

УДК 621.865.8

*О.А. Соколова, студент гр. ПБ-01мн, к.т.н., доц. Вислоух С.П.*  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

## **ПРО ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПОЗИЦІОНУВАННЯ РОБОТІВ-МАНІПУЛЯТОРІВ**

**Анотація.** В даній статті обґрунтовано необхідність проведення досліджень та розробки методів точного позиціонування промислових роботів. Наведено методи забезпечення точності позиціонування роботів.

**Ключові слова:** автоматизація виробництва, роботизований комплекс, промислові роботи, точність позиціонування, методи забезпечення точності позиціонування.

### **ВСТУП**

В сучасному світі основним напрямком розвитку промисловості є автоматизація виробництва. Автоматизація виробничих процесів – це комплекс заходів з розроблення нових, прогресивних технологічних процесів і створення на їх основі сучасних високопродуктивних машин і систем машин [1].

Головний напрямок автоматизації – створення високопродуктивних технологічних процесів. Одним з основних елементів автоматизації промислових підприємств є використання роботизованих технологічних систем (РТС), що сприяє росту ефективності виробництва за рахунок автоматизації тих виробничих процесів або їхніх частин, автоматизація яких найпростішими засобами недоцільна. Підвищення техніко-економічних показників роботи підприємства і поліпшення умов праці є основною метою роботизації виробничих комплексів [2].

Застосування робототехнічного комплексу у виробничому процесі дозволяє раціонально підійти до використання трудових ресурсів, підвищити якість виконання технологічної операції, знизити часові витрати на її виконання, знизити собівартість продукції за рахунок зменшення відсотку браку та невиробничих витрат, збільшити випуск продукції, підвищити ефективність виробництва в цілому. Використання такого роду систем автоматизації висуває більш високі вимоги до технологічності виробів, до системи ТПВ і кваліфікації кадрів.

### **МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ПОЗИЦІОНУВАННЯ РОБОТІВ**

Промислові роботи представляють собою складний електромеханічний об'єкт, що має низку особливостей. По-перше, маніпуляційні роботи відрізняються складною кінематичною структурою, що містить множину незалежних та взаємопов'язаних ланок. По-друге, зміна розташування ланок в просторі впливає на фізичні сили, що діють на маніпулятор. По-третє, існують вібрації від обладнання та двигуна робота, що впливають на точність позиціонування.

У зв'язку з наявністю зазначених особливостей, однією з основних характеристик промислових роботів (ПР) є точність позиціонування, або ж точність системи керування роботів. Дана характеристика змінюється в залежності від режимів роботи робота та є складною для передбачення та аналізу величиною. На точність позиціонування впливають конструкційні особливості ПР, швидкість руху

та повороту ПР, проміжні зупинки та прискорення, вібрації як власні, так і викликані розташуванням робота на виробництві. Точність позиціонування може відрізнятися для різних точок робочої області робота [3]. Отже, необхідна система аналізу та оцінки похибок, що дозволяє ефективно здійснювати серії у сотні та тисячі вимірів.

Точність позиціонування робота – це комплексна величина, що залежить від багатьох факторів [4]: похибка системи керування; геометричні похибки; теплові похибки; похибка, що викликана дією сили тяжіння; похибка відпрацювання приводів системи.

Аби усунути або зменшити дані неточності позиціонування розроблено відповідні методи забезпечення точності позиціонування роботів [4].

**Уточнення розв'язання прямої та оберненої задач кінематики.** Пряма задача – це визначення розташування робочого органу маніпулятора (за координатами  $X, Y, Z$ ) за його кінематичною схемою та заданою орієнтацією ( $A_1, A_2, \dots, A_n$ ) його ланок ( $n$  – число ступенів свободи маніпулятора,  $A$  – кут повороту). Обернена задача полягає у визначенні кутів повороту ланок за заданим розташуванням робочого органу та відомою схемою його кінематики.

Тобто, для вирішення прямої задачі кінематики необхідно знати геометричні параметри робота (наприклад, радіус основи та рухомої платформи, висота робота тощо), а для вирішення оберненої задачі достатньо знати траєкторію руху платформи.

**Структурний та параметричний синтез.** Структурний синтез полягає у проектуванні структурної схеми механізму, що складається з нерухомих та рухомих ланок та кінематичних пар. Тобто, визначення найкращої структури маніпулятора з паралельною та послідовною кінематикою, що відповідає заданим вимогам. Під параметричним синтезом розуміють вибір оптимальних параметрів робота, що відповідають заданим вимогам.

Структурний синтез рідко буває повністю незалежним від параметричного. Зазвичай вибір структури та визначення значень параметрів її елементів тісно пов'язані, що складає разом структурно-параметричний синтез. Даний метод забезпечує, зазвичай, множину рішень.

**Застосування більш досконалих двигунів.** Для кожного типу робота необхідно підбирати певний тип двигуна. Наприклад, асинхронні двигуни погано функціонують в умовах роботи зі змінними швидкостями або реверсування обертання валу, оскільки рухомий елемент залежить не тільки від струму в статорі, а й від швидкості обертання валу, а струм, що індуковано в роторі, контролювати складно. А для паралельних роботів найбільш придатним є кроковий двигун або двигун постійного струму.

**Застосування вимірювальної системи з декількома датчиками (MCMS) [5].** Дана система складається з датчика розпізнавання (vision sensor), який використовується для вимірювання розташування робота у реальному часі, та кутового датчика, що жорстко прикріплений до маніпулятора, для визначення його орієнтації. Через більш високу точність мультисенсора для об'єднання розташування та орієнтації маніпулятора використовують два ефективних підходи до об'єднання даних: фільтр Калмана та алгоритм об'єднання оптимальної інформації з декількома датчиками. Основною

перевагою даного методу перед іншими в тому, що він не потребує складних рішень кінематичних параметрів, збільшення обмежень руху та складних процедур традиційних методів, заснованих на візуальному представленні.

**Калібрування кінематичних та некінематичних параметрів промислового робота [6].** Це спосіб підвищення точності позиціонування робота шляхом вимірювання набору точок позиції робота у робочому просторі роботи, визначення набору параметрів, що зменшують похибку між номінальною моделлю робота та реальним роботом.

Наведені методи підвищення точності позиціонування маніпуляторів враховують головний параметр, навколо якого будується сам метод. Проте система керування роботом – це складна і комплексна система, що складно прогнозується і аналізується. Очевидно, що через складність задач моделювання та керування рухом маніпуляторів є необхідною побудова комплексної моделі для розв’язання усіх необхідних задач на основі комплексу параметрів.

## **ВИСНОВОК**

Підвищення точності позиціонування промислових роботів є однією з найважливіших проблем у автоматизованому виробництві. Розповсюдження високоточних промислових роботів дозволить усунути людину від тяжкої та небезпечної праці, зменшити витрати на виробництво, час виробничого циклу, підвищити якість продукції, знизити кількість помилок та браку. Тому є необхідним створення керуючої системи на основі штучних нейронних мереж, що буде зменшувати похибки, що викликані вібраціями, установкою датчиків, неточністю відпрацювання приводів системи, геометричними та іншими параметрами маніпулятора та його складових.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- [1] Автоматизація виробничих процесів : навч. посіб. для технічних спеціальностей / за ред. Я.І. Проця. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.
- [2] Захоплювальні пристрої промислових роботів: навч. посіб. / за ред. Я. І. Проця. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2008. – 232с.
- [3] Разработка системы управления роботом-манипулятором «Katana» / ДонТУ, електротехнічний фак. Режим доступа : <http://masters.donntu.org/2017/etf/pahomov/diss/index.htm> – 10.06.2018 г.
- [4] Баланев, Н.В. Анализ факторов, влияющих на точность позиционирования промышленного робота и методы обеспечения заданной точности / Н. В. Баланев, Р. А. Янов // Журнал «Достижения науки и образования». – 2016. – №1 (2). – С. 11-14.
- [5] A Method of Improving the Pose Accuracy of a Robot Manipulator Based on Multi-Sensor Combined Measurement and Data Fusion / Bailing Liu, Fumin Zhang, Xinghua Qu // Journal “Sensors”. – 2015. – №15 (4). – P. 7933-7952.
- [6] Accuracy and Calibration Issues of Industrial Manipulators / Mohamed Abderrahim, Alla Khamis, Santiago Garrido, Luis Moreno // Industrial Robotics - Programming, Simulation and Applications. – 2006. – P. 131-146.