

- 2 Безпека інформаційних систем і технологій: Навч. посібник / В. І. Єсін, О. О. Кузнецов, Л. С. Сорока. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. – 632 с. : іл
- 3 Горбенко І.Д. Прикладна криптологія. Теорія. Практика. Застосування : монографія / І.Д. Горбенко, Ю.І. Горбенко. – Харків: Видавництво "Форт", 2012. – 880 с.: іл
- 4 Захист інформації в мережах передачі даних / Юдін О.К., Корченко О.Г., Конахович Г.Ф. – К.: Вид-во ТОВ «НВП» ІНТЕРСЕРВІС», 2009. – 716 с.: іл.
- 5 Мукачев В.А. Методы практической криптографии / В.А. Мукачев, А.А. Хорошко. – К.: ООО "Полиграф-Консалтинг", 2005. – 215 с.: ил
- 6 Панасенко С.П. Алгоритмы шифрования. Специальный справочник. – СПб: БХВ-Петербург, 2009. – 576 с.: ил
- 7 Б. Шнайер, Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си. – Москва: Изд-во Триумф, 2002. -816 стр
- 8 Menezes, P. van Oorschot, S. Vanstone Handbook of Applied Cryptography. – CRC Press, Inc. – 1997.
- 9 Фороузан Б.А. Схема цифровой подписи Эль-Гамала // Управление ключами шифрования и безопасность сети / Пер. А. Н. Берлин – Курс лекций.

<http://doi.org/10.5281/zenodo.3860780>

*Поступила 3.10.2019р.*

УДК 621.372:376.56

О.В. Тимченко <sup>1,2</sup>

О.В. Шевчук <sup>2</sup>

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕХІДНИХ І ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ СУМІЩЕННЯ ФАРБ РУЛОННОЇ РОТАЦІЙНОЇ МАШИНИ**

**Abstract.** The influence of technological parameters on the ink displacement in a roll printing machine is investigated. It is shown that the largest dynamic deviation is observed for the first paint, and the method of measuring the errors of combining paints for the last paint provides more efficient filtering of high-frequency noise.

### **Вступ**

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. Аналіз впливів зміни технологічних параметрів на зміщення фарб вимагає складних

---

<sup>1</sup> University of Warmia and Mazury Olsztyn, Poland

<sup>2</sup> Українська академія друкарства, Львів

експериментальних досліджень та відповідно часу. Тому більш ефективним методом дослідження складних поліграфічних процесів є комп'ютерне симулювання [1-3] шляхом створення і дослідження адекватних моделей елементів стрічкопровідних систем.

**Мета статті** – дослідження амплітудно-частотних характеристик каналів суміщення фарб по останній четвертій базовій фарбі (мітці) при зміні натягу паперової стрічки.

### Основна частина

При визначенні похибок суміщення фарб по останній базовій мітці можна застосувати таку рекурентну конструкцію – зміна суміщення фарб відносно попередніх міток  $4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$  [4]:

$$W_{\Delta\varepsilon_0^*s_{34}}(p) = -W_{\Delta\varepsilon_0^*s_{43}}(p) = -k_\varepsilon \frac{1}{(Tp+1)^2} \left( \frac{1-e^{-Tp}}{pT} - \frac{1}{Tp+1} \right), \quad (1)$$

$$\begin{aligned} W_{\Delta\varepsilon_0^*s_{24}}(p) &= -W_{\Delta\varepsilon_0^*s_{43}}(p) - W_{\Delta\varepsilon_0^*s_{23}}(p) \cdot e^{-pT} = \\ &= -k_\varepsilon \frac{1}{(Tp+1)^2} \left( \frac{1-e^{-Tp}}{pT} - \frac{1}{Tp+1} \right) - k_\varepsilon \frac{1}{Tp+1} \left( \frac{1-e^{-Tp}}{pT} - \frac{1}{Tp+1} \right) \cdot e^{-Tp} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} W_{\Delta\varepsilon_0^*s_{24}}(p) &= -W_{\Delta\varepsilon_0^*s_{43}}(p) - W_{\Delta\varepsilon_0^*s_{23}}(p) \cdot e^{-Tp} - W_{\Delta\varepsilon_0^*s_{21}}(p) \cdot e^{-2Tp} = \\ &= -k_\varepsilon \frac{1}{(Tp+1)^2} \left( \frac{1-e^{-Tp}}{pT} - \frac{1}{Tp+1} \right) - k_\varepsilon \frac{1}{Tp+1} \left( \frac{1-e^{-Tp}}{pT} - \frac{1}{Tp+1} \right) \cdot e^{-Tp} - \\ &- k_\varepsilon \left( \frac{1-e^{-Tp}}{pT} - \frac{1}{Tp+1} \right) \cdot e^{-2Tp} \end{aligned} \quad (3)$$

На рис. 1 показані перехідні характеристики суміщення фарб за формулою (3) та останній мітці при подачі на вхід першої секції друкарської машини ступінчастого відносного видовження стрічки  $\Delta\varepsilon_0(t) = \Delta\varepsilon_0^*$ , амплітуда якого дорівнює його номінальному значенню.

Порівняння цих графіків з перехідними характеристиками по першій загальній базовій мітці показує, що по першій фарбі характеристики суміщення фарб збігаються, а по другій і третій фарбах спосіб визначення похибок суміщення фарб по останній мітці є оптимальним так як величина динамічних відхилень сигналів є меншою  $\Delta\bar{s}_{24}(t)$  і  $\Delta\bar{s}_{34}(t)$ . На рис.2 представлені ЛАЧХ каналів суміщення фарб по останній базовій фарбі.

Отже  $\bar{L}_{pk}(\omega) = L_{pk}(\omega)/k_\varepsilon$  – відносна ЛАЧХ каналу суміщення фарб по  $k$ -тій базовій мітці ( $p=1,2,3$ ).

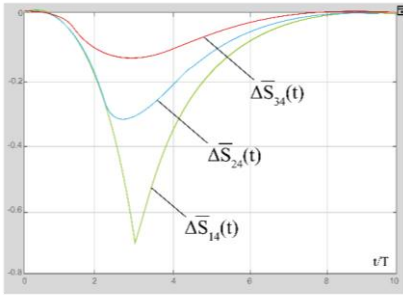


Рис. 1. Перехідні характеристики суміщення фарб по останній базовій мітці при ступінчастій зміні вхідного відносного видовження стрічки на величину  $\varepsilon_0^*$

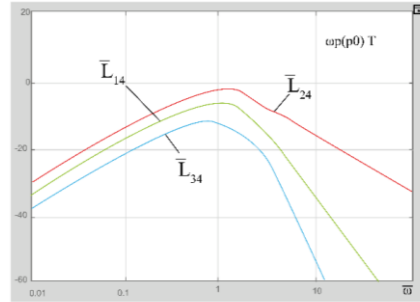


Рис. 2. Відносні ЛАЧХ каналів суміщення фарб по останній базовій фарбі і зміні  $\Delta\varepsilon_0$

Високочастотні асимптоти даних ЛАЧХ мають різний нахил:  $-20$  дБ/дек в кривій  $L_{14}(\omega)$   $-40$  дБ/дек в кривій  $L_{24}(\omega)$  і  $-60$  дБ/дек в кривій  $L_{34}(\omega)$ . Найбільше затування зовнішньої гармонійної перешкоди забезпечує канал суміщення фарб по 3-ній фарбі. Найгірший режим даного методу виміру розташовується в околиці відносної частоти  $\bar{\omega} = 1$ . На цій частоті відповідно забезпечується затування вхідного гармонійного сигналу на  $-2,5$ ;  $-7,7$  і  $-15,5$  дБ. Переважно умови роботи каналів суміщення фарб мають місце в області низьких частот, наприклад, в діапазоні відносних частот  $0,2 < \bar{\omega} < 0,3$ .

На рис.3 показані перехідні характеристики суміщення фарб по останній мітці з врахуванням гармонійної складової. Досліджено, що в даному випадку забезпечується зниження вимушених коливань суміщення фарб по другій (процес  $s_{24}$ ) і третій (процес  $s_{34}$ ) фарбах. Цей висновок виходить також з логарифмічних частотних характеристик  $L_{24}(\omega)$  і  $L_{34}(\omega)$ , оскільки їх нахил забезпечує на частоті розмотування рулону додаткове затування вимушених коливань приблизно в 10 разів (по каналу « $\Delta\varepsilon_0 \rightarrow s_{24}$ ») і в 100 разів (по каналу « $\Delta\varepsilon_0 \rightarrow s_{34}$ »).

Знайдемо перехідні характеристики процесу суміщення фарб по останній базовій фарбі при ступінчастій зміні положення першого реєстрового валика  $\Delta L_1(t) = \Delta L_1 \cdot l(t)$ . В цьому випадку перехідні функції каналів суміщення фарб мають вигляд:

$$W_{\Delta s_{34} \Delta L_1}(p) = -k_\varepsilon \left( \frac{1}{Tp} - \frac{e^{-Tp}}{Tp} - \frac{1}{Tp+1} \right) \cdot \frac{k_L p}{(Tp+1)^2} \quad (4)$$

$$W_{\Delta s_{24}\Delta L_1}(p) = W_{\Delta s_{34}\Delta L_1}(p) + W_{\Delta s_{23}\Delta L_1}(p) \cdot e^{-Tp} \quad (5)$$

$$W_{\Delta s_{14}\Delta L_1}(p) = W_{\Delta s_{34}\Delta L_1}(p) - W_{\Delta s_{23}\Delta L_1}(p) \cdot e^{-Tp} - W_{\Delta s_{12}\Delta L_1}(p) \cdot e^{2Tp} \quad (6)$$

де

$$W_{\Delta s_{23}\Delta L_1}(p) = -k_\varepsilon \left( \frac{1}{Tp} - \frac{e^{-Tp}}{Tp} - \frac{1}{Tp+1} \right) \cdot \frac{k_L p}{Tp+1} \quad (7)$$

$$W_{\Delta s_{12}\Delta L_1}(p) = \frac{-1}{Tp+1} \quad (8)$$

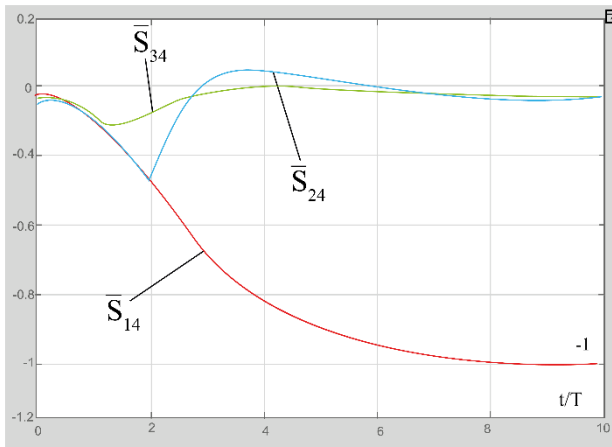


Рис.3. Перехідні характеристики суміщення фарб по останній мітці з врахуванням гармонійної складової

На рис.4 і 5 показані графіки перехідних характеристик і ЛАЧХ каналів суміщення фарб по останній базовій мітці і зміні положення першого реєстрового валика  $\Delta L_1$ . Видно, що по першій фарбі канал суміщення фарб  $\Delta L_1 \rightarrow s_{14}$  має властивості інерційної ланки третього порядку з нахилом високочастотної асимптоти мінус 60 дБ/дек. По другій фарбі канал суміщення фарб  $\Delta L_1 \rightarrow s_{24}$  має диференціюючі властивості з нахилами низькочастотної асимптоти +40дБ/дек і високочастотної асимптоти мінус 40дБ/дек, а по третій фарбі канал суміщення фарб  $\Delta L_1 \rightarrow s_{34}$  має високочастотну асимптоту - 40дБ/дек.

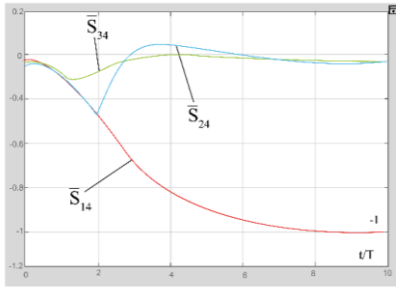


Рис.4. Перехідні характеристики суміщення фарб по останній мітці і при ступінчастій зміні положення першого реєстрового валіка  $\Delta L_1$

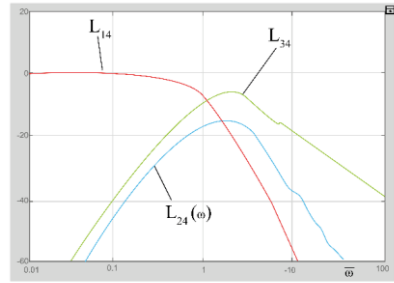


Рис. 5. ЛАЧХ каналів суміщення фарб по- останній мітці і при ступінчастій зміні положення першого реєстрового валіка  $\Delta L_1$

Передавальні функції процесу суміщення фарб по останній базовій фарбі і положенню фази 1-ого формного циліндра мають вигляд:

$$W_{\Delta\varphi_1, S_{34}}(p) = k_\varepsilon \left( \frac{1}{Tp} - \frac{e^{-Tp}}{Tp} - \frac{1}{Tp+1} \right) \cdot \frac{k_v k_\phi p}{(Tp+1)^2} \quad (9)$$

$$W_{\Delta\varphi_1, S_{24}}(p) = W_{\Delta\varphi_1, S_{34}}(p) + W_{\Delta\varphi_1, S_{23}}(p) \cdot e^{-Tp} \quad (10)$$

$$W_{\Delta\varphi_1, S_{14}}(p) = W_{\Delta\varphi_1, S_{34}}(p) + W_{\Delta\varphi_1, S_{23}}(p) \cdot e^{-Tp} + W_{\Delta\varphi_1, S_{12}}(p) \cdot e^{-2Tp} \quad (11)$$

де

$$W_{\Delta\varphi_1, S_{23}}(p) = k_\varepsilon \left( \frac{1}{Tp} - \frac{e^{-Tp}}{Tp} - \frac{1}{Tp+1} \right) \cdot \frac{k_v k_\phi p}{Tp+1} \quad (12)$$

$$W_{\Delta\varphi_1, S_{12}}(p) = \frac{k_\phi}{Tp+1} \quad (13)$$

На рис.6 і 7 представлені графіки перехідних функцій і ЛАЧХ каналів суміщення фарб по останній базовій мітці і при ступінчастій зміні фази першого формного циліндра  $\Delta\varphi_1$ .

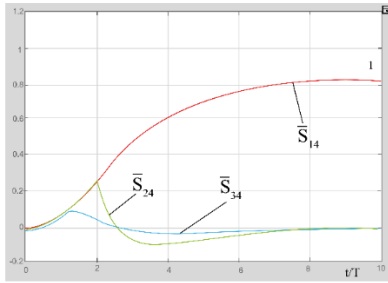


Рис.6. Перехідні характеристики суміщення фарб по останній мітці при ступінчастій зміні фази першого формного циліндра  $\Delta\varphi_1$

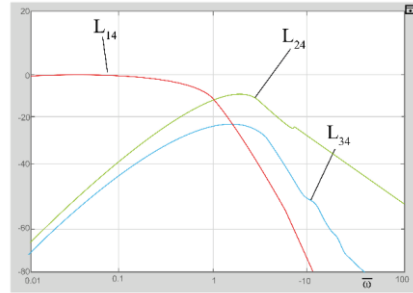


Рис.7. ЛАЧХ каналів суміщення фарб по останній мітці при ступінчастій зміні фази першого формного циліндра  $\Delta\varphi_1$

### Висновки

Досліджено, що канал першої фарби, має динамічні властивості інерційної ланки 3-його порядку, а канали другої і третьої фарб мають диференціюючі властивості з нахилом +40 дБ/дек в області низьких частот і відповідно -20дБ і -40дБ на декаду.

Досліджені перехідні і частотні характеристики каналів суміщення фарб по останній четвертій базовій фарбі. Показано, що в цьому випадку найбільше динамічне відхилення спостерігається по першій фарбі, яке складає 0,68 від базового значення. Максимальні відхилення по другій і третім фарбам складають приблизно 0,5 і 0,25 від найбільшого розходження по першій фарбі. Показано, що спосіб вимірювання похибок суміщення фарб по останній фарбі забезпечує ефективнішу фільтрацію високочастотних завад.

1. Дурняк Б.В., Тимченко О.В. Математичне моделювання і реалізація систем керування стрічкопровідними системами – К.: Вид. центр „ПРОСВІТА”, 2003. – 232 с.
2. Луцків М.М., Хмельницька І.М. Математичне моделювання і комп’ютерне симулювання електромеханічних та стрічкопровідних систем – Львів: Вид-во УАД, 2010. – 172 с.
3. Тимченко О., Шевчук О. Математичне моделювання стрічкопровідних систем рулонних ротаційних машин // Зб. наук. праць ПІМЕ НАН України. – К., 2017. – Вип. 80. – С. 188-195.
4. Кам’янчин І., Тимченко О., Вовк А., Шевчук О. Аналіз і дослідження системи автоматичного регулювання суміщення фарб // Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ПІМЕ НАН України. – Вип.67. – К.: 2013. – С.178-184.

<http://doi.org/10.5281/zenodo.3860782>

Поступила 1.10.2019р.