

6. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. СПб.: Питер, 2005.
7. Motor-driven Master Type ALPSALPINE URL: <https://tech.alpsalpine.com/prod/e/html/potentiometer/slidepotentiometers/rsn1m/rsa0n11m9a0k.html> (дата звернення 13.11.2021).
8. Снижение шумов и фильтрация напряжения источника питания URL: <https://studizba.com/lectures/129-inzhenerija/1991-proektirovanie-priemoperedajuschih-ustrojstv-mobilnyh-radiostancij/38914-11-snizhenie-shumov-i-filtracija-naprjazhenija-istochnika-pitanija.html> (дата звернення 13.11.2021).
9. Протоколы TCP и UDP URL: https://professorweb.ru/my/csharp/web/level1/1_4.php (дата звернення 12.11.2021).
10. What is OSC? URL: <https://opensoundcontrol.stanford.edu> (дата звернення 13.11.2021).
11. TouchOSC URL: <https://hexler.net/touchosc> (дата звернення 13.11.2021).

Науковий керівник: *Безкоровайний Володимир Валентинович, д.т.н., професор кафедри системотехніки Харківського національного університету радіоелектроніки*

УДК 621.396

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ КОМУТАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОБІЛЬНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГНУЧКИХ СТРУКТУР

Ігнатенко Д. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: daria.ihnatenko@nure.ua

Анотація: у даній статті розглянуто мобільні робототехнічні платформи та їх конструктивні особливості. Проаналізовані поліімідні структури, які будуть використовуватися під час моделювання. Проаналізовано, які компоненти більше підходять для комутаційної системи мобільної платформи.

Ключові слова: Індустрія 4.0, мобільний робот, комутаційна система, поліімідні структури, модернізація.

ANALYSIS OF MODERNIZATION MEANS FOR SWITCHING SYSTEM OF MOBILE ROBOTIC PLATFORM USING FLEXIBLE STRUCTURES

D. Ignatenko

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauki Ave., 14

E-mail: daria.ihnatenko@nure.ua

Annotation: This article presents robotic platforms and their design features. Polyimide structures that will be used in modeling are analyzed. It is analyzed which components are more suitable for the switching system.

Key words: Industry 4.0, mobile robot, switching system, polyimide structures, modernization.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. На сьогодні мобільна робототехніка відіграє все більшу роль у різних галузях суспільства. На даний час велика увага приділяється розробці робототехнічних комплексів із високою пристосованістю до руху по складних траєкторіях і складних поверхнях. Проте розробка даних систем ще стоїть на початковому рівні розвитку, що в свою чергу робить дані системи не досконалими та залежними від навколишнього середовища та інших чинників, що можуть впливати на їх роботу. Завдяки використанню поліімідних структур для модернізації існуючих робототехнічних платформ їхня комутаційна система буде мати більшу хімічну стійкість, високу механічну міцність і стійкість до корозійних процесів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Сьогодні існує велике різноманіття мобільних робототехнічних платформ різного призначення. У світі нараховується близько 800 тисяч мобільних роботів, що класифікуються за різними ознаками, такими, наприклад, як підсистема переміщення, тип цільового середовища, тип енергозабезпечення, призначення та інші.

Мобільні роботи, призначені для виконання тільки транспортних операцій з перевезення вантажів (робокари), часто не мають маніпуляторів, а забезпечуються спрощеними одне- і двоступеневих вантажно-розвантажувальними пристроями, або останні операції виконуються стаціонарними маніпуляторами, що знаходяться в місцях зупинки транспортних роботів.

Мобільні роботи, що включають в себе чутливі елементи, виконавчі механізми, комп'ютери і володіють елементами штучного інтелекту, представляють досить зручний об'єкт для постановки, вивчення та знаходження рішень сучасних проблем мехатроніки [1].

Промислові роботи відносяться до класу маніпуляційних роботів. Промисловий робот – це автоматична машина, стаціонарна чи пересувна, що складається з виконавчого пристрою у вигляді маніпулятора, який має кілька ступенів свободи, перепрограмувального пристрою для програмного керування виконанням у виробничому процесі рухових і керуючих функцій. Для робота характерна перепрограмованість – властивість промислового робота замінити керуючу програму автоматично чи за допомогою людини-оператора [2].

Мобільні робототехнічні системи відрізняються наявністю рухомого шасі з автоматично керованими приводами. Вони можуть бути колісними, ходячими, колісно-ходячими та гусеничними. Існують також плаваючі та літаючі мобільні робототехнічні системи. Часто мобільні машини містять на собі маніпуляційні роботи та можуть застосовуватися в польових умовах, у космічних польотах, на промислових підприємствах, а також у будівництві та на транспорті. На заводах багато ручної роботи потрібно виконувати під час транспортування деталей, матеріалів і інструментів у заводському цеху між верстатами та складами. Тут об'єктом робототехніки є створення автоматичних візків (робокарів), що рухаються в цеху по заданій програмі із керуванням від ЕОМ. Програма може легко переналагоджуватися. У складі мобільних робототехнічних платформ також можуть бути бортові комп'ютери, в яких є гнучкі комутаційні системи (ГКС) [2].

Прикладом такого мобільного робота є KUKA Mobile Robotik iiwa (рис. 1). Автономний робот KMR iiwa придатний для співпраці з людиною та є мобільним. В одній системі він поєднує сильні сторони чутливого робота легкої конструкції LBR iiwa та мобільної автономної платформи. KMR iiwa відрізняється високою мобільністю та гнучкістю, що забезпечує умови для виконання вимог Industrie 4.0 [3].

KMR розшифровується як KUKA Mobile Robotik (мобільна робототехніка KUKA). Модульна система KMR iiwa забезпечує ряд можливостей комбінування технології робота, мобільних платформ і промислових компонентів. Сім спеціальних датчиків шарнірного моменту на кожній осі робота легкої конструкції LBR iiwa роблять його чутливим до свого оточення [3].

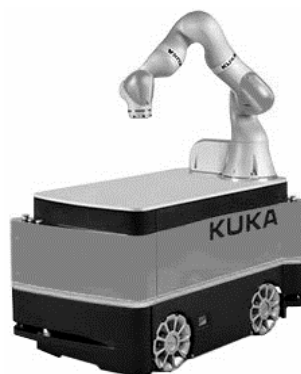


Рисунок 1 – Мобільний робот KUKA Mobile Robotik iiwa

Інформаційно-керуючі робототехнічні системи можуть не мати механічно рухомих виконавчих пристроїв. Вони на підставі інформації, що надходить від зовнішніх джерел, виконують за допомогою визначених алгоритмів і програм (у тому числі адаптуються до обстановки та до поставленої задачі) обробку інформації, видачу результатів на дисплей чи інші зовнішні пристрої, а також автоматично виробляють необхідні керуючі сигнали на основі цих результатів [2].

До інформаційних роботів відносяться також і автоматичні контрольно-вимірювальні системи на виробництві. Справді, там витрачається багато ручної праці на контрольно-вимірювальні операції. Тут призначенням робототехніки є автоматизація самого процесу контролю, подачі деталей на контроль, проведення вимірювань і потім автоматичне сортування деталей різного ступеня придатності (чи просто не придатних і бракованих), а також передача до верстата інформації про необхідність підналагодження. Ця задача теж повинна бути вирішена для завершення комплексної автоматизації виробництва та ліквідації одноманітної ручної праці. У таких інформаційних роботах можуть бути присутніми деякі маніпуляційні пристрої [2].

Пристрої керування роботами, як правило, діляться на три типи. Вони ж, у свою чергу, діляться ще на 3 підгрупи кожна. І кожна з них має своє призначення, свої відмінності, свої достоїнства переваги та недоліки, компромісом між якими і досягається оптимальне функціонування конкретної мехатронної системи за конкретних умов і наявності тих чи інших фахівців і матеріальних засобів. Не можна судити про систему управління тільки за її сучасністю, якістю виконання, нестандартною реалізацією й іншими зовнішніми факторами. А в деяких випадках і зовсім немає вибору між декількома видами пристроїв управління, наприклад, якщо не дозволяють умови функціонування робота розмістити поруч оператора – наприклад, у зоні, яка уражена радіацією [4].

За типом управління робототехнічні системи підрозділяються на:

- біотехнічні;
- автоматичні;
- інтерактивні.

Однією з основних тенденцій розвитку техніки є перехід від традиційної апаратури до електронних засобів на гнучких основах у рамках розвитку в усьому світі напряму гнучкої гібридної електроніки. В умовах мікромініатюризації електронних виробів застосування ГКС, до яких відносяться гнучкі електронні компоненти, елементи гнучкої електроніки, друковані плати й елементи між'єднань, забезпечує низку переваг під час створення як стаціонарних, так і рухомих конструкцій.

Однією з основних тенденцій приладобудування в усьому світі є створення пристроїв, які отримали загальну назву «гнучка електроніка». Таким чином, заміна жорстких компонентів апаратури на гнучкі з метою підвищення їх якості, функціональних можливостей, надійності та зменшення габаритно-масових характеристик (ГМХ), трудомісткості виготовлення, вартості, а також розробка технологічної оснастки для виробництва електронних модулів, що використовує особливості гнучких структур, є актуальними на даний час [6], [7].

У компонентах гнучкої гібридної електроніки використовуються плівкові діелектричні матеріали, гнучкі електронні компоненти та рухомі конструкції пристроїв мікросистемної техніки, гнучкі та гнучко-жорсткі багатошарові друковані плати та шлейфи, які об'єднані поняттям «гнучкі структури». У цьому застосуванні вони дозволяють вирішити питання більш щільного компонування вузлів апаратури, зниження ГМХ між'єднань [8].

Як діелектричні основи ГКС застосовуються найрізноманітніші полімерні матеріали: полієфіри, зокрема поліетилентерефталат, поліїмід, фторополімерні плівки, рідинно-кристалічні полімери і навіть термопластичні плівки, такі, наприклад, як поліетилен, полівініл хлорид і ін [9].

Для ГКС більшості груп електронних пристроїв використовується поліїмід. Поліїмід – це високотемпературний полімер. Поліїміди являють собою синтетичні полімери, які містять

імідні цикли [10].

У роботі розглядається модернізація комутаційної системи для мобільної платформи Keystudio 4WD BT Robot car V2.0 (рис. 2). Мобільний робот з Bluetooth управлінням від компанії Keystudio – це система розробки навчальних програм на базі контролера Arduino на мікроконтролері ATmega-328 у якості ядра. Він має функції відстеження лінії, запобігання зіткнення та об'їзду перешкод, ІЧ-пульта дистанційного керування, дистанційного керування Bluetooth та вимірювання та відстеження відстані до перешкоди. Також є світлодіодна матриця для відображення різних символів або емоцій робота. Також доступна візуальна система програмування.

Передбачається для з'єднання друкованих плат апаратної частини за допомогою гнучких шлейфів використання серії з'єднувачів XF2M виробництва OMRON для FPC-шлейфу з кроком 0,5 мм [11].

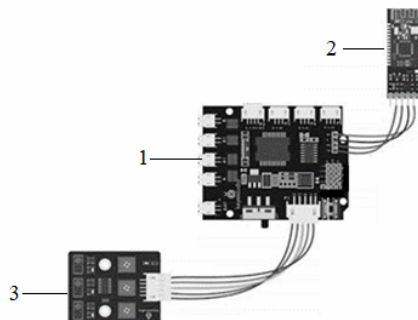
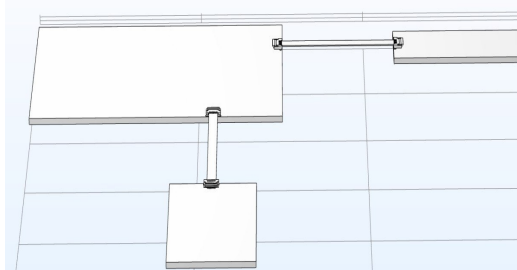
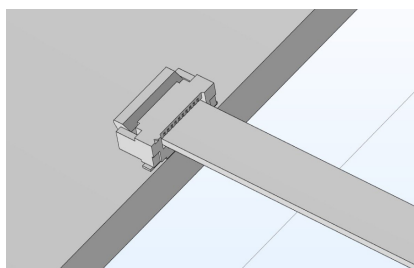


Рисунок 2 – Вузол комутаційних зв'язків мобільного робота Keystudio 4WD BT Robot car V2.0: 1) модуль Keystudio Motor Driver Shield; 2) модуль Keystudio HM-10 Bluetooth-4.0; 3) модуль Keystudio Line Tracking Sensor

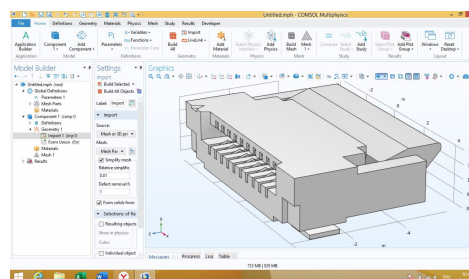
На рис. 3 зображена побудована у середовищі COMSOL Multiphysics модель вузла комутаційних зв'язків для мобільного робота Keystudio 4WD BT Robot car V2.0, модернізованого із застосуванням поліімідних ГКС.



а) загальний вигляд комутаційної системи



б) шлейф зі з'єднувачем XF2M



в) з'єднувач XF2M

Рисунок 3 – Модернізація вузла комутаційних зв'язків для мобільного робота Keystudio 4WD BT Robot car V2.0

ВИСНОВКИ. Останнім часом технологія приладобудування виходить з традиційного дизайну жорсткої електроніки в майбутнє гнучких форм-факторів. Розвиток гнучкої технології пропонує нові функціональні можливості, які раніше не були доступні, за допомогою гнучкої конструкції виробів.

Таким чином, за результатами проведеного аналізу особливостей існуючих мобільних роботів і переваг застосування у їх складі ГКС виконано побудову комп'ютерної моделі комутаційної системи мобільної робототехнічної платформи Keyestudio 4WD BT Robot car V2.0: з використанням поліімідних структур.

Подальшим завданнями дослідження будуть:

- моделювання вузла комутаційних зв'язків для мобільного робота Keyestudio 4WD BT Robot car V2.0 за допомогою середовища COMSOL Multiphysics на різні види впливів;
- розробка математичної моделі параметрів комутаційних структур на основі поліімїду.

ЛІТЕРАТУРА

1. Система управління робототехнічною платформою на основі радіомодуля та акселерометра [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docviewer.yandex.ua/>.
2. Робототехнічні системи (РТС), їх структура [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://5fan.ru/wievjob.php?id=67484>.
3. KMR iiwa [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kuka.com/ru-ru/продукция-услуги/мобильность/мобильные-роботы/kmr-iiwa>.
4. Шишов О. В. Элементы систем автоматизации: промышленные компьютеры: учебное пособие / О. В. Шишов. – М., Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 98 с.
5. Bolkunievich_magistr.pdf [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/31794/1/Bolkunievich_magistr.pdf.
6. Jonathan E., Jack C., Chang L. Development of polyimide flexible tactile sensor skin / J. Micromech. Microeng. 2003; 13: 359–366.
7. Болотник Н. Н. Робототехнические системы / Н. Н. Болотник, А. А. Жуков, Д. В. Козлов // Мехатроника, автоматизация, управление. 2016. Т. 17, № 4. С. 233–239.
8. Технологічне забезпечення якості гнучких комутаційних структур: монографія / І. Ш. Невлюдов, І. В. Боцман, В. В. Невлюдова, Є. А. Разумов-Фризюк. – Кривий ріг: КК НАУ, 2018. 256 с.
9. Невлюдов І. Ш. Розробка параметричної моделі гнучких комутаційних структур для дослідження механічних впливів на них / І. Ш. Невлюдов, С. П. Новоселов, І. В. Боцман, Н. П. Демська // XVII Міжнародна науково-технічна конференція «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів»: матеріали конференції (Кременчук, 2-4 листопада 2018 р.). – Кременчук: КрНУ, 2018. С. 141–143
10. Жарікова І. В. Експериментальні дослідження параметрів гнучких шлейфів під впливом факторів дестабілізації / І. В. Жарікова В. В. Невлюдова, А. С. Боцман. Технологія приладобудування. Харків: НДТІП, 2016. С. 47–49.
11. XF2M – серия разъемов производства OMRON [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.kosmodrom.com.ua/prodlist.php?name=xf2m>.

Науковий керівник: Жарікова Ірина Володимирівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.