

## КОМП'ЮТЕРНИЙ РОЗРАХУНОК КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КЕРУВАННЯ ПЛОСКИМ МАНІПУЛЯТОРОМ З ДВОМА СТУПЕНЯМИ ВІЛЬНОСТІ І СИМУЛЯЦІЯ ЙОГО РУХУ

Голіков В.В., студент, Журба В.В., доцент  
Донецький національний технічний університет

*Сформовані диференціальні рівняння руху маніпулятора згідно з обраним критерієм управління. Виконано чисельне інтегрування цих рівнянь. Створено анімаційний демонстраційний файл.*

Виконана одночасно з вивченням дисципліни „Аналітична динаміка”, дана робота демонструє поєднання теоретичної механіки із кібернетикою та комп'ютерними технологіями [1, 2, 3].

Маніпулятори (роботи) застосовуються у будь-якій галузі новітньої техніки. Привод роботів реалізується у різні способи, зокрема у вигляді гідро- і/або пневматичних серводвигунів. Кінематичний аналіз передуює визначенню їх динамічних характеристик – управляючих сил і/або моментів.

Розглянемо одне із сімейств (рис.1) плоских маніпуляторів з двома ступенями вільності (2-DOF). Захват (кліщі) робота – М і „тіло-мішень” – L, що рухається у заданий спосіб, вважаються матеріальними точками. Вони мусять зустрітися у заданий момент часу  $\tau$ . Визначається керований рух маніпулятора згідно з критерієм: розсогласування координат точок  $L(\xi, \eta)$  і  $M(x, y)$  в момент  $\tau$  складає  $\delta$  - частку (задана величина) від їх же розсогласування при  $t_0 = 0$ .

Маніпуляційний робот складається із „n” твердих тіл-ланок, які створюють обертальні пари; для взаємної орієнтації кожної пари достатньо однієї кутової координати ( $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$ ). Разом із двома координатами захвата (x,y) загальна кількість обчислювальних рівнянь руху має бути  $N = 2 + n$ . Зокрема, для схеми (рис.1), прийнятої для демонстрації,  $N = 2 + 3 = 5$ . В той же час, рейка, по якій змушене котитися колесо, накладає зовнішню стаціонарну в'язь

$$O\vec{A}(t) + A\vec{B}(t) + B\vec{C}(t) + C\vec{O}(t) = 0. \quad (1)$$

Проекція (1) на вертикаль, разом із двома проекціями ще однієї векторної в'язі

$$O\vec{A}(t) + A\vec{B}(t) + B\vec{M}(t) + M\vec{O}(t) = 0, \quad (2)$$

залишає два ступені вільності для всієї системи. Їм відповідають два нелінійних диференціальних рівняння 1-го порядку відносно координат  $\mathbf{r}(x(t),y(t))$  захвата M:

$$\frac{d}{dt} \vec{r}(t) = \vec{V}_L + [\vec{r}_L(t) + \vec{V}_L \cdot t - \vec{r}(t)]/T, \quad (3)$$

де  $T = -\tau/\ln(\delta)$  – параметр управління,

$\mathbf{r}_L(t)$  – заданий закон руху точки L (очевидно, що  $\mathbf{V}_L(t) = d\mathbf{r}_L(t)/dt$ ).

Рівняння (3) не розв'язуються у квадратурах. Тому зручно одночасно з ними – єдиним блоком – чисельно проінтегрувати ще три диференціальних рівняння

$$\frac{d}{dt} \varphi_i(t) = \omega_i(t, \varphi_j(t), \omega_k(t), \vec{V}_M(t)), \quad i, j, k = 1, 2, 3, \quad (4)$$

що остаточно розв'язує математичну частину поставленої задачі.

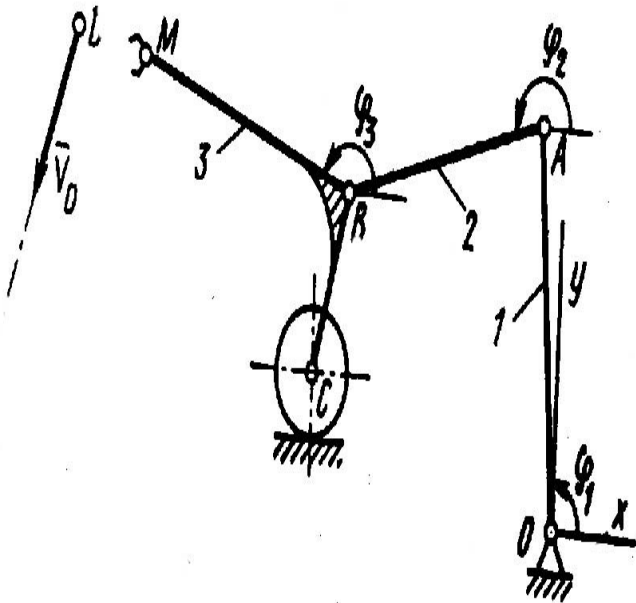


Рис. 1. Схема маніпулятора у вихідному положенні.

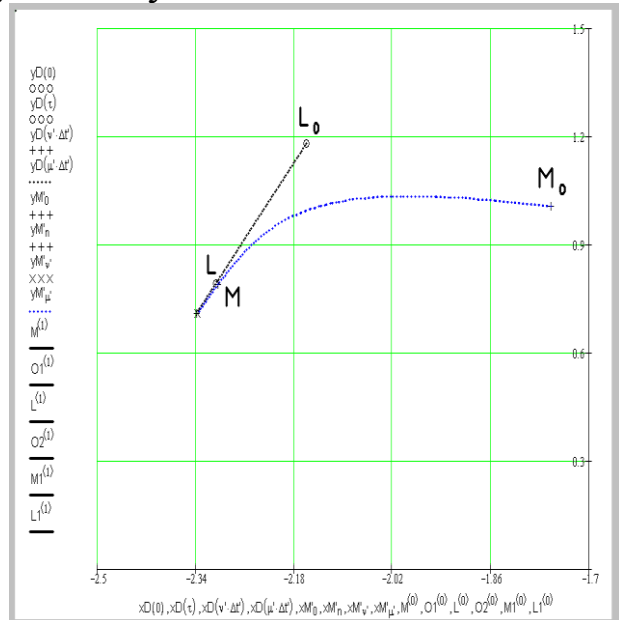


Рис.2. Траєкторії точок: L– мішені і M – захвата маніпулятора.

Прикладається демонстраційний анімаційний файл. Випробувано на практичних заняттях з дисципліни „Аналітична динаміка”.

Список посилань.

1. Механіка промислових роботів: Учебное пособие для вузов: В 3 кн. Кн. 1: Кинематика и динамика. / Под ред. К.В. Фролова, Е.Н. Воробьева. – М.: Высш. шк., 1988. – 304 с.
2. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. – К.: Техніка, 2002. – 512 с.
3. Новожилов И.В., Зацепин М.Ф. Типовые расчеты по теоретической механике на базе ЭВМ. – М.: Высш. шк., 1986. – 136 с.