

**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
« 2016 г.»



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ**

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль подготовки: Робототехника в электромеханических системах

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 к производственно-технологической деятельности по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков: формирование фундамента знаний, языка электротехники и методологии решения ее задач.

Задачами дисциплины являются

- изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, выработка общих подходов к формулировке и решению электротехнических задач;
- обучение и практическое закрепление навыков расчетов внешних и регулировочных статических характеристик управляемого (линейного и нелинейного) источника, охваченного положительной или отрицательной обратной связью по напряжению и току,
- обучение и практическое закрепление навыков расчета и анализа тиристорных управляемых выпрямителей как управляемых источников, параметрических источников тока в системе ТП-Д, ШИП, автономных инверторов для регулируемого привода переменного тока,
- рассмотрение исполнительных двигателей специального назначения: шаговых, вентильных, индукторных, способов и алгоритмов их управления
- обучение методики синтеза логических последовательностных функций с применением карт Карно для их оптимизации,
- методики анализа и выбора наиболее подходящих по условиям поставленной задаче управления приводом датчиков скорости вращения, угла поворота вала, датчиков тока и напряжения,
- рассмотрение на примере управляемого выпрямителя перехода от аналоговой к микропроцессорной системе управления.

Дисциплина направлена на формирование следующих профессиональных 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»

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к вариативной части цикла Б1 образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Робототехника в электромеханических системах», направления «Электроэнергетика и электротехника».

В соответствии с учебным планом по направлению «Электроэнергетика и электротехника» дисциплина «Элементы систем автоматики» базируется на следующих дисциплинах:



- Б1.Б.11 Электрические машины
- Б1.В.ОД.9 Теория автоматического управления
- Б1.В.ОД.10 Силовая электроника
- Б1.В.ОД.11 Электрический привод
- Б1.Б.10 Электротехническое и конструкционное материаловедение
- Б1.Б.17 Информационно-измерительная техника
- Б1.В.ОД.4 Электротехника и основы электроники
- Б1.В.ОД.12 Цифровые датчики в позиционных и следящих системах
- Б1.В.ДВ.3.1 Микропроцессорная техника в робототехнике
- Б1.В.ДВ.3.2 Основы компьютерной техники
- Б2.П.1 Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности

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

- Б1.В.ОД.7 Электромеханические системы
- Б1.В.ДВ.2.1 Цифровые системы управления роботами и манипуляторами
- Б1.В.ДВ.2.2 Преобразовательная техника в робототехнических системах
- Б1.В.ДВ.4.1 Компьютерное управление в робототехнических системах
- Б1.В.ДВ.4.2 Сервоконтроллеры роботов и манипуляторов
- Б1.В.ДВ.6.1 Электроприводы роботов и манипуляторов
- Б1.В.ДВ.6.2 Гидро- и пневмоприводы роботов
- Б1.В.ДВ.7.1 Мехатронные узлы
- Б1.В.ДВ.7.2 Прочностные расчеты в задачах робототехники
- Б1.В.ДВ.8.1 Моделирование механики и рабочих зон роботов и манипуляторов
- Б1.В.ДВ.8.2 3-D моделирование в робототехнике

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

Аудиторная работа

Цикл:	Б1	Семестр
Часть цикла:	вариативная	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.ОД.6	
Часов (всего) по учебному плану:	144	7 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	4	7 семестр
Лекции (ЗЕТ, часов)	1, 36	7 семестр
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	0.5, 18	7 семестр
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)		
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	1.5, 54	7 семестр
Экзамен (ЗЕТ, часов) (в объеме СРС)	1, 36	7 семестр

Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	0,5, 18
Подготовка к практическим занятиям (пз)	0,25, 9
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы (лаб)	
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	0,5, 18
Выполнение курсового проекта (работы)	-
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	-
Подготовка к контрольным работам	-
Подготовка к тестированию	-
Подготовка к экзамену	1, 36
Всего:	1,5, 54

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

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебной занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах)				
			лк	пр	лаб	сам	в т.ч. интеракт.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Тема 1. Основные координаты и характеристики управляемого звена.	10	4	2		4	
2	Тема 2. Электромашинные преобразователи электрической энергии	10	4	2		4	2
3	Тема 3. Управляемый тиристорный преобразователь (ТП) в системе привода постоянного тока.	12	6	2		4	2
4	Тема 4. Широтно-импульсные преобразователи (ШИП) в системе привода постоянного тока как управляемые источники	6	1	1		4	
5	Тема 5. Силовые параметрические преобразователи со свойствами источника тока в системе ТПД.	6	1	1		4	2
6	Тема 6. Тиристорный преобразователь частоты с непосредственной связью с сетью (НПЧ) с естественной коммутацией.	5	1			4	2
7	Тема 7. Преобразователи частоты с промежуточным звеном	10	4	2		4	2

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебной занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах)				
			лк	пр	лаб	сам	в т.ч. интеракт.
1	2	3	4	5	6	7	8
	постоянного тока в системе частотного управления двигателем переменного тока.						
8	Тема 8. Шаговые, вентильные и вентильно-индукторные двигатели (ШД, ВД, ВИД).	7	2	1		4	2
9	Тема 9. Управляющие элементы дискретного действия.	10	4	2		4	2
10	Тема 10. Технологические датчики	7	2	1		4	1
11	Тема 11. Датчики электрических величин тока и напряжения.	6	1	1		4	1
12	Тема 12. Аналоговые регуляторы на основе операционных усилителей	6	2			4	
13	Тема 13. Дискретные (цифровые) схемы и системы.	13	4	3		6	2
всего 144 часа по видам учебных занятий (включая 36 часов на подготовку к экзамену)			36	18		54	18

Содержание по видам учебных занятий

Содержание лекций

Лекция 1. Понятие системы автоматического электропривода. Классификация элементов автоматического электропривода. Основные координаты и характеристики управляемого звена. Структура звена с обратной связью по напряжению. ЭДС как регулируемая выходная координата.

Управляемый источник с обратной связью по напряжению.

Формирование желаемых статических характеристик управляемого преобразователя с обратной связью по напряжению (положительной и отрицательной) в случае линейности характеристики управления. Внешняя характеристика: жесткая со свойствами источника напряжения с малым статизмом (меньше естественного), и мягкая, а также со свойствами источника тока. Ограничение по току и напряжению. (2 часа).

Лекция 2. Определение статических характеристик при нелинейности характеристики управления методом графического построения в трех координатных плоскостях. (2 часа).

Лекция 3. Электромашинные преобразователи электрической энергии. Генератор постоянного тока как управляемый источник. Статические характеристики при различных схемах включения с учетом нелинейности характеристики управления.

Структурные схемы для анализа динамических свойств генератора постоянного тока.



Электромашинные усилители (ЭМУ). Статические характеристики ЭМУ. Структурные схемы для анализа динамики. (2 часа).

Лекция 4. Управляемый тиристорный преобразователь (ТП) в системе привода постоянного тока. Наиболее употребительные типовые трехфазные схемы. Угол управления, способы построения схем импульсно-фазового управления (СИФУ). Выпрямленное напряжение и ЭДС. ТП как объект регулирования. Логическая часть СИФУ УВ. Выходная часть СИФУ. (2 часа).

Лекция 5. Реверсивный двухмостовой ТП в системе ТП- двигатель постоянного тока (ТПД) как управляемый источник. Раздельное и совместное управление. Режим ведомого сети инвертора. Логическое устройство при раздельном управлении. (2 часа).

Лекция 6. Тиристорный преобразователь частоты с непосредственной связью с сетью (НПЧ) с естественной коммутацией. Требования к СИФУ

Лекция 7. Широтно-импульсные тиристорные преобразователи (ШИП) в системе привода постоянного тока как управляемые источники Классификация ШИП. Способы искусственной коммутации тиристоров. Нереверсивный и реверсивный ШИП, его характеристики.

Лекция 8. Силовые параметрические преобразователи со свойствами источника тока в системе ТПД. Типовые схемы, их характеристики. Регулируемый источник тока на базе тиристорного преобразователя. (2 часа).

Лекция 9. Тиристорный преобразователь частоты с непосредственной связью с сетью (НПЧ) с естественной коммутацией. Требования к СИФУ (2 час)

Лекция 10. Шаговые, вентильные и вентильно- индукторные двигатели (ШД, ВД, ВИД), области их применения, способы управления. Статические и динамические характеристики. Требования к схемам управления. (2 часа).

Лекция 11. Преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока в системе частотного управления двигателем переменного тока. Типовые схемы с автономным тиристорным инвертором напряжения (АИН) и тока (АИТ) с поочередной коммутацией силовых ключей на частоте выходной сети. Требования к элементам силовой схемы и СИФУ

Лекция 12. Преобразование аналогового входного сигнала СИФУ АИ в последовательность прямоугольных импульсов переменной частоты в генераторе «U/f». Функциональная схема, временные диаграммы, принцип работы. Использование полученной последовательности импульсов для формирования импульсов управления силовыми ключами АИ. Выходная часть СИФУ АИТ и АИН.

Лекция 13. Применение высокочастотной коммутации силовых ключей в системе с АИН с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). (2 часа).

Лекция 14. Управляющие элементы дискретного действия. Промышленные серии логических элементов. Типовые логические элементы и их функции. Реализация логических функций на основе базовых элементов и-не, или-не., Оптимизация логических функций с помощью карт Карно. Триггеры.

Лекция 15. Датчики скорости. Тахогенераторы постоянного и переменного тока (асинхронные). Основные характеристики и параметры. Оптические датчики скорости.

Датчики углов и линейных перемещений: сельсины, синус- косинусные вращающиеся трансформаторы, Основные характеристики и параметры. Типовые схемы включения и преобразования сигналов

Датчики электрических величин тока и напряжения.

Лекция 16. Аналоговые регуляторы на основе операционных усилителей (ОУ). Схемы включения и характеристики основных типов регуляторов: П, И, ПИ, ПИД. (2 часа).



Лекция 17. Дискретные (цифровые) схемы и системы. Дискретные сигналы, способы их представления. Дискретизация аналоговых непрерывных сигналов.

Разностные уравнения как аналоги дифференциальных уравнений. Модель разностного уравнения произвольного порядка. Понятия рекурсивных и нерекурсивных схем.

Лекция 18. Линейные цифровые фильтры, их элементная база. Решение разностного уравнения программно рекуррентным методом.

Решение разностных уравнений «классическим» методом. Принужденная и свободные составляющие в решении, методика их определения на примере. Корни характеристического уравнения. Условия устойчивости.

Темы практических занятий

1. Статические характеристики управляемого преобразователя при его линейной и нелинейной характеристике управления и обратной связью по напряжению (2 часа).

Текущий контроль: Контрольная работа 1.

2. Генератор постоянного тока с обратной связью по току как управляемый источник (2 часа).

Текущий контроль: Контрольная работа 2.

3. Управляемый трехфазный тиристорный выпрямитель как звено в системе ТП-Д (2 часа).

Текущий контроль: Контрольная работа 3.

4. Широтно-импульсный преобразователь (ШИП) в системе привода постоянного тока. (2 часа).

Текущий контроль: Контрольная работа 4.

5. Преобразователь частоты со звеном постоянного тока типа УВ и автономного инвертора тока (АИТ) в системе частотного регулирования скоростью асинхронного двигателя. (2 часа).

Текущий контроль: Контрольная работа 5.

6. Шаговые и вентильные двигатели как объекты управления. (2 часа).

Текущий контроль: Контрольная работа 6

7. Управляющие элементы дискретного действия. (2 часа).

Текущий контроль: Контрольная работа 7

8. Датчики электрических и неэлектрических величин. (2 часа).

Текущий контроль: Контрольная работа 8.

9. Анализ динамики двигателя постоянного тока в системе с ШИП (без регулятора). (2 часа).

Текущий контроль: Контрольная работа 9.

Практические занятия (в количестве 18 часов) проводятся в **интерактивной форме**: работа в малых группах (используется бригадный метод выполнения заданий с распределением функций студентов в работе и активным взаимодействием студентов с преподавателем).

Расчетно-графическая работа

РГР включает 4 части.

Содержание 1-й части расчетно-графической работы.

Задание №1: Генератор постоянного тока

Схема генератора постоянного тока с приводным асинхронным двигателем задана.



Программа расчета

1. Выбрать приводной асинхронный двигатель.
2. Рассчитать и построить внешние характеристики генератора $U_T = f(I_a)$ при двух значениях тока возбуждения:
 - номинальном,
 - равным половине от номинального.
3. Составить структурную схему генератора для приращений координат при его работе на активно-индуктивную нагрузку. Определить параметры схемы.

Указания по выполнению

Выбор приводного двигателя для генератора производится из серии 4А или более современных модификаций.

Расчет внешней характеристики выполняется для двух указанных выше токов возбуждения с учетом насыщения магнитной цепи, реакции якоря и изменении скорости вращения асинхронного двигателя.

Содержание 2-й части расчетно-графической работы.

Управляемый выпрямитель

Задание №2. Тиристорный преобразователь напряжения переменного тока в постоянный

Программа расчета

1. Схема для всех вариантов одна: трехфазный двухмостовой управляемый выпрямитель для питания реверсивного привода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения. Тип двигателя задан. Входная трехфазная сеть 380 В промышленной частоты.

Примечание: номинальное напряжение двигателя может быть изменено по указанию преподавателя (обязательно будут варианты с напряжением 440 В)!

Необходимость применения трансформатора определяется номинальным напряжением двигателя. При $U_{ном} = 440$ В – применить бестрансформаторное включение выпрямителя. В этом варианте принять напряжение к.з - 5% (учитывающее индуктивность входных реакторов, сети и т.п.).

Если трансформатор необходим, то он выбирается по данным:

- схема соединения обмоток - «звезда-звезда»,
- напряжение кз - 10%,
- потери хх - 10%.

Остальные параметры трансформатора рассчитываются:

- полная мощность,
- номинальное фазное (и линейное) вторичное напряжения с учетом угла управления в номинальном режиме работы выпрямителя на уровне $20-25^\circ$ и компенсации внутреннего падения напряжения на выпрямителе из-за конечного времени коммутации,
- параметры схемной (вторичной) обмотки.

Пояснить, какими конструктивными решениями можно воздействовать на напряжение к.з. трансформатора.

2. Выбрать тиристоры по действующему значению тока в них и амплитуде обратного напряжения.

3. Рассчитать и построить две внешние характеристики УВ $U_d = f(I_d)$ в полном диапазоне от холостого хода до короткого замыкания при углах управления $\alpha = const$ при $L_d \rightarrow \infty$:

- номинальном, рассчитанном или выбранном ранее,
- удвоенном его значении.



Построить временные диаграммы переменных при номинальном угле управления, номинальном токе нагрузки.

4. Построить регулировочную характеристику СИФУ для схемы управления арккосинусного типа.

5. Рассчитать характеристику управления $E_d=f(U_y)$.

6. Составить структурную схему системы ТПД и определить ее параметры.

Содержание 3-й части расчетно-графической работы.

Задание №3 Преобразователь частоты с промежуточным звеном постоянного тока.

Схемы преобразователя частоты с управляемым выпрямителем и автономным инвертором тока (АИТ) с отсекающими диодами приведена и автономного инвертора напряжения (АИН) с поочередной коммутацией силовых ключей на частоте выходной сети заданы.

Программа расчета

1. Для одного из значений входного сигнала управления АИТ ($\lambda=120^\circ$), АИН ($\lambda=180^\circ$) построить временные диаграммы выходных импульсов генератора частоты, управляемого напряжением (U/f), импульсов управления ключами S1-S6.

2. На временные диаграммы п. 1 нанести кривые мгновенных значений токов фаз АД, фазных и линейных напряжений АД для идеально сглаженного входного тока i_d для АИТ или напряжения u_d для АИН.

3. Привести функциональную схему генератора U/f и временные диаграммы, поясняющие преобразование входного аналогового сигнала в последовательность прямоугольных импульсов переменной частоты ($\lambda=120^\circ$) для АИТ и $\lambda=180^\circ$ для АИН.

4. Рассчитать и построить характеристику управления ПЧ по каналу напряжения (для ПЧ с АИН) или тока (для ПЧ с АИТ). Определить коэффициент передачи ПЧ по указанным каналам.

Содержание 4-й части расчетно-графической работы.

Задание №4. Комбинационные (однотактные)

Заданы комбинационные схемы

Программа расчета

1. Без изменения исходной схемы

2. С изменениями по желанию

Вид логических функций $f_1(x_1, x_2, x_3)$, $f_2(x_1, x_2, x_3)$, $f_3(x_1, x_2, x_3)$ может задаваться не только в виде формулы, но и в виде последовательностей f_1, f_2, f_3 как функции $x_0(t)$ (задающая последовательность тактовых импульсов), а также $x_1(t), x_2(t), x_3(t)$, задаваемых диаграммой истинности.

Промежуточная аттестация по дисциплине: экзамен.

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 (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: ПК-7, ПК-8.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные и практические занятия, самостоятельная работа).
2. Приобретение практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, а также решения конкретных технических задач на практических занятиях.

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

Сформированность каждой компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехбалльной шкале (пороговый, продвинутой, эталонный уровень).

- пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- продвинутой 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 85% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на эталонном уровне, при освоении более 75% приведенных знаний, умений и навыков – на продвинутом, при освоении более 60% 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 ПК-7 «готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, учитываются также ответы студента на вопросы контрольных работ по практическим занятиям з при текущем контроле.

Принимается во внимание **знание** обучающимися:

- характеристик источников питания для основных типов объекта управления (двигателя постоянного тока и асинхронного) с позиций управления объектом,
- реализация различных способов управления скоростью вращения двигателем постоянного тока и асинхронного путем воздействия на источник питания по каналу управления,

наличие **умения**:

- грамотно выбирать и применять в своей работе электронные приборы и узлы,



Примерные вопросы:

1. Шаговые и вентильные двигатели как объекты управления.
2. Управляющие элементы дискретного действия.
3. Датчики электрических и неэлектрических величин.
4. Анализ динамики двигателя постоянного тока в системе с ШИП (без регулятора).

Полный ответ на один контрольный 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).

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции ПК-8 «способность использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – заданий по практическим занятиям.

Принимается во внимание **знание** обучающимися:

- типы, принцип работы и характеристики основных датчиков в системе автоматизированного электропривода постоянного и переменного тока,

наличие **умения**:

- читать электрические схемы электротехнических и электронных устройств,

присутствие **навыка**:

- навыками моделирования объектов и электромагнитных процессов с использованием современных вычислительных средств.

Примерные вопросы:

1. Статические характеристики управляемого преобразователя при его линейной и нелинейной характеристике управления и обратной связью по напряжению.

2. Генератор постоянного тока с обратной связью по току как управляемый источник.

3. Управляемый трехфазный тиристорный выпрямитель как звено в системе ТП-Д.

4. Широтно-импульсный преобразователь (ШИП) в системе привода постоянного тока.

5. Преобразователь частоты со звеном постоянного тока типа УВ и автономного инвертора тока (АИТ) в системе частотного регулирования скоростью асинхронного двигателя.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции в процессе защиты лабораторных работ и написания контрольных работ на практических занятиях в форме тестовых заданий: 41%-59% правильных ответов соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования; 60%-79% - продвинутому уровню; 80%-100% - эталонному уровню.

Сформированность уровня компетенций 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 проводится в устной форме (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23).

Критерии оценивания:



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 литературой, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практические задание, но допустившему при этом непринципиальные 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, рекомендованную 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 отказался его сдавать или нарушил правила сдачи зачета (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 7 семестр.

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

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



1. Понятие системы автоматического электропривода. Классификация элементов автоматического электропривода. Основные координаты и характеристики управляемого звена. Структура звена с обратной связью по напряжению. ЭДС как регулируемая выходная координата.
2. Формирование желаемых статических характеристик управляемого преобразователя с обратной связью по напряжению (положительной и отрицательной) в случае линейности характеристики управления
3. Внешняя характеристика: жесткая со свойствами источника напряжения с малым статизмом (меньше естественного), и мягкая, а также со свойствами источника тока. Ограничение по току и напряжению.
4. Определение статических характеристик при нелинейности характеристики управления методом графического построения в трех координатных плоскостях при отрицательной и положительной обратной связи по напряжению. Возможность самовозбуждения.
5. Электромашинные преобразователи электрической энергии. Генератор постоянного тока как управляемый источник. Статические характеристики при различных схемах включения с учетом нелинейности характеристики управления. Структурные схемы для анализа динамических свойств генератора постоянного тока.
6. Обратимость режимов. Двигательный режим. Способы регулирования скорости вращения.
7. Электромашинный усилитель (ЭМУ) как двухступенчатый управляемый источник.
8. Управляемый тиристорный преобразователь (ТП) в системе привода постоянного тока. Трехфазная мостовая как наиболее употребительная типовая схема. Угол управления, способы построения схем импульсно-фазового управления (СИФУ).
9. Выпрямленное напряжение и ЭДС трехфазного мостового УВ, временные диаграммы переменных. Импульсы управления, требования к ним. ТП как объект регулирования.
10. Синхронизация СИФУ с сетью. Получение гладких синусоидальных сигналов, синфазных с «грязными» синусоидальными входными напряжениями сети. Активный фильтр на операционном усилителе для получения «чистых» сигналов, синфазных с «грязной» сетью.
11. Формирование логических сигналов управления тиристорами трехфазного управляемого выпрямителя.
12. Построение выходной части СИФУ трехфазного управляемого выпрямителя (трансформаторный вариант).
13. Коммутация в трехфазном мостовом управляемом выпрямителе. Внешняя характеристика при постоянном угле управления. Три режима в зависимости от угла управления и коммутации.
14. Режим прерывистых токов в трехфазном мостовом управляемом выпрямителе при углах управления больше 60° .
15. Динамические свойства трехфазного мостового выпрямителя при малых отклонениях от установившегося режима
16. Режим ведомого сетью инвертора. Опрокидывание.
17. Реверсивный двухмостовой ТП в системе ТП- двигатель постоянного тока (ТП-Д) как управляемый источник. Раздельное и совместное управление.
18. Работа мостов при движении вперед, торможении, реверсе. Логическое устройство в системе реверсивного ТПД при раздельном управлении мостами.



19. Широтно-импульсные тиристорные преобразователи (ШИП) в системе привода постоянного тока как управляемые источники. Неревверсивный и реверсивный ШИП. Тиристорный ШИП с искусственной коммутацией методом емкостного прерывания токов.
20. Транзисторные ШИП, алгоритмы управления ключами (симметричные и несимметричные).
21. Силовые параметрические преобразователи со свойствами источника тока в системе ТПД. Типовые схемы: вентильно- емкостные и индуктивно-емкостные, их характеристики.
22. Тиристорные коммутаторы из двух встречно-параллельных тиристоров как устройство регулирования напряжения в цепи переменного тока.
23. Преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока в системе частотного управления двигателем переменного тока. Типовые схемы с автономным тиристорным инвертором напряжения (АИН) и тока (АИТ) с поочередной коммутацией силовых ключей на частоте выходной сети.
24. Временные диаграммы импульсов управления для трехфазного АИТ при частотном регулировании скорости АД. Основные узлы СИФУ, их назначение
25. Система трехфазный мостовой УВ+АИТ с отсекающими диодами +короткозамкнутый АД при частотном регулировании скорости вращения. Простейшие соотношения для основной гармоники входного тока, напряжений (ЭДС), при пренебрежении процессами коммутации.
26. Момент (мгновенный и средний) на валу АД в системе трехфазный УВ+ АИТ с отсекающими диодами при частотном регулировании скорости.
27. Перенапряжения в схеме УВ+АИТ с отсекающими диодами +АД, меры по снижению их.
28. Генератор, управляемый напряжением, в составе СИФУ трехфазного АИТ. Принцип преобразования входного напряжения в последовательность импульсов с частотой, пропорциональной напряжению. Схема, временные диаграммы.
29. Выходная часть СИФУ тиристорного моста с трансформаторной развязкой.
26. Тиристорный преобразователь частоты с непосредственной связью с сетью (НПЧ) с естественной коммутацией на базе трехфазных мостовых УВ для частотного управления асинхронными двигателями. Возможная схема, ее работа.
27. Шаговые, вентильные, вентильно- индукторные двигатели. Принцип работы, конструкция, характеристики, области их применения.
28. Схемы включения вентильно- индукторных и шаговых двигателей. Возможные алгоритмы управления.
29. Логические переменные и логические функции. Законы алгебры логики.
30. Элементы дискретной логики в интегральном исполнении низкого уровня: И, ИЛИ, НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ. Примеры построения схем для реализации заданных логических функций.
31. Синтез комбинационных логических схем для реализации заданной логической функции нескольких переменных. Возможности оптимизации с применением карт Карно. Примеры.
32. Логическое уравнение элемента памяти при двух входных переменных. Диаграммы истинности. Построение триггера на элементах низкого уровня интеграции .RS- триггер как основной элемент памяти.
33. Построение различного типа триггеров: D, T. Их свойства при обработке входных логических сигналов. Двухтактные триггеры. Универсальный JK-триггер. Делители частоты на триггерах.



34. Тахогенераторы :на базе микромашин постоянного тока и асинхронных с полым ротором

35. Фотоимпульсный датчик скорости и угла поворота вала. Устройство. Импульсные последовательности на выходе с временным сдвигом на четверть периода. Возможности определения направления вращения

36. Датчики угла поворота в системах автоматизированного электропривода. Сельсинь. Принцип работы, конструкция, схемы включения

37. Датчики угла поворота в системах автоматизированного электропривода. Синус-косинусные вращающиеся трансформаторы (СКВТ). Принцип работы, конструкция, схемы включения.

38. Датчики электрических величин (тока). Принципы построения, схемы, временные диаграммы.

39. Аналоговые регуляторы на основе операционных усилителей (ОУ). Схемы включения и характеристики основных типов регуляторов: П, И, ПИ, ПИД.

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

1. Понятие системы автоматического электропривода. Классификация элементов автоматического электропривода. Основные координаты и характеристики управляемого звена. Структура звена с обратной связью по напряжению. ЭДС как регулируемая выходная координата.
2. Формирование желаемых статических характеристик управляемого преобразователя с обратной связью по напряжению (положительной и отрицательной) в случае линейности характеристики управления
3. Внешняя характеристика: жесткая со свойствами источника напряжения с малым статизмом (меньше естественного), и мягкая, а также со свойствами источника тока. Ограничение по току и напряжению.
4. Определение статических характеристик при нелинейности характеристики управления методом графического построения в трех координатных плоскостях при отрицательной и положительной обратной связи по напряжению. Возможность самовозбуждения.
5. Электромашинные преобразователи электрической энергии. Генератор постоянного тока как управляемый источник. Статические характеристики при различных схемах включения с учетом нелинейности характеристики управления. Структурные схемы для анализа динамических свойств генератора постоянного тока.
6. Обратимость режимов. Двигательный режим. Способы регулирования скорости вращения.
7. Электромашинный усилитель (ЭМУ) как двухступенчатый управляемый источник.
8. Управляемый тиристорный преобразователь (ТП) в системе привода постоянного тока. Трехфазная мостовая как наиболее употребительная типовая схема. Угол управления, способы построения схем импульсно-фазового управления (СИФУ).
9. Выпрямленное напряжение и ЭДС трехфазного мостового УВ, временные диаграммы переменных. Импульсы управления, требования к ним. ТП как объект регулирования.



10. Синхронизация СИФУ с сетью. Получение гладких синусоидальных сигналов, синфазных с «грязными» синусоидальными входными напряжениями сети. Активный фильтр на операционном усилителе для получения «чистых» сигналов, синфазных с «грязной» сетью.
11. Формирование логических сигналов управления тиристорами трехфазного управляемого выпрямителя.
12. Построение выходной части СИФУ трехфазного управляемого выпрямителя (трансформаторный вариант).
13. Коммутация в трехфазном мостовом управляемом выпрямителе. Внешняя характеристика при постоянном угле управления. Три режима в зависимости от угла управления и коммутации.
14. Режим прерывистых токов в трехфазном мостовом управляемом выпрямителе при углах управления больше 60° .
15. Динамические свойства трехфазного мостового выпрямителя при малых отклонениях от установившегося режима
16. Режим ведомого сетью инвертора. Опрокидывание.
17. Реверсивный двухмостовой ТП в системе ТП- двигатель постоянного тока (ТП-Д) как управляемый источник. Раздельное и совместное управление.
18. Работа мостов при движении вперед, торможении, реверсе. Логическое устройство в системе реверсивного ТПД при раздельном управлении мостами.
19. Широтно-импульсные тиристорные преобразователи (ШИП) в системе привода постоянного тока как управляемые источники. Нереверсивный и реверсивный ШИП. Тиристорный ШИП с искусственной коммутацией методом емкостного прерывания токов.
20. Транзисторные ШИП, алгоритмы управления ключами (симметричные и несимметричные).
21. Силовые параметрические преобразователи со свойствами источника тока в системе ТПД. Типовые схемы: вентильно- емкостные и индуктивно-емкостные, их характеристики.
22. Тиристорные коммутаторы из двух встречно-параллельных тиристоров как устройство регулирования напряжения в цепи переменного тока.
23. Преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока в системе частотного управления двигателем переменного тока. Типовые схемы с автономным тиристорным инвертором напряжения (АИН) и тока (АИТ) с поочередной коммутацией силовых ключей на частоте выходной сети.
24. Временные диаграммы импульсов управления для трехфазного АИТ при частотном регулировании скорости АД. Основные узлы СИФУ, их назначение
25. Система трехфазный мостовой УВ+АИТ с отсекающими диодами +короткозамкнутый АД при частотном регулировании скорости вращения. Простейшие соотношения для основной гармоники входного тока, напряжений (ЭДС), при пренебрежении процессами коммутации.
26. Момент (мгновенный и средний) на валу АД в системе трехфазный УВ+ АИТ с отсекающими диодами при частотном регулировании скорости.
27. Перенапряжения в схеме УВ+АИТ с отсекающими диодами +АД, меры по снижению их.
28. Генератор, управляемый напряжением, в составе СИФУ трехфазного АИТ. Принцип преобразования входного напряжения в последовательность импульсов с частотой, пропорциональной напряжению. Схема, временные диаграммы.
29. Выходная часть СИФУ тиристорного моста с трансформаторной развязкой.



30. Тиристорный преобразователь частоты с непосредственной связью с сетью (НПЧ) с естественной коммутацией на базе трехфазных мостовых УВ для частотного управления асинхронными двигателями. Возможная схема, ее работа.
31. Шаговые, вентильные, вентильно- индукторные двигатели. Принцип работы, конструкция, характеристики, области их применения.
32. Схемы включения вентильно- индукторных и шаговых двигателей. Возможные алгоритмы управления.
33. Логические переменные и логические функции. Законы алгебры логики.
34. Элементы дискретной логики в интегральном исполнении низкого уровня: И, ИЛИ, НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ. Примеры построения схем для реализации заданных логических функций.
35. Синтез комбинационных логических схем для реализации заданной логической функции нескольких переменных. Возможности оптимизации с применением карт Карно. Примеры.
36. Логическое уравнение элемента памяти при двух входных переменных. Диаграммы истинности. Построение триггера на элементах низкого уровня интеграции .RS- триггер как основной элемент памяти.
37. Построение различного типа триггеров: D, T. Их свойства при обработке входных логических сигналов. Двухтактные триггеры. Универсальный JK-триггер. Делители частоты на триггерах.
38. Тахогенераторы :на базе микромашин постоянного тока и асинхронных с полым ротором
39. Фотоимпульсный датчик скорости и угла поворота вала. Устройство. Импульсные последовательности на выходе с временным сдвигом на четверть периода. Возможности определения направления вращения
40. Датчики угла поворота в системах автоматизированного электропривода. Сельсины. Принцип работы, конструкция, схемы включения
41. Датчики угла поворота в системах автоматизированного электропривода. Синус- косинусные вращающиеся трансформаторы (СКВТ). Принцип работы, конструкция, схемы включения.
42. Датчики электрических величин (тока). Принципы построения, схемы, временные диаграммы.
43. Аналоговые регуляторы на основе операционных усилителей (ОУ). Схемы включения и характеристики основных типов регуляторов: П, И, ПИ, ПИД.
44. Статические характеристики управляемого преобразователя при его линейной и нелинейной характеристике управления и обратной связью по напряжению.
45. Генератор постоянного тока с обратной связью по току как управляемый источник.
46. Управляемый трехфазный тиристорный выпрямитель как звено в системе ТП-Д.
47. Широтно-импульсный преобразователь (ШИП) в системе привода постоянного тока.
48. Преобразователь частоты со звеном постоянного тока типа УВ и автономного инвертора тока (АИТ) в системе частотного регулирования скоростью асинхронного двигателя.
49. Шаговые и вентильные двигатели как объекты управления.
50. Управляющие элементы дискретного действия.
51. Датчики электрических и неэлектрических величин.



52. Анализ динамики двигателя постоянного тока в системе с ШИП (без регулятора).

6.4. Методические материалы

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, изложены в методических рекомендациях по изучению курса «Элементы систем автоматики», в которые входят методические рекомендации к подготовке контрольных работ и тестированию (приложение к настоящей РПД).

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

а) основная литература

1. Розанов, Юрий Константинович. Силовая электроника : учеб. для вузов по направлению подготовки "Электротехника, электромеханика и электротехнологии", для системы подготовки, переподготовки и повышения квалификации персонала РАО / Ю. К. Розанов, М. В. Рябчицкий, А. А. Кваснюк .— М. : МЭИ, 2007 .— 631, [1] с. : ил. — ISBN 978-5-383-00169-1 : 660.00.
2. Соколовский, Георгий Георгиевич. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием : учеб. для вузов по спец. 140604 "Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов" / Г. Г. Соколовский .— М. : Академия, 2006 .— 264, [1] с. : ил. — ISBN 5-7695-2306-9 : 174.24.

б) дополнительная литература

1. Гордеев, А.С. Основы автоматики : учебное пособие для вузов / А.С. Гордеев ; Министерство сельского хозяйства РФ, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Мичуринский государственный аграрный университет». - Мичуринск : Мичуринский государственный аграрный университет, 2006. - 213 с. : табл., схем. - ISBN 5-94664-088-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364672>
2. Саватеева И.С. Исследование характеристик преобразователей: уч. пособие по курсу «Элементы систем автоматики» - Смоленск, СФ МЭИ, 2003. - 43с.

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

<http://power-e.ru/components.php> Компоненты силовой электроники.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина предусматривает лекции один раз в две недели, практические занятия один раз в две недели и сдачу зачета.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Во время **лекции** студент должен вести краткий конспект. Студентам дается распечатка полных конспектов текущей и последующей лекций.

Работа с распечаткой конспекта лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день перед лекцией. При этом необходимо пометить материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. 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 вопросы контрольной работы.

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

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. Студентам выдаются распечатки конспектов текущей и последующей лекций.

При проведении **практических занятий** предусматривается использование раздаточного материала для выполнения занятий и текущего контроля по ним. При выполнении практических занятий используется программный пакет MatLab.

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

Лекционные занятия:

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

Автор программы
канд. техн. наук, доцент

К.К. Крутиков

Зав. кафедрой ЭМС
канд. техн. наук, доцент

В.В. Рожков

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

