

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)

Электропривод и автоматика

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Заочная

Год набора 2024

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 расшифровка подписи  
А.С. Безгин

Исполнители:

Доцент

подпись А.С. Падеев

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника код наименование личная подпись расшифровка подписи С.В. Митрофанов

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов

личная подпись расшифровка подписи Н.Н. Бигалиева / С.А. Бактисырова

Уполномоченный по качеству Института энергетики, электроники и связи

личная подпись расшифровка подписи С.А. Сильвашко

№ регистрации \_\_\_\_\_

## 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 ОПК-3-В-5 Демонстрирует понимание физических явлений и умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач	<b><u>Знать:</u></b> – основные электромагнитные соотношения в машинах постоянного тока; – основные уравнения трансформаторов, асинхронных и синхронных машин. <b><u>Уметь:</u></b> – применять основные соотношения и уравнения электрических машин при решении теоретических задач и при обработке экспериментальных исследований. <b><u>Владеть:</u></b> – 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	<b><u>Знать:</u></b> – устройство и принцип действия электрических машин и трансформаторов; – характеристики и режимы работы электрических машин и трансформаторов; – особенности эксплуатации основных типов электрических машин. <b><u>Уметь:</u></b> – проводить испытания электрических машин и трансформаторов – строить характеристики электрических машин по экспериментальным и расчетным данным. <b><u>Владеть:</u></b>

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		– опытом испытаний электрических машин; – 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	<b>Знать:</b> – схемы замещения электрических машин; – способы определения параметров электрических машин. <b>Уметь:</b> – определять параметры электрических машин; – рассчитывать и снимать характеристики электрических машин; <b>Владеть:</b> – способами и методами определения параметров схем замещения электрических машин; – 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
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>144</b>	<b>180</b>	<b>324</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>16,5</b>	<b>23</b>	<b>39,5</b>
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
<b>Самостоятельная работа:</b> - выполнение курсового проекта (КП); - выполнение контрольной работы (КонтрР); - написание реферата (Р); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - изучение разделов 1 - 5 (частично) курса в системе электронного обучения; - подготовка к лабораторным занятиям; - подготовка к практическим занятиям	<b>127,5</b>           +	<b>157</b>           +	<b>284,5</b>
<b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)</b>	<b>зачет</b>	<b>экзамен</b>	

#### 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
		<b>Расчет асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором</b>	
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](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.