

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**УТВЕРЖДАЮ**

Зам. директора  
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
в г. Смоленске  
по учебно-методической работе  
В.В. Рожков  
« 31 » 08 2015 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
РЕГУЛИРОВАНИЕ КООРДИНАТ ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: **13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

Магистерская программа: **Электроприводы и системы управления электроприводов**

Уровень высшего образования: **магистратура**

Нормативный срок обучения: **2 года**

Форма обучения: **очная**

Смоленск – 2015 г.

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

**Целью освоения дисциплины** «Регулирование координат электропривода» Б1.В.ОД.6 является подготовка обучающихся к проектно-конструкторской деятельности по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

**Задачами дисциплины** является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

Дисциплина направлена на обладание выпускниками следующими профессиональными компетенциями:

ОК-2 способностью действовать в нестандартных ситуациях, нести ответственность за принятые решения;

ПК-6 способностью формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства;

ПК-9 способностью выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности;

ПК-10 способностью управлять проектами разработки объектов профессиональной деятельности;

ПК-11 способностью осуществлять технико-экономическое обоснование проектов.

В результате изучения дисциплины студент должен:

### **Знать:**

1. как действовать в нестандартных (аварийных) ситуациях (ОК-2);

2. достижения науки и техники в области систем электроприводов и технологических процессов, чтобы «формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства» (ПК-6);

3. принципы работы, технические характеристики серийных электроприводов, конструктивные особенности разрабатываемых систем управления электроприводов и используемого технического оборудования (ПК-9);

4. как «управлять проектами разработки объектов профессиональной деятельности» (ПК-10), что неразрывно связано с регулировочными свойствами электропривода механизма, возможностями регулирования координат электропривода;

5. методы проведения технических расчетов и определения технической эффективности исследований и разработок с соблюдением заданных параметров технологического процесса и качества продукции (ПК-11);

### **Уметь:**

1. формулировать цели проектирования в соответствии с технологическими требованиями, выявлять приоритетные варианты электроприводов и ответственно относиться к принятым решениям (ОК-2);

2. использовать информационные технологии и справочный материал при проектировании систем и выборе оборудования при технологической подготовке производства (ПК-6);

3. использовать компьютерные технологии моделирования и обработки результатов, проводить исследования систем управления электроприводов на лабораторных установках, оценить количественные и качественные показатели процессов движения электроприводов (ПК-9);

4. применять методы анализа и синтеза применительно к замкнутым системам электроприводов различного типа и расчета статических и динамических характеристик электропривода в различных режимах работы (ПК-10);

5. грамотно обосновать с технической и экономической стороны выбор конкретной системы электропривода, отвечающей заданным требованиям (ПК-11).

**Владеть:**

информацией о современном состоянии и оборудовании электроприводов и навыками организации технологического производства (ПК-6); навыками анализа, синтеза и моделирования систем электроприводов постоянного и переменного тока с учетом их нелинейностей (ПК-09); практическими навыками расчета статических характеристик, переходных процессов электроприводов с применением компьютерной техники, навыками работы с лабораторным электрооборудованием и измерительными приборами, обработки результатов измерений и оформления отчетов (ПК-10); информацией о современном оборудовании электроприводов и его стоимости (ПК-11).

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Регулирование координат электропривода» относится к вариативной части дисциплин цикла Б1.Б образовательной программы подготовки магистров по магистерской программе «Электроприводы и системы управления электроприводов», направления «Электроэнергетика и электротехника».

В соответствии с учебным планом по направлению «Электроэнергетика и электротехника» дисциплина «Регулирование координат электропривода» базируется на следующих дисциплинах:

Б1.Б.1 Философия технических наук

Б1.В.ДВ.2.1 Микропроцессорная техника в электроприводе

Б1.В.ДВ.2.2 Микроконтроллеры в электроприводе

Б1.В.ОД.1 Элементы и схемотехника силовой электроники

Б1.В.ДВ.1.1 Электропривод с вентильными и шаговыми двигателями

Б1.В.ДВ.1.2 Вентильно-индукторный электропривод

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения дисциплины, являются базой для изучения следующих дисциплин:

Б1.Б.4 Экономика энергетики

Б1.Б.6 Методология научного творчества

Б1.В.ОД.3 Автоматизация технологических процессов

Б2.П.1 Производственная практика

Б2.П.2 Преддипломная практика

### 3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

#### Аудиторная работа

Цикл:	Б1	Семестр
Часть цикла:	вариативная	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.ОД.6	
Часов (всего) по учебному плану:	216	1 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	6	1 семестр
Лекции (ЗЕТ, часов)	0.5, 18	1 семестр
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	1.5, 54	1 семестр
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	0.5, 18	1 семестр
Курсовая работа	0.5, 18	1 семестр
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	1.75, 63	1 семестр
Экзамен (ЗЕТ, часов)	1.25, 45	1 семестр

#### Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	-
Подготовка к практическим занятиям (пз)	0.75, 27
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы (лаб)	1, 36
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	-
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	-
Подготовка к контрольным работам	-
Подготовка к тестированию	-
Подготовка к зачету	-
Всего:	1.75, 63
Подготовка к экзамену	1.25, 45

### 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Темы дисциплины	Все-го часов на тему	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах)					
			лк	пр	лаб	кр	СРС	в т.ч. интер-тер-акт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Тема 1. Замкнутые системы автоматического управления электропривода (САУЭП)	52	4	16	8		24	10
2	Тема 2. Формирование статики и динамики САУЭП с помощью отсечек	23	2	6	4		11	5
3	Тема 3. Анализ и синтез линейных и нелинейных САУЭП	16	4	8	-		4	10

4	Тема 4. САУЭП с подчиненным регулированием координат	42	6	16	4		16	14
5	Тема 5. САУЭП с адаптивным управлением	16	2	8	2		4	6
6	Выполнение курсового проекта (работы)	18				18		
Всего часов по видам учебных занятий (включая 45 часов на подготовку к экзамену)		<b>216</b>	<b>18</b>	<b>54</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>63</b>	<b>45</b>

## Содержание по видам учебных занятий

### Тема 1. Замкнутые системы автоматического управления электропривода (САУЭП)

*Лекция 1.* Обобщённая функциональная схема замкнутой системы САУЭП с суммирующим усилителем и обратными связями (ОС): отрицательной по скорости, отрицательной по напряжению и положительной по току двигателя. Принцип формирования статических характеристик замкнутой системы.

Уравнение обобщённой статической электромеханической характеристики САУЭП с ООС по скорости, ООС по напряжению и ПОС по току двигателя (2 часа).

*Лекция 2.* Обобщённая структурная схема замкнутой системы САУЭП с суммирующим усилителем и ООС по скорости, ООС по напряжению и ПОС по току двигателя, её эквивалентное преобразование. Передаточные функции по управляющему и возмущающему воздействиям (2 часа).

*Практическое занятие 1, 2.* Функциональная схема замкнутой системы САУЭП с суммирующим усилителем и ООС по скорости. Уравнение статической электромеханической характеристики, оценка влияния на её вид коэффициентов. Передаточные функции по управляющему и возмущающему воздействиям, динамика системы (4 часа).

*Практическое занятие 3, 4.* Функциональная схема замкнутой системы САУЭП с суммирующим усилителем и ПОС по току. Уравнение статической электромеханической характеристики, оценка влияния на её вид коэффициентов. Передаточные функции по управляющему и возмущающему воздействиям, динамика системы (4 часа).

*Практическое занятие 5, 6.* Функциональная схема замкнутой системы САУЭП с суммирующим усилителем и ООС по напряжению двигателя. Уравнение статической электромеханической характеристики, оценка влияния на её вид коэффициентов. Передаточные функции по управляющему и возмущающему воздействиям, динамика системы (4 часа).

*Практическое занятие 7.* Функциональная схема и уравнение электромеханической характеристики САУЭП с отрицательной ОС по напряжению и положительной ОС по току (2 часа).

*Практическое занятие 8.* Функциональная схема и уравнение электромеханической характеристики САУЭП с отрицательной ОС по ЭДС двигателя (с тахометрическим мостом) (2 часа).

*Лабораторная работа №28.* «Статические характеристики двигателя постоянного тока (ДПТ) независимого возбуждения в системе электропривода с различными обратными связями» (4 часа).

*Лабораторная работа №32.* «Исследование системы стабилизации координат в тиристорном электроприводе постоянного тока с суммирующим усилителем» (4 часа).

*Самостоятельная работа 1.* Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ №28 и №32 (изучение методических указаний и лекций) (16 часов). Подготовка к практическим занятиям №1–№8 (8 часов).

*Текущий контроль* – устный опрос при проведении допуска к лабораторным работам, защита лабораторных работ, по выполнению курсовой работы.

## **Тема 2. Формирование статики и динамики САУЭП с помощью отсечек**

*Лекция 3.* Функциональная схема САУЭП с ООС по скорости и отсечкой по току (токоограничением). Уравнение статической электромеханической характеристики. Статические электромеханические характеристики и динамика такой системы (2 часа).

*Практическое занятие 9.* Изучение свойств САУЭП с ООС по скорости и отсечкой по току (2 часа).

*Практическое занятие 10.* Функциональная схема САУЭП с ПОС по скорости («упреждающее» токоограничение). Физическая сущность такого токоограничения (2 часа).

*Практическое занятие 11.* Уравнение статической электромеханической характеристики, динамика системы с «упреждающим» токоограничением (2 часа).

*Лабораторная работа №27.* «Исследование систем стабилизации координат электропривода с источником тока» (4 часа).

*Самостоятельная работа 2.* Подготовка к выполнению и защите лабораторной работе № 27 (изучение методических указаний и лекционного материала по теме) (8 часов). Подготовка к практическим занятиям №9–№11 (3 часа).

*Текущий контроль* – устный опрос при проведении допуска к лабораторным работам, защите лабораторных работ, консультировании курсовой работы.

## **Тема 3. Анализ и синтез линейных и нелинейных САУЭП**

*Лекция 4.* Определение нелинейных систем. Методы линеаризации нелинейностей: кусочно-линейная аппроксимация, гармоническая линеаризация, линеаризация "в малом", техническая линеаризация. Метод гармонического баланса (2 часа).

*Лекция 5.* Порядок синтеза САУЭП с помощью ЛАЧХ. Синтез САУЭП с помощью последовательной и параллельной коррекций (2 часа).

*Практическое занятие 12.* Порядок применения номограмм качества для определения параметров переходных функций по ЛАЧХ разомкнутой системы (2 часа).

*Практическое занятие 13, 14.* Принцип модального управления. Структурная схема САУ ТП-Д с модальным регулятором и её математическое описание. Порядок синтеза системы с модальным управлением исходя из заданной динамики и статики. Пример реализации системы с модальным управлением при переменных состоянии  $\omega$ ,  $d\omega/dt$ ,  $di_{\alpha}/dt$  (4 часа).

*Практическое занятие 15.* Понятие наблюдающего устройства. Выделение производных скорости и тока якоря в ТП-Д с помощью наблюдающего устройства (2 часа).

*Самостоятельная работа 3.* Подготовка к практическим занятиям №12–№15 (4 часа).

*Текущий контроль* – устный опрос и контроль выполнения курсовой работы.

## **Тема 4. САУЭП с подчиненным регулированием координат**

*Лекция 6.* Понятие оптимального переходного процесса. Порядок синтеза систем с подчиненным регулированием координат. Настройка контуров регулирования на технический и симметричный оптимум, динамические свойства таких контуров (2 часа).

*Лекция 7.* Настройка контура тока в системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат. Влияние внутренней отрицательной обратной связи по ЭДС на динамику САУЭП с подчиненным регулированием координат и меры по устранению этого явления (2 часа).

*Лекция 8.* Анализ статики и динамики систем ТП-Д с контуром скорости, настроенным на технический оптимум. Анализ статики и динамики системы ТП-Д с контуром скорости, настроенным на симметричный оптимум (2 часа).

*Практическое занятие 16.* Классификация систем позиционирования и режимов перемещения. Настройка регулятора положения в системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат при малых перемещениях (2 часа).

*Практическое занятие 17.* Реализация регулируемого статизма. Определение параметров регулятора скорости. Уравнение электромеханической характеристики, ЛАЧХ системы (2 часа).

*Практическое занятие 18.* Формирование переходных процессов в системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат при ограничении тока (пуск "под отсечку") (2 часа).

*Практическое занятие 19, 20.* Формирование переходных процессов в системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат при ограничении производной скорости (пуск с задатчиком интенсивности), влияние на динамику фильтра на входе двукратноинтегрирующей системы (4 часа).

*Практическое занятие 21.* Формирование переходных процессов в системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат при одновременном управляющем и возмущающем воздействиях (2 часа).

*Практическое занятие 22.* Настройка регулятора положения в системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат при любых перемещениях (2 часа).

*Практическое занятие 23.* Свойства и показатели трёхконтурной следящей системы подчинённого регулирования (2 часа).

*Лабораторная работа №29.* «Исследование систем стабилизации координат асинхронного электропривода с тиристорным регулятором напряжения» (4 часа).

*Самостоятельная работа 4.* Подготовка к выполнению и защите лабораторной работе №29 (изучение методических указаний и лекционного материала по теме) (8 часов). Подготовка к практическим занятиям №16–№23 (8 часов).

*Текущий контроль* – устный опрос при проведении допуска к лабораторным работам, защите лабораторных работ, консультировании расчетно-графической работы.

#### **Тема 5. САУЭП с адаптивным управлением**

*Лекция 9.* Функциональная схема, математическое описание и свойства следящей системы. Понятие об адаптивном управлении электроприводов. Классификация адаптивных систем (2 часа).

*Практическое занятие 24.* Функциональная схема адаптивных САУЭП. Эталонные модели в беспойсковых адаптивных САУЭП (2 часа).

*Практическое занятие 25.* Адаптивные САУЭП со стабилизацией частотных характеристик (2 часа).

*Практическое занятие 26.* САУЭП подчиненного регулирования с адаптивным регулятором тока – математическое описание и техническая реализация (2 часа).

*Практическое занятие 27.* Понятие и принцип действия поисковых адаптивных САУЭП (2 часа).

*Лабораторная работа.* Отработка пунктов лабораторных работ №27–№29, №32, не выполненных по каким-либо причинам, и защита этих лабораторных работ (2 часа).

*Самостоятельная работа 5.* Подготовка к практическим занятиям №24–№27 (4 часа).

*Текущий контроль* – устный опрос при проведении защиты лабораторных работ, при консультировании и защите курсовой работы.

Интерактивные занятия: 6 часов на лекциях, 12 часов на лабораторных работах и 27 часов на практических занятиях.

#### **Промежуточная аттестация по дисциплине: экзамен**

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Экзамен проводится в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационной сессиях в НИУ МЭИ и инструктивным письмом от 14.05.2012 г. № И-23.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Для обеспечения самостоятельной работы разработаны:  
демонстрационные слайды лекций по дисциплине,  
методические указания по самостоятельной работе при подготовке к практическим занятиям и лабораторным работам, выполнении курсовой работы (см. Приложение к РПД),

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования**

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции: ОК-2, ПК-6, ПК-9, ПК-10 и ПК-11. Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов).
2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе защит лабораторных работ, а также решения конкретных технических задач на практических занятиях, успешной сдачи экзамена.

### **6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описания шкал оценивания**

Сформированность компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

При достаточном качестве освоения более 80% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на эталонном уровне, при освоении более 60% приведенных знаний, умений и навыков – на продвинутом, при освоении более 40% приведенных знаний, умений и навыков - на пороговом уровне. В противном случае компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

Уровень сформированности каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и представлен различными видами оценочных средств.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенций ОК-2 (способностью действовать в нестандартных ситуациях, нести ответственность за принятые решения); ПК-6 (способностью формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства); ПК-9 (способностью выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности); ПК-10 (способностью управлять проектами разработки объектов профессиональной деятельности); ПК-11 (способностью осуществлять технико-экономическое обоснование проектов)



преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по лабораторным работам, практическим занятиям, курсовой работе. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах, защитах лабораторных работ и курсовой работы, ответах на практических занятиях.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

– как вести себя во внештатных производственных ситуациях, связанных, например, с аварией или нарушением технологического процесса со стороны электропривода (ОК-2);

– общих физических свойств механической и электрической частей электропривода, схем включения и методов расчета характеристик, анализа и синтеза электроприводов, методов анализа режимов работы электропривода как единой сложной электромеханической системы в целях «управлять проектами разработки объектов профессиональной деятельности» (ПК-10);

– научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования для улучшения состава оборудования и его параметров, принципов управления различных типов электроприводов, чтобы иметь «способность осуществлять технико-экономическое обоснование проектов» (ПК-9 и ПК-11);

– наличие **умения**:

– спроектировать технико-экономически обоснованную систему электропривода, отвечающую требованиям технического задания и современным достижениям в области электропривода (ПК-6, ПК-9, ПК-11);

– рассчитывать и анализировать влияние изменения параметров и внешних воздействий на режимы работы электропривода, объяснять характер процессов, пользуясь для этого физическими соображениями и важнейшими математическими соотношениями (ПК-10);

– присутствие **навыка**:

– расчета статических характеристик, переходных процессов, анализа и синтеза электропривода с применением компьютерной техники (ПК-10), поиска информации о современном оборудовании электроприводов и его стоимости, выбора и заказа серийного оборудования (ПК-11, ПК-9).

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции в процессе выполнения и защиты лабораторных работ, расчетно-графической работы, в результате выполнения заданий на практических занятиях.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций ОК-2, ПК-6, ПК-9, ПК-10 и ПК-11 **в процессе защиты лабораторных работ** как формы текущего контроля.

На защите соответствующих лабораторных работ задается 2 вопроса из примерного перечня:

1. Какие обратные связи используются для стабилизации момента и скорости?
2. С какой целью применяются замкнутые системы электропривода?
3. Каковы уравнения замыкания системы электропривода по скорости, по току?
4. В чём состоит физическая сущность получения жёстких характеристик в замкнутых системах электропривода?
5. С какой предельной жесткостью могут быть получены характеристики в системах электропривода с обратными связями по напряжению, току, скорости?
6. В чём состоит сущность получения мягких характеристик в системе электропривода с отрицательной обратной связью по току якоря ДПТ?
7. Почему характеристика разомкнутой системы и характеристика, снятая при постоянном напряжении на якоре двигателя, имеют разные жесткости?
8. Выведите уравнение статической характеристики в замкнутой системе электропривода для одной из пунктов обратных связей.

9. От чего зависит скорость холостого хода и жесткость статической характеристики в замкнутой системе электропривода?

10. Как изменятся статические характеристики в замкнутой системе электропривода, если изменить (уменьшить, увеличить) коэффициент обратной связи?

11. Как изменятся статические характеристики в замкнутой системе, если изменить (уменьшить, увеличить) общий коэффициент усиления суммирующего усилителя?

12. Почему при увеличении коэффициента положительной обратной связи по току якоря система становится неустойчивой?

13. Каким образом происходит ограничение тока якоря в системе с положительной обратной связью по скорости?

14. Для каких целей служит датчик тока?

15. Как изменится качество динамических характеристик системы электропривода, если изменить (уменьшить, увеличить) коэффициент обратной связи?

16. Чем определяется динамический ток двигателя в системе с задатчиком интенсивности?

17. Чем определяется динамический ток двигателя в системе электропривода с задержанной отрицательной связью по току якоря при подаче сигнала задания скачком?

18. Почему в системе стабилизации скорости с задержанной обратной связью по скорости время пуска двигателя зависит от величины момента статической нагрузки?

19. Поясните необходимость применения узла защиты индуктивно-емкостного источника тока и его работу.

20. Каков аварийный режим работы для источника тока? Почему?

21. Как можно влиять на величину ускорения при пуске системы стабилизации скорости с параметрическим ограничением момента и задатчиком интенсивности при фиксированной нагрузке на валу испытуемого двигателя?

22. Какие параметры оказывают влияние на жесткость статических механических характеристик системы стабилизации скорости?

23. Объясните возможность регулирования координат изменением действующего значения напряжения  $U_\phi$ .

24. Каков принцип работы ТРН на активную и активно-индуктивную нагрузки соответственно?

25. Поясните, как осуществляется регулирование трехфазного напряжения на статоре АД?

26. Как формируются жесткие характеристики в системе ТРН-АД?

27. В чем состоит физический смысл получения жестких характеристик?

Полный ответ на один вопрос соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на один и частичный ответ на второй – продвинутому уровню; при полном ответе на два вопроса – эталонному уровню).

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций ОК-2, ПК-6, ПК-9, ПК-10 и ПК-11 в процессе защиты курсовой работы как формы текущего контроля.

**В процессе защиты курсовой работы** студенту задается 2 вопроса из следующего примерного перечня:

1. Для чего необходимо регулирование координат электропривода? Какие ограничения накладываются на режимы работы двигателя?

2. Каким целям служит регулирование координат? Какие способы регулирования координат Вы знаете?

3. Какие связи применяются для стабилизации координат?

4. Охарактеризуйте основные показатели регулирования координат.

5. Какова связь требуемой точности регулирования в статических и астатических системах с ЛАЧХ разомкнутого контура?

6. Какова связь показателей регулирования: колебательности, быстродействия и перере-

гулирования с ЛЧХ разомкнутого контура?

7. Чем определяется число обратных связей при модальном управлении?
8. В чем проявляется нелинейность системы источник тока-двигатель?
9. В чем суть метода последовательной коррекции с подчиненным регулированием координат? Что представляет собой некомпенсируемая постоянная времени  $T_\mu$ ? Какова желаемая передаточная функция разомкнутого контура регулирования?
10. От чего зависит колебательность и быстродействие замкнутого контура регулирования? Как производится настройка контура регулирования на технический оптимум?
11. Как определяется передаточная функция регулятора? Почему ограничено применение ПИД-регулятора и более сложных регуляторов?
12. В чем заключается принцип подчиненного регулирования координат? Как изменяется некомпенсируемая постоянная при увеличении числа контуров регулирования?
13. Как настраивается контур регулирования на симметричный оптимум? Какие показатели регулирования при такой настройке?
14. Что представляет собой обобщенная система управляемый преобразователь – двигатель (УП–Д)? Какие уравнения, параметры и структурные схемы для системы УП–Д?
15. Как влияет коэффициент обратной связи по скорости на статические характеристики и динамические свойства электропривода?
16. От чего зависит жесткость статической механической характеристики при настройке на технический оптимум?
17. Охарактеризуйте ошибки регулирования скорости по управляющему и возмущающему воздействиям в двухконтурной системе УП–Д с П-регулятором скорости. Каковы графики переходных процессов при скачке и линейном нарастании задающего сигнала.
18. Какими свойствами обладает электропривод по системе УП–Д при настройке контура регулирования скорости на симметричный оптимум при интегрально-пропорциональном регуляторе скорости?

Полный ответ на один вопрос соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на один и частичный ответ на второй – продвинутому уровню; при полном ответе на два вопроса – эталонному уровню).

### **Критерии оценивания уровня сформированности компетенций ОК-2, ПК-6, ПК-9, ПК-10 и ПК-11 в результате выполнения заданий на практических занятиях.**

Оценивается активность работы студента на практических занятиях, глубина ответов студента «у доски» при устных опросах в процессе выполнения заданий к каждому практическому занятию.

Способность называть при устном ответе основные расчетные формулы соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, в дополнение к пороговому самостоятельное решение части вопросов – соответствует продвинутому уровню; в дополнение к продвинутому – способность рассчитать задачу в полном объеме с соответствующими пояснениями соответствует эталонному уровню.

Сформированность уровня компетенции не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является экзамен, оцениваемый по принятой в НИУ «МЭИ» четырехбалльной системе: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно". Экзамен по дисциплине проводится в устной форме. Критерии оценивания (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не

только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практические задание

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практические задание, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, знакомый с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной).

Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент: после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.

В зачетную книжку студента и приложение к диплому выносится оценка экзамена по дисциплине за 1 семестр.

### **6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

Вопросы по формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закреплёнными за дисциплиной (примерные вопросы по лекционному материалу):

1. Для чего необходимо регулирование координат электропривода? Какие ограничения накладываются на режимы работы двигателя?
2. Каким целям служит регулирование координат? Какие способы регулирования координат Вы знаете?
3. Охарактеризуйте основные показатели регулирования координат.
4. Как выводится формула для определения суммарной ошибки замкнутого контура регулирования?
5. Какова связь требуемой точности регулирования в статических и астатических системах с ЛАЧХ разомкнутого контура?

6. Какова связь показателей регулирования: колебательности, быстродействия и перерегулирования с ЛЧХ разомкнутого контура?
7. В чем суть метода последовательной коррекции с подчиненным регулированием координат? Что представляет собой некомпенсируемая постоянная времени  $T_{\mu}$ ? Какова желаемая передаточная функция разомкнутого контура регулирования?
8. От чего зависит колебательность и быстродействие замкнутого контура регулирования? Как производится настройка контура регулирования на технический оптимум?
9. Как определяется передаточная функция регулятора? Почему ограничено применение ПИД-регулятора и более сложных регуляторов?
10. В чем заключается принцип подчиненного регулирования координат? Как изменяется некомпенсируемая постоянная при увеличении числа контуров регулирования?
11. Как настраивается контур регулирования на симметричный оптимум? Какие показатели регулирования при такой настройке?
12. Что представляет собой обобщенная система управляемый преобразователь – двигатель (УП–Д)? Какие уравнения, параметры и структурные схемы для системы УП–Д?
13. Напишите уравнения и изобразите структурную схему и механические характеристики электропривода по системе УП–Д с отрицательной обратной связью по моменту.
14. Какие свойства приобретает электропривод по системе УП–Д с отрицательной обратной связью по моменту, если дополнительно ввести положительную обратную связь по скорости? Напишите уравнения и изобразите структурную схему и механические характеристики для этого случая.
15. Как влияет введение отрицательной обратной связи по моменту на динамические свойства электропривода по системе УП–Д?
16. Каким образом осуществляется последовательная коррекция контура регулирования момента в системе УП–Д? Изобразите структурную схему и статические механические характеристики электропривода.
17. Какими динамическими свойствами обладает контур момента в системе УП–Д при настройке на технический оптимум?
18. Как определить статические и динамические ошибки регулирования момента по управлению и возмущению в системе УП–Д, оптимизированной методом последовательной коррекции?
19. Как влияет внутренняя обратная связь по скорости на точность регулирования момента в системе УП–Д, оптимизированной методом последовательной коррекции?
20. Как рассчитываются параметры унифицированного контура регулирования тока в системе ТП–Д?
21. Какие свойства приобретает электропривод по системе УП–Д с отрицательной обратной связью по моменту, если дополнительно ввести положительную обратную связь по скорости? Напишите уравнения и изобразите структурную схему и механические характеристики для этого случая.
22. Как влияет введение отрицательной обратной связи по моменту на динамические свойства электропривода по системе УП–Д?
23. Каким образом осуществляется последовательная коррекция контура регулирования момента в системе УП–Д? Изобразите структурную схему и статические механические характеристики электропривода.
24. Какими динамическими свойствами обладает контур момента в системе УП–Д при настройке на технический оптимум?
25. Как определить статические и динамические ошибки регулирования момента по управлению и возмущению в системе УП–Д, оптимизированной методом последовательной коррекции?
26. Как влияет внутренняя обратная связь по скорости на точность регулирования момента в системе УП–Д, оптимизированной методом последовательной коррекции?

27. Как рассчитываются параметры унифицированного контура регулирования тока в системе ТП–Д?

28. Изобразите структурную схему автоматического регулирования скорости в системе УП–Д с отрицательной обратной связью по скорости. Как влияет коэффициент обратной связи по скорости на статические характеристики и динамические свойства электропривода?

29. Нарисуйте структурную схему, напишите уравнения для системы УП–Д при настройке контура скорости на технический оптимум. От чего зависит жесткость статической механической характеристики при такой настройке?

30. Охарактеризуйте ошибки регулирования скорости по управляющему и возмущающему воздействиям в двухконтурной системе УП–Д с П-регулятором скорости.

31. Как выглядят графики переходных процессов при скачке и линейном нарастании задающего сигнала.

32. Как производится расчет параметров контура регулирования скорости в двухконтурной системе ТП–Д с П-регулятором скорости? Как рассчитываются и строятся механические характеристики?

33. Какими свойствами обладает электропривод по системе УП–Д при настройке контура регулирования скорости на симметричный оптимум?

Вопросы по приобретению и развитию практических умений, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной  
(примеры вопросов к практическим занятиям, лабораторным работам)

1. Как осуществить стабилизацию координат двигателя?
2. Как можно реализовать токоограничение двигателя?
3. Каково математическое описание (структурная схема) электропривода при стабилизации скорости двигателя?
4. Каково математическое описание (структурная схема) электропривода при стабилизации тока двигателя?
5. Какие нелинейности присутствуют в электроприводе?
6. Как линеаризовать математическое описание нелинейного электропривода?
7. Как осуществить анализ и синтез линеаризованных САУЭП с помощью ЛАЧХ?
8. Какова связь между параметрами ЛАЧХ и показателями качества в статике и динамике?
9. Какова сущность модального управления?
10. Как настроить модальный регулятор исходя из статике и динамики?
11. Какова сущность метода последовательной коррекции с подчиненным регулированием координат?
12. Зачем нужны датчики обратных связей?
13. В какой точке пересекутся статические характеристики в электроприводе с отрицательной обратной связью по скорости при изменении коэффициента обратной связи?
14. Как определяется передаточная функция регулятора?
15. В чем заключается настройка контура регулирования на технический оптимум и каковы его динамические показатели?
16. В чем заключается настройка контура регулирования на симметричный оптимум и каковы его динамические показатели?
17. Каковы статические характеристики электропривода в однократноинтегрирующей двухконтурной системе ТП–Д?
18. Каковы статические характеристики электропривода в двухкратноинтегрирующей двухконтурной системе ТП–Д?
19. Для чего и когда используется фильтр в задающей цепи при настройке контура на симметричный оптимум?

20. Каким образом проявляется влияние внутренней обратной связи по ЭДС двигателя в динамических режимах?
21. Почему нужен параболический регулятор положения?
22. От чего зависят статическая и динамическая ошибки следящей системы, каковы способы их уменьшения?
23. Какие параметры закладываются в оценку стоимости электропривода?
24. Как в системе ТП-Д получить свойства источника тока-двигатель?
25. Как классифицируются адаптивные системы?
26. Каков принцип действия поисковых адаптивных САУЭП?

Вопросы по закреплению теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями (вопросы к экзамену)

### **1. Замкнутые системы автоматического управления электропривода (САУЭП)**

Обобщённая функциональная схема замкнутой системы САУЭП с суммирующим усилителем и обратными связями (ОС): отрицательной по скорости, отрицательной по напряжению и положительной по току двигателя. Принцип формирования статических характеристик замкнутой системы.

Уравнение обобщённой статической электромеханической характеристики САУЭП с ООС по скорости, ООС по напряжению и ПОС по току двигателя.

Обобщённая структурная схема замкнутой системы САУЭП с суммирующим усилителем и ООС по скорости, ООС по напряжению и ПОС по току двигателя, её эквивалентное преобразование. Передаточные функции по управляющему и возмущающему воздействиям.

Функциональная схема замкнутой системы САУЭП с суммирующим усилителем и ООС по скорости. Уравнение статической электромеханической характеристики, оценка влияния на её вид коэффициентов. Передаточные функции по управляющему и возмущающему воздействиям, динамика системы.

Функциональная схема замкнутой системы САУЭП с суммирующим усилителем и ПОС по току. Уравнение статической электромеханической характеристики, оценка влияния на её вид коэффициентов. Передаточные функции по управляющему и возмущающему воздействиям, динамика системы.

Функциональная схема замкнутой системы САУЭП с суммирующим усилителем и ООС по напряжению двигателя. Уравнение статической электромеханической характеристики, оценка влияния на её вид коэффициентов. Передаточные функции по управляющему и возмущающему воздействиям, динамика системы.

Функциональная схема и уравнение электромеханической характеристики САУЭП с отрицательной ОС по напряжению и положительной ОС по току

Функциональная схема и уравнение электромеханической характеристики САУЭП с отрицательной ОС по ЭДС двигателя (с тахометрическим мостом).

### **2. Формирование статики и динамики САУЭП с помощью отсечек**

Функциональная схема САУЭП с ООС по скорости и отсечкой по току (токоограничением). Уравнение статической электромеханической характеристики. Статические электромеханические характеристики и динамика такой системы.

Изучение свойств САУЭП с ООС по скорости и отсечкой по току.

Функциональная схема САУЭП с ПОС по скорости («упреждающее» токоограничение). Физическая сущность такого токоограничения.

Уравнение статической электромеханической характеристики, динамика системы с «упреждающим» токоограничением.

### **3. Анализ и синтез линейных и нелинейных САУЭП**

Определение нелинейных систем. Методы линеаризации нелинейностей: кусочно-линейная аппроксимация, гармоническая линеаризация, линеаризация "в малом", техническая линеаризация. Метод гармонического баланса.

Порядок синтеза САУЭП с помощью ЛАЧХ. Синтез САУЭП с помощью последовательной и параллельной коррекций.

Порядок применения номограмм качества для определения параметров переходных функций по ЛАЧХ разомкнутой системы.

Принцип модального управления. Структурная схема САУ ТП-Д с модальным регулятором и её математическое описание. Порядок синтеза системы с модальным управлением исходя из заданной динамики и статики. Пример реализации системы с модальным управлением при переменных состояния  $\omega$ ,  $d\omega/dt$ ,  $di_{\alpha}/dt$  (4 часа).

Понятие наблюдающего устройства. Выделение производных скорости и тока якоря в ТП-Д с помощью наблюдающего устройства.

#### **4. САУЭП с подчиненным регулированием координат**

Понятие оптимального переходного процесса. Порядок синтеза систем с подчиненным регулированием координат. Настройка контуров регулирования на технический и симметричный оптимум, динамические свойства таких контуров.

Настройка контура тока в системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат. Влияние внутренней отрицательной обратной связи по ЭДС на динамику САУЭП с подчиненным регулированием координат и меры по устранению этого явления.

Анализ статики и динамики систем ТП-Д с контуром скорости, настроенным на технический оптимум. Анализ статики и динамики системы ТП-Д с контуром скорости, настроенным на симметричный оптимум.

Классификация систем позиционирования и режимов перемещения. Настройка регулятора положения в системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат при малых перемещениях.

Реализация регулируемого статизма. Определение параметров регулятора скорости. Уравнение электромеханической характеристики, ЛАЧХ системы.

Формирование переходных процессов в системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат при ограничении тока (пуск "под отсечку").

Формирование переходных процессов в системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат при ограничении производной скорости (пуск с задатчиком интенсивности), влияние на динамику фильтра на входе двукратноинтегрирующей системы.

Формирование переходных процессов в системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат при одновременном управляющем и возмущающем воздействии.

Настройка регулятора положения в системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат при любых перемещениях.

Свойства и показатели трёхконтурной следящей системы подчинённого регулирования.

#### **Тема 5. САУЭП с адаптивным управлением**

Функциональная схема, математическое описание и свойства следящей системы.

Понятие об адаптивном управлении электроприводов. Классификация адаптивных систем.

Функциональная схема адаптивных САУЭП. Эталонные модели в беспоисковых адаптивных САУЭП

Адаптивные САУЭП со стабилизацией частотных характеристик.

САУЭП подчиненного регулирования с адаптивным регулятором тока – математическое описание и техническая реализация.

Понятие и принцип действия поисковых адаптивных САУЭП.



## **6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, изложены в учебных пособиях и методических рекомендациях по изучению курса «Регулирование координат электропривода», к выполнению и защите лабораторных работ, к выполнению курсовой работы и заданий на самостоятельную работу (приложение к настоящей РПД).

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **а) Основная литература**

1. Данилов П.Е. Теория электропривода. [Текст]: монография / П.Е. Данилов, В.А. Барышников, В.В. Рожков. – Смоленск, 2014. – 348 с.

### **б) дополнительная литература:**

1. Башарин А.В. и др. Управление электроприводами: Учеб. пособие для вузов. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 392 с.

2. Барышников В.А., Косенков А.В., Лушанин О.И. Исследование систем стабилизации координат электроприводов. Лабораторный практикум. Учеб. пособие по курсу “Системы управления электропривода”. Смоленск: ГОУ ВПО СФ МЭИ (ТУ), 2002. – 55 с.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины**

1. Г. Лазарев. Высоковольтные преобразователи для частотно-регулируемого электропривода. Построение различных систем [электронный ресурс]. Новости электротехники. Информационно-справочное издание. Режим доступа:

<http://www.news.elteh.ru/arh/2005/32/10.php> (Дата обращения 20.11.2014 г.).

2. Е. Тетяев, А. Волегов. Частотно-регулируемый электропривод подъемно-транспортных механизмов [электронный ресурс]. Силовая электроника №4, 2007. Режим доступа: [http://www.power-e.ru/2007\\_4\\_40.php](http://www.power-e.ru/2007_4_40.php)

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Дисциплина предусматривает лекции 1 час в неделю, практические занятия 3 часа в неделю и лабораторные работы 1 час в неделю, выполняемые по отдельному графику. Изучение курса завершается экзаменом.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях и лабораторных работах, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Во время лекции студент должен вести краткий конспект.

Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий. При этом необходимо пометить материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. При этом обучающийся должен стараться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если ему самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Обучающемуся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

**Практические (семинарские) занятия** составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Основная цель проведения практических (семинарских) занятий - формирование у студентов аналитического, творческого мышления путем приобретения практических навыков.

Методические указания к практическим (семинарским) занятиям по дисциплине наряду с рабочей программой и графиком учебного процесса относятся к методическим документам, определяющим уровень организации и качества образовательного процесса.

Содержание практических (семинарских) занятий фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

Важнейшей составляющей любой формы практических занятий являются упражнения (задания). Основа в упражнении - пример, который разбирается с позиций теории, развитой в лекции. Как правило, основное внимание уделяется формированию конкретных умений, навыков, что и определяет содержание деятельности студентов - решение задач, графические работы, уточнение категорий и понятий науки, являющихся предпосылкой правильного мышления и речи.

Практические (семинарские) занятия выполняют следующие задачи:

стимулируют регулярное изучение рекомендуемой литературы, а также внимательное отношение к лекционному курсу;

закрепляют знания, полученные в процессе лекционного обучения и самостоятельной работы над литературой;

расширяют объем профессионально значимых знаний, умений, навыков;

позволяют проверить правильность ранее полученных знаний;

прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления;

способствуют свободному оперированию терминологией;

предоставляют преподавателю возможность систематически контролировать уровень самостоятельной работы студентов.

При подготовке к **практическим занятиям** необходимо просмотреть конспекты лекций и методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

За 10 мин до окончания занятия преподаватель проверяет объем выполненной на занятии работы и отмечает результат в рабочем журнале.

Оставшиеся невыполненными пункты задания практического занятия студент обязан доделать самостоятельно.

После проверки отчета преподаватель может проводить устный или письменный опрос студентов для контроля усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия (студенты должны знать смысл полученных ими результатов и ответы на контрольные вопросы).

По результатам проверки отчета и опроса выставляется оценка за практическое занятие.

**Лабораторные работы** составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение студентами лабораторных работ направлено на:

обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;

формирование необходимых профессиональных умений и навыков;

Дисциплины, по которым планируются лабораторные работы и их объемы, определяются рабочими учебными планами.

Методические указания по проведению лабораторных работ разрабатываются на срок дей-

ствия РПД (ПП) и включают:

заглавие, в котором указывается вид работы (лабораторная), ее порядковый номер, объем в часах и наименование;

цель работы;

предмет и содержание работы;

оборудование, технические средства, инструмент;

порядок (последовательность) выполнения работы;

правила техники безопасности и охраны труда по данной работе (по необходимости);

общие правила к оформлению работы;

контрольные вопросы и задания;

список литературы (по необходимости).

Содержание лабораторных работ фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

При планировании лабораторных работ следует учитывать, что наряду с ведущей целью - подтверждением теоретических положений - в ходе выполнения заданий у студентов формируются практические умения и навыки обращения с лабораторным оборудованием, аппаратурой и пр., которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с таким расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством студентов.

Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы.

Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов – их теоретической готовности к выполнению задания.

Помимо собственно выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия.

При подготовке к экзамену в дополнение к изучению конспектов лекций, учебных пособий и слайдов, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке к экзамену нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.

**Самостоятельная работа студентов (СРС)** по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса. Методические материалы и рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

При проведении лекционных занятий предусматривается использование систем мультимедиа.

При проведении лабораторных работ предусматривается использование специальной лаборатории, оборудованной стендами для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Регулирование координат электропривода».

## 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

### Лекционные занятия:

Аудитория, оснащенная презентационной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

**Практические занятия** по данной дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

**Лабораторные работы** по данной дисциплине проводятся в специальной лаб. Б-111.

В основное оборудование указанной лаборатории входит оборудование, необходимое для проведения лабораторных работ по дисциплине «Регулирование координат электропривода».

Автор

канд. техн. наук, доцент

В.А. Барышников

Зав. кафедрой

канд. техн. наук, доцент

В.В. Рожков

Программа одобрена на заседании кафедры от 28 августа 2015 года, протокол № 1.

### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер изме- мене- ния	Номера страниц				Всего стра- ниц в доку- менте	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего измене- ния в данный эк- земпляр	Дата внесения из- менения в данный эк- земпляр	Дата введения из- менения
	изме- нен- ных	заме- нен- ных	но- вых	анну- лиро- ванн- ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10