

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ КІНЕМАТИКОЮ ТА ДИНАМІКОЮ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Іванченко О. В., студент 4 курсу, e-mail: [allo290416117@gmail.com](mailto:allo290416117@gmail.com)

Гузенко В. В., к.т.н., ст.викл., e-mail: [hnaghv@btu.kharkov.ua](mailto:hnaghv@btu.kharkov.ua)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** В даний час у світі новітніх технологій зростаюча складність сучасних роботів ставить нові завдання та проблеми з точки зору організації системи керування рухом робототехнічної системи. Розвиток елементної бази, розробка нових матеріалів, вивчення нових методів, дослідження нових математичних моделей дозволяє створювати робототехнічні системи, що мають десятки і сотні ступенів свободи, і здатні працювати в режимі реального часу.

Класифікуються математичні моделі за характеристиками виконавчих пристроїв, а також за технічними вимогами, які пред'являються до них. Існує три типи математичних моделей: кінематичні, статичні та динамічні. Істотною особливістю, що обумовлює обмеження використання динамічних моделей, є їх складність, але в будь-якому випадку необхідно враховувати кінематику та динаміку рухів робота для точного завдання траєкторій рухів ланок робота.

Для керування роботом використовуються різні виконавчі механізми - маніпуляційні, пересування та системи управління. Механічна система як об'єкт керування може бути охарактеризована такими параметрами, як тип і число переносних і робочих ступенів рухливості, що орієнтують, тип і розмір робочої зони.

Виконавчі механізми складаються з механічної системи та приводів, у маніпуляторів ще робочим органом чи інструментом. Системи пересування можуть мати робочий орган (підйомник, лебідка, у разі крокуючих роботів – стопи) [1].

Системи управління рухом робототехнічної системи бувають двох типів – централізованими та децентралізованими. Централізовані системи характеризуються як єдина система, яка включає всі приводи і механічні ланки. У децентралізованих системах робот предстает як набір незалежних підсистем. Як показали дослідження, що саме складність врахування впливу незв'язаних ланок на динаміку робота робить цей напрямок актуальною задачею.

**Мета роботи.** Проаналізувати методи керування кінематикою та динамікою робототехнічних систем.

**Основні матеріали дослідження.** Як показують дослідження, що будь-яка схема централізованої системи керування рухом робота повинна мати такі елементи: пульт керування (для того, щоб у користувача була можливість задати рух та його параметри), пристрій керування (синтезує управляючі сигнали на основі отриманих даних від датчиків та даних генератора траєкторій) та генератор траєкторій (елемент, за допомогою якого здійснюється прийом команди від контролера для подальшого розрахунку траєкторії керованих ланок).

Існує безліч способів завдання програмного руху, які поділяються на дві основні групи: теоретичні методи (засновані на побудові різних математичних моделей) та методи, засновані на навчанні. У деяких випадках використовують комбіновані методи, які поєднують у собі особливості перерахованих вище методів [2]. Для методів, заснованих на навчанні, джерелом програмного руху можуть стати різного роду системи типу людина-оператор, або екзоскелети, в яких робототехнічна система детально копіює рухи оператора, на якого одягнений спеціальний костюм (каркас) із безліччю датчиків.

Крім методу, заснованого на захопленні рухів, використовують штучні нейронні мережі (ШНМ). Штучні нейронні мережі мають низку переваг: здатність навчання штучної нейронної мережі дозволяє позбутися традиційного математичного апарату,

використовуваного для опису робота, високий ступінь паралельності мережі дозволяє значно збільшити їхню продуктивність завдяки розвитку сучасних методів паралельних розрахунків.

Можна виділити два методи отримання нейромережевих моделей:

offline

– з вибірки вхідних та вихідних сигналів, отриманої заздалегідь з навчального об'єкта (отримують або пряму, або інверсну модель динаміки об'єкта в залежності від вхідних даних).

on-line

в цьому випадку ШНМ включається до системи управління паралельно керованому об'єкту, навчання ШНМ відбувається помилково між вимірними даними та даними сформованими мережею.

Використання ШНМ для вирішення завдань ідентифікації динаміки керованого об'єкта обумовлено високою складністю математичних моделей, що враховують динаміку ланок, механічні характеристики сполучних елементів, геометричні розміри, сили та моменти, що діють на елементи систем. Як вхідні дані для ШНМ використовуються узагальнені координати, швидкості та керуючі моменти тощо. Вихідними сигналами є швидкості та прискорення керованих ланок [2].

Третім методом вважатимуться синтез алгоритмів управління методом зворотного завдання. Історично під розподілом на пряму та зворотну задачі мається на увазі наступне:

- пряме завдання динаміки - за заданим характером руху визначити рівнодіючу сил, що діють на тіло;

Зворотне завдання динаміки - за заданими силами визначити характер руху тіла.

З погляду систем управління зворотне завдання – це визначення узагальнених координат маніпулятора за заданим положенням в опорній системі координат робочого органу (або ланки). Для того, щоб досягти точного відстеження траєкторій, необхідно брати до уваги повну модель динаміки робототехнічної системи.

Даний метод набув неширокого поширення у зв'язку зі складністю реалізації та складністю використання. При використанні цього в процесі управління необхідно постійно розв'язувати рівняння, що описують повну динамічну модель робота. Наприклад, для маніпулятора лише з чотирьох ланок – вже близько десятка рівнянь, а у випадку з крокуючим роботом або таким, що виконує складні функції, більше сотні. Досі не розроблено систематичну процедуру для синтезу управління довільної структури, вибір моделі, підбір коефіцієнтів зворотного зв'язку, оцінка робастності.

У динаміці кроків якимось чином роботів широко використовується метод заданої синергії, що відноситься до класу напівзворотних методів. Головна ідея цього методу полягає в тому, що координати деяких ланок задаються явно (номінальна або штучна синергія), а координати інших ланок визначаються з рівнянь руху (компенсаторна синергія).

**Висновок.** Проаналізувавши різні способи керування рухом робототехнічної системи, було виявлено, що незалежно від способу завдання рухів центральне місце в системі управління займає генератор траєкторій. За підсумками програмних траєкторій, одержуваних із нього, і будуються системи керування роботами.

На даний момент існує більше різноманітних методів керування рухом робота, які дозволяють реалізувати величезний спектр завдань. Вибір методу керування цілком залежить від поставлених цілей перед роботом, способу реалізації, обраного програмного забезпечення для керування і, звичайно, кількості наявних засобів.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тертичний-Даурі В. Ю. Динаміка робототехнічних систем. Колос: Київ, 2012.
2. Горіневський А. Т., Формальський А. М. // Управління маніпуляційними системами на основі інформації про зусилля. Київ: Фізматліт, 1994.