



(51) МПК
G01N 22/00 (2006.01)
E21F 17/00 (2006.01)
A62B 15/00 (2006.01)

**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: **2016114872/93, 18.04.2016**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.08.2014

Приоритет(ы):
 Дата приоритета: **20.08.2014**
 Патент № **109101 (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 КОНТРОЛЯ ИЗМЕНЕНИЙ ИНТЕГРАЛЬНОГО СОСТАВА ВЕЩЕСТВА

(57) Реферат:

Предлагаемый способ относится к области электрических измерений и может применяться для контроля изменений интегрального состава вещества в химической промышленности, добывающей промышленности, в системах контроля отработанных газов двигателей внутреннего сгорания, либо в аналогичных комплексных системах, где крайне важна задача мониторинга изменения интегрального состава вещества, находящегося в любом агрегатном состоянии.

Контроль изменений интегрального состава вещества основан на измерении изменений набега фазы микроволнового сигнала при его многократном распространении через объем контролируемого вещества. Каждый проход электромагнитных колебаний через контролируемое вещество характеризуется искусственно введенным сдвигом частоты микроволновых колебаний на определенную величину. После гомодинного преобразования в микроволновом смесителе исходных микроволновых колебаний и

трансформированных по частоте колебаний, прошедших через вещество, на выходе смесителя получают серию комбинационных низкочастотных составляющих разности, из которых выбирают одну, определяемую необходимой кратностью прохода микроволновых колебаний через вещество.

Точность измерений изменений интегрального состава вещества высока, и в общем случае она будет прямо пропорциональна числу проходов микроволновых колебаний через контролируемое вещество известного линейного размера.

Система, построенная и функционирующая по предложенному методу, позволяет производить измерения изменений интегрального состава вещества, находящегося в любом агрегатном состоянии, и в отличие от недолговечных термохимических, дорогостоящих оптических, каталитических и других анализаторов невосприимчива к пыли и загрязнениям, не характеризуется старением элементов системы.

RU 2 594 344 C1

RU 2 594 344 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01N 22/00 (2006.01)
E21F 17/00 (2006.01)
A62B 15/00 (2006.01)

(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: **2016114872/93, 18.04.2016**

(24) Effective date for property rights:
20.08.2014

Priority:
Priority date: **20.08.2014**
Patent No. **109101 (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 MONITORING CHANGES IN SUBSTANCE INTEGRAL COMPOSITION**

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: proposed method relates to electrical measurements and can be used for monitoring changes in integral composition of a substance in chemical industry, mining industry, in systems for monitoring exhaust gases of internal combustion engines, or in similar complex systems, where there is the critical task of monitoring changes in integral composition of a substance being in any aggregate state. Monitoring changes of integral composition of a substance is based on measuring changes in phase progression of a microwave signal in its multiple distribution through a volume of the controlled substance. Each passage of electromagnetic oscillations through the controlled substance is characterized by an artificially introduced frequency shift of the microwave oscillations by a certain value. After homodyne conversion in the microwave mixer of initial microwave oscillations and

transformed by frequency oscillations passed through the substance at the output of the mixer there is a series of combination low-frequency difference components, of which one is selected determined by the required ratio of the passage of microwave oscillations through the substance. Accuracy of measuring changes in integral composition of the substance is high and in general case it is directly proportional to the number of passes of the microwave oscillations through the controlled substance of a known linear size.

EFFECT: system built and functioning as per the proposed method allows measuring integral composition of a substance being in any aggregate state, and, in contrast to short-lived thermochemical, expensive optical, catalytic and other analyzers, is resistant to dust and contaminants, is not characterized by ageing of the system elements.

1 cl

RU 2 5 9 4 3 4 4 C 1

RU 2 5 9 4 3 4 4 C 1

Предлагаемый способ относится к области электрических измерений и может применяться для контроля изменений интегрального состава вещества в химической промышленности, добывающей промышленности, в системах контроля отработанных газов двигателей внутреннего сгорания, либо в аналогичных комплексных системах, где крайне важна задача мониторинга изменения интегрального состава вещества, находящегося в любом агрегатном состоянии.

Достаточно хорошо известны методы контроля изменений состава вещества, такие как: парамагнитные, электрохимические, термокаталитические, оптические (см., например, Туричин А.М. Электрические измерения неэлектрических величин / А.М. Туричин, Б.Э. Аршанский, И.А. Зограф и др. / Под общей ред. П.В. Новицкого. - М.-Л.: Энергия, 1966. - 690 с.). У каждого имеются свои достоинства и недостатки. При этом все указанные способы контроля интегрального состава вещества требуют постоянного ухода за датчиками или работают с веществом только в одном из его агрегатных состояний, что может оказаться неприемлемым в ряде применений.

Наиболее близким к предполагаемому изобретению относится способ контроля изменений интегрального состава газовой среды, описанный в патенте Украины № 106183, опубликованном 25.07.2014. Данный способ предполагает наличие замкнутой волноводной кольцевой структуры, в которой находится газообразное вещество, интегральный состав которого подлежит контролю. Электромагнитная волна с исходной высокой частотой колебаний f_0 многократно проходит по кольцевой структуре, при этом каждый раз осуществляют сдвиг ее частоты на некоторую малую величину F . Часть энергии трансформированных по частоте колебаний подают в смеситель, куда подают также часть энергии исходных высокочастотных колебаний с частотой f_0 . В смесителе осуществляют перемножение этих колебаний и выделение с помощью фильтрующей системы комбинационной низкочастотной составляющей разности. Частота настройки фильтрующей цепи составляет $N F$, соответственно на выходе фильтрующей системы выделяется комбинационная составляющая разности исходных колебаний и колебаний, прошедших по волноводной структуре N раз. Система характеризуется известной точностью и чувствительностью контроля изменений интегрального состава газовой среды и отсутствием необходимости ухода за ее узлами и, как следствие, длительным сроком непрерывной эксплуатации.

Однако система рассчитана на контроль изменений интегрального состава газовой среды и, в некоторых случаях, жидкой, которые могут свободно заполнять волноводную структуру. Контролировать изменения интегрального состава сыпучего вещества достаточно проблематично и совсем неприемлемо для твердого вещества. Кроме того, сама волноводная структура со всеми входящими в ее состав элементами, достаточно сложна в изготовлении.

В основу предполагаемого изобретения была поставлена задача контроля изменений интегрального состава вещества в любом его агрегатном состоянии с увеличенной чувствительностью и точностью. Поставленная цель достигается следующим образом.

Способ контроля изменений интегрального состава вещества, по которому первоначально генерируют низкочастотные колебания с известной частотой $N F$, которую затем делят на N и получают низкочастотные опорные колебания с частотой F , кроме того первоначально генерируют непрерывные микроволновые колебания с известной частотой f_0 , при этом микроволновые колебания через первый направленный ответвитель излучают в контролируемое вещество, при этом микроволновые колебания при прохождении объема вещества известной длины приобретают набег фазы, который

пропорционален длине прохода электромагнитной волны в веществе и его интегральной диэлектрической проницаемости, при этом микроволновые колебания, прошедшие через вещество, подают на сигнальный вход управляемого микроволнового фазовращателя, на управляющий вход которого подают низкочастотный сигнал с частотой F , при этом с помощью фазовращателя осуществляют сдвиг частоты микроволнового сигнала на частоту F низкочастотного генератора, при этом трансформированные по частоте микроволновые колебания с частотой $f_1=f_0+F$ подают на вход микроволнового усилителя, с помощью которого компенсируют потери энергии микроволнового сигнала, имеющие место в управляемом фазовращателе и в среде распространения, при этом усиленные и трансформированные по частоте микроволновые колебания вновь многократно пропускают через объем вещества известной длины и вновь многократно сдвигают частоту микроволновых колебаний, каждый раз на частоту F низкочастотного опорного сигнала, в результате чего получают микроволновые колебания с частотой $f_N=f_0+NF$, при этом часть энергии усиленных и трансформированных по частоте микроволновых колебаний подают через второй направленный ответвитель на первый вход смесителя, на второй вход которого подают часть энергии исходных микроволновых колебаний с частотой f_0 , и после гомодинного преобразования сигналов в смесителе на его выходе получают набор низкочастотных колебаний с частотами $F, 2F, \dots, NF, (N+1)F$, и т.д., при этом с помощью узкополосного фильтра выделяют только лишь колебания с частотой NF , при этом с выхода узкополосного фильтра сигнал с частотой NF усиливают и подают на первый вход фазового детектора, при этом на второй вход фазового детектора подают сигнал низкочастотного опорного генератора с такой же частотой NF , при этом сигнал с выхода фазового детектора подают на индикаторное устройство и контролируют изменения интегрального состава вещества, отличающийся тем, что часть энергии первично сгенерированных микроволновых колебаний через первый направленный ответвитель, совмещенный с отрезком микроволновой линии передачи, один конец которой замыкают накоротко, а ее второй, сигнальный вывод подключают к первой микроволновой антенне, направляют в сторону первой микроволновой антенны, с помощью которой излучают электромагнитную волну, распространяющуюся в контролируемом веществе любого агрегатного состояния, после прохода электромагнитной волны объема контролируемого вещества эту волну улавливают второй микроволновой антенной и подают на первый микроволновый вывод управляемого фазовращателя, при этом за период T низкочастотного сигнала управления с частотой F фазу микроволнового сигнала монотонно изменяют от 0 до π , после чего микроволновый сигнал с второго микроволнового вывода управляемого фазовращателя подают на вход/выход однопортового микроволнового усилителя, где его усиливают, после чего усиленный сигнал вновь подают на второй микроволновый вывод управляемого фазовращателя, где вновь фазу микроволнового сигнала монотонно изменяют от 0 до π за период T низкочастотного сигнала управления, в результате чего получают сдвиг частоты исходных микроволновых колебаний $f_1=f_0+F$, после чего трансформированный по частоте микроволновый сигнал с помощью второй микроволновой антенны вновь излучают в контролируемое вещество, после чего первой микроволновой антенной сигнал, прошедший через контролируемое вещество дважды, улавливают и подают на сигнальный вывод отрезка микроволновой линии передачи, после чего отраженный от короткозамыкателя микроволновый сигнал вновь с помощью первой микроволновой антенны излучают в контролируемое вещество, вновь

улавливают второй микроволновой антенной, вновь пропускают через управляемый микроволновый фазовращатель, вновь усиливают однопортовым микроволновым усилителем, вновь пропускают через управляемый микроволновый фазовращатель, получая тем самым сдвиг частоты $f_2=f_0+2F$, вновь излучают в контролируемое вещество, вновь улавливают первой микроволновой антенной, после этого описанный процесс повторяют многократно до тех пор, пока частота микроволнового сигнала не станет равной $f_N=f_0+NF$, при этом часть энергии принятых первой микроволновой антенной микроволновых колебаний через второй направленный ответвитель, совмещенный с отрезком микроволновой линии передачи, подают на вход микроволнового смесителя, затем выделяют комбинационную составляющую с частотой NF и измеряют разность фаз между этой комбинационной составляющей и исходным низкочастотным сигналом с частотой NF и таким образом получают сигнал пропорциональный набегу фазы микроволнового сигнала, при его $2N$ -кратном прохождении через объем контролируемого вещества, при этом по изменению разности фаз, отображаемому с помощью индикаторного устройства, контролируют изменения интегрального состава вещества, находящегося в любом агрегатном состоянии с повышенной чувствительностью и точностью.

Сравнение предполагаемого способа измерения интегрального состава вещества с уже известным способом и прототипом показывает, что система, построенная по заявляемому способу, позволяет производить анализ изменений интегрального состава вещества в любом его агрегатном состоянии с повышенной точностью. При этом дополнительный полезный набег фазы микроволнового сигнала, вызванный малейшими отклонениями диэлектрической проницаемости вещества, можно получить путем $2N$ -кратного прохождения электромагнитной волны через объем контролируемого вещества любого агрегатного состояния, что обеспечивает увеличенную вдвое чувствительность системы и, как следствие, увеличенную точность.

Заявляемый способ контроля изменений интегрального состава вещества можно реализовать с помощью устройства, схема которого показана на фиг. 1.

Устройство состоит из генератора микроволновых колебаний 1, микроволнового делителя мощности 2, первого микроволнового направленного ответвителя 3, второго микроволнового направленного ответвителя 4, отрезка закороченной с одного конца микроволновой линии передачи 5, первой микроволновой антенны 6, второй микроволновой антенны 7, управляемого микроволнового фазовращателя 8, однопортового микроволнового усилителя 9, микроволнового смесителя 10, узкополосного фильтра 11, усилителя низкой частоты 12, фазового детектора 13, генератора низкой частоты 14, делителя частоты 15, индикаторного устройства 16, контролируемого вещества 17.

Выход генератора микроволновых колебаний 1 соединен с входом микроволнового делителя мощности 2, причем первый выход микроволнового делителя мощности 2 соединен с входом первого направленного ответвителя 3, второй выход микроволнового делителя мощности 2 соединен с первым входом микроволнового смесителя 10, а выход первого направленного ответвителя 3 соединен с входной частью отрезка закороченной с одного конца микроволновой линии передачи 5, второй, сигнальный конец которой соединен с первой микроволновой антенной 6, при этом вторая микроволновая антенна 7 соединена с первым микроволновым выводом управляемого микроволнового фазовращателя 8, второй микроволновый вывод которого соединен с входом/выходом однопортового микроволнового усилителя 9, при этом вход второго микроволнового направленного ответвителя 4 соединен с выходной частью отрезка закороченной с

одного конца микроволновой линии передачи 5, при этом выход второго микроволнового направленного ответвителя 4 соединен со вторым входом микроволнового смесителя 10, выход которого соединен с входом узкополосного фильтра 11, выход которого соединен с входом усилителя низкой частоты 12, выход которого соединен с первым входом фазового детектора 13, второй вход которого соединен с выходом генератора низкой частоты 14, причем выход фазового детектора 10 соединен с входом индикаторного устройства 16, причем выход генератора низкой частоты 14 соединен также с входом делителя частоты 15, выход которого соединен с управляющим входом микроволнового фазовращателя 8.

Устройство, реализующее предложенный способ контроля изменений интегрального состава вещества, работает следующим образом.

Первоначально генерируют низкочастотные колебания с известной частотой Nf с помощью генератора низкой частоты 14, которую затем делят на N делителем частоты 15 и получают низкочастотные опорные колебания с частотой F и начальной фазой θ .

Кроме этого, первоначально генерируют микроволновые колебания с частотой f_0 , амплитудой U_0 и начальной фазой φ_0 с помощью генератора микроволновых колебаний 1, описываемые выражением:

$$u_0(t) = U_0 \sin(2\pi f_0 t + \varphi_0).$$

Часть энергии микроволновых колебаний через микроволновый делитель мощности 2 и первый микроволновый направленный ответвитель 3 подают на входную часть отрезка закороченной с одного конца микроволновой линии передачи 5, при этом микроволновые колебания направляют в сторону первой микроволновой антенны 6.

Пройдя контролируемое вещество 17, принятые второй микроволновой антенной 7 микроволновые колебания получают набег фазы и описываются следующим выражением

$$u_1(t) = K_1 U_0 \sin(2\pi f_0 t + \varphi_0 + kd),$$

где K_1 - некий приведенный коэффициент затухания электромагнитной волны, получаемый с учетом коэффициентов передачи первого направленного ответвителя 3, микроволновых антенн 6 и 7, затухания в контролируемом веществе 17, k - волновое число микроволнового сигнала, d - общий линейный размер контролируемого вещества 17.

Принятые антенной 7 микроволновые колебания сначала пропускают через управляемый микроволновый фазовращатель 8 в одну сторону, а затем, после усиления в однопортовом микроволновом усилителе 9 (выполненном, например, согласно патенту Украины № 102751) эти микроволновые колебания пропускают через микроволновый управляемый фазовращатель 8 в другую сторону.

За каждый проход фазу микроволнового сигнала монотонно изменяют от 0 до π за период $T=1/F$ низкочастотного сигнала управления. Суммарное изменение фазы микроволнового сигнала составит от 0 до 2π . Таким образом, микроволновый сигнал получает сдвиг частоты и описывается следующим выражением

$$u_2(t) = K_2 U_0 \sin[2\pi(f_0 + F)t + \varphi_0 + kd + \theta],$$

где K_2 - приведенный коэффициент передачи с учетом усиления однопортовым микроволновым усилителем.

Трансформированные по частоте микроволновые колебания через вторую микроволновую антенну 7 вновь излучают в контролируемое вещество и принимают

первой микроволновой антенной 6. Принятый сигнал описывается следующим выражением

$$u_3(t) = K_3 U_0 \sin [2\pi(f_0 + F)t + \varphi_0 + kd + k'd + \theta],$$

5 где k' - волновое число с учетом изменения частоты микроволновых колебаний. Если принять, что $f_0 \gg F$, то $k' \approx k$.

Принятый первой микроволновой антенной 6 сигнал, пройдя отрезок линии передачи 5, отражается от его конца и вновь излучается в контролируемое вещество. Процесс повторяется, и вновь принятый первой микроволновой антенной сигнал будет иметь вид:

$$u_2(t) = K_R U_0 \sin [2\pi(f_0 + 2F)t + \varphi_0 + 2\theta + 4kd],$$

где K_R - приведенный амплитудный множитель.

15 После чего процесс повторяют многократно и в очередной, N -ый раз, принятый первой микроволновой антенной 6 сигнал будет иметь вид:

$$u_N(t) = K_N U_0 \sin [2\pi(f_0 + NF)t + \varphi_0 + N\theta + 2Nkd],$$

где K_N - некоторый приведенный коэффициент передачи всего тракта.

20 Через второй микроволновый направленный ответвитель 4 часть энергии принятых микроволновых колебаний, направляющихся к закороченному концу отрезка микроволновой линии передачи 5, подают на второй вход микроволнового смесителя 10, на первый вход которого подают через микроволновый делитель мощности 2 часть энергии исходных микроволновых колебаний. В смесителе 10 осуществляют гомодинное преобразование этих сигналов, и на выходе смесителя получают набор различных комбинационных составляющих с различными кратными частотами $F, 2F, \dots, NF, (N+1)F$, и т.д. Узкополосный фильтр 11 настраивают на частоту NF и выделяют сигнал с этой частотой, после чего его усиливают низкочастотным усилителем 12. На выходе усилителя 12 получают низкочастотный сигнал, имеющий вид:

$$30 \quad u_M(t) = U_M \sin(2\pi NFt + N\theta + 2Nkd),$$

где U_M - приведенная амплитуда низкочастотного сигнала. Видно, что в данном выражении отсутствуют параметры исходных микроволновых колебаний, поскольку они взаимно вычитаются.

35 Этот низкочастотный информационный сигнал разностной составляющей подают на первый вход фазового детектора 13, на второй вход которого подают опорный низкочастотный сигнал с первоначальной частотой NF от низкочастотного генератора 14. Разность фаз информационного и опорного сигналов определяют как:

$$40 \quad \Delta\varphi = 2Nkd = \frac{4\pi N}{\lambda_g} d \sqrt{\varepsilon},$$

где λ_g - длина волны в среде распространения, ε - интегральная относительная диэлектрическая проницаемость вещества 17. На выходе фазового детектора 13 получают информационный сигнал, который подают на вход индикаторного устройства 16. На выходе индикаторного устройства 16 наблюдают за изменениями относительной диэлектрической проницаемости вещества.

Таким образом, по предлагаемому методу можно контролировать с повышенной чувствительностью и точностью изменения интегральной диэлектрической

проницаемости вещества, находящегося в любом агрегатном состоянии.

Народнохозяйственный эффект от использования предполагаемого изобретения связан с созданием системы, которая дает возможность анализировать свойства среды распространения микроволн по результатам измерений изменений набега фазы микроволновых колебаний, обладающей повышенной точностью определения изменений интегрального состава вещества, которое может находиться в любом агрегатном состоянии.

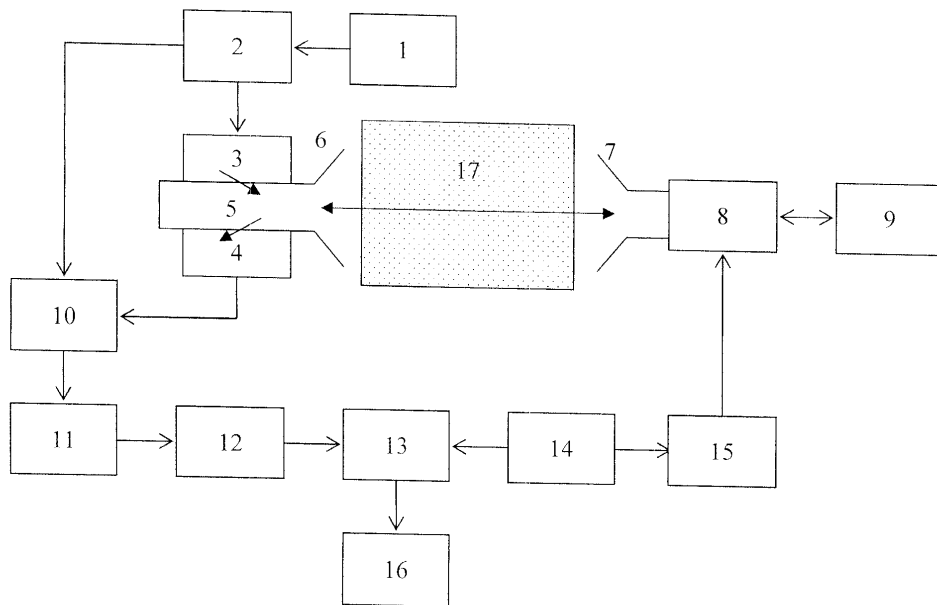
Преимущество анализатора изменений интегрального состава вещества, построенного на основании предложенного метода, по сравнению с известными способами и прототипом, заключается в достижении повышенной в 2 раза чувствительности и точности измерений, а также то, что контролируемое вещество может находиться в любом агрегатном состоянии и даже переходить из одного в другое состояние. Система, построенная по заявляемому способу, в отличие от недолговечных термохимических, дорогостоящих оптических, каталитических и других анализаторов, невосприимчива к пыли и загрязнениям, не характеризуется старением элементов системы.

Формула изобретения

Способ контроля изменений интегрального состава вещества, по которому первоначально генерируют низкочастотные колебания с известной частотой NF , которую затем делят на N и получают низкочастотные опорные колебания с частотой F , кроме того, первоначально генерируют непрерывные микроволновые колебания с известной частотой f_0 , при этом микроволновые колебания через первый направленный ответвитель излучают в контролируемое вещество, при этом микроволновые колебания при прохождении объема вещества известной длины приобретают набег фазы, который пропорционален длине прохода электромагнитной волны в веществе и его интегральной диэлектрической проницаемости, при этом микроволновые колебания, прошедшие через вещество, подают на сигнальный вход управляемого микроволнового фазовращателя, на управляющий вход которого подают низкочастотный сигнал с частотой F , при этом с помощью фазовращателя осуществляют сдвиг частоты микроволнового сигнала на частоту F низкочастотного генератора, при этом трансформированные по частоте микроволновые колебания с частотой $f_1=f_0+F$ подают на вход микроволнового усилителя, с помощью которого компенсируют потери энергии микроволнового сигнала, имеющие место в управляемом фазовращателе и в среде распространения, при этом усиленные и трансформированные по частоте микроволновые колебания вновь многократно пропускают через объем вещества известной длины и вновь многократно сдвигают частоту микроволновых колебаний, каждый раз на частоту F низкочастотного опорного сигнала, в результате чего получают микроволновые колебания с частотой $f_N=f_0+NF$, при этом часть энергии усиленных и трансформированных по частоте микроволновых колебаний подают через второй направленный ответвитель на первый вход смесителя, на второй вход которого подают часть энергии исходных микроволновых колебаний с частотой f_0 , и после гомодинного преобразования сигналов в смесителе на его выходе получают набор низкочастотных колебаний с частотами $F, 2F, \dots, NF, (N+1)F$, и т.д., при этом с помощью узкополосного фильтра выделяют только лишь колебания с частотой NF , при этом с выхода узкополосного фильтра сигнал с частотой NF усиливают и подают на первый вход фазового детектора, при этом на второй вход фазового детектора подают сигнал низкочастотного опорного генератора с такой же частотой NF , при этом сигнал с выхода фазового детектора подают на индикаторное устройство и контролируют

изменения интегрального состава вещества, отличающийся тем, что часть энергии
первично сгенерированных микроволновых колебаний через первый направленный
ответвитель, совмещенный с отрезком микроволновой линии передачи, один конец
которой замыкают накоротко, а ее второй сигнальный вывод подключают к первой
5 микроволновой антенне, направляют в сторону первой микроволновой антенны, с
помощью которой излучают электромагнитную волну, распространяющуюся в
контролируемом веществе любого агрегатного состояния, после прохода
электромагнитной волны объема контролируемого вещества эту волну улавливают
второй микроволновой антенной и подают на первый микроволновый вывод
10 управляемого фазовращателя, при этом за период T низкочастотного сигнала
управления с частотой F фазу микроволнового сигнала монотонно изменяют от 0 до
 π , после чего микроволновый сигнал с второго микроволнового вывода управляемого
фазовращателя подают на вход/выход однопортового микроволнового усилителя, где
его усиливают, после чего усиленный сигнал вновь подают на второй микроволновый
15 вывод управляемого фазовращателя, где вновь фазу микроволнового сигнала
монотонно изменяют от 0 до π за период T низкочастотного сигнала управления, в
результате чего получают сдвиг частоты исходных микроволновых колебаний $f_1=f_0+F$,
после чего трансформированный по частоте микроволновый сигнал с помощью второй
микроволновой антенны вновь излучают в контролируемое вещество, после чего первой
20 микроволновой антенной сигнал, прошедший через контролируемое вещество дважды,
улавливают и подают на сигнальный вывод отрезка микроволновой линии передачи,
после чего отраженный от короткозамыкателя микроволновый сигнал вновь с помощью
первой микроволновой антенны излучают в контролируемое вещество, вновь
улавливают второй микроволновой антенной, вновь пропускают через управляемый
25 микроволновый фазовращатель, вновь усиливают однопортовым микроволновым
усилителем, вновь пропускают через управляемый микроволновый фазовращатель,
получая тем самым сдвиг частоты $f_2=f_0+2F$, вновь излучают в контролируемое вещество,
вновь улавливают первой микроволновой антенной, после этого описанный процесс
повторяют многократно до тех пор, пока частота микроволнового сигнала не станет
30 равной $f_N=f_0+NF$, при этом часть энергии принятых первой микроволновой антенной
микроволновых колебаний через второй направленный ответвитель, совмещенный с
отрезком микроволновой линии передачи, подают на вход микроволнового смесителя,
затем выделяют комбинационную составляющую с частотой NF и измеряют разность
35 фаз между этой комбинационной составляющей и исходным низкочастотным сигналом
с частотой NF и таким образом получают сигнал пропорциональный набегу фазы
микроволнового сигнала, при его $2N$ -кратном прохождении через объем
контролируемого вещества, при этом по изменению разности фаз, отображаемому с
помощью индикаторного устройства, контролируют изменения интегрального состава
40 вещества, находящегося в любом агрегатном состоянии с повышенной
чувствительностью и точностью.

Способ контроля изменений интегрального состава вещества



Автор:

Широков И. Б.