Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Оренбургский государственный университет»**

Кафедра автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

*«Б1.Д.Б.21 Электрические машины»*

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

*13.03.02 Электроэнергетика и электротехника*

(код и наименование направления подготовки)

*Электроснабжение*

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

*Бакалавр*

Форма обучения

*Заочная*

Год набора 2024

2145927

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.Б.21 Электрические машины*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники
*наименование кафедры*

протокол № 5 от "16" января 2024 г.

И.о. заведующего кафедрой
Кафедра автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники
*наименование кафедры* *подпись* А.С. Безгин *расшифровка подписи*

Исполнители:
Доцент А.С. Падеев

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника С.В. Митрофанов
*код наименование* *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
*личная подпись* Н.Н. Бигалиева *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству Института энергетики, электроники и связи
*личная подпись* С.А. Сильвашко *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Падеев А.С., 2024
© ОГУ, 2024

**1 Цели и задачи освоения дисциплины**

**Цель** освоения дисциплины: овладение знаниями об электрических машинах общего назначения, их проектировании и эксплуатации.

**Задачи:**

– изучить устройство и принцип действия электрических машин;
– изучить особенности эксплуатации электрических машин;
– научить определять основные параметры электрических машин;
– изучить режимы работы электрических машин;
– изучить основные характеристики электрических машин.

**2 Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.11 Информатика, Б1.Д.Б.14 Физика, Б1.Д.Б.16 Математика, Б1.Д.Б.19 Теоретические основы электротехники, Б1.Д.Б.20 Техническая механика, Б1.Д.В.1 Инженерная и компьютерная графика*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.3 Введение в специальность, Б1.Д.В.11 Теория электропривода, Б1.Д.В.13 Регулирование координат в электроприводах, Б1.Д.В.14 Математическое моделирование в электроприводе, Б1.Д.В.15 Монтаж, наладка и диагностика электропривода, Б1.Д.В.18 Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов, Б1.Д.В.Э.2.2 Специальные электрические машины, Б2.П.В.П.2 Проектная практика*

**3 Требования к результатам обучения по дисциплине**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

| Код и наименование формируемых компетенций | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций |
|---|---|---|
| ОПК-3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач | ОПК-3-В-1 Применяет математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной<br>ОПК-3-В-5 Демонстрирует понимание физических явлений и умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач | **Знать:**<br>– основные электромагнитные соотношения в машинах постоянного тока;<br>– основные уравнения трансформаторов, асинхронных и синхронных машин.<br>**Уметь:**<br>– применять основные соотношения и уравнения электрических машин при решении теоретических задач и при обработке экспериментальных исследований.<br>**Владеть:**<br>– навыками расчета и построения характеристик электрических машин. |
| ОПК-4 Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин | ОПК-4-В-5 Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и электрических машин, использует знание их режимов работы и характеристик | **Знать:**<br>– устройство и принцип действия электрических машин и трансформаторов;<br>– характеристики и режимы работы электрических машин и трансформаторов;<br>– особенности эксплуатации основных типов электрических машин.<br>**Уметь:**<br>– проводить испытания электрических машин и трансформаторов<br>– строить характеристики электрических машин по экспериментальным и расчетным данным.<br>**Владеть:** |

| Код и наименование формируемых компетенций | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций |
|---|---|---|
| | | – опытом испытаний электрических машин;<br>– опытом получения и построения характеристик электрических машин. |
| ОПК-6 Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности | ОПК-6-В-1 Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность | **Знать:**<br>– схемы замещения электрических машин;<br>– способы определения параметров электрических машин.<br>**Уметь:**<br>– определять параметры электрических машин;<br>– рассчитывать и снимать характеристики электрических машин;<br>**Владеть:**<br>– способами и методами определения параметров схем замещения электрических машин;<br>– навыками расчета параметров электрических машин при различных режимах работы. |

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц (324 академических часа).

| Вид работы | Трудоемкость, академических часов | | |
|---|---|---|---|
| | 4 семестр | 5 семестр | всего |
| **Общая трудоёмкость** | **144** | **180** | **324** |
| **Контактная работа:** | **16,5** | **23** | **39,5** |
| Лекции (Л) | 8 | 8 | 16 |
| Практические занятия (ПЗ) | 2 | 6 | 8 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 6 | 6 | 12 |
| Консультации | | 1 | 1 |
| Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий | | 1,5 | 1,5 |
| Промежуточная аттестация (зачет, экзамен) | 0,5 | 0,5 | 1 |
| **Самостоятельная работа:**<br>*- выполнение курсового проекта (КП);*<br>*- выполнение контрольной работы (КонтрР);*<br>*- написание реферата (Р);*<br>*- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;*<br>*- изучение разделов 1 - 5 (частично) курса в системе электронного обучения;*<br>*- подготовка к лабораторным занятиям;*<br>*- подготовка к практическим занятиям* | **127,5**<br><br>+ | **157**<br>+ | **284,5** |
| **Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)** | **зачет** | **экзамен** | |

Разделы дисциплины, изучаемые в 4 семестре

| № раздела | Наименование разделов | Количество часов | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | всего | аудиторная работа | | | внеауд. работа |
| | | | Л | ПЗ | ЛР | |
| 1 | Машины постоянного тока | 58 | 4 | 2 | 4 | 48 |
| 2 | Трансформаторы | 56 | 4 | - | 2 | 50 |
| 3 | Общие вопросы ЭМ переменного тока | 30 | - | - | - | 30 |
| | Итого: | 144 | 8 | 2 | 6 | 128 |

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

| № раздела | Наименование разделов | Количество часов | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | всего | аудиторная работа | | | внеауд. работа |
| | | | Л | ПЗ | ЛР | |
| 4 | Асинхронные машины | 90 | 4 | 6 | 3 | 77 |
| 5 | Синхронные машины | 90 | 4 | - | 3 | 83 |
| | Итого: | 180 | 8 | 6 | 6 | 160 |
| | Всего: | 324 | 16 | 8 | 12 | 288 |

### 4.2 Содержание разделов дисциплины

**Раздел №1 Машины постоянного тока**

Устройство и принцип действия машины постоянного тока (МПТ). Области применения. Особенности эксплуатации. Режимы работы МПТ, режим генератора, режим двигателя. Основные электромагнитные соотношения в МПТ: ЭДС якоря, электромагнитный момент и электромагнитная мощность. Обмотки МПТ (общие понятия, обозначения и параметры обмоток). Магнитное поле МПТ: в режиме холостого хода и в режиме нагрузки. Компенсационная и стабилизирующая обмотки. Коммутация в МПТ: причины искрения под щетками, ускоренная, замедленная и линейная коммутация, способы улучшения коммутации. Классификация генераторов постоянного тока (ГПТ) по способу возбуждения. Генератор с независимым возбуждением: схема включения и выходные характеристики: холостого хода, внешняя, нагрузочная, регулировочная. Генератор с параллельным возбуждением: схема включения и выходные характеристики: холостого хода, внешняя, нагрузочная, регулировочная. Генераторы с последовательным возбуждением: схема включения и внешняя характеристика. Генератор со смешанным возбуждением: схема включения и выходные характеристики: холостого хода, внешняя, нагрузочная, регулировочная. Параллельная работа ГПТ с сетью. Классификация двигателей постоянного тока (ДПТ) по способу возбуждения. Обратимость МПТ и механические характеристики. ДПТ с параллельным возбуждением: схема включения, рабочие характеристики. ДПТ с независимым возбуждением: схема включения, рабочие характеристики. ДПТ с последовательным возбуждением: схема включения, рабочие характеристики. ДПТ со смешанным возбуждением: схема включения, рабочие характеристики. Потери и коэффициент полезного действия. Пуск ДПТ: прямой, реостатный, путем изменения напряжения. Регулирование частоты вращения и изменение направления вращения вала ДПТ. Условия устойчивой работы двигателя.

**Раздел №2 Трансформаторы**

Назначение и области применения трансформатора. Особенности эксплуатации. Устройство и принцип действия трансформаторов. Схемы соединения обмоток трехфазного трансформатора. Группы соединения обмоток трансформатора. Намагничивающий ток и ток холостого хода. Уравнения напряжения трансформатора и векторная диаграмма. Схема замещения двухобмоточного трансформатора. Параметры схемы замещения. Изменение вторичного напряжения и внешние характеристики. Условия включения трансформаторов на параллельную работу. Коэффициент полезного действия трансформатора. Особенности режима холостого хода 3-х фазного трансформатора. Основы методики расчета и проектирования трехфазного масляного трансформатора.

**Раздел №3 Общие вопросы ЭМ переменного тока**

Основные виды машин переменного тока. Конструктивное исполнение обмоток переменного тока. Магнитодвижущие силы обмоток переменного тока. Вращающееся магнитное поле. Электродвижущие силы, индуцируемые в обмотках переменного тока. Схемы обмоток ЭМ переменного тока.

**Раздел №4 Асинхронные машины**

Назначение и области применения асинхронных машин (АМ). Особенности эксплуатации. Устройство и принцип действия АМ. Работа АМ при заторможенном роторе: режим холостого хода и режим нагрузки, основные уравнения. Схема замещения и векторная диаграмма АМ при заторможенном роторе. Схема замещения и векторная диаграмма АМ при вращающемся роторе. Параметры схемы замещения. Механические характеристики асинхронного двигателя (АД). Рабочие характеристики АД. Пуск АД с фазным и короткозамкнутым ротором. Регулирование частоты вращения АД и изменение направления вращения. Короткозамкнутые АД с повышенным пусковым моментом: двигатели с двойной беличьей клеткой, глубокопазные двигатели. Основы методики расчета и проектирования трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

**Раздел №5 Синхронные машины**

Назначение и области применения синхронных машин (СМ). Особенности эксплуатации. Устройство и принцип действия СМ. Работа синхронного генератора (СГ) в режиме холостого хода и в режиме нагрузки, основные уравнения. Векторная диаграмма синхронного генератора. Внешние и регулировочные характеристики СГ. Параллельная работа СГ с сетью. Регулирование активной и реактивной мощности. Активная мощность и электромагнитный момент. Статическая устойчивость СГ. Синхронный двигатель (СД). Рабочие характеристики СД. Пуск СД: асинхронный, пуск с помощью вспомогательного двигателя, частотный. Регулирование частоты вращения СД. Синхронный компенсатор.

### 4.3 Лабораторные работы

| № ЛР | № раздела | Наименование лабораторных работ | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Инструктаж по технике безопасности. Правила выполнения лабораторных работ. Устройство и принцип действия машин постоянного тока. Испытание генератора постоянного тока параллельного возбуждения. | 4 |
| 2 | 2 | Испытание трехфазного трансформатора в режиме холостого хода и короткого замыкания. | 2 |
| 3 | 4 | Испытание асинхронного двигателя в режиме холостого хода и короткого замыкания. | 3 |
| 4 | 5 | Исследование трехфазного синхронного генератора. | 3 |
| | | Итого: | 12 |

### 4.4 Практические занятия (семинары)

| № занятия | № раздела | Тема | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 1-2 | Выполнение контрольной работы | 2 |
| | | **Расчет асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором** | |
| 2 | 4 | Выбор главных размеров асинхронного двигателя и расчет обмотки статора. | 2 |
| 3 | 4 | Расчет размеров зубцовой зоны статора. Выбор воздушного зазора. | 2 |
| 4 | 4 | Расчет ротора. | 2 |
| | | Итого: | 8 |

### 4.5 Курсовой проект (4 семестр)

Возможными темами курсового проекта являются:

1. Расчет асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Исходные данные на проектирование асинхронного двигателя задаются преподавателем и содержат необходимые технические требования. Курсовой проект состоит из двух частей: электромагнитный расчет (расчет основных размеров, главной обмоток статора, ротора, магнитной цепи, параметров двигателя, потерь мощности в режиме холостого хода, рабочих и пусковых характеристик и, теплового расчета), и выполнение чертежа общего вида, спроектированного двигателя.

2. Расчет трехфазного двухобмоточного трансформатора.

Исходные данные на проектирование трансформатора задаются преподавателем и содержат необходимые технические требования. Курсовой проект состоит из двух частей: электромагнитный расчет (расчет основных электрических величин и выбор оптимального варианта трансформатора, расчет обмоток НН и ВН, расчет параметров короткого замыкания, расчет магнитной системы трансформатора, тепловой расчет, расчет характеристик спроектированного трансформатора), и выполнение чертежа общего вида, спроектированного трансформатора.

### 4.6 Контрольная работа (3 семестр)

Контрольной работа состоит из 4-х заданий:
– расчет основных электрических величин трансформатора;
– выполнение схемы обмотки асинхронного двигателя;
– расчет пусковой характеристики асинхронного двигателя;
– расчет магнитной цепи машины постоянного тока.

Исходные данные на контрольную работу задаются преподавателем, таким образом каждый студент получает индивидуальное задание.

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Основная литература

1 Электрические машины [Текст] : учебник для бакалавров / под ред. И. П. Копылова.- 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2015. - 675 с.

2 Встовский, В. Л. Электрические машины / А.Л. Встовский ; Сибирский федеральный университет. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2013. – 464 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=363964

### 5.2 Дополнительная литература

1 Копылов, И. П. Электрические машины [Текст]: учеб. для вузов / И. П. Копылов.- 2-е изд., перераб. - М.: Логос : Высш. шк., 2000. - 607 с.: ил. - Библиогр.: с. 596. - Предм. указ.: с. 597-603. - ISBN 5-06-003841-6. - ISBN 5-94010-009-0.

2 Проектирование электрических машин [Текст]: учеб. для вузов / под ред. И. П. Копылова.- 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 2002. - 757 с.

3 Тихомиров, П. М. Расчет трансформаторов [Текст]: учеб. пособие для вузов / П. М. Тихомиров.- 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергоатомиздат, 1986. - 528 с.

4 Кутарев, А. М. Проектирование асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором [Текст]: учеб. пособие для вузов / А. М. Кутарев. - Оренбург : ОГУ, 2003. - 128 с.

5 Падеев, А. С. Электрические машины [Электронный ресурс]: методические указания для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / А. С. Падеев, С. В. Митрофанов; М-во образования и науки

Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. автоматизир. электропривода и электромеханики. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 0.69 Мб). - Оренбург: ОГУ, 2015. - 41 с.

URL: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/7874_20150430.pdf

### 5.3 Периодические издания

Электричество : журнал. - Москва : Агентство "Роспечать", 2015-2024.

Известия высших учебных заведений. Электромеханика : журнал. - Москва : Агентство "Роспечать", 2015-2024.

Электротехника : журнал. - Москва : Агентство "Роспечать", 2015-2024.

Известия РАН. Энергетика : журнал. - Москва : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2015-2024.

### 5.4 Интернет-ресурсы

http://window.edu.ru/ - единое окно доступа к образовательным ресурсам

http://www.electrolibrary.info/history/ - электронная электротехническая библиотека

http://electricalschool.info/ - школа для электрика

http://electrik.info/ - электрик инфо

Электрические машины (13.03.02 заочн.) [Электронный ресурс] : электронный курс в системе Moodle / А.С. Падеев, Оренб. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург: ОГУ.– Режим доступа: Электронные курсы ОГУ в системе обучения moodle. – https://moodle.osu.ru/course/view.php?id=5884

### 5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система Microsoft Windows

2. Open Office/LibreOffice - свободный офисный пакет программ, включающий в себя текстовый и табличный редакторы, редактор презентаций и другие офисные приложения.

3. Интегрированная система решения математических, инженерно-технических и научных задач PTC MathCAD 14.0

4. Семейство систем автоматизированного проектирования «Кóмпас-3D Учебная версия». Электронные лицензии для образовательных целей доступны бесплатно после регистрации аккаунта преподавателя/студента. Режим доступа: https://edu.ascon.ru/main/download/cab/

5 Система решения математических, инженерно-технических и научных задач Smath Studio. Доступна бесплатно. Разработчик: Андрей Ивашов. Режим доступа https://ru.smath.com .

## 6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория 8112 используются для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций и текущего контроля. Аудитория оснащена комплектами ученической мебели (столы, стулья), техническими средствами обучения (компьютер и проектор) служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных занятий используется специализированная лаборатория (аудитория 8125), оснащенная испытательными лабораторными стендами и соответствующим комплектом мебели.

Для самостоятельной работы обучающихся используется помещение 8111 аудитории, оснащенное компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

К рабочей программе прилагаются:

- Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине;
- Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.