



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  
С.И. Лукьянов

26.02.2020 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  
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, 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 2021 - 2022 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 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 «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:

Системы управления электроприводов

Теория электропривода

Производственная-технологическая практика

### **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-4	Способность подготовить комплект конструкторской документации эскизного, технического и рабочего проектов системы электропривода
ПК-4.1	Осуществляет подготовку комплекта конструкторской документации, технических и рабочих проектов системы 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;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

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	Работа с библиографическими материалами		ПК-4.1
1.2 Классификация электроприводов. История развития электропривода		1			6	Подбор учебников, учебных пособий и методических указаний	Устный опрос	ПК-4.1
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		Устный опрос	ПК-4.1
2.2 Приведение моментов сопротивления и моментов инерции к валу двигателя		2	2/2И		4			ПК-4.1
2.3 Составление расчетных схем механической части электропривода			2		4	Домашнее задание №1	Проверка индивидуальных заданий	ПК-4.1
2.4 Контрольная работа "Механика и режимы работы электропривода"			2		4	Подготовка к АКР	Проверка АКР	ПК-4.1
2.5 Лабораторная работа №1. Методика проведения лабораторных работ		2			4	Изучение инструкции по выполнению лабораторной работы №1	Устный опрос	ПК-4.1
Итого по разделу		6	10/2И		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	4/4И			Изучение инструкции по выполнению лабораторной работы №2	Проверка отчета о выполнении	ПК-4.1
3.2 Расчет и построение электромеханических и механических характеристик		4	2			Домашнее задание №2	Проверка индивидуальных заданий	ПК-4.1
3.3 Контрольная работа “Электромеханические и регулировочные свойства электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения”					4	Подготовка к АКР №2	Проверка АКР	ПК-4.1
Итого по разделу		6	6/4И		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	Домашнее задание №3	Проверка индивидуальных заданий №3	ПК-4.1
4.2 Лабораторная работа №3. Исследование электропривода с двигателем постоянного тока последовательного возбуждения		2	4/4И		4	Изучение инструкции по выполнению лабораторной работы №3	Проверка отчета о выполнении	ПК-4.1
4.3 Контрольная работа “Электромеханические и регулировочные свойства электропривода с двигателями постоянного тока последовательного возбуждения”					6	Подготовка к АКР №3	Проверка АКР	ПК-4.1
Итого по разделу		4	4/4И		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	Домашнее задание №4	Проверка индивидуальных заданий №4	ПК-4.1
5.2 Лабораторная работа №4. Исследование электропривода с асинхронным двигателем					5	Изучение инструкции по выполнению лабораторной работы №4	Проверка отчета о выполнении	ПК-4.1

5.3 Контрольная работа “Электромеханические и регулировочные свойства электропривода с асинхронными двигателями”				5	Подготовка к АКР №4	Проверка АКР	ПК-4.1
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				Опорный конспект лекций	ПК-4.1
6.2 Лабораторная работа №5. Исследование системы тиристорный преобразователь-двигатель		2		4	Изучение инструкции по выполнению лабораторной работы №5	Проверка отчета о выполнении	ПК-4.1
6.3 Система тиристорный преобразователь-двигатель постоянного тока. Система преобразователь частоты – двигатель переменного тока			2/2И	4		Опорный конспект лекций	ПК-4.1
6.4 Скоростные и механические характеристики электроприводов с преобразователями энергии		2		4		Устный опрос	ПК-4.1
6.5 Расчет и построение фазовых, регулировочных и скоростных характеристик системы ТП-Д				7,2	Домашнее задание №5	Проверка индивидуальных заданий №5	ПК-4.1
6.6 Лабораторная работа №6. Исследование системы преобразователь частоты –асинхронный двигатель			4/4И	5	Изучение инструкции по выполнению лабораторной работы №6	Проверка отчета о выполнении	ПК-4.1
Итого по разделу	6	6/6И		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	2/2И	5		Опорный конспект лекций	ПК-4.1



7.2 Расчет переходных процессов в электроприводах постоянного и переменного тока	4	4/4И		5	Домашнее задание №6	Проверка индивидуальных заданий №6	ПК-4.1
Итого по разделу	8	6/6И		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		Опорный конспект лекций	ПК-4.1
8.2 Нагрузочные диаграммы механизма и двигателя. Тепловая модель двигателя, стандартные режимы. Проверка двигателей по нагреву и перегрузке. Элементы теории надежности		2	4			Устный опрос	ПК-4.1
Итого по разделу	4	4		5			
Итого за семестр	36	36/22И		104,2		экзамен	
Итого по дисциплине	36	36/22И		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 (аудитории 227,123).

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. Москаленко, В. В. Электрический привод [Электронный ресурс] : учебник / В. В. Москаленко. – М.: ИНФРА - М., 2015.-364 с. - (Высшее образование: Бакалавриат).-Режим доступа: [www.dx.doi.org/10.12737/4557](http://www.dx.doi.org/10.12737/4557).- ISBN 978-5-16-009474-8 (print).- ISBN 978-5-16-100607-8 (online).

2. Фролов, Ю. М. Электрический привод: краткий курс : учебник для вузов / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин ; под редакцией Ю. М. Фролова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 253 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00092-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453050> (дата обращения: 24.10.2020).

### б) Дополнительная литература:

1. Шичков, Л. П. Электрический привод : учебник и практикум для вузов / Л. П. Шичков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 326 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07893-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453064> (дата обращения: 24.10.2020).

2. Жуловян, В. В. Электрические машины: электромеханическое преобразование энергии : учебное пособие для вузов / В. В. Жуловян. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 425 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04292-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453145> (дата обращения: 24.10.2020).

**в) Методические указания:**

1. Методические указания для студентов по выполнению лабораторных работ / Составители: Линьков С.А., Омельченко Е.Я; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2014. - 129 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»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Университетская информационная система РОССИЯ	<a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>

**9 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 групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории 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. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Аудиторная самостоятельная работа студентов на лабораторных занятиях осуществляется под контролем преподавателя в виде подготовки к лабораторным работам (расчёты параметров, схемные решения) и выполнение необходимых исследований и расчётов, которые определяет преподаватель для студентов.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде изучения и проработки материалов лекций, учебных пособий, учебников и выполнения домашних заданий с консультациями преподавателя.

### **Вопросы к защите лабораторной работы №1:**

1. Как влияет добавочное сопротивление в цепи якоря на жесткость механической характеристики ДПТ?
2. Перечислите преимущества и недостатки реостатного регулирования скорости ДПТ.
3. Возможен ли пуск ДПТ при подключении его напрямую к сети?
4. Как определить скорость холостого хода ДПТ по паспортным данным?
5. Как реализовать режим рекуперативного торможения ДПТ?
6. Как реализовать режим динамического торможения ДПТ?
7. Как реализовать режим противовключения ДПТ?
8. Какой из трёх возможных тормозных режимов наиболее выгодный с энергетической точки зрения для электропривода подъёма крана?
9. Какой из трёх возможных тормозных режимов наиболее подходит для электропривода насоса?
10. Как влияет ослабление магнитного потока на перегрузочную способность ДПТ?
11. Можно ли подключать якорь ДПТ к источнику напряжения при ослабленном магнитном потоке?

### **Вопросы к защите лабораторной работы №2:**

1. Нарисуйте и поясните семейство электромеханических характеристик при регулировании скорости по системе ПТ-Д.
2. Перечислите преимущества и недостатки регулирования скорости по системе ПТД.
3. В каком режиме будет работать ТП, если ДПТ работает в генераторном?
4. Нарисуйте принципиальную электрическую схему реверсивной системы ТП-Д.
5. Поясните работу ТП, если ДПТ работает в двигательном режиме.
6. Поясните работу ТП, если ДПТ работает в генераторном режиме.
7. Какую роль играет сглаживающий дроссель в цепи якоря системы ТП-Д?
8. Как влияют ТП, питающий трансформатор, сглаживающий дроссель на жесткость электромеханической характеристики двигателя?
9. Поясните понятие активной и реактивной статической нагрузки.
10. Характеристика механических потерь.
11. Механические и электрические потери системы ТП-Д.

### **Вопросы к защите лабораторной работы №3:**

1. Нарисуйте семейство механических и электромеханических характеристик АД при реостатном регулировании скорости.
2. Как реализовать генераторный режим работы АД?
3. Как реализовать динамический режим работы АД?
4. Режим противовключения АД.
5. Сравните режим динамического торможения и противовключения. Перечислите преимущества и недостатки.
6. Как влияет величина скольжения на электрические потери АД?
7. Почему критический момент генераторного режима АД больше, чем двигательного?
8. От чего зависит критический момент АД?
9. От чего зависит скорость холостого хода АД?
10. Как повлияет введенное добавочное сопротивление в ротор АД на характеристику динамического торможения?
11. Как повлияет введенное добавочное сопротивление в цепь статора АД на характеристику динамического торможения?

## Приложение 2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<i>ПК-4: Способность подготовить комплект конструкторской документации эскизного, технического и рабочего проектов системы электропривода</i>		
ПК-4.1	Осуществляет подготовку комплекта конструкторской документации, технических и рабочих проектов системы электропривода	<p>Модуль 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дайте определение электрического привода и приведите общую структуру электропривода.</li> <li>2. Объясните назначение основных элементов и частей электропривода.</li> <li>3. Как классифицируются электрические приводы?</li> <li>4. Какие элементы относятся к механической части электропривода?</li> <li>5. Объясните, в каких случаях можно получить многомассовую кинематическую схему механической части системы, покажите моменты и скорости, действующие на отдельные массы этой системы.</li> <li>6. Каким образом можно получить упрощенную одномассовую систему?</li> <li>7. Для чего выполняется операция приведения статистических моментов и моментов инерции системы электропривода?</li> <li>8. В чем отличие расчета приведенного момента сопротивления нагрузки механизма при различных направлениях потока энергии механической части электропривода?</li> <li>9. Объясните особенности приведения поступательного движения механизма к вращательному движению двигателя.</li> <li>10. Что такое установившийся и переходный режимы работы электропривода?</li> <li>11. Какие моменты действуют на электропривод в установившемся и переходном режимах?</li> <li>12. Запишите и объясните уравнение движения электропривода для одномассовой системы.</li> <li>13. В каких режимах будет работать двигатель при <math>M = M_c</math>, <math>M &gt; M_c</math> и <math>M &lt; M_c</math>, а также если уравнение движения имеет вид             <math display="block">M - M_c = M_{дин}?</math> </li> <li>14. Представить уравнение движения электропривода для режимов работы: двигательного ускоренного и тормозного замедленного.</li> <li>15. Уравнение движения электропривода при <math>M &gt; M_c</math> имеет вид: <math>-M + M_c = M_{дин}</math>. В каком режиме работает двигатель и как изменится этот режим при <math>M &lt; M_c</math>?</li> <li>16. Поясните правила знаков моментов в уравнении движения электропривода.</li> <li>17. Что такое динамический момент</li> </ol>

	<p>электропривода?</p> <p>18. Представьте уравнение движения электропривода для двухмассовой системы.</p> <p>19. Представьте и объясните структурную схему двухмассовой системы электропривода.</p> <p>20. Дайте понятие механических характеристик двигателя производственного механизма и приведите примеры.</p> <p>21. Что такое жесткость механической характеристики?</p> <p>22. Как определяется скорость установившегося движения электропривода?</p> <p>23. Какими способами оценивается устойчивость установившегося движения электропривода?</p> <p>24. От чего в общем случае зависит динамический момент электропривода?</p> <p>25. Каким образом можно определить время пуска и торможения электропривода при постоянном динамическом моменте?</p> <p>26. Каким образом могут быть получены кривые переходных процессов при линейных механических характеристиках двигателя производственного механизма?</p> <p>27. Какая нагрузка электропривода называется активной? Приведите ее механическую характеристику.</p> <p>28. Какая нагрузка электропривода называется реактивной? Приведите ее механическую характеристику.</p> <p><b>Модуль 2</b></p> <p>1. Какая характеристика называется естественной механической?</p> <p>2. Начертите семейство механических характеристик двигателя постоянного тока независимого возбуждения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– при неизменном потоке и для различных напряжений;</li> <li>– при неизменном напряжении и различных потоках;</li> <li>– при неизменных напряжении и потоке, но при различных сопротивлениях цепи якоря.</li> </ul> <p>3. Что такое генераторный рекуперативный режим двигателя постоянного тока, режим противовключения, режим динамического торможения? Начертите механические характеристики этих режимов для различных сопротивлений цепи якоря.</p> <p>4. Как построить скоростную и механическую характеристики двигателя параллельного возбуждения при ослабленном потоке?</p> <p>5. Чем отличается электромагнитный момент двигателя от момента на валу?</p> <p>6. Рассчитайте номинальное сопротивление двигателя параллельного возбуждения при <math>P_n = 40 \text{ кВт}</math>, <math>U_n = 220 \text{ В}</math>, <math>\eta_n = 0.92</math>, если ток возбуждения составляет <math>0,025</math></p>
--	---



		<p>от <math>I_n</math>?</p> <p>7. Начертить принципиальную схему включения двигателя параллельного возбуждения.</p> <p>8. Сравните двигатели с параллельным, последовательным и смешанным возбуждением в отношении пускового момента и перегрузочной способности.</p> <p>9. Как осуществляется расчет механических характеристик двигателя параллельного возбуждения по каталожным данным?</p> <p>10. Какой вид имеют уравнения механических характеристик двигателя постоянного тока в относительных единицах?</p> <p>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?</p> <p>12. Как производится графический расчет сопротивлений пускового реостата двигателя параллельного возбуждения?</p> <p>13. Какая мощность расходуется в последовательном внешнем сопротивлении в режиме противовключения двигателя?</p> <p>14. При каких статических моментах возможен режим противовключения двигателя параллельного возбуждения посредством увеличения сопротивления в цепи якоря, посредством изменения полярности напряжения на якоре?</p> <p>15. Допустим ли режим противовключения двигателя при отсутствии дополнительного сопротивления в цепи якоря?</p> <p>16. Для какой цели нужно знать механические характеристики и их уравнения?</p> <p>17. Каков физический смысл характеристик режима противовключения во втором или четвертом квадранте?</p> <p>18. Каковы преимущества и недостатки различных способов электрического торможения двигателей?</p> <p>19. Что такое параметрический способ регулирования скорости двигателя?</p> <p>20. Перечислите недостатки регулирования скорости двигателя изменением сопротивления в цепи якоря.</p> <p>21. Каковы практические пределы регулирования скорости двигателя независимого возбуждения при изменении магнитного потока?</p> <p>22. Каковы преимущества и недостатки различных способов регулирования скорости двигателя параллельного возбуждения?</p> <p>23. Как понимать термин «регулирование скорости с постоянным моментом и с постоянной мощностью»?</p> <p>24. Почему при регулировании скорости изменением магнитного потока меняется наклон</p>
--	--	--

		<p>механической характеристики, а при регулировании изменением напряжения он не меняется?</p> <p>25. Какая скорость установится в конце процесса торможения различными способами при активном и пассивном моментах сопротивления?</p> <p>26. Чем объяснить, что характеристики <math>\omega = f(I_{я})</math> при ослаблении магнитного потока пересекаются в одной точке при <math>\omega = 0</math>?</p> <p>27. Почему и при каких значениях тока и скорости пересекаются в одной точке характеристики двигателя при соединении его по схеме шунтирования якоря?</p> <p>28. Может ли двигатель параллельного возбуждения рекуперировать энергию в сеть при соединении его по схеме шунтирования якоря?</p> <p>29. Как изменит свое положение механическая характеристика динамического торможения при ослаблении магнитного потока двигателя.</p> <p>30. Во сколько раз изменится момент двигателя при заданной скорости, если поток снизится в два раза (двигатель параллельного возбуждения)?</p> <p>31. Начертите принципиальную реверсивную схему системы Г-Д, укажите принцип ее действия при регулировании скорости и торможении двигателя.</p> <p>32. Каков общий диапазон регулирования скорости двигателя в системе Г-Д при комбинированном регулировании напряжением генератора и потоком двигателя?</p> <p>33. Какие факторы ограничивают диапазон регулирования скорости в системе Г-Д и какими способами его можно расширить?</p> <p>34. Укажите достоинства и недостатки системы Г-Д.</p> <p>35. Как принципиально производится регулирование скорости двигателя в тиристорном приводе?</p> <p>36. Что такое угол регулирования тиристорных и как его величина влияет на скорость двигателя?</p> <p>37. Как осуществляется реверс двигателя в системе ТП-Д?</p> <p>38. Назовите и представьте силовые схемы реверсивных тиристорных преобразователей, укажите их достоинства и недостатки, а также области применения.</p> <p>39. Что такое инверторный режим тиристорного преобразователя?</p> <p>40. В каком режиме работает двигатель при инверторном режиме преобразователя и какие переключения необходимо произвести в этом случае в цепи якоря двигателя?</p> <p>41. Какой вид имеют механические характеристики двигателя в системе ТП-Д?</p> <p>42. Что такое прерывистый режим тиристорного преобразователя и каково его влияние на работу привода?</p> <p>43. Как зависит <math>\cos \varphi</math> тиристорного привода от скорости вращения двигателя?</p> <p>44. Укажите достоинства и недостатки тиристорного</p>
--	--	--

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.

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 последовательно-смешанного возбуждения и объясните их.

31.

Как будут выглядеть механические характеристики двигателей 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

		<p>накоротко, а в другом—при соответствующем дополнительном сопротивлении, различным и оказываются значения токов короткого замыкания?</p> <p>11. Как изменяется ток ротора асинхронного двигателя с изменением скольжения?</p> <p>12. Почему при неподвижном роторе ток двигателя в несколько раз превышает номинальный ток?</p> <p>13. Как проводятся приближенный и точный графические расчеты пусковых сопротивлений в цепи ротора?</p> <p>14. При каком напряжении сети практически может применяться пуск асинхронного двигателя переключением со звезды на треугольник?</p> <p>15. Какие способы электрического торможения применяются для асинхронных двигателей?</p> <p>16. Для каких механизмов можно осуществить торможение асинхронного двигателя с рекуперацией энергии в сеть?</p> <p>17. С какой целью при динамическом торможении асинхронного двигателя в обмотки статора подают постоянный ток?</p> <p>18. Начертите примерный вид механической характеристики динамического торможения асинхронного электродвигателя и укажите, как влияют на вид характеристик величина тока возбуждения и сопротивление роторной цепи.</p> <p>19. В какой области механической характеристики двигателя при динамическом торможении может иметь место неустойчивый режим?</p> <p>20. Можно ли утверждать, что при любой скорости выше синхронной двигатель будет отдавать энергию в сеть?</p> <p>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?</p> <p>22. Изобразите примерную зависимость тока в роторной цепи двигателя при динамическом торможении, а также кривую результирующего рабочего магнитного потока от скорости.</p> <p>23. Приведите примеры приводов, в которых возможен переход асинхронного двигателя в генераторный режим.</p> <p>24. Чем объяснить появление больших токов при переходе в режим противовключения асинхронного двигателя?</p> <p>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?</p> <p>26. Назовите возможные способы регулирования скорости вращения асинхронных двигателей.</p> <p>27. Какие способы регулирования скорости</p>
--	--	--

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 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  $T_{\mu}$  и электромагнитной  $T_{\gamma}$  постоянных времени. Каким образом могут быть определены постоянные времена  $T_{\mu}$  и  $T_{\gamma}$  ?



		<p>7. Как определяется длительность переходного процесса при известных значениях постоянных времени?</p> <p>8. Представьте и объясните основные уравнения для скорости и тока двигателя при переходных процессах.</p> <p>9. Почему при приложении нагрузки к валу двигателя постоянного тока увеличивается ток якоря?</p> <p>10. Каким образом может быть определено время разгона двигателя при одноступенчатом и многоступенчатом пусках?</p> <p>11. Представьте и объясните кривые переходных процессов при пуске, торможении противовключением и динамическом торможении.</p> <p>12. Представьте и объясните кривые переходных процессов для скорости и тока двигателя постоянного тока независимого возбуждения при учете электромагнитной инерции якоря.</p> <p>13. Как влияет изменение сопротивления при переходных процессах на длительность их протекания?</p> <p>14. Объясните особенность исследования переходных процессов в разомкнутых электроприводах с асинхронным двигателем.</p> <p>15. Для какой цели необходимо дефорсирование при пуске двигателя постоянного тока изменением напряжения?</p> <p>16. Какие способы применяются для ускорения электромагнитных переходных процессов в обмотках возбуждения электрических машин?</p> <p>17. Перечислите способы форсирования и покажите, как будет изменяться ЭДС генератора при разных способах форсирования.</p> <p>18. Как могут рассчитываться кривые скорости, тока и момента для двигателей последовательного возбуждения при пуске и торможении?</p> <p>19. Для какой цели необходимо определять потери энергии при пуске и торможении двигателя?</p> <p>20. Начертите диаграмму мощности и потерь при торможении противовключением двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.</p> <p>21. Запишите и объясните общее выражение для потерь в асинхронном двигателе в установившемся режиме. Определите потери в стали в режиме короткого замыкания.</p> <p>22. Какая составляющая потеря энергии <math>A_n</math>, <math>A_c</math> или <math>A_r</math> обычно является доминирующей, и в каких случаях остальные составляющие могут иметь большее значение?</p> <p>23. Каково соотношение между основными потерями при пуске и торможении для двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением и для асинхронного двигателя?</p> <p>24. Как определить потери энергии при пуске асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и углубленным пазом или двойной клеткой?</p> <p>25. Назовите возможные способы уменьшения</p>
--	--	--

		<p>пусковых потерь двигателей.</p> <p>26. Назовите основной способ снижения потерь и расхода энергии при пуске двигателей постоянного тока.</p> <p>27. Почему при ступенчатом пуске по сравнению с прямым до той же скорости время пуска и, соответственно, потери энергии заметно сокращаются?</p> <p>28. Каким образом могут быть снижены потери в электроприводах с регулируемой скоростью?</p> <p>29. Что представляют собой средние потери за цикл?</p> <p>30. В каком соотношении находятся потери энергии при пуске двигателя в холостую и под нагрузкой?</p> <p>31. Сравните потери энергии, выделяющиеся в двигателях при прямом и реостатном пусках в холостую.</p>
--	--	---

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Электрический привод» включает в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в виде 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.