



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

03.03.2021 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
заочная

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

Магнитогорск
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника (приказ Минобрнауки России от 17.08.2020 г. № 1046)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и мехатроники

26.02.2021, протокол № 6

Зав. кафедрой  А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

03.03.2021 г. протокол № 5

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры АЭПиМ

 А.Б. Лымарь

Рецензент:

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 2022 - 2023 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 2023 - 2024 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 2024 - 2025 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 2025 - 2026 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 2026 - 2027 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 15.03.06 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

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

Теория электропривода

Электрический привод

Электрические измерения

Теоретические основы электротехники

Электрические и электронные аппараты

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 – 12,9 акад. часов;
- аудиторная – 10 акад. часов;
- внеаудиторная – 2,9 акад. часов;
- самостоятельная работа – 122,4 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Курс	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 и обмоток. Принцип работы генераторов и двигателей. Реакция якоря. Процесс коммутации.	3	0,25	0,1	0,1/0,1И	5	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		0,25	0,1	0,1/0,1И	5	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.		0,25	0,1	0,1/0,1И	5	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1

1.4 Тормозные режимы двигателя постоянного тока. Способы торможения.		0,25	0,1	0,1/0,1И	5	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1
1.5 Энергетическая диаграмма двигателя. Потери и КПД. Паспортные данные и рабочие характеристики двигателя постоянного тока.		0,25	0,1	0,1/0,1И	5	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ПК-3.1
Итого по разделу		1,25	0,5	0,5/0,5И	25			
2. 2. «Трансформаторы»								
2.1 Назначение, области применения; классификация, конструкции и принцип действия трансформаторов.	3	0,1	0,1/0,1И	0,1/0,1И	5	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.		0,1	0,1/0,1И	0,1/0,1И	5	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		0,1	0,1/0,1И	0,1/0,1И	5	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.		0,1	0,1/0,1И	0,1/0,1И	5	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		0,1	0,1/0,1И	0,1/0,1И	5	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	- лабораторные работы; - тестирование; - контрольные работы.	ПК-3.1
Итого по разделу			0,5	0,5/0,5И	0,5/0,5И	25			
3. 3.«Общие вопросы машин переменного тока»									
3.1	Классификация, и конструкции машин переменного тока.	3	0,2	0,1	0,5	10	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.		0,2	0,1	0,5/0,5И	10	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	- лабораторные работы; - тестирование; - контрольные работы.	ПК-3.1
Итого по разделу			0,4	0,2	1/0,5И	20			
4. 4.«Асинхронные двигатели (АД)»									
4.1	Принцип действия АД, скольжение и режимы работы. Установление основных соотношений параметров электромагнитного состояния АД. Векторная диаграмма и схемы замещения.	3	0,25	0,1	0,25	4	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

4.2 Энергетическая диаграмма АД. Электромагнитный момент и механические характеристики АД. Паспортные данные и рабочие характеристики АД.		0,25	0,1	0,25	4	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
4.3 Пуск АД. Особенности прямого пуска. Способы пуска с ограничением пусковых токов и ударных моментов. АД с улучшенными пусковыми характеристиками.		0,25	0,1	0,25	4	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
4.4 Регулирование угловой скорости АД. Способы регулирования скорости. Особенности реализации частотного регулирования. Тормозные режимы и способы торможения АД.		0,25	0,1	0,25	4	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
Итого по разделу		1	0,4	1	16			
5. 5.«Синхронные машины» (СМ)								
5.1 Режимы работы СМ. Электромагнитные процессы в синхронной машине и параметры. Реакция якоря и ее виды. Основные характеристики синхронных генераторов (СГ)	3	0,25	0,1	0,25	4	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 Векторные диаграммы СМ. Энергетические диаграммы СМ в различных режимах. Угловые и U-образные характеристики СМ.		0,25	0,1	0,25	4	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
5.3 Синхронный двигатель. Рабочие характеристики синхронных двигателей. Способы пуска СД. Реактивные синхронные двигатели. Регулирование реактивной мощности. Синхронные компенсаторы.		0,35	0,2	0,5	10	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
Итого по разделу		0,85	0,4	1	18			
6. 6. Подготовка и сдача экзамена								
6.1 Подготовка и сдача экзамена	3				18,4	Подготовка к экзамену	– экзамен.	ПК-3.1
Итого по разделу					18,4			
Итого за семестр		4	2/0,5И	4/1,5И	122,4		экзамен	
Итого по дисциплине		4	2/0,5И	4/1,5И	122,4		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 И Т.

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 (модуля)

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: 14.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей

2. Иванов-Смоленский А.В., Электрические машины. В двух томах. Том 1 [Электронный ресурс]: учебник для вузов. / Иванов-Смоленский А.В. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01222-2 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012222.html>

б) Дополнительная литература:

2. Серебряков А.С., Трансформаторы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Серебряков А.С. - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01243- - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012437.html>

3. Горохов В.Л. Расчет асинхронных двигателей. [Текст]: учебное пособие / В.Л.Горохов, И.А.Якимов; МГТУ. – Магнитогорск, 2014 – 92 с.

в) Методические указания:

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: 18.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий: лаборатория автоматизированного электропривода постоянного и переменного тока	лабораторный стенд №1; лабораторный стенд №2; лабораторный стенд №3;
Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с ПО из п. 8(г), выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Приложение 1 «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.

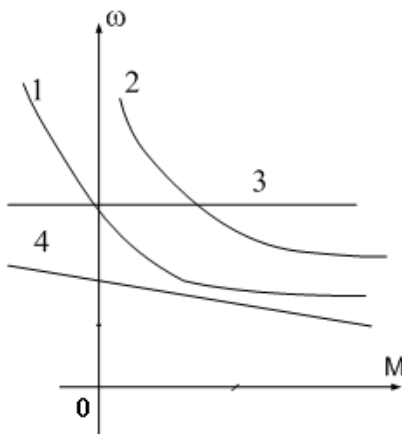
Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде чтения с проработкой материала, оформления лабораторных работ с консультациями преподавателя.

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	<p>Назначение какой из конструктивных частей машины постоянного тока смешанного возбуждения указано не полностью?</p> <ol style="list-style-type: none">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	<p>Какое из приведенных ниже выражений для генератора постоянного тока записано правильно?</p> <ol style="list-style-type: none">1). $U = E_{\text{я}} + I_{\text{я}} R_{\text{я}}$2). $M = k \Phi \omega$3). $\Delta R_{\text{я}} = I_{\text{я}} R_{\text{я}}$ - потери в обмотке якоря.4). $\Delta P_{\text{в}} = I_{\text{в}}^2 R_{\text{в}}$ - потери в обмотке возбуждения.
3	4	<p>С какой целью при пуске двигателя параллельного возбуждения сопротивление реостата в цепи обмотки возбуждения устанавливают минимальным?</p> <ol style="list-style-type: none">1). Для уменьшения пускового тока.2). Для увеличения пускового тока.3). Для уменьшения пускового момента.4). Для увеличения пускового момента.

4	3	<p>Что произойдет, если двигатель последовательного возбуждения подключить к сети без нагрузки?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1). Двигатель не запустится. 2). Обмотка якоря перегреется. 3). Вызывает неограниченное возрастание скорости 4). Обмотка возбуждения перегреется.
5	2	<p>Для какой цели генераторы постоянного тока с самовозбуждением (генераторы смешанного возбуждения) имеют две обмотки возбуждения: параллельную и последовательную?</p> <ol style="list-style-type: none"> 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	<p>Какая характеристика соответствует работе двигателя постоянного тока независимого возбуждения при ослаблении магнитного потока?</p> <div style="text-align: center;"> </div> <ol style="list-style-type: none"> 1). Характеристика 1. 2). Характеристика 2. 3). Характеристика 3. 4). Характеристика 4.

7	1	<p>Какая характеристика принадлежит двигателю постоянного тока, смешанного возбуждения?</p>  <p>1). Характеристика 1. 2). Характеристика 2. 3). Характеристика 3. 4). Характеристика 4.</p>
8	4	<p>Какое уравнение соответствует работе электрической машины в генераторном режиме?</p> <p>1) $U = k\Phi\omega - E_{Я}$ 2) $U = k\Phi\omega + I_{я}R_{я}$ 3) $I_{я}R_{я} = E_{Я} + U$ 4) $U = k\Phi\omega - I_{я}R_{я}$</p>
9	2	<p>Какую мощность (приблизительно) потребляет из сети двигатель постоянного тока, если момент на валу двигателя равен $M = 300/\pi$ Нм, напряжение питающей сети 220 В, скорость вращения равна 1000 об/мин, а КПД составляет $\eta = 95\%$.</p> <p>1). 8,5 кВт. 2). 10,5 кВт. 3). 11,5 кВт. 4). 15,5 кВт.</p>
10	2	<p>Какое уравнение соответствует работе электрической машины в двигательном режиме?</p> <p>1) $U = k\Phi\omega - E_{Я}$ 2) $U = k\Phi\omega + I_{я}R_{я}$ 3) $I_{я}R_{я} = E_{Я} + U$ 4) $U = k\Phi\omega - I_{я}R_{я}$</p>

11	4	<p>Выберите правильное определение назначения компенсационной обмотки (КО) машины постоянного тока.</p> <ol style="list-style-type: none"> 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	<p>При какой схеме питания обмотки возбуждения обеспечивается максимальная перегрузочная способность двигателя постоянного тока?</p> <ol style="list-style-type: none"> 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. Какую роль в электрических аппаратах выполняют магнитные цепи? В чём сходство и различие электрических и магнитных цепей?
2. Сформулируйте основные законы, применяемые при расчёте магнитных цепей.
3. Что такое коэрцитивная сила?
4. Что представляет собой электромагнитная система электрических аппаратов?
5. Отличаются ли тяговые характеристики электромагнитов постоянного и переменного тока?
6. Поясните назначение короткозамкнутого витка в конструкции электромагнита переменного тока.
7. Приведите примеры конструктивных мер по изменению временных параметров срабатывания электромагнитов постоянного тока.
8. Поясните характер изменения тока в обмотке при включении электромагнита постоянного тока.
9. Связаны ли между собой индуктивность электромагнита и величина воздушного зазора?
10. Приведите примеры схемных мер по уменьшению времени срабатывания электромагнитов постоянного тока.
11. Выведите выражение для определения силы тяги электромагнита постоянного тока.
12. Приведите примеры схемных решений по увеличению времени срабатывания электромагнитов постоянного тока.
13. Что такое тяговая характеристика электромагнита?
14. Приведите примеры схемных решений по увеличению времени возврата электромагнитов постоянного тока.
15. Почему при подаче питания на обмотку электромагнита переменного тока возникает большой пусковой ток?
16. Сформулируйте особенности электромагнитов переменного тока.
17. Почему магнитопроводы некоторых электрических аппаратов

выполнены из шихтованного железа? 18. Поясните, что может произойти, если якорь электромагнита переменного тока в своём движении затормозится и не замкнёт магнитную цепь?

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»

Приложение 2 «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	<ol style="list-style-type: none"> 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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																
		<p>характеристики.</p> <p>18. Записать уравнения баланса мощности двигателя постоянного тока.</p> <p>19. Записать уравнение баланса мощности асинхронного двигателя.</p> <p>20. Построить механические характеристики двигателя постоянного тока.</p> <p>21. Построить механические характеристики асинхронного двигателя.</p> <p>22. Приведите краткое описание конструкции и принципа работы синхронной машины.</p> <p>23. Привести угловые характеристики синхронной машины.</p> <p>24. Привести основные характеристики синхронного генератора.</p> <p>25. Работа над тестами по основным темам курса (машины постоянного тока, трансформаторы, асинхронные двигатели, синхронные машины).</p> <p>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</p> <p>Курсовой проект: «Расчет характеристик трансформаторов и электрических двигателей»</p> <p>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.</p> <p>Пример №1: <u>Расчет характеристик двигателя постоянного тока</u></p> <p>Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения имеет следующие данные.</p> <table border="1" data-bbox="518 1895 1481 2110"> <thead> <tr> <th data-bbox="518 1895 679 2011">Номер варианта</th> <th data-bbox="679 1895 793 2011">$P_{ном}$</th> <th data-bbox="793 1895 914 2011">$U_{ном}$</th> <th data-bbox="914 1895 1027 2011">$I_{ном}$</th> <th data-bbox="1027 1895 1171 2011">$n_{ном}$</th> <th data-bbox="1171 1895 1279 2011">$R_{яц}$</th> <th data-bbox="1279 1895 1388 2011">$R_{об}$</th> <th data-bbox="1388 1895 1481 2011">η</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="518 2011 679 2110"></td> <td data-bbox="679 2011 793 2110">кВт</td> <td data-bbox="793 2011 914 2110">В</td> <td data-bbox="914 2011 1027 2110">А</td> <td data-bbox="1027 2011 1171 2110">Об/мин</td> <td data-bbox="1171 2011 1279 2110">Ом</td> <td data-bbox="1279 2011 1388 2110">Ом</td> <td data-bbox="1388 2011 1481 2110">%</td> </tr> </tbody> </table>	Номер варианта	$P_{ном}$	$U_{ном}$	$I_{ном}$	$n_{ном}$	$R_{яц}$	$R_{об}$	η		кВт	В	А	Об/мин	Ом	Ом	%
Номер варианта	$P_{ном}$	$U_{ном}$	$I_{ном}$	$n_{ном}$	$R_{яц}$	$R_{об}$	η											
	кВт	В	А	Об/мин	Ом	Ом	%											

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>где $P_{ном}$ - номинальная мощность двигателя;</p> <p>$U_{ном}$ - номинальное напряжение;</p> <p>$I_{ном}$ - номинальный ток, потребляемый из сети;</p> <p>$n_{ном}$ - номинальная частота вращения;</p> <p>$R_{яц}$ - сопротивление обмоток якоря и дополнительных полюсов при 20°C;</p> <p>$R_{ов}$ - сопротивление обмотки возбуждения при 20°C.</p> <p>По данным своего варианта, взятым из табл.1 приложения, необходимо выполнить следующее.</p> <ol style="list-style-type: none"> Начертить электрическую схему включения двигателя параллельного возбуждения и указать на ней ток якоря и ток возбуждения. Определить номинальный ток возбуждения и номинальный ток якоря. Определить номинальный момент на валу двигателя. Рассчитать и построить на одном графике $\omega = f(M)$ естественную и три искусственные механические характеристики; <ol style="list-style-type: none"> При сопротивлении регулировочного реостата в цепи якоря $R_g = 5R_{я}$, $U = U_{ном}$, $\Phi = \Phi_{ном}$. При пониженном напряжении на якоре $U = 0,6U_{ном}$, $R_g = 0$, $\Phi = \Phi_{ном}$. При ослабленном магнитном потоке $\Phi = 0,8\Phi_{ном}$, $U = U_{ном}$, $R_g = 0$. Определить процентное изменение скорости вращения для каждой характеристики и диапазон регулирования при $M = M_{ном}$. Рассчитать сопротивление пускового реостата при пуске двигателя с $I_{япуск} = 2I_{яном}$. Определить ток якоря, который был бы при непосредственном включении двигателя в сеть, его кратность по отношению к

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																				
		<p>номинальному значению и сделать выводы для возможности практического применения данного способа пуска.</p> <p>8. Определить величину сопротивления динамического торможения R_{gm} при тормозном токе якоря $I_{ygm} = 1,5I_{ном}$. Тормозному режиму предшествует режим двигателя с номинальной нагрузкой и номинальной частотой вращения.</p> <p>9. Определить полные потери мощности в двигателе при работе в номинальном режиме.</p> <p>10. 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</p> <p>11. Определить полные потери мощности в двигателе при работе в номинальном режиме.</p> <p>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</p> <p style="text-align: center;"><u>Пример №2.: Расчет характеристик трансформатора</u></p> <p>Трехфазный трансформатор имеет следующие данные.</p> <table border="1" data-bbox="534 1608 1481 1886"> <thead> <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> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> <p>где $S_{ном}$ - номинальная мощность трансформатора;</p> <p style="text-align: center;">$U_{1ном}$ - номинальное линейное напряжение первичной</p>	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
		<p>обмотки;</p> <p>$U_{2ном}$ - номинальное линейное напряжение вторичной обмотки;</p> <p>P_0 - мощность потерь холостого хода;</p> <p>P_k - мощность потерь короткого замыкания;</p> <p>U_k - напряжение короткого замыкания в процентах относительно фазного напряжения первичной обмотки;</p> <p>I_k - ток холостого хода в процентах от номинального фазного тока первичной, обмотки.</p> <p>По данным своего варианта, взятым из табл.1 приложения методического пособия, необходимо выполнить следующее</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Начертить электрическую схему соединения обмоток трансформатора, указать на ней линейные и фазные напряжения и токи, привести соотношения между ними. 2. Определить: <ol style="list-style-type: none"> 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. <p>Полученные значения КПД, изменения напряжения ΔU_2 и</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства								
		<p>напряжения на зажимах вторичной обмотки трансформатора следует свести в таблицу.</p> <table border="1" data-bbox="783 689 1453 871"> <tr> <td>β</td> <td>η</td> <td>ΔU_2</td> <td>U_2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>%</td> <td>кВ</td> <td>кВ</td> </tr> </table> <p>3. Объясните, возможно ли присоединение к зажимам вторичной обмотки заданного Вам трансформатора несимметричной нагрузки?</p> <p>4. Объясните смысл понятия "Группа соединения обмоток" и его условное обозначение в Вашем варианте.</p> <p style="text-align: center;"><u>Исследовательская часть</u></p> <p>5. Выяснить влияние изменения числа витков первичной обмотки понижающего трансформатора при неизменном первичном напряжении U_1 на коэффициент трансформации n и напряжение U_2 на зажимах Вторичной обмотки.</p> <p>6. Исследовать влияние характера нагрузки потребителей на изменение вторичного напряжения трансформатора при $\cos \varphi_2 = 1$ (активная нагрузка) и $\cos \varphi_2 = 0,6$ (активно-индуктивная нагрузка).</p> <p>По полученным результатам построить внешние характеристики на одном графике с характеристикой, соответствующей $\cos \varphi_2 = 0,8$.</p> <p>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")?</p> <p style="text-align: center;">Пример №3.: <u>Тема. Расчет и исследование характеристик асинхронного двигателя.</u></p>	β	η	ΔU_2	U_2		%	кВ	кВ
β	η	ΔU_2	U_2							
	%	кВ	кВ							

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																		
		<p data-bbox="517 510 1484 712">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.</p> <table border="1" data-bbox="582 813 1481 1162"> <thead> <tr> <th data-bbox="582 813 700 1043">Номер варианта</th> <th data-bbox="700 813 780 1043">$U_{ном}$, В</th> <th data-bbox="780 813 852 1043">$P_{ном}$, кВт</th> <th data-bbox="852 813 951 1043">$n_{ном}$, об/мин</th> <th data-bbox="951 813 1023 1043">$\eta_{ном}$</th> <th data-bbox="1023 813 1129 1043">$\cos \varphi_{ном}$</th> <th data-bbox="1129 813 1233 1043">$I_n / I_{ном}$</th> <th data-bbox="1233 813 1355 1043">$M_n / M_{ном}$</th> <th data-bbox="1355 813 1481 1043">$M_m / M_{ном}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="582 1043 700 1162"></td> <td data-bbox="700 1043 780 1162"></td> <td data-bbox="780 1043 852 1162"></td> <td data-bbox="852 1043 951 1162"></td> <td data-bbox="951 1043 1023 1162"></td> <td data-bbox="1023 1043 1129 1162"></td> <td data-bbox="1129 1043 1233 1162"></td> <td data-bbox="1233 1043 1355 1162"></td> <td data-bbox="1355 1043 1481 1162"></td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="574 1229 1098 1265">где $U_{ном}$ - номинальное напряжение;</p> <p data-bbox="574 1308 1256 1344">$P_{ном}$ - номинальная мощность на валу двигателя;</p> <p data-bbox="574 1391 1110 1426">$n_{ном}$ - номинальная частота вращения;</p> <p data-bbox="574 1469 1434 1505">$\eta_{ном}$ - номинальный коэффициент полезного действия (КПД);</p> <p data-bbox="574 1550 1256 1585">$\cos \varphi_{ном}$ - номинальный коэффициент мощности;</p> <p data-bbox="574 1628 1074 1693">$I_n / I_{ном}$ - кратность пускового тока;</p> <p data-bbox="574 1733 1158 1798">$M_n / M_{ном}$ - кратность пускового момента;</p> <p data-bbox="574 1839 1230 1904">$M_m / M_{ном}$ - кратность максимального момента.</p> <p data-bbox="517 1944 1353 2018">По паспортным данным двигателя для Вашего варианта выполнить следующее.</p> <p data-bbox="579 2054 1477 2123">1 . Начертить электрическую схему включения обмотки статора асинхронного двигателя соответственно линейному</p>	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
		<p>напряжению Вашего варианта.</p> <p>2. Определить:</p> <p>2.1. Активную, реактивную и полную мощности, потребляемые двигателем из, сети при номинальном режиме.</p> <p>2.2. Номинальный и пусковой токи; номинальный, пусковой и максимальный моменты двигателя.</p> <p>2.3. Частоту вращения магнитного поля статора, номинальное и критическое скольжение.</p> <p>2.4. Полные потери мощности в двигателе при номинальном режиме работы.</p> <p>3. Рассчитать и, построить зависимость частоты вращения ротора двигателя от величины механического момента, приложенного к его валу.</p> <p>4. Исследовать зависимость частоты ЭДС и тока, электрических потерь в роторе от скольжения.</p> <p>5. Сделать выводы по результатам выполненной работы.</p>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Электрические машины» длится 1 семестр: включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, аттестация проводится в форме экзамена.

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

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– 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.