

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной  
работе

Лейфа А.В. Лейфа

10 июня 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ»

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль) образовательной программы – Электроэнергетические системы  
и сети

Квалификация выпускника – Бакалавр

Год набора – 2024

Форма обучения – Очная

Курс 3 Семестр 5

Экзамен 5 сем

Общая трудоемкость дисциплины 180.0 (академ. час), 5.00 (з.е)

Составитель Т.В. Карпова, старший преподаватель,

Энергетический факультет

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.18 № 144

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники

01.02.2024 г. г. , протокол № 7

Заведующий кафедрой Скрипко О.В. Скрипко

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

10 июня 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

10 июня 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Савина Н.В. Савина

10 июня 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и  
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

10 июня 2024 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель дисциплины:

Освоение основ теории электромагнитных процессов и электромеханического преобразования энергии, овладение методами анализа и расчета электромеханических преобразователей, приобретение студентами навыков самостоятельного исследования путем закрепления теоретического материала в ходе выполнения лабораторных работ, на практических занятиях и в процессе курсового проектирования.

### Задачи дисциплины:

- изучить устройство и принцип действия различных типов электрических машин и трансформаторов на основе физических явлений и законов, связанных с их работой и усвоенных в курсах физики и теоретической электротехники;
- научиться составлять математические модели и схемы замещения электрических машин и трансформаторов и описывать переходные процессы в них;
- изучить основные характеристики, методы исследования и основы проектирования, усвоить вопросы испытания и эксплуатации электрических машин и трансформаторов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Электрические машины» входит в обязательную часть блока 1 учебного плана.

Теоретической базой дисциплины «Электрические машины» являются высшая математика, физика, техническая механика, электроника и теоретические основы электротехники.

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

### 3.1 Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Теоретическая и практическая профессиональная подготовка	ОПК-4 Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ИД-5.ОПК-4. Анализирует установленные режимы работы трансформаторов и электрических машин, использует знание их режимов работы и характеристик.

## 4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.00 зачетных единицы, 180.0 академических часов.

1 – № п/п

2 – Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

3 – Семестр

4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)

4.1 – Л (Лекции)

4.2 – Лекции в виде практической подготовки

4.3 – ПЗ (Практические занятия)

4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки

4.5 – ЛР (Лабораторные работы)

4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки

4.7 – ИКР (Иная контактная работа)

4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)

4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)

5 – Контроль (в академических часах)

6 – Самостоятельная работа (в академических часах)

7 – Формы текущего контроля успеваемости

1	2	3	4									5	6	7
			4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9			
1	Трансформаторы.	5	16		6		6						8	тестирование , контроль выполнения практических и лабораторных работ Курсовой проект.
2	Синхронные машины	5	16		4		2						8	тестирование , контроль выполнения практических и лабораторных работ
3	Асинхронные машины	5	8		4		4						8	тестирование , контроль выполнения практических и лабораторных работ
4	Машины постоянного тока.	5	6		2		4						8	тестирование , контроль выполнения практических и лабораторных работ
5	Переходные процессы в электрических машинах.	5	4										4	тестирование
6	Курсовой проект	5							3.0				23	Защита курсового проекта
7	Экзамен	5									0.3	35.7		

	Итого		50.0	16.0	16.0	3.0	0.0	0.3	35.7	59.0	
--	-------	--	------	------	------	-----	-----	-----	------	------	--

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Трансформаторы.	<p>1.1. Введение. Основные определения.</p> <p>1.2. Преобразование электрической энергии в трансформаторе. Электромеханическое преобразование энергии в электрической машине.</p> <p>1.3. Трансформаторы. Назначение, область применения и конструкция трансформаторов.</p> <p>1.4. Электромагнитные процессы в трансформаторе при холостом ходе. Работа трансформатора при нагрузке.</p> <p>1.5. Приведенный трансформатор: схема замещения и векторная диаграмма. Изменение и регулирование напряжения трансформатора, КПД.</p> <p>1.6. Трехфазные трансформаторы. Схемы и группы соединения. Параллельное включение тр-ров.</p> <p>1.7. Расчет параметров и экспериментальное определение параметров и потерь тр-ра.</p> <p>1.8. Переходные процессы в трансформаторах.</p>
2	Синхронные машины	<p>2.1. Синхронные машины. Основные виды машин переменного тока.</p> <p>2.2. Вращающееся магнитное поле.</p> <p>2.3. Принцип действия синхронной машины.</p> <p>2.4. Электромагнитные процессы в СМ без учета насыщения.</p> <p>2.5. Характеристики СГ при автономной нагрузке.</p> <p>2.6. Особенности параллельной работы генераторов в эл/системе.</p> <p>2.7. Условия и способы включения на параллельную работу.</p> <p>2.8. Активная и реактивная мощности СМ.</p>
3	Асинхронные машины	<p>3.1. Принцип действия и конструкция АМ.</p> <p>3.2. Эл/магнитные процессы в цепях АМ при ХХ. Эл/магнитные процессы в АМ при нагрузке.</p> <p>3.3. Потери. КПД. Приведение электромагнитных процессов в АМ к трансформатору. Схема замещения АМ.</p> <p>3.4. Пуск и регулирование частоты вращения АД. Однофазные АД.</p>
4	Машины постоянного тока.	<p>4.1. Устройство и принцип действия электрических машин постоянного тока. Электромагнитный момент. Основные электромагнитные соотношения.</p> <p>4.2. Двигатели постоянного тока (ДПТ). Характеристики ДПТ в установившемся режиме.</p> <p>4.3. Генераторы ПТ.</p>
5	Переходные процессы в электрических машинах.	<p>5.1. Переходные процессы в синхронной машине при изменении возбуждения.</p>

		5.2. Переходные процессы в синхронной машине при гашении поля.
--	--	--

### 5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
Работа трансформатора при ХХ и нагрузке. Приведенный трансформатор.	Потери и схемы замещения трансформатора при холостом ходе. Определение параметров схемы замещения. ЭДС взаимной индукции в первичной и вторичной обмотках. Уравнения в комплексной форме.
Трехфазные трансформаторы. Схемы и группы соединения.	Способы трансформации трехфазных токов и напряжений. Схемы соединения обмоток и стандартизованные группы соединения трехфазных трансформаторов.
Расчет и экспериментальное определение параметров и потерь трансформатора	Применение опытов ХХ и КЗ для определения параметров схемы замещения и построения ВД приведенного трансформатора
Электромагнитные процессы в СМ при нагрузке без учета насыщения. Реакция якоря. Уравнение напряжений. Диаграмма Blondеля. Построение и анализ рабочих характеристик СГ.	Уравнение напряжений для фазы обмотки якоря неявнополюсного и явнополюсного СГ. Два вида диаграммы Blondеля. Диаграмма Потье и ее применение для построения регулировочной и внешней характеристик.
Схема замещения и векторная диаграмма синхронного двигателя.	Расчет и построение ВД при различных токах возбуждения.
Электромагнитные процессы в АМ при нагрузке.	Уравнения напряжений и токов. Электромагнитная, механическая и полезная мощности АД.
Электромагнитные процессы в АМ при нагрузке.	Приведение электромагнитных процессов в АД к трансформатору.
Машины постоянного тока. Устройство, принцип действия и механические характеристики ДПТ.	Расчет и построение МХ ДПТ независимого и последовательного возбуждения

### 5.3. Лабораторные занятия

Наименование темы	Содержание темы
Исследование однофазного трансформатора	Определение коэффициента трансформации. Проведение опытов ХХ и КЗ. Расчет сопротивлений схемы замещения приведенного трансформатора и сопротивлений вторичной обмотки реального трансформатора. Построение ВД приведенного трансформатора.
Исследование трехфазного трансформатора	Определение коэффициента трансформации. Проведение опыта ХХ и построение зависимостей тока холостого хода и мощности при ХХ от первичного напряжения. Проведение опыта КЗ и определение напряжения КЗ.
Исследование трехфазного	Построение зависимости процентного изменения

трансформатора	напряжения трансформатора от тока нагрузки при коэффициенте мощности, равном 0,8. Построение кривой зависимости КПД трансформатора от полезной мощности коэффициенте мощности, равном 0,8. Определение нагрузки при максимальном КПД в комплексной форме неприведенного и приведенного трансформатора.
Исследование трехфазного синхронного генератора	Проверка симметричности напряжений обмотки якоря. Получение ХХХ. Получение внешней и регулировочной характеристик. Получение ХКЗ для трехфазного, двухфазного и однофазного КЗ. Построение ВД при $\cos\varphi = 0,8$ и определение номинального изменения напряжения. Определение ОКЗ по ХХХ и характеристике трехфазного КЗ.
Исследование механических характеристик АД	Проведение опытов ХХ и КЗ .
Исследование механических характеристик АД	Построение зависимостей тока и потребляемой мощности от фазного напряжения обмотки статора. Построение рабочих характеристик асинхронного двигателя.
Исследование механических характеристик ДПТ параллельного возбуждения.	Получение естественной и искусственной механических характеристик.
Исследование механических характеристик ДПТ параллельного возбуждения.	Получение регулировочных характеристик: а) зависимости частоты вращения от тока возбуждения при неизменном напряжении на зажимах и моменте на валу; б) зависимости тока возбуждения от тока якоря при неизменном напряжении на зажимах и частоты вращения.

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах
1	Трансформаторы.	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям, курсовое проектирование.	8
2	Синхронные машины	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.	8
3	Асинхронные машины	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.	8
4	Машины постоянного тока.	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.	8
5	Переходные процессы в электрических машинах.	Подготовка к тестированию.	4
6	Курсовой проект		23

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации дисциплины используются традиционные и современные образовательные технологии.

Из современных образовательных технологий применяются информационные и компьютерные технологии, технологии активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой, технологии проблемного обучения.

На лекционных занятиях по дисциплине возникают следующие дидактические задачи: заинтересовать, убедить, побудить к самостоятельному поиску и активной мыслительной деятельности, помочь совершить мысленный переход от теоретического уровня к прикладным знаниям и др.

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Примерный перечень вопросов к экзамену:

### ТРАНСФОРМАТОРЫ

1. Назначение и область применения трансформаторов.
2. Принцип действия и основные элементы конструкции трансформаторов.
3. Холостой ход идеализированного и реального трансформатора (уравнения электродвижущих сил, векторные диаграммы).
4. Намагничивающий ток и ток ХХ трансформатора.
5. Работа трансформатора под нагрузкой. Комплексные уравнения магнитодвижущих сил и токов, уравнения электродвижущих сил.
6. Приведенный трансформатор. Приведение параметров вторичной обмотки трансформатора.
7. Полная векторная диаграмма трансформатора под нагрузкой при активной, активно-индуктивной и активно-емкостной нагрузках.
8. Схема замещения трансформатора.
9. Опытное определение параметров схемы замещения.
10. Характеристики ХХ КЗ трансформатора.
11. Упрощенная векторная диаграмма трансформатора.
12. Внешние характеристики трансформатора и изменение вторичного напряжения трансформатора.
13. Потери и КПД трансформатора.
14. Трехфазный трансформатор. Схемы и группы соединения.
15. Автотрансформатор.
15. Параллельная работа трансформаторов. Условия включения на параллельную работу. Распределение нагрузок.
16. Трехобмоточные трансформаторы.
17. Автотрансформаторы.
18. Принципы регулирования напряжения в трансформаторах.
19. Переходный процесс при включении трансформатора в сеть.
20. Переходный процесс при коротком замыкании вторичной обмотки.

### СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ

1. Принцип действия и основные элементы конструкции СГ.
2. Способы возбуждения СМ.
3. Работа СГ при ХХ.
4. СГ под нагрузкой. Реакция якоря.
5. Уравнения ЭДС и векторные диаграммы СГ (диаграмма Blondеля). Определение индуктивных сопротивлений СГ.
6. Практическая диаграмма ЭДС (диаграмма Потье).
7. Рабочие характеристики СГ.
8. Потери и КПД СМ.
9. Параллельная работа СМ с сетью. Способы синхронизации.
10. Регулирование активной и реактивной нагрузки СГ, включенного на параллельную работу.
11. Электромагнитная мощность (момент) СМ.



12. Статическая устойчивость.
13. Режим угловой характеристики.
14. Режим U - обратной характеристики.
15. Переходные процессы в СМ.

#### АСИНХРОННЫЕ МАШИНЫ

1. Принцип действия и конструктивные основные типы АМ.
2. Магнитные поля и ЭДС АМ.
3. Основные уравнения (МДС, ЭДС и токов). Коэффициенты приведения по ЭДС, по току, приведение сопротивлений обмотки ротора. Векторная диаграмма АД.
4. Схема замещения. Ток ротора.
5. Основные энергетические соотношения. Энергетическая диаграмма АД.
6. Электромагнитный момент АМ (вывод формулы).
7. Механическая характеристика АМ. Возможные режимы работы. Механическая характеристика АД. Критическое скольжение. Максимальный и пусковой моменты. Перегрузочная способность, кратность пускового момента.
9. Искусственные характеристики АД.
10. Рабочие характеристики трехфазных АД.
11. Регулирование частоты вращения АД.
12. Способы пуска АД.
15. Переходные процессы в АД.

#### МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1. Принцип действия генератора ПТ и двигателя ПТ.
2. Устройство электрической машины ПТ.
3. Способы возбуждения.
4. Электродвижущая сила обмотки якоря (вывод формулы).
5. Электромагнитный момент машины ПТ (вывод формулы).
6. Магнитная цепь электрической машины ПТ.
7. Реакция якоря машины ПТ.
8. Потери и КПД электрических машин ПТ.
9. Уравнения ЭДС, тока, момента двигателя ПТ. Частота вращения ДПТ.
10. Пуск двигателей ПТ.
11. Механические и эл.мех. (скоростные) характеристики ДПТ независимого (параллельного возбуждения).
12. Регулирование частоты вращения ДПТ.
13. Условия самовозбуждения генераторов ПТ параллельного возбуждения и их основные характеристики.

Тема курсового проекта: «Проектирование трансформаторов и гидрогенераторов».

### 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### а) литература

1. Ванурин, В. Н. Электрические машины / В. Н. Ванурин. — 3-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 304 с. — ISBN 978-5-507-44500-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/230381> (дата обращения: 07.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Жуловян, В. В. Электрические машины: электромеханическое преобразование энергии : учебное пособие для вузов / В. В. Жуловян. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 425 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04292-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/538789> (дата обращения: 29.03.2024).
3. Копылов, И. П. Электрические машины в 2 т. Том 1 : учебник для вузов / И. П. Копылов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 267 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03222-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/537617> (дата обращения: 29.03.2024).

4. Копылов, И. П. Электрические машины в 2 т. Том 2: учебник для вузов / И. П. Копылов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 407 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03224-6. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/537618> (дата обращения: 29.03.2024).

5. Епифанов, А. П. Электрические машины / А. П. Епифанов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 264 с. — ISBN 978-5-507-45350-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/265181> (дата обращения: 07.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Игнатович, В. М. Электрические машины и трансформаторы: учебное пособие для вузов / В. М. Игнатович, Ш. С. Ройз. — 6-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 181 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00881-4. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/555562> (дата обращения: 29.03.2024).

8. Электрические машины [Электронный ресурс]: сб. учеб.-метод. материалов для направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / АмГУ, ЭФ; сост. В.И. Усенко-Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017. - 22 с. - Режим доступа [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/8277.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/8277.pdf)

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	Операционная система специального назначения «Astra Linux Special Edition» РУСБ.10015-01	Лицензионный договор № РБТ-14/1607-01- ВУЗ на предоставление права использования программы для ЭВМ.
2	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>	Электронно-библиотечная система, включающая в себя как электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам.
3	ЭБС ЮРАЙТ <a href="https://urait.ru">https://urait.ru</a>	Фонд электронной библиотеки составляет более 4000 наименований и постоянно пополняется новинками, в большинстве своем это учебники и учебные пособия для всех уровней профессионального образования от ведущих научных школ с соблюдением требований новых ФГОСов.
4	ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» <a href="http://www.studentlibrary.ru">www.studentlibrary.ru</a>	Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" ( <a href="http://www.studentlibrary.ru">www.studentlibrary.ru</a> ) является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения (ФГОС ВО 3+) к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	<a href="http://drsk.ru">http://drsk.ru</a>	Официальный сайт Акционерное общество

		«Дальневосточная распределительная сетевая компания»
2	<a href="http://www.rushydro.ru/company/">http:// www.rushydro.ru/company/</a>	Официальный сайт ПАО «РусГидро»
3	<a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>	Google Scholar - поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов дисциплин
4	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – российский информационно- аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине «Электрические машины» проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы: учебная мебель, доска, мультимедиапроектор, проекционный экран, ноутбук, телевизор ЖК «TCL».

Используется лабораторное оборудование:

Универсальные лабораторные стенды ЭВ4, предназначенные для проведения лабораторных работ по электрическим машинам; лабораторный стенд по изучению синхронного генератора и асинхронного двигателя, лабораторный стенд по исследованию двигателя постоянного тока, лабораторный стенд по исследованию однофазного трансформатора, лабораторный стенд по исследованию трехфазного трансформатора, лабораторный стенд, стенд по методам маркировка выводов обмотки двигателя.

Комплект типового лабораторного оборудования «Электрические машины и электропривод» ЭМП-Н-К.

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

Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно- библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно- образовательную среду университета.