

PROSPECTS OF USING COLLABORATIVE ROBOTS IN RADIOELECTRONIC INSTRUMENT MANUFACTURING

Svitlana Maksymova

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, 14 Nauky Ave

E-mail: svitlana.milyutina@nure.ua

Annotation: The paper examines the main advantages and disadvantages of using collaborative robots in radioelectronic instrument making. Both the advantages and disadvantages of this approach are considered. Five main areas of application of such robots are given, that is, operations that they can perform better than a person. Including an explanation of the advantages of robotic labor over human labor. The social factor of resistance to innovation is also separately presented. Prospects for the development of a new technology are given.

Key words: collaborative robots, advantages, disadvantages, development prospects.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОЛАБОРАТИВНИХ РОБОТІВ У РАДІОЕЛЕКТРОННОМУ ПРИЛАДОБУДУВАННІ

Світлана Максимова

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: svitlana.milyutina@nure.ua

Анотація: У роботі досліджено основні переваги та недоліки використання колаборативних роботів в радіоелектронному приладобудуванні. Розглянуто як переваги, так і недоліки даного підходу. Наведено п'ять основних сфер застосування таких роботів, тобто операції, які вони можуть виконувати краще, ніж людину. В тому числі є пояснення, які ж переваги роботизованої праці перед людською. Також окремо винесено соціальний фактор супротиву інноваціям. Надано перспективи розвитку даної технології

Ключові слова: колаборативні роботи, переваги, недоліки, перспективи розвитку.

В сучасному світі все більшого розповсюдження набуває застосування принципів Індустрії 5.0. Окремо можна відзначити застосування колаборативних роботів в галузі радіоелектронного приладобудування. Розглянемо перспективи такого використання колаборативних роботів

Перш за все, серед мейнстрімів слід зазначити зміну парадигми: від автоматизації до колаборації

Традиційне радіоелектронне приладобудування тривалий час спиралося або на ручну працю (через високу складність та мініатюризацію), або на жорстку промислову автоматизацію (для масових серій). Поява колаборативних роботів (коботів) створює «третій шлях». На відміну від класичних роботів, коботи працюють без захисних бар'єрів в одному просторі з людиною. У радіоелектроніці це дозволяє поєднати когнітивні здібності майстра (контроль якості, прийняття рішень) з точністю та невтомністю машини.

Очевидними стають технологічні драйвери впровадження

Використання коботів у цій галузі зумовлене трьома технічними факторами: висока повторюваність, чутливість (Force Control), гнучкість переналаштування. Пояснимо, висока повторюваність полягає в можливості забезпечити точність до $\pm 0,02$ мм, що критично для монтажу компонентів на друковані плати. Датчики моменту сили дозволяють коботам делікатно вставляти роз'єми, шлейфи та тендітні деталі, не пошкоджуючи їх, за що відповідає

чутливість, або «коефіцієнт піклування». На відміну від стаціонарних ліній, робота можна перепрограмувати на нову модель виробу за лічені години, що ідеально підходить для концепції High-Mix Low-Volume (велика номенклатура при малих тиражах) (гнучкість, або можливість переналаштування).

Серед ключових сфер застосування в радіоелектроніці можна виділити п'ять основних ніш, де роботи дають найбільший ефект: складання, паяння та нанесення покриттів, тестування та контроль (ICT/FCT), пакування та маркування, pick-and-place для нестандартних компонентів. Розглянемо їх детальніше.

Складання: встановлення дисплеїв, кнопок, закручування мікрогвинтів з чітко визначеним моментом затяжки.

Паяння та нанесення покриттів: роботизоване селективне паяння та нанесення вологозахисних лаків забезпечує ідеальну повторюваність шару, чого важко досягти вручну.

Тестування та контроль (ICT/FCT): робот може самостійно завантажувати плати в тестові стенди, натискати кнопки інтерфейсу та сортувати вироби на «придатні» та «брак».

Пакування та маркування: фінальна стадія, де робот наклеює серійні номери та вкладає готові пристрої в тару.

Pick-and-place для нестандартних компонентів: робота з елементами, які мають складну форму і не можуть бути встановлені стандартними SMT-автоматами.

Що стосується економічної доцільності та коефіцієнта рентабельності інвестицій (ROI) треба зазначити наступне. Радіоелектронна галузь характеризується короткими життєвими циклами продуктів. Інвестиції в роботів зазвичай окупаються швидше (від 6 до 18 місяців) порівняно з капітальною автоматизацією. Зменшення відсотка браку: автоматизація критичних вузлів знімає фактор «втоми очей» монтажника. Економія площі: відсутність огорож дозволяє інтегрувати роботу на існуюче робоче місце замість людини без перепланування всього цеху. Масштабованість: підприємство може купувати по одному роботу за раз, поступово автоматизуючи вузькі місця, замість повної зупинки виробництва на модернізацію.

Тож ми бачимо значні переваги використання роботів у промисловості. Але розглянемо недоліки їхнього використання. Проблема захоплення (End-effectors): розробка універсальних «пальців» для мікроскопічних деталей є дорогою інженерною задачею. Кібербезпека: підключення роботів до промислового інтернету речей (IIoT) створює ризики втручання в техпроцес. Інтеграція з MES/ERP: необхідність синхронізації дій робота з системами обліку та управління виробництвом на підприємстві.

Треба окремо зазначити, що людство не може так прийняти витіснення людини роботом. Перш за все це пов'язане із страхами щодо безробіття. Але у приладобудуванні роботи частіше стають «інструментом», а не заміною. Вони забирають на себе монотонні, шкідливі (паяння) та прецизійні операції. Це дозволяє персоналу переходити на рівень операторів та налаштувальників, що підвищує кваліфікацію та додану вартість праці.

CONCLUSIONS. Отже, на мій погляд майбутнє галузі лежить у площині Mobile Cobots (роботи на автономних мобільних платформах), які зможуть самостійно переміщатися між дільницями, та впровадження AI-зору. Штучний інтелект дозволить роботам самостійно розпізнавати хаотично розкидані деталі в контейнері та адаптуватися до змін у їхньому положенні без жорсткого програмування координат.

Використання колаборативних роботів у радіоелектронному приладобудуванні – це вже не експеримент, а умова виживання на ринку. Гнучкість, яку вони забезпечують, дозволяє локальним виробникам конкурувати з гігантськими фабриками за рахунок швидкості випуску нових продуктів та бездоганної якості збирання.

REFERENCES

1. Industry 5.0 та колаборативна робототехніка: динамічний опис навколишнього середовища роботів-маніпуляторів з використанням мови Python: монографія / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, С. С. Максимова. – Харків : Видавництво Іванченка І. С., 2026. – 279 с.
2. Nevliudov, I., Omarov, M., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Jabrayilzade, E. (2026). MATHEMATICAL MODELING OF TRAJECTORIES CONSTRUCTION, MOVEMENT OF THE GRIPPING DEVICE OF A COLLABORATIVE ROBOT. *Advanced Information Systems*, 10(1), 11-20.
3. Yevsieiev V. Intelligent Collaborative Control of Mobile Robots for Emergency and Rescue Operations Within the Industry 5.0 Paradigm / V. Yevsieiev // *Yevsieiev V. Intelligent Collaborative Control of Mobile Robots for Emergency and Rescue Operations Within the Industry 5.0 Paradigm / V. Yevsieiev // Intelligent Civil Safety Technologies and Robotic Systems for Emergency and Rescue Operations (ICSTRO-2026) : Proceedings of I-st All-Ukrainian Conference, February 12-23, 2026. – Kharkiv, 2026. - P. 144-147.*
4. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Gopejenko, V., & Kosenko, V. (2025). Development of mathematical support for adaptive control for the intelligent gripper of the collaborative robot manipulator. *Advanced Information Systems*, 9(3), 57-65.
5. Невлюдов, І., Євсєєв, В., Максимова, С., & Артюх, Р. (2025). Математична модель адаптивного ієрархічного високорівневого керування триланкового колаборативного робота-маніпулятора. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*, (2 (32)), 58-68.
6. Maksymova S. Development of a model for decentralized control of a group of collaborative robot manipulators / S. Maksymova, P. Shakhov // *Manufacturing & Mechatronic Systems 2025 : Theses of Reports of IX-st International Conference, October 25-26, 2025. - Kharkiv, 2025. - P. 76-79.*
7. Development of a Method for Planning the Movement of a Gripping Device for a 3-Link Collaborative Robot Manipulator / I. Nevliudov, V. Yevsieiev, S. Maksymova, N. Demska // *Journal of natural sciences and technologies. – 2025. - 4(1). - P. 403-413.*
8. Maksymova, S., Yevsieiev, V., Chala, O., & Ababneh, J. (2025). DECISION-MAKING MODEL FOR CONTROLLING A COLLABORATIVE ROBOTMANIPULATOR BASED ON THE SENSOR FUSION METHOD AND THE RULES OF RULE-BASED SYSTEMS. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 5(6), 526-538.
9. Yevsieiev, V. Comparative Analysis of the Characteristics of Mobile Robots and Collaboration Robots Within INDUSTRY 5.0. / V. Yevsieiev, D. Gurin // *Sectoral research XXI : characteristics and features : collection of scientific papers "SCIENTIA" with proceedings of the VI International Scientific and Theoretical Conference, September 8, 2023. - Chicago : European Scientific Platform, 2023. - P. 92-94.*
10. Yevsieiev V. Implementation of STEM education in distance learning conditions during martial law in Ukraine: challenges, tools and prospects for training future engineers / V. Yevsieiev, S. Starikova // *Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGA (MC&FPGA-2025) : VII International Scientific and Practical Conference, June 27-28, 2025. – Kharkiv : NURE. – P. 21-25.*
11. Невлюдов І. Ш. Технічне та програмне забезпечення розробки малогабаритного мобільного робота : монографія / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, Д. В. Гурін // *Кривий Ріг: Криворізький фаховий коледж Державного некомерційного підприємства «Державний університет «Київський авіаційний інститут»*, 2025. – 355 с. - DOI : <https://doi.org/10.30837/978-617-8332-74-7>.