

ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРЕХІДНОГО ПРОЦЕСУ ПРИ ПУСКУ ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ

Представлено результати досліджень з розробки методу оптимізації перехідного процесу в основов'язальній машині під час її пуску.

Here are results of development researches of the method to optimize transformation process in warp-knitting machine on start.

Ключові слова: основов'язальна машина; еквівалентна модель основов'язальної машини, параметри основов'язальної машини, оптимізація пуску основов'язальної машини.

Перспективою підвищення ефективності роботи основов'язальних машин, як відомо [1– 3], є зниження динамічних навантажень, що виникають під час їх несталого режиму роботи (пуск, гальмування та ін.).

Як показують дослідження [4], одним із перспективних і актуальних напрямків зниження динамічних навантажень у в'язальних машинах, зокрема і у основов'язальних, є оптимізація перехідного процесу пуску.

Об'єктом досліджень обрано процес оптимізації процесу при пуску основов'язальної машини та розробку методу знаходження оптимальних її параметрів, здатних оптимізувати динамічні навантаження, що виникають під час пуску.

При розв'язанні задач, поставлених у даній роботі, були використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії динамічних процесів в механічних системах з пружними в'язями.

Завданням досліджень стала розробка методу оптимізації перехідного процесу при пуску основов'язальної машини.

Останнім часом все більшого значення набуває завдання побудови систем, оптимальних за деяким критерієм. Дуже часто в якості такого критерію обирається час перехідного процесу у динамічній системі [5]. У цьому випадку завдання побудови оптимальної системи зводиться до вибору параметрів, при яких час перехідного процесу є мінімальним. При цьому зменшуються втрати, пов'язані з відхиленням від номінального технологічного режиму, підвищується продуктивність машини та якість продукції.

Завдання побудови системи, оптимальної за швидкодією в просторі параметрів, розглядається в монографії [6] на основі інтегральних методів.

Однак можна вказати більш простий шлях отримання умов оптимальності, використовуючи операційний метод розв'язання диференціальних рівнянь перехідного процесу [7, 8]. Виконаємо аналіз параметрів основов'язальної машини, з метою оптимізації перехідного процесу з затухання. Ступінь впливу всіх механізмів петлетворення на швидкість затухання перехідного процесу є абсолютно однаковим. Тому, для спрощення розв'язку задачі оптимізації основов'язальну машину доцільно привести до тримсової еквівалентної моделі з першою ведучою масою [4].

У цьому випадку диференціальні рівняння руху, що описують перехідний процес, мають вигляд [9]:

$$\begin{aligned} I_1 \ddot{\varphi}_1 + K_{12}(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) &= 0; \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 + K_{23}(\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) - K_{12}(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + C_{23}(\varphi_2 - \varphi_3) - C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) &= 0; \\ I_3 \ddot{\varphi}_3 - K_{23}(\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) - C_{23}(\varphi_2 - \varphi_3) &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

де I_1, I_2, I_3 – приведені моменти інерції обертових мас електродвигуна, головного валу та механізмів петлетворення відповідно;

C_{12}, C_{23} – приведені жорсткості клинопасової передачі і пружних в'язей приводу механізмів петлетворення відповідно;

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – кутові переміщення відповідних мас основов'язальної машини в період пуску;

K_{12}, K_{23} – коефіцієнти загасання нестационарних коливань головного валу і механізмів петлетворення відповідно.

Враховуючи, що $C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) = M_{12}$, $C_{23}(\varphi_2 - \varphi_3) = M_{23}$,

систему рівнянь (1) можна привести до вигляду:

$$\begin{aligned} \ddot{M}_{12} + K_{12} \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} \dot{M}_{12} - K_{23} \frac{C_{12}}{I_2 C_{23}} \dot{M}_{23} + C_{12} \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} M_{12} - \frac{C_{12}}{I_2} M_{23} &= 0; \\ \ddot{M}_{23} + K_{23} \frac{I_2 + I_3}{I_2 I_3} \dot{M}_{23} - K_{12} \frac{C_{23}}{I_2 C_{12}} \dot{M}_{12} + C_{23} \frac{I_2 + I_3}{I_2 I_3} M_{23} - \frac{C_{23}}{I_2} M_{12} &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Оскільки початкові умови не впливають на швидкість загасання перехідного процесу, то можна вважати:

$$\dot{M}_{12}(0) = M_{12}(0) = \dot{M}_{23}(0) = M_{23}(0) = 0. \quad (3)$$

Перейдемо в системі рівнянь (2) до зображень по Лапласу [10]. Позначимо:

$$M^{(j)}(t) \div \rightarrow p^j M(t), \quad j = 0, 1, 2, 3, 4. \quad (4)$$

Тоді рівняння (2) в зображеннях по Лапласу запишуться:

$$\begin{aligned} p^2 M_{12}(p) + K_{12} \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} p M_{12}(p) - K_{23} \frac{C_{12}}{I_2 C_{23}} p M_{23}(p) + C_{12} \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} M_{12}(p) - \frac{C_{12}}{I_2} M_{23}(p) &= 0; \\ p^2 M_{23}(p) + K_{23} \frac{I_3 + I_2}{I_2 I_3} p M_{23}(p) - K_{12} \frac{C_{23}}{I_2 C_{12}} p M_{12}(p) + C_{23} \frac{I_2 + I_3}{I_2 I_3} M_{23}(p) - \frac{C_{23}}{I_2} M_{12}(p) &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Отримана система рівнянь, на відміну від вихідних диференціальних рівнянь (2), є алгебраїчною відносно зображень $M_{12}(p)$ і $M_{23}(p)$.

Виключаючи з (5) зображення $M_{23}(p)$, для моменту $M_{12}(p)$ отримуємо:

$$(p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4) M_{12}(p) = 0, \quad (6)$$

де

$$\begin{aligned} a_1 &= K_{12} \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} + K_{23} \frac{I_2 + I_3}{I_2 I_3}; \\ a_2 &= C_{12} \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} + C_{23} \frac{I_2 + I_3}{I_2 I_3} + K_{12} K_{23} \frac{I_1 + I_2 + I_3}{I_1 I_2 I_3}; \\ a_3 &= (K_{12} C_{23} + K_{23} C_{12}) \frac{I_1 + I_2 + I_3}{I_1 I_2 I_3}; \\ a_4 &= C_{12} C_{23} \frac{I_1 + I_2 + I_3}{I_1 I_2 I_3}. \end{aligned} \quad (7)$$

Для подальших перетворень зручно зробити заміну змінної:

$$M_{12}(t) = y(t) e^{-\alpha t}, \quad (8)$$

де α – позитивний параметр, що визначає затухання координати M_{12} .

Очевидно, що для обмеженої функції $y(t)$:

$$|y(t)| \leq N, \quad (9)$$

де N – деяка позитивна константа.

Для якнайшвидшого затухання перехідного процесу по координаті M_{12} потрібно вибрати коефіцієнти рівняння руху такими, щоб параметр α був максимальним (8) і була виконана нерівність (9).

З урахуванням умови (8) по теоремі зсуву [11], запишемо для зображень похідних (4):

$$M^{(j)}(t) \div \rightarrow p^j M(p) = p^j Y(p + \alpha). \quad (10)$$

Підставляючи співвідношення (9) в рівняння (6), отримуємо:

$$(p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4) Y(p + \alpha) = 0. \quad (11)$$

Позначимо, $p + \alpha = q$.

Звідки:

$$p = q - \alpha. \quad (12)$$

З урахуванням виразу (12) рівняння (11) після деяких перетворень приймає вигляд:

$$(q^4 + b_1 q^3 + b_2 q^2 + b_3 q + b_4) Y(q) = 0. \quad (13)$$

де

$$\begin{aligned} b_1 &= a_1 - 4\alpha; \\ b_2 &= a_2 - 3a_1\alpha + 6\alpha^2; \\ b_3 &= a_3 - 2a_2\alpha + 3a_1\alpha^2 - 4\alpha^3; \\ b_4 &= a_4 - a_3\alpha + a_2\alpha^2 - a_1\alpha^3 + \alpha^4. \end{aligned} \quad (14)$$

Задаємо, щоб розв'язання однорідного рівняння (13) було стійким. Для визначення умов стійкості скористаємося критерієм Рауса-Гурвіца [11], згідно з яким необхідно, щоб усі коефіцієнти рівняння (12) були б строго позитивними, тобто:

$$b_1 > 0, \quad b_2 > 0, \quad b_3 > 0, \quad b_4 > 0. \quad (15)$$

З виразу для коефіцієнта b_1 (14) і умов (15) випливає, що максимальне значення α буде при

$$b_1 = 0. \quad (16)$$

Звідки:

$$\alpha_{max} = \frac{a_1}{4}. \quad (17)$$

Однак це призводить до порушення необхідних умов стійкості (15) рішення $y(t)$. Тим не менш, можна отримати стійке рішення $y(t)$, якщо вимагати, щоб корні характеристичного рівняння (13) були чисто уявними. Для цього, як відомо за теоремою Безу, необхідно, щоб коефіцієнти при непарних ступенях були рівні нулю, тобто $b_3 = 0$. Тоді рівняння (13) приймає вигляд:

$$(q^4 + b_2q^2 + b_4)Y(q) = 0. \quad (18)$$

При цьому коефіцієнти з парними індексами повинні задовольняти наступному співвідношенню [6]:

$$\frac{b_4}{b_2^2} \leq \frac{1}{4}.$$

Таким чином, умовами оптимальності системи по затуханню будуть:

$$b_1 = 0; \quad b_3 = 0; \quad b_4 \leq \frac{1}{4}b_2^2. \quad (19)$$

За даними рівнянь (7), (14), (17) за умови (19), після перетворень (відкидаючи члени високого ступеня малості, так як $K_i \ll C_i$), отримуємо:

$$(K_{12}C_{23} + K_{23}C_{12})\left(\frac{I_1 + I_2 + I_3}{I_1I_2I_3} - \frac{1}{I_2^2}\right) - K_{12}C_{12}\left(\frac{I_1 + I_2}{I_1I_2}\right)^2 - K_{23}C_{23}\left(\frac{I_2 + I_3}{I_2I_3}\right)^2 = 0.$$

Звідки випливає:

$$C_{12} = C_{23} \frac{K_{23}\left(\frac{I_2 + I_3}{I_2I_3}\right)^2 - K_{12}\left(\frac{I_1 + I_2 + I_3}{I_1I_2I_3} - \frac{1}{I_2^2}\right)}{K_{23}\left(\frac{I_1 + I_2 + I_3}{I_1I_2I_3} - \frac{1}{I_2^2}\right) - K_{12}\left(\frac{I_1 + I_2}{I_1I_2}\right)^2}. \quad (20)$$

Оскільки $C_{12} > 0$, $C_{23} > 0$, то:

$$\begin{aligned} K_{23}\left(\frac{I_2 + I_3}{I_2I_3}\right)^2 - K_{12}\left(\frac{I_1 + I_2 + I_3}{I_1I_2I_3} - \frac{1}{I_2^2}\right) &> 0; \\ K_{23}\left(\frac{I_1 + I_2 + I_3}{I_1I_2I_3} - \frac{1}{I_2^2}\right) - K_{12}\left(\frac{I_1 + I_2}{I_1I_2}\right)^2 &> 0, \end{aligned} \quad (21)$$

або

$$\begin{aligned} K_{23}\left(\frac{I_2 + I_3}{I_2I_3}\right)^2 - K_{12}\left(\frac{I_1 + I_2 + I_3}{I_1I_2I_3} - \frac{1}{I_2^2}\right) &< 0; \\ K_{23}\left(\frac{I_1 + I_2 + I_3}{I_1I_2I_3} - \frac{1}{I_2^2}\right) - K_{12}\left(\frac{I_1 + I_2}{I_1I_2}\right)^2 &< 0. \end{aligned} \quad (22)$$

Для дотримання нерівностей (21), (22) необхідно виконання умови:

$$\frac{I_1 + I_2 + I_3}{I_1I_2I_3} - \frac{1}{I_2^2} > 0. \quad (23)$$

Це означає, що I_1 не може бути вибрано як завгодно малим в порівнянні з I_2 і I_3 . Величина I_1 повинна визначатися співвідношенням:

$$\frac{1}{I_1} \geq \frac{1}{I_2} + \frac{1}{I_3}. \quad (24)$$

Оскільки в сучасних швидкохідних основов'язальних машинах має місце умова $I_2 > I_1 < I_3$, запропонована умова оптимальності системи по затуханню (24) відповідає тенденції сучасного основов'язального машинобудування – зменшення моментів інерції механізмів петлетворення.

Висновки

З метою розробки оптимальної по затуханню перехідного процесу конструкції основов'язальної машини, доцільно:

- збільшувати момент інерції (I_1) ведучої маси системи (ротор двигуна, шків пасової передачі та ін.);
- зменшувати момент інерції I_3 механізмів петлетворення;
- момент інерції головного валу I_2 повинен бути обраний таким, щоб виконувалася умова (24);

- співвідношення жорсткостей C_{12}, C_{23} повинні задовольняти умову (20).

Література

1. Гарбарук В.Н. Проектирование трикотажных машин / Гарбарук В.Н. – Л.: Машиностроение, 1980. – 472 с.
2. Хомяк О.Н. Повышение эффективности работы вязальных машин / О.Н. Хомяк, Б.Ф. Пипа. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 209 с.
3. Чабан В.В. Наукові основи проектування пристроїв натягу ниток основи машин легкої промисловості / Чабан В.В. – К.: КНУТД, 2010. – 180 с.
4. Сердюк В.П. Расчет приводов машин легкой промышленности / Сердюк В.П. – К.: Техніка, 1978. – 232 с.
5. Симин С.Х. Быстроходные основовязальные машины / Симин С.Х. – М.: Гизлегпром, 1955. – 159 с.
6. Голубенцев А.Н. Интегральные методы в динамике / Голубенцев А.Н. – К.: Техніка, 1967. – 350 с.
7. Дёч Г. Преобразование Лапласа и z-преобразование / Дёч Г. – М.: Наука, 1971. – 288 с.
8. Штокало И.З. Операционные методы и их развитие в теории линейных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами / Штокало И.З. – К.: Изд. АН УССР, 1961. – 128 с.
9. Кожевников С.Н. Динамика машин с упругими звеньями / Кожевников С.Н. – К.: Изд-во АН УССР, 1961. – 190 с.
10. Демидович Б. П. Основы вычислительной математики / Б. П. Демидович, И. А. Марон. – М.: Физматгиз, 1963. – 660 с.
11. Беллман Р. Введение в теорию матриц / Беллман Р. – М.: Наука, 1969. – 368 с.

Надійшла 18.9.2012 р.

Рецензент: д.т.н. Місяць В.П.

УДК 687.053

П.Г. КАПУСТЕНСЬКИЙ, Е.А. МАНЗЮК

Хмельницький національний університет

ТРАНСПОРТУЮЧІ СИСТЕМИ ШВЕЙНИХ МАШИН ТА ЇХ РОБОТА

Проведено аналіз механізмів транспортування швейних матеріалів та їх використання в швейному обладнанні. Встановлено технологічні умови використання конкретних конструкційних рішень та запропоновано ряд систем для покращення умов транспортування. Визначено специфіку та особливості технологій шиття широкого спектру швейних матеріалів із застосуванням транспортуючих систем.

The analysis of the mechanisms of transport of sewing materials and their use in apparel equipped. The technological conditions of use specific structural solutions and proposed a number of systems to improve transportation conditions. Determined the specific features and technologies of sewing a wide range of sewing materials using transporting systems.

Ключові слова: транспортування швейних матеріалів, зубчата рейка.

Постановка проблеми

Переважна більшість швейних машин використовує рейковий нижній одинарний пересувач тканини. Завдяки складному руху [1– 3] зубчатий транспортер в прорізі голкової пластини притискує матеріал до лапки і пересуває його на величину стібка. В рейковому пересувачі можливі регулювання сили притискної пружини механізму лапки, висоти підйому лапки, величини підйому зубців рейки над голковою пластиною і переміщення матеріалу на величину стібка.

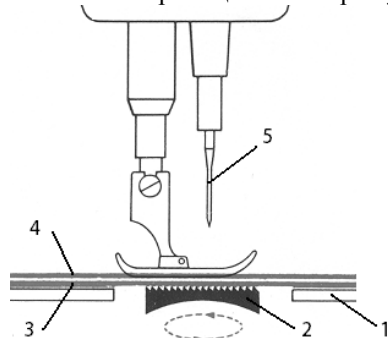


Рис. 1. Схема одинарного рейкового механізму: 1 – голкова пластина; 2 – зубчатий пересувач; 3 – нижній шар тканини; 4 – верхній шар тканини; 5 – голка

Механізм запобігає утворенню складок в матеріалі при затягуванні стібка (рис. 1). Однак, такий механізм викликає необхідність вручну контролювати переміщення матеріалів, що зшиваються під голкою, в іншому випадку матеріал самовільно розвертається вліво відносно голки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Забезпечення відповідної якості, точності і зручності виконання технологічних операцій ускладнюється за рахунок можливості, в даному випадку, лише мануального контролю, оскільки оператору необхідно здійснювати зупинки машини і вирівнювати тканину як в поздовжньому, так і в поперечному напрямку [1– 4]. При переміщенні під голкою матеріалів, які складені в два і більше шарів, рейка зубцями фактично захоплює тільки один нижній шар. В результаті, хоча матеріали зшиті між собою попередніми стібками, нижній їх шар переміщується на