

Федоров П.А. аспірант спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Науковий керівник: Дяченко Г.Г., канд. техн. наук, доцент кафедри електропривода (Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

АПАРАТНО-ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ШВИДКОДІЮЧИХ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ЗІ СКЛАДНОЮ КІНЕМАТИКОЮ

Актуальність. Системи позиціонування швидкодіючих електромеханічних комплексів є важливим елементом сучасних автоматизованих виробничих ліній, роботизованих систем та механізмів, що використовуються в різних галузях, таких як промисловість, аерокосмічна техніка, медицина тощо. Однією з основних проблем таких систем є точність і швидкість позиціонування при складній кінематиці, що вимагає комплексного підходу до розробки апаратного та програмного забезпечення. Збільшення складності та розширення функціональних можливостей електромеханічних систем, а також впровадження сучасних методів і технічних засобів управління вимагають підвищеної точності їх роботи [1]. Впровадження та розробка апаратного та програмного забезпечення є ключовою для розширення та ускладнення функцій, що виконуються електромеханічними системами, підвищення точності та швидкості позиціонування при складній кінематиці.

Основною метою розробки апаратно-програмного забезпечення є коректне функціонування системи позиціонування у будь-яких умовах та мінімізація помилок у процесі отримання та обробки даних, розширення та ускладнення функцій що виконуються системами, підвищення точності та швидкості позиціонування систем.

Результати досліджень. Аналіз світового досвіду [2] створення та модернізації діючих технологічних систем демонструє високу динаміку розвитку систем електромеханічного комплексу, засобів контролю і вимірювання засобів автоматизації. Швидкодіючі електромеханічні комплекси, як правило, мають складну кінематику, що включає багатозв'язкові механізми та складні траєкторії руху [3]. Це може спричинити низку труднощів у точному прогнозуванні, швидкості позиціонування при складній кінематиці та отриманні кінцевих даних.

Основним інструментом для підтримки ефективності та якості програмування є методи моделювання руху складних систем. Серед них:

- прямі та обернені кінематичні розрахунки;
- метод числових інтегралів для моделювання динаміки системи;
- використання симуляційних платформ для тестування алгоритмів позиціонування.

Розглядаючи детальніше основні особливості швидкодіючих електромеханічних комплексів, слід акцентувати увагу на високій швидкості їх реакції, що забезпечують миттєве виконання команд чи дій, завдяки високопродуктивним електричним та механічним елементам. Ці комплекси можуть виконувати задачі з високою точністю, що необхідно в автоматизованих виробничих процесах чи робототехнічних системах. До того ж, вони інтегрують різні технології: сенсори, електронні компоненти, механізми руху та інші елементи для забезпечення узгодженої роботи [4]. Особливо важливо, що вони можуть бути запрограмовані, налаштовані та адаптовані до змінюваних умов або нових завдань.

Програмне та апаратне забезпечення працюють взаємопов'язано і в безперервній взаємодії. Основні компоненти апаратного та програмного забезпечення наведено у таблиці 1. Також узагальнена структурна схема системи позиціонування показана на

рисунку 1.

Таблиця 1 – Компоненти апаратно-програмного забезпечення

Компоненти	Функціональне призначення
Мікропроцесори	Обробка даних з датчиків
Мікроконтролери	Обробка даних з датчиків
Спеціалізовані процесори	Розв’язання складних алгоритмів позиціонування; використання цифрових сигналів для керування приводними системами
Алгоритми обчислення траєкторій	Забезпечення точного руху в просторі
Алгоритми корекції помилок	Усунення впливу зовнішніх факторів на точність позиціонування
Інтерфейс користувача	Налаштування та моніторинг роботи системи

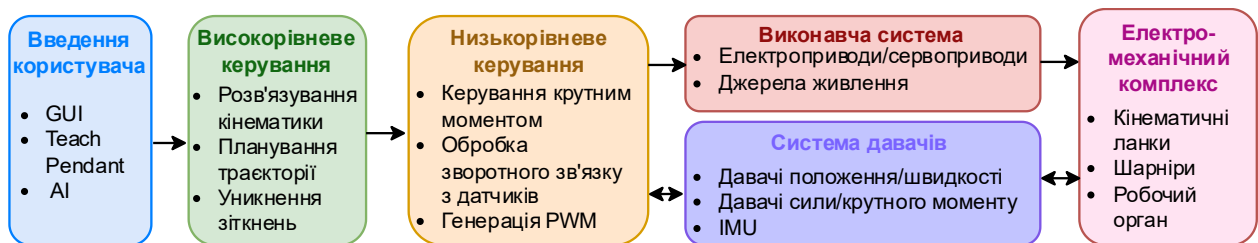


Рисунок 1 – Узагальнена структурна схема системи позиціонування швидкодіючих електромеханічних комплексів зі складною кінематикою

Враховуючи вимогу високої швидкості відгуку, програмне забезпечення має реалізувати паралельні обчислення для швидкої обробки даних та прийняття рішень. Це забезпечує мінімізацію часу на корекцію помилок або зміну траєкторії.

Розробка апаратно-програмного забезпечення для систем позиціонування швидкодіючих електромеханічних комплексів із складною кінематикою є надзвичайно важливим завданням, яке потребує комплексного підходу та інтеграції передових технологій. У цій роботі було визначено основні компоненти апаратного та програмного забезпечення та їх функціональне призначення. Застосування високоточних датчиків, сучасних обчислювальних систем та оптимізованих алгоритмів дозволяє досягти високої точності та швидкості позиціонування в складних умовах.

Перелік посилань:

1. G. Chen, Y. Liu, and L. Qian, "Research on the reliability and sensitivity of positioning accuracy of loading manipulator based on co-simulation," *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 39, pp. 847–856, 2025, doi: 10.1007/s12206-025-0128-2.
2. S. I. Abdelmaksoud, M. H. Al-Mola, G. E. M. Abro and V. S. Asirvadam, "In-Depth Review of Advanced Control Strategies and Cutting-Edge Trends in Robot Manipulators: Analyzing the Latest Developments and Techniques," in *IEEE Access*, vol. 12, pp. 47672-47701, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3383782.
3. A. Calzada-Garcia, J. G. Victores, F. J. Naranjo-Campos, and C. Balaguer, "A review on inverse kinematics, control and planning for robotic manipulators with and without obstacles via deep neural networks," *Algorithms*, vol. 18, no. 1, p. 23, 2025, doi: 10.3390/a18010023.
4. S. Khudoliyy, S. Fedoriachenko, K. Ziborov, D. Harkavenko, I. Koshelenko, and I. Lutsenko, "Development of a spatial orientation model for the actuator of a mechatronic system", *Collection Res. Papers Nat. Mining Univ.*, vol. 74, pp. 180–191, Sep. 2023. Accessed: Mar. 21, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.33271/crpnmu/74.180>.