

СЕКЦІЯ 7
НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ, ТЕХНІЧНА ТА МЕДИЧНА
ДІАГНОСТИКА

УДК 621.317.32

ЦИФРОВИЙ ДІНАМІЧНИЙ СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ НАПРУЖЕНОСТІ
ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

Баженов В. Г., Грузин С.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Спосіб, який розглядається відноситься до галузі геофізичного приладобудування і може бути використаний для вимірювання напруженості електричного поля атмосфери в геофізиці при пошуках корисних копалин, в промисловості при екологічних вимірюваннях. Заснований на перетворенні потоку електростатичної індукції в змінний струм, внаслідок того, що вимірювальні пластини періодично експонують і екранують в електричному полі, протифазні сигнали з пластин підсилюють в диференційному підсилювачі, а по сигналу давача положення екрануючої пластини визначають полярність електричного поля.

Для підвищення точності і чутливості всі вимірювання виконуються в цифровому вигляді за допомогою АЦП і крім того по синхросигналу давача положення екрануючої пластини який аналізується мікроконтролером визначають в мікроконтролері також період її оберту і потім розраховують моменти запуску АЦП так, щоб вимірювати тільки рівні максимумів і мінімумів вихідного сигналу.

Отримані цифрові коди значень цих піків з цифрового виходу АЦП зчитуються мікроконтролером, при цьому значення напруженості електричного поля визначають як різницю усереднених значень областей піків верхньої та нижньої півхвилі отриманих з АЦП. Індикація результатів вимірювання відбувається на цифровому табло, а реєстрація і накопичення результатів вимірювання з метою подальшої обробки та оформлення протоколів вимірювань виконується на комп'ютері який зв'язано з вимірювачем (мікроконтролером) за допомогою бездротового зв'язку і який може знаходитися стаціонарно на значній відстані при переміщенні, наприклад, самого вимірювача. Малі габарити вимірювача а також використання бездротового зв'язку в свою чергу зменшує порушення електричного поля, а відповідно підвищує точність вимірювань в точці вимірювання.

Ключові слова: цифровий спосіб, динамічний, АЦП, рівні мінімумів і максимумів мікроконтролер, бездротовий зв'язок

УДК 620.179.16: 620.179.17

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ КАФЕДРЫ ПМНК НТУ “ХПИ” В ОБЛАСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

*Сучков Г.М., Глоба С.Н., Ноздрачова Е.Л., Хомяк Ю.В., Десятниченко АС., Хащина С.В.,
Познякова М.Е., Национальный технический университет “Харьковский
политехнический институт”, г. Харьков, Украина*

Основными направлениями исследований и разработок кафедры приборов и методов неразрушающего контроля является акустический: контактным и бесконтактным (электромагнитно-акустическим (ЭМА) и емкостным); вихретоковым методами.

Контактным методом исследованы и разработаны методы повышения чувствительности контроля заготовок за счет питания пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП) пакетными радиоимпульсами тока с регулируемой частотой заполнения. Показана необходимость оптимизации частоты ультразвуковых колебаний (УЗК) питающих ПЭП под заданную величину дефекта, подлежащего выявлению. При этом чувствительность контроля увеличилась более чем на 20 дБ.

Показана эффективность дальнедействующего обнаружения внутренних дефектов любой ориентации контактным методом в теле труб с нескольких установок наклонных ПЭП при использовании объемных и поверхностных волн одновременно. Дальность контроля может составлять 7...8 м.

Продолжается разработка аппаратуры для эхо - метода ЭМА контроля поверхностными волнами. Обеспечена высокая выявляемость дефектов на расстояниях в несколько метров без зачистки поверхности в диапазоне частот 0,1...1 МГц. Изготовлен образец ЭМА приставки к серийным дефектоскопам.

Разработан макет портативного ЭМА толщиномера, который может выполнять контроль при зазоре между преобразователем и поверхностью до 10 мм.

Разработана и изготовлена аналоговая часть оборудования для возбуждения и приема ультразвуковых импульсов емкостным способом. Генератор для питания емкостного датчика может обеспечивать на преобразователе возбуждающее напряжение до нескольких тысяч вольт.

Разработан усовершенствованный миниатюрный вариант вихретокового дефектоскопа для контроля грубой поверхности металла, например, слябов без специальной подготовки поверхности. Прибор определяет форму дефекта - округлый или трещина. Он оценивает глубину трещин в нескольких диапазонах, до значений 20 мм. Дефектоскоп потребляет мало энергии от питающего аккумулятора. Устройство не реагирует на изменения электромагнитных характеристик и значительную неровность поверхности.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, ЭМА метод, дефектоскопия, ультразвук.

УДК 539.2

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ СИЛ НА КРЕМНИЕВЫЙ ЗОНД АТОМНО-СИЛОВОГО МИКРОСКОПА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

*Билоконь С.А., Черкасский государственный технологический университет,
г. Черкассы, Украина*

Атомно-силовой микроскоп занимает первое место среди перспективных методов исследования различных материалов из-за возможности проводить исследования их микрогеометрии и поверхностных механических свойств на наноуровне. Основным недостатком АСМ является быстрый износ зонда АСМ по причине его эрозии и разрушения электростатическим разрядом. Причиной этого является накопление электростатического заряда при сканировании диэлектрического образца в результате трения кремниевым зондом о поверхности различных материалов (трибоэлектрический эффект). Трибоэлектричество у твердых тел объясняется переходом носителей заряда от одного тела к другому. При накоплении заряда выше критического, происходит электростатический пробой, что приводит к разрушению зонда либо образца (рисунок 1).

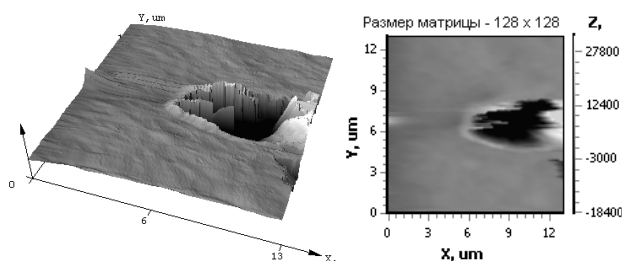


Рис. 1. Топограмма поверхности образца (оптическое стекло К8) с изображением следа от электростатического пробоя

Данный вопрос мало изучен в силу следующих причин:

1. Стеканием электрического заряда с поверхности зонда, которое происходит раньше накопления этим зондом заряда, значение которого достаточно для электростатического пробоя;
2. Большим временем накопления заряда, которое превышает время одного цикла сканирования, что приводит к стеканию заряда в стационарном положении зонда из-за влажности воздуха.

Таким образом, для повышения точности результатов исследования диэлектрических поверхностей предлагается использовать электропроводящие зонды, или диэлектрические зонды с тонкими проводящими покрытиями, которые могут быть сформированы методом термовакуумного осаждения.

Ключевые слова: атомно-силовой микроскоп, диэлектрический зонд, трибоэлектричество, электростатический пробой.

УДК (681.3.06 ÷ 681.518.54): 622.276

КОМПЛЕКС ВІБРОДІАГНОСТИКИ АГРЕГАТУ ГПА-10

*Ігуменцев Є.О., Прокопенко О.О.,
Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків, Україна*

Метою роботи є розробка та впровадження в дослідно-промислову експлуатацію на КС «Зіньків» і КС «Ромненська» автоматизованого комплексу вібромоніторингу «Simon», призначеного для безперервного контролю вібрації агрегатів ГПА 10. Комплекс «Simon» формує сигнали обмежень при експлуатації ГПА, які є пов'язаними зі зміною загальних рівнів вібрації, о контролюються, і складових спектра (перетворення Фур'є) з роздільною здатністю в один герц.

Комплекс забезпечує: вимірювання середньоквадратичного значення (СКЗ) віброшвидкості; індикацію результатів вимірювань на дисплеї; зміна кількості усереднень при вимірюванні з ряду: 1,2,4,8; зв'язок із зовнішнім персональним комп'ютером (PC); завдання СКЗ рівнів аварійної та попереджувальної сигналізації; формування керуючих сигналів при перевищенні рівнів аварійної та попереджувальної сигналізації (для системи протиаварійного захисту).

Комплекс складається з вимірювальних каналів, кожен з яких забезпечує вимір однієї або двох контрольованих величин, її обробку та порівняння з заданими порогоми для формування сигналів попередження. Структурною одиницею комплексу є канал, до складу якого входить: віброперетворювач; блок узгодження-нормалізації; контрольно-вимірювальний модуль; блок живлення.

До програмного забезпечення комплексу входять: програма «сервер контролера, яка забезпечує зв'язок контролерів апаратної частини системи віброконтролю «Simon» з іншими додатками і програма «Monitor», яка посилає запити програмі «сервер контролера», обробляє відповіді на них, проводить запис інформації в базу даних (сигнали, спектри, показники, стан контролерів), настройка часто (або оперативно) змінюваних параметрів комплексу (уставки, включення/виключення блокувань, конфігурація і калібрування каналів).

Представлений комплекс вібромоніторингу встановлений на агрегаті ст. № 3 КС «Зіньків» та ст. № 1 КС «Ромненська» і знаходиться в дослідно-промисловій експлуатації. Контроль правильності замірів вібрації і працездатності комплексу здійснюється за допомогою переносного колектора-збиральника фірми SKF (США) «Мікролог» спеціалізованими бригадами.

Крім того, за допомогою термопар проводиться контроль розподілу температур корпусу ГПА поблизу встановлених вібродатчиків. Вимірювані параметри вібрації і температур статистично обробляються по всьому парку ГПА і в часі по окремих ГПА. Статистичні характеристики вібрації ГПА: середні, стандартні відхилення і коефіцієнти варіації - використовуються для контролю стаціонарного комплексу та уточнення норм вібрації характерних складових спектра. Дані порівняльних випробувань переносної і стаціонарної систем співпадають між собою.

Ключові слова: неруйнівний контроль, вібродіагностика.

УДК 621.317; 621.643

МЕТОДИКА ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ ІЗОЛЯЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ ПІДЗЕМНИХ НАФТОГАЗОПРОВОДІВ З ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ

*Цих В.С., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна*

Питання достовірного контролю стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів відіграє важливу роль в системі трубопровідного транспорту нашої держави. Адже насамперед дефекти ізоляції стають причиною розвитку корозійних процесів основного металу нафтогазопроводів, що, в подальшому, може призвести до виникнення небезпечних аварійних ситуацій.

Сучасні підходи до безконтактного обстеження стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів дозволяють виявляти тільки приблизні місця розміщення тих чи інших дефектів ізоляції. В той же час, можливість чіткого визначення та розподілу таких дефектів за ступенем небезпеки із вказанням місць для першочергового шурфування найбільш незадовільних ділянок залишається невирішеним завданням нафтогазового комплексу.

Таким чином, виникає необхідність розробки спеціальної методики, яка б дозволяла з високою ймовірністю виявляти дефекти ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів з поверхні землі з можливістю ранжування їх за ступенем небезпеки. Розробка такої методики потребує проведення значної кількості як теоретичних, так і експериментальних досліджень на конкретних об'єктах. Важливою умовою проведення експериментів є можливість швидкої перевірки достовірності отриманих результатів досліджень, що є неможливим в реальних умовах експлуатації підземних нафтогазопроводів.

З цією метою для проведення приладових досліджень було створено штучні дефекти ізоляційного покриття на підземному трубопроводі, розміщеному на спеціальному навчально-науковому полігоні кафедри «Технічної діагностики і моніторингу», ІФНТУНГ. Варто звернути увагу, що крім наскрізних дефектів були створені дефекти ізоляційного покриття типу відшарування, виявлення яких на даний час за допомогою існуючих методів є практично неможливим (у зв'язку із відсутністю чіткого контакту металу труби із ґрунтовим електролітом у місці такого дефекту). Це дає можливість зімітувати реальні умови експлуатації нафтогазопроводів і, в той же час, швидко оцінити достовірність отриманих експериментальних результатів.

Проведені теоретичні дослідження та отримані аналітичні залежності вказують на можливість застосування електромагнітних (амплітудного та фазового) методів контролю з метою виявлення та ранжування дефектів ізоляційного покриття за ступенем небезпеки. Використання таких методів в комплексі дозволяє створити загальну методику контролю стану ізоляції підземних нафтогазопроводів з поверхні землі.

Ключові слова: підземний нафтогазопровід, ізоляція, дефект, методика.

УДК 620.179

МЕТОД ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВИДІВ ДЕФЕКТІВ ТРУБОПРОВОДІВ ПІДЗЕМНИХ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ З ПІНОПОЛІУРЕТАНОВОЮ ІЗОЛЯЦІЄЮ

Ващишак І.Р., Ващишак С.П., Атаманчук М.С., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Трубопроводи теплових мереж з пінополіуретановою (ППУ) ізоляцією характеризуються тим, що за рахунок багат шарової структури і специфічних характеристик в них виникають дефекти, які не були властиві тепломережам з мінераловатною ізоляцією. На основі аналізу літературних джерел і нормативних документів здійснена класифікація видів основних дефектів, які найчастіше виникають в трубопроводах з ППУ-ізоляцією.

Оскільки за зміною вимірних інформативних параметрів при багатопараметровому контролі вздовж ділянки контролю можна встановити наявність дефекту, проте не можна однозначно ідентифікувати його вид, розроблено метод ідентифікації видів виявлених дефектів у підземних теплових мережах, який базується на порівняльній бальній оцінці кожного вимірюваного інформативного параметру при різних режимах вимірювання. Встановлення балів здійснювалось на основі порівняння вимірних значень кожного інформативного параметру з розрахованими за аналітичними моделями. Враховуючи те, що на реальному об'єкті параметри середовища, в якому поширюються сигнали, можуть бути нестабільними вздовж ділянки контролю, встановлено діапазон зміни кожного з інформативних параметрів. Для числової оцінки найімовірнішого виду дефекту застосовано наступну бальну оцінку: від 1 балу при мінімальній подібності та до 5 балів для максимальної подібності. Наявність даних про теплові втрати та температури теплоносія на вході і на виході подавального та зворотного трубопроводів, а також використання спектрального аналізу із застосуванням перетворення Фур'є, дало можливість застосувати додаткові бали для ідентифікації видів дефектів. За комплексний параметр методу ідентифікації видів дефектів взято відношення суми набраних балів до максимально-можливої суми балів.

Для практичної реалізації методу ідентифікації видів дефектів у підземних теплових мережах розроблено програмне забезпечення, за допомогою якого проведено ідентифікацію видів дефектів за даними експериментальних досліджень. Невизначеність методу ідентифікації розрахована за схемою Бернуллі склала 17,9%.

Застосування розробленого методу дозволить оцінити технічний стан трубопроводів, виявляти потенційно небезпечні ділянки тепломереж і завдяки своєчасному втручанню запобігати виникненню аварійних ситуацій, а у залежності від виду виявленого дефекту ефективно планувати ремонтні роботи та встановлювати їх першочерговість.

Ключові слова: метод, пінополіуретанова ізоляція, ідентифікація дефектів.

УДК 539.231

ОЦІНКА АДГЕЗІЙНОЇ МІЦНОСТІ НА СТИРАННЯ ОКСИДНИХ ПОКРИТТІВ НА ОПТИЧНОМУ СКЛІ МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЇ МІКРОСКОПІЇ

*Бондаренко М.О., Коваленко Ю.І., Рева І.А., Яценко І.В., Бондаренко Ю.Ю.,
Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна*

Метод атомно-силової мікроскопії (АСМ) знайшов широке застосування в області нанометричних досліджень завдяки унікальним можливостям при дослідженні не лише мікрогеометрії поверхні, але й таких її механічних властивостей, як, наприклад, адгезійної міцності на стирання.

Метою роботи є дослідження методом атомно-силової мікроскопії адгезійної міцності на стирання оксидних покриттів отриманих методом термовакuumного осадження на оптичному склі.

В якості експериментальних зразків обиралися зразки з оптичного скла К8 на поверхню яких наносилося покриття діоксиду титану товщиною 15-105 нм.

Вимірювання сили адгезійної міцності на стирання $\sigma_{ст}$ проводилося методом кривих підведення-відведення зонду АСМ до досліджуваної поверхні, рис.1, і визначалась як різниця сили підведення $F_{під}$ та сили відведення $F_{від}$, що приходяться на одиницю питомої площі поверхні зонду, що входить у контакт з досліджуваною поверхнею.

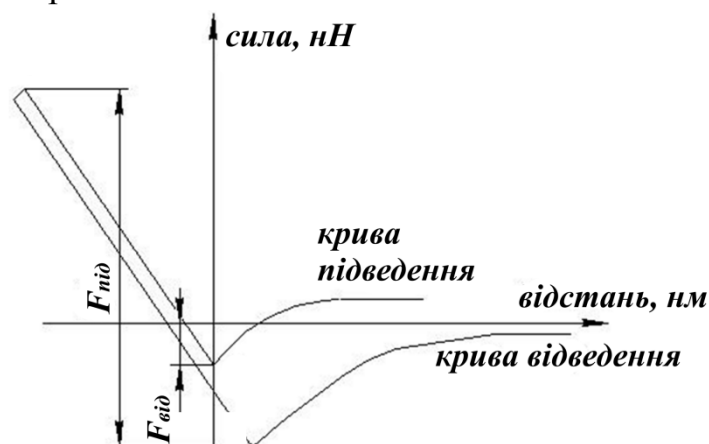


Рисунок 1 – Діаграма підведення-відведення зонду до досліджуваної поверхні

В ході дослідження був встановлений вплив сили адгезійної взаємодії, що виникає між кремнієвим зондом для АСМ та досліджуваною поверхнею оптичного скла з нанесеним на неї оксидним покриттям. Показане зменшення на 13-18% адгезійної міцності на стирання на прикладі оксидних покриттів діоксиду титану на оптичному склі К8 із зменшенням часу відпалювання цих покриттів після їхнього нанесення у вакуумі з 25 до 8 хвилин, а також від збільшення товщини нанесеного покриття з 15 до 105 нм.

Ключові слова: оптичне скло, оксидне покриття, адгезійна міцність, атомно-силова мікроскопія.

УДК 621.643; 622.691.48

ПРОБЛЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЬ ВИТОКІВ ТА ВИМІРЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ ВТРАТ ГАЗУ З ПІДЗЕМНИХ ГАЗОПРОВОДІВ

Вакалюк Я.І., Яворський А.В., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Рівень сучасного стану газопроводів в газотранспортній галузі України та аналіз аварій на них зумовлює удосконалення засобів і методів обліку витоків газу. Невчасне та неточне визначення витоків газу з підземних газопроводів може призвести до значних втрат транспортованої речовини, що зумовлює погіршення економічних, екологічних та соціальних показників функціонування газотранспортних підприємств.

Важливою проблемою газопромислового комплексу є пошук витоків з підземних газопроводів. Одна з основних складностей полягає в тому, що для обстеження підземних мереж необхідним є відкритий доступ до контрольованого об'єкту, що потребує проведення довготривалих земляних робіт. У випадку ж безконтактного контролю неоднорідність ґрунту значно ускладнює моделювання розтікання газу при пошкодженні газопроводу.

Згідно існуючих правил і норм по обслуговуванню газопроводів передбачається цілий комплекс періодичних робіт. Проте в існуючих методиках пошуку місць витоків і визначення кількості втрат газу є суттєві прогалини. В зв'язку з цим зазвичай дії експлуатаційних служб зводяться до візуального огляду за станом обладнання і газопроводу і виявлення місць витоків газу по зовнішнім ознакам [1].

Важливими проблемами пошуку витоків газу є складність у користуванні існуючим обладнанням, висока ціна на них, складність доступу до об'єкту досліджень, прив'язка експлуатації апаратури до конкретних кліматичних умов. Ці проблеми зумовлюють використання великої кількості різних приладів експлуатаційними службами і виділення великих коштів на навчання персоналу користуванню цим обладнанням.

Розробка універсального приладу, який був би ефективним і легким у користуванні спростило б вирішення проблем у цій галузі. В подальшому пропонується розроблення газочутливого сенсора для визначення місць витоків газу та проведення його апробації. Для проведення подальших досліджень проблем витоків газу варто провести експерименти на спеціальному навчально-науковому полігоні «Визначення витоків і втрат газу з газопроводів і газового обладнання», на базі кафедри технічної діагностики і моніторингу, ІФНТУНГ. Даний полігон дозволяє змоделювати витіки зі сталевих і поліетиленових трубопроводів із наявними різними видами пошкоджень на них.

Ключові слова: підземний газопровід, витік газу, втрати.

Література

1. Підготовка персоналу газотранспортних компаній для пошуку витоків та визначення втрат природного газу / А.В. Яворський, О.М. Карпаш, Б.О. Клюк та ін. // Нафтова і газова промисловість. – 2010. – №5 – с. 41-45.

УДК 676.017.55

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВОЇ ГУСТИНИ ТА ВОЛОГОСТІ ПАПЕРОВОГО ПОЛОТНА ІНФРАЧЕРВОНИМ МЕТОДОМ

Воронов С.О., Паламарчук Д.В., Панкратов В.Й., Родіонов В.М.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

Одними з найважливіших параметрів паперового полотна, що вимірюються при технологічному контролі, є поверхнева густина та абсолютна вологість.

В основу визначення цих параметрів покладено інфрачервоний метод, в якому смуги поглинання води і целюлози накладаються одна на одну у спектральному інтервалі вимірювання, тому значення поверхневої густини і вологості суттєво взаємозалежні. Наприклад, на довжині хвилі 2,11 мкм, яка застосовується для визначення вмісту целюлози, випромінювання поглинається не лише целюлозою, а також водою.

Існуючі методики обробки вимірювальних сигналів мають суттєвий недолік - градувальні характеристики вологості не враховують зміну кута нахилу та її зміщення відносно горизонтальної осі при зміні поверхневої густини матеріалу, як параметра. Градувальні характеристики поверхневої густини також змінюють свій нахил та зміщення зі зміною величини вологості, як параметра.

Для покращення метрологічних характеристик датчиків пропонується провести корекцію градувальних характеристик. Її суть полягає у попередній побудові градувальних залежностей вологості та поверхневої густини від вимірювальних сигналів в лабораторії для масиву зразків паперу одного певного типу та наступному нормуванні відповідних апроксимаційних рівнянь, що відрізняються постійними коефіцієнтами.

Крім того, вимірюється графік залежності величини поверхневої густини тих самих зразків абсолютно сухого паперу від поглинання інфрачервоного випромінювання, а також графіки залежності постійних коефіцієнтів цієї характеристики від зміни вологості сухих зразків паперового полотна. Ця процедура дозволяє отримати залежність коефіцієнтів корекції градувальних характеристик вологості та поверхневої густини.

Запропонована методика дозволила покращити точність технологічного контролю поверхневої густини з 2,0% до 1,8%, вологості з 0,5% до 0,35% в діапазоні вимірювання вологості (0 – 8)%.

Ключові слова: паперове полотно, інфрачервоний метод, точність вимірювання, вологість матеріалу, поверхнева густина, градувальна характеристика.

УДК 658.562.012.7

РОЗРОБКА КРИТЕРІЮ ЯКОСТІ ПРИ КОНТРОЛІ МЕТОДОМ ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ

*Галаган Р.М., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Для контролю дефектів багатошарових конструкцій застосовують низькочастотні акустичні методи. В дану групу методів входить метод вільних коливань (ВК), який заснований на збудженні вільно загасаючих пружних коливань в об'єкті контролю (ОК) або його частині та аналізі параметрів цих коливань. Ознакою зниження якості матеріалу при контролі локальним методом ВК є зміна спектру пружних коливань ОК при переміщенні перетворювача дефектоскопу в зону відсутності адгезійного з'єднання шарів матеріалу. Методом ВК, наприклад, виявляють дефекти типу розшарувань та повітряних пустот в листових деталях з полімерних конструкційних матеріалів.

На сьогоднішній день досить поширеною є суб'єктивна оцінка дефектності виробів методом ВК за результатами візуального спостереження зміни спектру сигналів на екрані дефектоскопу. Тому важливою задачею є забезпечення документування результатів контролю, а також розробка критеріїв оцінки дефектності багатошарових конструкцій методом ВК. Тому що спектри сигналів бездефектної і дефектної ділянок контрольованого виробу відрізняються, можна запропонувати на основі спектрів сигналів на бездефектних ділянках сформувати шаблон, який в подальшому застосовуватиметься в якості еталону.

Запропоновано для розробки критерію якості застосувати операцію лінійної згортки, за допомогою якої можна визначити, чи є в аналізованому дискретному сигналі інший сигнал, що заданий шаблоном. В такому випадку критерій якості буде ґрунтуватись на аналізі рівня сигналу з виходу блоку згортки, високий рівень якого свідчатиме про значний ступінь статистичного зв'язку спектральних характеристик сигналу на поточній ділянці контролю при скануванні поверхні ОК і характеристик зразкового шаблону. Таким чином високий рівень вихідного сигналу вказуватиме на бездефектну область, відповідно низький рівень вказуватиме на наявність дефектів.

Різні типи дефектів по-різному впливатимуть на зміну форми спектру вимірюваного сигналу. Щоб це врахувати, запропоновано загальний спектр розбивати на окремі частини, для яких проводити аналіз окремо. Для кожної з цих частин вводяться свої шаблони і вагові коефіцієнти, які визначають ступінь впливу отриманих значень на кінцевий результат в загальній формулі критерію якості.

Ключові слова: контроль, низькочастотні акустичні методи, метод вільних коливань, спектральні характеристики, згортка

УДК 535.4, 681.787, 616:579.61

ESPI МЕТОД ТА УСТАНОВКА ДЛЯ КОМПОНЕНТНОГО АНАЛІЗУ ПРОЗОРИХ МІКРООБ’ЄКТІВ

*Попов А.Ю., Гоцульський В.Я., Ткаченко В.Г., Тюрин О.В., Римашевський А.А., Чечко В.Е.,
НДІ фізики Одеського національного університету імені І.І.Мечникова, м. Одеса, Україна*

Розроблено метод, що дозволяє проводити сортування прозорих мікрооб’єктів та їх складових за показником заломлення та запропоновано установку для його здійснення.

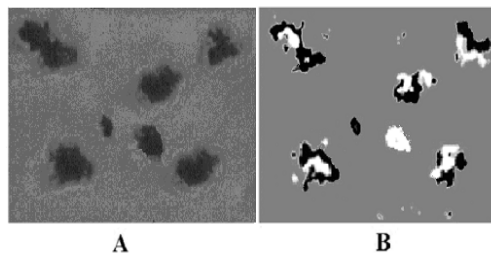
Задача ідентифікації окремих компонент у двокомпонентних (багатокомпонентних) прозорих мікрооб’єктах та сумішах монокомпонентних мікрооб’єктів є актуальною при вирішенні багатьох задач, тим паче, що на мікронному рівні більшість об’єктів (у тому числі металевих) можна вважати прозорими, а їх компоненти практично завжди відрізняються за показником заломлення. Тому компонентний аналіз можливо проводити за допомогою оптичних мікроскопічних фазочутливих методів (інтерферометричних або голографічних). Але пряме визначення варіацій показника заломлення не дає такої змоги, оскільки розміри та форма мікрооб’єктів є, взагалі, довільними.

Особливістю запропонованого методу є те, що у ньому двокомпонентні мікрооб’єкти (або бінарні суміші монокомпонентних об’єктів) розміщують у імерсійному середовищі з показником заломлення середнім між показниками заломлення компонент. При проходженні світлом такої структури фаза об’єктного пучка у місцях розташування компоненти з більшим показником заломлення зростає, а меншим - спадає, незалежно від форми та розмірів мікрооб’єктів. Сортування компонент проводиться за знаком зміни фази світлового пучка при їх проходженні. Для багатокомпонентних систем дослідження проводять з використанням декількох імерсійних середовищ.

Такий метод було реалізовано за допомогою приставки для оптичних мікроскопів (Попов А.Ю. та ін. //Збірник тез доповідей XI Міжнародній конференції “Приладобудування: стан і перспективи”, м. Київ, 2012, с. 201.), у якій використовується метод ESPI (Electronic Speckle Pattern Interferometry), що є близьким до методів цифрової (комп’ютерної) голографії.

Приклад. Дослідження гетерофазних мікрооб’єктів системи вуглець – залізо. А - мікрофотографія (20х30 мкм) мікрооб’єктів, що дисперговані у вазеліновому маслі, В - їх фазограма.

На фазограмі місця, де фаза об’єктної хвилі не змінюється (чисте вазелінове масло) позначені сірим кольором, де фаза зменшується - чорним (залізо), де фаза збільшується - білим (вуглець). Очевидно, що більшість частинок, що наявні у кадрі, є гетерофазними.



Ключові слова: спекл, інтерферометрія, фаза, цифрова голографія.

УДК 621.822:681.2:369.64

ПРИЧИНИ ПОЯВИ ДЕФЕКТІВ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ РОЛИКІВ КОНІЧНИХ РОЛИКОПІДШИПНИКІВ

*Заблоцький В.Ю., Лук'янчук Ю.А., Луцький національний технічний університет,
м. Луцьк, Україна*

Якість поверхні, що характеризується фізико-механічними властивостями поверхневого шару та її шорсткістю, визначає втомну міцність деталей. Підвищення точності форми і розмірів роликів, а також надання робочим поверхням необхідних властивостей, що підвищують опір зношенню і втомну міцність, є актуальним технологічним завданням.

В процесі виготовлення ролики проходять складний технологічний цикл. Він включає механообробні та термічні операції. Під час проведення ряду вище згаданих технологічних операцій можуть з'являтися дефекти поверхневого шару, які призводять до руйнування спряжених поверхонь і тим самим спричиняють виведенню з ладу цілого вузла. Таким чином дослідження причин появи дефектів на стадіях технологічного циклу виготовлення роликів є актуальною науково практичною задачею.

Поруч із механічними методами обробки роликів підшипників важливе місце займають термічні операції. Мета термообробки полягає в знятті внутрішніх напружень, в підвищенні міцності, твердості, пластичності і в'язкості металу. Під час проведення термічних операцій можуть з'являтися наступні дефекти: тріщини, деформація і викривлення, знеуглецювання, м'які плями і низька твердість. Вони є наслідком виникнення великих внутрішніх напружень. Тріщини виникають при неправильному нагріванні (перегріві) і великій швидкості охолодження в деталях, конструкція яких має різкі переходи поверхонь, грубі риски, що залишилися після механічної обробки, гострі кути, тонкі стінки тощо. Гартівні тріщини, зазвичай розташовані в кутах роликів, мають дугоподібний або звивистий вигляд. Деформація і викривлення деталей відбуваються в результаті нерівномірних структурних і пов'язаних з ними об'ємних перетворень, що обумовлюють виникнення внутрішніх напружень в металі при нагріванні і охолодженні. В ході проведення теоретичних та експериментальних досліджень проводився аналіз поверхневого шару конічних роликів роликів підшипників та вплив термічних операцій на формування експлуатаційних характеристик.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що дефекти у вигляді тріщин на робочих поверхнях роликів підшипників виникають в основному під час термічного оброблення, тому для забезпечення якості поверхневого шару робочих поверхонь деталей підшипників необхідно мати чіткі рекомендації щодо особливостей проведення термічних операцій.

Ключові слова: тріщина, припик, ролик, гартування, термічна обробка, якість, точність, неруйнівний контроль.

УДК 534.86

ОДНОЧАСНИЙ КОНТРОЛЬ ПОВЕРХНЕВИХ ДЕФЕКТІВ І ТОВЩИНИ НЕПРОВІДНОГО ПОКРИТТЯ ВИХРОСТРУМОВИМИ ДЕФЕКТОСКОПАМИ

*Маєвський С.М., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Розглянуто два способи розділення впливів на вихідний сигнал вихрострумowego дефектоскопу поверхневого дефекту контрольованого матеріалу та зазору (товщини фарби) між вимірювальним перетворювачем і цим матеріалом. Перший з них передбачає виділення інформативних сигналів впливу окремо дефекту і зазору шляхом компенсації неінформативної частини вихідного сигналу вимірювального вихрострумowego перетворювача. Компенсаційний сигнал формується на виході допоміжного перетворювача, електромагнітне поле якого взаємодіє з бездефектним зразком матеріалу аналогічного матеріалу об'єкту контролю.

Основними ознаками, за якими виконується розділення впливів дефекту ($P_{\text{деф.}}$) і зазору ($P_{\text{заз.}}$), є різниця фаз сигналів цих впливів у порівнянні з опорною фазою струму в котушці перетворювача. Визначення фази сигналу впливу дефекту - $\varphi_{\text{деф.}}$ та фази сигналу впливу зазору - $\varphi_{\text{заз.}}$ виконується з допомогою еталонних зразків матеріалу з імітаторами дефекту і зазору.

Остаточне розділення інформації про згадані впливи виконується шляхом фазового детектування підсиленого вихідного сигналу вимірювального перетворювача з допомогою двох фазових детекторів відносно сигналів синфазного і квадратурного за фазами вектору струму у котушці вихрострумowego перетворювача. При цьому вихідним постійним напругам фазових детекторів U_1 і U_2 відповідають наступні лінійні рівняння:

$$U_1 = P_{\text{деф.}} \cos \varphi_{\text{деф.}} + P_{\text{заз.}} \cos \varphi_{\text{заз.}}$$

$$U_2 = P_{\text{деф.}} \sin \varphi_{\text{деф.}} + P_{\text{заз.}} \sin \varphi_{\text{заз.}}$$

Другий спосіб роздільного вимірювання впливів дефекту і зазору передбачає включення робочого і ідентичного йому допоміжного перетворювачів до складу двох однакових за параметрами паралельних резонансних контурів. При цьому допоміжний перетворювач використовується без взаємодії своїм електромагнітним полем з провідним матеріалом. Робоча частота задаючого генератору відповідає частоті пересічення амплітудно-частотних характеристик обох резонансних контурів.

Дефект на відміну від зазору мало впливає на зменшення внесеного вихровими струмами активного опору котушки вихрострумowego перетворювача. Це приводить до різного знаку приросту напруги на перетворювачі при існуванні впливу дефекту і зазору.

Ключові слова: неруйнівний контроль, вихрострумований контроль.

УДК 620.179.141

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ ТРУБ В ПРОЦЕССЕ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

Мирошников В.В., Хао Кайюй, Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, г. Луганск, Украина

Контроль сварных и цельнокатаных труб в процессе их производства вихретоковым дефектоскопом с проходным преобразователем выявляет достаточно большое число структурных неоднородностей металла (дефектов). Характер и параметры выявляемых дефектов не оценивается, что ведет к увеличению процента брака. При анализе выявленных дефектов установлено, что подавляющее большинство этих дефектов имеют размеры меньше, чем устанавливает Евростандарт EN 10246–3. Выявляемых дефектов в соответствии с Евростандартом достаточно мало, поэтому важно найти соотношение, позволяющее привести выявленный дефект к норме Евростандарта.

В качестве переводного коэффициента будем использовать отношение объема вынутого металла нормируемого дефекта к объему обнаруженного дефекта. Для идентификации дефектов проведем модернизацию проходного вихретокового преобразователя. Заменяем две дифференциальные обмотки на группу, состоящую из шести дифференциально включенных обмоток. При этом каждая группа обмоток располагается на разном расстоянии от поверхности контролируемой трубы.

Расчет сигнала на дефект проводим, исходя из условия, что наличие дефекта равносильно уменьшению наружного диаметра трубы на величину вынутого объема металла. Математическая модель строится на базе уравнения Максвелла для цилиндрического объекта, которое преобразуется в конечно-разностную систему уравнений:

$$\frac{\Delta E}{\Delta \rho} = -\sqrt{\frac{\mu_d}{\omega \cdot \sigma}} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t} \cdot \frac{E}{R_\delta - \rho},$$
$$\frac{\Delta H}{\Delta t} = -\sqrt{\frac{\sigma}{\omega \cdot \mu_d}} \cdot E,$$

где $\Delta \rho$, ρ – безразмерные величины, выражающие изменение радиуса; $\delta = (\omega \cdot \mu_d \cdot \sigma)^{-0.5}$; $\Delta r = \Delta \rho \cdot \delta$; $r = R - \rho \cdot \delta$; $R_\delta = R/\delta$; R – внешний радиус трубы; r – текущий радиус.

Разработанный алгоритм расчета отражает понятный физический принцип вихретокового контроля, что привело к хорошему совпадению экспериментальных и численно найденных значений.

Ключевые слова: вихретоковый контроль, проходной датчик, дефект, объект контроля, параметр дефекта.

УДК 620.179

РАБОТА НАКЛАДНОГО ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С УЧЕТОМ ВНЕШНЕГО ПОДМАГНИЧИВАНИЯ

*Мирошников В.В., Торопов А.С., Восточноукраинский национальный университет имени
Владимира Даля, г. Луганск, Украина*

Контролируемая зона сварного шва электросварной трубы имеет неоднородную структуру и, прежде всего, распределение магнитной проницаемости. Различие магнитной проницаемости сварного шва и пришовной области достигает 30 – 40 %, что существенно влияет на результат контроля при использовании накладного вихретокового преобразователя.

Эффективность работы накладного вихретокового преобразователя существенным образом зависит от соотношения между переменным полем возбуждения и постоянным подмагничивающим полем. Эти поля по величине должны быть такими, чтобы в выходном сигнале датчика содержались все высшие гармонические составляющие. Кроме того, чтобы существенно снизить уровень помех от магнитной неоднородности области сварного шва, необходимо довести до определенной величины магнитную проницаемость с помощью подмагничивающего поля. Ранее считалось, что контролируемая зона должна доводиться магнитным полем до насыщения. Однако, как показывают расчеты, и это подтверждается экспериментом, наилучшая чувствительность накладного вихретокового преобразователя достигается при величине магнитной проницаемости порядка 30 – 40. Несмотря на высокую частоту поля возбуждения от 20 до 100 кГц, величина выходного сигнала преобразователя зависит от толщины стенки контролируемой трубы и величины поля подмагничивания.

Для учета влияния этих факторов на величину выходного сигнала преобразователя получена аналитическая зависимость, связывающая намагничивающее поле, магнитные свойства металла, амплитуду и частоту поля возбуждения. В общем виде выражение имеет вид:

$$E = -W_2 S_2 \frac{dB}{dH_p} \cdot \frac{dH_p}{dt},$$

где H_p – результирующее постоянное и переменное магнитные поля в контролируемой среде; $B = \frac{2}{\pi} B_{\max} \arctg(H_p \pm H_c)$ – функция аппроксимации магнитных свойств контролируемой среды; W_2, S_2 – число витков и площадь поперечного сечения измерительной обмотки.

Ключевые слова: накладной вихретоковый преобразователь, коэрцитивная сила, подмагничивание, поле возбуждения, магнитная проницаемость.

УДК 504.064.38+504.064.36:574+681.2

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКУ В ПРОСТОРІ НА ТОЧКОВІ ДЖЕРЕЛА ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ

*Білик З.В., Григор'єв О.М., Сакун О.В., Марущенко В.В.,
Факультет військової підготовки Національного технічного університету «Харківський
політехнічний інститут», м. Харків, Україна*

Розроблений та виготовлений діючий макет пристрою для визначення напрямку в просторі на джерело гамма-випромінювання (рис. 1).

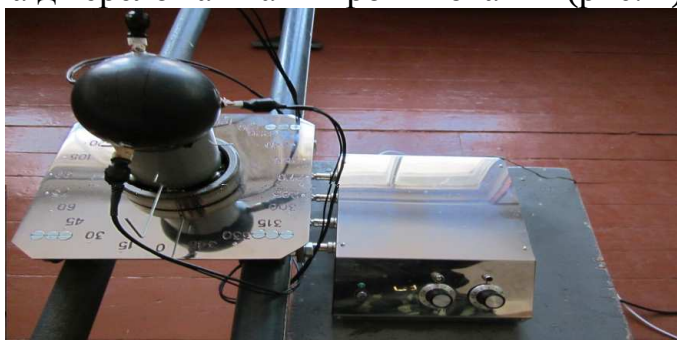


Рис. 1. Макет пристрою для визначення напрямку в просторі на джерело гамма-випромінювання.

Пропонується використовувати систему з чотирьох напівпровідникових детекторів іонізуючих випромінювань, які розміщені в поглиначі на глибині 10 міліметрів, в кулі із сталі діаметром 10 см. В поглиначі детектори розташовані у вершинах піраміди, в основі якої лежить правильний трикутник. Точність вимірювання напрямку залежить від точності вимірювання рівнів сигналів і градієнта зміни товщини поглинача залежно від кута між джерелом і заданою координатою.

В експерименті використовували телурид-кадмієві детектори розміром 5×5×3 мм з підсилювачами розміром 8×10 мм. Для реєстрації кількості імпульсів з детекторів розробили та виготовили аналізатори імпульсів. При проведенні експериментів використовували джерело гамма-випромінювання цезій-137 активністю $1,28 \times 10^{11}$ бекерель на відстані 3 метра від геометричного центру шару.

Експериментальна перевірка методу, проведена на діючому макеті, показала, що вимірювання кількості гамма-квантів блоком детектування та відношення щільності потоку фотонів, що реєструються детекторами, один до одного дозволяє однозначно встановлювати напрямок на джерело гамма-випромінювання з похибкою вимірювання кількості гамма-квантів, яка визначалась статистичним розкидом в межах 1 %.

У перспективі існує можливість визначати відстань та потужність імпульсного джерела гамма- та нейтронного випромінювання (ядерний вибух) та визначати тип вибуху – ядерний або термоядерний по відношенню кількості гамма-квантів до нейтронів.

Ключові слова: напрямок, джерело, гамма-випромінювання, простор.

УДК 534.08

ЗАСТОСОВУВАННЯ ПОВНОГО ФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ПРИ АКУСТИЧНОМУ НЕЛІНІЙНОМУ КОНТРОЛІ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Лісовець С. М., Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ, Україна

Відомо, що при розповсюдженні крізь структурно-неоднорідні полікристалічні матеріали пружних хвиль спостерігаються нелінійні акустичні ефекти, зокрема, зміна коефіцієнта затухання $\Delta K/K$ та зміна фазової швидкості $\Delta c/c$. Також відомо, що $\Delta K/K$ та $\Delta c/c$ залежать не тільки від властивостей безпосередньо полікристалічних матеріалів, наприклад, від межі міцності при розриві σ_B , але і від інших факторів, зокрема від температури навколишнього середовища T , амплітуди пружної хвилі ϵ_0 , частоти пружної хвилі f та деяких інших. Постановка завдання полягала в побудові моделі повного факторного експерименту, в якому б цільова функція представляла собою $y_{\Delta K/K}$ або $y_{\Delta c/c}$, а вхідними факторами були б відповідно σ_B , T , ϵ_0 та f . Тому була запропонована модель повного факторного експерименту в вигляді

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{14}x_1x_4 + a_{23}x_2x_3 + a_{24}x_2x_4 + a_{34}x_3x_4 + a_{123}x_1x_2x_3 + a_{124}x_1x_2x_4 + a_{134}x_1x_3x_4 + a_{234}x_2x_3x_4 + a_{1234}x_1x_2x_3x_4.$$

Для пошуку коефіцієнтів a_i моделі виконувався пошук мінімуму цільової функції Φ методом найменших квадратів:

$$\Phi = \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2 \rightarrow \min.$$

При побудові моделі застосовувалося рівномірне дублювання дослідів в кількості $n=3$, а однорідність ряду дисперсій S_u перевірялася за критерієм Кохрена $G^{\text{розн}}$, порівнюючи його із табличним значенням $G^{\text{табл}}$. Значимість коефіцієнтів моделі визначалася шляхом порівняння абсолютної величини коефіцієнтів a_i з їх довірчим інтервалом Δa_i в вигляді $|a_i| \geq \Delta a_i$, і при виконанні цієї умови коефіцієнти a_i визнавалися статистично значимими. Адекватність моделі перевірялася за допомогою критерію Фішера $F^{\text{розн}}$, також порівнюючи його із табличним значенням $F^{\text{табл}}$. В результаті застосування повного факторного експерименту було побудовано два факторних плани $y_{\Delta K/K}$ або $y_{\Delta c/c}$ для мідно-цинкового сплаву ЛС63-3 ГОСТ 15527-2004, які дозволяють оцінювати міцність при розриві σ_B конструкцій з такого сплаву в доволі широкому діапазоні температур та частот.

Ключові слова: структурно-неоднорідний полікристалічний матеріал, факторний експеримент, коефіцієнти моделі, критерій Кохрена, критерій Фішера.

УДК 534.213.4:534.22.094.1

ВПЛИВ ДИНАМІЧНОГО САМОРАЗМАГНІЧУВАННЯ НА РЕЗУЛЬТАТ АКУСТО-ЕМІСІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТРУБ ЕЛЕКТРОМАГНІТНО-АКУСТИЧНИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ

Карпуть В.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Моніторинг шумів акустичної емісії (АЕ) дає можливість отримати інформацію про технічний стан промислових та транспортних конструкцій. П'єзоелектричні перетворювачі, що використовуються у більшості випадків, мають загально визнаний недолік – необхідно забезпечувати постійний щільний контакт між перетворювачем та об'єктом. Використання електромагнітного-електроакустичного перетворювача дозволяє позбутися цієї проблеми. Рівень сигналу на виході такого перетворювача залежить від амплітудних значень динамічної намагніченості, яка утворюється в механічно деформованих металах в присутності постійного поля підмагнічування.

У роботі виконано розрахунок динамічної намагніченості труби з урахування динамічного саморозмагнічування. Також, спираючись на інтегруючу дію перетворювача, було отримано інтегральний коефіцієнт динамічного саморозмагнічування, який узагальнює вплив цього явища. Було встановлено, що на частотах понад 2кГц цей коефіцієнт майже не змінюється ані при зміні товщини стінки, ані частоти пружних коливань, і за його рахунок рівень сигналу на виході перетворювача суттєво зменшується оскільки намагніченість зменшується більш ніж в 30 разів. На нижчих частотах зменшення товщини стінки призводить до зменшення та майже повного зникнення впливу динамічного саморозмагнічування на результат на виході перетворювача (Рис.1).

Ключові слова: акустична емісія, електромагнітно-акустичний перетворювач, динамічне само розмагнічування, труба.

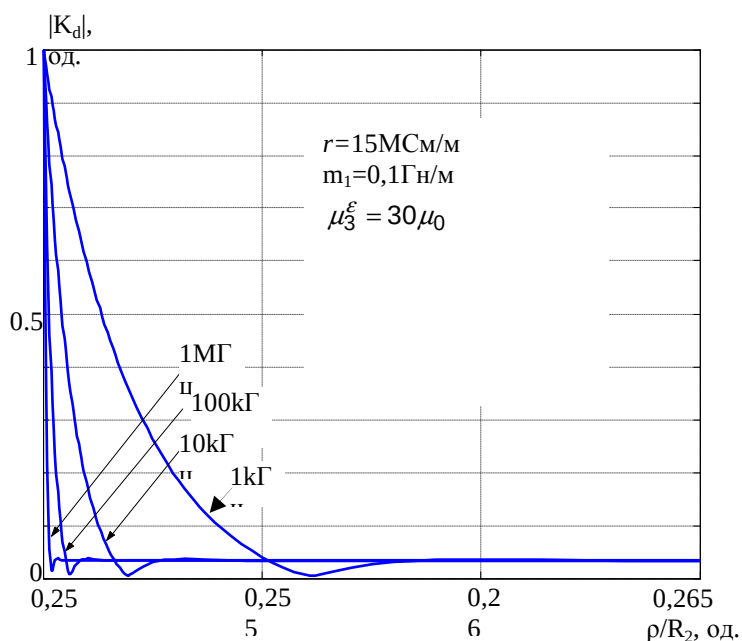


Рис.1 Коефіцієнт динамічного саморозмагнічування, що вказує на розподіл намагніченості у об'ємі труби залежно від частоти та відносної товщини стінки, що становить $0,75R_2$ (R_2 – зовнішній радіус труби ρ – поточний радіус)

УДК 534.13-8:534.232.082.744

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТРАКТА С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ И ПРИЕМОМ РАДИАЛЬНО РАСПРОСТРАНЯЮЩИХСЯ ВОЛН РЭЛЕЯ В ФЕРРОМАГНЕТИКАХ

Романюк М. И., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

Предлагается методика расчета частотных искажений ультразвукового тракта неразрушающего контроля поверхности листового металлопроката, в котором реализуется электромагнитный способ возбуждения и приема осесимметричных, радиально распространяющихся, поверхностных волн Рэлея.

Надежное определение спектральных искажений, которые вносятся самим преобразователем, т.е. ультразвуковым трактом, в режиме излучения и приема ультразвуковых волн позволяет исключить их из результатов наблюдений и тем самым повысить достоверность результатов неразрушающего контроля промышленных изделий.

Впервые построена и обоснована замкнутая математическая модель ультразвукового тракта с электромагнитным возбуждением и приемом радиально распространяющихся волн Рэлея.

Выполнены расчеты волновых, частотных и импульсных передаточных характеристик ультразвукового тракта. Показано влияние радиальных размеров укладки кольцевой катушки, а также влияние величины неконтакта на эффективность возбуждения ультразвуковых волн на разных частотах. Даны рекомендации по разработке конструкции преобразователя электромагнитного типа.

Показано, что с помощью радиоимпульса с изменяющейся частотой заполнения можно определить изменение амплитудно-частотной характеристики ультразвукового тракта в широком диапазоне частот. Дана оценка длительности процесса регистрации до момента прохода цилиндрического фронта волны Рэлея через центр индуктора, что позволит более достоверно определять координаты места нахождения дефекта.

Совокупность полученных результатов составляет теоретическую основу методик экспериментального исследования передаточных характеристик ультразвуковых трактов с электромагнитным возбуждением и приемом волн Рэлея, радиально распространяющихся в стальном металлопрокате. Математическое моделирование процессов излучения и приема ультразвуковых волн дает понимание о роли измерительного прибора в формировании результатов измерения.

Ключевые слова: ультразвуковой тракт, электромагнитно-акустический преобразователь, волны Рэлея, передаточная характеристика.

УДК 620.179.14

КЛЕТОЧНО-АВТОМАТНЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ МАГНИТНОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ В СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ПОСТАНОВКЕ

Гальченко В.Я., Дудченко И.А., ГЗ «Луганский государственный медицинский университет», г. Луганск, Украина

Решение задач дефектометрии в современном магнитном контроле предполагает решение задач математической физики в обратной постановке, причем в общем случае оно проводится с использованием численных методов. Получившие широкое применение методы подгонки по теоретическим моделям дефектов сплошности, а также методы, основанные на теории распознавания образов, не решают задачу в целом. Первые из них требуют либо набора теоретических моделей дефектов сплошности, ориентированных на различную форму дефектов, что принципиально невозможно в силу их разнообразия, либо требуют разработки теоретической универсальной модели дефекта сплошности, что приводит к потере информации о дефекте из-за игнорирования специфики его формы и размеров. Вторые, в свою очередь, требуют наличия обширной библиотеки образов дефектов, что, в силу их разнообразия, реализовать практически невозможно, за исключением простейших случаев. Желательной является разработка такого метода, который был бы свободен от указанных недостатков.

Представляется перспективным для решения задач данного класса метод, который рассматривает решение задач магнитной дефектометрии как задачи оптимального структурно-параметрического синтеза ферромагнитного объекта контроля с дефектом сплошности в соответствии с методологией, изложенной в [1-3]. В рамках этого метода необходимо определить структуру ферромагнетика с учетом наличия в нем полости дефекта сплошности, размеры дефекта сплошности в условиях выбранной структуры, обеспечивающие минимальное расхождение с распределением магнитного поля, измеренным в зоне контроля над анализируемым объектом. Иными словами, решается задача оптимального синтеза источника магнитного поля с ферромагнитными элементами конструкции, реализующего заданное распределение поля в контрольной области, конфигурация которого определена измерениями при выполнении контроля.

В отличие от метода подгонки по теоретической модели дефекта в этом методе форма дефекта сплошности априори неизвестна, и задача как раз и состоит в её определении средствами структурно-параметрической оптимизации.

Известный факт возможной неоднозначности полученного решения, обеспечивающего измеренное вблизи объекта с дефектом распределение поля, может быть практически устранен путем введения в условие задачи дополнительной информации о распределении поля. В соответствии с этим подходом зона контроля может представлять собой либо набор точек на плоскости, в которых производится

измерение, либо совокупность подобных точек в контрольном объеме. Возможными являются также поверочные расчеты, выполненные на основе данных сканирования придефектного пространства контрольной плоскостью или контрольным объемом, причем область сканирования при этом может оставаться незначительной.

Особенно удобным для реализации данной технологии является клеточно-автоматный метод. Он может использоваться в двухмерном варианте при решении задач, где объекты контроля обладают свойством аксиальной симметрии, но в достаточно ограниченном виде при выполнении этого же условия применительно к поверхности дефекта. В общем случае, использование его трехмерного варианта является наиболее эффективным в применении к объектам с произвольной пространственной конфигурацией. Глобальные правила, используемые для управления клеточным автоматом, настроены на выполнение требований по минимизации расхождений в распределении измеряемого поля с формируемым данной структурой ферромагнетика распределением. Локальные правила управляют формированием вариантов структуры ферромагнетика.

Высокое быстродействие вычислений при реализации метода может быть обеспечено распараллеливанием процессов, что без проблем допускают клеточно-автоматные технологии. Как вариант подобного подхода может рассматриваться реализация метода на графических процессорах NVIDIA с использованием технологии CUDA.

Следует отметить, что решение задачи максимально приближено к реальным условиям в результате учета нелинейных свойств ферромагнетика в соответствии с методологией, представленной в [4].

Ключевые слова: обратные задачи, дефектометрия, структурно-параметрическая оптимизация, клеточные автоматы, дефект сплошности.

Литература

1. Гальченко В.Я. / Решение обратной задачи создания однородного магнитного поля в коэрцитиметрах с частично замкнутой магнитной системой / В.Я. Гальченко, А.Н. Якимов, Д.Л. Остапущенко // Дефектоскопия. – 2011. – №5. – С. 3-18.
2. Гальченко В.Я. / Многокритериальный синтез аксиально-симметричных магнитных систем с ферромагнитными элементами и заданной конфигурацией магнитного поля / В.Я. Гальченко, А.Н. Якимов, Д.Л. Остапущенко // Электричество. – 2012. – №4. – С. 40-54.
3. Гальченко В.Я. / Метод Парето-оптимального параметрического синтеза аксиально-симметричных магнитных систем с учетом нелинейных магнитных свойств ферромагнетика / В.Я. Гальченко, А.Н. Якимов, Д.Л. Остапущенко // Журнал технической физики. – 2012. – №7. – С. 1-7.
4. Гальченко В.Я. / Математическое моделирование процессов намагничивания ферромагнитных объектов контроля с произвольной геометрией в полях заданной пространственной конфигурации / В.Я. Гальченко, Д.Л. Остапущенко, М.А. Воробьев // Дефектоскопия. – 2008. – № 9. – С. 3-18.

УДК 629.735.083.02/.03.004.58

РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

¹⁾Редько О.О., ²⁾Павленко Ж.О., ²⁾Роєнко К.С.,

¹⁾Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна; ²⁾ Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Завдяки підвищеній міцності при невеликій масі композиційні матеріали (КМ) знайшли широке застосування в таких галузях виробництва як авіабудування, машинобудування, ракетобудування, приладобудування. При проведенні неруйнівного контролю (НК) виробів із КМ найбільш широко застосовуються низькочастотні акустичні методи, зокрема метод низькошвидкісного удару. Наявність дефекту у виробі при контролі згаданим методом може призвести до зміни одночасно декількох параметрів інформаційного сигналу – імпульсу ударної взаємодії (ІУВ).

Статистична обробка результатів НК складається з декількох етапів: визначення інформаційних параметрів ІУВ, розрахунок діагностичних ознак (ДО), їх статистичних характеристик, перевірка на нормальність закону розподілу вибірок ДО, розрахунок регресійних залежностей ДО від розміру дефекту або ступеня пошкодження зони об'єкту контролю (ОК).

Мінливість фізико-механічних характеристик поверхні ОК та наявність похибок вимірювання ІУВ, призводить до розсіювання значень ДО, які мають невелику вагу із-за чого їх неможливо видалити з вибірки. Як правило ці похибки розподілені не за нормальним законом, а так як в МНК при отриманні оцінок параметрів кожне спостереження має однакову вагу, залишки впливають на коефіцієнти регресії. Тому має сенс використовувати робастні методи, які дозволяють зменшувати вагу тих спостережень, які дають велику похибку. В даній роботі пропонується застосовувати процедуру М-оцінювання Хьюбера для визначення коефіцієнтів рівняння регресії. Підставивши в якості аргументу в отримане рівняння відповідні значення ДО, стає можливим не тільки прийняття рішення про дефектність ОК, а й визначення ступеня дефектності зони контролю.

Функціональна залежність між ДО та величиною, що описує дефект може бути не лише лінійною. Але стійкі оцінки Хьюбера використовують лише при побудові лінійних залежностей вхідних та вихідних величин з розподілом похибок відмінних від нормального, тому попередньо повинні застосовуватись методи лінеаризації.

Запропоновано вдосконалений ітераційним алгоритм, в якому вирішено проблему оптимального розрахунку вагових функцій, вибору констант налаштування алгоритму: точки зламу a , масштабного множника s та параметру правила зупинки ітераційної процедури d .

На основі викладеного підходу розроблено програмний модуль обробки даних в середовищі NI LabVIEW, що дозволяє збільшити функціональні можливості

інформаційно-діагностичних систем при контролі виробів з КМ.

Ключові слова: LabVIEW, неруйнівний контроль, регресійний аналіз.

УДК 621.391.83:004.94(045)

ФАЗОВИЙ СПОСІБ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ТОВЩИНОМЕТРІЇ

¹Куц Ю.В., ²Олійник Ю.А., ³Цапенко В.К., ¹Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна; ²НДТ Системз енд Сервісез, м. Київ, Україна; ³Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» м. Київ, Україна

Однією з традиційних задач ультразвукового неруйнівного контролю є задача визначення товщини об'єктів та виробів, стінок балонів які працюють під високим тиском, ємностей для зберігання агресивних рідин тощо.

Луно-імпульсний метод ультразвукової товщинометрії передбачає визначення затримки τ необхідної на поширення ультразвукового зонduючого радіоімпульсного сигналу через досліджуваний об'єкт контролю (ОК). За умови відомої швидкості c поширення ультразвукової хвилі в двох напрямках між поверхнею та дном ОК затримка τ однозначно пов'язана з товщиною h ОК.

Як правило, значення τ оцінюють за часовим положенням обвідних зонduючого і донного або двох донних ультразвукових сигналів, які визначаються за допомогою амплітудних детекторів.

Інший підхід до вимірювання τ полягає у використанні зонduючих сигналів з модифікованими характеристиками (фазовими чи амплітудними), які стрибкоподібно змінюють свої значення внаслідок маніпуляції. Реалізація такого підходу в ультразвуковій товщинометрії (УЗТ) авторам невідома.

Метою доповіді є дослідження можливості використання в ультразвуковій товщинометрії фазоманіпульованих сигналів для прецизійного визначення часу затримки сигналів за їх фазовими характеристиками.

У доповіді розглянуто фазовий спосіб ультразвукової товщинометрії, який ґрунтується на використанні модифікованого за допомогою фазової маніпуляції зонduючого сигналу та подальшому аналізі фазових характеристик зонduючого та відбитого сигналів.

Авторами розглянута задача вимірювання часу затримки фазоманіпульованого сигналу в електроакустичному тракті (ЕАТ) УЗТ луно-імпульсним методом за умови одностороннього доступу до ОК та застосування суміщеного п'єзоелектричного перетворювача.

Приведені результати модельних та експериментальних досліджень поширення фазоманіпульованого сигналу в ЕАТ УЗТ та процесу визначення часу затримки сигналу за його фазовою характеристикою з оцінкою похибок вимірювання τ запропонованим способом.

Показана структура експериментальної установки, наведено методику експериментальних досліджень та отримані результати.

Зроблені висновки щодо можливостей застосування запропонованого способу визначення затримок для прецизійного вимірювання швидкості поширення в матеріалах ультразвукових коливань.

Ключові слова: ультразвукова товщинометрія, вимірювання часу затримки сигналу, фазова маніпуляція, фазові характеристики сигналів.

УДК 620.179.16

СТЕНД ДЛЯ КОНТРОЛЯ СТАНУ ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ РУХОМОГО СКЛАДУ ПІД ЧАС РУХУ

*Махортова Н.В., Вівденко Ю.Г., Східноукраїнський національний університет ім.
Володимира Даля, м. Луганськ, Україна*

Зростання швидкостей руху поїздів, підвищення навантаження на вісь, подовження строків між плановими оглядами, скорочення числа лінійних пунктів обслуговування - все це обумовлює необхідність контролю стану рухомого складу технічними засобами та спрямовано на підвищення безпеки перевезень. Особливого значення набуває збір інформації про стан ходової частини залізничного транспорту під час руху, а саме про стан буксових вузлів.

Контроль стану буксових вузлів бажано проводити не в депо або на залізничних станціях, а безпосередньо, у процесі експлуатації. Діагностика під час руху дозволить оперативно аналізувати технічний стан букс.

Отже, створення для збору й фіксації інформації про стан буксових вузлів залізничного транспорту під час руху є актуальним. Для вирішення цієї задачі створено стенд і проведено експеримент. Стенд складається з двох частин.

Перша – це катковий стенд, який складається з двох рам: нижньої опорної та верхньої, що навантажується. На нижню раму встановлено каток, який опирається на підшипникові вузли ідентичні конструкції буксового вузла локомотива. Верхня рама містить жорстко закріплений на неї електродвигун, на вал якого насаджений ролик. В свою чергу ролик опирається на каток і через точку контакту передає вертикальне та тангенціальне зусилля від верхньої рами. Конструкція стенду дозволяє моделювати умови зчеплення у контакті колеса з рейкою і моделювати різні режими роботи підшипникового вузла.

Друга частина стенду – це візок, який рухається по напрямним розташованим на певній відстані від стенду. Рух візка задається через систему приводів за допомогою електродвигуна постійного струму. На візку розміщені ноутбук до якого підключена збірка спрямованих мікрофонів. Для аналізу віброакустичних коливань використовувався шумомір малогабаритний ШМ-І, що складається з вимірювального приладу ПВ-14 і капсуля мікрофонного конденсаторного М-101 призначений для вимірювання звуку.

Стендове обладнання працює наступним чином.

На рознімання електродвигуна постійного струму подається напруга. Залежно від розміру напруги визначається швидкість обертання катка. При необхідності можна задавати різне навантаження на ролик. Стенд розташований таким чином, що підшипниковий вузол знаходиться з боку вимірювального візка. Конструкція підшипникового вузла дозволяє проводити заміну підшипників з метою проведення різних серій експерименту. На певній відстані від каткового стенду розміщений візок з вимірювальною апаратурою. Його пересування відносно каткового стенду здійснюється по напрямних через систему блоків за допомогою електродвигуна постійного струму.

Лінійна швидкість пересування візка відповідає швидкості обертання ролика колісного стенду. Для проведення експерименту ставимо візок у початок шляху, таруємо швидкість обертання двигуна та переміщення візка; вмикаємо обладнання (комп'ютер, направлені мікрофони); задаємо рух і проводимо вимірювання.

Інформаційні сигнали із збірки спрямованих мікрофонів фіксуються у пам'яті комп'ютера і обробляються за допомогою програмного забезпечення.

Отримана і оброблена інформація використовувалась нами для аналізу стану підшипникового вузла.

Висновки:

1. Експеримент показав, що швидкість руху, яка рекомендується при діагностуванні складає 5-10 м/сек..
2. Віброакустичний аналіз дефектного і справного підшипника дозволяє визначити дефектний вузол.
3. Запропонована нами система діагностування дозволяє визначити несправності підшипникових вузлів на ранніх стадіях і з меншими витратами.

Ключові слова: буксовий вузол, підшипник, збірка спрямованих мікрофонів, шумомір, віброакустичний аналіз, інформаційні сигнали, віброакустичні коливання, діагностична система.

УДК 534.13-8:534.232.082.744

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА АМПЛИТУД СМЕЩЕНИЙ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ ВО ФРОНТЕ РАДИАЛЬНО РАСПРОСТРАНЯЮЩИХСЯ ВОЛН РЭЛЕЯ

¹Горбашова А.Г., ¹Петрищев О.Н., ²Сучков Г.М.,

¹Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г.Киев, Украина; ²Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

Повышение достоверности результатов дефектологических исследований поверхности листового металлопроката достигается путем применения специальных алгоритмов обработки сигналов, которые формируются на

электрическом выходе приемника ультразвуковых волн. Дальнейшее совершенствование алгоритмов обработки сигналов ультразвуковой дефектоскопии предполагает ясное и четкое и, что, пожалуй, самое главное, физически содержательное количественное описание параметров и характеристик процессов возбуждения, распространения, отражения от дефектов и приема ультразвуковых волн, которые используются в процедуре неразрушающего контроля изделия.

В представленной работе дана адекватная реальной ситуации количественная оценка амплитуд смещений материальных частиц во фронте радиально распространяющейся поверхностной волны Рэлея.

Помимо пондеромоторных сил или сил Лоренца переменное магнитное поле кольцевого индуктора в объеме намагниченного не до насыщения ферромагнетика создает деформации, которые обусловлены взаимодействием магнитных доменов, т. е. прямым магнитострикционным эффектом или эффектом Джоуля. В работе выполнен сравнительный анализ механизмов образования выше описанных деформаций в ферромагнитных металлах при электромагнитном возбуждении поверхностных волн Рэлея и показано, что силы Лоренца (вихретоковый механизм) на три порядка меньше сил Джоуля (магнитострикционный механизм) и, следовательно, их можно не учитывать при выполнении количественных оценок амплитудных значений возбуждаемых волн.

Дано объяснение экспериментально наблюдаемому факту влияния геометрических параметров индуктора на эффективность возбуждения ультразвуковых волн на заданной частоте. Доказано, что спектр электрического сигнала на входе излучателя ультразвуковых волн должен быть согласован с его геометрическими параметрами.

Ключевые слова: поверхностные волны Рэлея, толщинометрия, дефектология, электромагнитно-акустический преобразователь, передаточная характеристика.

УДК 620.179.14

РОЗВИТОК ІМПУЛЬСНОГО ВИХРОСТРУМОВОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Куц Ю.В., Лисенко Ю.Ю., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Головною ознакою імпульсного вихрострумowego неруйнівного контролю (ІВСНК) є використання імпульсних сигналів для збудження вихрових струмів у об'єкті контролю (ОК) та аналіз параметрів і характеристик відгуку вихрострумowego перетворювача (ВСП) на збуджуючий сигнал. У порівнянні з методами збудження вихрових струмів неперервними гармонічними коливаннями методи ІВСНК є більш інформативними, але фізична

інтерпретація отримуваних даних та їх зв'язок з характеристиками і параметрами ОК потребують додаткових досліджень, вивчення та аналізу.

Перші спроби використання ІВСНК базувалися на аналізі спектра частот сигналів ВСП та часового положення характерних точок цих сигналів. Наприклад, в задачах контролю металевих пластин запропоновано представляти сигнали ІВСНК двома складовими. Перша складова обумовлена відбиттям електромагнітного поля від границі розділу двох середовищ – повітря та металу, містить інформацію про стан поверхні ОК та зазор між ВСП та ОК. Друга складова обумовлена границею розділу метал-метал та залежала від товщини ОК та електропровідності його матеріалу.

В доповіді розглянуто застосування ІВСНК для двопараметрового контролю ОК циліндричних форми, а саме оцінки діаметру та електропровідності. Прохідний трансформаторний ВСП збуджувався імпульсним сигналом. При цьому, вихідний сигнал ВСП, як реакція на фронти збуджуючого сигналу, являв собою загасаючі коливання типу:

$$u_{\text{всп}}(t, D, \gamma) = U_m e^{-\alpha(D, \gamma)t} \cdot \cos 2\pi f(D, \gamma)t + U_{\text{ш}}(t), \quad t \in (t_1, t_2),$$

де U_m – амплітудне значення сигналу, $\alpha(D, \gamma)$ – декремент сигналу, $f(D, \gamma)$ – частота коливань сигналу, t – поточний час, (t_1, t_2) – інтервал часу аналізу, $U_{\text{ш}}(t)$ – шумова складова сигналу. В роботі проаналізовано зв'язок таких параметрів ОК як діаметр та електропровідність матеріалу з частотою та декрементом внесеного сигналу ВСП. Встановлено, що частота внесеного сигналу ВСП залежить від діаметру ОК лінійно, але практично не залежить від електропровідності матеріалу ОК. Також виявлено, що декремент внесеного сигналу ВСП для різної електропровідності матеріалу ОК суттєво відрізняється, що дає змогу проводити сортування зразків за цим параметром. При оцінці діаметру ОК даним методом відносна похибка не перевищувала 0,3%.

Наведено методику проведення експерименту, результати опрацювання, аналіз показників точності оцінки параметрів ОК. Отримані результати можуть бути використані для розробки нових систем ВСНК.

Ключові слова: імпульсний вихрострумний контроль, імпульсний режим збудження, декремент, частота.

УДК 681.2.08

ПРИСТРІЙ ЕКСПРЕС-КОНТРОЛЮ ЗМОЧУВАНOSTІ РІДИНАМИ ТВЕРДИХ ПОВЕРХОНЬ ЄМНІСНИМ МЕТОДОМ

¹Чуйко М.М., ¹Витвицька Л.А., ²Витвицький З.Я.,

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу м. Івано-Франківськ, Україна; ²Івано-Франківський національний медичний університет, м. Івано-Франківськ, Україна

Перебіг багатьох технологічних та біологічних процесів пов'язаний із

змочуванням рідиною. Тому контроль ступеня змочування необхідний і при капілярній дефектоскопії, і при визначенні властивостей лакофарбових покриттів, і при підборі матеріалів для штучних кровоносних судин і т. д.

Задачу даного контролю запропоновано вирішити шляхом застосування ємнісного методу, який базується на використанні залежності зміни ємності конденсатора внаслідок зміни загальної діелектричної проникності середовища між обкладками конденсатора, яка змінюється в процесі змочування рідиною досліджуваної твердої поверхні. Швидкість розтікання рідини, яка залежить від стану твердої поверхні, від густини та в'язкості рідини, від крайового кута змочування визначає швидкість зміни ємності конденсатора. Саме за цим параметром і можна проводити комплексну оцінку якості системи рідина-тверде тіло. У розробленому пристрої, який реалізує даний метод, між обкладки конденсатора поміщається зразок матеріалу з досліджуваною поверхнею. Через отвір у верхній обкладці конденсатора на досліджуване тіло за допомогою шприца дозовано наноситься спочатку певний об'єм еталонної рідини, наприклад, дистильованої води, для отримання порівняльної кривої зміни ємності в часі. Після видалення еталонної рідини з досліджуваної поверхні остання просушується для нанесення на неї досліджуваного рідини. Визначається крива зміни в часі ємності конденсатора з досліджуваною рідиною. На основі порівняння кривизни та розкиду значень динамічної ємності визначається комплексний параметр для оцінки якості рідини та стану поверхні твердого тіла.

Даний метод контролю можна використовувати як для «гладких», так і для пористих твердих тіл. В першому випадку ємність змінюватиметься внаслідок зміни форми краплі рідини, що відбуватиметься за рахунок її змочуваності і розтікання по поверхні, а в другому – внаслідок інтенсивності проникання в товщину тіла, на яку впливатиме окрім попередньо зазначених величин і пористість даного досліджуваного зразка. Також даний пристрій дозволяє досліджувати як діелектричні тверді тіла, так і провідники. В другому випадку роль нижньої обкладки відіграватиме поверхня цього досліджуваного зразка.

Ключові слова: якість, змочуваність, рідина, шорсткість поверхні контролю, динамічна ємність конденсатора.

УДК 621.336.2 (043.2)

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СТРУМОПРИЙМАЧА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

¹⁾Шегедін П.А., ¹⁾Єременко В.С., ²⁾Павленко Ж.О.,

¹⁾Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна, ²⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Для забезпечення необхідного рівня надійності, безпеки та стабільності

функціонування залізничного транспорту необхідно проводити всебічну діагностику та контроль тягово-рухомого складу, колії та систем електроживлення.

Важливою задачею є забезпечення якісного зняття струму для передачі електричної енергії з контактної мережі в тягово-рухомий склад. При взаємодії струмоприймача і контактної мережі в контакті можуть виникати значні сили, викликані в процесі експлуатації відхиленнями від норми параметрів системи струмознімання, а також кліматичними умовами, такими як, вітер, обледеніння мережі і струмоприймача та ін. У той же час підвищуються вимоги до якості динамічної взаємодії струмоприймача і контактної мережі, оскільки будь-які порушення в системі струмознімання можуть призвести до різкого зменшення терміну служби мережі або до її пошкодження.

Для вирішення даної задачі недостатньо здійснювати періодичний контроль струмоприймачів в умовах ДЕПО, оскільки не враховується стан конкретних ділянок колії та системи електроживлення.

Ефективним методом підвищення якості струмоприймання є безперервний автоматизований контроль стану пантографа та контактної мережі на основі систем машинного зору. Шляхом відеореєстрації взаємодії пантографа та контактного кабелю з подальшою програмною обробкою даних доцільно здійснювати контроль в режимі реального часу з сигналізацією виходу параметрів за критичні межі та застосовувати статистичну обробку записаних даних з метою більш детального аналізу та класифікації ділянок колії за станом контактної мережі.

Для реалізації даного завдання використано програмне середовище LabView з доповненням NI Vision Development Module. Розроблене програмне забезпечення дозволяє проводити аналіз якості взаємодії пантографа та контактної мережі шляхом розпізнавання кабелю живлення та відслідковування його переміщення по активній ділянці струмоприймача.

Для збільшення точності розпізнавання образів, вихідний відеофайл розглядається як масив кадрів, а саме бінаризованих зображень. Бінаризація являє собою конвертування кольорового зображення в монохроматичний файл з наявністю пікселів лише білого та чорного кольорів. Дана операція необхідна для фільтрації зображення від об'єктів, що не несуть інформативного навантаження.

Використання автоматизованої системи машинного зору значно підвищує надійність та якість роботи системи пантограф-контактна мережа, шляхом ідентифікації якості і технічного стану ділянок контактного кабелю та можливості попередження пошкоджень пантографу і мережі живлення.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, контроль, вимірювання, струмоприймач, пантограф.

УДК 621.317 (043.2)

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ОЗНАК ІМПЕДАНСНОГО КОНТРОЛЮ

¹Єременко В.С., ¹Сунетчієва С.Р., ²Галаган Р.М. 1) Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна 2) Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Акустичний імпедансний метод є найбільш поширеним засобом неруйнівного контролю з'єднань в багатошарових конструкціях та виробів з композиційних матеріалів авіаційного призначення. Метод дозволяє виявити дефекти клейових з'єднань обшивок, а також дефекти типу розшарувань і ударних пошкоджень в неметалевих покриттях і виробках із шаруватих пластиків. Метод заснований на відмінності механічних імпедансів у дефектних і бездефектних ділянках контрольованого виробу, які оцінюють за допомогою збудження в виробі згинальних коливань низьких ультразвукових частот (10-20 кГц).

Застосування перетворення Гільберта інформаційного сигналу імпульсного імпедансного дефектоскопу дозволяє виділити такі інформаційні параметри як: амплітуду, кумулятивну фазу, миттєву частоту несучої сигналу. В роботі досліджувалися статистичні характеристики цих інформаційних параметрів.

Експерименти проводилися на зразках, виготовлених з двошарового композиційного матеріалу, обшивка – склопластик, внутрішній шар – пінопласт. Зразки мали штучно нанесені дефекти, які імітували руйнування внутрішнього пінопласту. Для вище зазначених інформаційних параметрів була проведена оцінка їх статистичних характеристик та побудовані емпіричні функції щільності розподілу. Для їх згладжування були використані криві Грамма-Шарльє, які визначаються як:

$$f_a(x) = f(x) - \frac{r_3}{6} f^{(3)}(x) + \frac{r_4 - 3}{24} f^{(4)}(x),$$

де r_i - i -й центральний момент, $f(x)$ - функція нормованого нормального розподілу, $f^n(x)$ - її похідна n -го порядку.

Дослідження показали що статистичні характеристики змінюються в залежності від дефектності виробу.

Отримані оцінки статистичних характеристик та апроксимації законів розподілу інформаційних параметрів дозволяють:

1) визначити найбільш чутливий інформаційний параметр для досліджуваного типу композиційного матеріалу;

2) розширити простір діагностичних ознак за рахунок використання певних статистичних характеристик;

3) обґрунтовано з визначеною вірогідністю встановити порогове значення діагностичної ознаки за яким приймається рішення про дефектність досліджуваної зони.

Ключові слова: імпедансний неруйнівний контроль, композиційні матеріали, статистичні характеристики інформаційних параметрів.

УДК 550.8.08

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОИСКА НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Ивицкая Д.К., Куксенко Д.М.,

*Национальный технический университет «Киевский политехнический институт»,
г. Киев, Украина*

Потребление природных ресурсов ставит перед человечеством ряд серьезных задач, решение которых в будущем связано с нахождением и разведкой новых месторождений полезных ископаемых.

В данном докладе рассмотрено построение такой системы, которая может быть использована для поиска жидких, газообразных и твердых полезных ископаемых. Главной ее особенностью является возможность высокоточного измерения сдвига фазы сигнала электромагнитной волны, при прохождении через слои земной коры с разнесением излучателя и приемника на довольно значительные расстояния, используя беспроводной опорный канал.

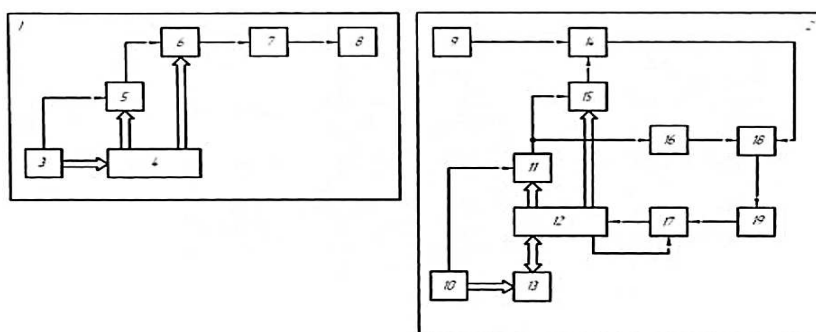


Рис.1. Система электромагнитного зондирования земной коры

Система состоит из двух модулей – приемного и передающего, разнесенных в пространстве. Решение задачи синхронизации этих модулей осуществляется путем формирования опорного сигнала со спутников при помощи модулей GPS 3,10 (рис.1). Модули 3, 10 применяются для получения PPS (Pulse Per Second) синхросигналов, которые подаются на соответствующие входы умножителей частоты 5, 11, после чего формируется сигнал управления синтезаторами 6, 15, частота которых регулируется микроконтроллерами 4, 12. Фаза сигналов с синтезаторов может однозначно определяться импульсами PPS. Следует отметить, что каналы приема и передачи используют одинаковые модули GPS и синтезаторы. В качестве умножителей частоты может быть использована микросхема AD9548, которая дает возможность генерировать высокостабильные сигналы в диапазоне частот от 0 до 100 МГц. Излучение сигнала заданной частоты осуществляется специальной антенной излучателя 8.

Данная реализация схемы позволяет повысить точность и упростить аппаратную реализацию измерительной системы, уменьшить габариты и энергопотребление, что в свою очередь делает ее мобильной.

Ключевые слова: геофизический метод, электромагнитная разведка, полезные ископаемые, неоднородности земной коры, фазовый метод.

УДК 620.179.16

ВИМІРЮВАННЯ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛІНІЙНИХ ФАЗОВАНИХ АНТЕННИХ РЕШІТОК П'ЄЗОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПУ СУПЕРПОЗИЦІЙ

*Туз Ю.М., Красковський О.П., Мосолаб О.О.,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

В сучасній практиці неруйнівного контролю виробів з металів все більшого поширення набувають томографи-дефектоскопи побудовані на базі фазованих антенних решіток. Роздільна здатність таких систем залежить від просторово-часових характеристик (ПЧХ) первинних перетворювачів – фазованих антенних решіток п'єзоелектричних перетворювачів (ФАР ПЕП). Для вимірювання параметрів лінійних ФАР ПЕП в різних режимах роботи використовуються багатоканальні метрологічні системи. Основними недоліками таких систем є міжканальна неідентичність блоків випромінювання та прийому, складність виготовлення та вартість.

Для вимірювання просторово-часових характеристик ФАР ПЕП в режимі випромінювання імпульсних сигналів пропонується використовувати одноканальну метрологічну систему. Такий підхід дозволяє відмовитися від фізичного сумування акустичних полів окремих елементів в імітаторі середовища та застосувати попередню цифрову обробку прийнятих сигналів від окремих елементів і їх подальше сумування в пам'яті комп'ютера. Перевагою такої системи є відсутність власних міжканальних відхилень блоків випромінювання та прийому та власна вартість.

За допомогою середовища промислового проектування NI Multisim та середовища розробки LabVIEW фірми National Instruments були відповідно розроблені SPICE моделі одноканального електронного тракту випромінювання і прийому та віртуальні пристрої, що імітують роботу точкового п'єзоелектричного перетворювача в режимі прийому імпульсних сигналів та ФАР ПЕП в режимі випромінювання імпульсних сигналів.

Розроблені віртуальні засоби дозволяють оцінити вплив окремих елементів електронного тракту випромінювання та прийому на точність вимірювання ПЧХ в режимі випромінювання. Подальше використання віртуальних пристроїв LabVIEW прискорить використання існуючих та розробку нових алгоритмів

цифрової обробки ультразвукових сигналів для оцінки та підвищення точності вимірювань власних параметрів ФАР ПЕП.

Ключові слова: фазована антенна решітка, п'єзоелектричний перетворювач, віртуальний пристрій.

УДК 620.179:620.22

ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЙВЛЕТ - ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ СПІКАННЯ МЕТОДОМ РЕЗОНАНСНИХ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ

^{1,2)}Вдовиченко О.В., ¹⁾Трощановський О.К. ¹⁾Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, м. Київ, Україна, ²⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

В промисловості та медицині знайшли застосування матеріали, одним з структурних елементів яких є пори. Проте при виготовленні виробів методами порошкової металургії, які передбачають утворення неперервного матеріалу з дискретних частинок, на проміжних етапах, а іноді і в кінцевому виробі, утворюються і зберігаються небажані тріщиноподібні дефекти та недосконалі в механічному сенсі контакти між частинками. Показником якості спікання є відсутність такого роду дефектів, розподілених в об'ємі виробу, тому завдання моніторингу процесу виготовлення і контролю якості готового виробу полягає у визначенні характеристик, що пов'язані з інтегральним станом структури матеріалу.

Перспективними є методи контролю, що ґрунтуються на аналізі параметрів механічних коливань виробу, зокрема в області резонансу. Такими параметрами є характеристики резонансної кривої (резонансна частота, ширина та форма кривої), а також форми коливань.

В роботі були досліджені зразки, одержані спіканням порошку оксиду алюмінію А-1000SG (Alcoa). Для одержання зразків різної пористості змінювали температуру спікання (від 1623 до 1848 К), а також вміст полімерної зв'язки (від 4 до 16 об'ємних відсотків).

Для визначення якості спікання за критерієм наявності тріщиноподібних дефектів були розроблені та застосовані методи, які ґрунтуються на вивченні форми коливань зразків з використанням вейвлет – перетворення. Був проведений спільний аналіз одержаних результатів і попередньо визначених з використанням Фур'є – перетворення інтегральних спектральних характеристик коливань зразків досліджуваних матеріалів [1].

Застосування вейвлет – перетворення дозволило встановити особливості поведінки зразків з дефектами під час коливань з частотою, близькою до резонансної, виявити параметри коливань, які залежать від концентрації тріщиноподібних дефектів і запропонувати критерій проведення контролю при коливаннях виробів в умовах резонансу.

Ключові слова: оксид алюмінію, пори, тріщиноподібні дефекти, неруйнівний контроль, вейвлет – перетворення, спектральний аналіз.

Література

1. Вдовиченко О.В., Окремов О.А. Тез. доп. XI міжнарод. конф. «Приладобудування: стан і перспективи», Київ, 2012, С.219 – 220.

УДК 621.317.32

СТРОБОСКОПІЧНИЙ СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ФАЗОВОГО ЧАСУ ПРОХОДЖЕННЯ РАДІОІМПУЛЬСНИХ СИГНАЛІВ

Баженов В.Г., Богдан Г.А., Грузин С.В.,

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

Використання цифрової обробки сигналів при реалізації різних вимірювальних приладів як відомо дуже перспективно, але верхній діапазон частот вимірювальних сигналів в цьому випадку значно обмежується швидкодією елементної бази сучасних АЦП, а також блоків обробки інформації (DSP процесорів), а також інтерфейсів передачі даних. Тому перспективним методом розширення верхнього частотного діапазону вимірювальних сигналів є стробоскопічний метод перетворення частоти. Але класичний стробоскопічний метод перетворення частоти потребує використання безперервних вимірювальних сигналів. В той час є великий клас задач в ультразвуковому неруйнівному контролі матеріалів, в радіолокації радіонавігації де використовуються тільки радіоімпульсні сигнали. В даному докладі пропонується стробоскопічний спосіб вимірювання фазового часу проходження радіоімпульсних сигналів з дискретною ортогональною обробкою в якому період заповнення T_0 , тривалість T_i , період посилок T_n випромінюваного радіоімпульсного сигналу формують кратними від частоти одного генератора Γ_0 синхросигналів (виконується за допомогою синтезатора частоти, наприклад типу DDS). Причому частота дискретизації АЦП отримується також шляхом ділення частоти сигналу синхрогенератору Γ_0 і пропонується розраховувати її згідно виразу:

$$f_g = \frac{K}{T_n \cdot K \cdot P + T_0},$$

де K - число віртуальних сходінок вихідного сигналу на його період після стробоскопічного перетворення на виході АЦП; P - ціле число від 1,2,3 ...

Частоту генератора синхросигналів Γ_0 f_g обирають рівній: $f_g = \frac{1}{\tau}$, де $\tau = \frac{T_0}{K}$ - заданий період дискретизації радіоімпульсного заповнення.

Ключові слова: стробоскопічне перетворення частоти, радіоімпульсні сигнали, частота дискретизації, дискретна ортогональна обробка сигналів.

УДК 620.179

КОНТРОЛЬ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ АКУСТИКО-ЕМІСІЙНИМ МЕТОДОМ

*Тараборкін Л.А., Трасковський В.В., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Хіміко-технологічні процеси становлять основу практично всіх галузей промисловості: хімічної, нафтопереробної, металургійної, будівельних матеріалів, харчової тощо. Основою хіміко-технологічних процесів є різноманітні фізичні, хімічні, мікробіологічні, механічні й гідромеханічні явища. Спільною властивістю цих явищ є те, що всі вони, як показують новітні дослідження, супроводжуються акустичною емісією (АЕ). Отже, метод АЕ для неруйнівного контролю, який спочатку виник і широко розповсюдився стосовно до твердих матеріалів, особливо для задач дефектоскопії, у теперішній час, завдяки розвитку експериментальної техніки і застосуванню інформаційно-комп'ютерних технологій, стає дійсно універсальним високочутливим методом контролю й дослідження об'єктів і процесів також в рідкій та газовій фазах.

У загальному випадку можливість генерації акустичних коливань у будь-яких фізико-хімічних процесах і хімічних реакціях впливає з об'єднаного рівняння першого й другого законів термодинаміки

$$dG = PdV - TdS + \sum \mu_i dn_i + \phi dq + \sigma ds + \dots ,$$

де G – енергія Гіббса; V – об'єм; P – тиск; S – ентропія; T – температура; μ_i , n_i – хімічний потенціал і кількість молів i -го компонента відповідно; ϕ, q – електричні потенціал і заряд; σ – поверхневий натяг; s – площа поверхні;

Отже, нарівні з широко відомими процесами прямого перетворення хімічної енергії в електричну, теплову й електромагнітну, має відбуватись безпосереднє перетворення її в механічну енергію (доданок PdV). Зокрема, оскільки хімічні реакції супроводжуються зміненням геометрії молекул, зміненням ступеня впорядкованості речовини, а інколи також і фазовими переходами, то в реакційному середовищі неминуче генеруються акустичні сигнали. Для реєстрації генерованих хімічними реакціями сигналів розроблено спеціальні АЕ сенсори, вимірювальна комірка яких містить ультразвуковий перетворювач, що охоплює частотний діапазон від 90 kHz to 2 MHz. Комп'ютерна обробка отриманих даних базується на ймовірнісній штучній нейронній мережі з Гауссівськими вузлами, що дозволяє, крім іншого, виконувати класифікацію та розпізнавання хімічних реакцій.

Таким чином, уможливлено перспективу реалізації дистанційного контролю й моніторингу хіміко-технологічних процесів за допомогою АСУ ТП

(автоматизованих систем управління технологічними процесами), побудованих на єдиній апаратно-методичній базі акустико-емісійного контролю.

Ключові слова: акустична емісія, хіміко-технологічні процеси.

УДК 620.179

КОНСТРУКТИВНИЙ СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ АКУСТИКО-ЕМІСІЙНОГО КОНТРОЛЮ Й МОНІТОРИНГУ

*Тараборкін Л.А., Трасковський В.В., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Метод акустичної емісії (АЕ), маючи багато переваг порівняно з традиційними методами неруйнівного контролю (ультразвуковим, радіографічним, вихорострумовим, магнітним тощо), широко використовується для створення й надійної експлуатації різноманітних виробничих об’єктів, а також для дослідження властивостей матеріалів і конструкцій. Тим не менш, він має і певні обмеження в практичному застосуванні, пов’язані, зокрема, з проблемою виділення сигналів АЕ із супутніх шумів. Зазначена проблема виникає тому, що сигнали АЕ є шумоподібними, оскільки АЕ є за своєю природою стохастичним імпульсним процесом. Тому, коли сигнали АЕ виявляються малими за амплітудою, а також у разі високого рівня супутніх шумів виділення корисного сигналу із завад являє собою складну задачу.

Отже, актуальною залишається задача підвищення достовірності контролю й моніторингу, виконуваного методом АЕ.

У поданій роботі поставлена задача розв’язується шляхом підвищення достовірності контролю вимірювання енергії сигналів акустичної емісії на основі спеціально розробленої вдосконаленої конструкції відповідного приладу

Прилад для вимірювання енергії сигналів АЕ, поряд зі стандартними компонентами (з’єднаними послідовно електричним перетворювачем і підсилювачем, з’єднаними послідовно лічильником і реєстратором), споряджено: перетворювачем абсолютного значення, підключеним до виходу підсилювача; логічним елементом “OR”, підключеним до входу лічильника; n каналами, кожний з яких містить з’єднані послідовно амплітудний дискримінатор, перетворювач інтервалів часу в число імпульсів і подільник частоти. Входи амплітудних дискримінаторів сполучено з виходом перетворювача абсолютного значення, а входи подільників частоти – з відповідними входами логічного елемента “OR”. Коефіцієнти поділу частоти імпульсів кожного каналу вибирають із співвідношення

$$K_i = (U_n^2 - U_{n-1}^2) / (U_i^2 - U_{i-1}^2), i = \overline{1, n},$$

де U_i – рівень дискримінації амплітудного дискримінатора i -го каналу, причому $U_1 < U_2 < \dots < U_n$.

Запропонована конструкція дозволяє підвищити інформативність контролю методом акустичної емісії завдяки введенню блоків, які вимірюють енергію сигналів АЕ в широкому діапазоні частот, що уможливлює моніторинг технічного стану різноманітних об'єктів в режимі реального часу.

Ключові слова: акустична емісія, неруйнівний контроль.

УДК 621.179

ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕДИСКРЕТИЗАЦІЇ ДЛЯ УСУНЕННЯ НЕОДНОЗНАЧНОСТІ ФАЗОВИХ ВИМІРЮВАНЬ

Лігоміна С.М., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

В неруйнівному контролі часто виникає завдання вимірювання повного фазового зсуву сигналів.

Для вирішення даного завдання доцільно використовувати багатошкальний метод усунення неоднозначності, сутність якого полягає у визначенні за допомогою вимірювання на низькій частоті кількості цілих фазових циклів.

Модифікацією методу є використання замість низької частоти, як у звичайному багатошкальному методі, різниці двох близьких частот.

У цьому випадку для усунення неоднозначності, частоті мають дуже незначно відрізнятися одна від іншої.

Для зменшення похибки вимірювань фазового зсуву, необхідно виконання умови точної кратності частоти дискретизації та частоти вимірюваного сигналу, що створює додаткові проблеми при виконанні вимірювань.

Наприклад, стандартні цифрові осцилографи та пристрої збору даних мають набір фіксованих значень частот дискретизації, крок змін яких не дозволяє обрати потрібне значення.

Для вирішення даної проблеми, автором пропонується виконати передискретизацію оцифрованого на частоті f_1 сигналу на віртуально створену частоту f_2 .

Для передискретизації було використано різні методи інтерполяції: лінійна, параболічна, кубічна.

Для оцінки впливу методу на похибку вимірювання фазового зсуву за наявності впливу шумів та аналого-цифрового перетворення було використано комп'ютерне моделювання в середовищі Matlab.

Далі було проведено моделювання усунення неоднозначності вимірювань фазового зсуву, проведена оцінка похибок, що підтвердила ефективність запропонованого підходу.

Ключові слова: фазовий зсув, усунення неоднозначності вимірювань фазового зсуву, дискретний ортогональний метод, похибка вимірювань, комп'ютерне моделювання.

УДК 621.317

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ДИСКРЕТИЗАЦІЇ В ЧАСІ НА ТОЧНІСТЬ ВИМІРУ ФАЗИ

Дегтярьов В.В., Лігоміна С.М., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

В неруйнівному контролі часто виникає завдання вимірювання фазового зсуву сигналів. Для вирішення даного завдання доцільно використовувати дискретний ортогональний метод.

Недоліком даного методу, який особливо виявляється при малій кількості вибірок на період вимірюваного сигналу, є необхідність для заданого сигналу обирати тривалість реалізації точно кратною половині періоду вимірюваного сигналу. Для цього можна змінювати частоту дискретизації F_d або число вибірок сигналу N .

Зміна частоти дискретизації пов'язана з певними технічними складнощами. Наприклад, стандартні цифрові осцилографи та пристрої збору даних мають набір фіксованих значень частот дискретизації. Для вирішення цього питання потрібно додаткове обладнання високої точності, наприклад, пристрої збору даних з високоточними синтезаторами частоти з точністю установки частоти не гірше 0,1%.

В відомих авторам роботах пропонується число вибірок вхідного сигналу $M_{ад}$ обирати таким чином, щоб виконувалась умова:

$$M_{\alpha\alpha} = \left[0.5 l T F_{\alpha} \right]^+ = \left[\frac{l M}{2\alpha} \right]^+ < M,$$

де $[.]^+$ - позначення операції виділення цілої частини числа, $l \in N$, T -період вхідного сигналу

При цьому частина вибірок реалізації відкидається, що приводить до додаткових похибок.

Авторами пропонується не зменшувати кількість вибірок, а навпаки додати певну кількість, щоб кількість їх відповідала умові для M , але була більшою M . Це можливо зробити, використовуючи методи інтерполяції та екстраполяції, оскільки значення вибірок зберігаються в пам'яті комп'ютера, а сам вимірюваний сигнал є періодичним.

Для оцінки впливу способу на похибку вимірювання фазового зсуву було використано комп'ютерне моделювання, яке підтвердило ефективність запропонованого підходу.

Ключові слова: фазовий зсув, дискретний ортогональний метод, похибка вимірювань, комп'ютерне моделювання.

УДК 620.179.14

МЕТОД МАГНІТНОГО КОНТРОЛЮ КОНСТРУКЦІЙ СКЛАДНОЇ ФОРМИ

*Баженов В.Г., Грузин С.В., Худецький М.В., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Пропонований метод може бути використаний при неруйнівному контролі конструкцій складної форми де ускладнено або зовсім неможливо використання механічних сканерів, наприклад при контролі великогабаритного литва (бокових рам, надресорних балок) візків вантажних вагонів.

Реалізація пропонованого методу стала можливою завдяки досягненням мікроелектроніки при розробці мініатюрних високочутливих магніторезисторів.

Пропонований метод, полягає в наступному.

Об'єкт контролю або його частку намагнічують і на заданому місці контролю конструкції складної форми встановлюють із закріпленими на гнучкому неферромагнітному матеріалі матрицю давачів так, щоб вона щільно облягала цей об'єкт і за сигналами с давачів поля розташованих над контрольованою поверхнею визначають векторну функцію розподілу напруженості поля і використовуючи сукупність ознак цієї векторної функції вираховують інформативні параметри і потім визначають місцеположення, параметри і тип дефекту виробу.

Згідно з пропонованим методом, фактичне сканування поверхні виробу складної форми здійснюють шляхом електронного опитування давачів поля закріплених в вигляді нерухомої відносно виробу матриці.

Матрицю давачів можна реалізувати, використовуючи сучасні магніторезисторні модулі наприклад: MAG 3110 (з отриманням параметрів за трьома складовими XYZ) розміри яких є 2x2мм, що може бути менше за крок сканування механічного сканера і дозволить проводити ретельне сканування досліджуваного об'єкту без використання складних і дорогих механічних сканерів (в випадку сканування складної форми –роботів).

Крім того використання такого способу магнітного контролю значно підвищить швидкість контролю і достовірність.

Ключові слова: магнітний контроль, магніторезистори, матриця давачів.

УДК 621.3.083.7

ПРИСТРІЙ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВИМИКАЧІВ

*Грабко В.В., Вишневський Я.А., Вінницький національний технічний університет,
м. Вінниця, Україна*

Відомо, що високовольтні вимикачі відносяться до основного обладнання енергосистеми. Від надійності їх роботи залежить надійність енергопостачання та роботи системи в цілому. Для цього обладнання повинне знаходитись у робочому стані та своєчасно проводитись його контроль. На даний момент діагностика обладнання проводиться методами, що не забезпечують належної якості та своєчасності діагностики, які можна отримати на сучасному етапі технічного прогресу. При цьому вимикач необхідно вивести з експлуатації та частково розібрати, провести розміщення датчиків вимірювального пристрою, що виключає можливість безперервного контролю роботи високовольтного вимикача.

Відомий ряд приладів (ТМ1600/МА61, ПКВ/М7, ПКВ/УЗ), що дозволяють проводити діагностування вимикача шляхом розміщення ряду датчиків та вимірювання часу спрацювання. Однак вони не дозволяють виявити дефекти на початковій стадії, до того часу коли дефекти вже суттєво впливають на швидкість спрацювання вимикача.

Перспективним напрямком дослідження в даній області є віброакустичний аналіз роботи вимикача.

Розроблено математичну модель, що дозволяє аналізувати стан структури вимикача через порівняння наявної вібраційної картини та «зразкової», отриманої від вимикача з нормальними параметрами. При виконанні цифрової обробки сигналів та математичного аналізу сигналу використовуються такі методи, як перетворення Фур'є, вейвлет аналіз та алгоритми динамічного програмування для визначення ступеня відхилення наявної картини від референсної.

За наявності достатньої кількості статистичних даних з'являється можливість не лише прогнозувати ступінь критичності стану обладнання, а також визначати його залишковий ресурс роботи та власне тип пошкодження структури вимикача.

Розроблено структуру пристрою для проведення такого аналізу, методику вибору акселерометрів та обладнання для дослідження. Для забезпечення централізованого нагляду за високовольтними вимикачами енергосистеми реалізовано можливість підключення пристрою до інформаційної мережі та централізований збір даних.

Ключові слова: високовольтний вимикач, залишковий ресурс, віброаналіз.