

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

УТВЕРЖДАЮ

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



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
СПЕЦВОПРОСЫ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Магистерская программа: Электроприводы и системы управления электроприводов

Уровень высшего образования: магистратура

Нормативный срок обучения: 2 года

Форма обучения: очная

Смоленск – 2015 г.

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

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающихся к научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

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

Дисциплина направлена на формирование следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

- ОПК-3 «способность использовать иностранный язык в профессиональной сфере»;
- ПК-1 «способность планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований»;
- ПК-2 «способность самостоятельно выполнять исследования»;
- ПК-3 «способность оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий, объектов профессиональной деятельности»;
- ПК-4 «способность проводить поиск по источникам патентной информации, определять патентную чистоту разрабатываемых объектов техники, подготавливать первичные материалы к патентованию изобретений, регистрации программ для электронных вычислительных машин и баз данных»;
- ПК-5 «готовность проводить экспертизы предлагаемых проектно-конструкторских решений и новых технологических решений»;
- ПК-8 «способность применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности».

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные исследовательские задачи для различных типов электромеханических преобразователей энергии, применяемых в электроприводе, в соответствии с математическим описанием, схемой включения, главными показателями регулирования координат электроприводов (ПК-1),
- состав исходных данных и требований для самостоятельного исследования характеристик и регулировочных свойств частотно-регулируемых и сервоприводов (ПК-2),
- механизмы возникновения помех питающей сети в результате влияния электроприводов (ПК-3);
- основные технические решения по силовым схемам и способам управления для частотно-регулируемых электроприводов и сервоприводов (ПК-4);
- типовые конструкторские и новые технологические решения в области частотно-регулируемых и сервоприводов (ПК-5)
- технологию создания моделей силовых частей электроприводов и систем управления ими (ПК-8);

Уметь:

- читать и понимать инструкции по эксплуатации электроприводов, написанные на английском языке (ОПК-3)

- пользоваться методами получения результатов исследований электроприводов (ПК-1);
- пользоваться аналитическим методом и средствами моделирования для самостоятельного исследования электроприводов (ПК-2);
- анализировать влияние изменения параметров и внешних воздействий на характеристики электропривода (ПК-3),
- искать аналоги систем управления для сопоставления известных и предлагаемых решений на примере учебных задач для частотно-регулируемых электроприводов и сервоприводов (ПК-4);
- анализировать разработанные проектно-технологические решения по правильно выбранной структуре электропривода и системе управления, обеспечивающим выполнение всех требований технологии (ПК-5);
- разрабатывать и анализировать простые модели электроприводов и технологий, ими обслуживаемых (ПК-8);

Владеть:

- навыками представления результатов исследования электроприводов в виде статических механических характеристик и переходных процессов (ПК-1);
- навыками самостоятельного расчета и моделирования замкнутых систем электроприводов с регуляторами (ПК-2);
- навыками гармонического анализа напряжений и токов сети с целью оценки влияния электроприводов на электромагнитную совместимость (ПК-3);
- навыками оценки соответствия разработанных систем электроприводов требованиям технологии работы на конкретных производственных механизмах (ПК-5);
- навыками расчета и моделирования систем частотно-регулируемых электроприводов и сервоприводов (ПК-8).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к вариативной части дисциплин В.ОД.7 цикла Б1 образовательной программы подготовки магистров по магистерской программе «Электроприводы и системы управления электроприводов», направления «Электроэнергетика и электротехника».

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

- Б1.Б.5 «Иностранный язык»
- Б1.Б.6 «Методология научного творчества»
- Б1.Б.2 «Дополнительные главы математики»
- Б1.В.ОД.2 «Теория инженерного эксперимента»
- Б1.В.ОД.4 «Надежность электроприводов»

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

- Б1.В.ОД.5 «Современные проблемы электропривода»
- Б1.В.ДВ.3.1 «Частотно-регулируемый электропривод»
- Б1.В.ДВ.3.2 «Электропривод переменного тока»
- Б2.П.1 «Производственная практика»
- Б2.П.2 «Преддипломная практика»
- Б2.Н.1 «Научно-исследовательская работа»
- Б3 «Государственная итоговая аттестация»

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

Аудиторная работа

Цикл:	Б1	Семестр
Часть цикла:	вариативная	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.ОД.7	
Часов (всего) по учебному плану:	216	2 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	6	2 семестр
Лекции (ЗЕТ, часов)	0.5, 18	2 семестр
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	0.5, 18	2 семестр
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	0.5, 18	2 семестр
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	3.25, 117	2 семестр
Экзамен (ЗЕТ, часов)	1.25, 45	2 семестр

Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	1, 36
Подготовка к практическим занятиям (пз)	0.5, 18
Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ (лаб)	0.5, 18
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	0.5, 18
Выполнение курсового проекта (работы)	-
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	0.75, 27
Подготовка к контрольным работам	-
Подготовка к тестированию	-
Подготовка к зачету	-
Всего:	3.25, 117
Подготовка к экзамену	1, 45

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических 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. интеракт.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Тема 1. Идентификация скорости и параметров асинхронного двигателя в схемах частотно-регулируемого электропривода.	66	4	4	18	40	25
2	Тема 2. Частотно-регулируемый электропривод с активным фильтром гармоник.	30	2	8		20	4
3	Тема 3. Корректоры коэффициента	4	2			2	2

	мощности. Однофазные схемы.						
4	Тема 4. Непосредственные преобразователи частоты.	6	2			4	2
5	Тема 5. Нейросетевые технологии в системах управления.	4	2			2	2
6	Тема 6. Принципы управления электроприводами на основе нечеткой логики.	12	2	4		6	6
7	Тема 7. Системы станочного электропривода с числовым программным управлением. Сервоприводы.	16	2	2		12	2
8	Тема 8. Основы электромагнитной совместимости при проектировании преобразователей частоты	6	2			4	2
9	Дополнительные темы на СРС. Механизмы возникновения помех при работе электропривода с преобразователями. Электропривод электротранспорта. Позиционные электроприводы.	27				27	
всего 216 часов по видам учебных занятий (включая 45 часов на подготовку к экзамену)			18	18	18	117	45

Содержание по видам учебных занятий

Тема 1. Идентификация скорости и параметров асинхронного двигателя (АД) в схемах частотно-регулируемого электропривода.

Лекция 1. Идентификатор на скользящих режимах. Арифметический пример «скользящей» системы. Работа «скользящей» системы. Преобразования уравнений АД для использования в идентификаторе. Практическое решение. Функции цели для построения идентификатора. Критерий нормального функционирования скользящего режима. (2 часа).

Лекция 2. Идентификатор на идеях Эйкхоффа. Пример функционирования на простой электрической схеме с двумя неизвестными законами изменения параметров. Структура идентификатора. Общие принципы построения идентификатора. Этапы идентификации. Преобразования уравнений машины для использования их при построении идентификатора по Эйкхоффу. Адаптивный метод. Уравнения двигателя в матричной форме. Выделение информативных параметров АД (сопротивления статора и ротора) для вычисления скорости. Вариант функции Ляпунова. Дифференцирование функции. Условие устойчивости идентификации. Отклонения оцениваемых параметров. Состав блоков для построения системы идентификации скорости на фоне изменения активных сопротивлений. (2 часа).

Лабораторная работа 1. Электропривод главного движения (или движения подачи) токарного станка для реализации фрезерной операции (получения шестигранника из исходной заготовки круглого сечения). Синтезировать оптимальный алгоритм работы механизма согласно техническому заданию, типовым требованиям на функционирование конкретного механизма, с учетом возможностей и особенностей используемых лабораторных стендов (4 часа).

Лабораторная работа 2. Электропривод имитатора «пришагивания» электродвигателя на четырех различных частотах (два, три, шесть, двенадцать шагов на один оборот в прямом и обратном направлении). Синтезировать оптимальный алгоритм работы механизма согласно

техническому заданию, типовым требованиям на функционирование конкретного механизма, с учетом возможностей и особенностей используемых лабораторных стендов (4 часа).

Лабораторная работа 3. Электропривод лифта в здании на 4 этажа. Синтезировать оптимальный алгоритм работы механизма согласно техническому заданию, типовым требованиям на функционирование конкретного механизма, с учетом возможностей и особенностей используемых лабораторных стендов (4 часа).

Лабораторная работа 4. Электропривод лабораторной установки, имитирующей при срабатывании 1-го датчика автоматическую последовательную отработку шести тахограмм: треугольных с тремя уровнями скоростей в прямом и обратном направлении, трапецеидальной с тремя уровнями скоростей в прямом и обратном направлении. При срабатывании 2-го датчика – прекращение работы первого алгоритма в любое произвольное время и отработка второго алгоритма, подобного первому, но в обратном чередовании тахограмм и скоростей. При воздействии на входные датчики 3-8 игнорирование тахограммы №1-6 и работа по текущему алгоритму. Синтезировать оптимальный алгоритм работы механизма согласно техническому заданию, типовым требованиям на функционирование конкретного механизма, с учетом возможностей и особенностей используемых лабораторных стендов (4 часа).

Практическое занятие 1. Моделирование блоков фазных и координатных преобразований $abc \rightarrow \alpha\beta$; $\alpha\beta \rightarrow dq \rightarrow xy$. В системе прямого пуска АД с фазным ротором подать напряжения и токи статора и ротора на эти преобразователи. (2 часа)

Практическое занятие 2. Моделирование шестиканального генератора ШИМ с регулируемой несущей частотой 1-10 кГц. (2 часа).

Самостоятельная работа 1. Подготовка к лекциям (4 часа), выполнению и защите лабораторных работ № 1 – № 2 (изучение методических указаний, предварительная проработка технологического цикла) (8 часов), подготовка к практическим занятиям (10 часов), выполнение расчетно-графической работы (18 часов) на тему «Расчет параметров системы электропривода и моделирование системы электропривода по схеме «Тиристорный выпрямитель – двигатель постоянного тока независимого возбуждения» или «Частотный преобразователь – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором» в соответствии с заданным вариантом (всего к теме №1 – 40 часов).

Текущий контроль – устный опрос при проведении допуска к лабораторным работам, защита лабораторных работ, опросы «у доски» на практических занятиях, при консультировании и защите расчетно-графической работы.

Тема 2. Частотно-регулируемый электропривод с активным фильтром гармоник.

Лекция 3. Силовая схема. Принцип работы. Активный выпрямитель в режиме компенсатора реактивной мощности и рекуператора. Силовая схема. Построение системы управления в режиме рекуператора. Построение системы управления в режиме «кондиционера» сети. (2 часа).

Практическое занятие 3. Моделирование задатчика рывка с темпом нарастания ускорения 0,1 с, скорости – 1 с (2 часа).

Практическое занятие 4. Моделирование блока деления синхронных гармонических сигналов (с равным периодом 0,02 с) с нейтрализацией возникающих неопределенностей (деления на нуль) (2 часа).

Практическое занятие 5. Моделирование блока вычисления модуля и аргумента гармонического сигнала произвольной амплитуды и частоты. Моделирование блока, решающего обратную задачу. (2 часа).

Практическое занятие 6. Моделирование генератора импульсов управления (СИФУ) для системы с трехфазным мостовым управляемым выпрямителем (2 часа).

Самостоятельная работа 2. Подготовка к практическим занятиям № 3 - № 6 (16 часов), подготовка к лекции (4 часа) (всего к теме №2 – 20 часов).

Текущий контроль – устный опрос «у доски» на практических занятиях.

Тема 3. Корректоры коэффициента мощности (ККМ). Однофазные схемы.

Лекция 4. Обобщенная схема, принцип работы однофазного ККМ. Анализ процессов в ККМ по усредненной модели. Процессы в цепи постоянного тока. Схема полумостового двухквadrантного ККМ на базе инвертора напряжения. Схема мостового двухквadrантного ККМ на базе инвертора напряжения. Схема одноквadrантного ККМ на базе повышающего регулятора напряжения. Основные способы управления ККМ. (2 часа).

Самостоятельная работа 3. Подготовка к лекции (всего к теме №3 – 2 часа).

Текущий контроль – устный опрос готовности к лекции.

Тема 4. Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ).

Лекция 5. НПЧ с естественной коммутацией (циклоконвертеры). Достоинства и недостатки этого типа НПЧ. НПЧ с принудительной коммутацией (матричные - МПЧ). Алгоритмы пространственно-векторного управления МПЧ. Векторное описание состояний МПЧ. Состояния инвертора. (2 часа).

Самостоятельная работа 4. Подготовка к лекции (всего к теме №4 – 4 часа).

Текущий контроль – устный опрос по теме пройденному лекционному материалу.

Тема 5. Нейросетевые технологии в системах управления.

Лекция 6. Аналогия с биологическими нейронами. Основные функции сенсорных систем. Группы нейронов. Абстрактный нейрокомпьютер. Модели нейронов. Функции активации. Варианты топологии нейронных сетей (НС). Исходные данные для синтеза сети. Функционирование НС. Однослойные и многослойные НС. Обучение НС. Понятие персептрона. (2 часа).

Самостоятельная работа 5. Подготовка к лекции (всего к теме №5 – 2 часа).

Текущий контроль – устный опрос по теме по пройденному лекционному материалу.

Тема 6. Принципы управления электроприводами на основе нечеткой логики.

Лекция 7. Логические системы управления на основе фаззи-логики. Понятие термов. Общая структура системы фаззи-управления. Блоки фаззификации, логического заключения, дефаззификации. Принципы построения нечетких правил. Алгоритм построения фаззи-регулятора. Особенности фаззи-управления. Области применения. Формы функций принадлежности. Алгоритм формализации задач в терминах нечеткой логики. Пример управления электрооборудованием нагнетателей (вентиляторов, насосов и компрессоров) на основе нечеткой логики. (2 часа).

Практическое занятие 7. Моделирование системы частотно-регулируемого привода нагнетателя с прямой ориентацией по вектору потокосцепления ротора асинхронного двигателя (2 часа).

Практическое занятие 8. Моделирование системы частотно-регулируемого привода насосной станции с прямой ориентацией по вектору потокосцепления ротора асинхронного двигателя (2 часа).

Самостоятельная работа 6. Подготовка к лекции и практическим занятиям № 7, № 8 (всего к теме №6 – 6 часов).

Текущий контроль – устный опрос по теме при подготовке к практическим занятиям.

Тема 7. Системы станочного электропривода с числовым программным управлением (ЧПУ). Сервоприводы.

Лекция 8. Виды ЧПУ. Задачи, решаемые устройствами ЧПУ. Классификация систем ЧПУ. Понятие об интерполяции и адаптивных системах управления. Основные компоненты сервосистем. Основные режимы работы исполнительных приводов станков и общие требования к ним. Требования к операционным системам для ЧПУ. (2 часа).

Практическое занятие 9. Моделирование системы «трехфазный мостовой управляемый выпрямитель – двигатель постоянного тока (ДПТ)» с подчиненным регулированием координат. Система с внутренним релейным контуром тока и внешним контуром скорости. Вычисление скорости по измеренным сигналам тока и напряжения (построение идентификатора скорости) (2 часа).

Самостоятельная работа 7. Подготовка к лекции (2 часа) и практическому занятию № 9 (2 часа), самостоятельное изучение разделов темы «Сервоприводы» (8 часов) (всего к теме №7 – 12 часов).

Текущий контроль – устный опрос по теме при подготовке к практическим занятиям, по самостоятельно изученным разделам

Тема 8. Основы электромагнитной совместимости при проектировании преобразователей частоты.

Лекция 9. Источники помех. Механизмы воздействия помех. Меры по обеспечению электромагнитной совместимости для электроприводов. (2 часа).

Самостоятельная работа 7. Подготовка к лекции (2 часа) и самостоятельное изучение разделов темы «Электромагнитная совместимость» (10 часов) (всего к теме №8 – 12 часов).

Текущий контроль – устный опрос по теме при подготовке к практическим занятиям, по самостоятельно изученным разделам.

Дополнительные темы на СРС.

Механизмы возникновения помех при работе электропривода с преобразователями (4 часа).

Электропривод электротранспорта (9 часов).

Позиционные электроприводы (14 часов).

Самостоятельная работа 4. Самостоятельное изучение указанных тем (27 часов).

Текущий контроль – устный опрос по дополнительным темам СРС.

Лекционные занятия (в количестве 9 часов) проводятся в интерактивной форме (используются технологии типа «лекция-провокация», т.е. в процессе лекции делается преднамеренная ошибка с последующим опросом студентов на следующей лекции и организацией диалога «преподаватель-студент», «студент-студент» с целью выявления ошибки и установления истины).

Лабораторные работы (в количестве 18 часов) проводятся в интерактивной форме (используются технологии бригадного выполнения лабораторной работы). В процессе их выполнения функциональные обязанности студентов разделены. Типичная бригада – 3 студента, один из которых изучает технологию программирования параметров преобразователей частоты, второй – выполняет аналитическую и графическую части работы – разрабатывает и чертит исходную тахограмму, третий – программирует синтезируемый цикл на языке релейно-контактных схем или функциональных блоков.

Практические занятия (в количестве 18 часов) проводятся в интерактивной форме с использованием бригадного метода выполнения задания с разграничением функциональных обязанностей студента при выполнении задания по моделированию – анализ исходных данных, проработка схемы построения модели, выбор технологии моделирования, расчет параметров регуляторов и контуров регулирования, возможная оптимизация. Затем усилия объединяются, и организуется активный диалог студентов с преподавателем и между собой для подведения итогов решения задания и практической реализации модели).

Промежуточная аттестация по дисциплине: экзамен

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

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

Для обеспечения самостоятельной работы разработаны: демонстрационные слайды лекций по дисциплине, методические указания по самостоятельной работе при подготовке к практическим занятиям и лабораторным работам, выполнению расчетно-графической работы, рекомендации по изучению дополнительных тем, выделенных на СРС (см. Приложение к РПД).

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

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции: общепрофессиональная ОПК-3; профессиональные ПК-1, 2, 3, 4, 5, 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 компетенции **ОПК-3** «способность использовать иностранный язык в профессиональной сфере» преподавателем оценивается подготовка обучающегося по иностранному языку с точки зрения способности понимать и пе-

реводить технический английский при ознакомлении на лабораторных работах с текстом инструкций по эксплуатации преобразователей частоты на иностранном языке.

Принимается во внимание **умения** обучающимися:

- читать и понимать инструкции по эксплуатации электроприводов, написанные на английском языке.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ОПК-3** в процессе выполнения лабораторных работ.

Студенту при выполнении лабораторных работ в устном опросе задается 2 вопроса на понимание прочитанного текста инструкции по эксплуатации из примерного перечня:

1. Какие разделы содержит настоящая инструкция по эксплуатации?
2. Прочитайте возможные способы управления преобразователями частоты, описанные в инструкции.
3. Расшифруйте аббревиатуры на английском языке, приведенные в инструкции: PWM – pulse-width modulation, SC – scalar control, ASC – advanced scalar control, FOC – field-oriented control и т.п.
4. Приведите примеры требуемых датчиков для реализации замкнутой системы векторного управления и варианты перевода типов и названий датчиков на английский язык.

Полный ответ на один вопрос, частичный ответ на два вопроса соответствуют 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).

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции **ПК-1** «способность планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по практическим занятиям. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах, ответах «у доски» при выполнении заданий на практических занятиях.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- основных исследовательских задач для различных типов электромеханических преобразователей энергии, применяемых в электроприводе, в соответствии с математическим описанием, схемой включения, главных показателей регулирования координат электроприводов.

наличие **умения**:

- пользоваться методами получения результатов исследований электроприводов;

присутствие **навыка**:

- представления результатов исследования электроприводов в виде статических механических характеристик и переходных процессов.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ПК-1** в процессе выполнения практических занятий.

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

Способность различать при устном ответе исследовательские задачи для различных типов электромеханических преобразователей энергии, применяемых в электроприводе, называть главные показатели регулирования координат электроприводов в применении к частотно-регулируемым и сервоприводам, определять основные простейшие блоки, требуемые для построения структурной схеме и схемы модели соответствует пороговому уровню освоения компетенции на данном этапе ее формирования;

в дополнение к пороговому способу анализировать недостатки разработанных при выполнении задания моделей с точки зрения их объема и быстроты действия – соответствует продвинутому уровню;

в дополнении к продвинутому наличие умения рационально и качественно интерпретировать результаты исследований средствами моделирования, анализировать и оптимизировать полученные статические характеристики и переходные процессы, сопоставлять их оптимальными для электроприводов – соответствует эталонному уровню).

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции **ПК-2** «способность самостоятельно выполнять исследования» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, собранных студентом в отчете при выполнении расчетно-графической работы и самостоятельном изучении дополнительных тем на самостоятельную подготовку. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах, защите расчетно-графической работы.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- состава исходных данных и требований для самостоятельного исследования характеристик и регулировочных свойств частотно-регулируемых и сервоприводов.

наличие **умения**:

- пользоваться аналитическим методом и средствами моделирования для самостоятельного исследования электроприводов;

присутствие **навыка**:

- самостоятельных расчетов и моделирования замкнутых систем электроприводов с регуляторами.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ПК-2** в процессе защиты расчетно-графической работы.

В процессе защиты расчетно-графической работы на тему «Расчет параметров системы электропривода и моделирование системы электропривода по схеме «Тиристорный выпрямитель – двигатель постоянного тока независимого возбуждения» или «Частотный преобразователь – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором» (методические указания к выполнению расчетно-графической работы представлены в приложении 2) студенту задается 2 вопроса из следующего примерного перечня:

1. Чем определяется перечень требований к системе электропривода? Какими исходными данными Вы пользовались при расчете заданной системы электропривода?
2. Был ли прямо или косвенно в исходных данных определен диапазон регулирования координат электропривода? Каким образом этот диапазон обеспечен при расчете и моделировании?
3. Какими библиотечными блоками используемой среды моделирования Вы пользовались? Есть ли в Вашей модели системы электропривода или её элементов авторские блоки?
4. Какова технология создания подмоделей в используемой Вами среде моделирования?
5. Каким образом Вы выбирали тип и структуры используемых в схеме регуляторов?
6. Зачем в рассчитанной Вами схеме использованы блоки запаздывания на один шаг расчета?
7. Как Вы выбрали структуру силовой схемы преобразователя?
8. Каким образом в Вашей модели организованы формирование и подача импульсов на силовые ключи используемого преобразователя?
9. Каким образом настроены регуляторы в Вашей системе электропривода?
10. Оптимизировали ли Вы построенную модель электропривода для сокращения времени расчетов и, если да, то какие вы использовали способы оптимизации?

Полный ответ на один вопрос, частичный ответ на два вопроса соответствуют 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).

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции **ПК-3** «способность оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий, объектов профессиональной деятельности» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, собранных студентом в отчетах при выполнении лабораторных работ и самостоятельной подготовке к выполнению лабораторных работ. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах, защитах лабораторных работ.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- механизмов возникновения помех питающей сети в результате влияния электроприводов.

наличие **умения**:

- анализировать влияние изменения параметров и внешних воздействий на характеристики электропривода;

присутствие **навыка**:

- гармонического анализа напряжений и токов сети с целью оценки влияния электроприводов на электромагнитную совместимость.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ПК-3** в процессе выполнения и защит лабораторных работ.

Студенту при выполнении и защите лабораторных работ задается 2 вопроса из следующего примерного перечня:

1. Что в системе электропривода является основным источником помех в питающую сеть?
2. Какие механизмы возникновения помех Вы знаете?
3. Какие способы нейтрализации помех наиболее широко используются в практике современного электропривода?
4. Как защищен преобразователь, применяемый Вами в лабораторной работе, от случайного прикосновения?
5. Каким образом воздействует широтно-импульсная модуляция выходного напряжения, используемая в частотном преобразователе, на изоляцию двигателя?
6. Какие эксплуатационные меры могут применяться для снижения негативного влияния широтно-импульсной модуляции на изоляцию двигателя?
7. Как, по Вашему мнению, может быть усовершенствована технология проектирования частотного преобразователя для уменьшения негативного влияния преобразователя и широтно-импульсной модуляции на изоляцию двигателей?
8. В чем состоит риск использования большого числа преобразователей в одном электропомещении? Как обеспечивают в этом случае электромагнитную совместимость электрооборудования?

Полный ответ на один вопрос, частичный ответ на два вопроса соответствуют 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).

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции **ПК-4** «способность проводить поиск по источникам патентной информации, определять патентную чистоту разрабатываемых объектов техники, подготавливать первичные материалы к патентованию изобретений, регистрации программ для электронных вычислительных машин и баз данных» (Примечание: основной вклад в формирование этой компетенции вносит дисциплина Б.1.В.ДВ.1.1 «Методология научного творчества») преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, собранных студентом в отчетах студента по практическим занятиям. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах, ответах «у доски» при выполнении заданий на практических занятиях.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- основных технических решений по силовым схемам и способам управления для частотно-регулируемых электроприводов и сервоприводов.

наличие **умения**:

- искать аналоги систем управления для сопоставления известных и предлагаемых решений на примере учебных задач для частотно-регулируемых электроприводов и сервоприводов.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ПК-4** в процессе выполнения практических занятий.

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

Способность ориентироваться в технических решениях силовых схем и способов управления для частотно-регулируемых электроприводов и сервоприводов, понимать степень распространности технических решений и способов управления в практике современного электропривода соответствует пороговому уровню освоения компетенции на данном этапе ее формирования;

в дополнение к пороговому способность сравнивать системы управления частотно-регулируемых электроприводов и сервоприводов по регулировочным свойствам, находить достоинства и недостатки этих систем для электроприводов конкретных производственных механизмов – соответствует продвинутому уровню;

в дополнении к продвинутому умение на примере учебной задачи разработки модели системы управления электроприводом предложить и подготовить предварительный материал для регистрации программы для ЭВМ – соответствует эталонному уровню).

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции **ПК-5** «готовность проводить экспертизы предлагаемых проектно-конструкторских решений и новых технологических решений» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по лабораторным работам. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – защитах лабораторных работ.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- типовые конструкторские и новые технологические решения в области частотно-регулируемых и сервоприводов;

наличие **умения**:

- анализировать разработанные проектно-технологические решения по правильно выбранной структуре электропривода и системе управления, обеспечивающим выполнение всех требований технологии;

присутствие **навыка**:

- оценки соответствия разработанных систем электроприводов требованиям технологии работы на конкретных производственных механизмах.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ПК-5** в процессе выполнения и защиты лабораторных работ.

Студенту при выполнении и защите лабораторных работ задается 2 вопроса на понимание из следующего примерного перечня:

1. Как конструктивно выполнено представленное в настоящей лабораторной работе техническое решение силовой схемы системы электропривода?
2. Сопоставьте типовые решения силовой схемы преобразователя частоты в настоящей лабораторной установке и применяемые в практике современного электропривода. Перечислите имеющиеся преимущества, возможные недостатки.
3. Какая применена технология печатного монтажа элементов платы управления электроприводом на представленном лабораторном стенде?

4. Оцените преимущества применяемой технологии программирования промышленных технологических контроллеров на лабораторном стенде. В чем Вы их видите, и какие ещё языки программирования ПЛК Вам известны?
5. Какие типы промышленных локальных сетей Вам известны? В чем преимущество программирования преобразователей по промышленной локальной сети по сравнению с использованием ПЛК?
6. Каким образом на лабораторном стенде имитируются срабатывания технологических датчиков при проектировании технологии отработки производственного цикла?
7. Какие ограничения имеются на лабораторном стенде по сравнению с реальным оборудованием, для которого Вы реализуете тахограмму движения?
8. Насколько применение ПЛК, на Ваш взгляд, удобно для отработки новых технологических решений при изменении алгоритма (цикла) работы реального оборудования? Приведите примеры производств, на которых актуально частое изменение цикла работы оборудования.

Полный ответ на один вопрос, частичный ответ на два вопроса соответствуют 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).

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции **ПК-8** «способность применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по расчетно-графической работе. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – защитах расчетно-графических работ.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- технологии создания моделей силовых частей электроприводов и систем управления ими.

наличие **умения**:

- разрабатывать и анализировать простые модели электроприводов и технологий, ими обслуживаемых;

присутствие **навыка**:

- расчета и моделирования систем частотно-регулируемых электроприводов и сервоприводов.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ПК-8** «способность применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности» в процессе защиты расчетно-графической работы, как формы текущего контроля.

В процессе защиты расчетно-графической работы на тему «Расчет параметров системы электропривода и моделирование системы электропривода по схеме «Тиристорный выпрямитель – двигатель постоянного тока независимого возбуждения» или «Частотный преобразователь – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором» (методические указания к выполнению расчетно-графической работы представлены в приложении 2) студенту задается 2 вопроса из следующего примерного перечня:

1. Что собой представляют канал вертикального управления для СИФУ управляемого выпрямителя?
2. Охарактеризуйте систему «трехфазный мостовой управляемый выпрямитель – двигатель постоянного тока» с подчиненным регулированием координат с точки зрения быстродействия контуров.
3. Назовите основные регуляторы в системе с подчиненным регулированием координат для схемы «трехфазный мостовой управляемый выпрямитель – двигатель постоянного тока». Какими звеньями они промоделированы?

4. Каким образом при моделировании вывести на экран динамическую электромеханическую характеристику при пуске асинхронного двигателя с фазным ротором по принципу скорости.
5. В каких системах координат можно моделировать асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором для частотного управления. Каково при этом будет отличие в выходных переменных?
6. Какие приемы возможны для исключения неопределенности типа «деления на нуль» при моделировании блока деления в системе векторного управления?
7. Назовите количество каналов управления и контуров регулирования в «классической» системе векторного управления.
8. Каким образом организована визуализация выходных переменных в Вашей модели?

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).

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является экзамен, оцениваемый по принятой в НИУ «МЭИ» четырехбалльной системе: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Экзамен по дисциплине «Спецвопросы теории 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 практические задание

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

Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, знакомы 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

дисциплины (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 приложению к диплому выносится оценка экзамена по дисциплине за 2 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 дисциплины):

1. Идентификация скорости и параметров асинхронного двигателя (АД). Идентификатор на скользящих режимах. Арифметический пример. Работа «скользящей» системы.
2. Идентификация скорости и параметров АД. Идентификатор на скользящих режимах. Преобразования уравнений АД для использования в идентификаторе. Практическое решение.
3. Идентификация скорости и параметров АД. Идентификатор на скользящих режимах. Функции цели для построения идентификатора. Критерий нормального функционирования скользящего режима.
4. Идентификация скорости и параметров АД. Идентификатор на идеях Эйкхоффа. Пример функционирования на простой электрической схеме с двумя неизвестными законами изменения параметров. Структура идентификатора.
5. Идентификация скорости и параметров АД. Идентификатор на идеях Эйкхоффа. Общие принципы построения идентификатора. Этапы идентификации.
6. Идентификация скорости и параметров АД. Преобразования уравнений машины для использования их при построении идентификатора по Эйкхоффу.
7. Идентификация скорости и параметров АД. Адаптивный метод. Уравнения двигателя в матричной форме.
8. Идентификация скорости и параметров АД. Выделение информативных параметров АД (сопротивления статора и ротора) для вычисления скорости.
9. Идентификация скорости и параметров АД. Адаптивный метод. Вариант функции Ляпунова. Дифференцирование функции. Условие устойчивости идентификации.
10. Идентификация скорости и параметров АД. Адаптивный метод. Отклонения оцениваемых параметров. Состав блоков для построения системы идентификации скорости на фоне изменения активных сопротивлений.
11. Квазичастотное управление на основе структуры «тиристорный преобразователь напряжения – асинхронный двигатель» (ТПН-АД). Схема, принцип действия, способы регулирования.
12. Квазичастотное управление на основе структуры ТПН-АД. Механические характеристики.
13. Частотный электропривод с активным фильтром гармоник (АФГ). Силовая схема. Принцип работы.
14. Частотный электропривод с АФГ. Активный выпрямитель в режиме компенсатора реактивной мощности и рекуператора. Силовая схема.
15. Частотный электропривод с АФГ. Построение системы управления в режиме рекуператора.

16. Частотный электропривод с АФГ. Построение системы управления в режиме «кондиционера» сети.
17. Корректоры коэффициента мощности (ККМ). Однофазные схемы. Способы коррекции коэффициента мощности.
18. ККМ. Однофазные схемы. Обобщенная схема, принцип работы однофазного ККМ.
19. ККМ. Однофазные схемы. Анализ процессов в ККМ по усредненной модели. Процессы в цепи постоянного тока.
20. ККМ. Однофазные схемы. Схема полумостового двухквadrантного ККМ на базе инвертора напряжения. Схема мостового двухквadrантного ККМ на базе инвертора напряжения.
21. ККМ. Однофазные схемы. Схема одноквadrантного ККМ на базе повышающего регулятора напряжения.
22. ККМ. Однофазные схемы. Основные способы управления ККМ.
23. Вариант реализации трехфазного ККМ – Виенна-выпрямитель. Силовая схема. Конструкция ключа и схема замещения.
24. Вариант реализации трехфазного ККМ – Виенна-выпрямитель. Принцип работы.
25. Вариант реализации трехфазного ККМ – Виенна-выпрямитель. Расчет коэффициента мощности при работе Виенна-выпрямителя. Достоинства и недостатки Виенна-выпрямителя.
26. Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ). НПЧ с естественной коммутацией (циклоконвертеры). Достоинства и недостатки этого типа НПЧ.
27. Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ). НПЧ с принудительной коммутацией (матричные - МПЧ).
28. Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ). Алгоритмы пространственно-векторного управления МПЧ.
29. Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ). Векторное описание состояний МПЧ. Состояния инвертора.
30. Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ). Векторное описание состояний МПЧ. Векторные диаграммы тока и напряжения. Анализ векторных диаграмм.
31. Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ). Векторное описание состояний МПЧ. Синтез алгоритма управления. Выбор состава и последовательности включения векторов напряжения.
32. Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ). Векторное описание состояний МПЧ. Синтез алгоритма управления. Расчет интервалов включения векторов напряжения.
33. Нейросетевые технологии в системах управления. Аналогия с биологическими нейронами. Основные функции сенсорных систем. Группы нейронов. Абстрактный нейрокompьютер.
34. Нейросетевые технологии в системах управления. Модели нейронов. Функции активации. Варианты топологии нейронных сетей (НС). Исходные данные для синтеза сети.
35. Нейросетевые технологии в системах управления. Функционирование НС. Однослойные и многослойные НС.
36. Нейросетевые технологии в системах управления. Обучение НС. Понятие персептрона. Проблемы построения некоторых логических элементов на персептронах.
37. Принципы управления ЭП на основе нечеткой логики. Логические системы управления на основе фаззи-логики. Понятие термов. Общая структура системы фаззи-управления. Блоки фаззификации, логического заключения, дефаззификации.
38. Принципы управления ЭП на основе нечеткой логики. Принципы построения нечетких правил. Алгоритм построения фаззи-регулятора. Особенности фаззи-управления.
39. Принципы управления ЭП на основе нечеткой логики. Области применения. Формы функций принадлежности. Алгоритм формализации задач в терминах нечеткой логики.

40. Системы станочного привода с ЧПУ. Виды ЧПУ. Задачи, решаемые устройствами ЧПУ. Классификация систем ЧПУ.
41. Системы станочного привода с ЧПУ. Понятие об интерполяции и адаптивных системах управления. Основные компоненты сервосистем.
42. Электромагнитная совместимость при проектировании преобразователей. Источники помех. Механизмы воздействия помех. Меры по обеспечению электромагнитной совместимости для электроприводов.

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

1. Каким образом синтезируется цикл работы при известных технологических требованиях к электроприводу?
2. Опишите этапы построения тахограммы по зашифрованному технологическому циклу.
3. Чем отличаются требования к глубокорегулируемому частотному электроприводу и сервоприводу?
4. Назовите основные типы двигателей для использования в качестве серводвигателей.
5. Какие аналоговые и цифровые датчики используются для сервоприводов?
6. Как на лабораторном стенде имитируются срабатывания технологических датчиков при проектировании технологии отработки производственного цикла?
7. Каким образом воздействует широтно-импульсная модуляция выходного напряжения, используемая в частотном преобразователе, на изоляцию двигателя?
8. По какой технологии производятся абсолютные энкодеры и в чем их отличия от инкрементальных?
9. Какие основные элементы языка функциональных блоков для программирования ПЛК Вы знаете?
10. Покажите таблицы истинности основных логических элементов язык функциональных блоков для программирования ПЛК.
11. В чем состоит преимущество выполнения систем управления на фаззи-логике?
12. Для каких систем управления наиболее целесообразно применение нейросистем?
13. Опишите основные технологии обучения нейросистем с небольшим числом слоев?
14. Какие электродвигатели наиболее целесообразно использовать для сервосистем? Почему?
15. Каким образом, незначительно изменив программу цикла, реализованную на ПЛК, можно повторить тахограмму, синтезированную на лабораторном стенде, n раз?
16. Как оценить степень «загрязненности» помехами напряжения, питающего преобразователь? Какие для этого нужны инструментальные средства?
17. В чем, на Ваш взгляд, преимущество языка релейно-контактных схем при программировании ПЛК?
18. Как проверить на модели настройку регулятора на модульный, технический оптимум?
19. Каким образом моделируется обрыв обратной связи в замкнутой системе частотно-регулируемого электропривода? К чему приводит эта аварийная ситуация?
20. Как отключить выходы преобразователя по команде ПЛК, чтобы обеспечить торможение приводного электродвигателя «на выбеге»?

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

Первый вопрос в экзаменационном билете студента – вопрос по лекционному материалу (вопр.1-25). Второй вопрос – задача на тему, близкую к разбираемым на практических занятиях и в процессе выполнения расчетно-графической работы (вопр.26-40).

1. Идентификация скорости и параметров асинхронного двигателя (АД). Идентификатор на скользящих режимах. Арифметический пример. Работа «скользящей» системы.
2. Идентификация скорости и параметров АД. Идентификатор на скользящих режимах. Преобразования уравнений АД для использования в идентификаторе. Практическое решение.
3. Идентификация скорости и параметров АД. Идентификатор на скользящих режимах. Функции цели для построения идентификатора. Критерий нормального функционирования скользящего режима.
4. Идентификация скорости и параметров АД. Идентификатор на идеях Эйкхоффа. Пример функционирования на простой электрической схеме с двумя неизвестными законами изменения параметров. Структура идентификатора.
5. Идентификация скорости и параметров АД. Идентификатор на идеях Эйкхоффа. Общие принципы построения идентификатора. Этапы идентификации.
6. Идентификация скорости и параметров АД. Адаптивный метод. Уравнения двигателя в матричной форме.
7. Идентификация скорости и параметров АД. Адаптивный метод. Вариант функции Ляпунова. Дифференцирование функции. Условие устойчивости идентификации. Отклонения оцениваемых параметров. Состав блоков для построения системы идентификации скорости на фоне изменения активных сопротивлений.
8. Квазичастотное управление на основе структуры «тиристорный преобразователь напряжения – асинхронный двигатель» (ТПН-АД). Схема, принцип действия, способы регулирования.
9. Квазичастотное управление на основе структуры ТПН-АД. Механические характеристики.
10. Частотный электропривод с активным фильтром гармоник (АФГ). Силовая схема. Принцип работы.
11. Частотный электропривод с АФГ. Активный выпрямитель в режиме компенсатора реактивной мощности и рекуператора. Силовая схема. Построение системы управления в режиме рекуператора и «кондиционера» сети
12. Корректоры коэффициента мощности (ККМ). Однофазные схемы. Способы коррекции коэффициента мощности.
13. ККМ. Однофазные схемы. Обобщенная схема, принцип работы однофазного ККМ.
14. ККМ. Однофазные схемы. Схема полумостового двухквadrантного ККМ на базе инвертора напряжения. Схема мостового двухквadrантного ККМ на базе инвертора напряжения.
15. Вариант реализации трехфазного ККМ – Виенна-выпрямитель. Силовая схема. Конструкция ключа и схема замещения. Расчет коэффициента мощности при работе Виенна-выпрямителя. Достоинства и недостатки Виенна-выпрямителя.
16. Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ). НПЧ с естественной коммутацией (циклоконверторы). Достоинства и недостатки этого типа НПЧ.
17. Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ). НПЧ с принудительной коммутацией (матричные - МПЧ). Алгоритмы пространственно-векторного управления МПЧ.
18. Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ). Векторное описание состояний МПЧ. Синтез алгоритма управления. Выбор состава и последовательности включения векторов напряжения.

19. Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ). Векторное описание состояний МПЧ. Синтез алгоритма управления. Расчет интервалов включения векторов напряжения.
20. Нейросетевые технологии в системах управления. Аналогия с биологическими нейронами. Основные функции сенсорных систем. Группы нейронов. Абстрактный нейро-компьютер.
21. Нейросетевые технологии в системах управления. Модели нейронов. Функции активации. Варианты топологии нейронных сетей (НС). Исходные данные для синтеза сети.
22. Принципы управления ЭП на основе нечеткой логики. Логические системы управления на основе фаззи-логики. Понятие термов. Общая структура системы фаззи-управления. Блоки фаззификации, логического заключения, дефаззификации.
23. Принципы управления ЭП на основе нечеткой логики. Области применения. Формы функций принадлежности. Алгоритм формализации задач в терминах нечеткой логики.
24. Системы станочного привода с ЧПУ. Виды ЧПУ. Задачи, решаемые устройствами ЧПУ. Классификация систем ЧПУ. Понятие об интерполяции и адаптивных системах управления. Основные компоненты сервосистем.
25. Электромагнитная совместимость при проектировании преобразователей. Источники помех. Механизмы воздействия помех. Меры по обеспечению электромагнитной совместимости для электроприводов.
26. Привести расчетный алгоритм и схему модели. Моделирование блоков фазных и координатных преобразований $abc \rightarrow \alpha\beta$; $\alpha\beta \rightarrow dq \rightarrow xy$.
27. Привести расчетный алгоритм и схему модели. Моделирование генератора ШИМ с заданными характеристиками.
28. Привести расчетный алгоритм и схему модели. Моделирование задатчика рывка с заданными темпами нарастания ускорения и скорости).
29. Привести расчетный алгоритм и схему модели. Моделирование блока деления синхронных гармонических сигналов.
30. Привести расчетный алгоритм и схему модели. Моделирование блока вычисления модуля и аргумента гармонического сигнала произвольной амплитуды и частоты.
31. Привести расчетный алгоритм и схему модели. Моделирование системы частотно-регулируемого привода нагнетателя с прямой ориентацией по вектору потокосцепления ротора асинхронного двигателя.
32. Привести расчетный алгоритм и схему модели. Моделирование системы частотно-регулируемого привода насосной станции с прямой ориентацией по вектору потокосцепления ротора асинхронного двигателя.
33. Привести расчетный алгоритм и схему модели. Моделирование канала вертикального управления для СИФУ управляемого выпрямителя.
34. Привести расчетный алгоритм и схему модели. Моделирование генератора синусоидальных напряжений переменной амплитуды и частоты.
35. Привести расчетный алгоритм и схему модели. Моделирование П, ПИ и ПИД-регулятора при одном и том же сигнале отклонения параметров и оптимальной настройке.
36. Привести расчетный алгоритм и схему модели. Моделирование полууправляемого тиристорного выпрямителя
37. Привести расчетный алгоритм и схему модели. Моделирование элементов вектор – фильтра для системы векторного управления.
38. Привести расчетный алгоритм и схему модели. Моделирование системы тиристорного управления в обмотке возбуждения двигателя постоянного тока.
39. Привести расчетный алгоритм и схему модели. Моделирование системы ТПН-АД. Плавный пуск асинхронного двигателя

40. Привести расчетный алгоритм и схему модели. Моделирование релейного регулятора для управления широтно-импульсным преобразователем в системе с двигателем постоянного тока независимого возбуждения.

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 методических рекомендациях по изучению дисциплины «Спецвопросы теории электропривода», в которые входят методические рекомендации к выполнению и защите лабораторных работ, по выполнению расчетно-графической работы и заданий на самостоятельную работу (приложение к настоящей РПД).

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

а) основная литература

1. Соколовский, Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием : учебник для вузов / Г. Г. Соколовский. – М. : АКАДЕМИЯ, 2006 . – 272 с. – (Высшее профессиональное образование).
2. Масандилов, Л.Б. Электропривод. Гидро- и виброприводы. Машиностроение. Энциклопедия. Том IV-2. Книга 1 [Электронный ресурс] : / Л.Б. Масандилов, Ю.Н. Сергиевский, С.К. Козырев [и др.]. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2012. — 520 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3319
3. Никитенко Г. В. Электропривод производственных механизмов [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 224 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5845

б) дополнительная литература

1. Браславский, Исаак Яковлевич. Энергосберегающий асинхронный электропривод : учеб.пособие для вузов / И. Я. Браславский, З. Ш. Ишматов, В. Н. Поляков ; под ред. И. Я. Браславского .— М. : Академия, 2004 .— 248 с. : ил. — ISBN 5-7695-1704-2 : 128.57.

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

1. Г. Лазарев. Высоковольтные преобразователи для частотно-регулируемого электропривода. Построение различных систем [электронный ресурс]. Новости электротехники. Информационно-справочное издание. Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru/arh/2005/32/10.php> .
2. Е. Тетяев, А. Волегов. Частотно-регулируемый электропривод подъемно-транспортных механизмов [электронный ресурс]. Силовая электроника №4, 2007. Режим доступа: http://www.power-e.ru/2007_4_40.php

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина предусматривает лекции один раз в неделю, практические занятия каждую неделю и четыре четырехчасовые лабораторные работы с двумя часами на защиту. Изучение курса завершается экзаменом).

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

Во время **лекции** студент должен вести краткий конспект.

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

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

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

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

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

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

Практические (семинарские) занятия выполняют следующие задачи:

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

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

расширяют объем профессионально значимых знаний, умений, навыков;

позволяют проверить правильность ранее полученных знаний;

прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления;

способствуют свободному оперированию терминологией;

предоставляют преподавателю возможность систематически контролировать уровень самостоятельной работы студентов.

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

В ходе выполнения индивидуального задания практического занятия студент готовит отчет о работе (в программе MS Word или любом другом текстовом редакторе). В отчет заносятся результаты выполнения каждого пункта задания (схемы, диаграммы (графики), таблицы, расчеты, ответы на вопросы пунктов задания, выводы и т.п.). Примерный образец оформления отчета имеется у преподавателя.

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 оформления 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.

Порядок проведения **лабораторных работ** в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. 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 интер-

претации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия.

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

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

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

При проведении **лекционных** занятий предусматривается использование *систем* мультимедиа.

При проведении **лабораторных работ** предусматривается использование систем мультимедиа и моделирования в программном пакете MatLab.

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 «Системы управления электроприводов» (оснащена четырьмя лабораторными стендами с частотно-регулируемыми приводами и программируемыми технологическими контроллерами).

В основное оборудование указанных лабораторий входит оборудование, необходимое для проведения лабораторных работ по дисциплине «Спецвопросы теории электропривода» (использовано оборудование, общее для настоящей дисциплины и дисциплины «Частотно-регулируемый электропривод»):

персональные компьютеры, маломощные асинхронные электродвигатели 250-370 Вт типа АИР63В4У3 и 4ААМ63В2У3, преобразователи частоты FR-E540-0.4 К-ЕС, ALTIVAR31 и LGig5RUS, программируемый логический контроллер Mitsubishi AL2-14MR-D 24 В со специальным кабелем для подключения к COM-порту персонального компьютера, программируемый логический контроллер MELSEC FX2N-16MR.

Автор
канд. техн. наук, доцент

В.В. Рожков

Зав. кафедрой ЭМС
канд. техн. наук, доцент

В.В. Рожков

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

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

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