



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1765708 A1

(51)5 G 01 F 23/22

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГКНТ СССР

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4833147/10  
(22) 31.05.90  
(46) 30.09.92. Бюл. № 36  
(71) Институт проблем управления  
(72) Б.В.Лункин, Н.А.Криксунова  
и В.И.Терешин  
(56) Петров Б.Н., Викторов В.А. и др. Принцип инвариантности в измерительной технике. М., Наука, 1976, с.134.  
(54) ИНВАРИАНТНЫЙ РАДИОВОЛНОВЫЙ УРОВНЕМЕР

2

(57) Применение. Изобретение относится к области приборостроения и может быть использовано для измерения уровня раздела двух диэлектрических сред независимо от их электрофизических свойств, например, в химическом производстве, в строительстве, в авиационной промышленности. Сущность изобретения состоит в том, что в предлагаемом уровнемере чувствительный элемент 1 выполнен в виде трех коаксиальных цилиндров и дополнительно снабжен генератором 6, компаратором 7 и ключом 8. 3 ил.

Изобретение относится к области приборостроения и может быть использовано для измерения уровня раздела двух диэлектрических сред, например, в химическом производстве, в строительстве, в авиационной промышленности.

Контроль границы раздела двух или более сред представляет собой сложную проблему, которую решают самыми разнообразными способами. Например, в качестве косвенных параметров измерения используют резонансные частоты распределенных систем и обрабатывают их по определенным алгоритмам информации. Основой этого способа является возможность формирования различных функций преобразования в чувствительном элементе. При этом частотный выход информационных каналов обеспечивает естественную совместимость с электронными средствами обработки информации.

Известны различные по схемотехническим решениям инвариантные к изменению диэлектрической проницаемости радиоволновые уровнемеры, в частности такие, кото-

рые содержат два независимых канала информации [1]. Каждый из этих каналов представляет собой отрезок длинной линии, которые отличаются, например, различными граничными условиями. В каждом из них возбуждаются электромагнитные колебания, частота  $f$  которых является функцией уровня контролируемой среды  $x$  и ее электрофизических параметров (диэлектрической  $\epsilon$  и магнитной  $\mu$  проницаемостей, проводимости  $\sigma$ ). В дальнейшем рассматриваются только диэлектрические среды, у которых  $\mu = 1$  и  $\sigma = 0$ , поэтому  $f = f(x, \epsilon)$ . Указанные каналы имеют отличные друг от друга зависимости  $f$  от  $x$  и от  $\epsilon$ .

Основным недостатком описанного уровнемера является сложная конструкция: он содержит два отрезка длинной линии и дополнительные линии связи, соединяющие эти отрезки с электронной частью уровнемера.

Из известных решений наиболее близким к предлагаемому по технической сущности и свободным от указанных недостатков является уровнемер, описанный в [2]. В нем

(19) SU (11) 1765708 A1

оба канала информации совмещены в одном чувствительном элементе. Этот уровень содержит чувствительный элемент в виде отрезка длинной линии, соединенный с ним блок измерения резонансных частот, первый и второй функциональные преобразователи и делитель. Первый и второй выходы блока измерения резонансных частот подключены к входам соответственно первого и второго функциональных преобразователей, а выходы функциональных преобразователей подключены к соответствующим входам делителя, выход которого является выходом уровнемера.

В отрезке длинной линии возбуждаются два типа собственных электромагнитных колебаний, резонансная (собственная) частота каждого из них ( $i$ -го)  $f_i$  определяется уровнем заполнения контролируемой средой  $x$ , величиной ее диэлектрической проницаемости  $\varepsilon$  и может быть представлена выражением

$$f_i = f_{oi} / \sqrt{1 + (\varepsilon - 1) \Phi_i(x)}$$

где  $f_{oi}$  — резонансная частота  $i$ -го типа колебаний чувствительного элемента в точке  $x = 0$ ;

$\Phi_i(x)$  — функция  $x$ , обуславливаемая распределением напряженности электрического поля в данном отрезке линии, которое определяется граничными условиями на концах линии и распределением самой линии вдоль координаты изменения уровня (по вертикали), а также номером типа колебаний  $i$ .

Основными недостатками измерителя уровня [2] являются неопределенность его показаний в точке  $x = 0$  и высокая погрешность измерения уровня в начале диапазона измерения при малых  $x$ , что вытекает из самого определения его выходной характеристики.

Выходная характеристика уровнемера — прототипа инвариантна к изменению значения диэлектрической проницаемости контролируемой среды и зависит только от уровня. Она определяется зависимостью:

$$\Phi(x) = \Phi_1(x) / \Phi_2(x), \quad (1)$$

где

$$\Phi_1(x) = ((f_{o1}/f_1) - 1) / (\varepsilon - 1) \text{ и } \Phi_2(x) = ((f_{o2}/f_2) - 1) / (\varepsilon - 1);$$

$f_{o1}$ ,  $f_{o2}$  — резонансные частоты первого и второго типов колебаний чувствительного элемента в точке  $x = 0$ ;

$f_1$ ,  $f_2$  — эти же частоты при заполнении средой до уровня  $x$ .

Неопределенность в точке  $x = 0$  возникает вследствие того, что в этой точке  $\Phi_1(x, \varepsilon) = 0$  и  $\Phi_2(x, \varepsilon) = 0$ , следовательно  $\Phi(x) = 0/0$ .

Еще одним недостатком уровнемера — прототипа является сложная конструкция чувствительного элемента, выполненного в виде сложенного в форме W отрезка.

Целью изобретения является повышение точности измерения уровня раздела двух диэлектрических сред.

Поставленная цель достигается тем, что инвариантный радиоволновый уровнемер, содержащий чувствительный элемент в виде отрезка длинной линии, соединенный с ним блок измерения резонансных частот, первый и второй функциональные преобразователи и делитель, при этом первый выход блока измерения резонансных частот подключен к входу первого функционального преобразователя, а выходы функциональных преобразователей подключены к соответствующим входам делителя, выход которого является выходом уровнемера, дополнительно снабжен генератором, компаратором и ключом, причем первый вход компаратора подключен к второму выходу блока измерения резонансных частот, второй вход компаратора подключен к выходу генератора, выход компаратора подключен к управляющему входу ключа, первый сигнальный вход ключа подключен к второму выходу блока измерения резонансных частот, второй сигнальный вход ключа подключен к выходу генератора, выход ключа подключен к входу второго функционального преобразователя, а указанный отрезок длинной линии выполнен из трех коаксиальных цилиндров, причем отношения диаметров двух соседних из них попарно равны, внутренний и внешний цилиндры короткозамкнуты на обоих торцах, а средний цилиндр соединен с внутренним и внешним цилиндрами на верхнем торце, электрически изолирован от них на нижнем торце и индуктивно связан с обоими входами блока измерения резонансных частот.

Существенными отличительными признаками в указанной совокупности являются выполнение чувствительного элемента в виде трех коаксиальных цилиндров, у которых отношения диаметров двух соседних из них попарно равны, внутренний и внешний цилиндры короткозамкнуты на обоих торцах, а средний цилиндр соединен с внутренним и внешним цилиндрами на одном торце, совпадающем с верхней границей диапазона измерения уровня, и электрически изолирован на другом торце, совпадающем с нижней границей диапазона

измерения уровня, и наличие опорного генератора, компаратора и ключа.

Указанные признаки, отличающие заявляемое устройство от прототипа, сами по себе порознь известны, однако введенные в заявляемое устройство в совокупности они обеспечивают появление в заявляемом объекте нового свойства, состоящего в устранении неопределенности информации в нуле диапазона контролируемого уровня.

Поскольку указанное свойство не проявляется ни в одном из известных авторам объектов, содержащих признаки, сходные с отличительными признаками заявляемого устройства, авторы считают заявляемое техническое решение соответствующим критерию "существенные отличия".

На фиг. 1 показана структурная схема инвариантного радиоволнового уровнемера; на фиг. 2 приведена зависимость распределения напряженности электрического поля в чувствительном элементе данного уровнемера для первого  $\Phi_1$  и второго  $\Phi_2$  типов колебаний от уровня  $x$ , приведенного к значению диапазона измерения, т.е. не зависящие от размеров линии; на фиг. 3 приведена зависимость частот  $f_1$  и  $f_2$  от  $x$  для случая заполнения контролируемой среды с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ , равной 2.

Предлагаемый инвариантный радиоволновый уровнемер содержит чувствительный элемент в виде отрезка длинной линии 1, блок измерения 2 его резонансных частот, функциональные преобразователи 3 и 4, делитель 5, генератор 6, компаратор 7 и ключ 8. Контролируемая среда обозначена цифрой 9.

Чувствительный элемент 1 представляет собой отрезок длинной линии, выполненный из трех коаксиальных цилиндров, у которых отношения диаметров двух соседних из них попарно равны, внутренний и внешний цилиндры короткозамкнуты на обоих торцах, а средний цилиндр соединен с ними на одном торце, совпадающем с верхней границей диапазона измерения уровня, и электрически изолирован на другом торце, совпадающем с нижней границей диапазона измерения уровня. Таким образом, чувствительный элемент 1 образует сложный пополам отрезок полуволновой однородной коаксиальной длинной линии, короткозамкнутой на обоих концах. Оба входа блока измерения 2 резонансных частот индуктивно связаны со средним цилиндром чувствительного элемента 1. Первый выход блока измерения 2 резонансных частот соединен с входом первого функцио-

нального преобразователя 3, второй выход блока измерения 2 резонансных частот соединен с первым входом ключа 8, выход генератора 6 соединен с вторым входом компаратора 7, выход которого соединен с управляющим входом ключа 8, выход которого соединен с входом функционального преобразователя 4, выход которого соединен с вторым входом делителя 5, первый вход которого соединен с выходом функционального преобразователя 3.

Как видно из рассмотрения зависимостей распределения напряженностей электрического поля для первого  $\Phi_1$  и второго  $\Phi_2$  типов колебаний от уровня  $x$ , в чувствительном элементе данного уровнемера для получения однозначной выходной характеристики  $\Phi(x)$ , возрастающей с увеличением  $x$ , она должна определяться отношением  $\Phi_2/\Phi_1$ .

Устройство работает следующим образом.

Чувствительный элемент 1 помещается в сосуд с контролируемой средой 9 и оказывается заполненным до уровня  $x$ . Диэлектрическая проницаемость среды равна  $\epsilon$ . Блок измерения 2 резонансных частот возбуждает в отрезке электромагнитные колебания и выделяет частоты первых двух собственных типов колебаний  $f_1$  и  $f_2$ .

Наличие в схеме опорного генератора 6, компаратора 7 и ключа 8 позволяет сравнивать первую резонансную частоту чувствительного элемента  $f_1$  с частотой опорного генератора  $f_{ог}$  и в области малых значений  $x$  (до 5% заполнения) обеспечить замену частоты  $f_1$  на частоту опорного генератора  $f_{ог}$  и, следовательно, избавиться от неопределенности в нуле и, кроме того, уменьшить в несколько раз погрешность измерения уровня.

Производная функции  $f_1(x)$  (чувствительность) (см. фиг. 3) в начале диапазона измерения (области малых значений  $x$  от 0 до 5%) значительно больше производной функции  $f_2(x)$ . Поэтому для определения момента введения коррекции используется частота  $f_1$ , и диапазон выбран 5%. Значение частоты опорного генератора  $f_{ог}$  определяется частотой первого типа колебаний  $f_1$  в точке  $x_f = 0.05$  для среды с минимальным значением диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  из требуемого для данного уровнемера диапазона контролируемых сред.

Итак, значение частоты  $f_1$  с второго выхода блока измерения 2 частоты поступает

на компаратор 7, сравнивается с частотой опорного генератора  $f_{ог}$ , и если  $f_{ог} < f_1$ , то открывается ключ 8, и на функциональный преобразователь 4 поступает значение частоты опорного генератора  $f_{ог}$ .

Если  $f_{ог} \geq f_1$ , то ключ 8 закрыт, на функциональный преобразователь 4 поступает значение частоты  $f_1$  со второго выхода блока измерения частоты 2. С выходов функциональных преобразователей 3 и 4 сигналы (функции  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ ) поступают на делитель 5, который вычисляет функцию  $\Phi(x)$ , определяет значение  $x$  и является выходом уровня.

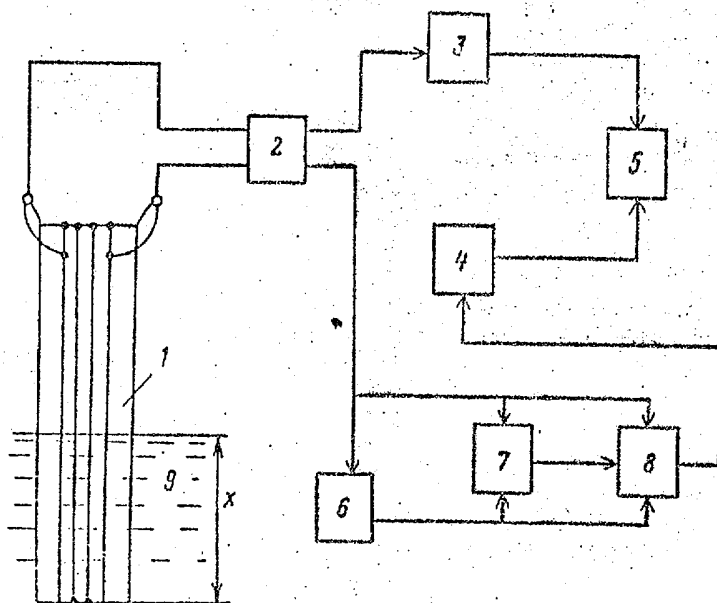
Таким образом, в предлагаемом устройстве исключается неоднозначность выходной характеристики в нуле и значительно уменьшается ( $\approx$  в 2 раза) погрешность измерения уровня в начале диапазона.

Достоинством предлагаемого устройства является то, что оно обеспечивает корректность алгоритма при конструктивно простом чувствительном элементе и обеспечивает линейность выходной характеристики не хуже 5% в диапазоне измерения от 10 до 80% и линейность 19% во всем диапазоне измерения от 0 до 100%.

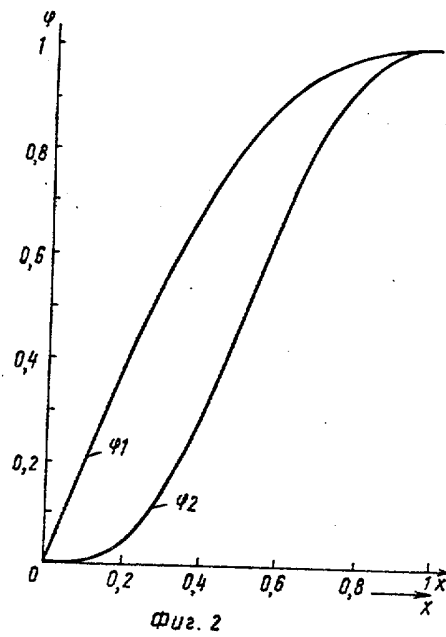
#### Формула изобретения

Инвариантный радиоволновый уровеньмер, содержащий чувствительный элемент в виде отрезка длинной линии, соединенный с ним блок измерения резонансных частот с первым и вторым выходами, первый и вто-

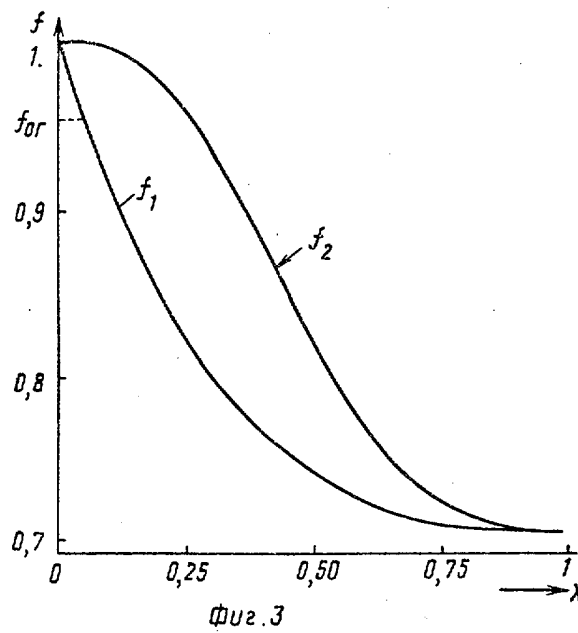
рой функциональные преобразователи и делитель, при этом первый выход блока измерения резонансных частот подключен ко входу первого функционального преобразователя, а выходы функциональных преобразователей подключены к соответствующим входам делителя, выход которого является выходом уровнемера, от л и ч а ю щ и й с тем, что, с целью повышения точности измерений, в него дополнительно введены генератор, компаратор с первым и вторым входами и ключ с первым и вторым сигнальными входами, причем первый вход компаратора подключен к второму выходу блока измерения резонансных частот, второй вход компаратора подключен к выходу генератора, выход компаратора подключен к управляющему входу ключа, первый сигнальный вход ключа подключен к второму выходу блока измерения резонансных частот, второй сигнальный вход ключа подключен к выходу генератора, а выход ключа подключен к входу второго функционального преобразователя, причем отрезок длинной линии выполнен в виде трех коаксиальных цилиндров, у которых отношения диаметров двух соседних из них попарно равны, внутренний и внешний цилиндры короткозамкнуты на обоих торцах, средний цилиндр соединен с внутренним и внешним цилиндрами на верхнем торце, электрически изолирован от них на нижнем торце и индуктивно связан с обоими входами измерения резонансных частот.



Фиг. 1



25



50

Редактор Т.Орловская

Составитель Б.Лункин  
Техред М.Моргентал

Корректор О.Юрковецкая

Заказ 3380

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101