

**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
«15» 09 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
РЕГУЛИРОВАНИЕ КООРДИНАТ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль подготовки: Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года

Форма обучения: очная

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

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «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 формирование следующих компетенций:

ПК-7 «готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике»;

ПК-8 «способностью использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса»;

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- принципы работы, технические характеристики, конструктивные особенности разрабатываемых систем управления электроприводов и используемого технического оборудования (ПК-7);
- методы проведения технических расчетов и определения технической эффективности исследований и разработок (ПК-8);

Уметь:

- формулировать цели проектирования в соответствии с технологическими требованиями, выявлять приоритетные варианты электроприводов, оценить количественные и качественные показатели процессов движения электроприводов (ПК-7);
- использовать информационные технологии и справочный материал при проектировании электроприводов и выборе оборудования, применять методы анализа и синтеза систем управления электроприводов; (ПК-8);

Владеть:

- практическими навыками проведения исследования систем управления электроприводов на лабораторных установках, обрабатывать результаты измерений и оформлять протоколы с применением компьютерной техники (ПК-8).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Регулирование координат электропривода» относится к дисциплинам по выбору части цикла Б1 по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

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

- | | |
|-------------|------------------------------------|
| Б1.Б.11 | Электрические машины; |
| Б1.В.ОД.6 | Элементы систем автоматики; |
| Б1.В.ОД.7 | Электромеханические системы; |
| Б1.В.ОД.10 | Теория автоматического управления; |
| Б1.В.ОД.11 | Силовая электроника; |
| Б1.В.ОД.12 | Электрический привод; |
| Б1.В.ДВ.5.1 | Теория электропривода; |

- Б1.В.ДВ.5.2 Электропривод в современных технологиях;
- Б1.Б.10 Электротехническое и конструкционное материаловедение;
- Б1.Б.17 Информационно-измерительная техника;
- Б1.В.ОД.4 Электротехника и основы электроники;
- Б1.В.ОД.11 Силовая электроника;
- Б1.В.ДВ.3.1 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования;
- Б1.В.ДВ.3.2 Испытания, наладка и эксплуатация электроприводов;
- Б1.В.ДВ.4.1 Программируемые логические контроллеры;
- Б1.В.ДВ.4.2 Микроконтроллеры в электротехнических приложениях;
- Б2.П Производственная практика.

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

- Б1.В.ДВ.2.1 Силовые преобразователи энергии;
- Б1.В.ДВ.2.2 Преобразовательная техника в электромеханических системах;
- Б1.В.ДВ.6.1 Компьютерное моделирование в задачах электропривода;
- Б1.В.ДВ.6.2 Типовые решения в технике электропривода.

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.ДВ.7.2	
Часов (всего) по учебному плану:	252	8 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	7	8 семестр
Лекции (ЗЕТ, часов)	44/36, 44	8 семестр
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	46/36, 46	8 семестр
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	46/36, 46	8 семестр
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	80/36, 80	8 семестр
Экзамен (ЗЕТ, часов)	1.0, 36	8 семестр

Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	22/36, 22
Подготовка к практическим занятиям (пз)	23/36, 23
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы (лаб)	35/36, 35
Выполнение расчетно-графической работы	-
Выполнение курсового проекта (работы)	-
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	-
Подготовка к контрольным работам	-
Подготовка к тестированию	-
Подготовка к зачету	-
Всего:	80/36, 80
Подготовка к экзамену	1.0, 36

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

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах)				
			лк	пр	лаб	СРС	в т.ч. инте-ракт.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Тема 1. Типовые узлы простых релейно-контакторных схем	76	14	18	16	28	-
2	Тема 2. Системы дискретного программного управления (ДСПУ)	35	8	6	8	13	-
3	Тема 3. Основные варианты регулирования координат электропривода	51	12	8	12	19	-
4	Тема 4. Типовые СУЭП переменного тока	54	10	14	10	20	-
	Всего часов по видам учебных занятий (включая 36 часов на подготовку к экзамену)	252	44	46	46	80	-

Содержание по видам учебных занятий

Тема 1. Типовые узлы простых релейно-контакторных схем

Лекция 1. Определение СУЭП. Основные и вспомогательные функции СУЭП. Определение структурной, функциональной и принципиальной схем, примеры. Принципы регулирования момента в типовых узлах простых схем. (2 часа).

Лекция 2. Схема управления пуском и динамическим торможением двигателя постоянного тока, работающая с заданием времени. Статические характеристики, переходные процессы, расчет уставок реле времени, описание работы схемы. Влияние параметров (момента инерции, момента сопротивления, напряжения сети, нагрева резисторов в силовой цепи и катушек реле времени) на регулирование момента с заданием времени (2 часа).

Лекция 3. Схема управления пуском и динамическим торможением двигателя постоянного тока, работающая с контролем скорости. Статические характеристики, переходные процессы, расчет уставок реле скорости, описание работы схемы. Схема торможения противовключением двигателя постоянного тока, работающая с контролем скорости. Схема замещения, расчет точки подключения реле контроля скорости (2 часа).

Лекция 4. Влияние параметров (момента сопротивления, момента инерции, напряжения сети, нагрева резисторов в силовой цепи и катушек реле напряжения) на регулирование момента с контролем скорости (2 часа).

Лекция 5. Схема управления пуском и динамическим торможением двигателя постоянного тока, работающая с контролем тока. Статические характеристики, переходные процессы, расчет уставок реле тока, описание работы схемы. Влияние параметров (момента сопротивления, момента инерции, напряжения сети и нагрева резисторов в силовой цепи) на регулирование момента с контролем тока (2 часа).

Лекция 6. Узлы управления, использующие принцип пути; пример схемы, обеспечивающей отработку цикла. Сравнительная характеристика принципов управления.

Лекция 7. Узлы типовых защит: нулевой, максимально-токовой, тепловой и минимально-токовой; выбор уставок (2 часа).

Практическое занятие 1. Схема управления пуском и динамическим торможением асинхронного двигателя, работающая с заданием времени. Статические характеристики, переходные процессы, расчет уставок реле времени, описание работы схемы (2 часа).

Практическое занятие 2. Схема управления пуском и динамическим торможением асинхронного двигателя, работающая с контролем скорости. Статические характеристики, переходные процессы, расчет уставок реле скорости, описание работы схемы (2 часа).

Практическое занятие 3. Схема управления пуском и динамическим торможением асинхронного двигателя, работающая с контролем тока. Статические характеристики, переходные процессы, расчет уставок реле тока, описание работы схемы (2 часа).

Практическое занятие 4. Изучение влияния момента инерции и момента сопротивления на регулирование момента с заданием времени (2 часа).

Практическое занятие 5. Изучение влияния напряжения сети, нагрева резисторов в силовой цепи и катушек реле времени на регулирование момента с заданием времени (2 часа).

Практическое занятие 6. Изучение влияния момента сопротивления и момента инерции на регулирование момента с контролем скорости (2 часа).

Практическое занятие 7. Изучение влияния напряжения сети, нагрева резисторов в силовой цепи и катушек реле напряжения на регулирование момента с контролем скорости (2 часа).

Практическое занятие 8. Изучение влияния момента сопротивления и момента инерции на регулирование момента с контролем тока (2 часа).

Практическое занятие 9. Изучение влияния напряжения сети и нагрева резисторов в силовой цепи на регулирование момента с контролем тока (2 часа).

Лабораторная работа №21. Изучение схем релейного управления движением ДПТ НВ (двигателя постоянного тока независимого возбуждения) (8 часов).

Лабораторная работа №23. Изучение схем релейного управления движением асинхронного двигателя с фазным ротором (8 часов).

Самостоятельная работа 2. Изучение лекционного материала; подготовка к практическим занятиям; подготовка к выполнению и защите лабораторных работ. (Всего к теме №1 – 76 часов.)

Текущий контроль – устный опрос при подготовке к практическим занятиям, проведении допуска к лабораторным работам, защите лабораторных работ.

Тема 2. Системы дискретного программного управления (ДСПУ)

Лекция 8. Понятие дискретных систем программного управления (ДСПУ). Функциональная модель, математическое описание и структурная схема ДСПУ (2 часа).

Лекция 9. Представление логической функции в дизъюнктивной нормальной форме (ДНФ). Представление логической функции в конъюнктивной нормальной форме (КНФ) (2 часа).

Лекция 10. Этапы синтеза ДСПУ. Понятие циклограммы, определения её параметров, пример изображения циклограммы. Основные формулы перехода от циклограммы к структурным формулам: условия включения и отключения, необходимые условия справедливости структурной формулы (2 часа).

Лекция 11. ДСПУ на основе программируемых логических матриц (ПЛМ) «И» и «ИЛИ». Понятие и упрощенная схема программируемого контроллера (ПК), её составные части. Способы программирования ПК. Языки программирования для ДСПУ (2 часа).

Практическое занятие 10. Сравнение релейно-контактной и бесконтактной элементной базы. Пример реализации структурных формул на базе бесконтактных логических элементов (2 часа).

Практическое занятие 11. Пример программирования с помощью ПЛМ «И» и «ИЛИ» (2 часа).

Практическое занятие 12. Пример программирования ДСПУ на ПК (2 часа).

Лабораторная работа №25. Исследование систем электропривода программного управления на бесконтактных логических элементах (8 часов).

Самостоятельная работа 2. Изучение лекционного материала; подготовка к практическим занятиям; подготовка к выполнению и защите лабораторной работы. (Всего к теме №2 – 35 часов.)

Текущий контроль – устный опрос при подготовке к практическим занятиям, проведении допуска к лабораторным работам, защите лабораторных работ.

Тема 3. Основные варианты регулирования координат электропривода

Лекция 12. Функциональные схемы современных систем электропривода. Динамические модели механической части электропривода (2 часа).

Лекция 13. Статическая и динамическая устойчивость систем электропривода. Особенности механической части привода как объекта управления в электромеханической системе (2 часа).

Лекция 14. Метод последовательной коррекции с подчиненным регулированием координат. Суммарная некомпенсируемая постоянная времени T_μ (2 часа).

Лекция 15. Настройка контура регулирования на технический и симметричный оптимум. Определение передаточной функции регулятора при последовательной коррекции (2 часа).

Лекция 16. Принцип нечеткого управления электроприводами. Особенности FUZZY-регулятора. (2 часа).

Лекция 17. Определение функций принадлежности для FUZZY-управления. Переход к «нечёткости», формулы дефазификации. (2 часа).

Практическое занятие 13. Настройка контура регулирования на технический и симметричный оптимум. Показатели такого регулирования (2 часа).

Практическое занятие 14. Обобщенная система управляемый преобразователь – двигатель (УП-Д). Система уравнений, параметры и структурные схемы системы УП-Д (2 часа).

Практическое занятие 15. Анализ статических и динамических ошибок регулирования момента по управлению и возмущению в системе УП-Д, оптимизированной методом последовательной коррекции (2 часа).

Практическое занятие 16. Влияние внутренней обратной связи по скорости на динамические характеристики электропривода. Расчет параметров унифицированного контура регулирования тока в системе ТП-Д (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).

Лабораторная работа №33. Исследование системы стабилизации координат в тиристорном электроприводе постоянного тока с подчиненным регулированием координат (6 часов).

Самостоятельная работа 3. Изучение лекционного материала; подготовка к практическим занятиям; подготовка к выполнению и защите лабораторной работы. (Всего к теме №3 – 51 час.)

Текущий контроль – устный опрос при подготовке к практическим занятиям, проведении допуска к лабораторным работам, защите лабораторных работ.

Тема 4. Типовые СУЭП переменного тока

Лекция 18. Анализ способов регулирования. СУЭП с частотным регулированием. Законы регулирования напряжения при изменении частоты. Статические характеристики при $U_1/f_1 = \text{const}$. Обеспечение постоянства перегрузочной способности двигателя с частотным регулированием при $M_c = \text{const}$. Обобщенная функциональная схема СУЭП с преобразователем частоты (2 часа).

Лекция 19. Системы скалярного управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода. Функциональная и структурная схемы ПЧ-АД с обратной связью по скорости. Функциональная схема замкнутой системы ПЧ-АД с частотно-токовым управлением (2 часа).

Лекция 20. Принцип векторного управления машинами переменного тока. Функциональная схема частотно-регулируемого электропривода с управлением по вектору потокосцепления ротора. Основные выражения математического описания силовой цепи частотно-регулируемого электропривода с управлением по вектору потокосцепления ротора (2 часа).

Лекция 21. Управление синхронным двигателем в схеме вентильного двигателя. Схема включения вентильного двигателя и принцип его работы. Силовая часть и механические характеристики вентильного двигателя (2 часа).

Лекция 22. Принцип регулирования напряжения асинхронного двигателя. Основная функциональная схема электропривода с регулятором напряжения на статоре. Однофазная схема замещения и диаграммы формирования напряжения при фазовом регулировании. Статические характеристики и структурная схема асинхронного двигателя при фазовом регулировании (2 часа).

Практическое занятие 17. Функциональная схема САУ частоты с обратными связями по току статора и скорости двигателя. Математическое описание САУ частоты с обратными связями по току статора и скорости двигателя. Принцип формирования механической характеристики САУ частоты (2 часа).

Практическое занятие 18. Основные соотношения математического описания и структурная схема системы подчиненного регулирования координат частотно-регулируемого электропривода с управлением по вектору потока сцепления ротора (2 часа).

Практическое занятие 19. Система управления электропривода с вентильным двигателем. Структурная схема двухконтурного электропривода с вентильным двигателем (2 часа).

Практическое занятие 20. Техническая линеаризация асинхронного двигателя при фазовом регулировании. Зависимости выходного напряжения тиристорного преобразователя напряжения от углов управления и нагрузки. Расчет статических характеристик (2 часа).

Практическое занятие 21. Структурная схема и настройка контура скорости САУ с фазовым регулированием при подчиненном регулировании координат.

Практическое занятие 22. Функциональная схема, настройка контуров тока и скорости асинхронного ЭП с импульсным коммутатором в роторе при подчиненном регулировании координат (2 часа).

Практическое занятие 23. Принцип действия, схема замещения по цепи выпрямленного тока ротора и математическое описание СУЭП с импульсным регулированием в цепи выпрямленного тока ротора (2 часа).

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

Лабораторная работа №31. «Исследование систем стабилизации координат асинхронного электропривода с импульсным регулятором в роторной цепи» (6 часов).

Самостоятельная работа 4. Изучение лекционного материала; подготовка к выполнению и защите лабораторных работ (изучение методических указаний); подготовка к практическим занятиям. (Всего к теме №4 – 54 часа.)

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

Промежуточная аттестация по дисциплине: экзамен

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Он 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, примеры решения задач и методические указания по самостоятельной работе, при подготовке к практическим занятиям и лабораторным работам.

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 ПК-7, ПК-8.

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 ПК-7, ПК-8 преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по лабораторным работам, практическим занятиям. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах, защитах лабораторных работ и ответах на практических занятиях.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- принципы работы, технические характеристики, конструктивные особенности разрабатываемых систем управления электроприводов и используемого технического оборудования;
- методы проведения технических расчетов и определения технической эффективности исследований и разработок;
- наличие **умения**:
- формулировать цели проектирования в соответствии с технологическими требованиями, выявлять приоритетные варианты электроприводов, оценить количественные и качественные показатели процессов движения электроприводов;

– использовать информационные технологии и справочный материал при проектировании электроприводов и выборе оборудования, применять методы анализа и синтеза систем управления электроприводов;

– присутствие **навыка:**

– практическими навыками проведения исследования систем управления электроприводов на лабораторных установках, обрабатывать результаты измерений и оформлять протоколы с применением компьютерной техники.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции в процессе выполнения и защиты лабораторных работ и в результате выполнения заданий на практических занятиях.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций ПК-7, ПК-8 в процессе защиты лабораторных работ как формы текущего контроля.

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

1. Как изменится вид пусковой диаграммы при изменении выдержки времени реле времени?
2. Зачем управлять моментом в переходных процессах?
3. Как определить и настроить уставку реле времени?
4. Как рассчитать точку подключения реле противовключения?
5. Как изменится пусковая диаграмма, если изменить значение добавочного сопротивления в большую или меньшую сторону?
6. Как скажется на пусковой диаграмме изменение:
 - а) момента сопротивления;
 - б) момента инерции;
 - в) напряжение сети?
7. Как работает реле контроля скорости?
8. Каким образом настраивается реле напряжения для контроля различных скоростей?
9. Как влияет изменение статического момента на пуск и торможение при управлении моментом:
 - а) с заданием времени;
 - б) с контролем скорости;
 - в) с контролем тока?
10. Что и как необходимо регулировать при настройке процесса реостатного пуска в той или иной схеме?
11. Что такое дизъюнктивная и конъюнктивная нормальные формы представления логической функции и где они используются?
12. Привести соотношения для конституентов единицы и нуля для i -го набора значений переменных.
13. Какова цель абстрактного и структурного синтеза ДСПУ?
14. В какой форме могут задаваться функции переходов и выходов последовательного автомата при его синтезе?
15. Что такое циклограмма и каковы её элементы? Какие характерные интервалы времени выделяются на циклограмме?
16. Какие ограничения накладываются на условия включения и отключения логической функции?
17. Зачем вводят дополнительные логические переменные?
18. Какие существуют основные методы анализа и синтеза дискретных систем?
19. Каким образом происходит ограничение тока якоря в системе с положительной обратной связью по скорости?
20. Для каких целей служит датчик тока?

21. Как изменится качество динамических характеристик системы электропривода, если изменить (уменьшить, увеличить) коэффициент обратной связи?
22. Чем определяется динамический ток двигателя в системе с задатчиком интенсивности?
23. Чем определяется динамический ток двигателя в системе электропривода с задержанной отрицательной связью по току якоря при подаче сигнала задания скачком?
24. Почему в системе стабилизации скорости с задержанной обратной связью по скорости время пуска двигателя зависит от величины момента статической нагрузки?
25. 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?
26. Какие параметры оказывают влияние на жесткость статических механических характеристик системы стабилизации скорости?
27. Объясните возможность регулирования координат изменением действующего значения напряжения U_ϕ .
28. Каков принцип работы ТРН на активную и активно-индуктивную нагрузки соответственно?
29. Поясните, как осуществляется регулирование трехфазного напряжения на статоре АД?
30. Как формируются жесткие характеристики в системе ТРН-АД?
31. 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 ПК-7, ПК-8 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 «Регулирование координат электропривода» 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 практическое задание

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический ха-

рактор знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практические задание, но допустившему при этом 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 выносятся оценка экзамена по дисциплине за 8 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, закрепленными за дисциплиной (примерные вопросы по лекционному материалу):

1. Дать определение систем управления электроприводов (СУЭП).
2. Как классифицируются СУЭП по используемым каналам информации и их структуре?
3. Можно ли считать систему замкнутой по наличию в ней внутренней обратной связи?
4. Что собой представляют инвариантные системы управления?
5. Какие системы являются нелинейными?
6. Какие основные функции выполняют СУЭП?
7. Перечислить вспомогательные функции СУЭП.
8. Что показывает сравнительная характеристика принципов управления?
9. Какие защиты применяются при возникновении аварийных ситуаций?
10. Для чего нужны блокировки?
11. Что является объектом управления дискретных систем программного управления (ДСПУ)?
12. Что входит в задачу ДСПУ?
13. Каковы типы ДСПУ в зависимости от технологической программы и используемой элементной базы?
14. Какова функциональная модель ДСПУ?
15. В каком виде задаются функции перехода и выхода?

16. Дать определение дизъюнктивной нормальной формы (ДНФ) и конъюнктивной нормальной формы (КНФ) представления логической функции.
17. Что такое циклограмма и каковы её параметры?
18. Как от циклограммы перейти к структурным формулам?
19. Показать структуру ДСПУ на основе программируемых логических матриц (ПЛМ).
20. Как программируются ПЛМ?
21. Что такое программируемый контроллер (ПК)?
22. Каков состав программируемого контроллера?
23. Как программируются ПК?
24. За счет каких обратных связей можно увеличить жесткости механической характеристики асинхронного частотно-регулируемого электропривода?
25. Какие факторы ограничивают максимальный коэффициент обратной связи по току статора асинхронного двигателя (АД)?
26. Какие факторы ограничивают применение разомкнутых систем с частотно-токовым управлением АД?
27. Чем объясняется меньшее значение электромагнитической и большее значение электромагнитной постоянных времени АД при питании его от источника тока, чем при питании от источника напряжения?
28. Показать на примере векторной диаграммы основного потокосцепления и тока АД общность физических взаимосвязей в двигателе постоянного тока и АД.
29. Какие особенности построения систем управления с ориентацией системы координат x, y по вектору потокосцепления статора и ротора?
30. Какие достоинства и недостатки систем векторного управления асинхронным электроприводом без датчика скорости?
31. Каким способом можно изменять у вентильного двигателя (ВД) с питанием от неуправляемого выпрямителя момент короткого замыкания, скорость холостого тока?
32. Каким воздействием на датчик положения ротора можно установить опережающую на 30° коммутацию ключей инвертора?
33. Как можно осуществить изменение направления ВД?
34. Как будет выглядеть механическая характеристика двухконтурного электропривода с ВД при пуске с отключенным тахогенератором?
35. В каких технологических установках целесообразно применение асинхронного электропривода с регулированием скорости за счёт изменения напряжения на статоре двигателя?
36. Каково назначение функциональных блоков в схеме электропривода с регулятором напряжения на статоре?
37. Какой вид имеют статические характеристики замкнутой системы электропривода с регулятором напряжения на статоре?

Вопросы по приобретению и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной

(примеры вопросов к практическим занятиям, лабораторным работам)

1. Что такое электрическая схема?
2. На какие схемы делятся электрические схемы по основному назначению?
3. Каков порядок чтения принципиальных схем?
4. Из каких соображений выбирается число ступеней при реостатном пуске?
5. В функции каких координат осуществляется реостатное регулирование момента?
6. Какие факторы оказывают влияние на реостатное регулирование момента?
7. На каких принципах базируется работа реле времени?
8. Как рассчитать выдержки времени реле ускорения и торможения?

9. Как влияет на переходный процесс пуска по принципу времени изменение статического момента на валу двигателя?
10. Каково устройство реле контроля скорости?
11. Охарактеризовать работу схемы управления пуском двигателя по принципу времени и динамическим торможением по принципу скорости.
12. Охарактеризовать работу схемы управления пуском и торможением противовключением по принципу скорости.
13. Как работает схема управления пуском двигателя по принципу тока и динамическим торможением по принципу времени?
14. Как работает схема, осуществляющая пуск двигателя по принципу времени и торможение противовключением по принципу скорости?
15. Доработать исходную релейно-контакторную схему управления для обеспечения цикла, заданного тахограммой двигателя.
16. Как работает RS-триггер, его структурная формула?
17. Произвести абстрактный и структурный синтез ДСПУ на основании заданной циклограммы.
18. Реализовать заданные структурные формулы с помощью ПЛМ.
19. Какова сущность метода последовательной коррекции с подчиненным регулированием координат?
20. Зачем нужны датчики обратных связей?
21. В какой точке пересекутся статические характеристики в электроприводе с отрицательной обратной связью по скорости при изменении коэффициента обратной связи?
22. Как определяется передаточная функция регулятора?
23. В чем заключается настройка контура регулирования на технический оптимум и каковы его динамические показатели?
24. В чем заключается настройка контура регулирования на симметричный оптимум и каковы его динамические показатели?
25. Каковы статические характеристики электропривода в однократноинтегрирующей двухконтурной системе ТП-Д?
26. Каковы статические характеристики электропривода в двукратноинтегрирующей двухконтурной системе ТП-Д?
27. Для чего и когда используется фильтр в задающей цепи при настройке контура на симметричный оптимум?
28. Каким образом проявляется влияние внутренней обратной связи по ЭДС двигателя в динамических режимах?
29. Почему нужен параболический регулятор положения?
30. От чего зависят статическая и динамическая ошибки следящей системы, каковы способы их уменьшения?
31. Изобразите схему замещения асинхронного двигателя в статическом режиме при частотном управлении и охарактеризуйте ее параметры.
32. С какой целью в системах частотного управления асинхронного электропривода используется преобразование переменных от неподвижной системы координат к вращающейся системе и наоборот?
33. Как и в каких пределах регулируется скважность при широтно-импульсном управлении коммутатором?
34. Какие статические характеристики можно получить в разомкнутой СУЭП при широтно-импульсном управлении коммутатором, если скважность переменна и коммутируется активная или активно-ёмкостная цепь?

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

Типовые узлы простых релейно-контакторных схем

1. Определение СУЭП. Основные и вспомогательные функции СУЭП.
2. Определение структурной, функциональной и принципиальной схем, примеры.
3. Обобщенный управляемый преобразователь. Магнитное и электрическое алгебраическое суммирование сигналов.
4. Принципы регулирования момента в типовых узлах простых схем.
5. Схема управления пуском и динамическим торможением двигателя постоянного тока, работающая с заданием времени.
6. Схема управления пуском и динамическим торможением асинхронного двигателя, работающая с заданием времени.
7. Влияние параметров (момента сопротивления и напряжения сети) на регулирование момента с заданием времени.
8. Влияние параметров (момента инерции и нагрева резисторов в силовой цепи и катушек реле времени) на регулирование момента с заданием времени.
9. Схема управления пуском и динамическим торможением двигателя постоянного тока, работающая с контролем скорости.
10. Схема управления пуском и динамическим торможением асинхронного двигателя, работающая с контролем скорости.
11. Схема торможения противовключением двигателя постоянного тока, работающая с контролем скорости.
12. Влияние параметров (момента сопротивления и напряжения сети) на регулирование момента с контролем скорости.
13. Влияние параметров (момента инерции и нагрева резисторов в силовой цепи и катушек реле напряжения) на регулирование момента с контролем скорости.
14. Схема управления пуском и динамическим торможением двигателя постоянного тока, работающая с контролем тока.
15. Схема управления пуском и динамическим торможением асинхронного двигателя, работающая с контролем тока.
16. Влияние параметров (момента сопротивления и напряжения сети) на регулирование момента с контролем тока.
17. Влияние параметров (момента инерции и нагрева резисторов в силовой цепи) на регулирование момента с контролем тока.
18. Узлы управления, использующие принцип пути; сравнительная характеристика принципов управления.
19. Узлы типовых защит: нулевой и максимально-токовой, выбор уставок.
20. Узлы типовых защит: тепловой и минимально-токовой, выбор уставок.
21. Понятие дискретных систем программного управления (ДСПУ).
22. Функциональная модель, математическое описание и структурная схема ДСПУ.
23. Представление логической функции в дизъюнктивной нормальной форме (ДНФ).
24. Представление логической функции в конъюнктивной нормальной форме (КНФ).

Тема 2. Системы дискретного программного управления (ДСПУ)

25. Этапы синтеза ДСПУ. Понятие циклограммы.
26. Основные формулы перехода от циклограммы к структурным формулам.
27. Сравнение релейно-контактной и бесконтактной элементной базы. Пример реализации структурных формул на базе релейно-контактных элементов.
28. Сравнение релейно-контактной и бесконтактной элементной базы. Пример реализации структурных формул на базе бесконтактных логических элементов.
29. ДСПУ на основе программируемых логических матриц (ПЛМ).

- 30. Пример программирования с помощью ПЛМ «И» и «ИЛИ».
- 31. Понятие и упрощенная схема программируемого контроллера (ПК).
- 32. Способы программирования ПК. Пример программирования ДСПУ на ПК.

Тема 3. Основные варианты регулирования координат электропривода

- 33. Функциональные схемы современных систем электропривода. Динамические модели механической части электропривода.
- 34. Статическая и динамическая устойчивость систем электропривода. Особенности механической части привода как объекта управления в электромеханической системе.
- 35. Метод последовательной коррекции с подчиненным регулированием координат. Суммарная некомпенсируемая постоянная времени T_{Σ} .
- 36. Настройка контура регулирования на технический и симметричный оптимум. Определение передаточной функции регулятора при последовательной коррекции.
- 37. Принцип нечеткого управления электроприводами. Особенности FUZZY-регулятора.
- 38. Определение функций принадлежности для FUZZY-управления. Переход к «нечёткости», формулы дефазификации.

Тема 4. Типовые СУЭП переменного тока

- 39. Анализ способов регулирования. СУЭП с частотным регулированием. Законы регулирования напряжения при изменении частоты. Статические характеристики при $U_1/f_1 = \text{const}$.
- 40. Обеспечение постоянства перегрузочной способности двигателя с частотным регулированием при $M_c = \text{const}$. Обобщенная функциональная схема СУЭП с преобразователем частоты.
- 41. Системы скалярного управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода. Функциональная и структурная схемы ПЧ-АД с обратной связью по скорости.
- 42. Функциональная схема замкнутой системы ПЧ-АД с частотно-токовым управлением.
- 43. Принцип векторного управления машинами переменного тока. Функциональная схема частотно-регулируемого электропривода с управлением по вектору потокосцепления ротора.
- 44. Основные выражения математического описания силовой цепи частотно-регулируемого электропривода с управлением по вектору потокосцепления ротора.
- 45. Управление синхронным двигателем в схеме вентильного двигателя. Схема включения вентильного двигателя и принцип его работы. Силовая часть и механические характеристики вентильного двигателя.
- 46. Принцип регулирования напряжения асинхронного двигателя. Основная функциональная схема электропривода с регулятором напряжения на статоре.
- 47. Однофазная схема замещения и диаграммы формирования напряжения при фазовом регулировании. Статические характеристики и структурная схема асинхронного двигателя при фазовом регулировании.
- 48. Принцип действия, схема замещения по цепи выпрямленного тока ротора и математическое описание СУЭП с импульсным регулированием в цепи выпрямленного тока ротора.

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 и заданий на самостоятельную работу (приложение к настоящей РПД).

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

а) Основная литература:

1. Панкратов, В.В. Избранные разделы теории автоматического управления : учебное пособие / В.В. Панкратов, О.В. Нос, Е.А. Зима. - Новосибирск : НГТУ, 2011. - 222 с. - (Учебники НГТУ). - ISBN 978-5-7782-1810-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=135671>

2. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 373 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. Методические указания к расчётно-графической работе по курсу «Системы управления электроприводов». – Смоленск: РИО филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, 2015. – 20 с.

3. Барышников В.А., Льготчиков В.В. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Системы управления электроприводов». – Смоленск: РИО филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, 2014. – 32 с.

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

1. http://elektr-motory.ru/index.php?action=list_category&id=285
Курс лекций по автоматизированному электроприводу.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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 объём 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 объём 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 действия 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 нескольким типовым задачам 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.

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 учебной лаборатории Б-111.

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

Автор

канд. техн. наук, доцент

Зав. кафедрой ЭМС

канд. техн. наук, доцент

В.А. Барышников

В.В. Рожков

Программа одобрена на заседании кафедры ЭМС от 07.09.2016 года, протокол №1.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер изме- 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
	изме- нен- ных	заме- нен- ных	но- вых	анну- лиро- ванн ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10