

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет ИТМО»
(Университет ИТМО)

Факультет систем управления и робототехники

Отчёт
по практическому заданию №4

по дисциплине:
Имитационное моделирование робототехнических систем

Студент:
Группа № R4134с

К.С. Хитушкин

Предподаватель:
Ассистент ФСУиР

Е.А. Ракин

Санкт-Петербург
2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	4
1.1 Добавление актуаторов и сенсоров	4
1.2 Синтез регулятора	5
1.3 Результаты	5
ВЫВОД.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы:

Освоить моделирование плоских механизмов в среде MuJoCo с использованием сенсоров и актуаторов, а также научиться реализовывать управление через регуляторы.

Задание:

1. К ранее созданной модели механизма добавить актуаторы. Для механизма с сухожилиями два актуатора ($q1$ и $q2$).
2. Изменить .xml файл, добавив контейнеры `<actuator>` и `<sensor>`.
3. Определить управляющее воздействие через PD-регулятор. Желаемое положение задаётся формулой

$$q^{des} = AMP \cdot \sin(FREQ \cdot t) + BIAS.$$

Заданная система представлена на рисунке 1.

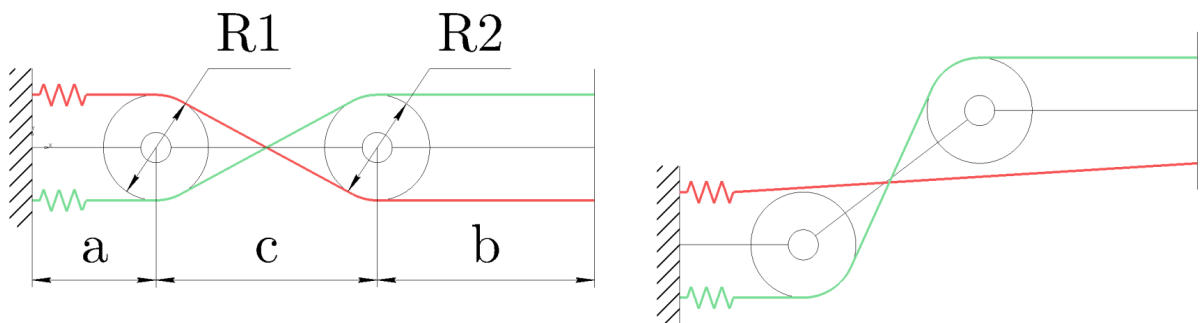


Рисунок 1 — Заданная система

Заданные параметры механизма:

$$R_1 = 0.025 \text{ м}, \quad R_2 = 0.049 \text{ м}, \quad a = 0.068 \text{ м}, \quad b = 0.056 \text{ м}, \quad c = 0.091 \text{ м}.$$

Параметры управляющих функций:

$$\begin{aligned} q1: AMP &= 51.86^\circ, \quad FREQ = 3.47 \text{ Гц}, \quad BIAS = 19.6^\circ, \\ q2: AMP &= 29.54^\circ, \quad FREQ = 1.02 \text{ Гц}, \quad BIAS = 9.9^\circ. \end{aligned}$$

1 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Добавление актуаторов и сенсоров

Вид исходной модели робота представлен на рисунке рисунке 2.

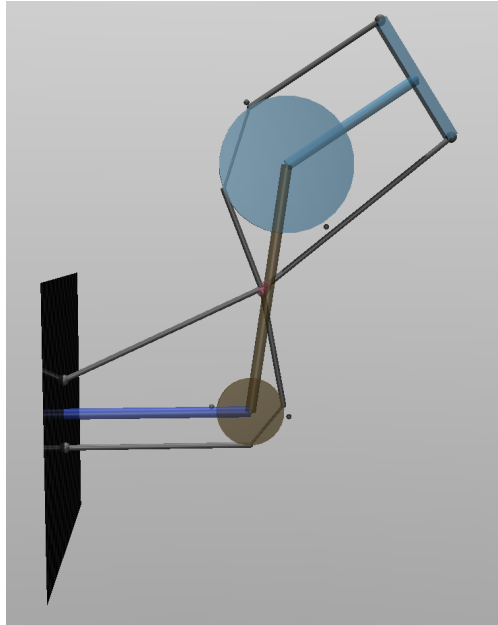


Рисунок 2 — Вид модели механизма в произвольном положении

К модели были добавлены актуаторы для обоих шарниров (q_1 и q_2), а также сенсоры. Фрагмент описания актуаторов и сенсоров приведён в листинге 1.1.

Листинг 1.1 — Фрагмент описания актуаторов и сенсоров модели

```
1 <actuator>
2   <motor name="motor_A" joint="A" ctrlrange="-10_10"/>
3   <motor name="motor_B" joint="B" ctrlrange="-10_10"/>
4 </actuator>
5 <sensor>
6   <jointpos joint="A"/>
7   <jointvel joint="A"/>
8   <jointpos joint="B"/>
9   <jointvel joint="B"/>
10 </sensor>
```

1.2 Синтез регулятора

Целевые значения для углов шарниров в соответствии с заданием были заданы функциями, представленными в листинге 1.2.

Листинг 1.2 — Целевые функции

```
1 AMP1, FREQ1, BIAS1 = math.radians(51.86), 3.47, math.radians(19.6)
2 AMP2, FREQ2, BIAS2 = math.radians(29.54), 1.02, math.radians(9.9)
3
4 def qdes1(t, AMP, FREQ, BIAS):
5     return AMP * np.sin(FREQ * t) + BIAS
6 def qdes2(t, AMP, FREQ, BIAS):
7     return AMP * np.sin(FREQ * t) + BIAS
8 def qd_des1(t, AMP, FREQ):
9     return AMP * FREQ * np.cos(FREQ * t)
10 def qd_des2(t, AMP, FREQ):
11     return AMP * FREQ * np.cos(FREQ * t + np.pi/2)
```

Для управления использовался PD регулятор, реализация которого представлена в листинге 1.3. Для управления каждым шарниром использовался отдельный регулятор. Параметры для первого шарнира $K_P = 150$ и $K_D = 0.1$. Для второго $K_P = 15$ и $K_D = 0.01$.

Листинг 1.3 — Реализация DP регулятора

```
1 def pd_control(q, qd, q_des, qd_des, kp, kd):
2     return kp * (q_des - q) + kd * (qd_des - qd)
```

1.3 Результаты

На рисунке 3 приведено сравнение графиков зависимости целевого и реального значения обобщённых координат от времени.

На рисунке 4 приведены графики зависимости ошибок между целевыми и реальными значениями обобщённых координат от времени.

Траектория движения эффектора представлена на рисунке 5.

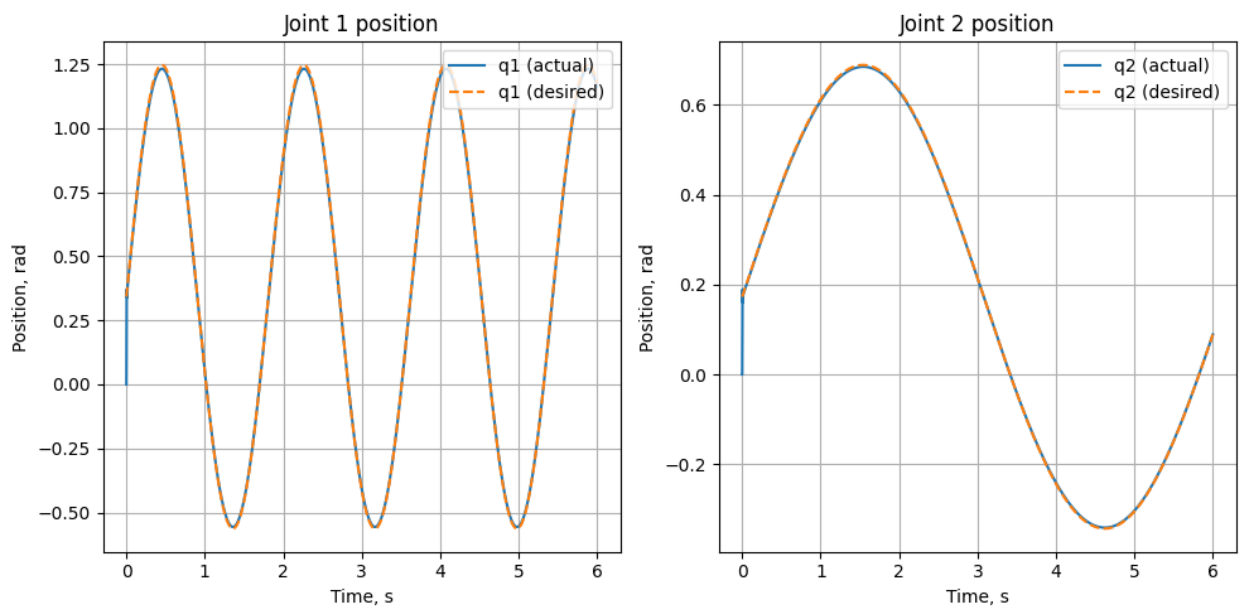


Рисунок 3 — Сравнение графиков зависимости целевого и реального значения обобщённых координат от времени

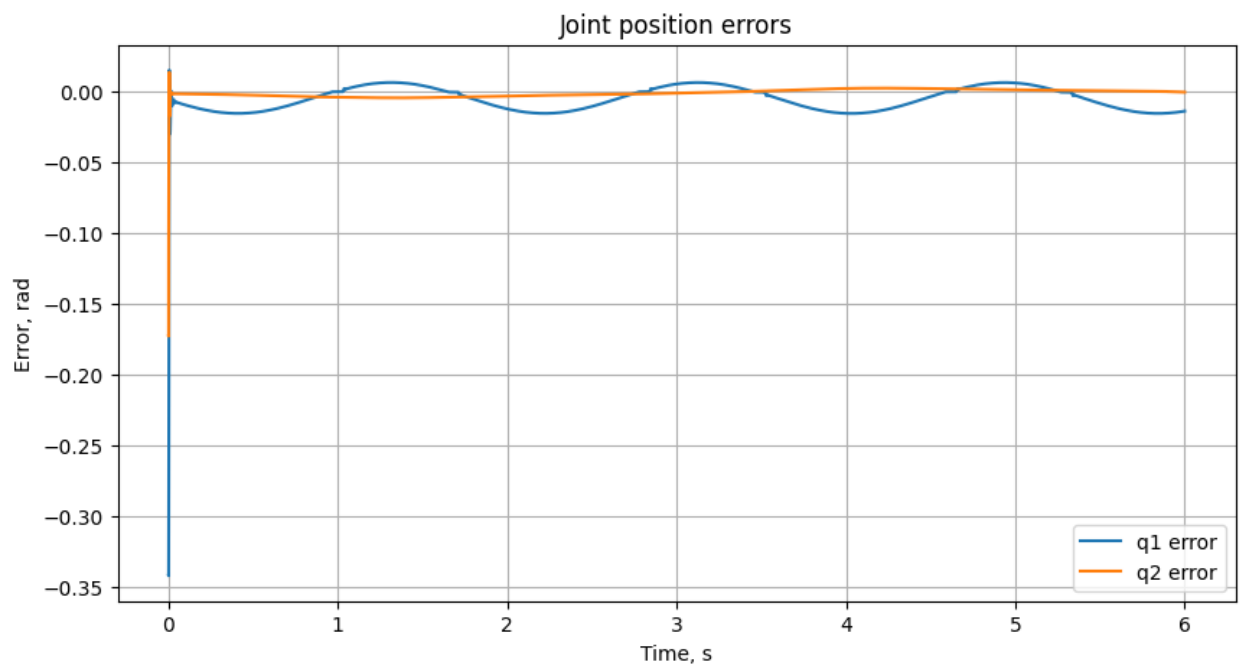


Рисунок 4 — Графики зависимости ошибок между целевыми и реальными значениями обобщённых координат от времени

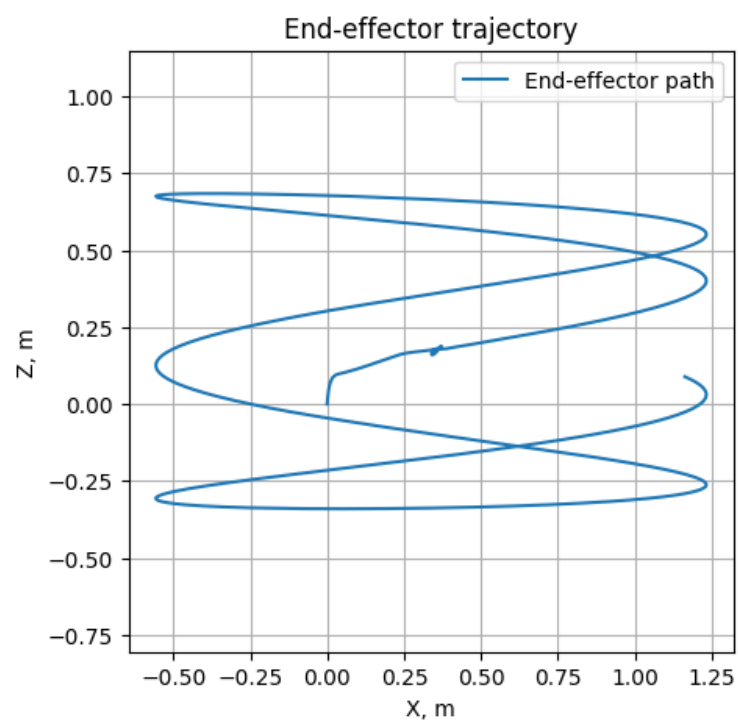


Рисунок 5 — Траектория движения эффектора механизма

ВЫВОД

В ходе работы была модифицирована модель механизма: добавлены актуаторы для обоих шарниров и сенсоры для получения их положения и скорости. Реализован PD-регулятор для слежения за заданными значениями обобщённых координат. Проведённые эксперименты показали, что модель устойчиво следует целевым траекториям, а ошибки остаются в допустимых пределах.