



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



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
очная

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

Магнитогорск
2020 год

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

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и мехатроники 13.02.2020, протокол № 6

Зав. кафедрой _____ А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС 26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель _____ С.И. Лукьянов

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 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от 08.10 2021 г. № 3
Зав. кафедрой А.А. Николаев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

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

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

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

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

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

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

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

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

- контактная работа – 110,65 академических часов;
- аудиторная – 105 академических часов;
- внеаудиторная – 5,65 академических часов
- самостоятельная работа – 105,65 академических часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 академических часов

Форма аттестации - зачет, курсовой проект, экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельно работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Раздел 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. 1.2. ЭДС якоря и электромагнитный момент машины постоянного тока. Способы и условия самовозбуждения генераторов. Характеристики генераторов постоянного тока. Параллельная работа генераторов. Энергетическая диаграмма генератора. 1.3. Электромеханические и механические характеристики двигателей постоянного тока. Пуск и регулирование частоты вращения. 1.4. Тормозные режимы двигателя по-	4	10	10/2И	10/4И	40	Изучение учебной литературы по заданной теме Подготовка к практическому занятию	Конспект материалов по заданной теме. Устный опрос. Тестирование	ОПК-4.1, ОПК-4.2
Итого по разделу		10	10/2И	10/4И	40			
2. Раздел 2.								

2. Трансформаторы 2.1. Назначение, области применения; классификация, конструкции и принцип действия трансформаторов. 2.2. Процессы при холостом ходе и при работе под нагрузкой. Основные уравнения. 2.3. Схема замещения и векторная диаграмма приведенного трансформатора. Опыты холостого хода и короткого замыкания. Потери мощности и КПД трансформатора 2.4. Трехфазные трансформаторы: магнитные системы; ЭДС трехфазных обмоток; схемы и группы соединения; параллельная работа; особенности холостого хода трехфазных трансформато-	4	6	5/2И	6/2И	48	Изучение учебной литературы по заданной теме Подготовка к практическому занятию	Конспект материалов по заданной теме. Устный опрос. Тестирование	ОПК-4.1, ОПК-4.2
Итого по разделу		6	5/2И	6/2И	48			
3. Раздел 3.								
3. Общие вопросы машин переменного тока. 3.1. Классификация, и конструкции машин переменного тока. 3.2. Намагничивающие силы трехфазной	4	1	2/1И	1/1И	4,05	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		1	2/1И	1/1И	4,05			
Итого за семестр		17	17/5И	17/7И	92,0		зачёт	
4. Раздел 4.								

<p>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</p>	5	10	12/4И	12/6И	5,6	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		10	12/4И	12/6И	5,6			
5. Раздел 5.								
<p>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 синхронного двигателя</p>	5	8	6/4И	6/4И	8	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		8	6/4И	6/4И	8			

6. Раздел 6. Подготовка к экзамену								
6.1 Изучения материалов лекций,	5							
Итого по разделу								
Итого за семестр		18	18/8И	18/10И	13,6		экзамен, кп	
Итого по дисциплине		35	35/13И	35/17И	105,65		зачет, курсовой проект, экзамен	

5 Образовательные технологии

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

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

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

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

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

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

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная 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: 23.10.2020).

2. Шевырëв, Ю. В. Электрические машины : учебник / Ю. В. Шевырëв. — Москва : МИСИС, 2017. — 261 с. — ISBN 978-5-906846-50-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108117>(дата обращения: 23.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Епифанов, А. П. Электрические машины : учебник / А. П. Епифанов, Г. А. Епифанов. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 300 с. — ISBN 978-5-8114-2637-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/95139> (дата обращения: 23.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Ванурин, В. Н. Электрические машины : учебник / В. Н. Ванурин. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-2015-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/72974> (дата обращения: 23.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей

в) Методические указания:

1. Методические указания для студентов по лабораторным работам / Составители: Горохов В.Л., Евсеев О.М., Андросенко В.В; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2011. - 101 с. : ил., табл. - Текст : непосредственный.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
MathWorks MatLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
MS Office Visio Prof 2013(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021

MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services. ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp
Университетская информационная система РОССИЯ	https://uisrussia.msu.ru
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	http://webofscience.com
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных из-	http://scopus.com

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий: лаборатория автоматизированного электропривода и электрических машин	стенды учебно-лабораторные «Исследование двигателя постоянного тока и асинхронного двигателя переменного тока»
Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий: лаборатория схемотехники и микропроцессорных средств	макет «Индукционный асинхронный электропривод»; стенд учебно-лабораторный «Исследование синхронного двигателя»
Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, мультимедийный проектор, экран

Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся

Персональные компьютеры с ПО из п. 8(г), выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Приложение 1

6. 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:

Назначение какой из конструктивных частей машины постоянного тока смешанного возбуждения указано не полностью?

- 1). Обмотка возбуждения создает основной магнитный поток.
- 2). Дополнительные полюса предназначены для улучшения коммутации.
- 3). С помощью коллектора и щеток вращающаяся обмотка якоря соединяется с внешней сетью.
- 4). Ядро - часть магнитопровода, по которому замыкается основной магнитный, поток и поток добавочных полюсов.

Какое из приведенных ниже выражений для генератора постоянного тока записано правильно?

- 1). $U = E_a + I_a R_a$
- 2). $M = k \Phi \omega$
- 3). $\Delta P_a = I_a R_a$ - потери в обмотке якоря.
- 4). $\Delta P_v = I_v^2 R_v$ - потери в обмотке возбуждения.

С какой целью при пуске двигателя параллельного возбуждения сопротивление реостата в цепи обмотки возбуждения устанавливают минимальным?

- 1). Для уменьшения пускового тока.
- 2). Для увеличения пускового тока.
- 3). Для уменьшения пускового момента.
- 4). Для увеличения пускового момента.

Что произойдет, если двигатель последовательного возбуждения подключить к сети без нагрузки?

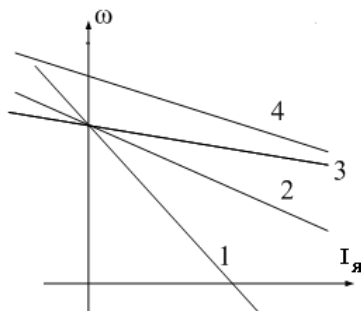
- 1). Двигатель не запустится.
- 2). Обмотка якоря перегреется.
- 3). Вызывает неограниченное возрастание скорости
- 4). Обмотка возбуждения перегреется.

Для какой цели генераторы постоянного тока с самовозбуждением (генераторы смешанного возбуждения) имеют две обмотки возбуждения: параллельную и

последовательную?

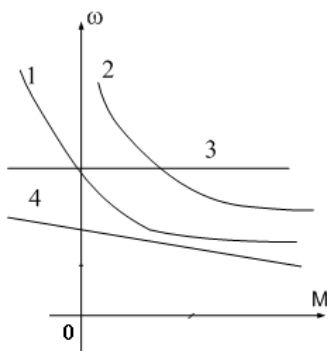
- 1). Для улучшения коммутации.
- 2). Для уменьшения изменения напряжения при изменении нагрузки
- 3). Для увеличения магнитного потока в режиме холостого хода.
- 4). Для улучшения условий самовозбуждения генератора.

Какая характеристика соответствует работе двигателя постоянного тока независимого возбуждения при ослаблении магнитного потока?



- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1). Характеристика 1. | 2). Характеристика 2. |
| 3). Характеристика 3. | 4). Характеристика 4. |

Какая характеристика принадлежит двигателю постоянного тока, смешанного возбуждения?



- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1). Характеристика 1. | 2). Характеристика 2. |
| 3). Характеристика 3. | 4). Характеристика 4. |

Какое уравнение соответствует работе электрической машины в генераторном режиме?

- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| 1) $U = k\Phi\omega - Eя$ | $U = k\Phi\omega + IяRя$ |
| 2) $IяRя = Eя + U$ | $U = k\Phi\omega - IяRя$ |

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 $\eta = 95\%$.

- 1.
- | | | | |
|--------------|---------------|---------------|---------------|
| 1). 8,5 кВт. | 2). 10,5 кВт. | 3). 11,5 кВт. | 4). 15,5 кВт. |
|--------------|---------------|---------------|---------------|

Какое уравнение соответствует работе электрической машины в двигательном 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) $U = k\Phi\omega - I_{\text{я}}R_{\text{я}}$

Выберите правильное определение назначения компенсационной обмотки (КО) машины постоянного тока.

- 1) КО размещена на главных полюсах машины и служит для улучшения условий коммутации.
- 2) КО размещается на добавочных полюсах машины и служит для устранения реакции якоря машины.
- 3) КО размещается в пазах основных полюсов машины и служит для устранения реакции якоря машины.
- 4) КО размещена в пазах главных полюсов машины и служит для борьбы с искажением поля машины от реакции якоря и снижения напряжения между коллекторными пластинами.

При какой схеме питания обмотки возбуждения обеспечивается максимальная перегрузочная способность двигателя постоянного тока?

- 1) При параллельном возбуждении.
- 2) При независимом возбуждении.
- 3) При последовательном возбуждении.
- 4) При смешанном возбуждении.

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"> 1. Для электрической цепи, содержащей идеализированные элементы R,L,C записать дифференциальные уравнения электрического состояния. 2. Решить заданную систему дифференциальных уравнений классическим методом. 3. Дифференциальные уравнения электрического состояния цепи представить в операторной форме. 4. Для электрической цепи переменного тока записать уравнения в комплексной форме. 5. По значениям вещественной и мнимой части комплексного числа определить амплитуду и фазу комплексного числа. 6. Для схемы замещения двигателя постоянного тока записать уравнение электрического состояния якорной цепи и цепи возбуждения. 7. Привести краткое описание принципа работы машины постоянного тока в генераторном и двигательном режимах. 8. Записать уравнения для якорной цепи генератора постоянного тока. 9. Приведите основные характеристики генератора постоянного тока при различных способах возбуждения. 10. Записать уравнения для якорной цепи двигателя постоянного тока. 11. Для цепей первичной и вторичной обмоток трансформатора записать уравнения. электрического состояния с использованием символического метода расчета цепей. синусоидального тока (методом комплексных амплитуд). 12. Приведите краткое описание принципа работы асинхронного двигателя. 13. Для статорной и роторной цепей асинхронного двигателя записать уравнения. электро-

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>магнитного состояния в комплексной форме.</p> <p>14. Для однофазного двухобмоточного трансформатора построить векторную диаграмму.</p> <p>15. Привести схему замещения трансформатора.</p> <p>16. Привести схему замещения асинхронного двигателя.</p> <p>17. Привести уравнения скоростной и механической характеристики.</p> <p>18. Записать уравнения баланса мощности двигателя постоянного тока.</p> <p>19. Записать уравнение баланса мощности асинхронного двигателя.</p> <p>20. Построить механические характеристики двигателя постоянного тока.</p> <p>21. Построить механические характеристики асинхронного двигателя.</p> <p>22. Приведите краткое описание конструкции и принципа работы синхронной машины.</p> <p>23. Привести угловые характеристики синхронной машины.</p> <p>24. Привести основные характеристики синхронного генератора.</p> <p>25. Работа над тестами по основным темам курса (машины постоянного тока, трансформаторы, асинхронные двигатели, синхронные машины).</p> <p>Знать: устройство, принцип действия и основные характеристики электрических машин. Методы и схемы для определения различных параметров электрических машин. Влияние изменения различных параметров на характеристики электрических машин</p> <p>Курсовой проект: «Расчет характеристик трансформаторов и электрических двигателей»</p> <p>Проводятся расчеты характеристик трансформаторов и двигателей по паспортным данным. Обучающиеся демонстрируют методики проведения расчетов и оценки влияния различных параметров на эксплуатационные характеристики двигателей и трансформаторов.</p> <p>Пример №1: <u>Расчет характеристик двигателя постоянного тока</u></p> <p>Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения имеет следующие данные.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства							
		Номер варианта	$P_{ном}$	$U_{ном}$	$I_{ном}$	$n_{ном}$	$R_{яц}$	$R_{ов}$	η
кВт	В		А	Об/мин	Ом	Ом	%		
<p>где $P_{ном}$ - номинальная мощность двигателя;</p> <p>$U_{ном}$ - номинальное напряжение;</p> <p>$I_{ном}$ - номинальный ток, потребляемый из сети;</p> <p>$n_{ном}$ - номинальная частота вращения;</p> <p>$R_{яц}$ - сопротивление обмоток якоря и дополнительных полюсов при 20°C;</p> <p>$R_{ов}$ - сопротивление обмотки возбуждения при 20°C.</p> <p>По данным своего варианта, взятым из табл.1 приложения, необходимо выполнить следующее.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Начертить электрическую схему включения двигателя параллельного возбуждения и указать на ней ток якоря и ток возбуждения. 2. Определить номинальный ток возбуждения и номинальный ток якоря. 3. Определить номинальный момент на валу двигателя. 4. Рассчитать и построить на одном графике $\omega = f(M)$ естественную и три искусственные механические характеристики; 									

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>4.1. При сопротивлении регулировочного реостата в цепи якоря $R_g = 5R_{я}$, $U = U_{ном}$ $\Phi = \Phi_{ном}$.</p> <p>4.2. При пониженном напряжении на якоре $U = 0,6U_{ном}$, $R_g = 0$, $\Phi = \Phi_{ном}$</p> <p>4.3. При ослабленном магнитном потоке $\Phi = 0,8\Phi_{ном}$, $U = U_{ном}$, $R_g = 0$</p> <p>5. Определить процентное изменение скорости вращения для каждой характеристики и диапазон регулирования при $M = M_{ном}$</p> <p>6. Рассчитать сопротивление пускового реостата при пуске двигателя с $I_{япуск} = 2I_{яном}$.</p> <p>7. Определить ток якоря, который был бы при непосредственном включении двигателя в сеть, его кратность по отношению к номинальному значению и сделать выводы для возможности практического применения данного способа пуска.</p> <p>8. Определить величину сопротивления динамического торможения R_{gm} при тормозном токе якоря $I_{яgm} = 1,5I_{яном}$. Тормозному режиму предшествует режим двигателя с номинальной нагрузкой и номинальной частотой вращения.</p> <p>9. Определить полные потери мощности в двигателе при работе в номинальном режиме.</p> <p>10. Исследовать, как изменяется КПД двигателя, работающего при номинальной нагрузке, на реостатной характеристике, при пониженном на 40% напряжении, ослабленном на 20% магнитном потоке в сравнении с номинальным значением КПД, указанным в паспорте двигателя</p> <p>11. Определить полные потери мощности в двигателе при работе в номинальном режиме.</p> <p>12. Исследовать, как изменяется КПД двигателя, работающего при номинальной нагрузке, на реостатной характеристике, при пониженном на 40% напряжении, ослабленном на 20% магнитном потоке в сравнении с номинальным значением КПД, указанным в паспорте двигателя</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																				
		<p data-bbox="815 352 1532 384">Пример №2.: <u>Расчет характеристик трансформатора</u></p> <p data-bbox="815 421 1570 453">Трехфазный трансформатор имеет следующие данные.</p> <table border="1" data-bbox="743 552 2036 799"> <thead> <tr> <th data-bbox="743 552 896 722">Номер варианта</th> <th data-bbox="896 552 1144 722">Тип трансформатора</th> <th data-bbox="1144 552 1245 722">$S_{ном}$ кВА</th> <th data-bbox="1245 552 1359 722">$U_{1ном}$ кВ</th> <th data-bbox="1359 552 1476 722">$U_{2ном}$ кВ</th> <th data-bbox="1476 552 1581 722">P_0 кВт</th> <th data-bbox="1581 552 1686 722">P_k кВт</th> <th data-bbox="1686 552 1767 722">U_k %</th> <th data-bbox="1767 552 1850 722">I_k %</th> <th data-bbox="1850 552 2036 722">Схема соединения и группа</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="743 722 896 799"></td> <td data-bbox="896 722 1144 799"></td> <td data-bbox="1144 722 1245 799"></td> <td data-bbox="1245 722 1359 799"></td> <td data-bbox="1359 722 1476 799"></td> <td data-bbox="1476 722 1581 799"></td> <td data-bbox="1581 722 1686 799"></td> <td data-bbox="1686 722 1767 799"></td> <td data-bbox="1767 722 1850 799"></td> <td data-bbox="1850 722 2036 799"></td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="743 874 1469 911">где $S_{ном}$ - номинальная мощность трансформатора;</p> <p data-bbox="855 935 1738 971">$U_{1ном}$ - номинальное линейное напряжение первичной обмотки;</p> <p data-bbox="855 991 1724 1027">$U_{2ном}$ - номинальное линейное напряжение вторичной обмотки;</p> <p data-bbox="855 1046 1402 1083">P_0 - мощность потерь холостого хода;</p> <p data-bbox="855 1102 1496 1139">P_k - мощность потерь короткого замыкания;</p> <p data-bbox="728 1150 2042 1235">U_k - напряжение короткого замыкания в процентах относительно фазного напряжения первичной обмотки;</p> <p data-bbox="797 1246 2018 1283">I_k - ток холостого хода в процентах от номинального фазного тока первичной, обмотки.</p> <p data-bbox="797 1318 2042 1355">По данным своего варианта, взятым из табл. 1 приложения методического пособия, необ-</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>ходимо выполнить следующее</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Начертить электрическую схему соединения обмоток трансформатора, указать на ней линейные и фазные напряжения и токи, привести соотношения между ними. 2. Определить: <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Номинальные фазные напряжения первичной и вторичной обмоток. 2.2. Коэффициент трансформации. 2.3. Номинальные линейные и фазные токи первичной и вторичной обмоток, 2.4. Изменение напряжения ΔU_2 на зажимах вторичной обмотки трансформатора при нагрузках, равных: $\beta = 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0$ и $\cos \varphi_2 = 0,8$. Построить внешнюю характеристику трансформатора. 2.5. Коэффициент полезного действия η трансформатора при активно-индуктивной нагрузке с $\cos \varphi_2 = 0,8$ и при нагрузках, равных: $\beta = 0; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0$, Построить характеристику $\eta = f(\beta)$ 2.6. Нагрузку, при которой КПД трансформатора имеет наибольшее значение, и это значение КПД. <p>Полученные значения КПД, изменения напряжения ΔU_2 и напряжения на зажимах вторичной обмотки трансформатора следует свести в таблицу.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства											
		<table border="1" data-bbox="990 277 1653 464"> <tr> <td data-bbox="990 277 1115 376">β</td> <td data-bbox="1115 277 1294 376">η</td> <td data-bbox="1294 277 1485 376">ΔU_2</td> <td data-bbox="1485 277 1653 376">U_2</td> </tr> <tr> <td data-bbox="990 376 1115 464"></td> <td data-bbox="1115 376 1294 464">%</td> <td data-bbox="1294 376 1485 464">кВ</td> <td data-bbox="1485 376 1653 464">кВ</td> </tr> </table> <p data-bbox="728 539 2020 616">3. Объясните, возможно ли присоединение к зажимам вторичной обмотки заданного Вам трансформатора несимметричной нагрузки?</p> <p data-bbox="728 651 2011 727">4. Объясните смысл понятия "Группа соединения обмоток" и его условное обозначение в Вашем варианте.</p> <p data-bbox="1256 786 1603 818" style="text-align: center;"><u>Исследовательская часть</u></p> <p data-bbox="728 855 2020 983">5. Выяснить влияние изменения числа витков первичной обмотки понижающего трансформатора при неизменном первичном напряжении U_1 на коэффициент трансформации n и напряжение U_2 на зажимах Вторичной обмотки.</p> <p data-bbox="728 1023 2020 1150">6. Исследовать влияние характера нагрузки потребителей на изменение вторичного напряжения трансформатора при $\cos \varphi_2 = 1$ (активная нагрузка) и $\cos \varphi_2 = 0,6$ (активно-индуктивная нагрузка).</p> <p data-bbox="728 1185 2011 1262">По полученным результатам построить внешние характеристики на одном графике с характеристикой, соответствующей $\cos \varphi_2 = 0,8$.</p> <p data-bbox="786 1305 1966 1342">7. Выяснить, как изменятся вторичное напряжение U_2 и ток холостого хода I_0, если</p>				β	η	ΔU_2	U_2		%	кВ	кВ
β	η	ΔU_2	U_2										
	%	кВ	кВ										

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																		
		<p>первичную обмотку трансформатора вместо "треугольника" соединить "звездой" (или вместо "звезды" в "треугольник")?</p> <p>Пример №3.: <u>Тема. Расчет и исследование характеристик асинхронного двигателя.</u></p> <p>Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, паспортными данными, приведенными в табл.3, подключается к трехфазной сети переменного тока с линейным напряжением 220 В для нечетных вариантов и 380 В для четных вариантов, частотой 50 Гц.</p> <table border="1" data-bbox="792 711 2020 986"> <thead> <tr> <th data-bbox="792 711 943 868">Номер варианта</th> <th data-bbox="943 711 1061 868">$U_{ном}$, В</th> <th data-bbox="1061 711 1167 868">$P_{ном}$, кВт</th> <th data-bbox="1167 711 1285 868">$n_{ном}$, об/мин</th> <th data-bbox="1285 711 1406 868">$\eta_{ном}$</th> <th data-bbox="1406 711 1554 868">$\cos \varphi_{ном}$</th> <th data-bbox="1554 711 1702 868">$I_n / I_{ном}$</th> <th data-bbox="1702 711 1859 868">$M_n / M_{ном}$</th> <th data-bbox="1859 711 2020 868">$M_m / M_{ном}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="792 868 943 986"></td> <td data-bbox="943 868 1061 986"></td> <td data-bbox="1061 868 1167 986"></td> <td data-bbox="1167 868 1285 986"></td> <td data-bbox="1285 868 1406 986"></td> <td data-bbox="1406 868 1554 986"></td> <td data-bbox="1554 868 1702 986"></td> <td data-bbox="1702 868 1859 986"></td> <td data-bbox="1859 868 2020 986"></td> </tr> </tbody> </table> <p>где $U_{ном}$ - номинальное напряжение; $P_{ном}$ - номинальная мощность на валу двигателя; $n_{ном}$ - номинальная частота вращения; $\eta_{ном}$ - номинальный коэффициент полезного действия (КПД); $\cos \varphi_{ном}$ - номинальный коэффициент мощности;</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> $I_n / I_{ном}$ - кратность пускового тока; $M_n / M_{ном}$ - кратность пускового момента; $M_m / M_{ном}$ - кратность максимального момента. </p> <p>По паспортным данным двигателя для Вашего варианта выполнить следующее.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Начертить электрическую схему включения обмотки статора асинхронного двигателя соответственно линейному напряжению Вашего варианта. 2. Определить: <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Активную, реактивную и полную мощности, потребляемые двигателем из, сети при номинальном режиме. 2.2. Номинальный и пусковой токи; номинальный, пусковой и максимальный моменты двигателя. 2.3. Частоту вращения магнитного поля статора, номинальное и критическое скольжение. 2.4. Полные потери мощности в двигателе при номинальном режиме работы. 3. Рассчитать и, построить зависимость частоты вращения ротора двигателя от величины механического момента, приложенного к его валу. 4. Исследовать зависимость частоты ЭДС и тока, электрических потерь в роторе от скольжения. 5. Сделать выводы по результатам выполненной работы.

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"> 1. Поясните назначение дополнительных полюсов и компенсационной обмотки в конструкции машины постоянного тока. 2. Перечислите способы ограничения пускового тока двигателя постоянного тока. 3. Перечислите способы пуска двигателя постоянного тока и назовите негативные явления, возникающие в пусковом режиме. 4. Приведите схему подключения пускового устройства к якорной цепи двигателя постоянного тока при реостатном пуске. 5. Что такое реакция якоря и к каким негативным явлениям она приводит при эксплуатации машин постоянного тока? 6. Какими способами устраняют влияние реакции якоря на характеристики машины постоянного тока и процессы коммутации в щеточно-коллекторном устройстве? 7. Перечислите условия реализации возможных тормозных режимов двигателя постоянного тока. 8. В каком тормозном режиме реализуются условия рекуперации (возврата энергии обратно в питающую сеть)? 9. Существует два возможных условия возникновения рекуперативного торможения. Опишите условия, при которых возможна реализация рекуперативного торможения. Поясните графически на примере построения механических или скоростных характеристик двигателя (показать на характеристиках процесс перехода электродвигателя из двигательного рабочего режима в режим рекуперативного (генераторного) торможения) 10. Опишите условия реализации динамического торможения двигателя постоянного тока. Покажите графически на примере построения механических или скоростных характеристик (показать на характеристиках процесс перехода электродвигателя из двигательного рабочего режима в режим динамического торможения) 11. Опишите условия реализации торможения противовключением двигателя постоянного тока. Покажите графически на примере построения механических или скоростных характеристик (показать на характеристиках процесс перехода из двигательного рабочего режима в режим торможения противовключения). 12. Перечислите способы регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока. На

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>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> <p>26. Приведите примеры реализации различных способов регулирования скорости вращения</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>АД.</p> <p>27. Приведите примеры реализации различных способов реализации тормозных режимов АД.</p> <p>28. Приведите механические характеристики АД при частотном регулировании АД.</p> <p>29. Какие зависимости между питающим напряжением и его частотой реализованы в основных законах частотного регулирования АД ?</p> <p>30. Как изменить направление вращения АД.</p> <p>31. Как повысить устойчивость работы синхронного двигателя при изменении в широких пределах нагрузки?</p> <p>32. Как реализуется питание обмотки возбуждения синхронной машины? Приведите примеры.</p> <p>33. Приведите механическую и угловую характеристику синхронного двигателя.</p> <p>34. Приведите примеры реализации различных способов пуска синхронного двигателя.</p> <p>35. Синхронный компенсатор и его характеристики.</p> <p>36. Работа на тестовыми материалами в рамках самоподготовки.</p>

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 и в форме выполнения и защиты курсовой работы.

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 курсовой работы:

– 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.