

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ З ВИКОРИСТАННЯМ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

Сучасні виробничі системи характеризуються високим рівнем варіативності технологічних процесів і зростанням вимог до точності та якості деталей. Традиційні системи керування верстатами з ЧПК не здатні оперативного реагувати на зміни умов обробки, що призводить до зниження продуктивності та якості виробів. Адаптивні системи керування процесами механічної обробки дозволяють в реальному часі коригувати параметри технологічного процесу відповідно до його поточного стану, забезпечуючи оптимальні умови для досягнення необхідної якості поверхні при максимальній продуктивності. Основні види адаптивних систем керування включають: системи з адаптацією за навантаженням (АСР) – контролюють силу різання і крутний момент; системи з адаптацією за вібрацією (АСВ) – запобігають виникненню шкідливих коливань; системи з адаптацією за температурою (АСТ) – оптимізують теплові процеси в зоні різання; комплексні адаптивні системи (КАС) – враховують одночасно декілька параметрів процесу.

Ключові елементи сучасних адаптивних систем: датчики для моніторингу параметрів процесу (силові, акустичні, теплові); контролери швидкої обробки даних на основі FPGA (Field-Programmable Gate Array); алгоритми машинного навчання для прогнозування оптимальних режимів; виконавчі механізми для корекції параметрів обробки в реальному часі.

Розроблена в рамках дослідження адаптивна система керування токарною обробкою включає комплекс датчиків (п'єзоелектричні, акустичної емісії, термопари), модуль збору та обробки даних на базі Arduino Mega з додатковими інтерфейсними платами та програмне забезпечення на основі нейромережевого алгоритму.

Система функціонує наступним чином: датчики безперервно вимірюють параметри процесу (сили різання, вібрації, температуру); мікроконтролер обробляє отримані дані та передає їх на комп'ютер; програмне забезпечення аналізує дані, порівнює їх з еталонними значеннями та розраховує оптимальні режими різання; коригувальні сигнали передаються на систему ЧПК верстата для зміни швидкості різання, подачі та глибини.

Особливу увагу в дослідженні приділено розробці алгоритмів прогнозування стану різального інструменту на основі аналізу акустичної емісії. Роз-

роблена нейромережева модель дозволяє з точністю до 92% передбачати критичний знос інструменту та запобігати браку деталей.

Впровадження адаптивних систем керування технологічними процесами механічної обробки є особливо ефективним при виробництві складнопрофільних деталей з високими вимогами до точності та якості поверхні, а також при обробці дорогих матеріалів, коли висока вартість заготовки не дозволяє допускати брак.

Подальші дослідження спрямовані на інтеграцію запропонованої адаптивної системи з технологіями цифрових двійників та промислового інтернету речей для реалізації концепції "розумного виробництва" в рамках Індустрії 4.0.