



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **62074** (13) **U**
(51) МПК
G01N 27/22 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ОПИС**
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту**(54) АВТОГЕНЕРАТОРНИЙ ПРИСТРІЙ ДІЕЛЕКТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ МАТЕРІАЛІВ ТА РЕЧОВИН**

1

2

(21) u201100911

(22) 27.01.2011

(24) 10.08.2011

(46) 10.08.2011, Бюл.№ 15, 2011 р.

(72) СКРИПНИК ЮРІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ, КАЛАМЕЄЦЬ ТЕТЯНА ПЕТРІВНА, КАЛАМЕЄЦЬ ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

(73) КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

(57) Автогенераторний пристрій діелектричного контролю матеріалів та речовин, що містить автогенератор, два накладні ємнісні датчики, внутрішні і зовнішні планарні електроди яких розміщені на протилежних сторонах загальної діелектричної підкладки, два автоматичні перемикачі, генератор тактових імпульсів і цифровий вольтметр, який відрізняється тим, що в нього введені третій автоматичний перемикач, частотний детектор, імпульсний підсилювач і два конденсатори, при цьому перший автоматичний перемикач входом з'єднаний з високопотенційним виходом автогенератора, низькопотенційний вихід якого з'єднаний з входом

другого автоматичного перемикача, протилежні виходи першого та другого автоматичних перемикачів з'єднані між собою, до одних з'єднаних виходів підключений внутрішній планарний електрод першого накладного ємнісного датчика, а до других з'єднаних виходів підключений внутрішній планарний електрод другого накладного ємнісного датчика, зовнішні планарні електроди обох накладних ємнісних датчиків з'єднані між собою і підключені до низькопотенційного виходу автогенератора, до високопотенційного виходу якого підключені послідовно з'єднані частотний детектор, імпульсний підсилювач і входом третій автоматичний перемикач, виходи якого з'єднані з кінцями першого і другого конденсаторів, між якими включений цифровий вольтметр, інші кінці конденсаторів з'єднані між собою і підключені до низькопотенційного виходу автогенератора, а керуючі входи трьох автоматичних перемикачів підключені безпосередньо до виходу генератора тактових імпульсів.

Корисна модель відноситься до області аналізу та контролю складу матеріалів та речовин за діелектричними параметрами. Діелектричний контроль, який засновано на вимірюванні діелектричної проникності контрольованих матеріалів та речовин і порівнянні з аналогічним параметром зразкового матеріалу (нормою), найбільш широко використовується в системах неруйнівного контролю. Завадозахищеність і можливість дистанційного контролю забезпечується перетворенням ємності кожного із датчиків в частоту змінної напруги із послідовним формуванням різницевої частоти.

Для порівняння контрольованого діелектричного параметра з нормою використовуються двоканальні автогенераторні схеми [Арш Э.И. Автогенераторные методы и средства измерений - М.: Машиностроение, 1979. - С.71-73], в яких ємнісні датчики контрольованого і зразкового матеріалів включені в коливальні контури двох автогенераторів. Однак, через нестабільність початкових частот

двох незалежних автогенераторів виникає дрейф різницевої частоти, що обумовлює велику адитивну похибку в результаті порівняння.

У відомому автогенераторному пристрої діелектричного контролю матеріалів та речовин [Патент США № 4048844, МПК G01N27/22, 1977 р.], що містить ємнісний датчик в коливальному контурі, використовується схема компенсації впливу температури з термодатчиком, а в коло зворотного зв'язку включений компенсатор неінформативних змін частоти. Але часова нестабільність електронних елементів схеми через процеси старіння і зносу, в тому числі і в колі компенсації, не можуть повністю виключити вплив нестабільності частоти автогенератора на результат контролю.

Відомий автогенераторний пристрій діелектричного контролю матеріалів та речовин [А. С. СССР № 858634, МПК G01R27/26, 1980 р.], що містить два автогенератори - вимірювальний з ємнісним датчиком в резонансному контурі і опорний зі зразковим конденсатором в своєму контурі,

(13) **U**(11) **62074**(19) **UA**

підключені до змішувача, до виходу якого послідовно під'єднані смуговий фільтр, амплітудний обмежувач, частотний детектор та індикатор, ключ, виконавчий механізм з підстроювальною ємністю, що підключена паралельно конденсатору опорного автогенератора. Після замикання оператором ключа виконавчий механізм діє на підстроювальний елемент, завдяки чому коригується дрейф різницевої частоти. Але в режимі вимірювання, коли ключ розімкнений, з'являється дрейф нуля через флуктуації частоти вимірювального генератора.

Відомий також автогенераторний пристрій діелектричного контролю матеріалів та речовин [Патент України № 34598А, МПК G01N27/06, 2001 р.], що містить автогенератор, два накладні ємнісні датчики, внутрішні і зовнішні планарні електроди яких розміщені на протилежних сторонах загальної діелектричної підкладки, два автоматичні перемикачі, генератор тактових імпульсів і цифровий вольтметр. Крім того, пристрій містить другий автогенератор, балансний змішувач, фільтр нижніх частот, формувач коротких імпульсів, реверсивний лічильник імпульсів та блок керування цифровою частиною схеми.

Завдяки періодичному заміщенню вимірювального та опорного датчиків на керуючих входах двох автогенераторів виключається вплив дрейфу їх початкових частот на результат контролю. Розміщення електродів двох ємнісних датчиків на одній діелектричній підкладці дозволяє усунути вплив нестійкості діелектричних властивостей загальної підкладки на результат порівняння діелектричних проникностей контрольованого матеріалу і зразкового. Однак, таке розміщення електродів обумовлює взаємне проникнення електричних полів датчиків одночасно в обидва матеріали, які порівнюються, що викликає похибку в оцінці різниці діелектричних проникностей контрольованого та зразкового матеріалів, а також понижує чутливість до контрольованого параметру. Використання двох автогенераторів недоцільне при малій різниці діелектричних властивостей порівнюваних матеріалів через явища паразитної синхронізації двох генераторів близьких частот і появу зони нечутливості до малих відхилень в діелектричних властивостях контрольованого матеріалу, що веде до виникнення нелінійності характеристики по контрольованому параметру.

В основу корисної моделі покладено задачу створення такого автогенераторного пристрою діелектричного контролю матеріалів та речовин, в якому введенням нових елементів і зв'язків забезпечилась би можливість повністю усунути вплив зонduючого поля вимірювального датчика на зразковий матеріал і навпаки, зонduючого поля опорного датчика на контрольований матеріал, виключити зону нечутливості пристрою і лінеаризувати статичну характеристику пристрою по параметрам, що порівнюються, що підвищить достовірність діелектричного контролю.

Поставлена задача вирішується тим, що в автогенераторний пристрій діелектричного контролю матеріалів та речовин, що містить автогенератор, два накладні ємнісні датчики, внутрішні і зовнішні

планарні електроди яких розміщені на протилежних сторонах загальної діелектричної підкладки, два автоматичних перемикача, генератор тактових імпульсів і цифровий вольтметр, згідно з корисною моделлю, в нього введені третій автоматичний перемикач, частотний детектор, імпульсний підсилювач і два конденсатори, при цьому перший автоматичний перемикач входом з'єднаний з високопотенційним виходом автогенератора, низькопотенційний вихід якого з'єднаний з входом другого автоматичного перемикача, протилежні виходи першого та другого автоматичних перемикачів з'єднані між собою, до одних з'єднаних виходів підключений внутрішній планарний електрод першого накладного ємнісного датчика, а до других з'єднаних виходів підключений внутрішній планарний електрод другого накладного ємнісного датчика, зовнішні планарні електроди обох накладних ємнісних датчиків з'єднані між собою і підключені до низькопотенційного виходу автогенератора, до високопотенційного виходу якого підключені послідовно з'єднані частотний детектор, імпульсний підсилювач і входом третій автоматичний перемикач, виходи якого з'єднані з кінцями першого і другого конденсаторів, між якими включений цифровий вольтметр, інші кінці конденсаторів з'єднані між собою і підключені до низькопотенційного виходу автогенератора, а керуючі входи трьох автоматичних перемикачів підключені безпосередньо до виходу генератора тактових імпульсів.

Введення в схему автогенераторного пристрою діелектричного контролю матеріалів та речовин третього автоматичного перемикача, частотного детектора, імпульсного підсилювача і двох конденсаторів, що з'єднані з елементами, що раніше використовувались, вказаним чином забезпечує по чергове створення зонduючого електричного поля в одному і другому ємнісному датчику. При цьому створення зонduючого електричного поля в одному датчику супроводжується гасінням зонduючого електричного поля в другому датчику, що забезпечує по чергове незалежне зондування контрольованого і зразкового матеріалів. В результаті цього в коливальний контур автогенератора по чергово вносяться різні ємності пропорційні діелектричним проникностям контрольованого і зразкового матеріалів і усувається їх взаємний вплив. При автоматичній роботі перемикачів частота автогенератора періодично змінюється відносно початкової частоти на величину пропорційну параметрам, що порівнюються. Виділення змінної складової частоти автогенератора за допомогою третього автоматичного перемикача і двох конденсаторів забезпечує отримання напруги пропорційної різниці діелектричних проникностей матеріалів, що порівнюються, незалежно від флуктуацій початкової частоти автогенератора і нестабільності діелектричних властивостей загальної підкладки електродних систем двох датчиків, що підвищує достовірність діелектричного контролю матеріалів та речовин.

На фіг. 1 представлена електрична схема автогенераторного пристрою діелектричного контролю матеріалів та речовин, на фіг. 2 - розріз по А-А.

Пристрій містить автогенератор 1, який включає підсилювач 2, охоплений позитивним зворотним зв'язком через коливальний контур з котушкою індуктивності 3 і конденсаторами 4 і 5, і конденсатор зв'язку 6. Вхід автоматичного перемикача 7 з'єднаний з низькопотенційним виходом автогенератора 1, яким є заземлена точка з'єднання конденсаторів 4 і 5. Вхід автоматичного перемикача 8 з'єднаний з високопотенційним виходом автогенератора 1, яким є вихід підсилювача 2. Протилежні виходи автоматичних перемикачів 7 і 8 з'єднані між собою. Внутрішній планарний електрод 9 і зовнішній планарний електрод 10 накладного ємнісного датчика, який є вимірювальним, розташовані з однієї сторони загальної діелектричної підкладки 11, на другій стороні якої знаходяться аналогічні планарні електроди 12 і 13 накладного ємнісного датчика, який є опорним. До одного із з'єднаних виходів перемикачів 7 і 8 підключений внутрішній планарний електрод 9, а до другого - внутрішній планарний електрод 12. Зовнішні планарні електроди 10 і 13 з'єднані між собою і підключені до низькопотенційного виходу автогенератора 1. Керуючі входи автоматичних перемикачів 7 і 8 підключені до виходу генератора тактових імпульсів 14. Послідовно з'єднані частотний детектор 15, імпульсний підсилювач 16 і по входу третій автоматичний перемикач 17 підключені до високопотенційного виходу автогенератора 1. Виходи автоматичного перемикача 17, керуючий вхід якого також підключений до виходу генератора тактових імпульсів 14, з'єднані з високопотенційними електродами конденсаторів 18 і 19. Низькопотенційні електроди цих конденсаторів з'єднані між собою і підключені до низькопотенційного виходу автогенератора 1. Між високопотенційними електродами конденсаторів 18 і 19 включений цифровий вольтметр 20.

Позицією 21 позначений контрольований матеріал, а позицією 22 - зразковий матеріал.

Пристрій працює наступним чином.

Автогенератор 1 виконаний за ємнісною триточковою схемою (за схемою Колпітца). Частота його автоколивань в першому наближенні визначається тільки елементами резонансного контуру:

$$f_{\Gamma}^I = 1 / \left(2\pi \sqrt{L_K C_K'} \right), \quad (1)$$

де L_K - індуктивність котушки 3;

$$C_K' = C_1 C_2' / (C_1 + C_2') - \text{еквівалентна ємність}$$

контуру;

C_1 - ємність конденсатора 4;

C_2' - ємність накладного датчика з електродами 9 і 10 при вказаному положенні автоматичних перемикачів 7 і 8.

Ємність C_2' вимірювального накладного ємнісного датчика визначається з одного боку діелектричною проникністю ϵ_X контрольованого матеріалу 21, який зондується змінним електричним полем між високопотенційним внутрішнім планарним

електродом 9 і низькопотенційним зовнішнім планарним електродом 10, що заземлений. З іншого боку - діелектричною проникністю загальної діелектричної підкладки 11 ϵ_{Π} , в якій при накладній конструкції датчика зосереджено більш половини енергії зондуючого електричного поля. В результаті ємність вимірювального датчика з електродами 9 і 10:

$$C_2' = k_1(\epsilon_X + \epsilon_{\Pi}), \quad (2)$$

де k_1 - коефіцієнт, що залежить від геометричних розмірів електродів датчика і відстані між електродами 9 і 10.

Так як при вказаному положенні автоматичних перемикачів 7 і 8 внутрішній планарний електрод 12 опорного датчика з'єднаний по суті з зовнішнім планарним електродом 13, то зразковий матеріал 22 не зондується змінним електричним полем. В протилежному положенні автоматичних перемикачів 7 і 8 під високим потенціалом автогенератора 1 виявляється внутрішній планарний електрод 12 опорного накладного ємнісного датчика, а внутрішній планарний електрод 9 вимірювального накладного ємнісного датчика заземлений. В результаті цього змінним електричним полем зондується зразковий матеріал 22, а в контрольованому матеріалі 21 електричне поле відсутнє. Частота автоколивань приймає значення:

$$f_{\Gamma}^{II} = 1 / \left(2\pi \sqrt{L_K C_K''} \right), \quad (3)$$

де $C_K'' = C_1 C_2'' / (C_1 + C_2'')$ - еквівалентна ємність контуру.

Ємність накладного опорного датчика з електродами 12 і 13:

$$C_2'' = k_1(\epsilon_0 + \epsilon_{\Pi}), \quad (4)$$

де ϵ_0 - діелектрична проникність зразкового матеріалу 22.

При періодичній роботі автоматичних перемикачів 7 і 8 частота автогенератора 1 періодично змінюється від значення f_{Γ}^I до значення f_{Γ}^{II} .

На виході частотного детектора 15 виникає часова послідовність імпульсів напруги, амплітуди яких пропорційні двом частотам автогенератора 1:

$$U_1 = S f_{\Gamma}^I, \quad (5)$$

$$U_2 = S f_{\Gamma}^{II}, \quad (6)$$

де S - крутизна перетворення частотного детектора 15.

Напруги (5) і (6) по чергово підсилюються імпульсним підсилювачем 16 і поступають на вхід автоматичного перемикача 17. Так як автоматичний

перемикач 17 працює синхронно з автоматичними перемикачами 7 і 8, то підсилені імпульси роздільно заряджають конденсатори 18 і 19. При квадратичній характеристиці імпульсного підсилювача 16 конденсатор 18 заряджається до напруги:

$$U_3 = k_2 U_1^2, \quad (7)$$

де k_2 - коефіцієнт підсилення імпульсного підсилювача 16.

Конденсатор 19 заряджається до напруги:

$$U_4 = k_2 U_2^2, \quad (8)$$

Цифровий вольтметр 20, що включений між конденсаторами 18 і 19, вимірює різницю потенціалів заряджених конденсаторів. З урахуванням (7), (8), і (5), (6) різниця напруга, що вимірюється:

$$U_5 = k_2 S^2 \left[\left(f_{\Gamma}^I \right)^2 - \left(f_{\Gamma}^{II} \right)^2 \right], \quad (9)$$

Підставляючи в вираз (9) значення частот із (1) і (3), отримуємо

$$U_6 = k_2 S \left(\frac{1}{4\pi^2 L_K C_K^I} - \frac{1}{4\pi^2 L_K C_K^{II}} \right), \quad (10)$$

З урахуванням значень C_K^I і C_K^{II} із виразів (1) і (3) маємо напругу

$$U_7 = \frac{k_2 S^2}{4\pi^2 L_K} \left(\frac{C_2^{II} / (C_1 + C_2^{II}) - C_2^I / (C_1 + C_2^I)}{C_1 C_2^I C_2^{II} / (C_1 + C_2^I)(C_1 + C_2^{II})} \right), \quad (11)$$

Після математичних перетворень виразу (11) отримаємо

$$U_8 = \frac{k_2 S^2}{4\pi^2 L_K} \frac{(C_2^{II} - C_2^I)(C_1 + C_2^I)(C_1 + C_2^{II})}{C_2^I C_2^{II}}, \quad (12)$$

Ємність конденсатора C_1 резонансного контуру автогенератора 1 доцільно обрати рівною ємності накладного опорного датчика зі зразковим матеріалом $(C_1 = C_2^{II})$, а ємність накладного вимірювального датчика з контрольованим матеріалом представити як

$$C_2^I = C_2^{II} \pm \Delta C, \quad (13)$$

де ΔC - відхилення діелектричних властивостей контрольованого матеріалу від норми.

Тоді вираз (12) прийме вигляд:

$$U_9 = \frac{k_2 S^2}{2\pi^2 L_K} (C_2^{II} - C_2^I) \left(1 + \frac{C_2^{II}}{C_2^{II} \pm \Delta C} \right), \quad (14)$$

Нехтуючи величиною відхилення ΔC по зрівнянню з ємністю C_2^{II} і враховуючи значення ємностей C_2^{II} і C_2^I із (4) і (2), нарешті отримаємо:

$$U_{10} = \frac{k_1 k_2 S^2}{\pi^2 L_K} (\epsilon_0 - \epsilon_X), \quad (15)$$

Із отриманого виразу (15) видно, що покази цифрового вольтметра 20 пропорційні різниці діелектричних проникностей контрольованого і зразкового матеріалів і не залежать від діелектричної проникності підкладки, властивості якої змінюються протягом контролю. Окрім того, на результат контролю не впливає нестабільність початкової частоти автогенератора 1, так як дрейф нуля в однаковій мірі змінює обидва значення частоти автогенератора (f_{Γ}^I і f_{Γ}^{II}). Завдяки використанню тільки одного автогенератора відсутня зона нечутливості пристрою через захоплення частот двох автогенераторів близьких частот. Періодичне заземлення внутрішніх електродів ємнісних датчиків при збудженні протилежних електродів вимірювального і опорного датчиків повністю усуває проникнення зондуючого електричного поля одного датчика в матеріал, з яким контактує другий датчик. Вказані переваги суттєво підвищують достовірність діелектричного контролю по зрівнянню з відомими пристроями.

Запропонований пристрій ефективний для контролю вологості плоских натуральних і композиційних лісоматеріалів, промислових рулонних і листових матеріалів (тканин, штучної шкіри, плівок, тощо), а також може використовуватись для контролю діелектричних покриттів на провідній і непровідній основі. В дефектоскопії доцільне використання запропонованого пристрою для виявлення провідних включень в діелектричних матеріалах (металевих часточок в харчових продуктах, в розплавах полімерів, в тілі людини та тварин). В лінійно-протяжних виробках (нитках, стрічках, стрижнях, тощо) можливе виявлення анізотропних властивостей об'єкта контролю по довжині матеріалу. В якості зразкових матеріалів можуть використовуватися діелектричні імітатори з нормованою діелектричною проникністю і тангенсом кута діелектричних втрат, які відповідають нормі контрольованого матеріалу.

