

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039500**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.02.03

(51) Int. Cl. **G01N 9/00** (2006.01)
G01N 22/00 (2006.01)
G01R 27/32 (2006.01)

(21) Номер заявки
202000006

(22) Дата подачи заявки
2019.10.08

(54) **УСТРОЙСТВО ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДНОЙ СУСПЕНЗИИ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОВОЛН**

(43) **2021.04.30**

(56) EP-A2-0990887
RU-C1-2631340
US-A-5767685

(96) **2019/EA/0086 (BY) 2019.10.08**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "АКВАР-
СИСТЕМ" (BY)**

(72) Изобретатель:
**Белячиц Александр Чеславович,
Дещенко Геннадий Николаевич,
Лебедев Валерий Михайлович,
Никитин Алексей Мстиславович,
Титовицкий Иосиф Антонович (BY)**

(74) Представитель:
Федорук Е.Ю. (BY)

(57) Изобретение относится к устройствам измерения концентрации водной суспензии с использованием микроволн. В основе принципа работы известных устройств лежит тот факт, что при распространении электромагнитных волн их скорость зависит от диэлектрической проницаемости среды распространения. Диэлектрическая проницаемость водной суспензии в свою очередь зависит от количества и электродинамических параметров веществ, находящихся в воде. Устройство измерения концентрации водной суспензии с использованием микроволн содержит микроволновой усилитель, измерительный тракт в виде отрезка трубопровода с контролируемой суспензией, на противоположных сторонах которого установлены приемная и передающая антенны, а также датчик температуры. Вход микроволнового усилителя соединен с выходом приемной антенны, а его выход - с входом передающей антенны и с входом частотомера, измеряющего частоту самовозбуждения усилителя, по значению которой определяют концентрацию суспензии. В разрыв цепи между выходом усилителя и входом излучающей антенны последовательно включены и установлены микроволновой ключ и управляемый фазовращатель, причем управляющий вход фазовращателя соединен с выходом датчика температуры. Тем самым автоматически устраняется необходимость выключения и включения устройства при возникновении воздушных пузырей в измерительной трубе и связанному с этим возможному перескоку частоты генерации.

B1

039500

039500

B1

Изобретение относится к устройствам измерения концентрации водной суспензии с использованием микроволн.

В основе принципа работы известных в уровне техники устройств измерения концентрации водной суспензии с использованием микроволн лежит тот факт, что при распространении электромагнитных волн их скорость зависит от диэлектрической проницаемости среды распространения. Диэлектрическая проницаемость водной суспензии в свою очередь зависит от количества и электродинамических параметров веществ, находящихся в воде.

В случае измерения концентрации водной суспензии обычно измеряют задержку распространения волн микроволнового диапазона на фиксированном расстоянии. Известно устройство измерения больших содержаний воды в бумажной массе при производстве бумаги с использованием микроволн (1. Peka Jakkula and Esko Tahkola, Microwave Instrument For High Water Content Measurement In Pulp And Paper Industry. Electromagnetic Wave Interaction With Water And Moist Substances, 1996, p.115-118), содержащее генератор переменной частоты, передающую и приемную антенны, трубу с контролируемой средой, смеситель и анализатор спектра. Концентрация бумажной массы (концентрация суспензии целлюлозы) в данном устройстве рассчитывается по частоте максимума спектра сигнала промежуточной частоты. Отмечается, что точность измерения определяется диапазоном перестройки и стабильностью частоты излучающего генератора, обеспечение которых является сложной технической задачей, особенно при использовании устройств в реальных производственных условиях.

Другим методом оценки задержки распространения волн в контролируемой среде является измерение сдвига фаз между излученным и принятым сигналом, что используется в измерителе концентрации с использованием микроволн (2. Патент EP 0990887A2, G01N 9/24, опубл. 05.04.2000), содержащем генератор сигнала, передающую и приемную антенны, трубу с измеряемой средой, смеситель, устройство измерения фазового сдвига и устройство вычисления концентрации. Отмечается, что точность измерения концентрации в данном устройстве во многом определяется стабильностью частоты излучающего генератора. К недостаткам устройства нужно отнести необходимость поддержания с высокой точностью частоты генерации в производственных условиях.

Аналогичная схема применена в микроволновом устройстве и способе измерения концентрации с использованием цифровых сигнальных процессоров (3. CN101881739 A, G01N 22/00, опубл. 10.11.2010), отличие от предыдущего устройства состоит в способе определения фазового сдвига излученного и принятого сигналов.

В описанных выше устройствах точность измерения в основном определяется стабильностью частоты излучающего генератора, что и является основным их недостатком, поскольку обеспечение стабильности частоты генерации в широком температурном диапазоне реальных производственных условий представляет собой сложную техническую задачу.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому изобретению является Микроволновый измеритель концентрации водной суспензии (4. Беляниц А.Ч., Василевич Л.Н., Семенчик В.Г. 23th Int. Crimean Conference "Microwave & Telecommunication Technology (CriMiCo'2013) 9-13 September, Sevastopol, Crimea, Ukraine, p. 1022-1023), в котором контролируемую среду (суспензию) помещают между двумя антеннами, одна из которых подключена ко входу микроволнового усилителя, а вторая к его выходу, причем согласно описанию антенны представляют собой штыревые излучатели, размещенные в полуволновых резонаторах из стекла. Если коэффициент усиления усилителя превышает потери сигнала при прохождении между антеннами, то в такой системе возможны автоколебания, длина волны λ_N которых определяется из соотношения

$$\lambda_N = \frac{L \operatorname{Re}(\sqrt{\varepsilon_c})}{n}$$

где ε_c - диэлектрическая проницаемость контролируемой среды,

L - расстояние между антеннами,

n = 1, 2, ...

А так как диэлектрическая проницаемость контролируемой среды однозначно связана с составом последней, то, измеряя частоту автоколебаний, можно определить концентрацию суспензии. Дополнительно в данном устройстве соответствующим датчиком измеряется температура контролируемой среды, которая используется для уточнения результатов расчета концентрации по частоте автоколебаний. Очевидно, что в отличие от описанных выше устройств, точность измерения зависит только от стабильности фазовых характеристик используемого микроволнового усилителя и пассивных элементов (кабелей). Недостатком же данного устройства является зависимость диапазона измерения концентрации от температуры контролируемой суспензии и, как следствие, нестабильность процесса измерения на границах рабочего диапазона.

Сущность предлагаемого изобретения проиллюстрирована на примерах со ссылкой на сопровождающий графический материал, в котором

На фиг. 1 показаны типичные зависимости от частоты коэффициента передачи сигнала между приемной и передающей антеннами измерителя концентрации водной суспензии. На фиг. 2 показана схема

микроволнового устройства измерения концентрации водной суспензии.

На фиг. 1 сплошной линией показана типичная зависимость от частоты коэффициента передачи сигнала между приемной и передающей антеннами измерителя концентрации водной суспензии. Согласно приведенной выше формуле, для каждой концентрации водной суспензии условия возбуждения по фазе будут выполняться на ряде кратных частот. Так предположим, что в случае чистой воды (отсутствие нерастворимых примесей, $\epsilon_c \sim 80$), две ближайшие возможные частоты возбуждения будут равны $f_{\min,n}$ и $f_{\min,n+1}$. Как отмечено выше, вторым необходимым условием наличия генерации является превышение коэффициентом усиления усилителя величины затухания при прохождении сигнала между приемной и передающей антеннами. Предположим, что коэффициент усиления усилителя равен 33 дБ, в этом случае возникновение генерации возможно в области превышения кривой коэффициента передачи (сплошная линия на фиг. 1) уровня -33 дБ. Это соответствует приблизительно области от 1480 до 1620 МГц на фиг. 1. При начальном выборе параметров измерительного тракта (диаметра измерительной трубы, длин подводных кабелей) добиваются максимально возможного совпадения величины $f_{\min,n}$ с началом зоны возбуждения при минимально возможной рабочей температуре контролируемой суспензии. В данном примере эта частота должна быть равна или больше значения 1480 МГц. Нужно отметить, что необходимым условием для однозначности измерений является превышение следующей возможной частотой генерации при заполнении измерительной трубы чистой водой $f_{\min,n+1}$ правой границы зоны возбуждения, т.е. в данном примере она должна быть больше 1620 МГц (фиг. 1). При увеличении концентрации водной суспензии диэлектрическая проницаемость последней и λ_N будут уменьшаться и, соответственно, согласно приведенной выше формуле, частота генерации будет возрастать. В таком случае максимально возможная измеряемая концентрация будет соответствовать максимальному значению частоты $f_{\max,n}$ на фиг. 1 (правой границе зоны возбуждения). Нужно отметить, что геометрия системы так же должна обеспечивать не превышение предыдущей возможной частотой генерации $f_{\max,n-1}$ левой границы зоны возбуждения.

Известно, что с ростом температуры диэлектрическая проницаемость воды уменьшается. Из этого следует, что величина $f_{\min,n}$, соответствующая частоте возбуждения при заполнении измерительной трубы чистой водой, будет увеличиваться. В свою очередь величина $f_{\max,n}$ изменяться не будет, так как она определяется параметрами системы. Это означает, что диапазон измерения концентрации, определяемый разностью $f_{\max,n} - f_{\min,n}$, будет уменьшаться, причем, чем выше температура суспензии, тем уже диапазон измерения.

При флуктуациях свойств контролируемой суспензии диапазон измерения концентрации в данном устройстве необходимо еще дополнительно ограничивать, поскольку существует различие между величинами затухания, необходимыми для возникновения и поддержания генерации. На фиг. 1 уровень поддержания генерации символически отображен линией -36 дБ. Из фиг. 1 видно, что если возникновение колебаний при заполнении трубы чистой водой возможно только на частоте $f_{\min,n}$, то поддержание колебаний возможно также и на частоте $f_{\min,n+1}$. В таком случае прохождение области пониженной плотности (воздушных пузырей) между измерительными антеннами в потоке водной суспензии может привести к мгновенному уменьшению затухания сигнала. На фиг. 1 зависимость коэффициента передачи сигнала между приемной и передающей антеннами измерителя концентрации водной суспензии от частоты для такого случая отображается в виде штриховой линии. Одновременно это приведет к эквивалентному увеличению концентрации суспензии за счет значительного уменьшения диэлектрической проницаемости среды в пространстве между антеннами. В результате мгновенная частота генерации может существенно превысить значение $f_{\max,n}$ и при возврате свойств суспензии к стационарному значению частота может установиться на значении $f_{\min,n+1}$, поскольку эта частота находится в зоне поддержания генерации. В таком случае возврат устройства к нормальному рабочему режиму возможен только после полного выключения и последующего повторного включения.

Целью настоящего изобретения является расширение диапазона в устройстве измерения концентрации водной суспензии с использованием микроволн при изменении температуры. Для этого в описанной выше схеме устройства в цепь обратной связи микроволнового усилителя дополнительно последовательно включают микроволновый ключ и управляемый фазовращатель, причем фазовращатель контролируется сигналом с выхода датчика температуры.

На фиг. 2 показана схема предлагаемого устройства измерения концентрации водной суспензии.

Устройство работает следующим образом. Приемная 3 и передающая 2 антенны размещены на противоположных сторонах трубы 1 с водной суспензией, заполненной контролируемой жидкостью. Выбором длины внешних подводных кабелей и начального сигнала на управляющем входе фазовращателя 5 при минимальной температуре контролируемой водной суспензии подстраивают частоту возбуждения микроволнового усилителя 4 на чистой воде (либо на воде с минимально необходимой концентрацией примесей) по возможности ближе к точке начала зоны самовозбуждения $f_{\min,n}$. Функциональную зависимость управляющего сигнала фазовращателя 5 от сигнала датчика 6 температуры выбирают такой, чтобы при заполнении измерительной трубы в виде участка трубопровода 1 чистой водой частота возбуждения усилителя при изменении температуры не изменялась (т.е. частота $f_{\min,n}$ оставалась неизменной в начале

зоны возбуждения микроволнового усилителя 4). В этом случае устройство будет фиксировать только те изменения диэлектрической проницаемости водной суспензии, которые обусловлены наличием нерастворимых примесей, и диапазон однозначного измерения не будет зависеть от температуры.

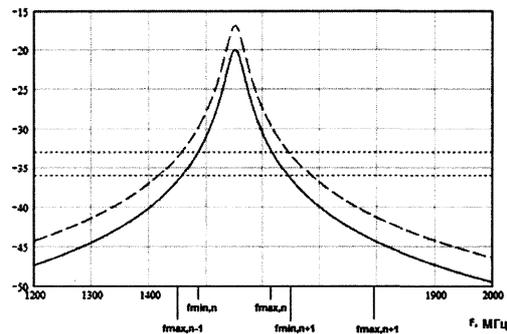
Микроволновый ключ 8 предназначен для периодического разрыва цепи обратной связи усилителя и, соответственно, перезапуска процесса генерации. Тем самым автоматически устраняется необходимость выключения и включения устройства при возникновении воздушных пузырей в измерительной трубе 1 и связанному с этим возможному перескоку частоты генерации.

Частота генерации измеряется с помощью частотомера 7, который в свою очередь показывает величину концентрации водной суспензии.

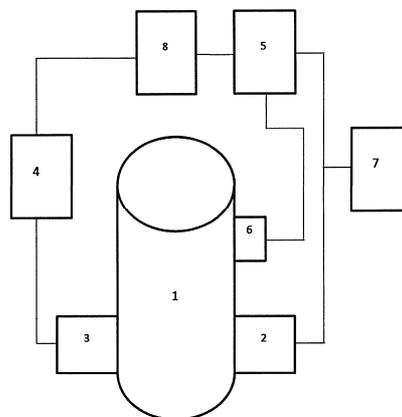
Введение дополнительных элементов позволило использовать данное устройство для измерения концентрации суспензии целлюлозы в широком температурном диапазоне непосредственно после гидроразбивателя при производстве бумаги из макулатуры, что невозможно осуществить с использованием других устройств

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Устройство измерения концентрации водной суспензии с использованием микроволн, содержащее микроволновый усилитель, частотомер, измерительный тракт в виде отрезка трубопровода с контролируемой суспензией, приемную и передающую антенны, датчик температуры, причем приемная и передающая антенны размещены на противоположных сторонах трубопровода, датчик температуры размещен на трубопроводе, причем вход микроволнового усилителя соединен с выходом приемной антенны, а выход микроволнового усилителя соединен с входом передающей антенны и с входом частотомера, отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит микроволновый ключ и управляемый фазовращатель, соединенные последовательно и установленные в разрыв цепи между выходом усилителя и входами частотомера и передающей антенны, причем к выходу микроволнового усилителя подключен вход микроволнового ключа, к выходу микроволнового ключа подключен вход управляемого фазовращателя, выход которого соединен с входами частотомера и передающей антенны, а управляющий вход фазовращателя соединен с выходами датчика температуры.



Фиг. 1



Фиг. 2

