



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

10.02.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ**

Направление подготовки (специальность)  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Электропривод и автоматика

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированного электропривода и мехатроники
Курс	2, 3
Семестр	4, 5

Магнитогорск  
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 144)

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

17.01.2023, протокол № 5

Зав. кафедрой

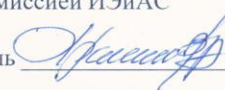


А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

10.02.2023 г. протокол № 7

Председатель



В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

профессор кафедры АЭПиМ, д-р техн. наук



А.С. Сарваров

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 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 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 обязательную часть учебного плана 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
ОПК-4	Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин
ОПК-4.1	Способен оценивать параметры нормальных и аварийных режимов электрических цепей и машин с использованием методов анализа и моделирования
ОПК-4.2	Разрабатывает мероприятия по улучшению показателей качества работы электрических цепей и машин

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц 252 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 109,15 акад. часов;
- аудиторная – 105 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,15 акад. часов;
- самостоятельная работа – 107,15 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - зачет, 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.	4	2	2	2	9,21	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ОПК-4.1 ОПК-4.2
1.2 ЭДС якоря и электромагнитный момент машины постоянного тока. Способы и условия самовозбуждения генераторов. Характеристики генераторов постоянного тока. Параллельная работа генераторов. Энергетическая		2	2	2	9,21	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ОПК-4.1 ОПК-4.2
1.3 Электромеханические и механические характеристики двигателей постоянного тока. Пуск и регулирование частоты вращения.		2	2	2	9,21	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ОПК-4.1 ОПК-4.2

1.4 Тормозные режимы двигателя постоянного тока. Способы торможения.		2	2	2	9,21	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ОПК-4.1 ОПК-4.2
1.5 Энергетическая диаграмма двигателя. Потери и КПД. Паспортные данные и рабочие характеристики двигателя постоянного тока.		2	2	2	9,21	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ОПК-4.1 ОПК-4.2
Итого по разделу		10	10	10	46,05			
2. 2. «Трансформаторы»								
2.1 Назначение, области применения; классификация, конструкции и принцип действия трансформаторов.	4	1,2	1	1,2	9,2	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ОПК-4.1 ОПК-4.2
2.2 Процессы при холостом ходе и при работе под нагрузкой. Основные уравнения.		1,2	1	1,2	9,2	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ОПК-4.1 ОПК-4.2
2.3 Схема замещения и векторная диаграмма приведенного трансформатора. Опыты холостого хода и короткого замыкания. Потери мощности и КПД трансформатора		1,2	1	1,2	9,2	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ОПК-4.1 ОПК-4.2
2.4 Трехфазные трансформаторы: магнитные системы; ЭДС трехфазных обмоток; схемы и группы соединения; параллельная работа; особенности холостого хода трехфазных трансформаторов.		1,2	1	1,2	9,2	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ОПК-4.1 ОПК-4.2

2.5 Специальные трансформаторы: - измерительные трансформаторы; - сварочные трансформаторы; - выпрямительные трансформаторы; - печные трансформаторы; - импульсные		1,2	1	1,2	9,2	Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ОПК-4.1 ОПК-4.2
Итого по разделу		6	5	6	46			
3. 3.«Общие вопросы машин переменного тока»								
3.1 Классификация, и конструкции машин переменного тока.	4	0,5	1	0,5		Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	ОПК-4.1 ОПК-4.2
3.2 Намагничивающие силы трехфазной обмотки. Принцип создания вращающегося магнитного поля.		0,5	1	0,5		Выполнение практических работ решение задач, письменных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	– лабораторные работы; – тестирование; – контрольные работы.	
Итого по разделу		1	2	1				
4. Зачет.								
4.1 Зачет	4					Подготовка к зачету	– зачет.	
Итого по разделу								
Итого за семестр		17	17	17	92,05		зачёт	
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	2,5	3	4	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.	ОПК-4.1 ОПК-4.2

<p>5.2 Энергетическая диаграмма АД. Электромагнитный момент и механические характеристики АД. Паспортные данные и рабочие характеристики АД.</p>		2,5	3	4	2	<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>	<p>ОПК-4.1 ОПК-4.2</p>	
<p>5.3 Пуск АД. Особенности прямого пуска. Способы пуска с ограничением пусковых токов и ударных моментов. АД с улучшенными пусковыми характеристиками.</p>		2,5	3	4	2	<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>	<p>ОПК-4.1 ОПК-4.2</p>	
<p>5.4 Регулирование угловой скорости АД, Способы регулирования скорости. Особенности реализации частотного регулирования. Тормозные режимы и способы торможения АД.</p>		2,5	3	4	2	<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>	<p>ОПК-4.1 ОПК-4.2</p>	
<p>Итого по разделу</p>		10	12	16	8				
<p>6. «Синхронные машины» (СМ)</p>									
<p>6.1 Режимы работы СМ. Электромагнитные процессы в синхронной машине и параметры. Реакция якоря и ее виды. Основные характеристики синхронных генераторов (СГ)</p>	5	2,5	1,5	0,5	2,5	<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>	<p>ОПК-4.1 ОПК-4.2</p>	



6.2 Векторные диаграммы СМ. Энергетические диаграммы СМ в различных режимах. Угловые и U-образные характеристики СМ.		2,5	1,5	0,5	2,5	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.	ОПК-4.1 ОПК-4.2
6.3 Синхронный двигатель. Рабочие характеристики синхронных двигателей. Способы пуска СД. Реактивные синхронные двигатели. Регулирование реактивной мощности. Синхронные компенсаторы.		3	3/	1/	2,1	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.	ОПК-4.1 ОПК-4.2
Итого по разделу		8	6	2	7,1			
7. Подготовка и сдача экзамена								
7.1 Подготовка и сдача экзамена	5					Подготовка к экзамену	– экзамен.	
Итого по разделу								
Итого за семестр		18	18	18	15,1		экзамен	
Итого по дисциплине		35	35	35	107,15		зачет, 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.

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. 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:**

1. 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>

2. 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

### **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 Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно	бессрочно

##### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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

#### 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

## 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> <div style="text-align: center;"> </div> <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 заданий для выполнения в рамках самостоятельной работы**

#### **Программа работы и исходные данные**

Для двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ НВ) требуется:

- в соответствии с вариантом (таблица 1) выписать технические данные двигателя;
- провести необходимые расчеты, построить скоростные и механические характеристики двигателя, оценить КПД и другие показатели регулирования.

#### **Задание 1.**

1. Рассчитать и построить естественные скоростную и механическую характеристики двигателя  $\omega = f(I_a)$ ,  $\omega = f(M)$ .
2. Рассчитать и построить на одном графике с естественной характеристикой реостатные, скоростные и механические характеристики при **добавочном** сопротивлении якорной цепи двигателя  $R_d = 0,3R_n, 0,5R_n, 0,7R_n, 1R_n$ . Величина  $R_n$  определяется по формуле  $R_n = U_n / I_n$ .
3. Определить диапазон регулирования скорости при реостатном способе регулирования, приняв допустимые колебания момента статического  $\Delta M_{сдон} = (0,5 \div 1)M_n$ .
4. Определить коэффициент полезного действия (КПД) двигателя при работе на естественной и реостатных характеристиках, при этом необходимо рассчитать электрическую мощность, забираемую двигателем из сети  $P_{эл} = P_1$ , электромагнитную мощность  $P_{эм}$ , полезную мощность  $P_2$ , потери и КПД.

#### **Задание 2.**

1. На одном графике построить естественную характеристику, а также характеристики при

различных значениях напряжения  $U = 0,8U_n, 0,6U_n, 0,4U_n, 0,2U_n$ .

2. Определить коэффициент полезного действия (КПД) двигателя при работе на естественной и характеристиках при различных напряжениях, при этом необходимо рассчитать электрическую мощность, забираемую двигателем из сети  $P_{эл} = P_1$ , электромагнитную мощность  $P_{эм}$ , полезную мощность  $P_2$ , потери и КПД при работе с установившейся скоростью.

### Задание 3.

1. Рассчитать и построить на одном графике с естественной характеристикой скоростные и механические характеристики  $\omega = f(I_a)$ ,  $\omega = f(M)$  для двух значений магнитного потока  $\Phi = 0,667\Phi_n, 0,5\Phi_n$ .

2. Определить коэффициент полезного действия (КПД) двигателя при работе на естественной и характеристиках при различных напряжениях, при этом необходимо рассчитать электрическую мощность, забираемую двигателем из сети  $P_{эл} = P_1$ , электромагнитную мощность  $P_{эм}$ , полезную мощность  $P_2$ , потери и КПД при работе с установившейся скоростью.

### Методические указания и расчетные формулы:

1. Уравнения скоростной и механической характеристики  $\omega = \frac{U_n}{\kappa\Phi_n} - \frac{I_n \cdot (R_a + R_d)}{\kappa\Phi_n}$ ;  $\omega = \frac{U_n}{\kappa\Phi_n} - \frac{M_n \cdot (R_a + R_d)}{(\kappa\Phi_n)^2}$ .

2. Величина определяется при использовании данных номинального режима  $\kappa\Phi_n = \frac{U_n - I_n R_{я80^\circ C}}{\omega_n}$ ,

3. Момент электромагнитный:  $M_n = \kappa\Phi I_n$ .

4. Номинальная угловая частота:  $\omega_n = \frac{\pi n_n}{60}$ .

5. Скорость идеального холостого хода:  $\omega_0 = \frac{U_n}{\kappa\Phi_n}$ .

6. Номинальная мощность подводимая к якору двигателя из сети определяется по формуле:  $P_{1н} = U_n I_n$ .

7. Номинальная мощность на валу двигателя (полезная):  $P_{2н} = M_n \omega_n$ .

8. Коэффициент полезного действия  $\eta = \frac{P_{2н}}{P_{1н}}$

Таблица 1.

Технические данные двигателя постоянного тока независимого возбуждения  
(по вариантам задания)

Вариант	Тип	$P_n$ , кВт	$U_n$ , В	$I_n$ , А	$n_n$ , об/мин	$n_{макс}$ , об/мин	КПД, %	$R_a$ , Ом	$R_{ДП}$ , Ом	$R_b$ , Ом	ЛДВ кгм <sup>2</sup>
1	П51	3,2	220	18,3	1000	2000	75,5	0,775	0,276	168	0,125
2	П51	6,0	220	33,2	1500	2000	82,0	0,34	0,132	132	0,125
3	П52	4,5	220	25,2	1000	2000	81,0	0,432	0,2	184	0,1
4	П52	8,0	220	43,5	1500	2000	84,0	0,185	0,084	156	0,1
5	П61	11,0	220	59,5	1500	2000	84,0	0,135	0,085	133	0,14
6	П62	14,0	220	73,5	1500	2000	86,5	0,087	0,04	116	0,16
7	П71	10,0	220	63	1000	2000	79,5	0,224	0,075	85	0,35
8	П72	12,5	220	78	1000	2000	81,0	0,172	0,066	105	0,4
9	П81	19,0	220	105	1000	2000	82,0	0,11	0,0346	96,2	0,675



10	П82	24,0	220	133	1000	2000	85,5	0,081	0,032	79,2	0,775
11	П91	25,0	220	136	750	1500	83,5	0,075	0,028	44	1,475
12	П92	32,0	220	169	750	1500	86,0	0,04	0,017	31,8	1,75
13	П101	42,0	220	190	750	1500	86,0	0,036	0,013	37,8	2,575
14	П102	55,0	220	286	750	1500	87,5	0,023	0,0086	32,5	3
15	П111	75,0	220	387	750	1500	88,0	0,017	0,007	28,0	5,1
16	П111	100,0	220	511	1000	1500	89,0	0,011	0,0047	28,0	5,1
Вариант	Тип	$P_n$ , кВт	$U_n$ , В	$I_n$ , А	$N_n$ , об/мин	$n_{max}$ , об/мин	КПД, %	$R_{я}$ , Ом	$R_{дп}$ , Ом	$R_b$ , Ом	$J_{дв}$ кгм <sup>2</sup>
17	П112	85,0	220	436	750	2000	88,5	0,014	0,0054	24,0	5,75
18	П112	125,0	220	632	1000	1500	90,0	0,007	0,003	24,0	5,75
19	Д12	3,6	220	22,5	1140	2000	90,0	1,13	0,5	26,0	0,05
20	Д22	4,6	220	26	1150	1200	90,0	0,37	0,196	141	0,15
21	Д31	6,8	220	37	880	1200	90,0	0,325	0,093	120	0,3
22	Д32	9,5	220	51	800	1200	90,0	0,2	0,08	94	0,42
23	Д41	13,0	220	69,5	720	1200	90,0	0,11	0,051	70	0,8
24	Д806	16,0	220	84,0	710	1500	90,0	0,068	0,041	65	2,1
25	Д808	22,0	440	53,0	630	1500	90,0	0,114	0,074	44,4	3,8
26	Д810	29,0	440	74,0	600	1500	90,0	0,094	0,045	46,2	6,1
27	Д812	36,0	440	92,0	570	1500	90,0	0,65	0,034	34,4	9,2
28	Д814	55,0	440	138,0	560	1500	90,0	0,033	0,019	34	
29	Д816	70,0	440	175,0	540	1500	90,0	0,022	0,013	26,4	16,3

**Примечание:** Сопротивление обмоток в двигателе даны для температуры 20° С.

При проведении расчетов рабочее сопротивление обмоток принимается для  $t_{окр.ср} = 80^{\circ}\text{C}$ :

$$R_{я80^{\circ}\text{C}} = 1.24 \cdot (r_{я20^{\circ}\text{C}} + r_{дп20^{\circ}\text{C}})$$

### 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
ОПК -4: Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин		
ОПК-4.1	Способен оценивать параметры нормальных и аварийных режимов электрических цепей и машин с использованием методов анализа и моделирования	<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> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																
		<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><b>Курсовой проект: «Расчет характеристик трансформаторов и электрических двигателей»</b></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><b><u>Пример №1: Расчет характеристик двигателя постоянного тока</u></b></p> <p>Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения имеет следующие данные.</p> <table border="1" data-bbox="517 1630 1481 1854"> <thead> <tr> <th data-bbox="517 1630 676 1749">Номер варианта</th> <th data-bbox="676 1630 788 1749"><math>P_{ном}</math></th> <th data-bbox="788 1630 911 1749"><math>U_{ном}</math></th> <th data-bbox="911 1630 1023 1749"><math>I_{ном}</math></th> <th data-bbox="1023 1630 1166 1749"><math>n_{ном}</math></th> <th data-bbox="1166 1630 1278 1749"><math>R_{яц}</math></th> <th data-bbox="1278 1630 1385 1749"><math>R_{об}</math></th> <th data-bbox="1385 1630 1481 1749"><math>\eta</math></th> </tr> <tr> <td data-bbox="517 1749 676 1854"></td> <td data-bbox="676 1749 788 1854">кВт</td> <td data-bbox="788 1749 911 1854">В</td> <td data-bbox="911 1749 1023 1854">А</td> <td data-bbox="1023 1749 1166 1854">Об/мин</td> <td data-bbox="1166 1749 1278 1854">Ом</td> <td data-bbox="1278 1749 1385 1854">Ом</td> <td data-bbox="1385 1749 1481 1854">%</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</p>	Номер варианта	$P_{ном}$	$U_{ном}$	$I_{ном}$	$n_{ном}$	$R_{яц}$	$R_{об}$	$\eta$		кВт	В	А	Об/мин	Ом	Ом	%
Номер варианта	$P_{ном}$	$U_{ном}$	$I_{ном}$	$n_{ном}$	$R_{яц}$	$R_{об}$	$\eta$											
	кВт	В	А	Об/мин	Ом	Ом	%											

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>полюсов при 20°C;</p> <p><math>R_{ov}</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>1. Начертить электрическую схему включения двигателя параллельного возбуждения и указать на ней ток якоря и ток возбуждения.</li> <li>2. Определить номинальный ток возбуждения и номинальный ток якоря.</li> <li>3. Определить номинальный момент на валу двигателя.</li> <li>4.. Рассчитать и построить на одном графике <math>\omega = f(M)</math> естественную и три искусственные механические характеристики;</li> <li>4.1. При сопротивлении регулировочного реостата в цепи якоря <math>R_g = 5R_{я}, U = U_{ном} \Phi = \Phi_{ном}</math>.</li> <li>4.2. При пониженном напряжении на якоре <math>U = 0,6U_{ном}, R_g = 0, \Phi = \Phi_{ном}</math></li> <li>4.3. При ослабленном магнитном потоке <math>\Phi = 0,8\Phi_{ном}, U = U_{ном}, R_g = 0</math></li> <li>5. Определить процентное изменение скорости вращения для каждой характеристики и диапазон регулирования при <math>M = M_{ном}</math></li> <li>6. Рассчитать сопротивление пускового реостата при пуске двигателя с <math>I_{пуск} = 2I_{ном}</math>.</li> <li>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.</li> <li>8. Определить величину сопротивления динамического торможения <math>R_{gt}</math> при тормозном токе якоря <math>I_{яgt} = 1,5I_{ном}</math>. Тормозному режиму предшествует режим двигателя с номинальной нагрузкой и номинальной частотой вращения.</li> <li>9. Определить полные потери мощности в двигателе при работе в номинальном режиме.</li> <li>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</li> <li>11. Определить полные потери мощности в двигателе при работе в номинальном режиме.</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																				
		<p>1.2. 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;"><b>Пример №2.: Расчет характеристик трансформатора</b></p> <p>Трехфазный трансформатор имеет следующие данные.</p> <table border="1" data-bbox="531 808 1481 1086"> <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;  <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> </ol> </li> </ol>	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>2.3. Номинальные линейные и фазные токи первичной и вторичной обмоток,</p> <p>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.</p> <p>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></p> <p>2.6. Нагрузку, при которой КПД трансформатора имеет наибольшее значение, и это значение КПД.  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="778 1048 1449 1236"> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td><math>\eta</math></td> <td><math>\Delta U_2</math></td> <td><math>U_2</math></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 <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).  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</p>	$\beta$	$\eta$	$\Delta U_2$	$U_2$		%	кВ	кВ
$\beta$	$\eta$	$\Delta U_2$	$U_2$							
	%	кВ	кВ							

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																		
		<p>"треугольник")?</p> <p><b>Пример №3.: <u>Тема. Расчет и исследование характеристик асинхронного двигателя.</u></b></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="580 851 1481 1187"> <thead> <tr> <th data-bbox="580 851 692 1070">Номер варианта</th> <th data-bbox="692 851 772 1070"><math>U_{ном}</math>, В</th> <th data-bbox="772 851 852 1070"><math>P_{ном}</math>, кВт</th> <th data-bbox="852 851 932 1070"><math>n_{ном}</math>, об/мин</th> <th data-bbox="932 851 1011 1070"><math>\eta_{ном}</math></th> <th data-bbox="1011 851 1123 1070"><math>\cos \varphi_{ном}</math></th> <th data-bbox="1123 851 1235 1070"><math>I_n / I_{ном}</math></th> <th data-bbox="1235 851 1347 1070"><math>M_n / M_{ном}</math></th> <th data-bbox="1347 851 1481 1070"><math>M_m / M_{ном}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="580 1070 692 1187"></td> <td data-bbox="692 1070 772 1187"></td> <td data-bbox="772 1070 852 1187"></td> <td data-bbox="852 1070 932 1187"></td> <td data-bbox="932 1070 1011 1187"></td> <td data-bbox="1011 1070 1123 1187"></td> <td data-bbox="1123 1070 1235 1187"></td> <td data-bbox="1235 1070 1347 1187"></td> <td data-bbox="1347 1070 1481 1187"></td> </tr> </tbody> </table> <p>где <math>U_{ном}</math> - номинальное напряжение;  <math>P_{ном}</math> - номинальная мощность на валу двигателя;  <math>n_{ном}</math> - номинальная частота вращения;  <math>\eta_{ном}</math> - номинальный коэффициент полезного действия (КПД);  <math>\cos \varphi_{ном}</math> - номинальный коэффициент мощности;  <math>I_n / I_{ном}</math> - кратность пускового тока;  <math>M_n / M_{ном}</math> - кратность пускового момента;  <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</li> </ol> </li> </ol>	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>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>
ОПК-4 .2	Разрабатывает мероприятия по улучшению показателей качества работы электрических цепей и машин	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поясните назначение дополнительных полюсов и компенсационной обмотки в конструкции машины постоянного тока.</li> <li>2. Перечислите способы ограничения пускового тока двигателя постоянного тока.</li> <li>3. Перечислите способы пуска двигателя постоянного тока и назовите негативные явления, возникающие в пусковом режиме.</li> <li>4. Приведите схему подключения пускового устройства к якорной цепи двигателя постоянного тока при реостатном пуске.</li> <li>5. Что такое реакция якоря и к каким негативным явлениям она приводит при эксплуатации машин постоянного тока?</li> <li>6. Какими способами устраняют влияние реакции якоря на характеристики машины постоянного тока и процессы коммутации в щеточно-коллекторном устройстве?</li> <li>7. Перечислите условия реализации возможных тормозных режимов двигателя постоянного тока.</li> <li>8. В каком тормозном режиме реализуются условия рекуперации (возврата энергии обратно в питающую сеть?)</li> <li>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)</li> <li>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)</li> <li>11. Опишите условия реализации торможения противовключением</li> </ol>



Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>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).</p> <p>12. Перечислите способы регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока. На графических примерах (механических или скоростных характеристиках) поясните изменения скорости двигателя в процессе регулирования.</p> <p>13. Что такое двухзонное регулирование скорости двигателя постоянного тока?</p> <p>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?</p> <p>15. Как определяются основные параметры схемы замещения трансформатора?</p> <p>16. Что такое группа соединения обмоток трехфазного трансформатора, на примере «11-группа». Как можно реализовать другие группы соединения обмоток.</p> <p>17. Условия параллельной работы трансформаторов.</p> <p>18. Внешняя характеристика трансформатора. Как влияет характер нагрузки во вторичной цепи на внешнюю характеристику.</p> <p>19. КПД трансформатора. Приведите расчетную формулу и характеристику зависимости КПД от величины нагрузки во вторичной.</p> <p>20. Поясните условия создания в АД кругового вращающегося магнитного поля.</p> <p>21. Как определяется скорость вращения магнитного поля асинхронного двигателя. Какие значения эта величина может иметь в промышленных двигателях при частоте питающего напряжения 50 Гц ?</p> <p>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).</p> <p>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.</p> <p>24. Какие негативные явления проявляются при прямом пуске асинхронного двигателя и какими способами их можно устранить ?</p> <p>25. Приведите примеры реализации различных способов пуска асинхронного двигателя.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		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.  36. 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 «Электрические машины» в 4-м семестре завершается зачетом.

Зачет является формой итогового контроля знаний и умений, полученных на лекциях, лабораторных, 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. 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 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 5-м семестре 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.