РАЗРАБОТКА ПИД-КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО МАНИПУЛЯТОРА

Авад П.А.[1], Мамонова Т.Е.[2]
[1]ТПУ, ИШИнЭС, гр. 6ВМ41ПИШ,
e-mail: paa13@tpu.ru
[2]ТПУ, ИШИнЭС, к.т.н., доц.,
E-mail: stepte@tpu.ru

Введение

Целью данной работы является создание модели роботизированного манипулятора и разработка ПИД-контроллера для управления его движением с использованием программная среда. Эти программные среды позволяют строить точные физические модели, обеспечивая реалистичное моделирование манипулятора и эффективное внедрение системы управления. Этапы работы включают проектирование модели, настройку ПИД-контроллера, симуляцию движений и анализ результатов.

Роботизированные манипуляторы широко применяются в промышленности, медицине и научных исследованиях для выполнения высокоточных задач, таких как сборка, сварка и упаковка. Для качественного выполнения этих задач требуется точное управление движением звеньев [1] и суставов, что можно реализовать через ПИД-контроллеры. ПИД-контроллер обеспечивает корректировку отклонений от заданной траектории в реальном времени, улучшая точность и стабильность работы манипулятора на рис. 1.

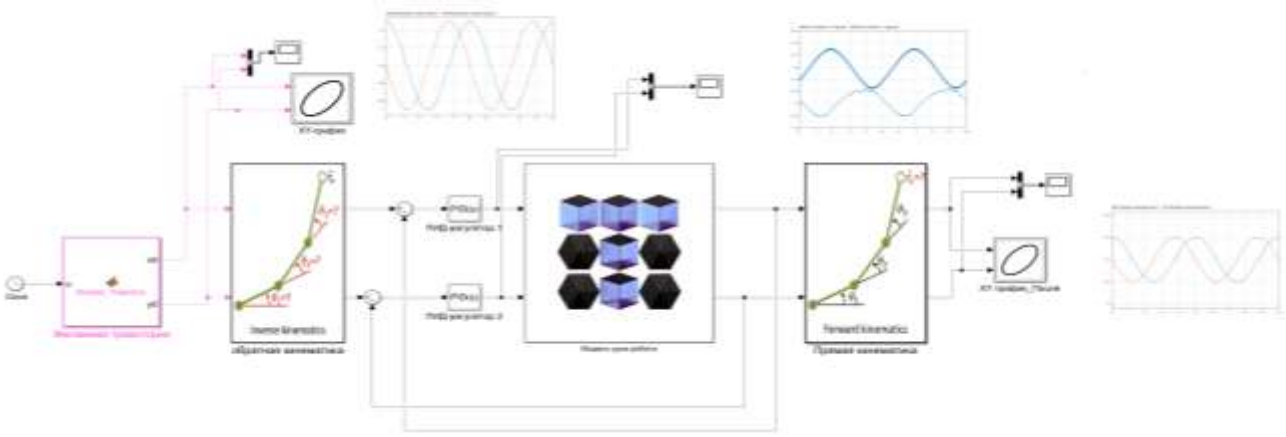

Рис. 1. Модели роботизированного манипулятора и разработка пид-контроллера для управления его движением с использованием программная среда

Основы электромеханики и мехатроники, особенности роботизированных манипуляторов

В данном разделе описываются основные принципы электромеханики и мехатроники, которые лежат в основе проектирования и управления роботизированными системами. Электромеханика изучает процессы преобразования электрической энергии в механическую и наоборот, что является основой для работы электроприводов в роботах. Мехатроника, в свою очередь, объединяет механические, электрические и компьютерные компоненты для создания высокоточных систем управления движением на рис. 2.

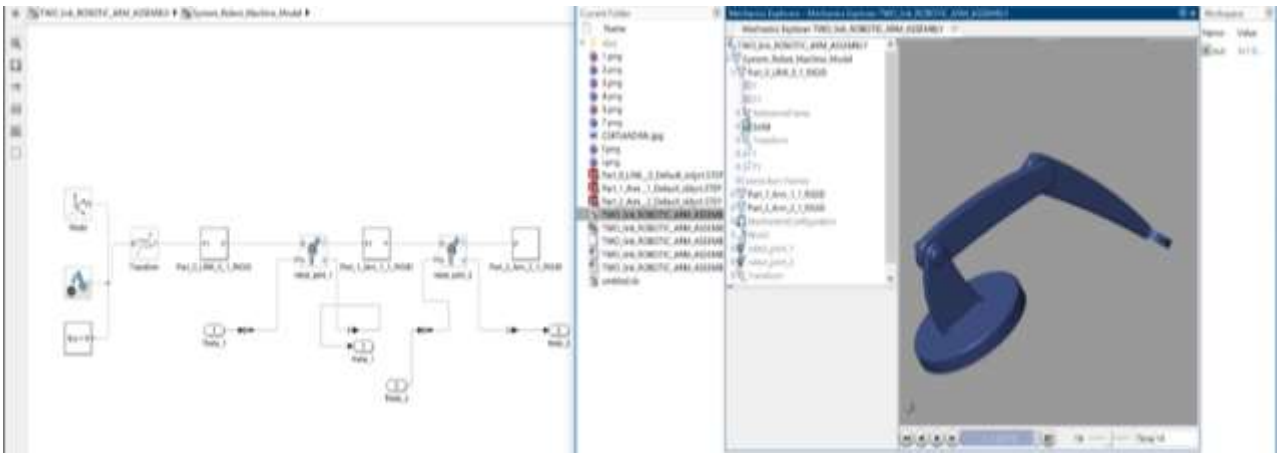

Рис. 2. Конструкции и управления роботизированными манипуляторами

Создание модели манипулятора в программная среда для моделирования

Проектирование 3D-модели роботизированного манипулятора и его составных частей. На этом этапе разрабатывается виртуальная 3D-модель манипулятора с использованием инструментов программная среда для моделирования и симуляции инженерных систем на рис. 3. Сначала создаются основные компоненты, такие как звенья и суставы манипулятора. Каждое звено моделируется с учетом его физических характеристик, таких как длина, масса и центр тяжести. Затем моделируются кинематические связи между звеньями, что позволяет задать структуру робота и его подвижность. Эта модель в программная среда для моделирования и симуляции инженерных систем станет основой для тестирования [2] различных контроллеров и проведения симуляций. В результате создается виртуальный аналог роботизированного манипулятора, который можно исследовать в условиях, максимально приближенных к реальным.

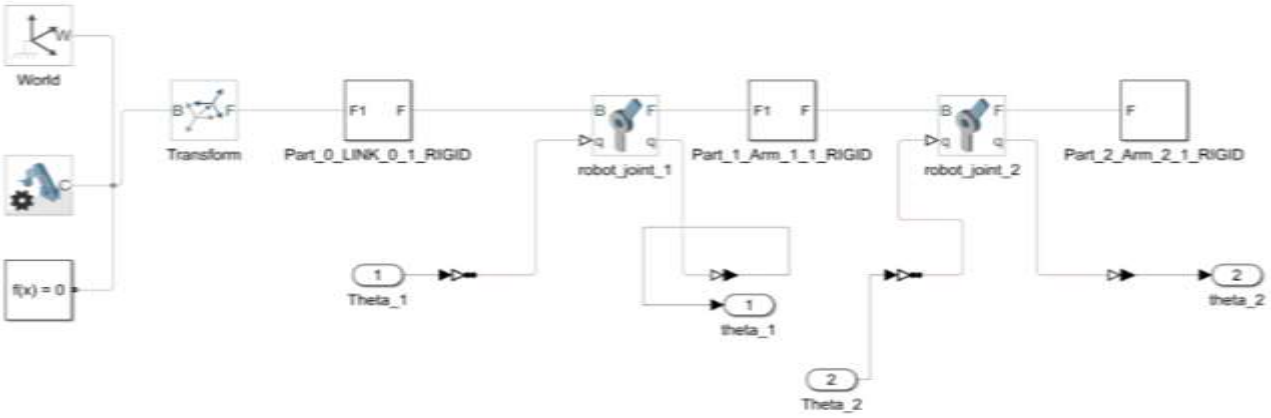

Рис. 3. Разрабатывается виртуальная 3D-модель манипулятора с использованием инструментов программная среда для моделирования

Настройка ПИД-контроллера

Подбор и настройка ПИД-контроллера для управления звеньями манипулятора на рис. 4. После создания модели манипулятора необходимо настроить ПИД-контроллер, который будет управлять движением каждого звена. На этом этапе подбираются параметры ПИД-контроллера: пропорциональная, интегральная и дифференциальная составляющие. Эти параметры определяют, насколько точно манипулятор будет следовать заданной траектории.

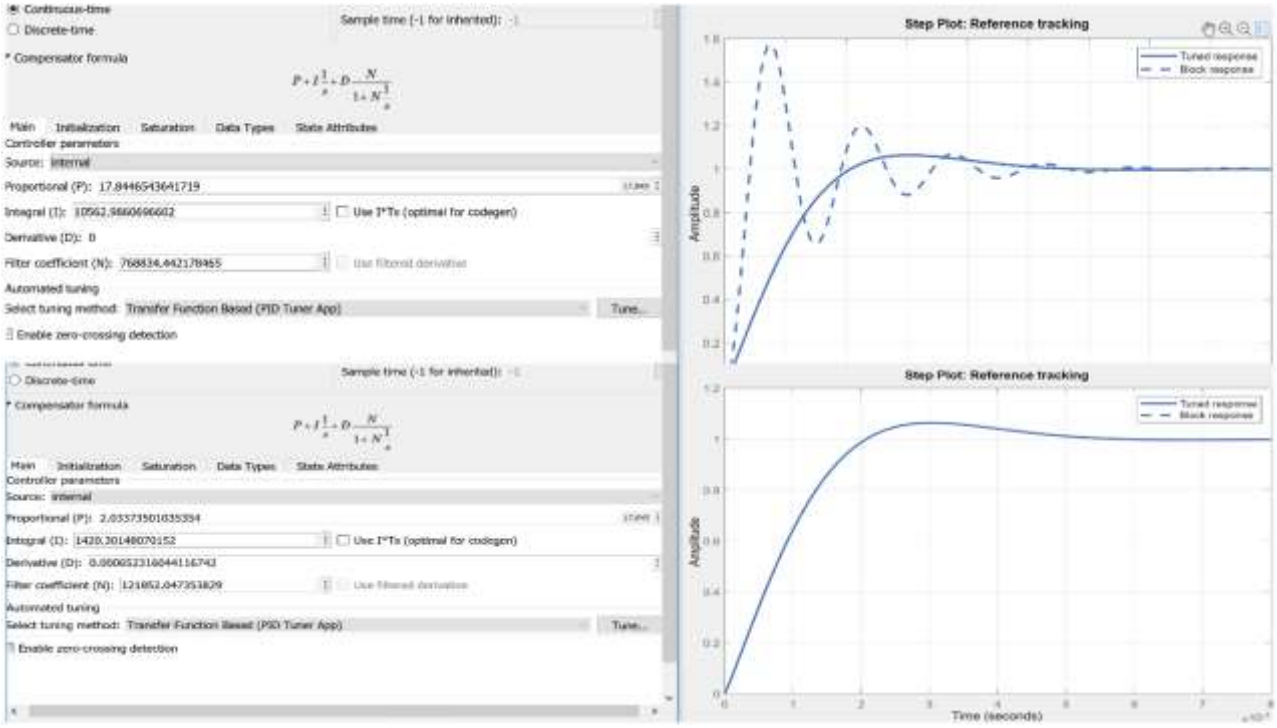

Рис. 4. Настройка ПИД-контроллера для управления звеньями манипулятора

Симуляция в программная среда для моделирования

Проведены симуляции поведения манипулятора в условиях, близких к реальным. В процессе моделирования проверена точность движения, время отклика и устойчивость системы, что позволило улучшить настройки контроллера.

Названия даннные из рис. 5, (*a*) График желаемой траектории движения в пространстве X–Y, (*b*) Сравнение желаемой и фактической траекторий (ось X и ось Y), (*c*) Изменение траектории движения при корректировке ПИД-контроллера, (*d*) Прямая кинематика: сравнение желаемой и фактической траекторий для осей X и Y.

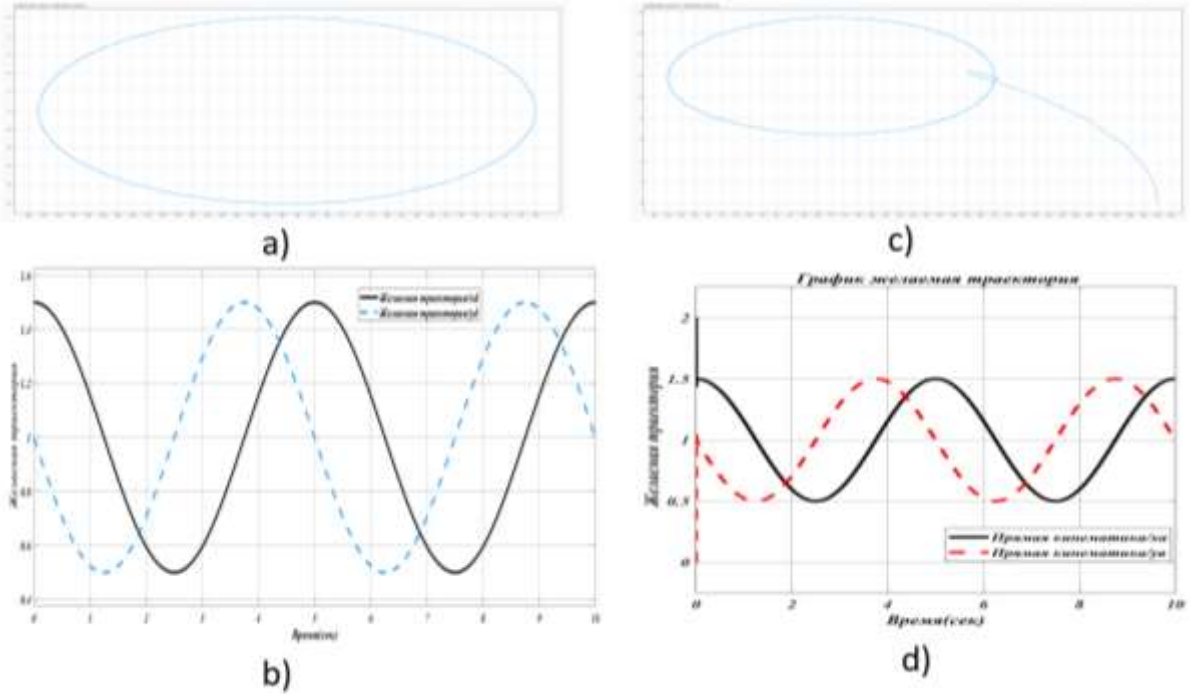

Рис. 5. Графики траекторий движения манипулятора в процессе моделирования

Практическая реализация на Dobot CR3

На текущем этапе проводятся симуляции работы роботизированного манипулятора Dobot CR3 для проверки корректности настроек ПИД-контроллера. Эти симуляции являются важным этапом перед практическим тестированием на реальном оборудовании. Кроме того, в процессе разработки находится программный файл для загрузки в Dobot CR3, а также пользовательский интерфейс [3–5] (GUI), который упростит управление манипулятором. Данная работа направлена на создание удобного инструмента, который позволит эффективно тестировать и внедрять алгоритмы управления в практические приложения.

Рис. 4. Симуляции работы роботизированного манипулятора Dobot CR3

Заключение

Работа по проектированию роботизированного манипулятора с использованием ПИД-контроля продемонстрировала возможности моделирования и управления сложными механическими системами. Моделирование в Simulink и Simscape позволило создать точную физическую модель манипулятора Dobot CR3, а настройка ПИД-контроллера обеспечила эффективное управление движением звеньев манипулятора.

Проведённые симуляции подтвердили корректность разработанных алгоритмов, что стало основой для дальнейшей работы над практической реализацией. В настоящее время осуществляется создание управляющих файлов и пользовательского интерфейса (GUI) для интеграции системы в реальные условия. Эти шаги направлены на достижение полной автоматизации процессов управления манипулятором Dobot CR3 и повышение точности выполнения его задач.

Список литературы

1. Джон Дж. Крейг. Введение в робототехнику: механика и управление: учебное пособие. – 4-е изд. – Москва: Pearson, 2020. – 400 с.

2. Сицилиано Б., Хатиб О. (ред.). Справочник по робототехнике. – 2-е изд. – Берлин: Springer, 2016. – 1624 с.

3. Добот. CR3 Промышленный манипулятор: техническая документация. – URL: https://www.dobot.cc/products/cr3 (дата обращения: 16.11.2024).

4. MathWorks. Simscape Multibody: документация. – URL: https://www.mathworks.com/help/physmod/sm/index.html (дата обращения: 16.11.2024).

5. ПИД-контроль для робототехнических систем: современные методы и приложения // IEEE Transactions on Robotics. – 2024. – № 5. – С. 35–47. – URL: https://ieeexplore.ieee.org (дата обращения: 16.11.2024).