

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДРУКАРСТВА:
АЛГОРИТМИ, СИГНАЛИ, СИСТЕМИ**

УДК 681.064.3+621.372.54

М.І.Верхола, М.М.Лушків

**ЧАСТОТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФАРБОВИХ ГРУП
ДРУКАРСЬКИХ МАШИН**

Останнім часом для аналізу процесу передачі та розкочування фарби у фарбових апаратах застосовують дискретне перетворення Лапласа (z -перетворення), яке є зручним для цифрового моделювання на ЕОМ і дозволяє побудувати перехідні процеси при неперервній і дискретній подачі [3].

Відомі методи аналізу фарбових апаратів у часовій області не досить повно описують динаміку при дискретній подачі фарби на її вхід. Зокрема, не розкривають спектральних або частотних властивостей фарбових апаратів.

У більшості друкарських машин високого й офсетного друку застосовують дукторно-ножові фарбоживильні пристрої, які здійснюють дискретну подачу фарби за допомогою передавального валика, що здійснює коливний рух між дукторним і приймальним циліндрами і забезпечує подачу порції фарби у вигляді смужок заданої ширини, котра розкочується у фарбовій групі суцільним рівномірним тонким шаром товщиною 1 – 2 мкм [1].

Характерною особливістю процесу розкочування фарби є те, що у фарбовій групі відбуваються циклічні процеси накладання прямих і зворотних потоків фарби та їх наступне розщеплення в зонах контакту фарбових валиків і циліндрів, а також циклічні переміщення від однієї зони до іншої. Тому виникає завдання аналізу частотних властивостей фарбових апаратів.

Частотні методи аналізу широко використовуються в системах автоматичного керування та цифрової обробки сигналів, що описуються лінійними диференціальними і різницевиими рівняннями [4]. Процес розкочування фарби описують за допомогою функцій із зміщеним аргументом або звичайного чи дискретного перетворення Лапласа. Тому застосування відомих частот-

них методів аналізу [4] для побудови частотних характеристик фарбових апаратів вимагає їх дальшого розвитку.

Побудова частотних характеристик фарбового апарата є складним завданням, тому розглянемо загальні підходи до цього на прикладі послідовно з'єднаних фарбових груп і опишемо його за допомогою графа [3], поданого в операторній формі [2] (рис. 1).

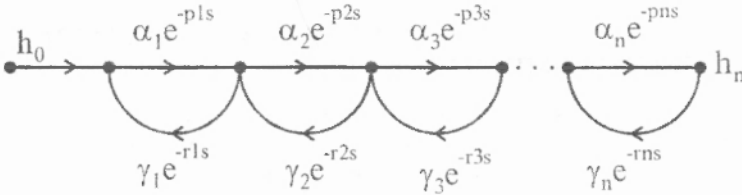


Рис. 1. Граф послідовної фарбової групи

На підставі формули Мейсона за графом визначимо залежність зображень товщин шару фарби на виході фарбової групи від товщини фарби, подаваної на перший валик:

$$h_n(s) = \frac{a_n e^{-g_n s}}{[(1 - k_1 e^{-d_1 s})(1 - k_2 e^{-d_2 s})(1 - k_3 e^{-d_3 s}) \dots (1 - k_n e^{-d_n s})]} \otimes h_0(s), \quad (1)$$

де $d_i = p_i + r_i$ – час переміщення потоку фарби по твірній фарбового валика; p_i, r_i – час прямого та зворотного переміщення потоку фарби на валику; n – кількість валиків у групі; h_0, h_n – товщина шару фарби на вході і виході фарбової групи. (Символ \otimes умовно означає, що у виразі (1) виключаються добутки, серед множників яких є валики хоч би однієї пари суміжних контурів).

Коефіцієнт передачі a_n та час сумарної прямої затримки g_n фарбової групи будуть такі:

$$a_n = \prod_{i=1}^n \alpha_i; \quad g_n = \prod_{i=1}^n p_i; \quad k_i = \alpha_i \gamma_i, \quad (2)$$

де $\alpha_i \gamma_i$ – коефіцієнт передачі (ділення) прямого при виході з контактної зони і зворотного потоку фарби.

З виразу (1), замінивши оператор s на $j\omega$, визначимо частотну характеристику фарбової групи:

$$W(j\omega) = \frac{a_n e^{-j\omega g_n}}{[(1 - k_1 e^{-j\omega d_1})(1 - k_2 e^{-j\omega d_2})(1 - k_3 e^{-j\omega d_3}) \dots (1 - k_n e^{-j\omega d_n})]} \quad (3)$$

Її можна привести до вигляду

$$W(j\omega) = a_n (\cos g_n \omega - j \sin g_n \omega) \{ [1 - k_1 (\cos d_1 \omega - j \sin d_1 \omega)] \times [1 - k_2 (\cos d_2 \omega - j \sin d_2 \omega)] \times [1 - k_3 (\cos d_3 \omega - j \sin d_3 \omega)] \dots [1 - k_n (\cos d_n \omega - j \sin d_n \omega)] \}^{-1} \quad (4)$$

Після перетворень, домноження чисельника і знаменника на вираз, спряжений до знаменника, та спрощень подамо цей вираз у типовій формі:

$$W(j\omega) = P(\omega) + \varphi Q(\omega), \quad (5)$$

де $P(\omega)$, $Q(\omega)$ – відповідно, дійсна та уявна частини частотної характеристики.

Важливою частотною характеристикою є амплітудна характеристика (являє собою її модуль):

$$H(\omega) = \sqrt{P^2(\omega) + Q^2(\omega)}. \quad (6)$$

На підставі виразу (4) у загальному вигляді подамо амплітудну характеристику так:

$$H(\omega) = \frac{a_n}{\sqrt{F(\cos d_1, \omega; \sin d_1, \omega)}}. \quad (7)$$

Звідси випливає, що амплітудна характеристика фарбової групи є періодичною функцією, період якої залежить від кількості фарбових валиків та їх співвідношень.

Аналіз амплітудної характеристики в загальному вигляді є складним, тому подаємо амплітудні характеристики фарбових груп з різним числом фарбових валиків.

На підставі графа, прийнявши $n=2$, визначимо передавальну функцію двовалкової фарбової групи:

$$W_2(s) = \frac{a_2 e^{-g_2 s}}{1 - k_1 e^{-d_1 s} - k_2 e^{-d_2 s}}, \quad (8)$$

де $g_2 = p_1 + p_2$; $a_2 = \alpha_1 \alpha_2$; $k_1 = \alpha_1 \gamma_1$; $k_2 = \alpha_2 \gamma_2$.

Запишемо її у вигляді

$$W_2(j\omega) = \frac{a_2(\cos g_2\omega - j \sin g_2\omega)}{1 - k_1(\cos d_1\omega - j \sin d_1\omega) - k_2(\cos d_2\omega - j \sin d_2\omega)} \quad (9)$$

Після перетворень

$$W_2(j\omega) = \frac{a_2 \cos g_2\omega - ja_2 \sin g_2\omega}{1 - k_1 \cos d_1\omega + k_2 \cos d_2\omega - j(k_1 \sin d_1\omega - k_2 \sin d_2\omega)} \quad (10)$$

Домножимо чисельник і знаменник на вираз, спряжений до знаменника, і після перетворень матимемо

$$W_2(j\omega) = \frac{\cos g_2\omega(1 - k_1 \cos d_1\omega - k_2 \cos d_2\omega) - \sin g_2\omega(k_1 \sin d_1\omega - k_2 \sin d_2\omega)a_2}{(1 - k_1 \cos d_1\omega - k_2 \cos d_2\omega)^2 + (k_1 \sin d_1\omega + k_2 \sin d_2\omega)^2} - j \frac{\sin g_2\omega(1 - k_1 \cos d_1\omega - k_2 \cos d_2\omega) + \cos g_2\omega(k_1 \sin d_1\omega + k_2 \sin d_2\omega)a_2}{(1 - k_1 \cos d_1\omega - k_2 \cos d_2\omega)^2 + (k_1 \sin d_1\omega + k_2 \sin d_2\omega)^2} \quad (11)$$

Амплітудну характеристику визначимо як модуль частотної характеристики:

$$H_2(j\omega) = \left(\frac{\cos g_2\omega(1 - k_1 \cos d_1\omega - k_2 \cos d_2\omega) - \sin g_2\omega(k_1 \sin d_1\omega - k_2 \sin d_2\omega)a_2}{(1 - k_1 \cos d_1\omega - k_2 \cos d_2\omega)^2 + (k_1 \sin d_1\omega + k_2 \sin d_2\omega)^2} \right)^2 \quad (12)$$

Після перетворень

$$H_2(j\omega) = \frac{a_2^2}{\sqrt{(1 - k_1 \cos d_1\omega - k_2 \cos d_2\omega)^2 + (k_1 \sin d_1\omega + k_2 \sin d_2\omega)^2}} \quad (13)$$

Якщо діаметри фарбових валиків рівні ($d_1=d_2=d$), то

$$H_2(j\omega) = \frac{a_2^2}{\sqrt{1 - 2(k_1 + k_2)\cos d\omega + (k_1 + k_2)^2}} \quad (14)$$

Як бачимо, амплітудна характеристика двовалкової фарбової групи з однаковими валиками є періодичною функцією, період якої $\omega_0=2\pi/d$.

На рис.2 наведена амплітудна характеристика фарбової групи при умові, що $\alpha_1=1$, $\gamma_1=\alpha_2=\gamma_2=0,5$ для різних співвідношень діаметрів (1,0; 1,2; 1,4) та (0,5; 0,7; 0,9).

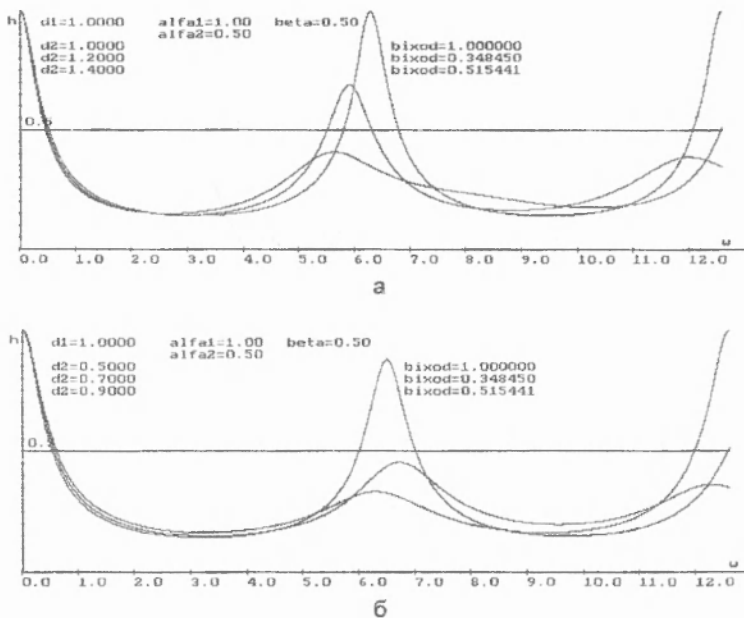


Рис. 2. Амплітудні характеристики двовалкової фарбової групи

Таким чином, двовалкова фарбова група є фільтром низьких частот.

Зазначимо, що періодичність амплітудної характеристики обумовлена циркуляцією потоків фарби на валиках і залежить від величини діаметрів фарбових валиків та їх співвідношень.

Передаточна функція тривалкової фарбової групи

$$W_3(s) = \frac{a_3 e^{-g^3 s}}{1 - k_1 e^{-d_1 s} - k_2 e^{-d_2 s} - k_3 e^{-d_3 s} + k_1 k_3 e^{-(d_1 + d_3)s}}, \quad (15)$$

де $g_3 = p_1 + p_2 + p_3$; $a_3 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3$; $k_1 = \alpha_1 \gamma_1$; $k_2 = \alpha_2 \gamma_2$; $k_3 = \alpha_3 \gamma_3$.

Передаточна функція чотиривалкової фарбової групи

$$W_4(s) = \frac{a_4 e^{-s^4}}{1 - k_1 e^{-d_1 s} - k_2 e^{-d_2 s} - k_3 e^{-d_3 s} + k_1 k_3 e^{-(d_1+d_3)s} + a_4 e^{-s^4 s} + k_1 k_4 e^{-(d_1+d_4)s} + k_2 k_4 e^{-(d_2+d_4)s}} \quad (16)$$

де $g_4 = p_1 + p_2 + p_3 + p_4$; $a_4 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4$; $k_4 = \alpha_4 \gamma_3$.

Аналогічно, як для двовалкової фарбової групи, визначимо амплітудні характеристики три- і чотиривалкових фарбових груп:

$$H_3(j\omega) = a_3 \cdot \left[\begin{aligned} & (1 - k_1 \cos d_1 \omega - k_2 \cos d_2 \omega - k_3 \cos d_3 \omega + \\ & + k_1 k_3 \cos(d_1 + d_3) \omega)^2 + (k_1 \sin d_1 \omega + \\ & + k_2 \sin d_2 \omega + k_3 \sin d_3 \omega - k_1 k_3 \sin(d_1 + d_3) \omega)^2 \end{aligned} \right]^{-1/2} \quad (17)$$

$$H_4(j\omega) = a_4 \cdot \left[\begin{aligned} & (1 - k_1 \cos d_1 \omega - k_2 \cos d_2 \omega - k_3 \cos d_3 \omega - \\ & - k_4 \cos d_4 \omega + k_1 k_3 \cos(d_1 + d_3) \omega + \\ & + k_1 k_4 \cos(d_1 + d_4) \omega + k_2 k_4 \cos(d_2 + d_4) \omega)^2 + \\ & + (k_1 \sin d_1 \omega + k_2 \sin d_2 \omega + k_3 \sin d_3 \omega + \\ & + k_4 \sin d_4 \omega - k_1 k_3 \sin(d_1 + d_3) \omega - \\ & - k_1 k_4 \sin(d_1 + d_4) \omega - k_2 k_4 \sin(d_2 + d_4) \omega)^2 \end{aligned} \right]^{-1/2} \quad (18)$$

На рис.3 зображено нормовані амплітудні характеристики тривалкової фарбової групи при $\alpha_1=1$, $\alpha_i=\gamma_i=0.5$ для $d_1=1$ та різних співвідношень d_2/d_3 , (а – 0,7; 0,8; 0,9; б – для 1,0; 1,5; 2,0).

Як видно з графіків, збільшення співвідношення діаметрів спочатку приводить до посилення фільтрації (рис.3,а). Те саме матимемо, коли $d_2/d_3 > 1$, а діаметри валиків будуть однакові або кратні (рис.3,б), що викличе значне погіршення амплітудно-частотної характеристики.

На рис.4 графічно зображено нормовані амплітудні характеристики чотиривалкової фарбової групи для $d_1=d_4=1$ та різних співвідношень d_2/d_3 , (а – 0,7; 0,8; 0,9; б – 1; 1,2; 1,4).

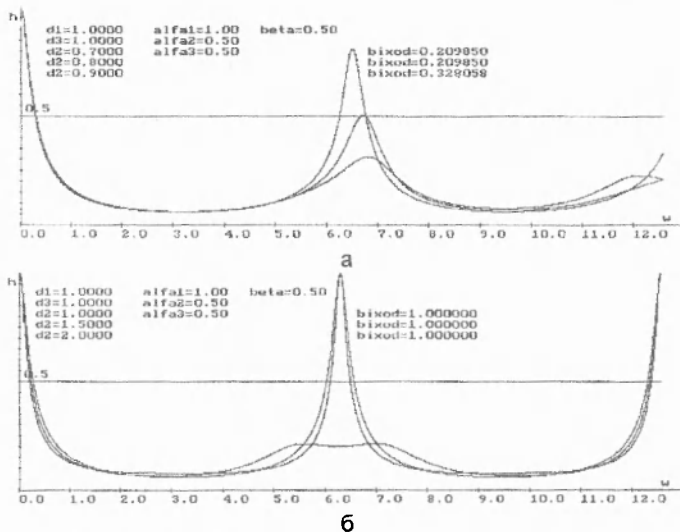


Рис. 3. Амплітудні характеристики тривалкової фарбової групи

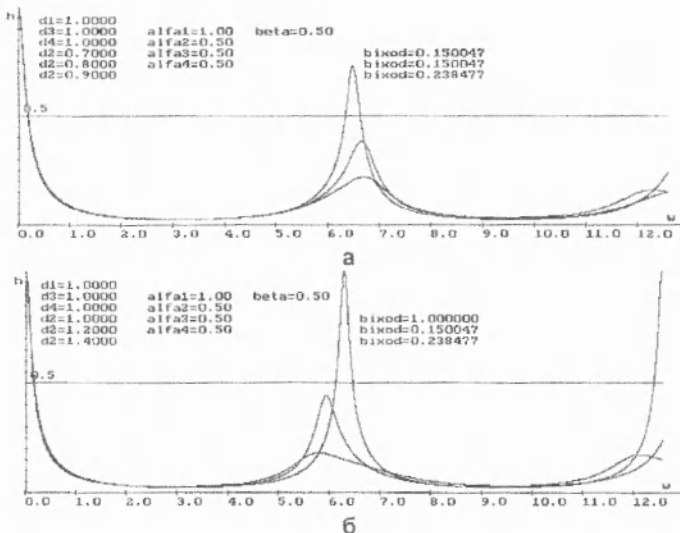


Рис. 4. Амплітудні характеристики чотиривалкової фарбової групи

Збільшення у фарбовій групі кількості валиків з трьох до чотирьох приводить до певного зменшення амплітуди, але мало впливає на зміну амплітудно-частотних характеристик (див. рис.3,а і 4,а). Даліше нарощування кількості валиків спричиняє значне посилення даної тенденції (див. рис.2,а і 4,б). Найсуттєвіший вплив на зміну амплітудно-частотної характеристики фарбових груп має зміна співвідношення діаметрів валиків.

Застосовуючи методіку, викладену в даній статті, можна отримати оптимальні варіанти складових частин фарбових апаратів.

1. Алексеев Г.А. Красочные аппараты ротационных машин высокой и плоской печати. М., 1980.
2. Верхола М.І., Луцків М.М., Паньків В.Ф. Операторний метод опису розкочування фарби в друкарських машинах //Наукові записки: Науково-технічний збірник. Львів: УАД. 1999. Вип.1. С.62-65.
3. Верхола М.І., Луцків М.М. Моделювання процесу розкочування фарби у фарбовому апараті при дискретній подачі //Вісник ДУ «Львівська політехніка». 1988. №337. Т.2. С.300-301.
4. Теория автоматического регулирования /Под ред. Солодовникова В.В. М., 1967. Кн. 1.

Стаття надійшла до редколегії 28.01.2000