

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УМР

_____ Е.В. Коновалова

15 июня 2023 г., протокол УМС №5

МОДУЛЬ ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН

Физико-математические задачи электроэнергетики рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Радиоэлектроники и электроэнергетики**

Учебный план g130402-Энерг-23-1.plx
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль): Электроснабжение

Квалификация **Магистр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **6 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 216
в том числе:
аудиторные занятия 112
самостоятельная работа 68
часов на контроль 36

Виды контроля в семестрах:
экзамены 1

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	уп	рп	уп	рп
Неделя	18			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	48	48	48	48
Лабораторные	16	16	16	16
Практические	48	48	48	48
Итого ауд.	112	112	112	112
Контактная работа	112	112	112	112
Сам. работа	68	68	68	68
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

доктор технических наук, профессор Сальников В.Г.

Рабочая программа дисциплины

Физико-математические задачи электроэнергетики

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - магистратура по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 147)

составлена на основании учебного плана:

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль): Электроснабжение

утвержденного учебно-методическим советом вуза от 15.06.2023 протокол № 5.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Радиоэлектроники и электроэнергетики

Зав. кафедрой к.ф.-м.н., доцент Рыжаков В.В.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Дисциплина «Физико-математические задачи электроэнергетики» - один из основных курсов в системе подготовки магистров, целью которого является формирование систематических знаний у обучающихся о новых концепциях развития электроэнергетических систем и энергетических энергосистем, изучение физических основ электромагнитных явлений передачи и распределения электрической энергии в свете интеллектуальной электроэнергетической системы и математического аппарата описания этих явлений, представление электромагнитной совместимости как вида деятельности, направленной на рациональное и экономическое использование электрической энергии.
-----	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:		Б1.О.03.01
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Дисциплина «Физико-математические задачи электроэнергетики» требует от обучающихся знания курсов «Математика», «Физика», «Теоретические основы электротехники», полученные при освоении образовательной программы бакалавриата.	
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Надежность систем электроснабжения	
2.2.2	Электромагнитная совместимость в системах электроснабжения	
2.2.3	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОПК-1.2: Формулирует и выбирает цели и задачи исследования, приоритеты решения задач, критерии их оценки

ОПК-1.3: Использует методологию научного познания в практической деятельности в области профессиональной деятельности

ОПК-1.4: Обладает навыками решения научно-исследовательских, проектных и технологических задач с использованием информационных технологий

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	Физические основы электромагнитных явлений процессов передачи и распределения электрической энергии.
3.1.2	Математический аппарат для выполнения комплексных расчетов в электроэнергетике.
3.1.3	Влияние кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех на работу технических средств.
3.1.4	Методику расчета кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех в электрических сетях.
3.1.5	Методы минимизации кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех и обеспечение допустимых уровней ЭМС для них.
3.2	Уметь:
3.2.1	Выполнять расчеты при анализе электрических сетей в комплексной форме.
3.2.2	Рассчитывать регламентированные уровни ЭМС для кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех.
3.2.3	Разрабатывать технические решения по обеспечению ЭМС технических средств.
3.3	Владеть:
3.3.1	Методикой расчета кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех в электрических сетях.
3.3.2	Методами минимизации кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех и обеспечения допустимых уровней ЭМС для них.
3.3.3	Методами расчета регламентированных уровней ЭМС для кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Примечание
	Раздел 1. Новые концепции развития электроэнергетических систем					
1.1	Тема 1.1. Жизнеобеспечивающий аспект энергетики как отрасли экономики страны. Основные параметры индекса человеческого развития. Расчет потребности страны (региона) в топливно-энергетических ресурсах. /Лек/	1	2	ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
1.2	Семинар. Доктрина энергетической безопасности РФ. /Пр/	1	2	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
1.3	Практическое занятие. Нарушение баланса между полной, активной и реактивной мощностями при искаженной форме кривой напряжения. /Пр/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
1.4	Тема 1.2. Технические и технологические проблемы электросетевого комплекса России. Структура электроэнергетической отрасли России. Проблемы повышения качества функционирования электрических сетей. Опоры и провода. Надежность и управляемость. Потери энергии в электрических сетях. Качество электрической энергии. /Лек/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
1.5	Практическое занятие. Определение параметров несинусоидальных токов, напряжения и ЭДС. /Пр/	1	2	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
1.6	Лабораторная работа. Измерение параметров несинусоидальных токов, напряжения и ЭДС. /Лаб/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
1.7	Тема 1.3. Концепция развития электроэнергетических систем. «Сильные сети» на базе FACTS. Интеллектуальные электроэнергетические системы (Smart Grid). Микросети (Microgrid). Системообразующие сети на переменном и постоянном токах. Перспективы развития. /Лек/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
1.8	Практическое занятие. Влияние погрешности измерений отдельных электрических величин на результаты расчета других, функционально связанных с ними. /Пр/	1	2	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
1.9	Подготовка к устному опросу, подготовка отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам. /Ср/	1	12	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	

	Раздел 2. Концепция целеустремленной эргатической энергосистемы				
2.1	Тема 2.1. Автоматизированные системы управления эргатической энергосистемой. Отказы оперативного персонала. Семиотические и лингвистические модели в управлении. Экспертные системы и системы поддержки принятия решений. Фреймовое представление объектов или явлений. /Лек/	1	1	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
2.2	Тема 2.2. Целеустремленные эргатические системы управления. Обобщенные показатели. Диаграмма связей целеустремленной системы. Эргономические факторы безопасности и эффективной работы объектов. Кривые процесса обучения операторов. Задачи повышения эффективности обучения операторов. /Лек/	1	1	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
2.3	Семинар. Интеллектуальные электроэнергетические системы (Smart Grid) с активно-адаптивными сетями. /Пр/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
2.4	Практическое занятие. Типовые ошибки при вводе силовых трансформаторов. /Пр/	1	2	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
2.5	Лабораторная работа. Встречное регулирование напряжения для переменных нагрузок. /Лаб/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
2.6	Лабораторная работа. Регулирование напряжения путем поперечной компенсации реактивной мощности. /Лаб/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
2.7	Лабораторная работа. Регулирование напряжения путем продольной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи. /Лаб/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
2.8	Подготовка к устному опросу, подготовка отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам. /Ср/	1	12	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
	Раздел 3. Физические основы электромагнитных явлений передачи и распределения электрической				
3.1	Тема 3.1. Введение в теорию электромагнитного поля. Электромагнитное поле как вид материи. Макроскопическая теория электромагнитного поля. Характеристика проводящих средств. Электромагнитное поле как векторное поле. /Лек/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2

3.2	Тема 3.2. Электрическое поле как одна из сторон электромагнитного поля. Вектор напряженности электрического поля как градиент от скалярного потенциала. Закон сохранения заряда. Поток электрического смещения. III уравнение Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. /Лек/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
3.3	Практическое занятие. Определение области ионизации воздуха вокруг провода ЛЭП по известным параметрам провода и напряженности электрического поля. /Пр/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
3.4	Тема 3.3. Магнитное поле как одна из сторон электромагнитного поля. Вихревое магнитное поле. Плотность полного электрического тока. I уравнение Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. /Лек/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
3.5	Практическое занятие. Расчет емкости на единицу длины двухпроводной воздушной ЛЭП при различных напряжениях. /Пр/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
3.6	Тема 3.4. Магнитный поток. Принцип непрерывности магнитного потока. Связь магнитного поля с электрическим током. Магнитный поток сквозь замкнутую поверхность. IV уравнение Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. /Лек/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
3.7	Тема 3.5. Связь изменяющегося во времени магнитного поля с вихревым электрическим полем. Закон электромагнитной индукции. II уравнение Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. /Лек/	1	1	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
3.8	Тема 3.6. Перенос энергии электромагнитной волной. Вектор Пойнтинга. Релятивистское представление уравнений Максвелла. /Лек/	1	1	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
3.9	Практическое занятие. Определение емкости проводов в трехфазной транспонированной линии. /Пр/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
3.10	Практическое занятие. Определение скорости распространения электромагнитной волны в кабеле. /Пр/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
3.11	Тема 3.7. Контроль параметров электромагнитного поля в электрических сетях. Жизневажная потребность в контроле. Обоснование мест контроля векторов E, H, В электромагнитного поля и вектора Пойнтинга в электроэнергетической системе. /Лек/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	

3.12	Подготовка к устному опросу, подготовка отчетов по практическим занятиям. /Ср/	1	12	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
Раздел 4. Математический аппарат решения задач передачи и распределения электрической энергии						
4.1	Тема 4.1. Комплексные величины в электроэнергетике. Определение комплексного числа. Представление комплексного числа в алгебраической, тригонометрической и показательной формах записи. Действия над комплексными величинами. /Лек/	1	1	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
4.2	Тема 4.2. Применение комплексных чисел при анализе электрических режимов. Комплексный метод расчета цепей синусоидального тока. /Лек/	1	1	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
4.3	Практическое занятие. Комплексные величины в математических задачах электроэнергетики. /Пр/	1	2	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
4.4	Тема 4.3. Выражение электрической мощности в комплексной форме. Активная, реактивная и полная мощности в комплексной форме. Вектор Пойнтинга в комплексной форме записи. Физическая сущность реактивной мощности в электроэнергетической системе с позиции теории комплексных чисел. /Лек/	1	1	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
4.5	Тема 4.4. Элементы высшей алгебры в расчетных задачах электроэнергетики. Матрицы. Свойства матриц. Детерминанты и обратная матрица. Специальные матрицы. Формулы Крамера. /Лек/	1	1	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
4.6	Практическое занятие. Решение задач по определению детерминантов различных порядков и вычислению обратных матриц. /Пр/	1	2	ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
4.7	Тема 4.5. Применение матричной алгебры к исследованию и решению систем уравнений электрической сети. Матричная запись и решение системы уравнений с n неизвестными. Определение совместимой и несовместимой системы. /Лек/	1	2	ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
4.8	Тема 4.6. Решение линейных уравнений электрических цепей на основе применения обратных матриц. Определение неособенной матрицы. Алгоритм составления обратной матрицы. Эффективность использования обратной матрицы при решении систем уравнений. /Лек/	1	2	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	

4.9	Практическое занятие. Исследование системы линейных уравнений электрической сети на основе применения обратных матриц. /Пр/	1	4	ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
4.10	Тема 4.7. Топологические методы анализа электрических цепей. Схемы замещения элементов электрической сети. Граф электрической сети и некоторые его подграфы. Схемы преобразования графа. /Лек/	1	2	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
4.11	Тема 4.8. Представление электрических схем в расчетах установившихся режимов электрической сети. Топологические матрицы графа и их свойства. Матрицы соединений. Матрицы контуров. Формирование матричных уравнений состояния электрической сети. /Лек/	1	2	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
4.12	Практическое занятие. Направленные графы (линейные графы сигналов). /Пр/	1	2	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
4.13	Тема 4.9. Расчет электрических сетей методом сигнальных графов. Область применения сигнальных направленных графов. Причинно-следственная связь. Переход от изучаемой системы к направленному графу. Общая формула для передачи графа (Формула Мэсона). /Лек/	1	2	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
4.14	Подготовка к устному опросу, подготовка отчетов по практическим занятиям. /Ср/	1	12	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
Раздел 5. Задачи перехода к интеллектуальной электроэнергетической системе (Smart Grid) с активно-адаптивной сетью					
5.1	Тема 5.1. Режимы электроэнергетических систем. Взаимосвязь объектов, обеспечивающих производство, передачу, распределение и потребление электрической энергии. Электроэнергетическая система как сложная система кибернетического типа. /Лек/	1	1	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.2	Тема 5.2. Обеспечение качества электроэнергии в электроэнергетических системах. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Блок-схема обеспечения нормального установившегося режима работы электрических сетей. Основные задачи системы регулирования. /Лек/	1	1	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2

5.3	Практическое занятие. Расчет параметров несимметрии напряжений в четырехпроводной трехфазной сети 0,4 кВ по заданным параметрам режима. /Пр/	1	2	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.4	Лабораторная работа. Влияние на режим электроэнергетической системы генерируемой в ней полной мощности. /Лаб/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.5	Лабораторная работа. Влияние на режим электроэнергетической системы потребляемой в ней активной и реактивной мощности. /Лаб/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.6	Лабораторная работа. Исследование параметров утяжеленного режима работы электрической сети с односторонним питанием. /Лаб/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.7	Лабораторная работа. Натурное моделирование установившегося режима работы фазы электрической сети с двухсторонним питанием. /Лаб/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.8	Тема 5.3. Несимметрия напряжения в трехфазных системах как электромагнитная помеха. Основные понятия. Методика определения отдельных симметричных составляющих несимметричных систем ЭДС, напряжений и токов. Свойства трехфазных систем в отношении симметричных составляющих токов и напряжений. /Лек/	1	2	ОПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.9	Практическое занятие. Расчет коэффициентов симметричных составляющих несимметричного напряжения в электрической сети 0,4 кВ. /Пр/	1	2	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.10	Тема 5.4. Электромагнитные помехи от несимметрии напряжений в трехфазных системах. Уровни ЭМС для кондуктивных низкочастотных ЭМП по несимметрии напряжений в системах электроснабжения. Методика расчета кондуктивных низкочастотных ЭМП. Свойства электромагнитных помех. /Лек/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.11	Практическое занятие. Расчет показателей несимметрии напряжений в трехпроводной трехфазной электрической сети. /Пр/	1	2	ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.12	Практическое занятие. Влияние высших гармонических составляющих на работу конденсаторных батарей. /Пр/	1	2	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2

5.13	Тема 5.5. Симметрирование напряжений в трехфазных сетях. Энергетические процессы в трехфазной системе при несимметрии напряжений. Взаимосвязь уравнивания, симметрирования и компенсации реактивной мощности. Пути снижения несимметрии напряжений в трехфазной системе. Пофазное регулирование напряжения в узле сети с несимметричной нагрузкой. /Лек/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.14	Практическое занятие. Исследование зависимости реактивной мощности силового трансформатора от электрической нагрузки. /Пр/	1	1	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.15	Практическое занятие. Исследование зависимости реактивной мощности асинхронного двигателя от величины напряжения на его клеммах. /Пр/	1	1	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.16	Тема 5.6. Несинусоидальность напряжения как вид искажения. Формирование мощным вентильным преобразователем форм кривой напряжения в электрической сети. Представление периодической несинусоидальной функции напряжения, тока и ЭДС рядом Фурье. Характеристика несинусоидальных кривых напряжений в электрических сетях. /Лек/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.17	Практическое занятие. Обеспечение электромагнитной совместимости в узле нагрузки сети с вентильными преобразователями путем компенсации реактивной мощности. /Пр/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.18	Тема 5.7. Распространение высших гармонических составляющих токов и напряжений в электроэнергетической системе. Измерение параметров несинусоидальных токов, напряжений и ЭДС. Влияние погрешностей измерений отдельных электрических величин на результат расчетов других функционально связанных с ними. Потоки гармонической мощности на гармонических частотах. /Лек/	1	1	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.19	Тема 5.8. Кондуктивные низкочастотные электромагнитные помехи по коэффициентам, характеризующих несинусоидальность. Алгоритм появления. Область появления. Параметры распределения стохастических помех. Критерий распределения помех в смежных электрических сетях. /Лек/	1	1	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2

5.20	Практическое занятие. Анализ напряжения в электрической сети 10 кВ с изменяющейся в течение суток нагрузкой. /Пр/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.21	Практическое занятие. Определение суммарного коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжений на секциях шин 10 и 110 кВ при питании узла нагрузки с мощным преобразовательным устройством. /Пр/	1	2	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.22	Тема 5.9. Расчетное обеспечение допустимых уровней электромагнитной совместимости для кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех по несинусоидальности напряжения. Расчетная схема системы электроснабжения. Схемы замещения для первой гармоники тока и для высших гармоник. Расчет токов и напряжений. Алгоритм технических решений при обеспечении ЭМС. Силовые фильтры высших гармоник. /Лек/	1	2	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.23	Практическое занятие. Определение действующих значений токов и напряжений 5, 7, 11 и 13 гармоник на шинах 10 кВ подстанции. /Пр/	1	2	ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.24	Подготовка к устному опросу, подготовка отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам. /Ср/	1	20	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
Раздел 6. Контрольная работа					
6.1	/Контр.раб./	1	4	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
Раздел 7. Экзамен					
7.1	/Экзамен/	1	32	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2 Э1 Э2

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

5.1. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Представлены отдельным документом

5.2. Оценочные материалы для диагностического тестирования

Представлены отдельным документом

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л1.1	Бессонов Л. А.	Теоретические основы электротехники. В 2 т. Том 2. Электромагнитное поле: Учебник	Москва: Издательство Юрайт, 2019, электронный ресурс	1
Л1.2	Бессонов Л. А.	Теоретические основы электротехники. Электрические цепи в 2 ч. Часть 1.: Учебник	Москва: Издательство Юрайт, 2018, электронный ресурс	1
Л1.3	Давыдов М. С., Иванова Е. В., Кислицин Е. Ю., Сальников В. Г., Семенов О. Ю.	Современные проблемы передачи и распределения электрической энергии: учебное пособие	Сургут: Издательский центр СурГУ, 2019	33

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Давыдов М. С., Иванова Е. В., Кислицин Е. Ю., Рыжаков В. В., Сальников В. Г., Семенов О. Ю.	Элементы высшей алгебры в физико-математических задачах электроэнергетики: учебное пособие	Сургут: Издательский центр СурГУ, 2018, электронный ресурс	2
Л2.2	Давыдов М. С., Иванова Е. В., Кислицин Е. Ю., Рыжаков В. В., Сальников В. Г., Семенов О. Ю.	Комплексные величины в электроэнергетике: учебное пособие	Сургут: Издательский центр СурГУ, 2018, электронный ресурс	2

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л3.1	Данко П. Е., Попов А. Г., Кожевникова Т. Я., Данко С. П.	Высшая математика в упражнениях и задачах: [учебное пособие для вузов]	Москва: АСТ, печ. 2016	2
Л3.2	Потапов Л. А.	Теоретические основы электротехники. Сборник задач: Учебное пособие	Москва: Издательство Юрайт, 2019, электронный ресурс	1

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"	
Э1	Единое окно доступа к образовательным ресурсам window.edu.ru
Э2	Портал об электроэнергетике, электрооборудовании orca.ru
6.3.1 Перечень программного обеспечения	
6.3.1.1	Операционная система Microsoft Windows, пакет прикладных программ Microsoft Office.
6.3.2 Перечень информационных справочных систем	
6.3.2.1	«Национальная электронная библиотека» нэб.рф Электронные книги Springer Nature (Science, Technology and Medicine Collections) https://link.springer.com/
6.3.2.2	Гарант-информационно-правовой портал. http://www.garant.ru/
6.3.2.3	КонсультантПлюс –надежная правовая поддержка. http://www.consultant.ru/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
7.1	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащены: комплект специализированной учебной мебели, маркерная (меловая) доска, комплект переносного мультимедийного оборудования - компьютер, проектор, проекционный экран, компьютеры с возможностью выхода в Интернет и доступом в электронную информационно-образовательную среду. Обеспечен доступ к сети Интернет и в электронную информационную среду организации.
7.2	332А. Лаборатория «Электроэнергетических систем, электроснабжения и силовой электроники» для проведения лабораторных занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации укомплектована специализированной мебелью, меловая доска. Технические средства обучения: модульные учебные комплексы. В состав модульного учебного комплекса входят следующие блоки: 1. Машина постоянного тока тип 101.2. 2. Машина переменного тока тип 102.1. 3. Асинхронный двигатель тип 103.1. 4. Преобразователь угловых перемещений тип 104. 5. Трехфазный источник питания тип 201.4. 6. Источник питания двигателя постоянного тока тип 206.1. 7. Возбудитель синхронной машины тип 209. 8. Источник постоянного напряжения тип 214.1. 9. Однофазный источник питания тип 218.5. 10. Трехполюсный выключатель тип 301.1. 11. Активная нагрузка тип 306.1. 12. Модель линии электропередачи тип 313.2. 13. Линейный реактор тип 314.2. 14. Емкостная нагрузка тип 317.3. 15. Регулируемый автотрансформатор тип 318.2. 16. Блок синхронизации тип 319. 17. Выпрямитель тип 322.2. 18. Индуктивная нагрузка тип 324.2. 19. Коннектор тип 330. 20. Блок ввода/вывода цифровых сигналов тип 331. 21. Блок диодов тип 332. 22. Регулировочный трансформатор тип 338. 23. Трехфазная трансформаторная группа тип 347.1. 24. Электротепловое реле тип 356. 25. Коммутатор измерителя мощностей тип 349. 26. Автоматический однополюсный выключатель тип 359. 27. Контактор тип 364. 28. Реле максимального тока тип 366. 29. Реле минимального напряжения тип 367. 30. Реле времени тип 369. 31. Промежуточное реле тип 370. 32. Однофазный трансформатор тип 372.1. 33. Фильтрокомпенсирующее устройство тип 392. 34. Блок измерительных трансформаторов тока и напряжения тип 401.1. 35. Блок датчиков тока и напряжения тип 402.3. 36. Трансформатор тока тип 403.1. 37. Измеритель напряжений и частот тип 504.2. 38. Указатель угла нагрузки синхронной машины тип 505.2. 39. Указатель частоты вращения тип 506.2. 40. Измеритель мощностей тип 507.2. 41. Блок мультиметров тип 508.2. 42. Измеритель показателей качества электроэнергии тип 526.2. 43. Измеритель параметров однофазной сети тип 542.