведенная нагрузка в МВА. Напряжение ИП  $119e^{j14^\circ}$  кВ.



### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

**Текущий контроль** осуществляется в течение 7 семестра в форме собеседования во время проведения практических занятий, выполнении и защиты лабораторных работ и выполнении и защиты РГЗ; в течение 8 семестра - собеседования во время проведения практических занятий и выполнения и защиты курсового проекта.

**Примеры типовых вопросов и задач для практических занятий**  
Соответствует списку вопросов к экзамену и типовым задачам к экзамену.

#### Примеры типовых вопросов для защиты курсового проекта

1. Схемы замещения ВЛЭП и их параметры.
2. Схемы замещения трансформаторов и их параметры.
3. Схема замещения автотрансформатора, её параметры.
4. Приведенная и расчётная нагрузка узла.
5. Схемы электрических сетей.

6. Расчёт режимов разомкнутых сетей по данным «начала».
7. Расчёт кольцевых сетей.
8. Расчёт режимов сетей с двухсторонним питанием.
9. Определение наибольшей потери напряжения.
10. Определение напряжения на стороне низшего напряжения подстанции с двухобмоточными трансформаторами.
11. Определение напряжения на сторонах среднего и низшего напряжений подстанции с трёхобмоточными трансформаторами и автотрансформаторами.
12. Расчёт сетей с различными номинальными напряжениями.
13. Регулирование напряжения с помощью РПН трансформаторов и линейных регуляторов.
14. Выбор ответвлений РПН в двухобмоточных трансформаторах.
15. Выбор ответвлений РПН в трехобмоточных трансформаторах.
16. Выбор ответвлений РПН в автотрансформаторах.
17. Подготовка исходной информации для расчета режимов с помощью ПВК RastrWin.
18. Характеристика ПВК, используемых для расчета режимов.
19. Проверка правильности расчетов режимов с помощью ПВК.
20. В чем заключается анализ режимов, и с какой целью его проводят.
21. Встречное регулирование напряжения.
22. Как рассчитываются удельные нагрузки на провод?
23. В чем заключается задача механического расчета проводов?
24. Записать уравнение состояния проводов. Каково физическое содержание уравнения состояния провода?
25. Как выполняется расчет монтажных стрел провеса провода?
26. Запишите выражение для расчета стрелы провеса провода?
27. Назовите особенности механического расчета грозозащитного троса?
28. Поясните термин «исходный режим». Какой принимается исходный режим при расчете грозозащитного троса

### **Примеры типовых вопросов для защиты РГЗ**

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 конструкция.
5. Виды линейной арматуры, её назначение.
6. Задание нагрузки при расчётах режимов.
7. Определение потерь мощности в трансформаторе.
8. Определение потерь мощности в автотрансформаторе.
9. Способы присоединения подстанций к электрической сети.
10. Схемы электрических соединений подстанций.
11. В чем заключается характеристика района проектирования?
12. Какие климатические характеристики нужно знать при проектировании и для чего?
13. Расчет электрических нагрузок с помощью вероятностных характеристик.
14. Выбор номинального напряжения сети.

15. Принципы составления вариантов конфигурации электрической сети.
16. Выбор сечений проводов ВЛ методом экономических токовых интервалов.
17. Технических анализ вариантов конфигурации сети.
18. Чистый дисконтированный доход. Среднегодовые эквивалентные затраты.
19. Капитальные вложения.
20. Эксплуатационные издержки.
21. Расчет потерь электроэнергии.
22. Три задачи компенсации реактивной мощности.
23. Балансовый расчет компенсации реактивной мощности.
24. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов.
25. Схемы распределительных устройств подстанций.

### Защита лабораторных работ

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе, приведен порядок выполнения работы, содержание отчета и перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения работы и оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	Лабораторная работа №1. Режимы работы нейтралей в электроустановках	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое номинальное напряжение?</li> <li>2. Каков номинальный ряд напряжений электрических сетей?</li> <li>3. Какова классификация электрических сетей по напряжению, охвату территории, назначению?</li> <li>4. Почему напряжение в узлах сети постоянно изменяется, а не остаётся постоянным?</li> <li>5. Что делается для того, чтобы скомпенсировать падение напряжения в питаемой сети?</li> <li>6. Какие Вы знаете режимы нейтралей электрической сети в зависимости от напряжения?</li> <li>7. Почему применяется глухозаземлённая нейтраль в низковольтных сетях?</li> <li>8. Какие недостатки глухозаземлённой нейтрали?</li> <li>9. Какое время работы неповреждённых фаз под повышенным напряжением для низковольтной сети с изолированной нейтралью?</li> <li>10. Насколько опасно замыкание на землю в низковольтных сетях с изолированной нейтралью?</li> <li>11. Какое напряжение должна выдерживать изоляция?</li> <li>12. После замыкания фазы на землю в высоковольтной сети с изолированной нейтралью по какому пути потечёт ток?</li> <li>13. После замыкания фазы на землю в высоковольтной сети с изолированной нейтралью каким будет напряжение фаз?</li> <li>14. К чему может привести замыкание фазы на землю в</li> </ol>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		<p>высоковольтной сети с изолированной нейтралью?</p> <p>15. Для чего устанавливают дугогасящую катушку в сетях с компенсированной нейтралью?</p> <p>16. Какая настройка катушки называется резонансной?</p> <p>17. Где вероятность перенапряжения меньше: в сетях с изолированной нейтралью или компенсированной нейтралью?</p> <p>18. Какие сети относятся к высоковольтным с глухозаземлённой нейтралью?</p> <p>19. В каком случае в сетях с глухозаземлённой нейтралью возникает короткозамкнутый контур?</p> <p>20. Для чего разземляют нейтрали трансформаторов?</p> <p>21. Каковы преимущества сети с глухозаземленной нейтралью при большом токе замыкания на землю?</p>
2.	Лабораторная работа №2. Моделирование работы воздушной линии электропередачи на компьютеризованном стенде ЭЭ1-Б-С-К и исследование погодных характеристик	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Схемы замещения ВЛЭП и их параметры.</li> <li>2. Схемы замещения кабельных линий, их параметры.</li> <li>3. Каталожные данные трансформаторов, основные понятия и определения.</li> <li>4. Схема соединения обмоток автотрансформатора. Распределение токов при работе автотрансформатора в понижающем режиме.</li> <li>5. Типовая и номинальная мощности автотрансформаторов.</li> <li>6. Схема замещения двухобмоточного трансформатора и её параметры.</li> <li>7. Схема замещения трансформатора с расщепленной обмоткой и её параметры.</li> <li>8. Схема замещения трёхобмоточного трансформатора, её параметры.</li> <li>9. Схема замещения автотрансформатора, её параметры.</li> </ol>
3.	Лабораторная работа №3. Регулирование напряжения с помощью трансформаторов с устройствами регулирования под нагрузкой	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Регулирование напряжения с помощью РПН трансформаторов и линейных регуляторов.</li> <li>2. Выбор ответвлений РПН в двухобмоточных трансформаторах.</li> <li>3. Выбор ответвлений РПН в трехобмоточных трансформаторах.</li> <li>4. Выбор ответвлений РПН в автотрансформаторах.</li> </ol>
4.	Лабораторная работа №4. Регулирование напряжения путем поперечной и продольной компенсации реактивной мощности	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В чем состоит отличие понятий «потеря напряжения» и «падение напряжения»?</li> <li>2. Что называется, продольной и поперечной составляющими падения напряжения, отклонения напряжения?</li> <li>3. Запишите выражения падения напряжения и его составляющих через токи и мощность.</li> <li>4. Приведите различные записи закона Ома для участка сети. Как геометрически (векторно) связаны продольная и поперечная составляющие вектора падения напряжения?</li> <li>5. Почему они неодинаковые при расчете их по данным начала и конца звена?</li> </ol>

#### 5.4 Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме зачета (**7-й** семестр) используется следующая шкала оценивания: не зачтено, зачтено.

При промежуточной аттестации в форме Курсовой работы (**8-й** семестр) используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

При промежуточной аттестации в форме экзамена (**8-й** семестр) используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знания конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи и их типы конфигурации.
	Знания методик выбора оптимального варианта электрической сети и технико-экономические основы проектирования электроэнергетических систем и сетей
	Знания методов и методик расчета режимов работы и энергетических балансов распределительных сетей.
	Полнота ответов на вопросы.
Умения	Самостоятельность выполнения задания.
	Правильность применения теоретического материала.
	Рассчитывает технико-экономические показатели вариантов сети различными методиками.
	Проводит компенсацию реактивной мощности и определяет потери мощности в распределительных сетях
	Составляет схемы замещения для расчета режимов работы электроустановок; выполняет расчеты основных параметров режимов и электрооборудования; анализирует результаты расчета режимов работы схем электроустановок и электрооборудования.
	Полнота выполнения заданий, полнота ответов на дополнительные вопросы.
	Умение сравнивать, делать выводы по результатам выполненного задания.
	Качество оформления заданий.
Навыки	Навыки проектирования электрических сетей и оценки надежности конфигурации.
	Навыки составления схем замещения и расчета параметров их режимов с применением современного программного обеспечения.
	Навыки расчета и анализа установившихся и послеаварийных режимов работы.
	Выбор методики выполнения задания.
	Анализ и обоснование полученных результатов.

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

При промежуточной аттестации в форме **зачета:**

Оценка сформированности компетенций по показателю *Знания*.



Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Знания конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи и их типы конфигурации.	Не знает конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи и их типы конфигурации.	Знает конструктивное выполнение воздушных и кабельных линий электропередачи и их типы конфигурации.
Знания методик выбора оптимального варианта электрической сети и технико-экономические основы проектирования электроэнергетических систем и сетей	Не знает методики выбора оптимального варианта электрической сети и технико-экономические основы проектирования электроэнергетических систем и сетей	Знает методики выбора оптимального варианта электрической сети и технико-экономические основы проектирования электроэнергетических систем и сетей
Знания методов и методик расчета режимов работы и энергетических балансов распределительных сетей.	Не знает методы и методики расчета режимов работы и энергетических балансов распределительных сетей.	Знает методы и методики расчета режимов работы и энергетических балансов распределительных сетей.
Полнота ответов на вопросы.	Не знает конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий, технико-экономические основы проектирования; не отвечает на вопросы для защиты лабораторных работ и вопросы для подготовки к зачету.	Знает конструктивное выполнение воздушных и кабельных линий, технико-экономические основы проектирования; не отвечает на вопросы для защиты лабораторных работ и вопросы для подготовки к зачету.

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Самостоятельность выполнения задания.	Не может выполнить расчеты в рамках решения задач на практическом занятии, в том числе и с дополнительной помощью.	Самостоятельно выполняет расчеты на практическом занятии.
Правильность применения теоретического материала.	При применении теоретического (лекционного) материала допускаются ошибки, относящиеся к решению задач и защите лабораторных работ.	Теоретический (лекционный) материал применяется и интерпретируется правильно при решении задач и защите лабораторных работ.
Рассчитывает технико-экономические показатели вариантов сети различными методиками.	Не верно рассчитывает технико-экономические показатели вариантов сети различными методиками.	Верно рассчитывает технико-экономические показатели вариантов сети различными методиками.
Проводить компенсацию реактивной мощности и определяет потери мощности в распределительных сетях	Не верно проводить компенсацию реактивной мощности и определяет потери мощности в распределительных сетях	Верно проводить компенсацию реактивной мощности и определяет потери мощности в распределительных сетях

Составляет схемы замещения для расчета режимов работы электроустановок; выполняет расчеты основных параметров режимов и электрооборудования; анализирует результаты расчета режимов работы схем электроустановок и электрооборудования.	Не может составлять схемы замещения для расчета режимов работы электроустановок; выполняет расчеты основных параметров режимов и электрооборудования; анализирует результаты расчета режимов работы схем электроустановок и электрооборудования.	Верно составляет схемы замещения для расчета режимов работы электроустановок; выполняет расчеты основных параметров режимов и электрооборудования; анализирует результаты расчета режимов работы схем электроустановок и электрооборудования.
Полнота выполнения заданий, полнота ответов на дополнительные вопросы.	Имеются существенные ошибки при решении задач, не отвечает на дополнительные вопросы.	Верно выполняет расчеты при решении задач, верно отвечает на дополнительные вопросы.
Умение сравнивать, делать выводы по результатам выполненного задания.	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы по результатам выполнения лабораторных работ.	Сравнивает, сопоставляет и обобщает данные, самостоятельно оценивает полученные результаты, делает выводы по результатам выполнения лабораторных работ.
Качество оформления заданий.	Отчеты по лабораторным работам оформлены не в соответствии с требованиями, не полностью, имеются ошибки. Или отчеты по лабораторным работам не оформлены вообще.	Отчеты по лабораторным работам оформлены в соответствии с требованиями, в полном объеме, имеются незначительные ошибки, неточности, опечатки.

### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Навыки проектирования электрических сетей и оценки надежности конфигурации.	Проектирование электрических сетей и оценка надежности конфигурации выполнена не верно	Проектирование электрических сетей и оценка надежности конфигурации выполнена верно
Навыки составления схем замещения и расчета параметров их режимов с применением современного программного обеспечения.	Не верно составлены схем замещения и расчета параметров их режимов с применением современного программного обеспечения.	Верно составлены схем замещения и расчета параметров их режимов с применением современного программного обеспечения.
Навыки расчета и анализа установившихся и послеаварийных режимов работы.	Расчеты и анализ установившихся режимов работы выполнены не верно	Расчеты и анализ установившихся режимов работы выполнены верно
Выбор методики выполнения задания.	Неверно выбрана методика решения задач и выполнения заданий при защите лабораторных работ.	Методика решения задач и выполнения заданий при защите лабораторных работ выбрана верно с учетом исходных данных.
Анализ и обоснование полученных результатов.	Не произведен анализ результатов решения задач и результатов выполнения лабораторных работ.	Произведен анализ результатов решения задач, сделаны выводы по лабораторным работам. Результаты работы обоснованы и в целом аргументированы, имеются ссылки на нормативные, справочные и учебно-методические источники.



При промежуточной аттестации в форме **Курсовой работы:**

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знания конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи и их типы конфигурации.	Не знает конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи и их типы конфигурации.	С ошибками и неточностями знает основные конструктивные выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи и их типы конфигурации. Возможные неточности и ошибки исправляет с помощью преподавателя.	Уверенно в целом, с небольшими неточностями знает конструктивные выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи и их типы конфигурации. Возможные неточности исправляет сам, без помощи преподавателя.	Безошибочно знает все конструктивные выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи и их типы конфигурации.
Знания методик выбора оптимального варианта электрической сети и технико-экономические основы проектирования электроэнергетических систем и сетей	Не знает методик выбора оптимального варианта электрической сети и технико-экономические основы проектирования электроэнергетических систем и сетей	С ошибками и неточностями знает методики выбора оптимального варианта электрической сети и технико-экономические основы проектирования электроэнергетических систем и сетей. Возможные неточности и ошибки исправляет с помощью преподавателя.	Уверенно в целом, с небольшими неточностями знает методики выбора оптимального варианта электрической сети и технико-экономические основы проектирования электроэнергетических систем и сетей. Возможные неточности исправляет сам, без помощи преподавателя.	Безошибочно знает методики выбора оптимального варианта электрической сети и технико-экономические основы проектирования электроэнергетических систем и сетей

Знания методов и методик расчета режимов работы и энергетических балансов распределительных сетей.	Не знает методов и методик расчета режимов работы и энергетических балансов распределительных сетей.	С ошибками и неточностями знает методов и методик расчета режимов работы и энергетических балансов распределительных сетей. Возможные неточности и ошибки исправляет с помощью преподавателя.	Уверенно в целом, с небольшими неточностями знает методов и методик расчета режимов работы и энергетических балансов распределительных сетей. Возможные неточности исправляет сам, без помощи преподавателя.	Безошибочно знает методов и методик расчета режимов работы и энергетических балансов распределительных сетей.
Полнота ответов на вопросы для защиты курсовой работы.	Не отвечает на типовые вопросы для защиты курсовой работы.	Отвечает лишь на некоторые типовые вопросы для защиты курсовой работы. Возможные неточности и ошибки исправляет с помощью преподавателя.	Частично верно отвечает на типовые вопросы для защиты курсовой работы. Возможные неточности исправляет сам, без помощи преподавателя.	Полностью верно отвечает на типовые вопросы для защиты курсовой работы.

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Самостоятельность выполнения задания.	Не может выполнить расчеты в рамках выполнения курсовой работы, в том числе и с дополнительной помощью.	С дополнительной помощью или с ошибками и неточностями выполняет все расчеты в курсовой работе. Возможные неточности и ошибки исправляет с помощью преподавателя.	Самостоятельно и в целом уверенно, с небольшими неточностями выполняет все расчеты в курсовой работе. Возможные неточности исправляет сам, без помощи преподавателя.	Самостоятельно и безошибочно выполняет все расчеты в курсовой работе.
Правильность применения теоретического материала.	При применении теоретического (лекционного) материала допускаются ошибки, относящиеся к разделам курсовой работы.	Теоретический (лекционный) материал применяется и интерпретируется с ошибками и неточностями при выполнении всех разделов курсовой работы. Возможные неточности и ошибки исправляет с помощью преподавателя.	Теоретический (лекционный) материал применяется и интерпретируется в целом правильно, с небольшими неточностями при выполнении всех разделов курсовой работы. Возможные неточности исправляет сам, без помощи преподавателя.	Теоретический (лекционный) материал применяется и интерпретируется правильно при выполнении всех разделов курсовой работы.

Рассчитывает технико-экономические показатели вариантов сети различными методиками.	Не верно рассчитывает технико-экономические показатели вариантов сети различными методиками.	С дополнительной помощью или с ошибками и неточностями рассчитывает технико-экономические показатели вариантов сети различными методиками.	С небольшими недочетами и неточностями рассчитывает технико-экономические показатели вариантов сети различными методиками.	Безошибочно рассчитывает технико-экономические показатели вариантов сети различными методиками.
Проводить компенсацию реактивной мощности и определяет потери мощности в распределительных сетях	Не верно проводить компенсацию реактивной мощности и определяет потери мощности в распределительных сетях.	С дополнительной помощью или с ошибками и неточностями методиками проводить компенсацию реактивной мощности и определяет потери мощности в распределительных сетях.	С небольшими недочетами и неточностями проводить компенсацию реактивной мощности и определяет потери мощности в распределительных сетях.	Безошибочно проводить компенсацию реактивной мощности и определяет потери мощности в распределительных сетях.
Составляет схемы замещения для расчета режимов работы электроустановок; выполняет расчеты основных параметров режимов и электрооборудования; анализирует результаты расчета режимов работы схем электроустановок и электрооборудования.	Не может составлять схемы замещения для расчета режимов работы электроустановок; выполняет расчеты основных параметров режимов и электрооборудования; анализирует результаты расчета режимов работы схем электроустановок и электрооборудования.	С дополнительной помощью или с ошибками и неточностями составляет схемы замещения для расчета режимов работы электроустановок; выполняет расчеты основных параметров режимов и электрооборудования; анализирует результаты расчета режимов работы схем электроустановок и электрооборудования.	С небольшими недочетами и неточностями составляет схемы замещения для расчета режимов работы электроустановок; выполняет расчеты основных параметров режимов и электрооборудования; анализирует результаты расчета режимов работы схем электроустановок и электрооборудования.	Верно составляет схемы замещения для расчета режимов работы электроустановок; выполняет расчеты основных параметров режимов и электрооборудования; анализирует результаты расчета режимов работы схем электроустановок и электрооборудования.
Полнота выполнения заданий, полнота ответов на дополнительные вопросы.	Имеются существенные ошибки при выполнении разделов курсовой работы, не отвечает на дополнительные вопросы.	С ошибками выполняет расчеты при выполнении разделов курсовой работы, отвечает на дополнительные вопросы с ошибками.	В целом верно выполняет расчеты при выполнении разделов курсовой работы, отвечает на дополнительные вопросы с небольшими неточностями.	Верно выполняет расчеты при выполнении разделов курсовой работы, безошибочно отвечает на дополнительные вопросы.

<p>Умение сравнивать, делать выводы по результатам выполненного задания.</p>	<p>Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы по результатам выполнения разделов курсовой работы.</p>	<p>С трудом обобщает данные, оценивает полученные результаты, делает выводы по результатам выполнения разделов курсовой работы с недочетами, неточностями и ошибками.</p>	<p>Обобщает данные, оценивает полученные результаты, делает выводы по результатам выполнения разделов курсовой работы с небольшими недочетами и неточностями.</p>	<p>Сравнивает, сопоставляет и обобщает данные, самостоятельно оценивает полученные результаты, безошибочно делает выводы по результатам выполнения разделов курсовой работы.</p>
<p>Качество оформления заданий.</p>	<p>Пояснительная записка и графическая часть курсовой работы оформлены не в соответствии с требованиями, не полностью, имеются грубые ошибки. Или пояснительная записка и графическая часть курсовой работы не оформлены вообще.</p>	<p>Пояснительная записка и графическая часть курсовой работы оформлены лишь частично в соответствии с требованиями, в неполном объеме, с недочетами, неточностями и ошибками.</p>	<p>Пояснительная записка и графическая часть курсовой работы оформлены в соответствии с требованиями, в достаточном объеме, с небольшими недочетами и неточностями.</p>	<p>Пояснительная записка и графическая часть курсовой работы оформлены в соответствии с требованиями, в полном объеме, безошибочно.</p>

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Навыки проектирования электрических сетей и оценки надежности конфигурации.	проектирование электрических сетей и оценка надежности конфигурации. выполнена не верно.	проектирование электрических сетей и оценка надежности конфигурации. выполнена в неполном объеме, с недочетами, неточностями и ошибками, по исходным данным и рекомендуемым методикам.	проектирование электрических сетей и оценка надежности конфигурации. выполнена с небольшими недочетами и неточностями, по исходным данным и рекомендуемым методикам.	проектирование электрических сетей и оценка надежности конфигурации. выполнена безошибочно, по исходным данным и рекомендуемым методикам.
Навыки составления схем замещения и расчета параметров их режимов с применением современного программного обеспечения.	составление схем замещения и расчет параметров их режимов с применением современного программного обеспечения не выполнен.	составление схем замещения и расчет параметров их режимов выполнен с без применения современного программного обеспечения.	составления схем замещения и расчета параметров их режимов выполнен с применением современного программного обеспечения.	составления схем замещения и расчета параметров их режимов выполнен с применением современного программного обеспечения.
Навыки расчета и анализа установившихся и послеаварийных режимов работы.	расчет и анализ установившегося и послеаварийного режимов работы выполнены не верно.	расчета и анализа установившихся и послеаварийных режимов работы выполнены с недочетами, неточностями и ошибками.	расчета и анализа установившихся и послеаварийных режимов работы выполнены с небольшими недочетами и неточностями,	расчета и анализа установившихся и послеаварийных режимов работы. выполнены безошибочно.
Выбор методики выполнения задания.	Неверно выбрана методика выполнения разделов курсовой работы.	Методика выполнения разделов курсовой работы выбрана не подходящая и без учета исходных данных.	Методика выполнения разделов курсовой работы выбрана в целом верно с учетом исходных данных.	Методика выполнения разделов курсовой работы выбрана безошибочно с учетом исходных данных.



<p>Анализ обоснование полученных результатов.</p>	<p>и Не произведен анализ результатов выполнения разделов курсовой работы.</p>	<p>Произведен анализ результатов выполнения разделов курсовой работы с ошибками, сделаны выводы с недочетами, неточностями и ошибками. Результаты работы не обоснованы.</p>	<p>Произведен анализ результатов выполнения разделов курсовой работы, сделаны выводы с небольшими недочетами и неточностями. Результаты работы обоснованы, имеются ссылки на нормативные, справочные и учебно-методические источники.</p>	<p>Произведен анализ результатов выполнения разделов курсовой работы, сделаны безошибочные выводы. Результаты работы обоснованы и в целом аргументированы, имеются ссылки на нормативные, справочные и учебно-методические источники.</p>
---	--	---	---	---

При промежуточной аттестации в форме экзамена:

Оценка сформированности компетенций по показателю *Знания*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знания конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи и их типы конфигурации.	Не знает конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи и их типы конфигурации.	С ошибками и неточностями. конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи и их типы конфигурации. Возможные неточности и ошибки исправляет с помощью преподавателя.	Уверенно в целом, с небольшими неточностями знает конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи и их типы конфигурации. Возможные неточности исправляет сам, без помощи преподавателя.	Безошибочно знает конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи и их типы конфигурации.
Знания методик выбора оптимального варианта электрической сети и технико-экономические основы проектирования электроэнергетических систем и сетей	Не знает методик выбора оптимального варианта электрической сети и технико-экономические основы проектирования электроэнергетических систем и сетей.	С ошибками и неточностями знает методик выбора оптимального варианта электрической сети и технико-экономические основы проектирования электроэнергетических систем и сетей. Возможные неточности и ошибки исправляет с помощью преподавателя.	Уверенно в целом, с небольшими неточностями знает методик выбора оптимального варианта электрической сети и технико-экономические основы проектирования электроэнергетических систем и сетей. Возможные неточности исправляет сам, без помощи преподавателя.	Безошибочно знает методик выбора оптимального варианта электрической сети и технико-экономические основы проектирования электроэнергетических систем и сетей.

Полнота ответов на экзаменационные вопросы.	Не знает основных схем распределительных устройств электроустановок, структурных схем электрических станций и подстанций; не отвечает на экзаменационные вопросы.	С ошибками и неточностями знает основные схемы распределительных устройств электроустановок, структурные схемы электрических станций и подстанций; отвечает лишь на некоторые экзаменационные вопросы. Возможные неточности и ошибки исправляет с помощью преподавателя.	Уверенно в целом, с небольшими неточностями знает основные схемы распределительных устройств электроустановок, структурные схемы электрических станций и подстанций; в достаточной степени верно отвечает на экзаменационные вопросы. Возможные неточности исправляет сам, без помощи преподавателя.	Безошибочно знает основные схемы распределительных устройств электроустановок, структурные схемы электрических станций и подстанций; полностью верно отвечает на экзаменационные вопросы.
---	---	--	--	---

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Самостоятельность выполнения задания.	Не может подготовить ответы на экзаменационные вопросы, в том числе и с дополнительной помощью.	С дополнительной помощью или с ошибками и неточностями отвечает на экзаменационные вопросы. Возможные неточности и ошибки исправляет с помощью преподавателя.	Самостоятельно и в целом уверенно, с небольшими неточностями отвечает на экзаменационные вопросы. Возможные неточности исправляет сам, без помощи преподавателя.	Самостоятельно и безошибочно отвечает на экзаменационные вопросы.
Правильность применения теоретического материала.	При применении теоретического (лекционного) материала допускаются ошибки, при ответах на экзаменационные вопросы.	Теоретический (лекционный) материал применяется и интерпретируется с ошибками и неточностями при ответах на экзаменационные вопросы. Возможные неточности и ошибки исправляет с помощью преподавателя.	Теоретический (лекционный) материал применяется и интерпретируется в целом правильно, с небольшими неточностями при ответах на экзаменационные вопросы. Возможные неточности исправляет сам, без помощи преподавателя.	Теоретический (лекционный) материал применяется и интерпретируется безошибочно при ответах на экзаменационные вопросы.

Полнота выполнения заданий, полнота ответов на экзаменационные и дополнительные вопросы.	Имеются существенные ошибки при ответах на экзаменационные вопросы, не отвечает на дополнительные вопросы.	С ошибками отвечает на экзаменационные вопросы, не отвечает на дополнительные вопросы.	В целом верно отвечает на экзаменационные вопросы, отвечает на дополнительные вопросы с небольшими неточностями.	Безошибочно отвечает на экзаменационные вопросы, безошибочно отвечает на дополнительные вопросы.
Умение сравнивать, делать выводы по результатам выполненного задания.	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы при ответе на вопросы билета	Допускает ошибки при сопоставлении, обобщении и при формулировании выводов на заданные вопросы.	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, но допускает небольшие неточности при формулировании выводов.	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делает верные выводы на задаваемые вопросы.
Качество оформления заданий.	Ответы оформлены неразборчиво и неаккуратно, что не поддаются проверке.	Ответы оформлены неаккуратно, отсутствуют необходимые пояснения в виде графиков, схем и формул.	Ответы оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями.	Ответы оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники.
Качество ответа на вопросы экзаменационного билета.	Имеются существенные ошибки при ответе на вопросы билета	Ответы выполнены с существенными неточностями, не носящими принципиальный характер.	Ответы выполнены с небольшими неточностями.	Ответы выполнены без ошибок.

### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Навыки проектирования электрических сетей и оценки надежности конфигурации.	проектирования электрических сетей и оценки надежности конфигурации приведены не верно.	проектирования электрических сетей и оценки надежности конфигурации приведены в неполном объеме, с недочетами, неточностями и ошибками.	проектирования электрических сетей и оценки надежности конфигурации приведены с небольшими недочетами и неточностями.	проектирования электрических сетей и оценки надежности конфигурации приведены безошибочно.
Навыки составления схем замещения и расчета параметров их режимов с применением современного программного обеспечения.	составления схем замещения и расчета параметров их режимов не верно	составления схем замещения и расчета параметров их режимов выполнены с недочетами, неточностями и ошибками.	составления схем замещения и расчета параметров их режимов выполнены с небольшими недочетами, и неточностями, в целом верно.	составления схем замещения и расчета параметров их режимов выполнены безошибочно.

Выбор методики выполнения задания.	Неверно выбрана методика подготовки ответов.	Методика формирования ответов выбрана в целом верно, но имеются незначительные неточности при описании расчетных зависимостей и графического материала.	Методика выполнения ответов выбрана верно, но имеются недочеты, не относящиеся к основным расчетным зависимостям и графическому материалу.	Выбрана верная или наиболее рациональная методика формирования ответов с применением графического и аналитического методов.
Анализ и обоснование полученных результатов.	Не произведен анализ ответов.	Произведен анализ ответов с ошибками, сделаны выводы с недочетами, неточностями и ошибками. Ответы не обоснованы.	Произведен анализ ответов, сделаны выводы с небольшими недочетами и неточностями. Ответы обоснованы, имеются ссылки на нормативные, справочные и учебно-методические источники.	Произведен анализ ответов, сделаны безошибочные выводы. Ответы обоснованы и в целом аргументированы, имеются ссылки на нормативные, справочные и учебно-методические источники.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук
2	Учебная аудитория для проведения практических занятий, лабораторных работ, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	Лабораторные работы проводятся в лаборатории «Электроэнергетические системы» (ауд. МК223), оснащенной компьютеризованным стендом ЭЭ1-Б-С-К, позволяющим моделировать различные режимы работы линий электропередачи, и в специализированном компьютерном классе (ауд.МК424), оснащенный презентационной техникой (проектор Acer Projector P1165) и персональными компьютерами (Intel Core i3-8100 CPU 3.60 ГГц/ Gigabyte Z370 HD3/ RAM 8192 Мб/ HDD 1 Тб/ NVIDIA GeForce GTX 750/ AOC 23,8"/ ASUS DRW-24D5MT/ Wi-Fi/ LAN100Mb/ CyberPower BS850E), подключенными к локальной сети университета с доступом в интернет. Лабораторные работы в компьютерном классе проводятся с помощью промышленного программно-вычислительного комплекса (ПВК) для решения задач по расчету, анализу и оптимизации режимов электрических сетей и систем RastrWin3 Базовый комплекс (бесплатная студенческая лицензия с ограничением по числу учитываемых узлов сети).
3	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value

		Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

### 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Лыкин, А. В. Электрические системы и сети: учеб. пособие / А. В. Лыкин. - М. : Логос, 2008. - 253 с.
2. Карапетян, И.Г. Справочник по проектированию электрических сетей. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: ЭНАС, 2012. – 392 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/38546> – Загл. с экрана.
3. Правила устройства электроустановок : все действующие разделы шестого и седьмого изд. с изм. и доп. по сост. на 1 мая 2012 г. - М. : КНОРУС, 2012. - 488 с.
4. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии : учеб. пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. - 2-е изд. - Ростов н/Д : Феникс, 2008. - 717 с.
5. Хорольский, В. Я. Техничко-экономические расчеты распределительных электрических сетей : учеб. пособие для студентов высш. аграр. учеб. заведений по направлению 140200 "Электроэнергетика" и специальности 140211 "Электроснабжение" / В. Я. Хорольский, М. А. Таранов, Д. В. Петров. - Москва : Форум, 2015. - 96 с.
6. Шведов, Г. В. Потери электроэнергии при её транспорте по электрическим сетям : расчет, анализ, нормирование и снижение : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 140400 "Электроэнергетика и электротехника" / Г. В. Шведов, О. В. Сипачева, О. В. Савченко ; ред. Ю. С. Железко. - Москва : МЭИ, 2013. - 422 с. : табл., граф.

### 6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Сайт публичного акционерного общества (ПАО) «Российские сети» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.rosseti.ru/> – заглавие с экрана.
2. Сайт ПАО "МРСК Центра"[Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.mrsk-1.ru> – заглавие с экрана.
3. Сайт Федеральной сетевой компании Единой Энергетической системы (ФСК ЕЭС) [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.fsk-ees.ru/> – заглавие с экрана.
4. Электроэнергетический Информационный Центр: Бесплатная электротехническая литература, ГОСТы, РД, нормативная документация. Энергетика, электротехника, электроэнергетика - справочники по электроснабжению, электрическим машинам, электрическим сетям и подстанциям. Новости энергетики, аналитика. Форум энергетиков [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.electrocentr.info/> – заглавие с экрана.
5. Электрические сети, оборудование электроустановок [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.forca.ru> – заглавие с экрана.

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ<sup>1</sup>

Рабочая программа утверждена на 20\_\_\_\_ /20\_\_\_\_ учебный год  
без изменений / с изменениями, дополнениями<sup>2</sup>

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_  
подпись, ФИО

---

<sup>1</sup> Заполняется каждый учебный год на отдельных листах

<sup>2</sup> Нужно подчеркнуть