

automatic control of such grippers. By further analysis of kinematic schemes of the grippers and studying the rotation (turning) angle effect of the leading units, the method described here opens the way to enhancement and invention of conceptually new constructions of the industrial robots' grips.

adaptive gripper industrial robot, the angle of rotation of the driving member, the cylindrical detail, the prismatic detail

Одержано 30.04.14

УДК 621.9.077:621.865.85

І.І. Павленко, проф., д-р техн. наук, П.В. Попруга, асп., М.І. Черновол, проф., д-р техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

Програмний аналіз варіантів кінематичних схем промислових роботів та їх робочих зон

В статті розглянуто програмний аналіз кінематичних схем промислових роботів. Представлено розроблене програмне забезпечення для кількісного аналізу кінематичних схем з різними ступенями рухомості та виявлення доцільних варіантів по розробленому алгоритму. Також представлено додатковий алгоритм та програмне забезпечення для автоматичної побудова робочої зони кінематичної схеми робота.

промисловий робот, кінематична схема, структурна формула, алгоритм визначення доцільних варіантів кінематичних схем, робоча зона, програмне забезпечення

И.И. Павленко, проф., д-р техн. наук, П.В. Попруга, асп., М.И. Черновол, проф., д-р техн. наук

Кировоградский национальный технический университет

Программный анализ вариантов кинематических схем промышленных роботов и их рабочих зон

В статье рассмотрен программный анализ кинематических схем промышленных роботов. Представлено разработанное программное обеспечение для количественного анализа кинематических схем с различными степенями подвижности и выявления целесообразных вариантов по разработанному алгоритму. Также представлено дополнительный алгоритм и программное обеспечение для автоматического построения рабочей зоны кинематической схемы робота.

промышленный робот, кинематическая схема, структурная формула, алгоритм определения целесообразных вариантов кинематических схем, рабочая зона, программное обеспечение

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 вигляді пар V-го класу з поступальним чи обертовим рухом. Кожен з таких варіантів може мати кілька інших, які відрізняються один від одного взаємним напрямком рухів в окремих ступенях рухомості.

Значна кількість ступенів рухомості робота призводить до величезної кількості можливих варіантів кінематичних схем, що ускладнює визначення доцільного варіанту схеми [1]. Для вирішення даної задачі спочатку було розроблено відповідний алгоритм

[2] на основі якого розроблено програмне забезпечення в середовищі Delphi. Інтерфейс розробленого середовища представлено на рис. 1.

Використовуючи створене програмне забезпечення можна швидко виконати кількісний аналіз кінематичних схем для промислових роботів з різними ступенями рухомості (табл. 1).

З аналізу видно, що при зростанні ступеня рухомості кількість варіантів значно збільшується. Тому використання даного алгоритму та створеного програмного забезпечення є виправданим і значно полегшить задачу пошуку необхідної кінематичної схеми.

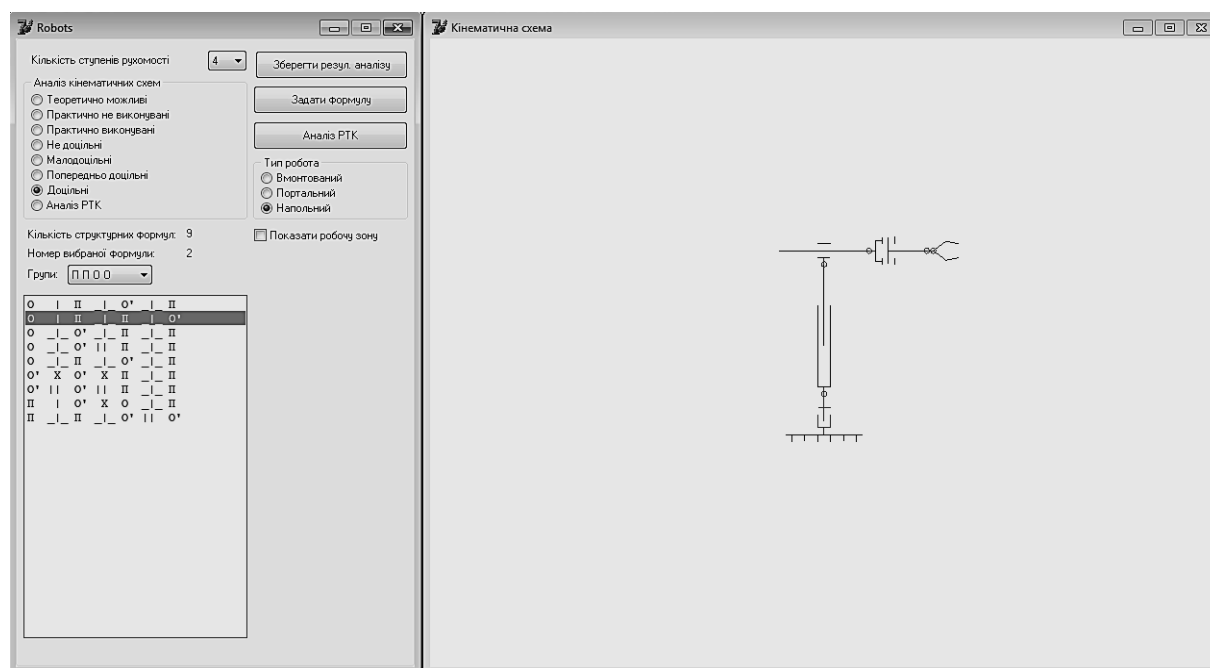


Рисунок 1 – Інтерфейс програмного середовища

Таблиця 1 – Кількісний аналіз кінематичних схем промислових роботів

Кількість ступенів рухомості робота	Загальна кількість можливих варіантів	Практично не виконувані варіанти	Практично виконувані варіанти	Недоцільні варіанти	Мало доцільні варіанти	Попередньо доцільні
n	m	$m_{ПК}$	$m_{ПВ}$	$m_{НД}$	$m_{МД}$	$m_{ПД}$
2	64	24	40	6	9	25
3	1024	624	400	119	75	206
4	16384	12384	4000	1762	625	1713
5	262144	222144	40000	20534	5224	14242

Виконавши даний аналіз є можливість скоротити кількість кінематичних схем промислових роботів для подальших досліджень. В якості продовження аналізу, вибрано аналіз кінематичних схем по утворених ними робочим зонах, яка визначає простір, в якому може перебувати виконуючий орган робота при його функціонуванні.

Для виконання даного аналізу розроблено алгоритм (рис. 2) та програмний модуль побудови робочої зони, що дасть більш повну уяву про кінематичну схему.

В якості параметрів руховим можливостей кінематичних пар прийнято величина (L , мм) та швидкість (V_p , м/с) переміщення для поступальних пар, а для обертових кінематичних – кут (α , град) та швидкість (V_o , град/с) повороту. Також для «вигнутої» поступальної пари та обертової «перпендикулярної» пари введено додатковий параметр – довжина додаткової ланки (R , мм).

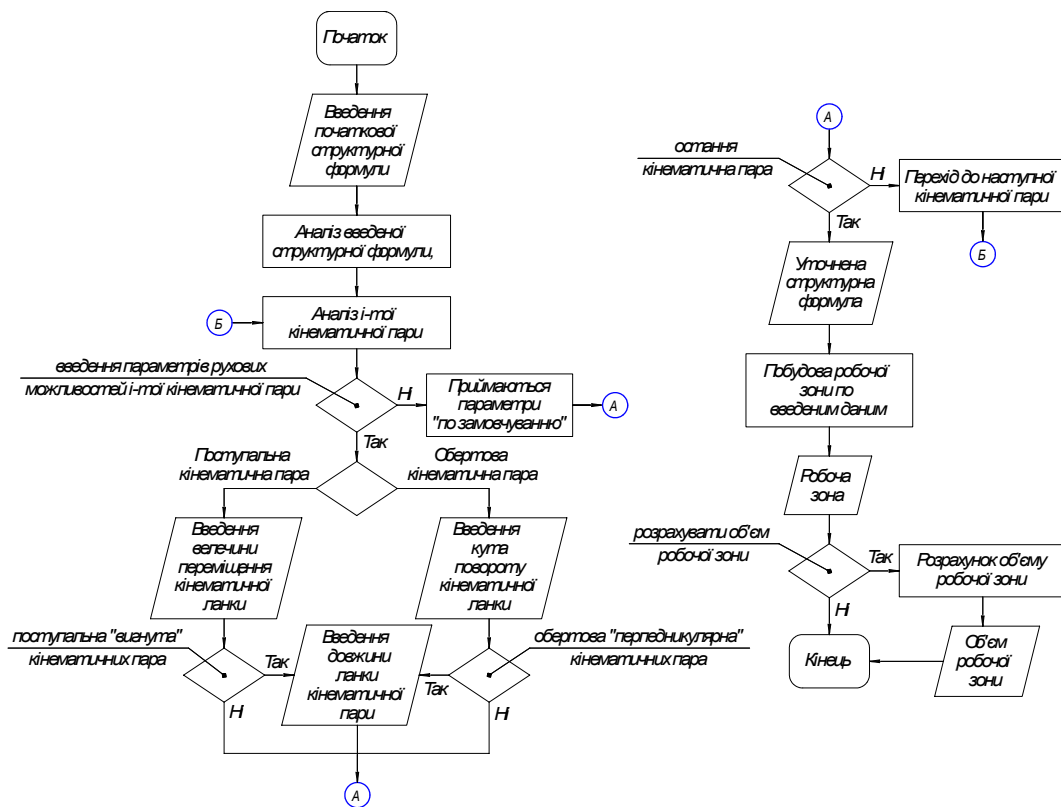


Рисунок 2 – Алгоритм побудови робочої зони

Для реалізації даного модуля до основного програмного забезпечення було додано вікно введення структурної формули (рис. 3), за допомогою якого можна в діалоговому режимі ввести структурну формулу шляхом вибору кінематичних пар та напрямків рухів між ними.

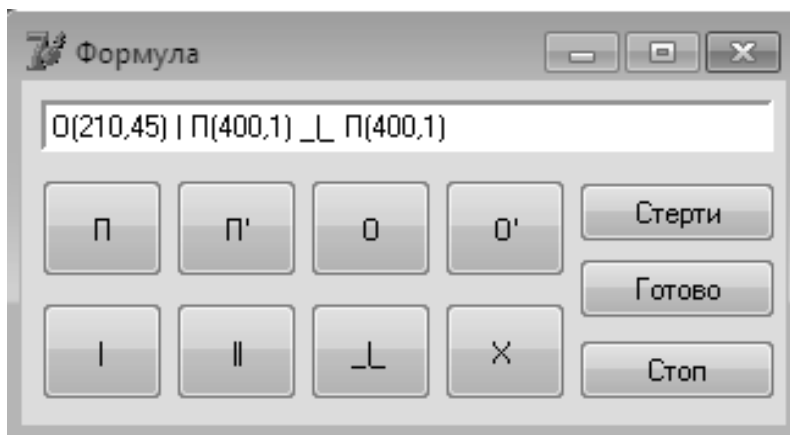
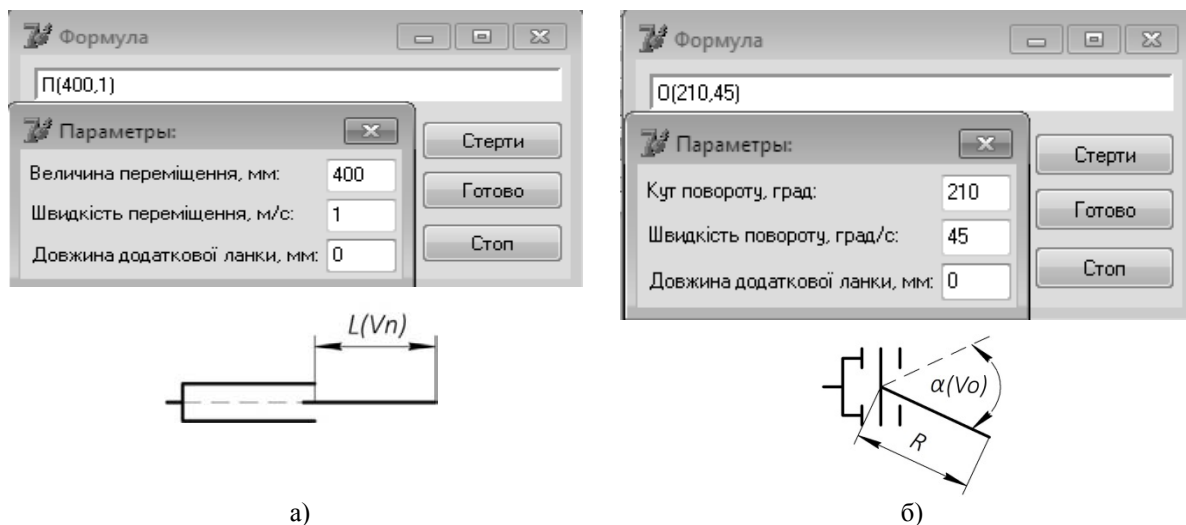


Рисунок 3 – Вікно введення структурної формули

Для введення параметрів рухових можливостей також було створено спеціальне вікно (рис. 4). Після вводу параметрів вони відображаються в рядку структурної формули в дужках біля позначення кінематичної пари.



а) поступальної пари; б) обертової пари

Рисунок 4 – Параметри руховим можливостей кінематичних пар

Тоді, після визначення попередньо доцільних варіантів кінематичних схем промислових роботів, наприклад з двома ступенями рухомості, за допомогою створеного модуля сформовано варіанти типових структурних формул та відповідних робочих зон. Результати представлено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати аналізу схем промислових роботів з двома ступенями рухомості на основі робочої зони

О П	П ⊥ П П ⊥ П' П' ⊥ П П' ⊥ П'	П ⊥ О' П' × О'	О ⊥ П О ⊥ П' О' ⊥ П О' ⊥ П'	О' О'	П О' П' О' О П' О' П О' П'	О ⊥ О'	О' ⊥ О'	О' × О'

Напівжирним шрифтом виділено доцільні варіанти схем варіантів з однаковою робочою зоною. На основі отриманих результатів визначено умови для аналізу кінематичних схем з іншими ступенями рухомості. Додавши ці умови до основного модуля програмного забезпечення було введено ще пункт – визначення кількості доцільних варіантів кінематичних схем шляхом виокремлення схем з однаковими робочими зонами (табл.3). Після проведення цього етапу, що кількість доцільних варіантів значно скоротилась. З отриманої кількості набагато легше вибрати необхідну схему.

Для більш повного аналізу отриманих даних та полегшення вибору схеми введено групування кінематичних схем в залежності від типу використовуваних пар. Таке групування також дає можливість умовно поділити схеми по ступеню

просторовості робочої зони (лінійні, поверхневі, об'ємні) та по типу системи координат (прямокутна, циліндрична, сферична, ангулярна), в якій працює робот (табл. 4).

Таблиця 3 – Кількісний аналіз кінематичних схем промислових роботів на основі робочих зон

Кількість ступенів рухомості робота	Загальна кількість теоретично можливих варіантів	Попередньо доцільні	Доцільні варіанти
n	m	$m_{дд}$	$m_{дв}$
2	64	25	7
3	1024	206	13
4	16384	1713	26
5	262144	14242	48

Таблиця 4 – Групування доцільних варіантів кінематичних схем в залежності від типу кінематичних пар

Кільк. ступ. рухомості	Структура доцільних кінематичних варіантів та їх кількість				
	2	ПП		ПО	
1		3		3	
3	ППП		ППО		ООО
	1		2		3
4	ПППП		ППОО		ОООО
	-		3		9
5	ППППП		ППООО		ООООО
	-		2		11
	-		11		22
	-		11		2

В якості прикладу, на рисунку 5, представлено кінематичну схему промислового робота з циліндричною системою координат та робочою зоною по заданим руховим параметрам.

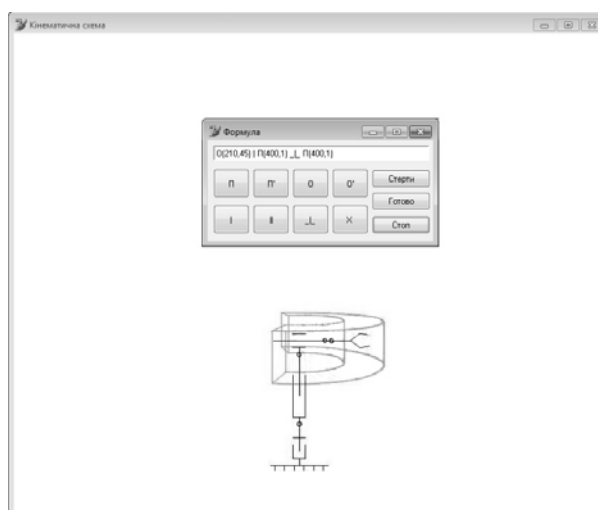


Рисунок 5 – Приклад побудови робочої зони для кінематичної схеми з циліндричною системою координат

Висновок. Із виконаних досліджень видно, що значна кількість ступенів рухомості робота призводить до величезної кількості можливих варіантів кінематичних схем і визначення оптимальної схеми робота, за такої кількості варіантів, є складним завданням. Виконання аналізу за допомогою розробленого програмного середовища значно полегшує вирішення поставленої та підвищуючи її якість. Однією з важливих переваг такого аналізу є те, що також визначаються структурні формули відповідних кінематичних схем роботів та є можливість автоматичної їх побудови. Це дозволяє наглядно оцінювати результати виконаного аналізу.

Список літератури

1. Павленко І.І. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування // І.І. Павленко. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – 420 с.
2. Павленко І.І. Комп'ютеризований аналіз кінематичних схем промислових роботів / І.І. Павленко, Т.Г. Сабірзянов, П.В. Попруга // Зб. «Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». – Кіровоград: КНТУ.– 2013, вип. 42 ч.1.– С. 212-215
3. Механика промышленных роботов: Учеб. Пособие для вузов: В 3 кн./ [Е.И. Воробьев, А.В. Бабич, К.П. Жуков и др.]; под ред. К.В. Фролова, Е.И. Воробьева. – [Кн. 3]: Основы конструирования – М.: Высш. шк., 1989. -384 с.: ил.

Ivan Pavlenko, Pavel Popruga, Mikhail Chernovol

Kirovograd National Technical University

Program analysis variants kinematic schemes of industrial robots based on quantitative analysis and analysis of working zones

The purpose of this work is the quantitative analysis of variants of kinematic schemes of industrial robots for definition of expedient variants and the analysis of the obtained data on the basis of the created working zones.

In article are presented the developed software for the quantitative analysis of kinematic schemes with various degrees of mobility and definition of expedient variants on earlier developed algorithm. It is also presented developed additional software and its algorithm. Feature of this appendix is automatic construction and the analysis of a working zone of the kinematic scheme on the set structural formula and parameters of motive opportunities of kinematic couples used in the scheme. The quantitative analysis of versions of kinematic schemes of industrial robots is carried out.

Using the developed software the quantitative analysis of schemes and the analysis on working zones of industrial robots for various degrees of mobility is carried out, expedient versions of schemes are defined.

industrial robot, kinematic scheme, structural formula, algorithm for determining the expedient variants kinematic schemes, work area software

Одержано 23.04.14