

І.І. Павленко, проф., д-р техн. наук, Т.Г. Сабірзянов, проф., д-р техн. наук,
П.В. Попруга, магістр

Кіровоградський національний технічний університет

Комп'ютеризований аналіз варіантів кінематичних схем промислових роботів

В статті розглянуто комп'ютеризований аналіз кінематичних схем промислових роботів. Запропоновано алгоритм для автоматизованого аналізу кінематичних схем, визначення найбільш доцільних їх варіантів з відповідними структурними формулами.

промисловий робот, кінематична схема, структурна формула, алгоритм визначення доцільних варіантів кінематичних схем

Кінематика – це одна з головних характеристик промислових роботів, від якої значною мірою залежать їх функціональні можливості та особливості конструктивного виконання.

Промислові роботи мають високу кінематичну рухомість виконуючих органів, що дозволяє їм здійснювати складні просторові переміщення та орієнтування деталей, які підлягають транспортуванню.

Попередню уяву про рухи, які виконуються роботами, можна одержати з кінематичних схем, що складаються з кінематичних пар і з'єднуючих їх ланок. У промислових роботах, практично, всі рухи реалізуються у вигляді кінематичних пар V-го класу. Вплив видів руху на можливі варіанти можуть бути реалізовані як у вигляді поступальних (П), так і обертових (О) рухів.

Кожен з цих варіантів відрізняється характером конструктивного використання поступальних і обертових рухів. Так поступальні рухи можуть здійснюватися прямими (П) та «вигнутими» (П') ланками. Обертові рухи можуть мати вісь обертання співпадаючу (О) та не співпадаючу (О'), в основному, перпендикулярну з віссю ланки.

Кожен з таких варіантів може мати кілька інших, які відрізняються один від одного взаємним напрямком рухів в окремих ступенях рухомості. Якщо рухи співпадають за напрямком осей системи координат, в якій працює робот, то кожний наступний рух, відносно попереднього і навпаки, може бути паралельним (||), співвісним (I), перпендикулярним (\perp) – якщо напрямки рухів перетинаються, або ж такі, що схрещуються (\times) – тобто перпендикулярні, але не перетинаються. Оцінка напрямків поступальних рухів визначається траєкторіями переміщень ланок в опорах, а для обертових – осями цих рухів.

Значна кількість ступенів рухомості призводить до величезної кількості можливих варіантів кінематичних схем. Так, для роботів, які мають 3...5 ступенів рухомості, виконаних у вигляді пар V-го класу, кількість теоретично можливих варіантів кінематичних схем досягає кількох сотень, а то й тисяч. Загальна кількість можливих варіантів може бути ще більшою, наприклад, за рахунок використання в роботах кінематичних пар IV і III-го класів, довільного направлення, та ін.

Не дивлячись на те, що деякі теоретично відмінні варіанти конструктивно являються подібними, а частина їх не представляє фактичного інтересу, визначення

Тому для вирішення цієї задачі був розроблений спеціальний алгоритм (рис. 1) для автоматизованого аналізу кінематичних схем, визначення найбільш доцільних варіантів та побудови їх структурних формул за допомогою комп'ютера.

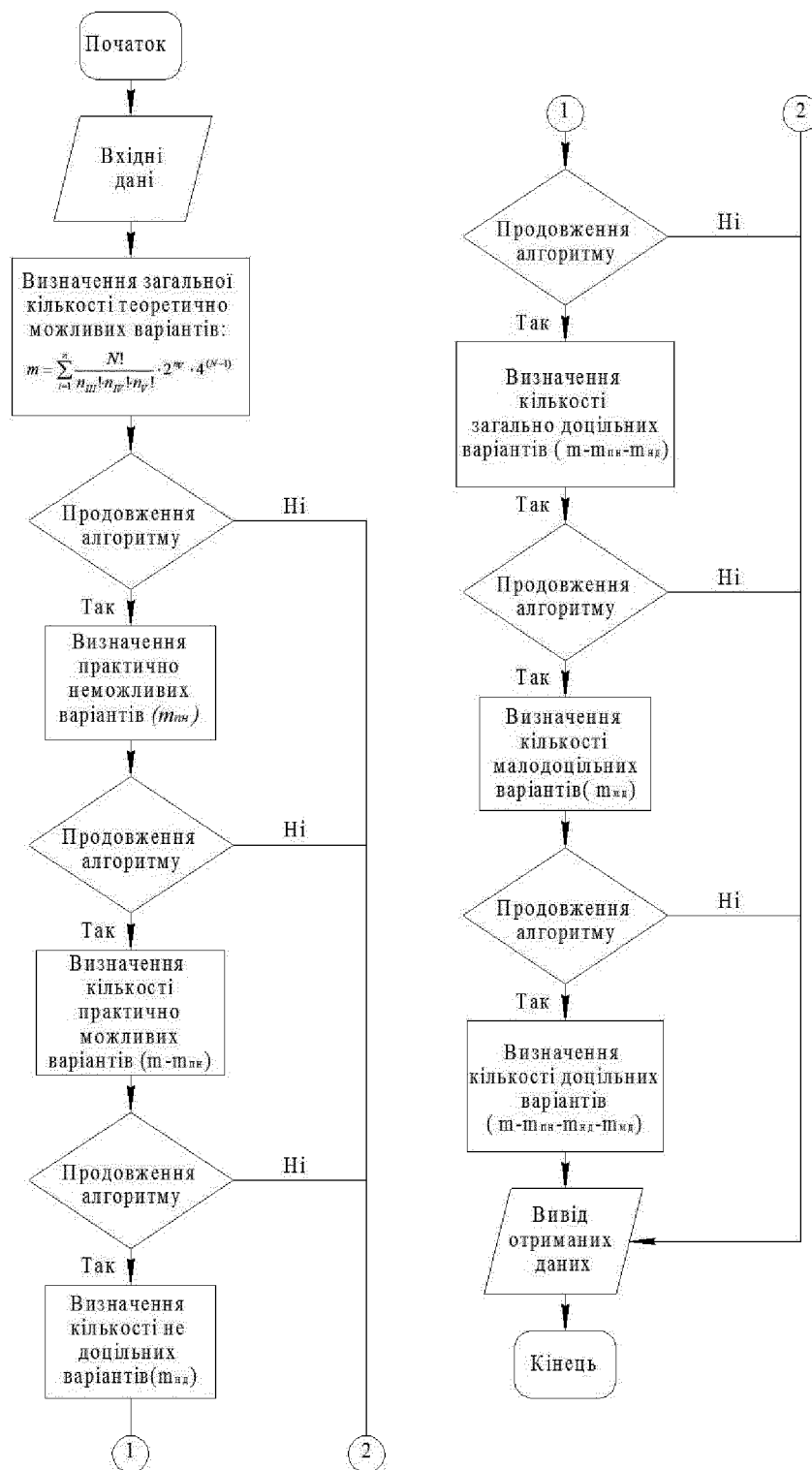


Рисунок 1 – Блок-схема визначення доцільних варіантів кінематичних схем промислових роботів

Розроблений алгоритм передбачає комп'ютеризоване вирішення ряду основних задач:

1. *Визначення загальної кількості теоретично можливих варіантів, що визначається формулою:*

$$m = \sum_{i=1}^n \frac{N!}{n_{III}! \cdot n_{IV}! \cdot n_V!} \cdot 2^{m'} \cdot 4^{(N-1)}, \quad (1)$$

де $N = n_{III} + n_{IV} + n_V$ – загальна кількість кінематичних пар, використовуваних в кінематичній схемі робота;

n_{III}, n_{IV}, n_V – кількість кінематичних пар відповідно III, IV та V-го класів.

n – кількість ступенів рухомості робота.

2. *Визначення кількості практично невиконуваних варіантів.*

Практично невиконувані варіанти визначаються за такими критеріями:

- співвісними не можуть бути варіанти, якщо першою слідує поступальна пара з «вигнутою ланкою» П', або обертова пара О';

- паралельними не можуть бути варіанти з першою поступальною парою П, або обертовою ланкою О;

- ланки, що перехрещуються, практично можливі при умові, якщо першою ланкою буде поступальна пара з «вигнутою ланкою» П', або обертова пара О'.

Отже, практично неможливими є такі варіанти: П П; О П; П' П; О' П; П ×; О ×.

Дані критерії пред'являються для всіх ланок кінематичної пари крім останньої.

3. *Визначення кількості практично виконуваних варіантів.*

Визначення кількості практично виконуваних варіантів виконується шляхом віднімання чисельності варіантів практично невиконуваних схем від загальної кількості теоретично можливих варіантів:

$$m_p = m - m_{пн}, \quad (2)$$

де m_p – кількість практично реалізуємих варіантів;

m – загальна кількість теоретично можливих варіантів кінематичних схем;

$m_{пн}$ – кількість варіантів практично невиконуваних варіантів.

4. *Визначення кількості недоцільних варіантів.*

Такі варіанти мають місце, коли в структурі кінематичних схем є умова при якій дві кінематичні пари реалізують рух, який можна виконати однією з них:

- співвісні пари ланок з поступальним рухом П | П;

- паралельні рухи ланок з поступальним рухом П' | П;

- співвісні пари ланок з обертовим рухом О | О.

Також до недоцільних варіантів входять ті, які утворюють однакову робочу зону робота. З них доцільним буде лише один варіант - який найлегше реалізувати. Наприклад, варіанти П П; П П'; П' П; П' П'; утворюють плоску зону, звідки випливає, що їх можна замінити одним варіантом П П.

5. *Визначення кількості загально доцільних варіантів.*

Визначення кількості загально доцільних варіантів виконується шляхом включення до попередньої формули ще одного параметра – кількість недоцільних варіантів:

$$m_{зд} = m - m_{пн} - m_{нд}, \quad (3)$$

де $m_{зд}$ – кількість загально доцільних варіантів;

$m_{нд}$ – кількість недоцільних варіантів кінематичних схем.

6. *Визначення кількості малоцільних варіантів.*

Такими варіантами необхідно вважати такі, в яких обертова кінематична пара (О) розміщена в кінці кінематичного ланцюга. При цьому ця кінематична пара реалізує орієнтуючий рух відносно тієї траєкторії, яка виконується попередньою кінематичною парою. Таку функцію в роботах виконують кінематичні пари кисті.

7. *Визначення кількості найбільш доцільних варіантів.*

Визначення кількості найбільш доцільних варіантів виконується аналогічно до попередніх пунктів. До формули додається ще один параметр - кількість малодоцільних варіантів:

$$m_d = m - m_{\text{пн}} - m_{\text{нд}} - m_{\text{мд}}, \quad (4)$$

де m_d – кількість доцільних варіантів;

$m_{\text{мд}}$ – кількість малодоцільних варіантів кінематичних схем.

Висновки. Підсумовуюче вище сказане відмітимо, що значна кількість ступенів рухомості робота призводить до величезної кількості можливих варіантів кінематичних схем і визначення оптимальної кінематичної схеми робота, за такої кількості варіантів, є складним завданням. Представлений алгоритм значно полегшує виконання даної задачі. Також ще однією з важливих переваг є те що, за допомогою даного алгоритму також визначаються структурні формули відповідних кінематичних схем роботів. Це дозволяє наглядно оцінювати результати виконаного аналізу, що є особливо важливо, так як кількість варіантів в групах досягає сотень, а то й тисячі варіантів. Виконання даного аналізу за допомогою комп'ютера набагато полегшує і прискорює виконання поставленої задачі з меншими витратами.

Список літератури

1. Павленко І.І. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування - Кіровоград: КНТУ, 2007. – 420 с.

И.Павленко, Т. Сабирзянов, П.Попруга

Компьютеризированный анализ вариантов кинематических схем промышленных роботов

В статье рассмотрено компьютеризированный анализ кинематических схем промышленных роботов. Предложен алгоритм для автоматизированного анализа кинематических схем, определения наиболее целесообразных их вариантов с соответствующими структурными формулами.

I.Pavlenko, T. Sabirjanov, P.Popruga

Computerized analysis of variants kinematic schemes of industrial robots

The article examines the computerized analysis of kinematic schemes of industrial robots. It proposes an algorithm for automated analysis of kinematic schemes, determination the most expedient options and constructing their structural formulas by means of the computer.

Одержано 10.10.12