

КІНЕМАТИКА ТА ДИНАМІКА МАНІПУЛЯТОРА

Роботи, що працюють у реальних умовах, повинні вміти маніпулювати об'єктами; підіймати, підправляти, руйнувати чи пливати на об'єкт. Таким чином «кисть» робота розглядається як робочий орган, а рука — маніпулятор. Найрозповсюдженіший робочий орган — це схват. Він складеться з 2-х пальців, які можуть стискатись і розтискатись, підіймати і опускати об'єкти. В деяких передових роботах використовується маніпулятори, точна копія людської руки. Цими дуже спритними маніпуляторами, які мають більш ніж 20 ступенів свободи та сенсорів, дуже важко керувати. Комп'ютер має обробляти дуже велику кількість інформації та прораховувати найкращий шлях для маніпулятора.

Robots which must work in the real world require some way to manipulate objects; pick up, modify, destroy or otherwise have an effect. Thus the 'hands' of a robot are often referred to as end-effectors, while the arm is referred to as a manipulator. A common effector is the gripper. In its simplest manifestation it consists of just two fingers which can open and close to pick up and let go of a range of small objects. Some advanced robots are beginning to use fully humanoid hands. These highly dexterous manipulators, with as many as 20 degrees of freedom and hundreds of tactile sensors can be difficult to control. The computer must consider a great deal of information, and decide on the best way to manipulate an object from many possibilities.

Вступ

Зростання потреби промисловості у випуску якісної продукції зумовлює все більш широке використання у виробництві засобів автоматизації, в основі яких лежить обчислювальна техніка. Сьогодні в промисловості має місце застосування промислових роботів, керованих автоматично від систем числового програмного управління.

Постановка задачі

Технологічне устаткування, яке застосовується сьогодні для механічної обробки складних поверхонь, це як правило обробні центри, оснащені числовою системою керування, або спеціалізовані верстати, що виконують переміщення деталі або інструмента по жорсткій траєкторії. Для виконання операцій з переміщення деталей і готових виробів верстати оснащені спеціальними маніпуляторами.

Кінематика та динаміка маніпулятора

Предметом кінематики маніпулятора є аналітичний опис геометрії руху маніпулятора щодо деякої заданої абсолютної системи координат без урахування сил і моментів, що породжують цей рух. Таким чином, завданням кінематики є аналітичний опис просторового розташування маніпулятора залежно від часу, і, зокрема, установлення зв'язку між значеннями приєднаних координат маніпулятора й положенням і орієнтацією його схвата в декартовому просторі.

Механічний маніпулятор можна розглядати як розімкнутий ланцюг, що складається з кількох твердих тіл (ланок), послідовно з'єднаних обертальними або поступальними зчленуваннями, що приводяться в рух силовими приводами. Один кінець цього ланцюга з'єднаний з основою, а інший кінець вільний і з'єднаний з робочим інструментом, що дає змогу впливати на об'єкти маніпулювання або виконувати різні технологічні, наприклад збиральні, операції. Відносний рух зчленувань передається ланкам, у результаті чого схват маніпулятора займає в просторі задане положення.

Кінематика маніпулятора вивчає геометрію руху маніпулятора щодо заданої абсолютної системи координат, не розглядаючи сили й моменти, що породжують цей рух. Таким чином, її предметом є опис просторового положення маніпулятора як функції часу, і, зокрема, співвідношення між простором приєднаних змінних маніпулятора — узагальненими координатами, положенням і орієнтацією схвата. Існує два основні завдання кінематики маніпулятора.

1. Для конкретного маніпулятора за відомим вектором приєднаних кутів — узагальнених координат $q(t) = (q_1(t), \dots, q_n(t))^T$ та заданими геометричними параметрами ланок (n — кількість ступенів свободи) визначити положення й орієнтацію схвата маніпулятора щодо абсолютної системи координат.

2. За відомими геометричними параметрами ланок знайти всі можливі вектори приєднаних змінних маніпулятора, що забезпечують задані положення й орієнтацію схвата щодо абсолютної системи координат.

Першу із цих завдань прийнято називати *прямою*, а другу — *зворотною задачею кінематики маніпулятора*. Оскільки власними незалежними змінними маніпулятора є приєднані змінні, а

завдання, як правило, формулюється в координатах абсолютної системи відліку, зворотне завдання кінематики виникає більш часто, ніж пряма.

Денавіт і Хартенберг розробили єдиний загальний підхід до опису просторової геометрії маніпулятора щодо заданої абсолютної системи координат, заснований на застосуванні матричної алгебри. Вони запропонували використовувати для опису взаємного просторового розташування ланок матриці однорідних перетворень, що мають розмірність 4×4 . Отже, пряме завдання кінематики звелось до визначення матриці однорідного перетворення, що задає зв'язок між системою координат схвата й абсолютною системою координат. Матрицями однорідних перетворень зручно користуватися й при виводі рівнянь динаміки руху маніпулятора. Зворотне завдання кінематики може бути вирішено різними методами. До числа найбільше часто використовуваних ставляться методи матричної алгебри, метод ітерацій і геометричний підхід.

Предметом динаміки маніпулятора як розділу робототехніки є математичний опис діючих на маніпулятор сил і моментів у формі рівнянь динаміки руху. Такі рівняння необхідні для моделювання руху маніпулятора за допомогою ЕОМ, при виборі законів керування й при оцінці якості кінематичної схеми й конструкції маніпулятора. У загальному випадку характер функціонування маніпулятора залежить від ефективності алгоритмів керування й використовуваної динамічної моделі маніпулятора. Завдання керування включає завдання формування динамічної моделі реального маніпулятора й завдання вибору законів або стратегій керування, що забезпечують виконання поставлених цілей.

Динамічна модель маніпулятора може бути побудована на основі використання відомих законів ньютонівкої або лагранжевої механіки. Результатом застосування цих законів є рівняння, що зв'язують діючі в зчленуваннях сили й моменти з кінематичними характеристиками й параметрами руху ланок. Таким чином, рівняння динаміки руху реального маніпулятора можуть бути отримані традиційними методами Лагранжа—Ейлера або Ньютона—Ейлера. За допомогою цих двох методів одержана низка різних форм рівнянь руху, еквівалентних у тому розумінні, що вони описують динаміку руху однієї й тієї самої фізичної системи.

З метою одержання більше ефективних з обчислювальної точки зору алгоритмів розрахунку узагальнених сил і моментів деякі дослідники використовували рівняння Ньютона—Ейлера. Вивід рівнянь руху маніпулятора методом Ньютона—Ейлера простий за змістом, але досить трудомісткий. Результатом є система прямих і зворотних рекурентних рівнянь, послідовно застосовуваних до ланок маніпулятора. За допомогою прямих рівнянь послідовно від основи до схвата обчислюються кінематичні характеристики руху ланок, такі, як лінійні й кутові швидкості й прискорення, лінійні прискорення центрів мас ланок. Зворотні рівняння дозволяють послідовно від схвата до основи обчислити сили й моменти, що діють на кожну з ланок. Найбільш важливий результат такого підходу полягає в тому, що час, необхідний для обчислення узагальнених сил і моментів, прямо пропорційний кількості зчленувань, але не залежить від конфігурації маніпулятора, що реалізується в процесі руху. Це дає змогу реалізувати прості закони керування маніпулятором у реальному часі.

Низька обчислювальна ефективність рівнянь Лагранжа—Ейлера зумовлена переважно тим, що для опису кінематичного ланцюга використовуються матриці перетворення однорідних координат. Рівняння Ньютона—Ейлера мають більшу обчислювальну ефективність, що пов'язане з векторним поданням і їх рекурентної природою. Для синтезу законів керування бажано мати в розпорядженні замкнуту систему диференціальних рівнянь, що точно описує динаміку руху маніпулятора. Крім того, бажано, щоб у цих рівняннях можна було легко виділити складові, що відображають дію сил інерції різної природи, для того щоб вибором закону керування забезпечити їхню максимальну компенсацію.

Висновок

Технологічні машини, побудовані на механізмах відносного маніпулювання й оснащені сучасними керуючими обчислювальними системами, дозволяють виконувати механічну обробку деталей зі складними поверхнями, мають істотно меншу металоємність у порівнянні з устаткуванням, застосовуваним у цей час для цих цілей, дозволяють тими самими механізмами виконувати транспортні й обробні операції.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Афонин В.Л., Макушкин В.А.* Интеллектуальные робототехнические системы Интернет-университет информационных технологий. — ИНТУИТ, 2005.
2. *Фу К., Гонсалес Р., Ли К.* Робототехника. — М. : Мир. — 1989.