

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

СОГЛАСОВАНО

Директор института
магистратуры

к.э.н., доцент  Космачева И. В.

« _____ » _____ 2021 г.



УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики,
информационных технологий и
управляющих систем

к.т.н., доцент  А. В. Белоусов
« 20 » _____ 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

ПРОВАЛЫ И ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

направление подготовки

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электроэнергетические системы и сети

Квалификация

магистр

Форма обучения

очная

Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра электроэнергетики и автоматики

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

▪ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – Магистратура по направлению подготовки 13.04.02, утвержденного приказом Минобрнауки России от 28 февраля 2018г. №147;

▪ плана учебного процесса БГТУ им. В. Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.

Составитель: канд. техн. наук, доцент _____  О. И. Кирилина

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 15 » _____ мая 2021 г., протокол № 11

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

« 15 » _____ мая 2021 г.

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

« 20 » _____ мая 2021 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доцент _____  А. Н. Семернин

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональная Проектная	ПКВ-1. Способен разрабатывать концепции систем электроснабжения и электроэнергетических сетей	ПКВ-1.1. Способность формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства	<p>Знания</p> <ul style="list-style-type: none"> - физических основ и особенностей возникновения провалов напряжения и перенапряжений, электромагнитных помех различных типов, основных механизмов влияния провалов напряжения и перенапряжений на окружающие технические устройства и системы; - основных видов и источников провалов напряжения и перенапряжений в электрических сетях; - принципов работы основных средств, способствующих устранению последствий от провалов напряжения и перенапряжений в электрических сетях; - основных нормативно-правовых документов по определению показателей качества электрической энергии, по допустимым уровням провалов напряжения и перенапряжений в электрических сетях; - требования к электромагнитной совместимости технических средств; - типы молниезащитных устройств и особенности их применения; <p>Умения</p> <ul style="list-style-type: none"> - пользоваться методами расчета провалов напряжения и перенапряжений в электрических сетях в зависимости от условий конкретной задачи проектирования или анализа режима системы; - использовать измерительные устройства для определения провалов напряжения и перенапряжений в электрических сетях; - выполнять расчет провалов напряжения и перенапряжений в электрических сетях, применять, эксплуатировать и производить выбор устройств защиты от данного вида нарушений показателей качества электроэнергии; формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно - технического отчета с публичной защитой <p>Навыки</p> <ul style="list-style-type: none"> - расчета провалов напряжения и перенапряжений в электрических сетях; - навыками применения нормативно-правовой документации в области обеспечения показателей качества электроэнергии на практике; - навыками расчёта характеристик помехоподавляющих фильтров; - навыками расчета молниезащитных устройств; - методикой измерений показателей качества электроэнергии, практическими навыками применения технических средств, повышающих качество электрической энергии.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПКВ-1. Способен разрабатывать концепции систем электроснабжения и электроэнергетических сетей

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами

Стадия	Наименования дисциплины
1	Схемотехника
2	Системы автоматизированного проектирования объектов электроэнергетики
3	Электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах
4	Провалы и перенапряжения в электрических сетях
5	Производственная проектная практика
6	Производственная преддипломная практика
7	Теория оптимизации
8	Расчет режимов электроэнергетических систем
9	Оперативно-диспетчерское управление в энергетических системах
10	Производственная научно-исследовательская работа
11	Теория надежности
12	Энергосберегающие технологии в электроэнергетических системах
13	Основы оперативного обслуживания электроустановок электроэнергетических систем
14	Учебная практика по получению первичных навыков работы с программным обеспечением применительно к области (сфере) профессиональной деятельности

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Форма промежуточной аттестации экзамен (4 семестр)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	72	72
лекции	33	33
лабораторные	11	11
практические	22	22
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	108	108
Курсовой проект	–	–
Курсовая работа	–	–
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические	54	54

занятия, лабораторные занятия)		
Экзамен	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр 4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Основы теории обеспечения качества электроэнергии в электроэнергетических системах					
1.1	Основные термины и определения. Классификация источников провалов напряжения и перенапряжений в электрических сетях. виды электрической изоляции оборудования высокого напряжения; изоляция воздушных линий электропередачи; молниезащита воздушных линий; изоляция электрооборудования станций и подстанций, закрытых и открытых распределительных устройств; элегазовая изоляция; молниезащита оборудования станций и подстанций; защита изоляции электрооборудования от внутренних перенапряжений; экологические аспекты электроустановок высокого напряжения	2	–	–	6
2. Грозовые перенапряжения					
2.1	Разряд молнии. Основные параметры молнии. Технические устройства для защиты от прямых ударов молнии и от волн перенапряжений, набегающих с линии: 1) стержневые и тросовые молниеотводы, их зоны защиты; 2) заземляющие устройства, их назначение, конструкции, стационарные и импульсные сопротивления заземления; 3) трубчатые и вентильные разрядники, их назначение, функции, характеристики и конструкции; 4) нелинейные ограничители перенапряжений. Общие принципы грозозащиты ВЛ. Методика оценки грозоупорности ВЛ на металлических и деревянных опорах без тросов и ВЛ с тросами. Дополнительные функции грозозащитных тросов.	2	2	4	10
2.2	Грозозащита подстанций от волн, набегающих с линии. Зоны защиты вентильных разрядников. Функции защитного подхода к подстанциям. Методика оценки грозоупорности подстанций. Особенности грозозащиты вращающихся машин. Ограничители перенапряжений – важнейший элемент обеспечения электромагнитной совместимости	2	2	–	4
3. Влияние заземления нейтрали в сетях высокого напряжения на уровни возникающих перенапряжений					
3.1	Процессы, определяющие режим заземления нейтрали электрической сети	2	–	–	4
3.2	Ток однофазного замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью. Повышение напряжения на здоровых фазах при однофазном замыкании на землю. Напряжение несимметрии в нормальном режиме работы сети с изолированной нейтралью	2	–	–	4
3.3	Компенсация емкостного тока однофазного замыкания на землю дугогасящим реактором (ДГР) и резонансное смещение нейтрали вследствие несимметрии сети с ДГР в нормальном режиме работы	2	3		4
4. Внутренние перенапряжения					

4.1	Перенапряжения в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью. Дуговые перенапряжения в сетях с изолированной нейтралью. Теории Петерсена и Слепянина, Петерсена, Белякова. Влияние ДГР и резисторов в нейтрали на дуговые перенапряжения. Меры защиты от дуговых перенапряжений. Феррорезонансные перенапряжения. Перенапряжения при коммутациях электрических двигателей Квазистационарные перенапряжения в сетях с глухозаземленной нейтралью. Повышение напряжения при одностороннем симметричном включении линии, влияние мощности системы, мощности и места установки шунтирующих реакторов, коронирования проводов ВЛ на перенапряжения. Перенапряжения при неполнофазном включении ВЛ	4	4		4
4.2	Коммутационные перенапряжения в сетях с эффективно заземленной нейтралью. Перенапряжения при плановом включении ЛЭП и включении в цикле ТАПВ. Общая характеристики процесса ликвидации аварии с точки зрения возникающих перенапряжений. Статистические характеристики перенапряжений на различных стадиях процесса ликвидации аварии. Перенапряжения при отключениях ВЛ. Перенапряжения при отключениях ненагруженных трансформаторов и шунтирующих реакторов. Методика оценки максимальных коммутационных перенапряжений	5	–	–	4
5. Изоляция электроустановок высокого напряжения					
5.1	Внешняя изоляция. Требования к изоляции. Вольт-секундные характеристики изоляции. Координация уровней изоляции с кратностью воздействующих перенапряжений и параметрами защитных аппаратов. Назначение и конструкция изоляции ВЛ и подстанций: штыревые, подвесные, опорные и проходные изоляторы. Выбор количества изоляторов в гирлянде и габаритов воздушных промежутков. Регулирование электрического поля во внешней изоляции	6	–	–	4
5.2	Внутренняя изоляция. Функции, выполняемые внутренней изоляцией. Использование различных видов внутренней изоляции в электроустановках высокого напряжения: вводах, трансформаторов, крупных электрических машинах, кабелях, конденсаторах. ОРУ и ЗРУ	2	–		4
5.3	Испытание изоляции. Испытание высоким напряжением, профилактические испытания (измерение тангенса дельта, сопротивления, емкости изоляции, измерение уровня частичных разрядов). Выбор диагностических параметров состояния изоляции различных установок высокого напряжения. Выбор величин испытательных напряжений, испытательные установки высокого напряжения, особенности измерений высокого напряжения	2	–	–	4
6. Качество электрической энергии					
6.1	Нормы качества электрической энергии. Основные показатели, определяющие качество электроэнергии. Отклонение напряжения. Колебание напряжения. Измерение фликера и гармонических составляющих тока. Несинусоидальность формы кривой напряжения и тока.	2	–	22,, ””	20
ВСЕГО:		33	11	22	72

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1	Электромагнитная совместимость в энергосистеме	Расчет параметров ограничителей перенапряжений для обеспечения электромагнитной совместимости в СЭС	2	4

		Расчет фильтрокомпенсирующих устройств для обеспечения электромагнитной совместимости в СЭС	2	
2	Электромагнитная обстановка на объектах электроэнергетики	Протекание токов по элементам заземляющего устройства в сетях с изолированной нейтралью в нормальном и аварийном режимах работы объекта. Растекание токов в земле	4	4
3	Влияние электромагнитных полей. Нормирование электромагнитных полей и защита от электромагнитных излучений	Изучение средств контроля электромагнитных полей и методов работы с ними	3	3
ИТОГО:			11	11

Практическое занятие 1. Выбрать ограничители перенапряжения на шинах 110 кВ главной понизительной подстанции

Для защиты нейтрали трансформаторов напряжения класса 110кВ предусматривают ограничители перенапряжений нелинейные (ОПН), которые обеспечивают глубокий уровень ограничения грозовых перенапряжений, трансформированных со стороны обмотки высшего напряжения. Значительно снижают уровень воздействия внутренних перенапряжений, обусловленных работой коммутационной аппаратуры, снижают интенсивность процессов электрического старения изоляции электрооборудования.

Для защиты изоляции от перенапряжения подстанционного оборудования устанавливаем ОПН марки ОПН/TEL-110/84-550 УХЛ1 производства компании “Таврида Электрик” со следующими техническими характеристиками:

$$U_{НОМ} = 110 \text{ кВ}, U_{МАХ \text{ РАБ. СЕТИ}} = 145 \text{ кВ}, I_{МАКС.КЗ.} = 30 \text{ кА}.$$

Основные характеристики ОПН/TEL:

Нелинейные ограничители перенапряжения предназначены для использования в качестве основных средств защиты электрооборудования станций и сетей среднего и высокого классов напряжения от коммутационных и грозовых перенапряжений. Предназначены для эксплуатации на высоте над уровнем моря до 1000 м при температуре окружающей среды от минус 60 °С до плюс 55 °С в условиях наружной и внутренней установки (УХЛ1 и УХЛ2 по ГОСТ 15150).

ОПН/TEL обладают дополнительным набором привлекательных характеристик благодаря применению металлооксидных резисторов с нестареющими характеристиками в сочетании с применением уникальной технологии сборки в полимерный корпус:

- ◆ необслуживаемость на протяжении всего срока службы
- ◆ неограниченный коммутационный ресурс
- ◆ глубокий уровень ограничения перенапряжений
- ◆ широкий номенклатурный ряд напряжений
- ◆ стабильность нестареющих характеристик
- ◆ взрывобезопасность и сейсмостойкость
- ◆ высокая надёжность в эксплуатации
- ◆ стойкость к атмосферным загрязнениям
- ◆ удобство встраивания в распределительные устройства
- ◆ малый вес и габариты

При эксплуатации ОПН/TEL не требуется применение счётчиков срабатывания, вследствие

неограниченного коммутационного ресурса.

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям ¹
семестр № 4_				
1	Качество электрической энергии	Компенсация высших гармоник тока с помощью фильтрокомпенсирующего устройства	4	4
		Измерение параметров и показателей качества электрической энергии в трехфазной сети. Методика определения и расчета показателей качества электроэнергии с помощью приборов С.А.6115N, АСМ-3192 и «Энергомонитор 3.3Т1»	6	6
		Измерение параметров и показателей качества электрической энергии в однофазной сети. Влияние отклонения напряжения на светотехнические характеристики	4	4
		Исследование неполнофазных режимов в распределительных сетях	4	4
		Регулирование напряжения с помощью продольно-емкостной компенсации. Конденсаторные батареи для регулирования напряжения	4	4
ИТОГО:			22	22

4.4. Содержание расчетно-графического задания

Решение задач расчетно-графического задания направлено на приобретение навыков расчета показателей качества электроэнергии и разработку мероприятий по нормализации

Задача 1. За 15 мин зарегистрировано 20 размахов амплитудой 3 %, 30 размахов амплитудой 2 % и 80 размахов амплитудой 1 %. Определить допустимость таких изменений напряжения:

- для сети, питающей лампы накаливания в производственной установке, характеризующейся значительным напряжением глаз работающих;
- для сети, питающей люминесцентные лампы.

Задача 2. Генераторы ЭЭС, имеющие предельную допустимую мощность загрузки $P_{г\text{ пред}}$, МВт, работают с выдачей мощности P_0 , МВт и при начальной номинальной частоте $f_0 = f_{ном} = 50$ Гц. Определить частоту в ЭЭС после подключения дополнительной нагрузки ΔP , МВт. Статизм

¹ Количество часов самостоятельной работы для подготовки к лабораторным занятиям

характеристики генераторов $s_g = 0,067$, нагрузки — $s_n = 1$.

Задача 3. В энергосистеме с генераторами $8 \times 200 + 4 \times 100 + 2 \times 50$ МВт генераторы выдавали мощность $P_0 = 2000$ МВт при номинальной частоте $f_0 = f_{ном} = 50$ Гц. Определить частоту в системе после аварийного отключения блока $\Delta P_g = 200$ МВт, если статизм характеристики нагрузки равен единице.

..

4.5. Содержание курсовой работы

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1 Компетенции:

ПКВ-1. Способен разрабатывать концепции систем электроснабжения и электроэнергетических сетей

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПКВ-1.1. Способность формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства	Экзамен, выполнение заданий в рамках проведения практических и лабораторных занятий; тестирование по основным темам дисциплины; собеседования и консультации при выполнении расчетно-графической работы; защита лабораторных работ

5.2. Типовые контрольные задания для аттестации

Аттестация осуществляется в конце 4 семестра, после завершения изучения дисциплины в форме экзамена

Вопросы для подготовки к экзамену

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основы теории обеспечения качества электроэнергии в электроэнергетических системах	<ol style="list-style-type: none">1. Что такое провалы напряжения2. Каковы причины возникновения провалов напряжения и каковы их последствия3. Классификация источников провалов напряжения4. Что такое перенапряжения в электрических сетях5. Каковы причины возникновения перенапряжений и каковы их последствия для различных электротехнических устройств6. Роль изоляции в защите оборудования от сверхвысокого напряжения7. Изоляция воздушных линий электропередачи8. молниезащита воздушных линий9. изоляция электрооборудования станций и подстанций, закрытых и открытых распределительных устройств10. элегазовая изоляция11. молниезащита оборудования станций и подстанций12. защита изоляции электрооборудования от внутренних перенапряжений13. экологические аспекты электроустановок высокого напряжения14. Влияние медленных изменений (отклонений) напряжения на работу электроприёмников15. Провалы и прерывания напряжения
2	Грозовые перенапряжения	<ol style="list-style-type: none">1. Что такое разряд молнии, каковы основные параметры молнии2. Технические устройства для защиты от прямых ударов молнии и от волн перенапряжений, набегающих с линии3. Устройство и принцип работы стержневых и тросовых молниеотводов, их зоны защиты4. Устройство и принцип работы заземляющих устройств, их назначение, конструкции5. Что такое «стационарные и импульсные сопротивления» заземления6. Устройство и принцип работы трубчатых и вентильных разрядников, их назначение, функции, характеристики и конструкции;7. Устройство и принцип работы нелинейных ограничителей перенапряжений8. Общие принципы грозозащиты ВЛ.9. Методика оценки грозоупорности ВЛ на металлических и деревянных опорах без тросов и ВЛ с тросами. Дополнительные функции грозозащитных тросов10. Грозозащита подстанций от волн, набегающих с линии.11. Зоны защиты вентильных разрядников.12. Функции защитного подхода к подстанциям. Методика оценки грозоупорности подстанций. Особенности грозозащиты вращающихся машин

	<p>Влияние заземления нейтрали в сетях высокого напряжения на уровне возникающих перенапряжений</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какие процессы, определяют режим заземления нейтрали электрической сети 2. Как определяется ток однофазного замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью 3. К чему приводит повышение напряжения на здоровых фазах при однофазном замыкании на землю 4. Как определяется напряжение несимметрии в нормальном режиме работы сети с изолированной нейтралью 5. Как осуществляется компенсация емкостного тока однофазного замыкания на землю дугогасящим реактором (ДГР) 6. Каковы причины возникновения резонансного смещения нейтрали вследствие несимметрии сети с ДГР в нормальном режиме работы 7. Как определяется ток однофазного короткого замыкания и напряжения на неаварийных фазах в сетях с глухозаземленной нейтралью 8. Каково назначение применения сопротивлений в нейтралях трансформаторов сети 9. Преимущества, недостатки, область применения различных режимов заземления нейтрали
	<p>Внутренние перенапряжения</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Каковы причины возникновения перенапряжений в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью 2. Что такое дуговые перенапряжения в сетях с изолированной нейтралью 3. В чем заключается теория Петерсена и Слепянина, Петерсена, Беякова. 4. В чем состоит влияние ДГР и резисторов в нейтрали на дуговые перенапряжения 5. Каковы основные меры защиты от дуговых перенапряжений. 6. Что такое феррорезонансные перенапряжения и перенапряжения при коммутациях электрических двигателей 7. Что такое квазистационарные перенапряжения в сетях с глухозаземленной нейтралью 8. Причины повышения напряжения при одностороннем симметричном включении линии, влияние мощности системы, мощности и места установки шунтирующих реакторов, коронирования проводов ВЛ на перенапряжения 9. Перенапряжения при неполнофазном включении ВЛ. 10. Коммутационные перенапряжения в сетях с эффективно заземленной нейтралью. 11. Перенапряжения при плановом включении ЛЭП и включении в цикле ТАПВ. 12. Общая характеристики процесса ликвидации аварии с точки зрения возникающих перенапряжений. Статистические характеристики перенапряжений на различных стадиях процесса ликвидации аварии. Перенапряжения при отключениях ВЛ. 13. Перенапряжения при отключениях ненагруженных трансформаторов и шунтирующих реакторов
	<p>Изоляция электроустановок высокого напряжения</p>	<ol style="list-style-type: none"> 14. Что такое внешняя изоляция и каковы основные требования к изоляции. 15. Вольт-секундные характеристики изоляции. 16. Координация уровней изоляции с кратностью воздействующих перенапряжений и параметрами защитных аппаратов. 17. Назначение и конструкция изоляции ВЛ и подстанций: штыревые, подвесные, опорные и проходные изоляторы. 18. Выбор количества изоляторов в гирлянде и габаритов воздушных промежутков. 19. Регулирование электрического поля во внешней изоляции. 20. Что такое внутренняя изоляция и каковы основные функции, выполняемые внутренней изоляцией. 21. Использование различных видов внутренней изоляции в электроустановках высокого напряжения: вводах, трансформаторов, крупных электрических машинах, кабелях, конденсаторах. ОРУ и ЗРУ. 22. Испытание высоким напряжением, профилактические испытания (измерение тангенса дельта, сопротивления, емкости изоляции, измерение уровня частичных разрядов).

		<p>23. Выбор диагностических параметров состояния изоляции различных установок высокого напряжения.</p> <p>24. Выбор величин испытательных напряжений, испытательные установки высокого напряжения, особенности измерений высокого напряжения</p>
	Качество электрической энергии	<p>1. Понятие качества электрической энергии. Сущность проблемы качества электроснабжения.</p> <p>2. Основные определения качества электроэнергии по ГОСТ 32144-3013.</p> <p>3. Показатели качества электроэнергии.</p> <p>4. Нормирование отклонений и колебаний напряжения.</p> <p>5. Нормирование несинусоидальности и несимметрии напряжения.</p> <p>6. Нормирование электромагнитных помех.</p> <p>7. Причины снижения качества электроэнергии.</p> <p>8. Методы расчета отклонений напряжения.</p> <p>9. Методы определения колебаний напряжения.</p> <p>10. Методы определения несинусоидальности напряжения.</p> <p>11. Методы определения несимметрии напряжения</p> <p>12. Устройство средства измерений показателей качества электроэнергии.</p> <p>13. Алгоритмы измерений и метрологические характеристики средств измерений показателей качества электроэнергии.</p> <p>14. Устройство фликерметра и алгоритмы измерения фликера.</p> <p>15. Характеристика измерительных трансформаторов напряжения и тока.</p> <p>16. Обработка результатов измерения и погрешности оценки значений показателей качества электроэнергии.</p> <p>17. Мониторинг как инструмент в задачах управления качеством электроэнергии.</p> <p>18. Выбор пунктов контроля показателей качества электроэнергии. Мероприятия по обеспечению качества электроэнергии.</p> <p>19. Средства регулирования напряжения.</p> <p>20. Конденсаторные батареи для регулирования напряжения.</p> <p>21. Компенсация высших гармоник тока.</p> <p>22. Особенности управления фильтрокомпенсирующими устройствами.</p> <p>23. Компенсация колебаний напряжения.</p> <p>24. Современные средства обеспечения качества электроэнергии.</p> <p>25. Основные принципы построения системы контроля, анализа и управления качеством электроэнергии</p>

5.3. Перечень типовых вопросов для практических занятий

1. Принцип работы и конструктивные особенности выполнения ОПН
2. ОПН, выполненные на варисторах
3. ОПН, выполненные на лавинных диодах
4. Многоступенчатая защита от перенапряжений.
5. Влияние гармоник на системы электроснабжения.
6. Влияние гармоник на измерение мощности и энергии.
7. Ограничение уровней гармоник напряжений и токов.
8. Методы и способы подавления помех в электрических сетях.
9. Как построить пассивный сетевой фильтр высших гармоник?
10. Демпфированные сетевые фильтры высших гармоник и особенности их применения.
11. Что влияет на качество электроэнергии в точке присоединения потребителя?
12. Что характеризует качество электроэнергии, являясь составляющей ЭМС?
13. Как формируется электромагнитная среда в системах электроснабжения?
14. Каковы взаимодействия электромагнитной среды и электрооборудования в СЭС?
15. Что происходит при агрессивном характере взаимодействия электромагнитной среды и электрооборудования в СЭС?
16. Что происходит при сбалансированном характере взаимодействия электромагнитной среды и электрооборудования в СЭС?
17. Что называется показателями качества электроэнергии?

18. Какой нормативный документ устанавливает номенклатуру и значения ПКЭ?
19. Какие ПКЭ регламентируются в качестве основных и дополнительных показателей режима СЭС?
20. Какими особенностями характеризуется фликер, доза фликера и время восприятия фликера?
21. Что такое провал напряжения и длительность провала напряжения?
22. Как характеризуется импульс напряжения?
23. Как определяется коэффициент временного перенапряжения?
24. Что такое частота повторения изменений напряжения?
25. Какими факторами определяется частота появления провалов напряжения?
26. Внешняя изоляция. Требования к изоляции.
27. Вольт-секундные характеристики изоляции.
28. Координация уровней изоляции с кратностью воздействующих перенапряжений и параметрами защитных аппаратов.
29. Назначение и конструкция изоляции ВЛ и подстанций: штыревые, подвесные, опорные и проходные изоляторы.
30. Выбор количества изоляторов в гирлянде и габаритов воздушных промежутков.
31. Регулирование электрического поля во внешней изоляции.
32. Функции, выполняемые внутренней изоляцией.
33. Использование различных видов внутренней изоляции в электроустановках высокого напряжения: вводах, трансформаторах, крупных электрических машинах, кабелях, конденсаторах. ОРУ и ЗРУ.
34. Испытание изоляции.
35. Испытание высоким напряжением, профилактические испытания (измерение тангенса дельта, сопротивления, емкости изоляции, измерение уровня частичных разрядов).
36. Выбор диагностических параметров состояния изоляции различных установок высокого напряжения.
37. Выбор величин испытательных напряжений, испытательные установки высокого напряжения, особенности измерений высокого напряжения.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

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

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена:

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	<p>Не знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – термины и определения, основные требования нормативно-правовых документов по определению показателей качества электрической энергии, по допустимым уровням напряженностей электромагнитных полей для населения и персонала; – требования к электромагнитной совместимости технических средств; – средств защиты от провалов напряжения и перенапряжений 	<p>Знает термины и определения, основные требования нормативно-правовых документов по определению показателей качества электрической энергии, по допустимым уровням напряженностей электромагнитных полей для населения и персонала;</p> <ul style="list-style-type: none"> – требования к электромагнитной совместимости технических средств; – средств защиты от провалов напряжения и перенапряжений, но допускает неточности формулировок 	<p>Знает технические термины и определения, основные требования нормативно-правовых документов по определению показателей качества электрической энергии, по допустимым уровням напряженностей электромагнитных полей для населения и персонала;</p> <ul style="list-style-type: none"> – требования к электромагнитной совместимости технических средств; – средств защиты от провалов напряжения и перенапряжений 	<p>Знает технические термины и определения, основные требования нормативно-правовых документов по определению показателей качества электрической энергии, по допустимым уровням напряженностей электромагнитных полей для населения и персонала;</p> <ul style="list-style-type: none"> – требования к электромагнитной совместимости технических средств; – средств защиты от провалов напряжения и перенапряжений и может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	<p>Не знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физических основ и особенностей возникновения провалов напряжения и перенапряжений, основных механизмов их воздействия на окружающие технические устройства и системы – основных видов и источников провалов напряжения и перенапряжений; – основные типы средств предотвращения последствий от провалов напряжения и перенапряжений; – методов расчета характеристик средств предотвращения последствий от провалов напряжения и перенапряжений 	<p>Знает, но допускает неточности при формулировке:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физических основ и особенностей возникновения провалов напряжения и перенапряжений, основных механизмов их воздействия на окружающие технические устройства и системы – основных видов и источников провалов напряжения и перенапряжений; – основные типы средств предотвращения последствий от провалов напряжения и перенапряжений; – методов расчета характеристик средств предотвращения последствий от провалов напряжения и перенапряжений; 	<p>Знает и способен интерпретировать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физические основы и особенности возникновения провалов напряжения и перенапряжений, основных механизмов их воздействия на окружающие технические устройства и системы – основные виды и источники провалов напряжения и перенапряжений; – основные типы средств предотвращения последствий от провалов напряжения и перенапряжений; – методы расчета характеристик средств предотвращения последствий от провалов напряжения и перенапряжений 	<p>Знает и способен самостоятельно объяснить применение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физических основ и особенностей возникновения провалов напряжения и перенапряжений, основных механизмов их воздействия на окружающие технические устройства и системы – основных видов и источников провалов напряжения и перенапряжений; – основные типы средств предотвращения последствий от провалов напряжения и перенапряжений; – методов расчета характеристик средств предотвращения последствий от провалов напряжения и перенапряжений;

		провалов напряжения перенапряжений	перенапряжений	последствий от провалов напряжения и перенапряжений
--	--	--	----------------	--

Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Имеет поверхностные знания основного материала дисциплины, не усвоив его детали	Знает материал дисциплины в полном объеме	Обладает твердыми и полными знаниями материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство задаваемых вопросов	Дает неполные ответы на большинство вопросов	Дает полные ответы на большую часть заданных вопросов	Дает полные, развернутые ответы на все поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими формулами, графиками, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие формулы, графики и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие формулы, рисунки и схемы корректно и правильно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Не излагает или неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Полнота ответа на вопросы экзаменационного билета	Ответы на вопросы экз. билета даны не верно	Ответы даны не в полном объеме	Ответы на вопросы билета раскрыты полностью	Ответы выполнены полностью, рациональным способом
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
Самостоятельность подготовки ответа на вопросы экзаменационного билета	Не может подготовить ответы, в том числе и с дополнительной помощью	Может выполнить задание только с дополнительной помощью	Выполняет задание в основном самостоятельно	Самостоятельно выполняет задание
Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы	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 ответа на вопросы экзаменационного билета	Ответы оформлено настолько неряшливо, 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
Правильность применения теоретического материала	При объяснении теоретического материала допускаются грубые ошибки в технических терминах	Объясняя теоретический материал, допускает ошибки, не носящие принципиальный характер	Теоретический материал применен и интерпретирован в целом правильно, но с несущественными неточностями	Теоретический материал применен и интерпретирован правильно

Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики формирования ответов на вопросы билета	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 результатов решения задачи	Не произведен анализ результатов решения задачи	Анализ результатов, полученных при решении задачи, выполняется только при помощи преподавателя	Допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов решения задачи	Произведен анализ результатов решения задачи и сделаны исчерпывающие выводы
Обоснование полученных результатов	Представляемые результаты не обоснованы	Имеются замечания к полученным результатам, отсутствует в достаточной степени их обоснование	Представляемые результаты обоснованы и в целом аргументированы, имеются ссылки на учебно-методическую литературу	Представляемые результаты обоснованы, четко аргументированы с указанием ссылок 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	<p>Лекционные занятия проводятся в аудитории 223 мех. корпуса. Аудитория оснащена презентационной техникой. Курс лекций обеспечивается комплектом электронных презентаций. В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства, ноутбук</p>
2	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий	<p>Курс лабораторных занятий обеспечивается стендами-макетами, позволяющими моделировать физические процессы в электрической сети.</p> <p>Лабораторные занятия проводятся в лабораториях - аудитории 216, 223 и 424, которая оснащена 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, а также на полигоне высоковольтного оборудования.</p> <p>Комплект учебных лабораторных стендов ГалСен КЭЭСЭСТ1М-С-К и ТЭМР2-ПМП-С включают в себя: однофазный источник питания; активная нагрузка; модель линии электропередачи; устройство продольной емкостной компенсации; емкостная нагрузка; индуктивная нагрузка; блок диодов; трехфазная трансформаторная группа; коммутатор измерителя мощностей; фильтрокомпенсирующее устройство; трансформатор тока; трансформатор напряжения; лабораторный стол с двухсекционным контейнером и трехуровневой рамой; ноутбук; преобразователь интерфейсов USB/RS-232; измеритель показателей качества электроэнергии; трехфазный источник питания; набор аксессуаров для комплекта КЭЭСЭСТ1М-С-К. Измерения показателей качества производится с помощью переносных приборов С.А.6115N, АСМ-3192 и «Энергомонитор 3.3Т1»</p>
3	Учебная аудитория для проведения практических занятий, лабораторных работ, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	<p>Практические занятия – специализированный компьютерный класс М424, 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/ LOC 23,8"/ ASUS DRW-24D5MT/ Wi-Fi/ LAN100Mb/ CyberPower BS850E), подключенными к</p>

		локальной сети университета с доступом в интернет
4	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Для самостоятельной работы студентов предусмотрен компьютерный класс, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета, а также участием в программах Microsoft Office 365 для образования (студенческий) (№ дог. E04002C51M) с возможностью бесплатной загрузки программного обеспечения Microsoft.

6.2. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

6.2.1. Перечень основной литературы

1. Данилин А.Н. Ограничение перенапряжений на подстанциях при коммутациях разъединителями. - Апатиты: КНЦ РАН, 2007
2. Техника высоких напряжений. / И.М. Богатенков, Г.М. Иманов, В.Е. Кизеветтер и др; Под общей ред. Г.С.Кучинского. – С-Пб.: Издательство Петербургского энергетического института повышения квалификации Минтопэнерго России, 1998. – 699 с.
3. Техника высоких напряжений. Изоляция и перенапряжения в электрических системах/ В.В. Базуткин, В.П. Ларионов, Ю.С. Пинталь; Под общей ред. В.П. Ларионова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 464 с.
4. Перенапряжения в электрических системах и защита от них/ В.В. Базуткин, К.П. Кадомская, М.В. Костенко, Ю.А. Михайлов. – Санкт-Петербург: Энергоатомиздат, 1995. 320 с.
5. Управление качеством электроэнергии [Текст]: учеб. пособие: рек. УМО/ И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов и др.; под ред. Ю.В. Шарова. М.: Изд-ий дом МЭИ, 2006. - 320 с.
6. Виноградов А.А. Анализ показателей качества в системах электроснабжения [Текст]: учеб.пособие / А.А. Виноградов, О.Г. Гриб, О.Н. Довголюк и др. – Белгород, БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. - 270 с.
7. Качество электроснабжения промышленных потребителей: учеб. пособие [Текст] / Б.В. Лукутин, И.О. Муравлев, А.И. Муравлев; Томский политехнический университет. - Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2014. - 89 с. - Режим доступа: http://portal.tpu.ru:7777/departments/kafedra/espp/literatura/Tab/kach_ee.pdf .
8. Дитер, Л. Исследование реакции организма живого человека на воздействие электромагнитного
9. поля радиотелефона. В кн.: Материалы I-й Российской конф. «Проблемы электромагнитной безопасности человека. Фундаментальные и прикладные исследования» / Дитер Людвиг, В.В. Князев, Е.Л. Яковенко, – М. : 1996. – 64 с.
 1. ГОСТ Р
 2. 50008-92. Совместимость технических средств электромагнитная.

Устойчивость к радиочастотным электромагнитным полям в полосе 26...1000 МГц. Технические требования и методы испытаний. – М. : Госстандарт России, 1993 ГОСТ 32144 – 2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М. : Госстандарт России, 2013.

6.2.2. Перечень дополнительной литературы

1. Овсянников А.Г. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике : учебник / Овсянников А.Г., Борисов Р.К.. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 194 с. — ISBN 978-5-7782-3367-6. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91745.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

2. Техника высоких напряжений/ Под ред. Д.В. Разевига. – М.: Энергия, 1976. – 474 с.

3. Техника высоких напряжений/ Под ред. В.П. Ларионова. – М.: Энергоиздат, 1982. – 296 с.

6.2.3. Перечень интернет ресурсов

1. Методические указания по определению устойчивости энергосистем. Часть 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200035338>. – Заглавие с экрана.

2. Методические указания по определению устойчивости энергосистем. Часть 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200035339>. – Заглавие с экрана.

3. <http://www.forca.ru> – Электрические сети, оборудование электроустановок

4. <http://www.twirpx.com> – служба, обеспечивающая с помощью специализированного аппаратно-программного обеспечения хранение, накопление, передачу и обработку материалов Пользователей, представленной в электронном виде в публичный доступ. Интернет-библиотека, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания