

СИНТЕЗ БАГАТОМІРНОЇ АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ СУМІЩЕННЯ ФАРБ

Процес зміщення фарб у багатофарбових рулонних друкарських машинах, з точки зору регулювання, є складним взаємозв'язаним об'єктом регулювання, число входів і виходів якого залежить від кількості фарб, що накладаються на друкарських секціях. Використання існуючих локальних регуляторів суміщення фарб не може забезпечити високу якість регулювання, бо при синтезі не враховується взаємний вплив цих регуляторів на зміщення фарб.

Для синтезу ефективних систем автоматичного керування суміщенням фарб потрібно розглядати процес зміщення фарб як взаємозв'язаний багатомірний об'єкт і синтезувати векторне керування.

Розглянемо ділянку рухомої стрічки з реєстровим валиком рулонної багатофарбової друкарської машини. Залежність деформації стрічки на виході i -ї ділянки від деформації на вході цієї ділянки з врахуванням регулюючої дії реєстрового валика запишемо в операторній формі [1]:

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

де l_i , l_{i-1} — абсолютна деформація стрічки на вході і виході ділянки; P_i — переміщення стрічки, викликане перестановкою реєстрового валика (регулююча дія); T_i — час проходження стрічки від даної до наступної секції.

Зміщення фарби X_i на даній секції відносно фарби, нанесеної на попередню секцію, визначається як інтервал від різниці деформації на вході і виході ділянки з врахуванням запізнення та регулюючої дії в зображеннях [1]

$$X_i(s) = \frac{1}{T_i s + 1} P_i(s) + \frac{1}{T_i s} \left[\frac{1}{T_i s + 1} - e^{-T_i s} \right] l_{i-1}(s). \quad (2)$$

Розглянемо зміщення фарб для чотирифарбової рулонної друкарської машини при наявності регулюючої дії. За (1) і (2) запишемо залежність зміщення фарб від регулюючої дії з врахуванням її впливу на наступні секції.

$$X_1(s) = \frac{1}{T_1 s + 1} P_1(s); \quad (3)$$

$$X_2(s) = \frac{T_1}{T_2(T_1 s + 1)} H_2(s) P_1(s) + \frac{1}{T_2 s + 1} P_2(s); \quad (4)$$

$$X_3(s) = \frac{T_1 H_3(s)}{T_3(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} P_1(s) + \frac{T_2 H_3(s)}{T_3(T_2 s + 1)} P_2(s) + \frac{1}{T_3 s + 1} P_3(s), \quad (5)$$

де

$$H_2(s) = \frac{1}{T_2 s + 1} - e^{-T_2 s}; \quad H_3(s) = \frac{1}{T_3 s + 1} - e^{-T_3 s}. \quad (6)$$

Застосувавши в (3) — (6) матричну форму запису [3], одержимо матричне рівняння процесу зміщення фарб в чотирифарбовій рулонній друкарській машині відносно регулюючої дії.

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{11}(s) & 0 & 0 \\ W_{22}(s) H_{21}(s) & W_{22}(s) & 0 \\ W_{33}(s) H_{31}(s) & W_{33}(s) H_{32}(s) & W_{33}(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Якщо прийняти однаковими довжини стрічок на всіх ділянках, то $T_1 = T_2 = T_3 = T$ і відповідні передатні функції

$$W_{11}(s) = W_{22}(s) = W_{33}(s) = \frac{1}{T s + 1}; \quad (8)$$

$$H_{21}(s) = H_{32}(s) = \frac{1}{T s + 1} - e^{-T s}; \quad (9)$$

$$H_{31}(s) = \frac{1}{T s + 1} \left[\frac{1}{T s + 1} - e^{-T s} \right]. \quad (10)$$

Таким чином, процес зміщення фарб у багатofарбовій рулонній друкарській машині є взаємозв'язаним об'єктом регулювання з перекресними зв'язками. Число входів і виходів об'єкта залежить від кількості фарб. Передатні функції $W_{11}(s)$, $W_{22}(s)$, $W_{33}(s)$ — це власні передатні функції, які описують залежність зміщення фарб від регулюючої дії на даній секції. $H_{21}(s)$, $H_{31}(s)$, $H_{32}(s)$ — це взаємні передатні функції, які описують вплив регулюючої дії реєстрового валика на зміщення фарб на наступних секціях.

Припустімо, що виконавчий механізм, який переміщає реєстровий валик, складається з реверсивного тиристорного перетворювача, мікродвигуна і редуктора. Знехтуємо сталими часу тиристорного перетворювача та виконавчого двигуна, які значно менші сталої часу

об'єкта. При таких припущеннях рівняння виконавчого механізму набуває вигляду

$$P_i(s) = \frac{K_i}{s} U_i(s), \quad i = 1, 2, 3, \quad (11)$$

де K_i — коефіцієнт передачі виконавчих механізмів; U_i — сигнали керування на входах тиристорних перетворювачів виконавчих механізмів.

Для забезпечення автономності багатомірної взаємозв'язаної системи автоматичного регулювання введемо в систему додаткові компенсуючі зв'язки (регулятори) між каналами керування і здійснюємо керування у вигляді

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(s) & 0 & 0 \\ G_{21}(s) & G_{22}(s) & 0 \\ G_{31}(s) & G_{32}(s) & G_{33}(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \end{bmatrix}, \quad (12)$$

де $G_{ii}(s)$ — передатні функції власних регуляторів прямих каналів керування; $G_{ij}(s)$ — передатні функції взаємних регуляторів перехресних каналів керування; ε_i — сигнали зміщення фарби (похибки).

Після множення в (12) керування можна подати в такому вигляді:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_{21} + U_{22} \\ U_{31} + U_{32} + U_{33} \end{bmatrix}, \quad (13)$$

де $U_{ij} = G_{ij}(s) \varepsilon_i$.

Тут U_{ii} — власне керування, яке формує власний регулятор; U_{ij} — взаємне керування, яке формує взаємний регулятор.

На основі рівнянь (3) — (13) побудована структурна схема взаємозв'язаної системи автоматичного суміщення фарб у чотирифарбовій рулонній друкарській машині (див. рисунок).

Для досягнення автономності за задаючою дією у взаємозв'язаній системі автоматичного регулювання складемо баланс сигналів на входах власних каналів об'єкта регулювання [2]. Баланс сигналів на вході другого каналу об'єкта (точка a) описується таким рівнянням:

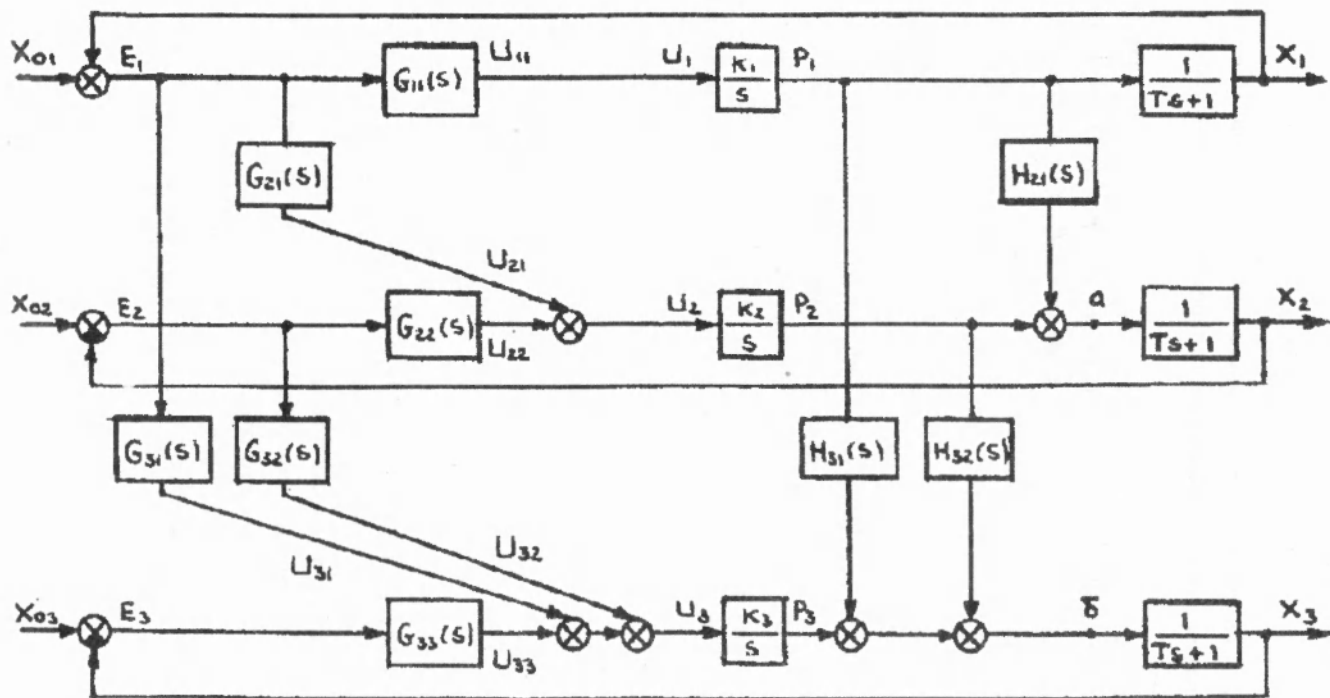


Рис. 1. Структурна схема взаємозв'язаної системи автоматичного суміщення фарб.

$$\frac{\frac{K_2}{s} G_{21}(s)}{1 + G_{11}(s) \frac{K_1}{(Ts+1)s}} + \frac{\frac{K_1}{s} G_{11}(s) H_{21}(s)}{1 + G_{11}(s) \frac{K_1}{(Ts+1)s}} = 0. \quad (14)$$

Звідси визначимо передатну функцію взаємного регулятора:

$$G_{21}(s) = -\frac{K_1}{K_2} G_{11}(s) H_{21}(s). \quad (15)$$

Рівняння балансу сигналів в точці б з врахуванням взаємної дії другого каналу на третій має такий вигляд:

$$\frac{\frac{K_2}{s} G_{32}(s)}{1 + G_{22}(s) \frac{K_2}{(Ts+1)s}} + \frac{\frac{K_1}{s} G_{22}(s) H_{32}(s)}{1 + G_{22}(s) \frac{K_2}{(Ts+1)s}} = 0. \quad (16)$$

Звідси визначимо передатну функцію взаємного регулятора:

$$G_{32}(s) = -\frac{K_2}{K_3} G_{22}(s) H_{32}(s). \quad (17)$$

Баланс сигналів у точці б з врахуванням взаємної дії першого каналу на третій визначається рівнянням

$$\frac{\frac{K_3}{s} G_{31}(s)}{1 + G_{11}(s) \frac{K_2}{(Ts+1)s}} + \frac{\frac{K_1}{s} G_{11}(s) H_{31}(s)}{1 + G_{11}(s) \frac{K_1}{(Ts+1)s}} + \frac{\frac{K_2}{s} G_{21}(s) H_{32}(s)}{1 + G_{11}(s) \frac{K_1}{(Ts+1)s}} = 0. \quad (18)$$

Звідси визначимо передатну функцію взаємного регулятора:

$$G_{31}(s) = \frac{K_1}{K_3} G_{11}(s) H_{31}(s) - \frac{K_2}{K_3} G_{21}(s) H_{32}(s). \quad (19)$$

Синтез власних регуляторів $G_{ii}(s)$ проводять, виходячи із заданих динамічних властивостей прямих каналів систем суміщення фарби, і роблять їх однаковими.

Передатні функції взаємних регуляторів визначають з врахуванням (9) і (10) і при умові, що передатні функції прямих каналів однакові:

$$G_{21}(s) = -\frac{K_1}{K_2} G_{11}(s) \left[\frac{1}{Ts+1} - e^{-Ts} \right], \quad (20)$$

$$G_{32}(s) = -\frac{K_2}{K_3} G_{22}(s) \left[\frac{1}{Ts+1} - e^{-Ts} \right]; \quad (21)$$

$$G_{31}(s) = -\frac{K_1}{K_3} G_{11}(s) \left(\frac{1}{Ts+1} - 1 \right) \left[\frac{1}{Ts+1} - e^{-Ts} \right]. \quad (22)$$

Таким чином, розв'язана задача синтезу автономної багатомірної системи автоматичного суміщення фарб на рулонній друкарській машині.

Для реалізації взаємних регуляторів потрібно мати ланку із запізненням, що є характерною особливістю синтезу систем суміщення фарб. Виготовлення пристрою ланки із запізненням становить значні труднощі, тому його краще реалізувати програмно.

Для побудови багатомірної системи автоматичного суміщення фарб з автономними каналами керування зручно використовувати ЕОМ.

1. Казакевич В.В., Избицкий Э.И. Системы автоматического управления полиграфическими процессами. М., 1978. 2. Морозовский В.Т. Многосвязные системы автоматического регулирования. М., 1970. 3. Сигорский В.П. Математический аппарат инженеров. К., 1987.

Стаття надійшла до редколегії 24.01.96