



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
04.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

СОВРЕМЕННЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

Направление подготовки (специальность)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы

Современный автоматизированный электропривод в производственных и технических системах

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения

очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированного электропривода и мехатроники
Курс	1
Семестр	1

Магнитогорск
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 147)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и мехатроники
27.01.2025, протокол № 3

Зав. кафедрой  А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
04.02.2025 г. протокол № 3

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры кафедры АЭПиМ, канд. техн. наук  А.С. Денисович

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 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

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

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

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

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов знаний и практических навыков для решения задач совершенствования и развития автоматизированного электропривода в основных агрегатах металлургического производства.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Современный автоматизированный электропривод входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Необходимы знания вопросов автоматизированного электропривода в объеме дисциплин «Физика», «Математика», «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Электрический привод», «Силовая электроника», «Схемотехника», «Теория автоматического управления», «Системы управления электроприводов» учебного плана подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 «электроэнергетика и электротехника» по профилю «Электропривода и автоматика»

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

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Современный автоматизированный электропривод» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2	Способность контролировать полный цикл разработки проекта системы электропривода
ПК-2.1	Осуществляет контроль полного цикла разработки проекта системы электропривода

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 57,2 акад. часов;
- аудиторная – 54 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,2 акад. часов;
- самостоятельная работа – 87,1 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. Введение								
1.1 Цель и задачи курса, его содержание, связь с другими дисциплинами учебного плана специальности.	1	2,5			1,1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1
Итого по разделу		2,5			1,1			
2. Силовая часть автоматизированного электропривода в металлургии								
2.1 Приводы постоянного тока (особенности двигателей и преобразователей)	1	5			2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1
2.2 Приводы переменного тока (асинхронные и синхронные двигатели, их характеристики, преобразователи частоты с непосредственной связью и со звеном						Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной		

постоянного тока, автономные инверторы напряжения и тока, рекуперативный выпрямитель, возврат энергии в сеть, преобразователи на низкое и среднее напряжение)						информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).		
Итого по разделу		5			4,6			
3. Системы регулирования в электроприводах металлургического производства								
3.1 Системы регулирования скорости в электроприводах постоянного тока (однозонные и двухзонные), типовые структурные схемы.	1	5,5		3,5	6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1
3.2 Системы регулирования скорости в электроприводах переменного тока (скалярные, векторные), типовые структуры.					8	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1
3.3 Датчики в электроприводах в металлургической промышленности.					10	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1

						библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).		
Итого по разделу		5,5		3,5	24			
4. Реализация типовых структур систем регулирования в комплектных электроприводах постоянного тока								
4.1 Системы регулирования тока и скорости в комплектных электроприводах. Структурная схема САРС при однозонном и двухзонном регулировании скорости.	1	5		4	5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1
4.2 Регулирование тока (потока) возбуждения в комплектных электроприводах. Регулирование положения механизмов в комплектных электроприводах. Особенности построения регуляторов для систем регулирования положения. Датчики и схемы измерения положения.				7	4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1
Итого по разделу		5		11	9			
5. Реализация типовых структур систем регулирования в комплектных электроприводах переменного тока								
5.1 Реализация типовых структур систем регулирования в электроприводах переменного тока.	1			6,5	4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1

						Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).		
5.2 Построение систем регулирования скорости в электроприводах переменного тока с применением микропроцессорных устройств. Построение регуляторов тока, скорости, ЭДС, узлов задания скорости. Параметрирование систем регулирования скорости.	1				7	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1
Итого по разделу				6,5	11			
6. Методика изучения автоматизированного электропривода металлургических машин и агрегатов								
6.1 Методика изучения автоматизированного электропривода металлургических машин и агрегатов.	1			0,5		Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1
Итого по разделу				0,5				
7. Автоматизированный электропривод в доменном производстве								
7.1 Технология доменного производства. Основное технологическое оборудование в доменных цехах. Требования к электроприводам основных механизмов. Автоматизированный электропривод скипового подъемника доменной печи.	1			6,5	3	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями,	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1

						энциклопедиями).		
Итого по разделу				6,5	3			
8. Автоматизированный электропривод сталеплавильного производства								
8.1 Технология и оборудование сталеплавильного производства. Особенности конвертерного производства стали. Технологическое оборудование в конвертерном производстве. Автоматизированный электропривод механизма поворота конвертера. Автоматизированный электропривод механизма подъема фурмы.	1			3,5	7	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1
8.2 Технологическое оборудование машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Общие требования к электроприводам МНЛЗ. Автоматизированный электропривод механизма качания кристаллизатора.					3	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1
Итого по разделу				3,5	10			
9. Автоматизированный электропривод в прокатном производстве								
9.1 Технология и оборудование прокатного производства. Типы прокатных станов. Основные понятия теории прокатки.	1			4,5	3	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами,	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1

						словарями, энциклопедиями).		
9.2 Автоматизированный электропривод реверсивных станов горячей прокатки. Технологические процессы. Тахограмма и нагрузочная диаграмма. Требования к электроприводу. Оптимальная диаграмма скорости и тока. Типовые решения для силовой части электропривода. Система автоматического регулирования скорости. Особенности построения САРС при индивидуальном электроприводе валков.	1				3	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1
9.3 Автоматизированный электропривод непрерывных листовых станов горячей прокатки. Типы прокатных станов. Технологическое оборудование. Технологические режимы. Требования к электроприводам. Типовые решения для силовой части электроприводов и САРС. САРС чистовой клетки непрерывного широкополосного стана горячей прокатки.					3	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1
9.4 Автоматизированный электропривод станов холодной прокатки. Типы прокатных станов. Технологические процессы при производстве холодного проката. Технологические режимы на непрерывных листовых станах холодной прокатки. Требования к электроприводам валков непрерывных листовых станов. Построение силовой части электроприводов и САРС.					8	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1
9.5 Автоматизированный электропривод вспомогательных механизмов прокатных станов.					7,4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1

Конструкция механизмов. Технологические режимы. Требования к электроприводам. Нажимные устройства клеток. Ножницы для резки металла. Рольганги. Намоточно-размоточные механизмы. Особенности построения систем автоматизированного электропривода указанных механизмов.						Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).		
Итого по разделу				4,5	24,4			
10. Перспективы развития автоматизированного электропривода в металлургии								
10.1 Перспективы развития автоматизированного электропривода в металлургии.	1					Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос студентов по изученной теме	ПК-2.1
Итого по разделу								
Итого за семестр	18			36	87,1		экзамен	
Итого по дисциплине	18			36	87,1		экзамен	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины используются традиционная и информационно-коммуникационные образовательные технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-визуализаций. На лекции-визуализации изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов). Возможны лекции – консультации, на которых изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

При проведении практических занятий используются работа в команде и методы информационных технологий.

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

а) Основная литература:

Шохин, В.В. Автоматизированный электропривод механизмов металлургического производства [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В.Шохин, А.С.Сарваров. - М.: ФГУП НТИЦ «Информрегистр», 2013. №гос.регистрации 0321302198 <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Found.asp> -Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Фролов, В. Я. Устройства силовой электроники и преобразовательной техники с разомкнутыми и замкнутыми системами управления в среде Matlab — Simulink : учебное пособие / В. Я. Фролов, В. В. Смородинов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 332 с. — ISBN 978-5-8114-2583-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106890> (дата обращения: 26.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Фролов, Ю. М. Регулируемый асинхронный электропривод : учебное пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-2177-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/102251> (дата обращения: 26.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

1. Фурсов, В. Б. Моделирование электропривода : учебное пособие / В. Б. Фурсов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 220 с. — ISBN 978-5-8114-3566-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121467> (дата обращения: 26.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Терёхин, В.Б. Компьютерное моделирование систем электропривода:

Учебное пособие / Терёхин В.Б., Дементьев Ю.Н. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 307 с.: ISBN 978-5-4387-0558-1 - Текст : электронный. - URL: <http://znanium.com/catalog/product/701804> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
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

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Информационная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	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)

Тип и назначение аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (023М)	- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации. - комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей.
Учебные аудитории для проведения практических занятий (227а)	- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации. - комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей.
Учебные аудитории групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (227а)	- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации. - комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей.
Помещения для самостоятельной работы (227а)	- персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с

	доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.
--	--

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Аудиторная самостоятельная работа студентов на практических занятиях осуществляется под контролем преподавателя.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде проработки материалов лекций с применением рекомендуемой литературы, работы над курсовым проектом, подготовки к экзамену.

Перечень тем практических занятий

Тема 1. Изучение автоматизированного электропривода блюминга 1500

Вопросы:

- 1.1. В чем заключается особенность работы электроприводов валков обжимного стана?
- 1.2. Каковы законы изменения основных параметров электропривода? (Скорость, ток, напряжение якоря, ток и напряжение возбуждения генератора)
- 1.3. Каково назначение множително-делительного и делительного устройств в САР ЭП?
- 1.4. Как обеспечивается ограничение тока якоря на максимально допустимом уровне?
- 1.5. Как обеспечивается регулирование соотношения скоростей и нагрузок двигателей верхнего и нижнего валков?
- 1.6. Для чего в режиме токоограничения возникает необходимость обеспечения примерного соответствия заданной и действительной скорости двигателя?

Тема 2. Изучение автоматизированного электропривода реверсивного двухклетьевого стана холодной прокатки

Вопросы:

- 2.1. Какие технологические процессы прокатки листа существуют?
- 2.2. Каковы требования к ЭП валков клетей стана и как эти требования реализуются?
- 2.3. Основные виды защит электропривода данного стана.
- 2.4. Поясните, как работает синхронный двигатель стана в САР. Рассматривать двигатель следует как объект управления.
- 2.5. Поясните, как осуществляется векторное преобразование в системе регулирования.
- 2.6. Как происходит реализация САРС на данном стане?

Тема 3. *Электропривод валков непрерывного стана 630 холодной прокатки*

Вопросы:

- 3.1. Опишите технологические режимы прокатки непрерывного стана 630.
- 3.2. Поясните тахограмму работы электропривода непрерывного стана 630.
- 3.3. Поясните физические процессы в автоматизированном электроприводе при выравнивании нагрузок между двигателями валков.
- 3.4. Поясните физические процессы в САРС в режиме токоограничения (работа с номинальным потоком двигателя и при ослабленном потоке).
- 3.5. Поясните реализацию регуляторов САРС по принципиальной схеме.
- 3.6. Какие методы защиты электропривода используются на стане 630?

Тема 4. Изучение автоматизированного электропривода моталки стана холодной прокатки

Вопросы:

- 4.1. Для чего намотка полосы в рулон должна производиться с натяжением?

- 4.2. В чем суть и какие преимущества имеет ЭП моталки с двухзонным регулированием по сравнению с ЭП с однозонным регулированием?
- 4.3. От чего зависит точность поддержания натяжения полосы в ЭП моталки с косвенными регуляторами?
- 4.4. Какую задачу и как решает узел компенсации динамической составляющей тока двигателя?
- 4.5. Как осуществляется компенсация динамической составляющей натяжения?
- 4.6. Каким образом согласуется изменение скорости намотки с изменением скорости прокатки листа?

Тема 5. Изучение автоматизированного электропривода входного накопителя полосы агрегата непрерывного горячего цинкования

Вопросы:

- 5.1. Опишите технологические операции производства АНГЦ
- 5.2. Какие требования выдвигаются к ЭП входного накопителя? Как они физически реализуются?
- 5.3. Опишите принцип управления частотно-регулируемого асинхронного привода.
- 5.4. Опишите силовую схему группового питания ЭП и её особенности.
- 5.5. Поясните, как осуществляется векторное преобразование в системе регулирования.
- 5.6. Какие методы защиты электропривода используются?

Рекомендуемая литература к практическим занятиям:

Шохин В.В. Автоматизированный электропривод механизмов металлургического производства [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В.Шохин, А.С.Сарваров. - М.: ФГУП НТЦ «Информрегистр», 2013. №гос.регистрации 0321302198

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<i>К-2: Способность разрабатывать концепции системы электропривода</i>		
К-2.1	Формирует компетенции и задачи на разработку системы электропривода	Модуль 1 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 к валу 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 запишите уравнение движения имеет вид $M - M_c = M_{дин} \cdot \frac{d\omega}{dt}$ 14. Представить уравнение движения электропривода для режимов работы: двигательного установившегося, тормозного замедленного. 15. Уравнение движения электропривода при $M > M_c$ имеет вид: $-M + M_c = M_{дин} \cdot \frac{d\omega}{dt}$. 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. 20. Дайте понятие механических характеристик двигателя производственного механизма и нарисуйте их 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 заданном 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 на координатах ω vs M 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 при противовключении, 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 $U_n = 220\text{В}$, $\eta_n = 0.92$, 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 пусковом моменте 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 отн. единицах? 11. Крановый двигатель постоянного тока параллельного возбуждения опускает груз при противовключении. Что произойдет с его скоростью вращения, если в цепь якоря будет введено дополнительное сопротивление? 12. Как производится графический расчет 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 тока 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 третьем квадранте? 18. Каковы преимущества и недостатки различных способов электрического торможения двигателя? 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 изменением 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 пассивном моменте 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 по схеме шунтирования якоря? 29. Как изменит свое положение механическая характеристика динамического торможения при изменении магнитного потока двигателя. 30. Во сколько раз изменится момент двигателя при заданной скорости, если поток снизится вдвое (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 током двигателя? 33. Какие факторы ограничивают диапазон регулирования скорости в системе Г-Д и какими способами можно расширить? 34. Укажите достоинства и недостатки системы Г-Д. 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,
--	--	--

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 параметры 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 двигателя?

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?

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 невозможна работа в генераторном режиме с отдачей энергии в сеть?

4. Почему естественная и реостатные характеристики двигателя последовательного возбуждения переходят в область отрицательных моментов, а при шунтировании якоря того же двигателя переходят в область положительных моментов?

5. Покажите по уравнению электрохимической 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? $R_{ш} = 0$?

8. Возможна ли рекуперация энергии в сеть при шунтировании якоря двигателя последовательного возбуждения?

9. Почему в зоне значительных нагрузок механические характеристики при шунтировании якоря двигателя последовательного 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.

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 намагничивания. Как изменится жесткость механической характеристики, если нагрузка снизится в 2 раза?

15. Начертите принципиальные схемы включения двигателей последовательного и параллельного возбуждения при пуске.

16. Как могут рассчитываться кривые скорости, тока и момента для двигателей последовательного и параллельного 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 применяются ременные и цепные передачи?

19. Какое соотношение $w_{\max}/w_n$ является допустимым для двигателя последовательного возбуждения с учетом соображений механической прочности электрической машины?

20. Каким образом может быть построена искусственная реостатная характеристика при шунтировании якоря естественной характеристики двигателя?

21. Объясните, почему перегрузочная способность электродвигателя последовательного возбуждения 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 по пусковому моменту и перегрузочной способности.

25. Каким образом осуществляется торможение противовключением при активном и статическом моменте?

26. В чем заключаются недостатки динамического торможения двигателя последовательного возбуждения с самовозбуждением и почему при динамическом торможении иногда осуществляется независимое возбуждение обмотки возбуждения?

27. Почему в реальных условиях механические характеристики двигателя последовательного возбуждения нелинейны?

		в тормозном режиме с самовозбуждением при различных дополнительных сопротивлениях в якорной цепи не из начала координат? 28. При каких условиях должно осуществляться торможение с самовозбуждением, чтобы не произошло 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 преимущества. 31. Как будут выглядеть механические характеристики двигателей смешанного возбуждения при различных 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 питания и сопротивления цепи ротора? 3. Как изменится критическое скольжение при включении симметричных сопротивлений в цепь ротора? 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 заданном 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 дополнительного сопротивления в роторной цепи? 10. Почему при одних и тех же значениях моментов короткого замыкания (начальных) получаются в одном случае при замыкании ротора накоротко, а в другом – при соответствующем дополнительном сопротивлении, различными 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 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 включают 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 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 увеличением дополнительного сопротивления в роторной цепи максимум момента смещается в сторону меньших скоростей? 22. Изобразите примерную зависимость тока в роторной цепи двигателя при динамическом торможении также кривую результирующего рабочего магнитного потока от скорости. 23. Приведите примеры приводов, в которых возможен переход асинхронного двигателя в генераторный режим.
--	--	--

	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 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 с помощью добавления дополнительного сопротивления в роторе? Перечислите недостатки этого способа регулирования скорости. 29. Начертите схемы обмоток статора двухскоростного двигателя при регулировании скорости постоянным моментом и постоянной мощностью. 30. Укажите достоинства и недостатки регулирования скорости с помощью тиристорных преобразователей 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 обеспечения постоянной перегрузочной способности двигателя? 33. Как изменяется критическое скольжение при уменьшении частоты, если управление происходит по закону $U/f = const$? 34. Как влияет учет насыщения на величины критического и пускового моментов двигателя при частотном регулировании по закону $U/f = const$? 35. Оцените преимущества и недостатки частотного управления с неизменным магнитным потоком на различных частотах. 36. Объясните возможность импульсного регулирования скорости асинхронного двигателя и примените схемы реализации данного способа регулирования. 37. Сравните регулировочные свойства асинхронных двигателей и двигателей постоянного тока. 38. Какие из рассмотренных способов регулирования обеспечивают приблизительно заданную 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 электрические переходные процессы? 5. Объясните физическую сущность электромеханической T_m и электромагнитной T_γ инерции. Каким образом могут быть определены постоянные времени T_m и T_γ? 6. Как определяется длительность переходного процесса при известных значениях постоянных времени T_m и T_γ? 7. Как определяется длительность переходного процесса при известных значениях постоянных времени T_m и T_γ? 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 многоступенчатом пуске? 11. Представьте и объясните кривые переходных процессов при пуске, торможении и динамическом торможении. 12. Представьте и объясните кривые переходных процессов для скорости и тока двигателя при пуске и торможении при независимом возбуждении 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 асинхронным двигателем. 15. Для какой цели необходимо дефорсирование при пуске двигателя постоянного тока с независимым возбуждением? 16. Какие способы применяются для ускорения электромагнитных переходных процессов при пуске и торможении возбуждения электрических машин? 17. Перечислите способы форсирования и покажите, как будет изменяться ЭДС генератора при форсировании. 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? 20. Начертите диаграмму мощности и потерь при торможении противовключением двигателя при параллельном возбуждении.
--	--

		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_n обычно является доминирующей в установившемся режиме? В каких случаях остальные составляющие могут иметь большее значение? 23. Каково соотношение между основными потерями при пуске и торможении для двигателя с короткозамкнутым ротором и для асинхронного двигателя? 24. Как определить потери энергии при пуске асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором 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 времени пуска 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 и под нагрузкой.
--	--	---

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

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения за определенный период обучения (семестр) и проводится в форме экзамена и в форме выполнения и защиты курсового проекта.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Современный автоматизированный электропривод» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.