

ДИНАМІКА ПРИВОДА РУКАВИЧНОГО АВТОМАТУ З ДЕМПФІРУЮЧИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

Ефективність роботи рукавичного автомата в значній мірі залежить від досконалості його привода, зокрема здатності привода зменшити динамічні навантаження, зумовлені інерційністю в'язальної каретки. Враховуючи це, стаття присвячена аналізу динамічних навантажень привода рукавичного автомата, що виникають під час несталого руху в'язальної каретки (пуск, гальмування), та удосконаленню привода з метою зниження цих навантажень. Запропоновано нову конструкцію привода з демпфіруючими елементами, здатну знизити його динамічні навантаження, та теоретичні основи розрахунку навантажень привода в разі використання демпфіруючих елементів. Одержані результати дають змогу оцінити ефективність роботи привода рукавичного автомата з демпфіруючими елементами та вибрати їх раціональні параметри.

Ключові слова: привід рукавичного автомата, в'язальна каретка, демпфіруючий елемент, динамічні навантаження привода.

DYNAMIC OF DRIVE OF THE GLOVE AUTOMAT WITH DAMPING ELEMENTS

Efficiency of work of the glove automat largely depends on perfection of his drive, in particular capabilities of drive to decrease the dynamic loads, caused by the inertia of knitting carriage. Considering it, the article is sanctified to the analysis of the dynamic loads in drive of glove automat, which arising during the unset motion of knitting carriage (starting, braking), and improvement of drive with the purpose to decrease these loads. Suggested new construction of drive with damping elements, which is able to reduce his dynamical loads, and theoretical bases of calculation of loads of drive in case of the use damping elements. Obtained results enable to estimate efficiency of work of drive of the glove automat with damping elements and choose their rational parameters.

Keywords: drive of the glove automat, knitting carriage, damping element, dynamical loads of drive.

Особливістю приводів існуючих рукавичних автоматів є зворотно-поступальний рух в'язальної та проміжної кареток [22, 23], що призводить до появи значних динамічних навантажень, обумовлених їх інерційністю [1]. Динамічні навантаження негативно впливають на надійність і довговічність роботи рукавичного автомата та якість виробів. Зниження цих навантажень є однією із актуальних проблем трикотажного машинобудування. Для розв'язання цієї проблеми важливим є розробка нових конструкцій приводів рукавичних автоматів, зокрема приводів з демпфіруючими елементами, здатних знизити динамічні навантаження. Проте відсутність наукових основ і інженерних методів проектування таких приводів стримує вирішення існуючої проблеми.

Об'єкт та методи дослідження

Об'єктом досліджень обрано динаміку приводів рукавичних автоматів з демпфіруючими елементами. При вирішенні поставлених задач були використані сучасні методи теорій динаміки механічних систем з пружними елементами, пружності, опору матеріалів та теорії проектування в'язальних машин та автоматів.

Постановка завдання

Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи рукавичних автоматів (підвищення продуктивності автоматів та якості виробів) шляхом удосконалення привода, стаття присвячена аналізу динаміки привода рукавичного автомата з демпфіруючими елементами та розробці конструкції такого привода, здатного знизити динамічні навантаження, зумовлені зворотно-поступальним рухом в'язальної каретки.

Результати та їх обговорення

Аналіз існуючих конструкцій приводів рукавичних автоматів показує, що відомий привід рукавичного автомата, що містить приводний вал, пристрій реверсування, ланцюгову передачу, пальцево-води́ло, послідовно з'єднані між собою, два демпфіруючі елементи, встановлені по різні боки пальцево-води́ла, та в'язальну каретку, з'єднану з пальцево-води́лом [4].

Приєднання демпфіруючих елементів безпосередньо до ланцюга ланцюгової передачі знижує надійність та довговічність її роботи і, відповідно, привода в'язальної каретки рукавичного автомата (має місце висока ймовірність порушення зачеплення ланцюга з зірочками та збіг ланцюга з останніх, зумовленим зміною довжини ланцюга в результаті деформації демпфіруючих елементів).

З метою усунення існуючих недоліків автори пропонують нову конструкцію привода рукавичного автомата, в якому демпфіруючі елементи встановлені безпосередньо у в'язальну каретку (рис. 1).

Встановлення демпфіруючих елементів безпосередньо у в'язальну каретку дозволяє поряд зі зменшенням динамічних навантажень, зумовлених інерційністю каретки, не порушувати кінематичного зв'язку ланцюга з зірочками ланцюгової передачі в процесі роботи привода (ланцюг не змінює своєї довжини в процесі демпфірування), що призводить до підвищення надійності та довговічності роботи привода.

Привід рукавичного автомата містить приводний вал 1, пристрій реверсування 2, ланцюгову передачу з ланцюгом 3 ведучими 4, 5 та веденою 6 зірочками, палець-води́ло 7, послідовно з'єднані між собою, два демпфіруючі елементи 8, 9, встановлені по різні боки пальця-води́ла 7, та в'язальну каретку 10, з'єднану з пальцем-води́лом 7. Демпфіруючі елементи 8, 9 встановлені у в'язальну каретку 10, один кінець пальця-води́ла 7 з'єднаний з ланцюгом 3, а другий його кінець розташований між демпфіруючими елементами 8, 9. Пристрій реверсування 2 напрямку руху в'язальної каретки 10 містить шестерню 11, жорстко з'єднану з приводним валом 1, зубчасті колеса 12, 13 та керовані конусні фрикційні муфти 14, 15.

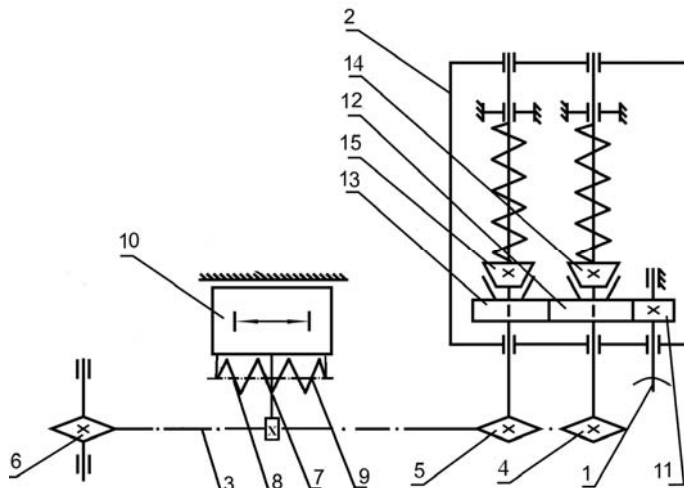


Рис. 1. Привід рукавичного автомата з демпфіруючими елементами

Привід працює таким чином: рух від приводного вала 1 передається шестірні 11 і зубчастим колесам 12, 13 пристрою реверсування 2. Зубчасті колеса 12, 13 передають рух, одній із ведучих зірочок 4 або 5, через нормально замкнуті конусні фрикційні муфти 14 або 15, почергові включення й вимкнення яких забезпечують зворотно-поступальний рух в'язальної каретки 10 за допомогою ланцюга 3 і пальця-води́ла 7, з'єданого з ланцюгом 3. При проходженні в'язальною кареткою 10 деякого крайнього положення, обумовленого формою вироблюваного виробу й закладеного в програмі керування фрикційними муфтами 14, 15, відбувається перемикання фрикційних муфт і зміна напрямку руху в'язальної каретки 10, що деформує один із пружних демпфіруючих елементів 8 або 9 (залежно від напрямків руху в'язальної каретки). Деформація відповідного демпфіруючого елемента знижує динамічні навантаження, зумовлені інерційністю в'язальної каретки 10, що забезпечує підвищення довговічності роботи привода і рукавичного автомата в цілому. Підвищенню довговічності роботи привода сприяє також надійність роботи ланцюгової передачі (довжина ланцюга залишається постійною, незалежно від деформації демпфіруючих елементів 8, 9, оскільки вони розташовані безпосередньо у в'язальній каретці 10).

Для визначення раціональних параметрів демпфіруючого елемента розглянемо динаміку несталої руху в'язальної каретки, для чого механічну систему привода доцільно представити у вигляді одномасової динамічної моделі [5].

Динамічний аналіз розглянутої системи виконуємо, не беручи до уваги пружні властивості ланцюга. Крім того, будемо вважати, що демпфіруючі елементи мають постійну жорсткість і описуються законом Гука. При цьому диференціальне рівняння руху в'язальної каретки при її гальмуванні має вигляд:

$$m\ddot{X} - CX = F + F_{mp}, \quad (1)$$

де X - координата в'язальної каретки при гальмуванні;
 m - маса в'язальної каретки;
 C - жорсткість пружного демпфіруючого елемента;
 F - сила корисного опору замкової системи;
 F_{mp} - сила шкідливого опору тертя каретки по направляючим.

Загальним рішенням неоднорідного диференціального рівняння другого порядку є:

$$X = \bar{X} + Z, \quad (2)$$

де \bar{X} - загальне рішення однорідного диференціального рівняння;
 Z - частинне рішення неоднорідного диференціального рівняння.

Для рівняння (1) відповідне однорідне диференціальне рівняння наступне:

$$m\ddot{X} - CX = 0. \quad (3)$$

У результаті рішення диференціального рівняння з постійними коефіцієнтами (3) одержимо:

$$\bar{X} = A_1 e^{-t\sqrt{C/m}} + A_2 e^{t\sqrt{C/m}}, \quad (4)$$

де A_1, A_2 - незалежні довільні постійні інтегрування;
 t - час несталої руху в'язальної каретки при гальмуванні.

Частинним рішенням рівняння (1) є:

$$Z = -\frac{F + F_{mp}}{C}. \quad (5)$$

Тоді загальне рішення неоднорідного диференціального рівняння (1) з урахуванням виразів (2), (4), (5) буде мати вигляд:

$$X = A_1 e^{-t} \frac{\sqrt{C}}{m} + A_2 e^t \frac{\sqrt{C}}{m} - \frac{F + F_{mp}}{C}, \quad (6)$$

Для визначення констант A_1, A_2 скористаємося початковими умовами: при $t = 0 \quad X = X_0 = 0$;
 $\dot{X} = V = V_0 = 0$.

З урахуванням сказаного одержуємо систему рівнянь:

$$A_1 + A_2 = \frac{F + F_{mp}}{C}; \quad A_2 \sqrt{\frac{C}{m}} - A_1 \sqrt{\frac{C}{m}} = 0.$$

Звідки знаходимо:

$$A_1 = -\frac{V_0}{2} \frac{\sqrt{m}}{C} + \frac{F + F_{mp}}{2C}; \quad (7)$$

$$A_2 = \frac{V_0}{2} \frac{\sqrt{m}}{C} + \frac{F + F_{mp}}{2C}. \quad (8)$$

Підставляючи вирази (7), (8) у формулу (6), одержуємо шукане рішення:

$$X = e^{-t} \sqrt{\frac{C}{m}} \left(\frac{F + F_{mp}}{2C} - \frac{V_0}{2} \sqrt{\frac{m}{C}} \right) + e^t \sqrt{\frac{C}{m}} \left(\frac{V_0}{2} \sqrt{\frac{m}{C}} + \frac{F + F_{mp}}{2C} \right) - \frac{F + F_{mp}}{C}. \quad (9)$$

Час гальмування в'язальної каретки t_2 знаходимо з умови: при $t = 0 \quad X = X_0 = 0$.

Диференціюючи рівняння (9), прирівнюючи його до нуля і розв'язуючи відносно t_2 знаходимо:

$$t_2 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{m}{C}} \ln \left[\frac{\frac{F + F_{mp}}{C} + \frac{V_0}{2} \sqrt{\frac{m}{C}}}{\frac{F + F_{mp}}{C} - \frac{V_0}{2} \sqrt{\frac{m}{C}}} \right]. \quad (10)$$

По величині деформації X демпфіруючого елемента і його жорсткості C визначаємо зусилля F_2 , що діє з боку в'язальної каретки на ланцюг при її гальмуванні:

$$F_2 = C e^{-t} \sqrt{\frac{C}{m}} \cdot \left(\frac{F + F_{mp}}{2C} - \frac{V_0}{2} \sqrt{\frac{m}{C}} \right) + C e^t \sqrt{\frac{C}{m}} \cdot \left(\frac{V_0}{2} \sqrt{\frac{m}{C}} + \frac{F + F_{mp}}{2C} \right) - (F + F_{mp}). \quad (11)$$

З отриманих виразів (10) і (11), задаючись необхідними значеннями часу гальмування в'язальної каретки й зусилля на ланцюг, визначаємо необхідну жорсткість пружного демпфіруючого елемента.

Розглянемо другий період руху системи привода, коли після зупинки в'язальної каретки починається її розгін і зміна напрямку руху.

Нехай у початковий момент розгону $t_0 = 0$ ланцюг рухається зі швидкістю V_0 відносно нерухомої системи відліку, а в'язальна каретка перебуває в спокої. Тоді диференціальне рівняння руху в'язальної каретки при її розгоні буде мати вигляд:

$$m\ddot{X} - CX = CV_0 t - (F + F_{mp}). \quad (12)$$

де X - координата в'язальної каретки при розгоні;

t - час несталого руху каретки при розгоні.

Рішення даного неординарного диференціального рівняння (12) аналогічно викладеному вище. Загальне рішення рівняння наступне:

$$X = e^t \sqrt{\frac{C}{m}} \cdot \left(\frac{V_0}{2} \sqrt{\frac{m}{C}} - \frac{F + F_{mp}}{2C} \right) - e^{-t} \sqrt{\frac{C}{m}} \cdot \left(\frac{V_0}{2} \sqrt{\frac{m}{C}} + \frac{F + F_{mp}}{2C} \right) - V_0 t + \frac{F + F_{mp}}{C}. \quad (13)$$

Час розгону в'язальної каретки t_p знаходимо з умови: $\dot{X} = V = V_0 = 0$.

Диференціюючи рівняння (13), прирівнюючи його до нуля і розв'язуючи відносно t_p знаходимо:

$$t_p = \sqrt{\frac{m}{C}} \ln \left[\frac{2V_0 \sqrt{\frac{m}{C}} + \sqrt{3V_0^2 \frac{m}{C} + \frac{(F + F_{mp})^2}{C^2}}}{V_0 \sqrt{\frac{m}{C}} + \frac{F + F_{mp}}{C}} \right]. \quad (14)$$

По координаті X в'язальної каретки при її розгоні й жорсткості демпфіруючого елемента C визначаємо зусилля F_p , що діє з боку в'язальної каретки на ланцюг при її розгоні:

$$F_p = C \left[e^t \sqrt{\frac{C}{m}} \left(\frac{V_0}{2} \sqrt{\frac{m}{C}} - \frac{F + F_{mp}}{2C} \right) - e^{-t} \sqrt{\frac{C}{m}} \left(\frac{V_0}{2} \sqrt{\frac{m}{C}} + \frac{F + F_{mp}}{2C} \right) + \frac{F + F_{mp}}{C} \right]. \quad (15)$$

З отриманих виразів (14) і (15), задаючись необхідними значеннями часу розгону в'язальної каретки й зусилля на ланцюг, можна визначити жорсткість пружного демпфіруючого елемента.

Висновки

Резюмуючи проведені дослідження, можна констатувати, що застосування запропонованого привода рукавичного автомата з демпфіруючими елементами дозволяє розширити технологічні можливості привода та підвищити ефективність його роботи за рахунок установки демпфіруючих елементів безпосередньо у в'язальну каретку.

Запропонований метод динамічного аналізу привода рукавичного автомата з демпфіруючими елементами дозволяє оцінити ефективність його роботи (за рахунок зниження динамічних навантажень) та визначити раціональні параметри демпфіруючих елементів.

Результати досліджень можуть бути використані при розробці нових типів рукавичних автоматів та плосков'язальних машин.

Литература

1. Присяжнюк П.А. Наладка и эксплуатация плосковязальных трикотажных машин.– К.: Техніка, 1983, 136 с.
2. Шляхова Э.Н., Иванов Н.А., Исопенко Р.Н. Новое оборудование перчаточного производства.–Л.: Легкая индустрия, 1978, 96с.
3. Хомяк О.Н., Пипа Б.Ф. Повышение эффективности работы вязальных машин.– М.: Легпромиздат, 1990, 208 с.
4. Хомяк О.М. Динаміка плосков'язальних машин та автоматів. – К: КНУТД, 2008. – 250 с.
5. Кожевников С.Н. Динамика нестационарных процессов в машинах. – К.: Наукова думка, 1986. – 288 с.

Literatura

1. Prisyazhnyuk P.A. Naladka i ekspluatatsiya ploskovyazalnih trikotazhnyih mashin.– K.: TehnIka, 1983, 136s.
2. Shlyahova E.N., Ivanov N.A., Isopenko R.N. Novoe oborudovanie perchatochnogo proizvodstva.–L.: Legkaya industriya, 1978, 96s.
3. Homyak O.N., Pipa B.F. Povyishenie effektivnosti raboty vyazalnyih mashin.– M.: Legpromizdat, 1990, 208s.
4. Homyak O.M. Dinamika ploskov'yazalnih mashin ta avtomatlv. – K: KNUTD, 2008. – 250 s.
5. Kozhevnikov S.N. Dinamika nestatsionarnyih protsessov v mashinah. – K.: Naukova dumka, 1986. – 288 s.

Рецензія/Peer review : 15.5.2014 р.

Надрукована/Printed :25.9.2014 р.

Рецензент: д.т.н., проф. А.С. Зенкін

Reviewer: doctor of engineering sciences, professor A.S. Zenkin