

УДК 686.1.05-53

МЕТОДИ СИНТЕЗУ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО ПРИВЕДЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ НА РУЛОННИХ РОТАЦІЙНИХ МАШИНАХ

Роман Петрів

Машини, які працюють із задрукованим стрічковим матеріалом, є складними електромеханічними системами з пружними зв'язками із розчленованими технологічними операціями, які виконуються при переміщенні попередньо задрукованого стрічкового матеріалу на окремих технологічних позиціях. Різноманітні збурення, що виникають в машині, спричиняють деформацію стрічкового матеріалу і зміщення нанесеного на нього рисунка (контрольних міток) відносно робочих циліндрів, що призводить в кінцевому результаті до появи бракованої продукції. Тому такі машини слід оснащувати системою автоматичного приведення технологічних операцій.

Система автоматичного управління приведенням стрічкового матеріалу є базовою системою, тому спочатку необхідно сумістити задрукований стрічковий матеріал з першим робочим циліндром, а потім здійснювати приведення технологічних операцій на інших позиціях. Вимірювання зміщення технологічних операцій може здійснюватися відносно контрольних міток,

задрукованих на стрічковому матеріалі, або відносно попередньої технологічної операції. Розглянемо другий варіант вимірювання зміщення, прийнявши, що проковзування в зоні контакту стрічкового матеріалу і робочих циліндрів відсутнє.

Регулююча дія для приведення технологічних операцій буде здійснюватися шляхом зміни фази робочих циліндрів за допомогою виконавчого механізму. Зазначимо, що регулююча дія повинна бути невеликою і складати $0,5 \div 2,0$ мм лінійного переміщення робочого циліндра. Збільшення регулюючої дії може призвести до розузгодження роботи сусідніх систем і появи бракованої продукції в перехідних режимах роботи та при заправці машини. Тому виконавчий механізм повинен бути статичною ланкою, створюючи регулюючу дію, пропорційну сигналу зміщення.

Виконавчий механізм системи можна виконати у вигляді виконавчого електродвигуна, який через черв'ячний редуктор і диференціальний механізм з'єднаний з валом робочого циліндра. Виконавчий електродвигун керується від реверсивного тиристорного перетворювача. У виконавчий механізм за положенням його вихідної осі введено зворотній зв'язок, котрий перетворює виконавчий механізм з тиристорним перетворювачем і електродвигуном в інерційну ланку, яку в першому наближенні можна описати передаточною функцією

$$W_m = \frac{k_m}{T_m s + 1}, \quad (1)$$

де k_m , T_m — коефіцієнт передачі і стала часу виконавчого механізму.

Вимірювання зміщення технологічної операції здійснюється фотоперетворювачем відносно попередньої технологічної операції, виконаної на стрічковому матеріалі в дискретні моменти часу. Фотоперетворювач встановлюється безпосередньо біля робочого циліндра, що виключає появу транспортного запізнення. Сигнал з фотоперетворювача подається на вхід коригуючого пристрою.

Представимо фотоперетворювач у вигляді ідеального імпульсного елемента з передаточною функцією

$$H_0(s) = \frac{1 - e^{-Ts}}{s}, \quad (2)$$

де T — період дискретності.

Стрічководна система машини по відношенню до управляючої дії є інерційною ланкою, тому для зменшення статичної

похибки вибираємо дискретний коригуючий пристрій з форсуючою на інтервалі ланкою з передаточною функцією

$$G(s) = \frac{d_0 T_0 s + k_0}{T_0 s + 1}, \quad (3)$$

де d_0 , k_0 , T_0 — коефіцієнти передачі та стала часу форсуючої на інтервалі ланки.

На основі методу z-перетворень запишемо приведену дискретну передаточну функцію форсуючої на інтервалі ланки, яка враховує передаточну функцію фіксатора нульового порядку [1,2]

$$G_n(z) = \frac{z-1}{z} Z \left\{ \frac{G(s)}{s} \right\}. \quad (4)$$

Після проведених перетворень з врахуванням (3) отримаємо

$$G_n(z) = \frac{d_0 z - d_0 + k_0 (1 - e^{-T/T_0})}{z - e^{-T/T_0}}. \quad (5)$$

Приведена передаточна функція коригуючого пристрою визначається на основі z-перетворення з кратним періодом квантування [1,3]

$$G_n(z, m_0) = \sum_{m=0}^{m_0-1} G_n(z) \quad \left| \begin{array}{l} z = z^{m/m_0} \\ T = T \frac{m}{m_0} \end{array} \right. \quad (6)$$

На основі (6) з врахуванням (5) одержимо дискретну передаточну функцію коригуючого пристрою з форсуючою на інтервалі ланкою

$$G_n(z, m_0) = \sum_{m=0}^{m_0-1} \frac{\alpha_m + \beta_m z^{-m/m_0}}{1 - C_m z^{-m/m_0}}, \quad (7)$$

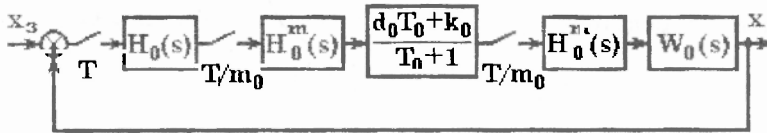
де $C_m = e^{-\frac{m}{m_0} \frac{T}{T_0}}$, $\beta_m = -d_0 + k_0(1 - C_m)$.

На рисунку розроблена структурна схема САУ приведення технологічних операцій на машинах, які працюють із задрукованим стрічковим матеріалом. Для зручності синтезу коефіцієнт передачі фотоперетворювача і передаточну функцію виконавчого механізму віднесено до об'єкта, який описується передаточною

функцією

$$W_0(s) = \frac{k_\phi k_m}{(T_m s + 1)(T_1 s + 1)}, \quad (8)$$

де k_ϕ — коефіцієнт передачі фотоперетворювача, T_1 — стала часу стрічкопровідної ділянки.



Структурна схема САК із коригуючим пристроєм

За структурною схемою запишемо передаточну функцію приведеної неперервної частини системи, яка об'єднує фіксатор нульового порядку і неперервну частину системи

$$W_n(s) = (1 - e^{-Ts}) \frac{k_\phi k_m}{(T_m s + 1)(T_1 s + 1)}. \quad (9)$$

Для визначення дискретного z-перетворення (9) розкладемо його праву частину на прості множники

$$\frac{k_\phi k_m}{(T_m s + 1)(T_1 s + 1)} = \frac{\mu_0}{s} + \frac{\mu_1}{s + 1/T_m} + \frac{\mu_2}{s + 1/T_1}, \quad (10)$$

$$\text{де } \mu_0 = k_\phi k_m; \quad \mu_1 = \frac{k_\phi k_m T_m^2}{T_m - T_1}; \quad \mu_2 = \frac{k_\phi k_m T_1^2}{T_1 - T_m}.$$

Перетворимо (10), скориставшись таблицями z-перетворень [2]

$$Z \left\{ \frac{k_\phi k_m}{(T_m s + 1)(T_1 s + 1)} \right\} = \frac{\mu_0}{1 - e^{-1}} + \frac{\mu_1}{1 - e^{-T/T_m} z^{-1}} + \frac{\mu_2}{1 - e^{-T/T_1} z^{-1}}. \quad (11)$$

Тоді після підстановки (11) в (9) отримаємо дискретну

передаточну функцію приведені неперервної частини

$$W_n(z) = \mu_0 - (1 - z^{-1}) \left[\frac{\mu_1}{1 - \gamma_1 z^{-1}} + \frac{\mu_2}{1 - \gamma_2 z^{-1}} \right], \quad (12)$$

де $\gamma_1 = e^{-T/T_1}$; $\gamma_2 = e^{-T/T_2}$.

Після перетворень одержимо дискретну приведену передаточну функцію неперервної частини системи

$$W_n(z) = \frac{b_2 z^{-2} + b_1 z^{-1} + b_0}{a_2 z^{-2} + a_1 z^{-1} + a_0}, \quad (13)$$

де

$$\begin{aligned} b_2 &= \gamma_1 \gamma_2 \mu_0 - \gamma_1 \mu_1 - \gamma_2 \mu_2; & a_2 &= \gamma_1 \gamma_2; \\ b_1 &= -(\gamma_1 + \gamma_2) \mu_0 + (1 + \gamma_2) \mu_1 + (1 + \gamma_1) \mu_2; & a_1 &= -(\gamma_1 + \gamma_2); \\ b_0 &= \mu_0 + \mu_1 + \mu_2; & a_0 &= 1. \end{aligned}$$

Дискретну передаточну функцію приведені неперервної частини системи з врахуванням кратності періоду квантування коригуючого пристрою визначимо з (13) на основі z-перетворення з кратним періодом квантування, прийнявши кратність $m_0=4$. Тоді

$$W_n(z) = \frac{b_2 z^{-2/4} + b_1 z^{-1/4} + b_0}{a_2 z^{-2/4} + a_1 z^{-1/4} + a_0}, \quad (14)$$

Дискретна передаточна функція розімкнутої системи з врахуванням приведені передаточної функції коригуючого пристрою [1]:

$$W(z, m_0) = H_0(z) \sum_{m=0}^{m_0-1} G_n(z, m_0) W_n(z, m_0) \quad \left| \begin{array}{l} z = z^{m/m_0}; \\ T = T \frac{m}{m_0} \end{array} \right. \quad (15)$$

На основі цього запишемо дискретну передаточну функцію розімкнутої системи автоматичного управління приведенням технологічних операцій з форсуючим на інтервалі коригуючим пристроєм:

$$W(z,4) = (1 - z^{-1}) \sum_{m=0}^3 \frac{d_0 + \beta_m z^{-m/m}}{1 - C_m z^{-m/m}} \times \frac{b_2 z^{-2/4} + b_1 z^{-1/4} + b_0}{a_2 z^{-2/4} + a_1 z^{-1/4} + a_0}. \quad (16)$$

Після проведення необхідних перетворень:

$$W(z,4) = \frac{\bar{B}_5 z^{-5/4} + \bar{B}_4 z^{-4/4} + B_3 z^{-3/4} + B_2 z^{-2/4} + \bar{B}_1 z^{-1/4} + B_0}{A_5 z^{-5/4} + A_4 z^{-4/4} + A_3 z^{-3/4} + A_2 z^{-2/4} + A_1 z^{-1/4} + A_0}. \quad (17)$$

Через свою громіздкість формули для визначення коефіцієнтів виразу (17) не приведені.

За передаточною функцією (17) запишемо дискретну передаточну функцію замкнутої системи автоматичного управління приведенням задрукованого стрічкового матеріалу з форсуючим на інтервалі коригуючим пристроєм. Після перетворень отримаємо:

$$W(z,4) = \frac{B_5 z^{-5/4} + B_4 z^{-4/4} + B_3 z^{-3/4} +}{(A_5 + B_5) z^{-5/4} + (A_4 + B_4) z^{-4/4} + (A_3 + B_3) z^{-3/4} +} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{+ B_2 z^{-2/4} + B_1 z^{-1/4} + B_0}{(A_2 + B_2) z^{-2/4} + (A_1 + B_1) z^{-1/4} + A_0 + B_0}. \quad (18)$$

З аналізу (18) робимо висновок, що шляхом вибору параметрів дискретного коригуючого пристрою з форсуючою на інтервалі ланкою (d_0 , t_0 , T_0 , k_0) можна задавати потрібні коефіцієнти характеристичного рівняння системи (18) і тим самим забезпечити необхідні динамічні показники якості перехідного процесу системи. Вибір параметрів налагодження форсуючого на інтервалі коригуючого пристрою здійснюється за допомогою моделювання системи на ЕОМ шляхом цілеспрямованого перебору варіантів.

При моделюванні системи автоматичного приведення технологічних операцій встановлено, що при певних параметрах коригуючого пристрою перехідний процес в системі може бути близький до оптимального. Таким чином, форсуючий на інтервалі коригуючий пристрій є ефективним засобом коригування статичних систем автоматичного управління з великим періодом дискретності.

Отримані результати є складовою частиною методики синтезу систем автоматичного приведення технологічних операцій і моделювання таких систем на ЕОМ.

Література

1. *Иванов В.А., Ющенко А.С.* Теория дискретных систем автоматического управления.- М., 1983. - 336 с.
2. *Куо Б.* Теория и проектирование цифровых систем управления.М., 1986. - 448 с.
3. *Стеклов В.К.* Проектування систем автоматичного керування: Навч. посібник.- К., 1995. - 231 с.