УДК 681.513.5

Оптимальне управління лінійними стохастичними об'єктами за ентропійним критерієм

М. В. Іващенко [1], О. П. Лобок, Б. М. Гончаренко

Анотація – **Для лінійної стохастичної системи запропоновано робастне управління, яке мінімізує ентропійний критерій, тобто зменшує міру невизначеності стану і поведінки системи.**

Ключові слова – **Ентропія, стохастична система, робастне управління, імітаційне моделювання.**

I. Вступ

Для підвищення техніко-економічних показників роботи цукрового заводу необхідно знаходити робастні регулятори, мало чутливі до зовнішніх і внутрішніх збурень, здатні при змінюваних умовах роботи відділення забезпечувати якісне управління технологічними процесами. Одним з методів забезпечення такого управління є мінімізація ентропії системи, тобто міри невизначеності стану чи поведінки системи в даних умовах

II. Постановка задачі

На основі експериментальних даних дифузійного відділення цукрового заводу була побудована математична модель [2] виду:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + B_1 w(t) + B_2 u(t) \\ z(t) = C_1 x(t) + D_{12} u(t) \\ y(t) = C_2 x(t) + D_{21} w(t) \\ x(0) = x_0 \end{cases}, \qquad (1)$$

де $x(t)$ - вектор координат стану, $w(t)$ - вектор випадкових збурень з відомими статистичними характеристиками, $u(t)$ - вектор управління, $z(t)$ - вектор контрольованих координат, $y(t)$ - вектор спостереження, $A, B_1, B_2, C_1, C_2, D_{12}, D_{21}$ - відомі матриці відповідних розмірностей.

Ставиться задача знайти таке управліня $u(t)$, яке на розв'язках системи (1) мінімізує ентропію системи [1], яка визначається співвідношенням:

$I(H,\gamma) := -\dfrac{\gamma^2}{2\pi}\int\limits_{-\infty}^{\infty} \ln\left|\det\left(E-\gamma^{-2}H^{*}(j\omega)H(j\omega)\right)\right| d\omega$ де γ - скалярний параметр такий, що $\|H\|_\infty < \gamma$.

Можна показати, що управління має вигляд лінійного зворотного зв'язку від стану системи $u(t) = Rx(t)$, де матриця регулятора R визначається формулою $R = -\left(D_{12}^T C_1 + B_2^T X\right)Z$, де $Z = \left(E-\gamma^{-2}YX\right)^{-1}$, а матриці X та Y знаходяться з матричних алгебраїчних рівнянь типу Ріккаті:

[1] Національний університет харчових технологій, вул. Володимирська, 68, Київ, 01601, УКРАЇНА, E-mail: shesu@ukr.net

$$X\left(A - B_2 D_{12}^T C_1\right) + \left(A - B_2 D_{12}^T C_1\right)^T X +$$
$$+ C_1^T D_\perp D_\perp^T C_1 + X\left(\gamma^{-2} B_1 B_1^T - B_2 B_2^T\right) X = 0, \qquad (2)$$

$$Y\left(A - B_1 D_{21}^T C_2\right)^T + \left(A - B_1 D_{21}^T C_2\right) Y +$$
$$+ B_1 \tilde{D}_\perp^T \tilde{D}_\perp B_1^T + Y\left(\gamma^{-2} C_1^T C_1 - C_2^T C_2\right) Y = 0. \qquad (3)$$

Мінімальне значення ентропії при цьому визначається зі співвідношень:

$$I(H,\gamma) = tr\left[C_1 Y C_1^T\right] +$$
$$+ tr\left[\left(D_{21} B_1^T + C_2 Y\right) XZ \left(B_1 D_{21}^T + Y C_2^T\right)\right] =$$
$$= tr\left[B_1^T X B_1\right] + \qquad (4)$$
$$+ tr\left[\left(D_{12}^T C_1 + B_2^T X\right) ZY \left(C_1^T D_{12} + X B_2\right)\right]$$

При неточних та неповних вимірюваннях будувався спостерігач, який має вигляд:
$\dot{\hat{x}}(t) = \hat{A}\hat{x}(t) + Py(t)$, де матриця $P = B_1 D_{21}^T + Y C_2^T$,
а матриця $\hat{A}$ знаходиться з наступного виразу:

$$\hat{A} = A - B_1 D_{21}^T C_2 + Y\left(\gamma^{-2} C_1^T C_1 - C_2^T C_2\right) + \hat{B}_2 \hat{C}_1, \; \hat{B}_2 = B_2 + \gamma^{-2} Y C_1^T D_{12}, \quad \hat{C}_1 = -\left(D_{12}^T C_1 + B_2^T X\right) Z.$$

Список посилань

[1] Mustafa D. Lecture Notes in Control and Information Sciences / D. Mustafa, K. Glover. – Berlin: Springer-Verlag. – 1990. 144 p.

[2] Льюинг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: Пер. с англ. / Я З. Цыпкин – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – 432 с.