



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01N 22/04 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017133601, 27.09.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.09.2017

Дата регистрации:
03.07.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.09.2017

(45) Опубликовано: 03.07.2018 Бюл. № 19

Адрес для переписки:
117997, Москва, В-342, ГСП-7, ул. Профсоюзная,
65, ИПУ РАН, патентный отдел

(72) Автор(ы):

Совлуков Александр Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт проблем
управления им. В.А. Трапезникова
Российской академии наук (RU)**

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2626409 C1, 27.07.2017. RU
2612033 C1, 02.03.2017. RU 2465571 C2,
27.10.2012. KR 20120061116 A, 13.06.2012. US
2005057263 A1, 17.03.2005. WO 9709612 A1,
13.03.1997.

(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ

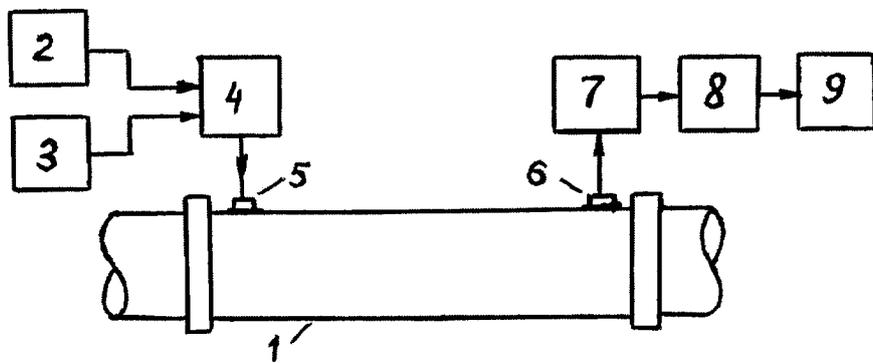
(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано для высокоточного определения влагосодержания различных диэлектрических жидкостей, находящихся в емкостях (технологических емкостях, измерительных ячейках и т.п.) или перемещаемых по трубопроводам. Техническим результатом изобретения является расширение функциональных возможностей способа измерения за счет повышения точности измерения. В способе измерения влагосодержания диэлектрической жидкости в первом такте измерений возбуждают электромагнитные волны первой фиксированной частоты в волноводе с контролируемой жидкостью на одном из его торцов, при этом частоту возбуждаемых электромагнитных волн выбирают ниже критической частоты волновода, принимают электромагнитные волны после их

распространения вдоль волновода на другом его торце и измеряют амплитуду напряженности электрического поля, дополнительно во втором такте измерений возбуждают в волноводе электромагнитные волны второй фиксированной частоты, при этом частоту возбуждаемых электромагнитных волн выбирают ниже критической частоты волновода, принимают электромагнитные волны после их распространения вдоль волновода на другом его торце и измеряют амплитуду напряженности электрического поля, при этом хотя бы одну из частот выбирают в области наличия частотной дисперсии диэлектрической проницаемости воды и на этой частоте производят совместное функциональное преобразование амплитуд, измеренных в первом и во втором тактах измерений, по результату которого судят о влагосодержании жидкости. 1 ил.

RU 2 659 569 C1

RU 2 659 569 C1



Фиг. 1

RU 2659569 C1

RU 2659569 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01N 22/04 (2006.01)

(21)(22) Application: **2017133601, 27.09.2017**

(24) Effective date for property rights:
27.09.2017

Registration date:
03.07.2018

Priority:

(22) Date of filing: **27.09.2017**

(45) Date of publication: **03.07.2018** Bull. № 19

Mail address:

**117997, Moskva, V-342, GSP-7, ul. Profsoyuznaya,
65, IPU RAN, patentnyj otdel**

(72) Inventor(s):

Sovlukov Aleksandr Sergeevich (RU)

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe
uchrezhdenie nauki Institut problem upravleniya
im. V.A. Trapeznikova Rossijskoj akademii nauk
(RU)**

(54) **DIELECTRIC FLUID MOISTURE CONTENT MEASUREMENT METHOD**

(57) Abstract:

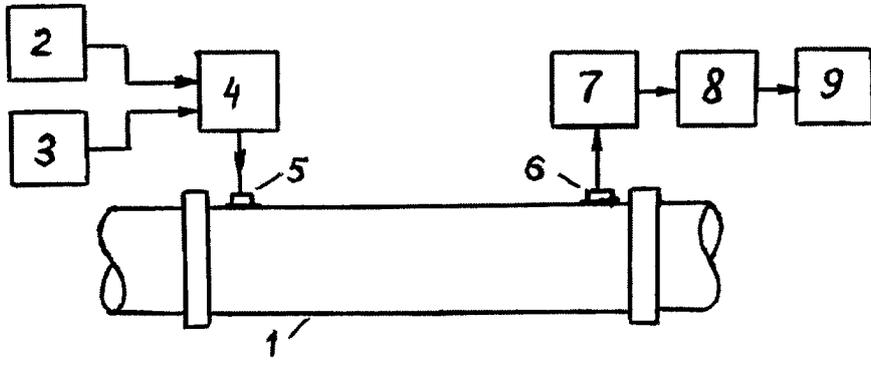
FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to the field of electrical engineering and can be used in the moisture content high-precision determination of various dielectric liquids located in tanks (process vessels, measuring cells, etc.) or transferred through the pipelines. In the dielectric liquid moisture content measurement method, in the first measurements step, in the waveguide with controlled liquid at one of its ends exciting the first fixed frequency electromagnetic waves, at that, the of the excited electromagnetic waves frequency is selected below the waveguide critical frequency, receiving the electromagnetic waves after their propagation along the waveguide at its other end and measuring the electric field strength amplitude; in addition, in the second measurement cycle, exciting the

second fixed frequency electromagnetic waves in the waveguide, at that, the excited electromagnetic waves frequency is selecting below the waveguide critical frequency, receiving the electromagnetic waves after their propagation along the waveguide at its other end and measuring the electric field strength amplitude, at that, at least one of the frequencies is selected in the region of the water dielectric constant frequency dispersion presence and at this frequency performing the joint functional conversion of amplitudes measured in the first and second measurement steps, by which result judging on the liquid moisture content.

EFFECT: expansion of the measurement method functionality due to increase in the measurement accuracy.

1 cl, 1 dwg



Фиг. 1

RU 2659569 C1

RU 2659569 C1

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для высокоточного определения влагосодержания различных диэлектрических жидкостей, находящихся в емкостях (технологических емкостях, измерительных ячейках и т.п.) или перемещаемых по трубопроводам.

5 Известны различные способы и устройства для измерения влагосодержания жидкостей, основанные на измерении электрофизических параметров (диэлектрической проницаемости или(и) тангенса угла диэлектрических потерь) жидкостей с применением радиоволновых ВЧ и СВЧ резонаторов, содержащих контролируемую жидкость (монографии: Брандт А.А. Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах. М.: Физматгиз. 1963. 403 с. С. 37-144; Викторов В.А., Лункин Б.В., Совлуков А.С. Радиоволновые измерения параметров технологических процессов. М.: Наука. 1989. 208 с. С. 168-177). Недостатком таких способов и реализующих эти способы измерительных устройств является их ограниченная область применения, обусловленная невозможностью контроля малых изменений влагосодержания жидкостей ввиду 15 невысокой точности измерения соответствующих малых изменений информативных параметров (резонансной частоты, добротности резонатора и др.). Для обеспечения возможности проведения таких измерений применяют двухканальные измерительные схемы с независимыми измерительным и эталонным каналами. В эталонном канале чувствительный элемент содержит жидкость с известными физическими свойствами 20 (монография: Брандт А.А. Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах. М.: Физматгиз. 1963. 403 с. С. 258-268).

Известно также техническое решение (RU №2626409 C1, 27.07.2017), которое содержит описание способа, по технической сущности наиболее близкого к предлагаемому способу и принятого в качестве прототипа. Согласно этому способу-прототипу 25 измерение влагосодержания жидкости производят при возбуждении электромагнитных волн фиксированной частоты в волноводе с контролируемой жидкостью на одном из его торцов, при этом частоту возбуждаемых электромагнитных волн выбирают ниже критической частоты волновода, принимают электромагнитные волны после их распространения вдоль волновода на другом его торце и измеряют амплитуду 30 напряженности электрического поля. Недостатком данного способа измерения является ограниченность его функциональных возможностей, обусловленная невысокой точностью измерений при изменении диэлектрической проницаемости влагосодержащей жидкости, что имеет место, например, при изменении сорта жидкого топлива (нефтепродукта).

35 Техническим результатом настоящего изобретения является расширение функциональных возможностей способа измерения за счет повышения точности измерения.

Технический результат достигается тем, что в предлагаемом способе измерения влагосодержания диэлектрической жидкости, при котором в первом такте измерений 40 возбуждают электромагнитные волны первой фиксированной частоты в волноводе с контролируемой жидкостью на одном из его торцов, при этом частоту возбуждаемых электромагнитных волн выбирают ниже критической частоты волновода, принимают электромагнитные волны после их распространения вдоль волновода на другом его торце и измеряют амплитуду напряженности электрического поля, дополнительно во 45 втором такте измерений возбуждают в волноводе электромагнитные волны второй фиксированной частоты, при этом частоту возбуждаемых электромагнитных волн выбирают ниже критической частоты волновода, принимают электромагнитные волны после их распространения вдоль волновода на другом его торце и измеряют амплитуду

напряженности электрического поля, при этом хотя бы одну из частот выбирают в области наличия частотной дисперсии диэлектрической проницаемости воды на этой частоте, производят совместное функциональное преобразование амплитуд, измеренных в первом и во втором тактах измерений, по результату которого судят о

5 влажносте содержания жидкости.

Предлагаемый способ поясняется чертежом. На фиг. 1 приведена схема устройства, поясняющая принцип измерения с применением способа.

Здесь показаны волновод 1, генераторы 2 и 3, коммутатор 4, элементы связи 5 и 6, детектор 7, функциональный преобразователь 8, регистратор 9.

10 Способ реализуется следующим образом.

В данном способе реализуют структурный подход к достижению инвариантности к диэлектрической проницаемости ϵ_n контролируемой жидкости, в частности, к ее сортности, изменения которой имеют место, в частности, при контроле нефти и нефтепродуктов в какой-либо емкости или в процессе их транспортирования по

15 трубопроводу. Этот подход связан с организацией двух измерительных каналов (двух последовательных тактов измерений на двух разных фиксированных частотах f_1 и f_2) и совместным функциональным преобразованием их выходных величин с целью получения результата этого преобразования, который не зависит от возмущающего фактора, в данном случае - от величины диэлектрической проницаемости ϵ_n

20 контролируемой жидкости и изменений ϵ_n .

Предлагаемый способ заключается в возбуждении электромагнитных волн в волноводе, используемом в качестве измерительной ячейки (при измерениях в стационарных условиях) или в качестве отрезка измерительного волновода, встроенного

25 в трубопровод с перекачиваемой жидкостью (при измерениях в трубопроводах). Электромагнитные волны в волноводе возбуждают последовательно на двух разных фиксированных частотах f_1 и f_2 , каждая из которых ниже критической частоты $f_{кр}$ для волны низшего типа. При этом на каждой из этих частот вдоль волновода существует только ослабевающее реактивное поле, убывающее при удалении от возбуждающего

30 элемента у одного из торцов емкости. Электромагнитные волны принимают после их распространения вдоль данного волновода на другом его торце и измеряют на каждой из частот f_1 и f_2 амплитуду напряженности электрического поля. По результату совместного преобразования измеренных амплитуд судят о влажносте содержания жидкости.

Условием распространения электромагнитных волн по любому волноводу является выполнение неравенства: $f > f_{кр}$, которому должны удовлетворять рабочая частота f и критическая частота $f_{кр}$ для волны низшего типа, например, для волны H_{11} в круглом волноводе. При $f < f_{кр}$ имеет место режим, при котором распространения волн по волноводу не происходит, а существует только ослабевающее реактивное поле,

40 убывающее при удалении от возбуждающего элемента (Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. Т.1. М.: Высшая школа. 1970. 440 с. С. 132-136).

При этом электрическое поле (как и магнитное поле) изменяется вдоль координаты z (оси волновода) по закону:

45
$$E = E_0 e^{-\alpha z}, \quad (1)$$

а постоянная ослабления α есть

$$\alpha = \frac{2\pi\sqrt{\epsilon}}{c} \sqrt{f_{кр}^2 - f^2} \quad (2)$$

В этих формулах E_0 - амплитуда напряженности электрического поля при $z=0$; ε - диэлектрическая проницаемость диэлектрической жидкости в волноводе, c - скорость света. Выбирая соотношение между f и $f_{кр}$, можно управлять величиной ослабления α .

Если частота f генератора меньше критической частоты $f_{кр}$ данного волновода, то амплитуда напряженности E электрического поля, являющаяся информативным параметром, в точке приема есть

$$E(\varepsilon) = E_0 e^{-\alpha l} \quad (3)$$

где $\alpha = \frac{2\pi f}{c} \sqrt{\left(\frac{c}{f\lambda_{кр}}\right)^2 - \varepsilon(f)}$, E_0 - амплитуда напряженности поля в области

возбуждения электромагнитных волн в рассматриваемом волноводе (т.е. в области расположения связи 3), $\lambda_{кр}$ - критическая длина волны для данного волновода, l - длина измерительного участка, т.е. расстояние вдоль волновода между элементами возбуждения и съема электромагнитных колебаний. Напряженность электрического поля E при удалении от элемента связи, служащего для возбуждения и приема электромагнитных колебаний, спадает в соответствии с соотношением (3). При этом значение E зависит от влагосодержания контролируемой жидкости в волноводе.

Для волн низшего типа H_{11} имеем $\lambda_{кр}=3,41d/2$ и, соответственно,

$$f_{кр} = \frac{c}{\lambda_{кр} \sqrt{\varepsilon}} = \frac{2c}{3,41d\sqrt{\varepsilon}}, \text{ где } d - \text{внутренний диаметр волновода (Лебедев И.В. Техника}$$

и приборы СВЧ. Т.1. М.: Высшая школа. 1970. 440 с. С. 132-136). Например, при $d=30$ мм для волн типа H_{11} будем иметь $\lambda_{кр}=3,41d/2=5,115$ см; тогда $f_{кр}=5,865/\sqrt{\varepsilon}$ ГГц. Если, например, $\varepsilon=2,0$, то должно быть $f < f_{кр}=5,865/\sqrt{\varepsilon}$ ГГц=4,148 ГГц.

Длина l измерительного участка, частота f генератора выбираются с учетом диаметра волновода, электрофизических параметров контролируемой жидкости и диапазона их изменения.

Согласно данному способу, определение влагосодержания производят при проведении двух последовательных тактов измерений на фиксированных частотах f_1 и f_2 , каждая из которых меньше критической частоты $f_{кр}$ волновода.

В первом такте измерений, при возбуждении в волноводе на одном из его торцов электромагнитных волн на фиксированной частоте f_1 , меньшей критической частоты $f_{кр}$ волновода, принимают электромагнитные волны после их распространения вдоль волновода на другом его торце и измеряют амплитуду E_1 напряженности электрического поля:

$$E_1(\varepsilon) = E_{10} e^{-\alpha_1 l} \quad (4)$$

где $\alpha_1 = \frac{2\pi f_1}{c} \sqrt{\left(\frac{c}{f_1 \lambda_{кр}}\right)^2 - \varepsilon(f_1)}$, E_{10} - амплитуда напряженности поля в области

возбуждения электромагнитных волн в рассматриваемом волноводе, l - длина измерительного участка, т.е. расстояние вдоль волновода между элементами возбуждения и съема электромагнитных колебаний, $\lambda_{кр}$ - критическая длина волны в

волноводе, $\varepsilon(f_1)$ - диэлектрическая проницаемость жидкости на частоте f_1 .

Во втором такте измерений, при возбуждении в волноводе на одном из его торцов электромагнитных волн на фиксированной частоте f_2 , меньшей той же критической частоты $f_{кр}$ волновода (или иной критической частоты для какого-либо другого рабочего типа волн, если его выбирают для измерений), принимают электромагнитные волны после их распространения вдоль волновода на другом его торце и измеряют амплитуду E_2 напряженности электрического поля:

$$E_2(\varepsilon) = E_{20} e^{-\alpha_2 l} \quad (5)$$

где $\alpha_2 = \frac{2\pi f_2}{c} \sqrt{\left(\frac{c}{f_2 \lambda_{кр}}\right)^2 - \varepsilon(f_2)}$, E_{20} - амплитуда напряженности поля в области

возбуждения электромагнитных волн в рассматриваемом волноводе, l - длина измерительного участка, т.е. расстояние вдоль волновода между элементами возбуждения и съема электромагнитных колебаний, $\lambda_{кр}$ - критическая длина волны в волноводе, $\varepsilon(f_2)$ - диэлектрическая проницаемость жидкости на частоте f_2 .

Величина диэлектрической проницаемости ε влагосодержащего диэлектрика, имеющего диэлектрическую проницаемость ε_H и влагосодержание W , описывается при малых W формулой Винера (Теория и практика экспрессного контроля влажности твердых и жидких материалов / Кричевский Е.С., Бензарь В.К., Венедиктов М.В. Под общ. ред. Кричевского Е.С. М.: Энергия. 1980. 240 с. С. 55-66):

$$\varepsilon \approx \varepsilon_H \left(1 + \frac{3W}{D(f) - W}\right) \quad (6)$$

где $D(f) = \frac{\varepsilon_B(f) + 2\varepsilon_H}{\varepsilon_B(f) - \varepsilon_H}$, $\varepsilon_B(f)$ - диэлектрическую проницаемость воды, являющаяся

функцией частоты f в СВЧ-диапазоне частот.

Например, если производить измерения на частоте $f_1=10$ ГГц, то $D(f_1)=1,095$, а на частоте $f_2=37,5$ ГГц, то $D(f_2)=1,383$, если считать $\varepsilon_H=2$.

Выражения для $D(f_1)$, $D(f_2)$ в формулах (4) и (5) можно упростить, если положить $D(f_1)-W \approx D(f_1)$, $D(f_2)-W \approx D(f_2)$ и не зависят от ε_H , что допустимо при малых значениях влагосодержания (до ~5%) и реальных пределах изменения ε_H .

Постоянство величин $D(f_1)$ и $D(f_2)$ для соответствующих частот f_1 и f_2 вытекает из постоянства величин ε_H и ε_B , входящих в формулу для $D(f_1)$ и $D(f_2)$. Величина ε_H постоянна в широком диапазоне изменения частоты f , величина ε_B постоянна на недисперсионном участке кривой $\varepsilon_B(f)$ и принимается постоянной на дисперсионном участке этой кривой. Это справедливо при проведении измерений с помощью измерительных устройств, работающих на фиксированных частотах.

Покажем теперь на реальном примере, что $D(f_1)-W$ и $D(f_2)-W$, а, точнее, величины $3/(D(f_1)-W)$ и $3/(D(f_2)-W)$, входящие общем виде (при произвольном значении частоты f) в формулу (1), не зависят (с некоторой допустимой погрешностью) от ε_H . Так, при реальном изменении ε_B на 10% по сравнению с первоначальным значением $\varepsilon_H=2$, т.е. до значения 2,2, при значениях частот $f_1=10$ ГГц и $f_2=37,5$ ГГц будем иметь:

при $\varepsilon_H=2$: $D(f_1)=1,095$, $D(f_2)=1,383$;

при $\varepsilon_H=2,2$: $D(f_1)=1,105$, $D(f_2)=1,337$.

Отсюда следует, что относительное изменение $D(f_1)$ есть $\sim 0,9\%$, а относительное
5 изменение $D(f_2)$ есть $\sim 2,6\%$.

Оценим, как влияют эти изменения $D(f_1)$ и $D(f_2)$ на коэффициенты при W в формуле
(1) при $f=f_1$ и $f=f_2$, а именно на коэффициент $k_1=3/(D(f_1)-W)$ и коэффициент $k_2=3/(D(f_2)-$
 $W)$:

при $\varepsilon_H=2$ имеем: $k_1 \approx 2,752$, $k_2 \approx 2,31$;

при $\varepsilon_H=2,2$ имеем: $k_1 \approx 2,727$, $k_2 \approx 2,33$.

Отсюда следует, что относительное изменение как k_1 , так и k_2 есть $\sim 0,9\%$, что в ~ 100
раз меньше относительного изменения ε_H , т.е. реальное изменение ε_H не влияет
практически на k_1 и k_2 . В формулах для $D(f_1)$ и $D(f_2)$ можно использовать для выражения
15 ε_H значение ε_{H_0} - номинальное значение диэлектрической проницаемости обезвоженной
диэлектрической жидкости.

Отметим, что для реализации данного способа измерений достаточно, если
рассматриваемой частотной дисперсией обладает вода только на одном из двух рабочих
20 частот (f_1 или f_2).

При проведении измерений в первом такте на частоте f_1 будем иметь:

$$\varepsilon(f_1) \approx \varepsilon_H \left(1 + \frac{3W}{D(f_1)}\right) \quad (7)$$

где $D(f_1) = \frac{\varepsilon_s(f_1) + 2\varepsilon_{H_0}}{\varepsilon_s(f_1) - \varepsilon_{H_0}}$, $\varepsilon_s(f_1)$ - диэлектрическая проницаемость воды, являющаяся
25 функцией частоты f_1 в СВЧ-диапазоне частот, ε_{H_0} - номинальное значение

диэлектрической проницаемости обезвоженной диэлектрической жидкости.
30

При проведении измерений во втором такте на частоте f_2 будем иметь:

$$\varepsilon(f_2) \approx \varepsilon_H \left(1 + \frac{3W}{D(f_2)}\right) \quad (8)$$

где $D(f_2) = \frac{\varepsilon_s(f_2) + 2\varepsilon_{H_0}}{\varepsilon_s(f_2) - \varepsilon_{H_0}}$, $\varepsilon_s(f_2)$ - диэлектрическая проницаемость воды, являющаяся
35 функцией частоты f_2 в СВЧ-диапазоне частот, ε_{H_0} - номинальное значение

диэлектрической проницаемости обезвоженной диэлектрической жидкости.

При достаточно больших значениях W следует использовать другие известные
40 выражения для ε (Теория и практика экспрессного контроля влажности твердых и
жидких материалов / Кричевский Е.С., Бензарь В.К., Венедиктов М.В. Под общ. ред.
Кричевского Е.С. М.: Энергия. 1980. 240 с.).

При рассмотрении (7) и (8) как системы уравнений и ее решении относительно
45 искомого влагосодержания W получим

$$W = \frac{1}{3} \frac{\varepsilon(f_1) - \varepsilon(f_2)}{\frac{1}{D(f_1)} \varepsilon(f_1) - \frac{1}{D(f_2)} \varepsilon(f_2)} \quad (9)$$

С учетом формул (4) и (5) выражение (9) принимает следующий вид:

$$W = \frac{1}{3} \frac{\frac{1}{\lambda_{кр}^2} \left(\frac{1}{f_1^2} - \frac{1}{f_2^2} \right) - \frac{1}{(2\pi l)^2} \left[\left(\frac{\ln E_{10} / E_1}{f_1} \right)^2 - \left(\frac{\ln E_{20} / E_2}{f_2} \right)^2 \right]}{\frac{1}{D(f_1) f_1^2} \left[\frac{1}{\lambda_{кр}^2} - \left(\frac{1}{2\pi l} \ln E_{10} / E_1 \right)^2 \right] - \frac{1}{D(f_2) f_2^2} \left[\frac{1}{\lambda_{кр}^2} - \left(\frac{1}{2\pi l} \ln E_{20} / E_2 \right)^2 \right]} . \quad (10)$$

Формулу (10) запишем в следующем виде:

$$W = \frac{1}{3} \frac{k_1 - k_2 \ln^2 E_{10} / E_1 - k_3 \ln^2 E_{20} / E_2}{k_4 - k_5 \ln^2 E_{10} / E_1 - k_6 \ln^2 E_{20} / E_2} \quad (11)$$

где $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$ - постоянные величины, причем

$$k_1 = \frac{1}{\lambda_{кр}^2} \left(\frac{1}{f_1^2} - \frac{1}{f_2^2} \right); \quad k_2 = \frac{1}{(2\pi l f_1)^2}; \quad k_3 = \frac{1}{(2\pi l f_2)^2}; \quad k_4 = \frac{1}{D(f_1) f_1^2 \lambda_{кр}^2} - \frac{1}{D(f_2) f_2^2 \lambda_{кр}^2};$$

$$k_5 = \frac{1}{D(f_1)} k_2; \quad k_6 = \frac{1}{D(f_2)} k_3.$$

Таким образом, осуществляя совместное преобразование измеряемых значений амплитуд E_1 и E_2 согласно соотношению (11), получаем значение влагосодержания W , которое не зависит от диэлектрической проницаемости ϵ_n контролируемой жидкости и ее возможных изменений.

На фиг. 1 приведена схема устройства для реализации данного способа.

Возбуждение электромагнитных волн в волноводе 1 осуществляется последовательно, в первом и втором тактах измерений, на частотах f_1 и f_2 , меньших критической частоты $f_{кр}$ для этого волновода с помощью, соответственно, генератора 2 и генератора 3 через коммутатор 4 и элемент связи 5. Другой элемент связи (приема) 6 электромагнитных волн расположен на расстоянии l вдоль волновода 1. Принимаемые элементом связи 6 волны поступают на детектор 7 и затем продетектированные сигналы подаются в функциональный преобразователь 8, подсоединенный выходом к регистратору 9 для определения искомого влагосодержания, которое не зависит от диэлектрической проницаемости ϵ_n контролируемой жидкости.

Для волноводов конкретных размеров выбором частот f_1 и f_2 генераторов 2 и 3 можно оптимизировать чувствительность такого устройства для измерения влагосодержания жидкости в рабочем диапазоне его изменения. При этом имеет место монотонность зависимости информативных параметров - значений амплитуд E_1 и E_2 напряженности электрического поля - от значений соответственно ϵ_1 и ϵ_2 , функционально связанных с измеряемым влагосодержанием жидкости.

Таким образом, данный способ позволяет достаточно просто и с высокой точностью измерять влагосодержание различных диэлектрических жидкостей с высокой точностью, независимо от диэлектрической проницаемости контролируемой жидкости. Предлагаемый способ может быть реализован как при работе с образцами контролируемой влагосодержащей жидкости в стационарных условиях, так и при ее движении - при перемещении жидкости по трубопроводу.

(57) Формула изобретения

Способ измерения влагосодержания диэлектрической жидкости, при котором в первом такте измерений возбуждают электромагнитные волны первой фиксированной частоты в волноводе с контролируемой жидкостью на одном из его торцов, при этом частоту возбуждаемых электромагнитных волн выбирают ниже критической частоты волновода, принимают электромагнитные волны после их распространения вдоль волновода на другом его торце и измеряют амплитуду напряженности электрического поля, отличающийся тем, что дополнительно во втором такте измерений возбуждают в волноводе электромагнитные волны второй фиксированной частоты, при этом частоту возбуждаемых электромагнитных волн выбирают ниже критической частоты волновода, принимают электромагнитные волны после их распространения вдоль волновода на другом его торце и измеряют амплитуду напряженности электрического поля, при этом хотя бы одну из частот выбирают в области наличия частотной дисперсии диэлектрической проницаемости воды на этой частоте, производят совместное функциональное преобразование амплитуд, измеренных в первом и во втором тактах измерений, по результату которого судят о влагосодержании жидкости.

20

25

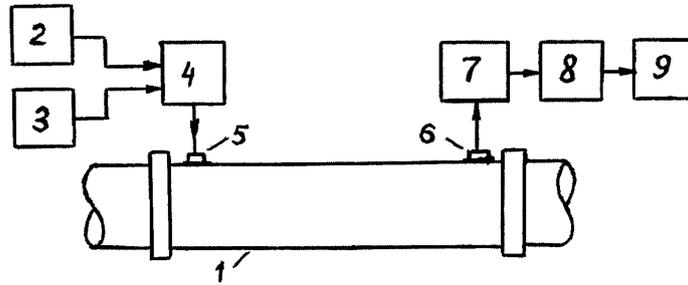
30

35

40

45

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ



Фиг. 1