



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
04.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

***ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕМЕННОГО ТОКА В
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ***

Направление подготовки (специальность)
15.04.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль/специализация) программы
Искусственный интеллект в робототехнике

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированного электропривода и мехатроники
Курс	1
Семестр	1

Магнитогорск
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника (приказ Минобрнауки России от 14.08.2020 г. № 1023)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Автоматизированного электропривода и мехатроники
27.01.2025, протокол № 3

Зав. кафедрой  А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
04.02.2025 г. протокол № 3

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры кафедры АЭПиМ, канд. техн. наук  А.А. Мурзиков

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 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 «Электропривод переменного тока в робототехнических комплексах» является рассмотрение теории и практики современного автоматизированного электропривода переменного тока, тенденции его развития.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Электропривод переменного тока в робототехнических комплексах входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Дисциплина «Электропривод переменного тока в робототехнических комплексах» входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Моделирование электротехнических комплексов и систем

Микропроцессорные средства в электроприводах и технологических комплексах

Дополнительные главы математики в электроэнергетике и электротехнике

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

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Производственная - научно-исследовательская работа

Производственная-преддипломная практика

Производственная - проектная практика

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

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

Интеграция робототехнических комплексов в технологический процесс

Интеллектуальные системы управления в мехатронике и робототехнике

Интегрированные системы управления робототехническими комплексами

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Электропривод переменного тока в робототехнических комплексах» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления в робототехнических системах; ставить задачи автоматизации проектирования и автоматического управления в робототехнике
ПК-1.1	Знает: методы проектирования и настройки робототехнических систем на базе регулируемого электропривода переменного тока; методы проектирования и настройки робототехнических систем на базе регулируемого электропривода постоянного тока; методы решения задач автоматического управления и автоматизированного проектирования в робототехнических системах; особенности моделирования многомерных и связанных систем. Построение

	матричных моделей преобразования координат; отличия дискретного циклового программного управления от дискретного позиционного программного управления роботами; непрерывное программное управления роботами; адаптивные и интеллектуальные системы управления роботами
ПК-1.2	Умеет: ставить и решать задачи проектирования автоматического управления робототехнических систем на базе регулируемого электропривода переменного тока; ставить и решать задачи проектирования автоматического управления робототехнических систем на базе регулируемого электропривода постоянного тока; формулировать задачи автоматизации проектирования программно-аппаратных средств робототехнических систем и комплексов; строить и моделировать многомерные матричные модели в среде имитационного моделирования; объяснять основные положения управления многомерной и связанной технической системой, строить кинематические схемы, составлять матрицы переходов прямых и обратных преобразований координат
ПК-1.3	Имеет практический опыт: наладки гибких производственных робототехнических систем в машиностроении на базе регулируемого электропривода переменного тока; наладки гибких производственных робототехнических систем в машиностроении на базе регулируемого электропривода постоянного тока; разработки алгоритмов решения задач автоматического управления и автоматизации проектирования в робототехнических системах; моделирования и расчета систем управления роботами-манипуляторами, расчета систем управления, регуляторов сложной многомерной и связанной технической системы
ПК-8 Способен исследовать применение интеллектуальных систем для различных предметных областей	
ПК-8.1	Исследует направления применения систем искусственного интеллекта для различных предметных областей Знает: направления развития систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции решаемых задач с использованием искусственного интеллекта. Умеет: осуществлять декомпозицию решаемых задач с использованием искусственного интеллекта
ПК-8.2	Выбирает комплексы методов и инструментальных средств искусственного интеллекта для решения задач в зависимости от особенностей предметной области Знает: методы и инструментальные средства систем искусственного интеллекта, критерии их выбора и методы комплексирования в рамках применения интегрированных гибридных интеллектуальных систем различного назначения. Умеет: выбирать и комплексно применять методы и инструментальные средства систем искусственного интеллекта, критерии их выбора. Имеет практический опыт: исследования направлений применения систем искусственного интеллекта для различных предметных областей; выбора комплексов методов и инструментальных средств искусственного интеллекта для решения задач в зависимости от особенностей предметной области

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

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

- контактная работа – 80 акад. часов;
- аудиторная – 80 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов;
- самостоятельная работа – 64 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 4 акад. час;
- подготовка к экзамену – 36 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Введение Основные понятия и определения. Современный электропривод переменного тока и направления его развития. Преобразователи частоты в электроприводе								
1.1 Современный электропривод переменного тока и направления его развития. Преобразователи частоты в электроприводе.	1	2		2	4	Изучение вопросов теории по литературе		ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
Итого по разделу		2		2	4			
2. Электромеханические свойства асинхронного двигателя (АД) .Структурная схема асинхронного двигателя как объекта регулирования								
2.1 Статические характеристики АД при различных законах регулирования скорости $U_1/f_1 = \text{const}$, $\Psi_m = \text{const}$, $\Psi_2 = \text{const}$, $I_1 = \text{const}$.	1	3	1	2	5	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-8.1, ПК-1.3, ПК-1.1
2.2 Разомкнутые системы управления асинхронным частотно - регулируемым электроприводом		2	1	2	5	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-1.1, ПК-8.1, ПК-1.2, ПК-8.2
2.3 Принципы построения систем частотного регулирования скорости АД.		2		2	2	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-1.1, ПК-8.2
2.4 Замкнутые системы скалярного управления асинхронным частотно - регулируемым		1	2	2	3	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-8.1

электроприводом								
2.5 Моделирование системы скалярного управления с обратной связью по току статора.	1	2		2	4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
2.6 Исследование системы скалярного управления с обратной связью по скорости		2	2	2	4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.2
Итого по разделу		12	6	12	23			
3. Системы векторного управления асинхронным электроприводом								
3.1 Система управления с прямой ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД.	1	2		3	4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-1.1, ПК-1.2
3.2 Исследование системы управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД.		3	3	3	5	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.2
3.3 Система управления моментом АД		3	3	2	5	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
Итого по разделу		8	6	8	14			
4. Электромеханические свойства синхронного двигателя. Разработка структурной схемы синхронного двигателя как объекта регулирования								
4.1 Электромеханические свойства синхронного двигателя	1	2		3	5	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
4.2 Статические характеристики СД при $U_1 = \text{const}$, $f_1 = \text{const}$. Принципы частотного регулирования скорости и момента СД.		2	2	3	6	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.2
4.3 Моделирование системы автоматического регулирования координат СД.		3		2	6	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
4.4 Управление синхронным двигателем в схеме вентильного двигателя.		3	2	2	6	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
Итого по разделу		10	4	10	23			
Итого за семестр		32	16	32	64		экзамен	
Итого по дисциплине		32	16	32	64		экзамен	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Электропривод переменного тока в робототехнических комплексах» используются традиционные технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу происходит с использованием мультимедийного оборудования. Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Лекционные занятия проводятся с использованием презентационного оборудования (проектор, экран, ноутбук), в качестве наглядных материалов используются схемы силовых цепей различных вариантов электроприводов переменного тока, функциональные и структурные схемы систем автоматического регулирования, диаграммы изменения основных параметров и тп. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения применяются методы ИТ. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

Лабораторные занятия представляют собой исследование свойств рассматриваемых электроприводов как с помощью персональных ЭВМ с набором специализированного программного обеспечения для их моделирования, визуализации и программирования, так и на лабораторных стендах с микропроцессорными САР, обеспечивающими их реализацию.

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. Анучин, А. С. Системы управления электроприводов : учебник для вузов. / Анучин А. С. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01258-1. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012581.html>

2. Епифанов, А. П. Электропривод : учебник / А. П. Епифанов, Л. М. Малайчук, А. Г. Гуцинский. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-1234-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210938>

б) Дополнительная литература:

1. Розанов, Ю. К. Силовая электроника : учебник и практикум для вузов / Ю. К. Розанов, М. Г. Лепанов ; под редакцией Ю. К. Розанова. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 206 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9440-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/511459>

3. Герман-Галкин, С. Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab-Simulink : учебно-методическое пособие / С. Г. Герман-Галкин. —

Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1520-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169382>

4. Никитенко, Г. В. Электропривод производственных механизмов : учебное пособие / Г. В. Никитенко. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-1468-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211190>

5. Епифанов, А. П. Электропривод : учебник / А. П. Епифанов, Л. М. Малайчук, А. Г. Гуцинский. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-1234-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210941>

в) Методические указания:

Омельченко Е.Я. Системы управления электроприводов. Преобразователи частоты SIMOVERT. Моделирование регулируемых электроприводов переменного тока : учебное пособие (лабораторный практикум) / Омельченко Е.Я., Зинченко М.А., Мурзинов А.А., Шохин В. В. ; МГТУ. - Магнитогорск, 2022. - 160 с. : ил., табл.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
MathWorks 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
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (023М, 227М, 123М)	- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации. - комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (023М)	- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации. - комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей
Помещения для самостоятельной работы (023а, 123М)	персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Приложение 1. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов на лабораторных занятиях осуществляется под контролем преподавателя в виде решения задач по изучению наиболее важных разделов теоретического курса дисциплины.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде подготовки лабораторным занятиям и изучении вопросов теории, не рассмотренных на лекциях, а также подготовку к лабораторным работам и экзаменам по контрольным вопросам.

Раздел/ тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Кол-во часов	Формы контроля
1. Введение Основные понятия и определения. Современный электропривод переменного тока и направления его развития. Преобразователи частоты в электроприводе. Задачи и структура учебного курса.	самостоятельное изучение учебной литературы по контрольным вопросам по разделу;	6	Устный опрос
Итого по разделу:		6	
2. 2.Электромеханические свойства асинхронного двигателя (АД) при регулировании частоты в разомкнутых системах управления и со скалярными САР.	самостоятельное изучение учебной литературы по контрольным вопросам по разделу и к лабораторным работам		Устный опрос , защита лаб. работ №1-6
2.1. Лабораторная работа №1 Статические характеристики АД при различных законах регулирования скорости $U_1/f_1 = \text{const}$, $\Psi_\mu = \text{const}$, $\Psi_2 = \text{const}$, $I_1 = \text{const}$.		4	

Раздел/ тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Кол-во часов	Формы контроля
2.2 Лабораторная работа №2 Разомкнутые системы управления асинхронным частотно - регулируемым электроприводом.		4	
2.3 Принципы построения систем управления АД.		4	
2.4. Лабораторная работа №2 Замкнутые системы скалярного управления асинхронным частотно - регулируемым электроприводом.		4	
2.5 Лабораторная работа №2 Моделирование системы скалярного управления с обратной связью по току статора.		4	
2.6 Лабораторная работа №2 Исследование системы скалярного управления с обратной связью по скорости		4	
Итого по разделу		24	

3. Исследование систем векторного управления асинхронным электроприводом.	самостоятельное изучение учебной литературы по контрольным вопросам по разделу и к лабораторным работам;	6	Устный опрос, защита лаб. работ №7-9
3.1 Лабораторная работа №2 Система управления с прямой ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД».		4	
3.2 Лабораторная работа №2 Исследование системы управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД.		4	
3.3 Лабораторная работа №2 Система управления моментом АД		4	
Итого по разделу		12	
4. Исследование систем частотно-регулируемого синхронного электропривода.	самостоятельное изучение учебной литературы по контрольным вопросам по разделу и к лабораторным работам;		Устный опрос, защита лаб. работ № 10-15
4.1 Электромеханические свойства синхронного двигателя».		1	
4.2 Лабораторная работа №2 Статические характеристики СД при $U_1 = \text{const}$, $f_1 = \text{const}$. Принципы частотного регулирования скорости и момента СД.		2	
4.3 Моделирование системы автоматического регулирования координат СД.		2	
4.4 Управление синхронным двигателем в схеме		1	

вентильного двигателя.			
4.5 Особенности схемы вентильного двигателя.		2	
4.6 Система управления электропривода с вентильным двигателем.		2	
Итого по разделу		10	

Приложение 2 Оценочные средства для проведения промежуточной и итоговой аттестации

Оформление отчетов и защита лабораторных работ по разделам:

Раздел 2.

Лабораторная работа №1. Статические характеристики АД при различных законах регулирования скорости $U_1/f_1 = \text{const}$, $\Psi_m = \text{const}$, $\Psi_2 = \text{const}$, $I_1 = \text{const}$.

Лабораторная работа №2 Разомкнутые системы управления асинхронным частотно - регулируемым электроприводом.

Лабораторная работа №3 Принципы построения систем управления АД.

Лабораторная работа №4. Замкнутые системы скалярного управления асинхронным частотно - регулируемым электроприводом.

Лабораторная работа №5 Моделирование системы скалярного управления с обратной связью по току статора.

Лабораторная работа №.6 Исследование системы скалярного управления с обратной связью по скорости

Раздел 3.

Лабораторная работа №7 Система управления с прямой ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД».

Лабораторная работа № 8 Исследование системы управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД.

Лабораторная работа № 9 Система управления моментом АД в системе управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД.

Раздел 4.

Лабораторная работа №10 Электромеханические свойства синхронного двигателя».

Лабораторная работа №11 Статические характеристики СД при $U_1 = \text{const}$, $f_1 = \text{const}$. Принципы частотного регулирования скорости и момента СД.

Лабораторная работа № 12 Моделирование системы автоматического регулирования координат СД.

Лабораторная работа №13 Управление синхронным двигателем в схеме вентильного двигателя.

Лабораторная работа №14 Особенности схемы вентильного двигателя.

Лабораторная работа №15 Система управления электропривода с вентильным двигателем.

Контрольные вопросы по проведению самостоятельной работы по разделам

Раздел 1.

1. Как классифицируются преобразователи частоты?
2. Принцип действия различных типов преобразователей частоты.
3. В чем принципиальное отличие преобразователей частоты на основе инверторов напряжения и тока?
4. Перечислите достоинства и недостатки преобразователей частоты со звеном постоянного тока и с непосредственной связью.
5. В чем состоят недостатки преобразователей частоты на основе инверторов напряжения с ШИМ.
6. Особенности реализации моделей преобразователей частоты в среде Matlab_Simulink.
7. Как реализуются тормозные режимы АД в системе ПЧ-АД?
8. Способы получения рекуперативного торможения в системе ПЧ-АД.
9. Как программируются параметры преобразователей частоты фирмы Siemens (Simovet Masterdrives, VectorControl и Sinamiks)?
10. Энергетические показатели различных типов преобразователей частоты.

Раздел 2.

1. Представьте качественный вид зависимостей магнитных потоков намагничивания, статора и ротора АД от его скольжения при различных соотношениях между напряжением и частотой питания статора двигателя.
2. Дать сравнительный анализ механических характеристик АД при различных соотношениях между напряжением и частотой питания статора двигателя.
3. В чем отличия механических характеристик АД при его питании от источников напряжения и тока?
4. Оцените области допустимых значений токов, напряжений, магнитных потоков и скорости АД при его частотном регулировании.
5. Как реализуется модель АД в среде Matlab_Simulink при его частотном регулировании?
6. Как программируются параметры АД в электроприводах фирмы Siemens (Simovet Masterdrives, Vector Control и Sinamiks)?
7. Как программируются разомкнутая САП ПЧ-АД в электроприводах фирмы Siemens (Simovet Masterdrives, Vector Control и Sinamiks)?
8. Как получить кривые переменных в электроприводе с помощью программы Drive Monitor?
9. Как программируются скалярная САП ПЧ-АД с обратными связями по току статора в электроприводах фирмы Siemens (Simovet Masterdrives, Vector Control и Sinamiks)?
10. Как программируются скалярная САП ПЧ-АД с обратной связью по скорости в электроприводах фирмы Siemens (Simovet Masterdrives, Vector Control и Sinamiks)?

11. Как реализуется модель разомкнутой и скалярной САР ПЧ-АД в среде Matlab_Simulink?
12. Оцените диапазоны частотного регулирования скорости АД в разомкнутой системе управления при различных зависимостях статического момента на валу АД от его скорости.
13. Какие факторы влияют на выбор минимального и максимального значений частоты и напряжения на выходе преобразователя частоты?
14. Какие обратные связи способствуют увеличению жесткости механической характеристики асинхронного частотно-регулируемого электропривода? Дать сравнительную оценку различным способам стабилизации скорости АД.
15. Какими факторами ограничивается максимальный коэффициент положительной обратной связи по току статора АД в скалярной САР ПЧ-АД?
16. Определите для электропривода с ПИ-регулятором скорости скалярной САР ПЧ-АД характер изменения выходного напряжения регулятора скорости, частоты и напряжения на статоре двигателя, а также его скорости в функции момента на валу двигателя. Как они будут отличаться для двигателей с различными значениями номинальных скольжений?
17. Какими факторами ограничено применение разомкнутых систем с частотно-токовым управлением АД?

Раздел 3.

1. На примере векторной диаграммы основного потокосцепления и тока статора АД показать общность физических взаимосвязей в двигателе постоянного тока и АД.
2. Укажите особенности построения систем управления с ориентацией системы координат x , y по вектору потокосцепления статора и ротора.
3. Объясните назначение функциональных устройств $A1...A12$ и блоков ЭМФ и ИМ на функциональной схеме САР с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД.
4. Как реализуется модель векторной САР с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД в среде Matlab_Simulink?
5. Построить и сравнить регулировочные характеристики асинхронного электропривода и диаграммы изменений частоты, напряжения, составляющих тока статора по осям x и y , магнитного потока ротора в функции сигнала управления скоростью АД в системе управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД при отсутствии и наличии статической нагрузки на валу двигателя.
6. Построить и сравнить механические характеристики асинхронного электропривода и диаграммы изменения частоты, напряжения, составляющих тока статора по осям x и y , магнитного потока ротора в функции момента на валу АД в системе управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД при исходных заданных частотах выходного напряжения меньше и больше номинального их значения.
7. Оценить изменение механической характеристики электропривода в этой же системе управления при вариациях параметров регуляторов скорости, тока, уровней ограничения в блоках БО1, БО2.

Раздел 4.

1. От каких параметров СД зависит его перегрузочная способность и как её можно регулировать?
2. В чём состоят конструктивные различия между асинхронным и синхронным двигателями?
3. В каких электроприводах целесообразно применять синхронные двигатели с частотным регулированием скорости?
4. Как реализуется модель векторной САР ПЧ-СД среде Matlab_Simulink?
5. Как программируются векторная САР ПЧ-СД с обратной связью по скорости в электроприводах. Фирмы Siemens (Sinamics)?
6. В чем заключаются особенности системы управления синхронным двигателем с прямой ориентацией по вектору потокосцепления ротора.

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

- на оценку **«отлично»** – студент должен показать высокий уровень сформированности компетенций 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»** – студент должен показать средний уровень сформированности компетенций не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;
- на оценку **«удовлетворительно»** – студент должен показать пороговый уровень сформированности компетенций на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;
- на оценку **«неудовлетворительно»** – студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.