

УДК 681.5.08(045)

**В.П. Квасніков, д.т.н.,
Н.О. Лисуненко**

АЛГОРИТМ КЕРУВАННЯ КООРДИНАТНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЮ МАШИНОЮ ПРИ ОБХОДІ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛІ

Національний авіаційний університет, м. Київ

В статті запропоновано алгоритм керування координатно-вимірювальною машиною при контролі геометричних параметрів деталі. Використання методів керування забезпечує багаторежимне функціонування та стабільну роботу координатно-вимірювальної машини.

Ключові слова: датчик, алгоритм обходу поверхні деталі, координатно-вимірювальна машина, вимірювальний наконечник.

Вступ

Складні технічні системи по контролю деталі займають значне місце серед інших динамічних об'єктів. Такі системи включають практично важливі об'єкти управління: роботи-маніпулятори та інші подібні системи типу захвата, літальні апарати, транспортні засоби різного призначення. Проблема синтезу законів управління вимірювальною головкою є однією з центральних завдань теорії та практики управління вимірювальними системами.

Особливість даної проблеми пов'язана з побудовою універсальних багаторежимних, багатоцільових законів управління. У загальному випадку універсальний закон управління повинен стабілізувати будь-який рух механічної системи, якщо тільки рух відповідає її динаміці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В даний час у світі випробувано багато алгоритмів керування координатно-вимірювальною машиною при обході поверхні деталі. Запропоновано методи по вирішенню проблеми синтезу законів управління вимірювальними системами, яка є однією із центральних задач управління. Основи вирішення цієї задачі розглядалися в роботах Н.Г. Четаєва, В.В. Рум'янцева, Д.Е.Охоцимського, Ф.Л. Черноусько, В.М. Матросова, Е.П. Попова, А.М. Формальського, А.А.Первозванського[1-3].

Така постановка задачі досліджувалась по суті ще в працях А.А. Андропова і Л.С. Понтрягіна[4-5]. Аналізувались питання нечутливості властивостей вимірювальних систем до їх змінених параметрів.

Н.Н. Красовським та І.Г. Малкіним сформульовані критерії стійкості систем по відношенню до різного роду факторів, які можуть бути пов'язані з урахуванням динамічних параметрів вимірювальної системи[6].

В роботах Ф.Л. Черноусько, І.М. Ананьєвського задача управління досліджувалась в умовах, коли зовнішні сили, які діють на складні технічні системи або їх інерційні характеристики вважались відомими не повністю[2,6].

Постановка проблеми

Завдання синтезу управління вирішується при неповній інформації про динаміку механічної системи, коли її характеристики, властивості, коефіцієнти передбачаються не повністю відомими.

Загальна мета роботи полягає в тому, щоб розробити алгоритм роботи і керування вимірювальним наконечником механічної системи при обході деталі. Такий закон повинен систематизувати рух вимірювального наконечника, повинен володіти наступними основними властивостями:

- забезпечувати стійкість будь-якого цільового руху з множини допустимих; в якості такої множини розглядається множина всіх реалізованих рухів, тобто рухів, що відповідають динаміці координатно-вимірювальної машини;

- не повинен містити динамічні параметри об'єкта управління і повинен вимагати тільки мінімальних витрат обчислювальних ресурсів і часу при побудові вихідного сигналу, що управляє;

- замкнута система повинна бути стійкою, включаючи умови, коли система схильна до впливу різного роду збурень;
- метод побудови законів повинен бути застосовний до об'єктів управління загального вигляду;
- закон управління повинен допускати завдання, цілі управління в загальній формі та у формі вимог до руху щупа координатно-вимірювальної машини;
- метод синтезу закону керування повинен забезпечувати також розв'язання спеціальних завдань управління, пов'язаних, наприклад, з регулюванням силового впливу механічної системи на об'єкти зовнішнього середовища.

Виклад основного матеріалу дослідження

Складні технічні системи завжди були предметом дослідження, це пов'язано з тим, що рівняння механіки досить добре описують рух різних реальних динамічних об'єктів. На відміну від систем загального вигляду, такі системи мають специфіку, яка істотно використовується в роботі.

Метод побудови управлінь повинен бути застосований в широких умовах, коли:

- система схильна до збурень;
- мета управління задається у формі загальних вимог до руху вимірювального наконечника координатно-вимірювальної машини;
- на систему накладені неголономні зв'язки;
- завдання управління пов'язана з регулюванням силової взаємодії елементів механічної системи.

Тенденція розвитку сучасних керованих координатно-вимірювальних машин пов'язана з тим, що ці об'єкти стають по суті багаторежимними багатоцільовими системами широкого призначення. Тому природною є ситуація, коли мета управління, динамічні параметри об'єкта управління та зовнішнього середовища безперервно змінюються. Саме така механічна система як координатно-вимірювальна машина є об'єктом управління багатоцільового використання. У реальній керованій координатно-вимірювальній машині має допускатися оперативна зміна мети управління. Природно, що розрізняючи зміни рух системи має залишатися стійким. Система управління повинна забезпечувати стійкість досить широкого спектру різних режимів руху об'єкта управління. При цьому це повинно здійснюватися в умовах оперативної зміни мети управління, безперервних змін динамічних параметрів об'єкта управління та зовнішнього середовища. Ці вимоги складають найбільш повний зміст постановки загальної задачі управління [7].

Загальна мета цієї роботи пов'язана з дослідженням можливості побудови таких універсальних законів управління, які могли б стабілізувати рух координатно-вимірювальної машини при обході поверхні деталі в досить широких умовах. Закон, який відповідає актуальним прикладним і практичним вимогам, повинен допускати досить широке коло різних цілей управління. У загальному випадку такий багаторежимний закон повинен допускати будь-яку мету, якщо тільки вона відповідає динамічним можливостям об'єкта управління. Природно також, що закон не повинен бути досить громіздким і вимагати значних обчислювальних витрат і часу.

Це можливо, якщо тільки закон явно не містить динамічних параметрів об'єкта управління та зовнішнього середовища, оскільки отримання такої інформації є досить складною проблемою. Тому механічна система повинна розглядатися як об'єкт управління, динаміка якого відома по суті не повністю. Інакше кажучи, універсальний закон управління повинен забезпечити стабілізацію будь-якої мети управління вимірювальної системи.

Побудова керуючого сигналу для універсального закону управління повинно забезпечуватися при мінімальних витратах обчислювальних ресурсів і часу. Це істотна вимога для законів управління. Її виконання можливе тільки в тому випадку, якщо закон слабо залежить або практично не залежить від динамічних параметрів об'єкта управління та зовнішнього середовища. Це пов'язано з тим, що отримання такої інформації є самостійною проблемою, при чому вельми важким. Тому закон управління повинен будуватися у формі функції, що залежить тільки від стану об'єкта управління і параметрів мети управління. Саме в цьому випадку можливий оперативний перехід до нової мети управління. Перехід зводиться

тільки до найпростіших обчислень функції за нових значень аргументів, пов'язаних з описом нової мети управління. При зміні динамічних параметрів об'єкта управління – аналогічно.

Найбільш поширеними засобами прямого контролю деталей з мікронною точністю заготовок являється вимірювальний наконечник, тобто щуп, який знаходиться в корпусі датчика дотику координатно-вимірювальної машини. В конструкцію такого датчика входить: рухома частина станка, основа, пластина, пружина, корпус датчика, електромагніт, опора, щуп, електронна система, підсилювач.

Електромагнітом, через який проходить щуп, створюється поле, яке викликає коливання щупа, ці коливання порушуються в момент дотику вимірювальним наконечником об'єкта вимірювання.

Щоб визначити в координатній системі координатно-вимірювальної машини точне положення деталі та рух вимірювального наконечника по заданій траєкторії, достатньо з допомогою робота встановити деталь на станок, за умови наявності в заготовці двох базових отворів з відомими координатами їх центрів в системі координат деталі x_1, y_1 та x_2, y_2 [4-6].

На рис.1 приведений алгоритм керування координатно-вимірювальною машиною при відхиленні від заданої траєкторії руху вимірювального наконечника. Здійснюється пошук базового отвору, при цьому початкова точка пошуку визначається координатами $x_1 - \Delta$ і $y_1 - \Delta$, коли сумарна похибка Δ установки деталі менше контрольного отвору. Далі, апроксимуємо координати контрольних точок, знаючи координати деталі розраховуємо оптимальні корекції та визначаємо відхилення. Оскільки приведені розрахунки незначно збільшують цикл підготовки даних, то корекцію координатних осей деталі можна виконати в процесі обробки.

Результати вимірювання при обході поверхні деталі розраховуються за допомогою ЕОМ та подаються в цифровому вигляді.

Пошук здійснюється пробними рухами щупа вздовж осі z до входу в отвір. Для перерахунку управляючої програми визначаються координати початку системи координат деталі x'_0, y'_0 в системі координат станка і значення $\sin \alpha, \cos \alpha$, де α – кут повороту x та y відносно осей x'_1, y'_1 із системи рівнянь:

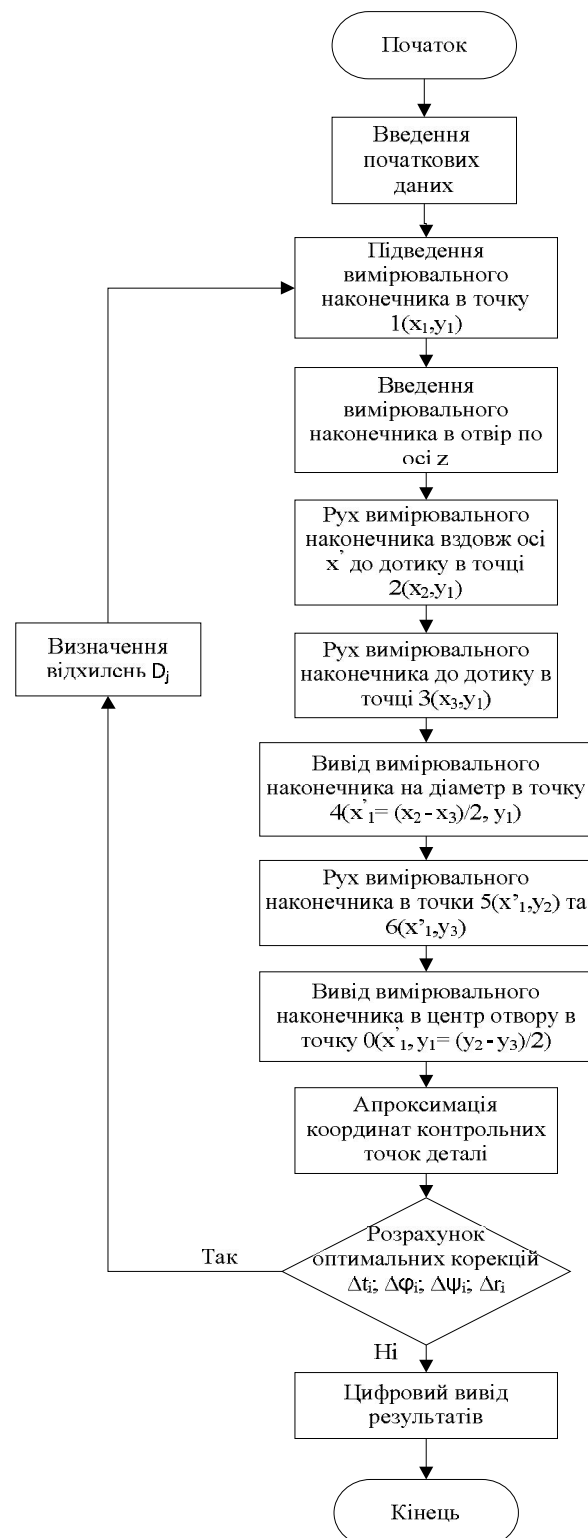


Рис. 1. Алгоритм керування координатно-вимірювальною машиною при відхиленні від заданої траєкторії вимірювального наконечника

$$\begin{cases} x'_1 = x_1 \cdot \cos \alpha + y_1 \cdot \sin \alpha + x'_0 \\ y'_1 = -x_1 \cdot \sin \alpha + x_1 \cdot \cos \alpha + y'_0 \\ x'_2 = x_2 \cdot \cos \alpha + y_{21} \cdot \sin \alpha + x'_0 \\ y'_1 = -x_2 \cdot \sin \alpha + y_1 \cdot \cos \alpha + y'_0 \end{cases}$$

Якщо кутові координати відсутні, то корегуємо припущення $\Delta x'$ та $\Delta y'$ з лінійною інтерполяцією:

$$\begin{cases} \Delta x' = \Delta x \cdot \cos \alpha + \Delta y \cdot \sin \alpha \\ \Delta y' = -\Delta x \cdot \sin \alpha + \Delta y \cdot \cos \alpha \end{cases}$$

Методи дослідження спираються на методи аналітичної механіки, теорії стійкості. Для опису динаміки руху вимірювального наконечника, як правило, використовуються відомі рівняння Лагранжа, Ейлера [1-3].

Таким чином, показано що багато відомих законів управління істотно залежать від динамічних параметрів об'єкта управління. Деякі з них вдається побудувати в таких умовах, коли не повною виявляється інформація про інерційні характеристики і зовнішні сили, що впливають на координатно-вимірювальну машину. Інерційні характеристики і зовнішні сили, які впливають на механічну систему, передбачаються невідомими, а відомі тільки загальні властивості цих величин типу гладкості, обмеженості. Будується закон керування, який стабілізує практично будь-який рух вимірювального наконечника координатно-вимірювальної машини, який відповідає її динаміці.

Висновки

Практична цінність результатів роботи безпосередньо визначається властивостями універсальних законів управління. Ці властивості по суті відповідають практичним вимогам, які пред'являються до законів управління. Тут можна відзначити наступні. Умови застосовності універсальних законів управління є природними, конструктивно перевіряються. Закони не містять інформацію про динамічні параметри об'єкту управління і середовища, отримання яких є проблемою. Тому побудова вихідного сигналу відповідного регулятора вимагає мінімальних витрат і може здійснюватися в реальному масштабі часу. Замкнута система є стійкою. Це буде вірно при досить істотній зміні мети управління, динамічних параметрів координатно-вимірювальної машини і зовнішнього середовища. Відповідний алгоритм, допускає цілі управління в загальній формі з відхиленням вимірювального наконечника від заданої траєкторії.

Реалізація результатів роботи може бути здійснена при розробці систем управління для реальних практично важливих механічних систем різного призначення, також можуть використовуватися при побудові експериментальної установки на базі промислових роботів-маніпуляторів.

Список літературних джерел

1. Черноусько Ф.Л. Методы управления нелинейными механическими системами / Ананьевский И.М., Решмин С.А. – М.: Физматлит, 2006. 328 с.
2. А. А. Гапшис. Координатные измерительные машины и их применение / А. Ю. Каспарайтис, М. Б. Модестов. – М.: Машиностроение, 1988. – 328с.
3. Weck M. Maschinendiagnose in der automatisierten Fertigung / M. Weck, M. Pasehor. – CIRP Ann., 1982, S. 287-291.
4. Гатинс А.А. Развитие современных координатных измерительных машин / Каспарайтис А.Ю., Раманиускас В.А. – М.: НИИмаш, 1983. – 80с.
5. Агейкин Д.И. Датчики контроля и регулирования / Костина Е.Н., Кузнецова Н.Н. – М.: Машиностроение, 1965. – 928с.
6. Кайнер Г. Б. Измерение линейных размеров высокоточных деталей / Кайнер Г. Б. – М.: Машиностроение, 1975. – 623с.
7. Вальков В. М. Контроль в ГАП / Вальков В. М. – Л.: Машиностроение, 1986. – 225с.