

Ю.О.Шульжик

МОДЕЛЬ РУХУ СТРІЧКИ НА РУЛОННІЙ ДРУКАРСЬКІЙ ТРАФАРЕТНІЙ МАШИНИ

Трафаретний друк, здійснюваний на рулонних друкарських трафаретних машинах, — найбільш прогресивний і перспективний для виготовлення якісної етикетної та рекламної продукції [1].

Важливою проблемою при створенні рулонної друкарської трафаретної машини є динаміка стрічкопровідної системи машини (рис. 1).

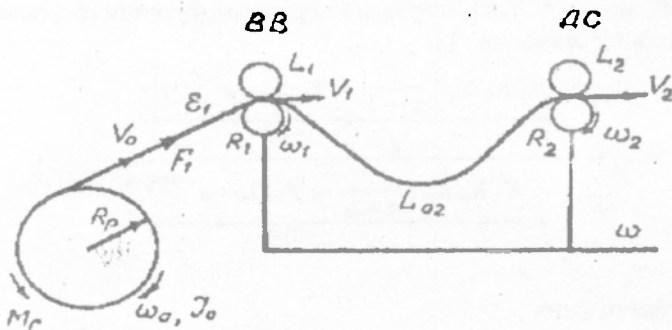


Рис.1. Схема частини стрічкопровідної системи трафаретної машини.

Стрічка розмотується з рулону ведучими валиками ВВ. На ділянці між ведучими валиками і циліндрами першої друкарської секції ДС існує її провисання, що обумовлено технологічним процесом. Натяг стрічки на першій ділянці рулон — ведучі валики в процесі розмотування може змінюватись у значній мірі, що призводить до

змін її деформації та провисання. Крім того, зміну провисання стрічки при розмотуванні з рулону спричиняють і динамічні процеси.

Розглянемо процес розмотування та руху стрічки відповідно до схеми рис.1.

Запишемо рівняння руху рулону [3,4]:

$$I_0 \frac{d\omega_0}{dt} = M_P - M_G - M_H - M_T, \quad (1)$$

де I_0 , ω_0 — момент інерції та кутова швидкість рулону; M_P — рушійний момент; M_G — гальмівний момент, прикладений до рулону; M_H — момент навантаження та інших збурень; M_T — момент сил тертя в опорах рулону.

Рушійний момент, який виникає за рахунок сили натягу стрічки,

$$M_P = F_1 R_P, \quad (2)$$

де F_1 — сила натягу стрічки; R_P — радіус рулону.

Сила натягу стрічки пропорційна деформації [4]

$$F_1 = c L_0 \varepsilon_1, \quad (3)$$

де c — жорсткість стрічки; L_0 — довжина першої ділянки стрічки; ε_1 — відносна деформація.

Момент сил тертя приймасмо пропорційним кутовій швидкості

$$M_T = \alpha_0 \omega_0, \quad (4)$$

де α_0 — коефіцієнт пропорційності; ω_0 — кутова швидкість рулону.

Рівняння деформації рухомої стрічки на ділянці рулон — стрічковедучі валики (2)

$$T_c \frac{d\varepsilon_1}{dt} + \varepsilon_1 = \frac{1}{\omega R_1} (\omega R_1 - \omega \sigma R_P), \quad (5)$$

де T_c — стала часу ділянки стрічки; ω , R_1 — кутова швидкість і радіус стрічковедучих валиків.

Скорочення стрічки після виходу з ведучих валиків за рахунок зняття деформації на другій ділянці

$$l_2 = -\omega_1 R_1 \int \varepsilon_1 dt. \quad (6)$$

Лінійне переміщення стрічковедучих валиків

$$L_1 = \int R_1 \omega_1 dt; \quad (7)$$

$$L_2 = \int R_2 \omega_2 dt, \quad (8)$$

де ω_2 , R_2 — кутова швидкість і радіус циліндрів друкарської секції.

Довжина стрічки на другій ділянці

$$L_{c2} = L_{o2} + L_1 - L_2 - l_2, \quad (9)$$

де L_{o2} — початкова довжина стрічки на другій ділянці.

У рівняннях (1) — (9), перейшовши до зображень по Лапласу і розв'язавши їх відносно відповідних змінних, матимемо систему рівнянь:

$$\omega_0 = \frac{1}{I_0 s + \alpha_0} (M_P - M_T - M_H - M_T); \quad (10)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{T_0 s + 1} (\omega_1 \bar{R}_1 - \omega_0 \bar{R}_P); \quad (11)$$

$$l_2 = \frac{\omega_1 R_1}{s} \varepsilon_1; \quad (12)$$

$$L_1 = \frac{R_1}{s} \omega; \quad (13) \quad L_2 = \frac{R_2}{s} \omega. \quad (14)$$

Виходячи з цих рівнянь, побудуємо структурну схему моделі стрічкопровідної системи рулонної друкарської трафаретної машини (рис.2).

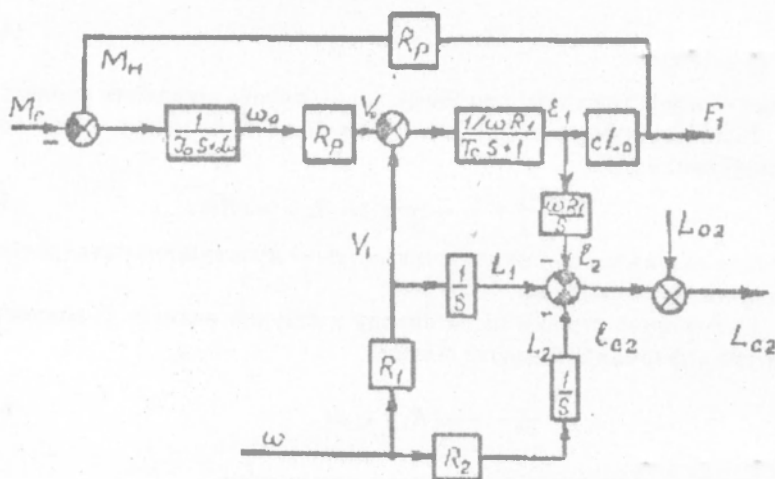


Рис.2. Структурна схема моделі стрічкопровідної системи рулонної трафаретної машини.

На основі структурної схеми можна безпосередньо отримати потрібні залежності.

За структурною схемою рис.2 запишемо залежність скорочення стрічки від гальмівного моменту

$$l_{22}(s) = - \frac{\frac{R_p^2}{(I_0 s + \alpha_0)} \frac{1/\omega R_1}{(T_0 s + 1)} \frac{\omega R_1}{s}}{1 + \frac{R_p^2}{(I_0 s + \alpha_0)} \frac{1/\omega \tilde{\kappa}_1}{(T_c s + 1)} c L R_1} M_T(s). \quad (15)$$

Після перетворень

$$l_{22}(s) = \frac{R_p \omega}{[(I_0 s + \alpha_0)(T_c s + 1) + R_p^2 c L/\omega] s} M_T(s). \quad (16)$$

Таким чином, залежність скорочення стрічки від гальмівного моменту має інтегральний характер. Це значить, що скорочення стрічки поступово зменшується, а разом з тим зменшується і її провисання на ділянці.

Запишемо залежність скорочення стрічки від кутової швидкості

$$l_{2c}(s) = \frac{[(R_1 \frac{1}{s}) - (R_2 \frac{1}{s})] \left[\frac{R_p^2}{(I_0 s + \alpha_0)} \frac{1/\omega R_1}{(T_c s + 1)} c L R_1 \right] - R_1 \frac{1/\omega R_1}{(T_c s + 1)} \frac{\omega R_1}{s}}{1 + \frac{R_p^2}{(I_0 s + \alpha_0)} \frac{1/\omega R_1}{(T_c s + 1)} c L R_1} \omega(s). \quad (17)$$

Якщо навіть радіуси ведучих валиків і друкарських циліндрів однакові, тобто $\kappa_1 = \kappa_2$, то отримаємо

$$l_{2c}(s) = \frac{- R_1 \frac{1/\omega R_1}{(T_c s + 1)} \frac{\omega R_1}{s}}{1 + \frac{R_p^2}{(I_0 s + \alpha_0)} \frac{1/\omega R_1}{(T_c s + 1)} c L \tilde{\kappa}_1} \omega(s). \quad (18)$$

Після перетворень

$$l_{2c}(s) = - \frac{R_1 \omega (I_0 s + \alpha_0)}{[(I_0 s + \alpha_0)(T_c s + 1) + R_p^2 c L/\omega] s} \omega(s). \quad (19)$$

Проведений аналіз показує, що навіть при рівності все одно маємо скорочення стрічки, яке носить інтегральний характер.

Аналогічно можна записати залежність скорочення стрічки від сили натягу

$$I_{c2}(s) = - \frac{\frac{R_P^2}{(I_0 s + \alpha_0)} \frac{1/\omega R_1}{(T_c s + 1)} \frac{\omega R_1}{s}}{1 + \frac{R_P^2}{(I_0 s + \alpha_0)} \frac{1/\omega R_1}{(T_c s + 1)} c L R_1} F_1(s). \quad (20)$$

Після перетворень

$$I_{c1}(s) = \frac{R_P^2 \omega R_1}{\left[I_0 R_1 T_c s^2 + (I_0 R_1 + \alpha_0 R_1 T_c) s + (\alpha_0 R_1 \omega + R_P^2 c L R_1) / \omega \right]} s \cdot F_1(s). \quad (21)$$

Проаналізувавши ці залежності, робимо висновок, що в усіх трьох випадках скорочення стрічки на другій ділянці має інтегральний характер.

Значний вплив на динаміку та скорочення стрічки на другій ділянці має зміна радіуса рулону в процесі розмотування. Відомо [2], що зміна радіуса рулону в процесі розмотування описується виразом

$$R_P = R_0 \sqrt{1 - \frac{t_n}{t_n}}, \quad (22)$$

де

$$t_n = \frac{R_0^2}{R_n^2} t_0 = \text{const}; \quad (23)$$

R_0 — початкове найбільше значення радіуса рулону; t_{Pr} — час розмотування рулону від початкового радіуса R_0 до змінного R_P ; R_n — початковий найменший радіус рулону; t_0 — стала часу.

Наближено для невеликих радіусів зміну радіуса рулону можна прийняти за експонентціальним законом і виразити передатною функцією

$$\frac{R_0 T_P s}{T_P s + 1}, \quad (24)$$

де R_0 — початковий радіус рулону; T_P — стала часу розмотування рулону.

Якщо на структурній схемі рис.2 замінити постійний радіус R_P виразом (24), то отримасмо структурну схему, зображену на рис.3, яка враховує зміну радіуса рулону в процесі розмотування.

На основі структурної схеми рис.3 запишемо залежність скорочення стрічки на другій ділянці від постійного гальмівного моменту з врахуванням зміни радіуса рулону в процесі розмотування

$$I_{c2}(s) = - \frac{\frac{1}{(I_0 s + \alpha_0)} \frac{R_0 T_P s}{(T_P s + 1)} \frac{1/\omega R_1}{(T_0 s + 1)} \frac{\omega R_1}{s}}{1 + \frac{1}{(I_0 s + \alpha_0)} \frac{R_0 T_P s}{(T_P s + 1)} \frac{1/\omega R_1}{(T_c s + 1)} c L R_1 \frac{R_0 T_P s}{(T_P s + 1)}} M_1(s). \quad (25)$$

Проведений аналіз показує, що скорочення стрічки досягає десятків сантиметрів, має інтегральний характер, тому обов'язково в стрічкопровідній системі рулонної друкарської трафаретної машини повинна бути система автоматичного керування положенням стрічки на другій ділянці.

Побудовані математичні та структурні моделі стрічкопровідної системи рулонної друкарської трафаретної машини є основою для аналізу й розробки системи автоматичного регулювання положення стрічки на машині.

1. Бригинец Л.А., Клечак Р.И. Современная трафаретная печать. М., 1975. 2. Бушун В.Т. Печатные машины. Расчет и проектирование. М., 1973. 3. Ключев В.И. Теория электропривода. М., 1985. 4. Луцків М.М. Системи автоматичного керування ротаційними машинами з пружними зв'язками. К., 1991.

Стаття надійшла до редколегії 15.01.94.