

АВТОМАТИЗАЦІЯ І КОМПЛЕКСНА МЕХАНІЗАЦІЯ ПОЛІГРАФІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 62.83

Р.І.Петрів

МОДЕЛЬ РУХУ ДІЛЯНКИ ОБКЛАДИНКОВОГО МАТЕРІАЛУ В РУЛОННІЙ РОТАЦІЙНІЙ ПАЛІТУРКОРОБНІЙ МАШИНІ

Виготовлення твердих палітурок на рулонних ротаційних палітуркоробних машинах, що працюють із застосуванням попередньо задрукованого обкладинкового матеріалу, є найбільш прогресивною технологією на даному етапі розвитку брошурувально-палітурного виробництва, що дозволяє підвищити продуктивність машин, поліпшити їх динамічні властивості. Проте через динаміку стрічкового обкладинкового матеріалу та приводу машини в процесі роботи рисунок обкладинки зміщується відносно робочих механізмів секцій палітуркоробної машини. Внаслідок цього технологічні операції не збігаються, що в кінцевому результаті приводить до суцільного браку готової продукції. Тому розробка системи автоматичного керування рулонною ротаційною палітуркоробною машиною вимагає комплексного підходу, який передбачає всебічний аналіз поведінки обкладинкового матеріалу під час роботи машини.

Розглянемо просту модель робочої секції рулонної ротаційної палітуркової машини типу "рулон - ділянка обкладинкового матеріалу - барабан поперечного рублення" (рис. 1). Задрукований обкладинковий матеріал розмотується з рулону ведучими валиками транспортера обкладинки, які приводяться в рух через редуктор Р електродвигуном М. Барабан поперечного рублення має окремий привод, що забезпечує йому сталу лінійну швидкість V_0 .

Для вибраної моделі приймаємо ряд допущень:

ділянку обкладинкового матеріалу між точкою А розмотування і точкою В контакту ведучих валиків з обкладинковим матеріалом вважаємо абсолютно пружною системою. Передбачаємо, що пружна деформація та її зміна в процесі розмотування встановлюється миттєво по всій довжині ділянки обкладинкового матеріалу;

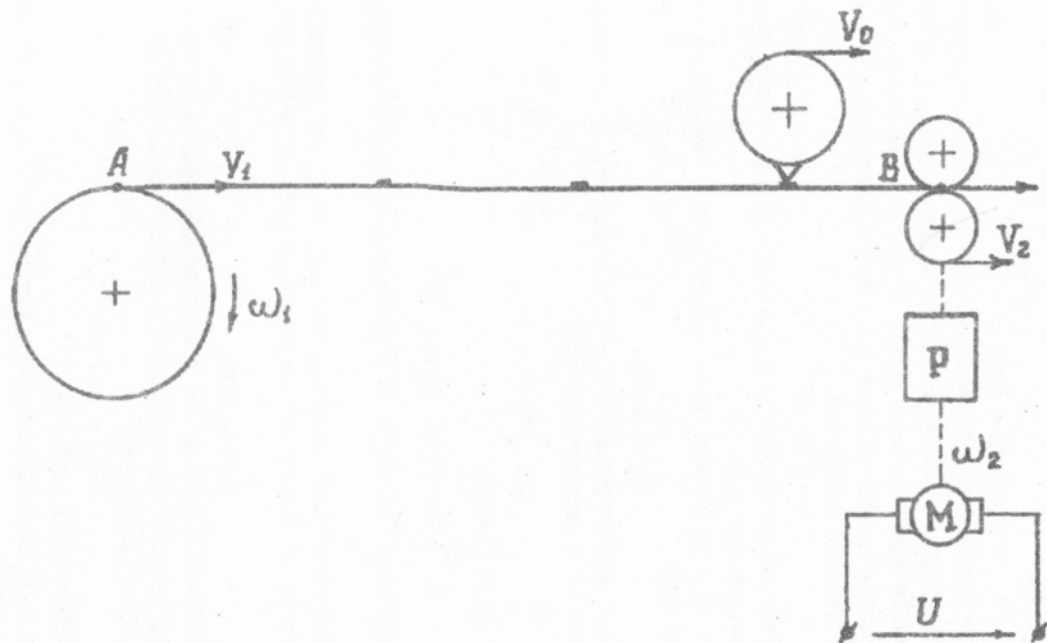


Рис. 1. Функціональна схема моделі руху ділянки обкладинкового матеріалу.

деформація пружної системи відбувається як квазістатичний процес, тобто всі ділянки обкладинкового матеріалу починають деформуватись одночасно і деформації неперервно зростають до свого максимального значення;

масу та радіус рулону вважаємо незмінними.

За законом Гука сила натягу стрічки прямо пропорційна її видовженню [5]

$$F = (l_2 - l_1) c_1, \quad (1)$$

де l_1 - лінійне переміщення стрічки в точці А; l_2 - лінійне переміщення точки ведучого валика транспортера обкладинки; c_1 - жорсткість обкладинкового матеріалу. Проковзуванням в зоні контакту обкладинкового матеріалу і ведучих валиків нехтуємо.

Лінійне переміщення стрічки

$$l_1 = \int V_1 dt, \quad (2)$$

де V_1 - лінійна швидкість обкладинкового матеріалу в точці розмотування рулону радіусом R_1 .

Виразимо лінійну швидкість V_1 через кутову швидкість ω_1 обертання рулону

$$V_1 = \omega_1 R_1.$$

Використовуючи зворотнє перетворення Лапласа [3,4], запишемо рівняння (2) в операторній формі

$$l_1 = \frac{1}{s} \omega_1 R_1. \quad (3)$$

Рівняння руху рулону

$$I_1 \frac{d\omega_1}{dt} = M_{P1} - M_{H1} - M_{\Gamma}, \quad (4)$$

де I_1 - момент інерції рулону; M_{Γ} - гальмівний момент на валу рулону.

Рушійний момент M_{P1} , прикладений до рулону, створюється за рахунок сили F натягу обкладинкового матеріалу і визначається

$$M_{P1} = F R_1. \quad (5)$$

Момент навантаження M_{H1} , створюваний силами опору в опорах вала рулону, вважаємо у першому наближенні пропорційним кутовій швидкості рулону

$$M_{H1} = \alpha_1 \omega_1, \quad (6)$$

де α_1 - коефіцієнт пропорційності.

Зробивши необхідні перетворення, запишемо рівняння (4) в операторній формі

$$\omega_1 = \frac{1}{I_1 s + \alpha_1} (M_{P1} - M_{\Gamma}). \quad (7)$$

Рівняння руху двигуна [4]

$$I_2 \frac{d\omega_2}{dt} = MP_2 - MH_2, \quad (8)$$

де $I_2 \omega_2$ - відповідно приведений момент інерції та кутова швидкість ведучих валіків транспортера обкладинки.

Момент навантаження M_{H2} на ведучих валіках транспортера обкладинки, зумовлений натягом обкладинкового матеріалу,

$$M_{H2} = FR_2/i, \quad (9)$$

де R_2 - радіус ведучого валіка; i - передаточне число редуктора.

Момент, який розвиває двигун, приймаємо пропорційним струмові I якоря

$$MP_2 = c_2 I, \quad (10)$$

де c_2 - стала двигуна.

З рівняння якорного кола електродвигуна з урахуванням сталої часу T_j кола якоря визначимо струм I якоря в операторній формі запису

$$I = \frac{1}{R_j(T_j s + 1)} (V - E), \quad (11)$$

де R_j - опір кола якоря двигуна; V - напруга підведена до якоря двигуна, $E = c_2 \omega_2$ - електрорушійна сила якоря двигуна.

Використавши зворотне перетворення Лапласа, запишемо залежність кутової швидкості ω_2 двигуна від моментів

$$\omega_2 = \frac{1}{I_2 s} (MP_2 - MH_2). \quad (12)$$

Лінійне переміщення l_2 точки ведучого валіка прямо пропорційне його кутовій швидкості. Аналогічно (3) запишемо

$$l_2 = \frac{1}{s} \omega_2 R_2/l. \quad (13)$$

Внаслідок дії сили натягу та пружних властивостей обкладинкового матеріалу спостерігається його видовження

$$\Delta l_2 = l_2 - l_1. \quad (14)$$

Тому лінійне переміщення видовженого обкладинкового матеріалу в робочій секції машини за умови, що відстань від неї до ведучих валіків значно менша відстані до рулону, визначається

$$l_3 = l_2 + \Delta l_2. \quad (15)$$

Зазначимо, що для контролю розміщення рисунка на обкладинковому матеріалі задруковуються контрольні мітки, відстань між якими для типового формату є заданою. Проходження мітки через робочу позицію секції машини здійснюється циклічно, тому для його опису використаємо математичний апарат дискретних функцій [1, 2]. При умові, що ширина мітки дорівнює нулю, матимемо

$$l_3^*(t) = \sum_{n=0}^{\infty} l_3(nT) \delta(t - nT), \quad (16)$$

де $l_3^*(t)$ - імпульсна послідовність відстаней до контрольної мітки; $l_3(nT)$ - відстань до контрольної мітки в момент nT , коли мітка проходить через робочу позицію секції машини; $n = 0, 1, 2, \dots$ - послідовність чисел, яка визначає номер циклу; T - тривалість циклу; $\delta(t - nT)$ - зміщена на час nT дельта-функція.

За допомогою зворотного перетворення Лапласа виразимо імпульсну послідовність $l_3^*(t)$ через зображення переміщення обкладинкового матеріалу

$$l_3^*(t) = L^{-1} [l_3(s)] \delta(t - nT), \quad (17)$$

Поперечне рублення обкладинкового матеріалу на рулонній ротаційній палітуркоробній машині є циклічним процесом. Запишемо рівняння, що описує лінійне переміщення ножа барабана поперечного рублення у вигляді імпульсної послідовності

$$l_0^*(t) = \sum_{n=0}^{\infty} l_0(nT) \delta(t - nT), \quad (18)$$

де $l_0^*(t)$ - імпульсна послідовність переміщення ножа за час t роботи; $l_0(nT)$ - переміщення ножа за період T між моментами рублення.

Залежність лінійного переміщення ножа барабана поперечного рублення від зображення лінійної швидкості

$$l_0(s) = \frac{1}{s} V_0(s). \quad (19)$$

Використовуючи зворотне перетворення Лапласа, виразимо імпульсну послідовність $l_0^*(t)$ через зображення лінійної швидкості V_0 ножа

$$l_0^*(t) = L^{-1} \left[\frac{1}{s} V_0(s) \right] \delta(t - nT). \quad (20)$$

Приймаючи, що при нульових початкових умовах імпульсні послідовності $l_0^*(t)$ і $l_3^*(t)$ синхронні та синфазні, визначимо імпульсну послідовність зміщення контрольної мітки зідпосно ножа барабана поперечної рубки за час $t = nT$.

$$l^*(t) = l_0^*(t) - l_3^*(t). \quad (21)$$

На основі проведеного аналізу та рівнянь (1-21) створено структурну схему моделі руху ділянки обкладинкового матеріалу з урахуванням динаміки та пружних властивостей матеріалу (рис. 2).

За структурною схемою знайдемо залежність зображення переміщення $l_3(s)$ обкладинкового матеріалу від гальмівного мо-

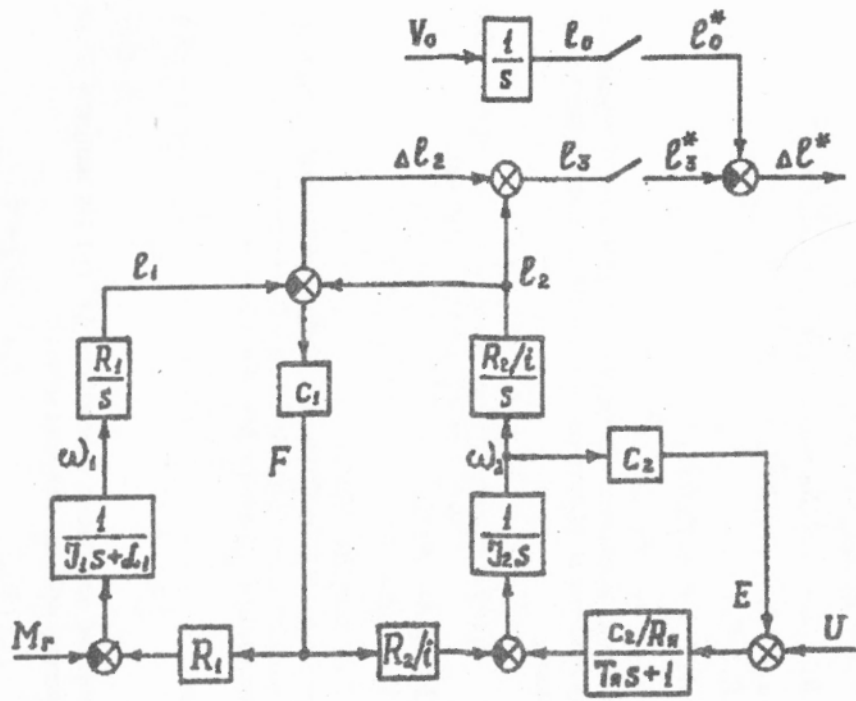


Рис. 2. Структурна схема моделі руху ділянки обкладникового матеріалу.

менту M_T рулону. Після проведених перетворень та спрощень отримаємо

$$I_3(s) = \frac{b_2 s^2 + b_1 s + b}{a_4 s^4 + a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0} M_T(s), \quad (22)$$

де $a_4 = I_1 I_2 T_{\text{я}}$;

$$a_3 = I_1 I_2 + \alpha_1 T_{\text{я}};$$

$$a_2 = \alpha_1 I_2 + R_1 c_1 I_2 T_{\text{я}} + c_1 I_2 T_{\text{я}} R_1^2 / i;$$

$$a_1 = R_1^2 c_1 I_2 + I_1 c_1^2 / R_{\text{я}} + \alpha_1 c_1 T_{\text{я}} R_1^2 / i + c_1 I_1 R_1^2 / i^2;$$

$$a_0 = \alpha_1 c_1^2 / R_{\text{я}} + \alpha_1 c_1 R_1^2 / i^2 + c_1 R_1^2 c_2^2 / R_{\text{я}};$$

$$b_2 = R_1 I_2 T_{\text{я}};$$

$$b_1 = R_1 I_2 + R_1 c_1 T_{\text{я}} R_1^2 / i^2;$$

$$b_0 = R_1 c_2^2 / R_{\text{я}} + R_1 c_1 R_1^2 / i^2.$$

Аналогічно знайдемо залежність зображення переміщення $I_3(s)$ від напруги U , підведеної до електродвигуна привода ведучих валиків,

$$I_3(s) = \frac{d_2 s^2 + d_1 s + d}{s(a_4 s^4 + a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0)} U(s), \quad (23)$$

де $d_2 = 2 I_1 c_2 / R_{\text{я}} \cdot R_2 / i$;

$$d_1 = 2 \alpha_1 c_2 / R_{\text{я}} \cdot R_2 / i$$

$$d_0 = 2 R_1^2 c_1 c_2 / R_{\text{я}} \cdot R_2 / i.$$

Підставивши (19) та (22) в (21) отримаємо залежність зміщення контрольної мітки задрукованого обкладинкового матеріалу від гальмівного моменту M_T на валу рулону

$$\Delta l^-(t) = L^{-1} \left[\frac{b_2 s^2 + b_1 s + b}{a_4 s^4 + a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0} M_T(s) \right] \delta(t - nT) \quad (24)$$

Аналогічно запишемо залежність $\Delta l^+(t)$ від напруги U на якорі двигуна привода ведучих валиків

$$\Delta l^+(t) = L^{-1} \left[\frac{1}{s} V_0(s) - \frac{b_2 s^2 + b_1 s + b}{a_4 s^4 + a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0} U(s) \right] \times \\ \times \delta(t - nT). \quad (25)$$

Проведений аналіз дозволяє стверджувати, що зміщення $\Delta l^+(t)$ контрольної мітки під час роботи при наявності різниці швидкостей обкладинкового матеріалу та робочих механізмів машини поступово наростатиме, що приведе до суцільного браку готової продукції. Однак відсутність у залежності (24) інтеграль-

ної складової передбачає можливість регулювання суміщення технологічних операцій за допомогою зміни гальмівного моменту M_f на валу рулону.

Отримані залежності та структурна схема є основою для побудови цифроаналогової моделі суміщення технологічних операцій, дозволить проводити подальший аналіз із застосуванням ЕОМ. Його результати можуть лягти в основу розробки системи автоматичної приводки рулонної ротаційної палітуркоробної машини.

1. Иванов В.А., Ющенко А.С. Теория дискретных систем автоматического управления. М., 1983. - 312 с. 2. Избицкий Э.И. Импульсное регулирование движения ленточного материала. М., 1970. - 112 с. 3. Луцків М.М. Автоматика, телемеханіка і системи керування в поліграфічній промисловості. Тексти лекцій. Львів, 1971. - 128 с. 4. Луцків М.М. Системи автоматичного керування ротаційними машинами з пружними зв'язками. Навч. посібник. К., 1991. - 71 с. 5. Самсонов Ю.М., Гарцман И.Б. Динамика полотна в крышкоделательной машине. // Тр. ВНИИ полиграфии. М., 1986. - С. 27-31

Стаття надійшла до редакції 15.01.95.