

УДК 655.3.022.65

О.В.Шевчук

### БАГАТОПОЛЮСНА МОДЕЛЬ СТРІЧКОПРОВІДНИХ СИСТЕМ РУЛОННИХ ДРУКАРСЬКИХ МАШИН

Розглядається задача подання стрічкопровідної системи рулонної друкарської машини у вигляді багатополюсних компонентів, які використовуються в системах автоматизованого моделювання електромеханічних систем друкарських машин.

Основним компонентом стрічкопровідної системи рулонної ротаційної друкарської машини є ділянка рухомої стрічки, яка приводиться в рух друкарськими циліндрами. Враховуючи загальноприйняті припущення, вважаючи, що стрічковий матеріал є пружним і нехтуючи його масою та аеродинамічними властивостями, запишемо відоме рівняння натягу стрічки на ділянці для обертового руху друкарських циліндрів двох довільних секцій:

$$T_i \frac{dF_i}{dF} + F_i = K_{ni} (R_i \omega_i - R_{i-1} \omega_{i-1}) + F_{i-1}, \quad (1)$$

де  $T_i$ ,  $K_{ni}$  — стала часу та коефіцієнт передачі ділянки стрічки;  $F_i$ ,  $F_{i-1}$  — сила натягу стрічки на даній і попередній ділянках;  $R_i$ ,  $R_{i-1}$  — радіуси друкарських циліндрів;  $\omega_i$ ,  $\omega_{i-1}$  — кутові швидкості друкарських циліндрів.

Виразимо деформацію стрічки на ділянці через силу натягу:

$$\varepsilon_i = \frac{1}{C_i L_i} F_i, \quad (2)$$

де  $C_i$ ,  $L_i$  — жорсткість і довжина ділянки стрічки.

Видовження стрічки на ділянці (2)

$$l_i = \int R_i \omega_i \varepsilon_i dt. \quad (3)$$

Застосовуючи операторну форму запису, після перетворень (1)—(3) матимемо систему рівнянь

$$\left. \begin{aligned} F_i &= [-K_n R_{i-1} \omega_{i-1} + K_n R_i \omega_i + F_{i-1}] \Delta_n^{-1}(s) \\ \varepsilon_i &= \left[ -\frac{K_{ni} R_{i-1}}{C_i L_i} \omega_{i-1} + \frac{K_{ni} R_i}{C_i L_i} \omega_i + \frac{1}{C_i L_i} + F_{i-1} \right] \Delta_n^{-1}(s) \\ l_i &= \left[ \frac{K_{ni} R_i R_{i-1} \omega_i}{C_i L_i s} \omega_{i-1} + \frac{K_{ni} R_i^2}{C_i L_i s} \omega_i^2 + \frac{\omega_i}{C_i L_i s} + F_{i-1} \right] \Delta_n^{-1}(s) \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

де визначник компонента

$$\Delta_n(s) = (T_i s + 1). \quad (5)$$

Використовуючи матричну форму запису, отримаємо матричне рівняння основного компонента стрічкопровідної системи—ділянки рулонної друкарської машини

$$\begin{bmatrix} F_i \\ \varepsilon_i \\ l_i \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} -\frac{K_{ni} R_{i-1}}{C_i L_i} & \frac{K_{ni} R_i}{C_i L_i} & 1 \\ \frac{K_{ni} R_i R_{i-1} \omega_i}{C_i L_i s} & \frac{K_{ni} R_i^2 \omega_i}{C_i L_i s} & \frac{R_i \omega_i}{C_i L_i s} \end{bmatrix}}{T_i s + 1} \begin{bmatrix} \omega_{i-1} \\ \omega_i \\ F_{i-1} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Вихідними змінними компонента є сила натягу стрічки, її деформація і видовження на ділянці, а вхідними — відповідні кутові швидкості друкарської секції та сила натягу стрічки на попередній ділянці.

Матрична схема компонента ділянки стрічки наведена на рис.1.

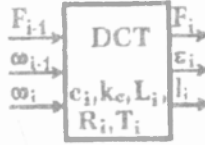


Рис. 1. Матрична схема компонента ділянки стрічки.

Другим важливим компонентом рулонних друкарських машин є розмотувальна секція. Стрічковий матеріал розмотується з рулону і подається в стрічкопровідну систему друкарської машини. В процесі розмотування стрічкового матеріалу поступово зменшується його радіус і момент інерції. Коли дослідження ведеться в обмеженому інтервалі часу, то радіус можна вважати постійним.

Запишемо рівняння руху рулону, з якого розмотується стрічковий матеріал:

$$J_p \frac{d\omega_p}{dt} = M_p - M_r - M_c, \quad (7)$$

де  $J_p$ ,  $\omega_p$  — момент інерції і кутова швидкість рулону;  $M_r$  — гальмівний момент, прикладений до рулону, який враховує навантаження та збурення, прикладені до осі рулону.

Момент сил опору в першому наближенні приймаємо пропорційним кутовій швидкості рулону:

$$M_c = d_p \omega_p, \quad (8)$$

де  $d_p$  — коефіцієнт пропорційності.

Рушійний момент, прикладений до рулону, створюється за рахунок сили натягу стрічки

$$M_p = R_o F_1, \quad (9)$$

де  $R_o$  — радіус рулону.

Застосувавши операторну форму запису, з (6)–(8) отримуємо

$$\omega_p = \frac{1}{J_p s + d_p} (R_o F_1 - M_r). \quad (10)$$

Взявши за вихідні змінні  $F_1$  і  $M_r$ , після перетворень одержимо систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \omega_p &= (R_o F_1 - M_r) \Delta_p^{-1}(s) \\ M_c &= (d_o R_o F_1 - d_p M_r) \Delta_p^{-1}(s) \end{aligned} \right\}, \quad (11)$$

де визначник компонента

$$\Delta_p(s) = J_p s + d_p. \quad (12)$$

Використавши матричну форму запису, дістанемо матричне рівняння компонента розмотувальної секції:

$$\begin{bmatrix} \omega_p \\ M_c \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} R_o & 1 \\ d_p R_o & -d_p \end{bmatrix}}{J_p s + d_p} \begin{bmatrix} F_1 \\ M_r \end{bmatrix}. \quad (13)$$

Матрична схема компонента розмотувальної секції зображена на рис.2.

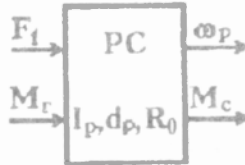


Рис. 2. Матрична схема компонента розмотувальної секції.

Друкарську секцію приймаємо за одномасову систему з пружним елементом і в'язким тертям. Матричне рівняння механічного компонента друкарської секції рулонної друкарської машини з пружним валопроводом у матричній формі запису [2] матиме вигляд

$$\begin{bmatrix} \omega_i \\ M_{i-1} \\ M_i \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} c_i & -s & -s \\ c_i(J_{is} + d_i) & c_i & c_i \\ d_i c_i & -d_{i-} & -d_{i-} \end{bmatrix}}{J_i s^2 + d_i s + c_i} \begin{bmatrix} \omega_{i-1} \\ M_{i,i+1} \\ M_i \end{bmatrix}, \quad (14)$$

де  $J_i$  — приведений момент інерції обертових мас секцій;  $\omega_i$  — кутова швидкість маси;  $M_{i-1}$ ,  $M_{i,i+1}$  — моменти пружного зв'язку, які виникають при деформації пружних валопроводів і прикладені до цієї маси;  $M_i$  — сумарний момент навантажень і сил опору, прикладений до обертової маси;  $M_{iT}$  — момент від сил тертя.

Матричне рівняння двигуна постійного струму як компонента в операторній матричній формі запису [2] набуде вигляду

$$\begin{bmatrix} \omega_g \\ M_g \\ M_n \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} c_g & -R_n(T_n s + 1) & -R_n(T_n s + 1) \\ c_g J_g s & c_g^2 & c_g^2 \\ J_n s & c_g & c_g \end{bmatrix}}{R_n T_n J_g s^2 + T_n J_g s + c_g^2} \begin{bmatrix} E_n \\ M_0 \\ M_n \end{bmatrix}, \quad (15)$$

де  $J_n$  — приведений момент інерції двигуна;  $M_{01}$  — момент пружного зв'язку з першою секцією друкарської машини;  $M_0$  — момент сил опору;  $\omega_g$  — кутова швидкість двигуна;  $E_n$  — напруга, підведена до якоря двигуна;  $c_g$  — стала двигуна;  $T_n$  — стала часу кола якоря;  $I_g$  — струм якоря двигуна.

Використовуючи розроблені моделі компонентів стрічкопровідних систем, можна побудувати матричну структурну схему електромеханічної системи рулонної друкарської машини. Для прикладу, на рис. 3 побудована матрична структурна схема електромеханічної системи рулонної друкарської машини ДВР-62, яка складається з багатоплюсних компонентів і зв'язків між ними. На схемі компоненти зображені у вигляді прямокутників, у верхній частині яких записується ідентифікатор компонента, а в нижній — його параметри. Вихідні і вхідні змінні позначаються відповідними буквами.

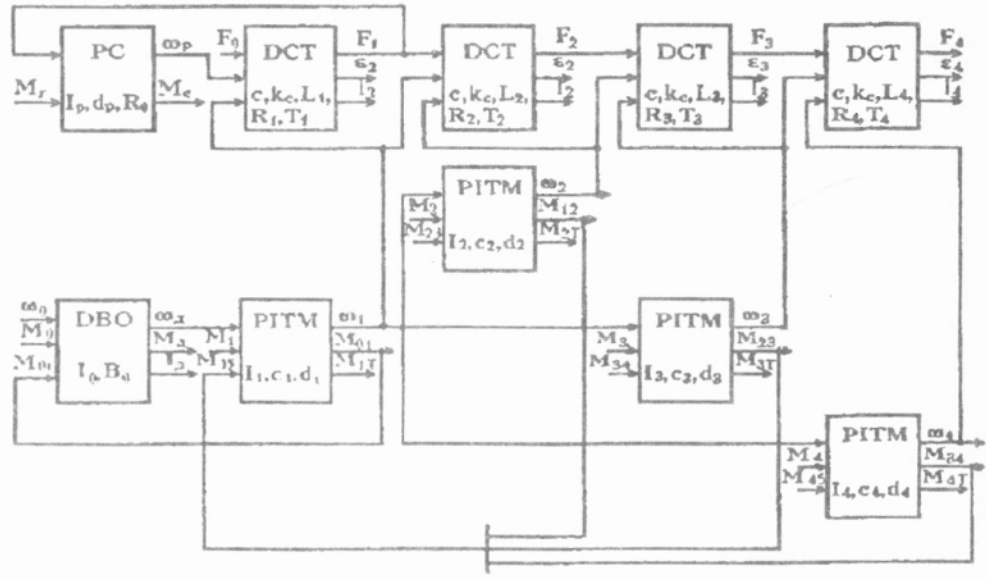


Рис. 3. Матрична структурна схема електромеханічної системи рулонної друкарської машини ДВР-62.

Зазначимо, що опис електромеханічної системи рулонної друкарської машини у вигляді багатополюсних компонентів є формалізованим, простішим і зручним для використання на ЕОМ.

На основі багатополюсних компонентів розроблено алгоритм і програми автоматизованого моделювання електромеханічних систем рулонних друкарських машин на ЕОМ та проведено комп'ютерне моделювання системи при різних значеннях параметрів і вхідних дій.

1. Волошак І.А., Шевчук О.В. Моделювання електромеханічної системи друкарської машини ДВР-62 // Наукові праці конференції "Комп'ютерні технології друкарства: алгоритми, сигнали, системи "Друкотехн-96": Львів, 16–18 жовтня 1996 р. Львів, 1996. 2. Луцків М.М., Стасенко В.Д., Шевчук О.В. Багатополюсні моделі електромеханічних систем // Технічна електродинаміка. 1994. №1. С.39–42.

Стаття надійшла до редколегії 24.01.97