

Б. В. ДУРНЯК

НАТЯГ СТІЧКОВИХ МАТЕРІАЛІВ У ПРОЦЕСІ НАМОТУВАННЯ НА ФЛЕКСОГРАФСЬКИХ ДРУКАРСЬКИХ МАШИНАХ

Відомо, що більшість плівкових матеріалів мають невисоку міцність, малу пластичність і незначну пружну деформацію. Все це необхідно враховувати при розробці та створенні систем автоматичного регулювання натягу при намотуванні стрічкових матеріалів поліграфічних машин.

На рис. 1 показана функціональна схема системи для регулювання натягу паперової стрічки у процесі намотки на два неза-

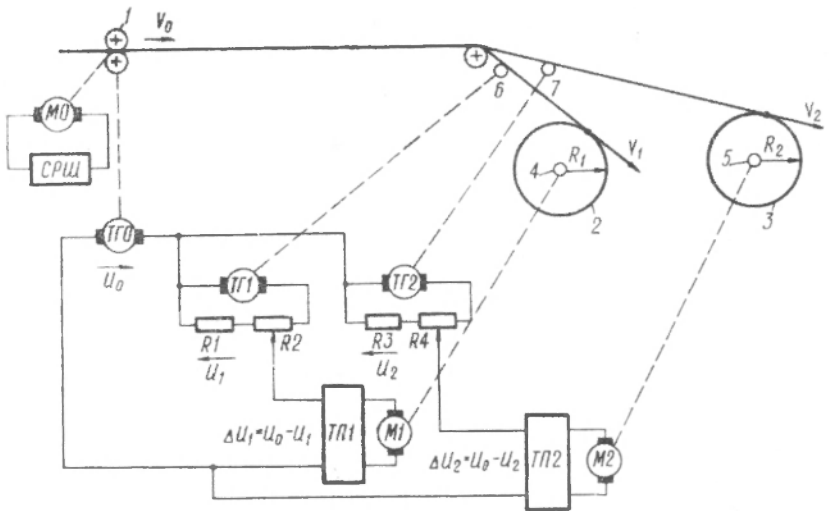


Рис. 1. Функціональна схема системи регулювання натягу у процесі намотування.

лежних вали флексографських машин. Стрічка проходить друкарську секцію з постійною швидкістю V_0 , що підтримується системою регулювання швидкості електроприводу $СРШ$ двигуна $МО$ друкарської секції машини. Після задрукування та розрізання вона намотується на два незалежних вали в рулони 2 і 3, що в свою чергу намотуються на барабани 4 і 5, вали яких кінематично зв'язані з приводними електродвигунами $M1$ і $M2$. Двигунами $M1$ і $M2$ керують тиристорні перетворювачі $ТП1$ і $ТП2$. Тахогенератори $ТГ0$, $ТГ1$, $ТГ2$ вимірюють швидкості V_0 , V_1 , V_2 . Тахогенератор $ТГ0$ встановлений на валу головного електропривода друкарського апарату машини, а $ТГ1$, $ТГ2$ біля намотувального вузла на спеціально сконструйованих кронштейнах, що кріпляться до станини машини. Сигнали на $ТГ1$ і $ТГ2$ посту-

пають від датчиків швидкості 6 і 7, які розміщені безпосередньо перед намотуванням у рулон паперової стрічки. Виходи тахогенераторів $TГ0$ і $TГ1$, а також $TГ0$ і $TГ2$ включені зустрічно і їх сигнали, зв'язані з суматорами $R1, R2$ і $R3, R4$, поступають на входи тиристорних перетворювачів $TП1$ і $TП2$.

Оскільки принцип роботи системи регулювання натягу стрічки при намотуванні на два вали аналогічний, то пояснимо принцип роботи системи регулювання на один вал.

Як відомо, зусилля натягу паперової стрічки пропорційне різниці швидкостей на заданій ділянці і визначається формулою [3]

$$F = k(V_1 - V_0), \quad (1)$$

де V_0 і V_1 — лінійні швидкості стрічки у двох положеннях її розміщення; $k = E_0/V_0$ — коефіцієнт пропорційності; E_0 — модуль пружності стрічки, зведений до її поперечного перерізу.

Підтримуючи сталою величину $\Delta V = V_1 - V_0$, тим самим підтримується постійною сила натягу стрічки. Цей принцип непрямого регулювання натягу лежить в основі роботи системи регулювання. При намотуванні стрічки на барабан 4 змінюється радіус рулону \bar{r}_i , внаслідок чого збільшується швидкість рулону, а отже, і натяг F матеріалу. Це призводить до деформації паперової стрічки на ділянці між друкарською парою 1 і рулоном 2 та збільшення довжини матеріалу на цій ділянці. А як результат — зростають швидкість і напруга u_0 на тахогенераторі $TГ0$. На виході тиристорного перетворювача $TП1$ з'являється від'ємна напруга розбалансу $\Delta u = u_0 - u_1$, що приводить до пониження напруги на електродвигуні $M1$, внаслідок чого зменшуються кутова швидкість електродвигуна та натяг стрічки до заданої величини. На основі праць [1, 2] і схеми рис. 1 побудуємо структурну схему системи автоматичного регулювання натягу при намотуванні паперової стрічки на два незалежних вали. У системі (рис. 2) існує взаємозв'язок між силами натягу $F_{н1}$ і $F_{н2}$, який здійснюється через ділянку паперової стрічки і кінематичною частиною привода двигуна друкарської секції машини. У зв'язку зі складністю структурної схеми, наявністю у ній багатьох перехресних зв'язків і замкнутих контурів проаналізуємо локальну систему запропонованої системи регулювання натягу паперової стрічки, показану на рис. 3.

Запишемо передаточну функцію замкнутої системи (рис. 3) по натягу

$$\begin{aligned} \Phi(s) = \frac{F_n(s)}{F_{нз}(s)} = & \frac{k_3 k_{т.п} R_6 k_c}{(T_\phi s + 1)(T_r s + 1)(T_0 s + 1) T_m s c i} \times \\ & \times \left[1 + \frac{k_{т.п} \bar{k}_i R_r}{(T_r s + 1)(T_\phi s + 1)} + \frac{1}{(T_r s + 1)(T_m s} + \right. \\ & + \frac{R_n R_6^2 k_c}{c^2 i^2 (T_0 s + 1) T_m s} + \frac{k_{т.п} R_6 k_i}{(T_\phi s + 1)(T_r s + 1) T_m s c i} + \\ & \left. + \frac{k_{т.п} \bar{k}_i R_6^2 k_c}{c^2 i^2 (T_r s + 1)(T_\phi s + 1)(T_0 s + 1) T_m s} \right], \quad (2) \end{aligned}$$

де \bar{F} , $F_{нз}$ — дійсне та задане значення сили натягу; k_3 — коефіцієнт передачі задатчика натягу; $k_{т.п.}$, T_{ϕ} — коефіцієнт підсилення тиристорного перетворювача і стала часу його фільтра; k_c , T_0 — коефіцієнт передачі та стала часу ділянки паперової стрічки; k_0 , k_1 — коефіцієнт передачі давачів лінійної швидкості стрічки; c — коефіцієнт двигуна; $T_{я}$ — електромагнітна стала часу кола якоря двигуна; T_M — електромеханічна стала часу електроприводу; R_0 — радіус бобіни; l — передаточне число ре-

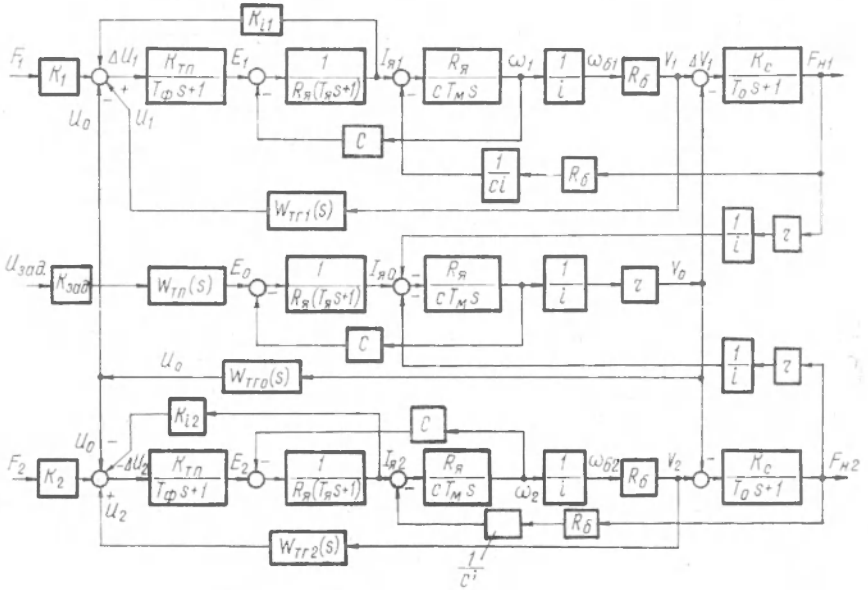


Рис. 2. Структурна схема системи.

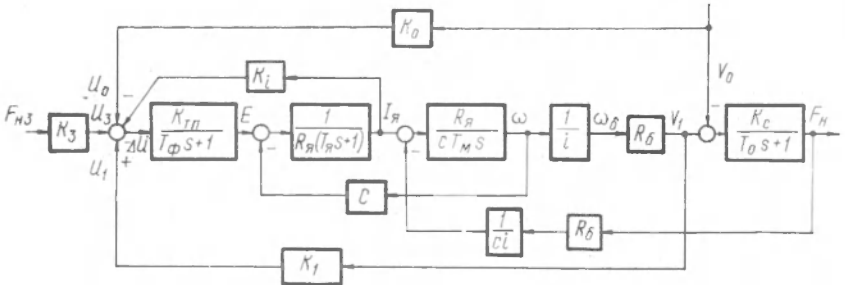


Рис. 3. Структурна схема локальної системи регулювання.

дуктора електропривода; k_i — коефіцієнт передачі зворотного зв'язку за струмом якоря двигуна; r — радіус приводного вала друкарської секції машини.

Після перетворень (2) отримуємо передаточну функцію замкненої системи

$$\Phi(s) = \frac{b}{a_4 s^4 + a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0}, \quad (3)$$

де

$$\begin{aligned}
 a_4 &= T_{\text{я}} T_{\text{ф}} T_0 T_{\text{м}}; \\
 a_3 &= T_{\text{я}} T_{\text{ф}} T_{\text{м}} + T_{\text{я}} T_0 T_{\text{м}} + T_{\text{ф}} T_0 T_{\text{м}}; \\
 a_2 &= T_{\text{я}} T_{\text{м}} + T_{\text{ф}} T_{\text{м}} + T_0 T_{\text{м}} + i^2 c^2 k_{\text{т.п}} k_i R_{\text{я}}^{-1} T_0 T_{\text{м}} + \\
 &\quad + i^2 c^2 T_0 T_{\text{ф}} + R_{\text{я}} R_0^2 k_c T_{\text{я}} T_{\text{ф}}; \\
 a_1 &= T_{\text{м}} + i^2 c^2 k_{\text{т.п}} k_i R_{\text{я}}^{-1} T_{\text{м}} + i^2 c^2 (T_0 + T_{\text{ф}}) + \\
 &\quad + R_{\text{я}} R_0^2 k_c (T_{\text{я}} + T_{\text{ф}}) + k_{\text{т.п}} R_0 \cdot k_1 \cdot c \cdot i \cdot T_0; \\
 a_0 &= i^2 c^2 + R_{\text{я}} R_0^2 k_c + k_{\text{т.п}} k_i R_0^2 k_c + k_{\text{т.п}} R_0 k_1 \cdot c \cdot i; \\
 b &= k_3 \cdot k_{\text{т.п}} \cdot R_0 \cdot k_c.
 \end{aligned}$$

Прийнявши, що s дорівнює нулеві, визначимо статичний коефіцієнт передачі системи по натягу

$$k_{\text{т.}} = \frac{k_3 k_{\text{т.п}} k_0 k_c}{i^2 c^2 + R_{\text{я}} R_0^2 k_c + k_{\text{т.п}} k_i R_0^2 k_c + k_{\text{т.п}} R_0 k_1 c i}. \quad (4)$$

Як видно із (4), статичний коефіцієнт системи по натягу значною мірою залежить від радіуса намотувального рулону і в процесі роботи змінюється, приймаючи максимальне значення на початку процесу намотки.

На основі структурної схеми (рис. 3) запишемо залежність сили натягу від швидкості машини у зображеннях

$$\begin{aligned}
 F(s) &= \left[\frac{k_c}{T_0 s + 1} \left(1 + \frac{k_{\text{т.п}} k_i R_{\text{я}}^{-1}}{(T_{\text{я}} s + 1)(T_{\text{ф}} s + 1)} + \frac{1}{(T_{\text{я}} s + 1) T_{\text{м}} s} + \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + \frac{k_{\text{т.п}} R_0 k_1}{(T_{\text{ф}} s + 1)(T_{\text{я}} s + 1) T_{\text{м}} s c i} \right) \right] \left[1 + \frac{k_{\text{т.п}} k_i R_{\text{я}}^{-1}}{(T_{\text{я}} s + 1)(T_{\text{ф}} s + 1)} + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{1}{(T_{\text{я}} s + 1) T_{\text{м}} s} + \frac{R_{\text{я}} R_0^2 k_c}{c^2 i^2 (T_0 s + 1) T_{\text{м}} s} + \frac{k_{\text{т.п}} R_0 k_1}{(T_{\text{ф}} s + 1)(T_{\text{я}} s + 1) T_{\text{м}} s c i} + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{k_{\text{т.п}} k_i R_0^2 k_c}{c^2 i^2 (T_{\text{я}} s + 1)(T_{\text{ф}} s + 1)(T_0 s + 1) T_{\text{м}} s} \right]^{-1} V_1(s). \quad (5)
 \end{aligned}$$

Після перетворень отримуємо

$$W(s) = \frac{F(s)}{V_1(s)} = \frac{b_3 s^4 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0}{a_4 s^4 + a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0}, \quad (6)$$

де a_4, a_3, a_2, a_1, a_0 — коефіцієнти полінома знаменника, які визначаються так само, як і в виразі (3);

$$b_3 = c^2 i^2 k_c T_{\text{я}} T_{\text{ф}} T_{\text{м}}; \quad b_2 = c^2 i^2 k_c (T_{\text{я}} T_{\text{м}} + T_{\text{ф}} T_{\text{м}});$$

$$b_1 = c^2 i^2 k_c (T_{\text{м}} + k_{\text{т.п}} k_i R_{\text{я}}^{-1} T_{\text{м}} + T_{\text{ф}});$$

$$b_0 = k_c c^2 i^2 + c i k_c k_{\text{т.п}} R_0 (k_0 + k_1).$$

Прийнявши, що оператор s дорівнює нулеві, визначимо статичний коефіцієнт передачі системи за швидкістю

$$k_{\text{в}} = \frac{F}{V_1} = \frac{k_c c^2 i^2 + c i k_c k_{\text{т.п}} R_0 (k_0 + k_1)}{i^2 c^2 + k_c R_0^2 (R_{\text{я}} + k_{\text{т.п}} k_i) + k_{\text{т.п}} R_0 c i}. \quad (7)$$

Отже, статичне відхилення сили натягу в системі регулювання, викликане зміною швидкості машини, істотно залежить від радіуса рулона і в процесі намотування є величиною змінною. Як видно з (4) і (7), система регулювання натягу паперової стрічки при намотуванні нестационарна. Нестационарність зумовлена зміною радіуса рулона у процесі намотування у широких межах.

На основі побудованої структурної схеми (див. рис. 2) можна виконати синтез регуляторів і розрахунок перехідних процесів по швидкості та натягу з врахуванням взаємозв'язків системи управління, а також виявити умови, при яких взаємним зв'язком електроприводів через паперову стрічку можна знехтувати.

1. Волощак І. А., Дурняк Б. В., Луцків М. М., Стрєпко І. Т. Автоматичне регулювання намотки паперової стрічки // Поліграфія і видавнича справа. 1981, № 18. С. 84—90. 2. Волощак І. А., Дурняк Б. В. Регульований електропривод рулонних намотувальних пристроїв // Поліграфія і видавнича справа. 1984, № 20. С. 82—87. 3. Иванов Г. М., Левин Г. М., Хуторецкий В. М. Автоматизированный многодвигательный электропривод постоянного тока. М., 1978.

Tension control system of web-winding on two separate shafts is analysed. System structural scheme is given. Local structural scheme static parameters of the tension control system are determined.

Стаття надійшла до редколегії 15.04.86.