



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  
03.02.2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА***

Направление подготовки (специальность)  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Электропривод и автоматика

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированного электропривода и мехатроники
Курс	4

Магнитогорск  
2026 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 29.01.2026, протокол № 5

Зав. кафедрой  А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС 03.02.2026 г. протокол № 5

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:  
профессор кафедры АЭПиМ, к.т.н. 

В.И. Косматов

Рецензент: зам. начальника ЦЭТЛ ПАО "ММК" по электроприводу, к.т.н. А.Ю. Юдин



3A75

## Лист актуализации рабочей программы

---

---

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

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Николаев

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Николаев

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 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 2030 - 2031 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 2031 - 2032 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 «Теория электропривода» 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 расчеты по анализу движения электроприводов, определению их основных параметров и характеристик, анализу статических и динамических свойств замкнутых систем регулирования, оценке энергетических показателей работы, выборе двигателя по мощности и проверке его по нагреву и перегрузке;

- научить студентов самостоятельно проводить лабораторные исследования сложных электрических приводов по системам тиристорный преобразователь-двигатель постоянного тока, частотно-регулируемый полупроводниковый преобразователь-двигатель переменного тока.

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теория электропривода входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Электрический привод

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

Системы управления электроприводов

Автоматизированный электропривод

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теория электропривода» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-4	Способность определять принципиальные решения по составу и размещению электрооборудования, кинематическим схемам, датчикам и приборам технологического контроля, системам регулирования и автоматизации, связям с другими системами
ПК-4.1	Осуществляет мероприятия по выбору, составу и размещению электрооборудования, кинематическим схемам, датчикам и приборам технологического контроля, системам регулирования и автоматизации

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

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

- контактная работа – 18,4 акад. часов;
- аудиторная – 14 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,4 акад. часов;
- самостоятельная работа – 152,9 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен, курсовой проект

Раздел/ тема дисциплины	Курс	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 Электропривод как система. Общие требования к электроприводу. Классификация электроприводов. История развития электропривода. Структурная схема электропривода	4	1,4				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу		1,4						
2. Механическая часть силового канала электропривода								
2.1 Типовые статические нагрузки электропривода. Уравнение движения электропривода	4	0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
2.2 Составление расчетных схем механической части привода. Приведение движущихся масс, моментов, жесткостей связей и нагрузок к расчетной скорости		0,1				Выполнение практических работ	Проверка индивидуальных заданий	ПК-4.1
2.3 Механическая часть электропривода как объект управления		0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
2.4 Механические переходные процессы		0,1				Самостоятельное изучение	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1

электропривода						учебной и научно литературы.			
2.5 Динамические нагрузки электропривода	4	0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1	
2.6 Расчет статических моментов. Построение нагрузочных диаграмм электроприводов			0,2			Выполнение практических работ	Проверка индивидуальных заданий	ПК-4.1	
Итого по разделу		0,5	0,2						
3. Математическое описание, статические и динамические характеристики двигателей постоянного и переменного токов как объектов управления									
3.1 Обобщенная электрическая машина. Электромеханическая связь электропривода и ее характеристики	4	0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1	
3.2 Структура и характеристики линейаризованного электромеханического преобразователя		0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1	
3.3 Режимы преобразования энергии и ограничения, накладываемые на их протекание.		0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1	
3.4 Математическое описание процессов преобразования энергии в двигателе постоянного тока с независимым возбуждением. Естественные характеристики двигателя с независимым возбуждением. Искусственные статические характеристики и режимы работы двигателя с независимым возбуждением. Динамические свойства электромеханического преобразователя с независимым возбуждением		0,1				Выполнение практических работ	Проверка индивидуальных заданий	ПК-4.1	
3.5 Лабораторная работа. Исследование переходных процессов электропривода с двигателями постоянного тока независимого возбуждения				0,2			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты	ПК-4.1
3.6 Лабораторная работа.				0,2			Подготовка к	Самоотчеты	ПК-4.1

Исследование переходных процессов при ударном приложении нагрузки						семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.		
3.7 Математическое описание процессов электромеханического преобразования энергии в асинхронном двигателе. Статические характеристики асинхронных двигателей	4	0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
3.8 Лабораторная работа. Исследование переходных процессов асинхронного электропривода			0,2			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты	ПК-4.1
3.9 Динамические свойства асинхронного электромеханического преобразователя при питании от источника напряжения. Статические характеристики и динамические свойства асинхронного электромеханического преобразователя при питании от источника тока. Режим динамического торможения асинхронного двигателя		0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу		0,6	0,6					
4. Электромеханические переходные процессы								
4.1 Математическое описание и структурные схемы разомкнутых электромеханических систем	4	0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
4.2 Обобщенная электромеханическая система с линеаризованной механической характеристикой. Динамические свойства электропривода с линейной механической характеристикой при жестких механических связях. Устойчивость статического режима работы электропривода. Влияние упругих механических связей на динамику электропривода колебаний		0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
4.3 Лабораторная работа.			0,2			Подготовка к	Самоотчеты	ПК-4.1

Исследование динамики электропривода с упругими связями						семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.		
4.4 Переходные процессы электропривода и методы их анализа. Электромеханические переходные процессы электропривода с линейной механической характеристикой при $\omega_0 = \text{const}$ . Переходные процессы электропривода с асинхронным короткозамкнутым двигателем	4	0,1				Выполнение практических работ	Проверка индивидуальных заданий	ПК-4.1
4.5 Динамика электропривода с синхронным двигателем. Особенности многодвигательного электропривода		0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
4.6 Лабораторная работа. Исследование переходных процессов электропривода с линейными механическими характеристиками			0,2				Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты
Итого по разделу		0,4	0,4					
5. Выбор мощности электропривода								
5.1 Нагревание и охлаждение двигателей. Нагрузочные диаграммы электропривода. Номинальные режимы работы двигателей	4	0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
5.2 Расчеты по выбору мощности электродвигателей по методам средних потерь и эквивалентных величин для различных режимов работы		0,1					Выполнение практических работ	Проверка индивидуальных заданий
Итого по разделу		0,2						
6. Регулирование координат электропривода. Инженерные методы оценки точности и качества регулирования координат								
6.1 Основные показатели способов регулирования координат электропривода. Система генератор – двигатель. Система тиристорный преобразователь – двигатель	4	0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
6.2 Лабораторная работа.			0,2				Подготовка к	Самоотчеты

Исследование системы ТП -Д в статических и динамических режимах						семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.			
6.3 Система преобразователь частоты – асинхронный двигатель. Обобщенная система управляемый преобразователь – двигатель	4	0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1	
6.4 Лабораторная работа. Исследование системы ПЧ -АД в статических и динамических режимах			0,2			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты	ПК-4.1	
Итого по разделу		0,2	0,4						
7. Регулирование момента (тока) электропривода									
7.1 Реостатное регулирование момента. Система источник тока – двигатель. Автоматическое регулирование момента в системе УП–Д	4	0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1	
7.2 Последовательная коррекция контура регулирования момента в системе УП-Д. Особенности регулирования момента и тока в системе Г-Д			0,1			10	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу		0,2			10				
8. Регулирование скорости электропривода и положения									
8.1 Реостатное регулирование скорости. Схемы шунтирования якоря двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Схемы шунтирования якоря двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением	4	0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1	
8.2 Регулирование скорости двигателя постоянного тока с независимым возбуждением изменением магнитного потока			0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
8.3 Способы регулирования скорости асинхронного электропривода. Особенности частотного регулирования скорости			0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1

асинхронного электропривода.								
8.4 Лабораторная работа. Исследование способов регулирования скорости в замкнутых системах электроприводов	4		2,4			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты	ПК-4.1
Итого по разделу		0,3	2,4					
9. Энергетические показатели электропривода								
9.1 Энергетическая эффективность электропривода	4	0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
9.2 Особенности энергетики вентильных электроприводов. Надежность регулируемого электропривода		0,1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу		0,2						
10. Подготовка и сдача экзамена								
10.1 Подготовка и экзамен по теории электропривода	4					Работа с библиографическими материалами	Экзамен	ПК-4.1
Итого по разделу								
11. Выбор преобразовательных агрегатов для питания двигателей.								
11.1 Расчет параметров электропривода	4			1	10	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу				1	10			
12. Составление структурных схем, передаточных функций и построение частотных характеристик одно и двухмассовых систем механической части электропривода								
12.1 Составление структурных схем, передаточных функций и построение частотных характеристик одно и двухмассовых систем механической части электропривода	4			0,5	10	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу				0,5	10			
13. Расчет статических характеристик системы ТП-Д, ПЧ- АД, ПЧ- СД								
13.1 Расчет статических характеристик системы ТП -Д, ПЧ- АД, ПЧ- СД	4			0,5	12,9	Самостоятельное изучение учебной и	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1

						научно литературы.		
Итого по разделу				0,5	12,9			
14. Расчет величин потерь и оценка энергетических показателей электропривода								
14.1 Расчет величин потерь и оценка энергетических показателей электропривода	4			0,5	55	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу				0,5	55			
15. Расчет переходных процессов в системе ТП-Д, ПЧ- АД, ПЧ- СД								
15.1 Расчет переходных процессов в системе ТП-Д, ПЧ- АД, ПЧ- СД	4			3,5	55	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу				3,5	55			
16. Курсовой проект								
16.1 Курсовой проект	4					Разработка проекта (индивидуальная или групповая)	Защита курсовых проектов (работ)	ПК-4.1
Итого по разделу								
Итого за семестр		4	4	6	152,9		экзамен,кп	
Итого по дисциплине		4	4	6	152,9		экзамен, курсовой проект	

## **5 Образовательные технологии**

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

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Теория электропривода» 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 четыре универсальных лабораторных стенда, на которых проводится до 10 работ ,отвечающих требованиям курса «Теория электропривода» и современному состоянию промышленного автоматизированного электропривода с использованием ИТ технологий.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки домашних заданий, при решении задач на лабораторных занятиях, при курсовом проектировании, 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**

### **а) Основная литература:**

1. Симаков, Г. М. Специальные разделы теории электропривода : учебное пособие / Г. М. Симаков, Ю. П. Филюшов. — Новосибирск : НГТУ, 2020. — 124 с. — ISBN 978-5-7782-4074-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152167> (дата обращения: 26.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Теория электропривода : учебное пособие / составитель Д. С. Однолько. — Минск : БНТУ, 2020. — 85 с. — ISBN 978-985-550-917-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/248618> (дата обращения: 26.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Онищенко, Г. Б. Теория электропривода : учебник / Г.Б. Онищенко. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 294 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/7322. - ISBN 978-5-16-009674-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1941766> (дата обращения: 26.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

2. Ильинский, Н. Ф. Основы электропривода : учебное пособие для вузов. / Ильинский Н. Ф. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01133-1. -

Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011331.html> (дата обращения: 26.04.2023). - Режим доступа : по подписке.

**в) Методические указания:**

1. Однокопылов, И. Г. Теория электропривода. Лабораторный практикум : учебно-методическое пособие / И. Г. Однокопылов, Ю. Н. Дементьев, С. М. Семенов. — Томск : ТПУ, 2017. — 212 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106739> (дата обращения: 15.05.2021). — 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
7Zip	свободно распространяемое ПО	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
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://host.megaprolib.net/M/P0109/Web">https://host.megaprolib.net/M/P0109/Web</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>

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

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (123М, 227М)	мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий 123М	Лабораторные стенды
Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (123М, 227М)	Доска, мультимедийный проектор, экран

Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся

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

## **Приложение 1 «Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся»**

По дисциплине «Теория электропривода» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает лабораторных задач на практических занятиях.

### **Примерные аудиторные контрольные работы (АКР):**

1. Нарисуйте принципиальную силовую электрическую схему системы ПЧ-АД с автономным инвертором напряжения.
2. Возможен ли пуск АД напрямую от сети?
3. Почему во время пуска АД напрямую от сети возникает колебание электромагнитного момента и скорости?
4. Нарисуйте семейство механических характеристик системы ПЧ-АД для закона частотного регулирования скорости  $\text{const } f U =$  .
5. АД работает в режиме холостого хода. Как изменится частота и амплитуда тока ротора, если к валу АД скачком приложить статическую нагрузку?
6. АД работает в режиме холостого хода. Как изменится частота и амплитуда тока статора, если к валу АД скачком приложить статическую нагрузку?
7. Как влияет величина скольжения АД на частоту и амплитуду тока ротора?
8. Как влияет введение добавочного сопротивления в цепь ротора на динамику системы ПЧ-АД?
9. Поясните, что такое ЭДС ротора и как она зависит от скольжения АД?
10. Пуск АД по системе ПЧ-АД от задатчика интенсивности. Почему удаётся избежать колебаний электромагнитного момента?
11. Нарисуйте зависимость сигналов задания частоты и напряжения АД от времени для закона частотного регулирования скорости  $\text{const } f U =$  .
12. Как влияют токоограничивающие реакторы на динамику при пуске АД?
13. Опишите процедуру снятия переходных процессов скорости, тока ротора и момента АД на УЛС.

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

### **Примерные индивидуальные домашние задания (ИДЗ):**

1. Кабина, масса которой с грузом составляет 1000 кг, поднимается со скоростью 0,65 м/с, двигатель при этом вращается со скоростью 104 рад/с. Определите суммарный момент инерции, если момент инерции двигателя с барабаном составляет 0,04 кг·м<sup>2</sup> (массой каната пренебречь).
2. Оцените время торможения двигателя при свободном выбеге (двигатель отключается от сети), если начальная скорость  $\omega_{НАЧ} = 100$  рад/с, момент сопротивления  $M_C = (10 + 0,1\omega + 0,0004\omega^2)$  Н·м, суммарный момент инерции  $J_{\Sigma} = 3$  кг·м<sup>2</sup>.

## 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
<p>ПК-4: Способность определять принципиальные решения по составу и размещению электрооборудования, кинематическим схемам, датчикам и приборам технологического контроля, системам регулирования и автоматизации, связям с другими системами</p>		
<p>ПК-4.1</p>	<p>Осуществляет мероприятия по выбору, составу и размещению электрооборудования, кинематическим схемам, датчикам и приборам технологического контроля, системам регулирования и автоматизации</p>	<p><b>Примерные вопросы к экзамену:</b></p> <p>1. Механическая часть силового канала электропривода:</p> <p>1.1. Дайте определение автоматизированного электропривода</p> <p>1.2. Что является условием приведения моментов инерции элементов механической части электропривода к одному валу?</p> <p>1.3. Что является условием приведения моментов и сил, действующих в электроприводе, к одному валу?</p> <p>1.4. Получите форму для эквивалентной упругости <math>C_{12}</math> при последовательном соединении двух элементов электропривода, обладающих упругостями <math>C_1</math> и <math>C_2</math>.</p> <p>1.5. Кабина, масса которой с грузом составляет 1000 кг, поднимается со скоростью 0,65 м/с, двигатель при этом вращается со скоростью 104 рад/с. Определите суммарный момент инерции, если момент инерции двигателя с барабаном составляет 0,04 кг·м<sup>2</sup> (массой каната пренебречь).</p> <p>1.6. Какая нагрузка электропривода называется активной? Приведите ее механическую характеристику.</p> <p>1.7. Какая нагрузка электропривода называется реактивной? Приведите ее механическую характеристику.</p> <p>1.8. Какая нагрузка электропривода называется</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>вентиляторной? Приведите ее механическую характеристику.</p> <p>1.9. Оцените путь пройденный механизмом при торможении: в первом случае- за счет только момента сопротивления; во втором- за счет перевода двигателя в режим противовключения.</p> <p>Начальная скорость двигателя при торможении <math>\omega_{нач} = 100</math> рад/с; момент сопротивления, приведенный к валу двигателя, <math>M_c = 10</math> Н·м; суммарный момент инерции, приведенный к валу двигателя, <math>J_{\Sigma} = 2</math> кг · м<sup>2</sup>; радиус приведения <math>\rho_{пр} = 0,1</math> м. Момент двигателя в режиме противовключения <math>M = (-100 - 2\omega)</math> Н · м.</p> <p>1.10. Определите момент двигателя, необходимый для осуществления реверса жесткого приведенного механизма звена за время <math>t = 2</math>с. Суммарный момент инерции <math>J_{\Sigma} = 1</math> кг · м<sup>2</sup>;</p> <p>Статического сопротивления <math>M_c = 50</math> Н·м (реактивный).</p> <p>1.11. Центрифуга приводится в движение асинхронным двигателем через коробку передач, имеющую три передаточных отношения: <math>i_1 = 2, i_2 = 4, i_3 = 6</math>. Определите при каком передаточном отношении центрифуга имеет максимальное ускорение, если момент инерции двигателя <math>J_d = 1</math> кг · м<sup>2</sup>; номинальная скорость двигателя <math>\omega_H = 300</math> рад/с; момент инерции центрифуги <math>J_u = 16</math> кг · м<sup>2</sup>; момент сопротивления пренебрежимо мал, момент двигателя равен <math>100</math> Н · м.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>2. Математическое описание динамических процессов электромеханического преобразования энергии</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Каковы физические причины электромеханической связи в системе электропривода?</li> <li>2. Запишите уравнения электромеханической характеристики двигателя для явнополюсной синхронной машины в осях <math>d</math>, <math>q</math>.</li> <li>3. Какую частоту имеют токи статора и ротора обобщенной машины в осях <math>x</math>, <math>y</math>?</li> <li>4. Известны токи двух фаз статора трехфазного двигателя <math>i_{1a} = I_{1max} \sin(\omega_{0эл} t)</math> и <math>i_{1b} = I_{1max} \sin(\omega_{0эл} t + 120^\circ)</math>. Определите токи <math>i_{1a}</math> и <math>i_{1\beta}</math> двухфазной модели.</li> <li>5. Дайте определение динамической жесткости механической характеристики электромеханического преобразователя. Какое свойство электропривода характеризует динамическая жесткость?</li> </ol> <p>3. Математическое описание, статические и динамические характеристики двигателей постоянного и переменного токов как объектов регулирования</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оцените влияние на механическую характеристику двигателя постоянного тока с независимым возбуждением изменений его температуры.</li> <li>2. В каких случаях целесообразно использовать двигатель с последовательным или смешанным возбуждением?</li> <li>3. Сравните влияние размагничивающего действия ротора асинхронного двигателя в режиме динамического торможения при <math>I_{экв} = I_{\eta ном}</math> и <math>I_{экв} = 5I_{\eta ном}</math>.</li> <li>4. Как влияет насыщение магнитной цепи асинхронного двигателя при питании от источника тока на параметры динамической жесткости линеаризованной механической характеристики?</li> <li>5. Чем отличается шаговый двигатель от синхронного двигателя?</li> <li>6. Как влияет явнополюсность на угловую характеристику синхронного двигателя?</li> <li>7. Проанализируйте причины, по которым</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>ограничивается перегрузочная способность различных двигателей.</p> <p>8. Как влияет реакция якоря двигателя постоянного тока с независимым возбуждением на его перегрузочную способность?</p> <p>4. Электромеханические переходные процессы в электроприводе</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Двигатель постоянного тока с независимым возбуждением работает с установившейся скоростью на естественной характеристике. Проанализируйте характер переходных процессов в аварийном режиме обрыва цепи возбуждения двигателя для трех условий: <math>M_c = M_{ном}</math>; <math>M_c = 0</math>; <math>M_c = -M_{ном}</math>.</li> <li>2. Двигатель постоянного тока с последовательным возбуждением, приводящий в движение подъемную лебедку, работает на естественной характеристике при подъеме номинального груза. Проанализируйте, как перейти к спуску этого груза с той же скоростью. Оцените потери энергии при различных способах торможения.</li> <li>3. Имеется осциллограмма <math>\omega_1 = f(t)</math>, полученная при пуске электропривода с двухмассовой механической частью при <math>M = M_1 = const</math>. Предложите методику определения параметров механической части, если значение <math>M_1</math> известно.</li> <li>4. Предложите методику приближенного определения <math>J_{\Sigma}</math> и <math>T_m</math> (для линейной части механической характеристики) по осциллограмме пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором <math>\omega_1 = f(t)</math>, если известны <math>P_{ном}</math> и <math>\lambda</math>.</li> <li>5. Определите показатели колебательности электропривода постоянного тока с независимым возбуждением, если имеется осциллограмма <math>\omega_1 = f(t)</math>, <math>i_a = f(t)</math>, процесса приложения скачка нагрузки от <math>M_c = 0</math> до <math>M_{с ном}</math>, а также известны <math>U_{ном}</math> и <math>L_{я\Sigma}</math>.</li> <li>6. Каковы физические причины демпфирующей способности электропривода? Почему демпфирование увеличивается при возрастании <math>\gamma</math>?</li> <li>7. У асинхронного двигателя с фазным ротором путем введения в цепь ротора двух</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>различных сопротивлений получены две реостатные характеристики, имеющие одинаковый пусковой момент. Изобразите эти характеристики и постройте (качественно) зависимости <math>\omega(t)</math> и <math>I_1(t)</math>, соответствующие пуску вхолостую при таких характеристиках.</p> <p>8. Обоснуйте физически, почему при снятии скачком нагрузки двигателя постоянного тока с независимым возбуждением в начальный момент времени <math>dM/d\omega = 0</math>.</p> <p>5. Основы выбора мощности электропривода</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сравните постоянные потери асинхронного двигателя в режимах пуска и торможения противовключением.</li> <li>2. В каких случаях целесообразно применять двигатели с независимой вентиляцией?</li> <li>3. Какими методами целесообразно проверять по нагреву асинхронный короткозамкнутый двигатель с повышенным скольжением?</li> <li>4. Сравните потери, выделяющиеся в двигателе при торможении противовключением при <math>M_c = 0</math> и <math>M_c = M_{ном}</math> (активный).</li> <li>5. Как отразится на работе двигателя кратковременного режима S2 уменьшение времени пауз до значений, меньших <math>3T_n</math>?</li> <li>6. Как изменятся потери энергии при пуске асинхронного двигателя вхолостую, если пуск производится при напряжении <math>U_1 = 0,5U_{1ном}</math>.</li> <li>7. Какое влияние на нагрузочную диаграмму двигателя и зависимость <math>\omega(t)</math> оказывает в режиме S6 жесткость механической характеристики <math>\beta</math>?</li> </ol> <p>6. Регулирование координат электропривода</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разъясните взаимосвязь показателей точности и диапазона регулирования координаты электропривода.</li> <li>2. Разъясните взаимосвязь точности автоматического регулирования координаты по отклонению с ЛАЧХ разомкнутого контура регулирования.</li> <li>3. Разъясните смысл понятий «запас по фазе» и «запас по амплитуде» и их связь с качеством автоматического регулирования</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>координаты.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Как влияют на свойства разомкнутой системы ТВ-Г-Д с асинхронным двигателем генератора температурные изменения сопротивлений?</li> <li>5. Пуск в разомкнутой системе ТП-Д осуществляется при линейном нарастании ЭДС преобразователя во времени. Оцените, как влияют на переходный процесс температурные изменения сопротивлений.</li> <li>6. Рассмотрите особенности и технические показатели систем ТВ-Г-Д и ТП-Д и дайте рекомендации по рациональным областям их применения.</li> <li>7. Сформулируйте условия, при которых в системе ПЧ-АД с инвертором тока обеспечивается управление при <math>\Psi_2 = \text{const}</math>. Как поддерживается <math>\Psi_1 = \text{const}</math> в системе с инвертором напряжения?</li> <li>8. Сопоставьте ЛАЧХ разомкнутого контура регулирования при настройках на технический и на симметричный оптимум.</li> </ol> <p>7. Регулирование момента (тока) электропривода</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Для механизма требуется электропривод с точным, быстродействующим и экономичным регулированием момента в четырех квадрантах механических характеристик. Сопоставьте по всем показателям две системы: а) ИТ-Д с тиристорным возбудителем; б) ТП-Д с контуром регулирования тока, настроенным на технический оптимум.</li> <li>2. Изобразите статические характеристики и проанализируйте динамические свойства системы ТП-Д при стандартной настройке контура тока в случае, когда применен нереверсивный ТП.</li> <li>3. Проанализируйте, как изменяются потери при работе асинхронного электропривода с релейным автоматическим регулированием момента (тока) в цепи ротора. Как влияет на работу привода уменьшение чувствительности регулятора?</li> <li>4. В системе ТВ-Г-Д астатическое регулирование тока якоря обеспечено с помощью отрицательной связи по току и критической положительной связи по напряжению генератора. К каким</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>последствиям приведет: а) обрыв цепи положительной связи по напряжению; б) обрыв цепи отрицательной связи по току якоря.</p> <p>5. В системе ПЧ(ИТ)-АД с регулированием момента по абсолютному скольжению оборвалась цепь нелинейного звена на входе ц.т. Как это повлияет на работу электропривода?</p> <p>6. Объясните, почему в системе ТП-Д с контуром регулирования тока, настроенным на технический оптимум, при пуске ток меньше стопорного значения, а при стопорении под действием <math>M_c &gt; M_{c\text{ном}}</math> – больше стопорного значения?</p> <p>8. Регулирование скорости электропривода</p> <p>1. Какие защиты необходимы для системы ИТ-Д с регулированием скорости по отклонению? Проанализируйте аномальные режимы.</p> <p>2. При проектировании электропривода механизма с <math>P_c = M_c \omega = \text{const}</math> при диапазоне регулирования скорости <math>D = 5</math> применен асинхронный двигатель с фазным ротором и реостатное регулирование. Оцените достоинства и недостатки решения.</p> <p>3. В электроприводе по системе ТП-Д с регулированием скорости и подчиненным контуром регулирования тока в эксплуатации в схеме ПИ-регулятора тока сильно возросла утечка конденсатора <math>C_{\text{о.с.т.}}</math>. Как изменятся статические характеристики привода?</p> <p>4. Электропривод подъемной лебедки по системе ТП-Д имеет двухзонное регулирование скорости. Проанализируйте условия работы двигателя во всем диапазоне регулирования при подъеме номинального груза.</p> <p>5. Оцените допустимую нагрузку при регулировании скорости асинхронного электропривода в двух схемах: а) с автоматическим релейным реостатным регулированием момента; б) с автоматическим регулированием напряжения на статоре.</p> <p>6. Предложите безопасный способ проверки знаков обратных связей при наладке</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>системы ТВ-Г-Д с подчиненным регулированием тока и скорости.</p> <p>7. Предложите способы подрегулировки стопорного момента электропривода по системе ПЧ(ИТ)-АД с регулированием скорости по абсолютному скольжению.</p> <p>8. Электропривод мощного вентилятора по схеме асинхронно-вентильного электрического каскада обеспечивает диапазон регулирования скорости <math>D = 2</math>. Предложите способ пуска двигателя и оцените использование двигателя по нагреву.</p> <p>9. При наладке системы ТП-Д с контурами регулирования тока и скорости, настроенными на технический оптимум, экспериментом установлена недопустимая колебательность при работе контура регулирования скорости. Укажите возможные причины и дайте рекомендации по наладке.</p> <p>9. Регулирование положения</p> <p>1. Как влияют на неточность останова электропривода с асинхронным короткозамкнутым двигателем температурные изменения сопротивлений обмоток двигателя?</p> <p>2. Можно ли в позиционном электроприводе по системе ТП-Д отказаться от применения подчиненного контура регулирования тока?</p> <p>3. Объясните физический смысл понятий добротности следящего электропривода по скорости и ускорению.</p> <p>10. Проектирование электроприводов</p> <p>1. На какой стадии разработки электропривода в соответствии с требованиями ЕСКД должен осуществляться выбор системы электропривода?</p> <p>2. Укажите примеры механизмов, при проектировании которых использование для оценки энергетической эффективности средневзвешенного КПД электропривода не дает достоверного результата.</p> <p>3. Разъясните понятие технологически полезной работы и как оно реализуется в</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>обобщенном показателе энергетической эффективности электропривода.</p> <p>4. Как повлияет оптимизация системы ПЧ-АД по критерию минимума потерь на технический показатель быстродействия электропривода?</p> <p>5. Какие функции в составе электропривода выполняют ФКУ? Чем вызывается необходимость применения регулируемых ФКУ?</p> <p>6. Проанализируйте влияние на производительность машины показателей безотказности и ремонтпригодности регулируемого электропривода.</p>

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

Изучение учебной дисциплины «Теория электропривода» длится 1 семестра, завершается сдачей курсового проекта и 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.

**Курсовой проект** выполняется под руководством преподавателя, в процессе ее написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Теория электропривода». При выполнении курсового проекта обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе написания курсового проекта обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

### **Показатели и критерии оценивания курсового проекта :**

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.