

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 150395

ВЛАГОМЕР

Патентообладатель(ли): **ООО "Конструкторское бюро
"Физэлектронприбор" (RU)**

Автор(ы): **см. на обороте**

Заявка № 2014137866

Приоритет полезной модели **17 сентября 2014 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации **15 января 2015 г.**

Срок действия патента истекает **17 сентября 2024 г.**

Врио руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU (11)

150395 (13) U1

(51) МПК

G01N27/22 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ПАТЕНТ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

Статус: по данным на 27.07.2015 - действует
Пошлина: учтена за 2 год с 18.09.2015 по 17.09.2016

(21), (22) Заявка: **2014137866/28, 17.09.2014**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.09.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **17.09.2014**(45) Опубликовано: **20.02.2015**

(72) Автор(ы):

**Сизиков Олег Креонидович (RU),
Коннов Владимир Валерьевич (RU),
Рагазин Денис Николаевич (RU),
Силаев Константин Владимирович (RU),
Семенов Андрей Сергеевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**ООО "Конструкторское бюро
"Физэлектронприбор" (RU)**

(54) ВЛАГОМЕР

(57) Реферат:

Техническое решение относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения влажности различных материалов в промышленных условиях. Основное назначение - контроль содержания воды в бетонной смеси непосредственно в бетономесителе. Влагомер содержит металлический корпус, закрепленную на корпусе диэлектрическую пластину и измерительный конденсатор. Электроды измерительного конденсатора образованы двумя крышками, установленными на поверхности диэлектрической пластины, причем крышки выполнены из металла, стойкого к истиранию. Первая крышка расположена в отверстии, выполненном во второй крышке, при этом между торцами первой крышки и краями отверстия во второй крышке образован зазор, ширина которого выбрана из условия, чтобы в этот зазор не проходили крупные фракции контролируемого материала. В диэлектрической пластине под первой крышкой выполнено отверстие, через которое первый электрод измерительного конденсатора подключен к электронному устройству, установленному внутри корпуса. Через указанное отверстие первая крышка крепится к диэлектрической пластине с помощью прижимной пластины, установленной с внутренней стороны корпуса. Техническим результатом является увеличение чувствительности и повышение механической прочности, стойкости к ударам. 3 з.п. ф-лы, 2 ил.

Описание технического решения Техническое решение относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения влажности различных материалов в промышленных условиях. Основное назначение - контроль содержания воды в бетонной смеси непосредственно в бетоносмесителе. Техническое решение реализует диэлькометрический способ измерения влажности и может быть применено также для контроля и других физических параметров, влияющих на диэлектрическую проницаемость, например, для измерения состава смеси веществ.

Известны влагомеры, производимые рядом фирм:

- 1) «M-Sens 2» фирмы «SWR engineering» (<http://www.swrsystems.ru/msens2.html>);
- 2) «Hydro-Mix VII» фирмы «Hydronix Ltd» (<http://www.hydronix.ru/hydromixVII.html>);
- 3) «Microwave Moisture Probe» фирмы «Franz Ludwig GmbH» (<http://fludwig.com/w echselkopf/>).

Данные влагомеры содержат металлический корпус, закрепленную на корпусе диэлектрическую пластину из керамического материала, внешняя поверхность которой обращена в сторону контролируемого материала, сенсор - чувствительный элемент, установленный внутри корпуса и создающий электромагнитное поле, которое проникает в контролируемый материал через диэлектрическую пластину, электронное устройство, подключенное к сенсору.

Недостатком известных влагомеров является низкая чувствительность и низкая механическая прочность. В данных влагомерах диэлектрическая пластина непосредственно соприкасается с контролируемым материалом и отделяет сенсор от контролируемого материала. Силовые линии электромагнитного поля, создаваемого сенсором для зондирования контролируемого материала, проходят через диэлектрическую пластину, концентрируются в ней. Для предотвращения истирания диэлектрическую пластину выполняют из износостойкого керамического материала, например, на основе оксида алюминия. А так как керамика имеет высокую диэлектрическую проницаемость, то это еще больше увеличивает концентрацию электромагнитного поля в диэлектрической пластине. В результате в контролируемый материал проходит малая часть энергии создаваемого сенсором электромагнитного поля. Это обуславливает низкую чувствительность данных влагомеров.

Керамика - хрупкий материал, керамическая пластина при ударах разрушается. Влагомеры данной конструкции, установленные в бетоносмесителе, при попадании крупных фракций щебня между лопатками и поверхностью диэлектрической пластины выходят из строя из-за разрушения керамики. По той же причине данные влагомеры не могут быть использованы для измерений в потоке щебня, гравия, руды.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому влагомеру является влагомер «Litronic FMS II» фирмы «Liebherr Mischtechnik GmbH» (патент US 5969243 (A) - 1999-10-19), содержащий металлический корпус, закрепленную на корпусе диэлектрическую пластину из керамического материала на основе оксида алюминия, внешняя поверхность которой обращена в сторону контролируемого материала, измерительный конденсатор, создающий электромагнитное поле, которое проникает в контролируемый материал через диэлектрическую пластину, при этом первый электрод измерительного конденсатора образован проводящим элементом, который размещен на внутренней поверхности диэлектрической пластины, а второй электрод измерительного конденсатора образован металлическим корпусом, первый и второй электроды измерительного конденсатора подключены к установленному в корпусе электронному устройству, обеспечивающему преобразование емкости измерительного конденсатора в электрический сигнал.

Данный влагомер так же, как и рассмотренные ранее аналоги, и по тем же причинам имеет низкую чувствительность и низкую механическую прочность. Керамическая пластина, находящаяся в непосредственном контакте с контролируемым материалом и расположенная между контролируемым материалом и проводящим элементом, концентрирует в себе электромагнитное поле измерительного конденсатора. Этот эффект усиливается из-за высокой диэлектрической проницаемости керамики, в результате влагомер имеет низкую чувствительность. Из-за хрупкости керамической пластины влагомер не может быть применен для контроля щебня, руды в потоке.

Целью предлагаемого технического решения является увеличение чувствительности и повышение механической прочности, стойкости к ударам.

Поставленная цель достигается тем, что во влагомере, содержащем металлический корпус, закрепленную на корпусе диэлектрическую пластину, внешняя поверхность которой обращена в сторону контролируемого материала, измерительный конденсатор, состоящий из первого и второго электродов и создающий электромагнитное поле, которое проникает в контролируемый материал, при этом первый электрод измерительного конденсатора образован проводящим элементом, который размещен на диэлектрической пластине, а второй электрод измерительного конденсатора образован металлическим корпусом, первый и второй электроды измерительного конденсатора подключены к установленному в корпусе электронному устройству, обеспечивающему преобразование емкости измерительного конденсатора в электрический сигнал, согласно предлагаемому техническому решению, на внешней поверхности диэлектрической пластины установлены две крышки, выполненные из металла, стойкого к истиранию, первая крышка расположена в отверстии, выполненном во второй крышке, при этом между торцами первой крышки и краями отверстия во второй крышке образован зазор, первая крышка является проводящим элементом и служит первым электродом измерительного конденсатора, в диэлектрической пластине под первой крышкой выполнено отверстие, через которое первый электрод подключен к электронному устройству и через которое первая крышка крепится к диэлектрической пластине с помощью прижимной пластины, установленной с внутренней стороны

диэлектрической пластины, вторая крышка закреплена на металлическом корпусе таким образом, что между указанной крышкой и корпусом образован электрический контакт.

Поставленная цель достигается также и тем, что ширина зазора между торцами первой крышки и краями отверстия во второй крышке выбрана такой, чтобы в этот зазор не проходили крупные фракции контролируемого материала.

Поставленная цель достигается также и тем, что внутри металлического корпуса установлен дополнительный конденсатор, включенный последовательно с измерительным конденсатором между первым электродом измерительного конденсатора и электронным устройством, емкость дополнительного конденсатора выбрана примерно равной емкости измерительного конденсатора при его заполнении контролируемым материалом.

Поставленная цель достигается также и тем, что внутри металлического корпуса установлена катушка индуктивности, которая подключена параллельно измерительному конденсатору к его первому и второму электродам.

Сущность предлагаемого технического решения поясняется на фиг. 1 и 2.

На фиг. 1. показана конструкция влагомера, у которого внутри корпуса установлен дополнительный конденсатор в соответствии с п. 3 формулы.

На фиг. 2 показана конструкция влагомера, у которого внутри корпуса установлена катушка индуктивности в соответствии с п. 4 формулы.

Влагомер содержит металлический корпус 1 и диэлектрическую пластину 2, закрепленную на указанном корпусе 1. На внешней поверхности 3 пластины 2, обращенной в сторону контролируемого материала, установлены две крышки 4 и 5, выполненные из металла, стойкого к истиранию, например, из стали марок 30X13, 40X13, 65Г или из сплава на основе титана.

Первая крышка 4 расположена в отверстии, выполненном во второй крышке 5, при этом между торцами первой крышки 4 и краями отверстия во второй крышке 5 образован зазор. Ширина зазора между торцами первой крышки 4 и краями отверстия во второй крышке 5 выбрана такой, чтобы в этот зазор не проходили крупные фракции контролируемого материала, например, крупные фракции щебня, гравия при использовании влагомера в бетономесителе.

Вторая крышка 5 закреплена на металлическом корпусе 1 таким образом, что между указанной крышкой 5 и корпусом 1 имеется электрический контакт. Первая крышка 4 является проводящим элементом и вместе со второй крышкой 5 образуют измерительный конденсатор, причем, первая крышка 4 служит первым электродом конденсатора, а вторая крышка 5, электрически соединенная с корпусом 1, служит вторым электродом измерительного конденсатора. Электромагнитное поле измерительного конденсатора непосредственно проходит в контролируемый материал, соприкасающийся с поверхностью крышек 4 и 5. Поверхность 3 диэлектрической пластины 2 защищена от механического воздействия металлическими крышками 4 и 5. Первый электрод 4 и второй электрод 5 измерительного конденсатора подключены к установленному в корпусе 1 электронному устройству 6, обеспечивающему преобразование емкости измерительного конденсатора в электрический сигнал.

В диэлектрической пластине 2 под первой крышкой 4 выполнено отверстие, через которое первый электрод 4 подключен к электронному устройству 6 и через которое первая крышка 4 крепится к диэлектрической пластине 2 с помощью прижимной пластины 7, установленной с внутренней стороны диэлектрической пластины 2.

В соответствии с п. 3 формулы внутри металлического корпуса 1 установлен дополнительный конденсатор 8, включенный последовательно с измерительным конденсатором между его первым электродом 4 и электронным устройством 6. Емкость дополнительного конденсатора 8 выбрана примерно равной емкости измерительного конденсатора при его заполнении контролируемым материалом.

В соответствии с п. 4 формулы внутри металлического корпуса 1 установлена катушка 9 индуктивности, которая подключена параллельно к измерительному конденсатору к его первому электроду 4 и второму электроду 5.

Индуктивность катушки 9 выбрана такой, чтобы в диапазоне рабочих частот влагомера ее реактивное сопротивление было примерно равно по модулю реактивному сопротивлению измерительного конденсатора.

В состав влагомера может также входить датчик температуры контролируемого материала, который закрепляется внутри корпуса 1. Датчик температуры может быть установлен и вне корпуса влагомера, но таким образом, чтобы он обеспечивал измерение температуры контролируемого материала.

Влагомер работает следующим образом. Электронное устройство 6 формирует гармонический сигнал высокой частоты, который подается на первый и второй электроды 4 и 5 измерительного конденсатора. Электромагнитное поле конденсатора распределено в трех областях пространства:

- (а) - в контролируемом материале;
- (б) - внутри корпуса 1 под диэлектрической пластиной 2;

(в) - в диэлектрической пластине 2.

Суммарная емкость $C_{\text{сумм}}$ измерительного конденсатора определяется составляющими C_a , C_b , C_v , соответствующими трем указанным областям, и равна

$$C_{\text{сумм}} = C_a + C_b + C_v.$$

Составляющая C_a определяется диэлектрической проницаемостью контролируемого материала. Величину составляющей C_a можно представить в виде суммы:

$$C_a = C_{a0} + \Delta C_a,$$

где C_a - составляющая суммарной емкости измерительного конденсатора, соответствующая области контролируемого материала;

C_{a0} - составляющая суммарной емкости измерительного конденсатора, соответствующая области контролируемого материала, когда контролируемый материал - воздух;

ΔC_a - величина изменения емкости измерительного конденсатора при заполнении его контролируемым материалом.

Работа влагомера основана на измерении емкости $C_{\text{сумм}}$ измерительного конденсатора и выделении из суммарного значения величины C_a , по которой судят о величине диэлектрической проницаемости контролируемого материала. Далее, по величине диэлектрической проницаемости материала и его температуре определяют влажность материала. Таким образом, для определения влажности контролируемого материала необходимо выделить составляющую C_a , обусловленную полем в контролируемом материале. Чем больше отношение величины C_a к величинам C_b и C_v , тем выше чувствительность влагомера и точнее измерение.

Благодаря установке на внешней поверхности 3 диэлектрической пластины 2 крышек 4 и 5 эта пластина 2 не подвержена истиранию, что позволяет выполнить пластину 2 из материала с низкой диэлектрической проницаемостью (например, из фторопласта). Такое выполнение пластины 2 обуславливает резкое уменьшение составляющей C_b , что само по себе обеспечивает увеличение чувствительности влагомера. Составляющая C_b сама по себе не велика, т.к. представляет собой конденсаторную структуру с воздушным заполнением. Таким образом, емкость $C_{\text{сумм}}$ измерительного конденсатора в данной конструкции в значительно большей степени определяется диэлектрическими параметрами контролируемого материала, чем в прототипе. Небольшие изменения влажности контролируемого материала приводят к несравненно большим изменениям емкости измерительного конденсатора, которая преобразуется электронным устройством 6 в электрический сигнал.

Достижимый эффект увеличения чувствительности также можно объяснить с помощью анализа электромагнитных полей, создаваемых измерительным конденсатором. Поскольку контролируемый материал непосредственно соприкасается с первым и вторым электродами 4, 5 измерительного конденсатора, то большая часть энергии электромагнитного поля измерительного конденсатора сосредоточена в контролируемом материале. Поэтому влажность и, соответственно, диэлектрическая проницаемость, контролируемого материала несравненно сильнее влияют на параметры измерительного конденсатора, чем в прототипе, что обуславливает высокую чувствительность. Для сравнения: в прототипе большая часть энергии измерительного конденсатора сосредоточена в диэлектрической пластине и в контролируемый материал попадает лишь малая часть зондирующего сигнала.

Благодаря тому, что диэлектрическая пластина 2 закрыта металлическими крышками 4, 5, она защищена от ударов и истирания контролируемым материалом. Для измерения материалов, содержащих крупные фракции (щебень, руда, гравий) ширина зазора между торцами первой крышки 4 и краями отверстия во второй крышке 5 выполнена такой, чтобы в этот зазор не проходили крупные фракции контролируемого материала. Это также повышает механическую прочность влагомера, стойкость к ударам.

Для контроля материалов с высокой проводимостью (с высоким тангенсом диэлектрических потерь) чтобы исключить шунтирующее влияние этой проводимости во влагомере последовательно с измерительным конденсатором включен дополнительный конденсатор 8. Конденсатор 8 отсекает ток проводимости на входе устройства 6. Емкость конденсатора 8 выбирают примерно равной емкости измерительного конденсатора при его заполнении контролируемым материалом, это значение является оптимальным. Слишком малые значения емкости дополнительного конденсатора 8 приведут к потере чувствительности влагомера. Конденсатор 8 со слишком большой емкостью не предотвратит шунтирование емкости измерительного конденсатора активным сопротивлением, обусловленным токами проводимости.

Повышение чувствительности влагомера достигается также благодаря включению параллельно измерительному конденсатору катушки индуктивности 9. Индуктивность катушки 9 выбирают такой, чтобы в диапазоне рабочих частот

влагомера ее реактивное сопротивление было примерно равно по модулю реактивному сопротивлению измерительного конденсатора.

Если измерения выполняются на фиксированной частоте, то оптимальное значение индуктивности катушки 9 определяется следующим условием: реактивное сопротивление катушки 9 равно по модулю реактивному сопротивлению измерительного конденсатора при его заполнении воздухом. В этом случае начальная емкость измерительного конденсатора будет полностью скомпенсирована. Сигнал с выхода электронного устройства 6, обеспечивающего преобразование емкости измерительного конденсатора в электрический сигнал, будет определяться только составляющей ΔC_a , обусловленной контролируемым материалом. То есть составляющие C_{a0} , C_6 , C_b будут скомпенсированы и, соответственно, это обеспечит повышение чувствительности влагомера, так как выходной сигнал устройства 6 будет определяться только величиной диэлектрической проницаемости контролируемого материала.

Включение катушки 9 параллельно к измерительному конденсатору приводит к шунтированию токов проводимости контролируемого материала. Что также обеспечивает повышению чувствительности влагомера при работе на материалах с высоким тангенсом диэлектрических потерь.

Необходимо отметить, что применение во влагомере дополнительного конденсатора 8 и катушки индуктивности 9 может быть раздельным, но оба эти решения могут быть использованы и совместно, одновременно.

Электронное устройство 6 обеспечивает преобразование емкости измерительного конденсатора в электрический сигнал на высокой частоте.

Способ, реализованный в устройстве 6, то есть способ измерения емкости измерительного конденсатора на высокой частоте может быть любой из известных, и таких способов много.

В практической реализации данного влагомера использован способ измерения емкости измерительного конденсатора, основанный на измерении резонансной частоты структуры, образованной измерительным конденсатором влагомера и дополнительной катушкой индуктивности. Дополнительная катушка индуктивности установлена в корпусе 1 влагомера, а ее подключение было выполнено в двух вариантах:

- дополнительная катушка индуктивности включена последовательно с измерительным конденсатором между электродом 4 и входом устройства 6, а при наличии дополнительного конденсатора 8, включена последовательно с указанным конденсатором;
- дополнительная катушка индуктивности включена параллельно входам устройства 6, то есть так, как показано на фиг. 2.

В последнем случае выбор значения индуктивности катушки 9 определяется следующим условием: реактивное сопротивление катушки 9 должно быть равно по модулю реактивному сопротивлению измерительного конденсатора при его заполнении контролируемым материалом на одной из частот рабочего диапазона частот влагомера. Соответственно, реализованный в данном техническом решении способ заключается в измерении двух значений частот резонанса структуры измерительный конденсатор-катушка индуктивности:

- при заполнении измерительного конденсатора контролируемым материалом;
- при заполнении измерительного конденсатора воздухом.

По разности и/или отношению указанных резонансных частот определяют диэлектрическую проницаемость материала, а с учетом температуры контролируемого материала определяют его влажность. Процессор, обеспечивающий вычисление влажности по величине емкости измерительного конденсатора и температуре материала, может входить в состав электронного устройства 6, а может быть выполнен в виде самостоятельного электронного блока, на вход которого подается сигнал с устройства бис датчика температуры. Причем, датчик температуры может быть установлен как внутри корпуса 1 влагомера, так и вне корпуса 1.

Проведенные испытания изготовленных опытных образцов влагомера подтвердили эффективность предлагаемого технического решения. Во влагомерах, реализованных по данному техническому решению, диапазон рабочих частот составляет 40...500 МГц, чувствительность к изменению диэлектрической проницаемости - не хуже 0,1%.

Выполнены сравнительные испытания изготовленных образцов и влагомеров, указанных в качестве аналогов. Проведенные испытания подтвердили значительно более высокую чувствительность влагомеров, изготовленных по предлагаемому техническому решению, по сравнению с указанными аналогами.

Результаты эксплуатации изготовленных образцов влагомеров в бетоносмесителях подтвердили стойкость к истиранию и к ударам.

Образцы влагомера, изготовленные по данному техническому решению, проверяли также на железорудном

концентрате. Полученные результаты подтвердили возможность контроля влажности материалов с высокой проводимостью и высокой магнитной проницаемостью.

Формула полезной модели

1. Влагомер, содержащий металлический корпус, закрепленную на корпусе диэлектрическую пластину, внешняя поверхность которой обращена в сторону контролируемого материала, измерительный конденсатор, состоящий из первого и второго электродов, при этом первый электрод измерительного конденсатора образован проводящим элементом, который размещен на диэлектрической пластине, а второй электрод измерительного конденсатора образован металлическим корпусом, первый и второй электроды измерительного конденсатора подключены к установленному в корпусе электронному устройству,

отличающийся тем, что на внешней поверхности диэлектрической пластины установлены две крышки, выполненные из металла, стойкого к истиранию, первая крышка расположена в отверстии, выполненном во второй крышке, при этом между торцами первой крышки и краями отверстия во второй крышке образован зазор, первая крышка является проводящим элементом и служит первым электродом измерительного конденсатора, в диэлектрической пластине под первой крышкой выполнено отверстие, через которое первый электрод подключен к электронному устройству и через которое первая крышка крепится к диэлектрической пластине с помощью прижимной пластины, установленной с внутренней стороны диэлектрической пластины, вторая крышка закреплена на металлическом корпусе таким образом, что между указанной крышкой и корпусом образован электрический контакт.

2. Влагомер по п. 1, отличающийся тем, что ширина зазора между торцами первой крышки и краями отверстия во второй крышке выбрана такой, чтобы в этот зазор не проходили крупные фракции контролируемого материала.

3. Влагомер по п. 1 или 2, отличающийся тем, что внутри металлического корпуса установлен дополнительный конденсатор, включенный

последовательно с измерительным конденсатором между первым электродом измерительного конденсатора и электронным устройством, емкость дополнительного конденсатора выбрана примерно равной емкости измерительного конденсатора при его заполнении контролируемым материалом.

4. Влагомер по п. 1 или 2, отличающийся тем, что внутри металлического корпуса установлена катушка индуктивности, которая подключена параллельно измерительному конденсатору к его первому и второму электродам.

