

ДОДАТОК А
Текст програми

```
TunedBlocks = {'PD1', 'PD2', 'PD3'};
ST0 = slTuner('FinalPID',TunedBlocks);
addPoint(ST0,TunedBlocks)
addPoint(ST0,'Robot/qm');
RefSignals = {...
'FinalPID/Signal Builder/q1', 'FinalPID/Signal Builder/q2', 'FinalPID/Signal
Builder/q3'};
addPoint(ST0,RefSignals)
Controls = TunedBlocks;
Measurements = 'FinalPID/Robot /qm';
options = looptuneOptions('RandomStart',80,'UseParallel',false);
TR = TuningGoal.StepTracking(RefSignals,Measurements,0.05,0);
ST1 = looptune(ST0,Controls,Measurements,TR,options);
writeBlockValue(ST1)
sim('FinalPID.slx',3)
```

ДОДАТОК Б
Публікації до кваліфікаційної роботи

Міністерство освіти і науки України



NURE

Харківський національний університет
радіоелектроніки

ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

(Випуск 2)

[електронне видання]



<http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam>



<http://itez.zntu.edu.ua/>



<http://kafea.kdu.edu.ua>

Харків 2023

<i>О.О. Рак</i> Розробка автоматизованого модуля моніторингу параметрів об'єктів критичної інфраструктури	104
<i>О.І. Черненко</i> Автоматизація процесу сортування деталей на виробництві	109
<i>О.А. Тищенко</i> Моделювання пристрою позиціонування вантажного робота	114
<i>В.О. Веснянка</i> Розроблення інформаційної системи для оптимізації бізнес-процесів закладу харчування	121
<i>Ю.А. Бердник</i> Аналіз сучасних автономних роботизованих платформ	126
<i>М.В. Звєгінцев</i> Розробка модуля позиціонування сонячних панелей	133
<i>Д.Д. Лещенко</i> Моделювання руху маніпулятора робота з використанням динамічної ланки з прямою та зворотною кінематикою	138
<i>П.М. Савченко</i> Огляд датчиків положення для обладнання, що працює в умовах аварійних відключень електроживлення	142
<i>П.М. Савченко</i> Створення сучасних систем управління з застосуванням мікропроцесорної техніки та засобів автоматизації	148
<i>Є.Р. Васильченко</i> Огляд принципів побудови пожежно-охоронної системи	153
<i>А.Д. Єчевський</i> Система моніторингу та управління параметрами мікроклімату в офісних приміщеннях	159
<i>А.І. Конєва</i> Перспективи розвитку безпілотних систем	164
<i>В.І. Фомін</i> Використання робототехнічних систем з елементами штучного інтелекту в приладобудуванні	171
<i>В.І. Фомін</i> Застосування 3D-друку у виробництві та промисловості	177
<i>О.В. Чернищенко</i> Оптимізація маршрутів в логістичних мережах виробничого процесу	182
<i>Р.Р. Шаталюк</i> Використання віртуальної та доповненої реальності для навчання та симуляцій у робототехніці	188
<i>Р.Р. Шаталюк</i> Програмування мікроконтролерів для автоматизації систем	193
<i>Т.А. Лихо</i> Вибір обладнання для розробки мобільного робота для відеонагляду	197
<i>В.О. Александров</i> Безпілотні літальні апарати. види, технічні особливості, автоматизація	203
<i>С.О. Вінниченко</i> Еволюція виробництва: Роль MES-системи у оптимізації та контролі промислових	208

УДК 62.231.3

МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ МАНІПУЛЯТОРА РОБОТА З ВИКОРИСТАННЯМ ДИНАМІЧНОЇ ЛАНКИ З ПРЯМОЮ ТА ЗВОРотноЮ КІНЕМАТИКОЮ

Д.Д. Лешенко

Харківський національний університет радіоелектроніки
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14
E-mail: danyl.leshchenko@nure.ua

Анотація: В даній роботі розроблено ескіз робота маніпулятора, на основі якого було створено CAD-модель за допомогою додатку для Matlab Simulink. Змодельовано рух маніпулятора за використанням динамічної ланки з прямою та зворотною кінематикою. Подальші дослідження направлені на покращення точності та надійності позиціонування маніпулятора в певних умовах роботи за допомогою використання ПІД-регулятора.

Ключові слова: CAD-модель, робот маніпулятор, динамічна ланка, Matlab, Simulink

MODELING OF THE MOVEMENT OF A ROBOT MANIPULATOR USING A DYNAMIC LINK WITH DIRECT AND INVERSE KINEMATICS

D. D. Leschenko

Kharkiv National University of Radio Electronics
Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky ave., 14
E-mail: danyl.leshchenko@nure.ua

Abstract: In this work, a sketch of a manipulator robot was developed, based on which a CAD model was created using the Matlab Simulink application. The movement of the manipulator was simulated using a dynamic link with direct and inverse kinematics. Further research is aimed at improving the accuracy and reliability of manipulator positioning in certain operating conditions using a PID controller.

Keywords: CAD model, robot manipulator, dynamic link, Matlab, Simulink

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В сучасному технологічному світі, автоматизація та точне позиціонування маніпуляторів є важливим завданням в багатьох галузях промисловості та технологій. Високоточне керування рухом об'єктів вимагає використання ефективних та надійних методів регулювання. Одним із найпоширеніших та ефективних методів управління системами є використання ПІД-регуляторів. Цей підхід дозволяє досягати високої точності та надійності в роботі маніпуляторів в різних умовах експлуатації. Дані дослідження є першим етапом з моделювання руху маніпулятора робота з використанням динамічної ланки з прямою та зворотною кінематикою. Подальші дослідження спрямовані на вивчення принципів функціонування ПІД-регулятора, визначення його параметрів для оптимального керування маніпулятором та експериментальне підтвердження отриманих результатів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Провівши аналіз роботів маніпуляторів, що використовуються у різних сферах автоматики, постала проблема підвищення точності позиціонування. Одним з найбільш надійним і простим рішенням виявилось використання ПІД-регуляторів для підвищення точності позиціонування маніпуляторів. Тобто правильне налаштування коефіцієнтів ПІД-регулятора дасть змогу більш точно поцінувати маніпулятор.

Маніпулятори є ключовими компонентами в робототехніці, які використовуються для виконання різноманітних завдань, включаючи монтаж, обробку матеріалів, пакування та

багато інших. Ефективне позиціонування маніпуляторів є критично важливим для досягнення точності та надійності в роботі.

Для побудови моделі маніпулятора роботу використовувалися такі елементи з бібліотеки Simulink:

- Word Frame – цей блок представляє глобальну систему відліку в моделі. Ця рамка є інерційною і знаходиться в стані абсолютного спокою.;
- Rigid Transform – цей елемент використовується для розташування просторі елементу Solid, якому ми можемо придати форму;
- Revolute Joint – цей елемент відповідає за симуляцію рухомих суглобів маніпулятора;
- Weld Joint – цей елемент є імітацією захвату маніпулятора;
- The Mechanism Configuration block – визначає параметри сили тяжіння та моделювання механізму, до якого підключається блок.

На рис. 1 представлена модель маніпулятора, побудована у Simulink.

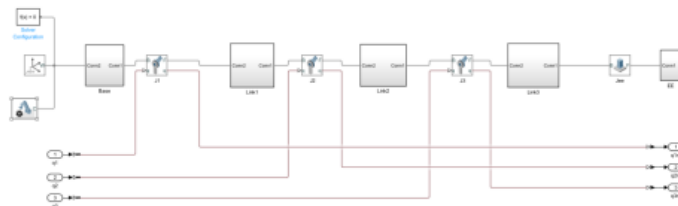


Рисунок 1 – Модель маніпулятора робота, побудована у Simulink

Ескіз маніпулятора, дослідження якого проводилися подано на рис. 2, а. Після побудови моделі за допомогою пакету Simulink було виконано симуляцію роботи маніпулятора (рис. 2, б)



Рисунок 2 – Ескіз маніпулятора робота (а) та його CAD-модель (б)

Після створення CAD-моделі маніпулятора слід додати динамічний закон, що дасть змогу маніпулятору рухатися. Для цього було створено додаткова ланка, що складається з блоків Get Transform та Coordinate Transformation Conversion. На рис. 3 подано схему додаткової динамічної ланки.

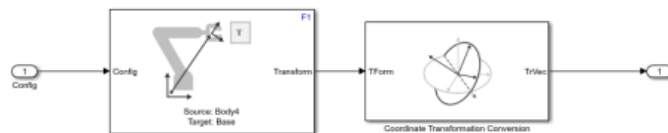


Рисунок 3 – Динамічна ланка

Також було додано блок Signal Editor, за допомогою якого можна подавати сигнали на окремі рухомі частини маніпулятора тобто на його суглоби. На рис. 4 подано схему з динамічною ланкою та блоком Signal Editor.

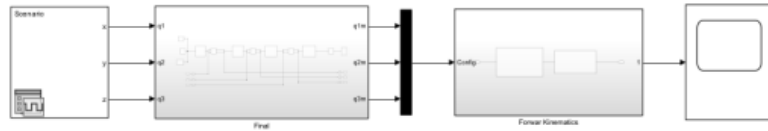


Рисунок 4 – Схема з динамічною ланкою та блоком Signal Editor

У блоці Signal Editor було створено сценарій: створено три сигнали, що окремо подаються на кожен з суглобів маніпулятора (рис. 5).

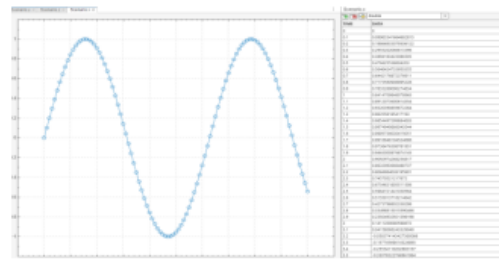


Рисунок 5 – Сигнали, що подаються на суглоби маніпулятора

На рис. 6 подано результати руху маніпулятора.

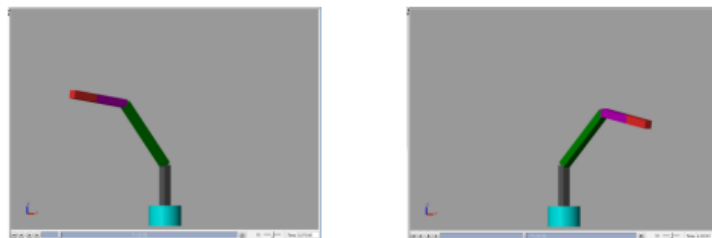


Рисунок 6 – Проміжне і кінцеве положення маніпулятора

За допомогою блоку Scope можна побачити сигнали, що подаються для керування маніпулятором з блоку Signal Editor. Синя лінія – сигнал, що подається на базу маніпулятора, жовта лінія – сигнал, що подається на перший суглоб, червона лінія – сигнал що подається на другий суглоб (рис. 7).

Застосування ПД-регуляторів для позиціонування маніпуляторів складається з декількох алгоритмічних етапів. Для початку необхідно створити кінематичну модель. Ця модель описує взаємозв'язок між кутами суглобів та позицією ефектора.

ДОДАТОК В
Демонстраційний матеріал

