

## СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПОЛОЖЕННЯМ ПАПЕРОВОЇ СТРІЧКИ НА ДРУКАРСЬКИХ МАШИНАХ З ВЗАЄМОЗВ'ЯЗАНИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ СЕКЦІЙ

Для здійснення технологічного процесу в багатосекційних рулонних друкарських машинах друкарські (формні) циліндри (ДЦ) секцій повинні займати у кожен момент часу строго фіксоване положення. Синхронізація ДЦ забезпечується з допомогою загального вала, який передає рух від головного двигуна до друкарських секцій. У машині, обладнаній багатодвигунним взаємозв'язаним електроприводом [1], синхронізаційний вал відсутній, ДЦ обертають індивідуальні двигуни і їх синхронну роботу повинні забезпечувати електричні пристрої.

Для синхронізації по кутовому положенню ДЦ і забезпечення їх синфазного обертання запропонована система керування машиною, обладнана селісним слідкуючим пристроєм [2]. Кожну секцію машини 1, 2, ... приводить у рух двигун постійного струму незалежного збудження  $M$  (рис. 1), який живиться від

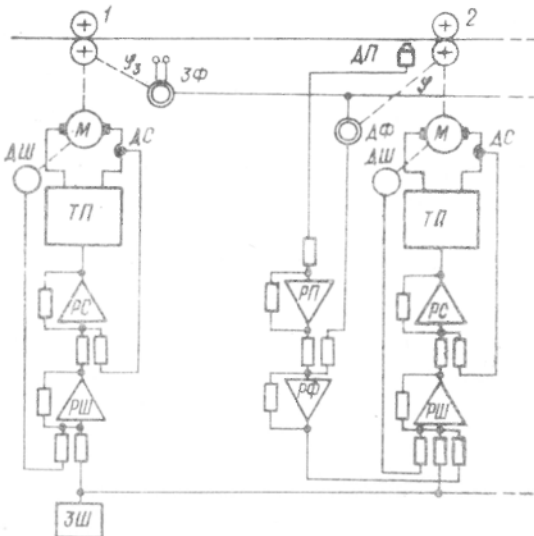


Рис. 1. Функціональна схема системи.

тиристорного перетворювача *ТП*. Основою системи керування секційним двигуном є уніфікований блок керування, що складається з контура швидкості з регулятором *РШ* і датчиком *ДШ* та підпорядкованого йому контура струму з регулятором *РС* і датчиком *ДС*. Необхідна швидкість роботи машини задається загальним задатчиком швидкості *ЗШ*, вихідний сигнал якого подається на входи регуляторів швидкості *РШ* всіх секцій. Цим забезпечується синхронна робота секцій по швидкості. Кожна ведена секція 2, ... має додатково контур регулювання фази *ДЦ* з регулятором *РФ* і датчиком *ДФ*.

Датчиком фази *ДФ* є сельсин-приймач, кінематично зв'язаний з валом *ДЦ* відповідної веденої секції. Ротор *ДФ* електрично з'єднаний з ротором сельсина-датчика *ЗФ* — задатчика фази, кінематично зв'язаного з валом *ДЦ* ведучої секції 1. При незбіганні кутового положення *ДЦ* веденої секції  $\varphi$  і *ДЦ* ведучої секції  $\varphi_z$ , внаслідок несинфазного обертання роторів *ДФ* і *ЗФ* на обмотці статора *ДФ* виникає сигнал керування, який після випрямлення у фазочутливому випрямлячі (на схемі не показаний) і підсилення в регуляторі фази *РФ* подається на вхід регулятора швидкості *РШ* локальної системи керування електроприводом секції. У результаті змінюється швидкість секційного двигуна *М* у напрямку усунення кутового непогодження *ДЦ* 1-ї і 2-ї секцій.

Як показав аналіз [2], запропонована система забезпечує підтримання з потрібною точністю кутового положення *ДЦ* секцій машини. Однак кінцева мета синхронізації друкарських апаратів — суміщення кольорових відбитків, що задруковуються на суміжних секціях машини. Це вимагає малого розходження положення одноїменних точок стрічки та відповідного *ДЦ*. Отже, потрібна не стільки синфазність обертання *ДЦ* секцій, скільки синфазність руху *ДЦ* і паперової стрічки. На сучасних багатосекційних ролонних ротаційних машинах ця класична задача поздовжньої приводки фарб реалізується за допомогою складних систем автоматичного регулювання [3, 4]. Вимірювання непогодження приводки фарб виконується з допомогою фотодатчиків, які одержують інформацію про положення стрічки та *ДЦ* у дискретному або аналоговому вигляді від міток, розташованих на стрічці та *ДЦ*.

Виконавчим органом є спеціальні диференціальні механізми, що змінюють кутове положення формних циліндрів, або реєстрові валики, які змінюють шлях стрічки між секціями.

У випадку використання взаємозв'язаного електропривода з індивідуальними двигунами друкарських секцій відпадає необхідність у складних реєстрових виконавчих пристроях, а задача приводки реалізується шляхом прямої дії датчика приводки на систему керування секційним двигуном. Для цієї мети система керування доповнюється контуром регулювання положення паперової стрічки з регулятором *РП* і датчиком *ДП* (рис. 1).

Датчик *ДП* контролює положення краю мітки, задрукованої на паперовій стрічці, відносно фіксованої фази поверхні *ДП* (наприклад, отвору в циліндрі [3]). При відхиленні мітки у той чи інший бік, тобто при зміщенні  $\Delta L$  паперової стрічки, змінюється

сигнал на виході ДП, який після підсилення у регуляторі РП відпрацьовує описана система: вихідний сигнал регулятора положення РП — завдання регулятора фази РФ.

На підставі функціональної розроблена структурна схема системи (рис. 2), яка складається з чотирьох контурів: струму, швидкості, фази та положення, що включають відповідні регулятори з коефіцієнтами передачі  $K_{p,c}$ ,  $K_{p,ш}$ ,  $K_{p,ф}$ ,  $K_{p,п}$ , датчики з коефіцієнтами передачі  $K_{д,c}$ ,  $K_{д,ш}$ ,  $K_{д,ф}$ ,  $K_{д,п}$ , тиристорний перетворювач

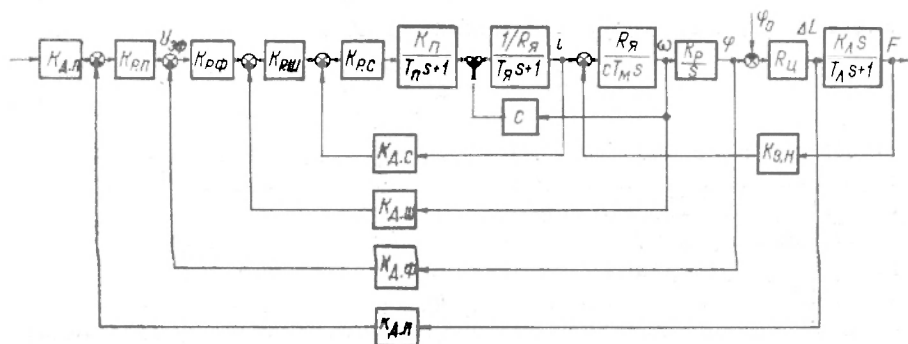


Рис. 2. Структурна схема системи.

з коефіцієнтом передачі  $K_{п}$  і сталою часу  $T_{п}$ , секційний двигун з опором обмотки якоря  $R_{я}$ , сталою  $c$  по моменту і е. р. с., сталими часу  $T_{я}$  (електромагнітною) і  $T_{м}$  (електромеханічною). Об'єкт керування представлений на схемі трьома ланками. Інтегруюча ланка з коефіцієнтом передачі  $K_{р}=1/i_{р}$ , де  $i_{р}$  — передаточне число редуктора від двигуна до ДЦ, зв'язує кут повороту ДЦ  $\varphi$  — з швидкістю обертання  $\omega$  двигуна

$$\varphi = K_{р} \int \omega dt. \quad (1)$$

Пропорційна ланка з коефіцієнтом передачі, який дорівнює радіусу ДЦ  $R_{ц}$ , зв'язує зміщення паперової стрічки  $\Delta L$  з кутовим непогодженням ДЦ  $\Delta\varphi = \varphi - \varphi_0$ .

Третя ланка з коефіцієнтом передачі стрічки

$$K_{л} = \frac{f E_{л}}{v}, \quad (2)$$

де  $f$  — площа поперечного перерізу стрічки;  $E_{л}$  — модуль пружності матеріалу стрічки у поздовжньому напрямі;  $v$  — лінійна швидкість руху стрічки, зв'язує натяг стрічки  $F$  зі зміщенням  $\Delta L$ . Передаточна функція цієї ланки одержується з диференціального рівняння натягу стрічки [2]

$$T_{л} \frac{dF}{dt} + F = K_{л} \Delta v, \quad (3)$$

де  $T_{л}$  — стала часу ділянка стрічки;  $\Delta v$  — різниця швидкостей на початку та в кінці ділянки стрічки. Після підстановки в рівняння (3)

$$\Delta v = \frac{d(\Delta L)}{dt} \quad (4)$$

одержимо в операторній формі

$$T_{л}sF(s) + F(s) = K_{л}s\Delta L(s), \quad (5)$$

звідки передаточна функція ділянки стрічки

$$\frac{F(s)}{\Delta L(s)} = \frac{K_{л}s}{T_{л}s + 1}. \quad (6)$$

Вплив паперової стрічки на двигун відображений контуром внутрішнього зворотного зв'язку за натягом стрічки  $F$  з коефіцієнтом передачі  $K_{з.н} = R_{ц}/c i_p$ .

Проаналізуємо динаміку систем, спочатку розглядаючи її без контура регулювання положення стрічки. На підставі схеми (рис. 2) запишемо передаточну функцію системи за завданням по фазі  $U_{з.ф}$ , позначивши попередньо коефіцієнти передачі відповідних контурів

$$K_{\phi} = K_{p.ф} K_{p.ш} K_{p.c} K_{п} K_{p} K_{л.ф}; \quad K_c = K_{p.c} K_{п} K_{л.c} 1/R_{я}; \\ K_{ш} = K_{p.ш} K_{p.c} K_{п} K_{л.ш}; \quad K_{н} = R_{я} K_{p} R_{ц} K_{л} K_{з.н}. \quad (7)$$

Тоді

$$W(s) = \frac{\Delta L(s)}{U_{з.ф}(s)} = \frac{K_{\phi} R_{ц}}{K_{л.ф} (T_{п}s + 1) (T_{я}s + 1) c T_{м} s^2} \times \\ \times \left[ 1 + \frac{K_c}{(T_{п}s + 1) (T_{я}s + 1)} + \frac{K_{ш}}{(T_{п}s + 1) (T_{я}s + 1) c T_{м} s} + \right. \\ \left. + \frac{K_{\phi}}{(T_{п}s + 1) (T_{я}s + 1) c T_{м} s^2} + \frac{1}{(T_{я}s + 1) T_{м} s} + \frac{K_{н}}{c T_{м} s (T_{л}s + 1)} + \right. \\ \left. + \frac{K_c K_{н}}{(T_{п}s + 1) (T_{я}s + 1) c T_{м} s (T_{л}s + 1)} \right]^{-1}. \quad (8)$$

Після перетворень

$$W(s) = \frac{K_{\phi} R_{ц} (T_{л}s + 1)}{K_{л.ф}} [(T_{п}s + 1) (T_{я}s + 1) c T_{м} s^2 T_{л}s + 1) + \\ + K_c (T_{л}s + 1) c T_{м} s^2 + K_{ш} (T_{л}s + 1) s + K_{\phi} (T_{л}s + 1) + \\ + (T_{п}s + 1) (T_{л}s + 1) c s + K_{н} (T_{п}s + 1) (T_{я}s + 1) s + K_c K_{н} s]^{-1}. \quad (9)$$

Статичний коефіцієнт передачі системи за положенням стрічки

$$K_L = \frac{\Delta L}{U_{з.ф}} = \frac{R_{ц}}{K_{л.ф}}. \quad (10)$$

Статична похибка за зміщенням стрічки

$$\delta_{\Delta L} = \frac{\Delta L}{U_{з,ф}} - K_L = \frac{K_{л,ф} - R_{ц}}{K_{л,ф}}. \quad (11)$$

Отже система керування друкарською машиною, обладнана регуляторами фази ДЦ, може забезпечити не лише синхронну роботу друкарських секцій машини, не зв'язаних механічно, але й високу статичну точність приводки фарб. При виборі значення коефіцієнта передачі датчика фази  $K_{л,ф}$  численно рівним радіусу ДЦ  $R_{ц}$ , статична похибка зміщення стрічки дорівнює нулеві.

Динамічне зміщення залежить від сталої часу ділянки паперової стрічки  $T_{л}$  (див. рівн. (5)), значення якої може досягати декількох секунд. Динамічна похибка зміщення стрічки може виявитися значною, а це може привести до недопустимого перенапруження стрічки і її обриву. Тому необхідне, крім автоматичного регулювання фази ДЦ, регулювання положення паперової стрічки.

Знайдемо залежність зміщення від завдання положення стрічки в замкнутій системі з регулятором положення.

$$W(s) = \frac{\Delta L(s)}{L_3(s)} = \frac{K_{п,л}}{(T_{п}s + 1)(T_{я}s + 1)cT_{м}s^2} \times \\ \times \left[ 1 + \frac{K_c}{(T_{п}s + 1)(T_{я}s + 1)} + \frac{K_{ш}}{(T_{п}s + 1)(T_{я}s + 1)cT_{м}s} + \right. \\ \left. + \frac{K_{ф}}{(T_{п}s + 1)(T_{я}s + 1)cT_{м}s^2} + \frac{K_{п,л}}{(T_{п}s + 1)(T_{я}s + 1)cT_{м}s^2} + \right. \\ \left. + \frac{1}{(T_{я}s + 1)T_{м}s} + \frac{K_{н}}{cT_{м}s(T_{л}s + 1)} + \right. \\ \left. + \frac{K_c K_{н}}{(T_{п}s + 1)(T_{я}s + 1)cT_{м}s(T_{л}s + 1)} \right]^{-1}, \quad (12)$$

де  $K_{п,л} = K_{р,п} K_{р,ф} K_{р,ш} K_{р,с} K_{п} K_{р} R_{ц} K_{л,п}. \quad (13)$

Після перетворень

$$W(s) = K_{п,л} (T_{л}s + 1) [(T_{п}s + 1)(T_{я}s + 1)cT_{м}s^2(T_{л}s + 1) + \\ + K_c(T_{л}s + 1)cT_{м}s^2 + K_{ш}(T_{л}s + 1)s + K_{ф}(T_{л}s + 1) + \\ + K_{п,л}(T_{л}s + 1) + (T_{п}s + 1)(T_{л}s + 1)cs + K_{н}(T_{п}s + 1) \times \\ \times (T_{я}s + 1)s + K_c K_{н}s]^{-1}. \quad (14)$$

Статичний коефіцієнт передачі системи і статична похибка за зміщенням

$$K_{L3} = \frac{\Delta L}{L_3} = \frac{K_{п,л}}{K_{п,л} + K_{ф}} = \frac{K_{р,п} R_{ц} K_{л,п}}{K_{р,п} R_{ц} K_{л,п} + K_{л,ф}}, \quad (15)$$

$$\delta_{L3} = \frac{\Delta L}{L_3} = \frac{K_{ф}}{K_{п,л} + K_{ф}} = \frac{K_{л,ф}}{K_{р,п} R_{ц} K_{л,п} + K_{л,ф}}. \quad (16)$$

Оскільки датчик фази і датчик положення легко здійснити з однаковою вихідною напругою  $\Delta U$ , то коефіцієнт передачі датчика положення

$$K_{д.п} = \frac{\Delta U}{\Delta l} = \frac{\Delta U}{R_{ц} \Delta \varphi} = \frac{K_{д.ф}}{R_{ц}} \quad (17)$$

Тоді

$$K_{L3} = \frac{K_{р.п}}{K_{р.п} + 1} \approx 1 \quad \text{і} \quad \delta_{L3} = \frac{1}{K_{р.п} + 1} \approx \frac{1}{K_{р.п}}, \quad (18)$$

тому що  $K_{р.п}$  може бути значно більшим одиниці.

Із формули (18) випливає, що статична похибка за зміщенням стрічки залежить тільки від коефіцієнта передачі регулятора положення й обернено пропорційна цьому коефіцієнтові. При виборці достатнього  $K_{р.п}$  (а це легко здійснити, використовуючи як регулятор положення серійну мікросхему) статична точність приводки може бути доведена до необхідного значення.

Отже, введення в систему керування машинною, обладнаною регуляторами фази ДЦ, регулятора положення стрічки, виконаного на базі серійної мікросхеми, дає змогу простим способом ефективно вирішити задачу приводки фарб.

1. Волощак І. А. Взаємозв'язаний електропривод рулонних ротативних машин // Поліграфія і видавнича справа. 1986. № 22. С. 77—82. 2. Волощак І. А., Луцків Н. М. Система регулювання фази ленточного матеріала при суміщенні технологічних операцій // Технічна електродинаміка. 1986. № 3. С. 85—89. 3. Казакевич В. В., Избицкий Э. И. Системы автоматического управления полиграфическими процессами. М., 1978. 4. Толстой Г. Д. Автоматизация полиграфических производственных процессов. М., 1970.

The system controlling the lokal section drive of a multimotor printing press having regulators of printing cylinder phase and paper tape position is considered. It is shown that a tape position regulator which has effect on the section electric drive control system can provide high accuracy of bringing the colours in register.

Стаття надійшла до редколегії 22.05.86