

ЛЮДИНА-ОПЕРАТОР В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ТРАКТОРОМ

Череватенко Г.І. асистент

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

м. Харків, Україна

Тракторний агрегат і водій розглядаються як замкнута динамічна система управління. При русі трактора водій прагне звести до мінімуму відхилення його від заданої траєкторії. Оптимальна взаємодія можлива в тому випадку, якщо система управління виконана з урахуванням динамічних властивостей трактора і характеристик оператора.

Позначивши через $W_{\delta\psi}(p)$ передавальну функцію, що зв'язує кут повороту φ трактору з керуючим впливом α на механізм повороту, отримуємо:

$$W_{\delta\psi}(p) = \frac{K_{\pi 1}}{(T_1 p + 1)p'} \quad (1)$$

де $K_{\pi 1}$, T_1 — коефіцієнт передачі і постійна часу об'єкта.

Керуючу модель представимо у вигляді дробово-раціональної передавальної функції:

$$W_y(p) = \frac{a_1 p^m + a_2 p^{m-1} + \dots + a_m p + a_{m+1}}{b_1 p^n + b_2 p^{n-1} + \dots + b_n p + b_{n+1}} \quad (2)$$

де $m \leq n$; $a_1, a_2, \dots, a_m, a_{m+1}$; $b_1, b_2, \dots, b_n, b_{n+1}$ — коефіцієнти, що визначаються фізіологічними якостями людини.

Загальне рішення задачі оптимальної взаємодії оператора і машини неможливо. Тому надалі обмежимося показниками $m = 3$, $n = 4$. За остаточними результатами буде видно, що дробово-раціональна передавальна функція забезпечує опис оператора з хорошим наближенням. Враховуючи рівняння, (1), (2), маємо передавальні функції:

для вихідної величини замкнутої системи управління:

$$W_{a1}(p) = \frac{a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4}{b_1 p^6 + b_2 p^5 + b_3 p^4 + (b_4 + a_1) p^3 + (b_5 + a_2) p^2 + (b_6 + a_3) p + a_4} \quad (3)$$

для помилки по керуючому впливу (вхідного сигналу) замкнутої системи:

$$W_{b1}(p) = \frac{b_1 p^6 + b_2 p^5 + b_3 p^4 + b_4 p^3 + b_5 p^2 + b_6 p + a_4}{b_1 p^6 + b_2 p^5 + b_3 p^4 + (b_4 + a_1) p^3 + (b_5 + a_2) p^2 + (b_6 + a_3) p + a_4} \quad (4)$$

де коефіцієнти поліномів визначаються наведеним вище параметрами оператора і трактора.

Оптимізація параметрів системи управління буде здійснюватися по мінімуму середньоквадратичної помилки (відхилення трактора від заданої траєкторії). Середнє значення квадрата помилки, представлене через спектральну щільність, має вигляд:

$$\bar{\varepsilon}^2 = \frac{\alpha_c}{\pi j} \int_{-j\infty}^{j\infty} \frac{A(p)A(-p)}{B(p)B(-p)} dp + \frac{\alpha_{nm}}{\pi j} \int_{-j\infty}^{j\infty} \frac{C(p)C(-p)}{D(p)D(-p)} dp \quad (5)$$

де $B(p)$, $O(p)$ — поліноми сьомого порядку;

$A(p)$, $C(p)$ — поліноми шостого і третього порядків.

Отриманий на основі теорії відрахувань інтеграл, опустивши члени рівняння, які мало впливають на остаточний результат, можна записати рівняння так:

$$\bar{\varepsilon}^2 = \frac{\alpha_c b_6^2 b_4 (a_4 + \alpha_{nm} a_3) + (a_3^2 - 2a_2 a_4) (a_3^2 - \alpha_{nm} a_4 b_4) + a_3 a_4^2 b_4}{a_3 a_4 b_4 (a_4 + \alpha_{nm} a_3)} \quad (6)$$

Передавальні функції оператора, представлені в більшості відомих робіт, не враховують вплив робочої обстановки, способу подачі інформації та інших факторів у зв'язку з отриманням перевірених даних на тренажерах. Тому були проведені дослідження безпосередньо в процесі роботи водія на тракторі при русі з плугом в борозні, водії були різного віку і різної кваліфікації (6 чол.). Дослідження проводилися на початку, середині та в кінці зміни.

Залежності середньоквадратичної помилки $\bar{\varepsilon}^2$ від коефіцієнта передачі системи $K_{п1}$, отримані експериментальним шляхом. Швидкість агрегату по передачах, м/с: 1 — $V_4 = 2.9$; 2 — $V_3 = 2.7$; 3 — $V_2 = 2.4$.

$$W_y(p) = \frac{K_0 e^{-\tau_0 p} (T_{01} p + 1)}{(T_{02} p + 1)(T_{03} p + 1)} \quad (7)$$

Розклавши показову функцію виразу (7) в дробовий ряд Пада і обмежившись першими двома членами цього ряду, отримуємо дробовий поліном, для якого $m = 3$, $m = 4$. Нехтуючи малими членами, коефіцієнти рівняння (6) перетворимо в наступні:

$$a_2 = -6K_{п1} K_0 \tau_0 T_{01}; \quad a_3 = 12K_{п1} K_0 T_{01}; \quad a_4 = 12K_{п1} K_0; \quad b_4 = 12T_1 T_{02} + 12T_{02} T_{03} + 6T_{02} \tau_0; \quad b_6 = 12.$$

Отримані на підставі апроксимації експериментальних кривих аналітичною залежністю (6), чисельні значення коефіцієнтів дозволяють після розв'язання системи з чотирьох алгебраїчних рівнянь знайти параметри оператора. Виявили, що на параметри моделі оператора впливає, вид збурюючої дії. При переході від початку до кінця зміни параметри змінилися. Подібні явища доводилося спостерігати при зміні швидкості руху трактора. Ці дані зайвий раз підтверджують нелінійність характеристик оператора. Іншими словами, людина нестационарна система.

Очевидно, проектуючи систему управління, необхідно використовувати параметри, отримані при випробуванні п'яти-семи водіїв (на основній робочій швидкості і в середині зміни).

Список літератури

1. Асаї К., Терано Т., Сугено м. прикладні нечіткі системи / К. Асаї, т. Терано, м. Сугено. - М.: Мир, 1993. - 368 с.
2. Єрофєєв А.А., Поляков А. О. Інтелектуальні системи управління / А. а. Єрофєєв, А. О. Поляков. - Санкт-Петербург: СПбГТУ, 1999. - 264 с.