

І.Кам'янчин¹, О.Тимченко^{1,2}, А.Вовк¹, О.Шевчук¹

¹ Українська академія друкарства

² Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

АНАЛІЗ І ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ СУМІЩЕННЯ ФАРБ

В статті проведено аналіз процесу зміщення фарб як об'єкту регулювання, на основі моделі зміщення фарб побудовано відповідну систему автоматичного регулювання, проведено її дослідження та моделювання.

In the article the analysis of process of displacement of paints is conducted as to the adjusting object, on the basis of model displacement of paints is built the proper system of automatic control, its research and design is conducted.

Вступ

Стрічкопровідні циліндри і робочі органи друкарських машин (форми і друкарські циліндри, ротаційні ножі, перфоратори) можуть мати неузгоджений рух внаслідок люфтів, пружних коливань, зношування кінематичних пар і т.п. Ця призводить до зміщення технологічних операцій у випадку незалежного приводу окремих механізмів. В результаті порушується відповідність між положенням рухомої стрічки з віддрукованим на ній зображенням відносно робочих механізмів машини в кожний певний момент часу [1].

Процес зміщення фарб

Розглянемо процес зміщення фарб як об'єкт регулювання [1-3]. При такому підході достатньо встановити залежність зміщення фарб від регулюючої дії і основного збурення, а всі інші дії розглядати як збурення на об'єкт. Такий підхід дозволяє відобразити основні динамічні властивості процесу зміщення фарб і буде достатній для аналізу та розробки систем автоматичного регулювання суміщення фарб.

Розглянемо стрічкопровідну систему рулонної друкарської машини, схема якої наведена на рис.1. Стрічка переміщується і поступово задруковується в друкарських секціях. Приймаємо, що на кожній секції на стрічці додатково задруковуються контрольні мітки, за якими контролюється зміщення фарб, нанесених на відбитках [4].

При математичному описі приймаємо ряд допущень і положень. Вважаємо, що основним збуренням в стрічкопровідній системі машини є деформація стрічки на ділянці, яка найбільше впливає на зміщення фарб.

Вважаємо, що в усталеному режимі при сталій швидкості і постійному натягу на стрічці додатково задруковуються мітки з послідовними номерами 1, 2, 3 відповідно до номерів друкарських секцій з інтервалом (довжиною

відбитка). При цьому контрольні мітки, нанесені на різних друкарських секціях, будуть співпадати.

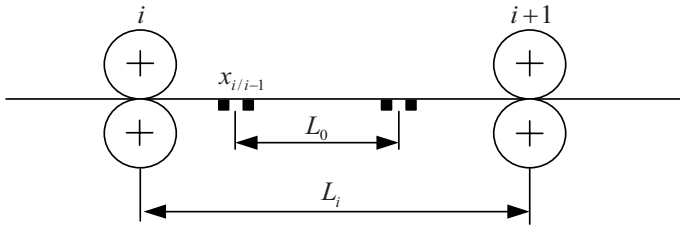


Рис.1. Схема стрічковидної системи друкарської машини

Припустимо, що в певний момент часу, який прийнятий за $t=0$, відбулася додаткова пружна деформація стрічки перед $(i-1)$ -им друкарським апаратом, що призведе до зміщення міток відносно видовження їх попереднього положення. Тоді зміна відносного видовження стрічки на i -й ділянці [2, 4]:

$$\Delta \varepsilon_i(t) = \frac{dx_i}{L_0} = \frac{dx_i}{V dt} \quad (1)$$

де $dx_i(t)$ – елементарне зміщення стрічки.

Розділивши змінні і проінтегрувавши (1), одержимо залежність зміщення мітки від зміни деформації стрічки на ділянці:

$$x_i(t) = V \int \Delta \varepsilon_i(t) dt \quad (2)$$

Розглянемо зміщення контрольних міток, які задруковані на стрічці на i -му та $(i-1)$ -му друкарських апаратах при зміні видовження стрічки на вході $(i-1)$ -го друкарського апарата. Спочатку виразимо відносну зміну видовження через видовження стрічки:

$$\Delta \varepsilon_i(t) = \frac{l_i(t) - l_{i-1}(t - T_i)}{L_i} \quad (3)$$

де $l_{i-1}(t), l_{i(t)}$ – видовження стрічки на виході і вході ділянки; L_i – віддаль (довжина стрічки) між друкарськими апаратами.

Зазначимо, що в (3) значення видовження стрічки береться в моменти задруковування стрічки, тобто раніше від проходження стрічки (мітки) між друкарськими апаратами.

Після підстановки (3) в (2) одержимо залежність зміщення контрольних міток, задрукованих на суміжних друкарських апаратах:

$$x_{i,i-1}(t) = \frac{1}{T_i} \int [l_i(t) - l_{i-1}(t - T_i)] dt \quad (4)$$

Перейшовши до операторної форми запису, отримаємо:

$$x_{i,i-1}(s) = \frac{1}{T_i s} [l_i(s) - l_{i-1}(s) e^{-T_i s}] \quad (5)$$

де множник $e^{-T_i s}$ означає операцію зміщення видовження l_{i-1} на час T_i проходження мітки між друкарськими секціями.

Залежність (5) є основою для аналізу зміщення фарб в друкарських машинах.

Розглянемо випадок, коли на вході ділянки стрічки відбулося видовження стрічки $l_{i-1}(t)$. Це видовження стрічки на вході ділянки викличе зміну видовження на вході ділянки $l_i(t)$, яке описується відомою залежністю [3]:

$$l_i(s) = \frac{1}{T_i s + 1} l_{i-1}(s). \quad (6)$$

Після підстановки в (5) одержимо залежність зміщення міток від зміни видовження стрічки на вході ділянки:

$$x_{i,i-1}(s) = \left[\frac{1}{T_i s + 1} e^{-T_i s} \right] \frac{1}{T_i s} l_{i-1}(s). \quad (7)$$

На основі (6) та (7) побудована структурна схема моделі зміщення фарб при дії основного збурення – видовження стрічки на вході ділянки (рис.2). Видно, що процес зміщення фарб відносно деформації стрічки є своєрідним астатичним об'єктом.

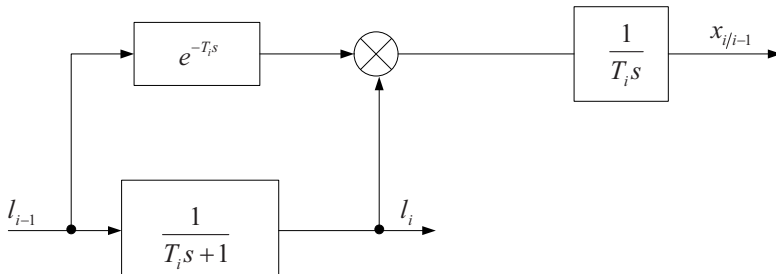


Рис.2. Структурна схема моделі зміщення фарб

На рис.3 наведена перехідна характеристик процесу зміщення фарб при одиничному ступеневому видовженні стрічки на вході ділянки.

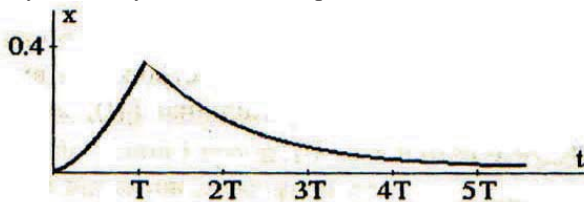


Рис.3. Перехідна характеристика процесу зміщення фарб

Дослідження системи автоматичного регулювання

Системи автоматичного регулювання фарб на багатофарбових рулонних друкарських машинах є дискретними системами. Дискретність систем обумовлена способом вимірювання зміщення фарб за допомогою рівновіддалених міток, які друкуються на рухомій стрічці. Тому надалі будемо користуватися імпульсним елементом, який перетворює неперервну зміну зміщення фарб у дискретну послідовність імпульсних сигналів. Таке перетворення здійснюється за допомогою імпульсних давачів (фотоперетворювачів) та перетворювача-підсилювача.

У функціональній схемі (рис. 4) давачі Д1 і Д2 разом з перетворювачем-підсилювачем П здійснюють спочатку часово-імпульсну модуляцію, а потім за допомогою часово-імпульсного перетворювача здійснюється їх перетворення в сигнали відповідної амплітуди. На виході підсилювача-перетворювача цей сигнал запам'ятовується на час циклу. Амплітуда сигналу пропорційна зміщенню фарб. В одних системах автоматичного регулювання послідовність імпульсів з імпульсного елемента підсилюється й подається на виконавчий механізм системи, а в інших системах імпульси спочатку перетворюються, формуються, а потім подаються на виконавчий механізм.

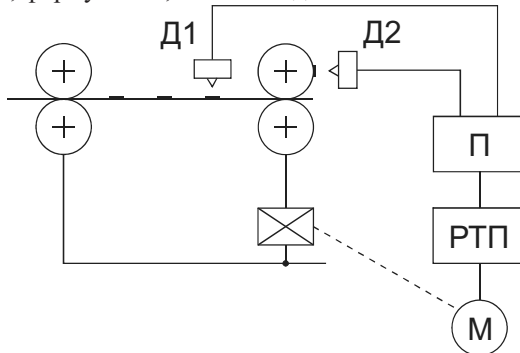


Рис. 4. Функціональна схема САК суміщення фарб

На рис. 5 приведена принципова типова функціональна схема системи автоматичного регулювання суміщення фарб. Основними функціональними елементами системи є імпульсний елемент ІЕ, виконавчий механізм ВМ і об'єкт регулювання ОР. Імпульсний елемент на структурній схемі представлений у вигляді ідеального імпульсного ключа й фіксатора нульового порядку $H_0(s)$. Даччі зміщення фарб і перетворювач-підсилювач представлені безінерційною ланкою з коефіцієнтом передачі k_n .

За структурною схемою рис. 5 запишемо передавальну функцію неперервної частини системи:

$$W_n(s) = k_n W_m(s) W_o(s), \quad (8)$$

де $W_m(s)$, $W_o(s)$ – передаточні функції виконавчого механізму й об'єкта регулювання.

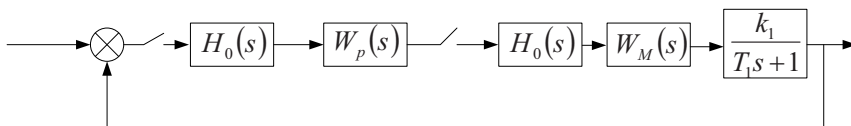


Рис.5. Структурна схема системи

Передаточна функція приведеної неперервної частини системи, яка враховує фіксатор нульового порядку і неперервну частину системи:

$$W_{II}(s) = H_0(s)W_n(s), \quad (9)$$

де $H_0(s)$ – передаточна функція фіксатора нульового порядку.

Після підстановки передаточної функції фіксатора одержимо:

$$W_{II}(s) = (1 - e^{-Ts}) \frac{W_n(s)}{s}, \quad (10)$$

де T – період дискретності системи (час циклу вимірювання зміщення фарб).

Використовуючи z -перетворення, запишемо дискретну передавальну функцію приведеної неперервної частини системи [3]:

$$W_{II}(z) = \frac{z-1}{z} \left\{ \frac{W_n(s)}{s} \right\} = (1 - z^{-1})z \left\{ \frac{W_n(s)}{s} \right\}. \quad (11)$$

Можливі різні варіанти побудови виконавчого механізму і регулюючого органа системи.

Розглянемо найпростіший варіант виконання виконавчого механізму у вигляді безінерційного механізму. Тоді передавальна функція неперервної частини системи з врахуванням (11):

$$W_n(s) = \frac{k_n k_m}{T_1 s + 1}. \quad (12)$$

де k_m – коефіцієнт передачі виконавчого механізму.

За (12) запишемо передавальну функцію приведеної неперервної частини системи:

$$W_{II}(s) = (1 - e^{-Ts}) \frac{k_n k_m}{(T_1 s + 1)s}. \quad (13)$$

Переходячи до z -перетворення, з (13) одержимо дискретну передавальну функцію замкнутої системи:

$$W_{II}(z) = \frac{k_n k_m (1 - e^{-T/T_2})}{z - e^{-T/T_2}} = \frac{bz^{-1}}{1 - dz^{-1}}. \quad (14)$$

де $b = k_n k_m (1 - e^{-T/T_1})$, $d = e^{-T/T_1}$.

Дискретна передавальна функція замкнутої системи:

$$\Phi(z) = \frac{W_{II}(z)}{1 + W_{II}(z)} = \frac{bz^{-1}}{1 - dz^{-1}}, \quad (15)$$

де $a = b - d$.

Найчастіше виконавчий механізм виконують у вигляді мікродвигуна з редуктором. Такий виконавчий механізм у першому наближенні можна представити у вигляді інтегруючої ланки з передаточною функцією:

$$W(s) = \frac{k_M}{s}, \quad (16)$$

де k_M – швидкісний коефіцієнт передачі виконавчого механізму.

Тоді передавальна функція приведеної неперервної частини системи:

$$W_{II}(s) = (1 - e^{-Ts}) \frac{k_{II} k_M}{(T_1 s + 1) s^2}. \quad (17)$$

Після перетворень матимемо

$$\Phi(z) = \frac{b_1 z + b_0}{(z-1)(z-d)}. \quad (18)$$

де $b_1 = T - T_1 + dT_1$, $b_0 = (1-d)T_1 - dT$, або:

$$\Phi(z) = \frac{b_1 z + b_0}{z^2 + a_1 z + a_0}. \quad (19)$$

де $a_1 = b_1 - d - 1$, $a_0 = d + b_0$.

Побудуємо перехідні характеристики САР зміщення фарб за схемою рис.6.

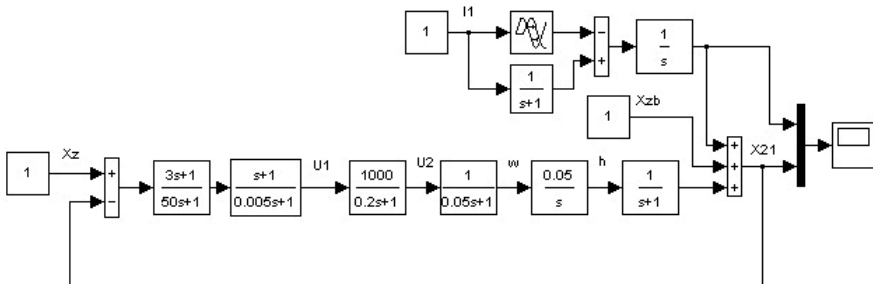


Рис.6. САР зміщення фарб

Отримуємо час регулювання – 2 с (перехідні характеристики зображені на рис.7).

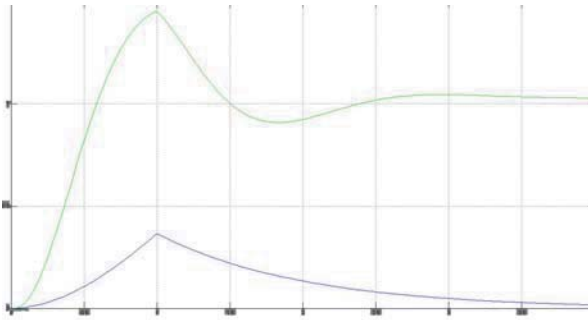


Рис.7. Перехідна характеристика САР суміщення фарб

Висновки

Маючи дискретну передавальну функцію замкнутої системи можна визначити стійкість системи та критичний коефіцієнт передачі виконавчого механізму, при якому система буде на грані стійкості. Аналогічно можна провести дослідження більш складних систем суміщення фарб.

1. *Казакевич В.В.* Системы автоматического управления полиграфическими процессами / В.В.Казакевич, Э.И. Избицкий. – М.: Книга, 1978. – 342 с.
2. *Луцків М.М.* Системи автоматичного керування ротаційними машинами / М.М. Луцків. – Львів: Фенікс, 2000. – 152 с.
3. *Митрофанов В.П.* Печатное оборудование. / В.П. Митрофанов, А.А. Тюрин, Е.Г. Бирбраер, В.И. Шголяков. – М.: Из-во МГУП, 1999. – 394 с.
4. *Кобильнік К.О.* Розробка і дослідження інформаційних моделей процесу суміщення фарб / К.О. Кобильнік // Зб. наук. пр. ШМЕ НАН України. – Вип.53. – К.: 2009. – С.207-216.
5. *Дурняк Б.В.* Математичне моделювання і реалізація систем керування стрічкопровідними системами / Б.В.Дурняк, О.В. Тимченко. – К.: Вид. центр „ПРОСВІТА”, 2003. – 232 с.

Поступила 21.02.2013р.