

СЕКЦІЯ 7
НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ, ТЕХНІЧНА ТА МЕДИЧНА
ДІАГНОСТИКА

УДК 612.84

ДОППЛЕРОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МАТОЧНО-ПЛАЦЕНТАРНОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ БЕРЕМЕННОСТИ, ОСЛОЖНЕННОЙ ГЕСТОЗОМ

Усачева С. П., Медицинский центр Св. Луки, г. Киев, Украина

Актуальность исследования. Гестозы и артериальная гипертензия беременных занимают третье место в структуре причин материнской смертности. Перинатальные потери при гестозе составляют 18-30 %, заболеваемость 640-780 %. В настоящее время лечение гестоза необходимо начинать на доклинической стадии. Допплерографическая оценка маточно-плацентарного кровотока позволяет своевременно выявить патологический кровоток в маточных артериях, предшествующий развернутой клинической картине гестозов.

Цель исследования – провести сравнительный анализ показателей для оценки состояния маточно-плацентарного кровотока при осложненном течении беременности.

Под наблюдением находилось 30 пациенток в сроке гестации от 20 до 40 недель с экстрагенитальной патологией. При этом большую часть группы составляли пациентки с ожирением, заболеваниями почек, артериальной гипертензией. Учитывая периоды физиологического становления плацентарного кровообращения, первое доплерометрическое исследование маточно-плацентарного кровотока у беременных группы риска проводилось в сроке 20-24 недели, а при регистрации ранней диастолической выемки повторялась через 4 недели. Исследование обязательно проводилось в обеих маточных артериях. При обнаружении патологического спектра кровотока в одной из маточных артерий выставлялся диагноз нарушения плацентарного кровотока. При этом риск неблагоприятного прогноза увеличивался при регистрации патологических кривых скоростей в маточных артериях с обеих сторон.

Допплерографически значимыми признаками нарушения маточно-плацентарного кровотока являются снижение диастолического компонента ниже нормативных значений, что приводит к повышению численных значений индексов периферического сопротивления и/или появление ранней диастолической выемки.

Выводы: Допплерографическое исследование в акушерской практике позволяет прогнозировать такие осложнения беременности как гестоз, быстро и неинвазивно оценить степень тяжести нарушения, выбрать тактику ведения и родоразрешения беременных, значительно снизить перинатальные потери.

Ключевые слова: доплерографическая оценка, кровообращение, гестоз.

УДК 620.179.16

РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ ФЕРОМАГНІТНИХ ВИРОБІВ ХВИЛЯМИ РЕЛЕЯ

Хащіна С. В., Сучков Г. М., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

Розроблено новий електромагнітно-акустичний перетворювач (ЕМАП), для контролю металовиробів.

ЕМАП має корпус 1 спеціальної форми (див. рис.1), його розташовують на краю поверхні об'єкта контролю (ОК), як це зображено на фіг.1 так, що робоча частина 4 котушки індуктора знаходиться максимально близько до двохгранного кута торця.

Джерело 2 постійного магнітного поля розташовано серединою полюса 9 над двограним кутом торця ОК і цим самим концентрує в ньому магнітне поле з високим значенням індукції B . Витки провідників робочої частини 4 котушки індуктора 3 максимально об'ємно концентровані для локалізації електромагнітного поля і знаходяться між серединою полюса 9 джерела 2 постійного магнітного поля і двограним кутом торця ОК. Імпульси

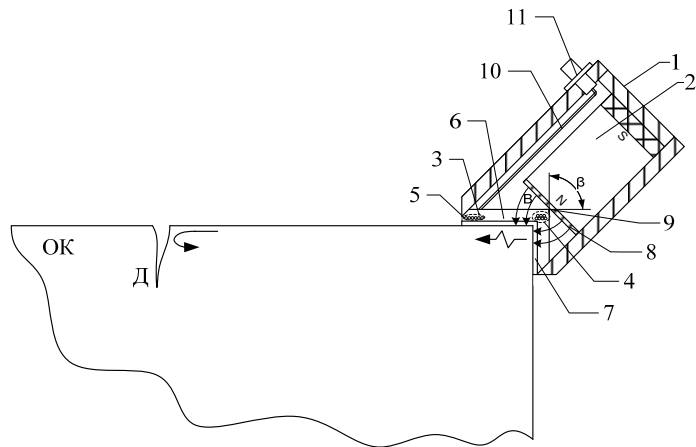


Рис.1. Конструкція накладного ЕМАП та його розміщення на ОК.

струму живлять високочастотну котушку індуктивності 3 через роз'єм 11 і провідники 10, яка генерує електромагнітне поле. Накладення сильно сконцентрованих магнітних і електромагнітних полів формує змінну силу на поверхні ОК, що породжує імпульси ультразвукових поверхневих хвиль максимальної інтенсивності. Електромагнітний екран 8 блокує когерентні акустичні завади, що надходять з джерела 2 постійного магнітного поля. Для проведення сканування ЕМАП переміщують вздовж поверхні кута ОК. Неелектропровідна неферомагнітна основа 6 фіксує робочу 4 і не робочу 5 ділянки високочастотної котушки індуктора та формує кут β , а протектор 7 захищає провідники котушки від механічних пошкоджень та завад електромагнітного типу.

Перетворювач даної конструкції має практично необмежену частотну смугу та може збуджувати короточасні імпульси поверхневих хвиль високої інтенсивності, що підвищує достовірність контролю поверхні металевих виробів.

Ключові слова: ультразвуковий контроль, електромагнітно-акустичний перетворювач, об'єкт контролю.

УДК 621.179

ПІДВИШЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ФАЗОВОГО ЗСУВУ ДИСКРЕТНИМ ОРТОГОНАЛЬНИМ МЕТОДОМ

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

В неруйнівному контролі часто виникає завдання вимірювання фазового зсуву сигналів з малим відношенням сигнал-шум. Для вирішення даного завдання доцільно використовувати дискретний ортогональний метод [1].

Недоліком даного методу, який особливо виявляється при малій кількості вибірок на період вимірювального сигналу, є втрата інформації про точки сигналу, для яких значення косинусної або синусної опорних складових дорівнюють нулю.

Рішенням цієї проблеми є додавання до опорних складових фазового зсуву φ_k , так щоб ні одне із значень опорних складових не дорівнювало нулю, а сума модулів значень складових була максимальною.

Після проведення розрахунків в середовищі Mathcad, була отримана залежність фазового зсуву φ_k від кількості вибірок на період (табл.1)

Таблиця 1. Залежність кута φ_k від кількості вибірок на період

Кількість вибірок за період, р	3	4	5	6	7	8	9	10
Значення кута $\varphi_k, ^\circ$	15	45	9	15	6,4	22,5	5	9

Таким чином фазовий зсув буде розраховуватися по формулі:

$$\varphi = \arctg(U_c/U_s) - \varphi_k,$$

$$U_c = \sum_{n=0}^{K \cdot p - 1} U(n \cdot T) \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot n \cdot T + \varphi_k), U_s = \sum_{n=0}^{K \cdot p - 1} U(n \cdot T) \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot n \cdot T + \varphi_k)$$

На запропонований спосіб було отримано патент [2]. 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.

Література:

1. Чмых М.К. Цифровая фазометрия.-Москва.: Радио и связь. 1993, 184с.
2. Патент № 55496 Україна, МПК МПК (2009) G01R25/00/. Спосіб вимірювання фазового зсуву // Лігоміна С.М., Кулікова Р. О; власник патенту Національний технічний університет України «КПІ». - № 201008832 ; заявл. 15.07.2010 ; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 23. - 4 с. : іл.

УДК 535.4, 681.787, 616:579.61

ЛАЗЕРНА ІНТЕРФЕРОМЕТРИЧНА ПРИСТАВКА ДО ОПТИЧНИХ МІКРОСКОПІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ГОЛОГРАМНИХ І СВІТЛОВОДНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

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

Розроблено та створено інтерферометричну приставку (ESPI-приставку) до оптичних мікроскопів, що легко інтегрується практично у всі існуючі мікроскопи та мікроскопічні комплекси та дозволяє їм працювати у режимі лазерного інтерферометра, тобто досліджувати фазову структуру та тривимірну морфологію прозорих та напівпрозорих об'єктів та проводити моніторинг їх змін у часі (створювати фазові фільми). Приєднання ESPI-приставки здійснюється за допомогою стандартних мікроскопних кріплень та не потребує жодної зміни у конструкції мікроскопів.

ESPI-приставка є економічною та доступною заміною спеціалізованих інтерферометричних приладів, наприклад, таких як МИМ-330 (Россія).

В ESPI-приставці для аналізу фазової структури об'єктів використовується метод ESPI (Electronic Speckle Pattern Interferometry), що є близьким до методів цифрової (комп'ютерної) голографії. Первинна інформація про об'єкт міститься у наборах спеклограм, які реєструються з визначеними фазовими зсувами опорного променя, що надалі піддаються кореляційній обробці та надаються кінцевому користувачу у вигляді картин фазової кореляції (аналогів інтерферограм) та розрахованих згідно з ними 3D профілів варіації товщини або показника заломлення мікрооб'єктів.

Керування роботою приставки (зміна освітлення з білого на лазерне для роботи мікроскопів у звичайному режимі та у режимі інтерферометра, керування фазовим зсувом опорного променя, реєстрація фотознімків та спеклограм у визначені моменти згідно з сценарієм дослідження здійснюється за допомогою спеціального контролера з USB зв'язком з керуючим комп'ютером.

Для збільшення вібраційної стабільності, покращення співвідношення сигнал-шум та зменшення габаритів і ваги у конструкції ESPI-приставки використано голограмні оптичні елементи та світловоди.

Приставка перспективна для проведення біологічних та медичних досліджень, оскільки досліджувані препарати не потребують спеціальної підготовки (фарбування, тощо), можливе дослідження об'єктів (культур клітин) у процесі життєдіяльності. Просторове розрізнювання приставки сягає 0,5 мкм у площині зображення та 0.01 мкм по товщині.

Наразі ESPI-приставка тестується у ДП “Український Науково-дослідний Інститут медицини транспорту” (Одеса).

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

УДК 620.179.14

РЕШЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ МАГНИТНОЙ ДЕФЕКТОМЕТРИИ

*Гальченко В. Я., Остапуценко Д. Л., Государственный университет «Луганский
государственный медицинский университет», г. Луганск, Украина*

В настоящее время в неразрушающем контроле большое внимание уделяется вопросам определения геометрических параметров дефектов сплошности по результатам топографирования создаваемых ими статических магнитных полей рассеяния. Математически данная задача может быть поставлена как задача глобальной оптимизации относительно параметров дефекта для функционала, учитывающего рассогласование измеренных значений напряженности полей рассеяния дефектов с их расчетными значениями, полученными на основании некоторой математической модели. Для своей реализации такой подход требует эффективного решения комплекса задач, среди которых расчет с наименьшими временными затратами пространственных магнитостатических полей объектов контроля с дефектами сплошности и осуществление оптимизационного процесса поиска их геометрических параметров с минимальным количеством вычислений целевой функции. При решении задачи расчета поля авторами использован аппарат пространственных интегральных уравнений (ПриУ) [1] со специальным образом организованным процессом их численного решения. В расчетной области вводится регулярная пространственная сеть, состоящая из параллелепипедов, в пределах каждой ячейки которой намагниченность вещества считается постоянной. При этом форма как объекта контроля, так и дефекта аппроксимируются ячейкам сети. Это позволяет свести ПриУ к системе нелинейных уравнений, в которой участвует пространственная линейная свертка массива намагниченностей ячеек с матрицей их взаимного влияния, для решения которой применяется метод Ньютона-GMRES с ускорением выполнения линейной свертки с использованием быстрого преобразования Фурье. Для поиска значений геометрических параметров дефектов сплошности используется разработанный авторами бионический гибридный алгоритм оптимизации, основанный на генетическом алгоритме GA и алгоритме оптимизации роем частиц PSO [2]. Все это позволяет организовать эффективное решение пространственных обратных задач магнитной дефектометрии.

Литература:

1. Гальченко В.Я. Математическое моделирование процессов намагничивания ферромагнитных объектов контроля с произвольной геометрией в полях заданной пространственной конфигурации / В.Я. Гальченко, Д.Л. Остапуценко, М.А. Воробьев // Дефектоскопия. – 2008. – №9. – С. 3-18.
2. Гальченко В.Я. Поиск глобального оптимума функций с использованием гибрида мультиагентной роевой оптимизации с эволюционным формированием состава популяции / В.Я. Гальченко, А.Н. Якимов, Д.Л. Остапуценко // Информационные технологии. – 2010. – №8. – С. 9-16.

УДК 620.179.14

ВИКОРИСТАННЯ ІМПУЛЬСНОГО РЕЖИМУ ЗБУДЖЕННЯ ВИХРОСТРУМОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ПРИ ВИМІРЮВАННІ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЦИЛІНДРИЧНИХ ОБ’ЄКТІВ

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

Імпульсний режим у вихрострумовому методі неруйнівного контролю (ВСНК) зазвичай застосовують для контролю багат шарових матеріалів та об’єктів з нерівною поверхнею. За рахунок збудження вихрострумових перетворювачів (ВСП) імпульсними струмами інформаційний сигнал містить ряд частотних компонент, які в свою чергу підвищують інформативність контролю. Такі сигнали зазвичай аналізуються в частотній області за допомогою перетворення Фур’є.

Іншим методом аналізу таких сигналів є дослідження їх параметрів у часовій області. Попередні дослідження імпульсного режиму збудження засвідчили, що об’єкт контролю (ОК) за рахунок своїх електромеханічних параметрів приводить до зміни частоти вихідного сигналу та декременту його загасання.

В доповіді розглянуто задачу вимірювання діаметру неферромагнітних ОК циліндричної форми. При імпульсному збудженні на виході вимірювальної котушки трансформаторного ВСП формувався сигнал виду:

$$u(t) = U_m e^{-\alpha t} \cos 2\pi f t,$$

де α - декремент загасання, f - частота власних коливань. Досліджувалась зміна f як функція від діаметру ОК $f = F(D)$. Частота інформативного сигналу визначалась як:

$$f = \frac{\Delta\Phi}{2\pi\Delta T},$$

де $\Delta\Phi$ - накопичена фаза інформативного сигналу за час ΔT . Значення $\Delta\Phi$ оцінювалось за допомогою перетворення Гільберта. На рис. 1 наведено типовий вид вихідного сигналу, а на рис. 2 – отримана залежність частоти f від діаметра, яка має лінійний характер.

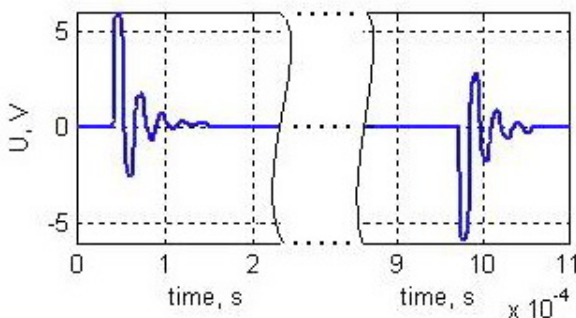


Рис. 1

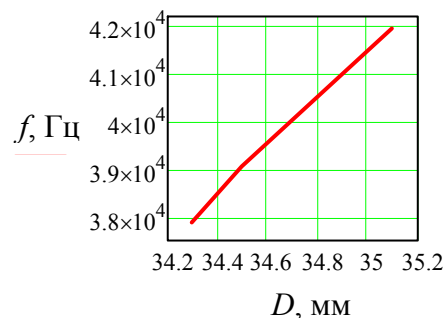


Рис. 2

В доповіді проаналізовано похибку вимірювання частоти f і відповідно діаметру ОК, яка не перевищує 0.5%.

Ключові слова: вихрострумний контроль, імпульсний режим збудження, перетворення Гільберта.

УДК 620.179.16

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АКУСТИЧНИХ ПОЛІВ ОДНОЕЛЕМЕНТНИХ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

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

П'єзоелектричні перетворювачі, що використовуються в неруйнівному контролі та медичній діагностиці, мають різну форму та конструкцію: від простих плоских одноелементних перетворювачів до багатоелементних фазованих антенних ґраток. Характеристики цих перетворювачів значним чином впливають на формування акустичного поля в об'єкті контролю.

Створення заданої форми акустичного поля є важливою задачею, тому що дозволяє підвищити якість ультразвукової діагностики. Дана задача є досить складною і потребує не тільки досліджень на реальних зразках, а також і використання апарату математичного моделювання.

Досі не існує надійних методів контролю роботи самих п'єзоперетворювачів. Наприклад, значний вплив на формування акустичного поля чинить розподіл коливальної швидкості по поверхні п'єзоперетворювача. Зазвичай вважають, що коливання поверхні перетворювача відповідають коливанням поршневої моди. На практиці це не завжди так. Причинами може бути недотримання технології виробництва, порушення складу маси п'єзокерамічного матеріалу, мікропошкодження на поверхні перетворювача і т.п.

Іншим фактором, що впливає на формування акустичного поля перетворювача є форма сигналу, що випромінюється в об'єкт контролю.

Для розрахунку акустичного поля випромінювання використовують наступну фізичну модель: поверхня випромінювача розбивається на елементарні ділянки, що являють собою точкові випромінювачі. Акустичний тиск в будь-якій точці поля випромінювання визначають як суму ефектів від всіх елементарних випромінювачів.

Запропонований алгоритм моделювання дозволяє враховувати вплив найрізноманітніших розподілів коливальної швидкості по поверхні перетворювача (розподіл може бути заданий як явно, так і неявно самим дослідником), а також форми випромінюваного сигналу на створюване акустичне поле. Це в свою чергу дозволить запропонувати ефективні методи керування характеристиками акустичного поля, що ґрунтуються як на конструктивних вдосконаленнях первинних п'єзоелектричних перетворювачів, так і електронних трактів випромінювання/прийому.

Ключові слова: ультразвук, акустичне поле, п'єзоперетворювач, математичне моделювання.

УДК 543.27.08

МЕТОД КОНТРОЛЮ КАМЕРИ ЗГОРАННЯ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ

*Романів В. М., Вабіщевич К. М., Буграк А. І., Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

На більшості компресорних станцій силовими агрегатами є газотурбінні двигуни, для яких основним паливом є природний газ. У зв'язку з тим, що агрегати газотурбінних установок (ГТУ) працюють протягом багатьох сотень і тисяч годин без зупинки, велике значення має діагностика стану окремих вузлів цих агрегатів. Одним із основних вузлів газотурбінної установки є камера згорання, від надійності роботи якої залежить надійність роботи всього агрегату. Згідно теорії горіння при фіксованих внутрішніх умовах процес горіння може протікати в стаціонарному режимі, коли основні характеристики – швидкість реакції горіння, потужність тепловиділення, температура газу і склад продуктів не змінюється під час, або періодично, коли ці характеристики коливаються біля своїх середніх значень. Внаслідок сильної нелінійної залежності швидкості реакції від температури, горіння стає досить чутливим до зовнішніх умов. Нелінійна теорія руйнування нержавіючої сталі, яка працює при підвищених температурах, показує, що однією з причин її руйнування являються термофлуктуації.

Є декілька способів контролю режиму горіння в ГТУ: вібраційний контроль за допомогою індукційних давачів, вібраційний контроль за допомогою гальваномagnetних перетворювачів, діагностика на основі статистичного аналізу дисперсії електростатичного сигналу.

Перспективним є контроль за допомогою вимірювання температури вихлопних газів та концентрації в них продуктів згорання. Удосконалення цього методу, полягає в тому, що вимірюються параметри газів у вихлопній шахті, проводиться обробка результатів вимірювань за допомогою методів математичної статистики, судять про стан камери згорання по відхиленню цих результатів від еталонних величин. В якості параметрів газів у вихлопній шахті вибирають температуру газів і концентрацію в них продуктів згорання. При обробці результатів вимірювань отримують стандартні відхилення температури газів і концентрацію продуктів згорання, а в якості еталонної величини вибирають еталонне значення стандартних відхилень температури газів і концентрації продуктів згорання, які потрібно визначати по результатах вимірювань цих величин для кожного типу ГТУ від початку її експлуатації до завершення. При визначенні концентрації продуктів згорання визначається концентрація оксиду вуглецю і оксидів азоту, причому потрібно проводити послідовно десять вимірювань протягом 20 хвилин.

Ключові слова: камера згорання, метод контролю, вимірювання температури, концентрація продуктів згорання.

УДК 621.3.082.4

РЕГИСТРАЦИЯ НАКЛАДНЫМ ВИХРЕТОКОВЫМ ПРИЕМНИКОМ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ШУМОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ В МЕТАЛЛИЧЕСКОМ СТЕРЖНЕ

Карпуть В. В., Петрищев О. Н., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

Мониторинг шумов акустической эмиссии (АЭ) дает информацию о техническом состоянии контролируемого объекта. С его помощью решаются различные задачи по оценке технического состояния конструкций и сооружений.

В представленной работе впервые рассматривается процесс регистрации накладным вихрековым преобразователем (Рис.1) шумов АЭ.

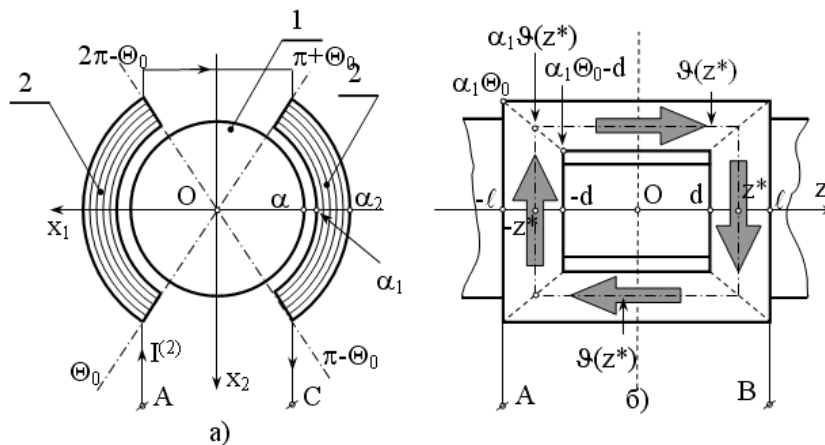


Рис.1. Расчетная схема накладного вихрекового приемника
а) вид с торца стержня б) вид с боку

Известно, что в стержне кругового поперечного сечения могут существовать три вида нормальных волн: крутильные, осесимметричные и неосесимметричные. Настоящая работа рассматривает только осесимметричная составляющая волнового поля.

Путем математического моделирования, на основании теоремы о наведенном магнитном потоке, впервые получены аналитические выражения связывающие геометрические размеры приемника и его рабочий частотный диапазон. Показано, что геометрические размеры вихрекового накладного приемника влияют на результаты регистрации шумов АЭ.

Впервые сделан вывод, что эффективная регистрация шумов АЭ вихрековым накладным приемником, помимо учета волнового характера распространения упругих колебаний в стержне, требует согласования размеров приемника с заданным частотным диапазоном.

Ключевые слова: вихрековый накладной преобразователь, акустическая эмиссия, металлические стержни кругового поперечного сечения, нормальные волны.

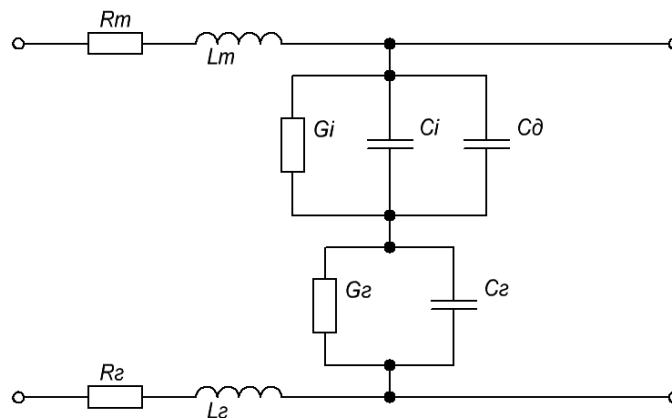
УДК 621.317; 621.643

**ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ БЕЗКОНТАКТНОГО ПОШУКУ МІСЦЬ
ВІДШАРУВАНЬ ІЗОЛЯЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ ПІДЗЕМНИХ
НАФТОГАЗОПРОВОДІВ**

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

Важливою задачею під час обстеження підземних нафтогазопроводів є контроль стану їхнього ізоляційного покриття. Проблемним аспектом таких обстежень залишається необхідність пошуку пошкоджень типу відшарування ізоляції у випадку відсутності чіткого контакту основного металу труби з ґрунтовим електролітом.

Авторами запропонована наступна еквівалентна електрична схема заміщення ділянки підземного нафтогазопроводу із пошкодженням ізоляційного покриття типу відшарування, зображена на рисунку 1.



R_T, L_T – опір та індуктивність трубопроводу; R_G, L_G – опір та індуктивність ґрунту; G_G, C_G – провідність та ємність ґрунту; G_I, C_I – провідність та ємність ізоляційного покриття; C_d – ємність дефекту ізоляційного покриття (відшарування ізоляції)

Рис. 1. Еквівалентна електрична схема заміщення ділянки підземного трубопроводу з ємнісним пошкодженням ізоляційного покриття

Першим кроком у вирішенні поставленої задачі є детальний аналіз зміни електричних параметрів розміщеного в ґрунті підземного нафтогазопроводу під впливом різного роду пошкоджень.

Подібні дослідження проводилися в роботах [1, 2], проте в них розглянуто тільки варіанти активного пошкодження ізоляції, тоді як випадки із наявністю пошкоджень типу відшарування ізоляційного покриття не розглядалися.

Ключові слова: підземний нафтогазопровід, ізоляція, пошкодження.

Література:

1. Сидоров Б.В., Щербакова Л.Ф. О расчете электрических параметров трубопроводов // Изоляция трубопроводов / Тр. ВНИИСТА. – 1982. – С. 92-109.
2. Дикмарова Л.П. Эквивалентные электрические схемы замещения подземных трубопроводов // Відбір і обробка інформації. – 1998. – №12 (88). – С. 26-30.

УДК 534.08

КОНТРОЛЬ ЗЕРНЕНОЇ СТРУКТУРИ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЛІНІЙНИХ АКУСТИЧНИХ ЕФЕКТІВ

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

Як відомо, для контролю структурно неоднорідних середовищ, окремим випадком яких є полікристалічні матеріали, застосовуються дві основні моделі: гістерезису тертя та гістерезису відриву, які досить адекватно описують взаємодію пружної хвилі та так званих дефектів-включень. До складу цих моделей входять як відповідні коефіцієнти нелінійності, так і відносна деформація структурно неоднорідного середовища. Функціональний зв'язок між механічною напругою та відносною деформацією в них залежить не тільки від знаку відносної деформації, але й від знаку швидкості зміни відносної деформації.

Нелінійна взаємодія між пружною хвилею та структурно неоднорідним середовищем виникає внаслідок того, що при різниці в декілька десятків раз модулів пружності матеріалу-основи (метал) та дефекта-включення (границя зерна) в міжзерненій границі виникають екстремально великі відносні деформації, що приводять до відхилення від закону пропорційності Гука.

Такі екстремальні деформації призводять до амплітудної залежності коефіцієнта затухання гармонійних складових пружної хвилі та зміни їх фазової швидкості. Такі залежності є дуже складними, вони залежать від багатьох факторів та для кожного полікристалічного матеріалу є індивідуальними.

Під впливом різних чинників, таких як повний або неповний відпал, деформаційний або фазовий наклеп та багатьох інших може змінюватися зернена структура таких “м'яких” металів, як мідь, цинк або свинець, а також їх сплавів, таких як, наприклад, латунь. Звісно ж, зміна зерненої структури впливає на параметри зондуєної пружної хвилі, причому для опису такого “нового” структурно неоднорідного середовища необхідно використовувати гістерезисні моделі з іншими значеннями числових коефіцієнтів.

Основною проблемою при вимірі змін коефіцієнта затухання та фазових швидкостей є їх дуже невелике значення – не більше одного-двох відсотків при максимальній інтенсивності зондуєної хвилі. На фоні власних акустичних та електронних спотворень сигналів вимірювальної апаратури, які самі в сумі можуть становити кілька відсотків, такий інформаційний сигнал може “загубитися”. Тому для виявлення невеликих змін коефіцієнта затухання та фазових швидкостей пружної хвилі пропонується ряд методів, які за рахунок відповідної побудови вимірювального каналу та алгоритму вимірювання дозволяють виявити ці невеликі зміни з високою роздільною здатністю.

Ключові слова: структурно неоднорідне середовище, зернена структура, матеріал-основа, дефект-включення, гістерезис тертя, гістерезис відриву.

УДК 534.232

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ВОЛН В МЕТАЛЛИЧЕСКОМ ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ

¹⁾Горбашова А. Г., ¹⁾Петрищев О. Н., ²⁾Сучков Г. М., ¹⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина,
²⁾Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

В настоящее время электромагнитные-акустические методы и устройства измерения толщины изделий интенсивно развиваются. Однако их технические и метрологические характеристики часто не удовлетворяют требованиям промышленности. При любом практическом использовании продольных и поперечных сферических волн естественным образом возникает вопрос об эффективности их возбуждения и приема в заданном диапазоне частот. Насколько известно авторам, в настоящее время отсутствует аналитические конструкции, которые позволяют получить содержательные ответы на сформулированные выше вопросы.

При электромагнитном возбуждении упругих волн в металлах энергия электромагнитного поля, которое проникает в объем металлоизделия, трансформируется в энергию упругих колебаний либо за счет пондеромоторного взаимодействия поля и вещества, т.е. за счет вихретокового механизма образования деформаций, либо за счет прямого магнитострикционного эффекта в металлах ферромагнитной группы. Вне зависимости от механизма образования деформаций, при электромагнитном способе возбуждения упругих колебаний ультразвуковые волны генерируются источниками, которые располагаются на поверхности и в объеме металлоизделия.

В работе рассмотрена задача о возбуждении осесимметричными силами Лоренца продольных и поперечных сферических волн в металлическом полупространстве. Дана формулировка граничных задач, решения которых моделируют процесс возбуждения продольных и сдвиговых волн бесконтактным (электромагнитным) способом. Предложена схема решения граничной задачи о возбуждении сферических продольных и поперечных волн системой внешних сил в объеме ограниченной области упругого полупространства. Задача решена в приближении дальнего поля с применением интегрального преобразования Ханкеля по радиальной координате. Исследовано влияния размеров в области существования сил Лоренца на амплитудно-частотный спектр возбуждаемых волн.

Выполнены сравнительный анализ энергоемкости продольных и поперечных волн. Показано, что поперечные сферические волны являются доминирующими по энергетике.

Ключевые слова: сферические волны, толщинометрия, сила Лоренца.

УДК 620.179.16

АДАПТАЦІЯ АКУСТИЧНОГО ТРАКТУ ДО ФОРМИ ОБ’ЄКТУ КОНТРОЛЮ ПРИ ВИМІРЮВАННЯХ ШВИДКОСТІ ПОШИРЕННЯ ПРУЖНОЇ ХВИЛІ

¹⁾Безимяний Ю. Г., ¹⁾Євко І. Г., ²⁾Комаров К. А., ¹⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», ²⁾Інститут проблем матеріалознавства ім. І.Н.Францевича НАН України, м.Київ, Україна

Часто в практиці неруйнівного контролю виникають задачі пов’язані з необхідністю прозвучування об’єктів складної форми. Так, в ІПМ НАН України розроблено нову технологію порошкової металургії із зміною виду та напрямку деформування матеріалу на різних стадіях його виготовлення, в результаті чого від стадії до стадії змінюється конфігурація зразків матеріалу: циліндричні зразки стають циліндрами з пустотами у формі зрізаних конусів і потім знову стають циліндрами. При цьому змінюється закон розподілу властивостей усередині матеріалу, який бажано контролювати неруйнівними методами, наприклад за допомогою вимірів швидкості поширення пружної хвилі. Звичайні п’єзодавачі з плоскими поверхнями не придатні для прозвучування таких зразків. Тому для вирішення цієї задачі було розроблено спеціальний акустичний тракт, в який введено кондуктори у вигляді сталених стрижнів з підігнаними до конусної поверхні зразка кінцями. Робота присвячена розкриттю особливостей використання такого тракту.

Акустичний тракт для досліджень зразка порошкового заліза складної форми було розраховано у рамках променевої акустики методом аналогії з трактом, де використаний зразок з оргскла такої ж форми. Такий підхід не дає точних результатів, тому що в порошковому залізі при тих же кутах нахилу поверхонь пружна хвиля заломлюється на інший кут ніж в оргсклі, крім того властивості порошкового заліза змінюються усередині матеріалу. Але цей підхід дає можливість оцінити експериментальні результати вимірювання швидкості поширення пружної хвилі в зразках порошкового заліза та виявити напрямки адаптації акустичного тракту до форми та властивостей досліджуваного матеріалу. При цьому необхідно враховувати, що зона прозвучування матеріалу повинна бути достатньою за об’ємом для отримання необхідного для вимірів рівня сигналу та достатньо мала для отримання розподілу властивостей усередині матеріалу.

Основні напрямки адаптації акустичного тракту до форми та властивостей досліджуваного матеріалу можна сформулювати таким чином:

- оптимізація матеріалів стрижнів. Не виключено, що вони можуть бути з різних матеріалів;
- оптимізація форми прийомного стрижня і його кута нахилу відносно зразка;
- оптимізація параметрів сигналу, який збуджує пружну хвилю;

- аналіз прийнятого сигналу пружної хвилі в часі.

Ключові слова: неруйнівний контроль, акустичний тракт, пружна хвиля, швидкість поширення пружної хвилі, порошкове залізо, адаптація.

УДК 620.179.16

ОЦЕНКА СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВ МОНОКАРБИДА ВОЛЬФРАМА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

¹⁾Безымянный Ю. Г., ¹⁾Богдан Г. А., ²⁾Колесников А. Н., ¹⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», ²⁾Институт проблем материаловедения им. И.Н.Францевича НАН Украины, г. Киев, Украина

Современные методы порошковой металлургии позволяют получать композиционные многофазные материалы с наперед заданными физико-механическими свойствами. При отработке новых технологий изготовления необходимо обеспечить контроль за формированием однородности внутренней структуры и искомых свойств изготавливаемого порошкового материала. На формирование физико-механических характеристик таких объектов влияет большое количество разнообразных факторов, поэтому отработка свойств изделий порошковой металлургии производится по результатам испытаний образцов, получаемых из разных по составу порошков, формуемых и спекаемых при разных технологических режимах.

Скорость распространения упругой волны физически связана с упругостью, плотностью и внутренней структурой материала и поэтому её традиционно используют для неразрушающего контроля структурных особенностей и физико-механических свойств материалов. Такой контроль для материалов со сложной внутренней структурой предполагает установление эмпирической связи между измеряемым и искомым свойством материала.

В работе исследована возможность использования скорости распространения упругой волны для оценки свойств высокомодульных материалов на основе порошка монокарбида вольфрама с добавкой порошка кобальта (WC-20Co), получаемых в ИПМ НАН Украины по технологии горячего прессования исходных порошков в вакууме с применением кратковременного нагрева и высокоскоростного нагружения. Скорость распространения упругой волны определяли импульсным ультразвуковым методом в различных локальных объёмах исследуемых образцов.

Для выявления связи скорости распространения упругой волны со свойствами материала проводили следующую обработку результатов измерений:

- дисперсионный анализ, по результатам которого определяли разброс свойств по объёму изделия и между партиями образцов;

- регрессионный анализ, по результатам которого определяли влияние технологических параметров на свойства материала;
- корреляционный анализ, по результатам которого определяли возможность использования скорости распространения ультразвука для оценки других физико-механических и эксплуатационных свойств материала.

Ключевые слова: скорость распространения упругих волн, многофазные материалы, регрессионный анализ, корреляционный анализ.

УДК 620.179.16

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ВЫСОКОЧАСТОТНОМ ЦИКЛИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

¹⁾Безымянный Ю. Г., ²⁾Галаненко Д. В., ³⁾Талько О. В. ¹⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», ²⁾НПФ "Промприлад", г. Киев, Украина; ³⁾Институт проблем материаловедения НАН Украины, г. Киев, Украина

Акустическая эмиссия – высокоэффективный инструмент для получения информации о процессе разрушения материала при внешнем воздействии на него. Подавляющее большинство деталей машин и механизмов происходит вследствие многоциклового усталости материалов. В предыдущих работах нами показано, что метод акустической эмиссии может быть использован для контроля за закономерностями разрушения традиционных пластичных и хрупких материала при их высокочастотном циклическом деформировании. Целью настоящей работы являлось исследование особенностей использования метода акустической эмиссии для отображения процесса накопления усталостных повреждений при высокочастотном деформировании композиционных материалов.

Образцы для исследований были изготовлены из классического композита – текстолита. Для приема и обработки сигналов акустической эмиссии использовали прибор ГАЛС 1 разработки НПФ "Промприлад". В приборе предусмотрена регулировка частотно-временных характеристик приёмника для подавления помех, сопровождающих полезный сигнал, что позволяло адаптировать приёмный тракт прибора к шумовой помехе, характерной для конкретного испытания, с целью её максимального подавления, и анализировать принимаемый сигнал в различных частотных диапазонах. Акустическую эмиссию измеряли при циклическом деформировании в резонансном режиме симметричных изгибных колебаний консольно закреплённых на электродинамическом вибростенде плоских образцов.

Закономерности накопления усталостных повреждений в композитах определяются как особенностями структуры материала, так и диапазоном действующих циклических напряжений, в частности, в текстолите –

локальными микропластическими деформациями волокон, наполнителя и на их границах. Эти деформации приводят к развитию многочисленных микротрещин, каждая из которых нарушает целостность изделия, но не доводит его до полного разрушения. Закономерности этих процессов нашли отображение в контролируемых параметрах акустической эмиссии и имели существенные отличия в зависимости от частотного диапазона принимаемого сигнала.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, метод акустической эмиссии, многоцикловая усталость, циклическое нагружение, композиционный материал.

УДК.621.317.32

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

*Баженов В. Г., Грузин С. В., Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

Известно, что задачи измерения напряжённости электрических полей возникли при изучении явлений атмосферного электричества. В настоящее время к подобным задачам всё чаще обращаются экологи для изучения влияния на человека и для обеспечения норм безопасности промышленных линий электропередачи и другого промышленного и домашнего электрооборудования. Кроме того, всё больший интерес к подобным измерениям проявляют и геофизики, где требуется не только измерять, но и регистрировать околоземные электрические поля.

В работе рассматриваются основные принципы построения электрических флюксометров. Предложен цифровой способ динамического измерения напряжённости электрического поля, на основе которого был разработан и изготовлен на современной элементной базе (с применением микроконтроллера Atxmega32) малогабаритный высокочувствительный флюксометр. В приборе используется оригинальная методика обработки результатов измерения, которая позволила повысить точность и чувствительность, а также исключить дрейф результатов измерений. При этом прибор имеет очень малые габариты и низкое энергопотребление. Результат измерения можно наблюдать на цифровом дисплее самого прибора. Причём результат представляется с «плавающей запятой» т.е. в приборе производится автоматический выбор пределов измерения в зависимости от измеряемых значений. (Автоматически изменяется коэффициент усиления измерительного усилителя: 1,2,4,8 и диапазон измеряемых напряжённостей составляет 10в/м до 10 кв/м). Для автоматической регистрации результатов измерения используется ноутбук. Поскольку при измерениях электростатических полей на результат измерения очень сильно сказывается наличие каких-либо дополнительных проводов в

прибор был встроен модуль Bluetooth и связь с компьютером осуществляется без проводов. Кроме того с помощью модуля Bluetooth осуществляется также связь компьютера с модулем GPS для автоматической регистрации времени и географических координат измерения.

Созданы программы дополнительной обработки и регистрации результатов измерений. Может использоваться «автошкала». Передвигая строб по экрану регистрации результатов можно визуализировать в цифре результат, координаты и время измерений в этой точке. Имеется программа представления результатов в 2D, при этом координаты X Y берутся с модуля GPS, а цвет используется для указания напряжённости поля. Можно представлять результаты и в 3D, при этом координаты X Y берутся с модуля GPS, а координата Z указывает на результат напряжённости поля. Модель 3D можно вращать по всем осям и рассматривать с любой точки. Имеется возможность менять разрешающую способность представления модели.

Предполагается в дальнейшем использовать модуль GPRS для дистанционной передачи обработанной информации на сервер.

Ключевые слова: цифровой измеритель, флюксометр, неразрушающий контроль, микроконтроллер.

УДК621.317

ЦИФРОВИЙ ВИМІРЮВАЧ ФАЗОВОГО ЧАСУ ПРОХОДЖЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ СИГНАЛІВ

*Баженов В. Г., Богдан Г. А., Грузин С. В., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», г. Київ, Україна*

Пропонується цифровий вимірювач фазового часу проходження ультразвукових сигналів особливістю якого є те що використовується цифровий ортогональний спосіб вимірювання причому вимірювання виконуються за два цикла по два етапа в кожному також те що синхросигнал з якого формується випромінюваний радіоімпульс є також сигналом дискретизації АЦП, а також сигналом запису даних в накопичувальне ОЗП на першому етапі вимірювання. На другому етапі вимірювання синхронно зчитуються данні з накопичувального ОЗП а також данні з ПЗП₁ і ПЗП₂, в яких відповідно зберігаються значення синусної та косинусної складових опорного сигналу, які синхронно подаються на помножувачі цифрових сигналів відповідно П₁ і П₂, на другі входи яких подаються коди з накопичувального ОЗП. Причому частота зчитування а також обробки отриманих даних з цифрових помножувачів кодів отримується шляхом зменшення (поділення) частоти дискретизації. Що значно зменшує вимоги до швидкодії блока обробки даних а також до інтерфейсу ПК. Другий цикл вимірювання відрізняється від

першого тим що до АЦП за допомогою комутатора підключається вимірювальний сигнал замість випромінюючого.

Використання фактично одного вимірювального каналу в вигляді одного АЦП при відносних вимірюваннях (вимірювання початкової фази випромінюваного сигналу, на другому етапі абсолютної фази вимірювального сигналу, потім знаходження різниці цих фаз) значно підвищує точність визначення фазового часу затримки. Крім того використання ортогонального методу обробки результатів вимірювання також значно підвищує точність а також завадостійкість вимірювань.

Ключові слова: цифровий вимірювач, ортогональний, два цикла вимірювання, АЦП, ПЗП, накопичувальне ОЗП, блок обробки даних, ПК.

УДК 620.179.16

МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФАЗОВАНОЇ АНТЕННОЇ РЕШІТКИ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

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

Фазовані антени решітки п'єзоелектричних перетворювачів (ФАР ПЕП) входять в склад ручних ультразвукових дефектоскопів/томографів та автоматизованих систем контролю. Роздільна здатність таких систем визначається параметрами просторово-часових характеристик (ПЧХ) ФАР ПЕП, які залежать від конструктивно-технологічних параметрів перетворювача та параметрів електронного блоку.

Хоча на різних етапах виробництва і виконуються операції по вимірюванню та контролю елементів конструкції перетворювача, проте визначення конструкційних та технологічних відхилень можливо виконати лише за допомогою вимірювання електроакустичних характеристик кінцевого виробу. ФАР ПЕП є чутливими до похибок керування та порушень ідентичності характеристик каналів електронного блоку, тому для точних вимірювань ПЧХ в склад вимірювальної системи повинні входити високостабільні та функціональні вузли ускладненої структури та конструкції.

Для проведення експерименту використовувалась 16-ти елементна контактна ФАР ПЕП з номінальною частотою 2,25 МГц. Вимірювання проводилися в режимі випромінювання при збудженні радіоімпульсом з одним періодом коливач при навантаженні на сталь. В результаті були отримані імпульсні характеристики напрямленості, часові та спектральні характеристики імпульсних сигналів для кутів сканування: 0°, 20°, 40°.

Для оцінки впливу системи на власні параметри перетворювача отримані результати порівнювались з теоретично розрахованими даними. Для цього була

використана математична модель лінійної ФАР ПЕП в імпульсному режимі, яка базується на методі в основі якого лежить операція просторово-часової згортки. На відміну від ідеалізованих математичних моделей для неперервного режиму, запропонована модель дозволяє визначити миттєве значення та форму акустичного імпульсу в довільній точці акустичного поля з урахуванням порушень ідентичності характеристик каналів електронного блоку та елементів ФАР ПЕП.

Ключові слова: фазована антенна решітка, імпульсна характеристика напрямленості.

УДК 697.34

ДОСЛІДЖЕННЯ АКУСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРУБОПРОВІДІВ З ПІНОПОЛІУРЕТАНОВОЮ ІЗОЛЯЦІЄЮ ДЛЯ ПІДЗЕМНИХ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

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

Трубопроводи в пінополіуретановій (ППУ) ізоляції для підземних теплових мереж безканальної прокладки, що виготовляються згідно з ДСТУ Б В.2.5-31-2007 є складними об'єктами, які внаслідок наявності товстого шару теплової та тонкого шару гідроізоляції мають значні звукоізолюючі властивості. Через це для контролю їх технічного стану неможливо застосувати методи акустичного відгуку шуму теплоносія, які використовуються для контролю теплових мереж каналної прокладки з мінераловатною ізоляцією.

Нами запропоновано примусово збуджувати акустичні коливання значної потужності у металевому трубопроводі для фіксації їх з поверхні ґрунту. При цьому досліджено акустичні характеристики трубопроводу в ППУ ізоляції (товщина теплової ізоляції 50 мм, гідроізоляції – 5 мм), розміщеного в ґрунті на глибині 30 см, частина якого в зоні вимірювань була розкопана (рис.1).



Рис. 1. Акустичні характеристики трубопроводу в ППУ ізоляції

З рис. 1 можна визначити 3 частотні діапазони (0,125 - 1 кГц), (1 - 3,15 кГц), (3,15 - 16 кГц), які можна апроксимувати простими залежностями і з яких

виділити частоти, що несуть інформацію про дефекти трубопроводу та шарів двох його ізоляцій. Наприклад, падіння звукоізоляції в діапазоні 3,15 - 16 кГц спричинене виникненням резонансних явищ між металевим трубопроводом та його кожухом (гідроізоляцією). Тому, пошкодження шару гідроізоляції викличе підйом амплітуди сигналу у вказаному діапазоні, особливо на частотах 6,3 - 8 кГц. Пошкодження шару теплової ізоляції фіксується в діапазоні 0,125 - 1 кГц.

Ключові слова: акустичні характеристики, пінополіуретанова ізоляція, частота, діапазон.

УДК 697.34

РОЗРОБКА ПРОЕКТУ СТАНДАРТУ ОРГАНІЗАЦІЇ УКРАЇНИ НА МЕТОДИКУ ПРОВЕДЕННЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

Ващишак І. Р., Ващишак С. П., Бурда Ю. М., Яворський А. В., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Досвід експлуатації підземних теплових мереж з трубопроводами в пінополіуретановій (ППУ) ізоляції за останні роки показав, що пошкодження теплової і гідроізоляції та корозійні явища є головними проблемами які призводять до втрат тепла і розгерметизації трубопроводів.

Аналіз існуючої нормативної документації свідчить, що для тепломереж, які перебувають в процесі експлуатації, відсутні описи технологій проведення контролю на основі комплексного використання сучасних безконтактних методів, а застосування описаних технологій має рекомендаційний характер.

У документах на проведення контролю трубопроводів в ППУ ізоляції не визначено бракувальних критеріїв та не встановлено граничних значень параметрів технічного стану теплової мережі для визначення його виду (справна/несправна, працездатна/непрацездатна). Крім того на даний час не існує належного методичного забезпечення робіт з контролю стану теплових мереж з трубопроводами в ППУ ізоляції.

Нами проведено вдосконалення акустичного та електромагнітного методів контролю, які дають змогу безконтактно визначити реальний технічний стан підземних теплових мереж з трубопроводами в ППУ ізоляції. На основі цього нами розроблено проект стандарту організації України (СОУ) на методику проведення контролю технічного стану підземних теплових мереж з трубопроводами в ППУ ізоляції, який складається з 14 розділів. Перші 5 розділів містять загальну інформацію (сфера застосування, нормативні посилання, визначення понять, позначки і скорочення). У 6 і 7 розділах містяться вимоги до організацій, персоналу і охорони праці при проведенні робіт. Аналіз технічної та оперативної документації щодо об'єкту контролю наведено в розділі 8. Розділи 9 – 13 є основними, оскільки встановлюють вимоги до

апаратури, обсягу та видів контролю, організації робіт з підготовки і проведення контролю. Методика проведення контролю описана у розділі 12, а процес визначення технічного стану тепломережі за даними досліджень – у розділі 13. Оформлення результатів контролю наведено у розділі 14.

Впровадження розробленого СОУ дасть змогу визначити послідовність та терміни проведення контролю, встановити взаємозв'язок інформативних параметрів, отриманих на поверхні ґрунту над тепломережею з видом пошкодження та її реальним технічним станом.

Ключові слова: методика, неруйнівний контроль, технічний стан, теплопровід, тепломережа, стандарт організації України.

УДК 676.017.55; 681.785.6

МЕТОД ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ГЛАДКОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПОЛОТНА

*Бушинский В.О., Воронов С.А., Коваль И.И., Панкратов В.Й., Родионов В.Н.,
Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический
институт», г. Киев, Украина*

Блеск и гладкость являются одними из основных характеристик целлюлозно-бумажных материалов, используемых в полиграфической и других отраслей промышленности. Величину блеска можно определить из измерений дзеркального отражения света при определенных углах падения, отвечающих минимальному диффузному рассеянию [1]. Гладкость определяет качество печати бумажного материала. Стандартным методом определения гладкости является лабораторный способ измерения времени прохождения воздуха об'ємом 1 куб см. между поверхностью бумаги и полированным стеклом при разнице давления $0,5 \times 10^{-5}$ Па. Очевидно, что этот пневматический метод (метод Бекка) не может быть использован для непрерывного контроля бумажного полотна в процессе производства.

В данной работе сообщается о результатах совместных измерений блеска оптическим методом [1] и гладкости указанным лабораторным способом большого массива бумажного материала (около 500 образцов) в широком диапазоне углов падения света для разного рельефа поверхности.

Анализ показал наличие между измеренными параметрами блеска и гладкости сильной нелинейной корреляционной зависимости, которая может быть аппроксимирована параболической функцией. Экспериментальные данные были сведены в корреляционную таблицу и подвергнуты статистической обработке, в результате чего были определены параметры корреляции: построена линия регрессии, вычислено корреляционное отношение, равное 0,80 – 0,85 для оптимальных углов падения света.

Результаты работы позволяют предложить оптические измерения зеркального блеска в качестве метода контроля гладкости бумажного полотна в технологическом потоке. Точность оценки гладкости при этом (15-20)% вполне достаточна, чтобы при непрерывном контроле гладкости автоматически поддерживать ее на заданном уровне или регулировать в соответствии с производственным процессом. Традиционный пневматический метод может оставаться как арбитражный контроль качества бумаги.

Ключевые слова: технологический контроль, блеск и гладкость бумажного полотна, корреляционный анализ, линия регрессии, корреляционное отношение, автоматическое регулирование.

Литература:

1. В.О. Бушинський, С.О. Воронов, В.Й. Панкратов, В.М. Родіонов. Метод технологічного контролю блиску стрічкових і листових матеріалів // Наукові вісті НТУУ “КПІ”.- 2010. - №1. - с.130-134.

УДК 620.179:620.22

**ІДЕНТИФІКАЦІЯ МАКРОДЕФЕКТІВ СТРУКТУРИ
ОКСИДУ АЛЮМІНІЮ РЕЗОНАНСНИМИ МЕТОДАМИ**

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

Ціла низка практичних завдань вимагає створення керамічних матеріалів з градієнтом пористості. Проте технологічні прийоми, завдяки яким одержують матеріали різної пористості (зміна температурного режиму спікання і кількості введенного пороутворювача) має наслідком також зміну фазового складу, морфології пор та стану контактів між частинками порошку. Крім того, при виготовленні можуть виникати вкрай небажані тріщини.

Були досліджені зразки, виготовлені з порошку кальцинованого оксиду алюмінію А-1000SG (Alcoa). Різної пористості спечених зразків досягали зміною температури спікання від 1623 до 1848 К, а також зміною вмісту зв'язки (поліетиленгліколь) від 4 до 16 об'ємних відсотків.

Для визначення наявності макродефектів та ідентифікації їхнього типу, тобто встановлення, чи містить матеріал тільки бажані дефекти (об'ємні пори), чи також наявні тріщиноподібні дефекти, були розроблені та застосовані методи, що дозволили одержати комплекс акустичних резонансних характеристик: частоти власних коливань стрижневих зразків, ширину резонансної кривої, залежності частоти власних коливань та амплітуди гармонік при резонансних коливаннях від амплітуди коливань на основній частоті.

Встановлено, що на частоту власних коливань впливає як об'ємна пористість, так і концентрація тріщиноподібних дефектів, натомість характеристики, що свідчать про нелінійність коливань, переважно пов'язані з

наявністю тріщиноподібних дефектів, тому ідентифікацію дефектів запропоновано проводити за критерієм ступеню нелінійності коливань.

Ключові слова: оксид алюмінію, пори, тріщиноподібні дефекти, неруйнівний контроль, резонансна спектроскопія.

УДК 620.179.14

ОЦЕНКИ РИСКОВ В ЗАДАЧАХ ВИХРЕТОКОВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Тюпа И. В., Ананьина М. В., Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

В процессе контроля качества электропроводящих объектов вихретоковым способом, при анализе информационных сигналов вихретокового датчика (амплитуда и фаза, спектр) принимают решение о годности или негодности объекта контроля в зависимости от того, находится ли контролируемый параметр в заданных допустимых пределах. В большинстве случаев, принятие правильного решения возлагается на оператора и полностью зависит от его опыта и квалификации. Оценка возможных состояний контролируемого параметра объекта осуществляется, в основном, путем сравнения выходных сигналов датчика с рядом образцовых сигналов от объекта контроля с заданными качественными свойствами. При этом достоверность принятия решения о результатах контроля напрямую зависит от процедуры проведения контроля, а также соответствия выбранного эталона параметрам реального объекта контроля. Как показывает практика, создание эталонов или библиотеки сигналов для широкого круга задач вихретокового контроля весьма затруднительна, в основном по причинам большого разнообразия и часто несоответствия электромагнитных свойств материала объекта контроля заданным параметрам. Ограниченная точность измерений информационных сигналов и невозможность обеспечения идеальных условий проведения контроля зачастую приводит к ошибочным принятиям решений, т.е. к признанию годного к эксплуатации объекта негодным и наоборот. Для повышения достоверности контроля предложен определенный математический подход, в основу которого положен процесс моделирования информационных сигналов датчика от искомого контролируемого параметра объекта контроля. При измерении информационных сигналов от реального объекта контроля, далее осуществляется выбор наиболее вероятного состояния модели объекта, после чего выносится суждение о соответствии объекта контроля на основании параметров модели. При использовании данного подхода необходимо учитывать погрешности моделирования и погрешности измерения информационных сигналов вихретокового преобразователя от искомого контролируемого параметра. Далее предусматривается строгая математическая

процедура обробки полученної інформації с целью вычисления достоверности контроля, рисков заказчика и исполнителя. Исследования показали, что повышение чувствительности датчика не всегда приводит к повышению надежности контроля, а вычисление ошибок позволяет выбрать рациональные режимы работы системы вихретокового контроля.

Ключевые слова: информационный сигнал, модельный сигнал, достоверность контроля, погрешность, риски.

УДК 622.24.053

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РІЗЬБИ НІПЕЛЯ І МУФТИ НАСОСНО-КОМПРЕСОРНИХ ТРУБ

Кононенко М. А., Габльовська Н. Я., Лагойда В. П., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м.Івано-Франківськ, Україна

На сьогоднішній день в нафтогазовидобувній промисловості гостро постає питання забезпечення надійності найбільш аварійного вузла свердловинного обладнання – насосно-компресорних труб (НКТ). До вирішення цього завдання можна наблизитись шляхом дослідження зміни нормованих параметрів труб НКТ і, в першу чергу, їх найбільш вразливого вузла – різьбової частини ніпеля і муфти.

За допомогою розрахункового методу визначено коефіцієнти вагомості показників якості різьб, та встановлено пріоритетні параметри різьб ніпеля і муфти НКТ.

В подальшому проведено аналіз динаміки зміни геометричних параметрів різьб НКТ в залежності від циклів згвинчування – розгвинчування. Подальші дослідження у цьому напрямку дадуть можливість зробити висновки про загальні тенденції зношування різьби в процесі експлуатації.

З метою дослідження динаміки зміни геометричних параметрів різьби ніпеля і муфти НКТ нами проаналізовано результати випробувань зразків НКТ групи міцності Д діаметром 73 мм.

В результаті проведеного аналізу визначено, що значних змін у процесі багаторазового згвинчування-розгвинчування зазнають такі параметри, як висота профілю різьби, кути нахилу сторін профілю різьби, натяг різьби по різьбовому калібру-пробці, натяг різьби по різьбовому калібру-кільцю. Встановлено, що темпи зміни висоти профілю різьби і натягів різьби муфт і ніпелів різні для різних груп міцності, тому відмови випробуваних труб спостерігаються за різними критеріями. За критерій відмови прийнято вихід значення параметру, що аналізується, за межі допуску.

Встановлено також, що зміна геометричних параметрів різьбових ділянок ніпеля та муфти НКТ в залежності від циклів згвинчування-розгвинчування залишаються в межах граничних нормованих значень до 6 циклів згвинчувань-розгвинчувань.

Показано, що застосуванням комплексного підходу, зокрема, розглядаючи геометричні параметри різьби як випадкові величини, що мають граничні дисперсії, можна здійснювати оцінку можливості подальшої експлуатації різьбового з'єднання.

Ключові слова: насосно-компресорні труби, ніпель, муфта, зношування, калібр, цикл згвинчування-розгвинчування.

УДК 676.017.55; 681.785.6

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ СУСПЕНЗИЙ

*Бушинский В. О., Воронов С. А., Коваль И. И., Панкратов В. Й., Родионов В. Н.,
Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

Проведен анализ методов и средств технологического контроля низких концентраций целлюлозных суспензий (0,1-1,5)%, используемых в целлюлозно-бумажной промышленности. Показано, что наиболее эффективным методом для этого является измерение степени поляризации прошедшего через суспензию плоскополяризованого света. При этом происходит деполяризация излучения, что связано, вероятно, с двойным лучепреломлением света волокнами целлюлозы.

Разработана оптическая схема датчика низких концентраций и измерены характеристики деполяризации света при протекании волокнистой суспензии через проточную кювету.

Определена графическая зависимость выходного сигнала экспериментального образца от концентрации суспензии, т.е., градуировочная характеристика. Измерения показали, что она имеет сублинейный характер и практически не зависит от вида целлюлозы (измерено 9 видов).

Исследовано также влияние пигментов и красителей, добавляемых в целлюлозную суспензию, которые могут смещать градуировочную характеристику. Указано о необходимости градуировки датчика для каждого вида суспензии.

Определена абсолютная погрешность измерения концентрации суспензии экспериментального образца датчика, которая для всех видов целлюлозы составляет 0,052%. Относительная погрешность с уменьшением концентрации возрастает и для диапазона концентраций (0-0,5)% составляет 3,35%; для концентраций (0,5-1,0) равна 2,76%, а для концентраций (1,0-1,5) составляет 1,60%.

Точность измерений удовлетворяет требованиям технологических регламентов промышленных предприятий.

Ключевые слова: поляризационные измерения, целлюлозно-волокнистая суспензия, концентрация, двойное лучепреломление света, градуировочная характеристика, абсолютная и относительная погрешности.

УДК 620.1.08

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ КОНТРОЛЛЕР РЕГИСТРАЦИИ ТЕРМОЦИКЛОВ МНОГОПРОХОДНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

*Долиненко В.В., Скуба Т.Г., Ващенко О.Ю., Институт электросварки им.Е.О.Патона
НАН Украины, г.Киев, Украина*

Проведение экспериментальных исследований в области дуговой сварки ответственных конструкций связано с привлечением дорогостоящего сварочного оборудования и расходом значительных материальных ресурсов, таких как: металл сварочных образцов, присадочная проволока, защитный газ, а также электроэнергия. Поэтому одной из основных задач при проведении научных экспериментов является обеспечение надёжного регистрирования максимально возможного объёма информации для получения наиболее полного представления о характере структурных изменений в металле свариваемого изделия. Значительный интерес представляет информация об изменении пространственного температурного поля в свариваемом изделии при выполнении многопроходной дуговой сварки. Наибольшее распространение получили контактные способы измерения температур с помощью термопар типа ТХА и ТХК, которые позволяют измерять температуру с погрешностью не хуже $\pm 1^\circ\text{C}$. Известным достоинством такого способа является то, что сигнал э.д.с. термопары с точностью до масштабирующего коэффициента повторяет термоцикл сварки для фиксированной точки объёма свариваемого изделия. Для получения адекватной информации о протекании процесса многопроходной дуговой сварки требуется использовать ряд термопар.

Разработан микропроцессорный контроллер записи термоциклов сварки (далее - МКЗТЦ), который обеспечивает одновременную обработку, усиление и оцифровывание сигналов от 9-ти термопар. Для связи с ПЭВМ применён интерфейс типа Ethernet-100BASE-TX. МКЗТЦ конструктивно состоит из аналогового и цифрового модулей, которые связаны друг с другом с помощью гальванически развязанного интерфейса типа SPI. Гальваническая развязка реализована на основе цифровых микросхем типа ADuM1401 (фирма “Analog Devices”). В цифровом модуле используется 32-разрядный микропроцессор LPC2378 (фирма “NXP”). Аналоговый модуль реализован на основе микросхем ОУ типа AD822 и 24-разрядного сигма-дельта АЦП типа AD7714 (фирма “Analog Devices”), работающего на частоте 2.4576 МГц. Температура «холодного спая» измеряется при помощи термистора сопротивлением 10 кОм фирмы “EPCOS”. Диапазон измеряемых температур $0 \div 1300^\circ\text{C}$. Частота опроса

всех каналов – 10 раз/с. Электрическое питание МКЗТЦ осуществляется от низковольтного источника постоянного тока нестабилизированным напряжением от 18 В до 36 В. Потребляемая мощность – не более 10 Вт.

Ключевые слова: многопроходная дуговая сварка, регистрация термоциклов, термопара, микропроцессорный контроллер, гальваническая развязка, сигма-дельта АЦП.

УДК 620.1.08

КОНТРОЛЛЕР АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГИСТРАЦИИ И ЗАПИСИ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ

*Клишар Ф. С., Мельник Е. С., Шаповалов Е. В.,
Институт электросварки им.Е. О. Патона, г. Киев, Украина*

Одним из наиболее перспективных методов контроля качества выполнения контактной точечной сварки (КТС) является использование акустической эмиссии (АЭ), которая возникает в свариваемом изделии в процессе сварки. При этом в реальном времени требуется регистрировать уровень энергии сигнала АЭ и количество импульсов АЭ, уровень которых превышает заданный порог. Результаты измерений позволяют сформировать прогноз относительно вероятности возникновения таких дефектов сварного соединения, как выплеск или трещина. Известно также, что при выполнении бездефектной КТС во временной фазе формирования литого ядра сигнал АЭ имеет отличительную характерную форму.

Аппаратура регистрации сигналов АЭ должна удовлетворять требованиям, которые оговорены соответствующим стандартом. К основным параметрам и техническим характеристикам аппаратуры АЭ обычно относятся такие, как: уровень собственных шумов усилительного тракта, амплитудный динамический диапазон, форма амплитудно-частотной характеристики, диапазон рабочих частот $\Delta F_{рч}$ и др. Отметим, что некоторые требования могут быть реализованы как аппаратными, так и программными средствами разрабатываемой АЭ сенсорной системы.

Для решения поставленной задачи разработан микропроцессорный контроллер автоматической регистрации и записи сигналов АЭ КТС, в котором использован 32-разрядный высокопроизводительный микропроцессор типа BF548 (“Analog Devices”). Аналоговый узел усиления и нормализации состоит из двух последовательно соединённых фильтров Бесселя 4-го порядка: ФНЧ и ФВЧ. Это позволило реализовать активный полосовой фильтр с высокими динамическими характеристиками. Диапазон рабочих частот $\Delta F_{рч}$ (по уровню - 3 дБ) составляет 20,0 кГц - 0,6 МГц, амплитудный динамический диапазон усилительного тракта составляет не менее 60 дБ. Оцифровывание аналогового

сигнала осуществляется высокоскоростным АЦП разрядностью 12 бит типа AD9225 (“Analog Devices”) частотой 10МГц. Одновременно с сигналом АЭ регистрируется сигнал тока сварки и в реальном масштабе времени записывается в оперативную память микропроцессора, объём которой составляет 100 Мбайт. По окончании сварки записанный массив экспериментальных данных передаётся в ПЭВМ для сохранения полученной информации на жёстком диске и последующего анализа.

Ключевые слова: контактная точечная сварка, акустическая эмиссия, микропроцессорный контроллер регистрации сигнала акустической эмиссии.

УДК 534.86

КОНТРОЛЬ ДЕФОРМАЦІЇ ІНДУКТИВНИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ

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

Вимірювання і контроль деформації силових конструкцій дозволяє вчасно виявляти ознаки втоми матеріалу та запобігати руйнаціям. Поряд з іншими методами визначення втоми конструкційних матеріалів її виявлення через деформацію є найбільш простим і економічним. Проте в наш час контроль деформації, як метод оцінки міцності конструкції, використовують лише на етапі лабораторних досліджень та разових (попередніх) випробуваннях нової техніки, наприклад – при випробуваннях нових зразків авіаційної техніки. Практично не використовуються вбудовані системи контролю деформації для визначення стану матеріалу мостових переходів, систем високого диску та інших систем постійно працюючих при навантаженнях здатних впливати на стійкість металу.

В даній роботі розглянута можливість використання високочутливих індуктивних вимірювачів деформації. Не затрачуючи час на розгляд принципів побудови індуктивних вимірювальних перетворювачів деформації (ІВПД) зупинимося на аналізі можливостей розробленого нами перетворювача на основі котушки індуктивності з феритовим магнітопроводом, електромагнітне поле якої замикається через повітряний прозір на іншу деталь з фериту, що, як і котушка індуктивності, кріпиться на поверхні об'єкту дослідження. Наявність деформації приводить до зміни індуктивності котушки.

Відстань між точками кріплення котушки індуктивності та фериту є базою вимірювання деформації B , яка може становити, наприклад - 5 мм. Зазор між осердям котушки індуктивності і феритом встановлюється дещо більшим за максимально можливе значення деформації стиснення. Для даної бази вимірювання максимально допустиме значення деформації Δ об'єктів з легованих сталей можемо визначити виходячи з величини допустимої

механічної напруженості матеріалу $F=(10 \div 60)$ кг/мм² та його модулю пружності Юнга $E=21000$ кг/мм² [2]:

$$[\Delta] = B \frac{F}{E} \approx (30 - 40) \text{ мкм.}$$

Максимальна чутливість індуктивного перетворювача до величини деформації Δ має місце при включенні котушки з індуктивністю L до складу паралельного резонансного контуру вибіркового підсилювача на основі польового транзистору та використанні, як вимірювального параметру – фазового зсуву напруги на контурі відносно напруги генератору живлення частотою ω :

$$\Delta = k\varphi = k \cdot \arctg \frac{\omega[L(1 - \omega^2 LC) - Cr^2]}{r},$$

де r - активний опір дроту котушки індуктивності, C – ємність конденсатору.

Ключові слова: неруйнівний контроль, деформація, індуктивність.

УДК 621.317.32

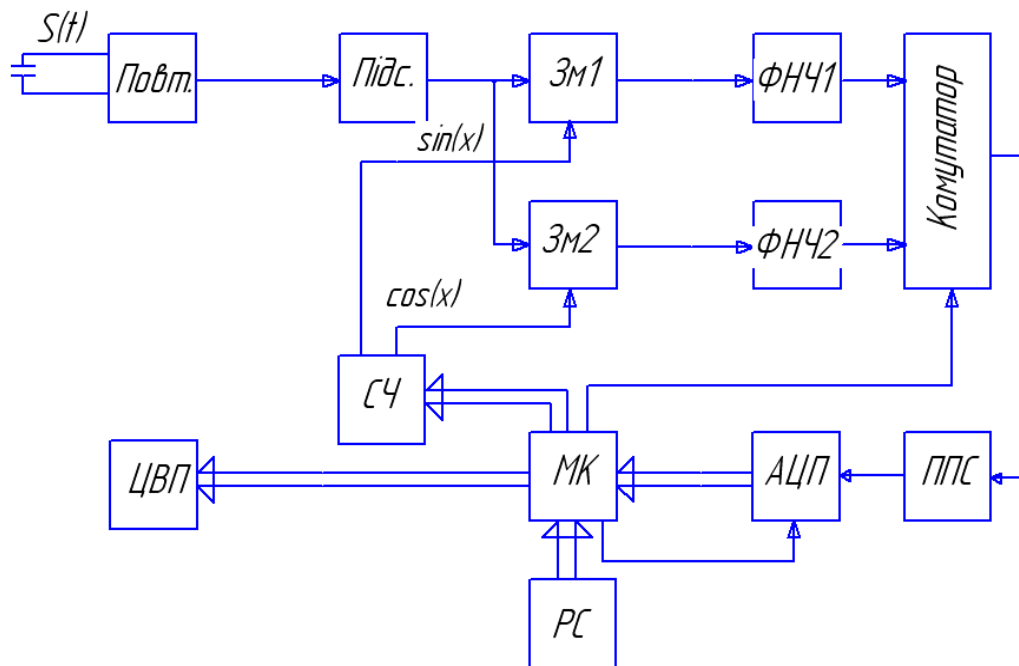
ЗАВАДОСТІЙКИЙ ВИМІРЮВАЧ НАПРУЖЕНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ЗМІННОЇ ЧАСТОТИ

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

На сьогоднішній день як в області неруйнівного контролю, так і при геофізичних дослідженнях є необхідність високоточного вимірювання малопотужних електричних полів, частоти яких знаходиться в діапазоні десятків Гц до декількох сотень КГц. Тому для вирішення цієї проблеми було доцільним використати електроіндукційний давач без модуляції електростатичного поля. Для визначення параметрів електричного поля на заданій частоті було запропоновано ортогональний метод вимірювання, як найбільш завадостійкий. Функціональна схема запропонованого вимірювача представлена на рисунку

На вхід даної схеми з електроіндукційного давача (антени) поступає суміш сигналів різних частот. Враховуючі необхідність роботи з сигналами низького рівня, сигнали підсилюються в Підс. і подаються на входи обох змішувачів Зм1 і Зм2, на другі входи яких подаються сигнали $\sin(x)$ та $\cos(x)$ відповідно з синтезатора частоти СЧ, керованого мікроконтролером. Значення частоти синтезатора дорівнюється частоті корисного сигналу присутнього на вході. Якщо ця частота невідома, то мікроконтролер може працювати в режимі пошуку, змінюючи частоту синтезатора с заданим кроком. При цьому отриманий сигнал на виході змішувачів буде мати постійну складову пропорційну $\sin(x)$ та $\cos(x)$, яка відповідає корисному сигналу (який досліджується) а також сигнали вищих гармонік які відфільтровуються за

допомогою фільтрів нижніх частот ФНЧ1 ФНЧ2 відповідно. Отримані постійні складові по чергово за допомогою комутатора подаються на вимірювальний канал який складається з підсилювача постійного струму ППС та АЦП, керованого як і комутатор, мікроконтролером. Отриманий код подається на вхід мікроконтролера і обробляється – розраховується як амплітуда корисного сигналу так і фаза. Результати можуть фіксуватися як на цифровому відліковому пристрої (ЦВП) так і на ПК. Використання такої схеми дозволяє мати високу завадостійкість і точність. Використання одного вимірювального каналу дозволяє значно спростити апаратну реалізацію даної схеми наприклад на базі мікроконтролерів AVR з вбудованими АЦП і підсилювачем.



Ключові слова: цифровий вимірювач , мікроконтролер, ПК.

УДК 319.216

БАГАТОПАРАМЕТРОВИЙ НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

¹⁾Єременко В. С., ¹⁾Переїденко А. В., ¹⁾Суслов Є. Ф., ²⁾Павленко Ж. О.,

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

Безеталонна діагностика виробів з композиційних матеріалів (КМ) ускладнена великим розмаїттям можливих дефектів, а також наявністю великої кількості інформативних параметрів, які характеризують стан об'єкта контролю. Використання статистичних методів для побудови вирішальних правил у такому випадку ускладнено, оскільки доводиться аналізувати багатовимірні функції розподілу ймовірності, що призводить до значних апаратних ресурсів і витрат часу. Тому актуальним є розробка та впровадження нових більш ефективних методів обробки сигналів та прийняття рішень.

Неруйнівний контроль (НК) виробів з полімерних КМ імпедансним методом, який застосовується на авіапідприємствах, не дозволяє виявляти дефекти, що глибоко залягають (на глибині 10-15 мм або половини товщини стільникової конструкції). У проведених дослідженнях було встановлено, що вірогідність виявлення дефектів, розташованих з внутрішньої сторони обшивки за допомогою методу низькошвидкісного удару значно вище, ніж при використанні імпедансного методу. Достовірність контролю імпедансним методом не перевищує 30%, а достовірність контролю за допомогою методу низькошвидкісного удару складає 90% і вище

На кафедрі інформаційно-вимірювальних систем Національного авіаційного університету була розроблена спеціальна система для виявлення дефектів КМ методом низькошвидкісного удару, методи обробки інформаційних сигналів, а також відповідне програмне забезпечення, що реалізує ці методи обробки. Розроблена система була випробувана для виявлення та діагностики штучних дефектів на зразках стільникових панелей, що використовуються при виробництві літаків моделей «Ан». Діагностика дефектів розробленою системою виконується трьома способами: аналізуючи зміни амплітуди і тривалості реєстрованих сигналів окремо, і в сукупності – звівши ці два параметри в загальний простір ознак, і побудувавши між різними станами (дефект – бездефект) розділяючу гіперплощину; шляхом статистичної обробки реєстрованих сигналів, що включає в себе розклад інформаційних сигналів (ІС) за ортогональними базисами Фур'є або Хаара та аналізу спектральних густин ІС за допомогою розподілу Хі-квадрат; аналізуючи зміну форми реєстрованих сигналів із застосуванням нейронних мереж (НМ) ART-2 і Fuzzy-ART, формуючи в пам'яті НМ образ або образи ІС, що характеризують бездефектні ділянки контрольованого зразка, і зіставляючи реєстровані сигнали зі сформованими образами. Для апробації системи були використані: два зразка стільникових панелей крила літаків типу Ан-70 зі штучно закладеними дефектами типу відшарування обшивки від заповнювача із внутрішньої сторони обшивки (контроль даних дефектів проводився з боку зовнішньої обшивки); один зразок композиційної панелі типу склейки листа алюмінієвого сплаву і герметика «віксінт», які використовуються на літаку Ан-140 зі штучно закладеними дефектами типу відшарування герметика. При використанні статистичної обробки ІС не вдалося виявити на зразках дефекти площею менше 5 см². Однак застосування для обробки сигналів НМ ART-2 і Fuzzy-ART дозволяє виявляти дефекти площею до 2 см² та виявляти їх лінійні розміри з точністю 3-6 мм, що є складним або неможливим за допомогою більшості застосовуваних на сьогодні методів діагностики. Розроблена система НК дозволяє успішно виявляти підповерхневі дефекти стільникових панелей, а також дефекти, що розташовані зі зворотної сторони обшивки, площею 2 см² і більше при товщині композиційної панелі 8-12 мм.

Використовуючи амплітуду і тривалість сигналу в якості інформативних ознак, достовірність контролю складає близько 90%, при використанні спектральних розкладів і подальшої статистичної обробки усереднених спектрів достовірність контролю досягає 93%, а при використанні для обробки сигналів НМ ART-2 і Fuzzy-ART достовірність контролю становить більше 95%.

Ключові слова: неруйнівний контроль, композиційні матеріали, нейронна мережа.

УДК 534.131.1.2

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОНТАКТНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В ЛИСТЕ МЕТАЛЛОПРОКАТА

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

Решение проблемы повышения достоверности результатов дефектологических исследований листового металлопроката является актуальной задачей для машиностроительной отрасли в целом и для производства труб большого диаметра в частности.

В представленной работе выполнена постановка и решение комплексной граничной задачи о возбуждении ультразвуковых волн Лэмба дисковым пьезоэлектрическим преобразователем в режиме одностороннего доступа к поверхности пластины.

Рассмотрена расчетная схема преобразователя контактного типа с пьезоэлектрическим элементом в форме диска. Преобразователь излучает упругие волны в массивном металлическом листе через слой согласующей жидкости. Выполнен расчет коэффициента передачи с электрической на механическую сторону пьезоэлектрического диска. Показано, что для эффективной работы излучателя в области высоких частот необходимо выбирать диски с минимально возможным диаметром. Исследовано влияние тыловой акустической нагрузки на ширину полосы рабочих частот излучателя. Показано, что максимальная ширина полосы рабочих частот достигается при равенстве акустического импедансов тыловой акустической нагрузки и материала диска.

Исследовано движение материальных частиц в слое согласующей жидкости. Показано, что этот слой является своеобразным резонатором, который существенно изменяет спектральный состав импульса давления, который формируется преобразователем на поверхности металлического листа.

Впервые сделан вывод о необходимости учета как факта существования согласующего слоя жидкости, так и толщины этого слоя.

Впервые получены выражения для расчета амплитуд нормальных волн Лэмба, которые возбуждаются нормальными напряжениями, действующими на одной боковой поверхности листа. Совокупность полученных результатов является теоретической основой для последующей разработки алгоритмов минимизации систематических погрешностей ультразвукового тракта устройств неразрушающего контроля поверхности листового проката.

Ключевые слова: пьезоэлектрический преобразователь, волны Лэмба, согласующий слой жидкости.