

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УМР

_____ Е.В. Коновалова

15 июня 2023 г., протокол УМС №5

МОДУЛЬ ДИСЦИПЛИН ПРОФИЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Электрические машины

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Радиоэлектроники и электроэнергетики**

Учебный план bz130302-Энерг-23-3.plx
13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
Направленность (профиль): Электроэнергетические системы и сети

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **заочная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 180

в том числе:

аудиторные занятия 22

самостоятельная работа 149

часов на контроль 9

Виды контроля на курсах:
экзамены 3
курсовые проекты 3

Распределение часов дисциплины по курсам

Курс	3		Итого	
	уп	рп		
Лекции	8	8	8	8
Лабораторные	6	6	6	6
Практические	8	8	8	8
Итого ауд.	22	22	22	22
Контактная работа	22	22	22	22
Сам. работа	149	149	149	149
Часы на контроль	9	9	9	9
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

кандидат технических наук, доцент, Иванов Геннадий Викторович

Рабочая программа дисциплины

Электрические машины

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 144)

составлена на основании учебного плана:

13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Направленность (профиль): Электроэнергетические системы и сети

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

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Радиоэлектроники и электроэнергетики

Зав. кафедрой Рыжаков Виталий Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Основная цель изучения курса «Электрические машины» – формирование у обучающихся знаний о конструкции, эксплуатационных характеристиках электрических машин и трансформаторов, принципах действия основных видов электрических машин и трансформаторов и особенностях их применения.
-----	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:	Б1.В.01
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Теоретические основы электротехники
2.1.2	Физика
2.1.3	Высшая математика
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Электроэнергетические системы и сети
2.2.2	Электрический привод
2.2.3	Электрические станции и подстанции
2.2.4	Электроснабжение
2.2.5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

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

ПК-4.1:	Демонстрирует знания правил технической эксплуатации объектов профессиональной деятельности
ПК-4.2:	Рассчитывает параметры и режимы работы технологического оборудования объектов профессиональной деятельности
ПК-2.3:	Выбирает оборудование объектов профессиональной деятельности на различных стадиях проектирования
ПК-1.2:	Определяет характеристики объектов профессиональной деятельности
ОПК-6.1:	Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность
ОПК-4.5:	Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использует знание их режимов работы и характеристик
ОПК-3.5:	Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	Основы теории электромеханического преобразования энергии и физические основы работы электрических машин и трансформаторов.
3.1.2	Виды электрических машин и трансформаторов, их основные характеристики.
3.1.3	Режимы работы электрических машин различных типов, способы подключения к электрическим сетям. Требования к условиям эксплуатации электрических машин.
3.2	Уметь:
3.2.1	Подключать и эксплуатировать различные виды электрических машин и трансформаторов.
3.2.2	Производить выбор электрических машин и трансформаторов.
3.2.3	Определять по характерным параметрам режим работы электрических машин и трансформаторов.
3.3	Владеть:
3.3.1	Навыками запуска в работу электрических машин и трансформаторов.
3.3.2	Методами выбора по характерным параметрам электрических машин и трансформаторов.
3.3.3	Методами анализа режимов работы электрических машин и трансформаторов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Примечание
	Раздел 1. Основные понятия об электрических машинах.					

1.1	Содержание дисциплины и связь с другими дисциплинами. Назначение и классификация электрических машин. Диаграмма преобразования мощности. Принцип обратимости. Основные электромагнитные схемы электрических машин. Общие вопросы моделирования электрических машин. Цифровые двойники. /Лек/	3	0,5	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	
1.2	Повторение пройденного материала, подготовка к устному опросу. /Ср/	3	16	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	
Раздел 2. Машины постоянного						
2.1	Назначение и область применения электрических машин постоянного тока. Принцип действия в режимах работы генератора и двигателя. Принцип обратимости. Устройство униполярной и коллекторной машины постоянного тока. Понятие об обмотках якоря. ЭДС обмотки якоря. Электромагнитный момент. Магнитные поля машины постоянного тока: магнитная цепь, понятие о реакции якоря и ее влияние на работу машины. Сущность процесса коммутации и способы его улучшения. Классификация электрических машин постоянного тока по способу возбуждения. Характеристики генераторов постоянного тока. Двигатели постоянного тока (ДПТ): пуск и ход, регулирование частоты вращения. Двигатели параллельного, последовательного и смешанного возбуждения. Импульсное питание двигателей постоянного тока: электромашинные усилители (ЭМУ), тахогенераторы, исполнительные (управляемые) двигатели, бесконтактные двигатели постоянного тока. Моделирование процесса запуска ДПТ (ГПТ) в работу. /Лек/	3	1,5	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	
2.2	Решение типовых задач /Пр/	3	2	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.2 Э1 Э2 Э3	
2.3	Лабораторная работа №1. Исследование генератора постоянного тока параллельного возбуждения. Лабораторная работа №2. Исследование модели машины постоянного тока. /Лаб/	3	1	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3	
2.4	Повторение пройденного материала, подготовка к устному опросу, подготовка отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам. /Ср/	3	24	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	
Раздел 3. Трансформаторы.						

3.1	Назначение и классификация трансформаторов. Принцип действия. Элементы конструкции и основные конструктивные модификации. Трехфазные силовые трансформаторы. Схемы и группы соединений. ЭДС обмоток. Уравнения напряжений и токов. Приведенный трансформатор. Эквивалентная схема замещения трансформатора. Физические процессы в трансформаторе в режимах холостого хода, короткого замыкания, работы под нагрузкой. Изменение выходного напряжения при нагрузке, внешние характеристики. Потери и КПД. Условие максимум КПД. Параллельная работа трансформаторов, условия включения на параллельную работу. Понятие о несимметричных режимах работы. Специальные типы трансформаторов: многообмоточные трансформаторы, автотрансформаторы, трансформаторы для преобразователей, измерительные трансформаторы тока и напряжения. Моделирование режимов работы трансформаторов. Автоматизированная система мониторинга и диагностики трансформаторов. /Лек/	3	1,5	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	
3.2	Решение типовых задач /Пр/	3	2	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3	
3.3	Лабораторная работа №3. Снятие и определение характеристик короткого замыкания $i_k=f(u)$, $r_k=f(u)$, $\cos\phi_k=f(u)$ однофазного трансформатора. Лабораторная работа №4. Исследование модели силового трансформатора. /Лаб/	3	2	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.3 Э1 Э2 Э3	
3.4	Повторение пройденного материала, подготовка к устному опросу, подготовка отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам. /Ср/	3	24	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3	
Раздел 4. Основы общей теории машин переменного тока						
4.1	Общие свойства машин переменного тока, сходство и различие синхронных и асинхронных машин. Понятие об обмотках статора и ротора. Электродвижущая сила (ЭДС) и магнитодвижущая сила (МДС) обмоток. Принцип создания вращающегося магнитного поля. /Лек/	3	0,5	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	
4.2	Повторение пройденного материала, подготовка к устному опросу. /Ср/	3	10	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	
Раздел 5. Асинхронные машины.						

5.1	<p>Назначение и область применения. Принцип действия, устройство. Физические процессы в асинхронной машине. Схема замещения. Электромагнитный вращающий момент. Механические характеристики. Режимы работы и энергетические соотношения. Пуск в ход и регулирование частоты вращения асинхронных двигателей. Особые виды и режимы работы многофазных асинхронных двигателей: двигатели с улучшенными пусковыми свойствами, с неподвижным ротором, с массивным ротором, с разомкнутым магнитопроводом статора (линейные двигатели). Однофазные асинхронные двигатели. Асинхронные микромашины автоматических устройств: исполнительные (управляемые) двигатели, тахогенераторы, вращающиеся (поворотные) трансформаторы, сельсины. Асинхронные генераторы. Моделирование режимов работы асинхронных машин. /Лек/</p>	3	1,5	<p>ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-4.5 ОПК-3.5</p>	<p>Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3</p>	
5.2	<p>Решение типовых задач /Пр/</p>	3	2	<p>ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-4.5 ОПК-3.5</p>	<p>Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.2 Э1 Э2 Э3</p>	
5.3	<p>Лабораторная работа №5. Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Лабораторная работа №6. Исследование модели асинхронной машины. /Лаб/</p>	3	2	<p>ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-4.5 ОПК-3.5</p>	<p>Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3</p>	
5.4	<p>Повторение пройденного материала, подготовка к устному опросу, подготовка отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам. /Ср/</p>	3	20	<p>ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-4.5 ОПК-3.5</p>	<p>Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3</p>	
Раздел 6. Синхронные машины.						

6.1	Назначение и область применения. Принцип действия, конструкция явнополюсных и неявнополюсных синхронных машин. Магнитные поля, реакция якоря (статора) и индуктивные сопротивления синхронных машин. Основные виды векторных диаграмм напряжений синхронной машины. Понятие о характеристиках синхронных генераторов. Трехфазный синхронный двигатель. Принцип работы и векторные диаграммы, электромагнитный момент. Способы пуска и регулирования частоты вращения. Уравнение электромагнитной мощности, угловая характеристика, работа при изменении тока возбуждения (V – образные характеристики) синхронных машин. Синхронный компенсатор. Синхронные микромашины автоматических систем: реактивный, гистерезисный, безредукторный, шаговый двигатели. Моделирование режимов работы синхронных машин. /Лек/	3	1,5	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	
6.2	Решение типовых задач /Пр/	3	2	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.2 Э1 Э2 Э3	
6.3	Лабораторная работа №8. Исследование синхронного генератора. Лабораторная работа №9. Исследование модели синхронной машины. /Лаб/	3	1	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3	
6.4	Повторение пройденного материала, подготовка к устному опросу, подготовка отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам. /Ср/	3	20	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3	
Раздел 7. Электрические машины малой мощности						
7.1	Электрические машины малой мощности: их назначение и области применения. Виды электрических машин малой мощности. Исполнительные двигатели переменного и постоянного тока. Тахогенераторы постоянного и переменного тока. Универсальный коллекторный двигатель. Сельсины, требования к системам синхронной связи. Асинхронные двигатели малой мощности: общего применения и управляемые с полым и короткозамкнутым ротором. Явление самохода. Синхронные двигатели малой мощности: реактивные, гистерезисный, с постоянными магнитами. Шаговые двигатели. Вращающийся трансформатор /Лек/	3	1	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	

7.2	Повторение пройденного материала, подготовка к устному опросу. /Ср/	3	5	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3	
Раздел 8. Курсовой проект						
8.1	Выполнение курсового проекта /Ср/	3	30	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	
8.2	Защита КП /КП/	3	0	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.3 Э1 Э2 Э3	
Раздел 9. Экзамен						
9.1	Экзамен /Экзамен/	3	9	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-4.5 ОПК-3.5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3	

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	Копылов И. П.	Электрические машины в 2 т. Том 1: учебник для вузов	Москва: Юрайт, 2023, электронный ресурс	1
Л1.2	Копылов И. П.	Электрические машины в 2 т. Том 2: учебник для вузов	Москва: Юрайт, 2023, электронный ресурс	1

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Ким К. К.	Сверхпроводниковые электрические машины с магнитным подвесом: Монография	Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2019, электронный ресурс	1
Л2.2	Елифанов А. П.	Электрические машины	Санкт-Петербург: Лань, 2021, электронный ресурс	1

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.3	Поляков А. Е., Чесноков А. В.	Электрические машины, электропривод и системы интеллектуального управления электротехническими комплексами: Учебное пособие	Москва: Издательство "ФОРУМ", 2022, электронный ресурс	1
6.1.3. Методические разработки				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л3.1	Глазков А.В.	Электрические машины. Лабораторные работы: Учебное пособие	Москва: Издательский Центр РИО♦, 2021, электронный ресурс	1
Л3.2	Ионов А. А.	Электрические машины : задачник	Самара: СамГУПС, 2019, электронный ресурс	1
Л3.3	Фролов А. С., Черных Р. А.	Электрические машины. Проектирование трансформаторов: учебно-методическое пособие по курсовому проектированию	Красноярск: СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2018, электронный ресурс	1
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"				
Э1	Единое окно доступа к образовательным ресурсам www.edu.ru			
Э2	Портал "Электрические сети, оборудование, документация, инструкции" http://leg.co.ua/			
Э3	Информационный проект для работников энергетических служб и студентов электротехнических вузов https://electrichelp.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:
7.3	1. Блок амперметра-вольтметра, измеритель параметров одно и 3-фазной сети;
7.4	2. Нагрузка индуктивная, активная, емкостная и устройство продольной емкостной компенсации;
7.5	3. Одно и 3-фазный источники питания;
7.6	4. Электромашинный агрегат с машиной постоянного тока, машиной переменного тока и преобразователем углового перемещения;
7.7	5. Источник питания двигателя постоянного тока;
7.8	6. Возбудитель синхронной машины;
7.9	7. Трехполюсный выключатель;
7.10	8. Терминал;
7.11	9. Блок синхронизации и ввода/вывода цифровых сигналов;

7.12	10. Трехфазная трансформаторная группа;
7.13	11. Блок измерительных трансформаторов тока и напряжения;
7.14	12. Блок датчиков тока и напряжения;
7.15	13. Измеритель напряжений и частот;
7.16	14. Указатель угла нагрузки синхронной машины;
7.17	15. Указатель частоты вращения;
7.18	16. Блок мультиметров;
7.19	17. Различные типы электромеханических реле.