

Мирослав Демидюк (Львів)

ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ЗАКОНІВ РУХУ
ЧОТИРИЛАНКОВОГО ЗАМКНУТОГО МАНІПУЛЯТОРА

На етапі розробки маніпуляційних роботів важливо мати оптимальні (у певному сенсі) конструктивні параметри та керування системи. Одним із результативних підходів, що дає можливість ефективно й науково обґрунтовано одержати зазначені характеристики, є використання засобів математичного моделювання. Тому розробка та дослідження математичних моделей маніпуляційних роботів, побудова на їх основі розрахункових алгоритмів оптимізації конструкцій та режимів керування є **актуальними** задачами робототехніки.

Метою даного дослідження є розробка алгоритму сукупної оптимізації лінійних розмірів ланок чотириланкового маніпулятора та законів його руху, аналіз впливу довжин та маси ланок маніпулятора на його оптимальні режими керування.

Розглядаємо чотириланковий маніпулятор замкненої кінематичної структури, який виконує керований рух у горизонтальній площині [2]. Для моделювання руху маніпулятора використовуємо систему чотирьох твердих тіл, послідовно з'єднаних між собою циліндричними шарнірами; за допомогою циліндричних шарнірів O_1 , O_2 система зв'язана з нерухомою основою. Ланки маніпулятора вважаємо прямолінійними стержнями з кільцевим поперечним перерізом. Довжини ланок та їх масу приймаємо за параметри оптимізації (вектор \mathbf{c}), при цьому загальну довжину ланок та їх масу, а також відношення діаметрів поперечних перерізів ланок вважаємо сталими (заданими) величинами. У захоплювачі маніпулятора розміщено вантаж, який представляємо точковою масою. Маніпулятор під дією керувань $u_1(t)$, $u_2(t)$ (моментів сил у шарнірах O_1 , O_2) виконує транспортну операцію: протягом заданого часу T переносить вантаж із заданого початкового положення робочої зони у задане кінцеве положення, $t \in [0, T]$. Швидкість вантажу в моменти часу $t = 0$, $t = T$ задаємо рівною нулю, траєкторію його руху визначаємо під час оптимізації. Формулюємо **задачу**. Знайти такі параметри \mathbf{c}^* та керування $u_1^*(t)$, $u_2^*(t)$, $t \in [0, T]$, які за накладених обмежень (на параметри та рух системи) забезпечують виконання маніпулятором транспортної операції з мінімальним значенням квадратичного функціонала
$$E = \int_0^T [u_1^2(t) + u_2^2(t)] dt.$$

Ефективною для розв'язання сформульованої задачі є методика параметричної оптимізації [1–3]. Суть її полягає у зведенні вихідної задачі оптимального керування (з параметрами) до задачі мінімізації функції багатьох змінних. Спочатку частину узагальнених координат механічної системи подаємо у вигляді лінійної комбінації заданих функцій (суми полінома третього порядку та скінченного тригонометричного ряду) з невідомими коефіцієнтами, решту координат визначаємо із кінцевих умов транспортної операції. Далі, використовуючи підхід обернених задач динаміки, із рівнянь руху знаходимо параметричне сімейство керувань $u_1(t, \mathbf{c}, \mathbf{k})$, $u_2(t, \mathbf{c}, \mathbf{k})$, де \mathbf{k} – вектор коефіцієнтів параметризації узагальнених координат. Після підстановки керувань $u_1(t, \mathbf{c}, \mathbf{k})$, $u_2(t, \mathbf{c}, \mathbf{k})$ у вираз для цільового функціонала отримуємо функцію багатьох змінних $E(\mathbf{c}, \mathbf{k})$, для мінімізації якої використовуємо числові процедури нелінійного математичного програмування.

Висновки. Числові розрахунки підтвердили ефективність побудованого алгоритму. Аналіз результатів також свідчить, що раціональним підбором лінійних розмірів ланок досліджуваного маніпулятора можна суттєво зменшити порогові значення енергетичних характеристик його субоптимальних режимів керування.

Список літературних джерел

1. Demydyuk M.V. Parametric optimization of a four-link close-chain manipulator with active and passive actuators / M.V.Demydyuk / Journal of Mathematical Sciences. – 2010. – Num.5. Vol.168. – P.P. 746-758.
2. Демидюк М.В. Оптимізація параметрів та режимів керування чотириланкового замкнутого маніпулятора / М.В.Демидюк / Прикладні проблеми механіки і математики. – 2013. – Вип. 11. – С. 51-62.