

вокалізована, Л - вокалізована; П - носова, Л - носова; П - невокалізована, Л - невокалізована; П - щілинна, Л - щілинна; П - дзвінка вибухова, Л - дзвінка вибухова.

Крім того, можна використовувати запитання, які належать до конкретних наборів контекстів. Запитання в кожному вузлі вибирають так, щоб максимізувати правдоподібність навчальних даних, які даються відповідними зв'язаними станами.

Рисунок ілюструє зв'язування центральних станів усіх трифонів фонемі [o] з використанням фонетичного вирішуючого дерева. Малі кола у верхній частині рисунку позначають вхідний та вихідний стани трифонів, а великі кола - породжуючі стани трифонів.

У нижній частині рисунка зображено фонетичне вирішуюче дерево. Зафарбовані кола позначають кінцеві вузли дерева. Усі стани в тому самому кінцевому вузлі дерева зв'язуються. Так, центральний стан трифону *a-o+ч* потрапить у другий зліва кінцевий вузол дерева.

Використання запропонованих оцінки кількості трифонів для словника найвживаніших слів української мови та запитань для фонетичних вирішуючих дерев дадуть змогу покращити якість навчання та роботи системи розпізнавання мови.

1. *Kapadia S.* Discriminative training of hidden Markov models. PhD thesis, Cambridge University, 1998.
2. *Рашикевич Ю.М.* Перетворення часового масштабу мовних сигналів. Львів, 1997.
3. *Hain T., Woodland P.C., Niesler T.R., Whittaker E.W.D.* The 1998 HTK system for transcription of conversational telephone speech// Proc. ICASSP'99, pp.57-60, Phoenix.
4. *Hain T., Woodland P.C., Evermann G., Povey D.* The CU-HTK March 2000 Hub 5E transcription system. Proc// Speech Transcription Workshop. College Park, 2000.

УДК 678.067.5

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ПОЛІГРАФІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB

© Богдан Дурняк, Олександр Тимченко

Українська академія друкарства, м. Львів, вул. Підголюско, 19

*Проведено оптимізацію параметрів системи автоматичного регулювання натягу стрічкового матеріалу прямої дії флексографської друкарської машини за допомогою пакета MATLAB.*

*The optimization of parameters of the autothrottle system by a tension of a tape material of a direct operation флексографской of the printed machine with the help of f package MATLAB is executed.*

Вимоги отримання високої якості друкованої продукції на рулонних ротаційних машинах (PPM) приводять до необхідності застосування систем автоматичного регулювання, які повинні забезпечити постійність заданих параметрів при різноманітних збуреннях як в усталеному режимі роботи, так і в перехідних режимах пуску, автосклеювання та зупинки машини. Основним джерелом збурень в PPM є зміна швидкості паперового полотна в точці розмотування на поверхні рулону, пов'язана зі зменшенням діаметра рулону під час розмотування і неідеальністю його форми.

Складність дослідження поведінки таких систем регулювання пов'язана, насамперед, з нелінійністю та нестационарністю моделей. Приймаючи допущення про квазілінійність та квазістационарність [1], для дослідження можна використати комп'ютерне моделювання.

Для забезпечення такого моделювання існує велика кількість універсальних та проблемно-орієнтованих засобів. До них належать інтерактивна система *MATLAB*, яка має можливості застосування бібліотечних, а також створених користувачем алгоритмів. Ця система дуже популярна в зв'язку зі зручністю і доступністю виконання найрізноманітніших наукових та інженерних обчислень при моделюванні систем високого рівня складності. Алгоритми спеціалізованих програм користувача можуть бути написані мовою *C++*, *Fortran* і вбудовані в бібліотеки стандартних модулів.

Основною перевагою системи *MATLAB* є зручне операційне середовище, яке дає змогу отримувати результати і формулювати задачі в звичній для більшості користувачів математичній формі, не застосовувати програмування мовами високого рівня, а розвинутий графічний інтерфейс користувача *GUI* дає можливість наочно відображати результати проведеного моделювання.

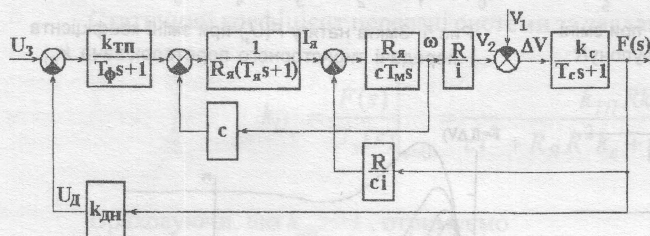


Рис.2. Структурна схема системи прямого регулювання натягу

*LINK.*

*SIMULINK* є складовим елементом програми *MATLAB* для створення моделей,

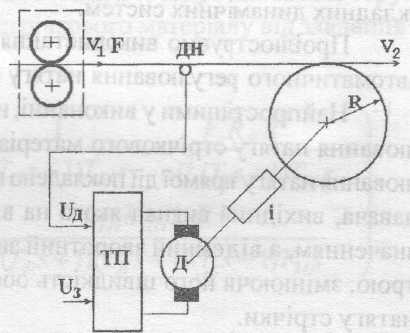


Рис.1. Функціональна схема системи прямого регулювання натягу

жати результати проведеного моделювання.

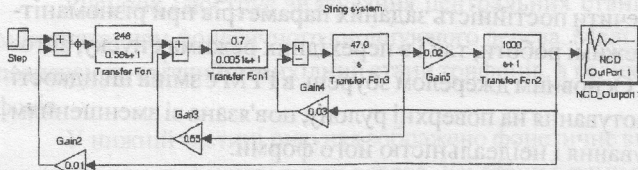
Система *MATLAB* постійно розвивається і розширюється, а її можливості наближаються до моделюючих систем високого рівня *ACSL*.

Особливої уваги заслуговує система графічного моделювання *SIMU-*

моделювання і дослідження динамічних систем. Система моделювання підтримує інтерактивний режим і тому дає змогу під час моделювання змінювати як параметри, так і результати із засобів *MATLAB*. Застосовуючи графічні вікна, можна спостерігати за моделюванням, втручатись в процес і зберігати результати в робочому просторі для подальшої обробки [2].

У цій системі можна будувати моделі складних динамічних систем з зосередженими і розподіленими параметрами, які описуються звичайними диференціальними рівняннями і рівняннями з частковими похідними. Її застосування дає змогу по новому планувати дослідження і оптимізацію складних динамічних систем.

Рис. 3. Схема моделювання системи в SIMULINK



Проілюструємо використання *SIMULINK* для оптимізації параметрів системи автоматичного регулювання натягу стрічкового матеріалу в PPM.

Найпростішими у виконанні, налагоджуванні та аналізі є системи прямого регулювання натягу стрічкового матеріалу. В основу роботи систем автоматичного регулювання натягу прямої дії покладено принцип вимірювання натягу за допомогою певного датчика, вихідний сигнал якого на вході замкнутої системи порівнюється із заданим значенням, а від'ємний зворотний зв'язок діє на електропривод намотувального пристрою, змінюючи його швидкість обертання так, щоб забезпечити стабільне значення натягу стрічки.

Найпростішими у виконанні, налагоджуванні та аналізі є системи прямого регулювання натягу стрічкового матеріалу. В основу роботи систем автоматичного регулювання натягу прямої дії покладено принцип вимірювання натягу за допомогою певного датчика, вихідний сигнал якого на вході замкнутої системи порівнюється із заданим значенням, а від'ємний зворотний зв'язок діє на електропривод намотувального пристрою, змінюючи його швидкість обертання так, щоб забезпечити стабільне значення натягу стрічки.

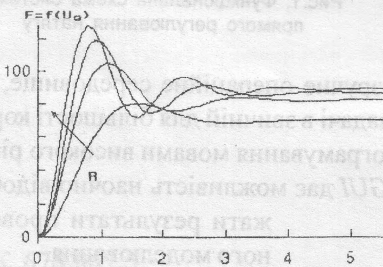


Рис.4. Зміна натягу  $F(U_0)$  при зміні радіуса намотуваного ролону  $R$

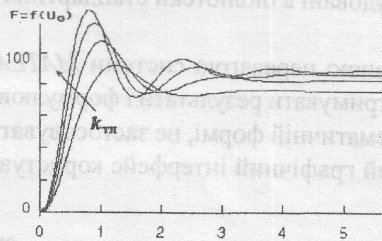


Рис.5. Зміна натягу  $F(U_0)$  при зміні коефіцієнта передачі тиристорного перетворювача  $k_{TT}$

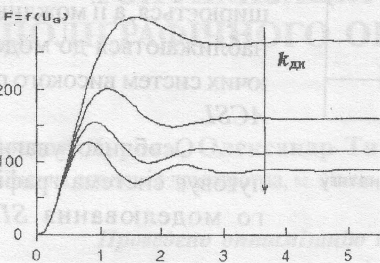


Рис.6. Зміна натягу  $F(U_0)$  при зміні коефіцієнта передачі датчика натягу  $k_{DK}$

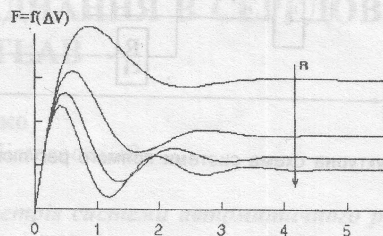


Рис.7. Зміна натягу  $F(\Delta V)$  при зміні швидкості роботи машини

Типова функціональна схема такої системи наведена на рис. 1. До її складу входить тиристорний перетворювач ТП, вихідний сигнал якого керує двигуном Д привода. Двигун через редуктор з передатним числом  $i$  зв'язаний з віссю намотуваного рулону. Така система керує натягом стрічки лише в зоні розміщення вимірювача натягу ДН, тому його необхідно розмішувати безпосередньо перед намотуваним рулоном, а в системі проведення стрічки можна додатково передбачити обвідні валики, перший із яких, як показав аналіз [3], доцільно виконати з індивідуальним приводом, що забезпечить зменшення впливу останньої друкарської пари на натяг.

На основі цієї функціональної схеми складено структурну схему моделі (рис. 2), де:  $k_{ТП}$ ,  $T_{\phi}$  - коефіцієнт передачі тиристорного перетворювача та стала часу фільтра;  $R_{Я}$ ,  $T_{Я}$  - опір якоря двигуна і його стала часу;  $c$  - стала двигуна;  $i$  - передатне число редуктора;  $R$  - радіус намотуваного рулону;  $k_c$ ,  $T_c$  - еквівалентний коефіцієнт передачі та стала часу стрічкопровідної ділянки;  $k_{ДН}$  - коефіцієнт передачі давача натягу;  $T_M$  - електромеханічна стала часу двигуна.

В припущенні про лінійність та стаціонарність моделі із запропонованої структурної схеми (рис. 2) знайдено залежність натягу стрічкового матеріалу від завдання у вигляді:

$$\frac{F(s)}{U_3(s)} = \frac{k_{ТП}}{T_{\phi}s + 1} \cdot \frac{1}{R_{Я}(T_{Я}s + 1)} \cdot \frac{R_{Я}R}{ciT_Ms} \cdot \frac{k_c}{T_cs + 1} \cdot \left( 1 + \frac{1}{(T_{Я}s + 1)T_Ms} + \frac{k_c R_{Я} R^2}{ci^2 (T_cs + 1)T_Ms} + \frac{k_{ТП} k_{ДН} k_c R}{ci(T_{\phi}s + 1)(T_{Я}s + 1)(T_cs + 1)T_Ms} \right)^{-1}$$

Ця залежність статична. Після відповідного спрощення отримаємо

$$\frac{F(s)}{U_3(s)} = \frac{k_{ТП} R k_c i}{ci^2 T_{\phi} T_{Я} T_c T_M s^4 + ci^2 [T_{\phi} (T_{Я} + T_c) T_M + T_{Я} T_c T_M] s^3 + ci^2 + R_{Я} R^2 k_c + ik_{ТП} k_{ДН} k_c R + \{ci^2 [T_{\phi} T_M + (T_{Я} + T_c) T_M + T_{\phi} T_c] + R_{Я} R^2 k_c T_{Я} T_c\} s^2 + \{ci^2 [T_M + T_{\phi} + T_c] + R_{Я} R^2 k_c (T_{Я} + T_c)\} s. \quad (1)$$

Статичний коефіцієнт передачі системи за завданням дорівнює

$$k_{U_3} = \left. \frac{F(s)}{U_3(s)} \right|_{s=0} = \frac{k_{ТП} R k_c i}{ci^2 + R_{Я} R^2 k_c + ik_{ТП} k_{ДН} k_c R}. \quad (2)$$

Враховуючи, що  $k_{ТП} \gg 1$ , отримуємо

$$k_{U_3} = \frac{1}{\frac{R_{Я} R}{ik_{ТП}} + k_{ДН}} \approx \frac{1}{k_{ДН}}, \quad (3)$$

тобто в першому наближенні статичний коефіцієнт передачі системи за завданням обернено пропорційний до коефіцієнта передачі давача натягу.

Із застосуванням (2) нескладно провести моделювання динаміки системи при різноманітних збуреннях та зміні завдання. Але воно доволі громіздке. Тому доцільно досліджувати дану систему регулювання натягу моделюванням в середовищі *MATLAB* для типових значень параметрів системи. На рис.4-7 показані результати такого моделювання відповідно для зміни сили натягу від завдання  $F(U_0)$  при зміні радіуса рулону  $R$ , для зміни сили натягу від завдання  $F(U_0)$  при зміні коефіцієнта передачі тиристорного перетворювача  $k_{TH}$  та коефіцієнта передачі давача натягу  $k_{ДН}$  зі зміною радіуса рулону  $R$ , а також зміну натягу від зміни швидкості  $F(\Delta V)$  при зміні радіуса рулону  $R$ .

Натяг практично не залежить від радіуса рулону (рис.4). Зі збільшенням коефіцієнта передачі давача натягу змінюється лише швидкодія системи та значення перерегулювання, а натяг не змінюється зі зміною радіуса намотуваного рулону. Ана-

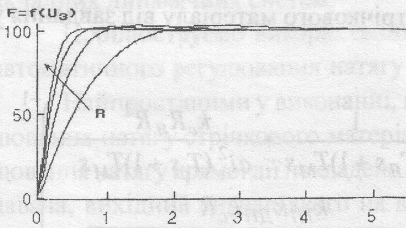


Рис. 8. Результати оптимізації системи в SIMULINK: зміна натягу залежно від зміни завдання

логічні висновки можна зробити щодо коефіцієнта передачі тиристорного перетворювача (рис.5) - зміна його значення в широких межах не призводить до суттєвих змін натягу. Але, одночасно, зі зміною коефіцієнта передачі давача натягу  $k_{ДН}$  в абсолютне значення натягу змінюється (рис.6), що свідчить про необхідність проектування давачів зі стабільними характеристиками [4].

Особливий інтерес викликає рис.7, який ілюструє вплив випадкових збурень швидкості переміщення стрічкового матеріалу на натяг. Значення натягу змінюється зі зміною радіуса рулону, причому зі збільшенням радіуса рулону залежність натягу від зміни швидкості зменшується. Це свідчить, зокрема, що необхідно забезпечити заданий натяг при малих радіусах, оскільки при більших ця задача простіша.

Очевидно, що поліпшити параметри системи можна, використовуючи відповідний регулятор, задаючи діапазон зміни його параметрів та обмежень на вихідний сигнал системи. Місце для регулятора відзначене на рис.3. Результати оптимізації системи регулювання натягу показані на рис.8.

Оптимальними для даної системи виявились параметри регулятора  $K_p = 0.95$ ;  $K_i = 0.75$ ,  $K_d = 0.3$ . Порівнюючи ці результати з рис. 4, можна зробити висновок про надзвичайно високу ефективність використаного програмного забезпечення, яке ало змогу без застосування докладного математичного аналізу виразу (1) разом з регулятором, досягти значного поліпшення параметрів системи.

1. Дурняк Б.В., Тимченко О.В. Моделювання і дослідження стрічководної системи багатодвигунної рулонної ротаційної машини // Збірн. наук. праць ІПМЕ НАН України. К., 2000. Вип.9. С.94-103.
2. Потемкин В.Г. Система *MATLAB*: Спр. пос. М., 1997.
3. Дурняк Б.В. Деталізована модель розмотувального вузла стрічководної системи рулонних друкарських машин / Вісн. ДУ "Львівська політехніка". N.370. 1999. С.41-47.
4. Стрелко І.Т., Тимченко О.В., Дурняк Б.В. Проектування систем керування на однокристальних мікроЕОМ. - К., 1998.