

УДК 519.6

**ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ ПІДТРИМАННЯ
ПОСТІЙНОЇ ШВИДКОСТІ
ЕЛЕКТРОПРИВОДА ДРУКАРСЬКОЇ МАШИНИ**

Марія Возна

При застосуванні мікро-ЕОМ та мікропроцесорів в системі керування електроприводом необхідні зміни і в методах проектування, налагоджування і експлуатації таких систем керування. Роботи з мікроелектронною апаратурою потребують розробки нових алгоритмів, програм та моделювання друкарської техніки.

Оптимізований алгоритм підтримки постійної швидкості обертання електропривода постійного струму зі зворотнім зв'язком по напрузі на якорі двигуна описується виразом:

$$\left\{ \begin{array}{l} G \\ C, \quad D; \\ \hline V, \quad E; F; J; K; L; M; N; H; S \quad [U(n,1) = 1] - ? \end{array} \right. \quad (1)$$

де C — алгоритм завантаження початкових значень; D — алгоритм перетворення цифрових кодів в аналоговий сигнал і видача його у вихідний канал системи керування, що рівнозначно виводу електроприводу на задану робочу швидкість; E — алгоритм вводу аналогового сигналу в систему керування; F — алгоритм створення часової затримки для узгодження часу; J — алгоритм продовження вводу аналогового сигналу, де відбувається перетворення в цифрові коди, поділ кодів на старші та молодші розряди для забезпечення необхідної точності функціонування системи керування; K — алгоритм накладання масок; L — алгоритм поділу цифрових кодів на два; M — алгоритм завантаження початкових заданих значень цифрового коду; N — алгоритм підрахунку відхилення між заданим та прийнятим у вхідний канал системи керування значенням цифрових кодів; H — алгоритм фіксування знаку (додатнього чи від'ємного) цього відхилення; S — алгоритм виводу обробленого цифрового коду у вихідний канал системи керування з перетворенням його в аналоговий сигнал додатньої чи від'ємної полярності; G — ознака переходу друкарської машини на робочу швидкість; V — закінчення алгоритму підтримання постійної швидкості електропривода; $U(n,1)$ — умова переходу на закінчення алгоритму.

При наявності ознаки G — початку виконання алгоритму підтримання постійної швидкості виконується алгоритм, структура якого наведена формулою (1). Спочатку виконуються алгоритми $C, D, E, F, J, K, L, M, N, H, S$, які описані виразами (2) - (12). Далі перевіряється ознака закінчення виконання алгоритму $[U(n,1)=1]$, при наявності якої процес завершується. В протилежному випадку

виконуються алгоритми *E, F, J, K, L, M, N, H, S*.

$$C = \overline{\overline{R(r_a, c_o); O(p_3, r_a); T(k, h+7); P(h+2, k); T(m, h+8); P(h+3, m)}}} \quad (2)$$

$$D = \overline{\overline{\left(\overline{\overline{T(k, h+2); O(p_1, r_a); R(r_a, c_1); O(p_2, r_a); T(m, h+3);}} \right)}}} \quad (3)$$

$$\overline{\overline{O(p_1, r_a); R(r_a, c_2); O(p_2, r_a); R(r_a, c_0); O(p_2, r_a)}}$$

$$E = \overline{\overline{R(r_a, c_3); O(p_2, r_a); R(r_a, c_4); O(p_2, r_a); R(r_a, c_5); O(p_2, r_a)}}} \quad (4)$$

$$F = \overline{\overline{\left(\begin{array}{l} R(r_d, c_6) \\ ; \\ \sphericalcap r_d \\ R(r_a, c_7) \\ ; \\ \sphericalcap r_a \\ B(r_a, 1, r_a) \\ ; \\ \left(\overline{\overline{B(r_a, 1, r_d), \quad Z(r_a), \quad [U_2(n, 1) = 1] - ?}} \right) \\ ; \\ *, \quad Z(r_d), \quad [U_3(n, 1) = 1] - ? \end{array} \right)}}} \quad (5)$$

$$J = \overline{\overline{\overline{W(m_1, p_o); \quad P(h+10, m_1); \quad R(r_a, c_3);}}}} \quad (6)$$

$$\overline{\overline{O(p_2, r_a); \quad W(k_1, p_o); \quad P(h+9, k_1);}}$$

$$K = \overline{\overline{\left(\overline{\overline{P(h+4, c_3); T(m_1, h+10); A(m_2, c_8, m_1);}} \right)}}} \quad (7)$$

$$\overline{\overline{P(h+11, m_2); T(m_1, h+10); A(m_3, c_9, m_1); \quad P(h+4, m_3)}}$$

$$L = \overline{\overline{\left(\begin{array}{ccc} T(m_2, h+11); & Y(m_4, m_2); & P(h+12, m_4); \\ T(k_1, h+9); & Y(k_4, k_1); & P(h+13, k_4) \end{array} \right)}}} \quad (8)$$

$$M = \overline{\overline{\overline{\overline{T(k, h+7); P(h, k); T(m, h+8); P(h+1, m)}}}}} \quad (9)$$

$$N = \overline{\overline{\left(\begin{array}{ccc} T(k, h); & B(k_5, k_4, k); & P(h+2, k_5); \\ T(m, h+1); & B(m_5, m_4, m); & P(h+3, m_5); \end{array} \right)}}} \quad (10)$$

$$H = \overline{\overline{\left(\begin{array}{ccc} R(r_a, c_4) & R(r_a, c_3) & [U_4(n, 1) = 1] - ? \\ P(h+10, r_a) & P(h+10, r_a) & \end{array} \right)}}} \quad (11)$$

$T(r_a, h+10)$

$A(r_a, c_3, r_a)$

$$S = \overline{\overline{\left(\begin{array}{l} T(k_5, h+2); \\ O(p_1, r_a); \\ R(r_a, c_1); \\ O(p_2, r_a); \\ T(m_5, h+3); \\ O(p_1, r_a); \\ R(r_a, c_2); \\ O(p_2, r_a); \\ (R(r_a, c_0)); \\ O(p_2, r_a) \end{array} \right) \left(\begin{array}{l} T(k_5, h+2); \\ O(p_1, r_a); \\ R(r_a, c_{10}); \\ O(p_2, r_a); \\ T(m_5, h+3); \\ O(p_1, r_a); \\ R(r_a, c_{11}); \\ O(p_2, r_a); \\ (R(r_a, c_{12})); \\ O(p_2, r_a) \end{array} \right) [U_5(n, 1) = 1] - ?}} \quad (12)$$

де $R(r_a, c_0), R(r_{a1}, c_1), R(r_a, c_2), \dots, R(r_a, c_5), R(r_d, c_6), R(r_a, c_7), R(r_a, c_{10}), R(r_a, c_{11}), R(r_a, c_{12}), O(p_1, r_a), O(p_2, r_a), O(p_3, r_a), W(m_1, p_0), \bar{w}(k_1, p_0)$ — двомісні оператори $T(k, h), T(k, h+2),$

$T(k, h+7)$, $T(k_1, h+9)$, $T(k_5, h+2)$, $P(m, h+1)$, $T(m, h+8)$, $T(m, h+3)$,
 $T(m_1, h+10)$, $T(m_2, h+11)$, $T(m_5, h+3)$, $T(r_a, h+10)$, $P(h, k)$,
 $P(h+1, m)$, $P(h+2, k)$, $P(h+3, m)$, $P(h+3, m_5)$, $P(h+2, k_5)$, $P(h+4, c_3)$,
 $P(h+4, m_3)$, $P(h+9, k_1)$, $P(h+10, m_1)$, $P(h+10, r_a)$, $P(h+11, m_2)$,
 $P(h+12, m_4)$, $P(h+13, k_4)$ — тримісні оператори; $B(r_a, 1, r_a)$,
 $B(r_d, 1, r_d)$, $B(k_5, k_4, k)$, $B(m_5, m_4, m)$, $A(m_2, c_3, m_1)$, $A(m_3, c_9, m_1)$,
 $A(r_a, c_3, r_a)$ — чотирьохмісні оператори.

Теорема 1: Алгоритм підтримання постійної швидкості електропривода друкарської машини вірогідний.

Доводимо вірогідність методом математичної індукції. Встановлюємо вірогідність для початкових значень змінних. Дopusкаємо, що алгоритм вірогідний для i -тих значень змінних. Показуємо вірогідність алгоритму для $(i+1)$ -их значень.

Встановлюємо області значень для всіх змінних, що використовуються в алгоритмах (2) - (12). R — оператор завантаження константи в ЕОМ; O - виведення даних з пам'яті; T — зчитування з постійної пам'яті за адресою $h, h+1, \dots, h+13$; P — запис змінної в пам'ять ЕОМ за фіксованою адресою $h, h+1, \dots, h+13$; B — оператор віднімання; W — оператор вводу змінною в ЕОМ; A — оператор логічного множення; R — оператор множення на два; U — ознака умови рівності 0 чи 1; Z — функція переходу; r, r_d — позначення регістрів a і d ; p_0, p_1, p_2, p_3 — коди звертання до периферійного обладнання; $h, h+1, h+2, \dots, h+13$ — комірки пам'яті за відповідними адресами; k, m — змінні що визначають величину швидкості електропривода; k_1, m_1 — змінні, що вводяться в ЕОМ і характеризують швидкість обертання електропривода; m_2, m_3, k_4, m_4 — проміжні значення змінних в процесі виконання обчислень; k_5, m_5 — кінцеві значення змінних; $c_0, c_1, c_2, \dots, c_{12}$ — константи.

$$h \in Q_1, \quad Q_1 = \overline{2816, 2817, \dots, 2979}$$

$$r_a \in Q_2, \quad Q_2 = \overline{0, 1, \dots, 255}$$

$$r_d \in Q_3, \quad Q_3 = \overline{0, 1, \dots, 5}$$

$$n \in Q_4, \quad Q_4 = \overline{0, 1}.$$

Приймаємо такі значення констант: $p_0=128$, $p_1=129$, $p_2=130$,

$p_0=131, c_0=144, c_1=20, c_2=24, c_3=0, c_4=1, c_5=2, c_6=5, c_7=145, c_8=127,$
 $c_9=128, c_{10}=52, c_{11}=56, c_{12}=176,$

$$\begin{array}{lll} k \in Q_2, & m \in Q_5, & Q_5 = \overline{0, 1, \dots, 6} \\ k_1 \in Q_2, & m_1 \in Q_6, & Q_6 = \overline{0, 1, \dots, 139} \\ & m_2 \in Q_7, & Q_7 = \overline{0, 1, \dots, 11} \\ & m_3 \in Q_4, & \\ k_4 \in Q_2, & m_4 \in Q_3, & \\ k_5 \in Q_2, & m_5 \in Q_8, & Q_8 = \overline{0, 1, \dots, 2} \end{array}$$

де Q_1, \dots, Q_n - області значень описаних змінних.

Проведемо дослідження на прикладі алгоритму виводу обробленого цифрового коду у вихідний канал системи керування - S. Зміними є k_5, m_5 , яким присвоюємо нульові значення: $k_5=0, m_5=0$. Для будь-якого m , яке дорівнює i -ому значенню впорядкованої області Q_i (нехай $m_5=1$) та $k_5=0, n=0$ отримаємо модель:

$$S = \overline{\overline{\overline{T(0, 2818); O(129, 0); R(52); O(130, 52);}}}$$

$$\overline{\overline{\overline{T(1, 2819); O(129, 0); R(56); O(130, 56); R(176); O(130, 176)}}}$$

при m_5 рівному $(i+1)$ -му значенню модель приймає вигляд:

$$m_5 = 2$$

$$S = \overline{\overline{\overline{T(0, 2818); O(129, 0); R(52); O(130, 52);}}}$$

$$\overline{\overline{\overline{T(2, 2819); O(129, 0); R(56); O(130, 56); R(176); O(130, 176)}}}$$

Модель не виходить за області значень.

Нехай j -ве значення наступної змінної k_5 дорівнює 240. Тоді при $k_5=240, m_5=2$ отримуємо:

$$S = \overline{\overline{\overline{T(240, 2818); O(129, 0); R(52); O(130, 52);}}}$$

$$\overline{\overline{\overline{T(2, 2819); O(129, 0); R(56); O(130, 56); R(176); O(130, 176)}}}$$

Модель не виходить за встановлені області визначення операторів. При $(j+1)$ та $(i+1)$ значеннях змінних k_5, m_5 отримуємо модель:

$$S = \left(\begin{array}{l} T(241, 2818); O(129, 0); R(52); O(130, 52); \\ T(2, 2819); O(129, 0); R(56); O(130, 56); R(176); O(130, 176) \end{array} \right)$$

Вірогідність математичної моделі доведена.

Дослідження алгоритмів С, D, E, F, J, K, L, M, N, H доводимо аналогічно. Таким чином вірогідність математичної моделі алгоритму підтримки постійної швидкості електропривода доведена.

Теорема 2. Математична модель алгоритму

$$\left(\begin{array}{l} G; \\ V, \quad A^1; B^1; C^1; D^1; E^1; F^1; K^1 \quad [U(n,1) = 1] - ? \end{array} \right)$$

достовірна.

Даним алгоритмом описується режим "поштовх вперед - поштовх назад". Доводимо вірогідність аналогічно доведенню в теоремі 1.

Теорема 3. Математична модель алгоритму

$$\left(\begin{array}{l} K_b; K_e; R_c; K_2; K_3; \\ \varphi K_b \\ \varphi K_e \\ S; Pg; F; \\ V, \quad K_e = K_e - 1, (K_e = 0) - ? \quad K_b = K_b - 1, (K_b = 0) - ? \\ \quad \quad \quad ; \\ \quad \quad \quad K_b = 255 \quad \quad \quad Pg \end{array} \right)$$

достовірна.

Даним алгоритмом описується автоматичне гальмування електропривода постійного струму при наявності ознаки гальмування R_c . Доводимо вірогідність аналогічно доведенню в теоремі 1.

Результатом роботи є встановлення вірогідності математичних моделей алгоритмів підтримання постійної швидкості, режиму "поштовх вперед - поштовх назад", гальмування електропривода. Перелічені математичні моделі реалізовані і апробовані.