

УДК 678.067.5

Б.В.Дурняк

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДРУКАРСЬКОЇ ПАРИ ЯК ЕЛЕМЕНТА СТРІЧКОПРОВІДНОЇ СИСТЕМИ РУЛОННИХ ДРУКАРСЬКИХ МАШИН

Друкарська пара є основним функціональним елементом рулонної друкарської машини, який визначає якість і продуктивність процесу друкування. Для забезпечення якісного друку необхідне створення моделі друкарської пари як об'єкта автоматичного керування, котрий працює в системі "стрічкопровідна ділянка – друкарська пара", оскільки паперова стрічка, що задруковується, суттєво впливає на параметри цього об'єкта.

Розглянемо модель системи "стрічкопровідна ділянка – друкарська пара", функціональна схема якої показана на рис. 1.

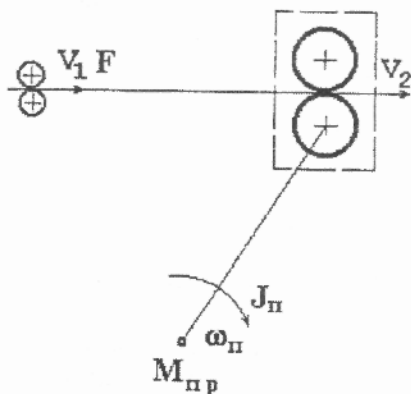


Рис. 1. Функціональна схема моделі системи "стрічкопровідна ділянка – друкарська пара" з індивідуальним приводом

Запишемо рівняння руху друкарської пари, якій надає руху індивідуальний привод.

$$J_n \frac{d\omega}{dt} = M_{np} - M_{nz} - \alpha\omega_n, \quad (1)$$

де M_{np} – рушійний момент, прикладений до друкарської пари; M_{nz} – момент статичного опору, який визначається натягом стрічки; J_n – момент інерції обертових частин приводу і друкарської пари, приведений до вала друкарської пари; ω_n – швидкість обертання друкарської пари; α – коефіцієнт, що враховує сили тертя в механічній системі приводу і технологічні навантаження в друкарській парі.

При відсутності проковзування лінійна швидкість стрічки визначається з формули

$$V_2 = \omega_n r, \quad (2)$$

де r – радіус циліндра друкарської пари.

Застосувавши перетворення Лапласа до (1) з врахуванням (2), після необхідних перетворень отримаємо

$$V_2(s) = \frac{r}{J_n s + \alpha} [M_{np}(s) - M_{nz}(s)]. \quad (3)$$

Надамо виразу (3) стандартного вигляду, зручного для подальшого аналізу. Після перетворень

$$V_2(s) = r \frac{k_n}{T_n s + 1} [M_{np}(s) - M_{nz}(s)], \quad (4)$$

де $k_n = \frac{1}{\alpha}$ – коефіцієнт передачі пари по моменту; $T_n = \frac{J_n}{\alpha}$ – постійна часу друкарської пари.

На основі передаточної функції стрічкопровідної ділянки як об'єкта регулювання [2] з врахуванням (4) побудовано структурну схему моделі “стрічкопровідна ділянка – друкарська пара” (рис.2).

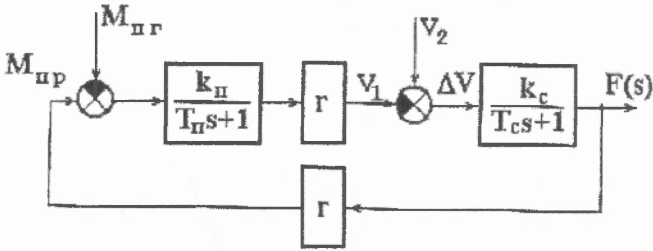


Рис.2. Структурна схема моделі системи системи "стрічкопровідна ділянка – друкарська пара" з індивідуальним приводом

З цієї схеми (рис.2) запишемо залежність сили натягу стрічки від різниці швидкостей руху стрічки:

$$F(s) = \frac{k_s}{T_c s + 1} \left(1 + \frac{k_n r^2 k_c}{(T_c s + 1)(T_n s + 1)} \right)^{-1} (V_2(s) - V_1(s)), \quad (5)$$

де k_c , T_c – коефіцієнт передачі та постійна часу стрічки як об'єкта регулювання [2]; $r(s)$ – сила натягу.

Після перетворень з (5)

$$W_n(s) = \frac{F(s)}{\Delta V(s)} = \frac{b_1 s + b_0}{a_2 s^2 + a_1 s + a_0}, \quad (6)$$

де $b_1 = k_c T_n$; $b_0 = k_c$; $a_2 = T_c T_n$; $a_1 = T_c + T_n$; $a_0 = 1 + k_n r^2 k_c$.

Система "стрічкопровідна ділянка – друкарська пара" є статичною. Приймаючи $s=0$, визначимо з (6) статичний коефіцієнт передачі системи по швидкості:

$$K_v = \frac{F}{V_2 - V_1} \Big|_{s=0} = \frac{k_c}{1 + k_n r^2 k_c}. \quad (7)$$

Оскільки $k_n r^2 k_c > 1$, то з (7) одержимо в першому наближенні залежність натягу стрічки від різниці швидкостей для усталеного режиму

$$K_v = \frac{1}{k_n r^2} = \frac{\alpha}{r^2}. \quad (8)$$

Аналізуючи рівняння (7) і (8), доходимо висновку, що статичний коефіцієнт передачі по швидкості системи

“стрічкопровідна ділянка – друкарська пара” практично не залежить від пружних властивостей стрічки і визначається розмірами циліндра r , передаточним числом приводу друкарської пари й коефіцієнтом α . Тому зміна сили натягу стрічки, викликана зміною різниці швидкостей $V_2 - V_1$, не залежить від типу матеріалу стрічки і визначається, в основному, силами тертя в механічній системі приводу та технологічними навантаженнями в друкарській парі.

З рис.2 визначимо залежність сили натягу стрічки від рушійного моменту друкарської пари:

$$F(s) = \frac{k_c r k_n}{(T_c s + 1)(T_n s + 1)} \left(1 + \frac{k_n r^2 k_c}{(T_c s + 1)(T_n s + 1)} \right)^{-1} M_{pn}(s) \quad (9)$$

Після перетворень (8)

$$F(s) = \frac{b_0}{a_2 s^2 + a_1 s + a_0} M_{pn}(s), \quad (10)$$

де $b_0 = r k_c k_n$.

Знаходимо з (10) статичний коефіцієнт передачі по моменту моделі системи “стрічкопровідна ділянка – друкарська пара”:

$$K_{M_{pn}} = \left. \frac{F}{M_{pn}} \right|_{s=0} = \frac{k_c r k_n}{1 + k_c r^2 k_n}. \quad (11)$$

Оскільки $k_c \gg 1$, то з (11) отримуємо спрощену формулу:

$$K_{M_{pn}} \approx \frac{1}{r}. \quad (12)$$

Таким чином, згідно з (12) статичне відхилення натягу в системі “стрічкопровідна ділянка – друкарська пара”, викликане зміною рушійного моменту, мало залежить від параметрів стрічки і визначається, в основному, радіусом циліндра і передаточним числом приводу друкарської пари. Тому для зменшення зміни натягу стрічки при зміні рушійного моменту слід проектувати електропривод машини зі стабільними електромеханічними характеристиками.

Моделювання системи “стрічкопровідна ділянка – друкарська пара” проводилось для типових значень параметрів

системи $k_c=1000$, $T_c=1$ с, $k_n=30$, $T_n=0.2, \dots, 2.0$ с, $r=0.15$ м. Результати моделювання зміни натягу залежно від швидкості та рушійного моменту друкарської пари при варіації параметра T_n показані на рис.3, 4.

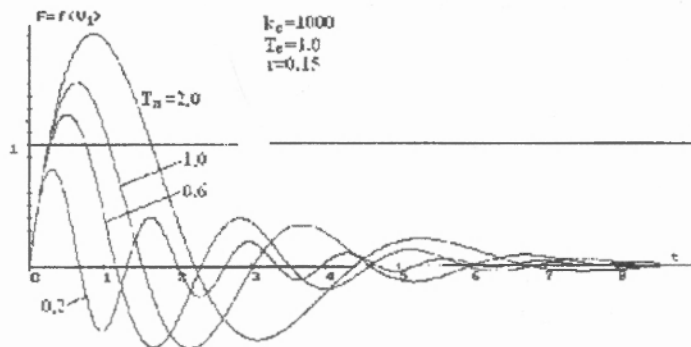


Рис.3. Залежність сили натягу від зміни швидкості друкарської пари

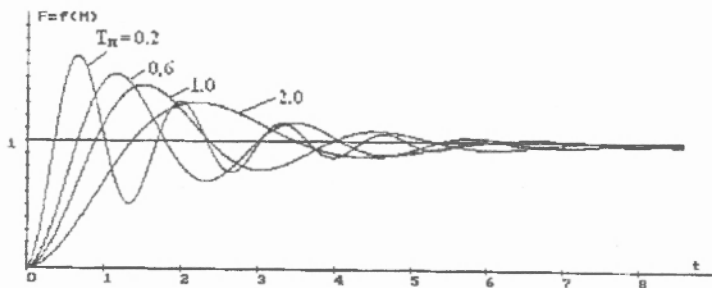


Рис.4. Залежність сили натягу від зміни рушійного моменту друкарської пари

Одержані результати моделювання добре узгоджуються з проведеними теоретичними розрахунками, що підтверджує адекватність моделі реальним системам.

1. Дурняк Б.В. Математичні і структурні моделі системи "стрічкопровідна ділянка – друкарська пара" на рулонних друкарських машинах // Тези доп.ІV респ. конф. мол. вчених і спец. "Молодь і розвиток поліграфії": Львів, 1991. С.48.

2. Дурняк Б.В., Стрепко І.Т. Моделі намотувального пристрою з приводом за вісь рулону // Поліграфія і видавнича справа. 1994. №29. С.81–87. 3. Казакевич В.В., Избицкий З.Н. Системы автоматического управления полиграфическими процессами. М., 1978. 4. Стрепко І.Т., Тимченко О.В., Дурняк Б.В. Проектування систем керування на однокристальних мікро-ЕОМ. К., 1998.

Стаття надійшла до редколегії 24.01.98