

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ ТОЧНОСТІ ПРИВОДІВ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ СКЛАДНИХ ДЕТАЛЕЙ

Осмоловський О.І.

Національний авіаційний університет, м. Київ

кафедра інформаційних технологій

E-mail: kvp@nau.edu.ua

Abstract

Osmolovsky O.I. Method of dynamic exactness increase of the checking systems drives of complex details geometrical sizes. The article presents a systemic approach to the analysis of features of travel drives used in precision machines and measuring robots. Advantages of drives based on linear engines are demonstrated. The work provides an analysis of factors affecting the precision and dynamic parameters of control drives based on linear engines. A method is offered for the development of an advanced-precision digital electric drive. The effectiveness of the method is tested and confirmed by a mathematical model simulating dynamic processes in the drive.

Вступ

Одним з найбільш відповідальних етапів сучасного виробництва є контроль геометричних розмірів деталей, що виготовляються. Оскільки контрольно-вимірвальна операція повинна бути включена в єдиний безперервний цикл виготовлення продукції, до швидкості і якості її виконання пред'являються підвищені вимоги.

Для здійснення комплексного контролю деталей застосовуються універсальні автоматичні засоби – координатні вимірвальні машини (КВМ) [1]. Значне навантаження на забезпечення якісного проведення вимірювань покладається на вузли переміщення чутливих елементів, виконані у виді координатних приводів. До останніх пред'являються вимоги забезпечення високої точності і достатньої швидкості відтворення складного просторового руху вимірвального елемента навколо поверхні контрольованої деталі [2].

Проблема одночасного забезпечення цих достатньо суперечливих вимог вирішується різними шляхами. Одним з таких методів є програмне переміщення чутливого елемента, що виправдано при контролі однотипних виробів. Координатні приводи в цьому випадку працюють в кількох режимах: в режимі траєкторного руху – при програмному переміщенні по заданій траєкторії, в режимі позиціонування з малою швидкістю – безпосередньо перед початком вимірювання, в режимі стабілізації умов контакту чутливого елемента з контрольованим об'єктом.

Часто для оперативного контролю використовується режим безперервного стеження за поверхнею, в якому мінімізація траєкторної похибки стає обов'язковою умовою. З цих причини до приводів систем контролю геометричних характеристик об'єктів пред'являються підвищені вимоги щодо точності і швидкодії як до специфічних систем автоматичного регулювання.

Постановка задачі

Підхід, заснований на методах теорії оптимального управління, дозволяє будувати оптимальні за швидкістю управління, які приводять систему в необхідний стан за кінцевий час за наявності обмежень. Проте побудова таких управлінь, навіть програмних, для складних механічних систем потребує великої кількості ітераційних процедур зі значним об'ємом обчислень [3]. Трудомісткість процесу ще більше зростає при побудові оптимального управління по зворотному зв'язку. Тому безпосереднє застосування методів оптимального управління в реальному масштабі часу є досить проблематичним і потребує відшукування інших практичних підходів, придатних для розв'язання конкретних задач.

Вирішення задачі

Пропонується варіант реалізації регулятора, який дозволив би одержати більш високі якісні показники роботи приводів стосовно специфіки їх експлуатації у складі автоматичних систем контролю геометричних розмірів [4, 5]. При синтезі регулятора взято до уваги такі вимоги до приводу, як забезпечення програмного переміщення вимірювального елемента з високими швидкостями при мінімальному відхиленні від заданої траєкторії, жорстке позиціонування при східчастому управлінні без прояву перерегулювання, висока чутливість при малих переміщеннях в зоні вимірювання.

Структуру такого регулятора представлено на рис.1.

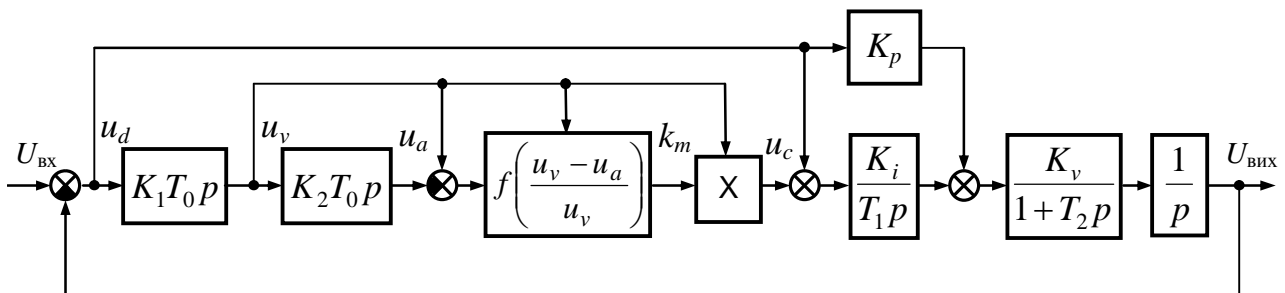


Рис. 1. Структурна схема слідкуючої системи з функціональним регулятором

До структури введено обчислювачі швидкості зміни u_v сигналу помилки u_d і його прискорення u_a . Коефіцієнти перетворення K_1 і K_2 встановлюються у відповідності до передатної характеристики слідкуючої системи. Обчислювач модуляційного коефіцієнту k_m формує керуючий сигнал в залежності від співвідношення вхідних сигналів u_v та $u_v - u_a$.

Коефіцієнт k_m набуває максимального позитивного значення при відсутності прискорення сигналу похибки ($u_a = 0$) і зменшується до нуля у відповідності з закладеною функціональною залежністю $f(u_v, u_a)$. Встановлений далі перемножував модулює сигнал поправки u_v , який подається на вхід інтегрального регулятора разом із сигналом похибки u_d .

Порівняння якісних показників роботи слідкуючих систем із звичайною і пропонованою структурою при різних вхідних впливах виконано шляхом математичного моделювання. За основу взято типову слідкуючу систему з ПІ-регулятором, передатна функція $K(p)$ якої в розімкнутому стані описується рівнянням

$$K(p) = \left(K_p + \frac{K_i}{T_1 p} \right) \cdot \frac{K_v}{1 + T_2 p} \cdot \frac{1}{p},$$

де p – оператор диференціювання; K_p, K_i – коефіцієнти пропорційної та інтегральної складової регулятора; K_v – розмірний коефіцієнт перетворення швидкісного контуру; T_1, T_2 – постійні часу.

Для моделювання взято конкретні значення коефіцієнтів $K_1 = K_2 = K_p = K_i = 1$, $K_v = 100 \text{ с}^{-1}$, $1/T_0 = 1/T_1 = 100 \text{ рад/с}$, $1/T_2 = 350 \text{ рад/с}$. Результати моделювання представлено на діаграмах рис. 2 і 3, на яких наведено сигнали $U_{вх}$, $U_{вих}$, u_d , u_v , u_c та k_m .

В якості вхідних впливів обрано складні сигнали у вигляді суперпозиції стрибків координати і швидкості з періодом повторення 100 мс (рис. 2), що знаходиться в межах смуги пропускання системи (10 гц або 62,8 рад/с), і у вигляді обмеженої напівсинусоїди з вдвічі меншим періодом (рис. 3), що перевищує граничну частоту в 100 рад/с.

Аналізуючи зображені результати слід відзначити, що введення модульованої поправки дозволяє зменшити середнє значення похибки відтворення вхідного впливу складної форми в 2,1 рази у першому випадку (рис. 2) і в 1,9 разів у другому (рис. 3), а середньоквадратичне її значення – в 1,4 та 1,8 разів відповідно.

Пропонована система демонструє високу “чіпкість” і швидку “прив’язку” до вхідного сигналу з переходом до нульової помилки на лінійних ділянках впливу. Ця якість є корисною

при використанні подібних регуляторів у складі автоматизованих систем контролю геометричних характеристик виробів завдяки можливості забезпечення більш високої продуктивності і точності проведення вимірювань.

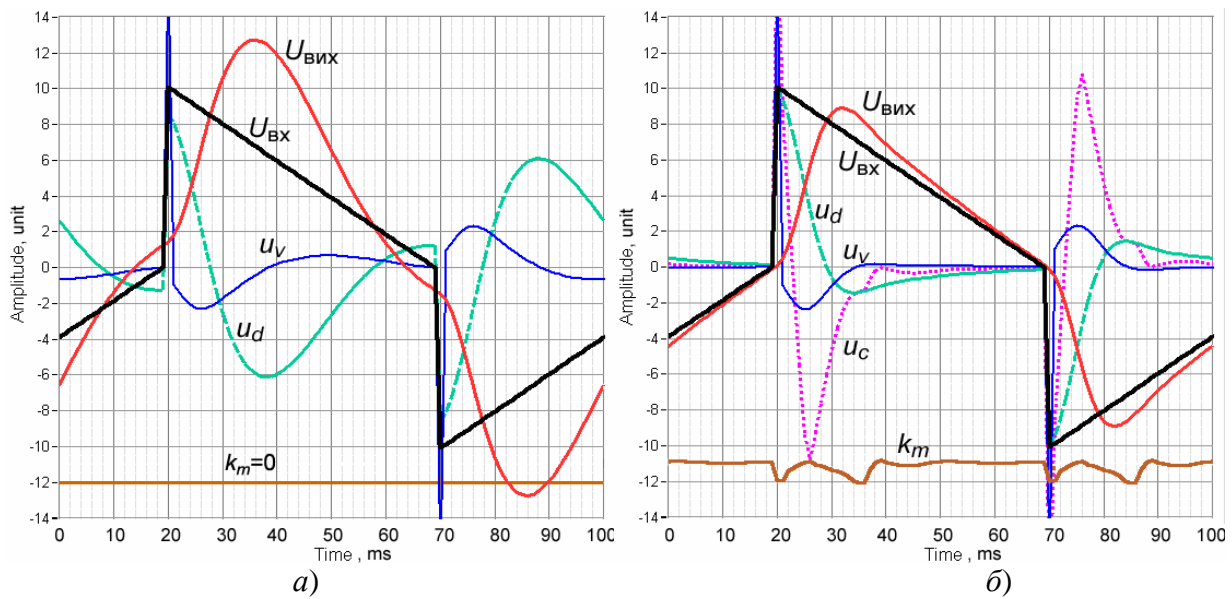


Рис. 2. Перехідні процеси типової (а) і запропонованої (б) слідкуючої системи

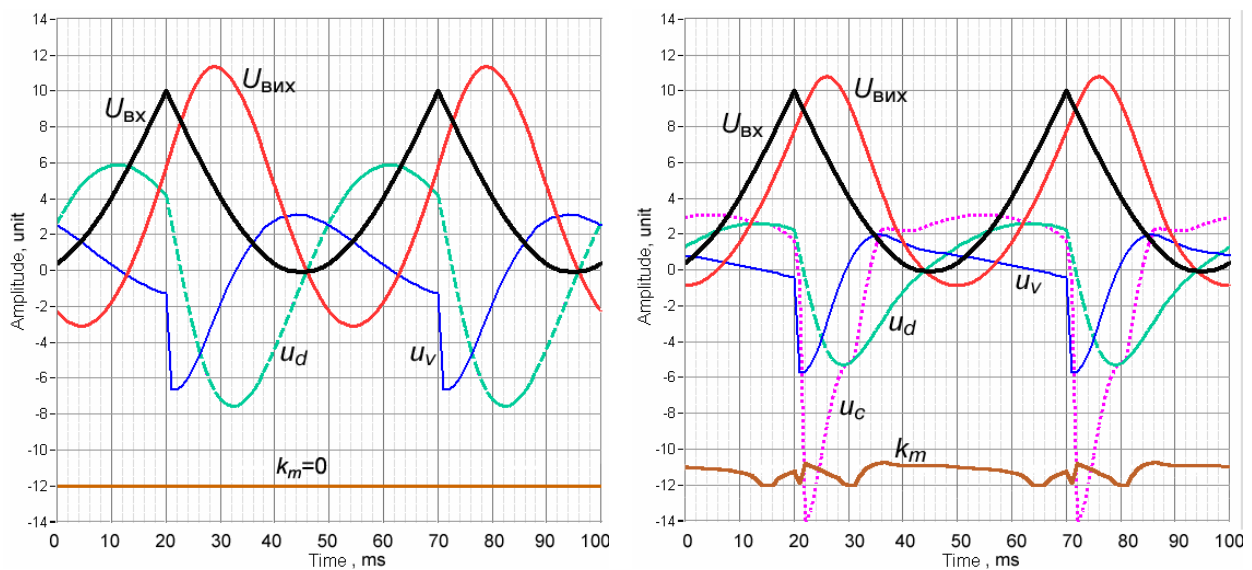


Рис. 3. Реакція типової (а) і запропонованої (б) слідкуючої системи на складний вплив

Слід зазначити, що розглянутий варіант функціонального регулятора в порівнянні з запропонованим авторами в публікації [4] має певні переваги, які проявляться у випадку роботи системи в умовах впливу дестабілізуючих факторів, зокрема нерегулярних завад. Так, дослідження обох підходів за наявності в вимірювальному каналі шумів показує, що останній варіант забезпечує меншу похибку слідкування за вимірюваною поверхнею, ніж у випадку [4]. Різниця стає тим більшою, чим простіше профіль контрольованої поверхні. Тому останній варіант слід віднести до більш універсальних методів підвищення динамічної точності координатних приводів систем вимірювання геометричних характеристик поверхонь.

Показовими є результати дослідження залежності похибки контролю профілю однієї й тієї ж складної поверхні від швидкості його виконання (рис. 4). Параметром швидкості

сканування поверхні була гранична частота її профілю, яка змінювалася в певних межах відносно значення верхньої частоти слідкуючої системи (25 рад/с). За однакової швидкості контролю пропонується система дає більш ніж двократне зменшення середньоквадратичного значення похибки.

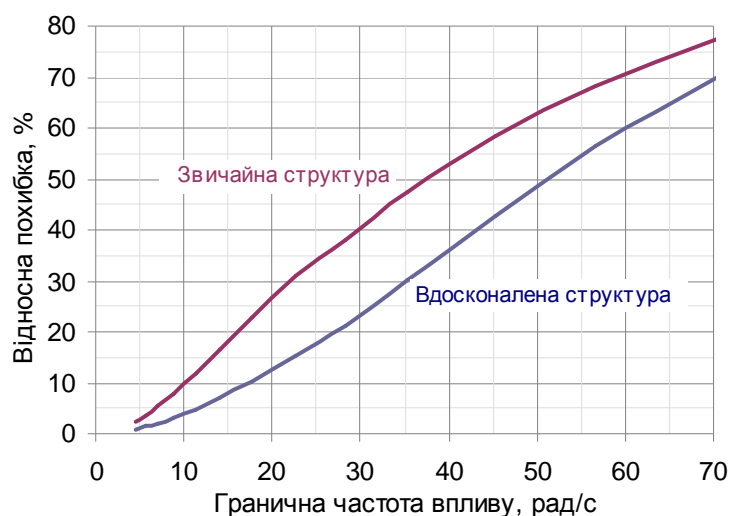


Рис. 4. Залежність відносної похибки від швидкості контролю складної поверхні

Висновки

Запропонований варіант регулятора слідкуючої системи може бути використаний в розробці прецизійних координатних приводів сучасних систем контролю підвищеної точності і продуктивності, а також в системах автоматичного регулювання, де отримання найкращого співвідношення показників точності і швидкодії має важливе значення.

Література

1. Тимофеев А.В. Адаптивные роботехнические комплексы. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1988. – 332 с.
2. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления. – К.: Вища школа, 1986. – 367 с.
3. Ломака М.В., Медведев И.В. Микропроцессорное управление приводами. – М.: Машиностроение, 1990. – 96 с.
4. Квасніков В.П., Осмолівський О.І. Підвищення динамічної точності систем автоматичного регулювання координатних вимірювальних машин // IX Міжнародна науково-практична конференція "ССПОИ-2005". – Черкаси: ЧГТУ, 2005. – С. 155-157.
5. Осмолівський О.І. Підвищення точності функціонування приводів системи контролю геометричних розмірів складних деталей // Інтегровані інформаційні технології та системи (ІТС-2007): Наук.-практ. конф. молодих учених та аспірантів. Київ, 29-31 жовт. 2007 р. – К.: НАУ, 2007. – С. 132-134.