УДК 681.32

В.Ф.Паньків

СИСТЕМИ З ІНТЕГРУЮЧИМ НА ІНТЕРВАЛІ РЕГУЛЯТОРОМ

У поліграфічній промисловості є системи, в яких контроль регульованої величини здійснюється в дискретні моменти часу, період котрого залежить від швидкості роботи машини. Тому період квантування сигналів є великим і близьким до сигналу часу об'єкта регулювання. Системи з великим періодом квантування мають малу швидкодію, і в них можуть виникати пульсації вихідного сигналу I.

У статті розглядається задача синтезу системи автоматичного регулювання з великим періодом дискретності на основі інтегруючого на інтервалі регулятора. Регулятор складається з додаткового імпульсного елемента з кратним періодом квантування, фіксатора та інтегруючої ланки. Структурна схема системи автоматичного регулювання з інтегруючим на інтервалі регулятором наведена на рис. 1. Сигнал похибки регулювання Еп з періодом дискретності системи Т надходить на вхід інтегруючого на інтервалі регулятора, який формує сигнал керування $U\,(n + \frac{m}{m_0})$ і подає його на об'єкт регулювання.

Дискретна передатна функція регулятора

$$G_n\,(Z) = Z\left\{H_0{}^m(S)\;W_p(S)\right\}, \qquad (1)$$

де $H_0{}^m(S)$ — передатна функція фіксатора регулятора; $W_p(S)$ — передатна функція аналогового регулятора.

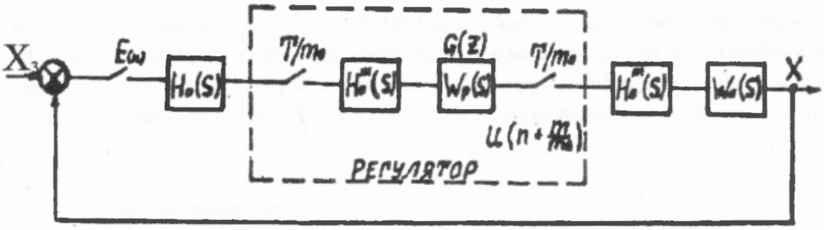

Рис. 1. Структурна схема системи.

Візьмемо фіксатор нульового порядку з передатною функцією

$$H_0{}^m(S) = \frac{1 - e^{-TS}}{S}. \tag{2}$$

Скориставшись правилами Z-перетворення з (1) і (2),

$$G_n(Z) = (1 - z^{-1})\, Z\left\{\frac{W_p(S)}{S}\right\}. \tag{3}$$

На основі Z-перетворення з кратним періодом квантування визначимо дискретну передатну функцію регулятора з врахуванням кратності періоду квантування:

$$G_n(Z, m) = \sum_{m=0}^{m_0-1} G_n(Z) \;\Bigg|\; \begin{matrix} Z = z^{m/m_0} \\ T = T\dfrac{m}{m_0} \end{matrix}, \tag{4}$$

де m_0 — кратність періоду квантування, додатне ціле число більше одиниці.

Дискретна передатна функція об'єкта регулювання

$$W_n(Z) = Z\{H_0{}^m(S)\, W_0(S)\}. \tag{5}$$

де $W_0(S)$ — його передатна функція.

Візьмемо фіксатор нульового порядку [2], тоді дискретна передатна функція даного об'єкта регулювання

$$W_n(Z) = (1 - z^{-1})\, Z\left\{\frac{W_0(S)}{S}\right\}. \tag{6}$$

Дискретна передатна функція об'єкта регулювання з врахуванням кратності періоду квантування [2]

$$W_n(Z, m_0) = W_n(Z) \;\big|\; Z = z^{-1/m_0}. \tag{7}$$

За структурною схемою рис. 1, (4) та (7) допишемо дискретну передатну функцію замкнутої системи з інтегруючим на інтервалі регулятором:

$$\Phi(Z, m_0) = \frac{H_0(Z)\, G_n(Z, m_0)\, W_n(Z, m_0)}{1 + H_0(Z)\, G_n(Z, m_0)\, W_n(Z, m_0)}\,. \tag{8}$$

Якість перехідного процесу в системі автоматичного регулювання залежить від параметрів налагодження регулятора (сталої часу регулятора і кратності періоду квантування) та алгоритму числового інтегрування.

Візьмемо передатну функцію I-регулятора у вигляді

$$G_p(S) = \frac{1}{T_p S}\,, \tag{9}$$

де T_p — стала часу регулятора. За (1) і (3) запишемо дискретну передатну функцію регулятора:

$$G_n(Z) = (1 - z^{-1})\, Z\left\{\frac{1}{T_p S^2}\right\}. \tag{10}$$

Звідси після Z-перетворень за таблицями [2] отримаємо дискретну передатну функцію регулятора:

$$G_n(Z) = \frac{T z^{-1}}{T_p(1 - Z^{-1})}\,, \tag{11}$$

де T — період дискретної системи.

На основі (4) після підстановки і перетворення визначимо дискретну передатну функцію інтегруючого на інтервалі регулятора з врахуванням кратності періоду квантування:

$$G_n(Z, m_0) = \sum_{n=0}^{m_0-1} \frac{T Z^{-m/m_0}}{T_p(1 - Z^{-m/m_0})}\,. \tag{12}$$

Для прикладу розглянемо простий інерційний об'єкт, який описує передатну функцію:

$$W_0(S) = \frac{K_1}{T_1 S + 1}\,, \tag{13}$$

де K_1 і T_1 — коефіцієнт передачі і стала часу об'єкта.

За (6) запишемо дискретну передатну функцію цього об'єкта регулювання:

$$W_n(Z) = (1 - z^{-1})\, Z\left\{\frac{K_1}{(T_1 S + 1) S}\right\}. \tag{14}$$

Розкладемо (14) на прості множники і матимемо:

$$W_n(Z) = (1 - z^{-1})\, Z\left\{\frac{K_1}{S} - \frac{K_1 T_1}{T_1 S + 1}\right\}. \tag{15}$$

Використавши Z-перетворення, від виразу в дужках одержимо

$$W_n(Z) = (1 - Z^{-1}) \frac{K_1(1 - e^{-T/T_1})\,Z}{(Z - 1)(Z - e^{-T/T_1})}. \tag{16}$$

Після множення і перетворень

$$W_n(Z) = \frac{K_1(1 - d_1)\,Z^{-1}}{1 - d_1 Z^{-1}}, \tag{17}$$

де $d_1 = e^{-T/T_1}$.

Дискретна передатна функція об'єкта регулювання набуде такого вигляду:

$$W_n(Z) = \frac{b_0 Z^{-1}}{a_1 Z^{-1} + a_0}, \tag{18}$$

де $b_0 = K_1(1 - d_1)$; $a_1 = 1$; $a_0 = d_1$.

На підставі Z-перетворення з кратним періодом квантування за (7) дискретна передатна функція даного об'єкта з врахуванням кратності періоду квантування матиме вигляд

$$W_n(Z\,m_0) = \frac{b_0 Z^{-V m_0}}{a_1 Z^{-V m_0} + a_0}. \tag{19}$$

За передатною функцією регулятора (12) і об'єкта (19) запишемо дискретну передатну функцію замкнутої системи:

$$\Phi(Z, m_0) = \left[(1 - Z^{-1}) \sum_{m=0}^{m_0-1} \frac{T Z^{-m/m_0}}{T_p(1 - Z^{-m/m_0})} \cdot \frac{b_0 Z^{-V m_0}}{a_1 Z^{-V m_0} + a_0}\right] \cdot$$

$$\cdot \left[1 + (1 - Z^{-1}) \sum_{m=0}^{m_0-1} \frac{T Z^{-m/m_0}}{T_p(1 - Z^{-m/m_0})} \cdot \frac{b_0 Z^{-V m_0}}{a_1 Z^{-V m_0} + a_0}\right]^{-1}. \tag{20}$$

Отже, визначено дискретну передатну функцію системи з інерційним об'єктом першого порядку з інтегруючим на інтервалі регулятором. Аналогічним чином можна одержати передатні функції системи з іншими об'єктами.

Інтегруючий на інтервалі регулятор може бути виконаний програмно або апаратно. Параметрами налагодження регулятора є стала часу регулятора T_p і кратність періоду квантування T. Результати аналізу і моделювання підтверджують, що сталу часу регулятора потрібно вибрати з умови $T_p > T_1$, а кратність періоду квантування 4 або 8.

Розроблено програму для моделювання дискретних систем з інтегруючим на інтервалі регулятором для різних об'єктів.

Наведено результати цифрового моделювання на ЕОМ системи з інтегруючим на інтервалі регулятором та інерційним об'єктом першого порядку з коефіцієнтом передачі $K_1 = 10$, $T_1 = 1$ і періодом дискретності $T = 1$ с.

Графіки перехідних процесів у системі при дії на вході одиничної ступеневої функції (рис. 2) близькі до оптимальних. Система малочутлива до варіації сталої часу об'єкта.

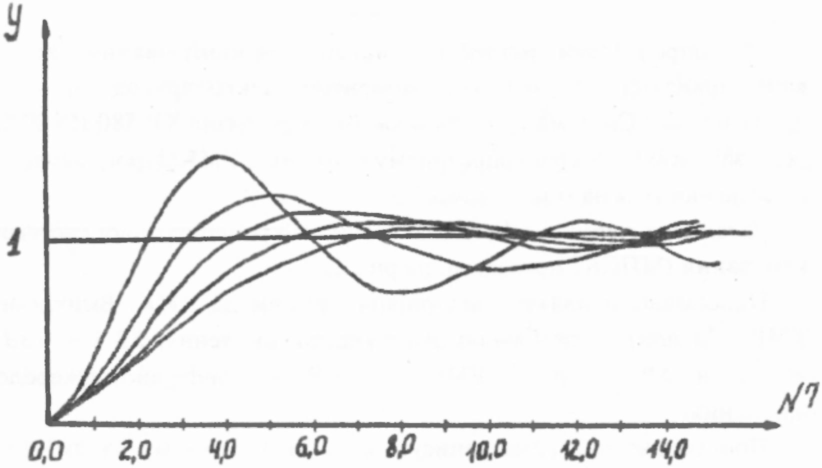

Рис. 2. Графіки перехідних процесів.

З результатів моделювання на ЕОМ випливає, що інтегруючий на інтервалі регулятор ефективний для регулювання об'єктів з великим періодом дискретності.

1. Куо В. Теория проектирования цифровых систем управления. М., 1986. 2. Стеклов В.К. Проектування систем автоматичного керування. К., 1995.

Стаття надійшла до редколегії 24.01.96