

УДК 674.093.6.051:531.717.1

ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТОВЩИНИ ПОКРИТТЯ

К. т. н. К. Л. Горященко¹, к. т. н. С. Л. Горященко¹,
к. т. н. І. В. Гула¹, к. т. н. В. В. Стрельбицький²

¹Хмельницький національний університет;

²Одеський національний політехнічний університет

Україна

kstvg@yandex.ru

Запропоновано застосування методу багатократної коінцидентії пакетів імпульсів для вимірювання товщини матеріалу, що нанесено на поверхню елементів конструкції машин та механізмів. Нанесення матеріалів на конструктивні елементи дає можливість зменшити вібрації механізмів при роботі. Запропонований безконтактний метод вимірювання використовується для вимірювання товщини шару від 10 мкм і більше з точністю 1—10%.

Ключові слова: покриття, товщина, ноніусні вимірювання.

Загальною тенденцією в створенні сучасних машин та механізмів є розробка конструктивних вирішень зниження вібрацій. Вказане устаткування представляє собою зв'язані багатомасові конструкції, а тому їм властиве різноманіття джерел збудження коливань. Вібрації можуть передаватися на рамні і корпусні, а також фундаментні конструкції через точки кріплення.

Відомо, що для виготовлення рам устаткування використовуються, зазвичай, зварні суцільно-металеві конструкції з профільного прокату. Ефективним способом вирішення задачі зменшення вібрацій конструкції є збільшення рівня розсіювання енергії в балках рами за рахунок нанесення на поверхню елементів конструкції різноманітних матеріалів з високим рівнем розсіювання енергії [1]. Нанесення на балку надлишкової кількості матеріалу є також невинуватим, адже веде до збільшення маси балки, а ефективність демпфування зростає несуттєво [2].

Для визначення товщини нанесеного матеріалу використовуються різні методи — як контактні, так і безконтактні. Для вимірювання безконтактним методом запропоновано використовувати фазові вимірювання [3], які мають високу точність.

Метою статті є представлення практичної реалізації безконтактного вимірювання товщини матеріалу, що наноситься на поверхню елементів конструкції шляхом застосування варіанту ноніусного

методу вимірювання — методу багатократної коінцидентії пакетів імпульсів (БКПІ).

На рис. 1 показано загальний принцип вимірювання товщини шару матеріалу з використанням відомого фазового методу вимірювання. Принцип вимірювання товщини матеріалу полягає у визначенні різниці відстані від вимірювача до поверхні без покриття (6) та з покриттям (7). Робота вимірювача відстані базується на відомому виразі залежності кута зсуву фази від відстані до об'єкту: $\varphi = 2\pi \cdot 2l/\lambda$, де $2l$ — відстань від джерела випромінювання до поверхні та назад. Прийнятна похибка вимірювання товщини знаходиться в межах від 10% (товщина шару 10 мкм).

Важливим для представленого на рис. 1 вимі-

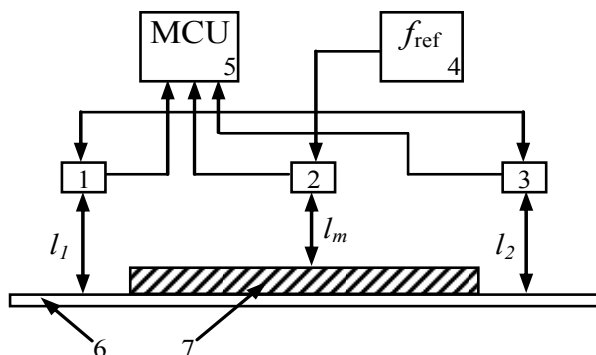


Рис. 1. Структурна схема вимірювального процесу:

1—3 — вимірювачі фази; 4 — опорний генератор;
5 — мікроконтролер; 6 — рухома поверхня;
7 — матеріал

рювача товщини матеріалу є точність вимірювання кута зсуву фази. Типова відстань l від передавача до поверхні об'єкту знаходиться в межах 0,1 м. Щоб отримати кут зсуву фази порядку $(0-2)\pi$, довжина хвилі λ має скласти 0,2 м, що відповідає частоті 1,5 ГГц, а для отримання похибки вимірювання відстані в мкм похибка визначення кута має бути не більше $7,2 \cdot 10^{-3}$ градуса. При використанні нижчої частоти — 30 МГц, максимальна похибка складає $1,44 \cdot 10^{-4}$ градусів.

Для визначення кута зсуву фази застосовано метод БКП [3]. Метод БКП дозволяє підвищити точність визначення кута зсуву фази за рахунок накопичення [3], а тому це обмежує максимальну швидкість руху поверхні b .

Складністю для представленої реалізації методу безконтактного вимірювання товщини матеріалу є необхідність забезпечення сталості відстані між рухомою поверхнею та системою «передавач — приймач» (див. рис. 1). Вимірювання виконується двома проходками. Спочатку визначаються відстані l_1, l_2, l_m без матеріалу. В результаті отримуємо інформацію про профіль робочої поверхні b виду $l_{m,1}[x]$, де x — середня координата в робочій області. У другому проході з нанесеним матеріалом визначається відстань $l_{m,2}[x]$. Товщина матеріалу L може бути знайдена, як $L[x] = l_{m,1}[x] - l_{m,2}[x]$. Врахування відстаней l_1, l_2 в кожному з проходів дозволяє отримати інформацію щодо руху вимірювачів 1, 2, 3 відносно поверхні b .

Для виконання вимірювання із застосуванням методу БКП був створений пристрій, в якому реалізовано триканальний вимірювач кута зсуву фази (див. рис. 1, поз. 1, 2, 3) за методом БКП. Цифрова частина пристрою показана на рис. 2. Загальне керування процесом вимірювання виконується за допомогою мікроконтролера 3, а обробка вхідних сигналів — із застосуванням приладу швидкісної програмованої логіки 1 типу EPM240T100C5N фірми Altera Corp.

Таким чином, при використанні опорного генератора в 10 МГц пристрій із застосуванням методу БКП дозволяє отримати похибку визначення товщини покриття не гірше 0,09 мкм за час не менше 240 мс на вимірювання в одній з точок поверхні.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Стрельбицкий В. В. Результаты исследования демпфирующей способности слоистых балок // Вісник Хмельницького національного університету, серія Технічні науки.— 2013.— № 1.— С. 41–43.
2. Стрельбицкий В. В. Некоторые результаты исследования демпфирующей способности составных рам // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.— 2014.— № 3.— С. 170–172.
3. Gula I., Polikarovskiykh O., Horiashchenko S., Horiashchenko K. Phase measurer based on coincidences of multiplicity impulses // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.— 2014.— № 1.— С. 46–50.

K. L. Horiashchenko, S. L. Horiashchenko, I. V. Gula, V. V. Strelbitskiy
Device for contactless measuring of coverage thickness.

The paper describes the structure of the coverage thickness measuring device. The coverage is used to suppress vibration in modern mechanical systems during their work. Three-channel phase measurer is constructed for measuring distance between itself and the moving surface. Two-step measuring is proposed to archive better results. The device is based on fast programmable logic device EPM240T100C5N.

Keywords: *coverage, thickness, vernier method.*

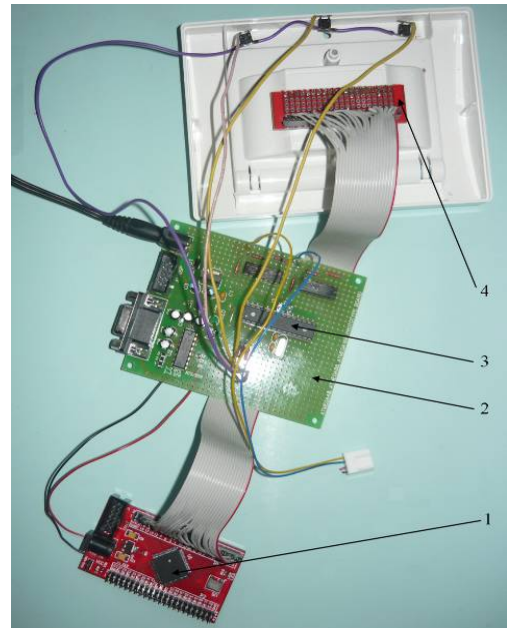


Рис. 2. Багатоканальний вимірювач кутів зсуву фази:
 1 — плата з EPM240T100C5N; 2 — плата інтерфейсу; 3 — контролер; 4 — індикаторна плата