

**УКРАЇНА****(19) UA (11) 103462 (13) C2**
(51) МПК**G01B 17/02** (2006.01)**G01B 17/08** (2006.01)**G01N 29/12** (2006.01)**G01N 29/46** (2006.01)**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ****(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

(21) Номер заявки: а 2010 04165	(72) Винахідник(и): Олсен Оге А. (NO), Якобсен Юстеін (NO), Халос Скар Торе Магне (NO), Норлі Петтер (NO), Бергх Осхільд (NO), Негорд Нільс Отто (NO), Лог Стеінер (NO)
(22) Дата подання заявки: 09.09.2008	(73) Власник(и): ДЕТ НОРСКЕ ВЕРІТАС АС, Veritasveien 1, N-1322 Hovik, Norway (NO)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.10.2013	(74) Представник: Мошинська Ніна Миколаївна, реєстр. №115
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 20074643, 60/971,655	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 93039933 A, 27.05.1996 SU 1226058 A, 23.04.1986 SU 792073 A, 30.12.1980 SU 542905 A, 14.02.1977 US 6250159 B1, 26.06.2001 JPH 09281087 A, 31.10.1997 US 2004100282 A1, 27.05.2004 US 2004032188 A1, 19.02.2004 SU 504920 A1, 28.02.1976
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 12.09.2007, 12.09.2007	
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: NO, US	
(41) Публікація відомостей про заявку: 12.07.2010, Бюл.№ 13	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.10.2013, Бюл.№ 20	
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: PCT/NO2008/000318, 09.09.2008	

(54) ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНИЙ ПРИСТРІЙ, ПРИСТОСОВАНИЙ ДЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ В ПРОСТОРИ, ЗАПОВНЕНОМУ ГАЗОМ**(57) Реферат:**

Акустичний пристрій, адаптований для експлуатації в середовищі, заповненому газом, для виконання безконтактного вимірювання товщини об'єкта, що підлягає вимірюванню, або для виконання безконтактного визначення характеристик середовища, розміщеного по інший бік цього об'єкта. Пристрій містить електроакустичний приймач-передавач для видачі акустичного сигналу у напрямі до об'єкта, що підлягає вимірюванню, і прийому акустичного відповідного сигналу і сигнальний процесор для обробки відповідного сигналу і визначення товщини об'єкта. Перетворювач має акустичний кордон розділу приймач-передавач-газ і адаптований для випромінювання широкосмугового акустичного імпульсу до об'єкта і прийому відповідного акустичного резонансного сигналу. Сигнальний процесор визначає товщину об'єкта, що підлягає вимірюванню, або визначає характеристики середовища, розміщеного по інший бік об'єкта, використовуючи швидке перетворення Фур'є (ШПФ) відповідного резонансного сигналу, вище за попередній визначений рівень відношення сигналу до шуму.

UA 103462 C2

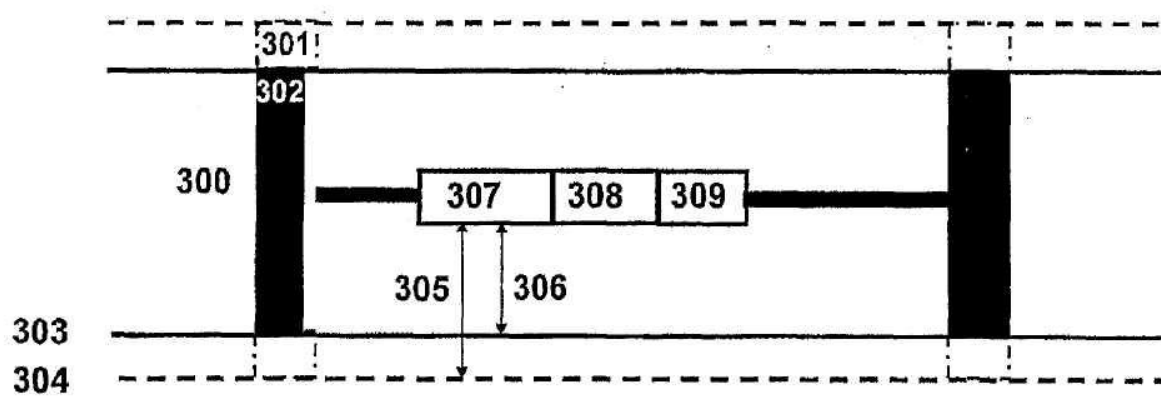


Fig. 3

РІВЕНЬ ТЕХНІКИ

А. Наявна система моніторингу газопроводів

На сьогодні доступні два основних способи огляду/контролю стану стінок в газопроводах, а саме, оптичний спосіб і спосіб, відомий як спосіб витoku магнітного потоку. Звичайно цікаво мати можливість визначити товщину стінки труби і інші параметри труби під час регулярних оглядів, переважно при звичайних робочих умовах, без спеціальних засобів вимірювання, таких як, наприклад заповнення труби рідиною з метою забезпечення з'єднувального середовища для виконання таких вимірювань ультразвуковими засобами, оскільки такі спеціальні вимірювання є такими, що дорого коштують і приводять до тривалих переривань в функціонуванні діючого трубопроводу. Оптичними способами є такі, що використовуються за допомогою "Optopig", які 5 основані на використанні лазера і вимірюють відстань до стінки з розділенням вздовж і уперек стінки труби, близько 1 мм, що застосовується до внутрішньої поверхні, але що не вимірює товщину, що "залишається". Система звичайно не застосовна для зон, покритих конденсатом або іншою рідиною. Спосіб витoku магнітного потоку - спосіб, який обчислює масову втрату в межах даної зони, але не здатний обчислити абсолютну товщину, і спосіб не застосовується 15 при дуже товстих стінках труби.

Довгий час залишалось так, що безконтактні ультразвукові (NCU) вимірювання товщини і інших характеристик в ситуації, в якій газова атмосфера знаходиться між вимірювальною апаратурою і об'єктом, що підлягає вимірюванню, звичайно представлялися нездійсненною мрією. У вихідних матеріалах розділу для "Енциклопедії Інтелектуальних Матеріалів", редактора 20 A. Biederman, John Wiley & Sons, Нью-Йорк (очікуваної в 2001), опубліковані Mahesh C., Bhardwaj, на сторінці в глобальній мережі зв'язку: <http://www.ultragroup.com/Company/Publications/PDF/esm1.pdf>, підкреслена ця загальна точка зору. У той час як деякі способи для виконання NCU вимірювань запропоновані у вищевказаній публікації, вони всі випробовують обмеженість їх комерційного застосування і успіху на ринку, не стали очевидними для заявників даної заявки на патент.

Відповідно, необхідний пристрій і спосіб, простий у використанні, який надійно і точно забезпечує NCU вимірювання товщини і інших характеристик об'єкта, що підлягає вимірюванню, в широкому діапазоні застосувань, і, зокрема, для додатків, наприклад оглядів газопроводу.

В. Галузь техніки, до якої належить винахід

Представлений винахід особливо підходить для одночасного контролю корозії газопроводів і характеризує середовище поза стінкою труби. Більш конкретно, представлений винахід стосується нового пристрою і способу для моніторингу на місці таких газових труб зсередини, і в той же час, щоб характеризувати оточуюче трубу середовище. Якщо труба покрита, визначення характеристик необхідне для прийняття рішення, чи від'єднувати покриття від стінки труби чи ні. Цей спосіб також застосуємо, з деякими геометричними обмеженнями, якщо є шар рідини, що покриває дно труби, при цьому геометричні обмеження стосуються критичного кута між газовим середовищем і водною поверхнею. Вище критичного кута вся акустична енергія відбивається від поверхні, і вимірювання для кутів більше, ніж цей критичний кут, не можливі. Один і той же пристрій також застосовний в діапазоні відомих діаметрів (аж до 1,50 м) наземних і не наземних 40 трубопроводів.

За допомогою опромінення стінки труби ультразвуковими хвилями з імпульсною акустичною енергією утримуючі компоненти з довжинами хвилі, відповідними двом товщинам стіни або цілим числам цього значення, ці частоти утворюють стоячі хвилі в стінці труби. Коли випромінюваний імпульс доходить до кінця, резонансна енергія повторно випромінюється і виявляється приймачем, розміщеним на відстані від стіни.

Фіг. 1 показує приклад акустичного сигналу 100, що випускається прийомопередавачем 111, відображеного стінкою 112 сталеної труби і прийнятого датчиком 111 приймача. Всередині труби знаходиться середовище А, поза трубою - середовище В1. Акустичний сигнал 100 містить спрямовану відображену частину 101 і резонансну частину 102. На величину енергії, що міститься в прийнятому сигналі, впливають акустичні характеристики стінки труби, також як і середовища з обох боків стінки. Чим ближчий акустичний імпеданс середовища безпосередньо за стінкою до акустичного імпедансу стеки, тим нижча загальна відображена енергія.

Фіг. 2 показує відповідний результат, як на фіг. 1, тільки середовище В2 відрізняється від середовища В1, що на фіг. 1, і як може бути помічено, порівнюючи фіг. 1 і фіг. 2, резонансна частина (102 і 202) відображеної акустичної енергії змінилася.

СУТЬ ВІНАХОДУ

Даний винахід надає акустичний пристрій, адаптований для експлуатації в просторі, заповненому газом, і з одного боку об'єкта, що підлягає вимірюванню, для проведення безконтактного вимірювання товщини об'єкта, що підлягає вимірюванню, або для проведення 60

безконтактного зняття характеристик середовища, розміщеного з другого боку об'єкта, що підлягає вимірюванню. Переважно, пристрій згідно з винаходом виконаний як електроакустичний. Пристрій, звичайно, містить засіб електроакустичного перетворювача, засіб приймача-передавача, з'єднаний з засобом електроакустичного перетворювача і адаптований для збудження засобу електроакустичного перетворювача для виведення акустичного сигналу до об'єкта, що підлягає вимірюванню, і прийому віддзеркаленого від нього відповідного акустичного сигналу, і сигнальний процесор, адаптований для обробки відповідного сигналу і для визначення на основі відповідного акустичного сигналу характеристики товщини об'єкта, що підлягає вимірюванню. Засіб електроакустичного перетворювача згідно з винаходом містить акустичний інтерфейс "перетворювач-газ", і приймач-передавач адаптований, щоб оперувати засобом електроакустичного перетворювача так, щоб випромінювати в простір, заповнений газом, між засобом електроакустичного перетворювача і об'єктом, що підлягає вимірюванню, широкосмуговий акустичний імпульс у напрямі до об'єкта і приймати акустичний резонансний відповідний сигнал в акустичний відповідний сигнал з рівнем, який забезпечує захоплення відповідного резонансного сигналу вище попереднього визначеного рівня відношення сигналу до шуму. Сигнальний процесор адаптований для визначення характеристики товщини об'єкта, що підлягає вимірюванню, або визначення характеристик середовища, розташованого на другому боці об'єкта, що підлягає вимірюванню, використовуючи швидке перетворення Фур'є (ШПФ) захоплений відповідний резонансний сигнал вище попереднього визначеного рівня відношення сигналу до шуму.

У одному варіанті реалізації пристрою даного винаходу засіб приймача-передавача, з'єднаний з засобом електроакустичного перетворювача, адаптовано для роботи з акустичними сигналами, що мають акустичні компоненти в діапазоні частот, який є щонайменше на декаду нижче, ніж частоти, які використовуються під час поточного вимірювання товщини об'єкта, що підлягає вимірюванню.

Наступний варіант реалізації пристрою представленого винаходу включає засіб тримача перетворювача, адаптований для підтримання заповненого газом проміжку на попередньо визначеній відстані від поверхні об'єкта, зверненої до проміжку, заповненого газом.

У ще одному додатковому варіанті реалізації пристрою даного винаходу засіб тримача перетворювача виконаний з можливістю переміщувати електроакустичний перетворювач вздовж поверхні об'єкта, зверненого до проміжку, заповненого газом.

У наступному варіанті реалізації пристрій згідно з даним винаходом адаптований для автоматичної установки згаданої попередньо визначеної відстані на основі щонайменше одного з: номінальної товщини об'єкта, що підлягає вимірюванню, акустичної характеристики газу в проміжку, заповненому газом, і частот широкосмугового імпульсу, щоб оптимізувати якість безконтактного вимірювання товщини.

Представлений винахід представляє важливе значення для перевірки трубопроводу, оскільки здатний вимірювати зсередини, щонайменше частково, заповненої газом труби абсолютну товщину стінки труби через шар газу як зв'язуючого середовища для акустичного сигналу, при цьому використовуючи пристрій або спосіб представленого винаходу, газовий шар може бути в діапазоні від менше ніж, приблизно, 10 міліметрів і до 1000 міліметрів або більше, і одночасно здатний характеризувати середовище, розміщене поза стінкою труби. Він також застосовується в наявних газопроводах з конденсатом і один і той же пристрій, який застосовується для використання в трубах різних діаметрів.

Варіанти реалізації стануть легко зрозумілі з подальшого детального опису винаходу, прикладів і креслень, що використовуються для пояснення і розкриття винаходу.

КОРОТКИЙ ОПИС КРЕСЛЕНЬ

Фіг. 1 - схематичний вигляд стінки 110 труби, де середовища з кожного боку стінки однакові, також показаний і виникаючий в результаті відображений від цієї стінки сигнал 100.

Фіг. 2 - схематичний вигляд стінки 210 труби, де середовища всередині і поза стінкою різні, також показаний і виникаючий в результаті відображений від цієї стінки сигнал 200.

Фіг. 3 - схематичний вигляд системи згідно з винаходом, що використовується для перевірки газопроводу.

Фіг. 4 - схематичний вигляд труби з двома шарами покриття.

Фіг. 5 - схематичний вигляд однієї з можливих конструкцій блоку перетворювачів і окремого перетворювача.

Фіг. 6 - схема конструкцій блоку перетворювачів, в якому передаючий набір просторово відділений від приймаючого набору.

Фіг. 7 - схема блоку перетворювача в трубі для ілюстрації, як відстань між відповідними перетворювачами передачі і прийому залежить від швидкостей газу і звуку, і відстані до стінки труби.

Фіг. 8 описує два масиви, видимих з різних положень.

5 Фіг. 9 - схематичний вигляд однієї з можливих конструкцій системи для системи моніторингу газопроводів.

Фіг. 10 - схема алгоритму згідно з винаходом.

Фіг. 11 - блок-схема для ідентифікації множини гармонік.

ДОКЛАДНИЙ ОПИС ПЕРЕВАЖНОГО ВАРІАНТА ЗДІЙСНЕННЯ

10 Відносно загальної системи даного винаходу.

Фіг. 3 показує схему прикладу сценарію, що описує використання системи згідно з винаходом. Труба заповнена газом 300 з тиском в діапазоні від 1 бар і вище, наприклад природний газ, що транспортується з резервуара. Система згідно з винаходом, що використовується в цьому сценарії, переважно розроблена так, щоб відповідати повному розподілу товщини стінки труби і також характеризувати середовище/середовища, оточуючі трубу. Відстань між перетворювачами і стінкою труби може змінюватися, як позначено стрілками 305 і 306, в залежності від зміни діаметра труби. Всередині труби знаходиться пристрій 301 тримача для труби великого діаметра і 302 - для труби меншого діаметра, переважно скребачка для очищення труб, кожух для набору 307 ультразвукових перетворювачів і що включає в себе аналогові і цифрові електронні пристрої 307 і 308 і джерело 309 живлення. Скребачка для очищення труб приводиться в рух потоком газу.

20 Згідно з фіг. 4 труба 400 звичайно виготовлена зі сталлюю стінкою 401 і може бути покрита одним або більше шарами 402 і 403 покриття. Задача одержання характеристик середовища поза стінкою сталлюю труби може, наприклад полягати у виявленні місць, де внутрішнє покриття відділилося від стінки сталлюю труби.

Відносно перетворювачів.

Фіг. 5 показує схему половини циліндричного блоку 500 перетворювачів і один з перетворювачів 532, що містить ряд передаючих елементів 532-1 і один приймаючий елемент 532-2. Ця конструкція є однією з ряду можливих конструкцій. Передаючі елементи перетворювача звичайно можуть бути монокристалом, в той час як приймаючі елементи перетворювача звичайно є п'єзокомпозитні елементи. Перетворювач може додатково мати один або більше узгоджених шарів перед лицьовим боком перетворювача (не показаний на кресленні) для поліпшення передачі акустичної енергії в інтерфейсі між перетворювачем і газоподібним середовищем через відмінність в акустичному імпедансі. Як передаючий, так і 35 приймаючий елементи можуть бути всередині кожуха, який містить електроди, з'єднані з кожним з передаючого і приймаючого елементів. Звичайно кожух також має контакт для електричного з'єднання перетворювача до електронної частини системи.

Залежно від швидкості скребачки для очищення труб передаюча і приймаюча частина перетворювачів можуть бути просторово відділені.

40 Фіг. 6 показує компонування, в якому набір 601-624 приймаючих перетворювачів просторово відділений від набору 625-648 передаючих перетворювачів. На кресленні показані: блок 600 перетворювачів газової труби, відстань між наборами 650, один елемент набору 647 передаючих перетворювачів, а також один елемент з набору 623 приймаючих перетворювачів. Конструкція, показана на фіг. 6 тільки одна з ряду можливих варіантів.

45 На фіг. 7 показані труба 700 зі стінками 701 сталлюю труби і блок 702 перетворювачів. c - швидкість звуку в газовому середовищі всередині труби, і v швидкість, з якою скребачка для очищення труб з тримачем переміщується. Відстань d_1 між відповідними передаючим 703 і приймаючим 704 перетворювачами залежить від швидкості v газу, швидкості звуку c і відстані від перетворювача до стінки труби d_2 згідно з формулою:

$$50 \quad d_1 = (2 \cdot d_2 \cdot v) / c.$$

Пристрій згідно з винаходом містить механічний засіб, щоб змінювати відстань d_1 згідно з вищевказаною формулою.

Число перетворювачів залежить від необхідної міри обхвату кола стінки труби, в той час як частота передачі відносно швидкості газу задає міру обхвату в бічному напрямі. Перетворювачі 55 в наборі можуть працювати індивідуально або може застосовуватися формування променя.

Фіг. 8 показує два набори, що знаходяться в двох різних положеннях в 801 і 802, і в 804 і 805. Щоб зробити ілюстрації простими, описаний тільки статичний приклад. 803 показує результуючі зони акустичного опромінення (сліди) від кожного з перетворювачів набору, показаного як 801 і 802. Обхват становить менше 100 %. Відповідно, розташування, показане на 60 804 і 805, приводить до перекриття слідів і 100 % покриттю, як показано в 806.

Відносно електронної системи.

Фіг. 9 показує блок-схему системи, показаної на фіг. 3, що використовується при вимірюванні "на місці" властивостей матеріалів об'єкта і середовища за ним в газоподібному середовищі як середовище акустичного з'єднання, що використовується в представленому винаході.

Широкопasmово електрична хвиля генерується в генераторі 901 коливань спеціальної форми. Щоб одержати найкраще можливе співвідношення сигнал-шум, амплітуда широкопasmової електричної хвилі збільшується, використовуючи підсилювач 902 потужності. Коли газ використовується як зв'язуюче середовище між перетворювачами і об'єктом, перетворювачі вимагають більш високих напружень збудження, в порівнянні з перетворювачами, взаємодіючими зі середовищами, що мають більш високий акустичний імпеданс, як, наприклад вода, щоб мати однакове те ж співвідношення сигнал-шум. Це має місце через велику різницю в акустичному імпедансі між газоподібними середовищами і перетворювачем, в доповнення до більш високого ослаблення акустичної енергії в газі, в порівнянні, наприклад з водою.

Передаюча узгоджена мережа 903 використовується, щоб поліпшити ширину штаби пропущення системи. Така узгоджена мережа дозволяє підсилювачу потужності збуджувати в більш широкій смузі частот в межах необхідної робочої ширини штаби частот з поліпшеною лінійністю. Перетворювач і узгоджена мережа становлять повносекційний фільтр штаби пропущення 3-го порядку. Це може також бути реалізовано іншими конструкціями узгоджених мереж, які становлять фільтр штаби пропущення більш високих порядків.

Передаюча частина конструкції 904 перетворювача перетворює широкопasmову електричну хвилю в механічні коливання. Ці механічні коливання примушують широкопasmовий акустичний сигнал розповсюджуватися від перетворювача через газоподібне середовище і до стінки труби. При досягненні стінки труби широкопasmовий акустичний сигнал частково відбивається від стінки і частково передається в стінку. Якщо частково переданий широкопasmовий акустичний сигнал містить компоненти з довжинами хвилі, відповідними двом товщинам стінки труби або цілим числам цього значення, ці частоти утворюють стоячі хвилі по стінці труби.

Коли випромінюваний імпульс доходить до кінця, резонансна енергія повторно випромінюється і розповсюджується через газоподібне середовище, і приймається приймаючою частиною конструкції 904 перетворювача. Приймаюча частина перетворювача перетворює механічні коливання в електричні сигнали звичайно порядку мВ (mV). Через втрату потужності сигналу в кабелі між приймаючою частиною конструкції 904 перетворювача і пристроєм 906 оцифровки ці сигнали, перед передачею його через кабель, подаються на малощумний попередній підсилювач 905. Цей попередній підсилювач звичайно розміщується відразу після гідрофона. Якщо кабель довгий і/або амплітуда сигналу низька, може бути потрібен додатковий підсилювач, перш ніж сигнал досягне пристрою 906 оцифровки.

Посилений електричний сигнал оцифровується пристроєм 906 оцифровки, таким як аналогово-цифровий перетворювач (A/D), і зберігається або в пам'яті процесора або на запам'ятовуючому носії, такому як, наприклад флеш-пам'ять, для подальшого аналізу. Якщо оцифровані дані збережені в пам'яті процесора, вони можуть бути проаналізовані, відображені і потім збережені. Процесор використовує методику, описану нижче більш детально.

Блок 907 керування містить процесор і може також включати в себе запам'ятовуючий носій.

Одне можливе удосконалення системи полягає у використанні методів вирівнювання відносно передачі, прийому або в обох випадках. Використання методів вирівнювання може поліпшувати повну лінійність фази, ефективність і амплітудний відгук системи, описаної на фіг. 9.

Відносно алгоритму.

На блок-схемі на фіг. 10 передбачається, що відображені дані також зберігаються на відповідному запам'ятовуючому носії.

1001 Сигнали часу

Послідовність речовинних чисел, відповідних напруженням від модуля 180 DAQ. Далі вона буде згадуватися як вектор часу.

1002 Вхідні параметри

- Швидкість звуку об'єкта вимірювання, c_o
- Довжина тимчасового вікна для спектральної оцінки, N
- Очікувана ширина первинного відлуння-сигналу без хвостової частини резонансу, W
- Спектральні методи оцінки
- Швидкість звуку в рідині, c_w
- Вибір функції вікна (наприклад за Hanning, Bartley)

- Частота вибірок, F_s
- Інтервал частот, що використовується в прийомопередавачі
- Очікуваний верхній кордон товщини
- Мінімальні відносини між піковими енергіями в первинному і повторному відлуння-сигналах
- 5 - Число наборів даних в довідковій пам'яті, M
- Цілочисельний допуск (1022-6)
- Нижній поріг вагових значень частоти (1022-7).
- 1010 Частотно-тимчасовий аналіз
- Вхідні дані: сигнал часу, спектральні методи оцінки, N , F_s .
- 10 Вміст енергії у тимчасово-частотній зоні оцінюється, використовуючи будь-яку стандартну методику, таку як ковзаюче перетворення Фур'є або розподіли Вігнера (Wigner). Час максимальної енергії визначається з цього і N , знаходиться вихідний момент хвостової частини.
- Вихідні дані: матриця енергії, вектор моментів часу (в одиницях інтервалу вибірок), вектор частот (в Гц), час початку хвостової частини.
- 15 1020 Ідентифікація первинного відлуння-сигналу
- Вхідні дані: вектор часу, очікувана ширина первинного відлуння-сигналу.
- Знаходять час, відповідний найбільшій енергії імпульсу, і використовують очікувану ширину первинного відлуння-сигналу для визначення початку і кінця відлуння-сигналу.
- Вихідні дані: години початку і кінця відлуння-сигналу.
- 20 1021 Спектральна оцінка
- Вхідні дані: вектор часу, спектральний метод оцінки, години початку і закінчення для аналізу, функції вікна, N , F_s .
- Вміст енергії частоти сигналу часу оцінюється з використанням будь-якої стандартної методики від методів, оснований на періодограмах, до параметричних методів, наприклад
- 25 використовуючи модель Уокера (Yule-Walker). Оцінка виконується в двох вікнах: одне містить тільки хвостову частину (що починається в кінці відлуння-сигналу, що продовжується до кінця відлуння-сигналу $+N$), і одне містить відлуння-сигнал і його хвостову частину, що починається з часу початку відлуння-сигналу N і що продовжується до кінця відлуння-сигналу $+N$.
- Точно так само двовірний спектр, спектр півінваріантів третього порядку обчислюється, використовуючи стандартні методи. Інтерпретація двовірного спектра менш проста, ніж для звичайного спектра, але його головні переваги полягають в по суті відмові від Гаусового шуму і виділенні фазо-суміщених частот.
- Вихідні дані: вектор енергії хвостової частини, вектор з частотами (в Гц), відповідними значенню енергії, вектор енергії відлуння-сигналу, вектор з частотами (в Гц), відповідними значенням енергії, матриця двовірного спектра, відповідні частоти.
- 35 1022 Ідентифікація частот резонансу
- Вхідні дані: вектор частот хвостової частини, вектор частот відлуння-сигналу, вектор частот двовірного спектра, інтервал частот, що використовується в прийомопередавачі.
- Визначають гармонічні частоти і привласнюють їм правильний порядок гармоніки.
- 40 Процедура детально описана з 1022-1 до 1022-8.
- Вихідні дані: індекс у векторах часу і частоти, відповідних частотам резонансу, порядки гармонік.
- 1023 Характеристика об'єкта вимірювання
- Вхідні дані: c_o , частоти резонансу, порядки гармонік
- 45 Товщина об'єкта вимірювання обчислюється з
$$d = \left\langle \frac{c_o n}{2 f_{res}} \right\rangle, \quad (2),$$
- де n - ціле число, яке вказує порядок гармоніки, f_{res} - резонансна частота порядку n гармоніки, $\langle \cdot \rangle$ означає усереднення.
- Відображення результату.
- 50 Вихідні дані: оцінки товщини.
- 1030 Визначення повторного відлуння сигналу
- Вхідні дані: вектор часу, години початку і закінчення первинного відлуння-сигналу, мінімальні відношення між піковими значеннями енергії первинного і повторного відлуння-сигналів.
- Мета полягає в тому, щоб визначити, чи є два набори відлуння-сигналів, накладених на
- 55 сигнал часу, що вказує на те, що є шар рідини між прийомопередавачем і об'єктом вимірювання. Повторний відлуння-сигнал є частиною первинного переданого з приймача-передавача імпульсу, який переданий через кордон розділу газ-рідина, проходить через рідину, відбивається від об'єкта вимірювання і на закінчення проходить через поверхню розділу рідини-

газ. Отже, повторний відлуння-сигнал містить інформацію від об'єкта вимірювання, і отже є важливим, що подальший аналіз виконується відносно цього відлуння-сигналу замість первинного відлуння-сигналу.

5 Передбачається, що повторний відлуння-сигнал має аналогічну тимчасову протяжність, як і первинний відлуння-сигнал, і показується аж до деякого моменту часу після первинного відлуння-сигналу. Якщо ніякий повторний відлуння-сигнал не знайдений, повертаються пусті значення.

Вихідні дані: години початку і завершення повторного відлуння-сигналу.

1031 Чи є рідина?

10 Вхідні дані: години початку і завершення повторного відлуння-сигналу.

Якщо входи пусті, продовжують обчислення з первинним відлуння-сигналом, що визначає вікна, що використовуються для аналізу.

Якщо входи не пусті, вважається, що присутня рідина і проводиться аналіз, що використовує повторний відлуння-сигнал як основу для визначення відповідних тимчасових інтервалів.

15 Вихідні дані: чи був повторний відлуння-сигнал знайдений.

1032 Глибина шару рідини

Вхідні дані: час повторного і первинного відлуння-сигналів, c_w .

З різниці у часі між повторним і первинним відлуння-сигналами, глибина шару рідини ґрунту обчислюється з

$$l = \frac{c_w}{t_{sec} - t_{prim}}$$

20 в якій t_{sec} і t_{prim} є часом надходження повторного і первинного імпульсу, відповідно. Зберігає значення і відображає його.

Вихідні дані: оцінена глибина рівня рідини.

1040 Час спаду імпульсу

25 Вхідні дані: час-частотна матриця енергій, індекси частот резонансу, час початку хвостової частини.

Характеристики часів спаду імпульсу частот резонансу в хвостовій частині знайдені.

Вихідні дані: характеристики часу спаду резонансної частоти.

1041 Енергія частот резонансу

30 Вхідні дані: вектор енергії хвостової частини, вектор енергії відлуння-сигналу, індекси частот резонансу.

Вихідні дані: відношення енергії на частотах резонансу до загальної енергії (спектральна щільність енергії, інтегрована відносно частоти) в імпульсі відлуння-сигналу.

Нижче пояснюються подробиці блок-схеми фіг. 11 для ідентифікації набору гармонік.

35 1022-1 Знайти локальні максимуми/мінімуми

Вхідні дані: вектор енергії відлуння-сигналів, вектор енергії хвостової частини, вектор двовимірного спектра.

Знаходять локальні максимуми у векторі двовимірного спектра і векторі енергії хвостової частини. Знаходять локальні мінімуми у векторі енергії відлуння-сигналів.

40 Об'єднання цих трьох наборів є список можливих частот гармонік.

Вихідні дані: можливі частоти гармонік.

1022-2 Зважування максимумів/мінімумів

Вхідні дані: можливі частоти гармонік, вектор енергії відлуння-сигналу, вектор енергії хвостової частини, вектор двовимірного спектра, розмір фільтра.

45 1. Ініціалізувати вектори ваги нульовими значеннями за винятком можливих частот гармонік, де значення з векторів енергії використовується для двовимірного спектра і хвостової частини. Вектори ваги нормалізовані до самого великого значення в кожному випадку, наприклад всі ваги з можливих частот двовимірного спектра нормалізовані до максимального значення у векторі двовимірного спектра.

50 2. Вектор енергії відлуння-сигналу віднімається з його відфільтрованої версії. У цьому випадку різниця при локальних мінімумах визначає вагу. Нормалізується до самої великої знайденої різниці.

3. Тепер доступні три набори ваги, W_{bisp} , W_{tail} , W_{echo} , кожний нормалізований так, що найбільша вага дорівнює 1.

55 4. Для кожного набору масштабувати ваги за допомогою

$$W_j(i) = W_j(i) \prod_{k \neq j} \exp(-d_k)$$

де d_k - найкоротша відстань до ненульової ваги в наборі k . $W_j(i)$ i -ий елемент j -ого набору.

5. Підсумовувати ваги з кожного набору, щоб одержати єдиний вектор ваги.

Наступний вектор ваги задає вагу для відношення найбільший пік/глибокий мінімум у відповідних векторах енергії, але штрафує кожну вагу, якщо вона знаходиться далеко від частот в інших наборах. Вагою є речовинні числа між 0 і 1.

5 Вихідні дані: ваги, призначені кожній можливій частоті гармоніки.

1022-3 Сортуння згідно з вагою

Вхідні дані: ваги можливих частот гармоніки.

Сортується вектор ваги, і для реорганізації можливих частот гармонік використовуються індекси сортування так, щоб вони були відсортовані в порядку зменшення зважених значень.

10 Вихідні дані: відсортовані можливі частоти гармоніки.

1022-4 Побудова наборів частот

Вхідні дані: відсортовані можливі частоти гармоніки, ваги, поріг ваги частоти.

1. Відкидаються всі можливі частоти нижче порогу.

15 2. Реорганізуються можливі частоти гармоніки в набори. Якщо є N кандидатів, то будують N списків $\{f_1, \dots, f_N\}$, $\{f_1, \dots, f_{N-1}\}$ і так далі, де сама маленька зважена частота в попередньому списку прогресивно віддаляється. Кожний список далі відомий як набір частот.

Кожний набір частот означається F_n .

Вихідні дані: набори частот $\{F_1, F_2, \dots, F_N\}$.

1022-5 Цикл по всіх наборах, $i=1, \dots, N$

20 1022-6 Знаходження наборів гармонік

Вхідні дані: набори частот $\{F_1, F_2, \dots, F_N\}$, цілочисельний допуск, очікувана максимальна товщина, інтервал частоти, що використовується в прийомопередавачі.

Набори гармонік для одного списку F_i частот обчислюються таким чином: спочатку знаходиться $n \times n$ матриця із заповненням всіма можливими відношеннями частот,

$$25 \quad M'_{ij} = \frac{f_i}{f_j}$$

Матриця M' використовується, щоб побудувати велику матрицю M за допомогою конкатенації kM' , $k=1, 2, \dots, k_{\max}$ таким чином:

$$M = \begin{bmatrix} 1 \cdot M' \\ \vdots \\ k_{\max} \cdot M' \end{bmatrix}.$$

30 Цілочисельний k_{\max} обчислюється з максимально дозволеної товщини, введеної користувачем.

Наступний крок є округлення всіх елементів в M до їх найближчого цілого числа і порівняння різниці між цими цілочисельними значеннями і відношеннями частот в M . Елемент вважається цілим числом, якщо ця різниця менша, ніж вказаний користувачем поріг, звичайно 0,1, і матриця N , де всі нецілі числа з M дорівнюють нулю, якщо виявлені. Рядки в N ідентифікують набори гармонік: для заданого елемента N_{ij} це значення відповідає порядку гармонік частоти f_j в таблиці частот.

Вихідні дані: набір цілочисельних матриць $\{N_1, N_2, \dots, N_N\}$.

1022-7 Видалення елементів в N_n

40 Вхідні дані: множина цілочисельних матриць $\{N_1, N_2, \dots, N_n\}$, очікувана максимальна товщина, інтервал частоти, що використовується в прийомопередавачі.

Матриці N_n порядків гармонік значно меншають видаленням рядків, що містять значення вище максимального порядку k_{\max} . Всі дублюючі рядки віддаляються, і рядки, що дають товщину вище максимального значення, введеного користувачем, віддаляються.

Вихідні дані: набір наведених цілочисельних матриць $\{N_1, N_2, \dots, N_n\}$.

45 1022-8 Підрахунок кількості гармонік в N_i

Вхідні дані: множина наведених цілочисельних матриць $\{N_1, N_2, \dots, N_n\}$.

Записують для кожної N_n набір гармонік з найбільшим числом одиночних частот. Числа зберігають у вектор Φ .

Вихідні дані: вектор Φ максимального числа унікальних наборів.

50 1022-9 Знаходження оптимального піднабору частот

Вхідні дані: вектор Φ максимального числа унікальних наборів, кількість частот в кожному наборі частот, набір наведених цілочисельних матриць $\{N_1, N_2, \dots, N_n\}$.

55 Мета полягає в тому, щоб знайти оптимальний піднабір первинного списку частот. Кожний піднабір пов'язаний з кількістю одиночних гармонік, збережених в Φ . Крім того, кожний піднабір має ряд частот.

Оптимальний піднабор знаходиться знаходженням самого великого відношення Φ , діленого на кількість частот в списку, нехтуючи тривіальним випадком для тільки однієї частоти. У цьому процесі виконується як відсівання частот, так і одержання наборів частот.

Вихідні дані: індекси до оптимальному піднабору частот, набір гармонік.

5 ІНШІ ЗАСТОСУВАННЯ

Досі система згідно з винаходом була описана як сканер труби, але система згідно з винаходом може також застосовуватися у вигляді портативного пристрою в повітрі. Для цієї мети пристрій може містити систему з єдиним перетворювачем, якщо спосіб застосування - крапкові перевірки. Для цілей сканування найбільш ймовірно набори можуть бути відповідними. Зонами застосування можуть бути крапкові перевірки зовнішніх оболонок корабля зсередини або наземних труб і резервуарів-сховищ ззовні. Замість того, щоб застосовувати систему згідно з винаходом для вимірювань товщини стінок труби або контейнерів, та ж сама система може бути застосовна для зняття характеристик стінок труби, якщо товщина і швидкість звуку для цих стін відомі. Це зняття характеристик може бути для виявлення відхилень від ідеальних параметрів стінки труби. Одним з прикладів може бути внутрішнє зняття характеристик стояків. Інше застосування може бути для огляду каротажу/низхідних свердловин під час добування. Товщина корпусу може вимірюватися так само, як і зняття характеристик середовища поза корпусом, наприклад відрізнати бетон, газ або рідину.

ПОСИЛАННЯ

20 Номер Міжнародної Публікації: WO 01/83122 A1-Method and apparatus for equalising transfer functions of linear electro-acoustic system.

Mahesh C. Bhardwaj: "Non-contact ultrasound: The last frontier in non-destructive testing and evaluation", опубліковано <http://www.ultragroup.com/Company/Publications/PDF/esm1.pdf>.

25 ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Електроакустичний пристрій для виконання в просторі, заповненому газом, безконтактного ультразвукового вимірювання товщини об'єкта, що підлягає вимірюванню, що містить: засіб приймача-передавача, який включає в себе засіб електроакустичного перетворювача і забезпечує можливість збудження засобу електроакустичного перетворювача, що формує акустичний сигнал і приймає акустичний сигнал у відповідь, і сигнальний процесор для обробки сигналу у відповідь і визначення на основі акустичного сигналу у відповідь характеристик товщини об'єкта, що підлягає вимірюванню, який **відрізняється** тим, що приймач-передавач виконаний з можливістю керування засобом електроакустичного перетворювача в умовах наявності межі "перетворювач-газ" для випромінювання в заповнений газом проміжок, між засобом електроакустичного перетворювача і об'єктом, що підлягає вимірюванню, широкосмугового акустичного імпульсу у напрямку до об'єкта і прийому акустичного резонансного сигналу у відповідь з акустичного сигналу у відповідь на рівні, що допускає можливість захоплення резонансного сигналу у відповідь вище за попередньо визначений рівень співвідношення сигналу до шуму, при цьому сигнальний процесор виконаний з можливістю використання швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) для вказаного захопленого резонансного сигналу у відповідь при визначенні характеристик товщини об'єкта, що підлягає вимірюванню.

2. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що засіб приймача-передавача, з'єднаний з засобом електроакустичного перетворювача, забезпечує можливість роботи з акустичними сигналами, що мають акустичні компоненти в діапазоні частот, який є щонайменше на декаду нижче, ніж частоти, що використовуються у часопролітних вимірюваннях товщини об'єкта, що підлягає вимірюванню.

3. Пристрій за п. 1 або п. 2, який **відрізняється** тим, що включає в себе засіб тримача перетворювача, що забезпечує можливість підтримки перетворювача на попередньо визначеній відстані від поверхні об'єкта.

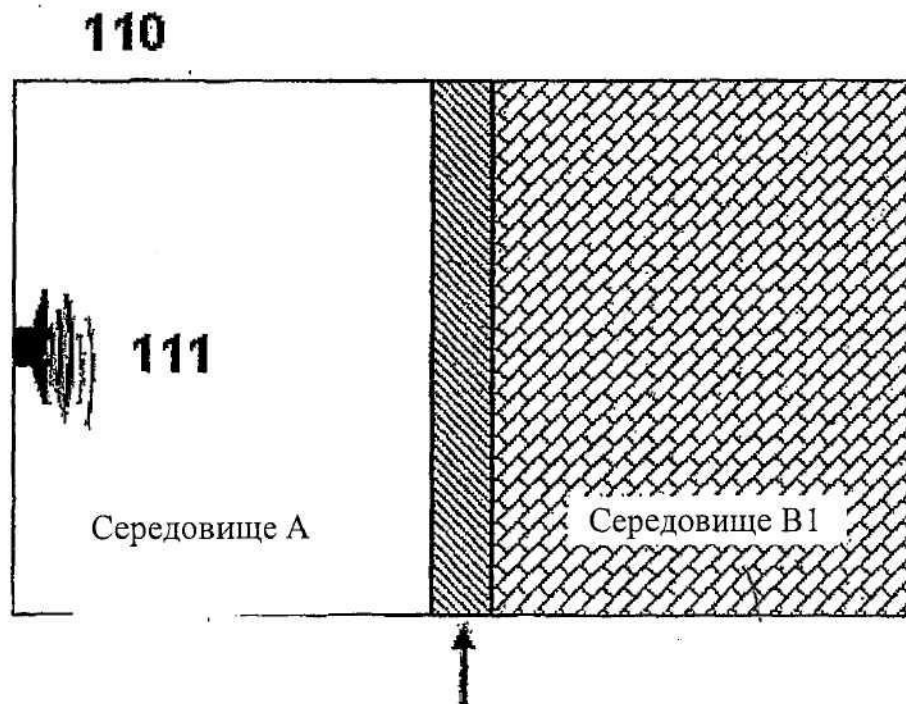
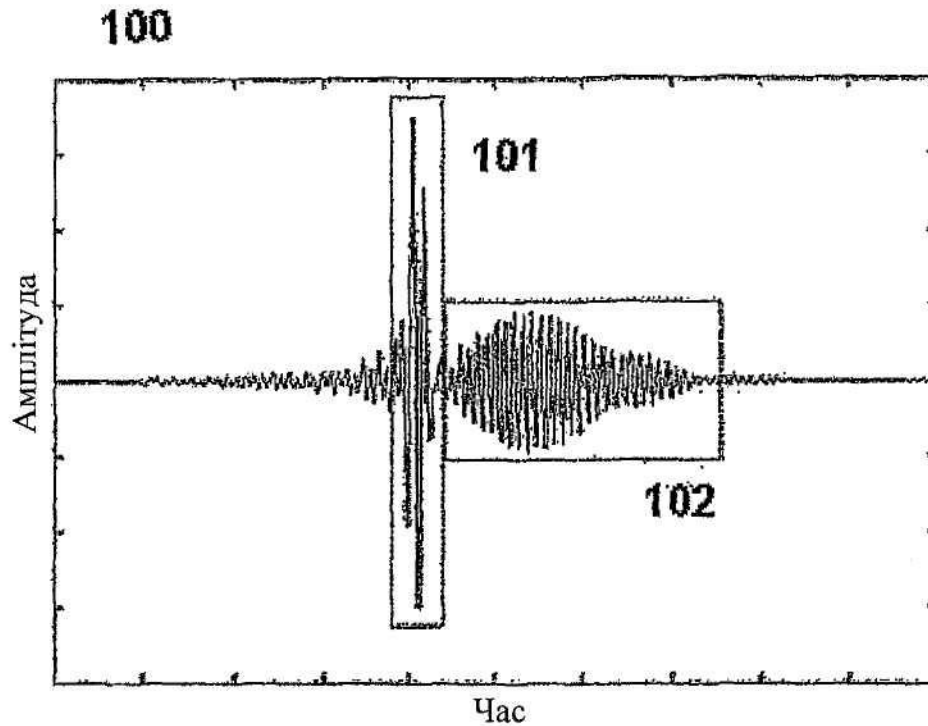
4. Пристрій за п. 3, який **відрізняється** тим, що засіб тримача перетворювача забезпечує можливість переміщення електроакустичного перетворювача вздовж поверхні об'єкта.

5. Пристрій за будь-яким з пп. 3 або 4, який **відрізняється** тим, що згадану попередньо визначену відстань автоматично встановлюють на основі щонайменше одного з: номінальної товщини об'єкта, що підлягає вимірюванню, акустичної характеристики газу в проміжку, заповненому газом, і частот широкосмугового імпульсу.

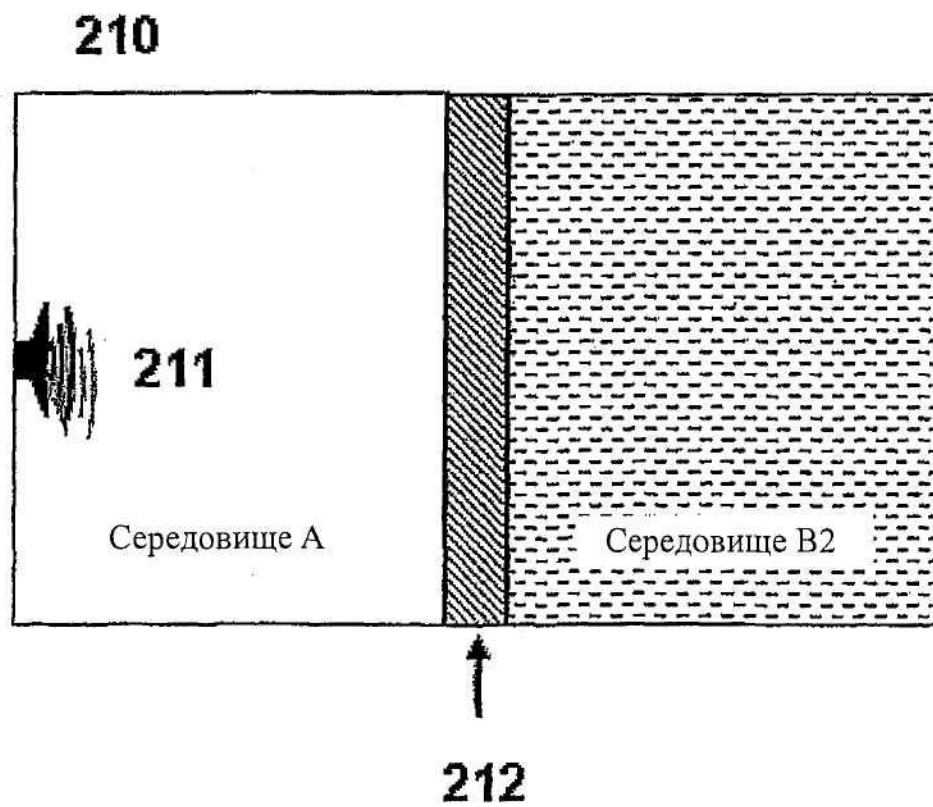
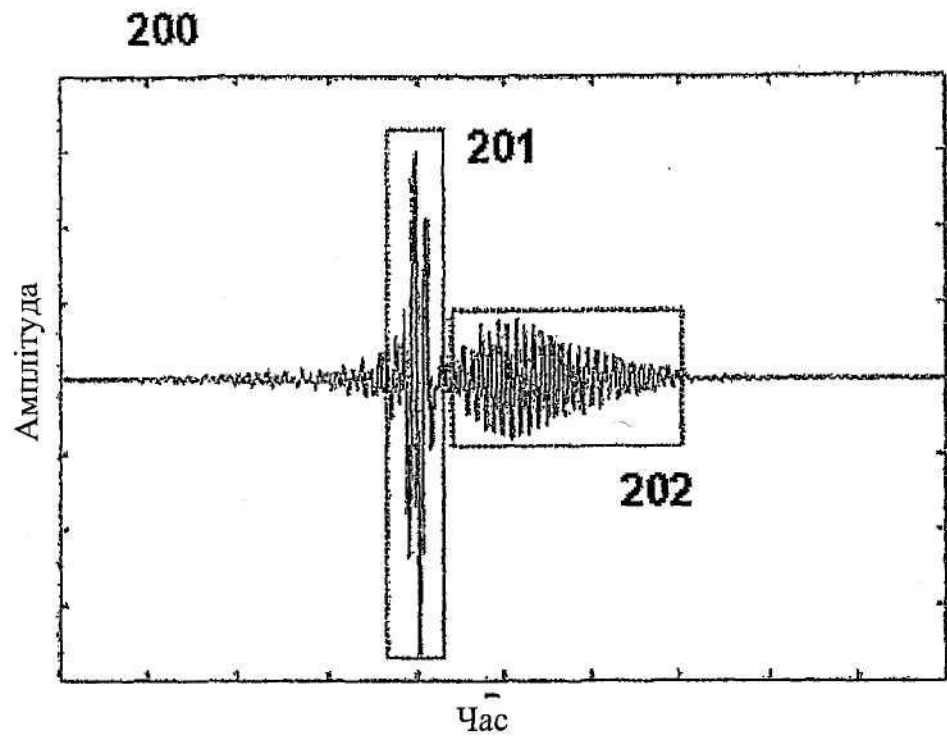
6. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що сигнальний процесор додатково забезпечує можливість визначення характеристик середовища, розміщеного з протилежного перетворювачу боку відносно об'єкта, що підлягає вимірюванню, причому згаданий сигнальний

процесор виконаний з можливістю використання швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) відносно захопленого резонансного сигналу у відповідь з акустичного сигналу у відповідь, прийнятого на рівні, що допускає можливість захоплення резонансного сигналу у відповідь, вище за попередньо визначений рівень співвідношення сигналу до шуму при визначенні характеристик вищезазначеного середовища.

5



Фіг. 1



Фіг. 2

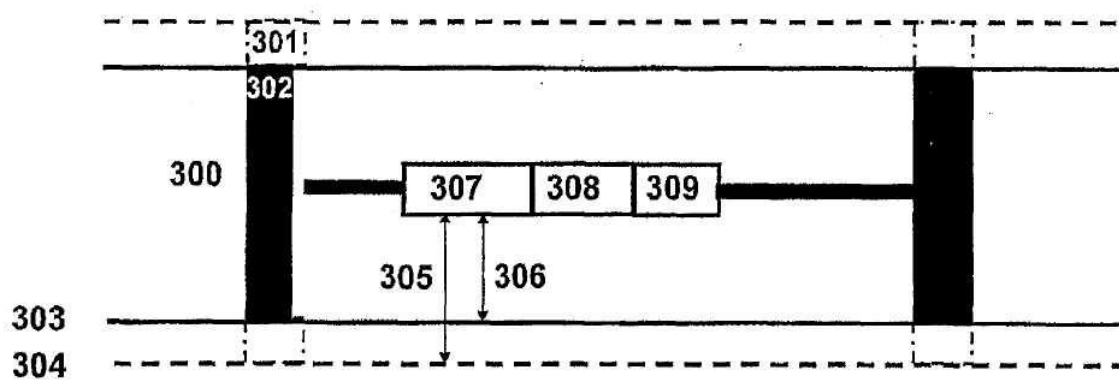


Fig. 3

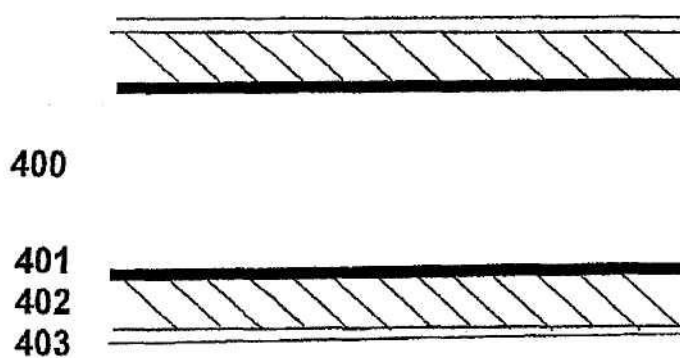


Fig. 4

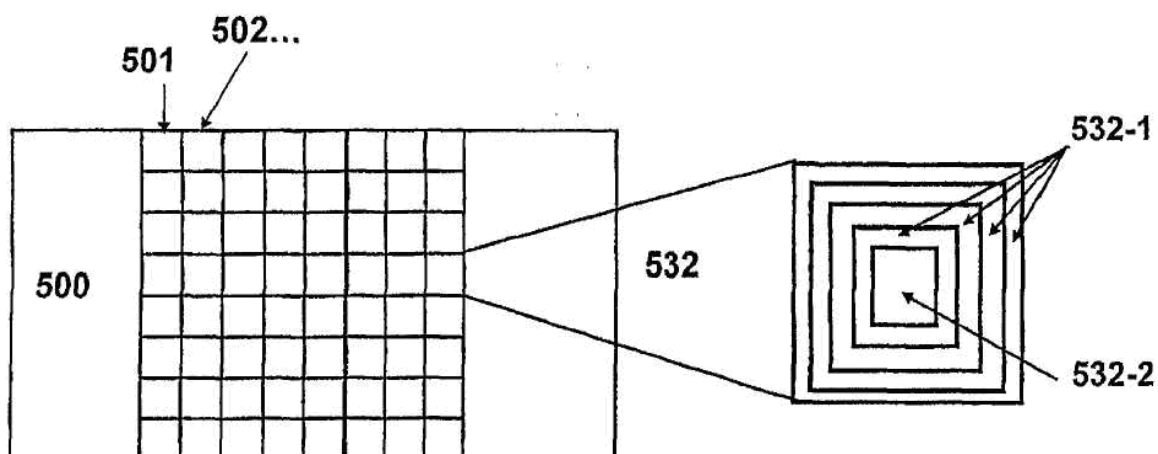


Fig. 5

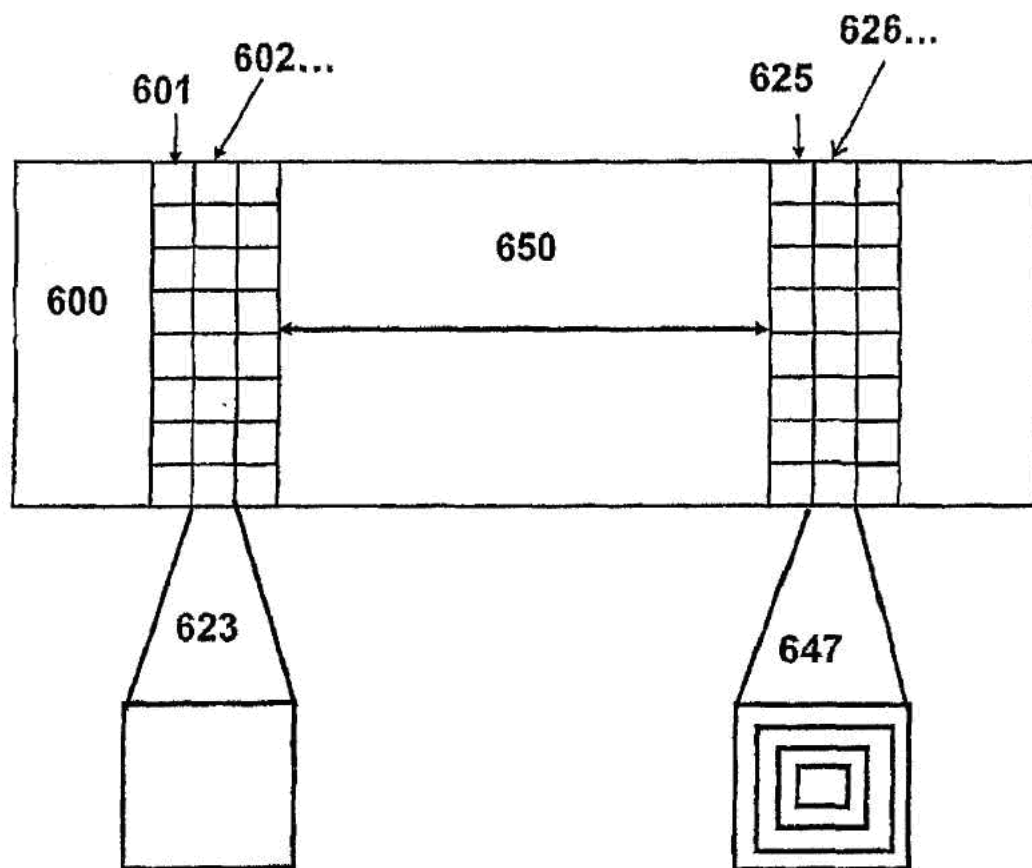


Fig. 6

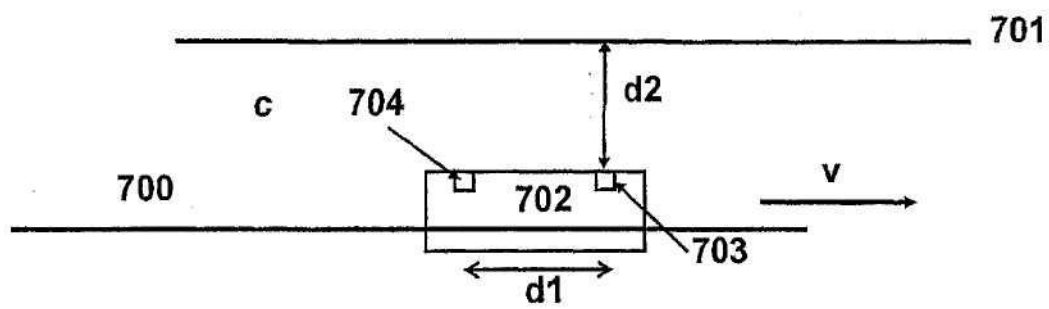


Fig. 7

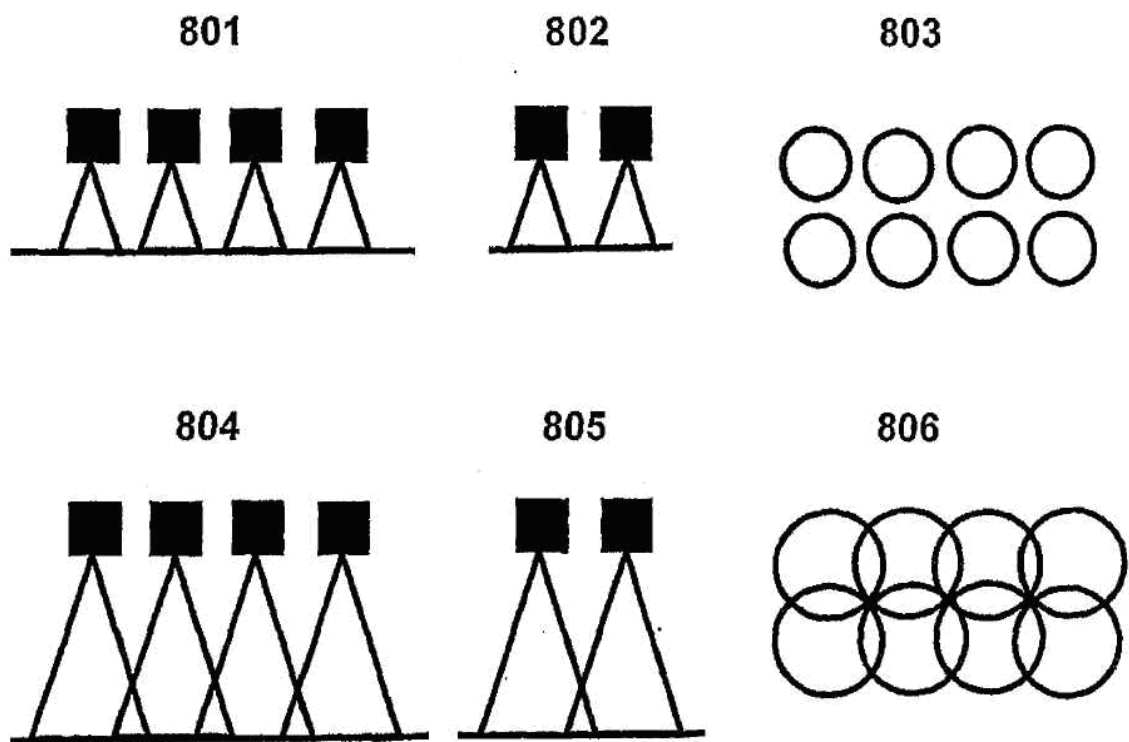


Fig. 8

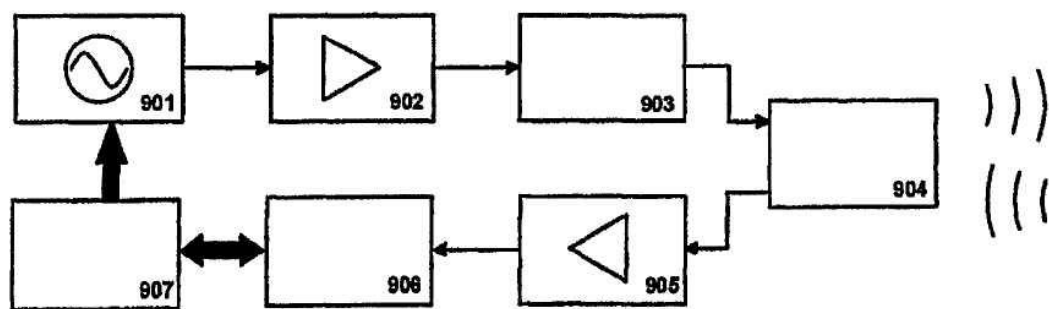


Fig. 9

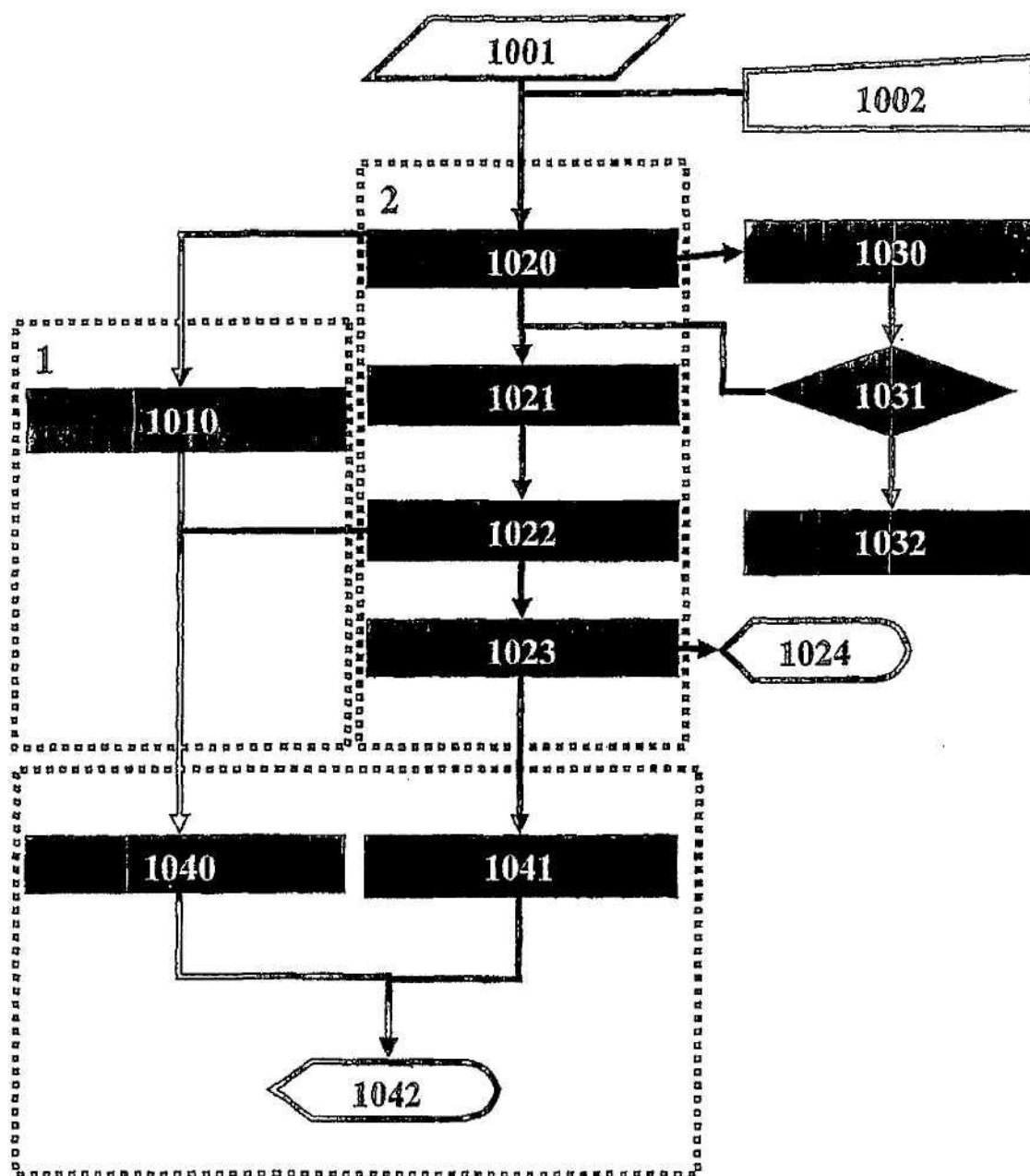
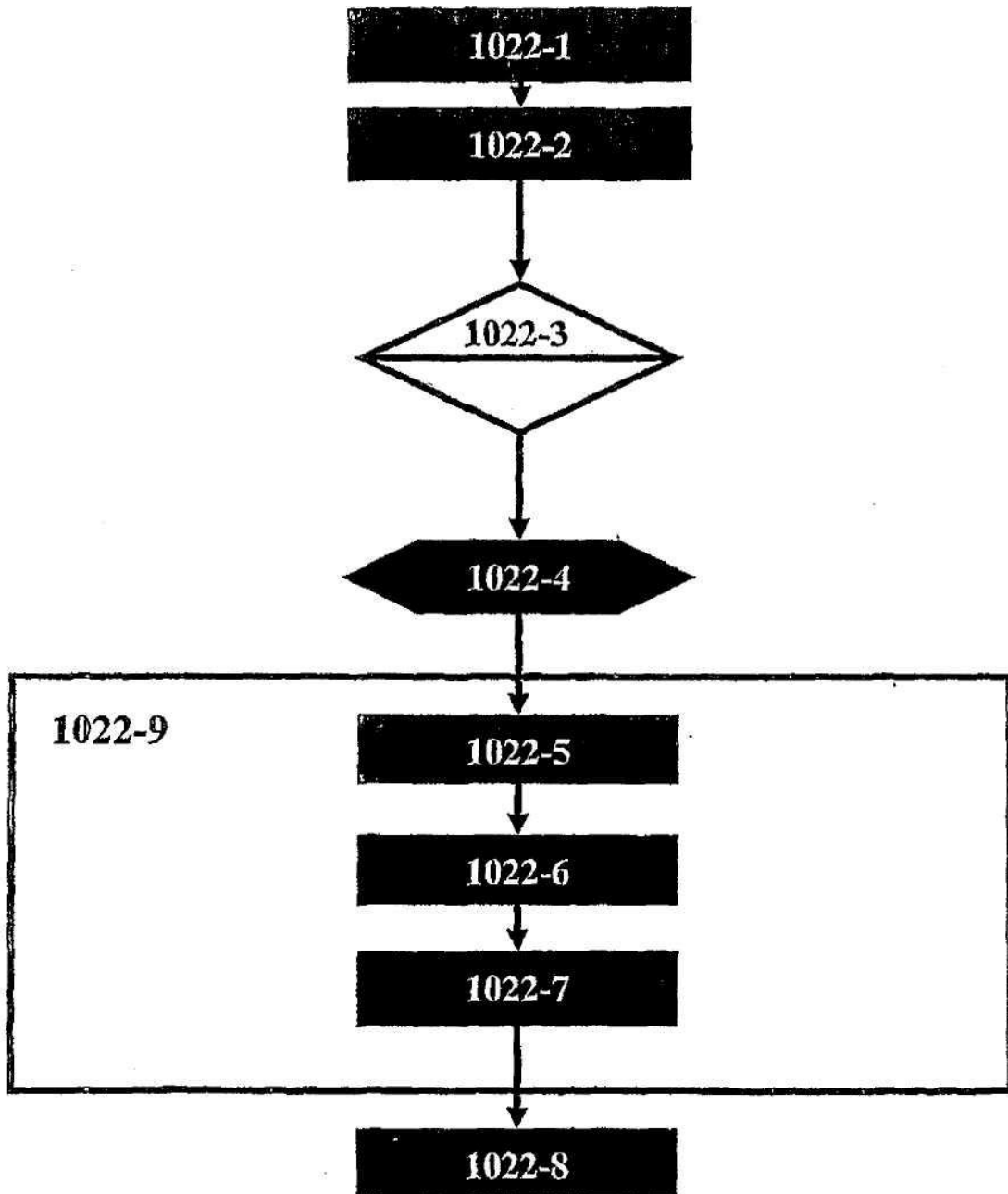


Fig. 10



Фіг. 11

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601