



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмшин

26.01.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***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  
2022 год

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

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и мехатроники

17.01.2022, протокол № 5

Зав. кафедрой



А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

26.01.2022 г. протокол № 5

Председатель



В.Р. Храмшин

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 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

---

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

### **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

### **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 собору, 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 академических часов, в том числе:

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

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических 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)	
1.2 Классификация электроприводов. История развития электропривода		1			6	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	
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)	
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	
2.3 Приведение моментов сопротивления и моментов инерции к валу двигателя		2	2		4	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	
2.4 Контрольная работа "Механика и режимы работы электропривода"			2		4	Контрольная работа	Контрольные работы	

2.5 Лабораторная работа №1. Методика проведения лабораторных работ		2			4	Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию	Лабораторной работы	
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	4/2И			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию	Лабораторные работы	
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	
3.3 Контрольная работа “Электромеханические и регулировочные свойства электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения”						4	Контрольная работа	Контрольные работы
Итого по разделу		6	6/2И		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	
4.2 Лабораторная работа №3. Исследование электропривода с двигателем постоянного тока последовательного возбуждения		2	4/4И		4	Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию	Лабораторной работы	
4.3 Контрольная работа “Электромеханические и регулировочные свойства электропривода с двигателями постоянного тока последовательного возбуждения”					6	Контрольная работа	Контрольные работы	
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	Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины	Проверка индивидуальных заданий	
5.2 Лабораторная работа №4. Исследование электропривода с асинхронным двигателем					5	Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию	Лабораторной работы	
5.3 Контрольная работа “Электромеханические и регулировочные свойства электропривода с асинхронными двигателями”					5	Контрольная работа	Контрольные работы	
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 научной литературы	Устный опрос (собеседование)	
6.2 Лабораторная работа №5. Исследование системы тиристорный преобразователь-двигатель		2			4	Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию	Лабораторной работы	
6.3 Система тиристорный преобразователь-двигатель постоянного тока. Система преобразователь частоты – двигатель переменного тока			2/И		4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	Устный опрос (собеседование)	
6.4 Скоростные и механические характеристики электроприводов с преобразователями энергии		2			4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	Устный опрос (собеседование)	

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	
6.6 Лабораторная работа №6. Исследование системы преобразователь частоты –асинхронный двигатель		4/2И			5	Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию	Лабораторной работы	
Итого по разделу		6	6/3И		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	2/1И		5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	
7.2 Расчет переходных процессов в электроприводах постоянного и переменного тока		4	4/2,6И		5	Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины	Проверка индивидуальных заданий	
Итого по разделу		8	6/3,6И		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	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	

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)	
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	
Итого по разделу									
Итого за семестр			36	36/12,6И		104,2		экзамен	
Итого по дисциплине			36	36/12,6 И		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: 15.05.2021). — 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: 15.05.2021). — 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: 15.05.2021). — Режим доступа: по подписке.

2. Кузнецов, А. Ю. Электрический привод и электрооборудование в АПК. Ч. 2: Регулирование двигателя постоянного тока [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Новосибир. 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: 15.05.2021). — 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: 15.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

##### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно	бессрочно
MathWorks MathLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно
MathCAD v.15 Education University	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: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</a>

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий: лаборатория автоматизированного электропривода постоянного и переменного тока	компьютеры Syntex mod-1+ LCD LG TFT19; лабораторный стенд №1; лабораторный стенд №2;
Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с ПО из п. 8(г), выходом в Интернет информационно-образовательную среду университета
Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, мультимедийный проектор, экран

## Приложение 1 «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  $r_{вв} = 70 \text{ Ом}$  (величина сопротивлений дана при температуре  $20^\circ \text{C}$ ).

## Приложение 2 «Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации»

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
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	<b>Примерные вопросы экзамена:</b> 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

		<p>к механической части электропривода?</p> <p>5. Объясните, в каких случаях можно получить многомассовую кинематическую схему механической части системы, покажите моменты и скорости, действующие на отдельные массы этой системы.</p> <p>6. Каким образом можно получить упрощенную одномассовую систему?</p> <p>7. Для чего выполняется операция приведения статистических моментов и моментов инерции системы электропривода?</p> <p>8. В чем отличие расчета приведенного момента сопротивления нагрузки механизма при различных направлениях потока энергии механической части электропривода?</p> <p>9. Объясните особенности приведения поступательного движения механизма к вращательному движению двигателя.</p> <p>10. Что такое установившийся и переходный режимы работы электропривода?</p> <p>11. Какие моменты действуют на электропривод в установившемся и переходном режимах?</p> <p>12. Запишите и объясните уравнение движения электропривода для одномассовой системы.</p> <p>13. В каких режимах будет работать двигатель при <math>cM = M</math>, <math>cM &gt; M</math> и <math>cM &lt; M</math>, а также если уравнение движения имеет вид <math>c_{дин} M - M = M</math>?</p> <p>14. Представить уравнение движения электропривода для режимов работы:</p>
--	--	--

		<p>двигательного ускоренного и тормозного замедленного.</p> <p>15. Уравнение движения электропривода при <math>cM &gt; M</math> имеет вид: <math>c_{дин} - M + M = M</math>. В каком режиме работает двигатель и как изменится этот режим при <math>cM &lt; M</math>?</p> <p>16. Поясните правила знаков моментов в уравнении движения электропривода.</p> <p>17. Что такое динамический момент 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</p>
--	--	---

		<p>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>Модуль 2</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</p>
--	--	--

		<p>параллельного возбуждения при <math>\cos \phi = 0,8</math>, если ток возбуждения составляет 0,025 от <math>I_n</math> кВт <math>P_n</math> 40 В <math>U_n</math> 220 В 92,0 В <math>U_n</math> <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 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 при</p>
--	--	---

		<p>ослаблении магнитного потока пересекаются в одной точке при ? <math>I f \propto 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 тиристоров и как его величина влияет на</p>
--	--	--

		<p>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 тиристорного привода от скорости вращения двигателя? <math>\propto \cos</math></p> <p>44. Укажите достоинства и недостатки тиристорного привода и возможные области его применения.</p> <p>45. Как осуществляется регулирование скорости при использовании импульсных регуляторов напряжения?</p> <p>Модуль 3</p> <p>1. Почему для двигателя последовательного возбуждения нельзя получить точное аналитическое выражение механической характеристики?</p> <p>2. Для какой цели могут служить выведенные приближенные уравнения механической характеристики двигателя с последовательным возбуждением?</p> <p>3. В каких режимах может работать двигатель</p>
--	--	--

		<p>последовательного возбуждения? Почему для него невозможна работа в генераторном режиме с отдачей энергии в сеть?</p> <p>4. Почему естественная и реостатные характеристики двигателя последовательного возбуждения не переходят в область отрицательных моментов, а при шунтировании якоря того же двигателя переходят?</p> <p>5. Покажите по уравнению электромеханической характеристики, изменением каких параметров можно регулировать скорость двигателя последовательного возбуждения.</p> <p>6. Охарактеризуйте различные способы регулирования скорости двигателя последовательного возбуждения.</p> <p>7. Чем объяснить нелинейность механической характеристики двигателя при шунтировании якоря и ?  <math>0 \leq R</math></p> <p>8. Возможна ли рекуперация энергии в сеть при шунтировании якоря двигателя последовательного возбуждения?</p> <p>9. Почему в зоне значительных нагрузок механические характеристики при шунтировании обмотки возбуждения приближаются к линейным?</p> <p>10. Какие способы пуска возможны для двигателя последовательного возбуждения и какие из них наиболее часто применяются на практике?</p> <p>11. Поясните, как производится расчет пусковых и тормозных сопротивлений.</p> <p>12. Представьте механические характеристики двигателя при шунтировании якоря и</p>
--	--	---

		<p>обмотки возбуждения.</p> <p>13. Для какой цели и каким образом используются универсальные характеристики двигателя последовательного возбуждения в относительных единицах?</p> <p>14. Двигатель постоянного тока с последовательным возбуждением работает на линейном участке кривой намагничивания. Как изменится жесткость механической характеристики, если нагрузка снизится в 2 раза?</p> <p>15. Начертите принципиальные схемы включения двигателей последовательного и смешанного возбуждения при пуске.</p> <p>16. Как могут рассчитываться кривые скорости, тока и момента для двигателей последовательного возбуждения при пуске и торможении?</p> <p>17. Какими условиями определяется реальная скорость холостого хода двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением?</p> <p>18. Почему в электроприводах с двигателем постоянного тока последовательного возбуждения не применяются ременные и цепные передачи?</p> <p>19. Какое соотношение является допустимым для двигателя последовательного возбуждения из соображений механической прочности электрической машины? <input type="checkbox"/> <math>n</math> <input type="checkbox"/> <math>n_{max}</math></p> <p>20. Каким образом может быть построена искусственная реостатная характеристика при известной естественной характеристике двигателя?</p> <p>21. Объясните, почему</p>
--	--	---

		<p>перегрузочная способность электродвигателя последовательного возбуждения по моменту выше, чем у двигателя независимого возбуждения.</p> <p>22. Изобразите примерную зависимость магнитного потока двигателя от скорости для естественной характеристики в схеме с шунтированием якоря.</p> <p>23. Почему при токе якоря, превышающем номинальное значение, механические характеристики двигателя последовательного возбуждения линейны?</p> <p>24. Сравните двигатели с параллельным, последовательным и смешанным возбуждением в отношении пускового момента и перегрузочной способности.</p> <p>25. Каким образом осуществляется торможение противовключением при активном и реактивном татическом моменте?</p> <p>26. В чем заключаются недостатки динамического торможения двигателя последовательного возбуждения с самовозбуждением и почему при динамическом торможении иногда осуществляется независимое питание обмотки возбуждения?</p> <p>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?</p> <p>28. При каких условиях должно осуществляться торможение с самовозбуждением, чтобы не</p>
--	--	---

		<p>допустить размагничивания машины?</p> <p>29. Чем объясняется ограниченность применения динамическо-го торможения двигателя последовательного возбуждения с самовозбуждением?</p> <p>30. Назовите области применения двигателей последовательного и смешанного возбуждения и объясните их.</p> <p>31. Как будут выглядеть механические характеристики двигателей смешанного возбуждения при разных соотношениях между амперами витками (МДС) параллельной и последовательной обмоток?</p> <p>32. Какие способы электрического торможения используются для двигателей смешанного возбуждения?</p> <p>33. Как производится реверсирование двигателя смешанного возбуждения?</p> <p>34. Как графически произвести расчет пускорегулировочного реостата для двигателя смешанного возбуждения?</p> <p>35. Почему двигатель смешанного возбуждения работает неустойчиво при встречном включении обмоток возбуждения?</p> <p>Модуль 4</p> <p>1. В каких режимах может работать асинхронный двигатель?</p> <p>2. Как зависит максимальный (критический) момент асинхронного двигателя от напряжения сети и сопротивления цепи ротора?</p> <p>3. Как изменится критическое скольжение при включении симметричных сопротивлений в цепь статора?</p> <p>4. Как определить активное сопротивление ротора асинхронного двигателя по каталожным данным?</p>
--	--	---

		<p>5. Каким образом может быть построена естественная механическая характеристика асинхронного двигателя?</p> <p>6. Как построить искусственную характеристику асинхронного двигателя при известной естественной характеристике:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– для другого сопротивления ротора;</li><li>– для другого напряжения, к которому подключен статор;</li><li>– для другой частоты сети?</li></ul> <p>7: При каких скольжениях возможна устойчивая работа асинхронного двигателя при постоянном статическом моменте ? с М</p> <p>8. Почему максимальный момент асинхронного двигателя в генераторном режиме больше максимального момента в двигательном режиме?</p> <p>9. Чем объяснить, что ток статора при синхронной скорости не зависит от величины добавочного сопротивления в роторной цепи?</p> <p>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, 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</p>
--	--	--

		<p>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</p>
--	--	---

		<p>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 противотоканием 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 асинхронного двигателя позволяют плавно изменять скорость при наличии жестких механических характеристик? Каковы недостатки этих способов?</p> <p>28. К какому типу относится регулирование скорости асинхронного двигателя включением дополнительного сопротивления в роторе? Перечислите недостатки этого способа регулирования скорости.</p> <p>29. Начертите схемы обмоток статора двухскоростного двигателя при регулировании скорости с постоянным моментом и постоянной мощностью.</p> <p>30. Укажите достоинства и недостатки регулирования скорости с помощью тиристорных регуляторов напряжения в цепи статора.</p> <p>31. Начертите каскадные</p>
--	--	--

		<p>схемы регулирования скорости асинхронного двигателя с использованием полупроводниковых выпрямителей в цепи ротора.</p> <p>32. Каким должно быть соотношение напряжения и частоты при частотном регулировании для сохранения постоянной перегрузочной способности двигателя?</p> <p>33. Как изменяется критическое скольжение при уменьшении частоты, если управление производится по закону ? <math>\text{const } f U \square</math></p> <p>34. Как влияет учет насыщения на величины критического и пускового моментов двигателя при различных частотах и законе ? <math>\text{const } f U \square</math></p> <p>35. Оцените преимущества и недостатки частотного управления с неизменным магнитным потоком при различных частотах.</p> <p>36. Объясните возможность импульсного регулирования скорости асинхронного двигателя и представьте применяемые схемы реализации данного способа регулирования.</p> <p>37. Сравните регулировочные свойства асинхронных двигателей и двигателей постоянного тока.</p> <p>38. Какие из рассмотренных способов регулирования обеспечивают приблизительно постоянную располагаемую мощность, а какие и момент?</p> <p>Модуль 5</p> <p>1. Какие виды переходных режимов имеют место при работе электропривода?</p> <p>2. Какое практическое значение имеют переходные процессы в электроприводе?</p> <p>3. Для каких рабочих машин характер переходного процесса не имеет существенного значения?</p>
--	--	--

		<p>4. В каких случаях для разомкнутых электроприводов исследуются механические и электромагнитные переходные процессы?</p> <p>5. Объясните физическую сущность электромеханической и электромагнитной постоянных времени. Каким образом могут быть определены постоянные времени и ? □ Т я Т □ Т я Т</p> <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</p>
--	--	--

		<p>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 потерь энергии, или обычно является доминирующей, и в каких случаях остальные составляющие могут иметь большее значение? <math>n</math> <math>A</math> <math>s</math> <math>A</math> <math>p</math> <math>A</math></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</p>
--	--	--

		<p>углубленным пазом или двойной клеткой?</p> <p>25. Назовите возможные способы уменьшения 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.**

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.