

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

10.02.2023 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
2023 год

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

Программа практики/НИР рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и мехатроники

17.01.2023 протокол №5

Зав. кафедрой



А.А. Николаев

Программа практики/НИР одобрена методической комиссией ИЭиАС

10.02.2023 г. Протокол № 7

Председатель



В.Р. Храмшин

Программа составлена:

профессор кафедры АЭПиМ, канд. техн. наук



В.И. Косматов

Рецензент:

зам. начальника ЦЭТЛ ПАО «ММК» по электроприводу и мехатронике, канд. техн. Наук

А.Ю. Юдин



Лист актуализации рабочей программы

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

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

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

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью 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)	ПК-4.1
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)	ПК-4.1
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	ПК-4.1
2.3 Механическая часть электропривода как объект управления		1,5				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
2.4 Механические переходные процессы электропривода		1,5				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1

2.5 Динамические нагрузки электропривода		2				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1	
2.6 Расчет статических моментов. Построение нагрузочных диаграмм электроприводов			12			Выполнение практических работ	Проверка индивидуальных заданий	ПК-4.1	
Итого по разделу		8	12						
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	6	1,5				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1	
3.2 Структура и характеристики линейризованного электромеханического преобразователя		1,5				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1	
3.3 Режимы преобразования энергии и ограничения, накладываемые на их протекание.		1,5				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		0,5				Выполнение практических работ	Проверка индивидуальных заданий	ПК-4.1	
3.5 Лабораторная работа. Исследование переходных процессов электропривода с двигателями постоянного тока независимого возбуждения			4				Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты	ПК-4.1
3.6 Лабораторная работа. Исследование переходных процессов при ударном приложении нагрузки			2				Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты	ПК-4.1

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)	ПК-4.1
3.8 Лабораторная работа. Исследование переходных процессов асинхронного электропривода		12			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	0,5				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу	6,5	18					
4. Электромеханические переходные процессы							
4.1 Математическое описание и структурные схемы разомкнутых электромеханических систем	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	6	1			Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
4.3 Лабораторная работа. Исследование динамики электропривода с упругими связями		2			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты	ПК-4.1

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		1				Выполнение практических работ	Проверка индивидуальных заданий	ПК-4.1
4.5	Динамика электропривода с синхронным двигателем. Особенности многодвигательного электропривода		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			6			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты	ПК-4.1
Итого по разделу		4	8						
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)	ПК-4.1
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	ПК-4.1
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)	ПК-4.1
6.2	Лабораторная работа. Исследование системы ТП-Д в статических и динамических режимах			12			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты	ПК-4.1

6.3 Система преобразователь частоты – асинхронный двигатель. Обобщенная система управляемый преобразователь – двигатель	6	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			12			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты	ПК-4.1
Итого по разделу		2	24					
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)	ПК-4.1
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)	ПК-4.1
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)	ПК-4.1
8.2 Регулирование скорости двигателя постоянного тока с независимым возбуждением изменением магнитного		1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
8.3 Способы регулирования скорости асинхронного электропривода. Особенности частотного регулирования скорости асинхронного электропривода.		1				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
8.4 Лабораторная работа. Исследование способов регулирования скорости в замкнутых системах электроприводов			6			Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Самоотчеты	ПК-4.1
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)	ПК-4.1
9.2 Особенности энергетики вентильных электроприводов. Надежность регулируемого электропривода		2				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу		4						
10. Подготовка и сдача экзамена								
10.1 Подготовка и экзамен по теории элетропривода	6					Работа с библиографическими материалами	Экзамен	ПК-4.1
Итого по разделу								
Итого за семестр		34	68		2,3		экзамен	
11. Выбор преобразовательных агрегатов для питания двигателей.								
11.1 Расчет параметров электропривода	7			8	15	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу				8	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	20	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу				8	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	25	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу				8	25			
14. Расчет величин потерь и оценка энергетических показателей электропривода								

14.1 Расчет величин потерь и оценка энергетических показателей электропривода	7			6	20	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4.1
Итого по разделу				6	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)	ПК-4.1
Итого по разделу				6	26,5			
16. Курсовой проект								
16.1 Курсовой проект	7					Разработка проекта (индивидуальная или групповая)	Защита курсовых проектов (работ)	ПК-4.1
Итого по разделу								
Итого за семестр				36	106,5		кп	
Итого по дисциплине		34	68	36	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. 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	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
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа 227М
мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий 227М

Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

Доска, мультимедийный проектор, экран (123М)

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 (227а)

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·м² (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 $M_C = (10 + 0,1\omega + 0,0004\omega^2) \text{ Н} \cdot \text{м}$, суммарный момент инерции $J_{\Sigma} = 3$ кг·м².

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>Примерные вопросы к экзамену:</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 C_{12} при последовательном соединении двух элементов электропривода, обладающих упругостями C_1 и C_2.</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·м² (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 $\omega_{нач} = 100$ рад/с; момент сопротивления, приведенный к валу двигателя, $M_c = 10$ Н·м; суммарный момент инерции, приведенный к валу двигателя, $J_{\Sigma} = 2$ кг · м² ; радиус приведения $\rho_{пр} = 0,1$ м . Момент двигателя в режиме противовключения $M = (-100 - 2\omega)$ Н · м.</p> <p>1.10. Определите момент двигателя, необходимый для осуществления реверса жесткого приведенного механизма звена за время $t = 2$ с. Суммарный момент инерции $J_{\Sigma} = 1$ кг · м²;</p> <p>Статического сопротивления $M_c = 50$ Н·м (реактивный).</p> <p>1.11. Центрифуга приводится в движение асинхронным двигателем через коробку передач, имеющую три передаточных отношения: $i_1 = 2, i_2 = 4, i_3 = 6$. Определите при каком передаточном отношении центрифуга имеет максимальное ускорение, если момент инерции двигателя $J_d = 1$ кг · м²; номинальная скорость двигателя $\omega_H = 300$ рад/с; момент инерции центрифуги $J_{ц} = 16$ кг · м²; момент сопротивления пренебрежимо мал, момент двигателя равен 100 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"> 1. Каковы физические причины электромеханической связи в системе электропривода? 2. Запишите уравнения электромеханической характеристики двигателя для явнополюсной синхронной машины в осях d, q. 3. Какую частоту имеют токи статора и ротора обобщенной машины в осях x, y? 4. Известны токи двух фаз статора трехфазного двигателя $i_{1a} = I_{1max} \sin(\omega_{0эл} t)$ и $i_{1b} = I_{1max} \sin(\omega_{0эл} t + 120^\circ)$. Определите токи $i_{1\alpha}$ и $i_{1\beta}$ двухфазной модели. 5. Дайте определение динамической жесткости механической характеристики электромеханического преобразователя. Какое свойство электропривода характеризует динамическая жесткость? <p>3. Математическое описание, статические и динамические характеристики двигателей постоянного и переменного токов как объектов регулирования</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Оцените влияние на механическую характеристику двигателя постоянного тока с независимым возбуждением изменений его температуры. 2. В каких случаях целесообразно использовать двигатель с последовательным или смешанным возбуждением? 3. Сравните влияние размагничивающего действия ротора асинхронного двигателя в режиме динамического торможения при $I_{экв} = I_{\eta ном}$ и $I_{экв} = 5I_{\eta ном}$. 4. Как влияет насыщение магнитной цепи асинхронного двигателя при питании от источника тока на параметры динамической жесткости линеаризованной механической характеристики? 5. Чем отличается шаговый двигатель от синхронного двигателя? 6. Как влияет явнополюсность на угловую характеристику синхронного двигателя? 7. Проанализируйте причины, по которым

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"> 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: $M_c = M_{ном}$; $M_c = 0$; $M_c = -M_{с ном}$. 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. 3. Имеется осциллограмма $\omega_1 = f(t)$, полученная при пуске электропривода с двухмассовой механической частью при $M = M_1 = const$. Предложите методику определения параметров механической части, если значение M_1 известно. 4. Предложите методику приближенного определения J_{Σ} и T_m (для линейной части механической характеристики) по осциллограмме пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором $\omega_1 = f(t)$, если известны $P_{ном}$ и λ. 5. Определите показатели колебательности электропривода постоянного тока с независимым возбуждением, если имеется осциллограмма $\omega_1 = f(t)$, $i_a = f(t)$, процесса приложения скачка нагрузки от $M_c = 0$ до $M_{с ном}$, а также известны $U_{ном}$ и $L_{я\Sigma}$. 6. Каковы физические причины демпфирующей способности электропривода? Почему демпфирование увеличивается при возрастании γ? 7. У асинхронного двигателя с фазным ротором путем введения в цепь ротора двух

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 $\omega(t)$ и $I_1(t)$, 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 $dM/d\omega = 0$.</p> <p>5. Основы выбора мощности электропривода</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сравните постоянные потери асинхронного двигателя в режимах пуска и торможения противовключением. 2. В каких случаях целесообразно применять двигатели с независимой вентиляцией? 3. Какими методами целесообразно проверять по нагреву асинхронный короткозамкнутый двигатель с повышенным скольжением? 4. Сравните потери, выделяющиеся в двигателе при торможении противовключением при $M_c = 0$ и $M_c = M_{ном}$ (активный). 5. Как отразится на работе двигателя кратковременного режима S2 уменьшение времени пауз до значений, меньших $3T_n$? 6. Как изменятся потери энергии при пуске асинхронного двигателя вхолостую, если пуск производится при напряжении $U_1 = 0,5U_{ном}$. 7. Какое влияние на нагрузочную диаграмму двигателя и зависимость $\omega(t)$ оказывает в режиме S6 жесткость механической характеристики β? <p>6. Регулирование координат электропривода</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Разъясните взаимосвязь показателей точности и диапазона регулирования координаты электропривода. 2. Разъясните взаимосвязь точности автоматического регулирования координаты по отклонению с ЛАЧХ разомкнутого контура регулирования. 3. Разъясните смысл понятий «запас по фазе» и «запас по амплитуде» и их связь с качеством автоматического регулирования

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>координаты.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Как влияют на свойства разомкнутой системы ТВ-Г-Д с асинхронным двигателем генератора температурные изменения сопротивлений? 5. Пуск в разомкнутой системе ТП-Д осуществляется при линейном нарастании ЭДС преобразователя во времени. Оцените, как влияют на переходный процесс температурные изменения сопротивлений. 6. Рассмотрите особенности и технические показатели систем ТВ-Г-Д и ТП-Д и дайте рекомендации по рациональным областям их применения. 7. Сформулируйте условия, при которых в системе ПЧ-АД с инвертором тока обеспечивается управление при $\Psi_2 = \text{const}$. Как поддерживается $\Psi_1 = \text{const}$ в системе с инвертором напряжения? 8. Сопоставьте ЛАЧХ разомкнутого контура регулирования при настройках на технический и на симметричный оптимум. <p>7. Регулирование момента (тока) электропривода</p> <ol style="list-style-type: none"> 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. 2. Изобразите статические характеристики и проанализируйте динамические свойства системы ТП-Д при стандартной настройке контура тока в случае, когда применен нереверсивный ТП. 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? 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

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 $u_{y.t.}$. 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 $M_c > M_{cmon}$ – 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 $P_c = M_c \omega = \text{const}$ при диапазоне регулирования скорости $D = 5$ 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 $C_{o.c.t.}$. 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 $D = 2$. 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 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 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.