Підсумки

Результати тестувань показали, що для того, щоби досягти якісного розміщення треба за змогою брати до уваги більшу частину елементів відносно загальної кількості (70-90%)

Враховуючи, що в реальних схемах деякі елементи мають фіксовані позиції, то значення критерію зв'язності доцільніше обраховувати для всіх елементів на конструктиві, а не тільки для тих елементів, для яких формується початкове розміщення.

Для подальшого покращання результатів розміщення треба використовувати методи локального розміщення елементів в групах та їх глобальної оптимізації.

Висновки

Дослідження запропонованого авторами методу формування початкового розміщення для трьох реальних конструктивів з ручним початковим розміщенням дозволило покращати значення критерію в межах орієнтовно 6-12%. Вважаємо отриманий результат достатньо ефективним для рекомендації подальшого використання методу при проектуванні реальної апаратури.

1. *Базилевич Р.П.* Декомпозиційні і топологічні методи проектування конструкцій радіоелектронної апаратури. Львів, 1981.
2. *M. Sait.* VLSY physical design automation. Theory and Practice. 1995.
3. *Baker B.S.* and *J.S.Schwarz.* Shelf algorithms for two dimentional packing problems. SIAM J. Compt, 3, 1983.
4. *Baker, B.S.* et al. Perfomance bounds for level-oriented two-dimensional packing algorithms. SIAM J.Compt, 9, 1980 (a).

УДК 678.067.5

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ СИСТЕМ ДРУКАРСЬКИХ ПАР

© Б. Дурняк*, О. Тимченко
Національний університет "Львівська політехніка"
* Українська академія друкарства

Проведено аналітичне дослідження та моделювання динаміки системи двох друкарських пар. Визначено співвідношення між основними параметрами системи в усталеному режимі.

The analytical research and simulation of dynamics a system of two printed pairs is conducted. The ratios between main parameters of a system in a static mode are determined.

Вступ

Рівномірна і стабільна подача стрічки в рулонній друкарській машині (РДМ) і її переміщення через технологічні секції в усталеному режимі являє собою складний процес. За короткий час на стрічку діє інтенсивне механічне навантаження при проводці через друкарські секції, одночасно вона насичується вологою, що змінює її фізичні параметри і впливає на її поведінку. Особливість роботи друкарських секцій рулонних машин полягає в забезпеченні високої точності суміщення фарб в межах 0,1 мм на окремих секціях. Постійний натяг стрічки є необхідною умовою для забезпечення необхідної якості готової друкованої продукції.

Практика експлуатації РДМ і дослідження провідних фірм виробників показали, що реальна поведінка стрічки, яка рухається, її навантаження і деформація далекі від розрахункових [1-3].

Мета і особливості дослідження

Стрічкопривідні пристрої транспортують матеріал, що змотується з рулону до робочих секцій, точно розміщують стрічку, забезпечуючи мінімальне відхилення проводки на окремих секціях і виводять із машини у виді рулонів (бобін), що попередньо розрізаються і намотуються на окремі вали, або проводяться в фальцувальний апарат, де відбувається розрізка стрічки на листи і їх фальцування. Дія гальмівного пристрою (фрикційні муфти, гальмівні двигуни) зменшує швидкість подачі розмотувальної стрічки ведучими парами на значення видовження, внаслідок чого через пружність стрічки створюється натяг, необхідний для забезпечення суміщення фарб. Точність транспортування стрічки ведучими валами визначається величиною зусилля натягу і властивостями самої стрічки, а фактична довжина розмотуваної стрічки не завжди відповідає геометричній довжині розгортки кола циліндра.

При проходженні стрічки в багатофарбових РДМ можливе як від'ємне, так і додатне відхилення приводки стрічки. Від'ємне відхилення – проковзування стрічки через недостатнє зусилля притиску, а також через надлишковий розтяг стрічки. Додатне відхилення – випередження стрічки, що може бути викликане різного роду технічними і технологічними причинами під час роботи машини. Слід мати на увазі, що тангенціальна складова сили тертя, яка діє на матеріал, необхідна для транспортування стрічки, а осьова складова – протидіє зміщенню матеріалу в повздовжньому напрямку. Похибки поздовжньої і поперечної приводки виникають також внаслідок деформації стрічки, а стійкість стрічки до деформацій залежить перш за все від в'язкопружної поведінки стрічки при дії навантаження, неоднорідності, анізотропної структури і гігроскопічності матеріалу.

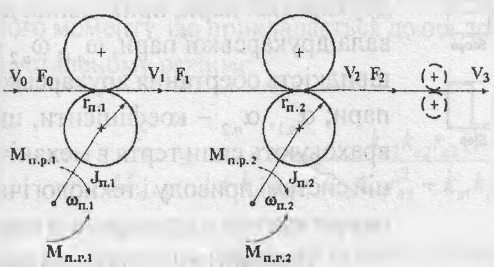


Рис.1. Функціональна схема моделі двох друкарських пар

При транспортуванні пружної стріч-

ки друкарськими парами, діаметри яких різні, швидкість переміщення стрічки змінюється, що приводить до зміни видовження і зусилля натягу матеріалу. Після скачка видовження стрічки відбувається процес переходу до усталеного (стаціонарного) режиму руху, що описується функцією:

$$\Delta\varepsilon_1 = \frac{r_{n2}}{r_{n1}}\Delta\varepsilon_0(1-e^{-t/T_{c1}}). \qquad (1)$$

В РДМ недопустимими є зміни та коливання натягу, що призводять до зміни деформації стрічки і зміщення накладання фарб. Основними причинами зміни натягу стрічкового матеріалу є зміна швидкості роботи машини, зміна радіусу рулону, його неправильна геометрична форма, а також деформація стрічки, викликана різними технологічними факторами внаслідок зволоження стрічкового матеріалу в друкарському апараті або сушіння в сушильній секції (машинах глибокого способу друку).

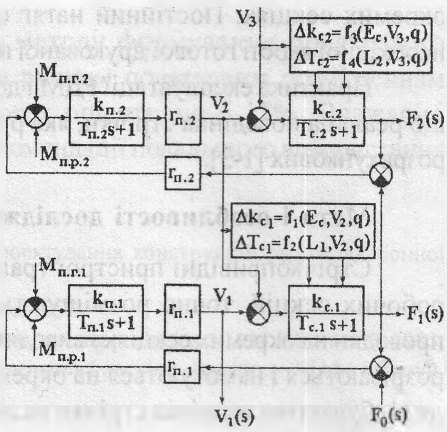


Рис.2. Структурна схема моделі двох друкарських пар

У результаті повзучості стрічки виникає зміщення фарб та падіння натягу на останніх ділянках стрічкопровідної системи. В багатофарбових офсетних рулонних машинах, де всі друкарські апарати приводяться в рух від спільного електроприводу, для компенсації цього збільшують підкладку під форму у вигляді різної товщини аркушів паперу. Отже, при створені адекватних моделей стрічкопровідних систем обов'язково необхідно врахувати нелінійність процесу видовження стрічки в процесі обробки.

Аналітичне дослідження моделі

Введемо позначення (рис.1): $M_{n.p.1}$, $M_{n.p.2}$ – рушійний момент, прикладений до друкарської пари, $M_{n.c.1}$, $M_{n.c.2}$ - момент статичного опору, який визначається натягом стрічки на попередній ділянці, J_{n1}, J_{n2} – момент інерції обертових частин приводу і відповідної друкарської пари, приведений до вала друкарської пари, ω_{n1}, ω_{n2} – швидкість обертання друкарської пари; $\alpha_{n.1}$, α_{n2} – коефіцієнти, що враховують сили тертя в механічній системі приводу і технологічні навантаження в друкарській парі.

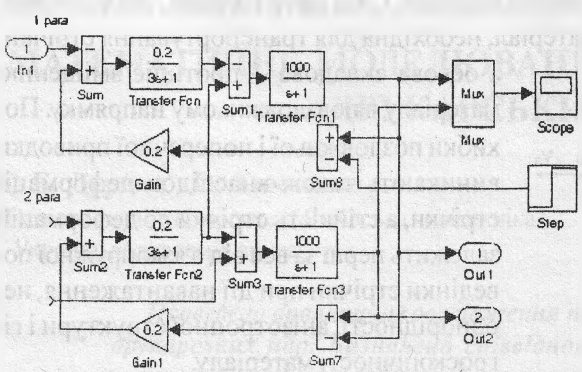


Рис. 3. Схема моделювання системи в SIMULINK

Враховуючи існуючий зворотний зв'язок по силі натягу між

окремими елементами, отримаємо на основі структурних схем елементів [2, 3] та функціональної схеми деталізовану структурну схему моделі (рис.2). На ній позначено: $k_{n.i} = 1/\alpha_{n.i}$, $T_{n.i} = J_{n.i}/\alpha_{n.i}$ - коефіцієнт передачі пари по моменту та постійна часу друкарської пари; $k_{c.1}, T_{c.1}, k_{c.2}, T_{c.2}$ еквівалентний коефіцієнт передачі та постійна часу стрічкопровідної ділянки; L, E_c, q - довжина стрічкопровідної ділянки, модуль пружності стрічкового матеріалу та параметри технологічного процесу.

Відповідні передаточні функції окремих контурів:

$$W_{01} = \frac{k_{n1}k_{c1}r_{n1}^2}{(T_{n1}s+1)(T_{c1}s+1)};\ W_{02} = \frac{k_{n2}k_{c2}r_{n2}^2}{(T_{n2}s+1)(T_{c2}s+1)};\ W_{02} = \frac{k_{n2}k_{c1}r_{n2}^2}{(T_{n2}s+1)(T_{c1}s+1)}; \qquad (2)$$

Після перетворень отримуємо визначник структурної схеми:

$$\Delta(s) = \frac{a_4s^4 + a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0}{(T_{n1}s+1)(T_{c1}s+1)(T_{n2}s+1)(T_{c2}s+1)}, \qquad (3)$$

де $a_4 = T_{n1}T_{n2}T_{c1}T_{c2}$;

$$a_3 = T_{n1}T_{n2}(T_{c1}+T_{c2}) + T_{c1}T_{c2}(T_{n1}+T_{n2}); \qquad (4)$$

$$a_2 = T_{n1}T_{n2} + T_{n1}T_{c1} + T_{n1}T_{c2} + T_{n2}T_{c1} + T_{n2}T_{c2} + T_{c1}T_{c2} + k_{n1}k_{c1}r_{n1}^2T_{n2}T_{c2} + k_{n2}k_{c2}r_{n2}^2T_{n1}T_{c1} + k_{n2}k_{c1}r_{n2}^2T_{n1}T_{c2};$$

$$a_1 = T_{n1} + T_{n2} + T_{c1} + T_{c2} + k_{n1}k_{c1}r_{n1}^2(T_{n2}+T_{c2}) + k_{n2}k_{c2}r_{n2}^2(T_{n1}+T_{c1}) + k_{n2}k_{c1}r_{n2}^2(T_{n1}+T_{c2});$$

$$a_0 = 1 + k_{n1}k_{c1}r_{n1}^2k_{n2}k_{c2}r_{n2}^2 + k_{n1}k_{c1}r_{n1}^2 + k_{n2}k_{c2}r_{n2}^2 + k_{n2}k_{c1}r_{n2}^2.$$

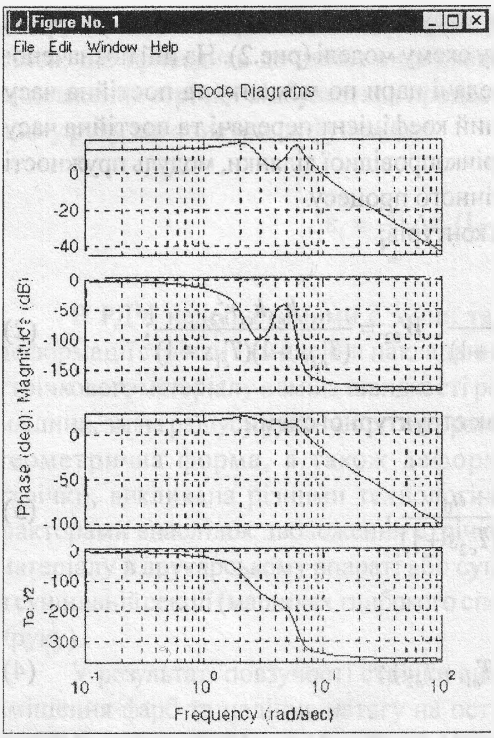
Запишемо залежність натягу на другій ділянці, що створюється за рахунок різниці лінійних швидкостей другої друкарської пари V_2 і наступної тягнучої секції друкарської машини або ж намотувального механізму V_3 від гальмового моменту $M_{n.c.1}$, що прикладається до першої друкарської пари в усталеному режимі:

$$\frac{F_2}{M_{n.c.1}} = \frac{k_{n1}k_{c1}r_{n1}k_{n2}k_{c2}r_{n2}^2}{1 + k_{n1}k_{c1}r_{n1}^2k_{n2}k_{c2}r_{n2}^2 + k_{n1}k_{c1}r_{n1}^2 + k_{n2}k_{c2}r_{n2}^2 + k_{n2}k_{c1}r_{n2}^2}. \qquad (5)$$

Аналогічно до попереднього виразу визначимо залежність натягу F_2 від гальмівного моменту, що прикладається до осі другого привідного валу друкарської пари $M_{n.c.2}$ в усталеному режимі:

$$\frac{F_2}{M_{n.c.2}} = \frac{k_{n2}k_{c2}r_{n2}(1 + k_{n1}k_{c1}r_{n1}^2)}{1 + k_{n1}k_{c1}r_{n1}^2k_{n2}k_{c2}r_{n2}^2 + k_{n1}k_{c1}r_{n1}^2 + k_{n2}k_{c2}r_{n2}^2 + k_{n2}k_{c1}r_{n2}^2}. \qquad (6)$$

Залежність натягу на першій ділянці F_1 від гальмівного моменту, що прикладається до осі першого привідного валу друкарської пари $M_{n.c.1}$ в усталеному режимі:



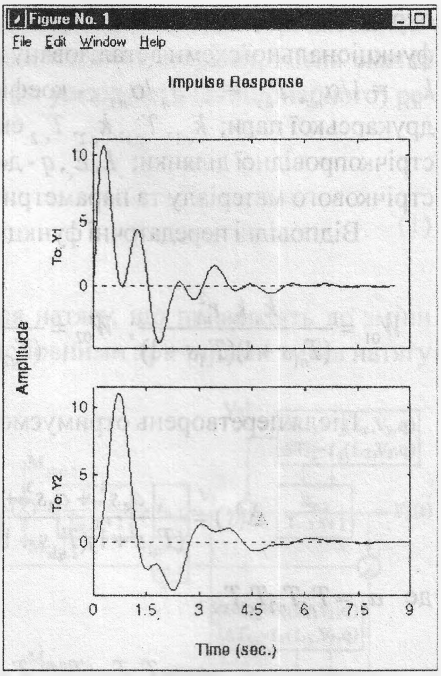


Рис.4.1. Діаграма Боде та імпульсна характеристика системи

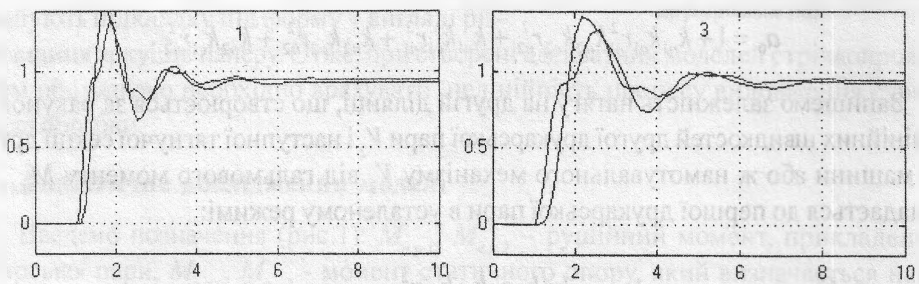


Рис.4.2. Залежність $F_2 = f(M_{n.2})$ при зміні T_n

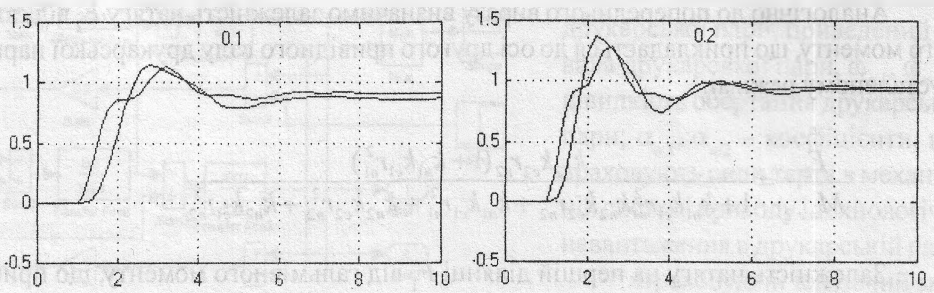


Рис.4.3. Залежність $F_2 = f(V_2)$ при зміні r_n

$$\frac{F_1}{M_{n.c.1}} = \frac{k_{n1}k_{c1}r_{n1}(1+k_{n2}k_{c2}r_{n2}^2)}{1+k_{n1}k_{c1}r_{n1}^2k_{n2}k_{c2}r_{n2}^2+k_{n1}k_{c1}r_{n1}^2+k_{n2}k_{c2}r_{n2}^2+k_{n2}k_{c1}r_{n2}^2}; \quad (7)$$

Аналізуючи вирази (7)-(13) і провівши перетворення, отримаємо залежності між величинами натягу і їх приростами при дії збурення $M_{n.c.1}$ на суміжних секціях рулонної друкарської машини.

$$F_1 = F_2 + k_{c.1}M_{n.c.1}; \quad (8)$$

де $k_{c.1} = \frac{k_{n1}k_{c1}r_{n1}}{1+k_{n1}k_{c1}r_{n1}^2k_{n2}k_{c2}r_{n2}^2+k_{n1}k_{c1}r_{n1}^2+k_{n2}k_{c2}r_{n2}^2+k_{n2}k_{c1}r_{n2}^2}$ статичний коефіцієнт зміни натягу між друкарськими парами друкарської машини, що обумовлений збурюючою дією моментів.

Аналіз (8) показує, що приріст натягу на першій міжсекційній ділянці при зміні збурюючого моменту $M_{n.c.1}$ дорівнює приросту натягу на другій ділянці, плюс друга складова виразу (8). Це можна пояснити тим, що зміна натягу при зміні збурення, наприклад, величини радіуса розмотуваного рулону, передається через стрічковий матеріал в напрямку його руху.

При значних змінах моменту, які можуть бути викликані неправильною геометричною формою рулону із ексцентриситетом, несправністю гальмівного пристрою тощо, може відбутись розрив матеріалу. Імовірність розриву стрічки на ділянці, що знаходиться ближче до розмотувальної секції, як показує аналіз виразу (8), значно більша. Аналізуючи отримані вирази, приходимо до висновку, що із зростанням швидкості переміщення стрічкового матеріалу зв'язок між натягами сусідніх секцій зростає.

Враховуючи тенденцію зростання швидкості рулонних друкарських машин, вивчення поведінки стрічкового матеріалу становить інтерес для дослідження динаміки його проводки через технологічні секції, оскільки стрічка, що обробляється, являє собою об'єкт керування із змінними в часі властивостями і характеристиками, що необхідно знати при розробці і вдосконалені стрічкопровідних систем.

Математичне моделювання і висновки

Дослідження динаміки здійснено шляхом комп'ютерної симуляції для типових параметрів стрічкопровідної системи і друкарських пар в системі MATLAB (рис.3).

Основні результати моделювання - ЛАЧХ, імпульсна характеристика системи, зміни натягу від збурень F_0 при варіації параметрів r_n та T_n показані на рис.4.1-4.3.

Результати моделювання добре узгоджуються з реальною поведінкою системи у виробничих умовах.

1. Стрепко І.Т., Тимченко О.В., Дурняк Б.В. Проектування систем керування на однокристальних мікроЕОМ. К., 1998.

2. Дурняк Б.В. Математичні моделі елементів стрічкопровідної системи рулонних друкарських машин // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. УНТЗ. Вип. 33. Львів, 1998. С.67-74.

3. Durnjak B., Timczenko A. Adaptacyjne roznicowanie sygnalow w modulach automatycznego stegowania w czasie realnym // Technologia i automayzacia montazu. NR 4/1999. Rzeszow: 1999. - s. 36-38.