

В.Г. Панчук, к.т.н., доц.  
О.А. Плівак, асист.

Національний технічний університет України "КПІ"

### МОДУЛЬ СПРЯЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО КОМПЛЕКСУ ДОСЛІДЖЕНЬ СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ РІЗАННІ

*Представлено конструкцію модуля спряження комп'ютерного комплексу досліджень силових характеристик при різанні, який здійснює аналого-цифрове перетворення складових сили різання і має поліпшені технічні характеристики — швидкодію, точність, енергоспоживання, взаємну ізоляцію силової та інформаційної частин.*

**Вступ. Сила різання та засоби її вимірювання.** При обробці металів різанням між інструментом і оброблюваною деталлю виникає сила взаємодії, яку називають силою різання. Ця сила є результатом глибокої пластичної деформації металу, що перетворюється на стружку, а також тертя між інструментом і оброблюваною деталлю. Сила різання є основним інтегрованим параметром, який характеризує процес різання [1].

Сили різання визначають не тільки навантаження системи верстат-пристрій-інструмент-деталь (ВПД), але і температуру в зоні різання, стійкість різального інструмента, точність обробки, продуктивність і необхідну потужність обладнання. Сила різання є основним параметром при діагностуванні процесу обробки в адаптивних системах керування і системах захисту обладнання від зіткнення рухомих частин в гнучких виробничих системах. Орієнтація вектора сили різання відносно верстата, інструмента і оброблюваної деталі також може суттєво змінюватись. Особливо сильно на напрям сили різання впливає геометрія різальної частини інструмента і співвідношення між глибиною різання та подачею.

Знання величини сили різання та її складових є необхідним у багатьох випадках. Це вимагається при проектуванні металорізальних верстатів і систем керування до них, при конструюванні пристроїв, при розробці конструкцій різального інструмента. В цих випадках сила різання визначає геометричні розміри робочих елементів обладнання та інструмента з умови забезпечення заданої міцності і жорсткості. За даними про силу різання при проектуванні вибираються потужність і робочі зусилля приводів верстатів та пристроїв. Сила різання використовується в проектних розрахунках динамічних характеристик металорізального обладнання. Сила різання є одним із параметрів оптимізації при визначенні геометрії різальної частини металорізального інструмента.

Сила різання є вихідною величиною при визначенні похибок обробки, пов'язаних із деформаціями заготовки, інструмента і відповідних вузлів верстата.

Отже, в більшості досліджень процесу різання при механічній обробці вимірювання сили різання є необхідною умовою. При цьому виникає проблема вибору технічних засобів вимірювання. Сучасний рівень наукових досліджень, який базується на існуючих інформаційних технологіях, зобов'язує дослідників використовувати для цього комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні системи різного призначення і конфігурації. У зв'язку з цим розробка елементів таких систем є актуальною задачею.

Найбільшого поширення одержали методи безпосереднього виміру зусиль різання за допомогою динамометрів. Відома конструкція комп'ютерного комплексу силових досліджень процесів різання [2], який включає в себе багатокomпонентний силовимірювальний давач універсального динамометра УДМ [3], IBM-сумісний комп'ютер і зовнішній блок спряження. Дана система забезпечує збір даних по чотирьох каналах силовимірювального давача УДМ, точність аналого-цифрового перетворення складає 10 двійкових розрядів, максимальна частота вибірки становить 3 кГц по чотирьох каналах одночасно або 21 кГц по одному каналу. Аналогові сигнали з усіх каналів одночасно запам'ятовуються у відповідних схемах вибірки і зберігання, після цього через комутатор по черзі подаються на вхід однієї інтегральної схеми аналого-цифрового перетворювача (АЦП) для перетворення в цифрову форму. Зв'язок з комп'ютером здійснюється через паралельний інтерфейс Centronics.

**Постановка завдання.** Характерною рисою сьогодення є бурхливий розвиток мікроелектроніки і комп'ютерної техніки. В таких умовах електронна інформаційно-вимірювальна техніка має досить високі темпи морального старіння.

Аналіз конструкції існуючого вимірювального комплексу показав, що сучасна база електронних компонентів дозволяє блок спряження виготовити на якісно вищому рівні і з кращими технічними характеристиками.

Тому було поставлено завдання модернізувати вимірювальний комплекс для дослідження силових характеристик процесу різання шляхом розробки нової конструкції блока спряження. При цьому потрібно забезпечити зменшення габаритів блока спряження, підвищення точності і швидкодії вимірювань.

**Опис конструкції вимірювальної системи.** Блок спряження в існуючій системі виконує наступні функції:

- підсилення і нормалізацію сигналів, які надходять від силовимірювального давача;
- аналого-цифрове перетворення сигналів;
- прийом сигналів керування і передачу даних вимірювань до ПК через стандартний паралельний інтерфейс.

Інформація про складові сили різання на вхід електронного блока надходить від силовимірювального давача, який встановлений на металорізальному обладнанні. Персональний комп'ютер (ПК) повинен бути розміщений на деякій відстані від верстата відповідно до вимог техніки безпеки і в придатному для його роботи місці. За первинні перетворювачі в багатокомпонентному динамометрі використовуються набори тензорезисторів, які входять до складу чотирьох окремих вимірювальних мостів, які є джерелом первинної інформації для чотирьох інформаційних каналів вимірювальної системи. На виході вимірювального моста отримується аналоговий електричний сигнал, який пропорційний величині однієї із складових сили різання. Конструкція динамометра УДМ дозволяє вимірювати технологічні складові сили різання  $P_z$ ,  $P_y$ ,  $P_x$  і крутний момент при свердлінні. При цьому в давачі знаходиться тільки половина моста. Друга половина кожного моста знаходиться на вході електронного блока. Довгі кабелі, які з'єднують між собою дві частини тензометричного моста, є джерелами помилок при вимірюваннях внаслідок виникнення паразитних струмів. Така конструкція вимагає використання високоякісних спеціальних кабелів, оскільки неякісний кабель може бути причиною розбалансування високочастотної мостової схеми внаслідок зміни внутрішнього опору кабеля при його переміщеннях.

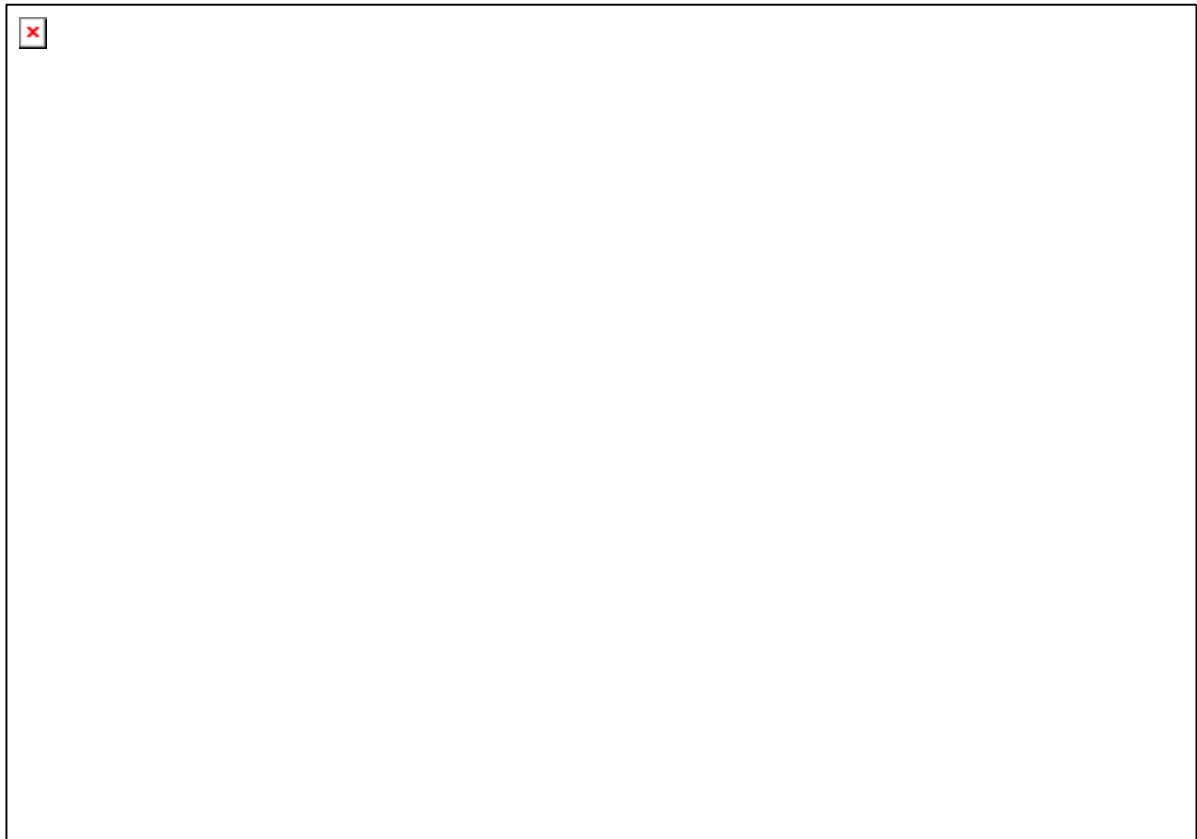
Ще одним недоліком існуючої вимірювальної системи є відсутність гальванічної ізоляції між висковольтною силовою частиною (верстат з давачем) і низковольтною інформаційною частиною ПК. Це порушує вимоги безпеки і є причиною виникнення синфазних перешкод, які впливають на точність вимірювань.

Загальновідомо, що цифрова форма забезпечує кращу надійність і якість при обміні інформацією між віддаленими об'єктами порівняно з аналоговою передачею. При цифровій передачі простіше організувати гальванічну розв'язку між силовою та інформаційною частинами системи.

Для виправлення існуючих недоліків вирішено мінімізувати геометричні розміри електронного модуля аналого-цифрових перетворювачів, який виконує підсилення сигналів від давача та їх аналого-цифрове перетворення, і встановити його безпосередньо на силовимірювальному давачі. Приєднання модуля до давача здійснюється через існуючий роз'єм. Для передачі інформації на ПК використовується стандартний кабельний роз'єм DB25.

Структурна схема каналу модуля представлена на рис. 1.

У відповідності до структурної схеми блок АЦП містить чотири однакових канали. Формувач здійснює підсилення сигналу розбалансування тензометричного моста. З виходу підсилювача сигнал надходить на вхід АЦП з послідовним виходом. Генератор напруги зміщення (ГНЗ) виробляє опорну напругу зміщення нуля інструментального підсилювача для регулювання нуля аналогового вимірюваного сигналу. Генератор опорної напруги (ГОН) задає опорну напругу аналого-цифрового перетворення, задаючи таким чином масштабування вимірюваного сигналу. Напівпровідникові ізолятори здійснюють гальванічну розв'язку між модулем АЦП і лініями прийому-передачі цифрових сигналів послідовного інтерфейсу. Модуль АЦП містить чотири аналогічних канали. Входи керування АЦП всіх каналів з'єднані між собою, тому перетворення відбувається у всіх каналах одночасно.



*Рис. 1. Структурна схема каналу АЦП*

Принципова схема каналу модуля АЦП представлена на рис. 2.



*Рис. 2. Принципова схема одного каналу АЦП*

Формування вимірюваного сигналу здійснюється інструментальним підсилювачем  $U1$ , в якості якого використана інтегральна схема (ІС) INA131 виробництва фірми Burr-Brown корпорації Texas Instruments. INA131 являє собою інструментальний підсилювач із коефіцієнтом підсилення 100. Конструктивно він складається з трьох операційних підсилювачів і має широке коло використання у вимірювальних схемах, в т.ч. для підсилення сигналів мостових схем. Напруга живлення  $\pm 2,25 \div \pm 18$  В, струм споживання мікросхеми  $\pm 3$  мА, максимальний температурний дрейф напруги зміщення нуля  $\pm 0,25$  мкВ/°С, смуга пропускання 70 кГц.

Схема зміщення нуля вимірюваного сигналу виконана на операційному підсилювачі ОРА335 фірми Burr-Brown ( $U2$ ). Заданий рівень нуля встановлюється змінним резистором  $R8$  і подається на вхід підси-

ловача  $U_2$ , коефіцієнт підсилення якого рівний одиниці. З виходу підсилювача  $U_2$  напруга зміщення передається на вхід  $REF$  інструментального підсилювача  $U_1$ .

Операційні підсилювачі серії OPA335 виготовляються за КМОП технологією і характеризуються низьким рівнем енергоспоживання та температурного дрейфу. Напруга живлення  $2,7 \div 5,5$  В, струм споживання  $350$  мкА, максимальний температурний дрейф напруги зміщення нуля  $\pm 0,05$  мкВ/°С, смуга пропускання  $2$  МГц.

Сформований сигнал надходить на вхід АЦП  $U_3$  (інтегральна схема ADS7822 фірми Burr-Brown). ADS7822 являє собою 12-розрядний аналого-цифровий перетворювач з наступними технічними параметрами:

- тип логіки КМОП;
- розділова здатність, біт 12;
- частота вибірки  $f_b$ , кГц 200;
- напруга живлення, В +5;
- максимальний струм живлення, мкА 550;
- рівень вхідного аналогового сигналу, В  $0 \div V_{оп}$ ;
- опорна напруга  $V_{оп}$ , В  $+0,05 \div +5$ ;
- тактова частота  $f_{clk}$ , кГц  $16 \cdot f_b$ ;
- максимальна інтегральна нелінійність, МЗР  $\pm 1$ ;
- максимальна диференціальна нелінійність, МЗР  $\pm 1$ .

Інтегральна схема (ІС) ADS7822 має внутрішню схему вибірки і зберігання аналогового сигналу на вході і синхронний послідовний інтерфейс із Z-станом на виході. Дана ІС підходить до використання в схемах із живленням від батарей і в багатоканальних системах.

ADS7822 виконує перетворення аналогового сигналу в двійковий код в діапазоні від  $0$  В до  $V_{оп}$ . Тому зміною опорної напруги  $V_{оп}$  можна встановлювати коефіцієнт підсилення вимірюваного сигналу в досить широких межах. Опорна напруга регулюється змінним резистором  $R_6$  і через підсилювач  $U_4$  (OPA335), коефіцієнт підсилення якого рівний одиниці, подається на вхід  $VREF$  ІС  $U_3$ .

Для створення ізоляційного бар'єру використовуються напівпровідникові ізолятори моделі IL611 серії IsoLoor фірми NVE. Високошвидкісні ізолюючі ІС фірми NVE використовуються для заміни оптоелектронних ізоляторів і мають в порівнянні з ними ряд переваг. На рис. 2 представлені умовні графічні зображення ізоляторів  $DD1$  і  $DD2$ .

Мікросхема IL611 містить два ізольованих канали передачі даних і має наступні основні технічні характеристики:

- напруга живлення, В 5 або 3,3;
- швидкість передачі даних, Мбод 20;
- вихід з відкритим колектором або КМОП;
- допустима напруга на вході, В  $\pm 400$ ;
- номінальний струм на вході, мА  $\pm 10$ ;
- максимальний струм на вході, мА  $\pm 40$ ;
- максимальний струм на виході, мА 10;
- стійкість до синфазних перешкод, кВ/мс 20;
- гарантована міцність ізоляції, кВ/хв. 2,5.

Роз'єм  $X1$  призначений для з'єднання модуля АЦП з силовимірювальним давачем. Роз'єм  $X2$  забезпечує приєднання до модуля АЦП кабельних ліній для обміну даними з керуючим ПК. Лінії  $\overline{OUT}$ ,  $\overline{CLK}$ ,  $\overline{CS}$  реалізують синхронний послідовний інтерфейс аналого-цифрового перетворювача ADS7822.

Схема працює наступним чином. Змінним резистором  $R_2$  виконується балансування вимірювального моста. Змінним резистором  $R_8$  встановлюється необхідний рівень нуля аналогового сигналу в каналі. Резистором  $R_6$  встановлюється рівень опорної напруги для аналого-цифрового перетворення мікросхемою  $U_3$ . Допустимий діапазон регулювання опорної напруги від  $+0,05$  до  $+5$  В дозволяє здійснювати масштабування сигналу в досить широких межах. Сигнал розбалансування моста надходить на диференціальні входи інструментального підсилювача  $U_1$ . Підсилений сигнал передається на вхід АЦП  $U_3$ . Аналого-цифрове перетворення починається за сигналом вибору кристала на вході  $\overline{CS}/\overline{SD}$  і продовжується протягом 16 тактів тактового синхросигналу на вході  $\overline{DCLK}$ . Синхронно із цим сигналом на вихід АЦП  $\overline{OUT}$  послідовно виводиться 12-розрядний результат перетворення. В схемі одноіменні входи  $\overline{CS}/\overline{SD}$  і  $\overline{DCLK}$  всіх 4-х каналів з'єднані між собою, тому перетворення і передача даних по всіх каналах відбувається одночасно. Транзистор  $VT1$  узгоджує між собою вихід АЦП і вхід напівпровідникового ізолятора. Всі сигнальні лінії виводяться на роз'єм  $X2$ . Завдяки наявності в схемі ізоляторів  $DD1$  і  $DD2$  контакти роз'єму виявляються гальванічно ізольованими від давача та електронної схеми перетворювача.

**Висновки.** Представлена конструкція забезпечує одержання цифрових даних про складові сили різання від силівимірного давача універсального динамометра УДМ. При цьому запропонована конструкція порівняно з існуючою має більшу точність, більшу швидкодію, менші габарити і енергоспоживання, є більш безпечною та надійною.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Румбеиша В.А. Принципы и основные закономерности разработки систем диагностирования и управления процессом механической обработки : Дис. на соиск. степени д.т.н. — Киев, 1994.
2. Девин Л.Н. Прогнозирование работоспособности металлорежущего инструмента. - Киев; Наукова думка, 1992. — 131 с.
3. Панчук В.Г. Компьютерный комплекс исследования силовых характеристик при резании // Вестник НТУУ “КПИ” / Машиностроение. — Киев, 1997. — Вып. 32. — С. 121–125.
4. Руководство к универсальному динамометру УДМ конструкции ВНИИ. — М.; ВНИИ, 1979. — 23 с.

ПАНЧУК Віталій Георгійович — кандидат технічних наук, доцент кафедри інструментального виробництва Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– динаміка процесів різання.

ПЛІВАК Олександр Анатолійович — асистент кафедри інструментального виробництва Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– динаміка процесів різання.

Подано 01.02.2007

**Панчук В.Г., Плівак О.А.** Модуль спряження комп'ютерного комплексу досліджень силових характеристик при різанні

**Панчук В.Г., Плівак А.А.** Модуль сопряжения компьютерного комплекса исследований силовых характеристик при резании.

**Panchuk V.G., Plivak A.A.** Mating module of the computer complex for the force characteristics investigation in cutting process.

УДК 681.335 : 621.9

**Модуль спряження комп'ютерного комплексу досліджень силових характеристик при різанні / В.Г. Панчук, О.А. Плівак**

Представлено конструкцію модуля спряження комп'ютерного комплексу досліджень силових характеристик при різанні, який здійснює аналого-цифрове перетворення складових сили різання і має поліпшені технічні характеристики — швидкодію, точність, енергоспоживання, взаємну ізоляцію силової й інформаційної частин.

УДК 681.335 : 621.9

**Модуль сопряжения компьютерного комплекса исследований силовых характеристик при резании / В.Г. Панчук, А.А. Пливак**

Представлена конструкция модуля сопряжения компьютерного комплекса исследований силовых характеристик при резании, который осуществляет аналого-цифровое преобразование составляющих силы резания и имеет улучшенные технические характеристики — быстродействие, точность, энергопотребление, взаимную изоляцию силовой и информационной частей.

УДК 681.335 : 621.9

**Mating module of the computer complex for the force characteristics investigation in cutting process / V.G.f Panchuk, A.A. Plivak**

There is submitted the construction of mating module of existing computer complex for the force characteristics investigation in cutting process. This new design has improved technical characteristics – speed of response, accuracy, power consumption, mutual isolation of force and informative parts.