



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)**

**СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ**

Направление подготовки (специальность)  
15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Мехатронные системы в автоматизированном производстве

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированного электропривода и мехатроники
Курс	4, 5

Магнитогорск  
2023 год

Программа практики/НИР составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника (приказ Минобрнауки России от 17.08.2020 г. № 1046)

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:

доцент кафедры АЭПиМ, канд. техн. наук  С.А. Линьков

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 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

---

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

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

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины «Системы управления электроприводов» являются развитие у студентов личностных качеств, а также формирование профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника».

Задачами дисциплины являются:

- овладение студентами комплексом знаний и умений в области теории, принципов построения и способов реализации систем управления электроприводов постоянного и переменного тока, включая оптимальные, обеспечивающих требуемые законы изменения координат электропривода средствами аналоговой и цифровой техники;

- приобретение навыков проектирования, расчета и исследования таких систем с учетом характеристик и свойств объектов управления и особенностей применяемых технических средств, включая современные комплектные электроприводы;

- изучение методов теоретического и экспериментального исследования, расчета и проектирования систем управления;

- выработка умения применять полученные знания в будущей самостоятельной профессиональной деятельности.

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

Дисциплина Системы управления электроприводов входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Теория автоматического управления

Электрические машины

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

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Системы управления электроприводов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2	Способность подготовить к выпуску рабочей документации мехатронной системы
ПК-2.1	Обеспечивает оформление электронного и текстового экземпляра рабочей документации мехатронной системы

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

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

- контактная работа – 27,4 акад. часов;
- аудиторная – 22 акад. часов;
- внеаудиторная – 5,4 акад. часов;
- самостоятельная работа – 212 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. час
- подготовка к зачёту – 3,9 акад. час

Форма аттестации - зачет, курсовой проект, экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. 1. Лекции 4 семестр								
1.1 Введение: роль и место автоматизи-рованных электро-приводов в техноло-гических процессах; классификация си-стем управления; краткий обзор развития систем автоматического управления электроприводов (СУЭП)	4	0,5				Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
1.2 Релейно-контакторные схемы управления электроприводами. За-щиты в схемах электропривода. Блокировки и сигнализация в схемах электропривода		0,5				Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
1.3 Системы управления электроприводов с параллельными обратными связями (СУЭП с обратными связями по напряжению, току, скорости)		0,5				Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
1.4 Системы управления с подчиненным регулированием координат		0,5				Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1

1.5 Системы управления электроприводов по системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат. Настройка контура регулирования тока якоря.		0,5				Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
1.6 Настройка контура регулирования скорости вращения электропривода.		0,5				Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
1.7 Настройка контура регулирования скорости в двукратно-интегрирующей системы управления электропривода.		0,5				Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
1.8 Позиционная система управления электроприводом		0,3				Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
1.9 Двухзонная система управления электроприводом		0,2				Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
Итого по разделу	4							
2. 2. Лабораторные работы 4 семестр								
2.1 Разомкнутая система ТП-Д	4	0,5				Подготовка к лабораторной работе	лабораторные работы	ПК-2.1
2.2 «СУЭП с отрицательной обратной связью по напряжению»		0,5				Подготовка к лабораторной работе	лабораторные работы	ПК-2.1
2.3 «Исследование замкнутой системы регулирования электропривода с отрицательной обратной связью по скорости»		0,5				Подготовка к лабораторной работе	лабораторные работы	ПК-2.1
2.4 «СУЭП с обратными связями по току»		0,5				Подготовка к лабораторной работе	лабораторные работы	ПК-2.1
2.5 «СУЭП с внешним контуром скорости»		0,5				Подготовка к лабораторной работе	лабораторные работы	ПК-2.1
2.6 «СУЭП двухзонного регулирования»		0,5				Подготовка к лабораторной работе	лабораторные работы	ПК-2.1
2.7 «Исследование позиционной СУЭП»		1				Подготовка к лабораторной работе	лабораторные работы	ПК-2.1
Итого по разделу		4						
3. 3. Практические занятия								

3.1 Роль и место автоматизированных электроприводов в технологических процессах; классификация систем управления; краткий обзор развития систем автоматического управления электроприводов (СУЭП)				18,6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
3.2 Релейно-контакторные схемы управления электроприводами. Защиты в схемах электропривода. Блокировки и сигнализация в схемах электропривода				18,6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
3.3 Системы управления электроприводов с параллельными обратными связями (СУЭП с обратными связями по напряжению, току, скорости)				18,6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
3.4 Системы управления с подчиненным регулированием координат	4			18,6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
3.5 Системы управления электроприводов по системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат. Настройка контура регулирования тока якоря.				18,6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
3.6 Настройка контура регулирования скорости вращения электропривода.				18,6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
3.7 Настройка контура регулирования скорости в двукратно-интегрирующей системы управления электропривода.				18,6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
3.8 Позиционная система управления электроприводом				18,6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
3.9 Двухзонная система управления электроприводом				18,6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
Итого по разделу				167,4			
4. Форма контроля 4 семестр							
4.1 Зачет	4				Подготовка к зачету	зачет	ПК-2.1
Итого по разделу							
Итого за семестр	4	4		167,4		зачёт	

5. 1. Лекции 5 семестр								
5.1 Система преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД). Общие принципы частотного регулирования координат асинхронного двигателя.	5	0,5			6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
5.2 Разомкнутые и замкнутые системы скалярного управления асинхронным электроприводом.		0,5			6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
5.3 Векторная модель АД. Системы векторного управления ПЧ – АД.		0,5			6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
5.4 Расчет параметров АД по паспортным данным		0,5			6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
5.5 Расчет параметров схемы замещения ПЧ-АД		0,5			6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
5.6 Расчет параметров регуляторов си-стемы векторного управления ПЧ-АД		0,5			6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
5.7 Системы управления синхронным электроприводом		0,5			6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
5.8 Системы управления электроприводом с вентильным двигателем		2,5			2,6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
Итого по разделу		6			44,6			
6. 2. Лабораторные работы 5 семестр								
6.1 «Исследование скалярной системы регулирования ПЧ-АД»	5		0,2			Подготовка к лабораторной работе	Прием лабораторных работ	ПК-2.1
6.2 «Исследование скалярной системы регулирования ПЧ-АД с регулятором скорости»			0,2			Подготовка к лабораторной работе	Прием лабораторных работ	ПК-2.1
6.3 «Исследование скалярной системы регулирования ПЧ-АД для текстильной промышленности»			0,2			Подготовка к лабораторной работе	Прием лабораторных работ	ПК-2.1
6.4 «Исследование систем векторного управления ПЧ-АД»			0,2			Подготовка к лабораторной работе	Прием лабораторных работ	ПК-2.1



6.5 «Исследование бездатчиковой системы векторного управления ПЧ-АД»		0,2			Подготовка к лабораторной работе	Прием лабораторных работ	ПК-2.1
6.6 «Исследование системы векторного управления моментом ПЧ-АД»		3			Подготовка к лабораторной работе	Прием лабораторных работ	ПК-2.1
Итого по разделу		4					
7. 3. Практические занятия 5 семестр	5						
7.1 Система преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД). Общие принципы частотного регулирования координат асинхронного двигателя.			0,5		Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
7.2 Разомкнутые и замкнутые системы скалярного управления асинхронным электроприводом.			0,5		Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
7.3 Векторная модель АД. Системы векторного управления ПЧ – АД.			0,5		Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
7.4 Расчет параметров АД по паспортным данным	5		0,5		Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
7.5 Расчет параметров схемы замещения ПЧ-АД			0,5		Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
7.6 Расчет параметров регуляторов си-стемы векторного управления ПЧ-АД			0,5		Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
7.7 Системы управления синхронным электроприводом			0,5		Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
7.8 Системы управления электроприводом с вентильным двигателем			0,5		Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
Итого по разделу			4				
8. Форма контроля 5 семестр							
8.1 Экзамен	5				Подготовка к экзамену	Экзамен	
8.2 Курсовой проект							ПК-2.1
Итого по разделу							
Итого за семестр		6	4	4	44,6	экзамен,кп	
Итого по дисциплине		10	8	4	212	зачет, курсовой проект, экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

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

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Системы управления электроприводов» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме и в форме лекций-консультаций. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки домашних заданий, при решении задач на практических занятиях, при подготовке к контрольным работам 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. Ощепков, А. Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB [Электронный ресурс]: Учебное пособие.- 2-е изд., испр. и доп.-СПб.: Издательство «Лань», 2013.- 208 с.: ил.-(Учебники для вузов. Специальная литература).- Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=5849](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5849).- Заглавие с экрана.- ISBN 978-5-8114-1471-0

2. Бекишев, Р. Ф. Электропривод : учебное пособие для академического бакалавриата / Р. Ф. Бекишев, Ю. Н. Дементьев. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 301 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-00514-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/413953>

### **б) Дополнительная литература:**

1. Колганов, А. Р. Электромеханотронные системы. Современные методы управления, реализации и применения : учебное пособие / Колганов А. Р. , Лебедев С. К. , Гнездов Н. Е. - Москва : Инфра-Инженерия, 2019. - 256 с. - ISBN 978-5-9729-0295-8. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972902958.html> (дата обращения: 25.05.2021). - Режим доступа : по подписке.

2. Фираго, Б. И. Векторные системы управления электроприводами : учеб. пособие / Б. И. Фираго, Д. С. Васильев - Минск : Выш. шк. , 2016. - 159 с. - ISBN 978-985-06-2624-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850626240.html> (дата обращения: 25.05.2021). - Режим доступа : по подписке.

### **в) Методические указания:**

1. Фомин Н. В., Омельченко Е. Я., Белый А. В., Шохин В. В. Исследование систем управления электроприводов с параллельными обратными связями: Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Системы управления электроприводов» для студентов специальностей 140604, 140600 и 220401. Магнитогорск: МГТУ, 2013, 36 с.

2. Фомин Н. В. Системы управления электроприводов. Курсовое проектирование: учеб. пособие /Н. В. Фомин.- Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2014. 102 с. (приложение)

3. Васильев, В.Ф. Частотное регулирование однофазного асинхронного двигателя [Текст]. Ч.2.: учебное пособие/ В.Ф. Васильев, В.И. Королев, К.А. Шиповалова; М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2018. – 19 с.

4. Омельченко Е. Я. Исследование системы управления асинхронно – вентильным каскадом: методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Системы управления электроприводов» для студентов специальностей 140604, 140600, 220401. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2013. 15 с

5. Фомин Н. В., Радионов А. А., Белый А. В., Линьков С. А., Мерзляков Ю. В., Толмачев Г. Г., Параметрирование преобразователей фирмы «SIEMENS» Учеб. пособие. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2011. 94 с

#### 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

##### 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>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Лекционная аудитория № 123, 227, 023	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Аудитория для практических занятий № 227а, 023	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Лаборатория электрического привода Siemens, Simovert, Simoreg (ауд. 023)	Учебные лабораторные стенды электрического привода Siemens, Simovert, Simoreg

Лаборатория систем управления электрического привода (ауд. 025)	Учебные лабораторные стенды систем управления электрического привода
Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы (ауд. 227а, 023); читальные залы библиотеки	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

## Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Системы управления электроприводов» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает ответы на вопросы на лабораторных занятиях при защите работ.

### Вопросы к лабораторной работе №1 «Разомкнутая система ТП-Д»

1. Какие особенности присущи тиристорному преобразователю (ТП), как динамическому звену системы электропривода?
2. Какая передаточная функция ТП принимается при исследовании динамических свойств системы электропривода?
3. Какие параметры определяют величину постоянной времени ТП?
4. От чего зависит величина коэффициента передачи ТП? В каком случае коэффициент остается постоянным, а в каком переменным?
5. Как рассчитать параметры ТП?
6. Какие допущения принимаются при выводе структурной схемы электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ)?
7. Как получить структурную схему электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения?
8. Какие управляющие и возмущающие воздействия можно выделить для ДПТ?
9. Какие факторы определяют быстродействие якорной цепи ДПТ?
10. Какие факторы определяют быстродействие электромеханического преобразования в ДПТ?
11. Как определить передаточную функцию ДПТ по управляющему воздействию?
12. Как получить передаточную функцию ДПТ по возмущающему воздействию?
13. Что влияет на коэффициент демпфирования ДПТ?
14. В каком случае переходные процессы в ДПТ носят колебательный характер?
15. В каком случае переходные процессы в ДПТ апериодические?
16. Как рассчитать параметры якорной цепи ДПТ?
17. Как рассчитать параметры электромеханического преобразователя ДПТ?
18. Как определить корни характеристического уравнения ДПТ?

### Вопросы к лабораторной работе №2 «СУЭП с отрицательной обратной связью по напряжению»

1. Что такое обратная связь?
2. Какая обратная связь считается отрицательной, а какая положительной?
3. В чем отличие жесткой обратной связи от гибкой?
4. Что такое задержанная обратная связь?
5. Как выполняется система управления с параллельными обратными связями? Какие достоинства и недостатки присущи данным СУЭП?
6. Как осуществляется обратная связь по напряжению?
7. Структурная схема системы управления с отрицательной обратной связью по напряжению?

8. Как получить вырожденную структурную схему данной СУЭП?
9. Как получить уравнение электромеханической характеристики на основании вырожденной структурной схемы данной СУЭП?
10. Какой параметр определяет величина напряжения на входе регулятора скорости (РС)?
11. Как изменится скорость вращения двигателя при обрыве цепи обратной связи?
12. Какие параметры системы управления влияют на величину жесткости электромеханической характеристики замкнутой СУЭП?
13. Как изменится вид электромеханической характеристики, если при неизменной величине напряжения задания на входе РС увеличить значение коэффициента обратной связи по напряжению  $K_{он}$ ?
14. Как изменится статическая просадка по скорости в замкнутой СУЭП при уменьшении величины коэффициента усиления РС  $K_{рс}$ ?
15. Какая предельная жесткость электромеханической характеристики получается в данной СУЭП?
16. Как получить предельную жесткость электромеханической характеристики при реальных параметрах системы управления?
17. Как рассчитать величину  $K_{рс}$  для получения заданной жесткости электромеханической характеристики?
18. Как отразится на виде электромеханической характеристики замкнутой СУЭП уменьшение  $K_{он}$ ?
19. Как получить уравнение внешней характеристики данной СУЭП на основании вырожденной схемы?
20. Поясните физический смысл повышения жесткости электромеханической характеристики данной СУЭП?

**Вопросы к лабораторной работе №3 «Исследование замкнутой системы регулирования электропривода с отрицательной обратной связью по скорости»**

1. Как реализуется обратная связь по скорости вращения электропривода?
2. Структурная схема СУЭП с отрицательной обратной связью по скорости.
3. Как получить уравнение электромеханической характеристики данной СУЭП на основании вырожденной структурной схемы?
4. Как изменится скорость идеального холостого хода данной СУЭП при снижении величины  $K_{рс}$  и неизменном значении напряжения задания на входе РС?
5. Как влияет величина коэффициента обратной связи по скорости  $K_{ос}$  на вид электромеханических характеристик?
6. Какова предельная жесткость электромеханической характеристики в данной СУЭП?
7. С какой целью на выходе тахогенератора устанавливают делитель напряжения?
8. С какой целью выходное напряжение тахогенератора подвергают фильтрации?
9. Как влияет величина  $K_{рс}$  на статическую просадку скорости в данной СУЭП?
10. Изменится ли величина статической просадки скорости в данной СУЭП при увеличении напряжения задания на входе РС?
11. Как получить предельную жесткость электромеханической характеристики при реальных параметрах системы управления?
12. Как выглядит внешняя характеристика в данной СУЭП для обеспечения предельной жесткости электромеханической характеристики?

13. Как рассчитать величину  $K_{рс}$  для получения заданной жесткости электромеханической характеристики?
14. Как правильно подключить отрицательную обратную связь по скорости на вход РС?
15. Как влияет величина момента нагрузки на жесткость электромеханической характеристики?

#### **Вопросы к лабораторной работе №4 «СУЭП с обратными связями по току»**

1. Как реализуется обратная связь по якорному току электропривода?
2. Структурная схема СУЭП с положительной обратной связью по величине якорного тока.
3. Как получить вырожденную структурную схему данной СУЭП?
4. Как вывести уравнение электромеханической характеристики для данной СУЭП на основании вырожденной структурной схемы?
5. Как влияет величина коэффициента обратной связи по току  $K_{от}$  на вид электромеханической характеристики?
6. Как определить величину  $K_{от}$  для получения абсолютно жесткой электромеханической характеристики?
7. Как определить величину  $K_{от}$  для получения жесткости естественной характеристики?
8. Почему на практике одну положительную обратную связь по току не применяют?
9. Что такое токовая отсечка? Как реализуется токовая отсечка?
10. Вырожденная структурная схема СУЭП с токовой отсечкой.
11. Как получить уравнение электромеханической характеристики СУЭП с токовой отсечкой?
12. Как влияет величина напряжения задания на входе регулятора на величину тока отсечки?
13. Как изменится вид электромеханической характеристики при увеличении коэффициента  $K_{от}$ ?
14. Как рассчитать коэффициенты данной СУЭП для получения заданной величины тока стопорения?
15. Как в данной СУЭП задать величину необходимого тока отсечки?
16. Как изменится вид электромеханической характеристики при изменении величины напряжения задания на входе регулятора?

#### **Вопросы к лабораторной работе № 5 «СУЭП с внешним контуром скорости»**

1. Принципы оптимизации в системах подчиненного регулирования координат.
2. Расчет передаточных функций регуляторов.
3. Порядок настройки контура регулирования якорного тока.
4. Порядок настройки контура регулирования скорости.
5. Логарифмические частотные характеристики при модульном и симметричном оптимумах
6. Влияние параметров САР на статические и динамические свойства системы.
7. Структурная схема двухконтурной САР скорости.
8. Ограничение координат и производных в системах подчиненного регулирования координат.
9. Оценка качества статических и динамических свойств замкнутой системы.
10. Пуск под «отсечку» на холостом ходу и под нагрузкой.
11. Пуск от ЗИ в системах регулирования с П – РС и ПИ- РС.

12. Реакция системы регулирования скорости с П – РС и ПИ- РС на наброс нагрузки.

**Вопросы к лабораторной работе № 6 «СУЭП двухзонного регулирования»**

1. Особенности работы схемы двухзонного регулирования скорости.
2. Осуществление автоматического разделения зон регулирования.
3. Особенности настройки контура регулирования тока возбуждения, структурная схема контура регулирования тока возбуждения и потока двигателя.
4. Настройка датчика ЭДС двигателя.
5. Оценка качества динамических свойств системы двухзонного регулирования скорости.
6. Компенсация нелинейностей, связанных с двухзонным регулированием.
7. Особенности работы системы двухзонного регулирования при пуске под отсечку и от задатчика интенсивности.

**Вопросы к лабораторной работе № 7 «Исследование позиционной СУЭП»**

1. Структурная схема трехконтурной системы регулирования.
2. Особенности работы позиционной САР при малых, средних и больших перемещениях.
3. Фазовые характеристики при отработке перемещений.
4. Оценка качества статических и динамических свойств позиционной САР.

**Вопросы к лабораторной работе № 1 «Исследование скалярной системы регулирования ПЧ-АД», № 2 «Исследование скалярной системы регулирования ПЧ-АД с регулятором скорости», № 3 «Исследование скалярной системы регулирования ПЧ-АД для текстильной промышленности»**

1. Какие основные законы частотного регулирования?
2. Какая система управления относится к скалярной?
3. Как настраивается функциональный блок  $U/f$ ?
4. Каким образом осуществляется токовая отсечка в системе скалярного управления?
5. Как осуществляется компенсация скольжения?
6. Как осуществляется компенсация падения напряжения в статорной цепи?
7. Как изменяется вид механических характеристик при изменении коэффициентов компенсации?
8. Какой вид имеет механическая характеристика в системе с регулятором скорости (обратной связью по скорости)?

**Вопросы к лабораторной работе № 4 «Исследование систем векторного управления ПЧ-АД», № 5 «Исследование бездатчиковой системы векторного управления ПЧ-АД», № 6 «Исследование системы векторного управления моментом ПЧ-АД»**

1. В чем отличие системы векторного управления от системы скалярного управления?
2. С какой целью в системах векторного управления применяют координатные преобразователи?
3. Как настраивают контуры регулирования тока статора в системах векторного управления?
4. Как определяют потокосцепление статора?
5. Как определяют потокосцепление ротора?
6. Как выполняется построение контура регулирования скорости?



7. Как осуществляется настройка контура потокосцепления?
8. Как строится система управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД?
9. Вид механических характеристик в системе векторного управления, влияние настроек на вид механической характеристики?
10. Укажите достоинства и недостатки систем векторного управления АД без датчика скорости?

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу с проработкой материала; и написания курсовой работы.

«Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации»

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-2: Способность подготовить к выпуску рабочей документации мехатронной системы		
ПК-2.1	Обеспечивает оформление электронного и текстового экземпляра рабочей документации мехатронной системы	<p><b>Вопросы для промежуточной аттестации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– В функции каких основных параметров выполняется построение релейно – контакторных систем управления электроприводов?</li> <li>– Как осуществляется управление пуско – тормозными режимами электроприводов в функции времени?</li> <li>– Как осуществляется управление пуско – тормозными режимами электроприводов в функции скорости (ЭДС)?</li> <li>– Как осуществляется управление пуско – тормозными режимами электроприводов в функции тока (момента)?</li> <li>– Что такое защита и блокировка в схемах управления электроприводов?</li> <li>– Какие виды защит применяются в схемах управления электроприводов?</li> <li>– Как рассчитать уставки основных защит?</li> <li>– Как выполнить переход от релейно–контакторной схемы управления к бесконтактной?</li> <li>– Какие функциональные элементы применяются в программируемых контроллерах для реализации схем управления пуско–тормозными режимами электроприводов?</li> <li>– Какая жесткость механической характеристики обеспечивается при помощи отрицательной обратной связи по напряжению?</li> <li>– Какая жесткость механической характеристики обеспечивается при помощи отрицательной обратной связи по скорости?</li> </ul>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Какие механической характеристики можно получить применяя положительную обратную связь по якорному току?</li> <li>– Принцип работы САР с положительной обратной связью по току электродвигателя и токовой отсечкой, механические характеристики электропривода?</li> <li>– Принцип построения систем подчиненного регулирования с последовательной коррекцией, выбор передаточной функции регулятора для получения оптимальных переходных процессов</li> <li>– Контур регулирования якорного тока, настройка на получение оптимального переходного процесса</li> <li>– Ограничение координат в системах подчиненного регулирования</li> <li>– Ограничение ускорения в системах подчиненного регулирования</li> <li>– Необходимость компенсации влияния против ЭДС электродвигателя на работу токового контура в системе подчиненного регулирования, принципы компенсации.</li> <li>– Необходимость учета влияния прерывистого режима работы тиристорного преобразователя на работу токового контура в системе подчиненного регулирования, применение адаптивного регулятора тока якоря.</li> <li>– Необходимость учета влияния прерывистого режима работы тиристорного преобразователя на работу токового контура в системе подчиненного регулирования, применение двойного регулятора тока якоря.</li> <li>– Система подчиненного регулирования с П – РС и ПИ - РТ, принцип работы,</li> </ul>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>статические и динамические характеристики.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Система подчиненного регулирования с ПИ – РС и ПИ - РТ, принцип работы, статические и динамические характеристики.</li> <li>– Система подчиненного регулирования положением механизма, принцип работы, статические и динамические характеристики.</li> <li>– Двухзонная система подчиненного регулирования, принцип работы, настройка контура регулирования скорости, необходимость применения множително – делительных и делительных устройств, статические и динамические характеристики.</li> <li>– Двухзонная система подчиненного регулирования, принцип работы, настройка контура регулирования ЭДС электродвигателя, необходимость применения делительных устройств, статические и динамические характеристики.</li> <li>– В чем заключается отличие позиционных систем от следящих;</li> <li>– Какие основные режимы работы отработывает позиционный электропривод?</li> <li>– Как происходит отработка малых перемещений?</li> <li>– Как происходит отработка средних перемещений?</li> <li>– Как происходит отработка больших перемещений?</li> <li>– С какой целью реализуется нелинейный регулятор положения?</li> <li>– Что влияет на точность позиционирования?</li> <li>– Как обеспечить заданную точность позиционирования?</li> <li>– Какие особенности преобразователей частоты, применяемых в</li> </ul>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>электроприводе переменного тока?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Какие механические характеристики электрических машин можно получить при реализации основных законов частотного регулирования?</li> <li>– Как выполняется построение систем скалярного управления электроприводов переменного тока?</li> <li>– Каковы принципы построения систем векторного управления электроприводов переменного тока?</li> <li>– Какие основные элементы входят в состав систем векторного управления?</li> </ul> <p>Какие структурные схемы применяют для реализации систем векторного управления?</p>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Системы управления электроприводами» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений. Дисциплина «Система управления электроприводами» длится 2 семестра, первый семестр заканчивается экзаменом, второй заканчивается сдачей курсового проекта и зачетом с оценкой.

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 «Силовая электроника». 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.