



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)  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Электроснабжение

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 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

17.01.2022, протокол № 5

Зав. кафедрой  А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

26.01.2022 г. протокол № 5

Председатель  В.Р. Храмшин

Согласовано:

Зав. кафедрой Электроснабжения промышленных предприятий

 Г.П. Корнилов


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



### **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

Теоретические основы электротехники

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

Электропривод оборудования электрических станций и подстанций

Электрические станции и подстанции

Электротехнологические установки

### **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-4.2	Разрабатывает мероприятия по улучшению показателей качества работы электрических цепей и машин
ОПК-4.1	Способен оценивать параметры нормальных и аварийных режимов электрических цепей и машин с использованием методов анализа и моделирования





<p>2.1 2. Трансформаторы</p> <p>2.1. Назначение, области применения; классификация, конструкции и принцип действия трансформаторов.</p> <p>2.2. Процессы при холостом ходе и при работе под нагрузкой. Основные уравнения.</p> <p>2.3. Схема замещения и векторная диаграмма приведенного трансформатора. Опыты холостого хода и короткого замыкания. Потери мощности и КПД трансформатора</p> <p>2.4. Трехфазные трансформаторы: магнитные системы; ЭДС трехфазных обмоток; схемы и группы соединения; параллельная работа; особенности холостого хода трехфазных трансформаторов.</p> <p>2.5. Специальные трансформаторы (автотрансформаторы, измерительные, сварочные, выпрямительные, печные, импульсные трансформаторы).</p>	3	1	1/ИИ	1/ИИ	48	<p>Изучение учебной литературы по заданной теме</p> <p>Подготовка к практическому занятию</p>	<p>Конспект материалов по заданной теме.</p> <p>Устный опрос.</p> <p>Тестирование</p>	<p>ОПК-4.1,</p> <p>ОПК-4.2</p>
Итого по разделу	1	1/ИИ	1/ИИ	48				
3. Раздел 3.								
<p>3.1 3. Общие вопросы машин переменного тока.</p> <p>3.1. Классификация, и конструкции машин переменного тока.</p> <p>3.2. Намагничивающие силы трехфазной обмотки. Принцип создания вращающегося магнитного поля.</p>	3	1	1/ИИ	1/ИИ	40	<p>Изучение учебной литературы по заданной теме</p> <p>Подготовка к практическому и лабораторному занятию</p>	<p>Конспект материалов по заданной теме.</p> <p>Устный опрос.</p> <p>Тестирование</p>	<p>ОПК-4.1,</p> <p>ОПК-4.2</p>
Итого по разделу	1	1/ИИ	1/ИИ	40				
4. Раздел 4.								

4.1 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. 4.2. Энергетическая диаграмма АД. Электромагнитный момент и механические характеристики АД. Паспортные данные и рабочие характеристики АД. 4.3. Пуск АД. Особенности прямого пуска. Способы пуска с ограничением пусковых токов и ударных моментов. АД с улучшенными пусковыми характеристиками. 4.4. Регулирование угловой скорости АД, Способы регулирования скорости. Особенности реализации частотного регулирования. Тормозные режимы и способы торможения АД.	3	0,5	0,5/0,5И	1/ИИ	40	Изучение учебной литературы по заданной теме Подготовка к практическому и лабораторному занятию	Конспект материалов по заданной теме. Устный опрос. Тестирование	ОПК-4.1, ОПК-4.2
Итого по разделу		0,5	0,5/0,5И	1/ИИ	40			
5. Раздел 5.								
5.1 5. Синхронные машины (СМ) 5.1. Режимы работы СМ). Электромагнитные процессы в синхронной машине и параметры. Реакция якоря и ее виды. Основные характеристики синхронных генераторов (СГ) 5.2. Векторные диаграммы СМ. Энергетические диаграммы СМ в различных режимах. Угловые и U-образные характеристики СМ. 5.3. Синхронный двигатель. Рабочие характеристики синхронных двигателей. Способы пуска СД. Реактивные синхронные двигатели. Регулирование реактивной мощности. Синхронные компенсаторы.	3	0,5	0,5/0,5И	2/ИИ	40	Изучение учебной литературы по заданной теме Подготовка к практическому и лабораторному занятию	Конспект материалов по заданной теме. Устный опрос. Тестирование	ОПК-4.1, ОПК-4.2
Итого по разделу		0,5	0,5/0,5И	2/ИИ	40			

6. Раздел 6. Подготовка к экзамену								
6.1 Изучения материалов лекций, практических и лабораторных занятий.	3				12,9			
Итого по разделу					12,9			
Итого за семестр		4	4/4И	6/6И	220,9		экзамен, зачёт, КП	
Итого по дисциплине		4	4/4И	6/6И	220,9		курсовой проект, 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.

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. Жуловян, В. В. Электрические машины: электромеханическое преобразование энергии : учебное пособие для вузов / В. В. Жуловян. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 425 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04292-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453145> (дата обращения: 25.10.2020).
- 2 Иванов-Смоленский А.В., Электрические машины. В двух томах. Том 1 : учебник для вузов. / Иванов-Смоленский А.В. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01222-2 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012222.html> (дата обращения: 25.10.2020). - Режим доступа : по подписке.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Копылов, И. П. Электрические машины в 2 т. Том 1 : учебник для вузов / И. П. Копылов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 267 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03222-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451783> (дата обращения: 25.10.2020).
2. Копылов, И. П. Электрические машины в 2 т. Том 2 : учебник для вузов / И. П. Копылов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 407 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03224-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451784> (дата обращения: 25.10.2020).
3. Игнатович, В. М. Электрические машины и трансформаторы : учебное пособие для вузов / В. М. Игнатович, Ш. С. Ройз. — 6-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 181 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00881-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451214> (дата обращения: 25.10.2020).
4. Копылов, И. П. Проектирование электрических машин : учебник для вузов / И. П. Копылов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 828 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11700-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/445920> (дата обращения: 25.10.2020).

#### **в) Методические указания:**

Авторы: С.А. Линьков, Е.Я. Омельченко

Универсальный учебный лабораторный стенд по исследованию электроприводов постоянного и переменного тока: Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Электрический привод» для студентов направления 140400 «Электроэнергетика и электротехника». Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2014. 29 с.

#### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

##### **Программное обеспечение**

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

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

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	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 ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

Лаборатория электрических машин, ауд. 227 Электрические машины постоянного и переменного токов; Универсальные лабораторные стенды – 4 шт.

Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся. Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: Интерактивная доска, проектор. Доска, мультимедийный проектор, экран.

## Приложение 1

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

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

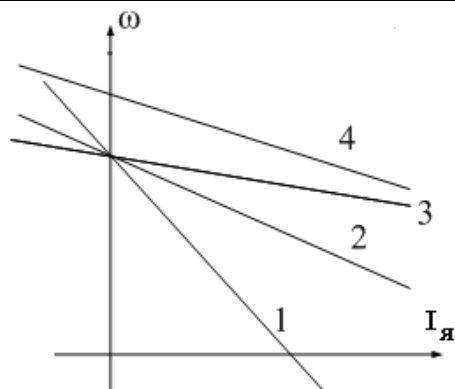
Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде чтения с проработкой материала, выполнения расчетов курсового проекта, оформления лабораторных работ с консультациями преподавателя.

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> <p>1). Обмотка возбуждения создает основной магнитный поток.</p> <p>2). Дополнительные полюса предназначены для улучшения коммутации.</p> <p>3). С помощью коллектора и щеток вращающаяся обмотка якоря соединяется с внешней сетью.</p> <p>4). Ярмо - часть магнитопровода, по которому замыкается основной магнитный, поток и поток добавочных полюсов.</p>
2	4	<p><b>Какое из приведенных ниже выражений для генератора постоянного тока записано правильно?</b></p> <p>1). <math>U = E_{\text{я}} + I_{\text{я}} R_{\text{я}}</math></p>

		<p>2). <math>M = k \Phi \omega</math></p> <p>3). <math>\Delta P_{\text{я}} = I_{\text{я}} R_{\text{я}}</math> - потери в обмотке якоря.</p> <p>4). <math>\Delta P_{\text{в}} = I_{\text{в}}^2 R_{\text{в}}</math> - потери в обмотке возбуждения.</p>	
3	4	<p><b>С какой целью при пуске двигателя параллельного возбуждения сопротивление реостата в цепи обмотки возбуждения устанавливается минимальным?</b></p> <p>1). Для уменьшения пускового тока.</p> <p>2). Для увеличения пускового тока.</p> <p>3). Для уменьшения пускового момента.</p> <p>4). Для увеличения пускового момента.</p>	
4	3	<p><b>Что произойдет, если двигатель последовательного возбуждения подключить к сети без нагрузки?</b></p> <p>1). Двигатель не запустится.</p> <p>2). Обмотка якоря перегреется.</p> <p>3). Вызывает неограниченное возрастание скорости</p> <p>4). Обмотка возбуждения перегреется.</p>	
5	2	<p><b>Для какой цели генераторы постоянного тока с самовозбуждением (генераторы смешанного возбуждения) имеют две обмотки возбуждения: параллельную и последовательную?</b></p> <p>1). Для улучшения коммутации.</p> <p>2). Для уменьшения изменения напряжения при изменении нагрузки</p> <p>3). Для увеличения магнитного потока в режиме холостого хода.</p> <p>4). Для улучшения условий самовозбуждения генератора.</p>	
6	4	<p><b>Какая характеристика соответствует работе двигателя постоянного тока независимого возбуждения при ослаблении магнитного потока?</b></p>	



1). Характеристика 1.

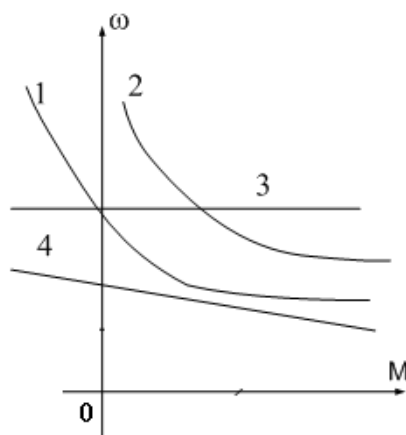
2). Характеристика 2.

3). Характеристика 3.

4). Характеристика 4.

7 1

**Какая характеристика принадлежит двигателю постоянного тока, смешанного возбуждения?**



1). Характеристика 1.

2). Характеристика 2.

3). Характеристика 3.

4). Характеристика 4.

8 4

**Какое уравнение соответствует работе электрической машины в генераторном режиме?**

1)  $U = k\Phi\omega - E_{\text{я}}$

2)  $U = k\Phi\omega + I_{\text{я}}R_{\text{я}}$

3)  $I_{\text{я}}R_{\text{я}} = E_{\text{я}} + U$

4)  $U = k\Phi\omega - I_{\text{я}}R_{\text{я}}$

**Какую мощность (приблизительно) потребляет из сети двигатель постоянного тока, если момент на валу двигателя равен  $M = 300/\pi$  Нм, напряжение питающей сети 220 В, скорость вращения равна 1000 об/мин, а КПД составляет  $\eta = 95\%$ .**

9	2	1). 8,5 кВт.      2). 10,5 кВт.      3). 11,5 кВт.      4). 15,5 кВт.
10	2	<p><b>Какое уравнение соответствует работе электрической машины в двигательном режиме?</b></p> <p>1) <math>U = k\Phi\omega - E_{я}</math>  2) <math>U = k\Phi\omega + I_{я}R_{я}</math>  3) <math>I_{я}R_{я} = E_{я} + U</math>  4) <math>U = k\Phi\omega - I_{я}R_{я}</math></p>
1	4	<p><b>Выберите правильное определение назначения компенсационной обмотки (КО) машины постоянного тока.</b></p> <p>1) КО размещена на главных полюсах машины и служит для улучшения условий коммутации.  2) КО размещается на добавочных полюсах машины и служит для устранения реакции якоря машины.  3) КО размещается в пазах основных полюсов машины и служит для устранения реакции якоря машины.  4) КО размещена в пазах главных полюсов машины и служит для борьбы с искажением поля машины от реакции якоря и снижения напряжения между коллекторными пластинами.</p>
2	3	<p><b>При какой схеме питания обмотки возбуждения обеспечивается максимальная перегрузочная способность двигателя постоянного тока?</b></p> <p>1) При параллельном возбуждении.  2) При независимом возбуждении.  3) При последовательном возбуждении.  4) При смешанном возбуждении.</p>

По всем темам разработан тестовый материал, рекомендуемый студентам для изучения лекционного материала в рамках самостоятельной работы.

## 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> <li>18. Записать уравнения баланса мощности двигателя постоянного</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																
		<p>тока.</p> <p>19. Записать уравнение баланса мощности асинхронного двигателя.</p> <p>20. Построить механические характеристики двигателя постоянного тока.</p> <p>21. Построить механические характеристики асинхронного двигателя.</p> <p>22. Приведите краткое описание конструкции и принципа работы синхронной машины.</p> <p>23. Привести угловые характеристики синхронной машины.</p> <p>24. Привести основные характеристики синхронного генератора.</p> <p>25. Работа над тестами по основным темам курса (машины постоянного тока, трансформаторы, асинхронные двигатели, синхронные машины).</p> <p>Знать: устройство, принцип действия и основные характеристики электрических машин. Методы и схемы для определения различных параметров электрических машин. Влияние изменения различных параметров на характеристики электрических машин</p> <p>Курсовой проект: «Расчет характеристик трансформаторов и электрических двигателей»</p> <p>Проводятся расчеты характеристик трансформаторов и двигателей по паспортным данным. Обучающиеся демонстрируют методики проведения расчетов и оценки влияния различных параметров на эксплуатационные характеристики двигателей и трансформаторов.</p> <p>Пример №1: <u>Расчет характеристик двигателя постоянного тока</u></p> <p>Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения имеет следующие данные.</p> <table border="1" data-bbox="459 1536 1444 1760"> <thead> <tr> <th data-bbox="459 1536 619 1659">Номер варианта</th> <th data-bbox="619 1536 735 1659"><math>P_{ном}</math></th> <th data-bbox="735 1536 852 1659"><math>U_{ном}</math></th> <th data-bbox="852 1536 968 1659"><math>I_{ном}</math></th> <th data-bbox="968 1536 1085 1659"><math>n_{ном}</math></th> <th data-bbox="1085 1536 1201 1659"><math>R_{яц}</math></th> <th data-bbox="1201 1536 1318 1659"><math>R_{ов}</math></th> <th data-bbox="1318 1536 1444 1659"><math>\eta</math></th> </tr> <tr> <td data-bbox="459 1659 619 1760"></td> <td data-bbox="619 1659 735 1760">кВт</td> <td data-bbox="735 1659 852 1760">В</td> <td data-bbox="852 1659 968 1760">А</td> <td data-bbox="968 1659 1085 1760">Об/мин</td> <td data-bbox="1085 1659 1201 1760">Ом</td> <td data-bbox="1201 1659 1318 1760">Ом</td> <td data-bbox="1318 1659 1444 1760">%</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	$P_{ном}$	$U_{ном}$	$I_{ном}$	$n_{ном}$	$R_{яц}$	$R_{ов}$	$\eta$		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>полюсов при 20°C;</p> <p><math>R_{об}</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}</math>, <math>U = U_{ном}</math> <math>\Phi = \Phi_{ном}</math>.</li> <li>4.2. При пониженном напряжении на якоре <math>U = 0,6U_{ном}</math>, <math>R_g = 0</math>, <math>\Phi = \Phi_{ном}</math></li> <li>4.3. При ослабленном магнитном потоке <math>\Phi = 0,8\Phi_{ном}</math>, <math>U = U_{ном}</math>, <math>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_{япуск} = 2I_{яном}</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_{гт}</math> при тормозном токе якоря <math>I_{ягт} = 1,5I_{яном}</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</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																				
		<p>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;"><b>Пример №2.: Расчет характеристик трансформатора</b></p> <p>Трехфазный трансформатор имеет следующие данные.</p> <table border="1" data-bbox="475 1081 1442 1359"> <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> <p><math>U_{1ном}</math> - номинальное линейное напряжение первичной обмотки;</p> <p><math>U_{2ном}</math> - номинальное линейное напряжение вторичной обмотки;</p> <p><math>P_0</math> - мощность потерь холостого хода;</p> <p><math>P_k</math> - мощность потерь короткого замыкания;</p> <p><math>U_k</math> - напряжение короткого замыкания в процентах относительно фазного напряжения первичной обмотки;</p> <p><math>I_k</math> - ток холостого хода в процентах от номинального фазного тока первичной, обмотки.</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>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="722 1621 1390 1805" 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> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Объясните, возможно ли присоединение к зажимам вторичной обмотки заданного Вам трансформатора несимметричной нагрузки?</li> <li>4. Объясните смысл понятия "Группа соединения обмоток" и его условное обозначение в Вашем варианте.</li> </ol>	$\beta$	$\eta$	$\Delta U_2$	$U_2$		%	кВ	кВ
$\beta$	$\eta$	$\Delta U_2$	$U_2$							
	%	кВ	кВ							

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																		
		<p 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><u>Пример №3.: 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="523 1630 1442 1980" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Номер варианта</th> <th><math>U_{ном}</math>, В</th> <th><math>P_{ном}</math>, кВт</th> <th><math>n_{ном}</math>, об/мин</th> <th><math>\eta_{ном}</math></th> <th><math>\cos \varphi_{ном}</math></th> <th><math>I_n / I_{ном}</math></th> <th><math>M_n / M_{ном}</math></th> <th><math>M_m / M_{ном}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> <p>где <math>U_{ном}</math> - номинальное напряжение;  <math>P_{ном}</math> - номинальная мощность на валу двигателя;</p>	Номер варианта	$U_{ном}$ , В	$P_{ном}$ , кВт	$n_{ном}$ , об/мин	$\eta_{ном}$	$\cos \varphi_{ном}$	$I_n / I_{ном}$	$M_n / M_{ном}$	$M_m / M_{ном}$									
Номер варианта	$U_{ном}$ , В	$P_{ном}$ , кВт	$n_{ном}$ , об/мин	$\eta_{ном}$	$\cos \varphi_{ном}$	$I_n / I_{ном}$	$M_n / M_{ном}$	$M_m / M_{ном}$												

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p> <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 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>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
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 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).</li> <li>12. Перечислите способы регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока. На графических примерах (механических или скоростных характеристиках) поясните изменения скорости двигателя в процессе регулирования.</li> <li>13. Что такое двухзонное регулирование скорости двигателя постоянного тока?</li> <li>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?</li> <li>15. Как определяются основные параметры схемы замещения трансформатора?</li> <li>16. Что такое группа соединения обмоток трехфазного</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>трансформатора, на примере «11-группа». Как можно реализовать другие группы соединения обмоток.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>17. Условия параллельной работы трансформаторов.</li> <li>18. Внешняя характеристика трансформатора. Как влияет характер нагрузки во вторичной цепи на внешнюю характеристику.</li> <li>19. КПД трансформатора. Приведите расчетную формулу и характеристику зависимости КПД от величины нагрузки во вторичной.</li> <li>20. Поясните условия создания в АД кругового вращающегося магнитного поля.</li> <li>21. Как определяется скорость вращения магнитного поля асинхронного двигателя. Какие значения эта величина может иметь в промышленных двигателях при частоте питающего напряжения 50 Гц ?</li> <li>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).</li> <li>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.</li> <li>24. Какие негативные явления проявляются при прямом пуске асинхронного двигателя и какими способами их можно устранить ?</li> <li>25. Приведите примеры реализации различных способов пуска асинхронного двигателя.</li> <li>26. Приведите примеры реализации различных способов регулирования скорости вращения АД.</li> <li>27. Приведите примеры реализации различных способов реализации тормозных режимов АД.</li> <li>28. Приведите механические характеристики АД при частотном регулировании АД.</li> <li>29. Какие зависимости между питающим напряжением и его частотой реализованы в основных законах частотного регулирования АД ?</li> <li>30. Как изменить направление вращения АД.</li> <li>31. Как повысить устойчивость работы синхронного двигателя при изменении в широких пределах нагрузки?</li> <li>32. Как реализуется питание обмотки возбуждения синхронной машины? Приведите примеры.</li> <li>33. Приведите механическую и угловую характеристику синхронного двигателя.</li> <li>34. Приведите примеры реализации различных способов пуска синхронного двигателя.</li> <li>35. Синхронный компенсатор и его характеристики.</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		36. Работа на тестовыми материалами в рамках самоподготовки.



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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Электрические машины» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена, зачета и в форме выполнения и защиты курсового проекта.

### ***Показатели и критерии оценивания зачета:***

«зачтено» - 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;

«не зачтено» - обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

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.

Курсовой проект выполняется под руководством преподавателя, в процессе ее написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Электрические машины». При выполнении курсового проекта обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе написания курсового проекта обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

### **Показатели и критерии оценивания курсового проекта:**

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.