

У наведеній на рисунку схемі відсутні дані, що відносяться до конкретної конфігурації системи, а саме – нормативно-довідкова інформація. Вона готується на етапі проектування системи і вводиться в зовнішню пам'ять комп'ютера разом з програмами опрацювання тексту. Більш детально цей вид інформаційного забезпечення розглядається в ході опису і формування логічної структури бази даних СКПВ.

УДК 678.067.5

## СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ НАТЯГУ СТРІЧКИ ПРИ НАМОТУВАННІ НА ДВА ВАЛИ З РЕГУЛЮВАННЯМ ЗА ШВИДКІСТЮ РУЛОННИХ ДРУКАРСЬКИХ МАШИН

Б.В. Дурняк

*Розглядається метод побудови системи автоматичного регулювання натягу стрічкового матеріалу рулонних друкарських машин (РДМ) з регулюванням за швидкістю. Досліджується ефективність таких систем при різних видах збурень з врахуванням нестационарності об'єкта регулювання.*

*Рассматривается метод построения системы автоматического регулирования натяжением ленточного материала рулонных печатных машин. Исследуется эффективность таких систем при различных видах возмущений с учетом нестационарности объекта регулирования.*

В системах натягу стрічкового матеріалу РДМ у випадку, коли кожна друкарська секція та намотуваний рулон приводяться в рух власним двигуном з індивідуальною системою керування, усе частіше застосовується багатодвигунний електропривод. Взаємодія цих підсистем складна і не досліджена. Це пояснюється тим, що аналіз і синтез таких систем натягу вимагає врахування великої кількості змінних та нестационарних параметрів і тому не зводиться до синтезу систем автоматичного регулювання за заданою перехідною характеристикою. У літературі такого аналізу немає. В загальному випадку багатодвигунну систему регулювання натягу стрічкового матеріалу в рулонних друкарських машинах можна побудувати за допомогою регулювання і контролю різних параметрів на заданих ділянках стрічкопровідної системи та якісного виконання технологічних операцій, основними з яких є швидкість руху і натяг стрічки, радіус намотуваного рулону та струм якоря двигуна електроприводу.

Кожний з методів має свої переваги і відмінності, і їх оптимальне використання вимагає докладного аналізу роботи стрічкопровідної системи рулонних друкарських машин [1].

Як видно з рис.1, у випадку контролю швидкості руху стрічкового матеріалу, що не вимагає застосування стабільних і точних датчиків натягу, структурна схема багатодвигунного електроприводу може мати такий вигляд:

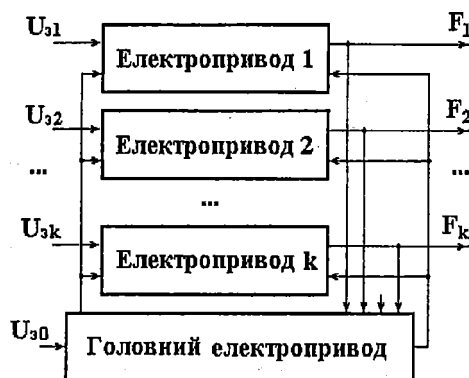


Рис.1. Структурна схема багатодвигунного електроприводу РДМ з регулюванням натягу стрічкового матеріалу за швидкістю

Головний електропривод задає швидкість роботи машини і необхідний натяг стрічкового матеріалу на ділянці між друкарськими парами. Електроприводи намотувальних вузлів, у свою чергу, задають натяг стрічкового матеріалу при розрізуванні і намотуванні на окремі бобіни. Для узгодження з рештою електроприводів, співвідношення натягу стрічки між якими регулюється зміною відповідного завдання, головний електропривод охоплений зворотним зв'язком за швидкістю руху стрічки на кожній окремій ділянці стрічкопровідної системи.

Як правило, у флексографських друкарських машинах необхідно одночасно регулювати натяг стрічкового матеріалу при намотуванні на  $k > 1$  рулонів, що передбачає попереднє його розрізування після останньої друкарської пари. При регулюванні натягу та намотуванні задрукованої і розрізаної стрічки на два вали функціональна схема системи має вигляд, показаний на рис.2. Тут ТП0–ТП2 – тиристорні електроприводи, Д0–Д2 – відповідні двигуни. Двигун основного електроприводу Д0 через редуктор  $i_0$  приводить в рух друкарську пару, де натяг регулюється шляхом контролю швидкості стрічки тахогенератором ТГ0. Рулони, на які намотується стрічка, приводяться в дію за допомогою двигунів Д1 та Д2 через редуктори  $i_1$  та  $i_2$ . Контроль швидкості стрічки здійснюється в кожному електроприводі за допомогою тахогенераторів ТГ1 та ТГ2. Підтримання заданого співвідношення між швидкостями  $V_0, V_1$  та  $V_2$  дозволяє стабілізувати натяг стрічкового матеріалу, а зміна завдання  $U_{30}$  – регулювати натяг в необхідних межах. Одночасна зміна завдання  $U_{31}, U_{32}$  разом з  $U_{30}$  забезпечує зміну співвідношення сил натягу стрічкового матеріалу на кожній окремий рулон.

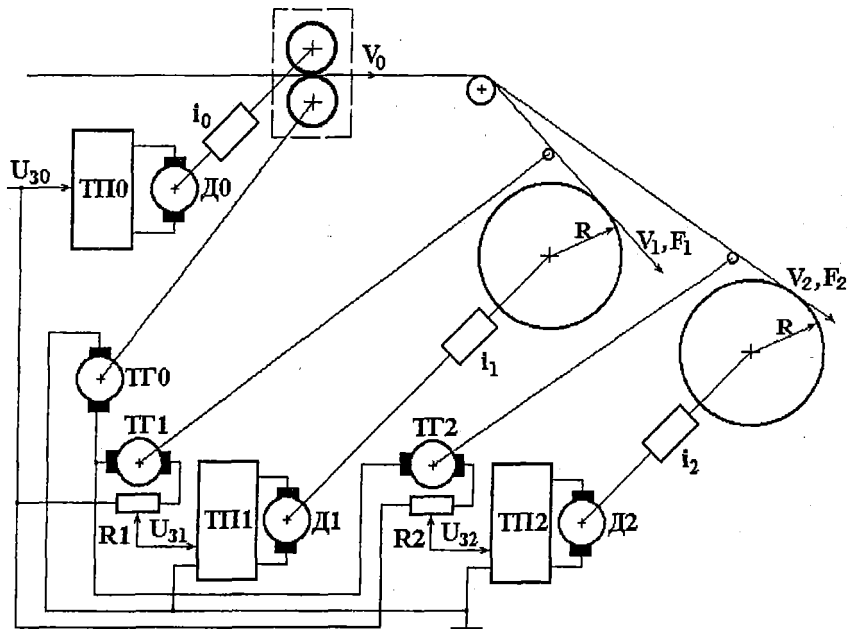


Рис.2. Функціональна схема системи регулювання натягу стрічкового матеріалу при намотуванні на два вали з давачем швидкості

За даною функціональною схемою складено структурну схему моделі (рис.3), де  $k_{ТП}$ ,  $T_{\phi}$  – коефіцієнт передачі тиристорного перетворювача та постійна часу фільтра;  $k_i$  – коефіцієнт зворотного зв'язку за струмом якоря;  $R_{Я}$ ,  $T_{Я}$  – опір якоря двигуна і його постійна часу;  $c$  – постійна двигуна;  $i$  – передаточне число редуктора;  $R$  – радіус намотуваного рулону;  $k_c, T_c$  – еквівалентний коефіцієнт передачі та постійна часу стрічкопровідної ділянки;  $W_{ТГ_0}(s) = k_{ТГ_0}$  – коефіцієнт передачі тахогенератора ТГ0;  $T_M$  – електромеханічна постійна часу

двигуна;  $r$  – радіус циліндра друкарської пари. Індекси 0, 1 та 2 відповідають позначенням на рис.2.

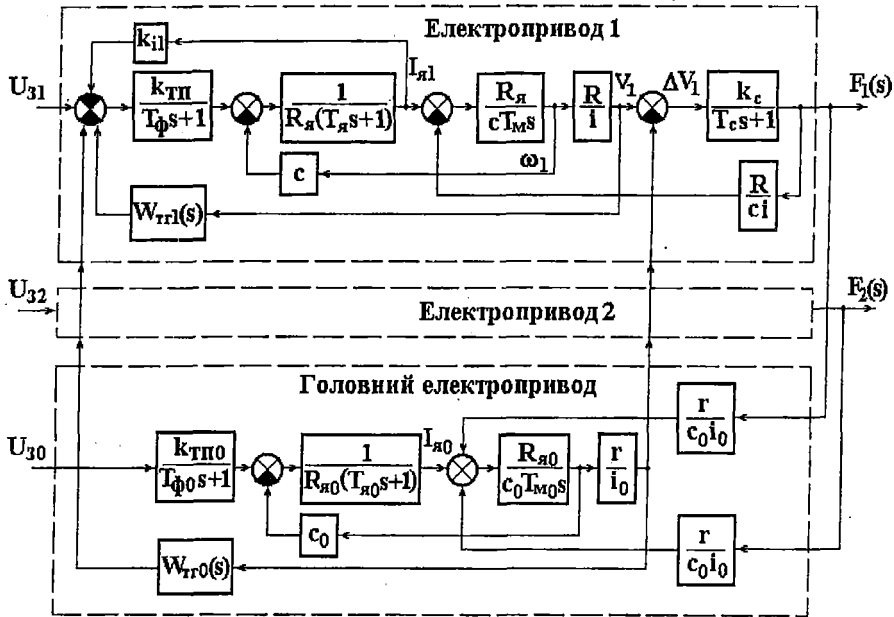


Рис.3. Структурна схема системи регулювання натягу стрічкового матеріалу при намотуванні на два вали з датчиком швидкості

Проаналізуємо поведінку системи при різних збуреннях та зміні завдання. Для цього за формулою Мезона з рис.3 визначимо передаточну функцію моделі системи по зміні швидкості. Запишемо відповідні передаточні функції окремих контурів.

$$\begin{aligned}
 W_{01} &= \frac{k_{i1} k_{ТП}}{R_{Я} (T_{\Phi} s + 1)(T_{Я} s + 1)}; \quad W_{02} = W_{09} = \frac{1}{T_M s (T_{Я} s + 1)}; \\
 W_{03} = W_{10} &= \frac{k_{ТП} R}{c i T_M s (T_{\Phi} s + 1)(T_{Я} s + 1)}; \quad W_{04} = W_{11} = \frac{R_{Я} R^2 k_c}{c^2 i^2 T_M s (T_c s + 1)}; \\
 W_{05} &= \frac{1}{T_{M_0} s (T_{Я_0} s + 1)}; \quad W_{06} = W_{12} = \frac{k_c r^2}{s T_{M_0} c_0^2 i_0^2 R_{Я_0} (T_c s + 1)}; \\
 W_{07} = W_{13} &= \frac{k_{ТП} R r^2 k_{ТГ_0}}{s^2 T_M T_{M_0} c_0^2 c i_0^2 i (T_{\Phi} s + 1)(T_{Я} s + 1)(T_c s + 1)}; \\
 W_{08} &= \frac{k_{i2} k_{ТП}}{R_{Я} (T_{\Phi} s + 1)(T_{Я} s + 1)}.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Прямий шлях залежності натягу  $F_1(s)$  від зміни швидкості  $\Delta V_1(s)$  один:

$$\frac{F_1(s)}{\Delta V_1(s)} = W_1(s) = \frac{k_c}{T_c s + 1}. \tag{2}$$

Сума всіх одиночних контурів дорівнює:

$$\sum_{j=1}^{13} W_{0j}. \tag{3}$$

Сума пар контурів, які не торкаються один одного, має такий вигляд:

$$\begin{aligned} \sum W_{0j}W_{0k} = & W_{01} \cdot W_{04} + W_{01} \cdot W_{05} + W_{01} \cdot W_{06} + W_{01} \cdot W_{08} + W_{01} \cdot W_{09} + W_{01} \cdot W_{10} + \\ & + W_{01} \cdot W_{11} + W_{01} \cdot W_{12} + W_{01} \cdot W_{13} + W_{02} \cdot W_{05} + W_{02} \cdot W_{06} + W_{02} \cdot W_{08} + W_{02} \cdot W_{09} + \\ & + W_{02} \cdot W_{10} + W_{02} \cdot W_{11} + W_{02} \cdot W_{12} + W_{02} \cdot W_{13} + W_{03} \cdot W_{05} + W_{03} \cdot W_{06} + W_{03} \cdot W_{08} + \\ & + W_{03} \cdot W_{09} + W_{03} \cdot W_{10} + W_{03} \cdot W_{11} + W_{03} \cdot W_{12} + W_{03} \cdot W_{13} + W_{04} \cdot W_{05} + W_{04} \cdot W_{08} + \\ & + W_{04} \cdot W_{09} + W_{04} \cdot W_{10} + W_{04} \cdot W_{11} + W_{04} \cdot W_{12} + W_{04} \cdot W_{13} + W_{05} \cdot W_{08} + W_{05} \cdot W_{09} + \\ & + W_{05} \cdot W_{10} + W_{05} \cdot W_{11} + W_{06} \cdot W_{08} + W_{06} \cdot W_{09} + W_{06} \cdot W_{10} + W_{06} \cdot W_{11} + W_{07} \cdot W_{08} + \\ & + W_{07} \cdot W_{09} + W_{07} \cdot W_{10} + W_{07} \cdot W_{11} + W_{08} \cdot W_{11} + W_{08} \cdot W_{12} + W_{09} \cdot W_{12} + W_{10} \cdot W_{12}. \end{aligned} \quad (4)$$

У системі також присутні трійки контурів, які не мають спільних дуг або вершин,

$$\begin{aligned} \sum W_{0j}W_{0k}W_{0l} = & W_{01} \cdot W_{04} \cdot W_{05} + W_{01} \cdot W_{04} \cdot W_{08} + W_{01} \cdot W_{04} \cdot W_{09} + W_{01} \cdot W_{04} \cdot W_{10} + \\ & + W_{01} \cdot W_{04} \cdot W_{11} + W_{01} \cdot W_{04} \cdot W_{12} + W_{01} \cdot W_{04} \cdot W_{13} + W_{01} \cdot W_{05} \cdot W_{08} + W_{01} \cdot W_{05} \cdot W_{09} + \\ & + W_{01} \cdot W_{05} \cdot W_{10} + W_{01} \cdot W_{05} \cdot W_{11} + W_{01} \cdot W_{06} \cdot W_{08} + W_{01} \cdot W_{06} \cdot W_{09} + W_{01} \cdot W_{06} \cdot W_{10} + \\ & + W_{01} \cdot W_{06} \cdot W_{11} + W_{01} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + W_{01} \cdot W_{08} \cdot W_{12} + W_{01} \cdot W_{09} \cdot W_{12} + W_{01} \cdot W_{10} \cdot W_{12} + \\ & + W_{02} \cdot W_{06} \cdot W_{08} + W_{02} \cdot W_{06} \cdot W_{09} + W_{02} \cdot W_{06} \cdot W_{10} + W_{02} \cdot W_{06} \cdot W_{11} + W_{02} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + \\ & + W_{02} \cdot W_{08} \cdot W_{12} + W_{02} \cdot W_{09} \cdot W_{12} + W_{02} \cdot W_{09} \cdot W_{13} + W_{02} \cdot W_{10} \cdot W_{12} + W_{03} \cdot W_{05} \cdot W_{08} + \\ & + W_{03} \cdot W_{05} \cdot W_{09} + W_{03} \cdot W_{05} \cdot W_{10} + W_{03} \cdot W_{05} \cdot W_{11} + W_{03} \cdot W_{06} \cdot W_{08} + W_{03} \cdot W_{06} \cdot W_{09} + \\ & + W_{03} \cdot W_{06} \cdot W_{10} + W_{03} \cdot W_{06} \cdot W_{11} + W_{03} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + W_{03} \cdot W_{08} \cdot W_{12} + W_{03} \cdot W_{09} \cdot W_{12} + \\ & + W_{03} \cdot W_{10} \cdot W_{12} + W_{04} \cdot W_{05} \cdot W_{08} + W_{04} \cdot W_{05} \cdot W_{09} + W_{04} \cdot W_{05} \cdot W_{11} + W_{04} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + \\ & + W_{04} \cdot W_{08} \cdot W_{12} + W_{04} \cdot W_{09} \cdot W_{12} + W_{04} \cdot W_{10} \cdot W_{12} + W_{05} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + W_{05} \cdot W_{08} \cdot W_{12} + \\ & + W_{05} \cdot W_{09} \cdot W_{12} + W_{05} \cdot W_{10} \cdot W_{12} + W_{06} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + W_{07} \cdot W_{08} \cdot W_{11}, \end{aligned} \quad (5)$$

четвірки та п'ятірки контурів

$$\begin{aligned} \sum W_{0j}W_{0k}W_{0l}W_{0m} = & W_{01} \cdot W_{04} \cdot W_{05} \cdot W_{08} + W_{01} \cdot W_{04} \cdot W_{05} \cdot W_{09} + W_{01} \cdot W_{04} \cdot W_{05} \cdot W_{10} + \\ & + W_{01} \cdot W_{04} \cdot W_{05} \cdot W_{11} + W_{01} \cdot W_{04} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + W_{01} \cdot W_{04} \cdot W_{08} \cdot W_{12} + W_{01} \cdot W_{04} \cdot W_{09} \cdot W_{12} + \\ & + W_{01} \cdot W_{04} \cdot W_{10} \cdot W_{12} + W_{01} \cdot W_{05} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + W_{01} \cdot W_{06} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + W_{02} \cdot W_{05} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + \\ & + W_{02} \cdot W_{06} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + W_{03} \cdot W_{05} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + W_{03} \cdot W_{06} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + W_{04} \cdot W_{05} \cdot W_{08} \cdot W_{11}, \end{aligned} \quad (6)$$

$$\sum W_{0j}W_{0k}W_{0l}W_{0m}W_{0n} = W_{01} \cdot W_{04} \cdot W_{05} \cdot W_{08} \cdot W_{11}. \quad (7)$$

Присутні також контури, які не прилягають до прямого шляху і не мають з ним спільних дуг та вершин. Тому знаходимо суму контурів, що не прилягають до основного шляху,

$$\sum W_{1j} = W_{01} + W_{02} + W_{03} + W_{05} + W_{08} + W_{09} + W_{10} + W_{11} + W_{12} + W_{13}, \quad (8)$$

суму пар контурів, які не прилягають до основного шляху

$$\begin{aligned} \sum W_{1j}W_{1k} = & W_{01} \cdot W_{05} + W_{01} \cdot W_{08} + W_{01} \cdot W_{09} + W_{01} \cdot W_{10} + W_{01} \cdot W_{11} + W_{01} \cdot W_{12} + \\ & + W_{01} \cdot W_{13} + W_{02} \cdot W_{05} + W_{02} \cdot W_{08} + W_{02} \cdot W_{09} + W_{02} \cdot W_{10} + W_{02} \cdot W_{11} + W_{02} \cdot W_{12} + \\ & + W_{02} \cdot W_{13} + W_{03} \cdot W_{05} + W_{03} \cdot W_{08} + W_{03} \cdot W_{09} + W_{03} \cdot W_{10} + W_{03} \cdot W_{11} + W_{03} \cdot W_{12} + \\ & + W_{03} \cdot W_{13} + W_{05} \cdot W_{08} + W_{05} \cdot W_{09} + W_{05} \cdot W_{10} + W_{05} \cdot W_{11} + W_{08} \cdot W_{11} + W_{08} \cdot W_{12} + \\ & + W_{09} \cdot W_{12} + W_{10} \cdot W_{12}, \end{aligned} \quad (9)$$

та, відповідно, трійки контурів

$$\begin{aligned} \sum W_{1j}W_{1k}W_{1l} = & W_{01} \cdot W_{05} \cdot W_{08} + W_{01} \cdot W_{05} \cdot W_{09} + W_{01} \cdot W_{05} \cdot W_{10} + W_{01} \cdot W_{05} \cdot W_{11} + \\ & + W_{01} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + W_{01} \cdot W_{08} \cdot W_{12} + W_{01} \cdot W_{09} \cdot W_{12} + W_{01} \cdot W_{10} \cdot W_{12} + W_{02} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + \\ & + W_{02} \cdot W_{08} \cdot W_{12} + W_{02} \cdot W_{09} \cdot W_{12} + W_{02} \cdot W_{09} \cdot W_{13} + W_{02} \cdot W_{10} \cdot W_{12} + W_{03} \cdot W_{05} \cdot W_{08} + \\ & + W_{03} \cdot W_{05} \cdot W_{09} + W_{03} \cdot W_{05} \cdot W_{10} + W_{03} \cdot W_{05} \cdot W_{11} + W_{03} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + W_{03} \cdot W_{08} \cdot W_{12} + \\ & + W_{03} \cdot W_{09} \cdot W_{12} + W_{03} \cdot W_{10} \cdot W_{12} + W_{05} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + W_{05} \cdot W_{08} \cdot W_{12} + W_{05} \cdot W_{09} \cdot W_{12} + \\ & + W_{05} \cdot W_{10} \cdot W_{12} \end{aligned} \quad (10)$$

і четвірки контурів

$$\sum W_{1j}W_{1k}W_{1l}W_{1m} = W_{01} \cdot W_{05} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + W_{02} \cdot W_{05} \cdot W_{08} \cdot W_{11} + W_{03} \cdot W_{05} \cdot W_{08} \cdot W_{11}. \quad (11)$$

З врахуванням введених позначень передаточна функція системи залежності натягу  $F_1$  від зміни швидкості  $\Delta V_1$  дорівнює:

$$\frac{F_1(s)}{\Delta V_1(s)} = W_1 \frac{\left(1 - \sum W_{1j} + \sum W_{1j}W_{1k} - \sum W_{1j}W_{1k}W_{1l} + \sum W_{1j}W_{1k}W_{1l}W_{1m}\right)}{\left(1 - \sum W_{0j} + \sum W_{0j}W_{0k} - \sum W_{0j}W_{0k}W_{0l} + \sum W_{0j}W_{0k}W_{0l}W_{0m} - \sum W_{0j}W_{0k}W_{0l}W_{0m}W_{0n}\right)}. \quad (12)$$

Оскільки аналіз виразу (12) в аналітичному вигляді викликає ряд труднощів, дослідження поведінки системи залежно від різного виду збурень доцільно провести шляхом моделювання. Застосуємо (12) для побудови математичної моделі системи регулювання натягу. Ця залежність дозволяє не лише визначити відповідні перехідні характеристики, але й стійкість системи та якість регулювання. Дослідимо відповідні реакції системи на різні види збурень при зміні параметрів її елементів.

Залежність натягу  $F_1(U_{3_1})$ ,  $F_1(U_{3_0})$ ,  $F_1(U_{3_2})$  від зміни завдання  $U_{3_0}$ ,  $U_{3_1}$  показана на рис. 4–6 при зміні основного параметра системи, який визначає її нестационарність – намотуваного рулону з радіусом  $R$ . Рис.7 ілюструє реакцію системи на зміну натягу між рулонами  $F_2(F_1)$ , рис.8 – залежність зміни натягу на першому рулоні від зміни його швидкості  $F_1(V_1)$ , рис.9 – відповідну зміну натягу на другому рулоні при зміні швидкості першого рулону  $F_2(V_1)$ . Рис.10–11 відображають незалежність натягу на першому  $F_1$  і другому  $F_2$  рулонах від зміни параметрів системи регулювання в широких межах – коефіцієнта передачі тахогенератора  $k_{ТГ0} = 0,025 - 0,1$ , тиристорного перетворювача  $k_{ТП} = 100 - 250$ , коефіцієнта зворотного зв'язку за струмом  $k_i = 0,025 - 0,1$ . Вплив зміни параметрів стрічкопровідної ділянки  $T_c$  графічно ілюструють рис.12 та 13 – показані відповідні зміни натягу на першому та

другому рулонах. Рис.14 і 15 дозволяють оцінити вплив параметрів редуктора  $i_0$  на стабільність натягу при зміні швидкості роботи машини.

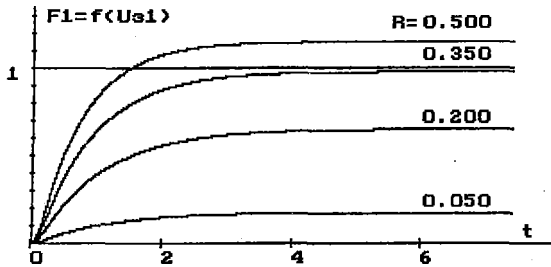


Рис. 4. Залежність натягу  $F_1(U_{s_1})$  при зміні радіуса  $R$

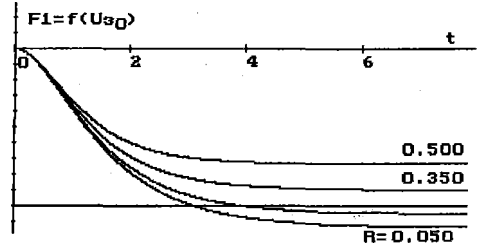


Рис. 5. Залежність натягу  $F_1(U_{s_0})$  при зміні радіуса  $R$

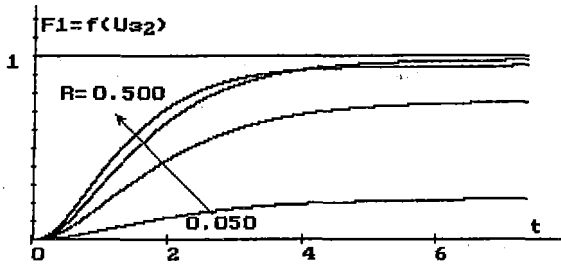


Рис. 6. Залежність натягу  $F_1(U_{s_2})$  при зміні радіуса  $R$

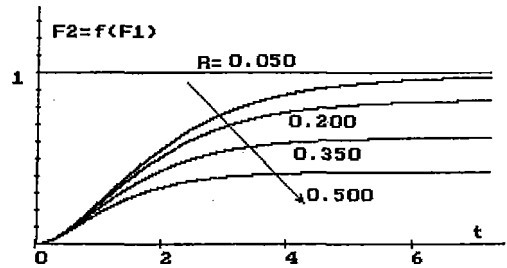


Рис. 7. Залежність натягу  $F_2(F_1)$  при зміні радіуса  $R$

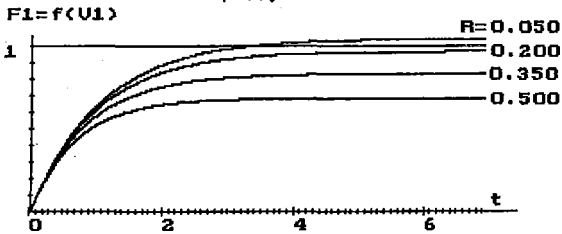


Рис. 8. Залежність натягу  $F_1(V_1)$  при зміні радіуса  $R$

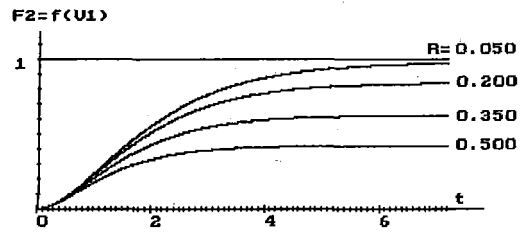


Рис. 9. Залежність натягу  $F_2(V_1)$  при зміні радіуса  $R$

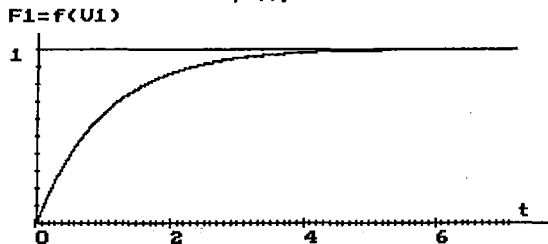


Рис.10. Залежність натягу  $F_1(V_1)$  при зміні  $k_{ТГ0}, k_{ТП}, k_i$

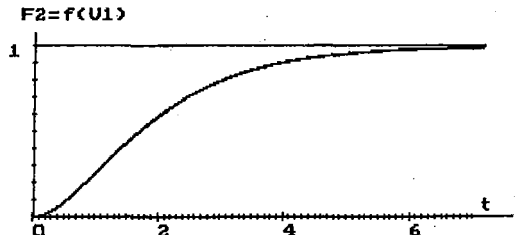


Рис.11. Залежність натягу  $F_2(V_1)$  при зміні  $k_{ТГ0}, k_{ТП}, k_i$

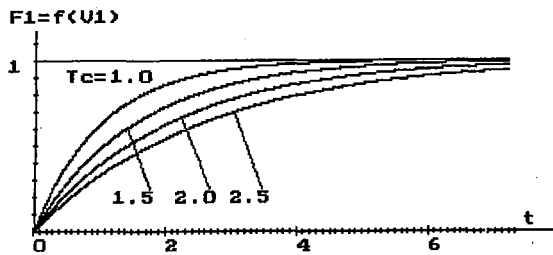


Рис.12. Залежність натягу  $F_1(V_1)$  при зміні постійної часу стрічкопровідної ділянки  $T_c$

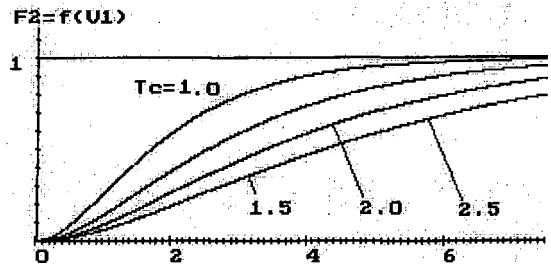


Рис.13. Залежність натягу  $F_2(V_1)$  при зміні постійної часу стрічкопровідної ділянки  $T_c$

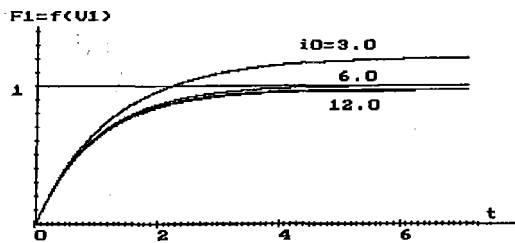


Рис.14. Залежність натягу  $F_1(V_1)$  при зміні параметра  $i_0$

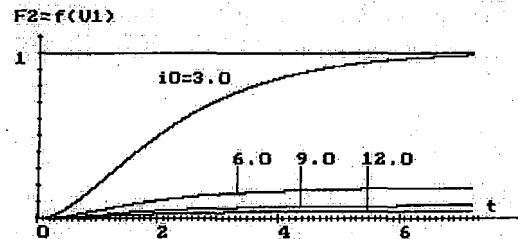


Рис.15. Залежність натягу  $F_2(V_1)$  при зміні параметра  $i_0$

Аналіз залежностей, поданих графічно на рис. 4–15, дозволяє зробити відповідні висновки і дати необхідні рекомендації щодо побудови систем регулювання натягу. Для моделювання вибираються типові значення коефіцієнта передачі зворотного зв'язку за струмом  $k_i = 0,05$  та коефіцієнта передачі тахогенератора  $k_{TГ0} = 0,057$  [2] для виявлення властивостей системи регулювання натягу стрічкового матеріалу за швидкістю руху. При зміні радіуса намотуваного рулону (рис. 4–6, 8) натяг  $F_1(U_{3_0})$  на першому та  $F_2(U_{3_0})$  на другому рулонах практично не залежить від радіуса рулону  $R$ . У той же час регулювання співвідношення натягів легко здійснюється зміною завдання  $U_{3_1}, U_{3_2}$  (рис.4, 6). Аналізуючи залежність (рис.7), бачимо, що зміна натягу на першому рулоні приводить до зміни натягу на другому, причому ця залежність змінюється при зміні радіуса намотуваних рулонів і швидкості роботи машини (рис.9). Очевидно, для стабілізації натягу зі зміною співвідношення радіусів намотуваних рулонів потрібно змінювати завдання  $U_{3_1}, U_{3_2}$ . При збільшенні коефіцієнта передачі тахогенератора натяг на першому і другому рулонах (рис.10, 11) не змінюється. Аналогічні висновки можна зробити щодо коефіцієнта передачі тиристорного перетворювача, коефіцієнтів зворотного зв'язку за напругою та струмом – зміна їхніх значень у широких межах не спричиняє суттєвих змін натягу. При зміні параметрів стрічкопровідної ділянки (рис.12, 13) змінюється в основному швидкодія системи, причому ця система не забезпечує перерегулювання. На стабільність натягу впливають і параметри редуктора  $i_{01}$  (рис. 14, 15). Для отримання м'якої механічної характеристики, можливості зміни швидкості в широких межах та підвищення стабільності натягу необхідно збільшувати передаточне число редуктора. Оптимальним можна вважати  $i_{01} \geq 6$ .

Основними видами збурень для цих систем регулювання натягу є зміна швидкостей суміжних секцій  $V_1 - V_0, V_0 - V_2$  та зміна натягів  $F_2 - F_1$ , які суттєво залежать від жорсткості стрічки та довжини стрічкопровідної ділянки. На амплітуду коливань впливають характер і величина збурень.

Для забезпечення ефективності багатодвигунного електроприводу доцільно застосовувати багатоконтурні системи регулювання натягу (рис.2), оскільки найбільш суттєвим недоліком систем з індивідуальним електроприводом є їх мала демпфуюча здатність.

Враховуючи наявність у системі елементів запізнення та їх нестаціонарність, корекцію відповідних характеристик можна здійснити, застосувавши лише адаптивні регулятори [3].

Таким чином, дані моделювання показують високу ефективність систем регулювання натягу за швидкістю роботи машини і добре узгоджуються з проведеним аналізом моделі.

1. Дурняк Б.В. Аналіз моделей стрічкопровідних систем рулонних друкарських машин // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. УНТЗ. Львів, 1998. Вип. 33. С.75–83.
2. Дурняк Б.В. Деталізована модель розмотувального вузла стрічкопровідної системи рулонних друкарських машин // Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології. Вісник ДУ "Львівська політехніка". Львів, 1999. Вип. 370. С.41–47.
3. Стрепко І.Т., Тимченко О.В., Дурняк Б.В. Проектування систем керування на однокристальних мікро-ЕОМ. К., 1998.

УДК 681.3+655.2

## МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРУЧНОСТІ ЧИТАННЯ ТЕКСТІВ ВИДАНЬ

*С.Я. Ганькевич*

*Досліджено і математично описано у вигляді рівняння регресії вплив параметрів комп'ютерного верстання – кегля шрифту, інтерліньяжу, формату полоси, ущільнення очка літер – на зручність читання текстів видань. Визначено найбільш вагомі параметри.*

*Исследовано и математически описано в виде уравнения регрессии влияние параметров компьютерной верстки – кегля шрифта, интерлиньяжа, формата полосы, уплотнения очка букв – на удобочитаемость текстов изданий. Определены наиболее веские параметры верстки.*

Сьогодні цілком відсутня будь-яка нормативно-технічна документація на процеси складання і верстання поліграфічних видань, в яких використовуються комп'ютерні видавничі системи (КВС). Оскільки операторами КВС, у більшості випадків, працюють люди без поліграфічної освіти, то маємо повну неконтрольованість в оформленні полос видань, наприклад, у використанні шрифтового асортименту, розставленні коректурних переносів, форматуванні полос і т.п.

Можливості КВС при оформленні видань надзвичайно різноманітні, тоді як при фотоскладанні чи лінотипному складанні параметри полоси повністю залежать від типорозмірів шрифту, використовуваного у виданні. Спеціалісти звикли, що для дитячої літератури найкращим вважається кегель шрифту 12п, для газетного видання — 9п, для журналу — двоколонкове складання, для художньої літератури — формат полоси 4.5 кв., для науково-технічної літератури — формат видання 60×90/16.

Для КВС немає обмежень у виборі кегля і гарнітури шрифту, інтерліньяжу, формату полоси. Так, наприклад, гарнітура може вибиратись з точністю до тисячної часточки пункта. Ці обставини ставлять перед сучасними видавцями проблему: а які ж параметри полоси набору потрібні при оформленні видань? Безперечно, у спеціалістів є свої міркування щодо цього, проте визначальним, на нашу думку, є точка зору читачів. Головний критерій, згідно з яким оцінюють видання читачі, — зручність читання. Це вимагає дослідження параметрів верстання засобами КВС. До параметрів, що вивчалися, ми віднесли фактори, від яких залежить вигляд полоси: розмір шрифту (кегель), відстань між рядками тексту (інтерліньяж), довжина рядка тексту (формат полоси) і зміна пропорцій накреслення очка літер (ущільнення очка).

Зручність читання шрифту визначається швидкістю (часом сприйняття) і зручністю читання як окремих знаків, так і тексту в цілому, а також правильним розумінням прочитаного без надлишкової напруги і підвищеної утомленості. Особливого значення набуває проблема зручності читання і визначення оптимальної швидкості читання текстів у зв'язку з удосконаленням існуючих і впровадженням нових способів друку, швидкісних друкуючих вивідних пристроїв КВС, використанням читаючих автоматів і відеотермінальних пристроїв.