

УДК 621.317

УДОСКОНАЛЕНИЙ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИЙ МЕТОД НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

В. Г. Баженов, Д. К. Івіцька, С. В. Грузін

*Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”,
пр. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна, тел. (044) 454-95-47*

Запропоновано новий електростатичний метод неруйнівного контролю з підвищеною завадостійкістю для широкого спектру матеріалів та конструкцій, виробів із діелектриків та провідних матеріалів без використання контактної рідини. Запропоновано структурну схему приладу для реалізації даного методу з метою проведення неруйнівного контролю.

Ключові слова: електростатичний метод, контроль діелектриків, підвищення завадостійкості, неруйнівний контроль.

Предложен новый электростатический метод неразрушающего контроля с повышенной помехоустойчивостью для широкого спектра материалов и конструкций, изделий из диэлектриков и проводящих материалов без использования контактной жидкости. Предложена структурная схема прибора для использования данного метода с целью проведения неразрушающего контроля.

Ключевые слова: электростатический метод, контроль диэлектриков, повышение помехоустойчивости, неразрушающий контроль.

A new electrostatic method of nondestructive testing with high noise immunity for a wide range of materials and structures, dielectric and conductive materials without couplant has been offered. A structural diagram of the device for use of this method in the field of nondestructive testing has been offered.

Keywords: electrostatic method, control of dielectrics, improving of noise immunity, nondestructive testing.

Вступ

Останнім часом значно підвищився інтерес до створення методів неруйнівного контролю об'єкту, які не потребують використання контактної рідини. Найчастіше для таких цілей використовують вихрострумний метод контролю, який передбачає наведення вихрових струмів на поверхні об'єкта контролю (ОК). Однак результат контролю залежить від великої кількості параметрів ОК та інших впливаючих факторів, а вихрострумний метод контролю придатний тільки для контролю електропровідних матеріалів.

Аналіз відомих досліджень і публікацій

На сьогоднішній день існує електростатичний метод, який дає можливість проводити контроль як діелектричних, так і провідних матеріалів. Цей метод не потребує спеціальної підготовки поверхні об'єкта контролю [1]. При контролі електропровідних матеріалів такий метод подібний на вихрострумний за своїми можливостями визначення параметрів контролю (визначення електропровідності, поверхневих та підповерхневих дефектів і тощо). Принцип дії

такого електростатичного методу передбачає використання двох пластин для збудження змінного електричного поля. В електропровідних матеріалах наведені електричним полем вихрові струми впливають на розподіл електричного поля над матеріалом ОК. Причому реєстрація індукованого цим полем заряду виконується двома іншими пластинами, підключеними до підсилювачів заряду, а не котушкою. При контролі провідних матеріалів пластини розташовуються на фіксованій відстані від ОК з метою запобігання електричного контакту пластин давача з електропровідним ОК [2]. Недоліками такого методу є низька завадостійкість, яка виникає в результаті використання підсилювачів заряду (особливо частоти мережевої напруги). Тому є необхідним використання спеціальних засобів екранування або проведення контролю в спеціально обладнаних приміщеннях. Метою роботи є підвищення завадостійкості електростатичного методу контролю, що дасть можливість поширення використання такого методу контролю у промисловості.

Основна частина

В роботі запропоновано електростатичний

метод контролю з підвищеною завадостійкістю, який дозволяє знаходити дефекти в ОК, що викликають місцеві збурення електричного поля. Метод включає генерацію електростатичного поля шляхом подачі опорного сигналу заданої частоти на одну пару електродів, реєстрацію індукованого заряду за допомогою інших вимірювальних електродів, а також перемноження опорного та вимірювальних сигналів з подальшою обробкою та візуалізацією результатів на екрані. Метод передбачає сканування за двома осями ОК. Причому вимірювальний сигнал визначають як різницю вихідних сигналів двох пар вимірювальних електродів.

Метод може бути реалізований за допомогою пристрою, який показано на рис.1.

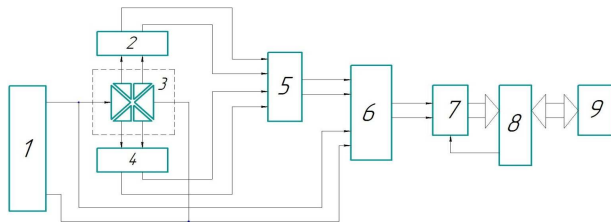


Рисунок 1 – Структурна схема пристрою електростатичного методу неруйнівного контролю з підвищеною завадостійкістю

Пристрій, що реалізує запропонований метод, містить генератор сигналів змінної частоти 1, виходи якого підключено до однієї пари збуджуючих електродів датчика 3, а також до перших входів синхронного детектора 6. Першу пару вимірювальних електродів датчика 3 підключено до підсилювача заряду 2, другу пару вимірювальних електродів датчика 3 підключено до підсилювача заряду 4, причому підсилювачі зарядів 2 та 4 підключено до диференційного підсилювача 5. Вихід диференційного підсилювача 5 підключено до синхронного детектора 6, вихід якого підключено до аналого-цифрового підсилювача АЦП 7. Вихід АЦП підключено до інтерфейсу 8, вихід якого підключено до входу комп'ютера 9. Причому вхід запуску АЦП 7 зв'язаний з комп'ютером 9 через вихід інтерфейсу 8.

Запропонований електростатичний метод неруйнівного контролю реалізують наступним чином. За допомогою генератора сигналів змінної частоти 1 подається опорний сигнал на пару збуджуючих електродів датчика 3 та на перші входи синхронного детектора 6. Індукований заряд реєструється за допомогою двох пар вимірювальних електродів датчика 3 шляхом підключення їх до підсилювачів заряду 2 та 4. Вихідні сигнали цих підсилювачів

подаються на входи диференційного підсилювача 5, на виході якого отримують вимірювальний сигнал, що дорівнює різниці сигналів з виходів підсилювачів 2 та 4. Отриманий вимірювальний сигнал подається на інші входи синхронного детектора 6. Сигнал, значення якого буде залежати як від амплітуди, так і від фази вимірювального та опорного сигналів, подається на АЦП 7, запуск якого відбувається за допомогою комп'ютера 9 через інтерфейс 8.

Експериментальні результати

Моделювання даного методу було проведено в середовищі COMSOL Multiphysics. Обрано метод кінцевих елементів, який широко використовується для розв'язання задач механіки деформованого твердого тіла, теплообміну, гідродинаміки і електродинаміки [3].

На рис. 2 приведена залежність зміни амплітуди поля від радіуса дефекту в ОК, яка отримана за результатами моделювання. Матеріал об'єкта контролю – плексиглас. Дефект являє собою повітряну кульку, розташовану на фіксованій глибині 10мм. Параметр rr (мм) – це радіус дефекту. Було проведено моделювання для 5-ти випадків радіусів з метою підтвердження закономірності зміни амплітуди електричного поля навколо дефекту. За результатами моделювання можна зазначити, що зміни амплітуди дуже виражені. Фактично було підтверджено очікувані закономірності зміни картини поля. Відомо, що фаза сигналу більш чутлива до збурень електричного поля, ніж амплітуда. Тому за допомогою реєстрації зміни фазового зсуву між опорним та вимірювальним сигналом, при скануванні ОК, можна ще значно підвищити чутливість та достовірність контролю.

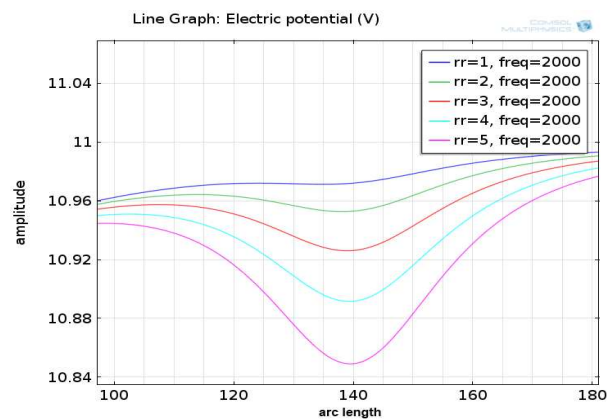


Рисунок 2 – Зміна амплітуди поля від радіуса дефекту в об'єкті контролю

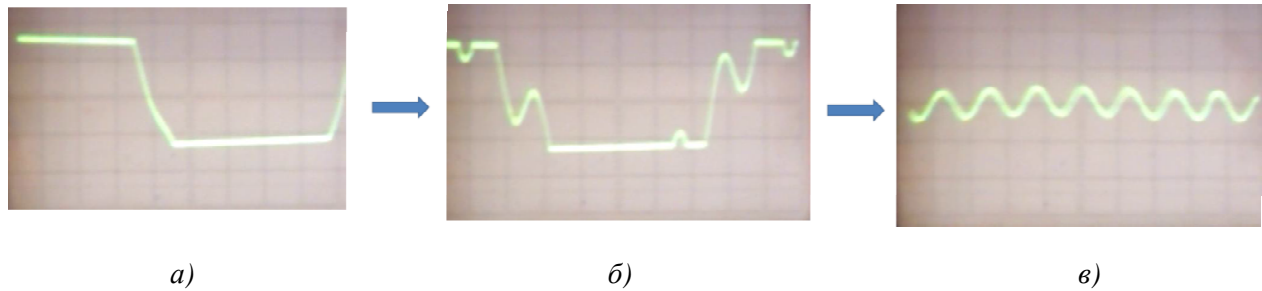


Рисунок 3 – Результати дослідження уникнення завад в лабораторних умовах

Макетування схеми вимірювача збурень електричного поля з використанням однієї пари вимірювальних електродів в лабораторних умовах показало неможливість отримання корисного сигналу через сильну заваду з частотою електромережі (рис 3, а, 3, б). При використанні двох пар вимірювальних електродів і отриманні вимірювального сигналу як різниці сигналів підсилювачів заряду, сигнал завади з частотою електромережі на виході диференційного підсилювача значно пригнічується, як показано на рис 3, в, що підтвердило доцільність використання диференціального ввімкнення електричної схеми у запропонованому методі.

ВИСНОВКИ

Підвищення завадостійкості електростатичного методу неруйнівного контролю досягається наступним чином. Значення величини заряду, що індукується у двох вимірювальних електродах давача від електричного поля дефекту буде різним, і ця різниця буде пропорційною розміру дефекту, тобто градієнту поля дефекту (якщо дефект не знаходиться посередині відстані між парами вимірювальних електродів). Джерело завади знаходиться на значній відстані від двох пар вимірювальних електродів давача, тому невелика різниця відстані між електродами не впливає на амплітуду та фазу індукованого заряду від цього джерела завади в обох парах вимірювальних електродів давача. Величина складової сигналу, яку отримують від джерела завади на виході підсилювачів, буде однаковою, що приведе до її компенсації на виході диференційного підсилювача. Використання запропонованого методу неруйнівного контролю дає можливість здійснювати контроль виробів у звичайних лабораторних умовах без використання спеціальних приміщень, а також спеціальних засобів екранування. Результати проведених експериментів підтверджують, що в

звичайних лабораторних умовах рівень завади від електромереж перевищує рівень корисного сигналу більше, ніж на 40 дБ, що унеможливило реалізацію відомого методу контролю при таких умовах. Запропонований метод може бути реалізований при використанні, наприклад, електропотенціальних мікросхем (EPIC) PS25255 [4, 5]. Причому збуджуючі та вимірювальні електроди можуть знаходитися в одній площині. Таким чином контроль може проводитись при односторонньому доступі до об'єкта контролю.

1. A New Capacitive Imaging Technique for NDT G. Diamond, D. Hutchins, School of Engineering, University of Warwick, Coventry, UK.
 □ 2006. 2. P. Watson, R. J. Prance, And S. T. Beards More-Rust, «Latent Electro-Static I Ngerprints And Their Decay: Towards A Forensic Timeline» Submitted To Nature. 3. Щерба А.А., Резинкина М.М. Моделирование и анализ электрических полей энергетических объектов. – К.: Наук. Книга, 2008. – 248 С. 4. S. T. Beardsmore-Rust, R. J. Prance, A. Aydin, H. Prance, C. J. Harland, P. B. Stiffell. Signal Specific Electric Potential Sensors For Operation In Noisy Environments / Journal of Physics: Conference Series 178 (2009) 012011. 5. Шон Коннор. Epic — Новая Эра В Измерении Электрического Потенциала //Электронные компоненты. – 2012, № 12. – С. 22–25.

Поступила в редакцію 29.11.2013р.

Рекомендували до друку: Оргкомітет 4-ої н/п конференції студентів і молодих учених «Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання» (26-27.11.2013р., ІФНТУНГ) та докт. техн. наук, проф. Сучков Г. М