**УДК 517.93**

**Т.Є. Александрова**, д. т. н., доцент, Національний технічний університет «ХПІ»

# ПОБУДОВА МНОЖИНИ МОЖЛИВИХ ЗНАЧЕНЬ КОНСТАНТ АЛГОРИТМУ СТАБІЛІЗАЦІЇ НЕЛІНІЙНОГО ОБ'ЄКТУ В ПРОСТОРІ ВАРІЙОВАНИХ ПАРАМЕТРІВ ЦИФРОВОГО БЛОКУ СТАБІЛІЗАТОРА

**Анотація**. Розглядається задача параметричного синтезу цифрового блоку стабілізатора нелінійного об'єкту за допомогою побудови характеристичного рівняння замкненої цифрової системи з подальшим застосуванням методу W-перетворення.

**Ключові слова**: нелінійний об'єкт стабілізації, цифровий стабілізатор, рівняння першого наближення, характеристичне рівняння замкненої цифрової системи стабілізації.

**Постановка проблеми.** В роботі [1] викладений метод параметричного синтезу цифрового стабілізатора для об'єкту, збурений рух якого описується векторним нелінійним рівнянням

$$\dot{X}(t) = \Phi[X(t)] + BU(t), \tag{1}$$

де $X(t)$ – $n$-мірний вектор стану; $\Phi[X(t)]$ – аналітична вектор-функція компонентів вектору стану; $B$ – матриця керування; $U(t)$ – вектор керування.

Припустимо, що цифровий електронний блок стабілізатора формує алгоритм стабілізації у вигляді

$$U[kT] = KX[kT], \tag{2}$$

де $K$ – матриця варійованих параметрів стабілізатора розміром $m \times n$; $T$ – період дискретності.

При рішенні практичних задач параметричного синтезу замкнених цифрових систем стабілізації потрібно визначити множину можливих значень варійованих констант алгоритму (2), що забезпечують стійкість замкненої системи (1), (2).

**Вирішення проблеми.** Рівняння (1) подамо у вигляді

$$\dot{X}(t) = AX(t) + \Psi[X(t)] + BU(t), \tag{3}$$

де лінійне рівняння

$$\dot{X}(t) = AX(t) + BU(t) \tag{4}$$

називається рівнянням першого наближення по відношенню до рівнянь (1) і (3).

У відповідності з теоремами О. М. Ляпунова про стійкість за першим наближенням [2], замкнена система (1), (2) являється стійкою, якщо являється стійкою система першого наближення (4), (2). Отже в якості множини можливих значень варійованих констант алгоритму (2) можна обрати область стійкості лінійної замкненої системи (4), (2) у просторі варійованих параметрів стабілізатора (2).

У відповідності з роботою [3] різницеве рівняння, що пов'язує початковий стан безперервної частини системи (4) $X[kT]$ з кінцевим станом $X[(k+1)T]$ на кожному періоді дискретності, має вигляд

$$X[(k+1)T] = RX[kT] + HU[kT], \tag{5}$$

де матриці $R$ і $H$ визначаються формулами

$$R = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{i!} A^i T^i; \tag{6}$$

$$H = \sum_{i=0}^{\infty} \left[ \frac{1}{(i+1)!} A^i T^{i+1} \right] B. \tag{7}$$

Кількість членів матричних рядів (6) і (7), які необхідно підсумувати, залежить від величини періоду дискретності $T$. Бортові обчислювачі реалізують досить маленьку величину $T = (0{,}0005 \div 0{,}001)$ с. Тому з достатньою для рішення практичних задач точністю покладають

$$R = E + AT; \qquad H = BT. \tag{8}$$

Підставимо (2) у рівняння (5). В результаті отримаємо різницеве рівняння збуреного руху замкненої системи стабілізації

$$X[(k+1)T] = [E + AT + BTK] \cdot X[kT]. \tag{9}$$

Характеристичне рівняння замкненої системи (9) записується у вигляді

$$\det[E(1-z)+AT+BTK]=0\,. \tag{10}$$

В характеристичному рівнянні (10) здійснено заміну $z=\dfrac{1+w}{1-w}$. В результаті характеристичне рівняння (10) приймає вигляд

$$\det\left[E\left(-\frac{2w}{1-w}\right)+AT+BTK\right]=0\,. \tag{11}$$

Розкриваючи визначник (11), отримуємо характеристику поліном *n*-го ступеню відносно комплексної змінної $w$

$$D(w,K)=0\,. \tag{12}$$

Застосовуючи відносно характеристичного рівняння (12) метод Д-розбиття [3], виділяємо множину можливих значень варійованих констант алгоритму (2).

**Висновок.** Множина можливих значень констант алгоритму стабілізації (2) нелінійного об'єкту (1) залежить від величини періоду дискретності $T$ цифрового блоку керування і наближається до області стійкості замкненої аналогової системи при малих значеннях періоду дискретності.

**Література**

1.Александров Е. Е., Александрова Т. Е. Параметрический синтез цифровой системы стабилизации танковой пушки. Проблемы управления и информатики. 2015. № 6. С. 5–20.

2.Александров Е. Е., Александрова Т. Е. Математическое моделирование, системный анализ и синтез динамических систем. Харьков. НТУ «ХПИ». 2014. 200 с.

3.Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического управления. СПб. Профессия. 2003. 752 с.