

УДК687.053.68

АНАЛІЗ І РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМІВ ПЕРЕМІЩЕННЯ ОДНОГОЛКОВИХ НАПІВАВТОМАТІВ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ

Б.В. ОРЛОВСЬКИЙ, Г.В. КОШЕЛ, В.Б. МАЧУЛЬСЬКИЙ

Київський національний університет технологій та дизайну

Виконано аналіз двокоординатних механізмів переміщення одноголових швейних напівавтоматів з числовим програмним керуванням. Наведені вихідні дані проектування таких механізмів з кроковими індивідуальними приводами. Отримані аналітичні вирази для розрахунків приведених до валу крокових двигунів моментів інерції ланок двох функціональних груп механізму переміщення і формула для розрахунку потрібного моменту на валу найбільш навантаженого крокового двигуна

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження є типові двокоординатні механізми переміщення човникових циклових швейних напівавтоматів з електронним керуванням. Для спрощення кінематики існуючих машин-напівавтоматів із жорсткими програмносіями і розширення функціональних можливостей на узагальненій конструктивній базі у сучасному швейному обладнанні перевага надається використанню механізмів переміщення матеріалу з індивідуальним приводом на крокових або вентильних електродвигунах. Керування такими виконавчими механізмами виконується вбудованими в машини комп'ютерними системами "computer – controlled High Speed", або "CNC-controlled automatic" [1], які забезпечують необхідну точність стартостопного 2D-переміщення по заданій програмі державки з текстильним матеріалом або фурнітурою відносно петлеутворюючих робочих органів одноголових швейних машин-напівавтоматів.

Постановка завдання

Для пришивання різноманітної фурнітури, виконання закріпок та фігурних строчок ще широко застосовуються машини-напівавтомати з просторовими механізмами, в яких для запрограмованих переміщень робочого органу використовують багатокрокові та кроково-ступеневі кулачки-програмоносії, де кожна фаза-крок або фаза-ступень є окремим кулачковим механізмом з коромисло-роліковим штовхачем і вищою (IV класу) кінематичною парою [2]. Однак для зміни рапорту строчки виникає необхідність зміни кулачка-програмоносія. В деяких випадках проектування необхідного профілю кулачка призводить до збільшення радіусу кулачка, що призводить до збільшення габаритних розмірів машини-напівавтомату в цілому. Ведучі фірми швейного машинобудування виробляють машини нового покоління - з електронними програмоносіями, в яких старт-стопний рух ведучої ланки механізмів 2D-переміщення (подовжнього і поперечного) відбувається від крокових двигунів з мікропроцесорної системи керування [3], а механізми голки, човника (петельника) та ниткопритягувача залишаються традиційними з системою керування типу розподільний вал [4].

Результати та їх обговорення

Швейні напівавтомати з числовим програмним керуванням (ЧПК) як і напівавтомати з мікропроцесорним керуванням (МПК) відносяться до швейних машин з електронним керуванням. В таблиці наведені конструктивні відмінності між напівавтоматами з ЧПК і напівавтоматами з МПУ.

Застосування ЧПК дозволили розширити галузі застосування циклових швейних напівавтоматів. Окрім виготовлення закріпок, петель та пришивання фурнітури до напівавтоматів з ЧПК треба віднести також одноголкові вишивальні машини-напівавтомати кл. ПВ-1-1 ОАО “Завод швейних машин”(Білорусь) [5] і швейно-вишивальні машини кл. Futura “Зингер” при їх роботі в режимі вишивання. Всі ці швейні машини-напівавтомати мають двокоординатний механізм переміщення матеріалу з індивідуальними кроковими двигунами $KД_x$ і $KД_y$ (рис.1), що забезпечують програмовані старт-стопні переміщення державки 3 вздовж та/або поперек платформи головки 4 машини.

| Швейні напівавтомати з електронним керуванням | Програмно керовані механізми (ПКМ) | | | | | | | Кількість швейних головок в одному напівавтоматі | Кількість голок в одній швейній головці |
|---|---|--|-------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--|--|--|---|
| | ПКМ позиціонування голки над матеріалом | ПКМ прокових 2D-переміщень об'єкту обробки | ПКМ обрізки ниток | ПКМ послаблення натягу голкової нитки | ПКМ крокового переміщення голочниці | ПКМ Включення і відключення голководів | ПКМ Відтягування і затискання кінця обрізаних голкових ниток | | |
| з ЧПК | + | + | + | + | - | - | - | 1 | 1 |
| з МПК | + | + | + | + | + | + | + | 1...20 | 1...15 |

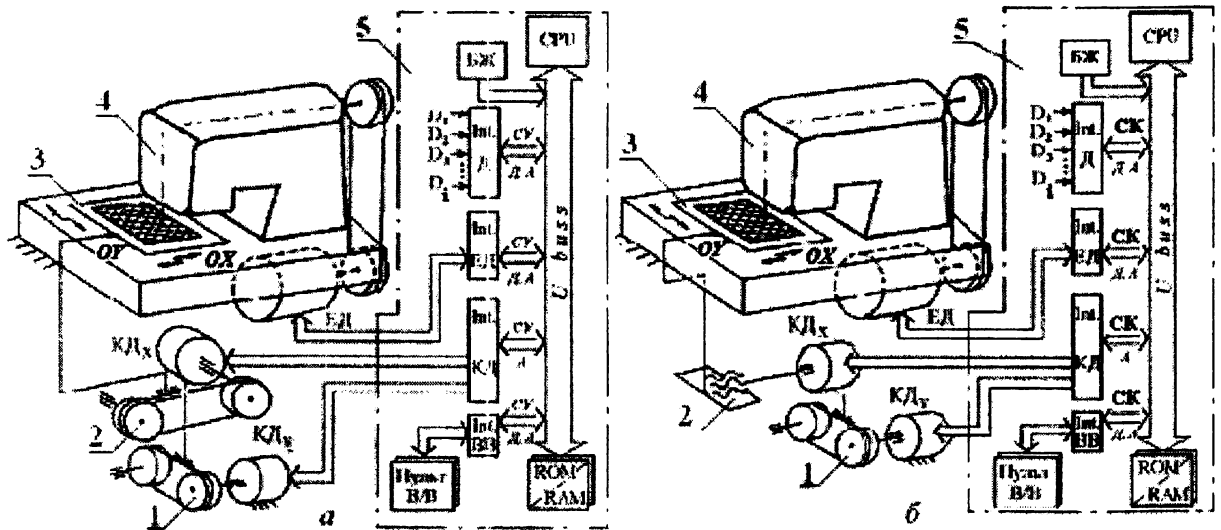


Рис. 1. Узагальнені комбіновані схеми швейних напівавтоматів з ЧПК: а – з розташуванням $KД_x$ і $KД_y$ в двох площинах, які перетинаються; б – з розташуванням $KД_x$ і $KД_y$ в одній площині.

Особливість роботи електроприводу з ЧПК полягає в тому, що ротору крокового електродвигуна системою ЧПК повідомляється рух за заданим законом за допомогою програмної зміни такту і частоти

f керуючих імпульсів. У зв'язку із цим нема необхідності в розрахунку часу пуску, часу гальмування, часу усталеного руху. Будь-яке відхилення від заданого закону руху в КД, що відбувається через пропуск керуючих імпульсів, внаслідок його перевантаження, вважається неприпустимим. Тому одним з основних розрахунків електропривода зі ЧПК є перевірка моменту M_{∂} при заданому законі руху ротора.

Рівняння руху привода з ЧПК можна представити у вигляді:

$$I_i^* \cdot \ddot{\alpha} + M_{on} = M_{\partial}, \quad i = 1, 2, \quad (1)$$

де: M_{∂} - момент, що розвивається на валу КД при відпрацюванні повороту ротора на один крок;

M_{on} - момент сил опору, приведений до вала КД;

I_i^* - приведений до вала КД момент інерції рухомих ланок передаточного механізму;

$\ddot{\alpha}$ - кутове прискорення ротора КД.

Стартостопний режим 2D-переміщення державки 3 з матеріалом (фурнітуротримачем) відносно голки в швейній головці 4 забезпечують два крокових двигуни $КД_X$ і $КД_Y$ та програмуємий мікроконтролер 5. Останній має стандартну архітектуру на засадах центрального процесора *CPU* (*Compute Processing Unit*), пам'яті (*ROM* і *RAM*), блоку живлення (*БЖ*), засобів вводу/ виводу (*Пульт В/В*) і відповідних інтерфейсів (*Int*) датчиків (D_i) і сервоприводів (*ЕД*, $КД_X$, $КД_Y$).

При виконанні човникових стібків по одній координаті по осі ОУ (вдвож платформи машини), коли відпрацьовує програму строчки тільки один $КД_Y$ або по двом координатам, коли одночасно працюють два $КД$ і при знаходженні голки над матеріалом момент інерції I_1^* механізму переміщення при його приведенні до вала ротору крокового двигуна $КД_X$ визначаємо за формулою (2):

$$I_1^* = (I_{КД_Y}^p + 2I_1) + (m_{КД_X} + 2m_2 + m_3) \cdot \left(\frac{V_1}{\dot{\alpha}_{КД_Y}} \right)^2. \quad (2)$$

При виконанні стібків по осі ОХ (поперек платформи машини), коли відпрацьовує програму строчки тільки $КД_X$ і знаходженні голки над матеріалом момент інерції I_2^* механізму переміщення при його приведенні до вала ротору крокового двигуна $КД_X$ зменшується и визначаємо за формулою (3):

$$I_2^* = (I_{КД_X}^p + 2I_2 \cdot i_{2-3}) + (m_2 + m_3) \cdot \left(\frac{V_2}{\dot{\alpha}_{КД_X}} \right)^2. \quad (3)$$

В формулах (2) і (3) прийняті наступні позначення:

$I_{КД_Y}^p$, $I_{КД_X}^p$ - моменти інерції ротору крокових двигунів $КД_Y$ і $КД_X$;

I_1 , I_2 - моменти інерції передач 1 і 2, які приведені до вала роторів крокових двигунів ;

$m_{КД_Y}$, m_2 , m_3 - маса крокового двигуна $КД_Y$, передачі 2 і державки 3, відповідно;

V_1 і V_2 - швидкість ведучої гілки пасової передачі 1 яка співпадає зі швидкість державки 3 по осі ОХ і швидкість державки 3 по осі ОУ з урахуванням передаточного числа гвинтовий передачі 2;

$\dot{\alpha}_{KIX}$ і $\dot{\alpha}_{KIY}$ - перші похідні по часу від кутового кроку зубчастого ротора α_{KI} .

$$\alpha_{KI} = \frac{2\pi}{z \cdot m} - \text{кутовий крок зубчастого ротора,} \quad (4)$$

тут z – число зубців ротора;

m – число тактів комутації обмоток статора в одному циклі імпульсів керування.

З метою закладення в конструкцію швейного напівавтомата крокових двигунів однакової потужності і однакового типу при проектуванні таких механізмів з кроковими індивідуальними приводам в диференційному рівняння (1) потрібно враховувати умову що $I_1^* > I_2^*$ як вихідні дані проектування механізмів переміщення.

При частоті f_{\max} відбувається обертання ротору з кутової швидкістю

$$\dot{\alpha}_{KI} = \left(\frac{360}{z \cdot m} \right) f_{\max} = \alpha_{KI} \cdot f_{\max} \quad (5)$$

В електроприводах швейних машин-автоматів з ЧПК, наведених на рис.1, основними силами опору є сили тертя у кінематичних парах що визначаються експериментально і які створюють момент сил опору M_{on} , приведений до валу ротора КД. При проектних же розрахунках ураховуються тільки сили тертя, що виникають у кінематичних парах у результаті дії статичних сил: ваги ланок, початкової сили натягу гнучких елементів передач та інші. Передаточні числа між ланками електропривода з ЧПК, необхідні для розрахунку I^* і M_{on} , визначаються множенням передаточних чисел окремих механізмів і передач. Для передачі гнучким зв'язком передаточне число від ведучої ланки 1 до веденої ланки 3 визначиться зі співвідношення $i_{1-3} = \pi / R$, де R радіус шкива 1. Для гвинтової передачі $i_{2-3} = 2\pi / h$, де h - крок гвинта.

Момент M_{∂} крокового електродвигуна, залежить від частоти f керуючих імпульсів. Ця залежність виражається механічною характеристикою. Нормальна робота крокового електродвигуна можлива, якщо момент M_{∂} , що розвивається КД, при заданому законі руху з максимальною частотою f_{\max} керуючих імпульсів, задовольняє нерівності:

$$M_{\partial}(f) \geq M_{on} + I^* \cdot \ddot{\alpha} \quad (6)$$

Для перевірки цієї умови необхідно, крім M_{on} та I^* треба визначити значення $\ddot{\alpha}_{\max}$ і f_{\max} . Крокові електродвигуни швейних напівавтоматів працюють у старт-стопном режимі, при якому за час t_p , t_c і t_s (рис.2,а) відбувається розгін (α_p), рух α_c зі сталою швидкістю та прискоренням і рух α_s з гальмуванням ротору на кожному кутовому кроці руху. На рис.2,б наведені графіки переміщення $y(t) := S(t)$, швидкості $V(t)$ і прискорення $a(t)$ робочого інструмента (державки 3) швейних

напівавтоматів з ЧПК по осям OX і OY , за умови, що зміна швидкості $V(t)$ відбувається при розгоні і гальмуванні за лінійним законом.

Тривалість кінематичного циклу T переміщення відповідає часу одного оберту головного вала швейної головки, обумовленої зі співвідношення $T = 60/n$, де n - частота обертання головного вала в об/хв. Час транспортування t_{mp} становить приблизно 0,4 від часу T : $t_{mp} = 0,4 T = 24/n$. При відомій довжині стібка S_{cm} можна визначити:

$$V_{max} = S_{cm} / t_{mp} \tag{7}$$

$$a_{max} = V_{max} / t_{mp} \tag{8}$$

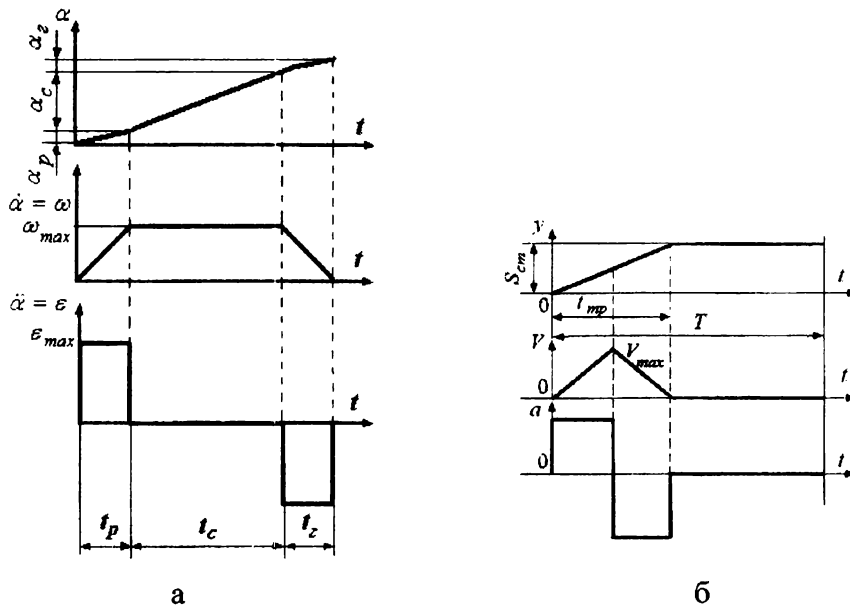


Рис.2. Графіки функцій переміщення, швидкості і прискорення: а – ротору КД; б – державки з напівавтоматів

Значення $\ddot{\alpha}_{max}$ і f_{max} визначаються зі співвідношень:

$$\ddot{\alpha}_{max} = a_{max} \cdot i_{за} \tag{9}$$

$$f_{max} = V_{max} \cdot i_{за} / \alpha_{КД} \tag{10}$$

де: $i_{за}$ - загальне передаточне число кінематичного ланцюга, що відповідає переміщенню державки;

Для перевірки умови (6) у ліву частину підставляється значення M_D , обумовлене із графіка механічної характеристики КД, при відомій частоті f_{max} . У праву частину (6) підставляються значення M_{on} та I^* , $\ddot{\alpha}_{max}$ для найбільш навантаженого кінематичного ланцюга, що забезпечує переміщення державки уздовж осі OY .

Без врахування моменту від пружних сил ланок механізму переміщення рівняння (1) з урахуванням (2) є спрощеним диференціальним рівнянням 2-го порядку відносно узагальненої координати α (кута повороту – кроку КД). Змінність коефіцієнта (I^*) моменту від сил інерції потребує використання чисельного інтегрування цього рівняння для визначення трьох функцій

$\alpha(t)$, $\dot{\alpha}(t)$, $\ddot{\alpha}(t)$, які пов'язані зі статичної механічної і динамічної механічної характеристиками КД. Для спрощення рішення вважаємо ці функції кусочно-лінійними (рис.2,а). Тоді закони руху $S(t)$, $V(t)$, $a(t)$ державки 3 мають також лінійний характер (рис.2,б).

Для вибору типу конструкції крокового двигуна і систему керування потрібно визначити момент M_0 , який потрібен на валу найбільше навантаженого КД_Y (рис.1).

Кінетична енергія E механізму переміщення на рис.1,а з урахуванням виразу (2) дорівнюється:

$$E = \frac{1}{2} I_1^* \cdot \dot{\alpha}_{KJLY}^2 \quad (11)$$

Визначаємо похідну по часу від кінетичної енергії і яка дорівнюється сумарної потужності всіх сил:

$$\frac{dE}{dt} = I_1^* \cdot \dot{\alpha}_{KJLY} \cdot \ddot{\alpha}_{KJLY} \quad (12)$$

Момент M_{on} обертових кінематичних пар механізму переміщення визначаємо за виразом:

$$M_{on} = f(m_{KJLY} + 2m_1 + 2m_2) \cdot g \cdot R, \quad (13)$$

де f - коефіцієнт тертя;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - константа прискорення сил ваги; R – радіус ведучої ланки 1.

Сумарна потужність всіх сил дорівнюється:

$$\sum_{i=1}^4 P_i = [M_{KJLY} - f(m_{KJLY} + 2m_1 + 2m_2) \cdot g \cdot R] \cdot \dot{\alpha}_{KJLY} \quad (14)$$

У виразах (12) і (14) частини зліва рівні за фізичним змістом, тому можна прирівняти праві частини:

$$I_1^* \cdot \dot{\alpha}_{KJLY} \cdot \ddot{\alpha}_{KJLY} = [M_{KJLY} - f(m_{KJLY} + 2m_1 + 2m_2) \cdot g \cdot R] \cdot \dot{\alpha}_{KJLY} \quad (15)$$

Звідки визначаємо потрібний момент на валу КД_Y:

$$M_{KJLY} = I_1^* \cdot \ddot{\alpha}_{KJLY} + f(m_{KJLY} + 2m_1 + 2m_2) \cdot g \cdot R \quad (16)$$

Висновки

Проведені дослідження типових двокоординатних механізмів переміщення одноголових швейних напівавтоматів з ЧПК з різним розташуванням крокових двигунів. Їх аналіз, надає можливість визначити найбільш навантажений кінематичний ланцюг і сформулювати вихідні дані проектування таких механізмів з кроковими індивідуальними приводами.

Отримані аналітичні вирази для розрахунків приведених до крокових двигунів моментів інерції ланок двох функціональних груп механізму переміщення і формула для розрахунку потрібного моменту на валу найбільш навантаженого крокового двигуна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інтернет сайт фірм Juki, Siruba, Durkoop-Adler – режим доступу www.juki.com, www.siruba.com, www.durkoop-adler.com.
2. Пищиков В.О., Орловський Б.В. Синтез багатокрокових кулачкових програмоносіїв швейних машин-напівавтоматів. - Вісник КНУТД, №5, 2010.
3. Орловський Б.В. Роботизація швейного виробництва – К.: Техніка, 1986.-159с.
4. Пищиков В.О., Орловський Б.В. Проектування швейних машин: Навчальний посібник для вищих навчальних закладів.-Київ: Видавничо-поліграфічний дім «Формат», 2007. - 320 с.
5. Сункуев Б.С. Расчет и конструирование исполнительных механизмов машин: Учебное пособие для студентов вузов по специальности “Машины и аппараты текстильной, легкой промышленности и бытового обслуживания”. – Витебск: ВГТУ, 2003.-115 с.

Надійшла 12.07.2010

УДК:677.026.664

ТЕРТЯ ТЕКСТИЛЬНИХ НИТОК В ПЕТЛІ

Б.В. ОРЛОВСЬКИЙ, В.Б. МАЧУЛЬСКИЙ, А.Я. КОЛОМІЄЦ

Київський національний університет технологій і дизайну

Наведено результати експериментальних досліджень сили тертя ниток в петлі з кутом охоплення π радіан в залежності від напрямку їх відносного переміщення. Визначено значення миттєвого модуля пружності поліефірних віскозних ниток для швейно-вишивальних машин при відносному подовженню $\Delta l_1 = 0,1\%$ і $\Delta l_2 = 1\%$ рухомих ниток з постійною швидкістю $V=5$ м/с

Існує узагальненість особливостей зародження і існування в часі тертя ниток в петлі в текстильних матеріалах різного походження, які використовуються в різних об'єктах технічного і побутового призначення. Тертя ниток в петлі відбувається в ниткових стібках, строчках і швах, що утворюються на швейних машинах; тканинах, що виробляються на ткацьких верстатах; трикотажі, що виробляється на трикотажних і в'язальних машинах; шнурах і канатах, що виробляються на шнуроплетельних і шнуров'язальних машинах.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження є поліефірні та віскозні нитки для швейно-вишивальних машин. Миттєвий модуль пружності ниток і сили тертя рухомих ниток в петлі досліджувалися експериментальним методом з використання сучасних технічних засобів автоматизації експерименту.

Постановка завдання

В швейних машинах тертя ниток в петлі відбувається при частоті обертання головного валу машини 6000 об/хв швидкість шиття складає 6000 стібків в хвилину. Час виконання одного стібка складає 10 мс, а час затягування стібка 0.05 мс. За 10 мс в одногловкових машинах човникового стібка нитка однієї системи ниток з боку голки рухається з тертям ковзання по іншій системі ниток з боку човника. При русі нитки з боку голки нитка рухається в одному напрямі для подачі механізмом ниткопритягувача спочатку голці, а потім човнику. Після переплетення з ниткою човника нитка голки