

AUTOMATION AND TOOL ENGINEERING

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-388-0-12>

INFLUENCE DEFORMATION OF ROBOTIC MOBILE PLATFORMS ELEMENTS ON THE CHOICE PARAMETERS OF THEIR AUTOMATIC REGULATORS

ВПЛИВ ДЕФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ РОБОТОТЕХНІЧНИХ МОБІЛЬНИХ ПЛАТФОРМ НА ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ЇХ АВТОМАТИЧНИХ РЕГУЛЯТОРІВ

Allakhveranov R. Yu.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Computer-Integrated Technologies,
Automation and Robotics,
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine*

Аллахверанов Р. Ю.

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерно-
інтегрованих технологій,
автоматизації та роботехніки,
Харківський національний
університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна*

Oleksandrov Yu. M.

*Candidate of Technical Sciences,
Professor,
Professor at the Department
of Computer-Integrated Technologies,
Automation and Robotics,
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine*

Олександров Ю. М.

*кандидат технічних наук, професор,
професор кафедри комп'ютерно-
інтегрованих технологій,
автоматизації та роботехніки,
Харківський національний
університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна*

Nevliudova V. V.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Computer-Integrated Technologies,
Automation and Robotics,
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine*

Невлюдова В. В.

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерно-
інтегрованих технологій,
автоматизації та роботехніки,
Харківський національний
університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна*

Вступ. Сучасний розвиток робототехніки пов'язаний насамперед із наданням їй основним елементам – роботам – високої просторової

мобільності, що є однією з головних відмінностей від стаціонарних робототехнічних систем.

Робототехнічні мобільні платформи (РМП) в основному призначені для заміни людини, а точніше полегшення його роботи в зонах, де людині бути небезпечно. Як об'єкт управління РМП є багатоканальною нелінійною динамічною системою. Незважаючи на те, що до теперішнього часу проведено цілий ряд досліджень в галузі управління РМП, універсальні підходи до синтезу систем автоматичного управління розроблені недостатньо.

Автоматичні регулятори є основними елементами систем автоматизації РМП різного призначення. Природно, що ефективність експлуатації, у тому числі швидкодія, точність позиціонування та енергоспоживання, значною мірою залежать від раціонального вибору параметрів автоматичних регуляторів [1; 2]. Таким чином, проблема вибору параметрів автоматичних регуляторів з урахуванням різних факторів та специфіки РМП різного призначення, у тому числі з урахуванням деформування елементів платформи, є актуальною в даний час.

1. Математична модель динамічної ланки робототехнічної мобільної платформи

РМП як об'єкт автоматизації представимо у вигляді динамічної ланки, математична модель якої має вигляд звичайного диференціального рівняння:

$$a_n \frac{d^n x}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} x}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dx}{dt} + a_0 x = u, \quad (1)$$

де t – час;

$x = x(t)$ та $u = u(t)$ – параметри стану та керування РМП;

n, a_0, a_1, \dots, a_n – параметри математичної моделі РМП.

Для автоматизації РМП часто використовують ПІД-регулятори:

$$u = \bar{u} - k_p x - k_I \int x(t) dt - k_D \frac{dx}{dt}, \quad (2)$$

де \bar{u} – задане управління;

k_p, k_I, k_D – параметри регулятора.

Введення автоматичного регулятора (2) в РМП (1) призведе до зміни властивостей цієї платформи таким чином, що її математична модель (1) набуде наступного вигляду:

$$a_n \frac{d^{n+1}y}{dt^{n+1}} + a_{n-1} \frac{d^n y}{dt^n} + \dots + (a_1 + k_D) \frac{d^2 y}{dt^2} + (a_0 + k_p) \frac{dy}{dt} + k_I y = \bar{u}, \quad (3)$$

де $x = dy/dt$.

Характеристичне рівняння, що відповідає диференційному рівнянню (3), записується таким чином:

$$a_n \lambda^{n+1} + a_{n-1} \lambda^n + \dots + (a_1 + k_D) \lambda^2 + (a_0 + k_p) \lambda + k_I = 0, \quad (4)$$

де k_p, k_I, k_D – параметри регулятора РМП, вибирають із умови стійкості полінома (4), а потім коригують з урахуванням вимог до якості перехідних процесів за результатами комп'ютерного моделювання.

2. Вплив деформування на вибір параметрів регулятора

РМП по суті це сукупність тіл з'єднаних між собою, перетворення обертання, одержуваного від двигуна, в заданий рух відповідного виконавчого пристрою [3]. Якщо не враховувати деформування, то сама платформа, з точки зору механіки, є системою з одним ступенем свободи і, як наслідок цього, матимемо параметр математичної моделі (1) у вигляді

$$n = 2. \quad (5)$$

З урахуванням рівності (5) характеристичне рівняння (4) набуде вигляду:

$$a_2 \lambda^3 + (a_1 + k_D) \lambda^2 + (a_0 + k_p) \lambda + k_I = 0, \quad (6)$$

з урахуванням тієї обставини, що параметри математичної моделі РМП (маси, моменти інерції, розміри ланок, коефіцієнти в'язкості та інші) за визначенням більші за нуль, критерій Рауса для характеристичного рівняння (6) призведе до нерівності:

$$(a_0 + k_p)(a_1 + k_D) - a_2 k_I > 0. \quad (7)$$

Використовуючи нерівність (7), можна визначити параметри автоматичного регулятора РМП з жорсткими елементами.

Облік деформування одного елемента РМП призводить до збільшення числа ступенів свободи (5) на дві одиниці, у результаті замість однієї нерівності (7) критерій Рауса призведе до системи нерівностей, яким повинні задовольняти параметри автоматичного

регулятора РМП [4]. Такі системи нерівностей, що обмежують параметри автоматичних регуляторів РМП з урахуванням деформування їх елементів, нині вивчені недостатньо. Разом з тим, отримання та вивчення таких систем нерівностей насправді є важливим завданням, оскільки дозволить сформулювати рекомендації щодо проектування механічної частини та систем автоматизації РМП.

Висновки. Результати досліджень показують, що деформування елементів може помітно впливати на вибір параметрів автоматичних регуляторів РМП з умови стійкості їх стану. За рахунок відповідного проектування механічної частини можна зменшити вплив деформування елементів на параметри автоматичних регуляторів РМП.

Література:

1. Nevliudov I. Sh. Improvement of the commutation system for a mobile robot platform using polyimide structures / Nevliudov I., Zharikova I., Bronnikov A. // Eurasian scientific discussions. Proceedings of the 4th International scientific and practical conference (May 8-10, 2022), Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain. – 2022. – PP. 157–163.

2. Borysov H., Maksymova S. Parameters for Mobile Robot Kinematic Model Development Determination // Multidisciplinary Journal of Science and Technology. – 2023. – Т. 3. – № 4. – С. 85-91.

3. Новоселов С. П. Модель керування рухом роботизованої платформи / С. П. Новоселов, О. В. Сичова, К. Р. Карікова // VII Міжнародна науково-практична конференція «Напівпровідникові матеріали, інформаційні технології та фотовольтаїка»: Тези доповідей. – Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2022. – С.105-106.

4. Сичова О. В. Розробка мікроконтролерного модуля для керування рухом роботизованої мобільної платформи / О. В. Сичова, С. П. Новоселов, Є. В. Коломейко // VII Міжнародна науково-практична конференція «Напівпровідникові матеріали, інформаційні технології та фотовольтаїка»: Тези доповідей. – Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2022. – С. 107-108.