



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмшин

03.03.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

Направление подготовки (специальность)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы

Современный автоматизированный электропривод в производственных и технических системах

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения

очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированного электропривода и мехатроники
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск  
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 147)

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

26.02.2021, протокол № 6

Зав. кафедрой  А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

03.03.2021 г. протокол № 5

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

доцент 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 2022 - 2023 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 2023 - 2024 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 «Современный электропривод переменного тока» является рассмотрение теории и практики современного автоматизированного электропривода переменного тока, тенденции его развития.

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

Дисциплина Регулируемый электропривод переменного тока входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Регулируемый электропривод постоянного тока

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:

Автоматизированный электропривод Shneider Electric

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

Производственная - научно-исследовательская работа

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Регулируемый электропривод переменного тока» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2	Способность разрабатывать концепции системы электропривода
ПК-2.1	Формирует компетенции и задачи на разработку системы электропривода

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц 252 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 123 акад. часов;
- аудиторная – 119 акад. часов;
- внеаудиторная – 4 акад. часов;
- самостоятельная работа – 93,3 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 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. 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.	3	2	4/2И		4	Изучение вопросов теории по литературе		ПК-2.1
Итого по разделу		2	4/2И		4			
2. 2.Электромеханические свойства асинхронного двигателя (АД) .Структурная схема асинхронного двигателя как объекта регулирования								
2.1 Статические характеристики АД при различных законах регулирования скорости $U_1/f_1 = \text{const}$ , $\Psi_m = \text{const}$ , $\Psi_2 = \text{const}$ , $\Pi = \text{const}$ .	3	2	8/2И		4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
2.2 Разомкнутые системы управления асинхронным частотно - регулируемым электроприводом		2	6/2И		8	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
2.3 Принципы построения систем частотного регулирования скорости АД.		2	8/2И		4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
2.4 Замкнутые системы скалярного управления асинхронным частотно - регулируемым электроприводом		2	6/2И		8	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1

2.5 Моделирование системы скалярного управления с обратной связью по току статора.		2	6/2И		5,3	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
2.6 Исследование системы скалярного управления с обратной связью по скорости		2	5/2И		8	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
Итого по разделу		12	39/12И		37,3			
3. 3.Системы векторного управления асинхронным электроприводом								
3.1 Система управления с прямой ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД.	3	2	8/2И		8	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
3.2 Исследование системы управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД.		4	8/2И		6	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
3.3 Система управления моментом АД		2	4/2И		6	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
Итого по разделу		8	20/6И		20			
4. 4.Электромеханические свойства синхронного двигателя. Разработка структурной схемы синхронного двигателя как объекта регулирования								
4.1 Электромеханические свойства синхронного двигателя	3	3	6		8	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
4.2 Статические характеристики СД при $U_1 = \text{const}$ , $f_1 = \text{const}$ . Принципы частотного регулирования скорости и момента СД.		3	4		8	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
4.3 Моделирование системы автоматического регулирования координат СД.		2	6		8	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
4.4 Управление синхронным двигателем в схеме вентильного двигателя.		4	6		8	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
Итого по разделу		12	22		32			
Итого за семестр		34	85/20И		93,3		экзамен	
Итого по дисциплине		34	85/20И		93,3		экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Регулируемый электропривод переменного тока» 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 (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Анучин А.С., Системы управления электроприводов [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Анучин А.С. - М. : Издательский дом МЭИ, 2015. - 373 с. - ISBN 978-5-383-00918-5 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383009185.html>

2. Епифанов А. П., Малайчук Л. М., Гуцинский А. Г. Электропривод [Электронный ресурс]: Учебник / Под ред. А. П. Епифанова. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 400 с.:ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). Режим доступа: [http://e.lanbook.com/view/book/3812/page136/ ISBN 9785811412341](http://e.lanbook.com/view/book/3812/page136/ISBN9785811412341)

### **б) Дополнительная литература:**

1. Соколовский Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием.[Текст] - М.: Академия, 2006. –252 с.ISBN: 5-7695-2306-9.

2. Радимов С.Н. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод [Текст]: Учебное пособие. Одесса. ОНПУ, 2007.-38с

3. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов [Текст]: Учебное пособие. М.: Академия, 2005. -305с.ISBN: 5-7695-2911-3

4. Ильинский Н.Ф. Основы электропривода [Текст]. Учебное пособие для вузов. М.: Издательство МЭИ, 2007. – 164с.ISBN9785383000014

5. Розанов, Ю.К. Силовая электроника [Текст]: учебник для вузов / Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий, А.А. Кваснюк. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. –

632 с. ISBN 978-5-383-00169-1.

6. Энергосбережение и автоматизация производства в теплоэнергетическом хозяйстве города. Частотно-регулируемый электропривод [Электронный ресурс] / Крылов Ю. А., Карандаев А. С., Медведев В. Н. СПб.: "Издательство: Лань, 2013.-176 с., Код доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/10251> ISBN978-5-8114-1469-7

7. Фашиленко В.Н. Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок горных предприятий [Электронный ресурс]. Учебное пособие / В.Н. Фашиленко, Горная книга, 2010.-260с. Код доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/1532> ISBN978-5-98672-189-7:

8. Герман-Галкин С. Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab\_Simulink [Электронный ресурс]: Учебник/. С. Г. Герман-Галкин— СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 448 с.: ил.(+ CD). — (Учебники для вузов. Специальная литература). Код доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/36998/page45> ISBN 978-5-8114-1520-5

9. Федоров О.В. Оценки эффективности частотно-регулируемых электроприводов [Электронный ресурс]: Монография / О.В. Федоров. - М.: НИЦ Инфра - М, 2011. - 144 с.: 60x90 1/16. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=331889> – Заглавие с экрана. – ISBN 978-5-16-012051-5.

10. Журнал «Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика» <https://vestnik.susu.ru/power/issue/archive>

11. Журнал «Электротехнические системы и комплексы» <http://esik.magtu.ru/ru/>

12. Журнал "Вестник Ивановского государственного энергетического университета" <http://vestnik.ispu.ru/taxonomy/term/102#> -

#### **в) Методические указания:**

1. Лукин, А. Н. Моделирование регулируемых электроприводов переменного тока : учебное пособие / А. Н. Лукин, А. В. Белый ; МГТУ. - Магнитогорск, 2010. - 67 с. : ил., табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=315.pdf&show=dcatalogues>

2. Параметрирование преобразователей фирмы "SIMENS" : учебное пособие / [А. А. Радионов, А. В. Белый, С. А. Линьков и др.] ; МГТУ. - Магнитогорск, 2012. - 91 с. : ил., схемы, URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=608.pdf&show=dcatalogues>

3. Фомин, Н. В. Системы управления электроприводов : учебное пособие / Н. В. Фомин ; МГТУ. - Магнитогорск, 2012. - 293 с. : ил., граф., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=576.pdf&show=dcatalogues/>

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

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
NI MultiSim Education	К-68-08 от 29.05.2008	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
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Персональные ЭВМ с набором специализированного программного обеспечения для моделирования, визуализации и программирования систем.
2. Лабораторные стенды частотно-регулируемых асинхронных и синхронных электроприводов на базе преобразователей частоты фирмы Siemens (Simovet Masterdrives Vector Control (2 шт.) и Sinamics (1 шт.)).
3. Комплект мультимедийного оборудования (а.023,027, 227).
4. Комплект мультимедийных презентаций по всем темам дисциплины.

## Приложение 1

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
<b>Итого по разделу:</b>		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 $U_1/f_1 = \text{const}$ , $\Psi_m = \text{const}$ , $\Psi_2 =$		4	

Раздел/ тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Кол-во часов	Формы контроля
const, $I_1 = \text{const}$ .			
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	
<b>Итого по разделу</b>		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	
<b>Итого по разделу</b>		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	
<b>Итого по разделу</b>		10	

## Приложение 2

### 7.1 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.

## 7.2 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 (Simovert Masterdrives, VectorControl и Sinamiqs)?
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 (Simovert Masterdrives. Vector Control и Sinamics)?
7. Как программируются разомкнутая САР ПЧ-АД в электроприводах.фирмы Siemens (Simovert Masterdrives. Vector Control и Sinamics)?
8. Как получить кривые переменных в электроприводе с помощью программы Drive Monitor?
9. Как программируются скалярная САР ПЧ-АД с обратными связями по току статора в электроприводах .фирмы Siemens (Simovert Masterdrives. Vector Control и Sinamics)?
- 10.Как программируются скалярная САР ПЧ-АД с обратной связью по скорости в электроприводах .фирмы Siemens (Simovert Masterdrives. Vector Control и Sinamics)?
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  $A1 \dots A12$  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.