



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Государственная регистрация изобретения осуществлена по заявлению о признании действия исключительного права на территории Российской Федерации на основании статьи 13¹ Федерального закона от 18 декабря 2006 года № 231-ФЗ «О введении в действие части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации»

(21)(22) Заявка: 2016114471/93, 13.04.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.11.2011Приоритет(ы):
Дата приоритета: 28.11.2011
Патент № 100816 (UA)

(45) Опубликовано: 10.08.2016 Бюл. № 22

Адрес для переписки:
299003, г. Севастополь, пл. Пирогова, 10, кв.8,
И.Б. Широкову

(72) Автор(ы):

Широков Игорь Борисович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Широков Игорь Борисович (RU)

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЦЕНТНОГО СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ В СМЕСИ ДИЭЛЕКТРИК-ВОДА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ В СМЕСИ В ШИРОКИХ ПРЕДЕЛАХ

(57) Реферат:

Способ определения процентного содержания воды в смеси диэлектрик-вода при изменении содержания воды в смеси в широких пределах относится к области электрических измерений неэлектрических величин и может быть использован для контроля содержания воды в жидких смесях типа диэлектрик-вода, например жидких углеводородах (нефть, масло, мазут и т.п.) или во влажных смесях (цементно-песочная смесь и т.п.). Способ может быть использован в составе аналитическо-измерительных комплексов непрерывного контроля параметров смеси в системах автоматического управления технологическими процессами.

Преимущество данного способа измерения, по сравнению с другими способами измерения заключается в повышенной точности определения процентного содержания воды в смеси диэлектрик-вода. Кроме того, процентное содержание воды в смеси определяется однозначно. Эти свойства предполагаемого изобретения особенно важны при организации автоматического управления технологическими процессами.

Новым в способе определения процентного содержания воды в смеси диэлектрик-вода является применение микроволнового канала связи для проведения измерений набега фазы и одновременной оценки степени поглощения микроволнового сигнала в смеси. По произведенной оценке степени поглощения сигнала определяют грубо процентное содержание воды в смеси, что дает возможность определить число фазовых циклов набега фазы микроволнового сигнала и определить тем самым точное значение набега фазы или точно и однозначно определить процентное содержание воды в смеси.

Измерение разности фаз сигналов производят при этом на низких частотах, получаемых после гомодинного преобразования частоты микроволновых сигналов. Использование низких частот для измерения разности фаз позволяет получить высокую точность измерений. Для организации гомодинного преобразования частот сигналов один из микроволновых сигналов получают путем монотонного сдвига фазы исходного микроволнового сигнала с

R U
2 5 9 4 3 3 8
C 1

C 1
2 5 9 4 3 3 8
R U

определенной скоростью.

R U 2 5 9 4 3 3 8 C 1

R U 2 5 9 4 3 3 8 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01N 22/00 (2013.01)
G01F 13/00 (2013.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

State registration of the invention has been provided following a request to recognize the exclusive rights on the territory of the Russian Federation as provided for in the Article 13¹ of the Federal Law of December 18, 2006 № 231-ФЗ «On enactment of part four of the Civil Code of the Russian Federation»

(21)(22) Application: **2016114471/93, 13.04.2016**

(24) Effective date for property rights:
28.11.2011

Priority:
Priority date: **28.11.2011**
Patent No. **100816 (UA)**

(45) Date of publication: **10.08.2016** Bull. № 22

Mail address:
**299003, g. Sevastopol, pl. Pirogova, 10, kv.8, I.B.
SHirokovu**

(72) Inventor(s):

SHirokov Igor Borisovich (RU)

(73) Proprietor(s):

SHirokov Igor Borisovich (RU)

(54) **METHOD OF DETERMINING PERCENTAGE CONTENT OF WATER IN DIELECTRIC-WATER MIXTURE AT CHANGING WATER CONTENT IN MIXTURE IN A WIDE RANGE**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: method of determining percentage content of water in a dielectric-water mixture at changing water content in the mixture in a wide range relates to electrical measurements of non-electric values and can be used to control water content in liquid mixtures of dielectric-water type, for example, liquid hydrocarbons (petroleum, oil, fuel oil, etc.) or in moist mixtures (cement-sand mix etc). Method can be used in analytical and measuring complexes of continuous monitoring of the mixture parameters in automatic systems of technological processes control. Advantage of this method of measuring, in comparison with other ways of measurement, is increased accuracy of determining percentage content of water in the dielectric-water mixture. Besides, the percentage of water in the mixture is defined unambiguously. These properties of the invention are especially important in organization of automatic control of technological processes. Novel of the method for determining percentage content of water in a mixture of dielectric-

water is the use of a microwave communication channel for measuring phase progression and simultaneous evaluation of microwave signal absorption degree in the mixture. Actual evaluation of the signal absorption degree is used for coarse determination of water percentage content in the mixture, that enables determining the number of phase cycles of phase progression of the microwave signal and determining thereby a precise phase progression or accurately and unambiguously determining the percentage content of water in the mixture. Measurement of signals phases difference is carried out herewith at low frequencies obtained after homodyne frequency conversion of microwave signals. To facilitate the signals homodyne frequency conversion one of the microwave signals is obtained by a monotonous phase shift of initial microwave signal with a certain speed.

EFFECT: use of low frequencies for measuring phases difference enables to obtain high accuracy of measurements.

1 cl

RU 2 594 338 C1

RU 2 594 338 C1

Изобретение относится к области электрических измерений неэлектрических величин и может быть использовано для контроля содержания воды в жидких смесях типа диэлектрик-вода, например жидких углеводородах (нефть, масло, мазут и т.п.) или во влажных смесях (цементно-песочная смесь и т.п.).

5 Известны различные способы контроля содержания воды в диэлектрических материалах, таких как жидкие углеводороды, например: оптические, массово-весовые и ультразвуковые (см., например, Туричин А.М. Электрические измерения неэлектрических величин / А.М. Туричин, Б.Э. Аршанский, И.А. Зограф и др. / Под
10 общей ред. П.В. Новицкого. - М.- Л.: Энергия, 1966. - 690 с). Но физические свойства диэлектриков могут быть сопоставимы с физическими свойствами воды. По этой причине определить процентное содержание воды в смеси оказывается достаточно проблематично.

Микроволновые методы измерений являются более прогрессивными. При этом различают принципиально два способа определения процентного содержания воды в
15 смеси вода-диэлектрик. Один из них основан на поглощении микроволновых колебаний собственно водными включениями (см., например, Викторов В.А. Радиоволновые измерения параметров технологических процессов / В.А. Викторов, Б.В. Лункин, А.С. Совлуков. - М.: Энерго-атомиздат, 1989. - 208 с). Однако данные методы измерений могут давать неадекватные показания, поскольку сам диэлектрик также может
20 поглощать микроволновые колебания. Кроме того, при таком подходе необходимо предпринимать меры по стабилизации амплитуды исходных микроволновых колебаний и обеспечивать долговременную стабильность измерителя прошедшей мощности микроволновых колебаний. Наличие токопроводящих примесей помимо собственно
25 воды в контролируемом материале, например, золы, солей и т.п., дает дополнительную составляющую погрешности определения процентного содержания воды в смеси.

В отличие от перечисленных выше, микроволновые фазометрические способы контроля процентного содержания воды в смеси вода-диэлектрик дают более адекватные
30 результаты. В самом деле, относительная диэлектрическая проницаемость большинства диэлектриков лежит в пределах 3...6 (для подавляющего большинства жидких углеводородов - порядка 4). Диэлектрическая проницаемость воды составляет величину
35 порядка 80 (зависит от рабочей частоты анализатора). Поэтому пропуская микроволновые колебания через смесь вода-диэлектрик, можно судить о процентном содержании воды в смеси, измеряя набег фазы микроволновых колебаний.

Наиболее близкими по технической сути к предполагаемому изобретению являются
35 1. Способ измерения флуктуаций набег фазы и углов прихода радиоволн (патент Украины №58814А опубл. в бюл. № 8 15.08.2003 G01R 29/08), или 2. Способ контроля изменений интегрального состава газовой среды (патент Украины №95712, опубл. в бюл. № 16 от 25.08.2011, МПК А62В 99/00, А61В 5/02, G01R 31/36), или 3. Способ определения скорости и качественного состава вещества в потоке (патент Украины
40 №76182, опуб. в бюл. № 7 17.07.2006, МПК G0 IR 29/08).

Общим в этих способах является генерирование непрерывных микроволновых колебаний с некоторой частотой f_1 , излучение этих колебаний с помощью первой
45 микроволновой антенны через контролируемый объект (слой воздуха в помещении или жидкости в трубопроводе) в направлении второй микроволновой антенны, прием микроволновых колебаний, содержащих информацию о диэлектрических свойствах контролируемого объекта в виде набег фазы микроволновых колебаний kd (где $k = 2\pi/\lambda_D$ - волновое число, $\lambda_D = \lambda_0/\sqrt{\epsilon}$ - длина волны микроволновых колебаний в среде

распространения, λ_0 - длина волны в вакууме, ϵ - диэлектрическая проницаемость среды распространения (контролируемого объекта), d - пройденный путь), сдвиг частоты исходных микроволновых колебаний на некоторую величину F , переизлучение трансформированных по частоте ($f_2=f_1+F$) непрерывных микроволновых колебаний с помощью второй микроволновой антенны через тот же контролируемый объект в направлении первой микроволновой антенны, вторичный прием трансформированных по частоте непрерывных микроволновых колебаний, перемножение исходных микроволновых колебаний с трансформированными по частоте микроволновыми колебаниями, выделение комбинационной составляющей разности с частотой $F=f_2-f_1$ и набегом фазы $2kd$ и измерение этого набега фазы на низкой частоте F . По измеренному изменению набега фазы $2kd$ контролируют изменения интегрального состава воздуха в объеме помещения или качественных показателей жидкости в трубопроводе.

Однако приведенные способы измерения флуктуаций набега фазы микроволнового сигнала, на которых основывается анализ качественного состава вещества, через которое пропускают микроволновые колебания, имеют один существенный недостаток. Величина $2kd$ зависит от диэлектрической проницаемости контролируемого объекта ϵ и от толщины слоя d контролируемого объема при фиксированной частоте микроволновых колебаний. При этом набег фазы $2kd$ при фиксированном расстоянии d может изменяться в широких пределах в двух случаях: либо при изменении диэлектрической проницаемости ϵ также в широких пределах, но при малых расстояниях d , либо при изменении диэлектрической проницаемости ϵ в малых пределах, но при больших расстояниях d . Сказанное может привести к случаю, когда изменение величины $2kd$ может превысить 2π . Это может произойти при постепенном добавлении (или удалении) воды из смеси диэлектрик-вода, если учесть, что диэлектрическая проницаемость воды (80) во много раз больше диэлектрической проницаемости второго материала смеси (3...6). Если учесть, что измерение разности фаз сигналов может быть выполнено только в пределах от нуля до 2π , то информация о числе фазовых циклов будет потеряна и значение $2kd$ будет определено неоднозначно. В этом случае возникает неоднозначность в определении процентного содержания воды в смеси диэлектрик-вода при изменении содержания воды в смеси в широких пределах.

В основу изобретения поставлена задача увеличения точности измерений и устранения неоднозначности определения процентного содержания воды в смеси диэлектрик-вода при изменении содержания воды в смеси в широких пределах.

Поставленная цель достигается тем, что по способу измерения процентного содержания воды в смесях диэлектрик-вода при изменении содержания воды в смеси в широких пределах, включающему первоначальное генерирование непрерывных микроволновых колебаний с частотой f_1 , которые через первую микроволновую антенну излучают в направлении второй микроволновой антенны, при этом микроволновые колебания пропускают через слой смеси диэлектрик-вода, процентное содержание воды в которой контролируют, при этом принятые второй микроволновой антенной микроволновые колебания подают на сигнальный вход управляемого микроволнового фазовращателя, на вход управления которого подают сигнал с частотой F с выхода генератора низкочастотных колебаний, при этом в управляемом фазовращателе осуществляют сдвиг частоты микроволнового сигнала с частотой f_1 на величину F , при этом трансформированные по частоте микроволновые колебания с частотой $f_2=f_1+F$ подают на один вход микроволнового смесителя, на другой вход которого подают часть энергии исходного микроволнового сигнала, в результате чего эти микроволновые

колебания перемножают и осуществляют гомодинное преобразование частоты, при этом полученный на выходе микроволнового смесителя низкочастотный сигнал с частотой F ограничивают по амплитуде и подают на первый вход фазового детектора, на второй вход которого подают низкочастотный опорный сигнал с частотой F с выхода того же генератора низкочастотных колебаний, и на выходе фазового детектора получают сигнал, пропорциональный набегу фазы микроволнового сигнала, прошедшего через смесь диэлектрик-вода, отличающееся тем, что низкочастотный сигнал с выхода микроволнового смесителя дополнительно выпрямляют, причем этот выпрямленный сигнал оцифровывают с получением малого числа разрядов двоичного кода, определяющим грубо уровень процентного содержания воды в смеси, после чего полученный двоичный код с малым числом разрядов подают на первый вход решающего устройства, например, микроконтроллера, при этом сигнал с выхода фазового детектора оцифровывают с получением большого числа разрядов двоичного кода, определяющим точно набег фазы микроволновых колебаний в пределах одного фазового цикла, после чего полученный двоичный код с большим числом разрядов подают на второй вход решающего устройства, после чего в решающем устройстве по полученному ранее цифровому коду с малым числом разрядов определяют число фазовых циклов набега фазы, который получил микроволновый сигнал, проходя через смесь диэлектрик-вода, после чего полученное число фазовых циклов, представленное в виде двоичного кода, добавляют в качестве старших дополнительных разрядов к полученному ранее двоичному коду с большим числом разрядов и получают двоичный код с увеличенным числом разрядов, определяющий точно набег фазы микроволнового сигнала в пределах нескольких фазовых циклов, после чего по полученному цифровому коду с увеличенным числом разрядов определяют точное и однозначное значение процентного содержания воды в смеси диэлектрик-вода при изменении содержания воды в смеси в широких пределах.

Сравнение предполагаемого способа с уже известными способами и прототипом показывает, что заявляемый способ выявляет новые технические свойства, которые заключаются в возможности определить точное и однозначное значение процентного содержания воды в смеси диэлектрик-вода при изменении содержания воды в смеси в широких пределах. Эти свойства предполагаемого изобретения особенно важны, если учесть тот факт, что диэлектрическая проницаемость воды во много раз больше диэлектрической проницаемости другого материала смеси и изменение содержания воды в смеси в широких пределах приводит к большим изменениям набега фазы микроволнового сигнала, проходящего через смесь. Эти изменения могут превышать величину 2π , при этом по заявляемому способу появляется возможность контролировать изменение количества фазовых циклов набега фазы микроволнового сигнала, проходящего через смесь диэлектрик-вода.

Эти свойства предполагаемого изобретения являются новыми, потому что в способе-прототипе в силу присущих ему недостатков, заключающихся в измерении изменений набега фазы микроволнового сигнала в пределах только лишь одного фазового цикла, определить однозначно процентное содержание воды в смеси не представляется возможным.

В предлагаемом способе определения процентного содержания воды в смеси диэлектрик-вода при изменении содержания воды в смеси в широких пределах сначала генерируют микроволновые колебания с частотой f_1 , которые затем через первую микроволновую антенну излучают в направлении второй микроволновой антенны. При этом микроволновый сигнал, пройдя через смесь диэлектрик-вода, приобретает

набег фазы равный $\Delta\varphi = 2\pi f_1 d \sqrt{\epsilon} / c$, где c - скорость света в вакууме. Далее принятые микроволновые колебания подают на сигнальный вход управляемого микроволнового фазовращателя, на вход управления которого подают низкочастотные колебания с частотой F . Эти колебания формируют с помощью генератора низкочастотных

5 колебаний. В управляемом микроволновом фазовращателе за период $T=1/F$ низкочастотного сигнала управления в микроволновые колебания вносят монотонно нарастающий от 0 до 2π фазовый сдвиг. При этом осуществляют сдвиг частоты микроволнового сигнала с частотой f_1 , на величину равную частоте F .

10 Трансформированный по частоте микроволновый сигнал, с частотой $f_2=f_1+F$ подают на смеситель, куда также подают исходные микроволновые колебания с частотой f_1 .

В смесителе осуществляют перемножение этих сигналов и в результате этого осуществляют гомодинное преобразование частоты. Преобразованный по частоте низкочастотный сигнал с частотой F ограничивают по амплитуде в усилителе-

15 ограничителе и подают на вход фазового детектора, на опорный вход которого подают опорный сигнал с той же частотой F и от того же низкочастотного генератора. Таким образом, на выходе фазового детектора получают сигнал пропорциональный набегу фазы микроволнового сигнала в пределах одного фазового цикла, при его прохождении через контролируруемую смесь. Дополнительно оценивают степень ослабления

20 микроволнового сигнала при его прохождении через контролируемую смесь. Для этого низкочастотный сигнал, получаемый на выходе микроволнового смесителя, выпрямляют и измеряют его уровень. При этом измерение производят достаточно грубо. Главная задача при этом не измерить точно степень ослабления микроволнового сигнала, а оценить грубо уровень процентного содержания воды в смеси диэлектрик-вода. Произведя

25 грубую оценку степени содержания воды в смеси, определяют количество фазовых циклов набега фазы микроволнового сигнала, зная толщину контролируемого слоя смеси и подставляя определенную грубо диэлектрическую проницаемость смеси. При этом зная количество фазовых циклов набега фазы микроволнового сигнала при его распространении через слой смеси и зная точное значение набега фазы микроволнового

30 сигнала в пределах одного фазового цикла, определяют относительную диэлектрическую проницаемость ϵ всего слоя контролируемой смеси. По полученному значению относительной диэлектрической проницаемости смеси однозначно и с высокой точностью определяют процентное содержание воды в смеси диэлектрик-вода при изменении содержания воды в смеси в широких пределах.

35 Указанный способ определения процентного содержания воды в смеси диэлектрик-вода при изменении содержания воды в смеси в широких пределах можно реализовать с помощью устройства, показанного на рисунке.

Устройство для определения процентного содержания воды в смеси диэлектрик-вода при изменении содержания воды в смеси в широких пределах содержит генератор

40 микроволновых колебаний 1, микроволновый направленный ответвитель 2, генератор низкочастотных колебаний 3, излучающую микроволновую антенну 4, микроволновый смеситель 5, усилитель-ограничитель 6, линейный детектор 7, фазовый детектор 8, первый аналого-цифровой преобразователь 9, второй аналого-цифровой преобразователь 10, решающее устройство 11, приемную микроволновую антенну 12,

45 управляемый микроволновый фазовращатель 13.

Выход генератора микроволновых колебаний 1 соединен с входом микроволнового направленного ответвителя 2, первый выход которого соединён с входом излучающей микроволновой антенной 4, а второй выход микроволнового направленного ответвителя

2 соединен с первым входом микроволнового смесителя 5, при этом выход микроволновый смесителя 5 соединён с входом усилителя-ограничителя бис входом линейного детектора 7, при этом выход усилителя-ограничителя 6 соединён с первым входом фазового детектора 8, второй вход которого соединён с выходом генератора низкочастотных колебаний 3, при этом выход линейного детектора 7 соединен с входом первого аналого-цифрового преобразователя 9, выход которого соединен с первым входом решающего устройства 11, а выход фазового детектора 8 соединен с входом второго аналого-цифрового преобразователя 10, выход которого соединен со вторым входом решающего устройства 11, при этом выход приемной микроволновой антенны 12 соединён с сигнальным входом управляемого микроволнового фазовращателя 13, при этом выход генератора низкочастотных колебаний 3 соединён с управляющим входом управляемого микроволнового фазовращателя 13, выход которого соединён со вторым входом микроволнового смесителя 5.

Работает устройство, реализующее способ определения процентного содержания воды в смеси диэлектрик-вода при изменении содержания воды в смеси в широких пределах, следующим образом. Микроволновые колебания с амплитудой U_1 , частотой f_1 и начальной фазой φ_1 , описываемые следующим выражением

$$u_1(t) = U_1 \cos(2\pi f_1 t + \varphi_1),$$

с выхода генератора микроволновых колебаний 1 подают вход микроволнового направленного ответвителя 2. Ослабленный микроволновый сигнал с первого выхода направленного ответвителя 2 подают на вход излучающей микроволновой антенны 4, которая первично излучает эти микроволновые колебания через слой контролируемой смеси в направлении приемной микроволновой антенны 12. При этом микроволновый сигнал приобретает набег фазы равный $\Delta\varphi = 2\pi f_1 d \sqrt{\varepsilon} / c$.

Таким образом, принятые микроволновые колебания имеют следующий вид:

$$u_2(t) = U_1 K \cos(2\pi f_1 t + \varphi_1 + \Delta\varphi).$$

где $K = K_1 K_2$ - обобщенный амплитудный фактор, K_1 - коэффициент ослабления направленного ответвителя по первому выходу, K_2 - коэффициент ослабления микроволновых колебаний в толщине слоя контролируемой смеси с учетом коэффициента усиления микроволновых антенн.

Далее принятые микроволновые колебания подают на сигнальный вход управляемого микроволнового фазовращателя 13, на управляющий вход которого подают сигнал генератора низкочастотных колебаний 3. В управляемом микроволновом фазовращателе 13 в микроволновые колебания с частотой f_1 вносится периодический монотонно нарастающий от 0 до 2π фазовый сдвиг, с периодом равным $T=1/F$. При этом можно говорить о сдвиге спектра микроволновых колебаний на так называемую частоту Доплера $F=1/T$.

Таким образом, осуществляется сдвиг частоты микроволнового сигнала с частотой f_1 , на величину, равную частоте F . Трансформированный по частоте микроволновый сигнал, с частотой $f_2=f_1+F$ имеет следующий вид

$$u_3(t) = U_1 K \cos[2\pi(f_1 + F)t + \varphi_1 + \Delta\varphi + \varphi_2],$$

где φ_2 - начальная фаза низкочастотных колебаний.

Этот микроволновый сигнал подают на второй вход микроволнового смесителя 5,

на первый вход которого подают ослабленные исходные микроволновые колебания с частотой f_1 . В микроволновом смесителе осуществляют перемножение микроволновых колебаний или гомодинное преобразование частоты. Преобразованный по частоте низкочастотный сигнал описывается следующим выражением

$$u_4(t) = U_1 K_\Sigma \cos(2\pi F t + \Delta\varphi + \varphi_2),$$

где $K_\Sigma = K K_3$ - суммарный амплитудный фактор, K_3 - коэффициент преобразования смесителя с учетом ослабления микроволнового сигнала по второму выходу направленного ответвителя.

Этот сигнал ограничивают по амплитуде в усилителе-ограничителе 6 и подают на первый вход фазового детектора 8, на второй вход которого подают сигнал с выхода генератора низкочастотных колебаний вида

$$u_5(t) = U_2 \cos(2\pi F t + \varphi_2).$$

Таким образом, на выходе фазового детектора 8 получают сигнал постоянного тока, пропорциональный с коэффициентом K_{PD} набегу фазы микроволнового сигнала, при его прохождении через слой контролируемой смеси $u_6 = K_{PD} \Delta\varphi$.

Однако величина измеренной разности фаз $\Delta\varphi$ двух низкочастотных колебаний не может быть больше чем 2π . При этом саму величину $\Delta\varphi$ представляют как где n - целое число фазовых циклов, $\Delta\varphi_{PC}$ - измеряемая разность фаз двух низкочастотных сигналов в пределах одного фазового цикла (может изменяться от нуля до 2π).

Измеренную разность фаз в пределах одного фазового цикла подают на второй аналого-цифровой преобразователь 10 и получают цифровой код, отображающий точное значение разности фаз в пределах одного фазового цикла. Число разрядов двоичного кода выбирают максимально возможным. Этот код вводят в решающее устройство 11.

Параллельно низкочастотный сигнал с выхода микроволнового смесителя 5 выпрямляют линейным детектором 7 и его выходе получают сигнал постоянного тока, пропорциональный коэффициенту ослабления микроволновых колебаний в толщине слоя контролируемой смеси K_2 . Этот сигнал оцифровывают с помощью первого аналого-цифрового преобразователя 9. Процесс преобразования служит не для точного измерения величины ослабления микроволнового сигнала в толще контролируемой смеси, а для грубой оценки процентного содержания воды в смеси диэлектрик-вода. Чем больше воды в смеси, тем больше затухание микроволнового сигнала. Число получаемых разрядов мало. Этот код вводят в решающее устройство, в котором по значению этого кода, с учетом известного расстояния d определяют число фазовых циклов набега фазы микроволнового сигнала при его распространении через толщу контролируемой смеси.

В решающем устройстве полученное число фазовых циклов в виде соответствующего числа разрядов двоичного кода добавляют в качестве старших разрядов к полученному двоичному коду, отображающему точное значение разности фаз низкочастотных колебаний в пределах одного фазового цикла. После чего, зная толщину слоя контролируемой смеси однозначно и с высокой точностью определяют относительную диэлектрическую проницаемость ϵ исследуемой смеси диэлектрик-вода, а следовательно и процентное содержание воды в смеси.

Народнохозяйственный эффект от использования предполагаемого изобретения

связан с созданием системы, которая дает возможность анализировать свойства среды распространения микроволн по результатам измерений набега фазы микроволновых колебаний, обладающей повышенной точностью и однозначностью определения процентного содержания воды в смеси диэлектрик-вода. Преимущество данного способа измерения, по сравнению с прототипом, заключается в достижении повышенной точности измерения процентного содержания воды в смеси. Дополнительное преимущество данного способа измерения заключается в том, что измерение производится однозначно.

Другой аспект повышения эффективности применения предполагаемого изобретения связан с возможностью его использования в составе аналитическо-измерительных комплексов непрерывного контроля параметров смеси диэлектрик-вода при автоматизации технологических процессов.

Формула изобретения

Способ определения процентного содержания воды в смеси диэлектрик-вода при изменении содержания воды в смеси в широких пределах, включающий, первоначальное генерирование непрерывных микроволновых колебаний с частотой f_1 , которые через одну микроволновую антенну излучают в направлении другой микроволновой антенны, при этом микроволновые колебания пропускают через слой смеси диэлектрик-вода, процентное содержание воды в которой контролируют, при этом принятые второй микроволновой антенной микроволновые колебания подают на сигнальный вход управляемого микроволнового фазовращателя, на управляющий вход которого подают сигнал с частотой F с выхода генератора низкочастотных колебаний, при этом в управляемом фазовращателе осуществляют сдвиг частоты микроволнового сигнала с частотой f_1 , на величину F , при этом трансформированные по частоте микроволновые колебания с частотой $f_2=f_1+F$ подают на один вход микроволнового смесителя, на другой вход которого подают часть энергии исходного микроволнового сигнала, в результате чего эти микроволновые колебания перемножают и осуществляют гомодинное преобразование частоты, при этом полученный на выходе микроволнового смесителя низкочастотный сигнал с частотой F ограничивают по амплитуде и подают на первый вход фазового детектора, на второй вход которого подают низкочастотный опорный сигнал с частотой F с выхода того же генератора низкочастотных колебаний, и на выходе фазового детектора получают сигнал, пропорциональный набегу фазы микроволнового сигнала, прошедшего через смесь диэлектрик-вода, отличающийся тем, что, с целью увеличения точности измерений и устранения неоднозначности определения процентного содержания воды в смеси диэлектрик-вода при изменении содержания воды в смеси в широких пределах, низкочастотный сигнал с выхода микроволнового смесителя дополнительно выпрямляют, причем этот выпрямленный сигнал оцифровывают с получением малого числа разрядов двоичного кода, определяющим грубо уровень процентного содержания воды в смеси, после чего полученный двоичный код с малым числом разрядов подают на первый вход решающего устройства, например, микроконтроллера, при этом сигнал с выхода фазового детектора оцифровывают с получением большого числа разрядов двоичного кода, определяющим точно набег фазы микроволновых колебаний в пределах одного фазового цикла, после чего полученный двоичный код с большим числом разрядов подают на второй вход решающего устройства, после чего в решающем устройстве по полученному ранее цифровому коду с малым числом разрядов определяют число фазовых циклов набега фазы, который получил микроволновый сигнал, проходя через смесь диэлектрик-вода,

после чего полученное число фазовых циклов, представленное в виде двоичного кода, добавляют в качестве старших дополнительных разрядов к полученному ранее двоичному коду с большим числом разрядов и получают двоичный код с увеличенным числом разрядов, определяющий точно набег фазы микроволнового сигнала в пределах
5 нескольких фазовых циклов, после чего по полученному цифровому коду с увеличенным числом разрядов определяют точное и однозначное значение процентного содержания воды в смеси диэлектрик-вода при изменении содержания воды в смеси в широких пределах.

10

15

20

25

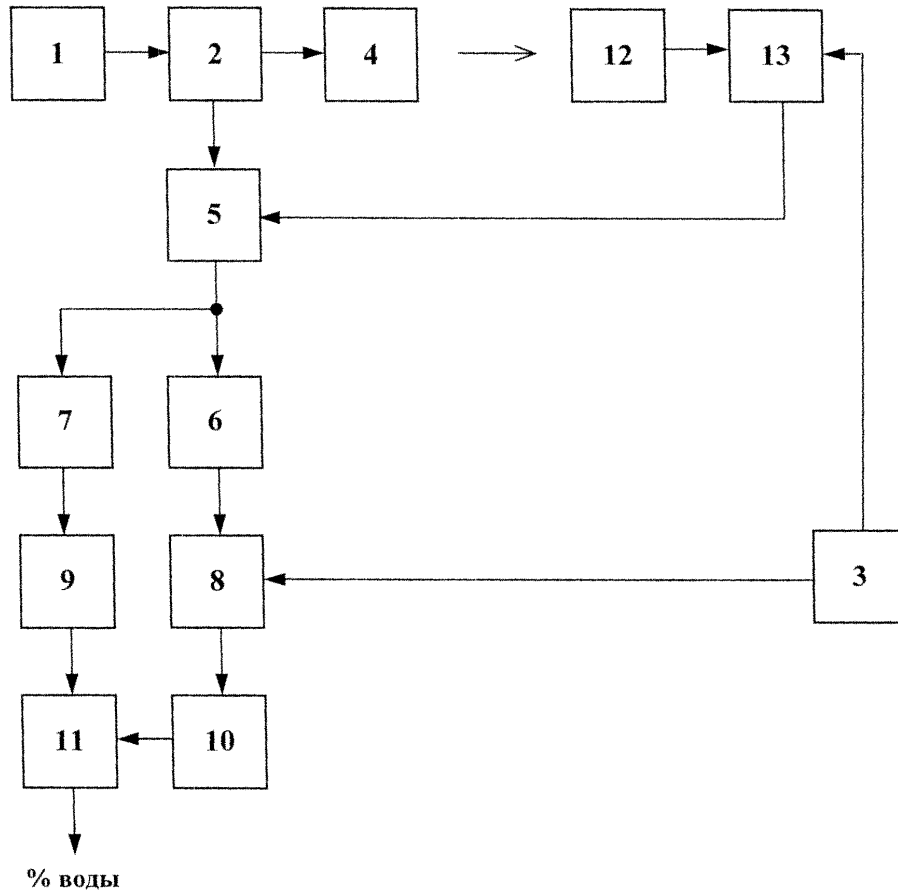
30

35

40

45

Способ определения процентного содержания воды в смеси диэлектрик-вода при изменении содержания воды в смеси в широких пределах



Фиг. 1

Автор: И.Б. Широков