



УКРАЇНА

(19) UA (11) 62639 (13) U
(51) МПК
G01N 27/24 (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ЄМНІСНИЙ ДЕФЕКТОСКОП

1

2

(21) u2011100658

(22) 20.01.2011

(24) 12.09.2011

(46) 12.09.2011, Бюл. № 17, 2011 р.

(72) СКРИПНИК ЮРІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ, БІЛОЗУБ
ВІКТОР ВАСИЛЬОВИЧ, ПОПОВИЧ ВАДИМ ВАЛЕ-
РІЙОВИЧ(73) КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ(57) Ємнісний дефектоскоп, що містить автогене-
ратор з загальним заземленням, накладний ємніс-
ний датчик, в якому внутрішній і зовнішній планар-
ні електроди розташовані на одній діелектричній
основі, автоматичний перемикач, керуючий вхід
якого з'єднаний з виходом мультівібратора,
фільтр нижніх частот і індикатор, який відрізня-

ється тим, що в нього введені послідовно з'єднані частотний детектор, підсилювач змінної напруги і фазочутливий випрямляч, проміжний планарний електрод, розташований на діелектричній основі між внутрішнім і зовнішнім планарними електродами та з'єднаний з входом автоматичного перемикача, один вихід якого з'єднаний з внутрішнім планарним електродом і виходом автогенератора, а другий вихід з'єднаний із зовнішнім планарним електродом і загальним заземленням, до виходу автогенератора підключений вхід частотного детектора, до виходу фазочутливого випрямляча підключений через фільтр нижніх частот індикатор, а керуючий вхід фазочутливого випрямляча з'єднаний з виходом мультівібратора.

Корисна модель відноситься до вимірювальної техніки, призначеної для виявлення локальних дефектів шляхом вимірювання електричної ємності накладного датчика і може бути використана для контролю суцільності матеріалів і виробів (з полімерних, композиційних матеріалів та інших неелектропровідних матеріалів).

Суцільність матеріалів і виробів порушується за наявності внутрішніх тріщин, пор, пухкостей, повітряних бульбашок та інших структурних змін. Для виявлення внутрішніх дефектів у непровідних матеріалах використовують накладні ємнісні датчики з різною глибиною контролю, яка визначається розташуванням і геометричними розмірами електродів датчика. У накладних датчиках найбільш часто використовуються плоскі компланарні електроди, симетрично розташовані відносно центрального внутрішнього електрода [Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник в 2-х книгах. Кн 2 /Под ред. В.В. Ключева, – М: Машиностроение, 1988. - с. 163-169].

У вимірювальних схемах дефектоскопів широко застосування здобуло частотне перетворення інформативного параметра (ємності або тангенса кута втрат) в частоту шляхом утворення биття коливань різних частот двох генераторів порівняльного та вимірювального, в коливальний контур якого включений датчик. [Белокур И. П., Коваленко

В. А. Дефектоскопия материалов и изделий. - К.: 1989 - с. 122-124].

Однак, через неминучу нестабільність частот двох незалежних генераторів виникає дрейф різницевої частоти, який викликає велику адитивну похибку порівняння і знижує вірогідність неруйнівного контролю.

Відомий ємнісний дефектоскоп, що містить одногенераторні схеми порівняння параметрів двох параметричних датчиків (ємнісних або індуктивних), які почергово і періодично включаються в частотнозадаюче коло одного автогенератора [Таланчук П. М., Скрипник Ю. О., Дубровний В. А. Високоточні засоби вимірювання фізичних величин із самоналагодуванням і автокорекцією похибок. - К.: ІЗМН, 1996. – С. 215-218].

Сигнал, пропорційний різниці частот отримують частотним детектуванням вихідної напруги автогенератора, частота якого періодично з частотою перемикачання датчиків змінюється від одного значення до іншого. Проте, неминуча неідентичність параметрів вимірювального і опорного датчиків не дозволяє виявляти малі дефекти в контрольованому матеріалі щодо еталонного.

Відомий також ємнісний дефектоскоп [патент України № 37837А, МПК G01N27/06, 2001 р.], що містить автогенератор з загальним заземленням, накладний ємнісний датчик, в якому внутрішній і зовнішній планарні електроди розташовані на од-

(13) U

(11) 62639

(19) UA

ній діелектричній основі, автоматичний перемикач, керуючий вхід якого з'єднаний з виходом мульти-вібратор, фільтр нижніх частот і індикатор. Крім того, відомий пристрій включає другий автогенератор, змішувач, смуговий фільтр, підсилювач-обмежувач, диференціювальний елемент, інтегратор, несиметричний мультивібратор з керованим варикапом і амплітудний обмежувач, а також чотири автоматичних перемикача.

Використання відомого пристрою дозволяє виявити порушення суцільності матеріалу, наприклад, з-за повітряних бульбашок або розшарувань за рахунок зменшення діелектричної проникності матеріалу в порівнянні з бездефектним матеріалом. Але аналогічні зміни можуть виникнути і за рахунок зміни діелектричних властивостей самого матеріалу, наприклад, внаслідок зволоження, зміни хімічного складу, температури діелектрика і т.п. Тому використання його навіть при відсутності похибки від нестабільності частот автогенераторів, не забезпечує високу вірогідність контролю на суцільність матеріалів і виробів при варіації їх діелектричних властивостей.

В основу корисної моделі покладена задача створення такого ємнісного дефектоскопа, в якому введення нових елементів і зв'язків дозволило б підвищити вірогідність контролю матеріалів та виробів на порушення суцільності з непостійними діелектричними властивостями і відсутності еталонного матеріалу.

Поставлена задача вирішується тим, що в ємнісний дефектоскоп, що містить автогенератор з загальним заземленням, накладний ємнісний датчик, в якому внутрішній і зовнішній планарні електроди розташовані на одній діелектричній основі, автоматичний перемикач, керуючий вхід якого з'єднаний з виходом мультивібратора, фільтр нижніх частот і індикатор, згідно з корисною моделлю, введені послідовно з'єднані частотний детектор, підсилювач змінної напруги і фазочутливий випрямляч, проміжний планарний електрод розташований на діелектричній основі між внутрішнім і зовнішнім планарними електродами та з'єднаний з входом автоматичного перемикача, один вихід якого з'єднаний з внутрішнім планарним електродом і виходом автогенератора, а другий вихід з'єднаний із зовнішнім планарним електродом і загальним заземленням, до виходу автогенератора підключений вхід частотного детектора, до виходу фазочутливого випрямляча підключений через фільтр нижніх частот індикатор, а керуючий вхід фазочутливого випрямляча з'єднаний з виходом мультивібратора.

Введення в схему ємнісного дефектоскопа частотного детектора, підсилювача змінної напруги і фазочутливого випрямляча, з'єднаних послідовно, проміжного планарного електрода між внутрішнім і зовнішнім електродами ємнісного датчика, з'єднаних з використовуваними елементами зазначеним чином, дозволяє зондувати контрольований матеріал електричними полями малої і великої глибини і виявляти наявність дефектів по різниці ємностей датчика при двох положеннях перемикача, який комутує проміжний планарний електрод. Почергове частотне детектування вихідної напруги автоге-

нератора забезпечує отримання змінної напруги частоти перемикачання, амплітуда якого пропорційна різниці частот автогенератора, які відповідають різній глибині зондування, при цьому поява напруги частоти перемикачання свідчить про наявність дефекту в контрольованому матеріалі незалежно від початкової частоти автогенератора, тобто виявлення дефекту не залежить від ступеня нестабільності частоти автогенератора, що дозволяє підвищити достовірність контролю матеріалів і виробів по дефектам, зв'язаними з порушенням суцільності, без порівняння з еталонним матеріалом.

На кресленні зображена функціональна схема ємнісного дефектоскопа.

У ємнісному дефектоскопі автогенератор 1 виконаний за схемою Колпітца (ємністю триточкової) на транзисторі 2, в якому режим по постійному току встановлюється за допомогою резисторів 3, 4, 5, 6 і блокувального конденсатора 7. Конденсатор зв'язку 8 забезпечує позитивний зворотній зв'язок між коливальним контуром з котушки індуктивності 9 і двох ємностей, з яких одна представлена конденсатором 10, а інша електродною системою ємнісного датчика 12 і загальним заземленням 11 автогенератора 1. Електродна система накладного ємнісного датчика 12 утворена внутрішнім планарним електродом 13, проміжним планарним електродом 14, зовнішнім планарним електродом 15, які розташовані на одній діелектричній основі 16. Вхід автоматичного перемикача 17 з'єднаний з проміжним електродом 14, один вихід з'єднаний з внутрішнім електродом 13, який підключений до виходу автогенератора 1. Інший вихід автоматичного перемикача 17 з'єднаний з зовнішнім планарним електродом 15, який підключений до загального заземлення 11 автогенератора 1. До виходу автогенератора 1 підключені послідовно з'єднані частотний детектор 18, підсилювач змінної напруги 19, фазочутливий випрямляч 20, фільтр нижніх частот 21 і індикатор 22. Керуючі входи автоматичного перемикача 16 і фазочутливого випрямляча 20 з'єднані з виходом мультивібратора 23. Позицією 24 позначений матеріал, що досліджується.

Ємнісний дефектоскоп працює наступним чином.

Частота автогенератора 1 визначається параметрами коливального контуру, до якого поряд з індуктивністю котушки 9, ємністю конденсатора 10 входить і ємність датчика 12. Система планарних електродів 13, 14 і 15 виконана таким чином, що ємність датчика 12 однакова при двох положеннях автоматичного перемикача 17 і відсутності контрольованого матеріалу. При зазначеному положенні автоматичного перемикача 17 електричне зондує поле створюється між внутрішнім потенційним електродом 13 і близько розташованим проміжним планарним електродом 14. При цьому глибина зондує поля мала. У протилежному положенні автоматичного перемикача 17 проміжний планарний електрод 14 з'єднується з внутрішнім електродом 13 і стає також потенційним. У цьому випадку зондує електричне поле створюється між електродами 13, 14 і віддаленим зазем-

леним електродом 15. У цьому випадку глибина зондування поля різко збільшується. При цьому ширина електродів і відстань між ними вибираються таким чином, щоб ємності цих систем були однаковими. Тоді накладення датчика на контрольований матеріал 24 з однорідним діелектриком (бездефектний матеріал) не змінить рівності ємностей цих двох систем.

У випадку появи внутрішніх дефектів у матеріалі (розшарувань, повітряних бульбашок, пухкостей і т.п.) глибинне зондування буде ослаблене через зменшення результуючої діелектричної проникності. При цьому чим більше внутрішні дефекти, тим більше будуть відрізнятися ємності електродів 13-14 з малою глибиною зондування від ємностей електродів 13, 14-15 з великою глибиною зондування. У відповідності з цим в коливальний контур 9-10, 11 автогенератора 1 буде вноситися різна ємність, що викличе відповідні зміни частоти автогенератора 1.

Частота автогенератора 1 у першому наближенні визначається параметрами його коливального контура:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_k C_k}} \quad (1)$$

де L_k - індуктивність котушки 9;

$C_k = C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$ - еквівалентна ємність з паралельно включених ємностей конденсатора 10 (C_1) і накладного ємнісного датчика 12 (C_2).

При контролі дефектності матеріалів частота генерації електричних коливань (1) зменшується за рахунок діелектричної проникності матеріалу, яка більше діелектричної проникності повітря. При одному положенні автоматичного перемикача 16 частота генерації

$$f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_k C_1 C_2' / (C_1 + C_2')}} \quad (2)$$

а при іншому положенні автоматичного перемикача 16

$$f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_k C_1 C_2'' / (C_1 + C_2'')}} \quad (3)$$

де C_1 - ємність конденсатора 10;

C_2' - ємність датчика 12 за малої глибини зондування;

C_2'' - ємність датчика 12 за великої глибини зондування.

При періодичних перемиканнях проміжного електрода 14 датчика 12 з частотою перемикання мультивібратора 23 здійснюється частотна модуляція вихідної напруги автогенератора 1. При цьому частота автогенератора 1 змінюється від значення (2) до значення (3) і навпаки. Відповідно до цього періодично змінюється вихідна напруга частотного детектора 17 від значення

$$U_1 = S f_1 \quad (4)$$

до значення

$$U_2 = S f_2, \quad (5)$$

де S - крутизна перетворення частотного детектора 18.

У випадку появи дефектів у контрольованому матеріалі 24 напруга $U_2 > U_1$, так як ємність

$C_2' < C_2''$ через порушення суцільності та зменшення результуючої діелектричної проникності. З послідовності імпульсів напругу з амплітудами (4) і (5) підсилювачем 19 виділяється і посилюється змінна складова напруги.

$$U_3 = K_1 \frac{U_2 - U_1}{2} \text{signsin} 2\pi Ft \quad (6)$$

де K_1 - коефіцієнт посилення підсилювача змінної напруги 18;

F - частота перемикачів мультивібратора 23;

$\text{signsin} 2\pi Ft$ - прямокутна обвідна послідовності імпульсів (4) і (5).

За допомогою фазочутливого випрямляча 20, який керується безпосередньо напругою мультивібратора 23, випрямляється змінна напруга (6). Після згладжування випрямленої напруги фільтром низьких частот 21 вона фіксується індикатором 22.

Зареєстрована напруга

$$U_4 = \frac{1}{2} K_1 K_2 K_3 (U_2 - U_1) \quad (7)$$

де K_2 - коефіцієнт випрямлення фазочутливого випрямляча 20;

K_3 - коефіцієнт передачі фільтра низьких частот 21.

Підставивши в (7) вираження U_2 з (5) і U_1 з (4), отримаємо

$$U_5 = \frac{1}{2} K_1 K_2 K_3 S (f_2 - f_1) \quad (8)$$

З отриманого виразу (8) випливає, що індикатором 22 фіксується напруга пропорційна різниці частот автогенератора 1, яка не залежить від початкової частоти (1). Так як обидві електродні системи 13-14 і 13,14-15 розміщені на одній діелектричній основі 16, то зміна її діелектричних властивостей, наприклад, з-за зволоження, забруднення і т.п. також не впливає на напругу різницевої частоти (8). У той же час будь-які порушення суцільності в об'ємі контрольованого матеріалу 24 неминуче призведуть до порушення рівності ємностей C_2' і C_2'' , що спричиняє появу сигналу пропорційного різниці частот f_1 і f_2 . В наслідок цього зафіксовану напругу (8) можна представити з урахуванням виражень (1) і (2) у вигляді функціональної залежності від різниці ємностей датчика 12 і ступеня дефектності матеріалу:

$$U_6 = F(C_2' - C_2'') = S_p \frac{\Delta V}{V} 100 \quad (9)$$

де S_p - результуюча крутизна вимірювального перетворення;

V - об'єм контрольованого матеріалу;

ΔV - сумарний об'єм дефектних зон матеріалу.

До переваг запропонованого ємнісного дефектоскопа відноситься його висока чутливість, яку при відсутності дрейфу нуля легко збільшувати збільшенням коефіцієнта підсилення підсилювача змінної напруги 19, у якого відсутній власний дрейф нуля. Випрямлення фазочутливим випрямлячем 20 забезпечує зміну полярності фіксованої

напруги, що може мати місце при збільшенні ємності датчика при глибокому зондуванні матеріалу з включеннями води та інших домішок з великою діелектричною проникністю.

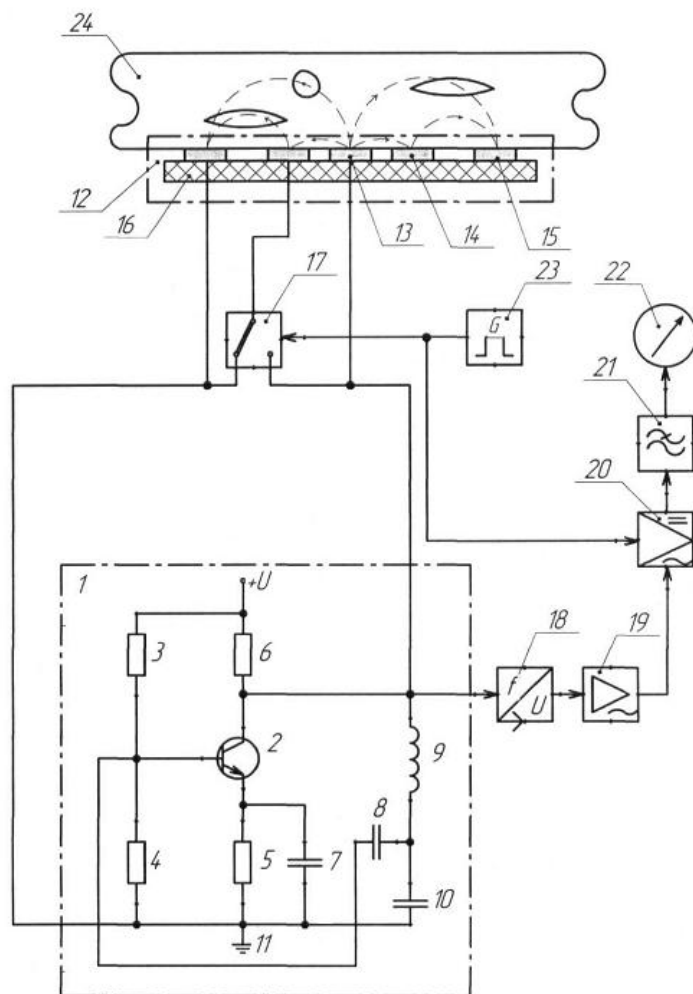
Використання ємнісного дефектоскопу в контрольно-вимірювальній техніці дозволить:

- більш ефективно і з великою роздільною здатністю виявляти глибинні дефекти в непровідних матеріалах і виробках;

- кількісно оцінювати обсяг і кількість дефектів за значенням вихідної напруги;

- контролювати ступінь зволоження і забруднення провідними включеннями внутрішніх шарів матеріалу;

- вимірювати товщину діелектричних покриттів на непровідних матеріалах і виробках.



Фіг.