**ІКС в АУТП 20.11.2021 Ауд 29 11:40-13:00**

**Лекція 12**

# **РОЗДІЛ 10. СУЧАСНІ МЕТОДИ КЕРУВАННЯ МЕХАТРОННИМИ ІКС ВАУТП**

**10.1. Постановки задачі керування мехатронними ІКС в АУТП**

Розглянемо завдання керування стосовно до мехатронних систем ІКС в АУТП, які використовуються у виробничих машинах і комплексах автоматизованого машинобудування і виконують основні технологічні функції. До таких систем керування пред'являються, як правило, досить жорсткі вимоги, так як режими керування визначають хід технологічного процесу і, отже, якість одержуваного виробу. Завдання комп'ютерного керування технологічними машинами, які не могли бути вирішені на базі традиційних підходів, стимулювали розробку і впровадження у практику принципово нових методів керування.

У мехатроніці ставиться завдання керування координованими функціональними (механічними) рухами машин.

Розглянемо функціональну схему пристрою з комп'ютерним керуванням (рис. 10.1). Завдання керування полягає у виконанні бажаного руху робочого органу, який цілеспрямовано впливає на об'єкт робіт. При цьому з боку зовнішнього середовища об'єкт зазнає збурюючої дії. Отже, у загальному випадку об'єктом керування у мехатроніці є складна багатозв'язна система (за допомогою інтерфейсів І1-І7), до складу якої входять:

* блок виконавчих приводів;
* механічний пристрій з робочим органом;
* блок сенсорів (датчиків);
* об'єкт робіт, на який впливає робочий орган.

Окремі блоки і пристрої системи можуть бути інтегровані у мехатронні модулі (розд. 5). Процес взаємодії робочого органу та зовнішніх об'єктів (наприклад, при виконанні операцій складання, механічної обробки і т. д.) Дозволяє організувати технологічно орієнтований процес керування, що враховує характер і специфіку даної взаємодії у конкретно поставленій задачі.



Рис. 10.1. Функціональна схема пристрою з комп'ютерним керуванням

Наведена структура об'єкта керування визначає вимоги і постановку задачі керування мехатронними системами розглянутого класу. Відтворення заданих рухів мехатронними модулями ґрунтується на виконанні класичних вимог теорії автоматичного керування: стійкості, точності і якості процесу керування.

Крім того, необхідно додатково враховувати наступні специфічні особливості мехатронних систем:

* рух робочого органу, як правило, забезпечується взаємопов'язаними переміщеннями декількох виконавчих приводів і ланок механічного пристрою;
* задача керування мехатронною системою повинна бути вирішена у просторі (знайдено оптимізовані траєкторії руху всіх ланок, включаючи робочий орган) і в часі (визначені та реалізовані бажані швидкості, прискорення і зусилля, що розвиваються, для всіх приводів системи);
* параметри збурюючих впливів, прикладених до робочого органу і окремих мехатронних модулів, для багатьох технологічних завдань заздалегідь не визначені;
* складність побудови адекватних математичних моделей мехатронних систем (особливо багатозв'язних систем, що включають динамічну модель технологічного процесу).

Розмірність задачі керування у мехатроніці визначається кількістю незалежно керованих приводів системи. Мехатронні системи металорізальних верстатів з ЧПУ, промислових роботів і багатьох інших об'єктів структурно є багатовимірними і багатозв'язними системами. Для цих об'єктів задається бажаний рух робочого органу, а реалізується воно сукупними переміщеннями всіх ланок. Звідси виникають спеціальні математичні, алгоритмічні та технічні завдання керування.

Для планування заданого руху мехатронної системи необхідно вирішити зворотну задачу про становище механізму. Суть даного завдання полягає у визначенні необхідних переміщень ланок системи за заданим рухом робочого органу.

Наприклад, для маніпулятора промислового робота з шістьма ступенями рухливості постановка оберненої задачі про становище робочого органу зводиться до наступного (рис. 10.2). По заданій траєкторії руху робочого органу *Р* необхідно розрахувати узагальнені координати ступенів рухливості *q1-q6* маніпулятора.



Рис. 10.2. Узагальнені координати маніпулятора

При вирішенні оберненої задачі слід враховувати, що для визначення узагальнених координат ступенів рухливості необхідно вирішувати систему з *m* алгебраїчних рівнянь (*m* - число ступенів свободи робочого органу) з *n* невідомими (*n* - число керованих ступенів рухливості механізму). Для маніпуляційних механізмів з послідовним розташуванням кінематичних пар рішення оберненої задачі про становище є проблемним, в той час як пряма задача вирішується відносно нескладно. Для машин з паралельною кінематичною структурою (наприклад, станків- гексаподів) ситуація обернена.

Необхідно відзначити, що вихідна система рівнянь є нелінійною. Це ускладнює вирішення оберненої задачі в масштабі реального часу для багатоланкових механізмів. Тому перспективними є методи автоматизованого виводу і вирішення нелінійних рівнянь або способи лінеаризації вихідних нелінійних систем. Ефективним способом, що дозволяє «природним» чином отримати лінійні рівняння, є перехід від керування становищем робочого органу до керування по швидкості його руху. Після диференціювання вихідної системи отримуємо систему лінійних рівнянь зі змінними коефіцієнтами. При вирішенні системи рівнянь необхідно враховувати обмеження на узагальнені координати і відповідно на розміри робочої зони і кути сервісу механізму.

Багатозв'язність системи означає, що рух кожної ланки впливає на рух інших ланок. Зазначений взаємовплив відбувається через механічний пристрій як загальне навантаження, через спільне джерело енергії, а також внаслідок природних і штучних динамічних зв'язків між каналами керування у блоці приводів. Отже, необхідно формувати керування рухом мехатронної системи (особливо на високих швидкостях, де вплив динамічних чинників істотний) з урахуванням перехресних зв'язків між ланками.

Проблемним є також питання організації зворотних зв'язків при управлінні багатоланковими мехатронними системами. Технічно найбільш просто встановлювати датчики положення і швидкості у приводних модулях. Однак потім необхідно обчислити у реальному часі фактичне переміщення робочого органу. Причому цей комп'ютерний розрахунок вимагає побудови адекватної динамічної моделі системи з урахуванням досить складних для аналітичної оцінки факторів:

* всіх діючих сил (керуючих моментів приводів, сил тертя, зовнішніх сил і моментів, відцентрових і коріолісових сил);
* первинних похибок системи (пружних деформацій ланок, люфтів у механічних передачах, похибок виготовлення і збірки, вузлів), які визначають її інтегральні точносні характеристики;
* змінних параметрів об'єкта керування (наведених моментів інерції і мас механізму і навантаження).

Тому найкращим варіантом з точки зору достовірності одержуваної інформації про фактичний рух є установка датчиків безпосередньо на робочий орган. Прикладами такого підходу можуть служити:

* застосування систем технічного зору для визначення положення робочого органу і об'єктів у робочій зоні (наприклад, при складанні);
* установка силомоментних датчиків у зап'ясті маніпулятора для вимірювання діючих сил на операціях механічної обробки;
* використання блоків акселерометрів для визначення лінійних прискорень робочого органу при швидких транспортних переміщеннях.

Перспективним видається також поєднання розглянутих підходів при виборі зворотних зв'язків у складних мехатронних системах.

Характерною особливістю мехатронних систем для автоматизованого машинобудування є можливість поділу завдань програмного керування рухом на просторові та часові. Це означає, що траєкторія руху робочого органу в просторі, і його контурна швидкість можуть плануватися окремо з використанням різних критеріїв оптимізації. Оптимізацію закону руху технологічної машини у часі зазвичай проводять за критеріями продуктивності, точності обробки, а також за економічними і комбінованими показниками.