



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

13.02.2024 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД

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	3
Семестр	5

Магнитогорск
2024 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
25.01.2024, протокол № 4

Зав. кафедрой  А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
13.02.2024 г. протокол № 4

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:
профессор кафедры АЭПиМ, канд. техн. наук  В.И.
Косматов

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 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

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 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 «Электрический привод» является формирование у студентов знаний в области современного электропривода, что позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности.

Для достижения поставленной цели необходимо:

- создать у студентов правильное представление о сущности происходящих в электрических приводах процессов преобразования энергии и о влиянии требований рабочих машин и технологий на выбор типа и структуры электропривода;
- научить студентов самостоятельно выполнять простейшие расчеты по анализу движения электроприводов, определению их основных параметров и характеристик, оценке энергетических показателей работы и выборе двигателя и проверке его по нагреву;
- научить студентов самостоятельно проводить элементарные лабораторные исследования электрических приводов.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Электрический привод входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Физика

Математика

Теоретические основы электротехники

Электрические машины

Прикладная механика

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

Теория электропривода

Производственная-технологическая практика

Системы управления электроприводов

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Электрический привод» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-3	Способность собирать, обрабатывать и анализировать данные об оборудовании, для которого предназначена система электропривода
ПК-3.1	Осуществляет мероприятия по сбору, обработке и анализу данных об оборудовании, для которого предназначена система электропривода

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц 216 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 76,1 акад. часов;
- аудиторная – 72 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 104,2 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - 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. Электропривод как система								
1.1 Определение понятия электропривод. Блок-схема электропривода	5	1			7	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-3.1
1.2 Классификация электроприводов. История развития электропривода		1			6	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-3.1
Итого по разделу		2			13			
2. Механическая часть силового канала электропривода								
2.1 Уравнение движения электропривода. Расчетная схема силовой части электропривода.	5	2	4		4	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-3.1
2.2 Составление расчетных схем механической части электропривода			2		4	Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины	Проверка индивидуальных заданий	ПК-3.1
2.3 Приведение моментов сопротивления и моментов инерции к валу двигателя		2	2		4	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-3.1
2.4 Контрольная работа “Механика и режимы работы электропривода”			2		4	Контрольная работа	Контрольные работы	ПК-3.1

2.5 Лабораторная работа №1. Методика проведения лабораторных работ		2			4	Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию	Лабораторной работы	ПК-3.1
Итого по разделу		6	10		20			
3. Физические процессы в электроприводах с машинами постоянного тока независимого возбуждения								
3.1 Лабораторная работа №2. Исследование электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения	5	2	4			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию	Лабораторные работы	ПК-3.1
3.2 Расчет и построение электромеханических и механических характеристик		4	2			Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины	Проверка индивидуальных заданий	ПК-3.1
3.3 Контрольная работа “Электромеханические и регулировочные свойства электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения”					4	Контрольная работа	Контрольные работы	ПК-3.1
Итого по разделу		6	6		4			
4. Физические процессы в электроприводах с двигателями последовательного и смешанного возбуждения								
4.1 Расчетно-графическая работа “Электромеханические свойства электроприводов постоянного тока с двигателями последовательного возбуждения ”	5	2			4	Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины	Проверка индивидуальных заданий	ПК-3.1
4.2 Лабораторная работа №3. Исследование электропривода с двигателем постоянного тока последовательного возбуждения		2	4		4	Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию	Лабораторной работы	ПК-3.1
4.3 Контрольная работа “Электромеханические и регулировочные свойства электропривода с двигателями постоянного тока последовательного возбуждения”					6	Контрольная работа	Контрольные работы	ПК-3.1
Итого по разделу		4	4		14			

5. Физические процессы в электроприводах с асинхронными и синхронными двигателями								
5.1 Расчетно-графическая работа “Электромеханические свойства электроприводов переменного тока с асинхронными двигателями”	5				4	Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины	Проверка индивидуальных заданий	ПК-3.1
5.2 Лабораторная работа №4. Исследование электропривода с асинхронным двигателем					5	Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию	Лабораторной работы	ПК-3.1
5.3 Контрольная работа “Электромеханические и регулировочные свойства электропривода с асинхронными двигателями”					5	Контрольная работа	Контрольные работы	ПК-3.1
Итого по разделу					14			
6. Электрическая часть силового канала электропривода								
6.1 Структура силового канала электропривода. Преобразователи электрической энергии в электроприводе. Выпрямители, инверторы, источники тока. Принцип действия преобразователей, схемы, техническая реализация	5	2				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-3.1
6.2 Лабораторная работа №5. Исследование системы тиристорный преобразователь-двигатель		2			4	Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию	Лабораторной работы	ПК-3.1
6.3 Система тиристорный преобразователь-двигатель постоянного тока. Система преобразователь частоты – двигатель переменного тока			2		4	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-3.1
6.4 Скоростные и механические характеристики электроприводов с преобразователями энергии		2			4	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-3.1

6.5 Расчет и построение фазовых , регулировочных и скоростных характеристик системы ТП-Д					7,2	Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины	Проверка индивидуальных заданий	ПК-3.1
6.6 Лабораторная работа №6. Исследование системы преобразователь частоты –асинхронный двигатель			4		5	Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию	Лабораторной работы	ПК-3.1
Итого по разделу		6	6		24,2			
7. Принципы управления в электроприводе								
7.1 Разомкнутые системы управления. Реостатное управление двигателями постоянного и переменного тока, пуск, торможение, регулирование скорости. Расчет пусковых и тормозных сопротивлений. Реостатное регулирование скорости, изменением напряжения, магнитного потока, напряжения и частоты переменного тока	5	4	2		5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-3.1
7.2 Расчет переходных процессов в электроприводах постоянного и переменного тока		4	4		5	Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины	Проверка индивидуальных заданий	ПК-3.1
Итого по разделу		8	6		10			
8. Элементы проектирования электропривода								
8.1 Основные этапы инженерного проектирования электроприводов: постановка и анализ задачи проектирования, поиск возможных решений, выбор двигателя, выбор механической передачи, выбор преобразователя	5	2			5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-3.1

8.2 Нагрузочные диаграммы механизма и двигателя. Тепловая модель двигателя, стандартные режимы. Проверка двигателей по нагреву и перегрузке. Элементы теории надежности		2	4			Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-3.1
Итого по разделу		4	4		5			
9. Подготовка и сдача экзамена								
9.1 Подготовка и экзамен по электрическим машинам.	5					Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями)	Экзамен	ПК-3.1
Итого по разделу								
Итого за семестр		36	36		104,2		экзамен	
Итого по дисциплине		36	36		104,2		экзамен	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Электрический привод» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии.

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

Лекции происходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного 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 лабораторных занятий используются универсальные лабораторные стенды, работа в бригаде и методы ИТ.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки домашних заданий, при решении задач на лабораторных занятиях, при подготовке к контрольным работам, при выполнении исследований на лабораторных установках 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. Электрический привод : учебное пособие / М. Б. Фомин, В. Г. Петько, И. А. Рахимжанова [и др.]. — Оренбург : Оренбургский ГАУ, 2020. — 180 с. — ISBN 978-5-600-02859-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/172656> (дата обращения: 28.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Москаленко, В. В. Электрический привод : учебник / В. В. Москаленко. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 364 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-009474-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1044427> (дата обращения: 28.04.2024). — Режим доступа: по подписке.

б) Дополнительная литература:

1. Овсянников, Е. М. Электрический привод : учебник / Е. М. Овсянников. — М. : ФОРУМ, 2019. — 224 с. - ISBN 978-5-91134-519-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/987416> (дата обращения: 28.04.2024). — Режим доступа: по подписке.

2. Кузнецов, А. Ю. Электрический привод и электрооборудование в АПК. Ч. 2: Регулирование двигателя постоянного тока [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Новосиб. гос. аграр. ун-т, Инженер. ин-т; сост.: А.Ю. Кузнецов, П.В. Зонов. - Новосибирск: Золотой колос, 2014. - 68 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/515949> (дата обращения: 28.04.2024). — Режим доступа: по подписке.

в) Методические указания:

1.Безик, В. А. Электрический привод : методические указания / В. А. Безик, О. В. Кубаткина, В. В. Ковалев. — Брянск : Брянский ГАУ, 2019. — 76 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171983> (дата обращения: 28.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
MathWorks MathLab 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 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа 227М

мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий 123М

Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

Доска, мультимедийный проектор, экран (ауд. 123М, 227М)

Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся

Персональные компьютеры с ПО из п. 8(г), выходом в Интернет
информационно-образовательную среду университета (227а)

«Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся»

По дисциплине «Электрический привод» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение контрольных задач на практических занятиях.

Примерные аудиторные контрольные работы (АКР):

Вариант 1

Грузовая лебедка приводится в движение двигателем постоянного тока независимого

возбуждения с номинальными данными, указанными в таблице 1

1. Определить величины пусковых сопротивлений и полное сопротивление пускового реостата при колебаниях пускового момента от $M_1 = 2,1 \text{ МН}$ до $M_2 = 1,3 \text{ МН}$. Определить также скорость вращения при установившемся движении после пуска.
2. Определить величину сопротивления при динамическом торможении, если двигатель переводится в указанный режим при $M_C = 1,1 \text{ МН}$. Начальный момент при динамическом торможении $M_{МНАЧ} = 1,7 \text{ МН}$.
3. Определить максимальный диапазон регулирования скорости двигателя изменением сопротивления в цепи якоря, если при номинальном статическом моменте и токе возбуждения, ток нагрузки может колебаться кратковременно до двойного значения.
4. Определить шунтирующее и дополнительные сопротивления в цепи якоря двигателя и построить характеристику, проходящую через $p_{01} = 0,5 p_0$.
5. Какая мощность расходуется во внешнем последовательном сопротивлении в режиме противовключения рассматриваемого двигателя.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу с проработкой материала; выполнения домашних заданий.

Примерные индивидуальные домашние задания (ИДЗ):

- 1 Постройте естественные электромеханические и механические характеристики

двигателя постоянного тока с независимым возбуждением типа Д41 со следующими паспортными данными: номинальная мощность $P_N = 13 \text{ кВт}$, номинальное напряжение $U_N = 220 \text{ В}$, ток $I_N = 69,5 \text{ А}$, сопротивление обмотки якоря и дополнительных полюсов $r_a = 0,11 \text{ Ом}$, $r_{дп} = 0,051 \text{ Ом}$, сопротивление обмотки возбуждения $r_{в} = 70 \text{ Ом}$ (величина сопротивлений дана при температуре 20°C).

«Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации»

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-3 Способность собирать, обрабатывать и анализировать данные об оборудовании, для которого предназначена система электропривода		
ПК-3.1	Осуществляет мероприятия по сбору, обработке и анализу данных об оборудовании, для которого предназначена система электропривода	Примерные вопросы экзамена: 1. Дайте определение электрического привода и приведите общую структуру электропривода. 2. Объясните назначение основных элементов и частей электропривода. 3. Как классифицируются электрические приводы? 4. Какие элементы относятся к механической части электропривода? 5. Объясните, в каких случаях можно получить многомассовую кинематическую схему механической части системы, покажите моменты и скорости, действующие на отдельные массы этой системы. 6. Каким образом можно получить упрощенную одномассовую систему? 7. Для чего выполняется операция приведения статистических моментов и моментов инерции системы электропривода? 8. В чем отличие расчета приведенного момента сопротивления нагрузки механизма при различных направлениях потока энергии механической части электропривода? 9. Объясните особенности приведения поступательного движения механизма к вращательному движению двигателя. 10. Что такое установившийся и переходный режимы работы электропривода? 11. Какие моменты действуют на электропривод в установившемся и переходном режимах? 12. Запишите и объясните уравнение движения электропривода для одномассовой системы. 13. В каких режимах будет работать двигатель при $M = M_c$, $M > M_c$ и $M < M_c$, а также если уравнение движения имеет вид $M - M_c = M_{дин} ?$ 14. Представить уравнение движения электропривода для режимов работы: двигательного ускоренного и тормозного замедленного. 15. Уравнение движения электропривода при $M > M_c$ имеет вид: $-M + M_c = M_{дин}$. В каком режиме работает двигатель и как изменится этот режим при $M < M_c$? 16. Поясните правила знаков моментов в уравнении движения электропривода. 17. Что такое динамический момент электропривода? 18. Представьте уравнение движения электропривода для двухмассовой системы. 19. Представьте и объясните структурную схему двухмассовой системы электропривода.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		20. Дайте понятие механических характеристик двигателя производственного механизма и приведите примеры. 21. Что такое жесткость механической характеристики? 22. Как определяется скорость установившегося движения электропривода? 23. Какими способами оценивается устойчивость установившегося движения электропривода? 24. От чего в общем случае зависит динамический момент электропривода? 25. Каким образом можно определить время пуска и торможения электропривода при постоянном динамическом моменте? 26. Каким образом могут быть получены кривые переходных процессов при линейных механических характеристиках двигателя производственного механизма? 27. Какая нагрузка электропривода называется активной? Приведите ее механическую характеристику. 28. Какая нагрузка электропривода называется реактивной? Приведите ее механическую характеристику. Модуль 2 1. Какая характеристика называется естественной механической? 2. Начертите семейство механических характеристик двигателя постоянного тока независимого возбуждения: – при неизменном потоке и для различных напряжений; – при неизменном напряжении и различных потоках; – при неизменных напряжении и потоке, но при различных сопротивлениях цепи якоря. 3. Что такое генераторный рекуперативный режим двигателя постоянного тока, режим противовключения, режим динамического торможения? Начертите механические характеристики этих режимов для различных сопротивлений цепи якоря. 4. Как построить скоростную и механическую характеристики двигателя параллельного возбуждения при ослабленном потоке? 5. Чем отличается электромагнитный момент двигателя от момента на валу? 6. Рассчитайте номинальное сопротивление двигателя параллельного возбуждения при $P_n = 40 \text{ кВт}$, $U_n = 220 \text{ В}$, $\eta_n = 0.92$, если ток возбуждения составляет 0,025 от I_n? 7. Начертить принципиальную схему включения двигателя параллельного возбуждения. 8. Сравните двигатели с параллельным, последовательным и смешанным возбуждением в отношении пускового момента и перегрузочной способности. 9. Как осуществляется расчет механических характеристик двигателя параллельного возбуждения по каталожным данным? 10. Какой вид имеют уравнения механических характеристик двигателя постоянного тока в относительных единицах? 11. Крановый двигатель постоянного тока параллельного возбуждения опускает груз в режиме противовключения. Что произойдет с его скоростью вращения, если в цепь якоря будет введено дополнительное сопротивление? 12. Как производится графический расчет

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		сопротивлений пускового реостата двигателя параллельного возбуждения? 13. Какая мощность расходуется в последовательном внешнем сопротивлении в режиме противовключения двигателя? 14. При каких статических моментах возможен режим противовключения двигателя параллельного возбуждения посредством увеличения сопротивления в цепи якоря, посредством изменения полярности напряжения на якоре? 15. Допустим ли режим противовключения двигателя при отсутствии дополнительного сопротивления в цепи якоря? 16. Для какой цели нужно знать механические характеристики и их уравнения? 17. Каков физический смысл характеристик режима противовключения во втором или четвертом квадранте? 18. Каковы преимущества и недостатки различных способов электрического торможения двигателей? 19. Что такое параметрический способ регулирования скорости двигателя? 20. Перечислите недостатки регулирования скорости двигателя изменением сопротивления в цепи якоря. 21. Каковы практические пределы регулирования скорости двигателя независимого возбуждения при изменении магнитного потока? 22. Каковы преимущества и недостатки различных способов регулирования скорости двигателя параллельного возбуждения? 23. Как понимать термин «регулирование скорости с постоянным моментом и с постоянной мощностью»? 24. Почему при регулировании скорости изменением магнитного потока меняется наклон механической характеристики, а при регулировании изменением напряжения он не меняется? 25. Какая скорость установится в конце процесса торможения различными способами при активном и пассивном моментах сопротивления? 26. Чем объяснить, что характеристики $\omega = f(I_a)$ при ослаблении магнитного потока пересекаются в одной точке при $\omega = 0$? 27. Почему и при каких значениях тока и скорости пересекаются в одной точке характеристики двигателя при соединении его по схеме шунтирования якоря? 28. Может ли двигатель параллельного возбуждения рекуперировать энергию в сеть при соединении его по схеме шунтирования якоря? 29. Как изменит свое положение механическая характеристика динамического торможения при ослаблении магнитного потока двигателя. 30. Во сколько раз изменится момент двигателя при заданной скорости, если поток снизится в два раза (двигатель параллельного возбуждения)? 31. Начертите принципиальную реверсивную схему системы Г-Д, укажите принцип ее действия при регулировании скорости и торможении двигателя. 32. Каков общий диапазон регулирования скорости двигателя в системе Г-Д при комбинированном регулировании напряжением генератора и потоком двигателя? 33. Какие факторы ограничивают диапазон регулирования скорости в системе Г-Д и какими способами его можно расширить? 34. Укажите достоинства и недостатки системы Г-Д.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		35. Как принципиально производится регулирование скорости двигателя в тиристорном приводе? 36. Что такое угол регулирования тиристоров и как его величина влияет на скорость двигателя? 37. Как осуществляется реверс двигателя в системе ТП-Д? 38. Назовите и представьте силовые схемы реверсивных тиристорных преобразователей, укажите их достоинства и недостатки, а также области применения. 39. Что такое инверторный режим тиристорного преобразователя? 40. В каком режиме работает двигатель при инверторном режиме преобразователя и какие переключения необходимо произвести в этом случае в цепи якоря двигателя? 41. Какой вид имеют механические характеристики двигателя в системе ТП-Д? 42. Что такое прерывистый режим тиристорного преобразователя и каково его влияние на работу привода? 43. Как зависит $\cos \varphi$ тиристорного привода от скорости вращения двигателя? 44. Укажите достоинства и недостатки тиристорного привода и возможные области его применения. 45. Как осуществляется регулирование скорости при использовании импульсных регуляторов напряжения? Модуль 3 1. Почему для двигателя последовательного возбуждения нельзя получить точное аналитическое выражение механической характеристики? 2. Для какой цели могут служить выведенные приближенные уравнения механической характеристики двигателя с последовательным возбуждением? 3. В каких режимах может работать двигатель последовательного возбуждения? Почему для него невозможна работа в генераторном режиме с отдачей энергии в сеть? 4. Почему естественная и реостатные характеристики двигателя последовательного возбуждения не переходят в область отрицательных моментов, а при шунтировании якоря того же двигателя переходят? 5. Покажите по уравнению электромеханической характеристики, изменением каких параметров можно регулировать скорость двигателя последовательного возбуждения. 6. Охарактеризуйте различные способы регулирования скорости двигателя последовательного возбуждения. 7. Чем объяснить нелинейность механической характеристики двигателя при шунтировании якоря и $R_{ш} = 0$? 8. Возможна ли рекуперация энергии в сеть при шунтировании якоря двигателя последовательного возбуждения? 9. Почему в зоне значительных нагрузок механические характеристики при шунтировании обмотки возбуждения приближаются к линейным? 10. Какие способы пуска возможны для двигателя последовательного возбуждения и какие из них наиболее часто применяются на практике? 11. Поясните, как производится расчет пусковых и тормозных сопротивлений. 12. Представьте механические характеристики двигателя при шунтировании якоря и обмотки возбуждения.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		13. Для какой цели и каким образом используются универсальные характеристики двигателя последовательного возбуждения в относительных единицах? 14. Двигатель постоянного тока с последовательным возбуждением работает на линейном участке кривой намагничивания. Как изменится жесткость механической характеристики, если нагрузка снизится в 2 раза? 15. Начертите принципиальные схемы включения двигателей последовательного и смешанного возбуждения при пуске. 16. Как могут рассчитываться кривые скорости, тока и момента для двигателей последовательного возбуждения при пуске и торможении? 17. Какими условиями определяется реальная скорость холостого хода двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением? 18. Почему в электроприводах с двигателем постоянного тока последовательного возбуждения не применяются ременные и цепные передачи? 19. Какое соотношение $\omega_{\max} / \omega_n$ является допустимым для двигателя последовательного возбуждения из соображений механической прочности электрической машины? 20. Каким образом может быть построена искусственная реостатная характеристика при известной естественной характеристике двигателя? 21. Объясните, почему перегрузочная способность электродвигателя последовательного возбуждения по моменту выше, чем у двигателя независимого возбуждения. 22. Изобразите примерную зависимость магнитного потока двигателя от скорости для естественной характеристики в схеме с шунтированием якоря. 23. Почему при токе якоря, превышающем номинальное значение, механические характеристики двигателя последовательного возбуждения линейны? 24. Сравните двигатели с параллельным, последовательным и смешанным возбуждением в отношении пускового момента и перегрузочной способности. 25. Каким образом осуществляется торможение противовключением при активном и реактивном статическом моменте? 26. В чем заключаются недостатки динамического торможения двигателя последовательного возбуждения с самовозбуждением и почему при динамическом торможении иногда осуществляется независимое питание обмотки возбуждения? 27. Почему в реальных условиях механические характеристики двигателя последовательного возбуждения в тормозном режиме с самовозбуждением при различных дополнительных сопротивлениях в якорной цепи исходят не из начала координат? 28. При каких условиях должно осуществляться торможение с самовозбуждением, чтобы не допустить размагничивания машины? 29. Чем объясняется ограниченность применения динамического торможения двигателя последовательного возбуждения с самовозбуждением? 30. Назовите области применения двигателей последовательного и смешанного возбуждения и объясните их. 31.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		Как будут выглядеть механические характеристики двигателя- телей смешанного возбуждения при разных соотношениях между ампер витками (МДС) параллельной и последовательной обмоток? 32. Какие способы электрического торможения используются для двигателей смешанного возбуждения? 33. Как производится реверсирование двигателя смешанного возбуждения? 34. Как графически произвести расчет пускорегулировочного реостата для двигателя смешанного возбуждения? 35. Почему двигатель смешанного возбуждения работает неустойчиво при встречном включении обмоток возбуждения? Модуль 4 1. В каких режимах может работать асинхронный двигатель? 2. Как зависит максимальный (критический) момент асинхронного двигателя от напряжения сети и сопротивления цепи ротора? 3. Как изменится критическое скольжение при включении симметричных сопротивлений в цепь статора? 4. Как определить активное сопротивление ротора асинхронного двигателя по каталожным данным? 5. Каким образом может быть построена естественная механическая характеристика асинхронного двигателя? 6. Как построить искусственную характеристику асинхронного двигателя при известной естественной характеристике: – для другого сопротивления ротора; – для другого напряжения, к которому подключен статор; – для другой частоты сети? 7: При каких скольжениях возможна устойчивая работа асинхронного двигателя при постоянном статическом моменте M_c? 8. Почему максимальный момент асинхронного двигателя в генераторном режиме больше максимального момента в двигательном режиме? 9. Чем объяснить, что ток статора при синхронной скорости не зависит от величины добавочного сопротивления в роторной цепи? 10. Почему при одних и тех же значениях моментов короткого замыкания (начальных моментах), получающихся в одном случае при замыкании ротора накоротко, а в другом – при соответствующем дополнительном сопротивлении, различными и оказываются значения токов короткого замыкания? 11. Как изменяется ток ротора асинхронного двигателя с изменением скольжения? 12. Почему при неподвижном роторе ток двигателя в несколько раз превышает номинальный ток? 13. Как проводятся приближенный и точный графические расчеты пусковых сопротивлений в цепи ротора? 14. При каком напряжении сети практически может применяться пуск асинхронного двигателя переключением со звезды на треугольник? 15. Какие способы электрического торможения

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		применяются для асинхронных двигателей? 16. Для каких механизмов можно осуществить торможение асинхронного двигателя с рекуперацией энергии в сеть? 17. С какой целью при динамическом торможении асинхронного двигателя в обмотки статора подают постоянный ток? 18. Начертите примерный вид механической характеристики динамического торможения асинхронного электродвигателя и укажите, как влияют на вид характеристик величина тока возбуждения и сопротивление роторной цепи. 19. В какой области механической характеристики двигателя при динамическом торможении может иметь место неустойчивый режим? 20. Можно ли утверждать, что при любой скорости выше синхронной двигатель будет отдавать энергию в сеть? 21. Чем объяснить наличие максимума момента при динамическом торможении и почему с уменьшением дополнительного сопротивления в роторной цепи максимум момента смещается в сторону меньших скольжений? 22. Изобразите примерную зависимость тока в роторной цепи двигателя при динамическом торможении, а также кривую результирующего рабочего магнитного потока от скорости. 23. Приведите примеры приводов, в которых возможен переход асинхронного двигателя в генераторный режим. 24. Чем объяснить появление больших токов при переходе в режим противовключением асинхронного двигателя? 25. Асинхронный двигатель механизма подъема крана обеспечивает подъем груза. Что происходит с его скоростью вращения, если в роторную цепь вводится значительное по величине дополнительное сопротивление? 26. Назовите возможные способы регулирования скорости вращения асинхронных двигателей. 27. Какие способы регулирования скорости асинхронного двигателя позволяют плавно изменять скорость при наличии жестких механических характеристик? Каковы недостатки этих способов? 28. К какому типу относится регулирование скорости асинхронного двигателя включением дополнительного сопротивления в роторе? Перечислите недостатки этого способа регулирования скорости. 29. Начертите схемы обмоток статора двухскоростного двигателя при регулировании скорости с постоянным моментом и постоянной мощностью. 30. Укажите достоинства и недостатки регулирования скорости с помощью тиристорных регуляторов напряжения в цепи статора. 31. Начертите каскадные схемы регулирования скорости асинхронного двигателя с использованием полупроводниковых выпрямителей в цепи ротора. 32. Каким должно быть соотношение напряжения и частоты при частотном регулировании для сохранения постоянной перегрузочной способности двигателя? 33. Как изменяется критическое скольжение при уменьшении частоты, если управление производится по закону $U/f = const$? 34. Как влияет учет насыщения на величины критического и пускового моментов двигателя при различных частотах и законе $U/f = const$? 35. Оцените преимущества и недостатки частотного

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		управления с неизменным магнитным потоком при различных частотах. 36. Объясните возможность импульсного регулирования скорости асинхронного двигателя и представьте применяемые схемы реализации данного способа регулирования. 37. Сравните регулировочные свойства асинхронных двигателей и двигателей постоянного тока. 38. Какие из рассмотренных способов регулирования обеспечивают приблизительно постоянную располагаемую мощность, а какие и момент? Модуль 5 1. Какие виды переходных режимов имеют место при работе электропривода? 2. Какое практическое значение имеют переходные процессы в электроприводе? 3. Для каких рабочих машин характер переходного процесса не имеет существенного значения? 4. В каких случаях для разомкнутых электроприводов исследуются механические и электромагнитные переходные процессы? 5. Объясните физическую сущность электромеханической T_{μ} и электромагнитной T_{γ} постоянных времени. Каким образом могут быть определены постоянные времени T_{μ} и T_{γ}? 7. Как определяется длительность переходного процесса при известных значениях постоянных времени? 8. Представьте и объясните основные уравнения для скорости и тока двигателя при переходных процессах. 9. Почему при приложении нагрузки к валу двигателя постоянного тока увеличивается ток якоря? 10. Каким образом может быть определено время разгона двигателя при одноступенчатом и многоступенчатом пусках? 11. Представьте и объясните кривые переходных процессов при пуске, торможении противотключением и динамическом торможении. 12. Представьте и объясните кривые переходных процессов для скорости и тока двигателя постоянного тока независимого возбуждения при учете электромагнитной инерции якоря. 13. Как влияет изменение сопротивления при переходных процессах на длительность их протекания? 14. Объясните особенность исследования переходных процессов в разомкнутых электроприводах с асинхронным двигателем. 15. Для какой цели необходимо дефорсирование при пуске двигателя постоянного тока изменением напряжения? 16. Какие способы применяются для ускорения электромагнитных переходных процессов в обмотках возбуждения электрических машин? 17. Перечислите способы форсирования и покажите, как будет изменяться ЭДС генератора при разных способах форсирования. 18. Как могут рассчитываться кривые скорости, тока и момента для двигателей последовательного возбуждения при пуске и торможении? 19. Для какой цели необходимо определять потери энергии при пуске и торможении двигателя?

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		20. Начертите диаграмму мощности и потерь при торможении противовключением двигателя постоянного тока параллельного возбуждения. 21. Запишите и объясните общее выражение для потерь в асинхронном двигателе в установившемся режиме. Определите потери в стали в режиме короткого замыкания. 22. Какая составляющая потерь энергии A_n, A_c или $A_{\text{ст}}$ обычно является доминирующей, и в каких случаях остальные составляющие могут иметь большее значение? 23. Каково соотношение между основными потерями при пуске и торможении для двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением и для асинхронного двигателя? 24. Как определить потери энергии при пуске асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и углубленным пазом или двойной клеткой? 25. Назовите возможные способы уменьшения пусковых потерь двигателей. 26. Назовите основной способ снижения потерь и расхода энергии при пуске двигателей постоянного тока. 27. Почему при ступенчатом пуске по сравнению с прямым до той же скорости время пуска и, соответственно, потери энергии заметно сокращаются? 28. Каким образом могут быть снижены потери в электроприводах с регулируемой скоростью? 29. Что представляют собой средние потери за цикл? 30. В каком соотношении находятся потери энергии при пуске двигателя в холостую и под нагрузкой? 31. Сравните потери энергии, выделяющиеся в двигателях при прямом и реостатном пусках в холостую.

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

Изучение учебной дисциплины «Электрический привод» длится 1 семестр, завершается экзаменом.

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.