

УПРАВЛІННЯ СИЛОВОЮ ВЗАЄМОДІЄЮ РОБОТА
З ПОВЕРХНЕЮ НЕВИЗНАЧЕНОГО ПРОФІЛЮ

Іванченко О. В., студент 6 курсу, e-mail: allo290416117@gmail.com

Гузенко В. В., к.т.н., доцент, e-mail: hnaghv@gmail.com

Державний біотехнологічний університет

Актуальність дослідження. У сучасній робототехніці важливе місце займає задача управління силовою взаємодією робота з поверхнею невизначеного профілю. Ця проблема виникає в різних сферах: від промислових маніпуляторів і будівельних роботів до медичних систем і мобільних роботів для дослідження складних середовищ [1]. Основна мета такого управління — забезпечити точний контроль сил, що діють між роботом і поверхнею, для досягнення ефективної та безпечної взаємодії з навколишнім середовищем [2].

Мета цієї статті полягає в дослідженні методів управління силовою взаємодією роботів з поверхнями невизначеного профілю, а також в аналізі сучасних технологій і алгоритмів, які забезпечують адаптивну та ефективну роботу роботизованих систем у складних середовищах. Основна увага приділяється вивченню підходів до контролю сили та моменту, які дозволяють роботам безпечно і точно виконувати завдання, незалежно від нерівностей або варіацій поверхонь.

Основні матеріали дослідження. Основна область застосування роботів у сільському господарстві – збирання врожаю. Роботи, що збирають фрукти, автономні трактори/розпилювачі, і роботи для стрижки овець, призначені для заміни людської праці. Індустрія сільського господарства відстає у використанні роботів від інших галузей, так як види робіт, зв'язані з сільським господарством, не “прямолінійні”, і багатоповторювані завдання кожен раз не зовсім ті ж самі. У більшості випадків безліч факторів (наприклад розмір і колір зібраних плодів) повинні бути розглянуті до початку виконання завдання. Роботи можуть бути використані для інших рослинницьких завдань, таких як обрізання, прополка/оранка, зрошення і моніторинг.

Математична модель робота в позиційно-силовому режимі має вигляд:

$$m_1 \ddot{y}_1 + b_1 \dot{y}_1 + b(\dot{y}_1 - \dot{y}_2) + c(y_1 - y_2) = F - m_1 g \quad (1)$$

$$m_2 \ddot{y}_2 + b_2 \dot{y}_2 + b(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + c(y_2 - y_1) + b_1(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + c_1(y_2 - y_1) = -m_2 g$$

$$y_n = y^*(t) \quad (2)$$

вважається, що крім датчика сили робот оснащений датчиком положення, що вимірює координату двигуна робота \dot{y}_1 . Такий набір датчиків є стандартним для роботів типу, що розглядається.

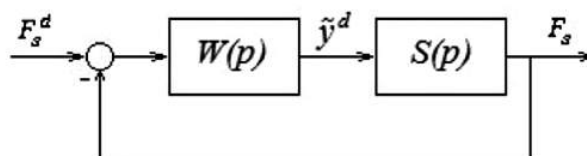


Рисунок 1 - Структурна схема замкнутої системи в позиційно-силовому режимі управління

У розглянутому режимі об'єктом управління є багатомасова система. Необхідно перемістити його з початкового положення на 10^*u в сторону поверхні $y^*(F)t$ до того, як датчик сили зіткнеться з ним. Щоб вирішити цю задачу, за допомогою одного датчика зі

зворотним зв'язком, що вимірює координату 1^*y , можна використовувати ПІД-регулятор, тобто формувати керуючу силу F за законом:

$$F = \left(k_p + k_i \frac{1}{p} + k_d \frac{N}{1+N\frac{1}{p}} \right) (y^d - y_1) \quad (3)$$

де K_p , K_i , K_d – коефіцієнти зворотного зв'язку; N - параметр диференціюючого фільтра. Замкнута система має астатизм другого порядку, тому завдання для режиму позиціонування доцільно вибирати в наступному вигляді:

$$y^d(t) = y_0^d - V_y t, 0 \leq y^d(t) < y_0^d \quad (4)$$

y - початкове значення завдання, що узгоджується з початковим положенням робота; V_y - змінна швидкість спадання задачі. Налаштування ПІД-контролера в Matlab на максимальну смугу робочих частот замкнутої системи при вищевказаних значеннях параметрів об'єкта управління дає

$$y_0^d = y_{10} K_p = 9,58 * 10^3 \frac{H}{M}; k_i = 1,63 * 10^4 \frac{H}{M \cdot c}; k_d = 4,71 * 10^2 \frac{H \cdot c}{M}; N = 3,69 * 10^2 \frac{1}{c} \omega_c = 10 T_m^{-1} \quad (5)$$

Завдання з обмеженою швидкістю зниження V_y дозволяє встановити прийнятний рівень $F_s = F_s$. Слід зазначити, що в режимі позиціонування датчик сили працює тільки як індикатор переходу в позиційно-силовий режим управління. Рівень $F_s > 0$ встановлюється шляхом комп'ютерного моделювання або експериментальним шляхом. На рисунку показані графіки процесів $y_s(t)$, $F_s(t)$ режимі позиціонування, коли $y_0^d = y_{10} = y_{20} = y_{s0} = 1$, $V_y = 0,2 \frac{M}{c}$ постійна профільна поверхня була на рівні $y^* = 0,1$ м. Видно, що контакт робота з поверхнею відбувається через $t^* \cong 4,5$ с. перехідні процеси при $t \leq t^*$ знаходженні $F_s = F_s = 5H$.

Щоб запобігти поломці робота або пошкодженню поверхні, необхідно переключитися $t \geq t^*$ на управління силовою взаємодією робота з поверхнею.

Висновок цієї статті полягає в тому, що для ефективної роботи роботів у складних середовищах з поверхнями невизначеного профілю необхідно використовувати адаптивні методи управління силовою взаємодією. Сучасні технології та алгоритми, що забезпечують контроль сили і моменту, є ключовими для безпечного і точного виконання завдань роботами. Впровадження таких підходів дозволяє роботизованим системам успішно адаптуватися до варіацій та нерівностей поверхонь, що значно підвищує їх ефективність і надійність у різних галузях, зокрема в сільському господарстві.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Hogan N. Impedance control: an approach to manipulation. ASME J. Dynamic Systems, Measr. and Control, 1985, Vol. 107.
2. Rocco P., Ferretti G., Magnani G. Implicit force control for industrial robots in contact with stiff surfaces. Proc. of the 13th Triennial World Congress, San Francisco, 1996.