

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель ученого совета
факультета энергетики и систем управления

_____ А.В. Бурковский
(подпись)

«_____» _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Системы управления электроприводами роботов

(наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: электропривода, автоматики и управления в технических системах

Направление подготовки (специальности):

13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника"

(код, наименование)

Профиль: Электропривод и автоматика робототехнических систем

(название профиля по УП)

Часов по УП: 288; Часов по РПД: 288;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): 252; Часов по РПД: 252;

Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по УП: 18

Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по РПД: 18

Часов на самостоятельную работу по УП: 150 (60 %);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 150 (60 %)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 8;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены – 8; Зачеты – 0; Зачеты с оценкой – 7; Курсовые проекты – 8; Курсовые работы – 0.

Форма обучения: очная;

Срок обучения: нормативный.

Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид занятий	№ семестров, число учебных недель в семестрах					
	7 / 18		8 / 12		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции	18	18	24	24	42	42
Лабораторные	18	18	12	12	30	30
Практические	18	18	12	12	30	30
Ауд. занятия	54	54	48	48	102	102
Сам. работа	90	90	60	60	150	150
Итого	144	144	108	108	252	252

Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 3 сентября 2015 г. № 955.

Программу составил: _____ к.т.н., Медведев В.А.
(подпись, ученая степень, ФИО)

Рецензент (ы): _____ к.т.н., Трубецкой В.А.

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электропривод и автоматика робототехнических систем».

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры электропривода, автоматике и управления в технических системах, протокол № _____ от _____ 2016 г.

Зав. кафедрой ЭАУТС _____ В.Л. Бурковский

Председатель МКНП _____ А.В. Тикунов

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цель изучения дисциплины – обеспечение подготовки, позволяющей разрабатывать алгоритмы управления электроприводами роботов, осуществлять их аппаратную и программную реализацию на микропроцессорной элементной базе, а также формирование практических навыков использования соответствующего физико-математического аппарата, методов анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач, расчета режимов работы и параметров оборудования электромеханических комплексов.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	изучение алгоритмов решения прямой и обратной задач кинематики и кинематического управления электроприводами роботов;
1.2.2	освоение методов динамического управления манипуляторами, применяя соответствующий физико-математический аппарат;
1.2.3	изучение алгоритмов планирования движений роботов в пространстве обобщенных координат и в рабочем пространстве, применяя методы анализа и моделирования;
1.2.4	ознакомление студентов с алгоритмами адаптивного управления, особенностями построения самонастраивающихся систем управления электроприводами роботов;
1.2.5	изучение методики синтеза цифровых систем в соответствии с требуемыми режимами работы оборудования электромеханических комплексов.
1.2.6	приобретение навыков теоретического и экспериментального исследования при решении задач управления электроприводами роботов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Цикл (раздел) ОПОП: Б1	код дисциплины в УП: Б1.В.ОД.10
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося	
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь подготовку по математике (ОПК-2), информатике (ОПК-1), физике (ОПК-2), теоретической механике (ОПК-2), основам вычислительной техники (ОПК-1), теоретическим основам электротехники (ОПК-3), программированию роботов и робототехнических систем (ОПК-1, ПВК-4); информационным устройствам в робототехнике (ОПК-2, ПВК-4).	
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее	
Б2.П.2	Преддипломная практика
Б3	Государственная итоговая аттестация

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Код и наименование компетенции	
1	2
ОПК-2	способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.

<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-математический аппарат описания электроприводов и манипуляторов роботов с учетом взаимного влияния степеней подвижности, алгоритмы кинематического и динамического управления манипуляторами, применяя методы анализа и моделирования; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – разрабатывать алгоритмы позиционного и контурного управления электроприводами роботов на основе полных уравнений динамики исполнительных механизмов, структуры программного и адаптивного управления и планировать траектории движения манипуляционных систем, применяя методы анализа и моделирования; <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами кинематического и динамического управления электроприводами роботов, навыками разработки алгоритмов управления, применяя соответствующий физико-математический аппарат. 	
ПВК-4	способность рассчитывать режимы работы и параметры оборудования электромеханических комплексов и электроэнергетических систем.
<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – режимы работы и параметры оборудования электромеханических комплексов; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – рассчитывать параметры систем управления электроприводами роботов в соответствии с требуемыми режимами работы оборудования электромеханических комплексов; <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками теоретического и экспериментального исследования оборудования электромеханических комплексов в различных режимах работы. 	

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	– физико-математический аппарат описания электроприводов и манипуляторов роботов с учетом взаимного влияния степеней подвижности, алгоритмы кинематического и динамического управления манипуляторами, применяя методы анализа и моделирования;
3.1.2	– режимы работы и параметры оборудования электромеханических комплексов;
3.2	Уметь:
3.2.1	– разрабатывать алгоритмы позиционного и контурного управления электроприводами роботов на основе полных уравнений динамики исполнительных механизмов, структуры программного и адаптивного управления и планировать траектории движения манипуляционных систем, применяя методы анализа и моделирования;
3.2.2	– рассчитывать параметры систем управления электроприводами роботов в соответствии с требуемыми режимами работы оборудования электромеханических комплексов;
3.3	Владеть:
3.3.1	– методами кинематического и динамического управления электроприводами роботов, навыками разработки алгоритмов управления, применяя соответствующий физико-математический аппарат;
3.3.2	– навыками теоретического и экспериментального исследования оборудования электромеханических комплексов в различных режимах работы.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Общие сведения о системах управления электроприводами роботов	7	1-2	2	2	–	7,5	11,5
2	Прямые и обратные задачи о положении и скорости, управление по вектору скорости	7	3-8	6	8	4	24,5	42,5
3	Планирование движений робота в пространстве обобщенных координат	7	9-14	6	6	8	32,5	52,5
4	Планирование движений промышленного робота в рабочем пространстве	7	15-18	4	2	6	25,5	37,5
5	Динамические модели манипуляторов промышленных роботов	8	23-25	6	2	–	14,5	22,5
6	Динамическое управление манипуляторами	8	26-30	10	4	8	23,5	45,5
7	Алгоритмы адаптивного управления электроприводами роботов	8	31-32	4	2	4	9,5	19,5
8	Микропроцессорная реализация алгоритмов управления электроприводами роботов	8	33-34	4	4	–	12,5	20,5
Итого				42	30	30	150	252

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
1	2	3	4
7 семестр		18	0
1. Общие сведения о системах управления электроприводами роботов		2	0
1	Введение Значение, цели и задачи курса. Классификация систем управления электроприводами роботов по способу позиционирования, элементной базе, принципам формирования закона управления. Состав системы управления робота. Уровни управления робототехнической системы и задачи, решаемые ими.	2	–
2. Прямые и обратные задачи о положении и скорости, управление по вектору скорости		6	0
3	Кинематические модели манипуляторов роботов Кинематические уравнения общего вида. Матрица Якоби. Решение прямой и обратной задач кинематики о положении и скорости для манипулятора, работающего в цилиндрической системе координат.	2	–
1	2	3	4

5	<p>Решение задач кинематики для трехкоординатных манипуляторов</p> <p>Решение прямой и обратной задач кинематики для манипулятора со сферической системой координат. Решение прямой задачи кинематики для манипулятора, работающего в угловой системе координат.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Алгоритм решения обратной задачи кинематики для манипулятора с угловой системой координат.</p>	2	–
7	<p>Управление по вектору положения и вектору скорости</p> <p>Кинематический алгоритм нулевого порядка. Структурная схема системы, управляемой по вектору положения. Кинематический алгоритм первого порядка. Структурная схема системы, управляемой по вектору скорости.</p>	2	–
3. Планирование движений робота в пространстве обобщенных координат		6	0
9	<p>Сплайн-интерполяция задающих сигналов</p> <p>Определение сплайн - функции. Вид задающих сигналов нулевого и первого порядков. Сплайн-функции второго и третьего порядка. Условия непрерывности и приближения при интерполяции траектории с помощью кубических сплайнов.</p>	2	–
11	<p>Определение параметров кубического сплайна</p> <p>Выражения для определения скоростей изменения обобщенной координаты на соседних временных интервалах. Условие непрерывности скоростей. Граничные условия. Система линейных алгебраических уравнений для определения параметров кубического сплайна.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Алгоритм расчета параметров кубического сплайна методом прогонки.</p>	2	–
13	<p>Полиномиальная интерполяция задающих сигналов при движении из начальной в конечную точку</p> <p>Формулировка условий при перемещении объекта манипулирования с одной поверхности на другую. Закон изменения обобщенной координаты манипулятора с участками ухода, подхода и промежуточным участком. Система ограничений на траекторию движения обобщенной координаты.</p> <p>Коллоквиум</p>	2	–
6. Планирование движений промышленного робота в рабочем пространстве		4	0
15	<p>Подход к планированию движений робота</p> <p>Общие вопросы планирования движений робота. Ограничения на траекторию мобильного робота. Теоретический подход к построению программных движений мобильного робота. Базисные функции.</p>	2	–
17	<p>Конечно-сходящиеся алгоритмы</p> <p>Условные и безусловные неравенства. Рекуррентные конечно-сходящиеся алгоритмы решения неравенств. Конечно-сходящийся алгоритм “Полоска”. Геометрический смысл алгоритма “Полоска”.</p> <p>Тестирование</p>	2	–
1		2	3
			4

8 семестр		24	0
4. Динамические модели манипуляторов промышленных роботов		6	0
23	<p>Уравнения движения манипулятора с декартовой системой координат</p> <p>Расчетная схема трехкоординатного манипулятора, работающего в декартовой системе координат. Уравнения динамики трехкоординатного манипулятора с декартовой системой координат. Векторная форма записи уравнений динамики.</p>	2	–
24	<p>Уравнения движения манипулятора с учетом динамики исполнительных двигателей</p> <p>Схема силовой части исполнительного привода. Математическое описание двигателя. Уравнения движения манипулятора с декартовой системой координат и учетом динамики исполнительного двигателя.</p>	2	–
25	<p>Уравнения движения манипулятора с цилиндрической системой координат</p> <p>Расчетная схема трехкоординатного манипулятора, работающего в цилиндрической системе координат. Уравнения динамики трехкоординатного манипулятора с цилиндрической системой координат. Векторная форма записи уравнений динамики.</p>	2	–
5. Динамическое управление манипуляторами		10	0
26	<p>Структура системы динамического управления</p> <p>Постановка задачи динамического управления. Методы управления, основанные на решении обратной задачи динамики. Схема системы управления, построенная в соответствии с методом "обратной задачи".</p>	2	–
27	<p>Алгоритмы управления по ускорению</p> <p>Уравнения динамики манипулятора с исполнительными приводами постоянного тока в алгебраической и матричной формах записи. Принцип управления по ускорению. Структурная схема системы, управляемой по ускорению.</p>	2	–
28	<p>Позиционное управление манипуляторами</p> <p>Постановка задачи позиционного управления. Позиционное управление манипулятором с декартовой, цилиндрической и сферической системами координат, структурные схемы систем управления.</p>	2	–
29	<p>Определение параметров контуров ускорения</p> <p>Уравнения движения манипулятора с цилиндрической системой координат и учетом динамики исполнительных приводов. Определение постоянных времени и коэффициентов усиления контуров ускорения.</p>	2	–
30	<p>Контурное управления манипулятором</p> <p>Постановка задачи контурного управления с использованием принципа управления по ускорению. Структурная схема системы контурного управления, управляемой по ускорению. Определение параметров контуров ускорения.</p>	2	–

1	2	3	4
7. Алгоритмы адаптивного управления электроприводами роботов		4	0
31	Самонастраивающиеся системы управления Программное и адаптивное управление. Основные структуры самонастраивающихся систем. Адаптивный подход к управлению роботом. Допущения при построении адаптивной системы. Постановка задачи адаптивного управления.	2	–
32	Адаптивное управление манипулятором с эталонной моделью Математическое описание объекта управления, эталонной модели и адаптивного регулятора. Параметрическая и сигнальная настройка адаптивной системы. Структура системы адаптивного управления с эталонной моделью.	2	–
9. Микропроцессорная реализация алгоритмов управления электроприводами роботов		4	0
33	Варианты построения исполнительного уровня системы управления Способы аппаратной реализации алгоритмов управления промышленными роботами. Функциональная схема цифро-аналоговой системы управления манипулятором. Структура системы управления при непосредственном цифровом управлении.	2	–
34	Построение тактического уровня системы управления Структурная схема тактического уровня. Вычислительная сложность алгоритма управления. Выбор управляющей вычислительной машины (УВМ) исходя из заданного времени отработки алгоритма и требуемого объема памяти УВМ.	2	–
Итого часов		42	0

4.2 Практические занятия

Неделя семестра	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
1	2	3	4	5
7 семестр		18	0	
Общие сведения о системах управления электроприводами роботов		2	0	
1	Разработка структур систем управления электроприводами Разработка структурных схем цикловой, позиционной и контурной систем управления электроприводами роботов.	2	–	Проверка выполнения задания
Прямые и обратные задачи о положении и скорости, управление по вектору скорости		8	0	
3	Разработка алгоритмов для манипулятора с цилиндрической системой координат Разработка алгоритма решения прямой и обратной задач кинематики для манипулятора с цилиндрической системой координат.	2	–	Проверка выполнения задания

1	2	3	4	5
5	Разработка алгоритмов для манипулятора со сферической системой координат Разработка алгоритма решения прямой и обратной задач кинематики для манипулятора со сферической системой координат.	2		Проверка выполнения задания
7	Разработка алгоритмов для манипулятора с угловой системой координат Разработка алгоритма решения прямой и обратной задач кинематики для манипулятора с угловой системой координат.	2		Проверка выполнения задания
9	Разработка структур управления по вектору положения и вектору скорости Разработка структурных схем систем управления электроприводами, построенных на основе кинематических алгоритма нулевого и первого порядка.	2		Проверка выполнения задания
Планирование движений робота в пространстве обобщенных координат		6	0	
11	Интерполяция траектории кубическими сплайнами Разработка алгоритма интерполяции траектории при заданных перемещениях обобщенных координат в опорных точках и требуемых скоростях с помощью кубических сплайнов.	2		Проверка выполнения задания
13	Расчет 4-3-4-траектории Разработка алгоритма интерполяции траектории при описании перемещений обобщенных координат на начальном, среднем и конечном участках траектории с помощью полиномов четвертого, третьего и четвертого порядка соответственно.	2	—	Проверка выполнения задания
15	Расчет 3-5-3-траектории Разработка алгоритма интерполяции траектории при описании перемещений обобщенных координат на начальном, среднем и конечном участках траектории с помощью полиномов третьего, пятого и третьего порядка соответственно.	2	—	Проверка выполнения задания
Планирование движений промышленного робота в рабочем пространстве		2	0	
17	Планирование движений мобильного робота с учетом препятствий. Построение программных движений самоходной тележки робота. Построение программных движений манипулятора. Разработка алгоритма планирования движений мобильного робота с учетом препятствий.	2	—	Проверка выполнения задания

1	2	3	4	5
8 семестр		12	0	
Динамические модели манипуляторов промышленных роботов		2	0	
23	Формирование динамической модели манипулятора Разработка алгоритма решения обратной задачи динамики на основе уравнения движения трехкоординатного манипулятора.	2	—	Проверка выполнения задания
Динамическое управление манипуляторами		4	0	
25	Разработка модели системы динамического управления манипулятором схемы ВПП Разработка алгоритма формирования модели системы динамического управления трехступенным манипулятором, работающим в цилиндрических координатах.	2	—	Проверка выполнения задания
27	Разработка модели системы динамического управления манипулятором схемы ВВП Разработка алгоритма формирования модели системы динамического управления трехступенным манипулятором, работающим в сферических координатах.	2	—	Проверка выполнения задания
Алгоритмы адаптивного управления электроприводами роботов		2	0	
29	Разработка модели адаптивной системы управления манипулятором Разработка алгоритма программы моделирования адаптивной системы на основе уравнений для локального, развязывающего управляющих воздействий и самонастраивающихся коэффициентов.	2	—	Проверка выполнения задания
Микропроцессорная реализация алгоритмов управления электроприводами роботов		4	0	
31	Разработка устройств ввода информации с аналоговых датчиков Разработка структурных схем преобразователя сигнала с фазовращателя в двоичный код и устройства для ввода сигнала с потенциометрического датчика положения в УВМ.	2	—	Проверка выполнения задания
33	Разработка устройств ввода информации с цифровых датчиков Разработка структурных схем преобразователя сигналов с импульсного датчика в двоичный код и устройства для ввода информации с кодового датчика в УВМ.	2	—	Проверка выполнения задания
Итого часов		30	0	

4.3 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
1	2	3	4	5
7 семестр		18	18	
Прямые и обратные задачи о положении и скорости, управление по вектору скорости		4	4	
1-4	Алгоритм формирования задающих сигналов при управлении трехкоординатным манипулятором.	4	4	Защита лаб. работы
Планирование движений робота в пространстве обобщенных координат		8	8	
5-8	Алгоритм интерполяции задающих сигналов при контурном управлении.	4	4	Защита лаб. работы
9-12	Исследование контурной системы управления манипулятором ТУР-10.	4	4	Защита лаб. работы
Планирование движения промышленного робота в рабочем пространстве		6	6	
13-16	Планирование движений мобильного робота.	4	4	Защита лаб. работы
17-18	Итоговое занятие	2	2	зачет с оценкой
8 семестр		12	0	
Динамическое управление манипуляторами		8	0	
23-26	Исследование позиционной системы управления манипулятором.	4	0	Защита лаб. работы
27-30	Исследование контурной системы управления манипулятором.	4	0	Защита лаб. работы
Алгоритмы адаптивного управления электроприводами роботов		4	0	
31-34	Исследование самонастраивающейся системы управления робота.	4	0	Защита лаб. работы
Итого часов		30	18	

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
1	2	3	4
7 семестр		Зачет с оценкой	90
1	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	4,0
2	Подготовка к выполнению лаб. работы 1	допуск к выполнению	2,5
3	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	4,0
4	Подготовка к защите лаб. работы 1	отчет, защита	2,5

1	2	3	4
5	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	4,0
	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2,0
6	Подготовка к выполнению лаб. работы 2	допуск к выполнению	2,5
7	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	4,0
8	Подготовка к защите лаб. работы 2	отчет, защита	2,5
9	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	4,0
10	Подготовка к выполнению лаб. работы 3	допуск к выполнению	2,5
11	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	4,0
	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2,0
12	Подготовка к защите лаб. работы 3	отчет, защита	2,5
13	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	4,0
	Подготовка к коллоквиуму	Коллоквиум	8,0
14	Подготовка к выполнению лаб. работы 4	допуск к выполнению	2,5
15	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	4,0
16	Подготовка к защите лаб. работы 4	отчет, защита	2,5
17	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	4,0
18	Подготовка к тестированию	Тестирование	6,0
	Подготовка к зачету с оценкой	Зачет с оценкой	7,0
8 семестр		Экзамен, курсовой проект	60
23	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	4,0
24	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к выполнению лаб. работы 5	допуск к выполнению	2,5
	Выполнение курсового проекта	проверка выполнения проекта	1,0
25	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	4,0
26	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к защите лаб. работы 5	отчет, защита	2,5
	Выполнение курсового проекта	проверка выполнения проекта	1,0
27	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	4,0
28	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к выполнению лаб. работы 6	допуск к выполнению	2,5
	Выполнение курсового проекта	проверка выполнения проекта	1,0
29	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	4,0

1	2	3	4
30	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к защите лаб. работы 6	отчет, защита	2,5
	Выполнение курсового проекта	проверка выполнения проекта	1,0
31	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	4,0
32	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к выполнению лаб. работы 7	допуск к выполнению	2,5
	Выполнение курсового проекта	проверка выполнения проекта	1,0
33	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	4,0
34	Работа с конспектом лекции, с учебниками	опрос	1,0
	Подготовка к защите лаб. работы 7	отчет, защита	2,5
	Подготовка к защите курсового проекта	защита курсового проекта	4,0

Методические рекомендации для студентов по освоению дисциплин образовательной программы высшего образования

Цель методических рекомендаций – обеспечить студенту оптимальную организацию процесса изучения дисциплины, а также выполнения различных форм самостоятельной работы.

1. Методические рекомендации по изучению дисциплины

Студентам необходимо ознакомиться с содержанием рабочей программы дисциплины (далее – РПД), с ее целями и задачами, связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине, имеющимися в библиотеке и в электронной информационно-образовательной среде.

1.1. Рекомендации по подготовке к лекционным занятиям (теоретический курс)

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний. Поэтому контроль над систематической работой студентов всегда находится в центре внимания кафедры.

Студентам необходимо:

- на определенные лекции приносить соответствующий материал на бумажных носителях, представленный лектором в электронной информационно-образовательной среде (таблицы, графики, схемы). Данный материал характеризуется, комментируется, дополняется непосредственно на лекции;

- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам и к лектору.

1.2. Рекомендации по подготовке к практическим (лабораторным) занятиям

Студентам следует:

- приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;
- до очередного занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей теме занятия;

- в начале занятия задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задачи;

- каждую задачу доводить до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов, в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Студентам, пропустившим практические занятия (независимо от причин), не имеющим письменного решения задач или не подготовившимся к данному занятию, необходимо не позже чем в 2-недельный срок отчитаться по теме, изучавшейся на занятии.

2. Методические рекомендации по подготовке к зачету и экзамену

При подготовке к зачету с оценкой и экзамену особое внимание обратить на следующие моменты:

- необходимо стремиться не заучивать материал лекций, а улавливать логическую связь его построения, что позволяет успешно его воспринимать и отвечать на зачете и экзамене;
- в ходе изучения материала лекций следует в максимальной степени использовать знания, полученные при освоении других дисциплин;
- при проработке конспектов лекций и самостоятельном изучении материала необходимо использовать рекомендованную в рабочей программе основную и дополнительную литературу.

Необходимо учитывать, что по данной дисциплине осуществляются текущий контроль знаний (в течении седьмого и восьмого семестров) и промежуточная аттестация (зачет с оценкой в конце седьмого семестра; курсовой проект и экзамен в конце восьмого семестра).

Текущий контроль успеваемости осуществляется путем собеседований в ходе приема отчетов по лабораторным работам. Студенты допускаются к экзамену и зачету с оценкой только после полного выполнения и отчитывания запланированных лабораторных работ.

3. Методические рекомендации по работе с литературой

При проработке конспектов лекций и самостоятельном изучении разделов теоретического материала необходимо использовать учебник и учебное пособие:

1. Терехов В.М. Системы управления электроприводов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.М. Терехов, О.И. Осипов; под ред. В.М. Терехова. – 2-е изд., стер. – М: Издательский центр “Академия”, 2006. – 304 с.

2. Медведев В.А. Управление роботами и РТС: учеб. пособие / В.А. Медведев, А.И. Шиянов. – Воронеж, ВГТУ, 2010. – 228 с.

При подготовке к практическим занятиям следует использовать учебные пособия:

1. Медведев В.А. Управление роботами: учеб. пособие для студентов вузов / В.А. Медведев, А.И. Шиянов. – Воронеж: ВГТУ, 2003. – 187 с.

2. Медведев В.А. Управление роботами: учеб. пособие / В.А. Медведев, А.И. Шиянов. – Воронеж: ВГТУ, 1998. – 163 с.

При подготовке, выполнении и сдаче лабораторных работ следует использовать методические указания:

1. Медведев В.А. Алгоритмы тактического уровня управления робота: методические указания к лабораторным работам № 1-3 по дисциплине “Управление роботами и робототехническими системами” для студентов направления 221000.62 “Мехатроника и робототехника”, профиль “Промышленная и специальная робототехника”, очной формы обучения / В.А. Медведев. – Воронеж: ВГТУ, 2012. – 31 с.

2. Медведев В.А. Алгоритмы исполнительного уровня управления робота: методические указания к лабораторным работам № 4, 5 по дисциплине “Управление роботами и робототехническими системами” для студентов направления 221000.62 “Мехатроника и робототехника”, профиль “Промышленная и специальная робототехника”, очной формы обучения / В.А. Медведев. – Воронеж: ВГТУ, 2012. – 30 с.

3. Медведев В.А. Алгоритмы адаптивного уровня управления робота: методические указания к лабораторным работам № 6-8 по дисциплине “Управление роботами и робототехническими системами” для студентов направления 15.03.06 “Мехатроника и робототехника” (профиль “Промышленная и специальная робототехника”) очной формы обучения / В.А. Медведев. – Воронеж: ВГТУ, 2015. – 32 с.

При курсовом проектировании необходимо пользоваться следующей литературой:

Медведев В.А. Разработка двухуровневой системы управления робота: методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине "Управление роботами и робототехническими системами" для студентов направления 15.03.06 “Мехатроника и робототехника” (профиль “Промышленная и специальная робототехника”) очной формы обучения / В.А. Медведев. – Воронеж: ВГТУ, 2015. – 47 с.

4. Методические рекомендации по подготовке, написанию и оформлению курсового проекта

Выполнение курсового проекта проводится с целью формирования общепрофессиональных компетенций и способностей к научно-исследовательской работе, позволяющих:

- применять физико-математический аппарат описания электроприводов постоянного тока и трехкоординатных манипуляторов различных кинематических схем с учетом взаимного влияния степеней подвижности при решении профессиональных задач;
- планировать траектории движения обобщенных координат и разрабатывать алгоритмы позиционного и контурного управления электроприводами роботов на основе полных уравнений динамики исполнительных механизмов, применяя методы анализа и моделирования;
- разрабатывать структурные схемы систем управления электроприводами роботов и рассчитывать их параметры в соответствии с требуемыми режимами работы технологического оборудования.

Объектом проектирования является двухуровневая микропроцессорная система управления трехкоординатным манипулятором, работающим в цилиндрической, сферической или декартовой системе координат.

При подготовке, написании и оформлении курсового проекта необходимо проработать следующие вопросы:

- анализ данных технического задания, краткое описание техпроцесса;
- определение численных значений декартовых координат и их производных в опорных точках;
- разработка блок-схем алгоритмов решения обратной задачи кинематики, интерполяции (при контурном и позиционно-контурном управлении) и расчета управляющего напряжения;
- расчет параметров структурной схемы системы контурного или позиционного управления из условия реализации назначенных динамических характеристик;
- выбор управляющей вычислительной машины исполнительного уровня на основе расчета требуемых времени реализации алгоритмов управления и объема памяти;
- определение разрядности представления информации при управлении на исполнительном уровне;
- разработка структурных схем устройств исполнительного уровня управления.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	информационные лекции;
5.2	практические занятия: <ul style="list-style-type: none">– совместное обсуждение вопросов лекций,– решение практических задач, связанных с профессиональной деятельностью;
5.3	лабораторные работы: <ul style="list-style-type: none">– выполнение лабораторных работ в малых группах (ИФ),– защита выполненных работ;
5.4	самостоятельная работа студентов: <ul style="list-style-type: none">– изучение теоретического материала,– подготовка к лекциям и практическим занятиям,– подготовка к лабораторным работам,– работа с учебно-методической литературой,– оформление конспектов лекций, подготовка отчетов,– выполнение курсового проекта,– подготовка к коллоквиуму,– подготовка к тестированию,– подготовка к текущему контролю успеваемости, а также промежуточной аттестации;

5.5	консультации по всем вопросам учебной программы;
5.6	информационные технологии: – личный кабинет обучающегося, – самостоятельный поиск дополнительного учебного и научного материала, с использованием поисковых систем и сайтов сети Интернет, электронных энциклопедий и баз данных, – использование электронной почты преподавателей и обучающихся для рассылки, переписки и обсуждения возникших учебных проблем.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Паспорт компетенций для текущего контроля для РПД

Разделы дисциплины	Объект контроля	Форма контроля	Метод контроля	Срок выполнения
1	2	3	4	5
Общие сведения о системах управления электроприводами роботов	Структура и классификация систем управления электроприводами роботов	Тестирование	Письменный	2 неделя
Прямые и обратные задачи о положении и скорости, управление по вектору скорости	Кинематические модели манипуляторов и кинематическое управление роботом	Защита лабораторной работы	Устный	4 неделя
Планирование движений робота в пространстве обобщенных координат	Интерполяция траектории с помощью сплайн-функций	Защита лабораторных работ	Устный	12 неделя
Планирование движений промышленного робота в рабочем пространстве	Алгоритмы построения программных движений мобильного робота	Защита лабораторной работы	Устный	16 неделя
Динамические модели манипуляторов промышленных роботов	Уравнения движения трехкоординатных манипуляторов	Опрос	Письменный	25 неделя
Динамическое управление манипуляторами	Схемы систем управления манипуляторами с различными системами координат.	Защита лабораторных работ	Устный	30 неделя
Алгоритмы адаптивного управления электроприводами роботов	Самонастраивающаяся система управления электроприводами робота	Защита лабораторной работы	Устный	34 неделя
Микропроцессорная реализация алгоритмов управления электроприводами роботов	Структуры микропроцессорных систем управления электроприводами роботов.	Опрос	Письменный	34 неделя

Полная спецификация оценочных средств, объектов, форм, методов контроля, контрольных материалов в привязке к формируемым компетенциям и критериев оценки приводится в Фонде оценочных средств по дисциплине, являющемся приложением к рабочей программе.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы из- дания. Вид издания	Обеспе- чен- ность
1	2	3	4	5
7.1.1. Основная литература				
7.1.1.1	Терехов В.М., Осипов О.И.	Системы управления электроприводов: учебник для студ. высш. учеб. заведений	2006 печат.	0,70
7.1.1.2	Медведев В.А., Шиянов А.И.	Управление роботами и РТС: учебное пособие	2010 печат.	0,77
7.1.2. Дополнительная литература				
7.1.2.1	Медведев В.А., Шиянов А.И.	Управление роботами: учебное пособие Рекомендовано УМО по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов вузов	2003 печат.	0,4
7.1.2.2	Медведев В.А., Шиянов А.И.	Управление роботами: учебное пособие	1998 печат.	0,3
7.1.3. Методические разработки				
7.1.3.1	Медведев В.А.	Методические указания к лабораторным работам № 1-3 по дисциплине “Управление роботами и робототехническими системами” для студентов направления 221000 “Мехатроника и робототехника”, профиль “Промышленная и специальная робототехника”, очной формы обучения	2012 печат.	0,67
7.1.3.2	Медведев В.А.	Методические указания к лабораторным работам № 4, 5 по дисциплине “Управление роботами и робототехническими системами” для студентов направления 221000 “Мехатроника и робототехника”, профиль “Промышленная и специальная робототехника”, очной формы обучения	2012 печат.	0,67
7.1.3.3	Медведев В.А.	Методические указания к лабораторным работам № 6-8 по дисциплине “Управление роботами и робототехническими системами” для студентов направления 15.03.06 “Мехатроника и робототехника” (профиль “Промышленная и специальная робототехника”) очной формы обучения	2015 печат.	0,5

7.1.3.4	Медведев В.А.	Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Управление роботами и робототехническими системами» для студентов направления 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» (профиль «Промышленная и специальная робототехника») очной формы обучения	2015 печат.	0,5
---------	---------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------	-----

1	2	3	4	5
7.1.4. Программное обеспечение и интернет ресурсы				
7.1.4.1	Методические указания к выполнению лабораторных работ представлены в электронной информационно-образовательной среде.			
7.1.4.2	Расчетные компьютерные программы: <ol style="list-style-type: none"> 1. ITERATION – решение обратной задачи кинематики методом последовательных приближений. 2. INTERPOL – интерполяция задающих сигналов методом кубических сплайнов. 3. CONTUR – контурное управление манипулятором. 4. CYLINDER – исследование системы управления манипулятором, работающим в цилиндрических координатах. 5. SPHERE – исследование системы управления манипулятором, работающим в сферических координатах. 6. TELEG – планирование движений тележки мобильного робота. 7. MANIPUL – планирование движений манипулятора. 8. CONTROL – исследование самонастраивающейся системы управления манипулятором с угловой системой координат. 			

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	Специализированная лекционная аудитория , оснащенная проекционной аппаратурой
8.2	Специализированная учебная лаборатория робототехнических систем для проведения лабораторного практикума

Приложение 1

Карта обеспеченности рекомендуемой литературой

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Год издания. Вид издания	Обеспеченность
1	2	3	4	5
1. Основная литература				
Л1.1	Терехов В.М., Осипов О.И.	Системы управления электроприводов: учебник для студ. высш. учеб. заведений	2006 печат.	0,70
Л1.2	Медведев В.А., Шиянов А.И.	Управление роботами и РТС: учебное пособие	2010 печат.	0,77
2. Дополнительная литература				
Л2.1	Медведев В.А., Шиянов А.И.	Управление роботами: учебное пособие Рекомендовано УМО по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов вузов	2003 печат.	0,4
Л2.2	Медведев В.А., Шиянов А.И.	Управление роботами: учебное пособие	1998 печат.	0,3
3. Методические разработки				
Л3.1	Медведев В.А.	Методические указания к лабораторным работам № 1-3 по дисциплине “Управление роботами и робототехническими системами” для студентов направления 221000 “Мехатроника и робототехника”, профиль “Промышленная и специальная робототехника”, очной формы обучения	2012 печат.	0,67
Л3.2	Медведев В.А.	Методические указания к лабораторным работам № 4, 5 по дисциплине “Управление роботами и робототехническими системами” для студентов направления 221000 “Мехатроника и робототехника”, профиль “Промышленная и специальная робототехника”, очной формы обучения	2012 печат.	0,67
Л3.3	Медведев В.А.	Методические указания к лабораторным работам № 6-8 по дисциплине “Управление роботами и робототехническими системами” для студентов направления 15.03.06 “Мехатроника и робототехника” (профиль “Промышленная и специальная робототехника”) очной формы обучения	2015 печат.	0,5

ЛЗ.4	Медведев В.А.	Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине "Управление роботами и робототехническими системами" для студентов направления 15.03.06 "Мехатроника и робототехника" (профиль "Промышленная и специальная робототехника") очной формы обучения	2015 печат.	0,5
------	---------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------	-----

Заведующий кафедрой ЭАУТС _____ Бурковский В.Л.

Директор НБ ВГТУ _____ Буковшина Т.И.
Приложение 2

Фонд оценочных средств
по дисциплине «Системы управления электроприводами роботов»
для направления подготовки
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль подготовки «Электропривод и автоматика робототехнических систем»

Форма обучения очная Срок обучения 4 года

Индексированные результаты обучения

Компетенция	Результат	Индекс
ОПК-2: способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.	Знает: – физико-математический аппарат описания электроприводов и манипуляторов роботов с учетом взаимного влияния степеней подвижности, алгоритмы кинематического и динамического управления манипуляторами, применяя методы анализа и моделирования;	ОПК2. P1
	Умеет: – разрабатывать алгоритмы позиционного и контурного управления электроприводами роботов на основе полных уравнений динамики исполнительных механизмов, структуры программного и адаптивного управления и планировать траектории движения манипуляционных систем, применяя методы анализа и моделирования;	ОПК2. P2
	Владеет: – методами кинематического и динамического управления электроприводами роботов, навыками разработки алгоритмов управления, применяя соответствующий физико-математический аппарат.	ОПК2. P3

ПВК-4: способность рассчитывать режимы работы и параметры оборудования электро-механических комплексов и электроэнергетических систем.	Знает: – режимы работы и параметры оборудования электро-механических комплексов;	ПВК4. Р1
	Умеет: – рассчитывать параметры систем управления электроприводами роботов в соответствии с требуемыми режимами работы оборудования электро-механических комплексов;	ПВК4. Р2
	Владеет: – навыками теоретического и экспериментального исследования оборудования электро-механических комплексов в различных режимах работы.	ПВК4. Р3

1. Оценочные средства устного опроса

Проверяемый результат ОПК2. Р1, ОПК2. Р2, ОПК2.Р3, ПВК4. Р1, ПВК4. Р2, ПВК4.Р3

Устный опрос проводится при допуске и защите лабораторных работ.

Методика проведения: проводится в специализированной учебной лаборатории после выполнения лабораторного работы по данной теме; используется устный метод контроля; применяется индивидуальная форма; время проведения опроса 5 минут, ответы даются без использования справочной литературы и средств коммуникации, результат сообщается немедленно.

Критерий оценки ответов:

Оценка «отлично» выставляется студенту, ответившему на три вопроса;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, ответившему полностью на два вопроса и неполный ответ на третий вопрос;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, ответившему на два вопроса с поправками;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, не ответившему на вопросы.

2. Оценочные средства курсового проекта

Проверяемый результат ОПК2. Р1, ОПК2. Р2, ОПК2.Р3, ПВК4. Р1, ПВК4. Р2, ПВК4.Р3

Методика проведения: проводится в специализированной учебной лаборатории после выполнения курсового проекта и оформления расчетно-пояснительной записки; используется устный метод контроля; применяется индивидуальная форма; время проведения защиты курсового проекта 15-20 минут, ответы даются без использования справочной литературы и средств коммуникации, результат сообщается немедленно.

Задание на курсовой проект выдается в начале седьмого семестра. Защита курсового проекта позволяет выяснить, выполнен ли проект самостоятельно или помощь была слишком значимой. Студент должен продемонстрировать на защите правильность принятых в процессе выполнения курсового проекта решений, выполненных расчетов и ответить на заданные теоретические вопросы по дисциплине.

Критерии оценки курсового проекта:

- отлично – курсовой проект выполнен полностью и правильно;
- хорошо – курсовой проект выполнен полностью, но имеются погрешности;
- удовлетворительно – курсовой проект выполнен не полностью, но демонстрируется правильный подход к решению;
- неудовлетворительно – в остальных случаях.

Вопросы к зачету с оценкой

по дисциплине "Системы управления электроприводами роботов"

1. Классификация систем управления электроприводами роботов по способу позиционирования, элементной базе, принципам формирования закона управления.
2. Состав системы управления робота.
3. Уровни управления робота и задачи, решаемые ими.
4. Кинематические уравнения общего вида. Матрица Якоби.
5. Решение прямой и обратной задач кинематики для манипулятора, работающего в цилиндрической системе координат.
6. Решение прямой и обратной задач кинематики для манипулятора, работающего в сферической системе координат.
7. Решение прямой и обратной задач кинематики для манипулятора, работающего в угловой системе координат.
8. Определение сплайн-функции, вид задающих сигналов нулевого и первого порядков и их первых двух производных.
9. Проверка соответствия выражения для кубического сплайна условиям непрерывности и приближения.
10. Вывод уравнений для определения параметров кубического сплайна на основе условия непрерывности скорости в опорных точках.
11. Применение метода прогонки для определения параметров кубического сплайна при интерполяции траектории.
12. Полиномиальная интерполяция задающих сигналов при движении от одной поверхности к другой поверхности.
13. Расчет 4-3-4 траектории.
14. Расчет 3-5-3 траектории.
15. Структурная схема системы, управляемой по положению.
16. Управление по вектору скорости.
17. Общие вопросы планирования движений.

18. Теоретический подход к построению программных движений робота.
19. Рекуррентные конечно-сходящиеся алгоритмы решения неравенств.
20. Конечно-сходящийся алгоритм "Полоска".
21. Построение программных движений самоходной тележки робота.
22. Построение программных движений манипулятора.

Вопросы к экзамену

по дисциплине "Системы управления электроприводами роботов"

1. Общие уравнения динамики механической части робота.
2. Вывод уравнений движения манипулятора, работающего в декартовой системе координат.
3. Вывод уравнений движения манипулятора с учетом динамики исполнительных двигателей.
4. Вывод уравнений движения манипулятора с цилиндрической системой координат.
5. Вывод уравнений движения манипулятора со сферической системой координат.
6. Постановка задачи для исполнительного уровня управления.
7. Методы управления, основанные на решении обратной задачи динамики.
8. Структурная схема системы управления, построенная в соответствии с методом "обратной задачи".
9. Алгоритмы управления по ускорению.
10. Позиционное управление манипулятором с декартовой системой координат.
11. Позиционное управление манипулятором с цилиндрической системой координат.
12. Позиционное управление манипулятором со сферической системой координат.
13. Определение постоянных времени контуров ускорения.
14. Определение коэффициентов усиления контуров ускорения.
15. Особенности контурного управления манипулятором.
16. Адаптивный подход к управлению роботами.
17. Постановка задачи адаптивного управления.
18. Адаптивное управление с эталонной моделью.
19. Применение принципов самонастройки при управлении роботом с угловой системой координат.
20. Математическое описание адаптивного регулятора для стабилизации движения робота.
21. Варианты построения исполнительного уровня системы управления.
22. Построение тактического уровня системы управления.
23. Выбор управляющей ЦВМ.
24. Функциональная схема устройства сопряжения УВМ с исполнительными приводами робота ТУР-10.
25. Структура преобразователя кода задания управляющего напряжения в широтно-импульсный сигнал.
26. Функциональная схема преобразователя сигнала с фазовращателя в двоичный код.
27. Устройство для ввода сигнала с потенциометрического датчика положения в УВМ.

28. Функциональная схема преобразователя сигналов с импульсного датчика в двоичный код.
29. Устройство для ввода информации с кодового датчика в УВМ.
30. Понятие сложной системы.
31. Примеры систем, являющихся и не являющихся Т-сложными. Т-сложная роботизированная сборочная линия.
32. Модель манипулятора с цикловой системой управления.
33. Модель манипулятора с позиционно-контурной системой управления и системы очувствления.
34. Логический уровень системы управления РТС.
35. Программирование робототехнической системы методом обучения.
36. Автономное программирование без использования РТС.

Вопросы к коллоквиуму

1. Кинематические уравнения общего вида. Матрица Якоби.
2. Решение прямой и обратной задач кинематики о положении и скорости для манипулятора, работающего в цилиндрической системе координат.
3. Решение прямой и обратной задач кинематики для манипулятора со сферической системой координат.
4. Решение прямой задачи кинематики для манипулятора, работающего в угловой системе координат.
5. Алгоритм решения обратной задачи кинематики для манипулятора с угловой системой координат.
6. Кинематический алгоритм нулевого порядка. Структурная схема системы, управляемой по вектору положения.
7. Кинематический алгоритм первого порядка. Структурная схема системы, управляемой по вектору скорости.
8. Определение сплайн - функции. Вид задающих сигналов нулевого и первого порядков. Сплайн-функции второго и третьего порядка.
9. Условия непрерывности и приближения при интерполяции траектории с помощью кубических сплайнов.
10. Выражения для определения скоростей изменения обобщенной координаты на соседних временных интервалах. Условие непрерывности скоростей. Граничные условия.
11. Система линейных алгебраических уравнений для определения параметров кубического сплайна.
12. Алгоритм расчета параметров кубического сплайна методом прогонки.
13. Закон изменения обобщенной координаты манипулятора с участками ухода, подхода и промежуточным участком.
14. Система ограничений на траекторию движения обобщенной координаты.
15. Описание перемещений, скоростей и ускорений обобщенных координат манипулятора на участках траектории с помощью полиномов различного порядка в нормированном времени.
16. Уравнения для определения параметров полиномов 4-3-4-траектории.

Тематика курсового проекта

Цель курсового проекта – получение практических навыков в применении математического аппарата описания многокоординатных систем управления промышленными роботами с учетом взаимного влияния степеней подвижности. Объектом проектирования является двухуровневая

микропроцессорная система управления трехкоординатным манипулятором, работающим в цилиндрической, сферической или декартовой системе координат.

Курсовой проект содержит разделы:

анализ данных ТЗ, краткое описание техпроцесса;

определение численных значений декартовых координат и их производных в опорных точках;

расчет параметров структурной схемы системы контурного или позиционного управления из условия реализации назначенных динамических характеристик;

разработка блок-схем алгоритмов решения обратной задачи кинематики, интерполяции (при контурном и позиционно-контурном управлении) и расчета управляющего напряжения;

выбор управляющей ЭВМ исполнительного уровня на основе расчета требуемых времени реализации алгоритмов управления и объема памяти;

определение разрядности представления информации при управлении на исполнительном уровне;

разработка функциональных схем устройств исполнительного уровня управления.

Объем проекта - 25 - 30 стр.

Проект выполняется по индивидуальному варианту задания. Число вариантов задания - 47.

Варианты тестовых заданий

Задание 1

Отметьте правильный ответ.

Условие непрерывности сплайн-функции имеет вид:

1. $P_{j,s}^{(k)}(t_s) = P_{j,s+1}^{(k)}(t_s)$ при $k = 0, \dots, \lambda - 1, s = 0, 1, \dots, m$;
2. $P_{j,s}^{(k)}(t_s) = P_{j,s}^{(k)}(t_{s+1})$ при $k = 0, \dots, \lambda - 1, s = 1, 2, \dots, m-1$;
3. $P_{j,s}^{(k)}(t_s) = P_{j,s+1}^{(k)}(t_s)$ при $k = 0, \dots, \lambda - 1, s = 1, 2, \dots, m-1$.

Задание 2

Отметьте правильный ответ.

Линейный сплайн удовлетворяет:

1. условию непрерывности сплайн-функции, первой и второй производных от нее;
2. условию непрерывности сплайн-функции и первой производной от нее;
3. условию непрерывности сплайн-функции;
4. условию непрерывности сплайн-функции и второй производной от нее.

Задание 3

Отметьте правильный ответ.

Условие приближения кубического сплайна имеет вид:

1. $P_{j,s}^{(2)}(t_s) = q_{j,s}, s = 0, 1, 2, \dots, m$;
2. $P_{j,s}^{(3)}(t_s) = q_{j,s+1}, s = 0, 1, 2, \dots, m$;
3. $P_{j,s}^{(3)}(t_s) = q_{j,s}, s = 1, 2, \dots, m-1$;
4. $P_{j,s}^{(3)}(t_s) = q_{j,s}, s = 0, 1, 2, \dots, m$.

Задание 4

Отметьте правильный ответ.

Если движение начинается из состояния покоя и заканчивается состоянием покоя, то граничные условия при интерполяции траектории с помощью кубического сплайна имеют вид:

1. $\ddot{P}_{j,13}(t_0) = \ddot{P}_{j,m3}(t_m) = 0$;
2. $\dot{P}_{j,13}(t_3) = \dot{P}_{j,m3}(t_m) = 0$;

$$3. \dot{P}_{j,13}(t_0) = \dot{P}_{j,m3}(t_m) = 0;$$

$$4. \dot{P}_{j,13}(t_m) = \dot{P}_{j,m3}(t_3) = 0.$$

Задание 5

$$P_{j,s3}(t) = M_{j,s-1} \frac{(t_s - t)^3}{6h_{js}} + M_{js} \frac{(t - t_{s-1})^3}{6h_{js}} + (q_{j,s-1} - M_{j,s-1} \frac{h_{js}^2 t_s - t}{6h_{js}}) \frac{h_{js}^2 t_s - t}{6h_{js}} + (q_{js} - M_{js} \frac{h_{js}^2 t - t_{s-1}}{6h_{js}}) \frac{h_{js}^2 t - t_{s-1}}{6h_{js}}$$

Отметьте правильный ответ.

В представленном выражении для кубического сплайна величина h_{js} есть:

1. номер временного интервала;
2. текущее время;
3. значение обобщенной координаты с номером j ;
4. длительность временного интервала между опорными точками.

Паспорт фонда оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации

Раздел дисциплины	Код формируемой компетенции	Объект контроля	Форма и методика контроля	Контрольные материалы	Срок исполнения
1	2	3	4	5	6
1. Общие сведения о системах управления электроприводами роботов	ПВК-4	Знание целей и задач курса, классификации систем управления электроприводами роботов. Умение разрабатывать структуру многоуровневой системы управления РТС и определять задачи, решаемые отдельными уровнями.	Тестирование	Тестовые задания 001-005.	2 неделя
2. Прямые и обратные задачи о положении и скорости, управление по вектору скорости.	ОПК-2, ПВК-4	Знание кинематических уравнений общего вида и способов управления по вектору положения и по вектору скорости. Умение решать прямую и обратную задачи кинематики о положении и скорости для манипуляторов, работающих в цилиндрической, сферической и угловой системах координат. Владение методикой разработки кинематических моделей манипуляторов и структурных схем систем управления, построенных на кинематических алгоритмах нулевого и первого порядка.	Защита лабораторной работы. Тестирование. Коллоквиум.	Контрольные вопросы к лабораторной работе № 1 в методических указаниях 7.1.3.1. Тестовые задания 013-025 Вопросы к коллоквиуму 1-7	4 неделя

3. Планирование движений робота в пространстве обобщенных координат	ОПК-2, ПВК-4	Знание определения сплайн-функции, вида задающих сигналов нулевого, первого, второго и третьего порядка, ограничений на траекторию при интерполяции с помощью кубических сплайнов. Умение составлять и решать систему линейных алгебраических уравнений для определения параметров кубического сплайна. Владение методикой расчета параметров полиномов 4-3-4- и 3-5-3- траектории при позиционном управлении.	Защита лабораторных работ. Тестирование. Коллоквиум.	Контрольные вопросы к лабораторным работам № 2, 3 в методических указаниях 7.1.3.1. Тестовые задания 026-035, 046-048 Вопросы к коллоквиуму 8-16	12 неделя
1	2	3	4	5	6
4. Планирование движений промышленного робота в рабочем пространстве	ОПК-2, ПВК-4	Знание системы ограничений на траекторию движения мобильного робота, теоретического подхода к построению его программных движений на основе базисных функций. Умение разрабатывать алгоритм построения программных движений транспортной тележки и манипулятора мобильного робота с учетом препятствий. Владение методикой определения параметров планируемых траекторий с помощью конечно-сходящегося алгоритма "Полоска".	Защита лабораторной работы. Тестирование.	Контрольные вопросы к лабораторной работе № 6 в методических указаниях 7.1.3.3. Тестовые задания 036-045	16 неделя
5. Динамические модели манипуляторов промышленных роботов.	ОПК-2	Знание допущений при анализе динамики манипулятора и уравнений движения исполнительного механизма в матричном виде. Умение разрабатывать динамические модели трехкоординатных манипуляторов с декартовой, цилиндрической и сферической системами координат в скалярной и векторной формах записи. Владение методикой синтеза уравнений динамики на основе аппарата Лагранжа.	Письменный опрос	Конспект лекций	25 неделя

6. Динамическое управление манипуляторами.	ОПК-2, ПВК-4	Знание метода управления, основанного на решении обратной задачи динамики, схемы системы управления, построенной в соответствии с методом "обратной задачи", принципа управления по ускорению. Умение разрабатывать структурные схемы систем управления манипуляторами с декартовой, цилиндрической и сферической системами координат. Владение методикой синтеза позиционных и контурных систем, управляемых по ускорению, и определения параметров контуров ускорения.	Защита лабораторных работ	Контрольные вопросы к лабораторным работам № 4, 5 в методических указаниях 7.1.3.2.	30 неделя
1	2	3	4	5	6
7. Алгоритмы адаптивного управления электроприводами роботов	ОПК-2, ПВК-4	Знание особенностей программного и адаптивного управления, основные структуры самонастраивающихся систем. Умение применять принципы самонастройки при управлении роботом, разрабатывать структурные схемы систем адаптивного управления. Владение методикой разработки математического описания объекта управления, эталонной модели и адаптивного регулятора, формирующего локальное и развязывающее управляющие воздействия.	Защита лабораторной работы	Контрольные вопросы к лабораторной работе № 7 в методических указаниях 7.1.3.3.	34 неделя
8. Микропроцессорная реализация алгоритмов управления электроприводами роботов	ОПК-2	Знание способов аппаратной реализации алгоритмов управления электроприводами роботов. Умение разрабатывать устройства сопряжения управляющей вычислительной машины (УВМ) с исполнительными приводами робота. Владение методикой выбора УВМ исходя из заданного времени отработки алгоритма, требуемого объема памяти и разрядности представления информации.	Письменный опрос	Конспект лекций	34 неделя

Промежуточная аттестация					
Разделы 1-4	ОПК-2, ПВК-4	<p>Знание алгоритмов кинематического управления манипуляторами, а также планирования их движений в пространстве обобщенных координат и в рабочем пространстве.</p> <p>Умение разрабатывать структурные схемы систем кинематического управления манипуляторами.</p> <p>Владение навыками планирования траектории движения тележки и манипулятора мобильного робота в рабочем пространстве.</p>	Зачет с оценкой	Вопросы к зачету с оценкой	18 неделя

1	2	3	4	5	6
Курсовой проект	ОПК-2, ПВК-4	<p>Знание структуры двухуровневой микропроцессорной системы управления трехкоординатным манипулятором.</p> <p>Умение разрабатывать блок-схемы алгоритмов решения обратной задачи кинематики, интерполяции и расчета управляющего напряжения.</p> <p>Владение навыками расчета параметров структурной схемы системы контурного или позиционного управления исходя из условия реализации требуемых динамических характеристик.</p>	Защита курсового проекта	Пояснительная записка к курсовому проекту	34 неделя
Разделы 5-8	ОПК-2, ПВК-4	<p>Знание алгоритмов динамического и адаптивного управления манипуляторами.</p> <p>Умение разрабатывать структурные схемы микропроцессорных систем управления манипуляторами и их основных узлов.</p> <p>Владение навыками выбора управляющей вычислительной машины исходя из заданного времени отработки алгоритма, требуемого объема памяти УВМ и разрядности представления данных.</p>	Устный экзамен	Вопросы к экзамену	Сессия

Критерии оценки при сдаче экзамена:

Цифра	Словесное выражение	Описание
5	Отлично	Ответ студента полный и правильный. Студент способен обобщить материал, сделать собственные выводы, выразить свое мнение, привести иллюстрирующие примеры
4	Хорошо	Ответ студента правильный, но неполный. Не приведены иллюстрирующие примеры, обобщающее мнение студента недостаточно четко выражено
3	Удовлетворительно	Ответ правилен в основных моментах, нет иллюстрирующих примеров, нет собственного мнения студента, есть ошибки в деталях и/или они просто отсутствуют
2	Неудовлетворительно	В ответе существенные ошибки в основных аспектах темы.

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель ученого совета
факультета энергетики и
систем управления

Бурковский А.В. _____
(подпись)
_____ 201 г.

Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД
Системы управления электроприводами роботов
(наименование УМКД)

В УМКД вносятся следующие изменения (дополнения):

изменения (дополнения) в УМКД обсуждены на заседании кафедры электропривода, автоматике и управления в технических системах

Протокол № _____ от « ___ » _____ 201 г.

Зав. кафедрой _____ Бурковский В.Л.

Изменения (дополнения) рассмотрены и одобрены методической комиссией факультета энергетики и систем управления _____

(наименование факультета, за которым закреплена данная специальность)

Председатель методической комиссии _____.