



КТЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КТЭУ»)



УТВЕРЖДАЮ
и.о. Директор ИДПО

В. К. Ильин

« » 2023 г.

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ**

«Основы мехатроники и робототехники»

1. Цель реализации программы

Целью подготовки слушателей по Программе повышения квалификации является совершенствование компетенций, необходимых для решения задач в областях разработки новых методов управления, обработки информации и поиска новых конструктивных решений мехатронных и робототехнических систем широкого назначения, их подсистем и отдельных модулей, проведения исследований в сферах мехатроники, робототехники, теории управления.

2. Требования к результатам обучения

Планируемые результаты обучения

Результатами подготовки слушателей по Программе является получение компетенций, необходимых для выполнения нового вида профессиональной деятельности по расчету и моделированию робототехнических систем, в ходе которой осваивается решение задач в областях разработки новых методов управления, обработки информации и поиск новых конструктивных решений мехатронных и робототехнических систем широкого назначения, их подсистем и отдельных модулей, проведение исследований в сферах мехатроники и робототехники.

Проектируемые результаты обучения

В результате освоения Программы слушатель должен:

Знать:

- основные понятия робототехники и областей ее применения;
- текущее состояние робототехники в России и за рубежом;
- основы математического моделирования;
- математические основы работы программного обеспечения Matlab;
- основы машинного обучения;
- модели сборки мобильного робота;
- прямая и обратная задачи кинематики;
- моделирование динамики беспилотных транспортных средств;
- основные методы первоначальной обработки данных;

Уметь:

- решать прямые и обратные задачи кинематики;
- использовать Matlab для вычислений;
- работать в команде над робототехническим проектом и презентовать

проект;

Иметь навыки:

- программировать при помощи Matlab;
- способность к анализу и обобщению;
- осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их

корректности и эффективности.

Программа разработана в соответствии с профессиональными стандартами:

Наименование программы	Наименование выбранного профессионального стандарта (одного или нескольких)
Образовательная программа повышения квалификации « <u>Основы мехатроники и робототехники</u> »	Профессиональный стандарт « <u>Программист</u> », утв. Приказом Минтруда России от <u>18.11.2013</u> (ред. от <u>12.12.2016</u>) № <u>679н</u> «Об утверждении профессионального стандарта « <u>Программист</u> » (Зарег. в Минюсте России <u>18.12.2013</u> № <u>30635</u>)

3. Содержание программы

Учебный план

программы повышения квалификации «**Основы мехатроники и робототехники**»

Категория слушателей – лица, имеющие среднее (по программам подготовки специалистов среднего звена) или высшее профессиональное образование, или получающие среднее (по программам подготовки специалистов среднего звена) или высшее профессиональное образование.

Срок обучения – 72 часа.

Форма обучения – очно-заочная.

№ п/п	Наименование разделов	Всего, час.	В том числе, час.		
			Лекции	Практические и лабораторные работы	Самостоятельная работа
1	Основы робототехники	17	4	6	7
2	Динамика и управление робототехническими системами	17	4	6	7
3	Основы управления промышленным роботом KUKA	17	4	6	7
4	Синтез цифровых регуляторов мехатронных и робототехнических систем	17	4	6	7
	Итоговая аттестация	4	Зачет		
	Итого:	72	16	24	28

Учебно-тематический план
программы повышения квалификации
«Основы мехатроники и робототехники»

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего, час.	В том числе, час.		
			лекции	Практические и лабораторные работы	Самостоятельная работа
1	Основы робототехники	17	4	6	7
1.1	Введение в робототехнику, компоненты роботов	8	2	2	4
1.2	Прямая и обратная задачи кинематики	9	2	4	3
2	Динамика и управление робототехническими системами	17	4	6	7
2.1	Динамика методами Лагранжа-Эйлера и Ньютона-Эйлера	8	2	2	4
2.2	Децентрализованное и централизованное управление	9	2	4	3
3	Основы управления промышленным роботом KUKA	17	4	6	7
3.1	Разработка и запуск управляющих программ	7	2	2	3
3.2	Использование контроля выполнения программы	10	2	4	4
4	Синтез цифровых регуляторов мехатронных и робототехнических систем	17	4	6	7
4.1	Желаемые логарифмические амплитудно-частотные характеристики	7	2	2	3
4.2	Синтез на основе дискретной аппроксимации аналоговых регуляторов	10	2	4	4
	Итоговая аттестация	4	Зачет		
Итого:		72	16	24	28

Рабочая учебная программа
повышения квалификации
«Основы мехатроники и робототехники»

Раздел 1. Основы робототехники (17 часов)

Тема 1.1. Введение в робототехнику, компоненты роботов (2 часа)

Рассматриваются существующие робототехнические системы, актуальные задачи. Роботы vs человек. Современные проблемы робототехнических систем. Знакомство с автономными транспортными средствами. Виды промышленных роботов, их структура, применение и задачи. Рынок промышленной робототехники в России и в мире.

Тема 1.2 Прямая и обратная задачи кинематики (2 часа)

Пространства обобщённых координат и рабочей области. Метод Денавита-Хартенберга. Прямая задача кинематики: алгебраический подход. Прямая кинематика. Прямая кинематика плоского двухзвенного манипулятора. Трёхзвенный манипулятор. Прямая кинематика трёхзвенного манипулятора. Прямая кинематика цилиндрического манипулятора. Прямая кинематика шарнирного манипулятора. Прямая кинематика SCARA робота. Прямая кинематика 6-осевого промышленного робота. Анализ рабочего пространства робота. Различные типы рабочего пространства. Обратная кинематика плоского двухзвенного манипулятора. Обратная кинематика плоского трёхзвенного манипулятора. Метод Пипера (Pieper's Solution Procedure). Обратная кинематика: геометрический подход. Четыре решения для PUMA манипулятора. Решение задач прямой и обратной кинематики. Примеры.

Перечень практических занятий

Номер темы	Наименование практического занятия
1.1	Виды промышленных роботов, их структура, применение и задачи (2 часа)
1.2	Решение задач прямой и обратной кинематики (4 часа)

Раздел 2. Динамика и управление робототехническими системами (17 часов)

Тема 2.1. Динамика методами Лагранжа-Эйлера и Ньютона-Эйлера (2 часа)

Динамика методом Лагранжа-Эйлера. Прямая и обратная задачи динамики – постановка задачи. Запись Лагранжиана и уравнения Эйлера-Лагранжа. Кинетическая энергия твёрдого тела. Матрица инерции и перенос системы координат. Теорема Кёнинга. Расчёт скоростей через частичные якобианы. Потенциальная энергия тела. Свойство компонентов динамической модели. Векторно-матричная запись динамики. Структурные свойства системы. Динамика простых механизмов. Пересчёт линейных и угловых скоростей через плавающее окно. Получение выражения для обратной динамики. Масштабирование динамической модели по времени. Изменение системы координат динамической модели. Построение численной модели динамики в симуляторе. Уравнения Ньютона и Эйлера для жёстких тел. Принципы баланса сил, моментов и равновесия. Уравнение Ньютона-Эйлера для баланса сил, Уравнение Ньютона-Эйлера для баланса моментов. Алгоритм Ньютона-Эйлера для построения модели динамики. Уравнения для прямой и обратной рекурсии. Реализация алгоритма Ньютона-Эйлера. Свойство системы при различных входах.

Тема 2.2 Децентрализованное и централизованное управление (2 часа)

Динамика привода, Динамика одноступенного маятника. Динамика одноступенного робота. Управление по положению. Пропорционально-Дифференциальное управление. Пропорционально-Дифференциально-Интегральное управление. Раздельное управление звеньями робота. Совместное управление роботом в пространстве состояний. Совместное управление роботом в декартовом пространстве. Оценка качества управления. Управление с обратной связью по положению. Управление с силомоментной обратной связью. Телеуправление.

Перечень практических занятий

Номер темы	Наименование практического занятия
2.1	Вывод уравнений динамики простых динамических робототехнических систем (2 часа)
2.2	Проектирование регуляторов для управления робототехническими системами (4 часа)

Раздел 3. Основы управления промышленным роботом KUKA (17 часов)

Тема 3.1. Разработка и запуск управляющих программ (2 часа)

Воспроизведение изменений программ и состояний с помощью протокола. Коррекция существующих точек движения. Создание перемещений с оптимизацией времени такта (осевое перемещение). Создание перемещений по траекториям. Изменение команд перемещения. Выбор и запуск программ робота KUKA. Калибровка базы и инструмента, создание программных модулей. Обработка, архивирование и восстановление программных модулей

Тема 3.2. Использование контроля выполнения программы (2 часа)

Использование технологических пакетов: управление захватом с KUKA.GripperTech; программирование захвата с помощью KUKA.GripperTech - Конфигурация KUKA.GripperTech. Использование внешних инструментов: перемещение робота; ввод робота в эксплуатацию; создание и изменение запрограммированного перемещения. Создание виртуальной ячейки с использованием библиотек. Использование логических функций и циклов в программе робота: введение в программирование логики; программирование функций ожидания; программирование простых функций переключения; программирование циклов; программирование запросов или переходов; программирование распределителя (SWITCH – CASE); программирование команды перехода; программирование функций ожидания в KRL.

Перечень практических занятий

Номер темы	Наименование практического занятия
3.1	Программирование движений робота KUKA (2 часа)
3.2	Специальные возможности по программированию робота (программирование циклов) (4 часа)

Раздел 4. Синтез цифровых регуляторов мехатронных и робототехнических систем (17 часов)

Тема 4.1. Желаемые логарифмические амплитудно-частотные характеристики (2 часа)

Определение и физический смысл показателя колебательности. Особенности определения показателя колебательности по АФЧХ. Особенности определения показателя колебательности по ЛЧХ. Типовые желаемые ЛАЧХ. Связь протяженностей h и h_1 среднечастотного участка желаемых ЛАЧХ с показателем колебательности. Принципы формирования запретной зоны для желаемых ЛАЧХ. Этапы синтеза регулятора положения

Тема 4.2 Синтез на основе дискретной аппроксимации аналоговых регуляторов (2 часа)

Уравнения состояния цифровых мехатронных и робототехнических систем. Векторная структурная схема динамической модели мехатронной системы в переменных состояния. Метод непосредственного программирования цифровых регуляторов мехатронных и робототехнических систем. Метод

последовательного программирования цифровых регуляторов мехатронных и робототехнических систем. Метод параллельного программирования цифровых регуляторов мехатронных и робототехнических систем. Методика получения векторно-матричных уравнений состояния цифровых регуляторов мехатронных и робототехнических систем. Частотные методы анализа и синтеза применительно к мехатронным и робототехническим системам.

Перечень практических занятий

Номер темы	Наименование практического занятия
4.1	Синтез аналогового прототипа регулятора мехатронной системы на основе желаемой ЛАЧХ (2 часа)
4.2	Дискретная аппроксимация аналогового регулятора и получение программы для ПЛК на языке ST (4 часа)

Календарный учебный график программы повышения квалификации «Основы мехатроники и робототехники»

Период обучения (недели)*	Наименование раздела
1 неделя	Раздел 1
2 неделя	Раздел 2
3 неделя	Раздел 3
4 неделя	Раздел 4. Итоговая аттестация

*Точный порядок реализация курса обучения определяется в расписании занятий.

4. Материально-технические условия реализации программы

Приводятся сведения об условиях проведения лекций и практических занятий, а также об используемом оборудовании и информационных технологиях.

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	лекции	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Компьютерный класс с выходом в Интернет А-323	практические занятия	Специализированная учебная мебель, интерактивная доска, проектор, компьютер в комплекте с монитором (16 шт.), лицензионное программное обеспечение, роботизированная ячейка на основе робота KUKA

5. Учебно-методическое обеспечение программы

Основная литература

1. Магазинников, Л. И. Линейная алгебра и аналитическая геометрия: учебное пособие / Л. И. Магазинников, А. Л. Магазинникова. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2012. – 180 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13861.html>;
2. Шинкин, В. Н. Теоретическая механика. Статика и кинематика: курс лекций / В. Н. Шинкин. – Москва: Издательский Дом МИСиС, 2008. – 85 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56204.html>
3. Рыбак, Л. А. Роботы и робототехнические комплексы: учебное пособие / Л. А. Рыбак, Е. В. Гапоненко, Ю. А. Мамаев. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2013. – 84 с. – Режим доступа: – <http://www.iprbookshop.ru/28394.html>;
4. Сузи, Р.А. Язык программирования Python [Электронный ресурс] / Р.А. Сузи. – Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. – 350 с. – Режим доступа: – <http://www.iprbookshop.ru/52211.html>;
5. Булгаков, А.Г. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление [Электронный ресурс] / А.Г. Булгаков, В.А. Воробьев. – Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2017. – 486 с. – Режим доступа: – <http://www.iprbookshop.ru/90390.html>;
6. Подураев, Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.В. Подураев. – Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2019. – 256 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/86501.html>;
7. Кулаков, Д.Б. Роботы и робототехника: лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие / Д.Б. Кулаков, Б.Б. Кулаков. – Москва: Российский университет дружбы народов, 2018. – 124 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/91065.html>;
8. Кравцов, А.Г. Промышленные роботы [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Г. Кравцов, К.В. Марусич. – Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2019. – 95 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/85795.html>.

Дополнительная литература

1. Глухов, В.С. Основы робототехники [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.С. Глухов, А.А. Дикой, Р.А. Галустов, И.В. Дикая. – Армавир: Армавирский государственный педагогический университет, 2019. – 308 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/82448.html>;
2. Каменский, С.В. Системы автоматического управления, мехатроники и робототехники [Электронный ресурс]: монография / С.В. Каменский, Г.А. Французова, Г.П. Чикильдин [и др.]; под редакцией Г.А. Французовой. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 211 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/91524.html>;
3. Киселев М.М. Робототехника в примерах и задачах [Электронный ресурс]: курс программирования мехатроники и роботов / М.М. Киселев. – Электрон. Текстовые данные. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2017. – 136 с. – 978-5-91359-235-4. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/80564.html>;

Дополнительные интернет-источники

1. Фу, К. Робототехника [Электронный ресурс]: / К.Фу, Р.Гонсалес, К.Ли, –

Пер. с англ. – Москва: Мир, 1989. – 624 с. – Режим доступа: https://www.studmed.ru/fu-k-gonsales-r-li-k-robototehnika_8855f0f7adb.html;

2. B.Siciliano, Robotics: Modelling, Planning and Control [Электронный ресурс]: / B.Siciliano, L.Sciavicco, L.Villani, G.Oriolo, 2009. – 632 P. – Режим доступа: https://www.academia.edu/23785978/B._Siciliano_-_Robotics._Modelling_Planning_and_Control.

6. Оценка качества освоения программы

Контроль знаний, полученных слушателями при освоении разделов Программы, осуществляется в следующих формах:

- текущий контроль успеваемости – обеспечивает оценивание хода освоения разделов Программы;

- итоговая аттестация – завершает изучение всей Программы.

Текущий контроль успеваемости проводится в форме тестирования по соответствующему модулю. Итоговая аттестация проводится в форме зачета (тестирование), демонстрирующего применений решений из всех изученных разделов по Программе.

В ходе освоения Программы каждый слушатель выполняет следующие отчетные работы:

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	Задание	Критерии оценки
1.	Основы робототехники	Решить прямую и обратную задачи кинематики.	правильное выполнение не менее 50% от объема заданий
2.	Динамика и управление робототехническими системами	Найти динамические уравнения движения маятника на тележке методом Лагранжа-Эйлера. Найти динамические уравнения движения плоского двухзвенного манипулятора методами Лагранжа-Эйлера и Ньютона-Эйлера.	правильное выполнение не менее 50% от объема заданий
3.	Основы управления промышленным роботом KUKA	Осуществить программирование захвата с табличкой: 1. Создать новую программу с именем Поднимание таблички; при это использовать инструмент «Захват» и синюю базу.	успешное выполнение поставленной задачи (не более чем с третьей попытки)

		<p>2. Обучить процесс Подъем таблички. Для этого уменьшить скорость до 0,3 м/с при взятии и возврате таблички.</p> <p>3. Проверьте программу в режимах T1, T2 и «Автоматика».</p> <p>4. Создать вторую программу с именем Укладывание таблички. Использовать при этом подходящую базу и инструмент.</p> <p>5. Обучить процесс укладывания таблички.</p> <p>6. Проверьте программу на режимах T1, T2 и «Автоматика».</p> <p>Архивировать программу.</p>	
4.	Синтез цифровых регуляторов мехатронных и робототехнических систем	Произвести синтез цифрового регулятора мехатронной системы	правильное выполнение не менее 50% от объема заданий
	Итоговая аттестация	Контрольное тестирование	решено не менее 50% заданий контрольного задания

Примерные задания для текущего контроля:

Тесты по 1 модулю - Основы робототехники:

1. Основная область применения SCARA роботов:
 - a. Покраска
 - b. Сортировка
 - c. Фрезеровка

2. По уровню внедрения промышленных роботов Россия отстаёт от стран-лидеров
 - a. В 10 раз
 - b. В 100 раз
 - c. В 1000 раз

3. «Цилиндрическое» рабочее пространство для трёхосевого робота может быть получено при сочетании шарниров:
 - a. Вращательный – поступательный – поступательный
 - b. Вращательный – вращательный – поступательный
 - c. Вращательный – вращательный – вращательный

4. Что нужно учитывать при захвате объекта
 - a. Положение и ориентацию инструмента
 - b. Силу сжатия
 - c. Всё перечисленное

5. Что НЕ является свойством матриц вращения:

- a. Определитель равен единице
 - b. $R^{-1} = R^T$
 - c. $R_1 \cdot R_2 = R_2 \cdot R_1$
6. Скалярное произведение любых двух строк матрицы вращения равно
- a. 1
 - b. 0
 - c. Зависит от конкретной матрицы
7. Проекция базиса повернутой системы координат в базовую соответствуют:
- a. Строкам матрицы вращения
 - b. Столбцам матрицы вращения
 - c. Не связаны с матрицей вращения
8. В нотации «крен-тангаж-рысканье» углы вращения системы координат относительно фиксированных осей XYZ составляют 0.1, 0.2 и 0.3 соответственно. Чему равна итоговая матрица поворота?
- a. $R_x(0.1) \cdot R_y(0.2) \cdot R_z(0.3)$
 - b. $R_z(0.3) \cdot R_y(0.2) \cdot R_x(0.1)$
 - c. $R_x(0.3) \cdot R_y(0.2) \cdot R_z(0.1)$
9. Какая система параметризации позволяет однозначно определить параметры (не имеет сингулярных точек) исходя из матрицы вращения?
- a. Углы Эйлера
 - b. Ось – вращение
 - c. Кватернионы
10. Преимуществом функции $\text{atan2}(y,x)$ перед $\text{atan}(y/x)$ является
- a. Более высокая точность вычисления
 - b. Учёт знаков аргументов
 - c. Более высокая скорость расчёта
11. Поворот из ориентации O_1 в O_2 описывается последовательностью преобразований $R_x(q_1) \cdot R_y(q_2)$. Тогда поворот из O_2 в O_1 равен
- a. $R_y(q_2) \cdot R_x(q_1)$
 - b. $R_y(-q_2) \cdot R_x(-q_1)$
 - c. $R_x(-q_1) \cdot R_y(-q_2)$
12. Сколько независимых параметров в матрице вращения?
- a. 3
 - b. 6
 - c. 9
13. Представление Денавита-Хартенберга позволяет:
- a. Сократить число параметров, описывающих прямую кинематику
 - b. Найти решение задачи обратной кинематики
 - c. Избегать сингулярные конфигурации
14. Плоский двухосевой робот описывается длинами звеньев L_1, L_2 и углами в шарнирах q_1 и q_2 . Чему равны положение $(x;y)$ и ориентация рабочего органа.
- a. $L_1 \cdot \sin(q_1) + L_2 \cdot \sin(q_1 + q_2); L_1 \cdot \cos(q_1) + L_2 \cdot \cos(q_1 + q_2); q_1 + q_2$
 - b. $L_1 \cdot \sin(q_1) + L_2 \cdot \sin(q_2); L_1 \cdot \cos(q_1) + L_2 \cdot \cos(q_2); q_2$
 - c. $L_1 \cdot \cos(q_1) + L_2 \cdot \cos(q_1 + q_2); L_1 \cdot \sin(q_1) + L_2 \cdot \sin(q_1 + q_2); q_1 + q_2$

15. Преобразование координат описывается произведением однородных матриц $H_x(1) \cdot R_y(\pi/2) \cdot H_x(1)$. Чему равна итоговая длина смещения системы координат?
- 2
 - 0
 - $\sqrt{2}$
16. Преобразование координат описывается произведением однородных матриц $H_x(1) \cdot R_y(\pi) \cdot H_x(1)$. Чему равна итоговая длина смещения системы координат?
- 2
 - 0
 - $\sqrt{2}$
17. Если изменить угол одного из шарниров робота на 5 градусов, ориентация инструмента
- Не изменится
 - Изменится в любом случае
 - Будет зависеть от конструкции робота и его текущей конфигурации
18. Если изменить угол одного из шарниров робота на 5 градусов, положение инструмента
- Не изменится
 - Изменится в любом случае
 - Будет зависеть от конструкции робота и его текущей конфигурации
19. Что такое прямая задача кинематики?
- По известным углам шарниров робота определить положение инструмента в системе координат, связанной с базой манипулятора
 - По координатам точек траектории, заданным в глобальной системе координат, определить соответствующие углы шарниров робота
 - По известному положению и ориентации инструмента в системе координат, связанной с базой манипулятора, определить положение и ориентацию инструмента в глобальной системе координат
20. Сколько решений обратной задачи кинематики можно найти для 7-осевого робота типа KUKA PWA?
- 6
 - 7
 - Бесконечно много
21. Сколько решений можно найти для положения двухзвенного плоского манипулятора в невырожденном состоянии?
- 1
 - 2
 - Бесконечно много
22. Какая конструктивная особенность запястья позволяет упростить решение задачи обратной кинематики для промышленных шестиосевых манипуляторов?
- Короткое конечное звено
 - Пересечение 3-х осей вращения в одной точке
 - Ограничение углов вращения в осях
23. В сингулярном состоянии число решений обратной задачи кинематики
- 1
 - Бесконечно много

c. Зависит от конфигурации

24. Что такое обратная задача кинематики?

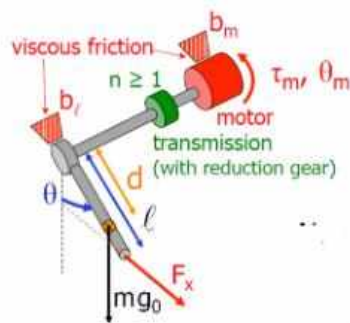
- По известным углам шарниров робота определить положение инструмента в системе координат, связанной с базой манипулятора
- По координатам точек траектории, заданным в глобальной системе координат, определить соответствующие углы шарниров робота
- По известному положению и ориентации инструмента в системе координат, связанной с базой манипулятора, определить положение и ориентацию инструмента в глобальной системе координат

25. В глобальной системе координат база ортогонального робота имеет координаты (0.2, 0.3, 0.5), инструмент – (0.1, 0.1, 0.6). Чему равны координаты инструмента в пространстве конфигураций?

- (0.1, 0.1, 0.6)
- (0.1, 0.2, 0.1)
- (-0.1, -0.2, 0.1)

Тестовые задания по 2 модулю - Динамика и управление робототехническими системами:

1. Найти кинетическую энергию для маятника

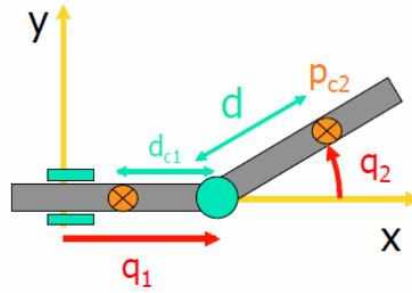


- $T = \frac{1}{2}(I_l + md^2 + n^2 I_m)\dot{\theta}^2 = \frac{1}{2}I\dot{\theta}^2$
- $T = \frac{1}{2}(I_l + md^2 + n^2 I_m)\dot{\theta}^2 = 2 * I\dot{\theta}^2$
- $T = \frac{1}{2}(I_l + md^2)\dot{\theta}^2 = \frac{1}{2} * I\dot{\theta}^2$
- $T = \frac{1}{2}(I_l + md + nI_m)\dot{\theta}^2 = \frac{1}{2}I\dot{\theta}^2$

2. Выберите уравнение Эйлера - Лагранжа

- $\sum f_i = \frac{d}{dt}(mv_c) = m\dot{v}_c$
- $\sum \mu_i = \frac{d}{dt}(I\omega) = I\dot{\omega} + \omega \times I\omega$
- $\frac{d}{dt} \frac{\delta L}{\delta \dot{q}_i} - \frac{\delta L}{\delta q_i} = u_i$
- $L(q, \dot{q}) = T(q, \dot{q}) - U(q)$

3. Выберите уравнение для кинетической энергии второго звена



- a. $T_2 = \frac{1}{2}m_2(\dot{q}_1^2 + d^2\dot{q}_2^2 - 2d\sin(q_2)\dot{q}_1\dot{q}_2) + \frac{1}{2}I_{c2,zz}\dot{q}_1^2\dot{q}_2^2$
- b. $T_2 = \frac{1}{2}m_2(\dot{q}_1^2 + d^2\dot{q}_2^2 - 2d\cos(q_2)\dot{q}_1\dot{q}_2) + \frac{1}{2}I_{c1,zz}\dot{q}_2^2$
- c. $T_2 = \frac{1}{2}m_2(\dot{q}_1^2 + d^2\dot{q}_2^2 - 2d\sin(q_2)\dot{q}_1\dot{q}_2) + \frac{1}{2}I_{c1,zz}\dot{q}_2^2$
- d. $T_2 = \frac{1}{2}m_2(\dot{q}_1^2 + d^2\dot{q}_2^2 - 2d\sin(q_2)\dot{q}_1\dot{q}_2) + \frac{1}{2}I_{c2,zz}\dot{q}_2^2$

4. Какие параметры звена необходимы для описания его динамики?

- a. Масса, положение центра масс, инерция
- b. Положение центра масс, инерция
- c. Масса, положение центра масс
- d. Инерция
- e. Масса
- f. Положение центра масс

Вопросы по 3 модулю - Основы управления промышленным роботом KUKA:

1. Перечислить и объяснить, что из себя представляет робот KUKA.
2. Как квитиловать сообщения?
3. Какие режимы работы существуют?
4. Каковы преимущества калибровки инструмента?
5. Сколько максимум инструментов, может управляться роботом?
6. Какие способы калибровки базы существует?
7. В чем разница между выбором и открыванием программы?
8. Как можно повлиять на скорость выполнения программ?
9. На что следует обратить внимание при изменении положения home?
10. Какие логические операции могут быть применены в программе робота?
11. Что такое «ожидания» в настройках захвата?
12. Расскажите о примерах использования циклов.

Задания по 4 модулю - Синтез цифровых регуляторов мехатронных и робототехнических систем:

1. Дискретная передаточная функция замкнутой мехатронной ЦСУ имеет вид:

$$\Phi(z) = \frac{0,11z}{z^2 - 1,67z + 0,78}$$

Оценить устойчивость системы:

а) по корням характеристического уравнения z_1 и z_2 ;

б) с применением билинейного преобразования по критерию Гурвица.

2. Дискретная передаточная функция замкнутой мехатронной ЦСУ имеет вид:

$$\Phi(z) = \frac{0,263(z + 0,904)}{z^2 - 0,737z + 0,238}$$

Оценить устойчивость системы:

а) по корням характеристического уравнения z_1 и z_2 ;

б) с применением билинейного преобразования по критерию Гурвица.

3. Передаточная функция непрерывной части мехатронной ЦСУ с единичной обратной связью и с экстраполятором нулевого порядка

$$W(s) = \frac{20}{(s + 1)(0,5s + 1)}$$

Передаточная функция цифрового регулятора, реализующего алгоритм последовательной коррекции

$$W_{\text{цр}}(z) = \frac{1,0499(z + 0,904)}{(z - 1)(z - 0,819)}$$

а) оценить устойчивость системы по переходной характеристике с применением моделирующей программы;

б) определить показатели качества переходного процесса.

Для решения задачи принять $T_0 = 0,1\text{с}$.

4. Дискретная передаточная функция разомкнутой мехатронной ЦСУ

$$W_{\text{цр}}(z) = \frac{0,0975(z - 0,96)(z + 1,31)(z + 0,045)}{z(z - 1)(z - 0,99)(z - 0,368)}$$

С применением ЛЧХ в функции абсолютной псевдочастоты ω_{y} оценить устойчивость и определить запасы устойчивости системы по фазе и амплитуде. Для решения задачи принять $T_0 = 0,5\text{с}$.

5. Рассчитать параметры желаемых ЛАЧХ и построить графики с применением обобщенных номограмм В.В. Солодовникова.

Исходные данные:

а) $\varepsilon_{\text{max}} \leq 0,1$ град; $\sigma_{\text{max}} \leq 25\%$; $t_p \leq 1,5\text{с}$; $\dot{y}_{\text{max}} = 15$ град/с;

б) $\varepsilon_{\text{max}} \leq 0,3$ град; $\sigma_{\text{max}} \leq 40\%$; $t_p \leq 4\text{с}$; $\dot{y}_{\text{max}} = 20$ град/с;

6. Определить структуру и рассчитать параметры цифровых регуляторов, реализующих алгоритм последовательной коррекции с применением формулы трапеций.

Цифровые регуляторы должны обеспечивать:

а) Точность слежения с максимальной ошибкой $\varepsilon_{\text{max}} \leq 0,02$ град для системы с астатизмом первого порядка; максимальную скорость $\dot{y}_{\text{max}} = 8$ град/с и ускорение

$\ddot{y}_{\text{max}} = 3$ град/с². Показатель колебательности $M = 1,5$. Неизменяемая часть системы имеет передаточную функцию

$$W_{\text{н}}(s) = \frac{8}{s(0,15s + 1)(0,02s + 1)}$$

б) Точность слежения с максимальной ошибкой $\varepsilon_{\max} \leq 0,05$ град для системы с астатизмом второго порядка; максимальную скорость $\dot{y}_{\max} = 12$ град/с и ускорение $\ddot{y}_{\max} = 4$ град/с².

Показатель колебательности $M = 1,36$.

Неизменяемая часть системы имеет передаточную функцию

$$W_H(s) = \frac{4}{s(0,1s + 1)(0,025s + 1)}$$

Период квантования $T_0 = 0,001$ с.

7. Составители программы

Составители программы:

Малёв Н.А., канд. техн. наук,
доцент



подпись

Мухаметшин А.И., м.т.т.,
преподаватель

подпись

Согласовано:

Зав. кафедрой ПМ



О. В. Козелков

Зам. директора ИДПО

Э. Х. Давлетшина