

УДК 681.514

## РОБАСТНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ДВОЛАНКОВИМ МАНІПУЛЯТОРОМ

*Лиманська А. В.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків*

В сучасній промисловості, медицині та при проведенні наукових досліджень широко використовуються роботи-маніпулятори. Як правило, точні значення параметрів їх математичної моделі невідомі, наприклад, може змінюватися маса об'єктів, з яким працює маніпулятор, можуть бути невідомі точні значення моменти інерції самих ланок, тощо. Тому необхідно впроваджувати робастні системи керування маніпуляторами, що здатні забезпечувати прийнятну якість керування в умовах невизначеності.

Метою даної роботи є підвищення якості відстеження дволанковим маніпулятором заданої траєкторії в умовах невизначеності. Для досягнення поставленої мети на підставі прямого методу Ляпунова синтезовано робастний регулятор маніпулятора, динаміка якого описується наступним рівнянням:

$$\mathbf{M}(\mathbf{q})\ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{F}(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}) = \boldsymbol{\tau} \quad (1)$$

де  $\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}, \ddot{\mathbf{q}}$  –  $(2 \times 1)$ -вектори кутів повороту ланок, їх кутових швидкостей та прискорень відповідно;  $\mathbf{M}(\mathbf{q})$  –  $(2 \times 1)$ -матриця інерції маніпулятора;  $\mathbf{F}(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}})$  –  $(2 \times 1)$ -вектор, що містить усі відцентрові і кориолісові компоненти, сили тертя і сили гравітації.  $\boldsymbol{\tau}$  –  $(2 \times 1)$ -вектор керуючих моментів.

Структурна схема системи керування надана на рис. 1. На цьому рисунку: складова  $\hat{\mathbf{D}}\mathbf{a} + \hat{\mathbf{F}}$  забезпечує приблизну компенсацію нелінійних ефектів; складова  $\ddot{\mathbf{q}}^d + \mathbf{K}_v \dot{\mathbf{e}} + \mathbf{K}_p \mathbf{e}$  – ПД-регулятор, що стабілізує динаміку помилки системи; складова  $\delta \mathbf{a} = (\rho / \|\mathbf{z}\|)\mathbf{z}, \mathbf{z} = \mathbf{V}^T \mathbf{Q}\mathbf{x}$  – робастна складова, яка протидіє невизначеності  $\tilde{\mathbf{D}}$  і  $\tilde{\mathbf{F}}$  при обчисленні нелінійних членів, що залежать від стану маніпулятора; чим більше невизначеність, тим більше

позитивний скаляр  $\rho$ .  $\mathbf{Q}$  – матриця в функції Ляпунова  $V$ .

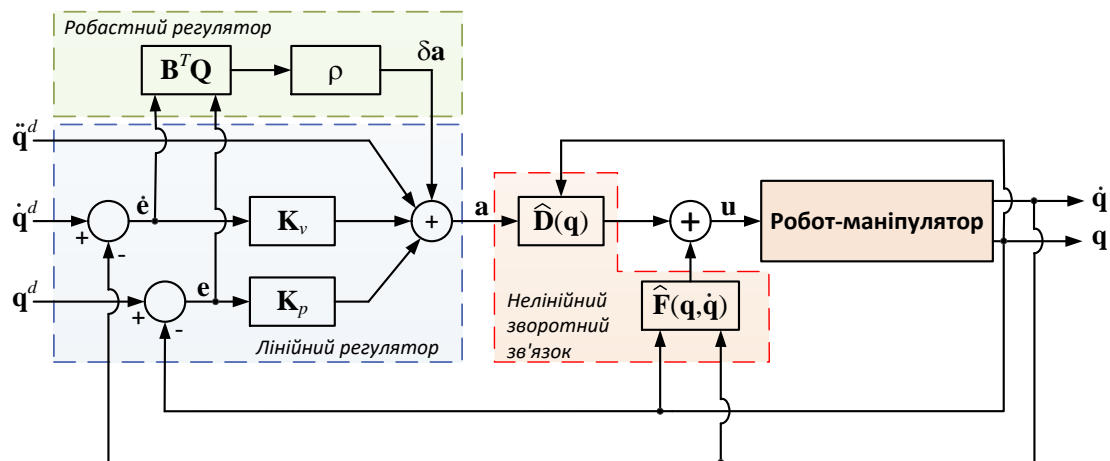
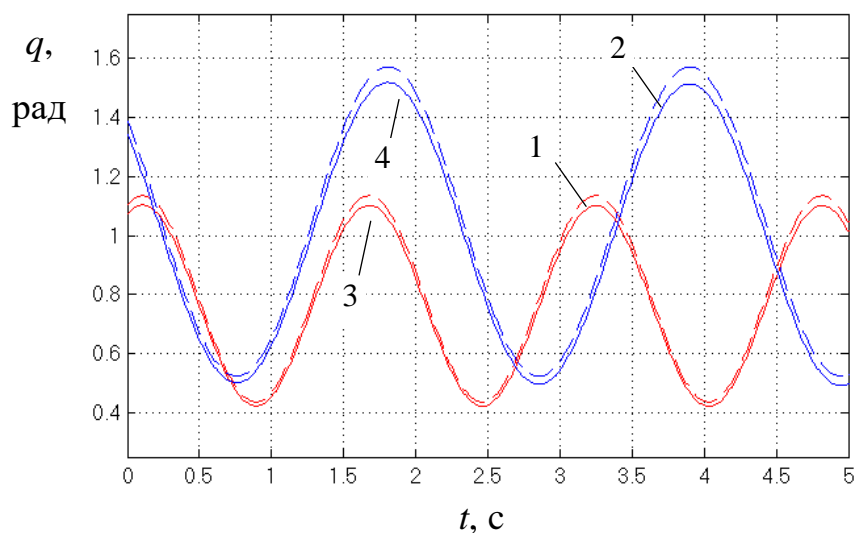


Рисунок 1 – Структурна схема робастного керування маніпулятором

Ефективність синтезованого маніпулятора підтверджено результатами моделювання у Simulink. Розв'язок матричного рівняння Ляпунова отримано за допомогою функції MATLAB `lyap()`. На рис. 2 наведено результат стеження за траєкторіями ланок маніпулятора для випадку, коли реальні значення моменту інерції і положення центру мас другої ланки відрізнялися від номінальних на 10% і 15% відповідно.



1 – бажана траєкторія першої ланки; 2 – бажана траєкторія другої ланки;

3 – дійсна траєкторія першої ланки; 4 – дійсна траєкторія другої ланки

Рисунок 2 – Бажані та дійсні закони зміну кутів повороту ланок маніпулятора

Як видно з рис. 2, синтезований регулятор забезпечує достатньо високу якість керування в умовах параметричної невизначеності.