



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

УТВЕРЖДАЮ  
Директор Филиала в г. Белорецк  
Д.Р. Хамзина  
18.02.2020 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ***

Направление подготовки (специальность)  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Электропривод и автоматика

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Филиал в г. Белорецк
Кафедра	Металлургии и стандартизации
Курс	4
Семестр	7, 8

Магнитогорск  
2020 год

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

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Metallургии и стандартизации

10.02.2020, протокол № 6

Зав. кафедрой  С.М. Головизнин

Рабочая программа одобрена методической комиссией Филиал в г. Белорецк

18.02.2020 г. протокол № 6

Председатель  Д.Р. Хамзина


Рабочая программа составлена:

доцент кафедры МиС, канд. техн. наук

 О.А. Сарапулов

Рецензент:

начальник ЦРЭО АО "БМК"

 Д.О. Тертычный

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Металлургии и стандартизации

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Головизнин

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Металлургии и стандартизации

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Головизнин

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Металлургии и стандартизации

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Головизнин

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Металлургии и стандартизации

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Головизнин

### **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 13.03.02.

### **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:

Силовая электроника

Электрический привод

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

Автоматизированный электропривод

Автоматизированный электропривод в современных технологиях (в металлургии)

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Производственная-преддипломная практика

### **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-4	Способность подготовить комплект конструкторской документации эскизного, технического и рабочего проектов системы электропривода
ПК-4.1	Осуществляет подготовку комплекта конструкторской документации, технических и рабочих проектов системы электропривода

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц 360 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 224,7 акад. часов;
- аудиторная – 217 акад. часов;
- внеаудиторная – 7,7 акад. часов
- самостоятельная работа – 99,6 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен, курсовой проект, зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Введение								
1.1 Введение: роль и место автоматизированных электроприводов в технологических процессах; классификация систем управления; краткий обзор развития систем автоматического управления электроприводов (СУЭП)	7	4		2	2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	устный опрос (собеседование), практические задания	ПК-4.1
Итого по разделу		4		2	2			
2. Релейно-контакторные схемы управления электроприводами								
2.1 Релейно-контакторные схемы управления электроприводами. Защиты в схемах электропривода. Блокировки и сигнализация в схемах электропривода	7	5	6/4И	5/4И	5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических заданий, подготовка к лабораторным работам.	устный опрос (собеседование), защита лабораторных работ	ПК-4.1
Итого по разделу		5	6/4И	5/4И	5			
3. Системы управления электроприводов с параллельными обратными связями								

3.1 Системы управления электроприводов с параллельными обратными связями (СУЭП с обратными связями по напряжению, току, скорости)	7	5	6/4И	5/2И	5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических заданий, подготовка к лабораторным работам.	устный опрос (собеседование), защита лабораторных работ	ПК-4.1
3.2 Исследование замкнутой системы регулирования электропривода с отрицательной обратной связью по скорости				2/2И		5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических заданий, подготовка к лабораторным работам.	проверка оформления лабораторных работ, устный опрос (собеседование), защита лабораторных работ
Итого по разделу		5	8/6И	5/2И	10			
4. Системы управления с подчиненным регулированием координат								
4.1 Системы управления с подчиненным регулированием координат	7	5	6/4И	5	5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических заданий, подготовка к лабораторным работам.	устный опрос (собеседование), защита лабораторных работ	ПК-4.1
4.2 Системы управления электроприводов по системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат. Настройка контура регулирования тока якоря.		5	5/4И	5	4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических заданий, подготовка к лабораторным работам.	устный опрос (собеседование), защита лабораторных работ	ПК-4.1
4.3 Настройка контура регулирования скорости вращения электропривода.		5	5/4И	5	4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических заданий, подготовка к лабораторным работам.	устный опрос (собеседование), защита лабораторных работ	ПК-4.1

4.4 Настройка контура регулирования скорости в двукратно-интегрирующей системе управления электропривода.	5	5/4И	5	4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических заданий, подготовка к лабораторным работам.	устный опрос (собеседование), защита лабораторных работ	ПК-4.1
4.5 Динамические свойства систем с регулятором скорости и внутренним регулятором тока	5	5/4И	5	4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических заданий, подготовка к лабораторным работам.	устный опрос (собеседование), защита лабораторных работ	ПК-4.1
4.6 Системы управления электроприводов в двухзонной системе регулирования скорости электродвигателя	5	5/4И	5	4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических заданий, подготовка к лабораторным работам.	устный опрос (собеседование), защита лабораторных работ	ПК-4.1
4.7 Позиционная система управления электроприводом	5	5/2И	6	4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических заданий, подготовка к лабораторным работам.	устный опрос (собеседование), защита лабораторных работ	ПК-4.1
4.8 Расчет нелинейного регулятора положения	5	4/2И	6	3,3	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических заданий, подготовка к лабораторным работам.	устный опрос (собеседование), защита лабораторных работ	ПК-4.1
Итого по разделу	40	40/28И	42	32,3			
Итого за семестр	54	54/38И	54/6И	49,3		экзамен	
5. Частотное регулирование скорости электроприводов переменного тока							

5.1 Система преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД). Общие принципы частотного регулирования координат асинхронного двигателя.	8	2	6		4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических заданий, подготовка к лабораторным работам.	устный опрос (собеседование), защита лабораторных работ	ПК-4.1
5.2 Разомкнутые и замкнутые системы скалярного управления асинхронным электроприводом.		2	6/2И		4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических заданий, подготовка к лабораторным работам.	устный опрос (собеседование), защита лабораторных работ	ПК-4.1
5.3 Векторная модель АД. Системы векторного управления ПЧ – АД.		4	6/2И		4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических заданий, подготовка к лабораторным работам.	устный опрос (собеседование), защита лабораторных работ	ПК-4.1
5.4 Расчет параметров регуляторов системы векторного управления ПЧ-АД		4	4/2И		4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических заданий, подготовка к лабораторным работам.	устный опрос (собеседование), защита лабораторных работ	ПК-4.1
5.5 Системы управления синхронным электроприводом		4	4/2И		4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических заданий, подготовка к лабораторным работам.	устный опрос (собеседование), защита лабораторных работ	ПК-4.1



5.6 Системы управления электроприводом с вентильным двигателем		4	4/2И		4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических заданий, подготовка к лабораторным работам.	устный опрос (собеседование), защита лабораторных работ	ПК-4.1
5.7 Исследование систем векторного управления ПЧ-АД		2	3/2И		5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, выполнение практических заданий, подготовка к лабораторным работам.	устный опрос (собеседование), защита лабораторных работ	ПК-4.1
Итого по разделу		22	33/12И		29			
6. Курсовое проектирование								
6.1 Выполнение курсового проекта	8				21,3	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Подготовка пояснительной записки и презентации	Защита курсового проекта	ПК-4.1
Итого по разделу					21,3			
Итого за семестр		22	33/12И		50,3		зао,кп	
Итого по дисциплине		76	87/50И	54/6И	99,6		экзамен, курсовой проект, зачет с оценкой	

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины используются традиционная и информационно-коммуникационные образовательные технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-визуализаций. На лекции-визуализации изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов). Возможны лекции – консультации, на которых изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

При проведении практических занятий используются работа в команде и методы информационных технологий.

## **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. Герман-Галкин, С. Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab-Simulink : учебно-методическое пособие / С. Г. Герман-Галкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1520-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/36998> (дата обращения: 03.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Поляков, А. Е. Электрические машины, электропривод и системы интеллектуального управления электротехническими комплексами : учеб. пособие / А. Е. Поляков, А. В. Чесноков, Е. М. Филимонова. — Москва : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2019. — 224 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-00091-707-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1026781> (дата обращения: 02.10.2020). — Режим доступа: по подписке.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Ившин, В. П. Современная автоматика в системах управления технологическими процессами : учебник / В. П. Ившин, М. Ю. Перухин. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 402 с. : ил. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-013335-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1093431> (дата обращения: 03.10.2020). — Режим доступа: по подписке.

2. Фомин, Н. В. Системы управления электроприводами [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. В. Фомин ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2014. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Found.asp> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Фомин, Н. В. Системы управления электроприводами. Курсовое проектирование [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. В. Фомин ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2014. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Found.asp> — Режим доступа: для авториз.

пользователей.

4. Фомин, Н. В. Системы подчиненного регулирования координат в электро-приводах постоянного тока [Текст] : учебное пособие / Н. В. Фомин ; МГТУ, [ каф. АЭиМ ]. - Магнитогорск, 2010. - 199с. : ил., граф., схемы, табл. <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Found.asp> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Фомин, Н.В. Параметрирование преобразователей «Simoreg» и «Simovert» [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Н. В. Фомин, Е. Я. Омельченко, В. В. Шохин и др./ Магнитогорск, ФГБОУ ВО "Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова", 2017. № госрегистрации 0321701900 <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Found.asp> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Терехин, В.Б. Компьютерное моделирование систем электропривода постоянного и переменного тока в Simulink : учебное пособие / В.Б. Терехин, Ю.Н. Демен-тьев. — Томск : ТПУ, 2015. — 307 с. — ISBN 978-5-4387-0558-1. — Текст : элек-тронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/82848> . — Режим доступа: для авториз. пользователей

#### **в) Методические указания:**

1. Фомин Н. В., Омельченко Е. Я., Белый А. В., Шохин В. В. Исследование си-стем 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., Белый А. В., Омельченко Е. Я. Исследование систем подчи-ненного регулирования: методические указания к лабораторным работам по дисци-плине «Системы управления электроприводов» для студентов специальности 140604. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010.- 25 с.

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

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

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

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MS Windows XP Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MathWorks MathLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно
MS Windows 7(Белорецк)	К-171-09 от 18.10.2009	бессрочно

MS Office 2007(Белорецк)	К-171-09 от 18.10.2009	бессрочно
FAR Manager	свободно	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	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Университетская информационная система РОССИЯ	<a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Лекционная аудитория: мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации;

Лаборатория систем управления электроприводов: универсальные лабораторные стенды (электрические машины, вентильные преобразователи, датчики, измерительные приборы, осциллографы);

Учебная аудитория для выполнения курсового проекта, помещение для самостоятельной работы обучающихся: персональные компьютеры с пакетом MS Office, Matlab+Simulink и выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: стеллажи для хранения учебно-методической документации, сейфы для хранения учебного оборудования, инструменты для ремонта лабораторного оборудования.

## **Приложение 1**

### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

Аудиторная самостоятельная работа студентов на практических занятиях осуществляется под контролем преподавателя.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде проработки материалов лекций с применением рекомендуемой литературы, выполнения контрольных работ, работы над курсовым проектом, подготовки к зачету и экзамену.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ**

В соответствии с вариантом задания (номер задания соответствует последним двум цифрам зачетной книжки) необходимо выписать параметры электрического двигателя, тиристорного преобразователя, токоограничивающего реактора или трансформатора и тахогенератора.

Для электродвигателя с номинальным напряжением 220 В, принять схему трансформаторного подключения тиристорного преобразователя. Коэффициент передачи ТП принять равным 25.

Для электродвигателя с номинальным напряжением 440 В, принять схему подключения тиристорного преобразователя к сети переменного тока напряжением 380 В через токоограничивающий реактор. Коэффициент передачи ТП принять равным 50.

#### **КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1**

##### **РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТП-Д**

1. Начертить силовую схему системы ТП-Д для заданной схемы питания ТП.
2. Начертить структурную схему системы ТП-Д с необходимыми обратными связями по регулируемым координатам.
3. Рассчитать параметры структурной схемы ТП-Д (необходимые формулы приведены в методических указаниях).
4. Начертить структурную схему ТП-Д с рассчитанными параметрами.

#### **КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2**

##### **НАСТРОЙКА КОНТУРА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОКА НА МОДУЛЬНЫЙ ОПТИМУМ**

1. Начертить структурную схему контура регулирования якорного тока.
2. Определить передаточную функцию регулятора тока при настройке контура на модульный оптимум.
3. Рассчитать параметры регулятора тока якоря.
4. Начертить схему регулятора тока на операционном усилителе.
5. Реализовать регулятор тока на операционном усилителе.

#### **КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 3**

##### **НАСТРОЙКА КОНТУРА РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ**

1. Начертить структурную схему контура регулирования скорости.
2. Определить передаточную функцию регулятора скорости при настройке на модульный оптимум.
3. Рассчитать параметры регулятора скорости.
4. Начертить схему регулятора скорости на операционном усилителе.
5. Реализовать регулятор скорости на операционном усилителе.

6. Рассчитать просадку скорости при номинальном токе.
7. Построить электромеханическую характеристику при максимальном и нулевом задании на входе регулятора скорости с учетом ограничения выходного напряжения.

#### Варианты задания

№ варианта	Тип двигателя	$P_n$ , кВт	$U_n$ , В	$n_n$ , об/мин	$J_{мех}/J_{дв}$	$T_{\mu}$ мс
1	2	3	4	5	6	
1	Д41	16	220	670	0,2	5
2	Д41	15	440	695	0,3	5
3	Д808	37	220	565	0,4	10
4	Д808	37	440	565	0,5	10
5	Д810	55	220	540	0,6	8
6	Д810	55	440	550	0,6	8
7	Д812	75	220	500	0,8	10
8	Д812	70	440	510	1,0	10
9	Д814	110	220	490	1,2	5
10	Д814	110	440	490	1,4	5
11	Д816	150	220	470	1,2	6
12	Д816	150	440	480	1,0	6
13	Д818	185	220	440	0,8	8
14	Д818	185	440	440	0,7	8
15	Д22	8	220	1450	0,6	10
16	Д22	7	440	1420	0,6	10
17	Д32	18	220	1140	0,5	5
18	Д32	17	440	1150	0,8	5
19	Д806	32	220	980	0,4	6
20	Д806	32	440	980	0,6	6
21	Д41	16	220	690	0,8	8
22	Д41	15	440	710	1,0	8
23	Д808	37	220	575	1,2	10
24	Д808	37	440	575	0,6	10
25	Д810	55	220	550	0,8	5
26	Д810	55	440	560	0,5	5
27	Д812	75	220	515	0,4	6
28	Д812	70	440	520	0,2	8
29	Д814	110	220	500	0,3	8
30	Д814	110	440	500	0,4	10
31	Д816	150	220	480	0,5	10
32	Д816	150	440	490	0,6	5
33	Д818	185	220	450	0,6	5
34	Д818	185	440	450	0,8	6
35	Д22	8	220	1510	1,0	6
36	Д22	7	440	1460	1,2	10
37	Д32	18	220	1190	1,4	10
38	Д32	17	440	1190	1,2	5
39	Д806	32	220	1000	1,0	5

40	Д806	32	440	1000	0,2	6
----	------	----	-----	------	-----	---

*Вопросы к лабораторным занятиям*

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?
19. Что такое обратная связь?
20. Какая обратная связь считается отрицательной, а какая положительной?
21. В чем отличие жесткой обратной связи от гибкой?
22. Что такое задержанная обратная связь?
23. Как выполняется система управления с параллельными обратными связями? Какие достоинства и недостатки присущи данным СУЭП?
24. Как осуществляется обратная связь по напряжению?
25. Структурная схема системы управления с отрицательной обратной связью по напряжению?
26. Как получить вырожденную структурную схему данной СУЭП?
27. Как получить уравнение электромеханической характеристики на основании вырожденной структурной схемы данной СУЭП?
28. Какой параметр определяет величина напряжения на входе регулятора скорости (РС)?
29. Как изменится скорость вращения двигателя при обрыве цепи обратной связи?
30. Какие параметры системы управления влияют на величину жесткости электромеханической характеристики замкнутой СУЭП?
31. Как изменится вид электромеханической характеристики, если при неизменной величине напряжения задания на входе РС увеличить значение коэффициента обратной связи по напряжению  $K_{он}$ ?
32. Как изменится статическая просадка по скорости в замкнутой СУЭП при уменьшении величины коэффициента усиления РС  $K_{рс}$ ?
33. Какая предельная жесткость электромеханической характеристики получается в данной СУЭП?
34. Как получить предельную жесткость электромеханической характеристики при реальных параметрах системы управления?

35. Как рассчитать величину  $K_{рс}$  для получения заданной жесткости электромеханической характеристики?
36. Как отразится на виде электромеханической характеристики замкнутой СУЭП уменьшение  $K_{он}$ ?
37. Как получить уравнение внешней характеристики данной СУЭП на основании вырожденной схемы?
38. Поясните физический смысл повышения жесткости электромеханической характеристики данной СУЭП?
39. Как реализуется обратная связь по скорости вращения электропривода?
40. Структурная схема СУЭП с отрицательной обратной связью по скорости.
41. Как получить уравнение электромеханической характеристики данной СУЭП на основании вырожденной структурной схемы?
42. Как изменится скорость идеального холостого хода данной СУЭП при снижении величины  $K_{рс}$  и неизменном значении напряжения задания на входе РС?
43. Как влияет величина коэффициента обратной связи по скорости  $K_{ос}$  на вид электромеханических характеристик?
44. Какова предельная жесткость электромеханической характеристики в данной СУЭП?
45. С какой целью на выходе тахогенератора устанавливают делитель напряжения?
46. С какой целью выходное напряжение тахогенератора подвергают фильтрации?
47. Как влияет величина  $K_{рс}$  на статическую просадку скорости в данной СУЭП?
48. Изменится ли величина статической просадки скорости в данной СУЭП при увеличении напряжения задания на входе РС?
49. Как получить предельную жесткость электромеханической характеристики при реальных параметрах системы управления?
50. Как выглядит внешняя характеристика в данной СУЭП для обеспечения предельной жесткости электромеханической характеристики?
51. Как рассчитать величину  $K_{рс}$  для получения заданной жесткости электромеханической характеристики?
52. Как правильно подключить отрицательную обратную связь по скорости на вход РС?
53. Как влияет величина момента нагрузки на жесткость электромеханической характеристики?
54. Как реализуется обратная связь по якорному току электропривода?
55. Структурная схема СУЭП с положительной обратной связью по величине якорного тока.
56. Как получить вырожденную структурную схему данной СУЭП?
57. Как вывести уравнение электромеханической характеристики для данной СУЭП на основании вырожденной структурной схемы?
58. Как влияет величина коэффициента обратной связи по току  $K_{от}$  на вид электромеханической характеристики?
59. Как определить величину  $K_{от}$  для получения абсолютно жесткой электромеханической характеристики?
60. Как определить величину  $K_{от}$  для получения жесткости естественной характеристики?
61. Почему на практике одну положительную обратную связь по току не применяют?
62. Что такое токовая отсечка? Как реализуется токовая отсечка?
63. Вырожденная структурная схема СУЭП с токовой отсечкой.
64. Как получить уравнение электромеханической характеристики СУЭП с токовой отсечкой?
65. Как влияет величина напряжения задания на входе регулятора на величину тока отсечки?
66. Как изменится вид электромеханической характеристики при увеличении коэффициента  $K_{от}$ ?
67. Как рассчитать коэффициенты данной СУЭП для получения заданной величины тока стопорения?
68. Как в данной СУЭП задать величину необходимого тока отсечки?
69. Как изменится вид электромеханической характеристики при изменении величины



- напряжения задания на входе регулятора?
70. Принципы оптимизации в системах подчиненного регулирования координат.
  71. Расчет передаточных функций регуляторов.
  72. Порядок настройки контура регулирования якорного тока.
  73. Порядок настройки контура регулирования скорости.
  74. Логарифмические частотные характеристики при модульном и симметричном оптимумах
  75. Влияние параметров САР на статические и динамические свойства системы.
  76. Структурная схема двухконтурной САР скорости.
  77. Ограничение координат и производных в системах подчиненного регулирования координат.
  78. Оценка качества статических и динамических свойств замкнутой системы.
  79. Пуск под «отсечку» на холостом ходу и под нагрузкой.
  80. Пуск от ЗИ в системах регулирования с П – РС и ПИ- РС.
  81. Реакция системы регулирования скорости с П – РС и ПИ- РС на наброс нагрузки.
  82. Особенности работы схемы двухзонного регулирования скорости.
  83. Осуществление автоматического разделения зон регулирования.
  84. Особенности настройки контура регулирования тока возбуждения, структурная схема контура регулирования тока возбуждения и потока двигателя.
  85. Настройка датчика ЭДС двигателя.
  86. Оценка качества динамических свойств системы двухзонного регулирования скорости.
  87. Компенсация нелинейностей, связанных с двухзонным регулированием.
  88. Особенности работы системы двухзонного регулирования при пуске под отсечку и от задатчика интенсивности.
  89. Структурная схема трехконтурной системы регулирования.
  90. Особенности работы позиционной САР при малых, средних и больших перемещениях.
  91. Фазовые характеристики при отработке перемещений.
  92. Оценка качества статических и динамических свойств позиционной САР.
  93. Какие основные законы частотного регулирования?
  94. Какая система управления относится к скалярной?
  95. Как настраивается функциональный блок  $U \setminus f$ ?
  96. Каким образом осуществляется токовая отсечка в системе скалярного управления?
  97. Как осуществляется компенсация скольжения?
  98. Как осуществляется компенсация падения напряжения в статорной цепи?
  99. Как изменяется вид механических характеристик при изменении коэффициентов компенсации?
  100. Какой вид имеет механическая характеристика в системе с регулятором скорости (обратной связью по скорости)?
  101. В чем отличие системы векторного управления от системы скалярного управления?
  102. С какой целью в системах векторного управления применяют координатные преобразователи?
  103. Как настраивают контуры регулирования тока статора в системах векторного управления?
  104. Как определяют потокосцепление статора?
  105. Как определяют потокосцепление ротора?
  106. Как выполняется построение контура регулирования скорости?
  107. Как осуществляется настройка контура потокосцепления?
  108. Как строится система управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД?
  109. Вид механических характеристик в системе векторного управления, влияние настроек на вид механической характеристики?
  110. Укажите достоинства и недостатки систем векторного управления АД без датчика скорости?

*Контрольные вопросы для подготовки к экзамену*

1. В функции каких основных параметров выполняется построение релейно – контакторных систем управления электроприводов?
2. Как осуществляется управление пуско – тормозными режимами электроприводов в функции времени?
3. Как осуществляется управление пуско – тормозными режимами электроприводов в функции скорости (ЭДС)?
4. Как осуществляется управление пуско – тормозными режимами электроприводов в функции тока (момента)?
5. Что такое защита и блокировка в схемах управления электроприводов?
6. Какие виды защит применяются в схемах управления электроприводов?
7. Как рассчитать уставки основных защит?
8. Как выполнить переход от релейно – контакторной схемы управления к бесконтактной?
9. Какие функциональные элементы применяются в программируемых контроллерах для реализации схем управления пуско – тормозными режимами электроприводов?
10. Какая жесткость механической характеристики обеспечивается при помощи отрицательной обратной связи по напряжению?
11. Какая жесткость механической характеристики обеспечивается при помощи отрицательной обратной связи по скорости?
12. Какие механической характеристики можно получить применяя положительную обратную связь по якорному току?
13. Принцип работы САР с положительной обратной связью по току электродвигателя и токовой отсечкой, механические характеристики электропривода?
14. Принцип построения систем подчиненного регулирования с последовательной коррекцией, выбор передаточной функции регулятора для получения оптимальных переходных процессов
15. Контур регулирования якорного тока, настройка на получение оптимального переходного процесса
16. Ограничение координат в системах подчиненного регулирования
17. Ограничение ускорения в системах подчиненного регулирования
18. Необходимость компенсации влияния противо ЭДС электродвигателя на работу токового контура в системе подчиненного регулирования, принципы компенсации.
19. Необходимость учета влияния прерывистого режима работы тиристорного преобразователя на работу токового контура в системе подчиненного регулирования, применение адаптивного регулятора тока якоря.
20. Необходимость учета влияния прерывистого режима работы тиристорного преобразователя на работу токового контура в системе подчиненного регулирования, применение двойного регулятора тока якоря.
21. Система подчиненного регулирования с П – РС и ПИ - РТ, принцип работы, статические и динамические характеристики.
22. Система подчиненного регулирования с ПИ – РС и ПИ - РТ, принцип работы, статические и динамические характеристики.
23. Система подчиненного регулирования положением механизма, принцип работы, статические и динамические характеристики.
24. Двухзонная система подчиненного регулирования, принцип работы, настройка контура регулирования скорости, необходимость применения множительно – делительных и делительных устройств, статические и динамические характеристики.
25. Двухзонная система подчиненного регулирования, принцип работы, настройка контура регулирования ЭДС электродвигателя, необходимость применения делительных устройств, статические и динамические характеристики.
26. В чем заключается отличие позиционных систем от следящих;

27. Какие основные режимы работы обрабатывает позиционный электропривод?
28. Как происходит обработка малых перемещений?
29. Как происходит обработка средних перемещений?
30. Как происходит обработка больших перемещений?
31. С какой целью реализуется нелинейный регулятор положения?
32. Что влияет на точность позиционирования?
33. Как обеспечить заданную точность позиционирования?
34. Какие особенности преобразователей частоты, применяемых в электроприводе переменного тока?
35. Какие механические характеристики электрических машин можно получить при реализации основных законов частотного регулирования?
36. Как выполняется построение систем скалярного управления электроприводов переменного тока?
37. Каковы принципы построения систем векторного управления электроприводов переменного тока?
38. Какие основные элементы входят в состав систем векторного управления?
39. Какие структурные схемы применяют для реализации систем векторного управления?

#### *Перечень тем для курсового проекта*

1. Разработка системы управления электроприводом (СУЭП) скорости (40 вариантов).
2. Разработка позиционной СУЭП (40 вариантов).
3. Разработка двухзонной СУЭП электропривода постоянного тока (40 вариантов).

*Рекомендуемая литература указана в разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»*

Курсовой проект выполняется обучающимся самостоятельно под руководством преподавателя. 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 начале изучения дисциплины преподаватель предлагает обучающимся на выбор перечень тем курсовых проектов. Обучающийся самостоятельно выбирает тему курсового проекта. Совпадение тем курсовых проектов у студентов одной учебной группы не допускается. Утверждение тем курсовых проектов проводится ежегодно на заседании кафедры.

После выбора темы преподаватель формулирует задание по курсовому проекту и рекомендует перечень литературы для его выполнения. Исключительно важным является использование информационных источников, а именно системы «Интернет», что даст возможность обучающимся более полно изложить материал по выбранной ими теме.

В процессе написания курсового проекта обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

Преподаватель, проверив проект, может вернуть его для доработки вместе с письменными замечаниями. Студент должен устранить полученные замечания в установленный срок, после чего проект окончательно оценивается.

## Приложение 2

### Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

#### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-4 Способность подготовить комплект конструкторской документации эскизного, технического и рабочего проектов системы электропривода		
ПК-4.1	Осуществляет подготовку комплекта конструкторской документации, технических и рабочих проектов системы электропривода	<p><b>Текстовые задания</b></p> <p>1. Константы, используемые в апериодическом звене первого порядка _____; _____.</p> <p>Ответ: (k); T</p> <p>2. При подаче сигнала включения на вход апериодического звена сигнал на выходе меняется по 1)экспоненциальному,* 2)линейному, 2)гиперболическому закону</p> <p>3. Электрический преобразователь предназначен для преобразования 1)апериодического звено в пропорциональное звено; 2)изменения параметров электрической энергии;* 3)энергии механической в электрическую энергию.</p> <p>4. Основными параметрами, характеризующими напряжение сети синусоидального тока являются: _____; <math>A\omega</math> Ответ: _____.</p> <p>5. Обмотка возбуждения может быть представлена звеном: 1)апериодическим;* 2)пропорциональным; 3)интегральным.</p> <p>6. Постоянная времени обмотки возбуждения - отношение _____. Ответ: <math>L/R1</math></p> <p>7. Постоянная времени обмотки возбуждения имеет порядок 1) 10-3 ; 2) 10-1 ;* 3) 101 .</p> <p>8. При настройке на технический оптимум желаемая передаточная функция 1) <math>1 / (s + \dots) = T p k W</math> ос <math>\mu</math> ; 2) <math>2 2 1 1 / 2 2 + \dots + \dots = T p T p k W</math> ос <math>\mu \mu</math> ;* 3) <math>1 1 / 2 2 + \dots + \dots = T p T p k W</math> ос <math>\mu \mu</math></p> <p>9. Порядок значений постоянной времени обмотки якоря: 1) 10-2 ; 2) 10-1 ;* 3) 101 .</p> <p>10.Изменение коэффициента обратной связи по току образует семейство электромеханических характеристик, аналогичное изменению: 1)напряжения на обмотке возбуждения; 2)сопротивления в цепи якоря электродвигателя;* 3)напряжения на обмотке якоря. p·</p> <p>11.Объекта управления имеет передаточную функцию <math>1/(a2 2 p+a0) \cdot +a1</math> После введения отрицательной пропорциональной обратной связи склонность системы управления к колебаниям 1)увеличится;* 2) уменьшится 3) не изменится.</p> <p>12.При обрыве обратной связи по току в системе с задержанной обратной связью по току пусковой ток: 1)увеличивается;* 2)не изменяется; 3)уменьшается.</p> <p>13.Если характеристический полином имеет вид: <math>p^2 + p + 1 = 0</math>, то +2 характер процессов: 1) колебательный; 2) апериодический.*</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>14. Передаточная функция чисто колебательного звена: <math>1/(p^2 + p + 1)</math>; <math>2 - 2/(p^2 + 1)</math>; <math>* 3/(p^2 + p + 1) \cdot +2</math></p> <p>15. Передаточные функции звеньев, порождающих неустойчивый переходный процесс: <math>1/(p^2 + p + 1)</math>; <math>* 2 - 2/(p^2 + 1)</math>; <math>* 3/(p^2 + p + 1) \cdot +2</math></p> <p>16. Передаточная функция гибкой обратной связи: <math>p + 1</math>; <math>1/T p</math>; <math>* 2) T p \cdot 3) 1/T</math></p> <p>17. Недостаток подчиненной системы управления: _____ Ответ: низкое быстродействие</p> <p>18. Возмущающим воздействием для контура скорости является _____ Ответ: эдс.</p> <p>19. В подчиненной системе управления с контуром тока и скорости в режиме стабилизации скорости участвуют: 1) только контур тока; 2) только контур скорости; 3) контур тока и контур скорости.*</p> <p>20. Адаптивный регулятор контура скорости в процессе функционирования меняет: 1) значения параметров; 2) структуру; * 3) ток возбуждения.</p> <p>Критерии и шкала оценивания</p>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Системы управления электроприводов» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

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 его написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно

расширяя знания, полученные при изучении курса «Системы управления электроприводов». 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.

#### **Показатели и критерии оценивания зачета с оценкой:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, 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.