



УКРАЇНА

(19) UA (11) 6716 (13) U

(51) 7 G01R27/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЗМІН УЯВНОЇ СКЛАДОВОЇ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ БІОЛОГІЧНОЇ РЕЧОВИНИ

1

2

(21) 20041109051

(22) 05.11.2004

(24) 16.05.2005

(46) 16.05.2005, Бюл. № 5, 2005 р.

(72) Мунтян Володимир Олексійович, Мунтян Андрій Володимирович, Коваленко Ярослав Миколайович

(73) Таврійська державна агротехнічна академія

(57) Пристрій для вимірювання змін уявної складової діелектричної проникності біологічної речовини, який містить послідовно з'єднані НВЧ-генератор, вихід якого через блок автоматичного підстроювання частоти з'єднаний з керуючим входом НВЧ-генератора, модуляторний вхід якого підключений до виходу модулятора, резонансний підсилювач, реєстратор уявної складової діелектричної проникності, НВЧ-детектор, блок опорних напруг, диференціальний підсилювач, який відрізняється тим, що між виходом модулятора і вхо-

дом реєстратора уявної складової діелектричної проникності введені послідовно з'єднані помножувач модуляційної частоти, фазообертач і амплітудно-фазовий детектор, вихід фазообертача з'єднаний з одним із виходів амплітудного фазового детектора, а другий вхід якого з'єднаний з виходом резонансного підсилювача, вхід якого з'єднаний з виходом НВЧ-детектора, а вихід амплітудно-фазового детектора з'єднаний з одним із входів диференціального підсилювача, другий вхід якого з'єднаний з блоком опорних напруг, при цьому НВЧ-генератор складається з послідовно з'єднаних кварцового генератора і помножувача модуляційної частоти, вихід якого є входом НВЧ-генератора, а другий вхід помножувача частоти є модулюючим входом НВЧ-генератора, а керуючий вхід кварцового генератора є керуючим входом НВЧ-генератора.

Корисна модель, що заявляється, відноситься до галузі електротехніки і може використовуватися для вимірювання на НВЧ.

Відомий пристрій [А. с. СССР №767668, G01R27/26, 1980г.] для вимірювання діелектричних параметрів матеріалів. В цьому пристрої для вимірювання діелектричної проникності речовин використовується опорний та вимірювальний резонатори. Значення діелектричної проникності матеріалів пов'язані зі змінами резонансної частоти та добротності вимірювального резонатора в порівнянні з частотою і добротністю опорного резонатора.

Недоліком цього пристрою є низька розв'язувальна спроможність і точність вимірювання.

Найбільш близьким за технічною сутністю до корисної моделі є автоматичний вимірювач змін складових комплексної діелектричної проникності і часу релаксації (А. с. СССР №983581, G01R27/26, 1982), який містить послідовно з'єднані НВЧ-генератор, вихід якого через блок автоматичної підстройки частоти з'єднано з керувальним входом НВЧ-генератора, модуляційний вхід якого підклю-

чено до виходу модулятора, резонансний підсилювач, реєстратор уявної складової діелектричної проникності, НВЧ-детектор, блок опорних напруг, диференціальний підсилювач.

Недоліком цього пристрою є те, що вимір уявної складової "ε" пов'язано з амплітудним методом, який відрізняється невисокою чутливістю і великою похибкою вимірів (10-30 %), а також потребує складної апаратури і не може використовуватися для неперервного спостереження за змінами "ε".

Задачею корисної моделі є удосконалення пристрою для вимірювання змін уявної складової діелектричної проникності біологічної речовини, в якому додатково введені помножувач модуляційної частоти і фазообертач та нові зв'язки між елементами схеми, що забезпечує підвищення розв'язувальної спроможності і точності вимірювання уявної складової діелектричної проникності біологічних речовин, що знаходяться під впливом електромагнітного випромінювання.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для вимірювання змін уявної складової діеле-

(13) U

(11) 6716

(19) UA

тричної проникності біологічної речовини, який містить послідовно з'єднані НВЧ-генератор, вихід якого через блок автоматичної підстройки частоти з'єднано з керуючим входом НВЧ-генератора, модуляторний вхід якого підключено до виходу модулятора, резонансний підсилювач, реєстратор уявної складової діелектричної проникності, НВЧ-детектор, блок опорних напруг, диференціальний підсилювач, згідно корисної моделі поміж виходом модулятора і входом реєстратора уявної складової діелектричної проникності введені послідовно з'єднані помножувач модуляційної частоти, фазообертач і амплітудно-фазовий детектор, вихід фазообертача з'єднано з одним із входів амплітудного фазового детектора, другий вхід якого з'єднано з виходом резонансного підсилювача, вхід якого з'єднано з виходом НВЧ-детектора, а вихід амплітудно-фазового детектора з'єднано з одним із входів диференціального підсилювача, другий вхід якого з'єднано з блоком опорних напруг, причому НВЧ-генератор складається з послідовно з'єднаних кварцового генератора і помножувача частоти, вихід якого є входом НВЧ-генератора, а другий вхід помножувача частоти є моделюючим входом НВЧ-генератора, а керуючий вхід кварцового генератора є керуючим входом НВЧ-генератора

Застосування пропонуемого пристрою вигідно відрізняє його від прототипу і дозволяє підвищити розв'язувальну спроможність і точність вимірів уявної складової діелектричної проникності біологічних речовин

На кресленні зображена структурна електрична схема пристрою для вимірювання змін уявної складової діелектричної проникності біологічної речовини

Пристрій для автоматичного вимірювання уявної складової діелектричної проникності речовин містить НВЧ-генератор, що складається з кварцового генератора 1 і помножувача частоти 2, вимірювальний резонатор 3, НВЧ-детектор 4, модулятор 5, блок автоматичної підстройки (АПЧ) 6, помножувач модуляційної частоти 7, фазообертач 8, блок опорних напруг 9, резонансний підсилювач 10, амплітудно-фазовий детектор 11, диференціальний підсилювач 12, реєстратор змін уявної складової діелектричної проникності речовини 13

Пристрій для вимірювання змін "ε" речовин працює наступним чином

Сигнал кварцового генератора 1 за допомогою помножувача 2 преобразується до частоти вимірювального резонатора 3. Частота кварцового генератора 1 через помножувач 2 неперервно підтримується тотожної частоти вимірювального резонатора 3 за допомогою блока автоматичної підстройки 6. Для отримання інформації про зміну діелектричної проникності, речовини, розташованої у вимірювальному резонаторі 3, сигнал, що подається на вхід вимірювального резонатора 3, модулюється за фазою сигналом низької частоти від модулятора 5.

Розглянемо проходження НВЧ сигналу, промодульованого за фазою, через високодобротну резонансну систему і покажемо, що амплітуда огибаючої НВЧ сигналу на виході системи залежить від добротності резонатора, а частота оги-

баючої тотожна подвійній частоті модуляції при збіганні частоти генератора з резонансною частотою резонатора

Поведінка резонатора, як елемента передаючої лінії може бути представлено простим послідовним або паралельним RLC - контуром в довільно обраному перерізі [Харвей А. Ф. Техника сверхвысоких частот - Сов. Радио, М, 1965]

Таким чином, в умовах резонанса коефіцієнт передачі можна записати у вигляді [Гоноровский И. С. Радиотехническая подстройка частоты - Госэнергоиздат, 1956]

$$K = \frac{K_0}{\sqrt{1 + Q_H^2 \left(\frac{\omega_T - \omega_p}{\omega_p} \right)^2}} e^{i\varphi(\omega)}$$

де ω_T - частота генератора, ω_p - резонансна частота, резонатора, K_0 - коефіцієнт, що залежить від добротності резонатора і від зв'язку резонатора з вхідним і вихідним колом, $\varphi(\omega)$ - аргумент коефіцієнта передачі

Для знаходження сигналу на виході резонатора скористуємося методом «миттєвої частоти» [Гоноровский И. С. Радиотехническая подстройка частоты - Госэнергоиздат, 1956]

Умовами можливості використання метода «миттєвої частоти» є нерівність

$$\frac{\Omega_M}{\Delta\omega_p} \ll 1, \quad \frac{\omega_d}{\Delta\omega_p} \leq 1,$$

де $2\Delta\omega_p$ - смуга пропускання резонатора, ω_d - амплітуда частотного відхилення для миттєвої частоти генератора

$$\omega_T(t) = \omega_0 + \omega_d \cos \Omega_M t,$$

Якщо фазова модуляція здійснюється за синусоїдальним законом

$$\psi(t) = \omega_0 t + m \sin \Omega_M t$$

Ω_M - частота модуляції

З урахуванням допущень сигнал на виході резонатора буде визначатися виразом

$$u(t) = u_T K(\omega) \operatorname{Re} \left\{ e^{i(\psi(t) + \varphi(t))} \right\} = u_T K_0 \frac{1}{\sqrt{1 + Q_H^2 \left(\frac{\omega_d \cos \Omega_M t}{\omega_p} \right)^2}} \operatorname{Re} \left\{ e^{i(\psi(t) + \varphi(t))} \right\}$$

де u_T - амплітуда напруги на вході резонатора

Перетворивши отриманий вираз, отримаємо рівняння для амплітуди огибаючої

$$u = u_T K_0 \left(1 - \frac{a_0^2}{2} - \frac{a_0^2}{2} \cos 2\Omega_M t \right),$$

з якого видно, що амплітуда вихідного сигналу змінюється з подвійною модуляційною частотою та пропорційна навантаженій добротності резонатора

Напруга на виході дискримінатора з резонатором ввімкненого по прохідній схемі та з частотною модуляцією сигналу дорівнює

$$u_d = \frac{\alpha P_0}{1 + a_0^2 \sin^2 \Omega_M t}$$

де P_O - потужність, що підводиться до детектору при резонансі,

$$a_O = 2Q_H \frac{\omega_d}{\omega_p} - \text{узагальнена амплітуда девіації}$$

частоти,

Ω_M - частота модуляції, α - коефіцієнт, який характеризує чутливість і коефіцієнт передачі детектора

Частотний спектр цих коливань складається з гармонічних складових, амплітуди яких можна визначити за допомогою коефіцієнтів розкладання в ряд Фур'є

Використовуючи співвідношення для чіткої періодичної функції з періодом $T = \frac{\pi}{\Omega_M}$, маємо

$$a_n = \frac{4\alpha P_O}{T} \int_0^{T/2} \frac{\cos n 2\Omega_M t}{1 + (a_O \sin \Omega_M t)^2} dt$$

де n - номер гармонічної складової.

Виконав заміну змінних

$$\Omega_M t = x, dt = \frac{dx}{\Omega_M}$$

і беручи до уваги $\Omega_M T = \pi$, отримуємо

$$a_n = \pi \alpha P_O \int_0^{\pi/2} \frac{\cos n 2nx}{1 + (a_O \sin x)^2} dx$$

Для першої гармоніки ($n = 1$) розраховуємо інтеграл виду

$$a_1 = \pi \alpha P_O \int_0^{\pi/2} \frac{\cos 2x}{1 + (a_O \sin x)^2} dx$$

Перетворив підстановку $\operatorname{tg} x = Z$, остаточно запишемо

$$a_1 = 4\alpha P_O \left(-\frac{1}{a^2} + \frac{2 + a_O^2}{2a_O^2 \sqrt{1 + a_O^2}} \right)$$

Таким чином, сигнал подвоєної модуляційної частоти з виходу НВЧ-детектора 4 виділяється, підсилюється резонансним підсилювачем 10 і поступає на один з входів амплітудно-фазового детектора 11. На інший вхід амплітудно-фазового детектора 11 поступає опорний сигнал з модулятора 5 через помножувач модуляційної частоти 7 кратністю два і фазообертач 8. Сигнал з виходу амплітудно-фазового детектора 11, пропорційний мнимій складовій діелектричної проникності речовини, поступає на один з входів диференціального підсилювача 12, на другий вхід якого поступає сигнал з блоку опорних напруг 9, який забезпечує початковий рівень відліку.

З виходу диференціального підсилювача 12 сигнал, пропорційний величині $\Delta\epsilon$ поступає на реєстратор 13.



