



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)**

***ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА***

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, 4
Семестр	6, 7

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)

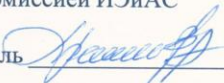
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и мехатроники

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 «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 8 зачетных единиц 288 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 143,5 акад. часов;
- аудиторная – 138 акад. часов;
- внеаудиторная – 5,5 акад. часов;
- самостоятельная работа – 108,8 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен, курсовой проект

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Введение								
1.1 Электропривод как система. Общие требования к электроприводу. Классификация электроприводов. История развития электропривода. Структурная схема электропривода	6	2,5				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
Итого по разделу		2,5						
2. Механическая часть силового канала электропривода								
2.1 Типовые статические нагрузки электропривода. Уравнение движения электропривода	6	1,5				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
2.2 Составление расчетных схем механической части привода. Приведение движущихся масс, моментов, жесткостей связей и нагрузок к расчетной скорости		1,5				Выполнение практических работ	Проверка индивидуальных заданий	
2.3 Механическая часть электропривода как объект управления		1,5				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
2.4 Механические переходные процессы электропривода		1,5				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	

2.5 Динамические нагрузки электропривода		2				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
2.6 Расчет статических моментов. Построение нагрузочных диаграмм электроприводов			12/8И			Выполнение практических работ	Проверка индивидуальных заданий	
Итого по разделу		8	12/8И					
3. Математическое описание, статические и динамические характеристики двигателей постоянного и переменного токов как объектов								
3.1 Обобщенная электрическая машина. Электромеханическая связь электропривода и ее характеристики		1,5				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
3.2 Структура и характеристики линейризованного электромеханического преобразователя		1,5				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
3.3 Режимы преобразования энергии и ограничения, накладываемые на их протекание.		1,5				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
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	6	0,5				Выполнение практических работ	Проверка индивидуальных заданий	
3.5 Лабораторная работа. Исследование переходных процессов электропривода с двигателями постоянного тока независимого			4/2И			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты	
3.6 Лабораторная работа. Исследование переходных процессов при ударном приложении нагрузки			2			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты	

3.7 Математическое описание процессов электромеханического преобразования энергии в асинхронном двигателе. Статические характеристики асинхронных двигателей	1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
3.8 Лабораторная работа. Исследование переходных процессов асинхронного электропривода		12/6И			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты	
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	0,5				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
Итого по разделу	6,5	18/8И					
4. Электромеханические переходные процессы							
4.1 Математическое описание и структурные схемы разомкнутых электромеханических систем	1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
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	6	1			Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
4.3 Лабораторная работа. Исследование динамики электропривода с упругими связями		2/ИИ			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты	

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		1				Выполнение практических работ	Проверка индивидуальных заданий	
4.5	Динамика электропривода с синхронным двигателем. Особенности многодвигательного электропривода		1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
4.6	Лабораторная работа. Исследование переходных процессов электропривода с линейными механическими			6/5И			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты	
Итого по разделу		4	8/6И						
5. Выбор мощности электропривода									
5.1	Нагревание и охлаждение двигателей. Нагрузочные диаграммы электропривода. Номинальные режимы работы двигателей		1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
5.2	Расчеты по выбору мощности электродвигателей по методам средних потерь и эквивалентных величин для различных режимов работы	6	1				Выполнение практических работ	Проверка индивидуальных заданий	
Итого по разделу		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	6	1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
6.2	Лабораторная работа. Исследование системы ТП-Д в статических и динамических режимах			12			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты	



6.3 Система преобразователь частоты – асинхронный двигатель. Обобщенная система управляемый преобразователь – двигатель		1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
6.4 Лабораторная работа. Исследование системы ПЧ-АД в статических и динамических режимах			12/1,8И			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты	
Итого по разделу		2	24/1,8И					
7. Регулирование момента (тока) электропривода								
7.1 Реостатное регулирование момента. Система источник тока – двигатель. Автоматическое регулирование момента в системе УП–Д	6	1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
7.2 Последовательная коррекция контура регулирования момента в системе УП-Д. Особенности регулирования момента и тока в системе Г-Д		1			2,3	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
Итого по разделу		2			2,3			
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	6	1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
8.2 Регулирование скорости двигателя постоянного тока с независимым возбуждением изменением магнитного		1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
8.3 Способы регулирования скорости асинхронного электропривода. Особенности частотного регулирования скорости асинхронного электропривода.		1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
8.4 Лабораторная работа. Исследование способов регулирования скорости в замкнутых системах электроприводов				6			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты
Итого по разделу		3	6					

9. Энергетические показатели электропривода							
9.1 Энергетическая эффективность электропривода	6	2				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)
9.2 Особенности энергетики вентильных электроприводов. Надежность регулируемого электропривода		2				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)
Итого по разделу		4					
10. Подготовка и сдача экзамена							
10.1 Подготовка и экзамен по теории элетропривода	6					Работа с библиографическими материалами	Экзамен
Итого по разделу							
Итого за семестр		34	68/23,8И		2,3		экзамен
11. Выбор преобразовательных агрегатов для питания							
11.1 Расчет параметров электропривода	7			8/4И	15	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)
Итого по разделу				8/4И	15		
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	7			8/4И	20	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)
Итого по разделу				8/4И	20		
13. Расчет статических характеристик системы ТП-Д, ПЧ- АД, ПЧ- СД							
13.1 Расчет статических характеристик системы ТП-Д, ПЧ- АД, ПЧ- СД	7			8/2И	25	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)
Итого по разделу				8/2И	25		
14. Расчет величин потерь и оценка энергетических показателей электропривода							

14.1 Расчет величин потерь и оценка энергетических показателей электропривода	7			6/2,6И	20	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
Итого по разделу				6/2,6И	20			
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	7			6	26,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	
Итого по разделу				6	26,5			
16. Курсовой проект								
16.1 Курсовой проект	7					Разработка проекта (индивидуальная или групповая)	Защита курсовых проектов (работ)	
Итого по разделу								
Итого за семестр				36/12,6И	106,5		кп	
Итого по дисциплине		34	68/23,8 И	36/12,6 И	108,8		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 IT 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 (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Васильев, Е. М. Теория электропривода : учебное пособие / Е. М. Васильев. — Пермь : ПНИПУ, 2014. — 316 с. — ISBN 978-5-398-01348-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160330> (дата обращения: 15.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.1. Онищенко, Г. Б. Теория электропривода : учебник / Г. Б. Онищенко. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 294 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-009674-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1044495> (дата обращения: 15.05.2021). – Режим доступа: по подписке.

2. 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: 15.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Васильев, Е. М. Теория электропривода : учебное пособие / Е. М. Васильев. — Пермь : ПНИПУ, 2014. — 316 с. — ISBN 978-5-398-01348-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160330> (дата обращения: 15.05.2021). — Режим доступа: для

авториз. пользователей..

2. Иванов, Г.Я. Электропривод и электрооборудование [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.Я. Иванов, А.Ю. Кузнецов, В.В. Дмитриев; Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т. – Новосибирск, 2011. – 56 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/515950> (дата обращения: 15.05.2021). – 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	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

**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 научного	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 проведения 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»**

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  $M_{\Sigma} = (10 + 0,1\omega + 0,0004\omega^2)$  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
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	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><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 формулу 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 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. Начальная скорость двигателя при торможении <math>\omega = 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>r = 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>; 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</p>
--	--	---

		<p>имеет максимальное ускорение, если момент инерции двигателя <math>J_d=1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2</math>; номинальная скорость двигателя <math>\omega_n=300 \text{ рад/с}</math>; момент инерции центрифуги <math>J_c=16 \text{ кг} \cdot \text{м}^2</math>; момент сопротивления пренебрежимо мал, момент двигателя равен <math>100 \text{ Н} \cdot \text{м}</math>.</p> <p>2. Математическое описание динамических процессов электромеханического преобразования энергии</p> <p>1. Каковы физические причины электромеханической связи в системе электропривода?</p> <p>2. Запишите уравнения электромеханической характеристики двигателя для явнополюсной синхронной машины в осях <math>d, q</math>.</p> <p>3. Какую частоту имеют токи статора и ротора обобщенной машины в осях <math>x, y</math>?</p> <p>4. Известны токи двух фаз статора трехфазного двигателя <math>i_{1a} = I_{1\max} \sin(\omega_0 \text{эл} t)</math> и <math>i_{1b} = I_{1\max} \sin(\omega_0 \text{эл} t + 120^\circ)</math>. Определите токи <math>i_{1\alpha}</math> и <math>i_{1\beta}</math> двухфазной модели.</p> <p>5. Дайте определение динамической жесткости механической характеристики электромеханического преобразователя. Какое свойство электропривода характеризует динамическая жесткость?</p> <p>3. Математическое описание, статические и динамические характеристики двигателей постоянного и переменного токов как объектов регулирования</p> <p>1. Оцените влияние на механическую характеристику двигателя постоянного тока с независимым возбуждением</p>
--	--	---

		<p>изменений его температуры.</p> <p>2. В каких случаях целесообразно использовать двигатель с последовательным или смешанным возбуждением?</p> <p>3. Сравните влияние размагничивающего действия ротора асинхронного двигателя в режиме динамического торможения при <math>I_{э\kappa\beta} = I_{\eta \text{ ном}}</math> и <math>I_{э\kappa\beta} = 5I_{\eta \text{ ном}}</math>.</p> <p>4. Как влияет насыщение магнитной цепи асинхронного двигателя при питании от источника тока на параметры динамической жесткости линеаризованной механической характеристики?</p> <p>5. Чем отличается шаговый двигатель от синхронного двигателя?</p> <p>6. Как влияет явнополюсность на угловую характеристику синхронного двигателя?</p> <p>7. Проанализируйте причины, по которым 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> <p>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_{\text{ном}}</math>; <math>M_c = 0</math>; <math>M_c = -M_{\text{ном}}</math>.</p> <p>2. Двигатель постоянного</p>
--	--	--

		<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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>.</p> <p>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_{c ном}</math>, а также известны <math>U_{ном}</math> и <math>L_{я\Sigma}</math>.</p> <p>6. Каковы физические причины демпфирующей способности электропривода? Почему демпфирование увеличивается при возрастании <math>\gamma</math>?</p> <p>7. У асинхронного двигателя с фазным ротором путем введения в цепь ротора двух различных сопротивлений получены две реостатные характеристики, имеющие одинаковый пусковой момент. Изобразите эти</p>
--	--	---

		<p>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> <p>1. Сравните постоянные потери асинхронного двигателя в режимах пуска и торможения противовключением.</p> <p>2. В каких случаях целесообразно применять двигатели с независимой вентиляцией?</p> <p>3. Какими методами целесообразно проверять по нагреву асинхронный короткозамкнутый двигатель с повышенным скольжением?</p> <p>4. Сравните потери, выделяющиеся в двигателе при торможении противовключением при <math>M_c = 0</math> и <math>M_c = M_{ном}</math> (активный).</p> <p>5. Как отразится на работе двигателя кратковременного режима S2 уменьшение времени пауз до значений, меньших <math>3T_n</math>?</p> <p>6. Как изменятся потери энергии при пуске асинхронного двигателя вхолостую, если пуск производится при напряжении <math>U_1 = 0,5U_{1ном}</math>.</p> <p>7. Какое влияние на нагрузочную диаграмму двигателя и зависимость <math>\omega(t)</math> оказывает в режиме S6 жесткость механической характеристики <math>\beta</math>?</p> <p>6. Регулирование координат электропривода</p> <p>1. Разъясните взаимосвязь</p>
--	--	--

		<p>показателей точности и диапазона регулирования координаты электропривода.</p> <p>2. Разъясните взаимосвязь точности автоматического регулирования координаты по отклонению с ЛАЧХ разомкнутого контура регулирования.</p> <p>3. Разъясните смысл понятий «запас по фазе» и «запас по амплитуде» и их связь с качеством автоматического регулирования координаты.</p> <p>Как влияют на свойства разомкнутой системы ТВ-Г-Д с асинхронным двигателем генератора температурные изменения сопротивлений?</p> <p>5. Пуск в разомкнутой системе ТП-Д осуществляется при линейном нарастании ЭДС преобразователя во времени. Оцените, как влияют на переходный процесс температурные изменения сопротивлений.</p> <p>6. Рассмотрите особенности и технические показатели систем ТВ-Г-Д и ТП-Д и дайте рекомендации по рациональным областям их применения.</p> <p>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?</p> <p>8. Сопоставьте ЛАЧХ разомкнутого контура регулирования при настройках на технический и на симметричный оптимум</p> <p>7. Регулирование момента (тока) электропривода</p> <p>1. Для механизма требуется электропривод с точным, быстродействующим и экономичным</p>
--	--	--

		<p>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.</p> <p>2. Изобразите статические характеристики и проанализируйте динамические свойства системы ТП-Д при стандартной настройке контура тока в случае, когда применен нереверсивный ТП.</p> <p>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?</p> <p>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 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 <math>u_{\text{у.т}}</math>. Как это повлияет на работу электропривода?</p> <p>6. Объясните, почему в системе ТП-Д с контуром регулирования тока, настроенным на технический</p>
--	--	---

		<p>оптимум, при пуске ток меньше стопорного значения, а при стопорении под действием <math>M_c &gt; M_{c\text{стоп}}</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_{0.c.t.}</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</p>
--	--	---



		<p>способ проверки знаков обратных связей при наладке системы ТВ-Г-Д с подчиненным</p> <p>регулируем ток и скорость.</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>.</p> <p>2. 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</p>
--	--	---

		<p>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 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 2 семестра, 1 семестр завершается экзаменом, 2 семестр завершается сдачей курсового проекта.

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.