

*Дрючко О.Г., к. х. н., доцент;
Шефер О.В., д. т. н., професор
Кислиця С.Г., к. т. н., доцент;
Галай В.М., к. т. н., доцент;
Троянський В.І., студент
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

РОЗРОБКА СИСТЕМ КЕРУВАННЯ СЕРВОПРИВОДОМ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

У токарних верстатах з ЧПУ використовуються два основні типи приводів: приводи головного руху (для шпинделя) та приводи подач (для осей переміщення). Для забезпечення точності та надійності ці приводи, як правило, незалежні та використовують різні типи двигунів. Приводи подач (осі X та Z) відповідають за точне лінійне переміщення супорта та інших вузлів верстата по осях.

Сервоприводи (сервосистеми) - це найпоширеніший і найсучасніший тип приводу для промислових токарних верстатів з ЧПУ. Сервосистема складається з серводвигуна, драйвера та системи зворотного зв'язку (наприклад, енкадера), яка постійно контролює положення, швидкість і момент, що крутить. Переваги такої системи висока точність позиціонування, плавність руху, широкий діапазон регулювання швидкості та швидкий відгук на керуючі сигнали.

Механічна передача від двигуна до робочого органу (наприклад, супорту) найчастіше реалізується за допомогою кульково-гвинтової передачі (КГП) для забезпечення високої точності та жорсткості.

Архітектура системи керування будується за принципом замкнутого контуру та включає: ЧПУ-контролер (MCU) (обчислює траєкторію (інтерполяцію) та видає команди завдання (Step/Dir, $\pm 10V$ або цифрові протоколи, такі як CANopen, EtherCAT); серводрайвер - перетворювач (силовий блок, що перетворює команди контролера на струми обмоток двигуна. Реалізує внутрішні петлі регулювання струму, швидкості та положення); сервомотор (виконавчий механізм (зазвичай синхронний двигун із постійними магнітами), що забезпечує рух по осях X – поперечна, Z – поздовжня); зворотний зв'язок (високоточні енкадери (інкрементальні або абсолютні), встановлені на валу двигуна або безпосередньо на рухомих вузлах верстата для контролю реального стану).

Для забезпечення динаміки та точності застосовуються алгоритми управління - векторне управління (FOC) (дозволяє незалежно керувати моментом та магнітним потоком двигуна, забезпечуючи плавність ходу на низьких швидкостях); - ПІД-регулювання (налаштування коефіцієнтів пропорційної, інтегральної та диференціальної ланок для мінімізації

помилки неузгодженості); - нечітка логіка (Fuzzy Logic) (може застосовуватися в адаптивних системах для компенсації тертя та люфтів у механічних передачах).

Ключові компоненти системи - механічна передача кульково-гвинтова пара (КВП), що перетворює обертання сервомотора на лінійне переміщення супорта та їх промислові рішення: Siemens Sinumerik (808D, 828D), Fanuc (0i-Plus), Mitsubishi.

Етапи проектування системи керування включають

1) розрахунок навантажень (визначення сил різання та моментів інерції рухомих частин);

2) вибір потужності (підбір сервомотора із запасом на момент, зазвичай 20-30%);

3) синтез регуляторів (налаштування контурів струму, швидкості та положення в ПЗ серводрайвера);

4) калібрування (компенсація люфтів та похибок кроку КВП у параметрах ЧПУ);

5) відпрацювання режимів роботи для заготовок різного сортаменту, особливостей вимог до якості виробів, їх взаємозамінності, тощо.

Згідно сучасних технічних рішень контролер ЧПУ перетворює керуючу програму на сигнали (імпульс / напрямок, аналогові та цифрові сигнали у відповідність протоколам EtherCAT/CANopen) для драйвера сервоприводу.

Нині інноваційну модернізацію приводів пов'язують з застосуванням мікропроцесорних електроприводів (наприклад, серії CSD) для покращення динамічних характеристик приводу поздовжньої подачі та з використанням алгоритмів керування нечітких регуляторів, що дозволяє автоматично коригувати роботу синхронного двигуна на основі даних від датчиків з огляду на нелінійність процесу різання.