



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Факультет: «Специальное машиностроение»

Кафедра: «Робототехнические системы и мехатроника»

Лабораторная работа № 5

по курсу «Теория автоматического управления»

Вариант 14

Выполнил: Садовец Роман
Группа: СМ7-62Б

Проверил(а):

Москва, 2024 г.

1. Построение динамической модели трехзвенного манипуляционного робота

В этом задании необходимо разработать модель трехзвенного манипулятора, кинематическая схема которого представлена на рисунке 1, где К – узел качения, Р – узел ротации (см. рис. 2)

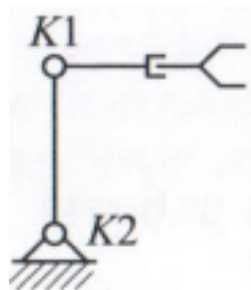


Рис. 1. Кинематическая схема манипулятора

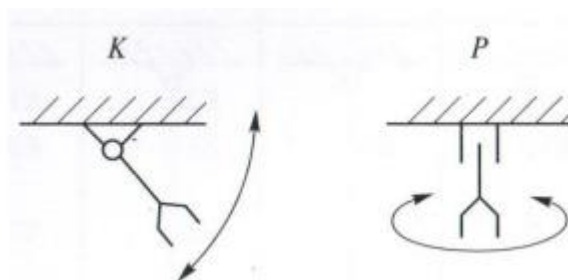


Рис. 2. Обозначение узлов на кинематической схеме

В каждом из звеньев присутствует модель привода, обобщенная структурная схема которого представлена на рисунке 3.

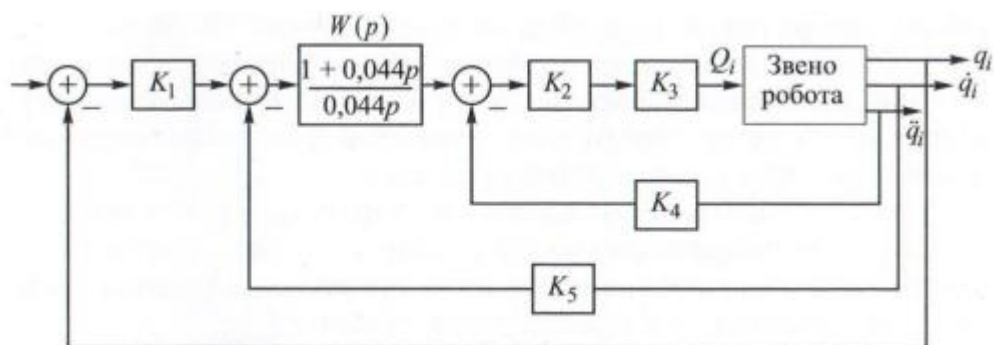


Рис. 3. Обобщенная структурная схема привода

Параметры для всех типов звеньев в разрабатываемой кинематической схеме запишем в виде кода MATLAB.

```

%% Params of K1
K1_l = 0.7;           % lenght, m
K1_I_xx = 9.4;        % moment of inertia I_xx, kg*m^2
K1_I_yy = 9.4;        % moment of inertia I_yy, kg*m^2
K1_I_zz = 0.7;        % moment of inertia I_zz, kg*m^2
K1_m = 46;            % mass, kg
K1_d = 19.4;          % diameter of element, cm
K1_K1 = 3880;          % K1
K1_K2 = 2.94;          % K2
K1_K3 = 96;            % K3
K1_K4 = 0.044;         % K4
K1_K5 = 156;           % K5

%% Params of K2
K2_l = 0.55;           % lenght, m
K2_I_xx = 16.5;        % moment of inertia I_xx, kg*m^2
K2_I_yy = 16.5;        % moment of inertia I_yy, kg*m^2
K2_I_zz = 0.7;        % moment of inertia I_zz, kg*m^2
K2_m = 78;            % mass, kg
K2_d = 24.7;          % diameter of element, cm
K2_K1 = 2330;          % K1
K2_K2 = 2.8;           % K2
K2_K3 = 117;           % K3
K2_K4 = 0.043;         % K4
K2_K5 = 94;            % K5

%% Params of P
P_l = 0.875;           % lenght, m
P_I_xx = 33.3;         % moment of inertia I_xx, kg*m^2
P_I_yy = 33.3;         % moment of inertia I_yy, kg*m^2
P_I_zz = 9.1;          % moment of inertia I_zz, kg*m^2
P_m = 194;             % mass, kg
P_d = 30.2;            % diameter of element, cm
P_K1 = 4202;           % K1
P_K2 = 2.97;           % K2
P_K3 = 120;            % K3
P_K4 = 0.055;          % K4
P_K5 = 168;            % K5

```

Создадим в среде MATLAB Simulink обобщенную структуру трёхзвенного манипулятора (рис. 4; файл в общем репозитории “Model_of_3DOF_manipulator” (см. прил. 1), где каждое звено (Link) соответствует указанному звену на рис. 1.

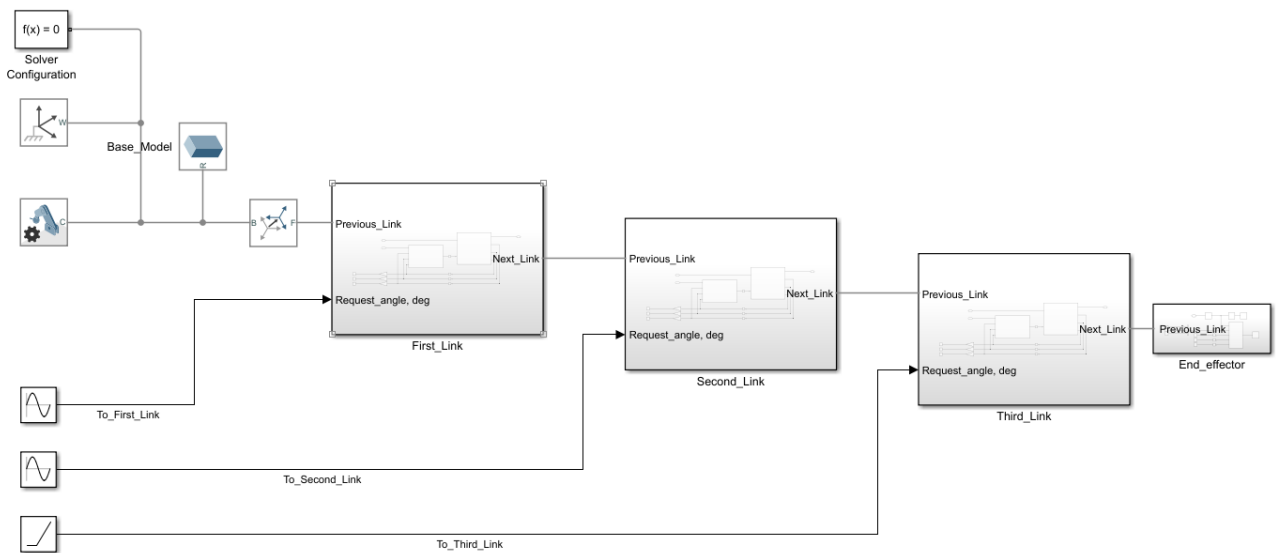


Рис. 4. Обобщенная структурная схема трёхзвенного манипулятора в Simulink

Детально рассмотрим каждое звено. Общая структура каждого звена можно представить так, как показано на рисунке 5 (привод и сам объект управления – звено). На рисунке 6 – модель привода, выполненная в Simulink, на рисунке 7 – модель физики звена. Они также схожи во всех звеньях, и отличаются лишь параметрами

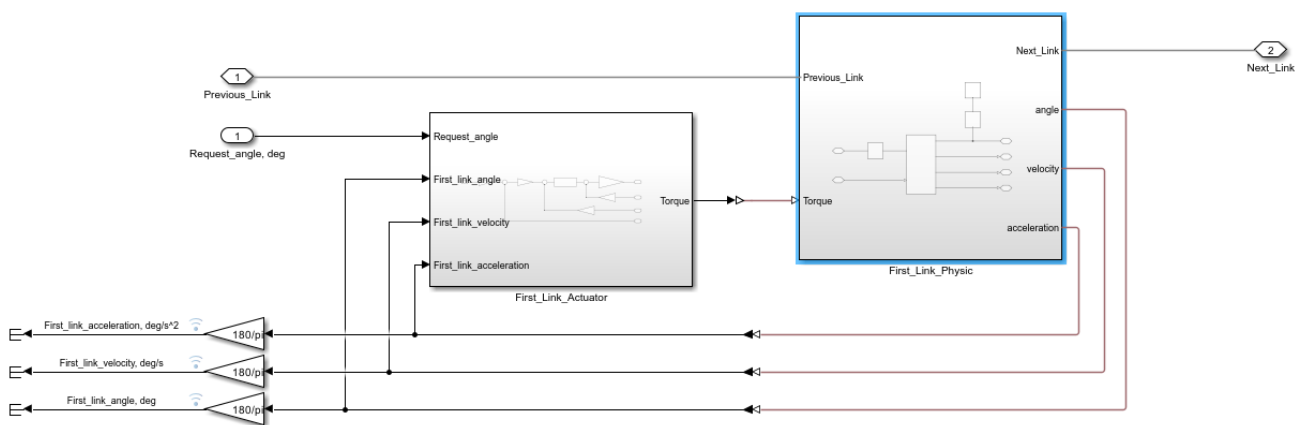


Рис. 5. Модель звена манипулятора в Simulink

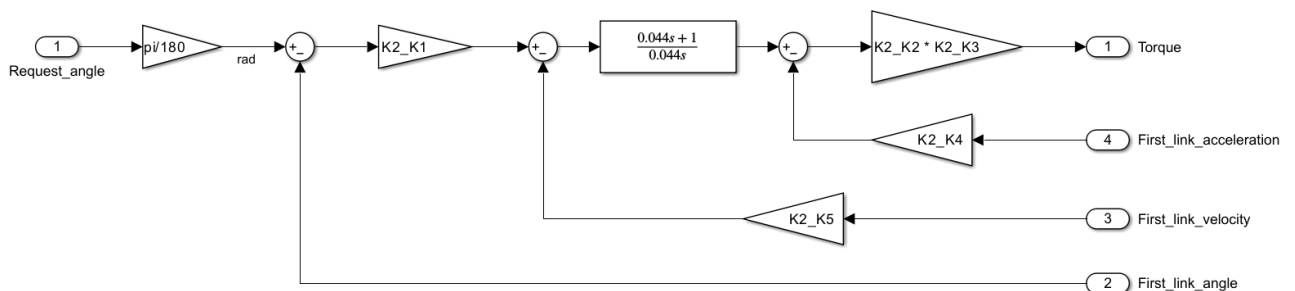


Рис. 6. Модель привода звена в Simulink

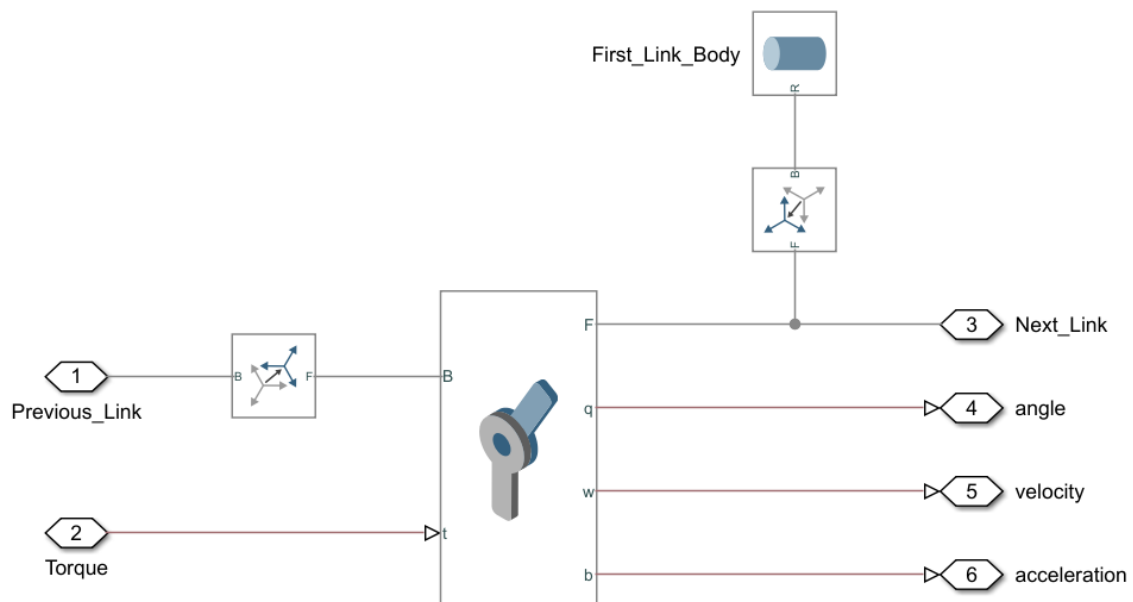


Рис. 7. Физическая модель звена в Simulink

Далее настроим все параметры сочленений (joint-ов) под каждое звено, сразу вводя механические ограничения. Для первого, второго и третьего звена параметры сочленений показаны соответственно на рисунках 8, 9, 10

▼ Z Revolute Primitive (Rz)			
State Targets			
Internal Mechanics			
Limits			
<input checked="" type="checkbox"/> Specify Lower Limit			
Bound	-100	deg	Compile-time
Spring Stiffness	1e6	N*m/deg	Compile-time
Damping Coefficient	100	N*m/(deg/s)	Compile-time
Transition Region Width	0.1	deg	Compile-time
<input checked="" type="checkbox"/> Specify Upper Limit			
Bound	100	deg	Compile-time
Spring Stiffness	1e6	N*m/deg	Compile-time
Damping Coefficient	100	N*m/(deg/s)	Compile-time
Transition Region Width	0.1	deg	Compile-time
Actuation			
Sensing			
Mode Configuration			
Composite Force/Torque Sensing			

Рис. 8. Параметры сочленения для первого звена

Z Revolute Primitive (Rz)

> State Targets			
> Internal Mechanics			
▼ Limits			
<input checked="" type="checkbox"/> Specify Lower Limit			
Bound	-105	deg	Compile-time
Spring Stiffness	1e6	N*m/deg	Compile-time
Damping Coefficient	10	N*m/(deg/s)	Compile-time
Transition Region Width	0.1	deg	Compile-time
<input checked="" type="checkbox"/> Specify Upper Limit			
Bound	105	deg	Compile-time
Spring Stiffness	1e6	N*m/deg	Compile-time
Damping Coefficient	10	N*m/(deg/s)	Compile-time
Transition Region Width	0.1	deg	Compile-time
> Actuation			
> Sensing			
Mode Configuration			
Composite Force/Torque Sensing			

Рис. 9. Параметры сочленения для второго звена

Z Revolute Primitive (Rz)

▼ State Targets			
<input type="checkbox"/> Specify Position Target			
<input type="checkbox"/> Specify Velocity Target			
▼ Internal Mechanics			
Equilibrium Position	0	deg	Compile-time
Spring Stiffness	0	N*m/deg	Compile-time
Damping Coefficient	0	N*m/(deg/s)	Compile-time
▼ Limits			
<input type="checkbox"/> Specify Lower Limit			
<input type="checkbox"/> Specify Upper Limit			
▼ Actuation			
Torque	Provided by Input		
Motion	Automatically Computed		
▼ Sensing			
<input checked="" type="checkbox"/> Position			
<input checked="" type="checkbox"/> Velocity			
<input checked="" type="checkbox"/> Acceleration			
<input type="checkbox"/> Actuator Torque			
<input type="checkbox"/> Lower-Limit Torque			
<input type="checkbox"/> Upper-Limit Torque			
Mode Configuration			
Mode	Normal		
Composite Force/Torque Sensing			
Direction	Follower on Base		
Resolution Frame	Base		
<input type="checkbox"/> Constraint Force			
<input type="checkbox"/> Constraint Torque			
<input type="checkbox"/> Total Force			
<input type="checkbox"/> Total Torque			

Рис. 10. Параметры сочленения для третьего звена

В качестве исполнительного органа манипулятора выполним следующую структуру (рис. 11). Сам вид исполнительного органа представлен на рисунке 12.

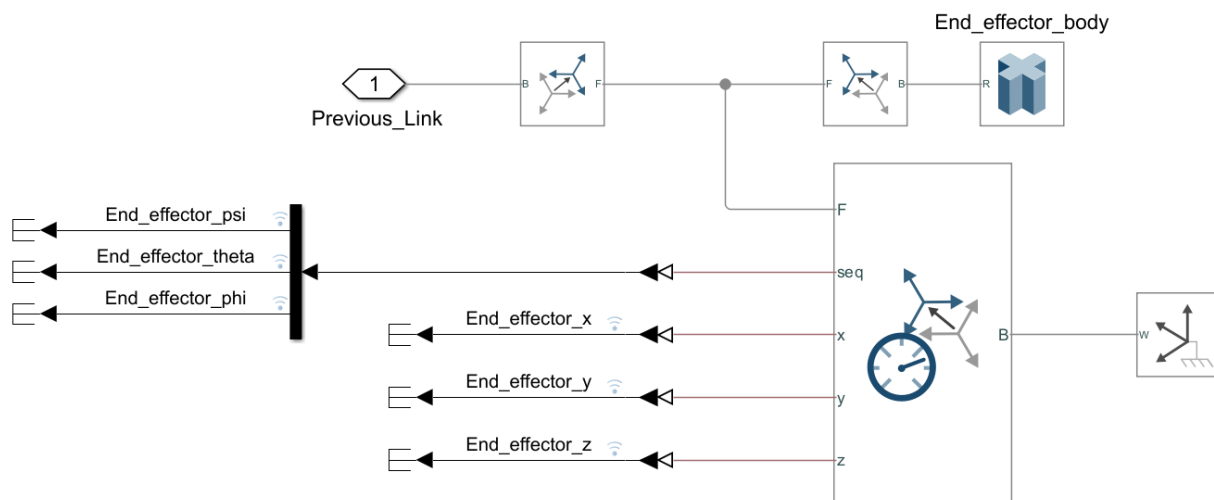


Рис. 11. Модель исполнительного органа манипулятора

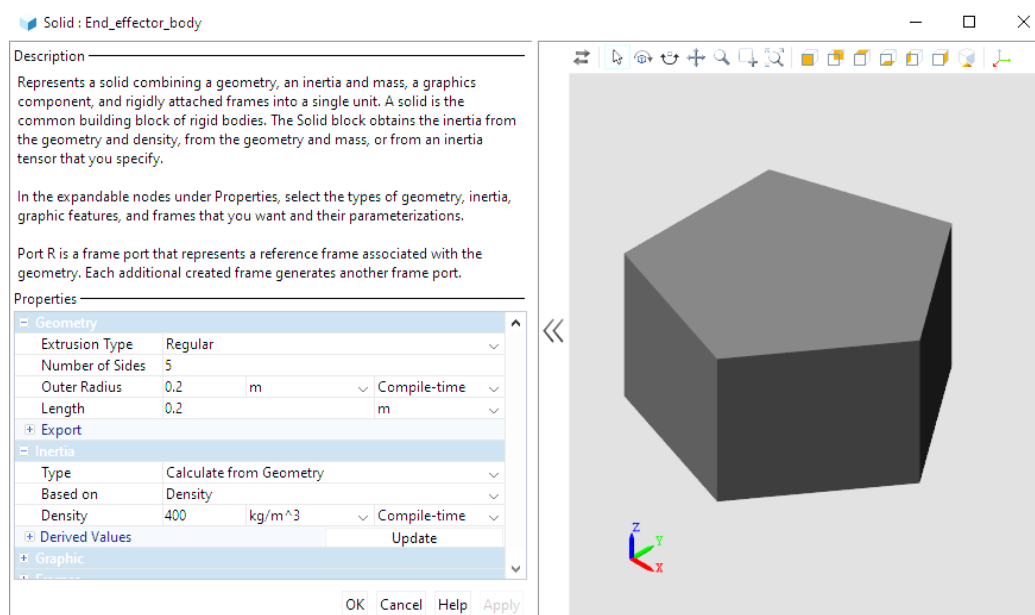


Рис. 12. Параметры End_effector_body

Теперь настроим внешний вид каждого звена (Link) с рисунка 7 в соответствии с указанными параметрами. Тогда First_Link_Body, Second_Link_Body, Third_Link_Body примут вид в соответствии с рисунками 13, 14 и 15. В совокупе получим модель, продемонстрированную на рисунке 16.

Для тестирования подадим на вход каждого звена 90 градусов (рис. 17), и выведем графики скорости, положения и ускорения каждого звена (рис. 18) в процессе достижения заданного положения, а также конечное положение звеньев манипулятора (рис. 19).

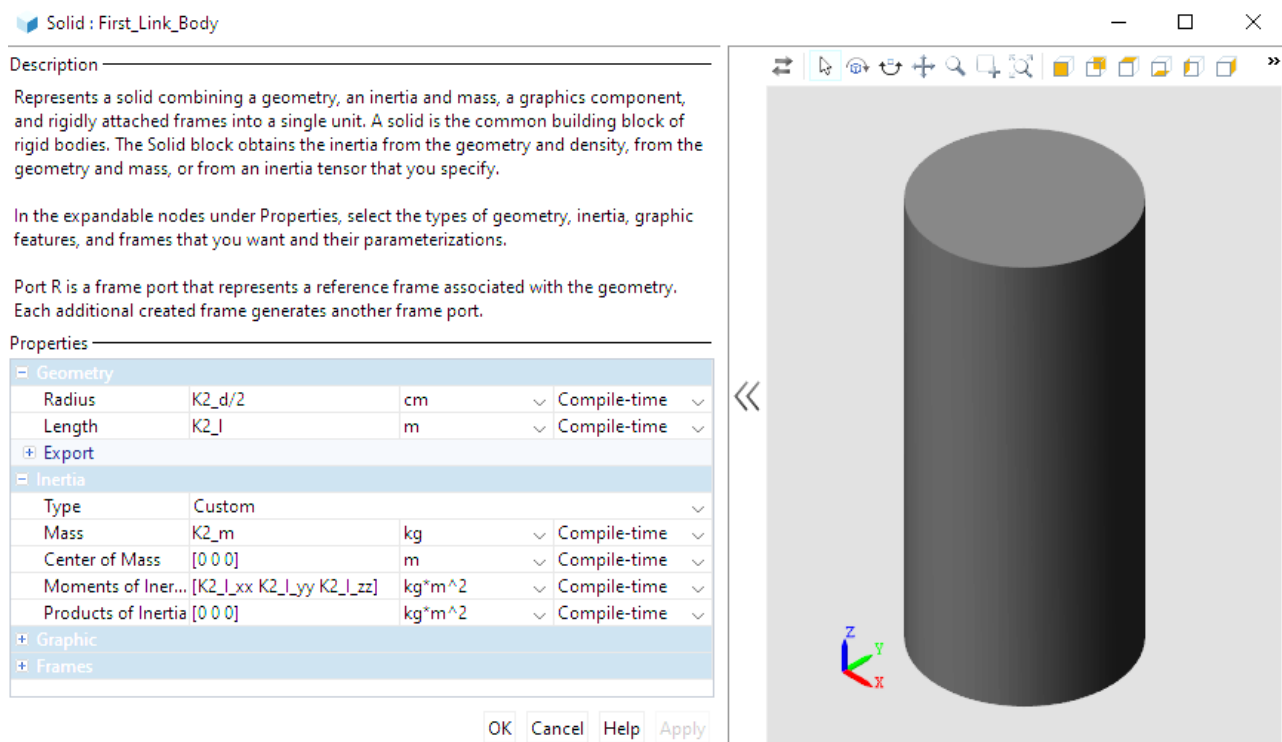


Рис. 13. Параметры First_Link_Body

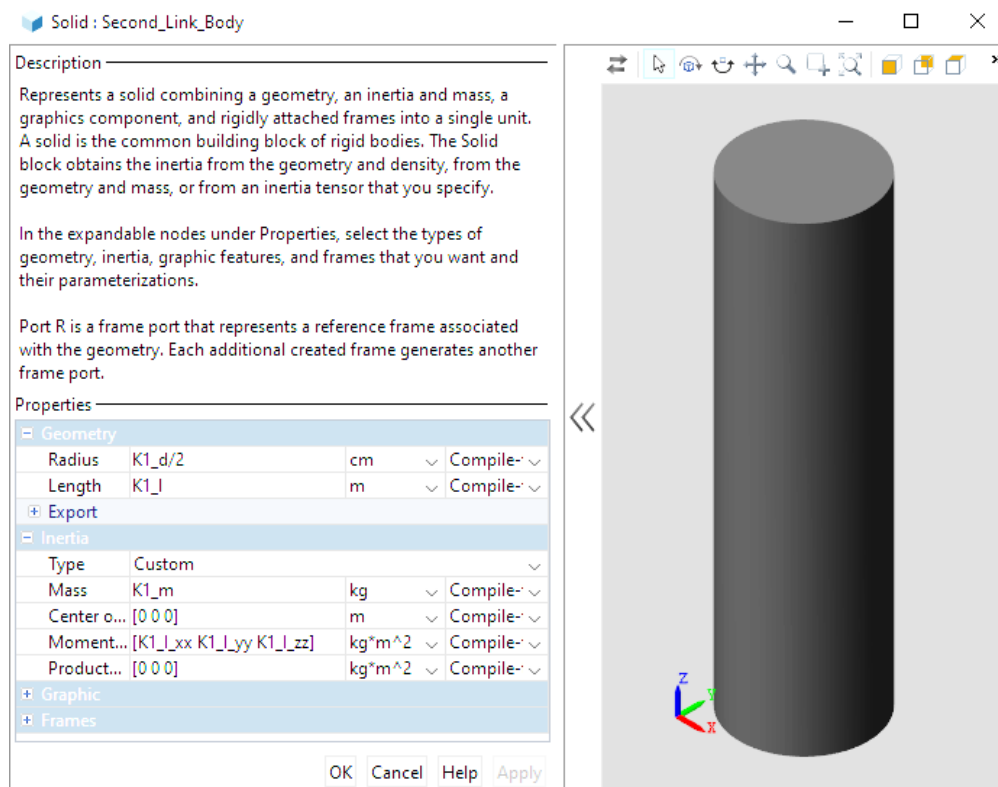


Рис. 14. Параметры Second_Link_Body

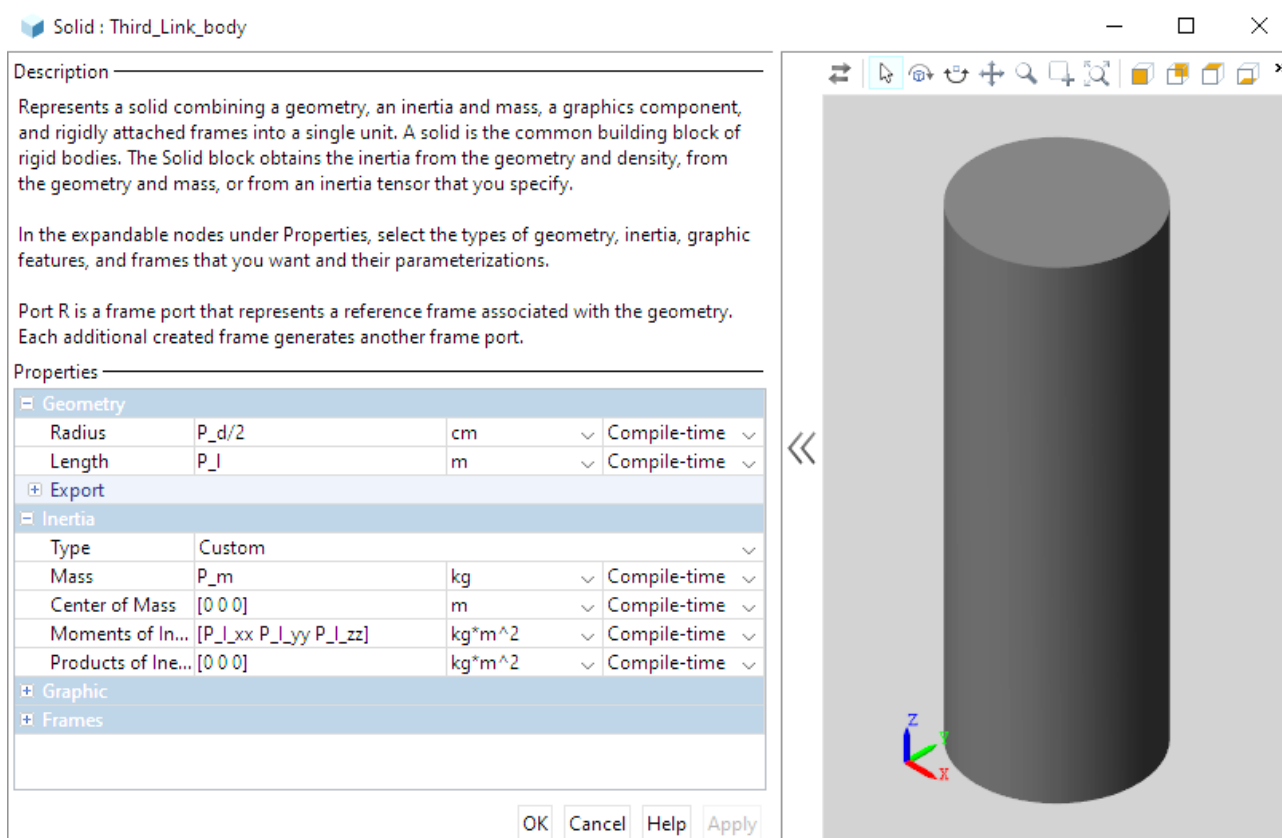


Рис. 15. Параметры Third_Link_Body

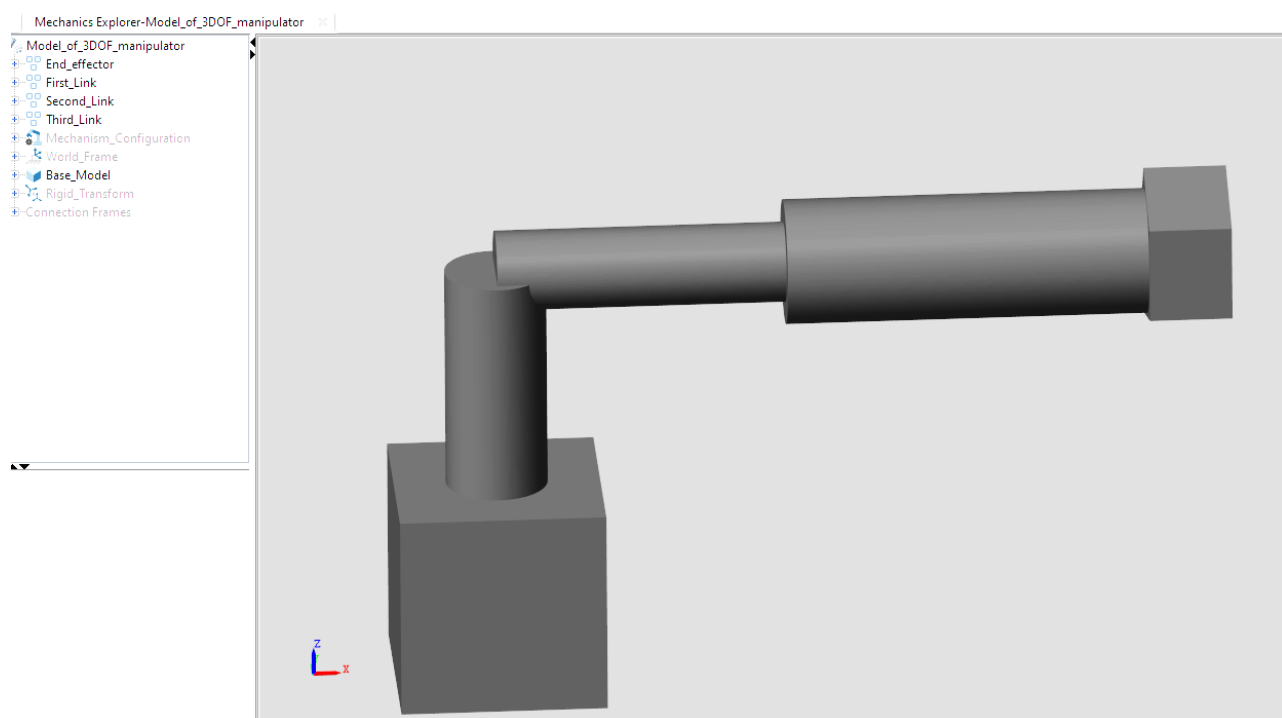


Рис. 16. Вид общей сборки 3-х звенного манипулятора

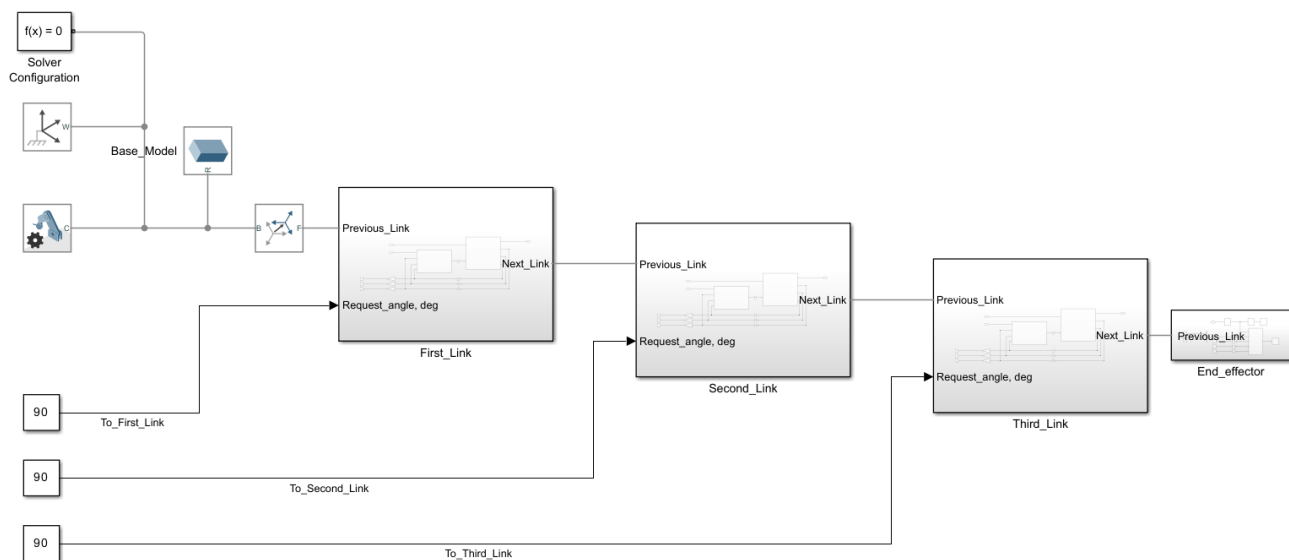


Рис. 17. Подача на вход требуемых параметров

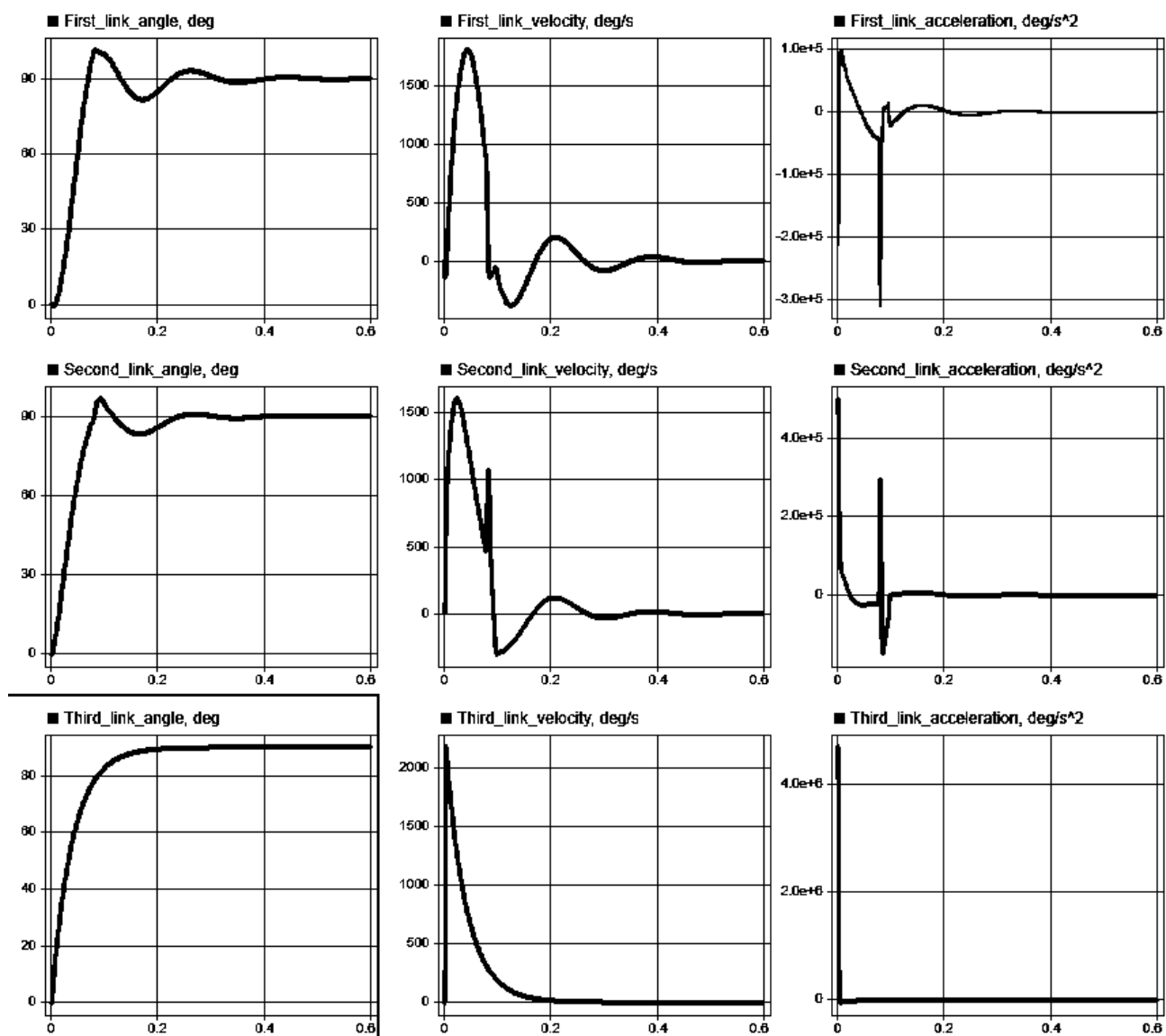


Рис. 18. Выходные графики каждого звена

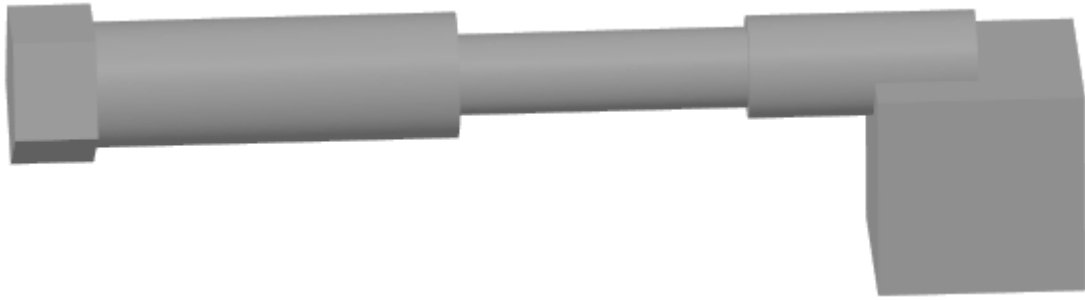


Рис. 19. Положение манипулятора на выходе

Теперь попробуем подать на вход угол 115 градусов (является больше предельного для первого и второго звена) в течение 1 секунды. Тогда на выходе получим графики, представленные на рисунке 20.

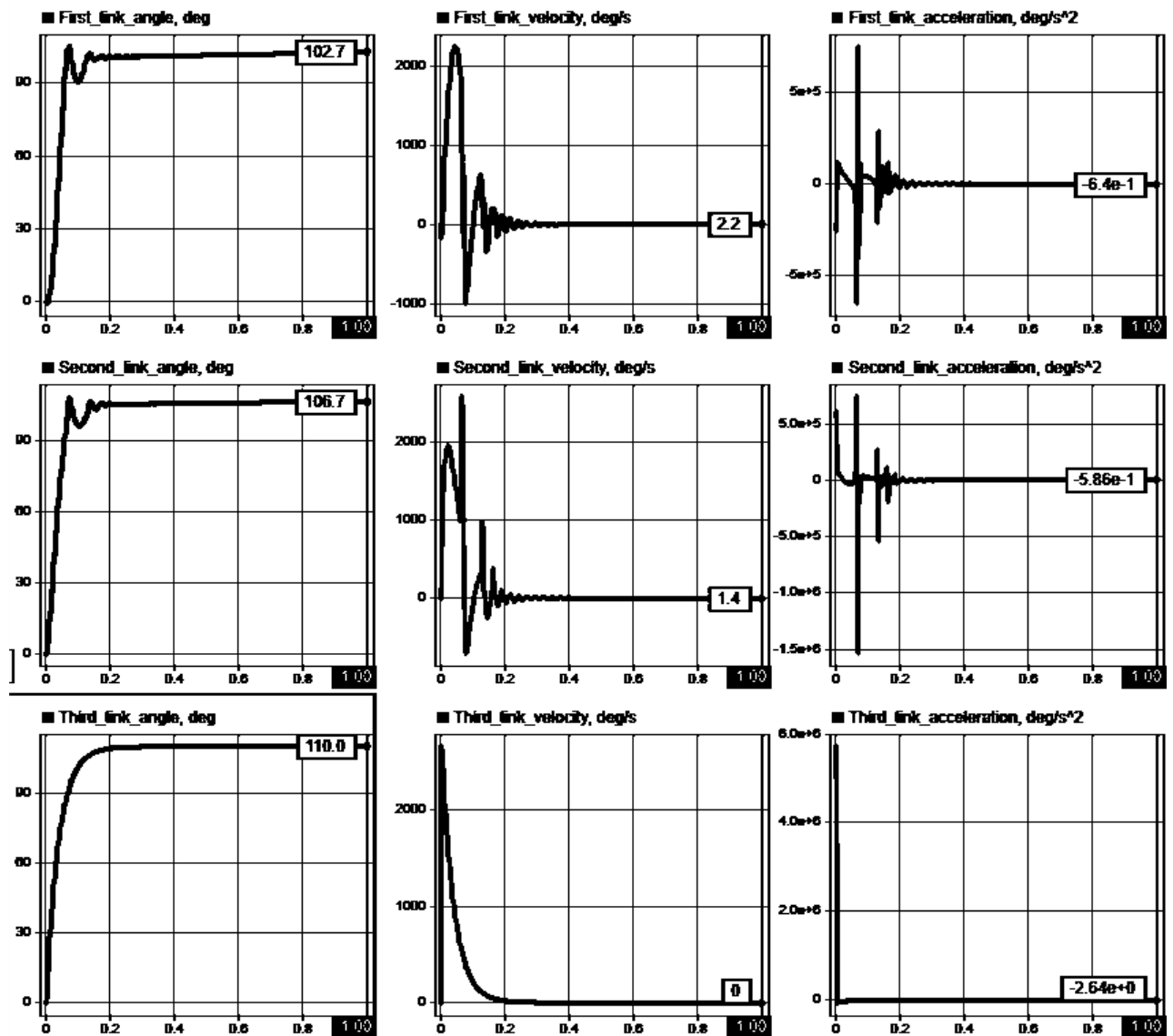


Рис. 20. Выходные графики каждого звена при введении угла, большего предельного

Видно, что модели лишь стремятся достичь требуемого угла в 110 градусов, а значит пределы для звеньев выполняются.

Приложение

1. Публичный репозиторий для лабораторных по ТАУ // GitHub URL:
<https://github.com/RiXenGC/Theory-of-Automatic-Control>