

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-78-13>

УДК 681.5

МАРТИНЮК Валерій

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-5758-4244>

e-mail: martynyuk.valeriy@gmail.com

ГОНЧАРУК Богдан

Хмельницький національний університет

e-mail: bohdanhoncharuk@gmail.com

СЕЛЬСЬКИЙ Андрій

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-7373-0472>

РИЖКОВ Ігор

Хмельницький національний університет

e-mail: igor19997982@gmail.com

УДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД КЕРУВАННЯ РОБОТОМ МАНІПУЛЯТОРОМ

У статті розроблено імітаційну модель робота маніпулятора з трьома ступенями свободи. Отримані графіки, які відображають вектор переміщення кінцевого суглоба робота маніпулятора можна зробити висновок, що координата z змінюється у часі. Це пояснюється тим, що використовується робот маніпулятор з трьома ступенями свободи, який може рухатися по трьох координатах x , y та z .

Проведено 3-D візуалізацію руху робота маніпулятора з трьома ступенями свободи дозволяє проводити дослідження руху суглобів робота маніпулятора, визначати їх координати, а також налаштувати ПД-регулятори для кожного суглоба. Це дозволяє проводити динамічне моделювання руху робота маніпулятора для досягнення максимально можливої швидкості руху суглобів і максимально можливої точності позиціонування робочого органу робота маніпулятора.

Ключові слова: робот-маніпулятор, імітаційна модель, 3-D візуалізацію руху робота маніпулятора з трьома ступенями свободи.

MARTYNYUK Valeriy, HONCHARUK Bohdan, SELSKYI Andrii, RYZHKOV Ihor

Khmelnitskyi national university

AN IMPROVED METHOD OF CONTROLLING A ROBOT WITH A MANIPULATOR

For academic or industrial manipulator robots, the key task is to achieve the desired positions and orientation of their end mechanisms or tools to perform a given task. To achieve this goal, it is necessary to have thorough knowledge of inverse kinematic problems. Robotic manipulators are used in many industries to perform various tasks such as material handling, pick and place, interactive work, collaborative work, hazardous field work, etc.

Therefore, increasing efficiency, interaction with the robot manipulator, solving direct and inverse kinematic problems using the representation and optimization mechanism, selection and placement operations using the capture mechanism, interactive work of several robots in MATLAB, are really relevant tasks.

Manipulator robots can be considered as a group of rigid joints connected by specific connections. Joints can be rotary, prismatic, screw, universal or cylindrical. A manipulator robot is considered to be one in which the first link is fixed in the base, and the last link can move in the working space.

The article developed a simulation model of a robot manipulator with three degrees of freedom. From the obtained graphs, which display the vector of movement of the end joint of the manipulator robot, it can be concluded that the z coordinate changes over time. This is explained by the fact that a robot manipulator with three degrees of freedom is used, which can move along three coordinates x , y and z .

A 3-D visualization of the movement of the robot manipulator with three degrees of freedom has been carried out, which allows you to study the movement of the joints of the manipulator robot, determine their coordinates, as well as adjust the PD controllers for each joint. This allows dynamic modeling of the movement of the manipulator robot to achieve the maximum possible speed of movement of the joints and the maximum possible accuracy of positioning of the working organ of the manipulator robot.

Keywords: robot manipulator, simulation model, 3-D visualization of the motion of a robot manipulator with three degrees of freedom.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ

ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Для академічних або промислових роботів-маніпуляторів ключовим завданням є досягнення бажаних положень та орієнтації їх кінцевих механізмів або інструментів для виконання заданого завдання. Для досягнення цієї мети необхідно володіти ґрунтовними знаннями обернених кінематичних задач. Роботи-маніпулятори використовуються в багатьох галузях для виконання різних завдань, таких як переміщення матеріалів, підбір і розміщення, інтерактивна робота, спільна робота, небезпечні польові роботи тощо.

Тому, підвищення ефективності, взаємодія з маніпулятором робота, вирішення прямих та зворотних кінематичних задач з використанням механізму представлення та оптимізації, операції вибору та

розміщення за допомогою механізму захоплення, інтерактивної роботи декількох роботів в MATLAB, є дійсно актуальними задачами.

Роботів-маніпуляторів можна розглядати як групу жорстких шарнірів, з'єднаних специфічними з'єднаннями. Шарніри можуть бути обертовими, призматичними, гвинтовими, універсальними або циліндричними. Робот-маніпулятор вважається таким, у якого перша ланка закріплена в основі, а остання ланка може переміщатися в робочому просторі.

Щоб успішно інтегрувати MATLAB з роботом-маніпулятором, спочатку необхідно створити функціонуючий симулятор. Цей симулятор повинен відтворювати функції фізичної руки, а також працювати безпечно, оскільки можна уникнути фізичних пошкоджень.

Для моделювання маніпулятора робота в середовищі MATLAB необхідні моделі і дерева жорсткого тіла. Деревоподібна модель - це один із способів представлення механічних властивостей маніпулятора робота в MATLAB, а також для візуалізації та керування маніпулятором робота в Simulink. Це перший крок до використання інструментарію робототехніки в MATLAB, а також до візуалізації та керування маніпуляторами робота в Simulink.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Роботизована рука - це робот-маніпулятор, який зазвичай програмується з функціями, аналогічними людській руці [1]. Найважливішими застосуваннями промислових роботів є обробка матеріалів, зварювання, складання, дозування та обробка, де роботизована рука-маніпулятор має безперервно виконувати операції підбору та розміщення. Одним із таких промислових стандартних роботів є звичайна серійна рука, яка складається з основи, ланки або ряду ланок, з'єднаних у з'єднаннях, а також кінцевого ефектора - робочого елемента робота маніпулятора [2].

В процесі аналізу кінематики робота маніпулятора використовується підхід Денавіта-Хартенберга (ДХ), який базується на приєднанні системи координат до кожного з'єднання та визначенні чотирьох параметрів, відомих як ДХ параметри для кожної ланки [3]. Кожний суглоб робота маніпулятора має один ступінь свободи, який може бути або поступальний або обертальний. Для маніпулятора з n шарнірів, пронумерованих від 1 до n , існує $n-1$ ланок, пронумерованих від 0 до n . Ланка 0 є основою маніпулятора, як правило, фіксованою, а ланка n несе кінцевий ефектор - робочий елемента робота маніпулятора [4].

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Розроблено імітаційну модель робота маніпулятора з трьома ступенями свободи, яка зображена на рис. 1.

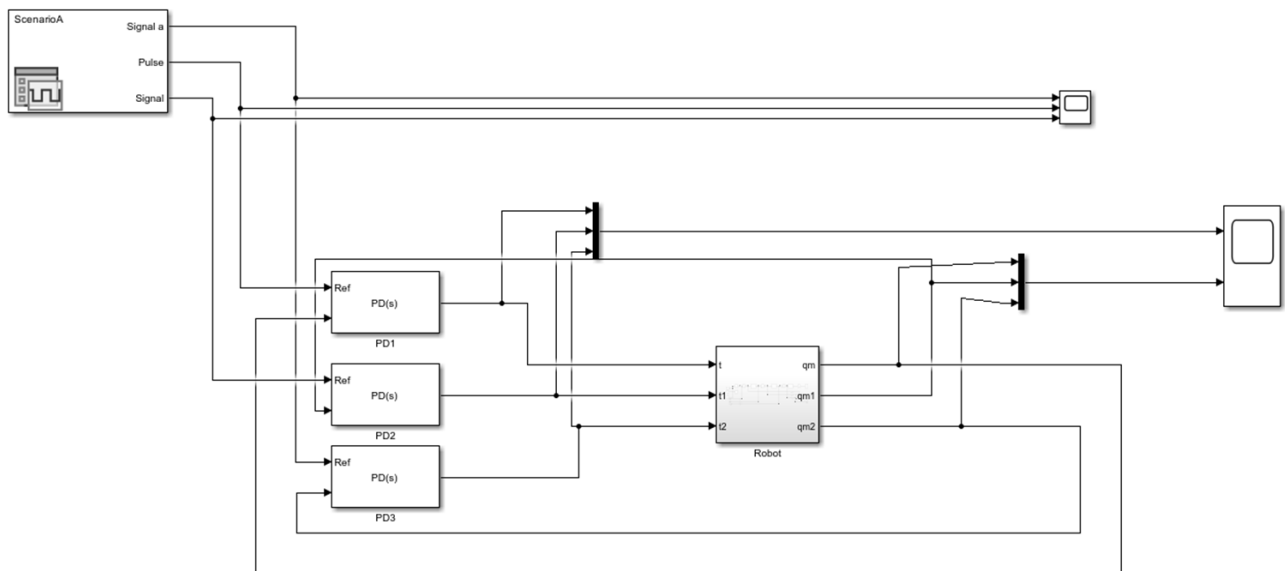


Рис. 1. Імітаційна модель робота маніпулятора з трьома ступенями свободи

До складу імітаційної моделі робота маніпулятора з трьома ступенями свободи входить блок редактор сигналів, за допомогою якого здійснюється відображення, створення, редагування та перемикання взаємозамінних сценаріїв моделювання робота маніпулятора.

Дані сигналів збережено у MAT-файлі для моделювання. Редактор сигналів створює дані сигналу у форматі часових рядів. Графіки вхідних сигналів для кожної осі робота відображаються осцилографом і зображені на рис. 2.

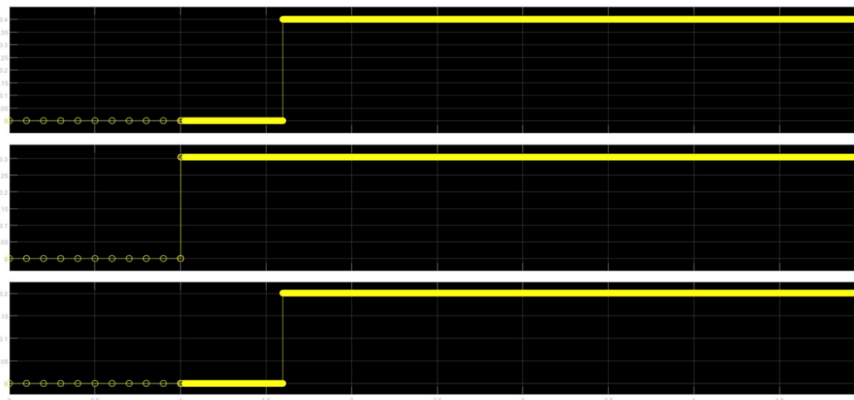


Рис. 2. Графіки вхідних сигналів для кожної осі робота

Далі вхідні сигнали для кожної осі робота поступають на три ПД-регулятора для кожної осі робота маніпулятора. Вихідний сигнал блоку ПД-регулятор є зваженою сумою вхідного сигналу, який помножується на коефіцієнт пропорційності, а також похідної вхідного сигналу. Ваговими коефіцієнтами є пропорційний та похідний параметри підсилення. Поліус першого порядку фільтрує похідну дію. Сигнали з трьох ПД-регуляторів для кожної осі робота маніпулятора поступають на підсистему Robot, яка зображена на рис. 3.

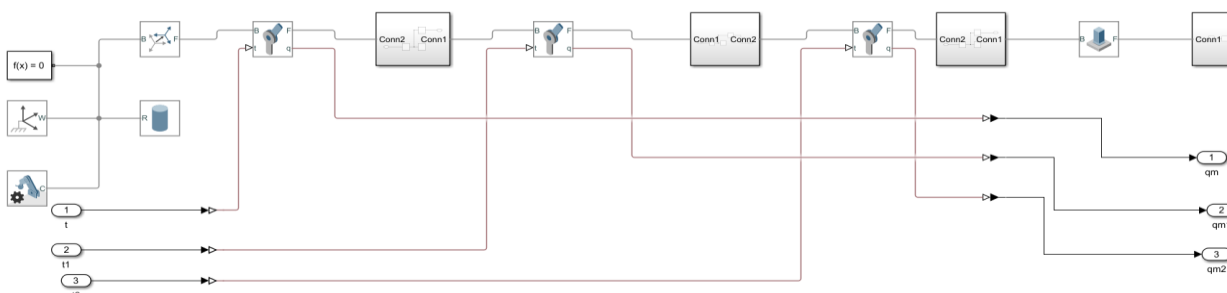


Рис. 3. Імітаційна модель підсистеми робот маніпулятор з трьома ступенями свободи

До складу підсистеми робот (Robot) входять три поворотні блоки з'єднання робота маніпулятора, блоки з'єднання між ними, а також два нерухомих з'єднання. Вхідні параметри підсистеми робот задаються блоком інерційна система відліку (Inertial reference fram). Цей блок визначає глобальну систему відліку в моделі.

Ця система відліку є інерційною і знаходиться в стані абсолютного спокою. Жорстке з'єднання блоку із нерухомою основою робить цю систему відліку інерційною. Осі системи відліку ортогональні і розташовані за правилом правої руки. Інші вхідні параметри підсистеми робот задаються блоком конфігурація механізму (Mechanism Configuration), який задає параметри гравітації та моделювання для всього механізму.

Блок конфігурації механізму визначає параметри сили тяжіння та моделювання механізму, до якого під'єднується блок. Параметри моделювання містять значення збурення для обчислення чисельних часткових похідних під час лінеаризації та номер ітерації для спільного переходу режиму.

Блок Rigid Transform визначає та підтримує фіксоване просторове співвідношення між двома кадрами під час симуляції. Просторове відношення може включати переміщення та обертання. Блок має різні методи для вказівки положення та орієнтації слідкуючої системи координат відносно базової системи координат.

Наступним блоком є блок Base (Циліндричне тіло), який моделює суцільний циліндричний елемент з геометрією, інерцією та кольором. Циліндричний суцільний блок - це циліндрична форма з центром геометрії, що збігається з координатами системи відліку, а вісь симетрії збігається з віссю z системи відліку.

Циліндричний суцільний блок додає до прикріпленої системи координат твердий елемент із геометрією, інерцією та кольором. Твердий елемент може бути простим твердим тілом або частиною складеного твердого тіла - групи жорстко зв'язаних твердих тіл, часто розділених у просторі жорсткими петвореннями.

Параметри геометрії включають форму та розмір. Можна вибрати зі списку попередньо встановлених фігур або імпортувати спеціальну фігуру із зовнішнього файлу у форматі STL або STEP. За замовчуванням для всіх форм, окрім STL, блок автоматично обчислює масові властивості твердого тіла на основі вказаної геометрії та маси або масової щільності.

Система відліку кодує положення та орієнтацію твердого тіла. У конфігурації за замовчуванням блок забезпечує лише опорний кадр. Інтерфейс створення фреймів надає засоби для визначення додаткових фреймів на основі твердотільних геометричних елементів.

Поворотне з'єднання робота маніпулятора зображене на рис. 4 і має вигляд шарніра, який розміщений між двома плечами.



Revolute Joint

Рис. 4. Поворотне з'єднання робота маніпулятора

Цей шарнір має один обертовий ступінь свободи, представлений одним поворотним елементом. З'єднання обмежує збіг початків двох рамок і збігання осей z базової та слідкуючої рам, у той час як осі x і y слідкуючі можуть обертатися навколо осі z . Порти B і F є портами кадрів, які представляють базовий і наступний кадри відповідно. Напрямок з'єднання визначається рухом ведучої рами відносно базової рами.

Для моделювання кінцевого ефектора - робочого елемента робота маніпулятора, використовується Блок прямокутний паралелепіпед - це призматична форма з центром геометрії, що збігається з координатами системи відліку, і призматичними поверхнями, нормальними до осей x , y і z системи відліку.

Блок прямокутний паралелепіпед додає до прикріпленої рами твердий елемент із геометрією, інерцією та кольором. Цегляний твердий елемент може бути простим твердим тілом або частиною складеного твердого тіла - групи жорстко з'єднаних твердих тіл, часто розділених у просторі через жорсткі перетворення. Цей блок має нульовий ступінь свободи. Ведуча та базова рами завжди збігаються. Порти B і F є портами кадрів, які представляють базовий і наступний кадри відповідно.

Вихідні сигнали підсистеми робот (Robot) поступають на осцилограф для відображення результатів імітаційного моделювання удосконаленого методу керування роботом і зображені рис. 5.

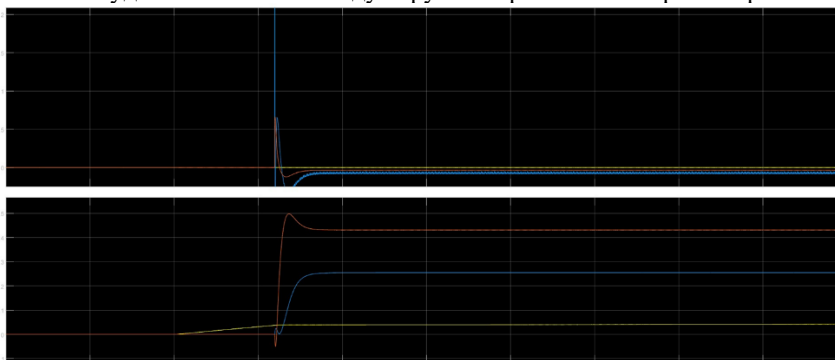


Рис. 5. Результати імітаційного моделювання удосконаленого методу керування роботом

В результаті проведення математичного моделювання отримали 3-D візуалізацію руху робота маніпулятора з трьома ступенями свободи в середовищі Simulink, яка зображена на рисунку рис. 6.

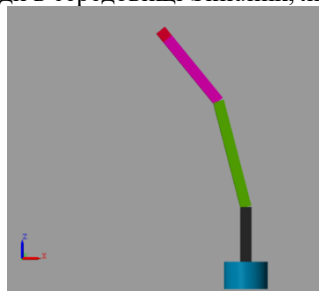


Рис. 6. 3-D візуалізація руху робота маніпулятора з трьома ступенями свободи

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Аналізуючи графіки, які відображають вектор переміщення кінцевого суглоба робота маніпулятора можна зробити висновок, що координата z змінюється у часі. Це пояснюється тим, що використовується робот маніпулятор з трьома ступенями свободи, який може рухатися по трьох координатах x , y та z .

3-D візуалізація руху робота маніпулятора з трьома ступенями свободи дозволяє проводити дослідження руху суглобів робота маніпулятора, визначати їх координати, а також налаштовувати ПД-регулятори для кожного суглоба.

Це дозволяє проводити динамічне моделювання руху робота маніпулятора для досягнення максимально можливої швидкості руху суглобів і максимально можливої точності позиціонування робочого органу робота маніпулятора.

Література

1. War War Naing, Kyi Zar Aung, Aung Thike Position Control of 3-DOF Articulated Robot Arm using PID Controller, International Paper of Science and Engineering Applications, 2018, Volume 7 –Issue 09, 254-259.
2. C. Chandra Mouli1, P. Jyothi1, K. Nagabhushan Raju, C. Nagaraja Design and Implementation of Robot Arms Control Using LabVIEW and ARM Controller, IOSR Paper of Electrical and Electronics Engineering (IOSRJEEE), (Jul –Aug) 2013, Volume 6, Issue 5.
3. Myat Noe Wai, Lu Maw, Thwe Thwe Win Kinematics Modeling and Simulation of the 4-DOF Robotic Manipulator, 1st University Research Conference on Science & Engineering, 23rd January, 2020, Vol. 1, 50-54.
4. P.I. Corke Robotics Toolbox for MATLAB. Second edition, Springer, 2013, 208 p.

References

1. War War Naing, Kyi Zar Aung, Aung Thike, Position Control of 3-DOF Articulated Robot Arm using PID Controller, International Paper of Science and Engineering Applications, 2018, Volume 7 –Issue 09, 254-259.
2. C. Chandra Mouli1, P. Jyothi1, K. Nagabhushan Raju, C. Nagaraja, Design and Implementation of Robot Arms Control Using LabVIEW and ARM Controller, IOSR Paper of Electrical and Electronics Engineering (IOSRJEEE), (Jul –Aug) 2013, Volume 6, Issue 5.
3. Myat Noe Wai, Lu Maw, Thwe Thwe Win, Kinematics Modeling and Simulation of the 4-DOF Robotic Manipulator, 1st University Research Conference on Science & Engineering, 23rd January, 2020, Vol. 1, 50-54.
4. P.I. Corke Robotics Toolbox for MATLAB. Second edition, Springer, 2013, 208 p.