

ТОЧНІСТЬ СИНХРОНІЗАЦІЇ РОБОЧИХ ЦИЛІНДРІВ БАГАТОДВИГУННОЇ ДРУКАРСЬКОЇ МАШИНИ

Специфіка технологічного процесу друку, необхідність суміщення технологічних операцій накладання декількох фарб на стрічку, що рухається з великою швидкістю, її фальцювання й розрізання вимагає не лише синхронного руху робочих циліндрів з високою точністю, але й їх синфазного обертання. Ця особливість, характерна лише для друкарських машин, є однією з головних перешкод на шляху впровадження на них багатодвигунної системи приводу, загальноприйнятої в сучасних потокових лініях і агрегатах для виготовлення й обробки пружних стрічкових матеріалів, що застосовуються у різних галузях промисловості.

Серед конструкторів друкарських машин немає єдиної думки щодо спроможності забезпечення потрібної високої точності узгодження руху друкарських секцій машини електричним способом, при відсутності металевого зв'язку між ними. Адже для суміщення фарб з точністю $\pm 0,1$ мм потрібно підтримувати кутове положення формних циліндрів з точністю до 1—3 хв.

У цій статті сформульовані основні вимоги до точності найбільш критичних параметрів системи керування багатодвигунними ролетними ротаційними машинами й показані шляхи задоволення цих вимог на основі поширеної елементної бази.

При зміні швидкості обертання формного циліндра від значення ω_1 до значення ω_2 відносна похибка зміни швидкості при відсутності проковзування стрічки між циліндрами

$$\delta_{\omega} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_1} = \frac{1}{v_1} \frac{d}{dt} (L_1 - L_2) = \frac{L_1}{v_1} \frac{d\varepsilon}{dt}, \quad (1)$$

збо в приростах

$$\delta_{\omega} = \frac{L_1 \Delta\varepsilon}{v_1 \Delta t} = \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon}, \quad (2)$$

де L_1, L_2 — шлях, пройдений стрічкою за одиницю часу при швидкості стрічки v_1, v_2 відповідно; ε — відносна деформація стрічки.

Допустиме відхилення відносної деформації стрічки $\Delta\varepsilon$, викликане зміною її натягу ΔF , можна знайти, виходячи із закону Гука

$$\Delta\varepsilon = \frac{\Delta F}{fE_0}, \quad (3)$$

де E_0 — модуль пружності матеріалу стрічки у поздовжньому напрямі; f — площа поперечного перетину стрічки.

Прийнявши $\Delta F = \pm 50$ Н на 1 м ширини стрічки й $f = 100$ мм²; враховуючи, що $E_0 = 2-10$ ГПа, будемо мати $\Delta \epsilon = (0,5-2,5) \times 10^{-4}$, тобто в середньому $\Delta \epsilon = 10^{-4}$.

Для зволоженої в друкарському апараті стрічки В. П. Мітрофановим запропонована [1] формула

$$\Delta \epsilon = \frac{[s_1]}{(L - Q)(m - 1)}, \quad (4)$$

де $[s_1]$ — допустиме факторне відхилення приводки фарб, зумовлене зміною натягу стрічки; L — довжина міжсекційної ділянки стрічки; $Q = (1-0,95)L$ — величина, залежна від повзучості стрічки; m — кількість секцій машини.

Величина $[s_1] = 0,3[s]$ визначається сумарним допустимим відхиленням у приводці фарб $[s]$, яке, згідно з технологічними інструкціями по процесах високого та офсетного друку (видання 1982 р.), перебуває у межах $[s] = \pm 0,1-0,3$ мм. Наприклад, при $L = 2$ м, $s = 0,3$ мм, $m = 6$ і $Q = 0,97L$, $\Delta \epsilon = 3 \cdot 10^{-4}$.

Аналіз формули (4) показує, що величина допустимого відхилення деформації стрічки $\Delta \epsilon$ сильно залежить від її повзучості, а також кількості секцій машини. Так, збільшення Q (тобто зменшення повзучості) на 4% приводить до зменшення $\Delta \epsilon$ у 5 разів; у 8-секційній машині $\Delta \epsilon$ виявляється у 7 разів меншою, ніж у двосекційній.

Як бачимо, за умовами приводки фарб до змін деформації стрічки ставляться дуже високі вимоги. Разом з тим за умовами безобривної роботи допускаються значно більші деформації — $\epsilon = 1-2\%$.

Формула (2) дає можливість обґрунтувати вимоги до точності підтримання швидкості обертання друкарських циліндрів. Прийнявши $\Delta \epsilon = 10^{-4}$ і $\epsilon = 0,01-0,02$, одержимо значення потрібної точності підтримання швидкості обертання робочих циліндрів друкарських апаратів.

$$\delta_{\omega} = 0,5-1\%. \quad (5)$$

Значення δ_{ω} , одержані тут на основі аналізу змін деформації стрічки в реальних умовах, виходячи з допустимих відхилень приводки фарб, точно відповідають значенням, прийнятим у практиці проектування рулонних друкарських машин [2]. Треба зазначити, що рекомендовані в [2] допустимі значення коефіцієнта нерівномірності обертання стрічковедучих циліндрів друкарських апаратів $\delta_{\omega} = 0,005-0,01$ вибрані орієнтовно, без детального обґрунтування. На думку Є. А. Воропова, значення $\delta_{\omega} = 0,002$ й менші, які одержуються, виходячи із закону Гука, явно занижені, оскільки за рахунок розкриття зазорів у пере-

дачах коефіцієнт нерівномірності обертання може доходити до 0,08. Однак практикою доказано, що, не зважаючи на наявність зазорів, нормальна приводка фарб досягається (доцільно підкреслити, що при переході до багатодвигунного приводу машин, коли усуваються пружні вали та зубчасті передачі, критичність проблеми зазорів у передачах практично знімається).

Для дільниць механічних систем приводів друкарських і фальцювальних апаратів уповні прийнятними вважаються значення коефіцієнта нерівномірності обертання $\delta_{\omega} = 0,02 - 0,05$. Такі завищені значення δ_{ω} обґрунтовуються в [2] величезною кінетичною енергією оберткових мас вказаних апаратів, які незалежно від змінного навантаження дуже незначно змінюють швидкість.

Розглянемо тепер питання точності стабілізації кута повороту формного циліндра.

Виходячи із потрібної точності приводки фарб [s], можна знайти припустиму величину відхилення кута повороту формного циліндра для «сухої» стрічки

$$\Delta\varphi = \frac{[s]}{R_{\text{ц}}} \quad (6)$$

(при умові відсутності проковзування стрічки між циліндрами) і для зволоженої стрічки

$$\Delta\varphi = \frac{[s_{\text{в}}] Q}{(m-1)R_{\text{ц}}^2}, \quad (7)$$

де $R_{\text{ц}}$ — радіус формного циліндра; $[s_{\text{в}}] = 0,1 [s]$ — відхилення в приводці, викликані крутильними коливаннями у приводі [4].

Формула (7), одержана нами [3] з формули допустимої амплітуди крутильних коливань, запропонованої В. П. Мітрофановим, після нехтування в підкорінному виразі одиницею у порівнянні з відношенням $(Q/R_{\text{ц}})^2 \gg 1$.

Розрахунок для реальних моделей машин показує, що за умовами приводки фарб точність підтримання кутового положення формних циліндрів повинна бути дуже високою, порядку 1—3 хв.

Наприклад, при $R_{\text{ц}} = 150$ мм згідно (6) $\Delta\varphi = 2,3$ хв, а за (7) при $L = 2$ м і $Q = 0,97 L$ $\Delta\varphi = 3$ хв при $m = 2$ і 1 хв при $m = 4$.

Така висока точність близька до граничних значень, досягнутих на сьогоднішній день лише у найбільш досконалих системах слідкуючих електроприводів. Здавалось би, що реалізація ідеї багатодвигунних рулонних друкарських машин наштовкується на проблему, яку важко подолати. Однак у багатодвигунних рулонних машинах задачу приводки фарб виконує регулятор положення стрічки, який входить до складу розробленої на-

ми системи автоматичного керування багатодвигунним приводом [1]. Як показано в [1], тут може бути використана також вимірювальна частина будь-якої системи автоматичного регулювання поздовжньою приводкою фарб закордонного виробництва, але з дією не на диференціальний механізм формного циліндра друкарської секції, а безпосередньо на індивідуальний електропривід, яким обладнується кожна секція багатодвигунної машини. При наявності регулятора положення стрічки вимоги до точності підтримання фази формних циліндрів достатньо обмежити лише умовами утримання кутового положення циліндрів у зоні регулятора, тобто в межах контрольної мітки. При ширині мітки 0,17—1,2 мм і $R_u=87—188$ мм в різних моделях машин похибка регулювання фази формних циліндрів повинна бути не більшою

$$\Delta\varphi = 15—30 \text{ хв.} \quad (8)$$

З такою ж точністю має підтримуватися кутове положення робочих циліндрів фальцапарата, яке, до речі, приблизно відповідає потрібній точності рубки і фальцювання стрічки ($\pm 1—2$ мм).

Така точність на порядок нижча потрібної за умовами приводки фарб і може бути успішно реалізована в поширених аналогових системах керування кутовим положенням робочих органів машин, а також у цифрових системах з використанням мікропроцесорів.

1. *Волощак И. А.* Многодвигательные рулонные ротационные машины: Автореф. дис... канд. техн. наук. Львов, 1988. 2. *Воронов Е. А., Милуцки Ю. В.* К вопросу динамики приводов рулонных печатных машин // Сб. науч. тр. ВНИИПолиграфмаш. М., 1982. 3. *Митрофанов В. П.* Точностные требования к многокрасочным рулонным машинам и печатным материалам // Полиграфия. № 9. 1979.

Стаття надійшла до редколегії 23.04.90