УДК 681.5

О. І. Осмоловський, асп.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ КООРДИНАТНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ АВТОМАТИЧНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Проаналізовано вимоги до приводів координатних вимірювальних систем. Запропоновано структуру регулятора, яка дозволила одержати високі динамічні і точністні характеристики приводів. Проведено аналітичні дослідження прикладу реалізації оптимального приводу, інваріантного до параметричних збурень. Виконано порівняльне математичне моделювання функціонування звичайної і пропонованої стежних систем.

Вступ

Сучасне автоматизоване виробництво потребує проведення операції контролю параметрів продукції безпосередньо у виробничому циклі. Для вимірювання розмірів деталей широко застосовуються координатні вимірювальні машини (КВМ). Якість проведення вимірювальної операції в значній мірі залежить від параметрів приводів, які забезпечують просторовий рух чутливих елементів відносно вимірюваних поверхонь за заданим алгоритмом. Високі вимоги до універсальності КВМ, які повинні контролювати розміри деталей різноманітних конфігурацій, потребують від координатних приводів максимальної швидкодії і точності в усіх можливих режимах, в тому числі в умовах дії дестабілізувальних факторів.

Аналіз досліджень і публікацій

Вирішенню задачі проектування оптимальних багатовимірних автоматичних систем, які здатні працювати в умовах дії на об'єкт регулювання дестабілізувальних факторів, приділено багато уваги [1, 2]. Застосування сучасних мікропроцесорних засобів розкриває перспективи створення нових систем керування електроприводами, здатних забезпечити високу якість процесів керування при зміні внутрішніх і зовнішніх параметрів системи. Одним із способів вирішення задачі забезпечення оптимальної стабілізації бажаних траєкторій руху і послідовної підтримки координат системи на заданому рівні в класі неперервних систем є метод аналітичного конструювання А. В. Лєтова [2].

У тому випадку, коли вимагається надати приводу властивостей інваріантності до параметричних і координатних збурень, системи керування повинні бути побудовані з використанням розривних функцій [3—5]. Окремим випадком розривного керування є релейне керування. Проте пряме застосування розривних алгоритмів для керування електромеханічними об'єктами не завжди дає бажаний результат.

Постановка завдання

Окрім зовнішніх факторів до причин, що дестабілізують роботу приводів також відноситься зміна характеристик самих виконавчих двигунів приводів. Так, не є постійними коефіцієнти передачі силової частини, змінюється електромеханічна постійна часу двигуна. На якість роботи приводів впливають також вібраційні та інші навантаження.

Для запобігання виникнення автоколивань при застосуванні розривних алгоритмів повинні бути забезпечені умови ковзких режимів, які б вирішували задачу компенсації неідеальностей об'єкта. Теоретично це можливо зробити обчисленням похідних вихідної координати. Однак на практиці цей шлях в переважній більшості випадків майже не піддається реалізації через наявність завад. Отже, для реалізації допустимих режимів ковзання в системах постійного струму необхідне застосування датчиків прискорення з динамічними показниками фільтрації практично на два порядки вище існуючих. Тому актуальним є відшукання алгоритму керування з найменшою кількістю операцій диференціювання.

© О. І. Осмоловський, 2006

Розв'язання завдання

Нехай збурений рух динамічної системи описується векторним рівнянням

$$\dot{\eta} = A\eta + Bu, \tag{1}$$

де η — n-вимірний вектор відхилень координат системи x від запрограмованих рухів x^*; u — значення скалярного керувального впливу; A і B — матриці постійних коефіцієнтів розмірностей $(n \times n)$ та $(n \times 1)$.

Мірою близькості фактичної траєкторії руху до програмних її значень є функціонал

$$J(u) = \int_0^\infty \eta^T Q\eta\, dt, \tag{2}$$

тоді в області малих відхилень керування, синтезоване за методом Беллмана—Ляпунова, матиме вигляд

$$u = -signB\frac{\partial V}{\partial \eta^T}, \tag{3}$$

де Q — довільна позитивно визначена матриця; $V = \eta^T P\eta$ — функція Ляпунова; P — матриця, що є розв'язанням матричного рівняння Ляпунова

$$A^T P + PA = -Q. \tag{4}$$

Рух розімкненої системи відносно швидкості зміни вихідної координати u_v описується рівнянням

$$\left[T_1 T_2 T_3 p^3 + \left(T_1 T_3 + T_2 T_3\right) p^2 + \left(T_1 + T_3\right) p + 1\right] u_V = = k_1 k_2\, u_c, \tag{5}$$

де p — оператор диференціювання; T_1 — постійна часу підсилювача; T_2 — електрична постійна часу двигуна; T_3 — механічна постійна часу; k_1 і k_2 — коефіцієнти підсилення; u_c — керувальний сигнал.

Алгоритм оптимального керування, що мінімізує функціонал (2), згідно з (3) матиме вигляд

$$u = h\, sign\sum_{j=1}^{3} b_3 p_{3j}\eta_j = h\, sign\sum_{j=1}^{3} q_j\eta_j, \tag{6}$$

де p_{3j} — розв'язок матричного рівняння Ляпунова (4); h_j — позитивні коефіцієнти.

З метою зменшення кількості операцій диференціювання можна одержати керування (6) у вигляді

$$u = u_0 sign\left[q_1\eta_1 + q_2\eta_2 + q_3\left(x_3^* - \frac{1}{T_3 u_{V_0}} p u_a\right)\right].$$

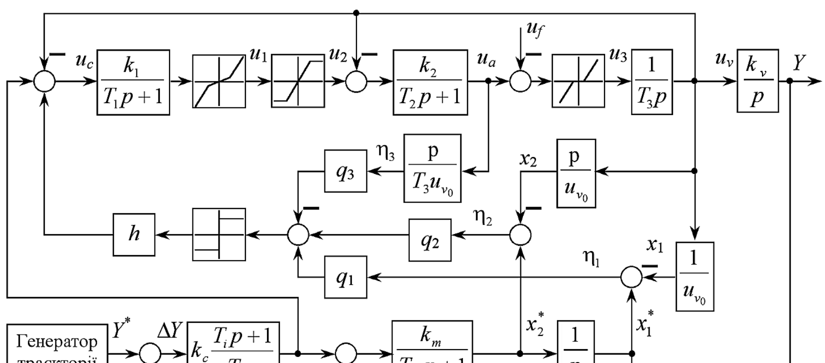
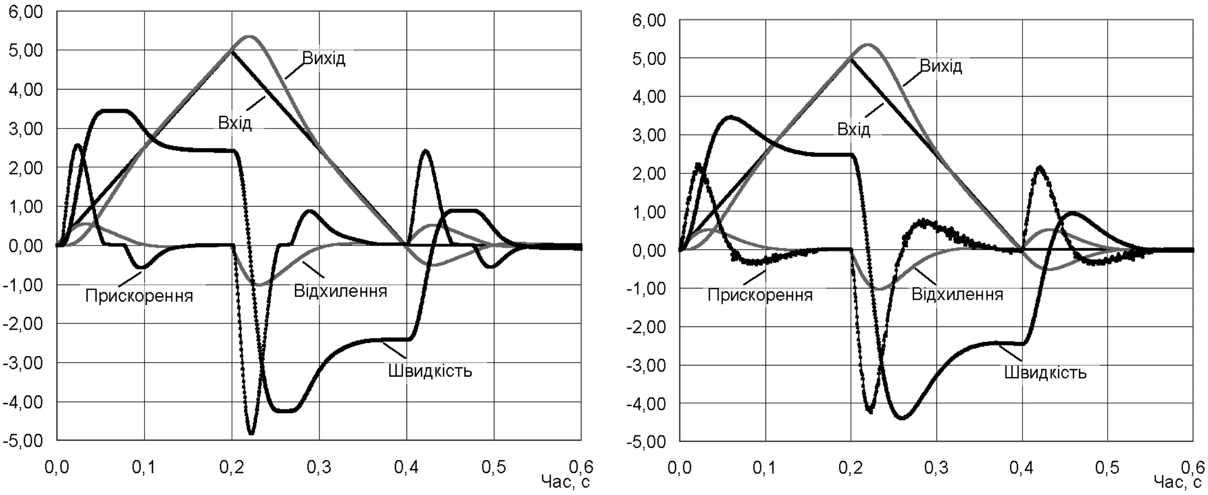


Рис. 1. Структурна схема адаптивної нелінійної системи

Застосування одержаного керування регулятора привода, що працює в режимах стеження та позиціонування, наведено на структурній схемі рис. 1.

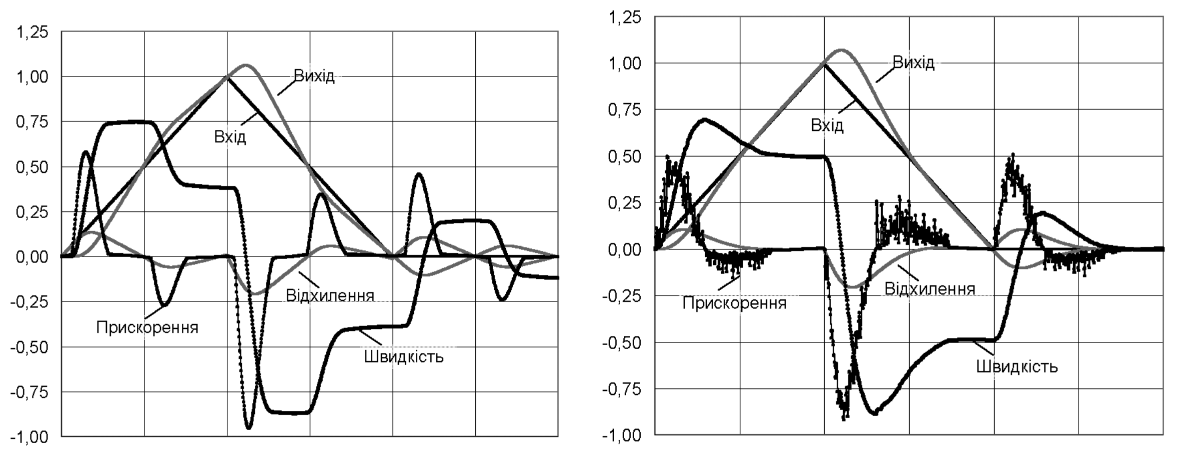
В електронній частині зображені дві нелінійності, перша з яких характеризує зниження коефіцієнта підсилення при малих сигналах, а друга — обмеження команди на рівні її максимального значення. Нелінійність в структурі двигуна характеризує появу сил сухого тертя. Сигнал u_f відповідає впливу зовнішніх збурювальних сил. Привод забезпечує рух об'єкта керування за траєкторією, яка формується програмно відповідним генератором. Обчисленню підлягають похідні вихідних координат тільки першого порядку.

З метою підтвердження правильності ідей, що лежать в основі запропонованих структурних схем, проведено практичну перевірку методики синтезу системи оптимального керування. Амплітуда вхідного впливу складала 5, 1, та 0,2 од. Досліджувалася реакція системи для двох випадків її структури — із заблокованою ланкою адаптивної корекції ($h = 0$) та з її застосуванням ($h = 1$). Результати представлено на діаграмах рис. 2 —4, на кожній з яких відображено вхідний та вихідний сигнали Y^* і Y, їх різницю ΔY, вихідну швидкість u_v та похідну від неї (прискорення) x_2.



а б

Рис. 2. Реакція на вхідну дію великої амплітуди звичайної (а) і адаптивної (б) систем



а б

Рис. 3. Реакція на вхідну дію звичайної (а) і адаптивної (б) нелінійних систем

За найбільшої амплітуди сигналу суттєвого впливу коректувальної ланки на роботу системи не спостерігається (рис. 2.). Зі зменшенням швидкості звичайна система демонструє погіршення параметрів: з'являється коливальність, збільшується похибка, зростає тривалість процесу (рис. 3а). Застосування ланки адаптивного регулювання повертає систему до звичайного характеру роботи (рис. 3б). Подальше зменшення сигналу підтверджує переваги адаптивної системи над звичайною (рис. 4).

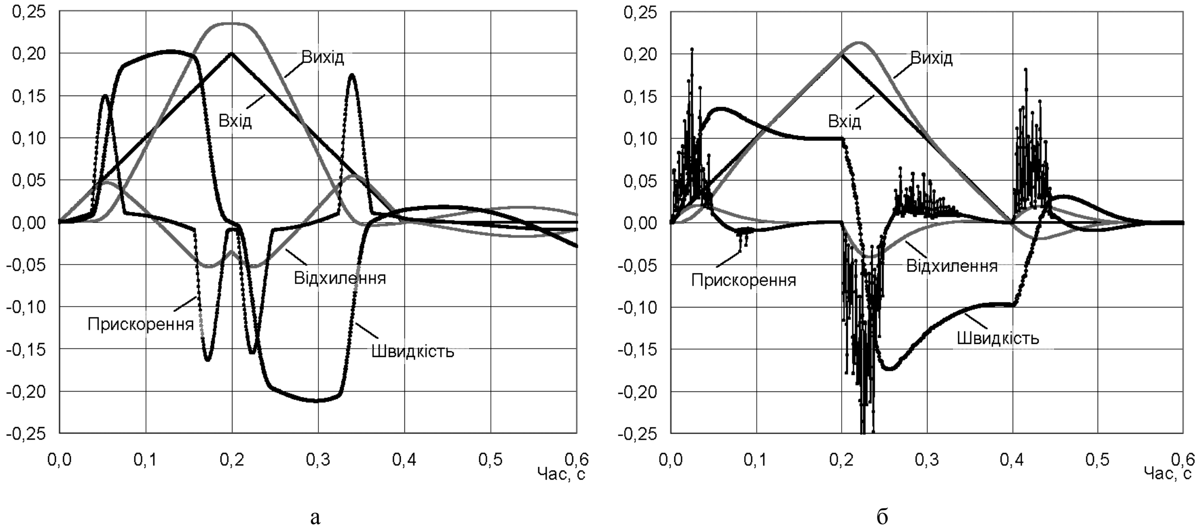


Рис. 4. Реакція на вхідну дію малої амплітуди звичайної (а) і адаптивної (б) систем

В наведеному прикладі спостерігається зменшення наслідків дії збурень, заданих у вигляді нелінійностей параметрів системи. Одержано якісну оцінку ефективності пропонованого методу синтезу адаптивних стежних систем. Порівняно зі звичайною системою в пропонованій відбувається значне збільшення стійкості, яке найсуттєвіше в області малих сигналів.

Висновки

Адаптивна система дає можливість витримати в заданих межах динамічні характеристики привода за наявності зони нечутливості в контурі керування. Адаптивній системі властива певна неточність щодо неврахованої динаміки і вона не вимагає точної відповідності сформованої моделі структурі реального об'єкта керування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования. — М.: Наука, 1975. — 767 с.
2. Летов А. М. Математическая теория процессов управления. — М.: Наука, 1981. — 256 с.
3. Емельянов С. В., Уткин В. И. Теория систем с переменной структурой. — М.: Наука, 1970. — 592 с.
4. Мирошник И. В., Никифоров В. О., Фрадков А. Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. — СПб.: Наука, 2000. — 549 с.
5. Гёльднер К., Кубик С. Нелинейные системы управления: Пер. с нем. под ред. Рябова В. А. — М.: Мир, 1987. — 368 с.

Осмоловський Олександр Іванович — аспірант кафедри інформаційних технологій.

Інститут інформаційно-діагностичних систем, Національний авіаційний університет