



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Электротехнический факультет

Кафедра микропроцессорных средств автоматизации



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
д-р техн. наук, проф.

Н. В. Лобов

» 09 2017 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа академического бакалавриата

Направление: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль программы бакалавриата:

Электроснабжение

Квалификация выпускника:

бакалавр

Выпускающая кафедра:

микропроцессорных средств автоматизации

Форма обучения:

очная

Курс: 3

Семестр(ы): 5

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:	7	3Е
Часов по рабочему учебному плану:	252	ч

Виды контроля:

Экзамен: 5 семестр
Зачёт: —

Курсовой проект: 5 семестр
Курсовая работа: —

Пермь
2017

Учебно-методический комплекс дисциплины «Электрические машины» разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «03» сентября 2015 г. номер приказа «955» по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»;

- компетентностной модели выпускника ОПОП п) направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль «Электроснабжение», утверждённой «24» июня 2013 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);

- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение», утверждённого «28» апреля 2016 г.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин Математика, Физика, Химия, Экология, Электротехническое и конструкционное материаловедение, Общая энергетика, Теоретическая механика, Силовая электроника, Математические методы в электротехнике и электроэнергетике, Теория автоматического управления, Электромагнитная совместимость в электроэнергетике, Техника высоких напряжений, Численные методы, Электромагнитные расчеты в электромеханических преобразователях, Теория оптимизации, Методы идентификации, Энергоснабжение, Электрический привод, Моделирование в электротехнике и электроэнергетике.

Разработчики

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

А.М. Костыгов
(инициалы, фамилия)

(ученая степень, звание)

(подпись)

Д.А. Даденков
(инициалы, фамилия)

Рецензент

д-р техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

В.П. Казанцев
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры микропроцессорных средств автоматизации «06» сентября 2017 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой,
ведущей дисциплину

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

А.Б. Петроченков
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией электротехнического факультета «14» 09 2017 г., протокол № 4.

Председатель учебно-методической комиссии
электротехнического факультета

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

А.Л. Гольдштейн
(инициалы, фамилия)

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой МСА

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

А.Б. Петроченков
(инициалы, фамилия)

Начальник управления образовательных программ

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

Д.С. Репецкий
(инициалы, фамилия)

1 Общие положения

1.1 Цель дисциплины – освоение дисциплинарных компетенций по расчёту, проектированию и испытаниям современных электромеханических преобразователей энергии, которые позволят студентам успешно решать теоретические и практические задачи в профессиональной деятельности, связанной с проектированием, испытаниями и эксплуатацией электрических машин.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет и углубляет части следующих компетенций:

- Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2).

1.2 Задачи дисциплины:

- изучение основных теоретических положений и формул, которые описывают физические процессы в электрических машинах;
- изучение электромеханических свойств различных электрических машин, а именно: машин постоянного тока, асинхронных, синхронных, трансформаторов, а также специальных машин.
- формирование умения выполнять исследования электрических машин, подбирать электрические приборы и собирать схемы для их исследования;
- формирование навыков использования теоретических и практических материалов по электрическим машинам для проектирования, монтажа и наладки различных электромеханических систем;
- формирование навыков испытаний электрических машин, обработки, анализа и представления результатов экспериментальных исследований.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- электрические машины постоянного тока, переменного тока (асинхронные, синхронные), трансформаторы, специальные машины.
- устройство и принцип действия электрических машин;
- методы испытаний и обработки экспериментальных исследований электрических машин;
- методы проектирования и выбора электрических машин;

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Электрические машины» относится к базовой части блока 1 Дисциплины (модули) и является обязательной при освоении ОПОП по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение».

В результате изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

• знать:

- принцип действия современных типов электромеханических устройств и трансформаторов, особенности их конструкции, основные уравнения и схемы замещения;
- основные законы, теоретические положения и формулы, которые описывают электромеханические и электромагнитные процессы в электрических машинах;
- основные методы испытаний электрических машин;
- устройство, основные характеристики и параметры электрических машин и трансформаторов, для осуществления их сравнительного анализа и выбора;
- основные методы и подходы проектирования электрических машин.

• уметь:

- использовать на практике методы и критерии выбора электрических машин и трансформаторов для систем электроснабжения.
- использовать на практике методы стандартных испытаний электрических машин;

- подбирать электрические приборы и собирать схемы для выполнения экспериментальных исследований электрических машин.
- выполнять работы по расчету и проектированию электромеханических устройств и систем в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных программных средств автоматизации расчетов и проектирования.
- решать задачи проектирования и эксплуатации электрических машин и трансформаторов.

• **владеть:**

- навыками использования методов и способов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для определения электромеханических свойств, параметров и характеристик электрических машин.
- навыками использования справочной литературы и оформления специальной технической документации при проектировании электрических машин.
- навыком осуществления выбора электрических машин и трансформаторов при проектировании электромеханических и электроэнергетических систем.
- навыками выполнения испытаний электрических машин, обработки, анализа и представления результатов экспериментальных исследований.

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
Общепрофессиональные компетенции			
ОПК - 2	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	Математика, Физика, Химия, Экология, Электротехническое и конструкционное материаловедение, Общая энергетика, Теоретическая механика, Численные методы, Электромагнитные расчеты в электромеханических преобразователях	Силовая электроника, Математические методы в электротехнике и электроэнергетике, Теория автоматического управления, Теория оптимизации, Методы идентификации, Энергоснабжение, Электрический привод, Моделирование в электротехнике и электроэнергетике

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенции ОПК-2.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-2

Код	Формулировка компетенции
ОПК-2	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач
Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
ОПК-2-Б1.Б.15	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, использовать основные законы, теоретические положения и формулы, которые описывают физико-механические и электромагнитные процессы в электрических машинах, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для определения электромеханических свойств, параметров и характеристик электрических машин.

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает – принцип действия современных типов электро-механических устройств и трансформаторов, особенности их конструкции, основные уравнения и схемы замещения; – устройство, основные характеристики и параметры электрических машин и трансформаторов, для осуществления их сравнительного анализа и выбора; – основные методы и подходы проектирования электрических машин; – основные методы испытаний электрических машин; – основные законы, теоретические положения и формулы, которые описывают электро-механические и электромагнитные процессы в электрических машинах;	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Вопросы к экзамену Вопросы для текущего и рубежного контроля.
Умеет: – использовать на практике методы и критерии выбора электрических машин и трансформаторов для систем электроснабжения; – выполнять работы по расчету и проектированию электро-механических устройств и систем в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных программных средств автоматизации расчетов и проектирования; – решать задачи проектирования и эксплуатации электрических машин и трансформаторов; – использовать на практике методы стандартных испытаний электрических машин; – подбирать электрические приборы и собирать схемы для выполнения экспериментальных исследований электрических машин;	Лабораторные работы. Практические занятия Самостоятельная работа студентов по подготовке к практическим и лабораторным работам	Практические задания к рубежному контролю. Отчёты по лабораторным работам. Индивидуальное задание по тематике лабораторных работ. Отчеты по индивидуальным заданиям по модулям. Пояснительная записка к курсовому проекту.
Владеет: – навыками использования методов и способов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для определения электро-механических свойств, параметров и характеристик электрических машин; – навыками использования справочной литературы и оформления специальной технической документации при проектировании электрических машин; – навыком осуществления выбора электрических машин и трансформаторов при проектировании электро-механических и электро-энергетических систем; – навыками выполнения испытаний электрических машин, обработки, анализа и представления результатов экспериментальных исследований.	Курсовое проектирование. Самостоятельная работа по подготовке к экзамену.	Пояснительная записка к курсовому проекту. Отчеты по индивидуальным заданиям по модулям. Отчёты по лабораторным работам. Индивидуальное задание по тематике лабораторных работ.

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 7 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		семестр 5	всего
1	2	3	4
1	Аудиторная (контактная) работа	72	72
	Лекции (Л)	27	27
	Практические занятия (ПЗ)	5	5
	Лабораторные работы (ЛР)	36	36
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
3	Самостоятельная работа студентов (СРС)	144	144
	Изучение теоретического материала (ИТМ)	32	32
	Индивидуальные задания по тематике лабораторных занятий (ИЗЛР)	36	36
	Курсовой проект (КП)	36	36
	Индивидуальные задания по модулю (ИЗМ)	40	40
4	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине: <i>экзамен</i>	36	36
5	Трудоёмкость дисциплины, всего:		
	в часах (ч)	252	252
	в зачётных единицах (ЗЕ)	7	7

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Но- мер учеб- ного мо- дуля	Номер раз- дела дис- ци- пли- ны	Номер темы дисцип- лины	Количество часов и виды занятий (образная форма обучения)							Трудоём- кость, ч / 3Е
			аудиторная работа				КСР	ито- го- вый кон тро ль	само- стоя- тель- ная рабо- та	
			всего	Л	ПЗ	ЛР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	Введение	0,5	0,5	-	-	-	-	-	0,5
		1	7,5	3	0,5	4	-	-	4	11,5
		2	6,5	2	0,5	4	-	-	6	12,5
		3	-	-	-	-	-	-	2	2
		4	2	2	-	-	-	-	-	2
		5	-	-	-	-	-	-	2	2
		-	-	-	-	-	1	-	8	9
	Всего по модулю:		16,5	7,5	1	8	1	-	22	39,5 / 1,1
2	2	6	2,5	2	0,5	-	-	-	-	2,5
		7	1,5	1	0,5	-	-	-	3	4,5
		8	6,5	2	0,5	4	-	-	4	10,5
		9	1	1	-	-	-	-	3	4
		10	6	2	-	4	-	-	6	12
		11	-	-	-	-	-	-	3	3
		-	-	-	-	-	1	-	10	11
	Всего по модулю:		17,5	8	1,5	8	1	-	29	47,5 / 1,3
3	3	12	1,5	1	0,5	-	-	-	2	3,5
		13	5,5	1	0,5	4	-	-	6	11,5
		14	6,5	2	0,5	4	-	-	4	10,5
		15	1	1	-	-	-	-	2	7
		16	2	2	-	-	-	-	2	4
		-	-	-	-	-	1	-	10	11
	Всего по модулю:		16,5	7	1,5	8	1	-	26	43,5 / 1,2
4	4	17	5,5	1	0,5	4	-	-	6	11,5
		18	4,5	-	0,5	4	-	-	7	11,5
		19	2	2	-	-	-	-	-	2
		20	5	1	-	4	-	-	6	11
4	4	Заключе- ние	0,5	0,5	-	-	-	-	-	0,5
		-	-	-	-	-	1	-	12	13
	Всего по модулю:		17,5	4,5	1	12	1	-	31	49,5 / 1,4
	Курсовой проект		-	-	-	-	-	-	36	36 / 1
Промежуточная аттеста- ция			-	-	-	-	-	36	-	36 / 1
Итого:			72	27	5	36	4	36	144	252 / 7

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1 Трансформаторы

Л – 7,5 часов, ПЗ – 1 час, ЛР – 8 часов, СРС – 22 часа, КСР – 1 час

Введение.

Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Предмет и задачи курса, краткое историческое развитие электрических машин. Общие вопросы электромеханического преобразования энергии, физические законы, лежащие в основе их работ. Состояние и перспективы развития электрических машин.

Раздел 1. Трансформаторы.

Тема 1. Конструкция и режимы работы трансформаторов

Назначение и конструкция трансформаторов, роль трансформаторов в народном хозяйстве. Холостой ход однофазного трансформатора, режим однофазного трансформатора под нагрузкой. Режим однофазного трансформатора при коротком замыкании, КПД трансформатора.

Тема 2. Трёхфазные трансформаторы

Устройство и особенности трёхфазных трансформаторов, группы соединения, параллельная работа трансформаторов. Выбор трёхфазных силовых трансформаторов.

Тема 3. Холостой ход трёхфазного трансформатора

Особенности холостого хода трёхфазного трансформатора в зависимости от схемы соединения обмоток (Y/Y , Δ/Y , Y/Δ)

Тема 4. Переходные процессы в трансформаторах

Переходные процессы, возникающие в трансформаторе при включении вхолостую и при коротком замыкании.

Тема 5. Специальные трансформаторы

Устройство и принцип действия автотрансформатора, трех обмоточного трансформатора, трансформатора с расщеплённой обмоткой, измерительных трансформаторов тока и напряжения, трансформаторов для удвоения и утробения частоты.

Модуль 2 Асинхронные машины.

Л – 8 часов, ПЗ – 1,5 часа, ЛР – 8 часов, СРС – 29 часов, КСР – 1 часа

Раздел 2. Асинхронные машины.

Тема 6. Устройство и общие вопросы теории машин переменного тока.

Устройство и принцип действия асинхронной машины. Обмотки и ЭДС в машинах переменного тока. Намагничивающая сила однофазных и трехфазных обмоток в машинах переменного тока.

Тема 7. Приведение асинхронного двигателя к эквивалентному трансформатору.

Приведение параметров роторной цепи к статорной. Трёхфазная асинхронная машина при вращающемся роторе. Приведение асинхронного двигателя к эквивалентному трансформатору. Векторная диаграмма и схемы замещения асинхронного двигателя. Явления, связанные с вращением ротора.

Тема 8. Моменты асинхронной машины.

Энергетическая диаграмма асинхронного двигателя. Электромагнитный момент асинхронной машины, максимальный вращающийся момент, расчетная формула момента.

Тема 9. Способы пуска асинхронного двигателя

Прямой пуск. Пуск при пониженном напряжении: реакторный, автотрансформаторный, переключением обмотки статора со «звезды» на «треугольник». Пуск двигателя с фазным ротором. Система плавного пуска.

Тема 10. Специальные асинхронные двигатели и регулирование частоты вращения.

Круговая диаграмма асинхронного двигателя с фазным ротором. Асинхронные двигатели с глубоким пазом и двойной клеткой на роторе. Асинхронный двигатель – как электро-механический преобразователь энергии. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей.

Тема 11. Специальные электрические машины автоматических устройств.

Однофазный, конденсаторный, исполнительный асинхронный двигатель, сельсины, поворотный трансформатор, тахогенератор, вентильный двигатель.

Модуль 3 Машины постоянного тока

Л – 7 часов, ПЗ – 1,5 часа, ЛР – 8 часов, СРС – 26 часов, КСР – 1 час

Раздел 3. Машины постоянного тока.

Тема 12. Общие вопросы машин постоянного тока.

Общие сведения о машинах постоянного тока. Устройство и принцип действия машины постоянного тока. ЭДС и электромагнитный момент генератора постоянного тока. Реакция якоря в машинах постоянного тока.

Тема 13. Генераторы постоянного тока.

Генераторы постоянного тока: независимого, параллельного и смешанного возбуждения. Принципы обратимости машин постоянного тока. Параллельная работа генераторов постоянного тока.

Тема 14. Общие вопросы двигателей постоянного тока.

Устройство и принцип действия двигателя постоянного тока. Уравнения напряжения, скорости и моментов двигателя постоянного тока. Пуск в ход двигателей постоянного тока.

Тема 15. Двигатели постоянного тока и регулирование частоты вращения.

Двигатели постоянного тока: параллельного, последовательного и смешанного возбуждения. Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока. Тахогенератор и двигатель с постоянными магнитами.

Тема 16. Коммутация в машинах постоянного тока.

Суть процессов коммутации в машинах постоянного тока. Закон изменения токов в коммутируемой секции. Прямолинейная, замедленная и ускоренная коммутация. Способы улучшения коммутации. Круговой огонь в машинах постоянного тока.

Модуль 4 Синхронные машины.

Л – 4,5 часа, ПЗ – 1 час, ЛР – 12 часов, СРС – 31 час, КСР – 1 час

Раздел 4. Синхронные машины.

Тема 17. Общие вопросы синхронных машин.

Назначение и роль синхронных машин. Устройство явнополюсных и неявнополюсных синхронных машин. Холостой ход, реакция якоря в синхронной машине. Определение параметров синхронной машины. Векторные диаграммы ЭДС синхронного генератора. Параллельная работа и способы синхронизации синхронных машин.

Тема 18. Электромагнитная мощность и момент синхронной машины.

Вывод формулы электромагнитной мощности и момента синхронной машины. Угловые и U – образные характеристики. Работа синхронного генератора при $M = \text{var}, i_B = \text{const}$ и $M = \text{const}, i_B = \text{var}$.

Тема 19. Внезапное короткое замыкание синхронного генератора

Процессы, возникающие при внезапном коротком замыкании синхронного генератора при $\psi=0, E=E_{\text{max}}$ и $\psi=\psi_{\text{max}}, E=0$. Параметры схемы замещения и токи при внезапном коротком замыкании.

Тема 20. Синхронный двигатель.

Устройство, принцип действия. Пуск синхронного двигателя. Угловые и U – образные характеристики синхронного двигателя. Векторные диаграммы синхронного двигателя. Режим работы синхронного двигателя при $M = \text{const}, i_B = \text{var}$

Заключение.**4.3 Перечень тем практических занятий**

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	2	3
1	1, 2	Изучение устройства и принципа действия трансформатора Решение задач по разделу «Трансформаторы»
2	6, 7, 8	Изучение устройства и принципа действия асинхронного двигателя Решение задач по разделу «Асинхронные машины»
3	12, 13, 14	Изучение устройства и принципа действия машин постоянного тока Решение задач по разделу «Машины постоянного тока»
4	17, 18	Изучение устройства и принципа действия синхронной машины Решение задач по разделу «Синхронные машины»

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1	2	3
1	1, 2	Испытание трехфазного двухобмоточного трансформатора. Параллельная работа трехфазных трансформаторов
2	2	Практическое определение группы соединения трансформатора
3	8	Определение КПД короткозамкнутого асинхронного двигателя методом разделения потерь
4	10	Исследование асинхронного двигателя с контактными кольцами по круговой диаграмме
5	13	Исследование генератора постоянного тока при независимом и параллельном возбуждении
6	14	Исследование двигателя постоянного тока параллельного возбуждения
7	17, 18	Испытание трёхфазного синхронного генератора
8	17	Исследование синхронного генератора при параллельной работе с сетью
9	20	Испытание трехфазного синхронного двигателя

Темы индивидуальных заданий по тематике лабораторных работ

Модуль 1

1) ИЗЛР-1. Выполнение опытов холостого хода и короткого замыкания, расчёт эксплуатационных величин и характеристик трансформатора. Изучение параллельной работы трехфазных трансформаторов при различных коэффициентах трансформации, напряжениях короткого замыкания и группах соединения. Обработка результатов экспериментов, подготовка отчёта и ответов на контрольные вопросы.

2) ИЗЛР-2. Изучение методики определения группы соединения трансформатора и перемаркировки трансформатора на другую группу соединения. Обработка результатов экспериментов, подготовка отчёта и ответов на контрольные вопросы.

Модуль 2

3) ИЗЛР-3. Изучение методики определения КПД асинхронного двигателя косвенным путём с использованием метода разделения потерь. Расчёт, построение и исследование рабочих характеристик при непосредственной нагрузке. Подготовка отчёта и ответов на контрольные вопросы.

4) ИЗЛР-4. Изучение, расчёт и построение рабочих характеристик асинхронного двигателя с контактными кольцами с использованием круговой диаграммы. Обработка результатов экспериментов, подготовка отчёта и ответа на контрольные вопросы.

Модуль 3

5) ИЗЛР-6 Изучение устройства генератора постоянного тока, схем соединения генераторов независимого и параллельного возбуждения и принципа самовозбуждения. Расчёт и построение характеристик генераторов. Обработка результатов экспериментов, подготовка отчёта и ответов на контрольные вопросы.

6) ИЗЛР-6. Изучение устройства двигателя постоянного тока параллельного возбуждения, исследование его основных свойств путём построения рабочих и скоростных характеристик. Обработка результатов экспериментов, подготовка отчёта и ответов на контрольные вопросы.

Модуль 4

7) ИЗЛР-7. Изучение устройства синхронного генератора. Исследование свойств и режимов работы генератора с помощью характеристик и векторной диаграммы. Обработка результатов экспериментов, подготовка отчёта и ответов на контрольные вопросы.

8) ИЗЛР-8. Изучение и исследование синхронного генератора при параллельной работе с сетью и способов синхронизации. Расчёт и построение угловых и U-образных характеристик генератора. Обработка результатов экспериментов, подготовка отчёта и ответов на контрольные вопросы.

9) ИЗЛР-9. Устройство и принцип действия синхронного двигателя, расчёт и построение U-образных и рабочих характеристик. Обработка результатов экспериментов, подготовка отчёта и ответов на контрольные вопросы.

Типовые темы индивидуальных заданий по модулям дисциплины:

Модуль 1.

– ИЗМ-1. Расчёт параметров и характеристик трехфазного силового трансформатора (8 ч).

Модуль 2.

– ИЗМ-2. Расчёт параметров и построение механических и рабочих характеристик асинхронного двигателя по круговой диаграмме (10 ч).

Модуль 3.

– ИЗМ-3. Расчёт параметров и характеристик двигателя постоянного тока параллельного возбуждения (10 ч)

Модуль 4.

– ИЗМ-4. Расчёт параметров и построение характеристик трехфазного синхронного генератора (6 ч).

– ИЗМ-5. Расчёт параметров и построение угловых и U-образных характеристик трёхфазного синхронного двигателя (6 ч).

4.5. Курсовой проект (курсовая работа)

Целью курсового проекта является закрепление и углубление знаний по теории электрических машин, а также развитие творческой инженерной инициативы, приобретение или закрепление навыков использования средств вычислительной техники, справочной и специальной технической литературы, навыков выполнения графической работы и оформления технической документации.

Предполагается, что при его выполнении студент должен овладеть определенными навыками анализа исходных данных для расчёта различных элементов электрической машины, научиться правильно определять габаритные размеры и степень защиты с учётом современных тенденции технологии изготовления электрических машин, научиться производить оценку энергетических показателей спроектированной электрической машины.

Темы типового курсового проекта (задание выдаётся по вариантам):

1) «Проектирование и расчёт асинхронного двигателя с фазным (короткозамкнутым) ротором».

Проект включает такие разделы, как:

- а) техническое задание;
- б) выбор главных размеров;
- в) расчет зубцовой зоны статора и ротора;
- г) расчет ротора;
- д) расчет магнитной цепи;
- е) расчет параметров рабочего режима;
- ж) расчет потерь;
- з) расчет рабочих и пусковых характеристик;
- и) тепловой расчёт;
- к) заключение о рациональности спроектированной электрической машины для заданных условий работы.

Графическая часть проекта:

- Общий вид с разрезом асинхронного двигателя с использованием расчётных размеров
- Чертёж обмотки статора и ротора в развёрнутом виде
- Чертежи пазов и зубцов статора и ротора в размерах
- Графики рабочих и пусковых характеристик.

2) «Проектирование и расчёт силового трансформатора»

Проект включает такие разделы, как:

- а) расчёт основных электрических величин;
- б) расчёт главных размеров;
- в) выбор конструкции изоляции и минимально допустимых изоляционных расстояний;
- г) выбор и расчёт обмоток;
- д) расчёт параметров короткого замыкания;
- е) расчёт потерь и тока холостого хода;
- ж) КПД и падение напряжения при нагрузке;
- з) тепловой расчёт трансформатора;
- и) заключение и рациональность спроектированного трансформатора для заданных условий работы

Графическая часть проекта:

- Общий вид с разрезом трансформатора с использованием расчётных размеров;

- Чертёж обмоток высокого и низкого напряжения
- Чертёж шихтовки магнитопровода
- Графики КПД и внешних характеристик трансформатора

4.6. Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.7. Расчетно-графические работы

Расчетно-графические работы не предусмотрены.

5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п.7.
5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
1	Индивидуальные задания по тематике лабораторных работ.	4
2	Самостоятельное изучение теоретического материала.	2
	Индивидуальные задания по тематике лабораторных работ.	4
3	Самостоятельное изучение теоретического материала.	2
5	Самостоятельное изучение теоретического материала.	2
7	Самостоятельное изучение теоретического материала.	3
8	Индивидуальные задания по тематике лабораторных работ.	4
9	Самостоятельное изучение теоретического материала.	3
10	Самостоятельное изучение теоретического материала.	2
	Индивидуальные задания по тематике лабораторных работ.	4
11	Самостоятельное изучение теоретического материала.	3
12	Самостоятельное изучение теоретического материала.	2
13	Самостоятельное изучение теоретического материала.	2
	Индивидуальные задания по тематике лабораторных работ.	4
14	Индивидуальные задания по тематике лабораторных работ.	4
15	Самостоятельное изучение теоретического материала.	2
16	Самостоятельное изучение теоретического материала.	2
17	Самостоятельное изучение теоретического материала.	2
	Индивидуальные задания по тематике лабораторных работ.	4
18	Самостоятельное изучение теоретического материала.	3
	Индивидуальные задания по тематике лабораторных работ.	4
20	Самостоятельное изучение теоретического материала.	2

	Индивидуальные задания по тематике лабораторных работ.	4
	Индивидуальные задания по модулям	40
	Курсовой проект	36
	Итого: в ч / в 3Е	144 / 4

5.2 Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно:

Модуль 1

Тема №2 Параллельная работа трансформаторов. Выбор трехфазных силовых трансформаторов.

Тема №3 Особенности холостого хода трёхфазного трансформатора в зависимости от схемы соединения обмоток (Y/Y, Δ/Y , Y/ Δ)

Тема №5 Устройство и принцип действия автотрансформатора, трех обмоточного трансформатора, трансформатора с расщеплённой обмоткой, измерительных трансформаторов тока и напряжения, трансформаторов для удвоения и утроения частоты.

Модуль 2

Тема №7 Трёхфазная асинхронная машина при вращающемся роторе. Приведение асинхронного двигателя к эквивалентному трансформатору. Явления, связанные с вращением ротора.

Тема №9 Пуск двигателя с фазным ротором. Система плавного пуска.

Тема №10 Асинхронные двигатели с глубоким пазом и двойной клеткой на роторе. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей.

Тема №11 Однофазный, конденсаторный, исполнительный асинхронный двигатель, сельсины, поворотный трансформатор, тахогенератор, вентильный двигатель.

Модуль 3

Тема №12 Электромагнитный момент генератора постоянного тока. Реакция якоря в машинах постоянного тока.

Тема №13 Принципы обратимости машин постоянного тока. Параллельная работа генераторов постоянного тока.

Тема №15 Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока. Тахогенератор и двигатель с постоянными магнитами.

Тема №16 Способы улучшения коммутации. Круговой огонь в машинах постоянного тока.

Модуль 4

Тема №17 Параллельная работа и способы синхронизации синхронных машин.

Тема №18 Работа синхронного генератора при $M = \text{var}, i_B = \text{const}$ и $M = \text{const}, i_B = \text{var}$

Тема №20 Векторные диаграммы синхронного двигателя. Режим работы синхронного двигателя при $M = \text{const}, i_B = \text{var}$

5.3 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются и ставятся проблемные задачи, формируются команды, заслушиваются варианты решения. При проведении практических и лабораторных занятий преследуются сле-

дующие цели: закрепление и углубление знаний, умений и навыков в области проектирования электрических машин, развитие творческой инженерной инициативы, закрепление навыков использования справочной и специальной технической литературы, навыков выполнения графической работы и оформления технической документации.

Проведение лабораторных и практических занятий основывается на интерактивном методе обучения, при которой учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом деминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия.

6 Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в следующих формах:

- опрос для анализа усвоения материала предыдущей лекции.

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения заданных частей компетенций проводится по результатам выполнения различных индивидуальных заданий по видам самостоятельной работы по дисциплине. Средствами контроля являются индивидуальные задания на выполнение запланированных видов самостоятельной работы и формы представления результатов выполненной работы.

Объектами рубежного контроля являются компоненты заявленных дисциплинарных частей компетенций. Рубежный контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится в течении и по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- Контрольные (тестовые) работы (модуль 1, 2, 3, 4);
- Защита отчётов и индивидуальных заданий по лабораторным работам (модуль 1, 2, 3, 4);
- Защита отчётов по индивидуальным заданиям по модулю (модуль 1, 2, 3, 4);
- Защита курсового проекта (модуль 1, 2).

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

- Зачёт

Не предусмотрен.

- Экзамен

Экзамен по дисциплине «Электрические машины» проводится в устной форме по билетам. Билет содержит три теоретических вопроса, охватывающие разные разделы дисциплины.

К сдаче экзамена допускаются студенты, сдавшие и защитившие отчёты по лабораторным работам и индивидуальным заданиям по модулям и получившие удовлетворительные оценки по результатам промежуточной аттестации.

Экзаменационная оценка проставляется при удовлетворительном устном ответе на вопросы, указанные в экзаменационном билете.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, контрольные задания к экзамену, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 - Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	ТК	РТ	ИЗМ	КП	ЛР	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7
Знает:						
– принцип действия современных типов электромеханических устройств и трансформаторов, особенности их конструкции, основные уравнения и схемы замещения	+	+			+	+
– основные законы, теоретические положения и формулы, которые описывают электромеханические и электромагнитные процессы в электрических машинах	+	+		+		+
– основные методы испытаний электрических машин	+	+			+	+
– устройство, основные характеристики и параметры электрических машин и трансформаторов, для осуществления их сравнительного анализа и выбора	+	+		+		+
– основные методы и подходы проектирования электрических машин	+	+		+		+
Умеет:						
– использовать на практике методы и критерии выбора электрических машин и трансформаторов для систем электроснабжения		+	+			
– использовать на практике методы стандартных испытаний электрических машин			+		+	
– подбирать электрические приборы и собирать схемы для выполнения экспериментальных исследований электрических машин			+		+	
– выполнять работы по расчету и проектированию электромеханических устройств и систем в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных программных средств автоматизации расчетов и проектирования		+	+	+		
– решать задачи проектирования и эксплуатации электрических машин и трансформаторов		+	+	+		
Владеет:						
– навыками использования методов и способов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для определения электромеханических свойств, параметров и характеристик электрических машин			+	+	+	
– навыками выполнения испытаний электрических машин, обработки, анализа и представления результатов экспериментальных исследований			+		+	
– навыками использования справочной литературы и оформления специальной технической			+	+	+	

документации при проектировании электрических машин						
– навыком осуществления выбора электрических машин и трансформаторов при проектировании электромеханических и электроэнергетических систем			+	+		

Примечание:

ТК – текущий контроль в форме опроса (контроль знаний по теме);

КР – рубежная контрольная работа по модулю (оценка знаний и умений);

КП – курсовой проект (оценка умений и владений);

ИЗМ – индивидуальное задание по модулю (оценка умений и владений);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта и индивидуальным заданием по тематике лабораторных работ (оценка умений и владений).

7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

[illegible]

8 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.Б.15 Электрические машины

(полное название дисциплины)

Блок 1. Дисциплины (модули)

(цикл дисциплины)

☒
☐

обязательная
по выбору студента

☒
☐

базовая часть цикла
вариативная часть цикла

13.03.02

(код направления / специальности)

Электроэнергетика и электротехника, профиль: Электроснабжение

(полное название направления подготовки / специальности)

ЭЭ / ЭС

(аббревиатура направления / специальности)

Уровень
подготовки

☐
☒
☐

специалист
бакалавр
магистр

Форма
обучения

☒
☒
☐

очная
заочная
очно-заочная

2016
(год утверждения
учебного плана
ООП)

Семестр(ы) 5

Количество групп 1

Количество студентов 25

Даденков Дмитрий Александрович, ст. преподаватель, ЭТФ
кафедра МСА, телефон: 239-12-00

Москоков Александр Юрьевич, ст. преподаватель, ЭТФ
кафедра МСА, телефон: 239-18-22

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1 Основная литература		
1	Вольдек, Александр Иванович. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы: учебник для вузов / А. И. Вольдек, В. В. Попов. – Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2008. – 319 с.	24
2	Вольдек, Александр Иванович. Электрические машины. Машины переменного тока : учебник для вузов / А. И. Вольдек, В. В. Попов. – Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2008. – 349 с.	20
3	Гольдберг, Оскар Давидович. Электромеханика : учебник для вузов / О. Д. Гольдберг, С. П. Хелемская ; Под ред. О. Д. Гольдберга. — М. : Академия, 2007. — 504 с.	38
4	Копылов, Игорь Петрович. Электрические машины : учебник для вузов / И.П. Копылов. — 5-е изд., стер. — М. : Высш. шк., 2006. — 607 с.	11
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Проектирование электрических машин : учебник для вузов / И. П. Копылов [и др.] ; Под ред. И. П. Копылова. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Юрайт, 2011. — 767 с.	22
2	Тихомиров, Павел Михайлович. Расчет трансформаторов : учебное пособие для вузов / П. М. Тихомиров. — 6-е изд., стер. — М. : Альянс, 2009. — 527 с.	40
3	Кацман, Марк Михайлович. Справочник по электрическим машинам : учебное пособие для среднего профессионального образования / М. М. Кацман. — Москва : Академия, 2005. — 479 с.	19
2.2 Периодические издания		
2.4 Официальные издания		
2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. — Электрон. дан. (1 912 записей). — Пермь, 2014-. — Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . — Загл. с экрана.	
2	Лань [Электронный ресурс : электрон.-библ. система : полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманитар., естеств., и техн. наукам] / Изд-во «Лань». — Санкт-Петербург : Лань, 2010-. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/ . — Загл. с экрана.	
3	Консультант Плюс [Электронный ресурс : справочная правовая система : документы и комментарии : универсал. информ. ресурс]. — Версия Проф, сетевая. — Москва, 1992—. — Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный	

Карта книги
обеспеченности
в библиотеку сдана

Основные данные об обеспеченности на

(дата составления рабочей программы)

основная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспеченадополнительная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспеченаЗав. отделом комплектования
научной библиотеки Н.В. Тюрикова**Данные об обеспеченности на**

(дата составления рабочей программы)

основная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспеченадополнительная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспеченаЗав. отделом комплектования
научной библиотеки

_____ Н.В. Тюрикова

8.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы**

Не предусмотрены.

8.4 Аудио- и видео-пособия

Не предусмотрены.

9 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**9.1 Специализированные лаборатории и классы**

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Лаборатория электромеханических систем	Кафедра МСА	07	71	20

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Лабораторный комплекс для изучения и исследования электрических машин и электрического привода	4	Оперативное управление	07

Карта книги
обеспеченности
в библиотечку кафедры

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		