
УДК 62.526+681.6:636.1

І. Т. СТРЕПКО

ЗМІННИЙ ЗВОРОТНИЙ ЗВ'ЯЗОК У СИСТЕМАХ

Динаміку промислових систем, які працюють в налагодному і робочому режимі, можна поліпшити, використавши додатковий змінний зворотний зв'язок.

Розглянемо дію змінного зворотного зв'язку на прикладі системи автоматичного регулювання осьової приводки паперової стрічки рулонних поліграфічних машин, де як інтегруючий виконавчий механізм використовують двигун постійного струму з редуктором. Такий принцип побудови осьової приводки значно спрощує механічну частину системи.

Для забезпечення високих динамічних показників системи бажано зменшити лінійну швидкість регулюючого органу виконавчого механізму (наприклад, пари гвинт—гайка), який переміщує рулон. У свою чергу це вимагає збільшення передаточного числа редуктора до 40—60, що не конструктивно. Тому редуктор бажано обирати з малим передаточним числом (наприклад, 5—15), а динаміку системи поліпшувати шляхом додаткового змінного зворотного зв'язку за положенням регулюючого

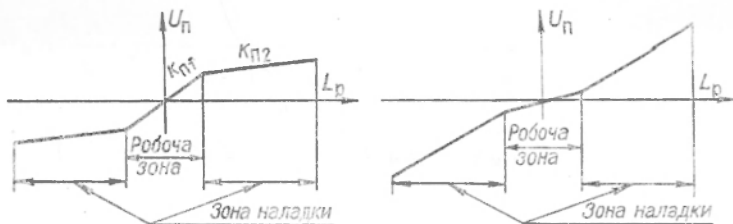


Рис. 1. Статичні характеристики датчика положення.

органу, використовуючи для цього багатооборотний потенціометр, який з'єднується з вихідним валом редуктора системи.

Коефіцієнт передачі датчика положення регулюючого органу можна задавати, змінюючи напругу його живлення або використовуючи спеціальну схему його під'єднання, що реалізує нелінійну залежність вихідної напруги датчика від положення регулюючого органу.

Можливі різні варіанти побудови цієї схеми. Наприклад, для системи приводки з малим числом редуктора можна сформулювати статичну характеристику рис. 1, а. Якщо необхідна мала швидкість відпрацювання у налагодчій зоні і велика швидкість переміщення регулюючого органу в робочій, то можна використати характеристику рис. 1, б.

Одним з можливих способів технічної реалізації характеристики рис. 1, а є включення багатооборотного потенціометра (наприклад, типу ППМЛ) у мостову вимірвальну схему з наступним двостороннім обмеженням вихідної напруги моста діодами або стабілітронами. Характеристику рис. 1, б можна реалізувати за допомогою резисторів і стабілітронів, використовуючи джерело сигналу зі ступінчаторегульованим внутрішнім опором*.

На структурній схемі (рис. 2) системи осьової приводки $k_T/T_{Ts}+1$ відповідає передаточній функції тиристорного перетворювача разом з підсилювачем, $k_D/T_{я}T_{ms}^2+T_{ms}+1$ — передаточній функції двигуна постійного струму, K_p/s — передаточній функції редуктора та пари гвинт—гайка, $k_0/T_{0s}+1$ — передаточній функції об'єкта, тобто рулону разом з ділянкою стрічки до фотоголовки, $k_{зад}$ — коефіцієнту передачі задатчика. Основ-

* Лукес Ю. Х. Схеми на полупроводниковых диодах. М., 1972.

ний зворотний зв'язок у системі забезпечує фотоголовка з коефіцієнтом передачі k_Φ , яка контролює положення паперової стрічки L_c . Положення рулону L_p відпрацьовує датчик положення регулюючого органу з коефіцієнтом передачі k_Π .

На підставі схеми рис. 2 передаточна функція замкнутої системи за заданим положенням стрічки

$$\Phi(s) = \frac{L_c(s)}{L_{зад}(s)} = K_{зад} \cdot \frac{K_T}{T_T s + 1} \cdot \frac{K_d}{T_\pi T_M s^2 + T_M s + 1} \cdot \frac{K_p}{s} \cdot \frac{K_0}{T_0 s + 1} \times \\ \times \frac{K_0}{T_0 s + 1} \left[1 + \frac{K_T}{T_T s + 1} \cdot \frac{K_d}{T_\pi T_M s^2 + T_M s + 1} \cdot \frac{K_p}{s} \cdot K_\Pi + \right. \\ \left. + \frac{K_T}{T_T s + 1} \cdot \frac{K_d}{T_\pi T_M s^2 + T_M s + 1} \cdot \frac{K_p}{s} \cdot \frac{K_0}{T_0 s + 1} \cdot k_\Phi \right]^{-1}. \quad (1)$$

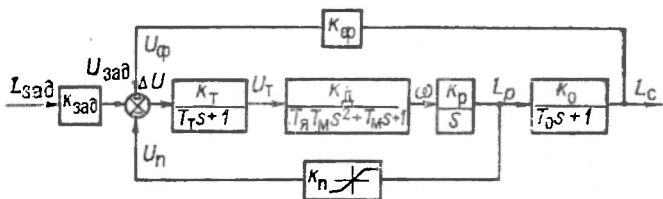


Рис. 2. Структурна схема системи осевої приводки.

Після перетворень

$$\Phi(s) = K_{зад} K_T K_d K_p K_0 [T_T T_\pi T_M T_0 s^5 + (T_T T_M T_0 + T_\pi T_M T_0 + \\ + T_T T_\pi T_M) s^4 + (T_T T_0 + T_M T_0 + T_T T_M + T_\pi T_M) s^3 + \\ (T_T + T_M + T_0) s^2 + (1 + k_T k_d k_p k_\Pi T_0) s + k_T k_d k_p (k_\Pi + k_0 k_\Phi)]^{-1}. \quad (2)$$

Приймаючи, що в (2) оператор s дорівнює нулеві, визначаємо статичний коефіцієнт передачі системи за заданим положенням стрічки:

$$k_L = \frac{L_c}{L_{зад}} = \frac{k_{зад} k_0}{k_\Pi + k_0 k_\Phi}. \quad (3)$$

Тоді відносна статична похибка системи

$$\delta_{K_L} = 1 - k_L = \frac{k_\Pi + k_0 (k_\Phi - k_{зад})}{k_\Pi + k_0 k_\Phi}. \quad (4)$$

Коефіцієнт передачі об'єкта k_0 у системі приводки практично дорівнює одиниці і при постійному заданні статична точність визначається коефіцієнтами передачі зворотних зв'язків датчика положення k_Π і фотоголовки k_Φ .

Таким чином, одним із основних питань розрахунку системи є вибір коефіцієнтів k_{π} і k_{ϕ} .

Проаналізуємо роботу системи приводки в робочому (робоча зона переміщення регулюючого органу ± 3 мм) і налагодочному (зона наладки переміщення регулюючого органу ± 15 мм) режимах роботи, якщо статична характеристика датчика положення відповідає рис. 1, а.

У статичних умовах, враховуючи (3), переміщення стрічки

$$L_c = \frac{k_{\text{зад}} k_0}{k_{\pi} + k_0 k_{\phi}} L_{\text{зад}}. \quad (5)$$

Приймемо значення коефіцієнтів передачі задатчика $k_{\text{зад}}=5$, фотоголовки $k_{\phi}=0,5$ і об'єкта $k_0=1$.

Нехай у робочому режимі коефіцієнт передачі датчика положення $k_{\pi}=4,5$. Тоді переміщення стрічки у робочій зоні

$$L_{c.\text{роб}} = \frac{5 \cdot 1}{4,5 + 0,5 \cdot 1} L_{\text{зад}} = L_{\text{зад}}.$$

Під час роботи в режимі наладки, а також наявності великих відхилень положення стрічки від заданого значення датчик положення працюватиме в зоні наладки (рис. 1, а). Нехай у цій зоні коефіцієнт датчика положення $k_{\pi 2}=0,5$. Тоді переміщення стрічки

$$L_{c.\text{нал}} = \frac{5 \cdot 1}{0,5 + 0,5 \cdot 1} L_{\text{зад}} = 5 L_{\text{зад}}.$$

Таким чином, змінний зворотний зв'язок за положенням регулюючого органу забезпечує необхідні динамічні властивості системи приводки у різних режимах роботи.

Якщо необхідна велика швидкість відпрацювання на заправочних режимах (у зоні великих відхилень паперової стрічки, а отже, і рулону від заданого положення) та мала швидкість відпрацювання у робочій зоні слідування, доцільно мати характеристику датчика положення (рис. 1, а).

Коли характеристика датчика положення така, як на рис. 1, б, то регулюючий орган в робочій зоні має велику швидкість переміщення, а в налагодочному режимі малу. При великих моментах інерції рулону цей зв'язок може призвести до виникнення значних перерегулювань і навіть незатухаючих коливань у системі при малих відхиленнях стрічки від заданого положення. Тому в цьому випадку необхідне велике передаточне число редуктора виконавчого механізму регулюючого органу.

Дослідження приводки паперової стрічки на листорізальній машині 2ЛР-120 підтвердили ефективність схеми системи регулювання із змінним зворотним зв'язком.

Стаття надійшла до редколегії 14.01.87