

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»
(БГТУ им. В. Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики, информационных
технологий и управляющих систем

канд. техн. наук, доцент А. В. Белоусов

« 20 » _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электропривод и автоматика

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем
Кафедра электроэнергетики и автоматике

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 144 от 28 февраля 2018 г.;
- плана учебного процесса БГТУ им. В. Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.

Составитель: канд. техн. наук, доцент _____  А. Н. Семернин

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 15 » мая 2021 г., протокол № 11

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент _____  А. В. Белоусов

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент _____  А. В. Белоусов

« 15 » мая 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 20 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доцент _____  А. Н. Семернин

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Проектные	ПК-1. Способен принимать участие в проектировании электрических приводов в соответствии с заданием, соблюдая технические и энергоэффективные требования	ПК-1.6. Демонстрирует знания и формулирует основные требования к построению систем управления электроприводов, их свойствам и характеристикам с учетом технических и энергоэффективных требований	<p>Знание основных функциональных узлов системы управления электроприводом, позволяющих осуществлять заданный технологический процесс; области применения, преимущества и недостатки различных энергоэффективных систем управления электроприводами постоянного и переменного тока. Знание методов настройки аппаратуры управления с учётом переходных режимов работы; принципов и способов синтеза регуляторов координат электропривода, позволяющих обеспечить выполнение заданного технологического процесса; принципов частотных законов управления асинхронными и синхронными двигателями.</p> <p>Умение производить синтез функциональных узлов систем управления электроприводом; производить обоснованный выбор систем управления электроприводами; производить расчёт мощности и проверку двигателя в соответствии заданных технических требований, производить расчёт аппаратуры управления с учётом пусковых и тормозных режимов работы; производить синтез регуляторов координат электропривода, позволяющих обеспечить выполнение заданного технологического процесса</p> <p>Навыки выбора типов регуляторов для контуров управления координат в различных системах управления электропривода. Выбора силовых элементов систем электроприводов на основании ассортимента электродвигателей, преобразовательной техники и других силовых и согласующих</p>

			элементов. Построения систем управления электроприводом на основе программируемых логических контроллеров.
	ПК-2. Способен разрабатывать простые узлы и блоки системы электропривода с применением современного программного обеспечения	ПК-2.3. Участвует в расчете и проектировании систем управления электроприводов в соответствии с техническим заданием с применением математического программного обеспечения	<p>Знание необходимых исходных данных для проектирования электропривода; методики расчета и выбора мощности электродвигателя; расчета и выбора силового оборудования электропривода; расчета и выбора элементов системы автоматического управления; методики построения математической модели системы управления электроприводом</p> <p>Умение производить расчет и построение тахограммы, диаграммы ускорений и нагрузочной диаграммы; выполнять проверку двигателя по допустимому нагреву и перегрузочной способности; выполнять расчет и производить выбор силового оборудования электропривода; производить расчет системы управления с учетом исходных данных; выполнять расчет параметров регуляторов тока и скорости; моделировать динамические процессы в электроприводе в пакете Matlab</p> <p>Навыки расчета и выбора силового оборудования электропривода; расчета и выбора элементов системы управления; настройки регуляторов в контурах управления электроприводом, с учетом заданного технологического процесса; построения имитационной модели системы управления электроприводом в пакете Matlab и исследования динамических процессов</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-1. Способен принимать участие в проектировании электрических приводов в соответствии с заданием, соблюдая технические и энергоэффективные требования.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Инженерная экология
2	Теория автоматического управления
3	Электрический привод
4	Электроснабжение цеховых электроприемников
5	Электроснабжение промышленных предприятий
6	Системы управления электроприводов
7	Электропривод в современных технологиях
8	Автоматизированные системы диспетчерского управления
9	Экономика энергетики
10	Производственная преддипломная практика
11	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

2. Компетенция ПК-2. Способен разрабатывать простые узлы и блоки системы электропривода с применением современного программного обеспечения.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Электрический привод
2	Мехатронные системы
3	Системы управления электроприводов
4	Микроконтроллеры в электроприводе
5	Электропривод в современных технологиях

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зач. единиц, 360 часов.

Форма промежуточной аттестации экзамен (8 семестр), зачет, диф. зачет (7 семестр)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7	Семестр № 8
Общая трудоемкость дисциплины, час	360	216	144
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	147	88	59
лекции	56	34	22
лабораторные	28	17	11
практические	56	34	22
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	7	3	4
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	213	128	85
Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	36	36	-
Расчетно-графическое задание	-	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	141	92	49

Экзамен	36	-	36
---------	----	---	----

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1. Назначение и классификация систем управления					
1	Понятие системы управления электроприводов (СУЭП). Место и назначение СУЭП в составе автоматизированного электропривода. Классификация СУЭП. Электрические схемы СУЭП. Показатели качества регулирования.	2			2
2. Релейно-контакторные системы управления					
1	Релейно-контакторные системы управления (РКСУ) двигателями. Принципы автоматического управления реостатным пуском и торможением двигателей.	2	2	4	8
2	Расчет уставок аппаратуры управления по пусковым и тормозным диаграммам. Типовые узлы РКСУ. Основные виды защиты электропривода. Узел защиты, обеспечивающий безопасность эксплуатации систем электропривода. Примеры выполнения типовых узлов.	4	2	4	10
3	Методы анализа РКСУ с использованием циклограмм и структурных формул булевой алгебры. Примеры выполнения и анализа РКСУ. Синтез РКСУ методом типовых узлов.	4	2		6
3. Дискретные схемы программного управления в многопозиционных электроприводах					
1	Дискретные системы программного управления в многопозиционных электроприводах. Понятие многопозиционных электроприводов. Принципы построения циклограмм.	2	2		5
2	Технико-экономическая задача автоматизации технологических циклов. Двухпозиционное перемещение рабочего органа электропривода как элементарный типовой цикл многопозиционных электроприводов.	2	2		5
3	Функциональная и математическая модели дискретной системы программного управления (ДСПУ) как конечного автомата. Синтез ДСПУ методами типовых узлов и циклограмм. Примеры выполнения ДСПУ на контактных реле и бесконтактных логических элементах.	4	4		8
4	Построение ДСПУ на основе цифровых микросхем средней интеграции. Аппаратный контроллер. Достоинства и недостатки ДСПУ с жесткой структурой	4	4		8

	и различной элементной базой. Программируемые контроллеры, их функциональный и элементный состав. Синтез ДСПУ на основе программируемого контроллера.				
4. Непрерывные системы управления в электроприводах постоянного тока					
1	Понятие модального управления. Область применения систем с модальным управлением. Обобщенная структурная схема электромеханической системы с модальным управлением. Математическое описание систем с модальным управлением.	2	4		7
2	Принцип синтеза модального регулятора. Синтез модального регулятора методом стандартных уравнений. Измерение переменных состояния электропривода с помощью наблюдающих устройств.	2	2	4	9
3	Примеры реализации модального регулятора и наблюдающего устройства. Системы управления с нелинейными обратными связями-отсечками.	2	2		5
4	Системы управления с подчиненным регулированием координат. Модульный оптимум. Симметричный оптимум. Синтез регуляторов тока и скорости в электроприводе постоянного тока. Статические механические и электромеханические характеристики электропривода с подчиненным регулированием координат. Достоинства и недостатки систем с подчинённым регулированием координат.	2	4	5	12
5	Система двухзонного регулирования скорости электропривода постоянного тока. Схема электропривода с двухзонным регулированием скорости. Особенности регулирования скорости при изменении магнитного потока двигателя. Структурная схема электропривода с двухзонным регулированием координат. Статические механические и электромеханические характеристики электропривода при двухзонном регулировании координат.	2	4		7
	ИТОГО:	34	34	17	92

Курс 4 Семестр 8

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
5. Непрерывные системы управления в электроприводах переменного тока					
1	Управление скоростью асинхронного двигателя в системах с преобразователями частоты (ПЧ). Скалярное управление. Способы стабилизации основного магнитного потока АД. Схема замещения	2	2	2	6

	АД. Уравнения цепей статора и ротора АД. Относительные величины, характеризующие работу АД.				
2	Закон Костенко. Законы управления для типовых видов нагрузки. Разомкнутые системы скалярного управления. Особенности управления частотой по закону $U/f = \text{const}$. Анализ механических характеристик.	2	2	3	6
3	Замкнутые системы скалярного управления. Условия выбора сигнала обратной связи. Уравнения статора и ротора АД в статическом режиме. Анализ уравнений.	2	2		3
4	Законы скалярного управления: со стабилизацией потока сцепления статора; со стабилизацией главного потокосцепления; со стабилизацией потокосцепления ротора. Анализ механических характеристик при различных законах скалярного управления замкнутых систем. Области применения скалярных систем управления асинхронными двигателями.	2	3	3	8
5	Понятие векторного регулирования электромагнитного момента в двигателе переменного тока. Правила векторного регулирования. Способы реализации многомерной системы регулирования электромагнитным моментом двигателя. Частотно-токовое управление синхронным двигателем. Функциональные элементы схемы. Принцип работы. Анализ уравнения электромагнитного момента СД.	2	3		5
6	Системы координат, применяемые для описания векторного управления. Понятие обобщенного вектора. Преобразование Кларка. Прямое и обратное преобразование Парка.	2	2		3
7	Векторное управление синхронным двигателем с постоянными магнитами. Векторная диаграмма и уравнение момента СД. Уравнения равновесия статора СД. Структурная схема системы векторного управления. Алгоритм реализации векторного управления и назначение элементов системы.	3	2		4
8	Векторное управление АД. Параметры схемы замещения и векторная диаграмма АД. Связь между треугольником токов и треугольниками потоков. Момент АД. Уравнения динамического равновесия, преобразование в систему координат ХУ.	2	2	3	6
9	Построение системы регулирования скорости АД, упрощенная структура системы регулирования. Построение системы регулирования в координатах dq , при $\psi_R = \text{const}$.	2	2		4
10	Связь между моментом и скоростью скольжения, проекцией тока статора на ось q . Выбор потока ротора, оптимизация потока ротора. Перекрестные связи. Ограничение момента двигателя. Система векторного управления с непосредственной и косвенной ориентацией по полю. Структурная схема системы регулирования скорости с косвенной ориентацией по полю.	3	2		4
	ИТОГО:	22	22	11	49

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр №7				
1	Релейно-контакторные системы управления	Разработка релейных схем управления электроприводами	2	2
2		Расчет уставок аппаратуры управления по пусковым и тормозным диаграммам.	2	2
3		Анализ РКСУ с использованием циклограмм и структурных формул булевой алгебры.	2	2
4	Дискретные схемы программного управления в многопозиционных электроприводах	Построение ДСПУ на контактных реле и бесконтактных логических элементах.	4	4
		Синтез дискретных систем, построение дискретных систем на основе микросхем.	2	2
5		Преобразование формализованного алгоритма управления многопозиционным объектом в программу работы ПК	2	2
		Синтез ДСПУ на основе программируемого контроллера	4	4
6	Непрерывные системы управления в электроприводах постоянного тока	Математическое описание систем с модальным управлением.	4	4
7		Синтез модального регулятора методом стандартных уравнений	4	4
8		Синтез регуляторов в системе подчиненного регулирования, на примере тиристорный ЭП постоянного тока	4	4
9		Построение и анализ механических и электромеханических характеристик электропривода при двухзонном регулировании координат.	4	4
ИТОГО:			34	34

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр №8				

10	Непрерывные системы управления в электроприводах переменного тока	Рассмотрение перехода от абсолютных к относительным величинам, характеризующим работу АД, на основе схемы замещения. Вывод закона Костенко в относительных величинах.	4	4
11		Изучение принципа работы разомкнутой системы скалярного управления и анализ её работы с помощью механических характеристик.	2	2
12		Построение и анализ механических характеристик при различных законах скалярного управления замкнутых систем.	2	2
13		Изучение принципа работы системы частототокового управления СД и анализ уравнения электромагнитного момента двигателя.	4	4
14		Вывод формул перехода из трехфазной системы в Декартову (преобразование Кларк). Геометрический вывод формул преобразований Парка.	4	4
15		Построение структурной схема системы векторного управления СД и изучение его алгоритма работы.	2	2
16		Построение упрощенной системы регулирования скорости АД и изучение принципа работы.	2	2
17		Изучение принципа работы системы векторного управления скоростью АД с косвенной ориентацией по полю.	2	2
ИТОГО:			22	22

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 7				
1	Релейно-контакторные системы управления	Управление пуском и торможением ДПТ в функции времени	4	4
2		Пуск и торможение противовключением АД с короткозамкнутым ротором	4	4
3	Непрерывные системы управления в электроприводах постоянного тока	Одноконтурная система стабилизации угловой скорости ДПТ	4	4
4		Система подчиненного регулирования электропривода постоянного тока	5	5
5	Непрерывные системы управления в	Управление преобразователем частоты в системе электропривода ПЧ-АД	2	2

6	электроприводах переменного тока	Определение механической характеристики асинхронного двигателя в системе автоматической стабилизации скорости на базе стандартного преобразователя частоты	3	3
7		Исследование частотно-регулируемого асинхронного электропривода со скалярной системой управления	3	3
8		Исследование частотно-регулируемого асинхронного электропривода с векторной системой управления	3	3
ИТОГО:			11	11

4.4. Содержание курсового проекта/работы

На выполнение курсовой работы предусмотрено 36 часов самостоятельной работы студента.

Цель выполнения курсовой работы – закрепить материал по дисциплине, а также привить умения и навыки расчета и проектирования замкнутых систем управления электроприводом постоянного тока, производить обоснованный выбор систем управления электроприводами и рассчитывать основные параметры проектируемой системы электропривода при соблюдении энергоэффективных технических требований.

Объем курсовой работы – 25-30 стр.

№ раздела КР	Наименование основных разделов курсовой работы
1	Исходные данные к курсовой работе
2	Расчет мощности электродвигателя.
3	Расчет нагрузочных диаграмм и проверка двигателя.
4	Выбор силовых элементов системы электропривода.
5	Выбор элементов системы управления.
6	Синтез параметров регуляторов в системе подчиненного регулирования.
7	Моделирование динамических процессов.
8	Заключение Литература

Пример задания на проектирование электропривода грузоподъемной лебедки

К проекту представляется электропривод грузоподъемной лебедки для поднятия грузов со значительной глубины. Принимается пятипериодная диаграмма подъема груза. В качестве электропривода принимается замкнутая система управления астатическая по скорости не ниже первого порядка. В проектировании принимается система подчиненного регулирования согласованного управления тока якоря и тока возбуждения, обеспечивающая двузонное регулирование.

В соответствии кинематической схемы механизма (Рисунок 1) приведены следующие исходные данные

1. Грузоподъемность: $Q=19\text{т}$;
2. Высота подъема груза: $H=800\text{ м}$;
3. Масса всех движущихся частей грузовой лебедки, приведенная к скорости вала двигателя: $m_n=70\text{ т}$;
4. Принимается 4 подъемных каната с линейной массой каждого каната: $q=10\text{ кг/м}$;
5. Принимается 3 уравновешивающих каната с линейной массой каждого каната: $p=10\text{ кг/м}$;
6. Установившаяся скорость подъема: $v_{уст}=8\text{ м/с}$;
7. Скорость в конце первого участка разгона: $v_1=1\text{ м/с}$;
8. Скорость дотягивания при торможении: $v_5=1\text{ м/с}$;
9. Ускорения: $a_1=0,5\text{ м/с}^2$; $a_2=1\text{ м/с}^2$; $a_4=1\text{ м/с}^2$; $a_5=0,5\text{ м/с}^2$;
10. Принимается к установке безредукторный электропривод с диаметром барабана: $D_6 = 3\text{ м}$.

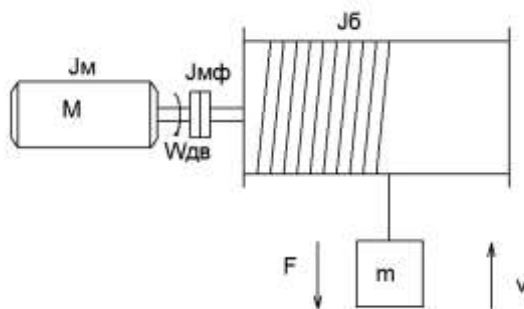


Рис. 1

4.5. Содержание расчетно-графического задания

Учебным планом выполнение РГЗ не предусмотрено

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ПК-1. Способен принимать участие в проектировании электрических приводов в соответствии с заданием, соблюдая технические и энергоэффективные требования.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
--	----------------------------------

ПК1.6. Демонстрирует знания и формулирует основные требования к построению систем управления электроприводов, их свойствам и характеристикам с учетом технических и энергоэффективных требований	Экзамен, зачет, защита лабораторных работ, практические занятия, собеседование
--	--

2. Компетенция ПК-2. Способен разрабатывать простые узлы и блоки системы электропривода с применением современного программного обеспечения.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-2.3. Участвует в расчете и проектировании систем управления электроприводов в соответствии с техническим заданием с применением математического программного обеспечения	Защита курсовой работы, собеседование

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется: в конце 7 семестра изучения дисциплины в форме **зачета и дифференцированного зачета (курсовая работа)**; в конце 8 семестра изучения дисциплины в форме **экзамена**.

Перечень контрольных вопросов для зачета (7 семестр)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Назначение и классификация систем управления	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что понимается под термином системы управления электроприводами (СУЭП)? 2. Проклассифицируйте СУЭП. 3. Перечислите показатели качества регулирования СУЭП.
2	Релейно-контакторные системы управления	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перечислите функции, в которых строятся релейные схемы управления электродвигателями. 2. Перечислите типовые узлы системы управления двигателями при пуске, торможении и реверсировании. 3. По какому принципу осуществляется автоматический пуск синхронного двигателя? 4. Назовите основные аварийные режимы электроприводов и способы построения защит и блокировок. 5. Приведите пример построения циклограмм для различных режимов пуска, торможения и реверсирования электроприводов постоянного и переменного токов.
3	Дискретные схемы программного управления в многопозиционных электроприводах	<ol style="list-style-type: none"> 1. Назовите принципы формирования законов управления на основе дискретных логических элементов. 2. Перечислите этапы синтеза дискретных логических систем управления методом циклограмм. 3. Сформулируйте условие реализуемости циклограммы ЛСУ. 4. Из каких узлов состоит аппаратный контроллер для управления электроприводом? 5. В чем заключается особенность использования программируемых логических контроллеров для управления электроприводами?

		6. Сравнение аппаратного контроллера и программируемых логических контроллеров по их исполнению, быстродействию и способу программирования алгоритмов управления
4	Непрерывные системы управления в электроприводах постоянного тока	<ol style="list-style-type: none"> 1. В чем заключается сущность модального управления координатами электроприводов постоянного тока? 2. Назовите принцип построения модального регулятора. 3. Перечислите процедуру синтеза модального регулятора методом стандартных уравнений. 4. Какой показатель замкнутого контура принимается для настройки на модульный оптимум? 5. В чем отличие симметричного оптимума контура скорости от модульного оптимума? 6. Поясните назначение задающего устройства и блока ограничения выходного напряжения регулятора скорости. 7. Какие достоинства и недостатки отмечаются в электроприводах с последовательной коррекцией?

Перечень контрольных вопросов для экзамена (8 семестр)

Экзамен включает теоретическую часть (2 вопроса) и практическую (решение задачи). Для подготовки к ответу на вопросы билета, которые студент выбирает случайным образом, отводится 50 минут. После проверки письменного ответа на вопросы билета преподаватель задает дополнительные вопросы.

Распределение вопросов по билетам находится в закрытом для студентов доступе. Ежегодно по дисциплине на заседании кафедры утверждается комплект билетов для проведения экзамена по дисциплине. Экзамен является наиболее значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

Вопросы для теоретической части экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Назначение и классификация систем управления	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что понимается под термином системы управления электроприводами (СУЭП)? 2. Классификация СУЭП. 3. Перечислите показатели качества регулирования СУЭП. 4. Перечислите функции, в которых строятся релейные схемы управления электродвигателями.
2	Релейно-контакторные системы управления	<ol style="list-style-type: none"> 1. Типовые узлы РКСУ электроприводов постоянного тока: пуск двигателей; управление по принципу времени; управление по принципу скорости; управление по принципу тока. 2. Основные аварийные режимы электроприводов и способы построения защит и блокировок. 3. Типовые узлы РКСУ электроприводов переменного тока. 4. Пример построения циклограмм для различных режимов пуска, торможения и реверсирования электроприводов постоянного и переменного токов.
3	Дискретные схемы программного управления в многопозиционных электроприводах	<ol style="list-style-type: none"> 1. Назовите принципы формирования законов управления на основе дискретных логических элементов. 2. Перечислите этапы синтеза дискретных логических систем управления методом циклограмм. 3. Сформулируйте условие реализуемости циклограммы ЛСУ. 4. Примеры выполнения ДСПУ на контактных реле и бесконтактных логических элементах. 5. Из каких узлов состоит аппаратный контроллер для управления

		<p>электроприводом?</p> <p>6. В чем заключается особенность использования программируемых логических контроллеров для управления электроприводами?</p>
4	<p>Непрерывные системы управления электроприводах постоянного тока</p> <p style="text-align: right;">в</p>	<p>8. В чем заключается сущность модального управления координатами электроприводов постоянного тока?</p> <p>9. Назовите принцип построения модального регулятора.</p> <p>10. Перечислите процедуру синтеза модального регулятора методом стандартных уравнений.</p> <p>11. Какой показатель замкнутого контура принимается для настройки на модульный оптимум?</p> <p>12. В чем отличие симметричного оптимума контура скорости от модульного оптимума?</p> <p>13. Поясните назначение задающего устройства и блока ограничения выходного напряжения регулятора скорости.</p> <p>14. Какие достоинства и недостатки отмечаются в электроприводах с последовательной коррекцией?</p>
5	<p>Непрерывные системы управления электроприводах переменного тока</p> <p style="text-align: right;">в</p>	<p>1. Системы частотного управления. Понятие скалярного и векторного управления.</p> <p>2. Теоретические основы скалярного управления АД. Способы стабилизации основного магнитного потока двигателя при изменении частоты питания.</p> <p>3. Уравнения цепей статора и ротора и схема замещения АД в статическом режиме.</p> <p>4. Законы управления Костенко для типовых видов нагрузки. Особенности реализации.</p> <p>5. Разомкнутые системы частотного скалярного управления. Функциональная схема, назначение элементов, механические характеристики.</p> <p>6. Замкнутые системы частотного управления. Условия выбора сигнала обратной связи. Понятие IR – и IZ – компенсации.</p> <p>7. Правила векторного регулирования электромагнитного момента синхронного двигателя. Понятие моментного треугольника и избыточности управляющих воздействий.</p> <p>8. еализация многомерной системы регулирования электромагнитного момента синхронного двигателя. Способы построения моментного треугольника.</p> <p>9. Система управления синхронным ЭП с частотнотоковым регулированием момента. Анализ уравнения электромагнитного момента СД в электроприводе с частотнотоковым управлением.</p> <p>10. Векторная диаграмма СД. Связь между треугольником токов и треугольниками потоков. Момент синхронного двигателя.</p> <p>11. Функциональная схема системы подчиненного регулирования координат электропривода с СД. Алгоритм реализации векторного управления.</p> <p>12. Функциональная схема системы подчиненного регулирования координат электропривода с СД. Назначение элементов системы векторного управления.</p> <p>13. Векторная диаграмма АД. Связь между треугольником токов и треугольниками потоков. Момент асинхронного двигателя.</p> <p>14. Структурная схема системы регулирования с косвенной ориентацией по полю. Функция вычислителя d – и q – составляющей тока и назначение регуляторов d – и q – составляющей.</p> <p>15. Структурная схема системы регулирования с косвенной ориентацией по полю. Назначение блока компенсации перекрестных связей и его работа.</p>

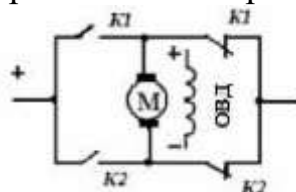
Вопросы для практической части экзамена

Задача №1. Построить принципиальную схему силовой части ДПТ с независимой обмоткой возбуждения и РКСУ при пуске в одну ступень в функции времени.

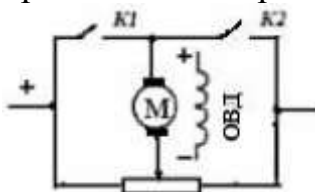
Задача №2. Построить принципиальную схему силовой части ДПТ с независимой обмоткой возбуждения и РКСУ при пуске в одну ступень в функции тока.

Задача №3. Построить принципиальную схему силовой части ДПТ с независимой обмоткой возбуждения и РКСУ при пуске в одну ступень в функции скорости.

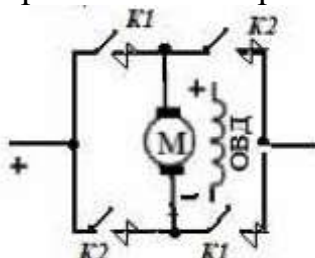
Задача №4. Для схемы ДПТ, показанной на рисунке, построить принципиальную схему РКСУ реверсивным электроприводом.



Задача №5. Для схемы ДПТ, показанной на рисунке, построить принципиальную схему РКСУ реверсивным электроприводом.



Задача №6. Для схемы ДПТ, показанной на рисунке, построить принципиальную схему РКСУ реверсивным электроприводом.



Задача №7. Построить принципиальную схему силовой части ДПТ с независимой обмоткой возбуждения и РКСУ динамическим торможением.

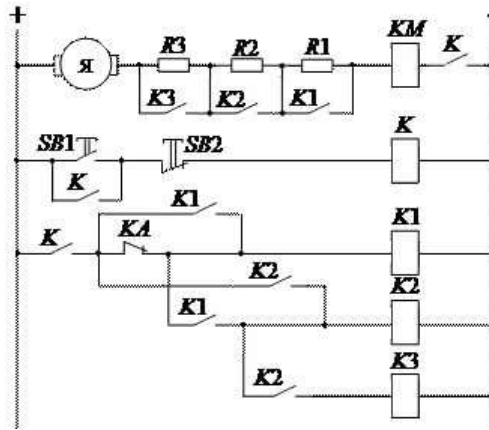
Задача №8. Построить принципиальную схему силовой части ДПТ с независимой обмоткой возбуждения и РКСУ торможением противовключением с контролем скорости.

Задача №9. Построить принципиальную схему силовой части АД с ФР и РКСУ при пуске в две ступени, в функции времени.

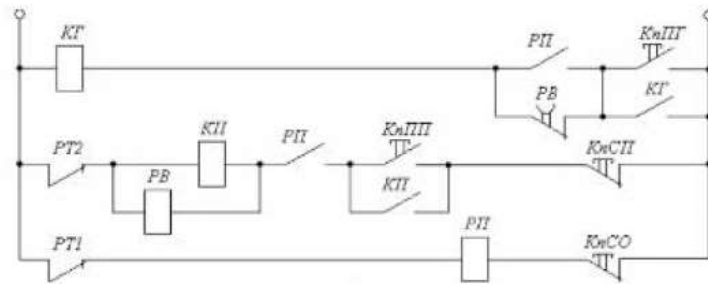
Задача №10. Построить принципиальную схему силовой части АД с КЗ и РКСУ пуском и реверсом с помощью командоконтроллера.

Задача №11. Построить принципиальную схему силовой части АД и РКСУ в режиме динамического торможения.

Задача №12. Перевести РКСУ на простейшие логические элементы



Задача №13. Перевести РКСУ на бесконтактные элементы



Задача №14. По заданной структурной схеме электропривода постоянного тока с подчиненным регулированием и заданными параметрами звеньев требуется построить механическую характеристику электропривода.

Задача №15. По заданной структурной схеме электропривода постоянного тока с подчиненным регулированием и заданными параметрами звеньев требуется определить статическое падение скорости при приложении номинального момента нагрузки.

Задача №16. По заданной структурной схеме электропривода постоянного тока с подчиненным регулированием и заданными параметрами звеньев требуется определить напряжение на входе системы управления, чтобы в режиме холостого хода иметь 100 рад/сек.

Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы Защита курсовой работы (7 семестр)

Отметка о допуске курсовой работы к защите получается при предъявлении преподавателю оформленной расчетно-пояснительной записки согласно заданию на выполнение курсовой работы.

Защита происходит в форме беседы с преподавателем, в ходе которых проверяется знание студентом назначения и методики выполненных расчетов, способность анализировать результаты, полученные в ходе расчетов.

Типовые вопросы для защиты курсовой работы

1. Назовите необходимые исходные данные для проектирования системы управления электроприводом.

2. Как производится предварительный расчет и выбор мощности электродвигателя?
3. Объясните методику построения тахограммы и нагрузочной диаграммы рабочей машины.
4. Каким условиям должен удовлетворять предварительно выбранный электрический двигатель?
5. Перечислите виды силовых схем электроприводов систем ТП-Д скиповой подъемной установки.
6. По каким параметрам осуществляется выбор тиристорного преобразователя?
7. Объясните методику выбора силового согласующего трансформатора.
8. Объясните методику выбора сглаживающего реактора.
9. В чем заключается методика выбора тиристорного возбудителя?
10. Как производится выбор автоматического выключателя в цепи якоря двигателя?
11. Перечислите исходные данные, необходимые для расчета системы управления электроприводом.
12. Объясните построение функциональной и структурной схемы электропривода.
13. Объясните методику вычисления параметров регулятора тока в обмотке возбуждения.
14. Какой вид имеет структурная схема системы регулирования тока в якорной цепи двигателя?
15. Объясните методику расчета параметров регулятора скорости.
16. Назовите последовательность действий при структурном моделировании системы управления.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение 7 и 8 семестров в форме защиты лабораторных работ и во время проведения практических занятий.

Лабораторные занятия

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе, приведен порядок выполнения работы, содержание отчета и перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения работы и оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
Семестр №7		
1.	Управление пуском и	1. Перечислите способы пуска ДПТ.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
	торможением ДПТ в функции времени	2. Какое электромагнитное реле применяется в схеме пуска ДПТ в функции времени? 3. Объясните принцип действия электромагнитного реле времени. 4. Объясните принцип действия релейно-контакторной схемы пуска ДПТ в функции времени. 5. Пояснить работу схемы управления на статических характеристиках двигателя. 6. От чего зависит время разгона двигателя постоянного тока? 7. Перечислите недостатки характерные для способа управления по принципу времени? 8. Для каких целей применяется реле времени в схеме торможения ДПТ в функции времени? 9. Объясните принцип действия схемы торможения ДПТ в функции времени. 10. Как влияют на процессы торможения изменение статического момента и момента инерции?
2.	Пуск и торможение противовключением АД с короткозамкнутым ротором	1. Какой вид пуска АД называется прямым пуском? 2. Перечислите достоинства и недостатки прямого пуска АД. 3. Какие виды пуска АД применяются для снижения пускового тока? 4. Почему при реостатном способе пуска АД после окончания выбега ротора должны быть зашунтированы добавочные резисторы в цепи статора? 5. Каким образом осуществляется пуск АД с переключением его обмоток статора со звезды на треугольник? 6. Какие виды торможения применяются для останова АД? 7. Для чего в схеме торможения АД противовключением применяется реле контроля скорости (РКС)? 8. Объясните принцип действия схемы торможения АД противовключением. 9. Как изменяется ток двигателя в процессе торможения? Поясните графически.
3.	Одноконтурная система стабилизации угловой скорости ДПТ	1. Объясните назначение элементов в рассматриваемой системе управления электроприводом постоянного тока. 2. Перечислите сигналы обратной связи, применяемые в замкнутых системах управления электроприводом постоянного тока? 3. Какие допущения применяют при описании математической модели двигателя постоянного тока с независимой обмоткой возбуждения? 4. Как влияет ограничение выходного сигнала (промежуточного усилителя) на стабилизацию скорости в замкнутой системе? 5. От чего зависит точность регулирования угловой скорости вращения в замкнутой системе? 6. С какой целью в электроприводе применяется отрицательная обратная связь по угловой скорости вращения? 7. Что называют статизмом системы и как его рассчитывают? 8. Изобразите механические характеристики ДПТ с независимой обмоткой возбуждения в разомкнутой и замкнутой системе. 9. Как влияет величина коэффициента усиления промежуточного усилителя на устойчивость системы?

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		10. По каким параметрам проводят оценку качества регулирования САР угловой скорости электропривода постоянного тока?
4.	Система подчиненного регулирования электропривода постоянного тока	<ol style="list-style-type: none"> 1. Факторы, влияющие на характер переходного процесса в замкнутой системе регулирования? 2. Перечислите достоинства и недостатки каскадных систем управления по сравнению с одноконтурными системами. 3. Как осуществляется настройка системы управления с несколькими контурами? 4. Как определяется коэффициент затухания при настройке контура тока на технический оптимум (по модулю) и симметричный оптимум? 5. Чему равно время переходного процесса и перерегулирование при настройке контура тока на технический оптимум? 6. Какие параметры регулирования учитываются при настройке системы управления на симметричный оптимум? 8. Каким образом в системе подчиненного регулирования обеспечивается отсечка по току? 9. Объясните влияние ограничения напряжения регуляторов на характер переходных процессов. 10. Какими достоинствами и недостатками обладает система подчиненного регулирования?
Семестр №8		
5.	Управление преобразователем частоты в системе электропривода ПЧ-АД	<ol style="list-style-type: none"> 1. К каким клеммам преобразователя частоты подключается сеть 50 Гц, тормозной резистор и электродвигатель? 2. Запишите формулу, связывающую частоту вращения АД и частоту питающего тока. 3. Объясните алгоритм программирования в ПЧ частоты тока. 4. Объясните алгоритм программирования в ПЧ в функции времени при разгоне и торможении.
6.	Определение механической характеристики асинхронного двигателя в системе автоматической стабилизации скорости на базе стандартного преобразователя частоты	<ol style="list-style-type: none"> 1. Укажите преимущества и недостатки системы автоматического регулирования с замкнутой отрицательной обратной связью. 2. Как производится настройка параметров ПИД-регулятора для достижения оптимального переходного процесса регулируемой переменной? 3. Поясните принцип подчиненного регулирования в электроприводе. 4. Какой контур регулирования настраивался в данной лабораторной работе?
7.	Исследование частотно-регулируемого асинхронного электропривода со скалярной системой управления	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какой фактор влияет на уменьшение критического момента двигателя в режиме пропорционального управления АД при уменьшении частоты напряжения статора? 2. Как можно увеличить перегрузочную способность привода в области низких скоростей АД? 3. Как влияет управление FCC (Flux current Control) на механические характеристики электропривода? 4. Как влияет фактор компенсации скольжения на механические

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		характеристики привода
8.	Исследование частотно-регулируемого асинхронного электропривода с векторной системой управления	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сформулируйте основные принципы построения векторных систем управления асинхронным электроприводом. 2. Как можно изменить перегрузочную способность привода? 3. Как влияет коэффициент усиления регулятора скорости на статические и динамические характеристики электропривода? 4. Какой закон частотного управления реализуется в векторной системе управления?

Практические занятия

На практических занятиях внимание уделяется решению типовых задач по всем разделам дисциплины с целью закрепления теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях, с последующим обсуждением полученных результатов. При проведении занятий используются профессиональные термины и понятия, проводится аналогия методов, изученных в рамках теоретического материала с конкретной практической задачей, выявляются взаимосвязи между отдельными изучаемыми разделами, проводится сравнение между теоретическими и практическими результатами. Оценивание практических занятий отдельно не производится, а все решения задач рассматриваются в практических вопросах экзаменационного билета и учитываются при оценке сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации.

Задача №1. Построить принципиальную схему силовой части ДПТ с независимой обмоткой возбуждения и РКСУ при пуске в две ступени в функции времени.

Задача №2. Построить принципиальную схему силовой части ДПТ с независимой обмоткой возбуждения и РКСУ при пуске в две ступени в функции тока.

Задача №3. Построить принципиальную схему силовой части ДПТ с независимой обмоткой возбуждения и РКСУ при пуске в две ступени в функции скорости.

Задача №4. Построить принципиальную схему силовой части ДПТ с независимой обмоткой возбуждения и РКСУ реверсивным электроприводом.

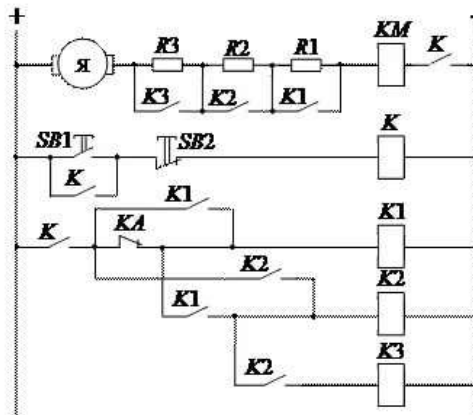
Задача №5. Построить принципиальную схему силовой части ДПТ с независимой обмоткой возбуждения и РКСУ динамическим торможением (противовключением с контролем скорости).

Задача №6. Построить принципиальную схему силовой части АД с ФР и РКСУ при пуске в три ступени, в функции времени.

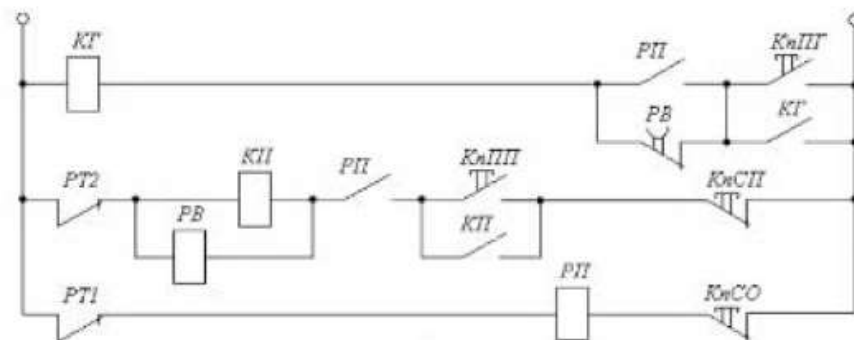
Задача №7. Построить принципиальную схему силовой части АД с КЗ и РКСУ пуском и реверсом с помощью командоконтроллера.

Задача №8. Построить принципиальную схему силовой части АД и РКСУ в режиме торможения (динамического, противовключения).

Задача №9. Перевести РКСУ на простейшие логические элементы

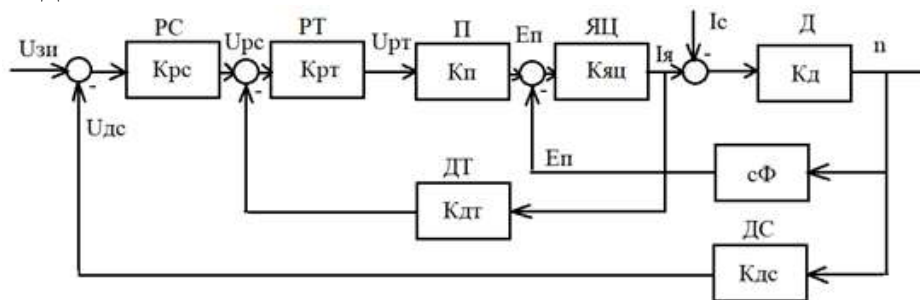


Задача №10. Перевести РКСУ на бесконтактные элементы



Задача №11. По заданной преподавателем исходной циклограмме составить схему узла управления контактором

Задача №12.

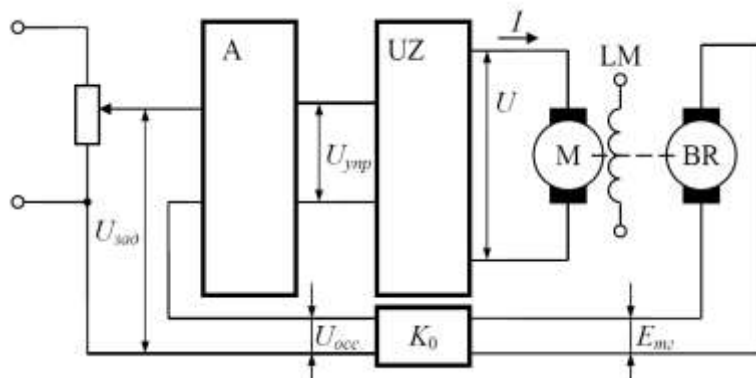


По заданной структурной схеме электропривода постоянного тока с подчиненным регулированием и заданными параметрами звеньев требуется:

1. Построить механическую характеристику электропривода.
2. Определить статическое падение скорости при приложении номинального момента нагрузки.
3. Какое необходимо подать напряжение на вход системы управления, чтобы в режиме холостого хода иметь 100 рад/сек?
4. Как установить ток упора 150А?
5. Электропривод разгоняют в схеме с интегральным задатчиком интенсивности от нуля до ω_0 с заданным динамическим моментом M_d ; затем в течение 5с поддерживают скорость постоянной; после чего тормозят с заданным темпом. Требуется определить:
 - а) время пуска электропривода;
 - б) графически изобразить ток якоря, скорость, ЭДС преобразователя, напряжения

на выходах регуляторов тока и скорости;
 в) определить потери в якорной цепи за время цикла.

Задача №13.

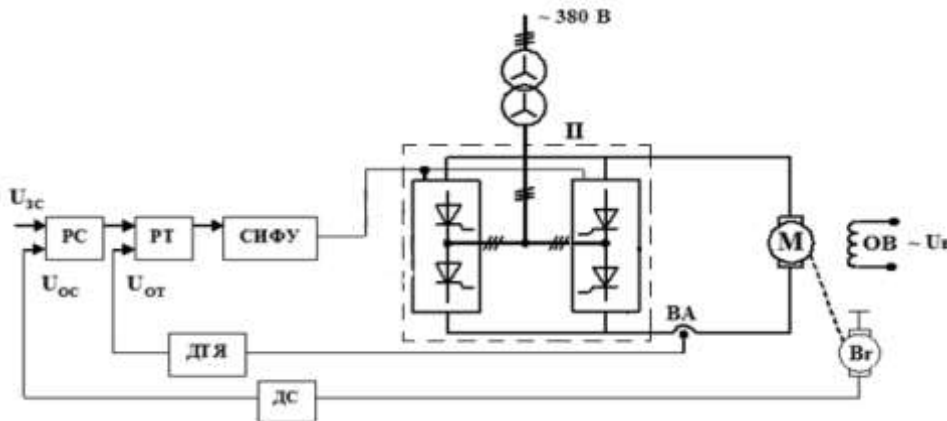


Мощность P_n , кВт	Напряжение U_n , В	Частота вращения		КПД η , %	Сопротивление обмоток при 15 ⁰ С			Индуктивность якоря $L_{як}$, мГн	Момент инерции J , кг·м ²
		n_n , об/мин	n_{max} , об/мин		$R_{я}$, Ом	R_d , Ом	$R_{св}$, Ом		
9.5	440	2200	5000	88.5	0.338	0.221	77	12	0.2

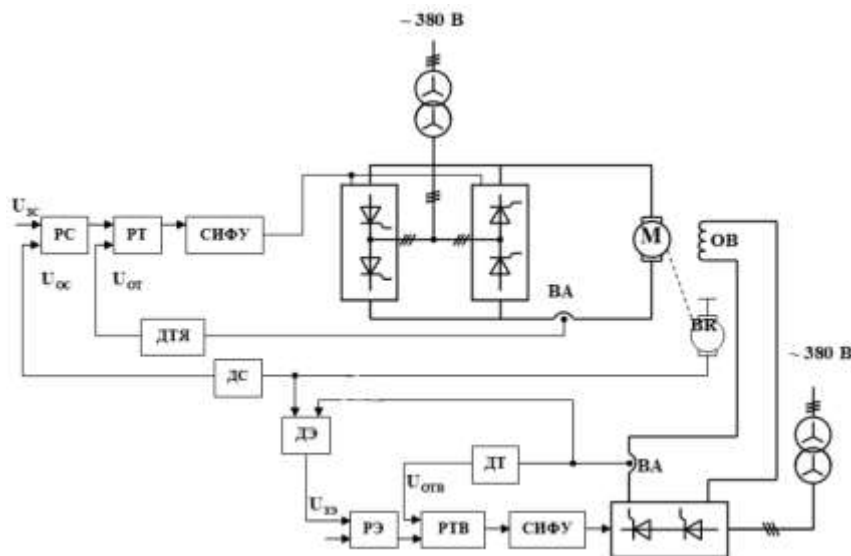
Для заданной принципиальной схемы управления и используя технические данные двигателя рассчитать систему автоматического управления, удовлетворяющей следующим показателям качества:

- а) ошибка регулирования по внешнему возмущению не должна превышать 0,1%;
- б) перерегулирование выходной координаты не должна превышать 18%;
- в) время регулирования по управляющему воздействию не должна превышать 0,2с.

Задача №14. Используя технические данные двигателя постоянного тока с независимым возбуждением серии 2ПН160LYXЛ4 выполнить исследование однозонной системы подчиненного регулирования скорости электропривода.



Задача №15. Используя технические данные двигателя постоянного тока с независимым возбуждением серии 2ПН160LYXЛ4 выполнить исследование системы двухзонного регулирования скорости электропривода.



Задача №16. Рассчитать и построить механические характеристики асинхронного двигателя при управлении по постоянному полному потоку, если известны данные двигателя.

$U_{1н} = 220 \text{ В};$	$m = 3;$	$\tau = 0,196;$
$I_n = 3 \text{ А};$	$\omega_{1н} = 104,7 \text{ с}^{-1};$	$\tau_1 = 0,069;$
$R_1 = 8,8 \text{ Ом};$	$X_1 = 8,07 \text{ Ом};$	$\tau_2 = 0,119.$
$R'_2 = 8,1 \text{ Ом};$	$X'_2 = 13,93 \text{ Ом};$	

Задача №17. Рассчитать и построить механические характеристики асинхронного двигателя при управлении по постоянному рабочему потоку. Необходимые данные взять из ранее проведенных выше расчетов.

Задача №18. Выполнить расчет мягкого режима пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором 4А80В6У3 при условиях:

$$J_{\Sigma} = 2J_{дв} = 2 \cdot 0,0046 = 0,0092 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$T_{мн} = J_{\Sigma} \omega_{1н} s_n / M_n = 0,0092 \cdot 104,7 \cdot 0,08 / 11,4 = 0,0068 \text{ с}$$

$$M_c = 0,7 \cdot M_n = 0,7 \cdot 11,4 = 7,98 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{хх} = 0,1 \cdot M_n = 0,1 \cdot 11,4 = 1,14 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Пуск осуществляется в две ступени:

1-я ступень – изменение частоты от $f^* = 0$ до $f^* = 0,6$

2-я ступень – изменение частоты от $f^* = 0,6$ до $f^* = 1$

Построить графики переходных процессов асинхронного двигателя при частотном пуске.

Задача №19.

Выполнить построение имитационной модели асинхронного электропривода вентилятора с тиристорным регулятором напряжения. Исследовать динамические процессы при пуске и торможении. Каким образом изменяется темп нарастания скорости при плавном пуске? От чего зависит пусковой ток двигателя?

Задача №20.

Выполнить расчет частотного торможения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором 4А80В6У3 при номинальном режиме $U/f = \text{const}$. Построить графики переходных процессов асинхронного двигателя при частотном торможении.

Задача №21.

Выполнить построение имитационной модели системы прямого векторного управления асинхронным двигателем. Исследовать динамические процессы при

пуске и торможении. Укажите назначение модели потока и принципы настройки регуляторов в системе прямого векторного управления?

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме **зачета** используется следующая шкала оценивания: зачтено, не зачтено. При промежуточной аттестации в форме **экзамена** и **дифференцированного зачета (курсовой работы)** используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, понятий применяемых при изучении дисциплины системы управления электроприводов
	Полнота ответов на вопросы
	Логика изложения знаний
Умения	Полнота и качество выполнения курсовой работы и ответов на вопросы практической части экзамена
	Самостоятельность выполнения задания
	Умение делать выводы по результатам выполненного практического задания
	Качество оформления задания
Навыки	Выбор методики выполнения задания
	Анализ и обоснование полученных результатов

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

При промежуточной аттестации в форме **зачета**:

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Знание терминов, определений, понятий применяемых при изучении систем управления электроприводов	Не знает основных терминов и определений, применяемых при изучении дисциплины	Не знает основных терминов и определений, применяемых при изучении дисциплины
Полнота ответов на вопросы к зачету	Не знает назначение и классификацию СУЭП, принципы построения РКСУ, дискретных схемы программного управления в электроприводах, структуру и принцип действия системы управления с	Знает назначение и классификацию СУЭП, принципы построения РКСУ, дискретных схемы программного управления в электроприводах, структуру и принцип действия системы управления с

	подчиненным регулированием координат	подчиненным регулированием координат
Логика изложения знаний	Не умеет анализировать знание свойств СУЭП, методов настройки аппаратуры управления с учётом переходных режимов работы, принципов и способов синтеза регуляторов координат электропривода, расчета и выбора элементов системы автоматического управления, методики построения математической модели системы управления электроприводом	Анализирует знания свойств СУЭП, методов настройки аппаратуры управления с учётом переходных режимов работы, принципов и способов синтеза регуляторов координат электропривода, расчета и выбора элементов системы автоматического управления, методики построения математической модели системы управления электроприводом

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Полнота и качество выполненного задания	Не умеет производить синтез функциональных узлов систем управления электроприводом; производить обоснованный выбор систем управления электроприводами; производить расчёт мощности и проверку двигателя в соответствии заданных технических требований, производить расчёт аппаратуры управления с учётом пусковых и тормозных режимов работы; производить синтез регуляторов координат электропривода, позволяющих обеспечить выполнение заданного технологического процесса	Умеет производить синтез функциональных узлов систем управления электроприводом; производить обоснованный выбор систем управления электроприводами; производить расчёт мощности и проверку двигателя в соответствии заданных технических требований, производить расчёт аппаратуры управления с учётом пусковых и тормозных режимов работы; производить синтез регуляторов координат электропривода, позволяющих обеспечить выполнение заданного технологического процесса
Самостоятельность выполнения задания	Не может выполнить решение задачи на практическом занятии и подготовить ответы на вопросы лабораторной работы, в том числе и с дополнительной помощью	Самостоятельно решает задачи на практическом занятии и отвечает на контрольные вопросы лабораторной работы
Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы по результатам, полученным при решении задач и выполненных лабораторных работ	Поясняет и аргументирует выбранную методику решения задач, самостоятельно оценивает полученные результаты лабораторных работ, делает выводы
Качество оформления задания	Отсутствует большая часть конспекта лекций, частично отсутствуют решения задач, рассмотренных на практических занятиях, отчеты по лабораторным работам оформлены неряшливо	Оформление конспекта лекций, решение задач и отчеты по лабораторным работам полностью соответствует предъявляемым требованиям

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка
----------	---------------------------

	не зачтено	зачтено
Выбор методики выполнения задания с учетом исходных данных	Неверно выбрана методика решения задач и выполнения лабораторной работы	Методика решения задач и выполнения лабораторных работ выбрана верно с учетом исходных данных
Анализ и обоснование результатов решения задач	Не производится анализ результатов решенных задач и выполненных лабораторных работ	Произведен анализ результатов решения задач, сделаны выводы. Результаты выполненных лабораторных работ обоснованы и в целом аргументированы, имеются ссылки на нормативные, справочные и учебно-методические источники

**При промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета:
Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий применяемых при выполнении курсовой работы по дисциплины системы управления электроприводов	Не знает терминов, определений и понятий, используемых при ответе	Знает термины, определения и понятия, используемые при изучении систем управления электроприводов, но допускает неточности формулировок	Знает технические термины, определения и понятия, используемые при оценке свойств систем управления электроприводов в рамках защиты курсовой работы	Знает термины, определения и понятия, может корректно сформулировать их самостоятельно при оценке свойств систем управления электроприводов в рамках защиты курсовой работы
Полнота ответов на вопросы во время защиты курсовой работы	Не знает основных расчетных формул, требований правил и норм выполнения курсовой работы	Знает основные расчетные формулы, требования правил и нормы выполнения курсовой работы, но допускает ошибки, которые может исправить с дополнительной помощью	Дает ответы на вопросы по теме курсовой работы. Знает основные расчетные формулы и параметры, характеризующие свойства разрабатываемой системы управления	Дает полные, развернутые ответы на вопросы по теме курсовой работы и дополнительные вопросы. Знает расчетные формулы и параметры, характеризующие свойства разрабатываемой системы управления
Логика изложения знаний	Не умеет анализировать знания свойств, характеристик и методов расчета и выбора элементов системы автоматического управления электропривода	Излагает ответы на вопросы с нарушениями в логической последовательности, при этом демонстрирует знания свойств, характеристик и методов расчета и выбора элементов системы	Излагает знания без нарушений в логической последовательности. Демонстрирует знания свойств, характеристик и методов расчета и выбора элементов системы автоматического управления, методики	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретирует и анализирует. Демонстрирует знания свойств, характеристик и методов расчета и выбора элементов системы автоматического

		автоматического управления	построения математической модели системы управления электроприводом	управления. Анализирует результаты моделирования системы управления
--	--	----------------------------	---	---

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Полнота и качество выполнения курсовой работы	Имеются существенные ошибки при использовании рекомендованной методики выполнения курсовой работы	Используется рекомендованная методика выполнения курсовой работы, но допускаются незначительные ошибки в расчетах, и построении имитационной модели разрабатываемой системы управления в пакете Matlab, что отражается на динамических и статических характеристиках	Курсовая работа выполнена в полном объеме. Умеет применять методы расчета и выбирать элементы системы управления, выполняет расчет параметров регуляторов тока и скорости, умеет выполнять построение имитационной модели замкнутой системы управления электроприводом в пакете Matlab	Курсовая работа выполнена в полном объеме, рациональным способом. Имеет четкое представление о методах расчета и выбора силовых элементов электропривода, расчете передаточных функций элементов системы управления, умеет выполнять построение имитационной модели замкнутой системы управления в пакете Matlab и выполнять анализ динамических и статических процессов на основе моделирования
Самостоятельность выполнения задания	Не может объяснить расчет и выбор элементов системы управления, методику построения имитационной модели системы управления электроприводом	Объясняет выполненные расчеты и методику построения имитационной модели системы управления в пакете Matlab только с дополнительной помощью	Объясняет последовательность выполнения расчетов, выбор элементов электропривода, методику построения имитационной модели системы управления в пакете Matlab	Уверенно объясняет последовательность выполнения расчетов, выбор элементов электропривода, методику построения имитационной модели системы управления и методику построения динамических характеристик в

				пакете Matlab
Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать полученные в процессе выполнения курсовой работы результаты, а также делать выводы в рамках задаваемых вопросов	Допускает незначительные ошибки при сопоставлении, обобщении и формулировании выводов в рамках вопросов курсовой работы	Поясняет и аргументирует выбранную методику выполнения курсовой работы, делает выводы на основе полученных результатов	Поясняет и аргументирует выбранную методику выполнения курсовой работы, самостоятельно оценивает полученные результаты, делает выводы
Качество оформления задания	Пояснительная записка не подлежит проверке, имеются существенные замечания по оформлению с учетом установленных требований	Пояснительная записка оформлена неаккуратно, отсутствуют необходимые пояснения к формулам, графикам, схемам, отсутствует форматирование текста, нарушена нумерация страниц	Пояснительная записка оформлена аккуратно, имеются необходимые пояснения к формулам, графикам, схемам, однако имеются опечатки связанные с нумерацией схем, таблиц, графиков	Пояснительная записка оформлена аккуратно, полностью соответствует установленным требованиям к графической и текстовой части

Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики выполнения задания	Неверно выбрана методика выполнения курсовой работы	Методика выполнения курсовой работы выбрана в целом верно, но имеются неточности при построении имитационной модели в пакете Matlab	Методика выполнения курсовой работы выбрана верно, но имеются замечания, касающиеся результатов моделирования системы управления в пакете Matlab	Выбрана верная и наиболее рациональная методика выполнения курсовой работы с построением имитационной модели в пакете Matlab
Анализ и обоснование полученных результатов	Отсутствует анализ и обоснование результатов курсовой работы	Анализ результатов, полученных при выполнении курсовой работы, выполняется только при помощи преподавателя	Анализ и обоснование результатов курсовой работы выполнен, при этом допускаются незначительные неточности, требующие пояснения	Анализ и обоснование результатов курсовой работы выполнен полностью, сделаны исчерпывающие выводы

При промежуточной аттестации в форме экзамена:

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий применяемых при изучении дисциплины системы управления электроприводов	Не знает терминов, определений и понятий, используемых при ответе на вопросы экзаменационного билета	Знает термины, определения и понятия, используемые при изучении дисциплины, но допускает неточности формулировок технических терминов	Знает технические термины, определения и понятия, используемые в дисциплине в объеме вопросов экзаменационного билета	Знает термины, определения и понятия, может корректно сформулировать их самостоятельно в рамках вопросов экзаменационного билета и ответов на дополнительные вопросы
Полнота ответов на вопросы экзаменационного билета	Не знает основных закономерностей и признаков, по которым классифицируют СУЭП, основные регулируемые координаты ЭП, способы формирования процессов пуска в регулируемых приводах, способы поддержания скорости ЭП	Знает основные закономерности и признаки, по которым классифицируют СУЭП, основные регулируемые координаты ЭП, способы формирования процессов пуска в регулируемых приводах, способы поддержания скорости ЭП, при этом в ответах на вопросы экзаменационного билета допускаются ошибки, которые исправляются с дополнительной помощью	Дает правильные ответы на вопросы экзаменационного билета. Классифицирует СУЭП по различным признакам, знает основные регулируемые координаты ЭП, способы формирования процессов пуска и торможения в регулируемых приводах, принципы работы систем управления ЭП при этом ответы на вопросы экзаменационного билета даются не полностью	Дает полные, развернутые ответы на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы. Классифицирует СУЭП по различным признакам, знает основные регулируемые координаты ЭП, способы формирования процессов пуска и торможения в регулируемых приводах, принципы работы систем управления ЭП с двигателями постоянного и переменного тока
Логика изложения знаний	Не умеет анализировать знания свойств и методов расчета систем управления; выбирать элементы системы управления в соответствии с требуемыми характеристиками	Излагает ответы на вопросы билета с нарушениями в логической последовательности, при этом демонстрирует знание расчета элементов систем управления; выбирает элементы системы управления в соответствии с требуемыми характеристиками	Излагает знания без нарушений в логической последовательности. Демонстрирует знания свойств, характеристик и методов исследования ЭП, знание методов настройки аппаратуры управления с учётом переходных режимов работы, принципов и	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя. Демонстрирует знание свойств, характеристик и методов исследования ЭП, знание методов настройки аппаратуры управления с учётом переходных режимов работы,

			способов синтеза регуляторов координат ЭП, позволяющих обеспечить выполнение заданного технологического процесса	принципов и способов синтеза регуляторов координат ЭП, позволяющих обеспечить выполнение заданного технологического процесса, принципы частотных законов управления асинхронными и синхронными двигателями
--	--	--	--	--

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Полнота и качество выполненного задания экзаменационного билета	Имеются существенные ошибки при использовании методики выполнения практической части экзаменационного билета	Допускаются незначительные ошибки в расчетах, имеет неполное представление о методе расчета и полученных результатах	Ответы на вопросы практической части билета раскрыты полностью. Имеет правильное представление о методе расчета и полученных результатах	Ответы на вопросы практической части билета раскрыты полностью, рациональным способом. Имеет четкое представление о методах расчета и полученных результатах
Самостоятельность выполнения задания	Не может выполнить решение задачи, в том числе и с дополнительной помощью	Выполняет расчеты только с дополнительной помощью	Выполняет задание практической части экзаменационного билета в основном самостоятельно	Самостоятельно выполняет задание практической части экзаменационного билета
Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать излагаемый материал, а также делать выводы представляемых результатов в рамках вопросов экзаменационного билета	Допускает незначительные ошибки при сопоставлении, обобщении и формулировании выводов на вопросы экзаменационного билета	Поясняет и аргументирует выбранную методику решения задачи, делает выводы на основании полученного решения	Поясняет и аргументирует выбранную методику решения практической части экзаменационного билета, самостоятельно оценивает полученные результаты, делает выводы
Качество оформления ответов на вопросы	Ответы на вопросы экзаменационного	Ответы оформлены неаккуратно,	Ответы на вопросы экзаменационного	Ответы оформлены аккуратно, с

экзаменационного билета	билета оформлены настолько неряшливо, что не поддаются проверке	отсутствуют необходимые пояснения в виде графиков, схем и формул	о билета оформлены аккуратно, с необходимыми графическими пояснениями	необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники
-------------------------	---	--	---	---

Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики выполнения задания	Неверно выбрана методика выполнения задания практической части экзаменационного билета	Методика выполнения задания выбрана в целом верно, но имеются неточности при описании расчетных зависимостей и графического материала	Методика выполнения задания выбрана верно, но имеются замечания, не относящиеся к основным расчетным зависимостям и графическому материалу	Выбрана верная и наиболее рациональная методика формирования ответа на практическую часть экзаменационного билета с применением графического и аналитического методов
Анализ и обоснование результатов решения задач	Не выполнен анализ результатов решения задачи экзаменационного билета	Анализ результатов, полученных при решении задачи, выполняется только при помощи преподавателя	Анализ и обоснование результатов решения задачи выполнен, при этом допускаются незначительные неточности, требующие пояснения	Анализ и обоснование результатов решения задачи выполнен полностью, сделаны исчерпывающие выводы

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук
2	Учебные аудитории для проведения практических занятий, лабораторных работ, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, информационные стенды. Учебные лабораторные стенды “Автоматизированное управление электроприводами” НТЦ – 02.00.000. (2 стенда). Учебные лабораторные стенды “Электропривод” НТЦ – 13.00.000. (2

		стенда). Учебные стенды ПЛК “Siemens LOGO”. Состав стенда: ПЭВМ; модуль контроллера LOGO! 12/24RC; 2 модуля расширения дискретных входов – выходов DM8 12/24R; модуль аналоговых входов AM2; модуль аналоговых входов AM2 PT100; модуль питания LOGO!Power 12V. Асинхронные двигатели: тип АО-90L-6, АИР 66 А2 У1, АИР 56 А2 У2. Преобразователи частоты: “SAJ” MODEL: 8000m-4TR75GH; “DTLTA” MODEL: VFD015B21A; “ОВЕН” MODEL: ПЧВ 101-К75А
3	Специализированный компьютерный класс для проведения практических и лабораторных занятий	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, экран, персональные компьютеры (Intel Core i7-3770/ Н81/ 8192Мб/ 1Тб/ 21.5”IPS/ Wi-Fi/ LAN100Мб/DWD-RW), подключенные к сети «Интернет», имеющие доступ в электронную информационно-образовательную среду
4	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно

		условиям лицензионного соглашения
6	LOGO! Soft Comfort V7.x (demo version)	Свободно распространяемое ПО
7	Matlab R2014b	лицензия № 362444 от 06.07.2016

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Греков Э.Л. Исследование системы автоматического управления электроприводом постоянного тока [Электронный ресурс]: учебное пособие / Э.Л. Греков, В.Б. Фатеев. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2011. — 108 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30057.html>
2. Чернышев, А.Ю. Электропривод переменного тока: учебное пособие / А.Ю. Чернышев, Ю.Н. Дементьев, И.А. Чернышев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». - 2-е изд. - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2015. - 210 с.: ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442089>
3. Панкратов, В.В. Автоматическое управление электроприводами: учебное пособие / В.В. Панкратов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. - Новосибирск: НГТУ, 2013. - Ч. 1. Регулирование координат электроприводов постоянного тока. - 200 с. - ISBN 978-5-7782-2223-6; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228894>
4. Панкратов, В.В. Адаптивные алгоритмы бездатчикового векторного управления асинхронными электроприводами подъемно-транспортных механизмов: учебное пособие / В.В. Панкратов, Д.А. Котин. - Новосибирск: НГТУ, 2012. - 143 с. - ISBN 978-5-7782-2108-6; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228772>.
5. Мещеряков В.Н. Инверторы и преобразователи частоты для систем электропривода переменного тока [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Н. Мещеряков. — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. — 90 с. — 978-5-88247-689-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55631.html>
6. Симаков Г.М. Цифровые устройства и микропроцессоры в автоматизированном электроприводе [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.М. Симаков, Ю.В. Панкрац. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 211 с. — 978-5-7782-2210-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45455.html>
7. Терехин, В.Б. Компьютерное моделирование систем электропривода постоянного и переменного тока в Simulink: учебное пособие / В.Б. Терехин, Ю.Н. Дементьев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет». - Томск: Издательство Томского

- политехнического университета, 2015. - 307 с.: ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4387-0558-1; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442809>
8. Усольцев А.А. Электрический привод [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Усольцев. — Электрон. текстовые данные. — СПб.: Университет ИТМО, 2012. — 242 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65386.html>
 9. Даниленко Ю.И. Типовые схемы автоматического управления электроприводами [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям по курсу «Электротехника и электроника» / Ю.И. Даниленко. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2013. — 20 с. — 978-5-7038-3754-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31650.html>
 10. Авербух, М. А. Системы управления электроприводов. Моделирование динамических процессов : учеб. пособие для студентов бакалавриата 140400.62 и специальности 140604.65 / М. А. Авербух ; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2011. - 79 с.
 11. Проектирование электропривода постоянного тока с цифровой системой управления: уч. пособие/ М.А. Авербух, А.Н. Семернин, А.С. Солдатенков, Г.А. Фальков. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2021. – 118с.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Каталог образовательных Интернет-ресурсов: Электропривод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.2.75.30.12. – Заглавие с экрана.
2. Техническая коллекция Шнейдер Электрик. Выпуск 038 – Устройства плавного пуска и преобразователи частоты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.schneider-electric.ru/ru/download/document/МКР-TECHCOL38-11/>

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ¹

Рабочая программа утверждена на 2020/2021 учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями²

Протокол № _____ заседания кафедры от «____» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО

¹ Заполняется каждый учебный год на отдельных листах

² Нужно подчеркнуть

УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ³

Рабочая программа утверждена на 2021/2022 учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями⁴

Протокол № _____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО

³ Заполняется каждый учебный год на отдельных листах

⁴ Нужно подчеркнуть