



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

26.01.2022 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  
2022 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  
17.01.2022, протокол № 5

Зав. кафедрой  А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
26.01.2022 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 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

---

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

### **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 определять принципиальные решения по составу и размещению электрооборудования, кинематическим схемам, датчикам и приборам технологического контроля, системам регулирования и автоматизации, связям с другими системами
ПК-3.1	Осуществляет мероприятия по выбору, составу и размещению электрооборудования, кинематическим схемам, датчикам и приборам технологического контроля, системам регулирования и автоматизации

#### 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

<p>4.2 Энергетическая диаграмма АД. Электромагнитный момент и механические характеристики АД. Паспортные данные и рабочие характеристики АД.</p>		0,25	0,1	0,25	4	<p>Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины; Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.</p>	<p>– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.</p>	ПК-3.1	
<p>4.3 Пуск АД. Особенности прямого пуска. Способы пуска с ограничением пусковых токов и ударных моментов. АД с улучшенными пусковыми характеристиками.</p>		0,25	0,1	0,25	4	<p>Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины; Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.</p>	<p>– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.</p>	ПК-3.1	
<p>4.4 Регулирование угловой скорости АД, Способы регулирования скорости. Особенности реализации частотного регулирования. Тормозные режимы и способы торможения АД.</p>		0,25	0,1	0,25	4	<p>Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины; Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.</p>	<p>– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.</p>	ПК-3.1	
Итого по разделу		1	0,4	1	16				
5. 5.«Синхронные машины» (СМ)									
<p>5.1 Режимы работы СМ. Электромагнитные процессы в синхронной машине и параметры. Реакция якоря и ее виды. Основные характеристики синхронных генераторов (СГ)</p>	3	0,25	0,1	0,25	4	<p>Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины; Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.</p>	<p>– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.</p>	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: 01.07.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей

2. 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: 01.07.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Электрические машины : учебно-методическое пособие / Г. Р. Гаджибабаев, И. Б. Магарамов, И. И. Кузнецова, Л. Г. Далгатова. — Махачкала : ДагГАУ имени М.М.Джамбулатова, 2021. — 63 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/175372> (дата обращения: 01.07.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Коновалов, Ю. В. Электрические машины : учебное пособие / Ю. В. Коновалов, О. В. Арсентьев. — Иркутск : ИРНИТУ, 2018. — 92 с. — Текст :

электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/164005> (дата обращения: 01.07.2022). — 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: 18.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Харламов, В. В. Расчет основных параметров силового трансформатора : учебно-методическое пособие / В. В. Харламов, Д. И. Попов. — Омск : ОмГУПС, 2020 — Часть 1 — 2020. — 44 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165719> (дата обращения: 01.07.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Харламов, В. В. Расчет основных параметров силового трансформатора : учебно-методическое пособие / В. В. Харламов, Д. И. Попов. — Омск : ОмГУПС, 2020 — Часть 2 — 2020. — 35 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165720> (дата обращения: 01.07.2022). — 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	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services,	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</a>

**9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

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	компьютеры Syntex mod-1+ LCD LG TFT19; лабораторный стенд №1; лабораторный стенд №2;
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.

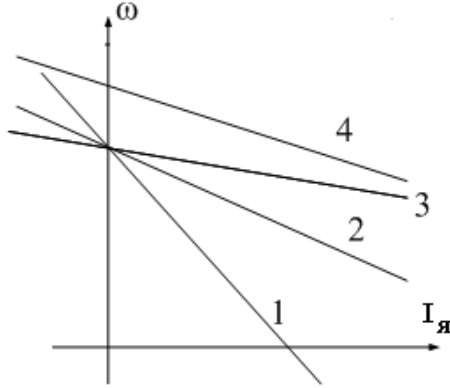
Аудиторная самостоятельная работа студентов на практических занятиях осуществляется под контролем преподавателя в виде решения задач и выполнения упражнений, которые определяет преподаватель для студента.

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><b>Назначение какой из конструктивных частей машины постоянного тока смешанного возбуждения указано не полностью?</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1). Обмотка возбуждения создает основной магнитный поток.</li><li>2). Дополнительные полюса предназначены для улучшения коммутации.</li><li>3). С помощью коллектора и щеток вращающаяся обмотка якоря соединяется с внешней сетью.</li><li>4). Ярмо - часть магнитопровода, по которому замыкается основной магнитный, поток и поток добавочных полюсов.</li></ol>
2	4	<p><b>Какое из приведенных ниже выражений для генератора постоянного тока записано правильно?</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1). <math>U = E_{\text{я}} + I_{\text{я}} R_{\text{я}}</math></li><li>2). <math>M = k \Phi \omega</math></li><li>3). <math>\Delta P_{\text{я}} = I_{\text{я}} R_{\text{я}}</math> - потери в обмотке якоря.</li><li>4). <math>\Delta P_{\text{в}} = I_{\text{в}}^2 R_{\text{в}}</math> - потери в обмотке возбуждения.</li></ol>
3	4	<p><b>С какой целью при пуске двигателя параллельного возбуждения сопротивление реостата в цепи обмотки возбуждения устанавливают минимальным?</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1). Для уменьшения пускового тока.</li><li>2). Для увеличения пускового тока.</li><li>3). Для уменьшения пускового момента.</li><li>4). Для увеличения пускового момента.</li></ol>

4	3	<p><b>Что произойдет, если двигатель последовательного возбуждения подключить к сети без нагрузки?</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1). Двигатель не запустится.</li> <li>2). Обмотка якоря перегреется.</li> <li>3). Вызывает неограниченное возрастание скорости</li> <li>4). Обмотка возбуждения перегреется.</li> </ol>
5	2	<p><b>Для какой цели генераторы постоянного тока с самовозбуждением (генераторы смешанного возбуждения) имеют две обмотки возбуждения: параллельную и последовательную?</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1). Для улучшения коммутации.</li> <li>2). Для уменьшения изменения напряжения при изменении нагрузки</li> <li>3). Для увеличения магнитного потока в режиме холостого хода.</li> <li>4). Для улучшения условий самовозбуждения генератора.</li> </ol>
6	4	<p><b>Какая характеристика соответствует работе двигателя постоянного тока независимого возбуждения при ослаблении магнитного потока?</b></p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1). Характеристика 1.</li> <li>2). Характеристика 2.</li> <li>3). Характеристика 3.</li> <li>4). Характеристика 4.</li> </ol>



11	4	<p><b>Выберите правильное определение назначения компенсационной обмотки (КО) машины постоянного тока.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) КО размещена на главных полюсах машины и служит для улучшения условий коммутации.</li> <li>2) КО размещается на добавочных полюсах машины и служит для устранения реакции якоря машины.</li> <li>3) КО размещается в пазах основных полюсов машины и служит для устранения реакции якоря машины.</li> <li>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.</li> </ol>
2	3	<p><b>При какой схеме питания обмотки возбуждения обеспечивается максимальная перегрузочная способность двигателя постоянного тока?</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) При параллельном возбуждении.</li> <li>2) При независимом возбуждении.</li> <li>3) При последовательном возбуждении.</li> <li>4) При смешанном возбуждении.</li> </ol>

### **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
<p><i>ПК -3: Способность определять принципиальные решения по составу и размещению электрооборудования, кинематическим схемам, датчикам и приборам технологического контроля, системам регулирования и автоматизации, связям с другими системами</i></p>		
<p>ПК-3.1</p>	<p>Осуществляет мероприятия по выбору, составу и размещению электрооборудования, кинематическим схемам, датчикам и приборам технологического контроля, системам регулирования и автоматизации</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Для электрической цепи, содержащей идеализированные элементы R,L,C записать дифференциальные уравнения электрического состояния.</li> <li>2. Решить заданную систему дифференциальных уравнений классическим методом.</li> <li>3. Дифференциальные уравнения электрического состояния цепи представить в операторной форме.</li> <li>4. Для электрической цепи переменного тока записать уравнения в комплексной форме.</li> <li>5. По значениям вещественной и мнимой части комплексного числа определить амплитуду и фазу комплексного числа.</li> <li>6. Для схемы замещения двигателя постоянного тока записать уравнение электрического состояния якорной цепи и цепи возбуждения.</li> <li>7. Привести краткое описание принципа работы машины постоянного тока в генераторном и двигательном режимах.</li> <li>8. Записать уравнения для якорной цепи генератора постоянного тока.</li> <li>9. Приведите основные характеристики генератора постоянного тока при различных способах возбуждения.</li> <li>10. Записать уравнения для якорной цепи двигателя постоянного тока.</li> <li>11. Для цепей первичной и вторичной обмоток трансформатора записать уравнения. электрического состояния с использованием символического метода расчета цепей. синусоидального тока (методом комплексных амплитуд).</li> <li>12. Приведите краткое описание принципа работы асинхронного двигателя.</li> <li>13. Для статорной и роторной цепей асинхронного двигателя записать уравнения. электромагнитного состояния в комплексной форме.</li> <li>14. Для однофазного двухобмоточного трансформатора построить векторную диаграмму.</li> <li>15. Привести схему замещения трансформатора.</li> <li>16. Привести схему замещения асинхронного двигателя.</li> <li>17. Привести уравнения скоростной и механической характеристики.</li> <li>18. Записать уравнения баланса мощности двигателя постоянного тока.</li> <li>19. Записать уравнение баланса мощности асинхронного двигателя.</li> <li>20. Построить механические характеристики двигателя постоянного тока.</li> <li>21. Построить механические характеристики асинхронного двигателя.</li> <li>22. Приведите краткое описание конструкции и принципа работы синхронной машины.</li> <li>23. Привести угловые характеристики синхронной машины.</li> <li>24. Привести основные характеристики синхронного генератора.</li> <li>25. Работа над тестами по основным темам курса (машины постоянного тока, трансформаторы, асинхронные двигатели, синхронные машины).</li> </ol> <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>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																
		<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="544 891 1481 1106"> <thead> <tr> <th data-bbox="544 891 687 1010">Номер варианта</th> <th data-bbox="687 891 804 1010"><math>P_{ном}</math></th> <th data-bbox="804 891 920 1010"><math>U_{ном}</math></th> <th data-bbox="920 891 1037 1010"><math>I_{ном}</math></th> <th data-bbox="1037 891 1169 1010"><math>n_{ном}</math></th> <th data-bbox="1169 891 1281 1010"><math>R_{яц}</math></th> <th data-bbox="1281 891 1390 1010"><math>R_{ов}</math></th> <th data-bbox="1390 891 1481 1010"><math>\eta</math></th> </tr> <tr> <td data-bbox="544 1010 687 1106"></td> <td data-bbox="687 1010 804 1106">кВт</td> <td data-bbox="804 1010 920 1106">В</td> <td data-bbox="920 1010 1037 1106">А</td> <td data-bbox="1037 1010 1169 1106">Об/мин</td> <td data-bbox="1169 1010 1281 1106">Ом</td> <td data-bbox="1281 1010 1390 1106">Ом</td> <td data-bbox="1390 1010 1481 1106">%</td> </tr> </thead></table> <p>где <math>P_{ном}</math> - номинальная мощность двигателя;</p> <p><math>U_{ном}</math> - номинальное напряжение;</p> <p><math>I_{ном}</math> - номинальный ток, потребляемый из сети;</p> <p><math>n_{ном}</math> - номинальная частота вращения;</p> <p><math>R_{яц}</math> - сопротивление обмоток якоря и дополнительных полюсов при 20°C;</p> <p><math>R_{ов}</math> - 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"> <li>Начертить электрическую схему включения двигателя параллельного возбуждения и указать на ней ток якоря и ток возбуждения.</li> <li>Определить номинальный ток возбуждения и номинальный ток якоря.</li> <li>Определить номинальный момент на валу двигателя.</li> <li>Рассчитать и построить на одном графике <math>\omega = f(M)</math> естественную и три искусственные механические характеристики;</li> <li>При сопротивлении регулировочного реостата в цепи якоря <math>R_g = 5R_{я}</math>,  <math display="block">U = U_{ном} \quad \Phi = \Phi_{ном}</math> </li> </ol>	Номер варианта	$P_{ном}$	$U_{ном}$	$I_{ном}$	$n_{ном}$	$R_{яц}$	$R_{ов}$	$\eta$		кВт	В	А	Об/мин	Ом	Ом	%
Номер варианта	$P_{ном}$	$U_{ном}$	$I_{ном}$	$n_{ном}$	$R_{яц}$	$R_{ов}$	$\eta$											
	кВт	В	А	Об/мин	Ом	Ом	%											

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																				
		<p>4.2. При пониженном напряжении на якоре <math>U = 0,6U_{ном}</math>, <math>R_g = 0</math>, <math>\Phi = \Phi_{ном}</math></p> <p>4.3. При ослабленном магнитном потоке <math>\Phi = 0,8\Phi_{ном}</math>, <math>U = U_{ном}</math>, <math>R_g = 0</math></p> <p>5. Определить процентное изменение скорости вращения для каждой характеристики и диапазон регулирования при <math>M = M_{ном}</math></p> <p>6. Рассчитать сопротивление пускового реостата при пуске двигателя с <math>I_{пуск} = 2I_{яном}</math>.</p> <p>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.</p> <p>8. Определить величину сопротивления динамического торможения <math>R_{gt}</math> при тормозном токе якоря <math>I_{яgt} = 1,5I_{яном}</math>. 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;">Пример №2.: <u>Расчет характеристик трансформатора</u></p> <p style="text-align: center;">Трехфазный трансформатор имеет следующие данные.</p> <table border="1" data-bbox="558 1653 1481 1926"> <thead> <tr> <th>Номер варианта</th> <th>Тип трансформатора</th> <th><math>S_{ном}</math> кВА</th> <th><math>U_{1ном}</math> кВ</th> <th><math>U_{2ном}</math> кВ</th> <th><math>P_0</math> кВт</th> <th><math>P_k</math> кВт</th> <th><math>U_k</math> %</th> <th><math>I_k</math> %</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 <math>S_{ном}</math> - номинальная мощность трансформатора;</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> <math>U_{1ном}</math> - номинальное линейное напряжение первичной обмотки;  <math>U_{2ном}</math> - номинальное линейное напряжение вторичной обмотки;  <math>P_0</math> - мощность потерь холостого хода;  <math>P_k</math> - мощность потерь короткого замыкания;  <math>U_k</math> - напряжение короткого замыкания в процентах относительно фазного напряжения первичной обмотки;  <math>I_k</math> - 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"> <li>1. Начертить электрическую схему соединения обмоток трансформатора, указать на ней линейные и фазные напряжения и токи, привести соотношения между ними.</li> <li>2. Определить:             <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Номинальные фазные напряжения первичной и вторичной обмоток.</li> <li>2.2. Коэффициент трансформации.</li> <li>2.3. Номинальные линейные и фазные токи первичной и вторичной обмоток,</li> <li>2.4. Изменение напряжения <math>\Delta U_2</math> на зажимах вторичной обмотки трансформатора при нагрузках, равных:  <math>\beta = 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0</math> и <math>\cos \varphi_2 = 0,8</math>. Построить внешнюю характеристику трансформатора.</li> <li>2.5. Коэффициент полезного действия <math>\eta</math> трансформатора при активно-индуктивной нагрузке с <math>\cos \varphi_2 = 0,8</math> и при нагрузках, равных: <math>\beta = 0; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0</math>. Построить характеристику <math>\eta = f(\beta)</math></li> <li>2.6. Нагрузку, при которой КПД трансформатора имеет наибольшее значение, и это значение КПД.</li> </ol> </li> </ol> <p>Полученные значения КПД, изменения напряжения <math>\Delta U_2</math> и напряжения на зажимах вторичной обмотки трансформатора следует свести в таблицу.</p> <table border="1" data-bbox="807 1883 1474 2065" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\beta</math></td> <td style="text-align: center;"><math>\eta</math></td> <td style="text-align: center;"><math>\Delta U_2</math></td> <td style="text-align: center;"><math>U_2</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">%</td> <td style="text-align: center;">кВ</td> <td style="text-align: center;">кВ</td> </tr> </table>	$\beta$	$\eta$	$\Delta U_2$	$U_2$		%	кВ	кВ
$\beta$	$\eta$	$\Delta U_2$	$U_2$							
	%	кВ	кВ							

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																		
		<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 <math>U_1</math> на коэффициент трансформации <math>n</math> и напряжение <math>U_2</math> на зажимах Вторичной обмотки.</p> <p>6. Исследовать влияние характера нагрузки потребителей на изменение вторичного напряжения трансформатора при <math>\cos \varphi_2 = 1</math> (активная нагрузка) и <math>\cos \varphi_2 = 0,6</math> (активно-индуктивная нагрузка).</p> <p>По полученным результатам построить внешние характеристики на одном графике с характеристикой, соответствующей <math>\cos \varphi_2 = 0,8</math>.</p> <p>7. Выяснить, как изменятся вторичное напряжение <math>U_2</math> и ток холостого хода <math>I_0</math>, 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> <p>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="608 1682 1481 1973" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th data-bbox="608 1682 711 1861">Номер варианта</th> <th data-bbox="711 1682 791 1861"><math>U_{ном}</math> В</th> <th data-bbox="791 1682 863 1861"><math>P_{ном}</math> кВт</th> <th data-bbox="863 1682 951 1861"><math>n_{ном}</math> об/мин</th> <th data-bbox="951 1682 1023 1861"><math>\eta_{ном}</math></th> <th data-bbox="1023 1682 1126 1861"><math>\cos \varphi_{но.}</math></th> <th data-bbox="1126 1682 1230 1861"><math>I_n / I_{но.}</math></th> <th data-bbox="1230 1682 1350 1861"><math>M_n / M_{но.}</math></th> <th data-bbox="1350 1682 1481 1861"><math>M_m / M_{но.}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="608 1861 711 1973"> </td> <td data-bbox="711 1861 791 1973"> </td> <td data-bbox="791 1861 863 1973"> </td> <td data-bbox="863 1861 951 1973"> </td> <td data-bbox="951 1861 1023 1973"> </td> <td data-bbox="1023 1861 1126 1973"> </td> <td data-bbox="1126 1861 1230 1973"> </td> <td data-bbox="1230 1861 1350 1973"> </td> <td data-bbox="1350 1861 1481 1973"> </td> </tr> </tbody> </table> <p>где <math>U_{ном}</math> - номинальное напряжение;</p>	Номер варианта	$U_{ном}$ В	$P_{ном}$ кВт	$n_{ном}$ об/мин	$\eta_{ном}$	$\cos \varphi_{но.}$	$I_n / I_{но.}$	$M_n / M_{но.}$	$M_m / M_{но.}$									
Номер варианта	$U_{ном}$ В	$P_{ном}$ кВт	$n_{ном}$ об/мин	$\eta_{ном}$	$\cos \varphi_{но.}$	$I_n / I_{но.}$	$M_n / M_{но.}$	$M_m / M_{но.}$												

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p><math>P_{ном}</math> - номинальная мощность на валу двигателя;</p> <p><math>n_{ном}</math> - номинальная частота вращения;</p> <p><math>\eta_{ном}</math> - номинальный коэффициент полезного действия (КПД);</p> <p><math>\cos \varphi_{ном}</math> - номинальный коэффициент мощности;</p> <p><math>I_n / I_{ном}</math> - кратность пускового тока;</p> <p><math>M_n / M_{ном}</math> - кратность пускового момента;</p> <p><math>M_m / M_{ном}</math> - кратность максимального момента.</p> <p>По паспортным данным двигателя для Вашего варианта выполнить следующее.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Начертить электрическую схему включения обмотки статора асинхронного двигателя соответственно линейному напряжению Вашего варианта.</li> <li>2. Определить: <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Активную, реактивную и полную мощности, потребляемые двигателем из сети при номинальном режиме.</li> <li>2.2. Номинальный и пусковой токи; номинальный, пусковой и максимальный моменты двигателя.</li> <li>2.3. Частоту вращения магнитного поля статора, номинальное и критическое скольжение.</li> <li>2.4. Полные потери мощности в двигателе при номинальном режиме работы.</li> </ol> </li> <li>3. Рассчитать и, построить зависимость частоты вращения ротора двигателя от величины механического момента, приложенного к его валу.</li> <li>4. Исследовать зависимость частоты ЭДС и тока, электрических потерь в роторе от скольжения.</li> <li>5. Сделать выводы по результатам выполненной работы.</li> </ol>

**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.