

Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Магистерская программа «Электроприводы и системы управления
электроприводов»
РПД Б1.В.01 «Управление электроприводов и элементы автоматизации
технологических процессов»



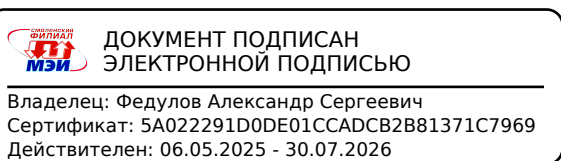
**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора филиала ФГБОУ ВО
«ННУ «МЭИ» в г. Смоленске
канд. техн. наук, доцент

В.В. Рожков

2026 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Управление электроприводов и элементы автоматизации
технологических процессов**

(наименование дисциплины)

Направление подготовки (специальность): 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

Год набора: 2026

Смоленск

Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Магистерская программа «Электроприводы и системы управления
электроприводов»
РПД Б1.В.01 «Управление электроприводов и элементы автоматизации
технологических процессов»



Программа составлена с учетом ОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», утвержденного ректором ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Н.Д. Рогалевым 20.12.2023.

Программу составил:

подпись

к.т.н., доцент В.А. Барышников
ФИО

« 24 » февраля 2026 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Электромеханические системы»
« 25 » февраля 2026 г., протокол № 2

Заведующий кафедрой «Электромеханических систем»:

подпись

к.т.н., доцент В.В. Рожков
ФИО

« 05 » марта 2026 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

**Ответственный в филиале по работе
с ЛОВЗ и инвалидами**

подпись

зам. начальника УУ Е.В. Зуева
ФИО

« 05 » марта 2026 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающихся к проектной деятельности путем формирования знаний, умений и навыков в области методов управления систем электроприводов, проектирования и освоения современных элементов автоматизации технологических процессов в машиностроении.

Задачи: изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач:

- формулирования технических заданий, разработки и использования средств автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства;
- выбора серийных и проектирования новых объектов профессиональной деятельности;
- управления проектами разработки объектов профессиональной деятельности;
- осуществления технико-экономического обоснования проектов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина Управление электроприводов и элементы автоматизации технологических процессов относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Перечень последующих видов учебной работы, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной дисциплиной:

- Проектная практика;
- Преддипломная практика;
- Интерактивное моделирование в задачах электромеханики (факультативно).

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
ПК-3. Способен формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства расчета, моделирования и автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства электро-	ПК-3.1 Формулирует технические задания при решении учебных задач проектирования и технологической подготовки производства электроприводов и систем управления электроприводов	Знает: достижения науки и техники в области систем электроприводов и технологических процессов; принципы работы, технические характеристики серийных электроприводов, конструктивные особенности разрабатываемых систем управления электроприводов и используемого технического оборудования. Умеет: формулировать цели проектирования в соответствии с технологическими требованиями, выявлять

<p>приводов и систем управления электроприводов</p>		<p>приоритетные варианты электроприводов и ответственно относиться к принятым решениям; использовать информационные технологии и справочный материал при проектировании систем и выборе оборудования при технологической подготовке производства.</p> <p>Владеет: информацией о современном состоянии и оборудовании электроприводов и навыками организации технологического производства; навыками анализа, синтеза и моделирования систем электроприводов постоянного и переменного тока с учетом их нелинейностей.</p>
	<p>ПК-3.2. Разрабатывает и использует средства расчета, моделирования и автоматизации при решении учебных задач проектирования и технологической подготовки производства электроприводов и систем управления электроприводов</p>	<p>Знает: как управлять проектами разработки объектов профессиональной деятельности, что неразрывно связано с регулировочными свойствами электропривода механизма, возможностями регулирования координат электропривода; методы проведения технических расчетов и определения технической эффективности исследований и разработок с соблюдением заданных параметров технологического процесса и качества продукции.</p> <p>Умеет: использовать компьютерные технологии моделирования и обработки результатов, проводить исследования систем управления электроприводов на лабораторных установках, оценить количественные и качественные показатели процессов движения электроприводов; применять методы анализа и синтеза применительно к замкнутым системам электроприводов различного типа и расчета статических и динамических характеристик электропривода в различных режимах работы; грамотно обосновать с технической и экономической стороны выбор конкретной системы электропривода, отвечающей заданным требованиям.</p> <p>Владеет: практическими навыками</p>



		расчета статических характеристик, переходных процессов электроприводов с применением компьютерной техники, навыками работы с лабораторным электрооборудованием и измерительными приборами, обработки результатов измерений и оформления отчетов; информацией о современном оборудовании электроприводов и его стоимости.
--	--	---

Содержание дисциплины:

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	<p>Лекционные занятия:</p> <p>1.1. Обобщённая функциональная схема замкнутой системы автоматического регулирования электропривода (САУЭП) с суммирующим усилителем и обратными связями (ОС): отрицательной по скорости, и положительной по току двигателя. Принцип формирования статических характеристик замкнутой системы. Уравнение обобщённой статической электромеханической характеристики САУЭП с отрицательной обратной связью (ООС) по скорости, ООС по напряжению и положительной обратной связью (ПОС) по току двигателя.</p> <p>1.2. 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.</p> <p>1.3. Функциональная схема САУЭП с ООС по скорости и отсечкой по току (токоограничением). Уравнение статической электромеханической характеристики. Статические электромеханические характеристики и динамика такой системы.</p> <p>1.4. Функциональная схема САУЭП с ПОС по скорости («упреждающее» токоограничение). Физическая сущность такого токоограничения. Уравнение статической электромеханической характеристики, динамика системы с «упреждающим» токоограничением.</p> <p>1.5. Определение нелинейных систем. Методы линеаризации нелинейностей: кусочно-линейная аппроксимация, гармоническая линеаризация, линеаризация "в малом", техническая линеаризация. Метод гармонического баланса.</p> <p>1.6. Порядок синтеза САУЭП с помощью ЛАЧХ. Синтез САУЭП с помощью последовательной и параллельной коррекций.</p> <p>1.7. САУЭП с источником тока, её достоинства и недостатки. Функциональная схема, математическое описание и статические характеристики системы с задержанной ОС по скорости. Структурная схема полной и линеаризованной «в малом» системы, анализ её ЛЧХ.</p> <p>1.8. Система стабилизации мощности с источником тока. Уравнения статических механических характеристик в системе ИТ-Д с задержанной ОС по напряжению якоря двигателя. Линеаризация системы «в малом», анализ её ЛЧХ, рекомендации по коррекции.</p> <p>1.9. 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.</p> <p>1.10. Пример реализации системы с модальным управлением при переменных состоянии ω, $d\omega/dt$, di_a/dt. Понятие наблюдающего устройства. Выделение производных скорости и тока якоря в ТП-Д с помощью наблюдающего устройства.</p> <p>1.11. Понятие оптимального переходного процесса. Порядок синтеза систем с подчиненным регулированием координат. Настройка контуров регулирования на технический и симметричный оптимум, динамические свойства таких контуров.</p> <p>1.12. 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.</p> <p>1.13. 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.</p>

	<p>1.14. Реализация регулируемого статизма. Определение параметров регулятора скорости. Уравнение электромеханической характеристики, ЛАЧХ системы и переходные процессы в замкнутой системе.</p> <p>1.15. Система управления электропривода при двухзонном подчинённом регулировании координат: функциональная и структурная схемы, настройка зоны первой зоны регулирования, линеаризация второй зоны регулирования и её настройка. Статические характеристики и переходные процессы при двухзонным регулировании.</p> <p>1.16. Классификация систем позиционирования и режимов перемещения. Настройка регулятора положения в трёхконтурной системе ТП-Д с подчинённым регулированием координат при малых и любых перемещениях. Задающее устройство с формированием траектории перемещения. Функциональная схема, математическое описание, добротность и ошибки следящей системы для типовых регуляторов скорости и положения.</p> <p>1.17. Понятие об адаптивном управлении электроприводов. Классификация адаптивных систем: самонастраивающиеся, самоорганизующиеся, беспоисковые и поисковые. Принципы реализации поисковых адаптивных систем. Примеры адаптивных систем.</p>
2	<p>Лабораторные работы:</p> <p>2.1. «Статические характеристики двигателя постоянного тока (ДПТ) независимого возбуждения в системе электропривода с различными обратными связями».</p> <p>2.2. «Исследование системы стабилизации координат в тиристорном электроприводе постоянного тока с суммирующим усилителем».</p> <p>2.3. «Исследование систем стабилизации координат электропривода с источником тока».</p> <p>2.4. «Исследование систем стабилизации координат асинхронного электропривода с тиристорным регулятором напряжения».</p>
3	<p>Практические занятия:</p> <p>3.1. 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.</p> <p>3.2. 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).</p> <p>3.3. Уравнение статической электромеханической характеристики, динамика системы с «упреждающим» токоограничением.</p> <p>3.4. 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 ω, $d\omega/dt$, $di_{я}/dt$.</p> <p>3.5. Понятие наблюдающего устройства. Выделение производных скорости и тока якоря в ТП-Д с помощью наблюдающего устройства.</p> <p>3.6. Формирование переходных процессов в системе ТП-Д с подчинённым регулированием координат при одновременном управляющем и возмущающем воздействиях.</p> <p>3.7. Настройка регулятора положения в системе ТП-Д с подчинённым регулированием координат при любых перемещениях.</p> <p>3.8. Свойства и показатели трёхконтурной следящей системы подчинённого регулирования.</p> <p>3.9. САУЭП подчинённого регулирования с адаптивным регулятором тока – математическое описание и техническая реализация. Понятие и принцип действия поисковых адап-</p>

	<p>тивных САУЭП.</p> <p>3.10. Получение информации о технологическом объекте управления. Преобразование технологической информации. Виды сигналов. Амплитудная модуляция, модуляции по частоте и скважности. Получение информации о технологическом объекте управления. Кодирование сигналов. Перевод чисел из одной системы счисления в другую.</p> <p>3.11. Моделирование системы стабилизации скорости с ПИД-регулятором. Анализ статических и динамических свойств электропривода.</p> <p>3.12. Моделирование системы стабилизации скорости электропривода с подчинённым регулированием координат. Изучение статических и динамических свойств электропривода.</p> <p>3.13. Моделирование следящей системы электропривода с подчинённым регулированием координат. Изучение статических и динамических свойств электропривода. Моделирование следящего электропривода с комбинированным управлением. Изучение статических и динамических свойств электропривода.</p> <p>3.14. Моделирование следящего электропривода с модальным управлением. Изучение статических и динамических свойств электропривода. Моделирование электропривода с бесколлекторным электрическим двигателем.</p> <p>3.15. Расчёт производительности автоматизированных производственных систем. Анализ производительности действующих автоматизированных производственных систем.</p> <p>3.16. Моделирование шагового электропривода.</p> <p>3.17. Моделирование полупроводниковых преобразователей для электроприводов постоянного тока и электроприводов переменного тока.</p>
4	Курсовой проект на тему «Система стабилизации координат электропривода».
5	<p>5.1. Подготовка к защите лабораторных работ.</p> <p>5.2. Подготовка к контрольным опросам на практических занятиях.</p> <p>5.3. Выполнение курсового проекта.</p> <p>5.4. Подготовка к экзамену по дисциплине (оценочные материалы приведены в разделе 6 настоящей РПД).</p>

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Таблица - Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной занятий по дисциплине

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1	Лекции	Классическая (традиционная, информационная) лекция в формате мультимедийных презентаций
2	Практические занятия	Технология обучения на основе решения задач и выполнения упражнений
3	Лабораторные работы	Технология выполнения лабораторных заданий в малой группе (в бригаде)
4	Курсовой проект	Индивидуальные и групповые консультации

5	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине)
6	Контроль (промежуточная аттестация: экзамен)	Технология устного опроса

6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ – ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

К промежуточной аттестации студентов по дисциплине могут привлекаться представители работодателей, преподаватели последующих дисциплин, заведующие кафедрами.

Оценка качества освоения дисциплины включает как текущий контроль успеваемости, так и промежуточную аттестацию.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости:

Примеры вопросов к защите лабораторных работ:

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 датчиком 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 вращающую моментную характеристику 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_{ϕ} .
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?

Примеры вопросов к контрольному опросу на 4-м практическом занятии:

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?

Примеры вопросов к контрольному опросу на 8-м практическом занятии:

1. Как определяется передаточная функция регулятора?
2. В чем заключается настройка контура регулирования на технический оптимум и каковы его динамические показатели?
3. В чем заключается настройка контура регулирования на симметричный оптимум и каковы его динамические показатели?
4. Каковы статические характеристики электропривода в однократноинтегрирующей двухконтурной системе ТП-Д?
5. Каковы статические характеристики электропривода в двукратноинтегрирующей двухконтурной системе ТП-Д?

контурной системе ТП-Д?

6. Для чего и когда используется фильтр в задающей цепи при настройке контура на симметричный оптимум?
7. Каким образом проявляется влияние внутренней обратной связи по ЭДС двигателя в динамических режимах?
8. Почему нужен параболический регулятор положения?
9. От чего зависят статическая и динамическая ошибки следящей системы, каковы способы их уменьшения?
10. Какие параметры закладываются в оценку стоимости электропривода?
11. Как в системе ТП-Д получить свойства источника тока-двигатель?
12. Как классифицируются адаптивные системы?
13. Каков принцип действия поисковых адаптивных САУЭП?

Краткое содержание курсового проекта:

Целью курсового проекта является разработка электропривода постоянного тока со стабилизацией тока (момента) и скорости в соответствии с одной из заданных систем управления,:

- ✓ ТП(СУ) – система управления с тиристорным преобразователем и суммирующим усилителем;
- ✓ ИТ(СУ) – система управления с источником тока и суммирующим усилителем;
- ✓ ТП(МУ) – система управления с тиристорным преобразователем и модальным управлением;
- ✓ ТП(ПР) – система управления с тиристорным преобразователем и подчиненным регулированием координат.

Проект выполняется в соответствии со следующими общими пунктами:

1. Выбор электродвигателя, преобразователя, расчет элементов силовой цепи.
2. Составление функциональной схемы электропривода, обоснование выбора необходимых обратных связей.
3. Расчет и выбор элементов системы автоматического регулирования. Расчет статических характеристик замкнутой системы с учетом диапазона регулирования и нелинейностей.
4. Составление структурной схемы. Синтез системы с определением вида и параметров корректирующих цепей. Построение по номограммам качества переходной функции.
5. Моделирование электропривода, расчет и построение переходных процессов по управляющему и возмущающему воздействиям.
6. Уточнение принципиальной схемы электропривода и описание ее работы.

Примеры вопросов к защите курсового проекта:

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 перерегулирования 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?

нат? Что представляет собой некомпенсируемая постоянная времени T_{μ} ? 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?

Оценочные средства промежуточной аттестации:

Примеры вопросов к экзамену по дисциплине:

Первый вопрос в экзаменационном билете – вопрос по лекционному материалу. Второй вопрос – задача на тему, близкую к разбираемым на практических занятиях и в процессе выполнения курсового проекта.

1. Обобщенная функциональная схема замкнутой системы автоматического регулирования электропривода (САУЭП) с суммирующим усилителем и обратными связями (ОС): отрицательной по скорости, и положительной по току двигателя.

2. Принцип формирования статических характеристик замкнутой системы. Уравнение обобщенной статической электромеханической характеристики САУЭП с ООС по скорости, ООС по напряжению и ПОС по току двигателя.

3. Обобщенная 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.

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

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

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

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

8. Порядок синтеза САУЭП с помощью ЛАЧХ. Синтез САУЭП с помощью последовательной коррекции.
9. Порядок синтеза САУЭП с помощью ЛАЧХ. Синтез САУЭП с помощью параллельной коррекции.
10. САУЭП с источником тока, её достоинства и недостатки. Функциональная схема, математическое описание и статические характеристики системы с задержанной ОС по скорости.
11. Структурная схема полной и линеаризованной «в малом» системы источник тока-двигатель, анализ её ЛЧХ и динамики замкнутой системы.
12. Система стабилизации мощности с источником тока. Уравнения статических механических характеристик в системе ИТ-Д с задержанной ОС по напряжению якоря двигателя. Линеаризация системы «в малом», анализ её ЛЧХ, рекомендации по коррекции.
13. Принцип модального управления. Структурная схема САУ ТП-Д с модальным регулятором и её математическое описание.
14. Порядок синтеза системы с модальным управлением исходя из заданной динамики и статики.
15. Пример реализации системы с модальным управлением при переменных состояниях ω , $d\omega/dt$, di_s/dt .
16. Понятие наблюдающего устройства. Выделение производных скорости и тока якоря в ТП-Д с помощью наблюдающего устройства.
17. Понятие оптимального переходного процесса. Порядок синтеза систем с подчиненным регулированием координат.
18. Настройка контуров регулирования на технический и симметричный оптимум, динамические свойства таких контуров.
19. 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.
20. Анализ статики и динамики систем ТП-Д с контуром скорости, настроенным на технический оптимум.
21. Анализ статики и динамики системы ТП-Д с контуром скорости, настроенным на симметричный оптимум.
22. Реализация регулируемого статизма. Определение параметров регулятора скорости. Уравнение электромеханической характеристики, ЛАЧХ системы и переходные процессы в замкнутой системе.
23. Система управления электропривода при двухзонном подчиненном регулировании координат: функциональная и структурная схемы, настройка зоны первой зоны регулирования, линеаризация второй зоны регулирования и её настройка. Статические характеристики и переходные процессы при двухзонным регулированием.
24. Классификация систем позиционирования и режимов перемещения. Настройка регулятора положения в трёхконтурной системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат при малых и больших перемещениях.
25. Задающее устройство с формированием траектории перемещения. Функциональная схема, математическое описание, добротность и ошибки следящей системы для типовых регуляторов скорости и положения.
26. Понятие об адаптивном управлении электроприводов. Классификация адаптивных систем: самонастраивающиеся, самоорганизующиеся, беспойсковые и поисковые. Принципы реализации поисковых адаптивных систем. Примеры адаптивных систем.

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок – "отлично", "хорошо",

"удовлетворительно", "неудовлетворительно", "зачтено", "не зачтено" (далее - пятибалльная система).

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине – **экзамен**.

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему 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; проявившему 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 практическое задание. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «эталонный».
«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом не принципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «продвинутый».
«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившему другие практические задания из того же раздела дисциплины.. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «пороговый».
«неудовлетворительно»/ не зачтено	Выставляется обучающемуся, 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 обуче-

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
	ние по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Для лекций и практических занятий:

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: персональным компьютером (ноутбуком); переносным (стационарным) проектором.

Лабораторные работы по данной дисциплине проводятся в учебной лаборатории № Б-111 «Системы управления электроприводов», расположенной по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр., д.1 и оснащенной четырьмя специализированными лабораторными стендами (всего шестнадцатью). В основное оборудование указанной лаборатории входит оборудование, необходимое для проведения лабораторных работ по дисциплине «Управление электроприводов и элементы автоматизации технологических процессов» (использовано оборудование, общее для настоящей дисциплины и дисциплин «Системы регулирования электромеханических преобразователей» и «Управление и регулирование в электромеханике»):

испытываемые двигатели, представляющие собой машины постоянного и переменного тока общепромышленного назначения мощностью в единицы кВт; реверсивный тиристорный преобразователь постоянного напряжения по трёхфазной нулевой схеме; тиристорный регулятор напряжения; индуктивно-ёмкостный источник тока; тиристорный импульсный коммутатор; магнитный и электромашинный усилители; сопутствующие аппаратура и оборудование.

Для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине используется помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональными компьютерами с подключением к сети "Интернет" и доступом в ЭИОС филиала.

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;
- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература.

1. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 373 с.

Дополнительная литература.

1. Усынин Ю.С. Системы управления электроприводов: Учеб. пособие для вузов. -2-е изд., исправ. и доп. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 328 с.

2. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов: Учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2006.

3. Фомин Н.В. Системы управления электроприводами [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Николай Владимирович Фомин; ФБГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – Электрон. текстовые дан. (4,6 Мб). – Магнитогорск: ФБГОУ ВПО «МГТУ», 2014. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Загл. с титул. экрана.

Список авторских методических разработок.

1. В.А. Барышников, комплект лекций по дисциплине «Управление электроприводов и элементы автоматизации технологических процессов» в формате мультимедийных презентаций, расположен на кафедральных ресурсах в ауд. В-114.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о вакуумном выключателе. – Германия, 2007-2015. – Режим доступа: <http://forca.ru/v/sobi2Task,sobi2Details/catid,0/sobi2Id,49/> – Загл. с экрана.

2. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о вакуумном контакторе. – Германия, 2007-2015. – Режим доступа: <http://forca.ru/spravka/spravka/kontaktory-vakuumnye-kvt2-1-14.html> – Загл. с экрана.

3. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о вакуумных контакторах. – Санкт Петербург, 2006-2015. – Режим доступа: http://ecovacuum.ru/contactorkvt_6_400.html – Загл. с экрана.

4. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о датчике напряжения. – Москва, 2004-2015. – Режим доступа: <http://www.sensorica.ru/pdf/lv25-p-sp20.pdf> – Загл. с экрана.

5. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о датчике тока. – Москва, 2004-2015. – Режим доступа: <http://www.sensorica.ru/pdf/lt300-s-sp50.pdf> – Загл. с экрана.

6. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о дросселях. – Москва, 2001-2015. – Режим доступа: <http://www.ielectro.ru/gelem390418.html> – Загл. с экрана.

7. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о конденсаторах. – Москва, 2010-2015. – Режим доступа: <http://www.elcod.spb.ru/catalog/k75-40.pdf> – Загл. с экрана.

8. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о конденсаторах. – Санкт Петербург, 2001-2015. – Режим доступа: <http://www.eandc.ru/catalog/detail.php?ID=8443> – Загл. с экрана.
9. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о контакторе. – Германия, 2007-2015. – Режим доступа: <http://forca.ru/spravka/nizkovoltnoe-oborudovanie/nch8-kontaktor-chint.html> – Загл. с экрана.
10. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о тиристорах. – Иркутск, 2009-2015. – Режим доступа: <http://www.fotorele.net/pdf/IGBT%20&%20SFRD.pdf> – Загл. с экрана.
11. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о транзисторах. – Москва, 2005-2015. – Режим доступа: <http://www.fotorele.net/pdf/IGBT%20&%20SFRD.pdf> – Загл. с экрана.
12. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о трансформаторах. – Москва, 2013-2015. – Режим доступа: <http://surz.ru/product/transformatory/23/index.php> – Загл. с экрана.
13. Электронный сайт, информационный портал [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о двигателе. – Краснодар, 2002-2015. – Режим доступа: <http://www.sez.ru/pdf/sez.pdf> – Загл. с экрана.



ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер из- ме- не- 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
	из- ме- нен- ных	за- ме- нен- ных	но- вых	ан- ну- ли- ро- ванн ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10