

УДК 686.12.056:621.313.333

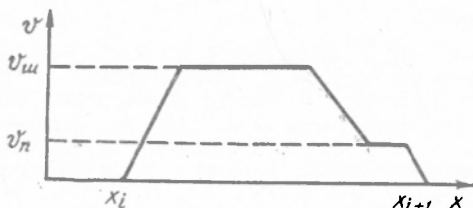
М. С. БУДІЩЕВ, Р. В. КАЗЬМИРОВИЧ, М. М. СТЕФАНЮК
**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОПРИВОДА
ПОДАВАЧА ПАПЕРОРІЗАЛЬНОЇ МАШИНИ
З ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ**

Для збільшення швидкодії і точності позиціонування подавача одноножових паперорізальних машин (ОПРМ) з програмним керуванням застосовують одностороннє двошвидкісне позиціонування та інтенсивне кінцеве гальмування його приводу. Пошук позиції зупинки з реверсуванням руху подачі у даній системі неможливий, оскільки відсутній жорсткий зв'язок між подавачем і стопою паперу. }

Цикл автоматичного позиціонування включає всі зміни швидкості подавача (див. рисунок) при переході з положення x_i в нове x_{i+1} , задане програмою. У загальному випадку цикл позиціонування складається з п'яти ділянок: а) розгону до швидкості швидкого ходу; б) руху на швидкості швидкого ходу; в) зниження швидкості від швидкої до повзучої; г) руху на повзучій швидкості; д) вибігу подавача після подачі команди на зупинку.

При форсованому гальмуванні привода подавача останньою ділянкою можна нехтувати, оскільки час гальмування [2] значно менший від часу руху подавача на попередніх ділянках.

Значення повзучої швидкості визначається умовами забезпечення заданої точності та стабільності позиціонування, виключення явища відриву стопи від подавача при заданій інтенсивності його гальмування, межею швидкості переміщення магнітних головок відносно магнітної стрічки [1].



Тахограма роботи подавача в режимі позиціонування.

Двошвидкісний цикл позиціонування стопи на ОПРМ найчастіше забезпечується застосуванням двошвидкісних асинхронних двигунів (АД) з короткозамкнутим ротором. Швидка подача у таких системах визначається значенням перепаду швидкостей двигунів: БР-136 (СРСР) — 1/6; «Перфекта» (ГДР) — 1/6; «Адаст» (ЧССР) — 1/3.

Очевидно, що для мінімізації часу позиціонування подавача, крім розрахунку повзучої швидкості, суттєвого значення набуває обгрунтований вибір координати подачі команди на зниження швидкості. У діючих ОПРМ, незалежно від маси стопи, динамічних параметрів приводу подавача, значення перепаду швидкостей, заданої довжини подачі тощо перемикавання на повзучу швидкість здійснюється, як правило, на відстані 0,03 м від місця зупинки.

При малих довжинах подачі двигун перемикається на повзучу швидкість до завершення пуску на великій швидкості, більша частина циклу відбувається на повзучій швидкості переміщення подавача, що призводить до зниження продуктивності машини. Не виключено, що і при більшій довжині подачі ділянку гальмування двигуна та підвід стопи до місця зупинки на повзучій швидкості можна зробити меншим 0,03 м.

Пропонуємо математичну модель електропривода подавача, яку доцільно використати для досліджень можливостей підвищення продуктивності ОПРМ шляхом визначення оптимальної точки перемикавання швидкості за різних умов її роботи.

Кінематичне коло електропривода подавача ОПРМ складається з двошвидкісного АД, який зв'язаний клиноремінною передачею з валом ходового гвинта, по якому переміщається жорстко зв'язана з подавачем ходова гайка, і ведучої та гальмівної електромагнітних муфт [2].

При складанні математичної моделі електропривода прийняті такі допущення. Клиноремінна передача працює без проковзування. Відрив стопи при гальмуванні подавача відсутній. Параметри

схеми заміщення АД R_1, R_2', x_1 та x_2' постійні для кожної з двох можливих схем включення обмоток статора. Насичення головного магнітного кола АД приблизно враховується зміною значення індуктивного опору контура намагнічування x_μ згідно з заданою залежністю $x_\mu = x_\mu(i_\mu)$, де i_μ — модуль зображуючого вектора струму намагнічування АД, який чисельно дорівнює його амплітуді.

Система диференціальних рівнянь, що описує динаміку електропривода подавача з використанням запису рівнянь електричного стану двигуна в координатних осях $x-y$, які обертаються з кутовою швидкістю поля статора АД [3, 4], має вигляд

$$\begin{aligned} \frac{J_{\text{дн}} \cdot \omega_n^2}{p_{\text{д}}} p \omega_{\text{д*}} &= \frac{3p_{\text{д}}}{2\omega_n} (\omega_n \psi_x i_y - \omega_n \psi_y i_x) - M_c (\omega_{\text{д*}}), \\ p \omega_{\text{д*}} &= -p \omega_{\text{д*}}, \\ p \omega_n \psi_{\delta x} + x_1 p i_x - \omega_n \psi_y + R_1 i_x &= 0, \\ p \omega_n \psi_{\delta y} + x_1 p i_y + \omega_n \psi_x + R_1 i_y &= -u_y, \\ p \omega_n \psi_{\delta x} + x_2 p i_{2x} - \omega_{2*} \omega_n \psi_{\delta y} - \omega_{2*} x_2 i_{2y} + R_2 i_{2x} &= 0, \\ p \omega_n \psi_{\delta y} + x_2 p i_{2y} + \omega_{2*} \omega_n \psi_{\delta x} + \omega_{2*} x_2 i_{2x} + R_2 i_{2y} &= 0, \\ p \omega_n \psi_{\delta x} - x_\mu (p i_x + p i_{2x}) &= 0, \\ p \omega_n \psi_{\delta y} - x_\mu (p i_y + p i_{2y}) &= 0, \\ p i_\mu &= \frac{(i_x + i_{2x})(p i_x + p i_{2x}) + (i_y + i_{2y})(p i_y + p i_{2y})}{i_\mu}, \\ p \gamma - 1 &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

де ω_n — кутова частота мережі; $\omega_n = 314$ рад/с; $\omega_{\text{д*}}$, ω_{2*} — відносні кутова швидкість двигуна та частота струму в роторі; $p_{\text{д}}$ — кількість пар полюсів двигуна; p — символ диференціювання за синхронним часом $p = \frac{d}{d\omega_n t} = \frac{d}{d\tau}$; $i_x, i_y, i_{2x}, i_{2y}, \psi_x, \psi_y$ — проєкції

на осі x та y векторів, які зображують струми статора, ротора АД і потокозчеплення двигуна відповідно; $\psi_{\delta x}, \psi_{\delta y}$ — проєкції на осі x і y зображуючого вектора робочого потокозчеплення АД; $J_{\text{дн}}$ — момент інерції АД і механізму навантаження зведеного до вала двигуна; M_c — момент опору на валу двигуна; γ — кут між координатною віссю x та віссю фази A статорної обмотки; u_y — проєкція на вісь y зображуючого вектора напруги мережі.

При складанні системи (1) прийнято, що зображуючий вектор напруги збігається з віссю y . Тому $u_y = U_{\text{макс}}$.

Момент інерції $J_{\text{дн}}$ при додатних значеннях прискорення АД визначається як

$$J_{\text{дн}} = J_{\text{д}} + J_{\text{шд}} \frac{1}{i^2} + (m_{\text{п}} + m_{\text{ст}}) \left(\frac{V_{\text{н}}}{\omega_{\text{д}}} \right)^2, \quad (2)$$

де $J_d, J_{шд}$ — момент інерції АД і шків клиноремінної передачі на його валу; $J_{шв}$ — момент інерції шків на валу ХГ; i — передаточне число між валами двигуна та ХГ, $i = \omega_d/\omega_v$; $m_p, m_{ст}$ — маси подавача та стопи.

При гальмуванні АД масу стопи у формулі (2) необхідно прийняти рівною нулеві. Момент опору на валу АД визначається головним чином силами тертя подавача та стопи по напрямній машини $F_{п.ст}$, тертям гайки по ХГ та силами тертя у підшипниках його вала:

$$M_c = \frac{F_{п.ст}}{\operatorname{tg} \alpha} (1 + f_{гв} + f_{пш}) \cdot r_r \cdot \frac{1}{i}, \quad (3)$$

де $F_{п.ст}$ — сила тертя ковзання блоку подавач—стопа; α — кут між твірною різьби ХГ та перпендикуляром до його осі; $f_{гв}, f_{пш}$ — коефіцієнт тертя в гайці ХГ та підшипниках вала; r_r — радіус ХГ.

Інтегруючи в часі τ систему (1), одним із чисельних методів в заданому діапазоні зміни кута γ_3 , який відповідає заданій довжині подачі, можна дістати залежності від часу всіх шуканих основних змінних: $\omega_{д*}, \omega_{2*}, i_x, i_{2x}, i_y, i_{2y}, \omega_{п\psi\delta x}, \omega_{п\psi\delta y}, i_\mu, \gamma$. Маючи ці залежності, знаходять для кожного моменту часу струм двигуна

на $J_d = \sqrt{i_x^2 + i_y^2} / \sqrt{2}$, А, а також його момент $M_d = \frac{3r^A}{2\omega_\mu} (\omega_{п\psi\delta x} i_y - \omega_{п\psi\delta y} i_x)$,

Нм. Тут $\omega_{п\psi\delta x} = \omega_{п\psi\delta x} + x_1 i_x$, $\omega_{п\psi\delta y} = \omega_{п\psi\delta y} + x_1 i_y$.

Зміна значень γ_3 і маси стопи дає змогу скласти номограми, що визначають оптимальну відстань, яку проходить стопа від моменту перемикачання двигуна на повзучу швидкість до зупинки стопи. Дані розрахунків можна використати для визначення нагріву АД при заданій тахограмі та кількості циклів.

Регулювання моменту перемикачання в системі числового програмного керування ОПРМ здійснюється шляхом відповідної установки перемикача на виході діодно-матричного дешифратора «переключення швидкості» [1].

Список літератури: 1. *Казьмирович Р. В.* Лічильно-імпульсна система числового програмного керування (ЧПК) паперорізальних машин. — Поліграфія і видавнича справа, 1975, № 11, с. 124—131. 2. *Казьмирович Р. В.* Схема форсованого керування електромагнітними муфтами з використанням елементів серії «ЛОГІКА-Т». — Поліграфія і видавнича справа, 1981, № 17, с. 76—80. 3. *Колоненко Е. С., Сипайлов Г. Х., Хорьков К. А.* Электрические машины. — М.: Высш. шк., 1975. — 279 с. 4. *Фильц Р. В.* Дифференциальные уравнения насыщенных неявнополюсных машин переменного тока. — Изв. вузов. Сер. Электромеханика, 1966, № 1, с. 1195—1203.

The paper describes the mathematic model of electric drive of paper cutting machine feeder with the representing of electromagnetic condition of drive asynchronous two-speed engine with the help of differential equation fixed on x-y axes. The model is aimed ato define the optimal regimes of the work of the electrodrive feeder by means of calculations on UBM.

Стаття надійшла до редколегії 25.04.85