

Приложение 3.РПД Б1.В.ОД.6

**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
«1» сентября 2016 г.

**Изменения и дополнения к
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ
ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ**

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль подготовки: Электромеханика

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года

Форма обучения: очная

Шифр дисциплины по учебному плану 2016/2017 уч. года: Б1.В.ОД.6

Смоленск – 2016 г.

Раздел 1 соответствует исходной РПД.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к вариативной части дисциплин Б1.В.ОД.6 бакалавров цикла Б1 образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Электромеханика» направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

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

- Б1.Б.10 Электротехническое и конструкционное материаловедение
- Б1.Б.11 Электрические машины
- Б1.Б.17 Информационно-измерительная техника
- Б1.В.ОД.4 Электротехника и основы электроники
- Б1.В.ОД.8 Проектирование электрических машин
- Б1.В.ОД.10 Теория автоматического управления
- Б1.В.ОД.13 Электрические и электронные аппараты
- Б1.В.ОД.11 Силовая электроника
- Б1.В.ОД.12 Электрический привод

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

- Б1.В.ДВ.2.1 Силовые преобразователи энергии
- Б1.В.ДВ.2.2 Преобразовательная техника в электромеханических системах
- Б1.В.ДВ.4.1 Математическое моделирование электромеханических систем
- Б1.В.ДВ.4.2 Моделирование в электромеханике
- Б1.В.ДВ.6.1 Специальная электромеханика
- Б1.В.ДВ.6.2 Специальные электрические машины
- Б1.В.ОД.8 Проектирование электрических машин
- Б1.В.ДВ.5.1 Применение САПР в электромеханике
- Б1.В.ДВ.5.2 Управление и регулирование в электромеханике
- Б2.П.1 Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности

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

Аудиторная работа

Цикл:	Б1	Семестр
Часть цикла:	вариативная	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.ОД.6	
Часов (всего) по учебному плану:	144	7 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах	4	7 семестр

(ЗЕТ)		
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	6	1	1		4	

№ 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
	управляемые источники						
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 постоянного тока в системе частотного управления двигателем переменного тока.	10	4	2		4	2
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 тириستоров. 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 $U_g = f(I_a)$ 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° 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.

Далее по тексту исходной РПД.

Автор
канд. техн. наук, доцент



К.К. Крутиков

Зав. кафедрой ЭМС
канд. техн. наук, доцент



В.В. Рожков

Изменения и дополнения в РПД одобрены на заседании кафедры ЭМС от 07.09.2016 года, протокол № 1.