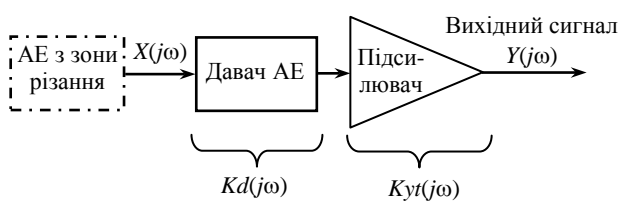


ГРАДУЮВАННЯ ДАВАЧІВ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗАННЯ

Розглянуто метод градуювання давачів акустичної емісії, які призначені для дослідження різання, з використанням високочастотного аналізатора спектра.

The method of calibrating of acoustic emission sensors, intended for research of cutting, is considered, utilizing of high-frequency spectrum analyzer.

Про процеси, які відбуваються в зоні різання, можна судити за зміною сигналу акустичної емісії (АЕ) у ході експериментальних досліджень [1, 2]. З літератури відомо про вплив процесів стружкоутворення і зносу інструмента на спектр сигналу давача АЕ [2]. Проте спектр сигналу, отриманий з давача, зв'язаний не лише з фізичними процесами в зоні різання, але також залежить від амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) датчика АЕ і АЧХ підсилювального тракту. Тому дослідження впливу процесів при різанні на спектр сигналу АЕ доцільно починати з вивчення АЧХ застосовуваної апаратури [3, 4]. Структурна схема, що відображає отримання сигналу АЕ при дослідженні процесів різання, зображена на рис. 1, де $X(j\omega)$ — коливання спричинені процесом різання, $Y(j\omega)$ — спектр вихідного сигналу, $Kd(j\omega)$ — АЧХ давача, $Kyt(j\omega)$ — АЧХ підсилювального тракту.



Справедлива залежність [5]

$$\frac{Y(j\omega)}{X(j\omega)} = Kd(j\omega)Kyt(j\omega), \quad (1)$$

звідки

$$X(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{Kd(j\omega)Kyt(j\omega)} \quad (2)$$

Рис. 1. Схема отримання сигналу АЕ при дослідженні процесів різання

Використовувані підсилювачі проектують так, щоб їхня АЧХ у всьому досліджуваному діапазоні була б приблизно постійна, тому її вплив на спектр вхідного сигналу можна врахувати за допомогою коефіцієнта пропорційності. АЧХ датчика АЕ $Kd(j\omega)$ має резонансні піки, що суттєво спотворює спектр вхідного сигналу. Тому при дослідженні процесів різання важливо, відповідно до формули (2), скоригувати отриманий вихідний сигнал. На жаль, використовувані при дослідженні процесів різання датчики АЕ не завжди супроводжуються даними щодо їх АЧХ, а також часто використовуються давачі АЕ, виготовлені в одиничному екземплярі котрі пройшли градуювання [3, 4]. Методи отримання АЧХ давачів АЕ, у технічній літературі використовують терміни градуювання і абсолютного калібрування, є складними і потребують наявності складних апаратних засобів [4, 6].

В ІНМ НАН України розроблений метод градуювання широкосмугових давачів АЕ (від 200 до 1200 кГц). На рис. 2 показана блок-схема градуйованого стенду для отримання АЧХ давачів АЕ.

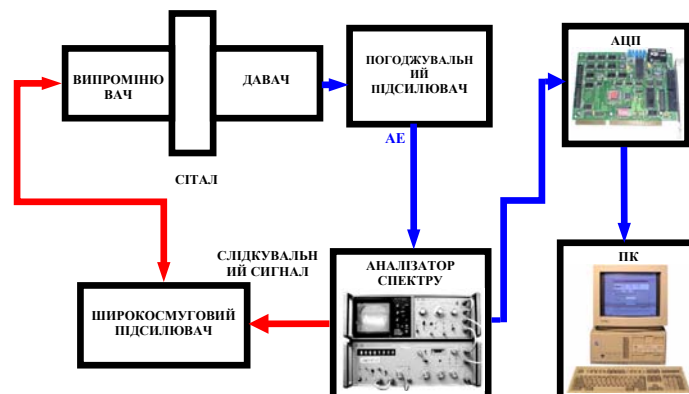


Рис. 2. Блок-схема стенду для определения АЧХ датчика

Основою виміральної системи градуйованого стенду є аналізатор спектра. З аналізатора спектру гармонійний сигнал зі змінною частотою і постійною амплітуди подається на широкосмуговий

підсилювач, де підсилюється до достатньої величини, щоб розгойдати п'єзоелектричний випромінювач.

Випромінювач збуджує хвилі в сіталі. У п'єзодатчику АЕ під впливом коливань сітала з'являється електричний сигнал. Далі сигнал акустичної емісії через погоджувальний підсилювач надходить на вхід аналізатора спектра. Для можливості математичної обробки отриманого вихідного сигналу він через АЦП записується на комп'ютер.

Структурна схема, що відображає проходження сигналу зображена на рис. 3, де $K_i(j\omega)$ — АЧХ випромінювача; μ — коефіцієнт ослаблення сигналу при перетворенні електричні коливання випромінювача — механічні коливання сітала — електричні коливання давача; $K_d(j\omega)$ — АЧХ давача; $K_y(j\omega)$ — АЧХ підсилювача; $K_s(j\omega)$ — АЧХ усього ланцюга.

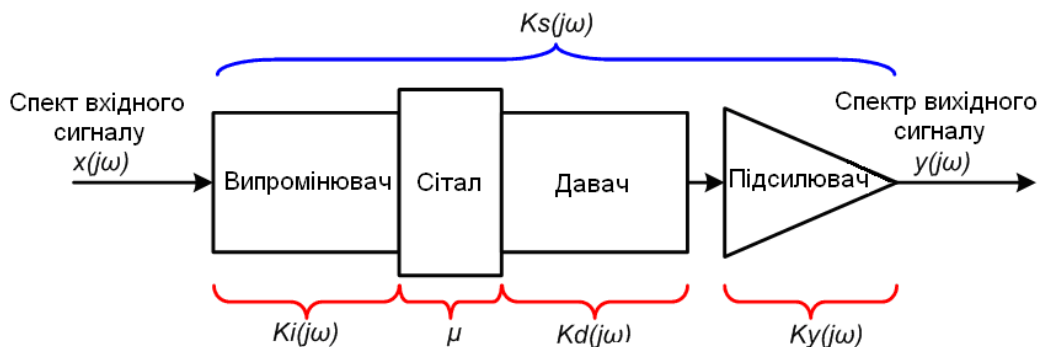


Рис. 3. Схема проходження сигналу

Даний вимірювальний пристрій являє собою послідовно з'єднані ланки. У такому випадку АЧХ усієї системи, являє собою відношення спектра вихідного сигналу до спектра вхідного сигналу й визначається при відомих амплітудно-частотних характеристиках ланок за залежністю [5].

$$K_s(j\omega) = \frac{y(j\omega)}{x(j\omega)} = K_i(j\omega)\mu K_d(j\omega)K_y(j\omega). \quad (3)$$

Із залежності (1) визначаємо АЧХ давача

$$K_d(j\omega) = \frac{y(j\omega)}{K_i(j\omega)\mu K_y(j\omega)x(j\omega)}. \quad (4)$$

За допомогою стенда (див. рис. 2) можна дістати спектр вихідного сигналу $y(j\omega)$. Для визначення АЧХ давача заздалегідь експериментально отримували решту характеристик, які входять у формулу (4). Спектр вхідного сигналу $x(j\omega)$, а також АЧХ підсилювача $K_y(j\omega)$ були здобуті за допомогою аналізатора спектра. Для визначення АЧХ випромінювача $K_i(j\omega)$ і коефіцієнт ослаблення сигналу μ використовували установку, блок-схему якої показано на рис. 4. Як випромінювач і приймач були використані дві абсолютно ідентичні п'єзопластини.

Структурна схема установки зображена на рис. 5, де АЧХ випромінювача відповідає $K_i(j\omega)$, приймачу $K_p(j\omega)$, підсилювачу $K_y(j\omega)$, а всьому ланцюжку $K_{si}(j\omega)$; $y_d(j\omega)$ — спектр вихідного електричного сигналу з давача АЕ; μ — коефіцієнт ослаблення сигналу при перетворенні коливань випромінювач — сітал — приймач.

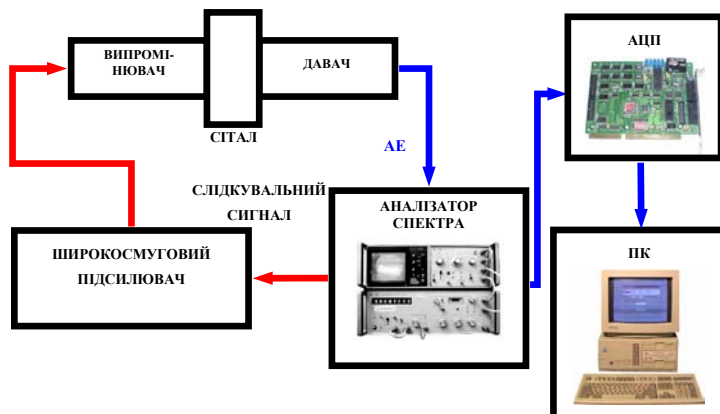


Рис. 4. Блок-схема установки для определения АЧХ випромінювача $Ki(j\omega)$ і коефіцієнт послаблення сигналу μ

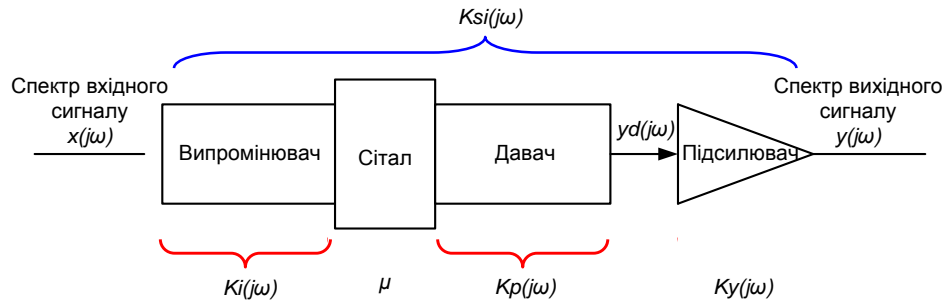


Рис. 5. Структурна схема для визначення АЧХ випромінювача $Ki(j\omega)$ та коефіцієнт послаблення сигналу μ

АЧХ усього ланцюга записуємо у вигляді [5]:

$$K_{si}(j\omega) = \frac{y_i(j\omega)}{x_i(j\omega)} = \mu K_i(j\omega) K_p(j\omega) K_y(j\omega), \quad (5)$$

де $x_i(j\omega)$, $y_i(j\omega)$ — спектри вхідного і вихідного сигналів відповідно.

Ураховуючи ідентичність випромінювача і приймача, припускали, що

$$K_i(j\omega) = K_p(j\omega). \quad (6)$$

Тоді АЧХ випромінювача визначали за залежністю

$$K_i(j\omega) = \sqrt{\frac{y_i(j\omega)}{\mu K_y(j\omega) x_i(j\omega)}}. \quad (7)$$

За допомогою даного вимірювального стенда (див. рис. 4) можливо отримати зміну спектра напруги вихідного сигналу $y_i(j\omega)$. Для визначення АЧХ випромінювача попередньо експериментально здобували решту характеристик, які входять у формулу (7). Спектр вхідного сигналу $x_i(j\omega)$, а також АЧХ підсилювача $K_y(j\omega)$, діставали за допомогою аналізатора спектра.

Виходячи зі структурної схеми (рис. 5) величину спектра вихідного електричного сигналу давача $y_d(j\omega)$ визначали за формулою:

$$y_d(j\omega) = \frac{y_i(j\omega)}{K_y(j\omega)}. \quad (8)$$

Електричні коливання випромінювача $x_i(j\omega)$ перетворювалися в механічні коливання. Сігал був середовищем, через яке передавалися механічні коливання, а потім вони перетворювалися в електричні коливання $y_d(j\omega)$. Енергія електричних коливань випромінювача перевищує енергію електричних коливань давача, тобто мало місце ослаблення сигналу. Його характеризували коефіцієнтом ослаблення сигналу. Коефіцієнт ослаблення сигналу визначали за формулою:

$$\mu = \frac{M^\oplus[y_d(j\omega)]}{M^\oplus[x_i(j\omega)]}, \quad (9)$$

де $M^\oplus[x_i(j\omega)]$ — математичне сподівання функції $x_i(j\omega)$ за винятком ділянок, де спостерігався резонанс; $M^\oplus[y_d(j\omega)]$ — математичне сподівання функції $y_d(j\omega)$, за винятком ділянок, де спостерігався резонанс.

Для отримання спектра сигналів, що вивчаються, використовували високочастотний аналізатор спектра СКЧ-59, у якого передбачений генератор гойдаючої частоти. Сигнал від генератора гойдаючої частоти записували на комп'ютер за допомогою 12 бітового АЦП А812-LG фірми ICP DAS. Записували більше 10 проходів по частоті і проводили статистичну обробку результатів градування. На рис. 6 наведено приклад отриманої амплітудно-частотної характеристики давача АЕ.

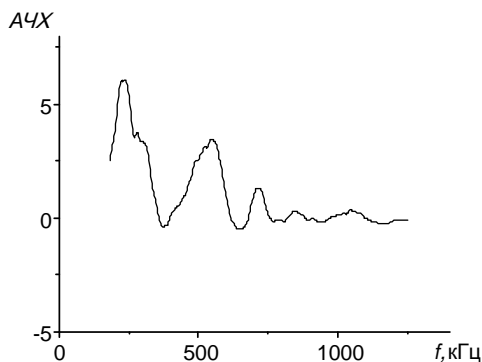


Рис. 6. АЧХ датчика АЕ

Таким чином, запропонований новий метод градування датчиків АЕ з використанням високочастотного аналізатора спектра. Використання запропонованого методу дасть можливість підвищити точність визначення спектра сигналу АЕ процесу різання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Девин Л. Н. Прогнозирование работоспособности металлорежущего инструмента. — К. : Наук. думка, 1992. — 131 с.
2. Подураев В. Н., Барзов А. А., Горелов В. А. Технологическая диагностика резания методом акустической эмиссии. — М. : Машиностроение, 1988. — 56 с.
3. Королев М. В., Карпельсон А. Е. Широкополосные ультразвуковые пьезопреобразователи. — М. : Машиностроение, 1982. — 157 с.
4. Баранов В. М. Акустические измерения в ядерной энергетике. — М. : Энергоиздат, 1990. — 320 с.
5. Орнадский П. П. Теоретические основы информационно-измерительной техники. — К. :Вища шк., 1976, — 432 с.
6. Філоненко С. Ф. Акустична емісія. Вимірювання, контроль, діагностика. — К. : КМУГА, 1999. — 312 с.