

УДК 678.067.5

М. М. ЛУЦКІВ, Б. В. ДУРНЯК, С. І. САМБОРСЬКИЙ

ЕЛЕКТРОПРИВОД РУЛОННОЇ ДРУКАРСЬКОЇ МАШИНИ З ДИНАМІЧНИМ РЕГУЛЯТОРОМ

Завдяки успішному розвитку перетворювальної техніки на друкарських машинах здійснюється перехід до тиристорного електропривода, який має ряд переваг порівняно з існуючими [3, 4]. Для синтезу систем електропривода широко використовують принцип підпорядкованого регулювання. Можливості і переваги систем тиристорного електропривода з підпорядкованим регулюванням добре вивчені та відображені в великій кількості публікацій. Відомі і недоліки таких систем [1], які полягають в тому, що при збільшенні числа контурів в системі зменшується швидкодія, а при наявності пружних елементів в кінематиці або в самому об'єкті важко забезпечити потрібну якість процесу регулювання та демпфування крутильних коливаль, що призводить до зменшення продуктивності машини та погіршення якості друкованої продукції.

При синтезі систем тиристорного електропривода з підпорядкованим регулюванням рулонних друкарських машин нехтують малими сталими часу та роблять ряд допущень і формують *II*- або *III*-закони управління. Тому в таких системах найбільш часто відбивається вплив пружних властивостей ділянки паперової стрічки, що призводить до неможливості здійснення стандартних налагоджень, а це погіршує якість процесу регулювання. Відзначимо, що в системах підпорядкованого регулювання електроприводами рулонних друкарських машин важко забезпечити бажані показники якості системи, тому що її порядок вищий за число незалежно варійованих параметрів системи.

Розглянемо систему електропривода з підпорядкованим регулюванням рулонних друкарських машин на основі послідовного динамічного регулятора [5], який дає змогу синтезувати систему з наперед заданими показниками якості, не підвищуючи при цьому порядок вихідної системи.

На рис. 1 показана структурна схема вихідної системи тиристорного електропривода постійного струму рулонної друкарської машини зі зворотнім зв'язком за струмом якоря і швидкістю з урахуванням пружних властивостей ділянки паперової стрічки [2]. У системі є перехресні зворотні зв'язки, тому для спрощення

на основі формули Мейсона запишемо передаточну функцію вихідної розімкнутої системи від точки *a* до точки *b*, яку надалі називатимемо об'єктом управління

$$W_0(s) = \frac{u_T(s)}{u_3(s)} \frac{k_1 \cdot k_{тп} \cdot k_2 \cdot k_d}{c(T_\phi s + 1)(T_\pi s + 1)T_M s} \times \\ \times \left[1 + \frac{k_{тп} \cdot k_\tau}{R_\pi(T_\phi s + 1)(T_\pi s + 1)} + \frac{1}{(T_\pi s + 1)T_M s} + \right. \\ \left. + \frac{k_2 \cdot k_c \cdot k_3 \cdot R_\pi}{c^2 T_M s(T_c s + 1)} + \frac{k_{тп} \cdot k_\tau \cdot k_2 \cdot k_c \cdot k_3}{c^3 (T_\phi s + 1)(T_\pi s + 1)(T_c s + 1)T_M s} \right]^{-1}. \quad (1)$$

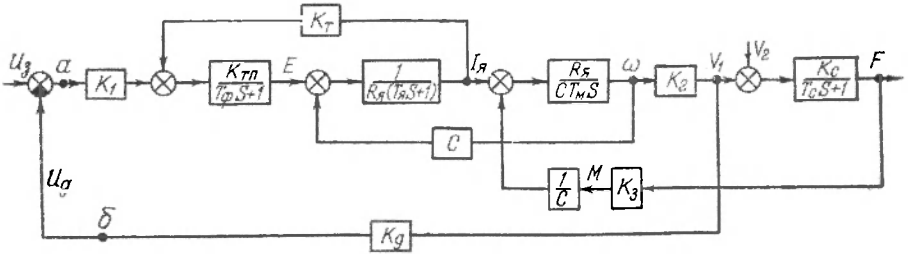


Рис. 1. Структурна схема вихідної системи.

де k_1 , $k_{тп}$ — коефіцієнти підсилення підсилювача і тиристорного перетворювача; c — коефіцієнт двигуна; k_2 , k_3 — коефіцієнти передачі кінематичної частини привода машини, R_π — опір кола якоря двигуна; k_3 , k_d — коефіцієнти передачі і давача лінійної швидкості машини; k_c — коефіцієнт передачі ділянки паперової стрічки; T_ϕ , T_c — сталі часу фільтра тиристорного перетворювача і ділянки паперової стрічки; T_π — електромагнітна стала часу кола якоря двигуна; T_M — електромеханічна стала часу електропривода.

Після перетворень

$$W_0(s) = \frac{b_2 s + b_1}{s^4 + a_4 s^3 + a_3 s^2 + a_2 s + a_1}, \quad (2)$$

де

$$b_2 = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_{тп} \cdot k_d}{c T_\phi T_\pi T_M}; \quad b_1 = \frac{k_1 k_2 \cdot k_{тп} \cdot k_d}{c T_\phi T_\pi T_M T_c};$$

$$a_4 = \frac{T_\phi T_\pi + T_\phi T_c + T_\pi T_c}{T_\phi T_\pi T_c};$$

$$a_2 = \frac{T_\phi T_M + T_\pi T_M + T_c T_M + k_{тп} \cdot k_\tau \frac{1}{R_\pi} T_c T_M + T_\phi T_c + \\ + k_2 k_3 \cdot k_c \frac{1}{c^2} R_\pi T_\phi T_\pi}{T_\phi T_\pi T_c T_M};$$

$$a_2 = \frac{k_{\text{тп}} \cdot k_{\text{т}} \frac{1}{R_{\text{я}}} T_{\text{м}} + k_2 \cdot k_3 \cdot k_{\text{с}} \frac{1}{c^2} R_{\text{я}} T_{\text{ф}} + k_2 k_3 k_{\text{с}} \frac{1}{c^2} \times}{T_{\text{ф}} T_{\text{я}} T_{\text{с}} T_{\text{м}}};$$

$$a_1 = \frac{k_2 \cdot k_3 \cdot k_{\text{с}} \frac{1}{c^2} R_{\text{я}} + k_2 \cdot k_3 \cdot k_{\text{тп}} \cdot k_{\text{т}} \cdot k_{\text{с}} \frac{1}{c^2} + 1}{T_{\text{ф}} T_{\text{я}} T_{\text{с}} T_{\text{м}}}$$

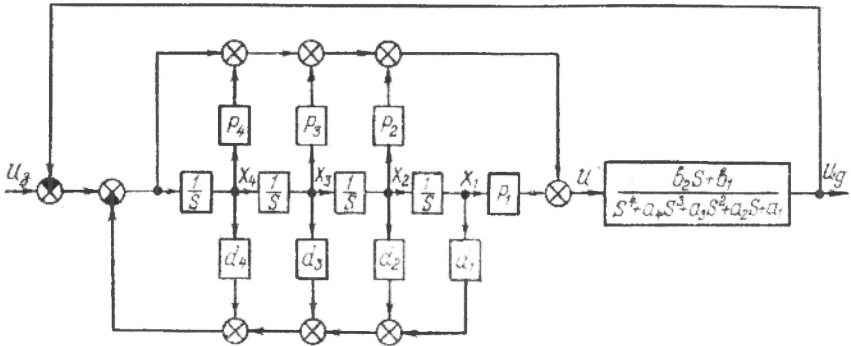


Рис. 2. Структурна схема системи з динамічним регулятором.

Синтез системи управління об'єктом (2) проведемо на основі послідовного динамічного регулятора [5], використовуючи змінні стану останнього.

Управління u сформуємо у вигляді лінійної комбінації змінних x_i стану динамічного регулятора, завдання u_3 системи і виходу u_2 об'єкта

$$u = \sum_{i=1}^4 (p_i + d_i) x_i + u_3 - u_2, \quad (3)$$

де p_i і d_i — довільні коефіцієнти прямого кола і кола зворотного зв'язку динамічного регулятора.

На рис. 2 зображена розгорнута структурна схема системи з динамічним регулятором, на основі якої запишемо передаточну функцію системи за завданням

$$\Phi(s) = \frac{b_2 s + b_1}{s^4 + a_4 s^3 + a_3 s^2 + a_2 s + a_1} \times$$

$$\times \left(1 + \frac{p_4}{s} + \frac{p_3}{s^2} + \frac{p_2}{s^3} + \frac{p_1}{s^4} \right) \left[1 + \frac{b_2 s + b_1}{s^4 + a_4 s^3 + a_3 s^2 + a_2 s + a_1} \times \right.$$

$$\left. \times \left(1 + \frac{p_4}{s} + \frac{p_3}{s^2} + \frac{p_2}{s^3} + \frac{p_1}{s^4} \right) + \frac{d_4}{s} + \frac{d_3}{s^2} + \frac{d_2}{s^3} + \frac{d_1}{s^4} \right]^{-1}. \quad (4)$$

Після перетворень

$$\Phi(s) = \frac{(b_2 s + b_1)(s^4 + p_4 s^3 + p_3 s^2 + p_2 s + p_1)}{(s^4 + a_4 s^3 + a_3 s^2 + a_2 s + a_1)(s^4 + d_4 s^3 + d_3 s^2 + d_2 s + d_1) + (b_2 s + b_1)(s^4 + p_4 s^3 + p_3 s^2 + p_2 s + p_1)} \quad (5)$$

Якщо виконати динамічний регулятор таким чином, щоб $p_i = a_i$, $i = 1, 2, 3, 4$, то передаточна функція системи

$$\Phi(s) = \frac{b_2 s + b_1}{s^4 + d_4 s^3 + d_3 s^2 + (d_2 + b_2) s + d_1 + b_1} \quad (6)$$

Налагодження такого контура системи можна провести на основі відомих рекомендацій [4] відповідним вибором коефіцієнта k_T .

Синтез системи проведемо аналітичним методом. Нехай вибрана бажана передаточна функція $\Phi^*(s)$ з потрібним законом розміщення нулів і полюсів передаточної функції [3]

$$\Phi^*(s) = \frac{b_2^* s + b_1^*}{s^4 + a_4^* s^3 + a_3^* s^2 + a_2^* s + a_1^*}, \quad (7)$$

яка визначає задані технічні вимоги до системи.

Прирівнюючи вирази (6) і (7), дістаємо рівняння

$$\begin{aligned} \frac{b_2 s + b_1}{s^4 + a_4 s^3 + d_3 s^2 + (d_2 + b_2) s + d_1 + b_1} &= \\ &= \frac{b_2^* s + b_1^*}{s^4 + a_4^* s^3 + a_3^* s^2 + a_2^* s + a_1^*}. \end{aligned} \quad (8)$$

Прирівнюючи відповідні коефіцієнти у формулі (8), визначаємо коефіцієнти зворотного зв'язку динамічного регулятора

$$d_4 = a_4^*, \quad d_3 = a_3^*, \quad d_2 = a_2^* - b_2, \quad d_1 = a_1^* - b_1 \quad (9)$$

і коефіцієнти чисельника передаточної функції (6) замкнутої системи

$$b_2 = b_2^*, \quad b_1 = b_1^*. \quad (10)$$

Відповідним вибором коефіцієнта k_i підсилення підсилювача та коефіцієнта k_{TP} передачі тиристорного перетворювача можна забезпечити потрібні коефіцієнти (10) b_1 і b_2 чисельника (6), а отже, і бажані нулі передаточної функції замкнутої системи. Відзначимо, що у системах підпорядкованого регулювання не було можливості задавати бажані нулі передаточної функції системи.

Для апаратної реалізації динамічного регулятора можна використати інтегральні операційні підсилювачі.

Таким чином, на основі динамічного регулятора можна синтезувати систему електропривода рулонної друкарської машини з

бажаними нулями і полюсами передаточної функції і забезпечити потрібні технічні показники якості системи і друкарської машини більш простими засобами, ніж це зроблено у працях [1, 4].

Список літератури: 1. *Боровиков М. А.* Расчет устройств упрещающей коррекции в электроприводах постоянного тока по структуре подчиненного регулирования. — Изв. вузов. Электромеханика, 1982, № 7. 2. *Волощак И. А., Дурняк Б. В., Луцкий Н. М., Стрелко И. Т.* Автоматическое регулирование намотки бумажной ленты. — Полиграфия и издательское дело, 1982, № 18. 3. *Волощак И. А., Ефреймович Ю. Е., Ройзен С. С.* Электрооборудование полиграфических машин. — М.: Книга, 1976. 4. *Иванов Г. М., Левин Г. М., Хугорецкий В. М.* Автоматизированный многодвигательный электропривод постоянного тока. — М.: Энергия, 1978. 5. *Луцкий Н. М., Самборский С. И.* Системы с последовательным динамическим регулятором. — Адаптивные системы автоматического управления, 1983, вып. 11.

The article examines the system of the electric drive with the subordinate regulation of the printing presses on the basis of the successive dynamic regulator which makes possible to synthesize the system with the predetermined quality indicators. The initial system order is not raised at that.

Стаття надійшла до редколегії 14. 03. 83