



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храмшин
04.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Направление подготовки (специальность)
15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль/специализация) программы
Мехатронные системы в автоматизированном производстве

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированного электропривода и мехатроники
Курс	3
Семестр	5

Магнитогорск
2025 год

зам. начальника ЦЭТЛ ПАО «ММК» по электроприводу, канд. техн. наук
А.Ю. Юдин

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.А. Николаев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.А. Николаев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.А. Николаев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.А. Николаев

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью преподавания дисциплины «Электрические машины» является изучение различных электромеханических преобразователей энергии и подготовка студентов направления 13.03.02 к самостоятельной профессиональной деятельности в области современного автоматизированного электропривода.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Электрические машины входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Математика

Физика

Теоретическая механика

Электротехника и электроника

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Электрические и электронные аппараты

Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств

Системы управления электроприводов

Электронные устройства мехатронных и робототехнических систем

Проектирование мехатронных систем

Моделирование мехатронных систем

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Электрические машины» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-3	Способность разрабатывать простые узлы и блоки мехатронных систем, включающих электроприводы, гидроприводы и пневмоприводы
ПК-3.1	Решает стандартные профессиональные задачи по разработке простых узлов и блоков мехатронных систем, включающих электроприводы, гидроприводы и пневмоприводы

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 80,2 акад. часов;
- аудиторная – 76 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,2 акад. часов;
- самостоятельная работа – 28,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. 1.«Электрические машины постоянного тока»								
1.1 Введение. Классификация эл. машин. Конструкции эл. машин и обмоток. Принцип работы генераторов и двигателей. Реакция якоря. Процесс коммутации.	5	2		0,5	1	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1
1.2 ЭДС якоря и электромагнитный момент машины постоянного тока. Способы и условия самовозбуждения генераторов. Характеристики генераторов постоянного тока. Параллельная работа генераторов. Энергетическая диаграмма генератора.		1		0,5	1	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1
1.3 Электромеханические и механические характеристики двигателей постоянного тока. Пуск и регулирование частоты вращения.		3	2	0,5	1	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1
1.4 Тормозные режимы		3		1	1	Выполнение	– лабораторные	ПК-3.1

двигателя постоянного тока. Способы торможения.						практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	работы; – тестирование; – контрольные работы.	
1.5 Энергетическая диаграмма двигателя. Потери и КПД. Паспортные данные и рабочие характеристики двигателя постоянного тока.	5	2		0,5	4,21	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1
Итого по разделу		11	2	3	8,21			
2. 2. «Трансформаторы»								
2.1 Назначение, области применения; классификация, конструкции и принцип действия трансформаторов.	5	2		1	1	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1
2.2 Процессы при холостом ходе и при работе под нагрузкой. Основные уравнения.		2		1	1	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1
2.3 Схема замещения и векторная диаграмма приведенного трансформатора. Опыты холостого хода и короткого замыкания. Потери мощности и КПД трансформатора		2		1	1	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1
2.4 Трехфазные трансформаторы: магнитные системы; ЭДС трехфазных обмоток; схемы и группы соединения; параллельная работа; особенности холостого хода трехфазных трансформаторов.		2		1	1	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1

2.5 Специальные трансформаторы: - измерительные трансформаторы; - сварочные трансформаторы; - выпрямительные трансформаторы; - печные трансформаторы; - импульсные трансформаторы.	5	2		1	1	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1
Итого по разделу		10		5	5			
3. 3.«Общие вопросы машин переменного тока»								
3.1 Классификация, и конструкции машин переменного тока.	5	1		1		Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1
3.2 Намагничивающие силы трехфазной обмотки. Принцип создания вращающегося магнитного поля.		2		1		Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1
Итого по разделу		3		2				
4. Зачет.								
4.1 Зачет	5					Подготовка к зачету	– зачет.	ПК-3.1
Итого по разделу								
5. 5.«Асинхронные двигатели (АД)»								
5.1 Принцип действия АД, скольжение и режимы работы. Установление основных соотношений параметров электромагнитного состояния АД. Векторная диаграмма и схемы замещения.	5	2	1	1	2	Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины; Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1
5.2 Энергетическая диаграмма АД. Электромагнитный момент и механические		2	4	4	2	Выполнение практических работ (решение задач,	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные	ПК-3.1

характеристики АД. Паспортные данные и рабочие характеристики АД.						письменных работ и т.п.), предусмотренны х рабочей программой дисциплины; Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	работы.	
5.3 Пуск АД. Особенности прямого пуска. Способы пуска с ограничением пусковых токов и ударных моментов. АД с улучшенными пусковыми характеристиками.	5	2	3	1	2	Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренны х рабочей программой дисциплины; Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1
5.4 Регулирование угловой скорости АД, Способы регулирования скорости. Особенности реализации частотного регулирования. Тормозные режимы и способы торможения АД.		2	3	1	2	Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренны х рабочей программой дисциплины; Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1
Итого по разделу		8	11	7	8			
6. 6.«Синхронные машины» (СМ)								
6.1 Режимы работы СМ. Электромагнитные процессы в синхронной машине и параметры. Реакция якоря и ее виды. Основные характеристики синхронных генераторов (СГ)	5	2	1,5	0,5	2,5	Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренны х рабочей программой дисциплины; Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1
6.2 Векторные диаграммы СМ. Энергетические диаграммы СМ в		2	1,5	0,5	2,5	Выполнение практических работ (решение	– лабораторные работы; – тестирование;	ПК-3.1

различных режимах. Угловые и U-образные характеристики СМ.						задач, письменных работ и т.п.), предусмотренны х рабочей программой дисциплины; Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	– контрольные работы.	
6.3 Синхронный двигатель. Рабочие характеристики синхронных двигателей. Способы пуска СД. Реактивные синхронные двигатели. Регулирование реактивной мощности. Синхронные компенсаторы.	5	2	3	1	1,89	Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренны х рабочей программой дисциплины; Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1
Итого по разделу		6	6	2	6,89			
7. Подготовка и сдача экзамена								
7.1 Подготовка и сдача экзамена	5					Подготовка к экзамену	– экзамен.	ПК-3.1
Итого по разделу								
Итого за семестр		38	19	19	28,1		экзамен	
Итого по дисциплине		38	19	19	28,1		экзамен	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной деятельности в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Электрические машины» используются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Электрические машины» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций – консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки вопроса и поиска путей его решения. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

При проведении практических занятий используется работа в команде и методы ИТ.

Лабораторные работы проводятся на универсальном лабораторном стенде. При этом формируются навыки сборки и разборки схем, работы с измерительной аппаратурой, оценки результатов измерений. По результатам выполненной лабораторной работы проводятся необходимые расчеты, строятся графики и делаются выводы.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки домашних заданий, при решении задач и вопросов курсового проектирования на практических занятиях, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Епифанов, А. П. Электрические машины : учебник / А. П. Епифанов, Г. А. Епифанов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 300 с. — ISBN 978-5-8114-2637-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167448> (дата обращения: 20.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Сотников, В. В. Электрические машины : учебное пособие / В. В. Сотников. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. — 416 с. — ISBN 978-5-9729-1566-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/429464> (дата обращения: 20.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная 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: 30.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Астапенко, Э. С. Трансформаторы и их применение : учебное пособие / Э. С. Астапенко, Р. Н. Кахияев, Д. П. Столяров. — Томск : ТГАСУ, 2023. — 62 с. — ISBN 978-5-6049515-4-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/408650> (дата обращения: 30.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

1. Ионов, А. А. Электрические машины : задачник : учебное пособие / А. А. Ионов. — Самара : СамГУПС, 2019. — 115 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/145823> (дата обращения: 30.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/M/P0109/Web
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа ауд.123, 227.
Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации ауд. 227.
Учебная аудитория для проведения лабораторного практикума с универсальными лабораторными стендами, ауд.227.

Помещение для самостоятельной работы Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

«Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся»

По дисциплине «Электрические машины» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

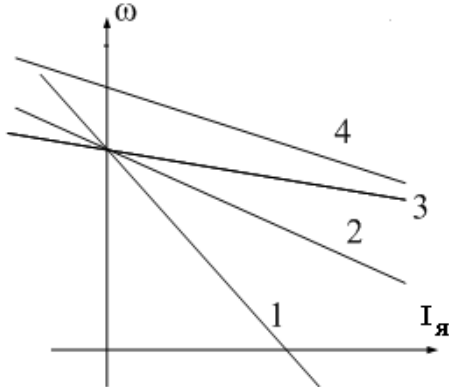
Аудиторная самостоятельная работа студентов на практических занятиях осуществляется под контролем преподавателя в виде решения задач и выполнения упражнений, которые определяет преподаватель для студента.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде чтения с проработкой материала, оформления лабораторных работ с консультациями преподавателя.

Аудиторная контрольная работа представляет собой рубежный контроль по изучаемым темам дисциплины и проходит в виде тестирования с проведением собеседований по отдельным вопросам тестовых задач.

Примерное содержание тестов:

1	3	Назначение какой из конструктивных частей машины постоянного тока смешанного возбуждения указано не полностью? 1). Обмотка возбуждения создает основной магнитный поток. 2). Дополнительные полюса предназначены для улучшения коммутации. 3). С помощью коллектора и щеток вращающаяся обмотка якоря соединяется с внешней сетью. 4). Ярмо - часть магнитопровода, по которому замыкается основной магнитный, поток и поток добавочных полюсов.
2	4	Какое из приведенных ниже выражений для генератора постоянного тока записано правильно? 1). $U = E_a + I_a R_a$ 2). $M = k \Phi \omega$ 3). $\Delta P_a = I_a R_a$ - потери в обмотке якоря. 4). $\Delta P_v = I_v^2 R_v$ - потери в обмотке возбуждения.
3	4	С какой целью при пуске двигателя параллельного возбуждения сопротивление реостата в цепи обмотки возбуждения устанавливают минимальным? 1). Для уменьшения пускового тока. 2). Для увеличения пускового тока. 3). Для уменьшения пускового момента. 4). Для увеличения пускового момента.

4	3	Что произойдет, если двигатель последовательного возбуждения подключить к сети без нагрузки? 1). Двигатель не запустится. 2). Обмотка якоря перегреется. 3). Вызывает неограниченное возрастание скорости 4). Обмотка возбуждения перегреется.
5	2	Для какой цели генераторы постоянного тока с самовозбуждением (генераторы смешанного возбуждения) имеют две обмотки возбуждения: параллельную и последовательную? 1). Для улучшения коммутации. 2). Для уменьшения изменения напряжения при изменении нагрузки 3). Для увеличения магнитного потока в режиме холостого хода. 4). Для улучшения условий самовозбуждения генератора.
6	4	Какая характеристика соответствует работе двигателя постоянного тока независимого возбуждения при ослаблении магнитного потока?  1). Характеристика 1. 2). Характеристика 2. 3). Характеристика 3. 4). Характеристика 4.

11	4	Выберите правильное определение назначения компенсационной обмотки (КО) машины постоянного тока. 1) КО размещена на главных полюсах машины и служит для улучшения условий коммутации. 2) КО размещается на добавочных полюсах машины и служит для устранения реакции якоря машины. 3) КО размещается в пазах основных полюсов машины и служит для устранения реакции якоря машины. 4) КО размещена в пазах главных полюсов машины и служит для борьбы с искажением поля машины от реакции якоря и снижения напряжения между коллекторными пластинами.
2	3	При какой схеме питания обмотки возбуждения обеспечивается максимальная перегрузочная способность двигателя постоянного тока? 1) При параллельном возбуждении. 2) При независимом возбуждении. 3) При последовательном возбуждении. 4) При смешанном возбуждении.

Примерное содержание Контрольной работы:

Контрольные вопросы по разделу «Магнитные цепи электрических аппаратов»

1. Поясните назначение дополнительных полюсов и компенсационной обмотки в конструкции машины постоянного тока.
2. Перечислите способы ограничения пускового тока двигателя постоянного тока.
3. Перечислите способы пуска двигателя постоянного тока и назовите негативные явления, возникающие в пусковом режиме.
4. Приведите схему подключения пускового устройства к якорной цепи двигателя постоянного тока при реостатном пуске.
5. Что такое реакция якоря и к каким негативным явлениям она приводит при эксплуатации машин постоянного тока?
6. Какими способами устраняют влияние реакции якоря на характеристики машины постоянного тока и процессы коммутации в щеточно-коллекторном устройстве?
7. Перечислите условия реализации возможных тормозных режимов двигателя постоянного тока.
8. В каком тормозном режиме реализуются условия рекуперации (возврата энергии обратно в питающую сеть)?
9. Существует два возможных условия возникновения рекуперативного торможения. Опишите условия, при которых возможна реализация рекуперативного торможения. Поясните графически на примере построения механических или скоростных характеристик двигателя (показать на характеристиках процесс перехода электродвигателя из двигательного рабочего режима в режим рекуперативного

(генераторного торможения)

10. Опишите условия реализации динамического торможения двигателя постоянного тока. Покажите графически на примере построения механических или скоростных характеристик (показать на характеристиках процесс перехода электродвигателя из двигательного режима в режим динамического торможения)
11. Опишите условия реализации торможения противовключением двигателя постоянного тока. Покажите графически на примере построения механических или скоростных характеристик (показать на характеристиках процесс перехода из двигательного рабочего режима в режим торможения противовключения).
12. Перечислите способы регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока. На графических примерах (механических или скоростных характеристиках) поясните изменения скорости двигателя в процессе регулирования.
13. Что такое двухзонное регулирование скорости двигателя постоянного тока?
14. При каких условиях проводятся испытания трансформатора: «Опыт холостого хода» и «Опыт короткого замыкания»? Измерение каких величин при этом осуществляют и как подключаются измерительные приборы?
15. Как определяются основные параметры схемы замещения трансформатора?
16. Что такое группа соединения обмоток трехфазного трансформатора, на примере «11-группа». Как можно реализовать другие группы соединения обмоток.
17. Условия параллельной работы трансформаторов.
18. Внешняя характеристика трансформатора. Как влияет характер нагрузки во вторичной цепи на внешнюю характеристику.
19. КПД трансформатора. Приведите расчетную формулу и характеристику зависимости КПД от величины нагрузки во вторичной.
20. Поясните условия создания в АД кругового вращающегося магнитного поля.
21. Как определяется скорость вращения магнитного поля асинхронного двигателя. Какие значения эта величина может иметь в промышленных двигателях при частоте питающего напряжения 50 Гц ?
22. Что такое скольжение в асинхронном двигателе и в каких пределах находится эта величина в различных режимах работы АД (в двигательном, генераторном, в режиме противовключения и динамического торможения).
23. Приведите механическую характеристику (зависимость скорости вращения от момента нагрузки или зависимость момента от скольжения). Покажите на характеристике момент критический, пусковой момент, примерное значение номинального момента, рабочий участок механической характеристики и участок неустойчивой работы.
24. Какие негативные явления проявляются при прямом пуске асинхронного двигателя и какими способами их можно устранить ?
25. Приведите примеры реализации различных способов пуска асинхронного двигателя.
26. Приведите примеры реализации различных способов регулирования скорости вращения АД.
27. Приведите примеры реализации различных способов реализации тормозных режимов АД.
28. Приведите механические характеристики АД при частотном регулировании АД.
29. Какие зависимости между питающим напряжением и его частотой реализованы в основных законах частотного регулирования АД ?
30. Как изменить направление вращения АД.
31. Как повысить устойчивость работы синхронного двигателя при изменении в широких пределах нагрузки?
32. Как реализуется питание обмотки возбуждения синхронной машины? Приведите примеры.
33. Приведите механическую и угловую характеристику синхронного двигателя.
34. Приведите примеры реализации различных способов пуска синхронного двигателя.
35. Синхронный компенсатор и его характеристики.

Лабораторные работы:

Лабораторная работа №1

«Исследование генераторов постоянного тока»

Лабораторная работа №2

«Исследование электромеханических свойств и характеристик двигателей постоянного тока последовательного и параллельного возбуждения»

Лабораторная работа №3

«Исследование однофазного трансформатора»

Лабораторная работа №4

«Параллельная работа трехфазных трансформаторов»

Лабораторная работа №5

«Определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя»

Лабораторная работа №6

«Исследование электромеханических свойств и характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором»

Лабораторная работа №7

«Исследование электромеханических свойств и характеристик асинхронного двигателя с фазным ротором»

Лабораторная работа №8

«Исследование трехфазного синхронного двигателя»

«Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации»

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-3: Способность разрабатывать простые узлы и блоки мехатронных систем, включающих электроприводы, гидроприводы и пневмоприводы		
ПК-3.1 :	Решает стандартные профессиональные задачи по разработке простых узлов и блоков мехатронных систем, включающих электроприводы, гидроприводы и пневмоприводы	1. Для электрической цепи, содержащей идеализированные элементы R, L, C записать дифференциальные уравнения электрического состояния. 2. Решить заданную систему дифференциальных уравнений классическим методом. 3. Дифференциальные уравнения электрического состояния цепи представить в операторной форме. 4. Для электрической цепи переменного тока записать уравнения в комплексной форме. 5. По значениям вещественной и мнимой части комплексного числа определить амплитуду и фазу комплексного числа. 6. Для схемы замещения двигателя постоянного тока записать уравнение электрического состояния якорной цепи и цепи возбуждения. 7. Привести краткое описание принципа работы машины постоянного тока в генераторном и двигательном режимах. 8. Записать уравнения для якорной цепи генератора постоянного тока. 9. Приведите основные характеристики генератора постоянного тока при различных способах возбуждения. 10. Записать уравнения для якорной цепи двигателя постоянного тока. 11. Для цепей первичной и вторичной обмоток трансформатора записать уравнения. электрического состояния с использованием символического метода расчета цепей. синусоидального тока (методом комплексных амплитуд). 12. Приведите краткое описание принципа работы асинхронного двигателя. 13. Для статорной и роторной цепей асинхронного двигателя записать уравнения. электромагнитного состояния в комплексной форме. 14. Для однофазного двухобмоточного трансформатора построить векторную диаграмму. 15. Привести схему замещения трансформатора. 16. Привести схему замещения асинхронного двигателя. 17. Привести уравнения скоростной и механической характеристики. 18. Записать уравнения баланса мощности двигателя

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства															
		постоянного тока. 19. Записать уравнение баланса мощности асинхронного двигателя. 20. Построить механические характеристики двигателя постоянного тока. 21. Построить механические характеристики асинхронного двигателя. 22. Приведите краткое описание конструкции и принципа работы синхронной машины. 23. Привести угловые характеристики синхронной машины. 24. Привести основные характеристики синхронного генератора. 25. Работа над тестами по основным темам курса (машины постоянного тока, трансформаторы, асинхронные двигатели, синхронные машины). Знать: устройство, принцип действия и основные характеристики электрических машин. Методы и схемы для определения различных параметров электрических машин. Влияние изменения различных параметров на характеристики электрических машин Расчетно-графическая работа: «Расчет характеристик трансформаторов и электрических двигателей» Проводятся расчеты характеристик трансформаторов и двигателей по паспортным данным. Обучающиеся демонстрируют методики проведения расчетов и оценки влияния различных параметров на эксплуатационные характеристики двигателей и трансформаторов. Пример №1: <u>Расчет характеристик двигателя постоянного тока</u> Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения имеет следующие данные. <table><tr><th rowspan="2">Номер варианта</th><th>$P_{ном}$</th><th>$U_{ном}$</th><th>$I_{ном}$</th><th>$n_{ном}$</th><th>$R_{яц}$</th><th>$R_{ов}$</th><th>η</th></tr><tr><th>кВт</th><th>В</th><th>А</th><th>Об/мин</th><th>Ом</th><th>Ом</th><th>%</th></tr></table> где $P_{ном}$ - номинальная мощность двигателя; $U_{ном}$ - номинальное напряжение; $I_{ном}$ - номинальный ток, потребляемый из сети; $n_{ном}$ - номинальная частота вращения;	Номер варианта	$P_{ном}$	$U_{ном}$	$I_{ном}$	$n_{ном}$	$R_{яц}$	$R_{ов}$	η	кВт	В	А	Об/мин	Ом	Ом	%
Номер варианта	$P_{ном}$	$U_{ном}$		$I_{ном}$	$n_{ном}$	$R_{яц}$	$R_{ов}$	η									
	кВт	В	А	Об/мин	Ом	Ом	%										

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		$R_{яц}$ - сопротивление обмоток якоря и дополнительных полюсов при 20°C; $R_{ов}$ - сопротивление обмотки возбуждения при 20°C. По данным своего варианта, взятым из табл.1 приложения, необходимо выполнить следующее. 1. Начертить электрическую схему включения двигателя параллельного возбуждения и указать на ней ток якоря и ток возбуждения. 2. Определить номинальный ток возбуждения и номинальный ток якоря. 3. Определить номинальный момент на валу двигателя. 4.. Рассчитать и построить на одном графике $\omega = f(M)$ естественную и три искусственные механические характеристики; 4.1. При сопротивлении регулировочного реостата в цепи якоря $R_g = 5R_{я}$, $U = U_{ном}$ $\Phi = \Phi_{ном}$. 4.2. При пониженном напряжении на якоре $U = 0,6U_{ном}$, $R_g = 0$, $\Phi = \Phi_{ном}$ 4.3. При ослабленном магнитном потоке $\Phi = 0,8\Phi_{ном}$, $U = U_{ном}$, $R_g = 0$ 5. Определить процентное изменение скорости вращения для каждой характеристики и диапазон регулирования при $M = M_{ном}$ 6. Рассчитать сопротивление пускового реостата при пуске двигателя с $I_{япуск} = 2I_{яном}$. 7. Определить ток якоря, который был бы при непосредственном включении двигателя в сеть, его кратность по отношению к номинальному значению и сделать выводы для возможности практического применения данного способа пуска. 8. Определить величину сопротивления динамического торможения R_{gt} при тормозном токе якоря $I_{agt} = 1,5I_{ном}$. Тормозному режиму предшествует режим двигателя с номинальной нагрузкой и номинальной частотой вращения. 9. Определить полные потери мощности в двигателе при работе в номинальном режиме. 10. Исследовать, как изменяется КПД двигателя, работающего при номинальной нагрузке, на реостатной характеристике, при пониженном на 40% напряжении, ослабленном на 20% магнитном

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																				
		потоке в сравнении с номинальным значением КПД, указанным в паспорте двигателя 11 . Определить полные потери мощности в двигателе при работе в номинальном режиме. 12 . Исследовать, как изменяется КПД двигателя, работающего при номинальной нагрузке, на реостатной характеристике, при пониженном на 40% напряжении, ослабленном на 20% магнитном потоке в сравнении с номинальным значением КПД, указанным в паспорте двигателя Пример №2.: <u>Расчет характеристик трансформатора</u> Трехфазный трансформатор имеет следующие данные. <table><tr><th>Номер варианта</th><th>Тип трансформатора</th><th>$S_{ном}$ кВА</th><th>$U_{1ном}$ кВ</th><th>$U_{2ном}$ кВ</th><th>P_0 кВт</th><th>P_k кВт</th><th>U_k %</th><th>I_k %</th><th>Схема соединения и группа</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> где $S_{ном}$ - номинальная мощность трансформатора; $U_{1ном}$ - номинальное линейное напряжение первичной обмотки; $U_{2ном}$ - номинальное линейное напряжение вторичной обмотки; P_0 - мощность потерь холостого хода; P_k -мощность потерь короткого замыкания; U_k - напряжение короткого замыкания в процентах относительно фазного напряжения первичной обмотки; I_k - ток холостого хода в процентах от номинального фазного тока первичной, обмотки. По данным своего варианта, взятым из табл.1 приложения методического пособия, необходимо выполнить следующее 1 .Начертить электрическую схему соединения обмоток	Номер варианта	Тип трансформатора	$S_{ном}$ кВА	$U_{1ном}$ кВ	$U_{2ном}$ кВ	P_0 кВт	P_k кВт	U_k %	I_k %	Схема соединения и группа										
Номер варианта	Тип трансформатора	$S_{ном}$ кВА	$U_{1ном}$ кВ	$U_{2ном}$ кВ	P_0 кВт	P_k кВт	U_k %	I_k %	Схема соединения и группа													

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства							
		трансформатора, указать на ней линейные и фазные напряжения и токи, привести соотношения между ними. 2 . Определить: 2.1. Номинальные фазные напряжения первичной и вторичной обмоток. 2.2. Коэффициент трансформации. 2.3. Номинальные линейные и фазные токи первичной и вторичной обмоток, 2.4. Изменение напряжения ΔU_2 на зажимах вторичной обмотки трансформатора при нагрузках, равных: $\beta = 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0$ и $\cos \varphi_2 = 0,8$. Построить внешнюю характеристику трансформатора. 2.5. Коэффициент полезного действия η трансформатора при активно-индуктивной нагрузке с $\cos \varphi_2 = 0,8$ и при нагрузках, равных: $\beta = 0; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0$, Построить характеристику $\eta = f(\beta)$ 2.6. Нагрузку, при которой КПД трансформатора имеет наибольшее значение, и это значение КПД. Полученные значения КПД, изменения напряжения ΔU_2 и напряжения на зажимах вторичной обмотки трансформатора следует свести в таблицу. <table><tr><td rowspan="2">β</td><td>η</td><td>ΔU_2</td><td>U_2</td></tr><tr><td>%</td><td>кВ</td><td>кВ</td></tr></table> 3. Объясните, возможно ли присоединение к зажимам вторичной обмотки заданного Вам трансформатора несимметричной нагрузки? 4. Объясните смысл понятия "Группа соединения обмоток" и его условное обозначение в Вашем варианте. <u>Исследовательская часть</u> 5. Выяснить влияние изменения числа витков первичной обмотки понижающего трансформатора при неизменном первичном напряжении U_1 на коэффициент трансформации n и напряжение	β	η	ΔU_2	U_2	%	кВ	кВ
β	η	ΔU_2		U_2					
	%	кВ	кВ						

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																		
		U_2 на зажимах Вторичной обмотки. 6.Исследовать влияние характера нагрузки потребителей на изменение вторичного напряжения трансформатора при $\cos \varphi_2 = I$ (активная нагрузка) и $\cos \varphi_2 = 0,6$ (активно-индуктивная нагрузка). По полученным результатам построить внешние характеристики на одном графике с характеристикой, соответствующей $\cos \varphi_2 = 0,8$. 7. Выяснить, как изменятся вторичное напряжение U_2 и ток холостого хода I_0, если первичную обмотку трансформатора вместо "треугольника" соединить "звездой" (или вместо " звезды" в "треугольник")? Пример №3.: <u>Тема. Расчет и исследование характеристик асинхронного двигателя.</u> Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, паспортными данными, приведенными в табл.3, подключается к трехфазной сети переменного тока с линейным напряжением 220 В для нечетных вариантов и 380 В для четных вариантов, частотой 50 Гц. <table><tr><th>Номер варианта</th><th>$U_{ном}$, В</th><th>$P_{ном}$, кВт</th><th>$n_{ном}$, об/мин</th><th>$\eta_{ном}$</th><th>$\cos \varphi_{ном}$</th><th>$I_n / I_{ном}$</th><th>$M_n / M_{ном}$</th><th>$M_m / M_{ном}$</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> где $U_{ном}$ - номинальное напряжение; $P_{ном}$ - номинальная мощность на валу двигателя; $n_{ном}$ - номинальная частота вращения; $\eta_{ном}$ - номинальный коэффициент полезного действия (КПД); $\cos \varphi_{ном}$ - номинальный коэффициент мощности;	Номер варианта	$U_{ном}$, В	$P_{ном}$, кВт	$n_{ном}$, об/мин	$\eta_{ном}$	$\cos \varphi_{ном}$	$I_n / I_{ном}$	$M_n / M_{ном}$	$M_m / M_{ном}$									
Номер варианта	$U_{ном}$, В	$P_{ном}$, кВт	$n_{ном}$, об/мин	$\eta_{ном}$	$\cos \varphi_{ном}$	$I_n / I_{ном}$	$M_n / M_{ном}$	$M_m / M_{ном}$												

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		$\frac{I_n}{I_{ном}}$ - кратность пускового тока; $\frac{M_n}{M_{ном}}$ - кратность пускового момента; $\frac{M_m}{M_{ном}}$ - кратность максимального момента. По паспортным данным двигателя для Вашего варианта выполнить следующее. 1. Начертить электрическую схему включения обмотки статора асинхронного двигателя соответственно линейному напряжению Вашего варианта. 2. Определить: 2.1. Активную, реактивную и полную мощности, потребляемые двигателем из, сети при номинальном режиме. 2.2. Номинальный и пусковой токи; номинальный, пусковой и максимальный моменты двигателя. 2.3. Частоту вращения магнитного поля статора, номинальное и критическое скольжение. 2.4. Полные потери мощности в двигателе при номинальном режиме работы. 3. Рассчитать и, построить зависимость частоты вращения ротора двигателя от величины механического момента, приложенного к его валу. 4. Исследовать зависимость частоты ЭДС и тока, электрических потерь в роторе от скольжения. 5. Сделать выводы по результатам выполненной работы.
ОПК-4 .2	Разрабатывает мероприятия по улучшению показателей качества работы электрических цепей и	36. Поясните назначение дополнительных полюсов и компенсационной обмотки в конструкции машины постоянного тока. 37. Перечислите способы ограничения пускового тока двигателя постоянного тока. 38. Перечислите способы пуска двигателя постоянного тока и назовите негативные явления, возникающие в пусковом режиме. 39. Приведите схему подключения пускового устройства к якорной цепи двигателя постоянного тока при реостатном пуске. 40. Что такое реакция якоря и к каким негативным явлениям она приводит при эксплуатации машин постоянного тока?

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
	машин	41. Какими способами устраняют влияние реакции якоря на характеристики машины постоянного тока и процессы коммутации в щеточно-коллекторном устройстве? 42. Перечислите условия реализации возможных тормозных режимов двигателя постоянного тока. 43. В каком тормозном режиме реализуются условия рекуперации (возврата энергии обратно в питающую сеть)? 44. Существует два возможных условия возникновения рекуперативного торможения. Опишите условия, при которых возможна реализация рекуперативного торможения. Поясните графически на примере построения механических или скоростных характеристик двигателя (показать на характеристиках процесс перехода электродвигателя из двигательного рабочего режима в режим рекуперативного (генераторного торможения) 45. Опишите условия реализации динамического торможения двигателя постоянного тока. Покажите графически на примере построения механических или скоростных характеристик (показать на характеристиках процесс перехода электродвигателя из двигательного режима в режим динамического торможения) 46. Опишите условия реализации торможения противовключением двигателя постоянного тока. Покажите графически на примере построения механических или скоростных характеристик (показать на характеристиках процесс перехода из двигательного рабочего режима в режим торможения противовключения). 47. Перечислите способы регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока. На графических примерах (механических или скоростных характеристиках) поясните изменения скорости двигателя в процессе регулирования. 48. Что такое двухзонное регулирование скорости двигателя постоянного тока? 49. При каких условиях проводятся испытания трансформатора: «Опыт холостого хода» и «Опыт короткого замыкания»? Измерение каких величин при этом осуществляют и как подключаются измерительные приборы? 50. Как определяются основные параметры схемы замещения трансформатора? 51. Что такое группа соединения обмоток трехфазного трансформатора, на примере «11-группа». Как можно реализовать другие группы соединения обмоток. 52. Условия параллельной работы трансформаторов. 53. Внешняя характеристика трансформатора. Как влияет характер нагрузки во вторичной цепи на внешнюю характеристику. 54. КПД трансформатора. Приведите расчетную формулу и характеристику зависимости КПД от величины нагрузки во вторичной.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		55. Поясните условия создания в АД кругового вращающегося магнитного поля. 56. Как определяется скорость вращения магнитного поля асинхронного двигателя. Какие значения эта величина может иметь в промышленных двигателях при частоте питающего напряжения 50 Гц ? 57. Что такое скольжение в асинхронном двигателе и в каких пределах находится эта величина в различных режимах работы АД (в двигательном, генераторном, в режиме противовключения и динамического торможения). 58. Приведите механическую характеристику (зависимость скорости вращения от момента нагрузки или зависимость момента от скольжения). Покажите на характеристике момент критический, пусковой момент, примерное значение номинального момента, рабочий участок механической характеристики и участок неустойчивой работы. 59. Какие негативные явления проявляются при прямом пуске асинхронного двигателя и какими способами их можно устранить ? 60. Приведите примеры реализации различных способов пуска асинхронного двигателя. 61. Приведите примеры реализации различных способов регулирования скорости вращения АД. 62. Приведите примеры реализации различных способов реализации тормозных режимов АД. 63. Приведите механические характеристики АД при частотном регулировании АД. 64. Какие зависимости между питающим напряжением и его частотой реализованы в основных законах частотного регулирования АД ? 65. Как изменить направление вращения АД. 66. Как повысить устойчивость работы синхронного двигателя при изменении в широких пределах нагрузки? 67. Как реализуется питание обмотки возбуждения синхронной машины? Приведите примеры. 68. Приведите механическую и угловую характеристику синхронного двигателя. 69. Приведите примеры реализации различных способов пуска синхронного двигателя. 70. Синхронный компенсатор и его характеристики. 71. Работа на тестовыми материалами в рамках самоподготовки.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Электрические машины» длится 2 семестра: включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, в первом семестре проводится в форме зачета, второй семестр в форме экзамена.

Показатели и критерии аттестации (зачет):

Изучение учебной дисциплины «Введение в направление» завершается зачетом.

Зачет является формой итогового контроля знаний и умений, полученных на лекциях, семинарских, практических занятиях и процессе самостоятельной работы.

Зачет дает возможность преподавателю:

- выяснить уровень освоения обучающимися программы учебной дисциплины;
- оценить формирование определенных знаний и навыков их использования, необходимых и достаточных для будущей самостоятельной работы;
- оценить умение обучающихся творчески мыслить и логически правильно излагать ответы на поставленные вопросы.

Зачет проводится в форме собеседования, в процессе которого обучающийся отвечает на вопросы преподавателя.

Литература для подготовки к зачету рекомендуется преподавателем. Для полноты учебной информации и ее сравнения лучше использовать не менее двух учебников. Обучающийся вправе сам придерживаться любой из представленных в учебниках точек зрения по спорной проблеме (в том числе отличной от преподавателя), но при условии достаточной научной аргументации.

Основным источником подготовки к зачету является конспект лекций, где учебный материал дается в систематизированном виде, основные положения его детализируются, подкрепляются современными фактами и информацией, которые в силу новизны не вошли в опубликованные печатные источники. В ходе подготовки к зачету обучающимся необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания излагаемых проблем.

Зачет проводится по вопросам, охватывающим весь пройденный материал. По окончании ответа преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Положительным также будет стремление студента изложить различные точки зрения на рассматриваемую проблему, выразить свое отношение к ней, применить теоретические знания по современным проблемам экологии. Результаты зачета объявляются студенту непосредственно после окончания его ответа в день сдачи.

Показатели и критерии аттестации (зачет):

- обучающийся получает отметку «**зачтено**» при условии ответа на все предусмотренные вопросы на оценку не ниже «удовлетворительно».

- обучающийся получает отметку «**не зачтено**» при условии ответа на все предусмотренные вопросы на оценку ниже «удовлетворительно».

Показатели и критерии оценивания экзамена:

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.