



**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»
(ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»)**

Институт цифровых интеллектуальных систем

Кафедра робототехники и мехатроники

Учебный курс «Современные методы управления в робототехнике и мехатронике»

**ОТЧЁТ
по лабораторной работе №2
на тему:
«Создание адаптивной системы управления двухзвенным
манипулятором»**

Выполнил:

студент группы АДМ-21-06

(дата)

(подпись)

Морозов В.В.

(ФИО)

Принял

преподаватель:

(дата)

(подпись)

Колесниченко Р.В.

(ФИО)

Оценка: _____

Дата: _____

Москва 2021

Цель: повысить качество переходных процессов системы управления двухзвенным манипулятором при изменяющемся моменте инерции его звеньев в процессе работы.

Задачи: преобразовать систему управления двухзвенного манипулятора в адаптивную систему, решающую задачу идентификации изменяющегося момента инерции.

Ход выполнения работы

- 1) Запустите Matlab и Simulink. Запустите модель Robot_2_links. Изучите структуру системы управления.
- 2) Запустите файл Robot_2_links_params в рабочем пространстве Matlab.

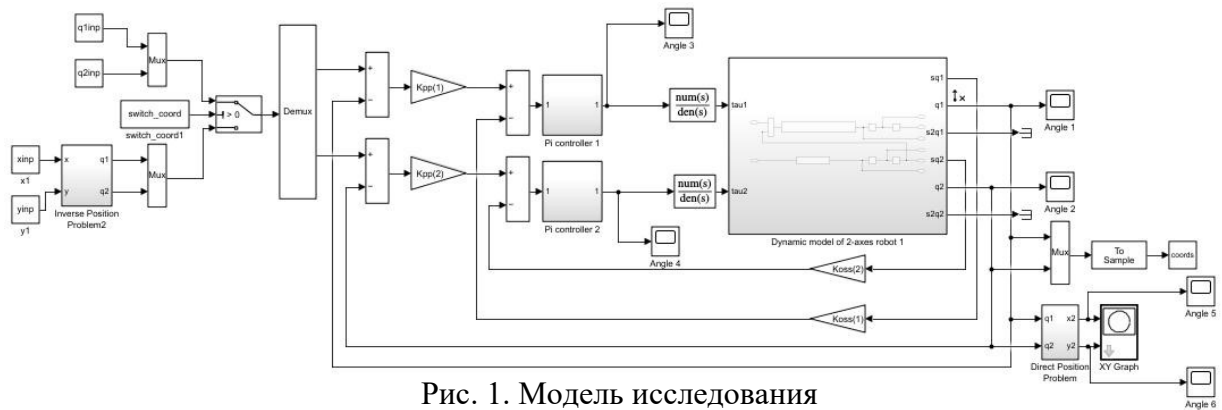


Рис. 1. Модель исследования

- 3) Подберите регуляторы приводов робота без груза ($m_{load}=0$) так, чтобы выполнялись условия:

- перерегулирование отсутствует;
- колебательность отсутствует;
- длительность переходного процесса минимальна;
- установившаяся ошибка равна 0.

%%Задание параметров 2-х звенного робота

```
co = 1;
m2load = 0; %кг, масса груза, переносимого роботом
m1 = 15; %кг, масса первого звена
m2link = 25; %кг, масса второго звена
m2 = m2link+m2load; %кг, масса второго звена с грузом
l1 = 0.6; %м, длина первого звена
l2 = 0.4; %м, длина второго звена
i = 100; %передаточное отношение редукторов обоих приводов
```

```
Koss = [1 1]; %коэффициент обратной связи по скорости
```

```
T = [0.02 0.01]; %постоянная времени, характеризующая частоту среза контура тока
%передаточное отношение редукторов обоих приводов
```

```
Jrot = [0.0037 0.0008]; %кг/м^2, момент инерции роторов двигателей (первого и второго звеньев)
```

```
J = [l1^2*m1+l1^2*m2+l2^2*m2+2*l1*l2*m2*co l2^2*m2];
Jmin = l1^2*m1+l1^2*m2+l2^2*m2+2*l1*l2*m2*(-1)+Jrot(1)
Jmax = l1^2*m1+l1^2*m2+l2^2*m2+2*l1*l2*m2*1+Jrot(1)*i^2
```

%% Задание положения 2-х звенного робота

```
xinp = 0;
yinp = 0;
q1inp = 1;
q2inp = 1
```

switch_coord = 0; % переключение задания положения робота:

% 0 - задание x и y; 1 - задание обобщённых координат q1 и q2;

%%Настройка регуляторов система контуров подчинённого регулирования

```
%{
```

Настройка регуляторов

```
%}
```

```
Ki = [1.563 3.125];
```

```
Kp = [800 350];
```

```
Kpp = [0.05 0.05];
```

%Параметры генератора момента для активной системы идентификации момента инерции

```
A0 = 2.5; %Nm - амплитуда
```

```
W0 = 100; %рад/с - частота
```

```
tau_filt = 1/W0; % - постоянная времени избирательного фильтра
```

```
Ksi = 0.5; % - коэффициент демпфирования
```

4) После настройки регуляторов проведите эксперименты при разных задающих воздействиях робота и заполните таблицу 1. В данном случае момент инерции первого привода J1 меняется из-за наличия косинуса в матрице инерционных характеристик.

Таблица 1. Оработка приводами робота задающих воздействий без груза и с грузом.

№ при mload=0 кг	Привод первого звена			Привод второго звена				
	х, м	у, м	Ts,(длительность ПП), с	Перерегулирование, м	εуст, м	Ts,(длительность ПП), с	Перерегулирование, м	εуст, м
1	0.2	0.3	1.5	0,194	-0,0366	1	0,121	- 0,058
2	0	1	1.5	0.196	-0.0206	0	0	0
3	0.2	0	1.5	0.194	~0	1	0.121	- 0.074
4	-1	0	1.5	0.201	-0.4133	0	0	0
	-	-						-

5	0.7069	0.7069	1.5	0.197	0.3122	1	0.12	0.001
mload=45 кг								
1	- 0.7069	- 0.7069	2	0.162	0.5202	0.8	0.107	- 0.002
2	0.2	0.3	2	0.161	-0.058	0.8	0.109	-0.09

Рис. 2. Выходной сигнал с ПИ-регулятора при $x=0.2$ м, $y=0.3$ м

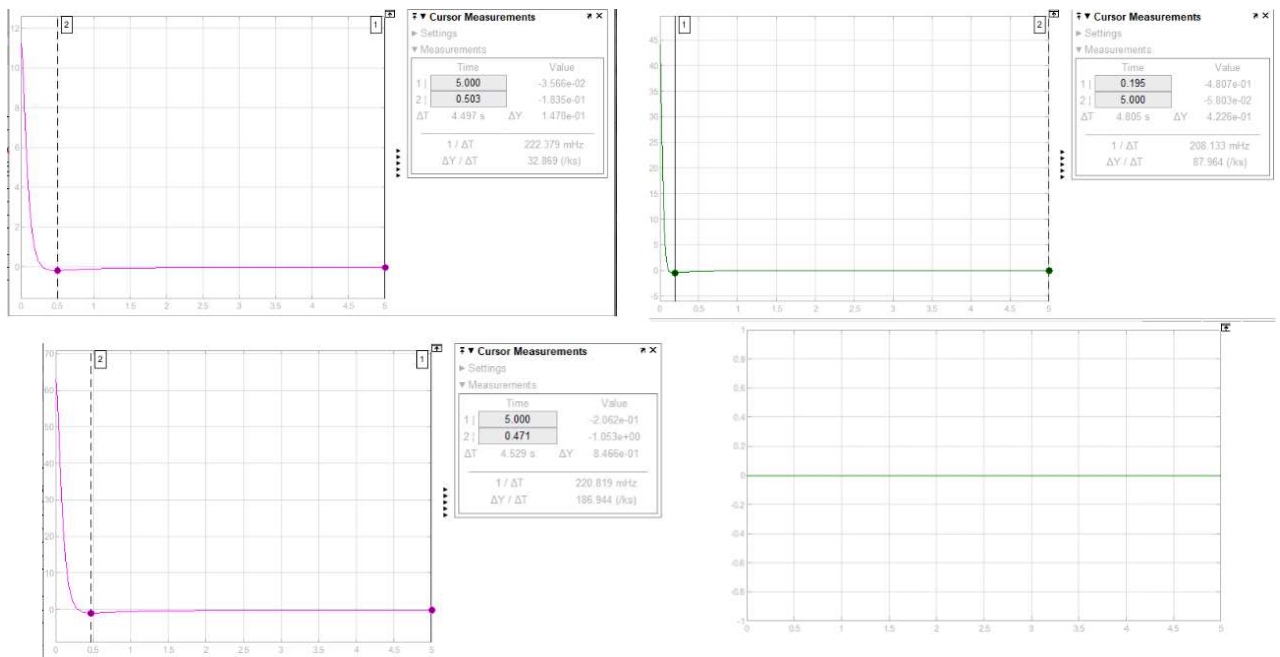


Рис. 3. Выходной сигнал с ПИ-регулятора при $x=0$ м, $y=1$ м

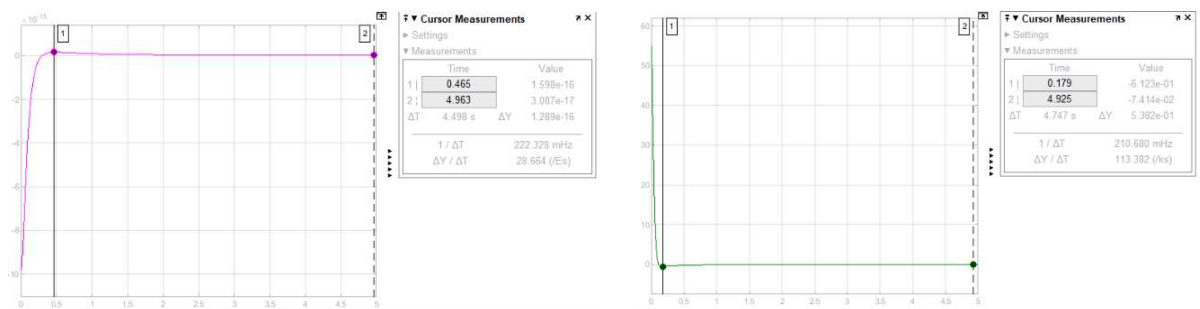


Рис. 4. Выходной сигнал с ПИ-регулятора при $x=0.2$ м, $y=0$ м

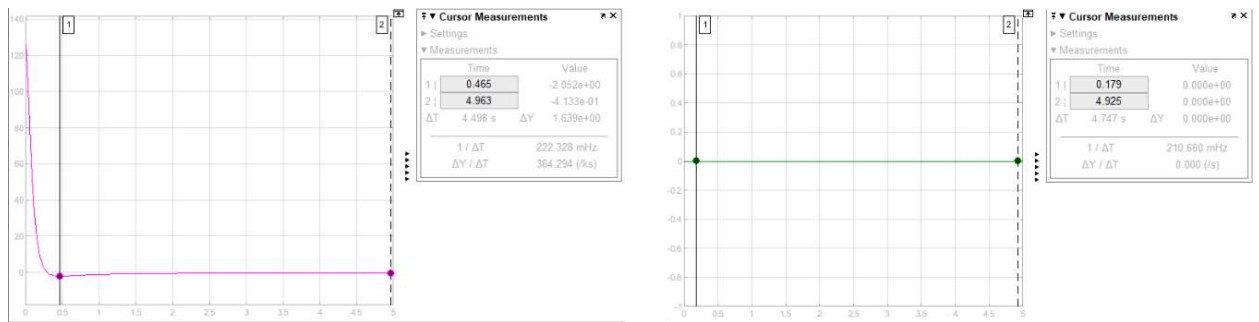


Рис. 5. Выходной сигнал с ПИ-регулятора при $x=-1$ м, $y=0$ м

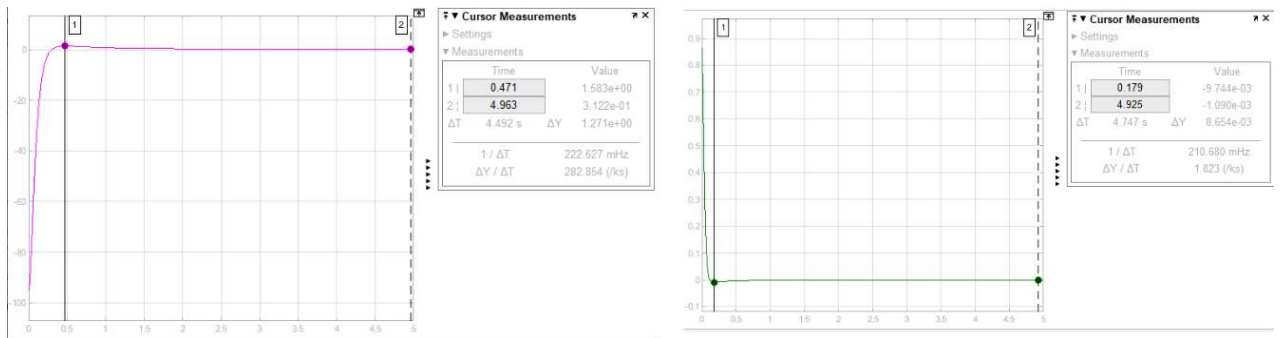


Рис. 6. Выходной сигнал с ПИ-регулятора при $x=-0.7069$ м, $y=-0.7069$

5) Добавьте груз в схват робота, $m_{load}=45$ кг. При тех же значениях коэффициентов усиления регуляторов наблюдайте переходные процессы. Из таблицы 1 выберите 2 набора координат x и y , при которых качество переходных процессов наихудшее, и для них заполните последние 2 строки таблицы 1.

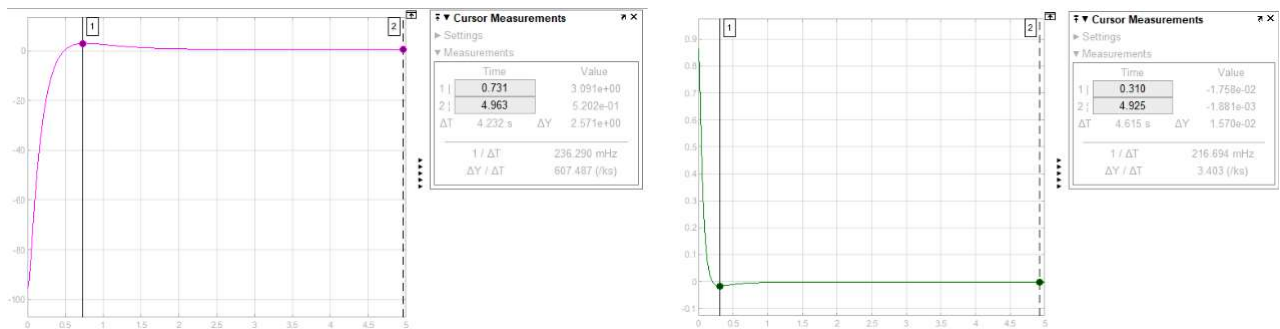


Рис. 7. Выходной сигнал с ПИ-регулятора при $x=-0.7069$ м, $y=-0.7069$

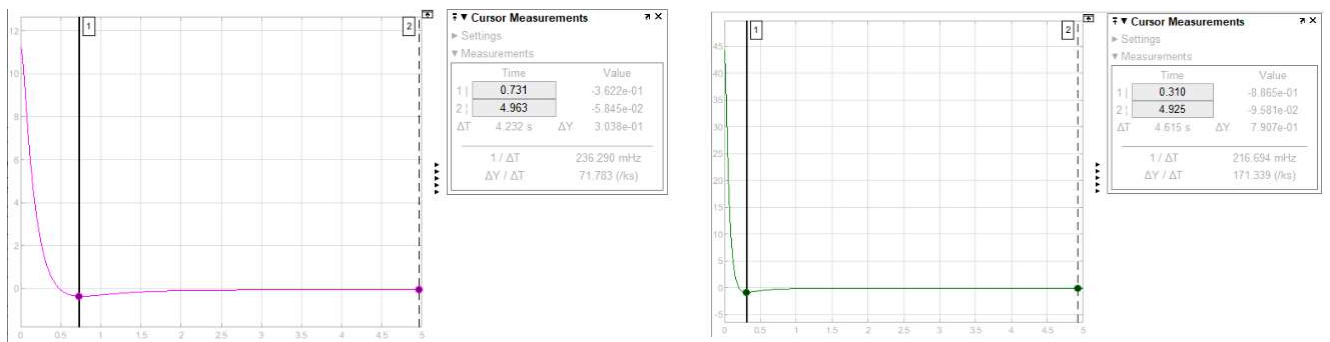


Рис. 8. Выходной сигнал с ПИ-регулятора при $x=0.2$ м, $y=0.3$

Вывод: После добавления груза к схвату робота в первом звене увеличились перерегулирование и установившаяся ошибка, а во втором звене наоборот уменьшились. Это вызвано тем, что при добавлении груза увеличится масса второго звена, что вызовет увеличение момента инерции.

б) Преобразуйте систему управления робота в адаптивную систему, учитывающую изменение момента инерции в зависимости от массы груза и положения звеньев манипулятора.

Предполагается, что нам заранее известны длины и массы звеньев, примерная масса груза, переносимого роботом, моменты инерции роторов двигателей и передаточные отношения редукторов. На основе этих данных можно решить задачу идентификации момента инерции (см. уравнения 1, 2), изменяющегося в зависимости от массы груза и угла положения звеньев робота. Структура адаптивной системы управления приведена на рис. 9. Для её создания выполните следующие действия:

- после регулятора скорости вставьте умножитель, на который подаются идентифицированные (рассчитанные) значения момента инерции.
- подстройте коэффициент усиления пропорциональной составляющей ПИ-регулятора скорости, разделив его на среднее значение момента инерции звена робота (при $\cos q_2 = 0$).

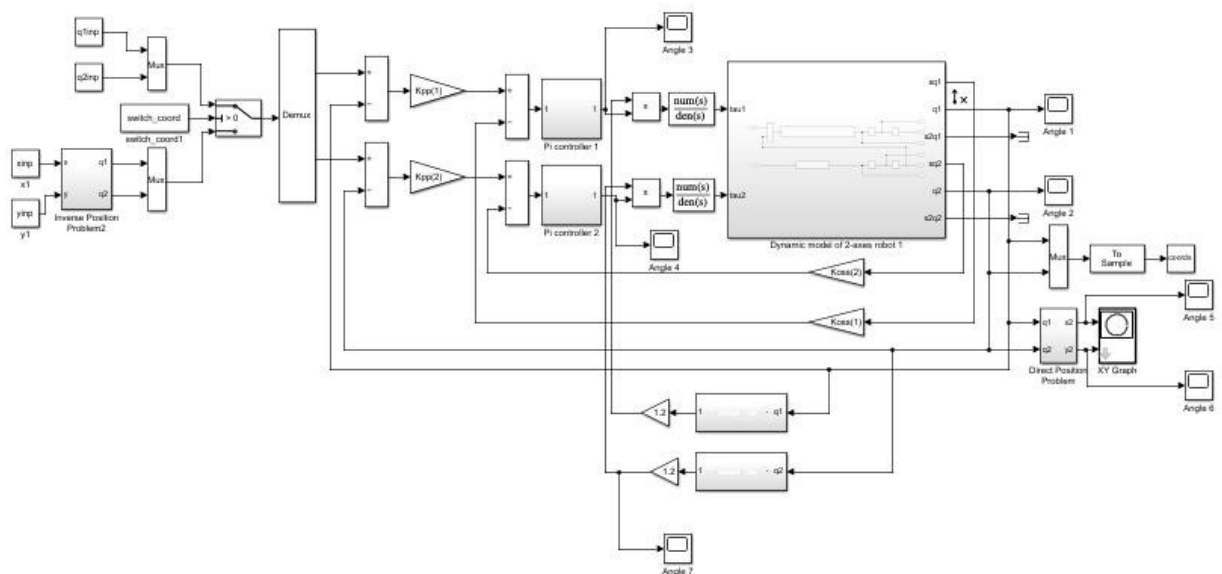


Рис. 9. Структура адаптивной системы управления

7) После создания структуры адаптивной системы и подстройки регулятора скорости проведите эксперименты при разных задающих воздействиях робота и заполните таблицу 2.

Таблица 2. Отработка приводами робота задающих воздействий при адаптивной системе управления.

№ при mload= 45 кг			Привод первого звена			Привод первого звена		
	х, м	у, м	Ts,(длит ть ПП), с	Перерегу лирование, м	εуст, м	Ts,(длит ть ПП), с	Перерегу лирование, м	εуст, м
1	0.2	0.3	2	0.15	- 5.085 7* 10 ⁻⁴	4.5	0.104	- 5.066* 10 ⁻³
2	0	1	8	0.04	- 8.039 * 10 ⁻³	0	0	0
3	0.2	0	2	0.09	0	5.5	0.06	- 5.587* 10 ⁻³
4	-1	0	20	0.18	- 6.674 * 10 ⁻⁵	0	0	0
5	- 0.70 69	- 0.70 69	11	0.11	9.825 * 10 ⁻⁴	1	0.09	- 1.849* 10 ⁻⁴

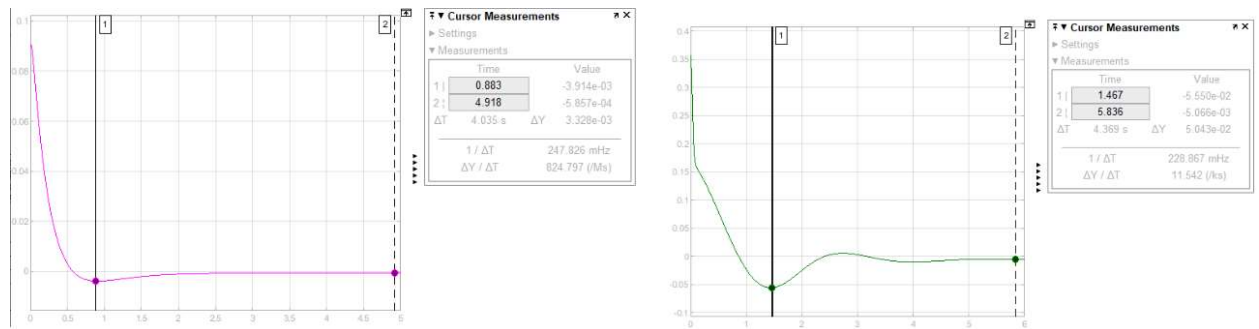


Рис. 11. Выходной сигнал с ПИ-регулятора при $x=0.2$ м, $y=0.3$

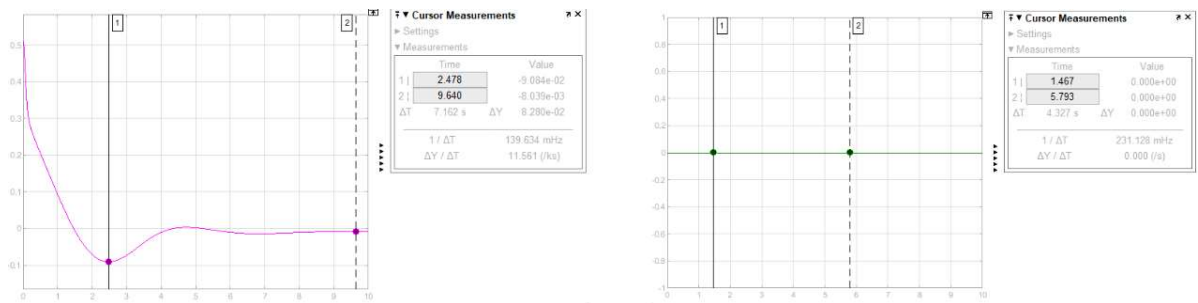


Рис. 12. Выходной сигнал с ПИ-регулятора при $x=0$ м, $y=1$

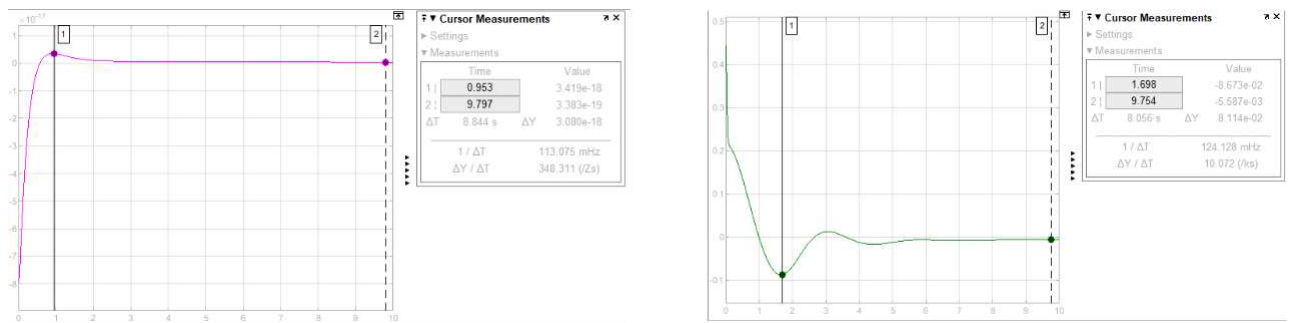


Рис. 13. Выходной сигнал с ПИ-регулятора при $x=0.2$ м, $y=0$

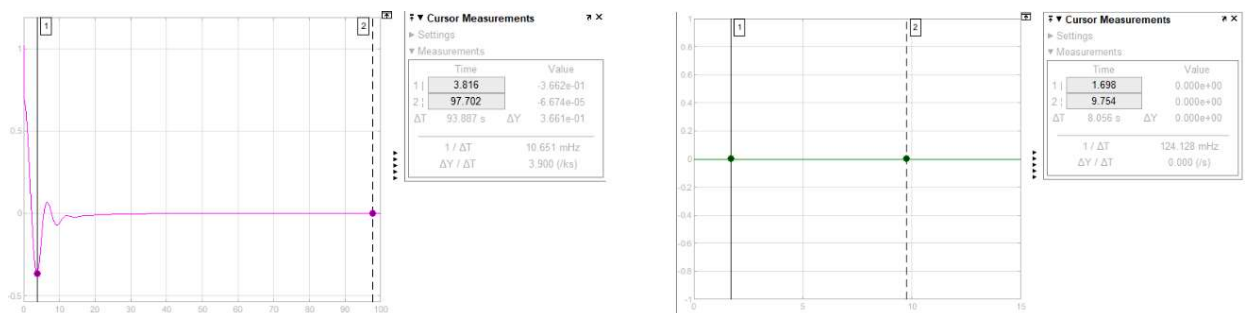


Рис. 14. Выходной сигнал с ПИ-регулятора при $x=-1$ м, $y=0$

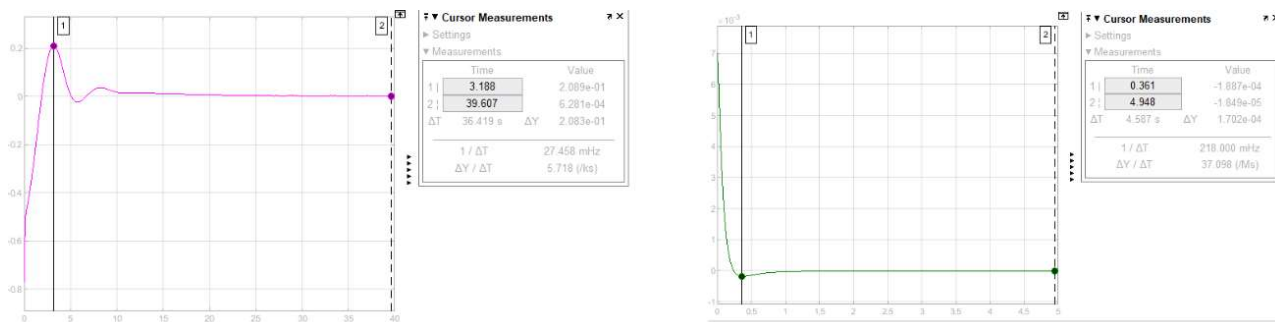


Рис. 15. Выходной сигнал с ПИ-регулятора при $x=-0.7069$ м, $y=-0.7069$

8) Предположим, что при решении задачи идентификации момента инерции ошибка идентификации составляет $\pm 20\%$. Это может быть вызвано неточными знаниями длин и массы звеньев, примерной массы груза, переносимого роботом.

Для моделирования такой ситуации умножьте идентифицированный момент инерции на коэффициенты 0.8 и 1.2. Наблюдайте переходные процессы. Из таблицы 2 выберите 2 набора координат x и y , при которых качество переходных процессов наихудшее, и для них заполните последние 2 строки таблицы 3.

Таблица 3. Отработка приводами робота задающих воздействий при адаптивной системе управления

№ при $m_{load} =$ 45 кг			Привод первого звена			Привод второго звена		
	x , м	y , м	T_s , (длительность ПП), с	Перерегулирование, м	$\epsilon_{уст}$, м	T_s , (длительность ПП), с	Перерегулирование, м	$\epsilon_{уст}$, м
$K=1.2$								
1	0.2	0.3	3	0.008	$-2.426 \cdot 10^{-4}$	5	0.07	$-1.77 \cdot 10^{-3}$
2	-0.7069	-0.7069	15	0.14	$7.899 \cdot 10^{-4}$	1	0.09	$-1.54 \cdot 10^{-5}$
$K=0.8$								
1	0.2	0.3	3	0.07	$-3.636 \cdot 10^{-4}$	7	0.16	$-2.698 \cdot 10^{-3}$
2	-0.7069	-0.7069	18	0.17	$1.175 \cdot 10^{-3}$	1	0.09	$-2.237 \cdot 10^{-4}$

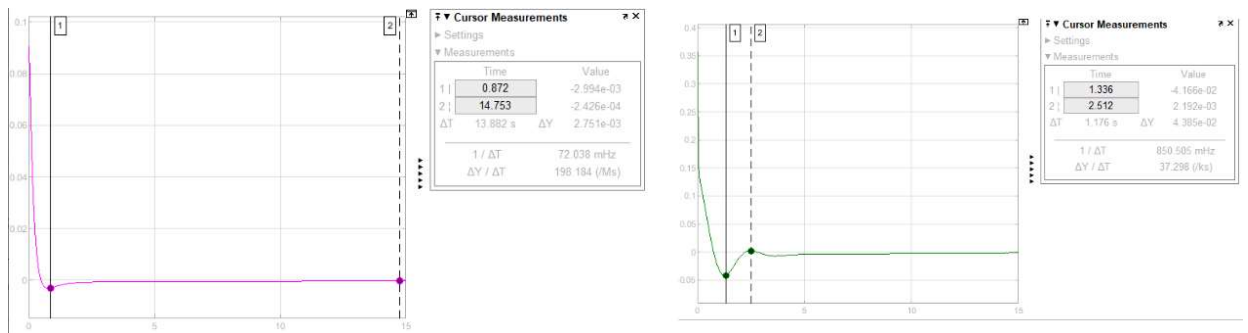


Рис. 16. Выходной сигнал с ПИ-регулятора при $k=1.2$, $x=0.2$ м, $y=0.3$

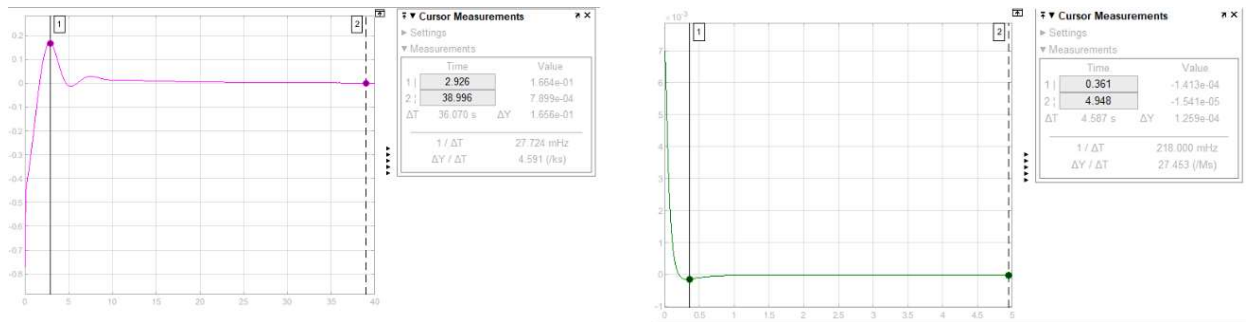


Рис. 17. Выходной сигнал с ПИ-регулятора при $k=1.2$, $x=-0.7069$ м, $y=-0.7069$

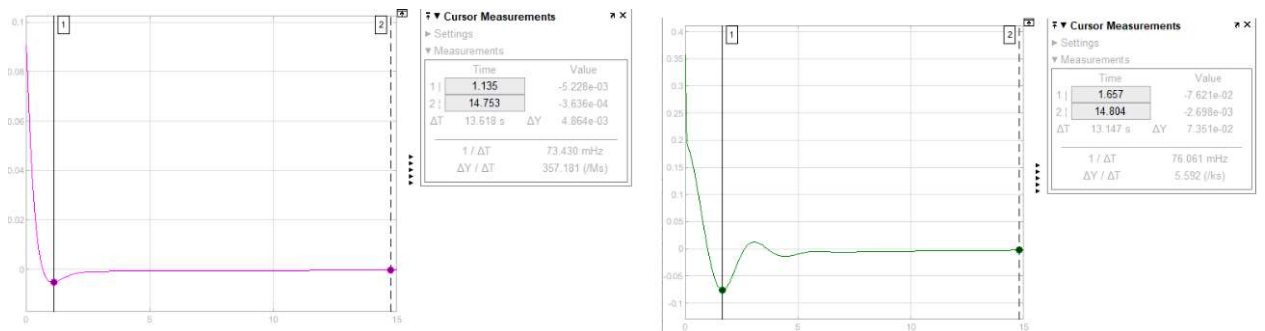


Рис. 18 Выходной сигнал с ПИ-регулятора при $k=0.8$, $x=0.2$ м, $y=0.3$

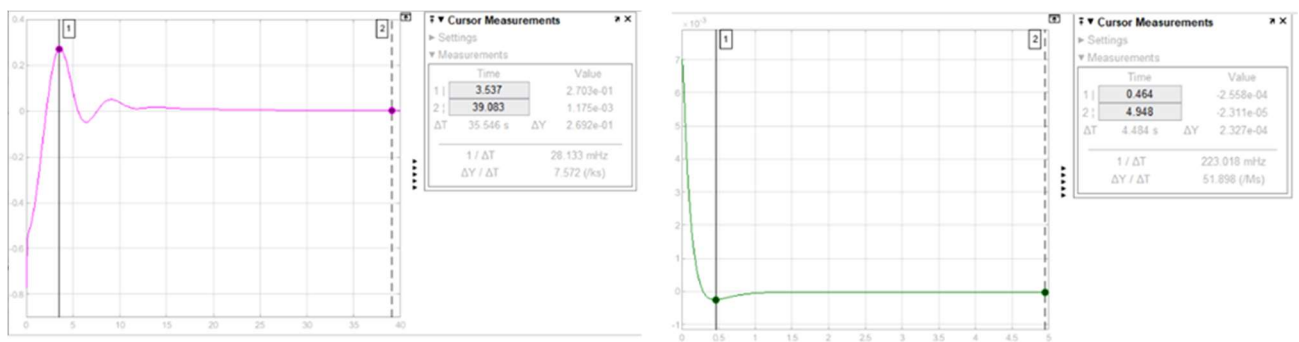


Рис. 19. Выходной сигнал с ПИ-регулятора при $k=0.8$, $x=-0.7069$ м, $y=-0.7069$

Вывод: адаптивная система управления позволяет повысить качество переходных процессов при изменяющемся моменте инерции.

Ответы на вопросы

- 1) Поясните структуру адаптивной системы управления.

При значительном изменении момента инерции подсистема регулирования скорости и привод могут стать неработоспособными. Для поддержания стабильного значения частоты среза разомкнутой подсистемы регулирования скорости необходимо ввести адаптивную коррекцию, которая должна изменять коэффициент усиления регулятора скорости пропорционально моменту инерции звеньев. Этого можно добиться добавлением умножителя в прямую цепь подсистемы регулирования скорости, на один из входов которого подаётся вычисленное или измеренное корректирующее воздействие, пропорциональное моменту инерции подвижных частей.

В общем случае, структура адаптивной системы включает 3 основных элемента: объект управления с переменными параметрами, регулятор с изменяемыми параметрами и устройство адаптации.

2) Поясните структуру динамической модели робота.

В работе принято допущение, что массы звеньев робота сосредоточены на их концах. Также, в рабочем пространстве манипулятора отсутствуют препятствия и на его движения не накладываются никакие ограничения.

Динамическая модель робота содержит две передаточные функции, относящихся к первому и второму звену соответственно. На выходе мы получаем угловые ускорения звеньев.

3) Что вызывает изменение момента инерции звеньев робота?

Изменение моментов инерции звеньев ротора вызывает наличие косинуса в матрице инерционных характеристик.

4) Объясните, почему для создания адаптивной системы необходимо изменить коэффициент усиления пропорциональной составляющей ПИ-регулятора скорости?

Это необходимо для того, чтобы улучшить переходные характеристики. В противном случае колебательность и перерегулирование выходного сигнала будут высокими, а переходный процесс – долгим.