

Urkunde

über die Eintragung des
Gebrauchsmusters Nr. 21 2017 000 205

Bezeichnung:

Messgerät für physikalische Parameter eines Materials

IPC:

G01R 27/26

Inhaber/Inhaberin:

Konnov, Vladimir Valerievich, Samara, RU
Sizikov, Oleg Kreonidovich, Samara, RU

Tag der Anmeldung:

25.01.2017

Tag der Eintragung:

25.04.2019

Priorität:

26.08.2016 RU 2016135005

Die Präsidentin des Deutschen Patent- und Markenamts

Cornelia Rudloff-Schäffer

Cornelia Rudloff-Schäffer

München, 25.04.2019





(10) **DE 21 2017 000 205 U1** 2019.06.06

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Aktenzeichen: **21 2017 000 205.0**
(22) Anmeldetag: **25.01.2017**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/RU2017/000031**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **01.03.2018**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2018/038631**
(47) Eintragungstag: **25.04.2019**
(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **06.06.2019**

(51) Int Cl.: **G01R 27/26 (2006.01)**
G01N 27/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2016135005 **26.08.2016** **RU**

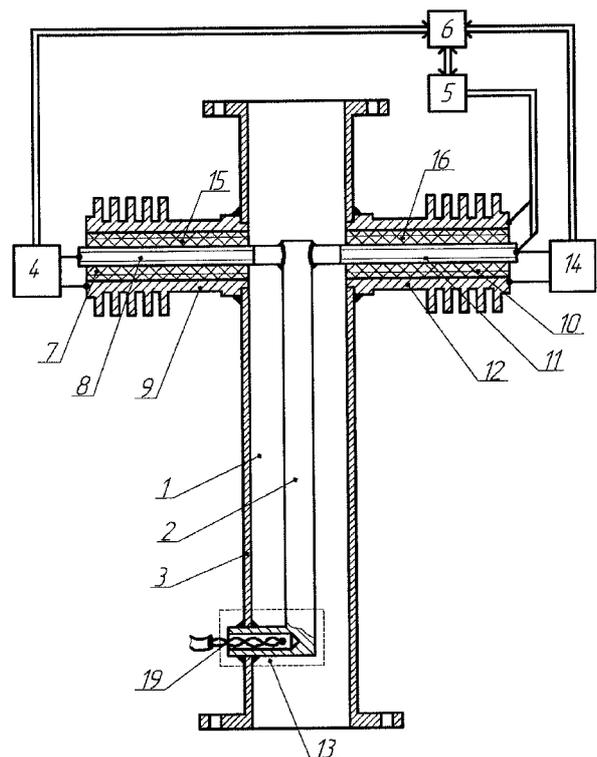
(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:
Jeck · Fleck Patentanwälte, 71665 Vaihingen, DE

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
Konnov, Vladimir Valerievich, Samara, RU;
Sizikov, Oleg Kreonidovich, Samara, RU

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Messgerät für physikalische Parameter eines Materials**

(57) Hauptanspruch: Messgerät für physikalische Parameter eines zu kontrollierenden Materials, bestehend aus:
- einem primären Messumformer, angefertigt in Form eines Abschnitts einer langen Übertragungslinie mit Signal- und Schirmleitern, wobei der Raum zwischen diesen Signal- und Schirmleitern für die Auffüllung des genannten zu kontrollierenden Materials bestimmt ist,
- einem Amplitudendetektor mit einem Eingang und einem Ausgang,
- einem Primärsignalerzeuger, der über einen Steuereingang verfügt, angefertigt auf der Grundlage eines nach Frequenz umstellbaren Erzeugers von Oberschwingungen,
- einer Mess- und Steuereinrichtung, an die der Steuereingang des Erzeugers und der Ausgang des Amplitudendetektors angeschlossen sind,
- einem ersten zusätzlichen Abschnitt der Übertragungslinie mit Signal- und Schirmleitern, wobei der Eingang des ersten Abschnitts an den Eingang des primären Messumformers und der Ausgang dieses Abschnitts an den Eingang des Amplitudendetektors angeschlossen sind,
- einem zweiten zusätzlichen Abschnitt der Übertragungslinie mit Signal- und Schirmleitern, wobei der Eingang des zweiten Abschnitts an den Ausgang des Erzeugers und der Ausgang dieses Abschnitts an den Eingang des primären Messumformers angeschlossen sind und wobei Signalleiter der ersten und der zweiten zusätzlichen Abschnitte mit dem Signalleiter des primären Messumformers verbunden sind sowie die Schirmleiter der ersten und der zweiten zusätzlichen Abschnitte mit dem Schirmleiter ...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Messgerät für physikalische Parameter eines Materials. Die vorliegende technische Lösung bezieht sich auf die Messtechnik.

Stand der Technik

[0002] Aus dem Patent der Russischen Föderation für die Erfindung Nr. 2585255 ist ein Messgerät für physikalische Parameter bekannt, bestehend aus:

- einem primären Messumformer, ausgeführt als Abschnitt einer langen Übertragungslinie mit Signal- und Schirmleitern, mit einem Raum dazwischen, der für die Auffüllung mit dem genannten zu kontrollierenden Material bestimmt ist, wobei der Schirmleiter in Form eines Rohrs oder eines Hohlzylinders mit Längsschlitzen, oder in Form einer Küvette oder eines Rahmens ausgeführt ist;
- einem Primärsignalerzeuger mit einem Steuereingang, ausgeführt auf der Grundlage eines nach Frequenz umstellbaren Erzeugers von Oberschwingungen;
- einer Messzelle, an der ein Ausgang des Erzeugers und ein Eingang des primären Messumformers angeschlossen sind, ausgestattet mit einem an den Signalleiter angeschlossenen Amplitudendetektor, wobei die Messzelle in einer Metallkapsel untergebracht ist, die auf dem Schirmleiter installiert ist, verbunden mit dem primären Messumformer durch eine Stromdurchführung, die in Form eines Abschnitts einer Übertragungslinie mit einem dielektrischen Isolator ausgeführt ist.

[0003] Der Nachteil dieser bekannten Vorrichtung besteht in der geringen Messgenauigkeit physikalischer Parameter eines Materials bei Extremtemperaturen und Extremdrücken. Der Betriebstemperaturbereich dieses Geräts wird durch den zulässigen Betriebstemperaturbereich der Halbleiterdioden bestimmt, die zu einem Amplitudendetektor gehören. Die angegebenen Dioden sind am Eingang des primären Messumformers mit einer kurzen Stromdurchführung angeschlossen und haben die gleiche Temperatur wie der primäre Messumformer und daher die gleiche Temperatur wie das zu kontrollierende Material. Die offensichtliche Lösung, die die Wärmeisolation der Dioden gewährleistet sowie gleichzeitig die Druckdifferenz zwischen dem Medium innerhalb und außerhalb des primären Messumformers erhöht, besteht in der Verlängerung der Stromdurchführung. Aber bei der längeren Stromdurchführung wird das Minimum der gemessenen Spannung in Bezug auf die Oberschwingungsfrequenz des primären Messumformers verschoben, was zu Fehlern bei der Messung physikalischer Parameter führt.

[0004] Der Betriebstemperaturbereich der Halbleiterdioden, auf deren Basis der Amplitudendetektor ausgeführt ist, überschreitet normalerweise nicht den Temperaturbereich von -60 bis $+150^{\circ}$ C. Demgemäß stellt die genannte technische Lösung nur in diesem Temperaturbereich eine hohe Messgenauigkeit sicher. Zum Beispiel stellt für die Kontrolle der Dampf-Wasser-Gemische mit Temperaturen über $150 - 200^{\circ}$ C die bekannte technische Lösung keine Präzisionsmessung sicher.

[0005] Aus dem Patent der Russischen Föderation Nr. 2576552 (s. auch WO 2016/043629A1 und Veröffentlichungsschrift Russischer Föderation zur Erfindung Nr. 2015116780) ist ein Messgerät für physikalische Parameter bekannt, bestehend aus:

- einem primären Messumformer, ausgeführt als Abschnitt einer langen Übertragungslinie mit Signal- und Schirmleitern, mit einem Raum dazwischen, der für die Auffüllung mit dem genannten zu kontrollierenden Material bestimmt ist;
- einem Amplitudendetektor mit einem Eingang und einem Ausgang;
- einem Primärsignalerzeuger mit einem Steuereingang, ausgeführt auf der Basis eines nach Frequenz umstellbaren Erzeugers von Oberschwingungen;
- einer Mess- und Steuervorrichtung, an der der Steuereingang des Erzeugers und der Ausgang des Amplitudendetektors angeschlossen sind;
- einem ersten zusätzlichen Abschnitt der Übertragungslinie mit Signal- und Schirmleitern, wobei der Eingang des ersten Abschnitts an den Eingang des primären Messumformers und der Ausgang dieses Abschnitts an den Eingang des Amplitudendetektors angeschlossen sind;
- einem zweiten zusätzlichen Abschnitt der Übertragungslinie mit Signal- und Schirmleitern, wobei der Eingang des zweiten Abschnitts an den Ausgang des Erzeugers und der Ausgang dieses Abschnitts an den Eingang des primären Messumformers angeschlossen sind und wobei die Signalleiter der beiden zusätzlichen Abschnitte mit dem Signalleiter des primären Messumformers verbunden sind sowie die Schirmleiter der beiden zusätzlichen Abschnitte mit dem Schirmleiter des primären Messumformers verbunden sind;
- einer Stromdurchführung, bei der es sich um einen Abschnitt der Übertragungslinie mit einem dielektrischen Isolator handelt, bestimmt für die Übertragung des Primärsignals in den mit dem zu kontrollierenden Material ausgefüllten Raum, für die Abtrennung des zu kontrollierenden Materials vom umgebenden Medium und für eine Dichtung des primären Messumformers.

[0006] In dieser bekannten Vorrichtung sind die zusätzlichen Abschnitte der Übertragungslinie an den primären Messumformer außerhalb des primären Messumformers angeschlossen. Zwischen der Verbindungsstelle der Signalleiter (das heißt, dem Spannungsmesspunkt) und dem zu kontrollierenden Material befindet sich eine Stromdurchführung, die den Raum mit dem zu kontrollierenden Material vom umgebenden Medium abtrennt. Daher werden die Messergebnisse durch die elektrischen Parameter des Abschnitts der Übertragungslinie, der die Stromdurchführung bildet, beeinflusst. Die genannte Beeinflussung ist bei der kurzen Stromdurchführung nicht groß und darf in den meisten praktischen Aufgaben unberücksichtigt bleiben. Aber es gibt eine Reihe von Aufgaben, verbunden mit der Messung der Materialien mit einer geringen dielektrischen Durchlässigkeit (zum Beispiel Messung einer niedrigen Feuchtigkeit oder Messung von Wasserdampfmedien bei Extremtemperaturen), wobei schon eine kurze Stromdurchführung eine Reduzierung der Empfindlichkeit und Genauigkeit des Messgeräts zur Folge hat.

[0007] Ein weiterer Nachteil der bekannten Vorrichtung besteht darin, dass sie eine Einschränkung in Bezug auf die Druckdifferenz zwischen dem Medium des zu kontrollierenden Materials und dem umgebenden Medium hat. Obwohl die bekannte Einrichtung die Messung der Materialien mit den hohen Temperaturen ermöglicht, sind für die Sicherstellung des Betriebs bei Hochdruck die Längsabmessungen der Stromdurchführung in der genannten Vorrichtung zu vergrößern. Für die bekannte Vorrichtung, wie für das obengenannte Analogon, hat eine solche Lösung eine Messfehlerzunahme zur Folge.

Kurzfassung der Erfindung

[0008] Die Aufgaben der vorliegenden Erfindung sind die Erhöhung der Messgenauigkeit, die Erweiterung des Betriebsdruckbereichs und die Empfindlichkeitssteigerung der Messung der Materialien mit einer geringen dielektrischen Durchlässigkeit.

[0009] Die oben angeführten Aufgaben sind dadurch gelöst, dass in dem Messgerät für die physikalischen Parameter eines Materials Folgendes vorgesehen ist:

- ein primärer Messumformer, angefertigt in Form eines Abschnitts einer langen Übertragungslinie mit Signal- und Schirmleitern, deren Zwischenraum mit dem genannten zu kontrollierenden Material auszufüllen ist;
- ein Amplitudendetektor, der über einen Eingang und einen Ausgang verfügt;
- ein Primärsignalerzeuger, der über einen Steuereingang verfügt, angefertigt in Form eines nach Frequenz umstellbaren Erzeugers von Oberschwingungen;

- eine Mess- und Steuervorrichtung, an die der Steuereingang des Erzeugers und der Ausgang des Amplitudendetektors angeschlossen sind;

- ein erster zusätzlicher Abschnitt der Übertragungslinie mit Signal- und Schirmleitern, wobei der Eingang des ersten Abschnitts an den Eingang des primären Messumformers und der Ausgang dieses Abschnitts an den Eingang des Amplitudendetektors angeschlossen sind;

- ein zweiter zusätzlicher Abschnitt der Übertragungslinie mit Signal- und Schirmleitern, wobei der Eingang des zweiten Abschnitts an den Ausgang des Erzeugers und der Ausgang dieses Abschnitts an den Eingang des primären Messumformers angeschlossen sind, wobei die Signalleiter der ersten und zweiten zusätzlichen Abschnitte mit dem Signalleiter des primären Messumformers verbunden sind und die Schirmleiter der ersten und zweiten zusätzlichen Abschnitte mit dem Schirmleiter des primären Messumformers verbunden sind;

- eine Stromdurchführung, bei der es sich um einen Abschnitt der Übertragungslinie mit einem dielektrischen Isolator handelt, bestimmt für die Übertragung des Primärsignals in den mit dem zu kontrollierenden Material ausgefüllten Raum, für die Abtrennung des zu kontrollierenden Materials vom umgebenden Medium und für die Abdichtung des primären Messumformers.

[0010] Die Erfindung besteht darin,

- dass der Eingang des ersten zusätzlichen Abschnitts und der Ausgang des zweiten zusätzlichen Abschnitts der Übertragungslinie in den primären Messumformer eingeführt sind,

- dass die Signalleiter der ersten und zweiten zusätzlichen Abschnitte der Übertragungslinie mit dem Signalleiter des primären Messumformers innerhalb des primären Messumformers unmittelbar in dem mit dem zu kontrollierenden Material ausgefüllten Raum verbunden sind, und

- dass die beiden zusätzlichen Abschnitte der Übertragungslinie auf der Stelle, an der sie mit dem primären Messumformer verbunden sind, als Stromdurchführungen ausgeführt sind.

[0011] Nachfolgend wird die oben genannte Einrichtung, bezeichnet in den allgemeinen Kategorien, am Beispiel einiger besonders bevorzugten Ausführungsformen näher erläutert, die weitere Vorteile ermöglichen.

[0012] Die genannte Ausführung der zusätzlichen Abschnitte in Form von Stromdurchführungen ist in zwei Varianten möglich:

1. Der erste und der zweite zusätzliche Abschnitt der Übertragungslinie sind komplett als Stromdurchführungen ausgeführt.

2. Der erste und der zweite zusätzliche Abschnitt der Übertragungslinie sind nur auf einer bestimmten Länge als Stromdurchführungen ausgeführt, während es sich bei der übrigen Länge der angegebenen Abschnitte um ein an die Stromdurchführung angeschlossenes Koaxialkabel handelt.

[0013] Es ist noch eine Besonderheit der vorgeschlagenen Vorrichtung zu bemerken; im Gegensatz zum Analogon enthält sie zwei Stromdurchführungen.

[0014] Bei den oben erwähnten gemessenen physikalischen Parametern handelt es sich um dielektrische Durchlässigkeit, Materialfeuchte, Konzentration des Stoffgemischs, Dichte, Füllstand oder Menge des Materials sowie um die Dampftrockenheit (Dampftrockenheitswert) bei der Kontrolle von Wasserdampfmedien.

[0015] Das gesetzte Ziel wird auch dadurch erreicht, dass die Signal- und Schirmleiter des primären Messumformers an ihren Enden als geschlossen oder die genannten Leiter des primären Messumformers an ihren Enden als geöffnet ausgeführt sind. Beim Einsatz der vorgeschlagenen Vorrichtung zur Kontrolle des Füllstands oder der Menge des Materials in einem Tank oder in einem anderen Behälter können die genannten Leiter am Ende des primären Messumformers durch ein Widerstandsbaulement verbunden werden, dessen Widerstand dem Wellenwiderstand im Medium des zu kontrollierenden Materials der langen Leitung, die den primären Messumformer bildet, gleichwertig ist.

[0016] Der Primärsignalerzeuger kann insbesondere in Form eines Synthesizers ausgeführt werden, der die Frequenz des Primärsignals über einen Zahlencode bildet, der von der Mess- und Steuervorrichtung angegeben wird. Die Mess- und Steuervorrichtung enthält einen Prozessor, der die physikalischen Parameter des Materials nach der Frequenz des Primärsignals berechnet, auf der ein minimaler Eingangswiderstand des primären Messumformers erreicht wird. Der Minimalwert des Eingangswiderstands wird nach dem Spannungsminimum am Ausgang des Amplitudendetektors bestimmt.

[0017] Das Messgerät kann zusätzlich mit dem zweiten Amplitudendetektor ausgestattet sein, wobei der Eingang des genannten Detektors an den Eingang des zweiten zusätzlichen Abschnitts der Übertragungslinie angeschlossen ist und der Ausgang des genannten Detektors an die Mess- und Steuervorrichtung angeschlossen ist. In diesem Fall wird der Minimalwert des Eingangswiderstands nach dem Mi-

nimalverhältnis der Spannung am Ausgang des Amplitudendetektors zur Spannung am Ausgang des zweiten Amplitudendetektors bestimmt.

[0018] Die Stromdurchführungen können insbesondere in Form von koaxialen Übertragungslinien ausgeführt werden, in denen die Signalleiter innerhalb der Schirmleiter mittels dielektrischer Buchsen befestigt sind und die Signal- und Schirmleiter mit den dielektrischen Buchsen luftdicht verbunden sind.

[0019] In den Stromdurchführungen können die Signal- und Schirmleiter mit den dielektrischen Buchsen mittels Schraubverbindungen verbunden werden. Dazu verfügt jede dielektrische Buchse über ein Außen- und ein Innengewinde. Die Signalleiter der Stromdurchführungen sind als Stäbe mit Außengewinde ausgeführt, während die Schirmleiter der Stromdurchführungen als Rohre mit Innengewinde ausgeführt sind. Die Dichtung der Stromdurchführungen erfolgt durch Nachfüllung des Gewindes mit einer Compoundmasse. Die Länge der Stromdurchführungen ist ausgehend vom erforderlichen Grad der Abdichtung des primären Messumformers vom umgebenden Medium und mit Rücksicht auf die maximale Temperatur des zu kontrollierenden Materials gewählt.

[0020] Der Schirmleiter des primären Messumformers kann insbesondere in Form eines Rohrs und die Signalleiter des primären Messumformers können in Form eines innerhalb des Rohrs und parallel der Rohrachse angeordneten Metallstabs ausgeführt werden. An der Wand des Rohrs, senkrecht zu seiner Achse, sind die Stromdurchführungen installiert. Die Signalleiter der Stromdurchführungen innerhalb des Rohrs sind mit dem ersten Ende des Metallstabs verbunden. Das zweite Ende des genannten Stabs ist entweder am stirnseitigen Rohrverschluss oder an der Rohrwand mittels eines Ständers befestigt, senkrecht zur Achse des Stabs.

[0021] Der Schirmleiter des primären Messumformers kann insbesondere in Form eines Satzes von Stäben ausgeführt werden, deren erste Enden auf dem Metallfuß befestigt sind und die senkrecht zu seiner Oberfläche installiert sind. Der Signalleiter des primären Messumformers ist in Form eines Metallstabs ausgeführt, der zwischen den genannten Stäben angeordnet ist. Dabei sind auf dem Metallfuß zwei Stromdurchführungen installiert. Die Signalleiter der Stromdurchführungen innerhalb des primären Messumformers sind mit dem ersten Ende des Metallstabs verbunden. Das zweite Ende des genannten Stabs ist auf einer Metallplatte befestigt, die mit den zweiten Enden der genannten Stäbe verbunden ist.

[0022] Die oben beschriebene Vorrichtung ist für die Messung physikalischer Parameter eines Materials, insbesondere der dielektrischen Durchlässigkeit,

der Materialfeuchte, der Konzentration des Stoffgemischs, der Dichte sowie des Füllstands oder der Menge des Materials im Tank, im Gefäß oder in einem anderen Behälter bestimmt. Die Hauptbestimmung der vorgeschlagenen technischen Lösung ist die Messung physikalischer Parameter bei Extremtemperaturen und Extremdrücken, insbesondere die Dampftrockenheitsmessung bei der Kontrolle von Wasserdampfmedien.

[0023] Man muss verstehen, dass in dem vorliegenden Text die Erfindung nur durch solche Merkmale bezeichnet ist, die für die Lösung der gestellten Aufgabe, für die Umsetzung der Bestimmung und für das Erreichen des gewählten technischen Ergebnisses ausreichend sind. Die Sondererwähnung von allen Merkmalen ohne Ausnahme und Nützlichkeitsparametern der Erfindung ist nicht erforderlich, soweit den Fachleuten bekannt sein soll, dass die Erzeugnisse von der gleichen Art dieselben Merkmale und Nützlichkeitsparameter haben und ohne diese die Hauptbestimmung nicht realisiert wird. Umso mehr ist die Einschränkung der allgemeinen Merkmale durch irgendwelche konkrete Varianten nicht erforderlich, soweit solche den Fachleuten bekannt sein sollen und (oder) nach den bekannten Regeln gewählt werden können.

[0024] Die Konstruktion und der Einsatz der Vorrichtung wird anschaulich in den **Fig. 1** bis **Fig. 7** und in der ausführlichen Beschreibung in dem Beispiel von einigen Einzelvarianten der Umsetzung dargestellt.

Figurenliste

In **Fig. 1** ist ein Messgerät für physikalische Parameter dargestellt, in dem der primäre Messumformer in einen geraden Rohrleitungsabschnitt zu installieren ist. Für die Verbindung mit der Rohrleitung ist der primäre Messumformer mit zwei Flanschen ausgerüstet, wobei die Flanschachsen zusammenfallen. Gemäß den für Erdöl-Feuchtigkeitsmesser üblichen Fachausdrücken wird eine solche Ausführung des primären Messumformers als „Gleichstromausführung“ bezeichnet.

In **Fig. 2** ist ein Messgerät für physikalische Parameter dargestellt, in dem der primäre Messumformer für die Verbindung mit der Rohrleitung mit zwei um 90° gedrehten Flanschen ausgerüstet ist. Für die Erdöl-Feuchtigkeitsmesser ist es üblich, solche Ausführung „Winkelausführung“ zu nennen.

[0025] Die **Fig. 1** und **Fig. 2** dienen der Illustration der Ansprüche 1 bis 8 der Erfindung.

[0026] In **Fig. 3** ist ein Messgerät für physikalische Parameter mit dem primären Messumformer dargestellt, der für die Messungen in den Großrohrleitun-

gen bestimmt ist. Der primäre Messumformer wird seitlich in die Rohrleitung eingeführt und daran mittels nur einer Flanschverbindung befestigt. Für eine solche Installation wird der Metallfuß des primären Messumformers als ein Flansch ausgeführt. Für die Erdöl-Feuchtigkeitsmesser ist es üblich, eine solche Ausführung „Vollstromausführung“ zu nennen.

[0027] Der in **Fig. 3** dargestellte primäre Messumformer kann auch für die Kontrolle der Materialien in Behältern und Gefäßen, darunter auch für die Füllstandmessung in den Behältern, eingesetzt werden. Ansonsten kann dieser primäre Messumformer für Labormessungen der Materialien eingesetzt werden, zum Beispiel in Standard-Messzylindern. Die **Fig. 3** dient der Illustration der Ansprüche 1 bis 7 und 9 der Erfindung.

[0028] In **Fig. 4** ist eine Übersicht eines Messgeräts für physikalische Parameter mit einer vereinfachten Darstellung der Konstruktionselemente gezeigt. Die **Fig. 4** dient der Illustration eines beliebigen Anspruchs 1 bis 9 der Erfindung.

[0029] In den **Fig. 5** und **Fig. 6** sind Spannungslinien U_{det} abhängig von der Frequenz des Erzeugers dargestellt, wobei U_{det} entweder die Spannung am Ausgang des Amplitudendetektors oder dieselbe Spannung, aber normiert nach dem Spannungswert vom Ausgang des zweiten Amplitudendetektors ist.

[0030] Die **Fig. 5** dient der Illustration des Messverfahrens physikalischer Parameter und basiert auf der Bestimmung der dielektrischen Durchlässigkeit des Materials, das den primären Messumformer ausfüllt.

[0031] Die **Fig. 6** dient der Illustration des Messverfahrens des Füllstands oder der Menge eines Materials und basiert auf der Messung des Abstands bis zur Mediengrenze, die das Primärsignal zurückreflektiert.

[0032] In **Fig. 7** ist das Foto des Messgeräts für die physikalischen Parameter mit dem primären Messumformer dargestellt, ausgeführt gemäß Anspruch 8 der Erfindung.

Ausführung der Erfindung

[0033] Das Gerät gemäß der Erfindung zur Messung von physikalischen Parametern, dargestellt in den Figuren, enthält die folgenden Bauelemente:

- 1 einen primären Messumformer;
- 2 einen Signalleiter des primären Messumformers;
- 3 einen Schirmleiter des primären Messumformers;

- 4 einen Amplitudendetektor, der über einen Hochfrequenzsignaleingang und einen Niederfrequenzsignalausgang verfügt;
- 5 einen Primärsignalerzeuger, der über einen Steuereingang verfügt und der auf Basis eines nach Frequenz umstellbaren Erzeugers von Oberschwingungen ausgeführt ist;
- 6 eine Mess- und Steuervorrichtung;
- 7 einen ersten zusätzlichen Abschnitt der Übertragungslinie;
- 8 einen Signalleiter des ersten Abschnitts der Übertragungslinie;
- 9 einen Schirmleiter des ersten Abschnitts der Übertragungslinie;
- 10 einen zweiten zusätzlichen Abschnitt der Übertragungslinie;
- 11 einen Signalleiter des zweiten Abschnitts der Übertragungslinie;
- 12 einen Schirmleiter des zweiten Abschnitts der Übertragungslinie;
- 13 eine Endeinrichtung, installiert am Ende des primären Messumformers;
- 14 einen zweiten Amplitudendetektor, der über einen Hochfrequenzsignaleingang und einen Niederfrequenzsignalausgang verfügt;
- 15 einen dielektrischen Isolator der ersten Stromdurchführung;
- 16 einen dielektrischen Isolator der zweiten Stromdurchführung;
- 17 einen Metallfuß;
- 18 eine Metallplatte;
- 19 einen Temperaturgeber.

[0034] Der primäre Messumformer **1** ist in Form eines Abschnitts einer langen Übertragungslinie mit einem Signalleiter **2** und einem Schirmleiter **3** dargestellt. Der Raum zwischen diesen ist mit dem zu kontrollierenden Material ausgefüllt. Am Eingang des primären Messumformers **1** sind der Eingang eines Abschnitts **7** und der Ausgang eines Abschnitts **10** angeschlossen, wobei Signalleiter **8** und **11** der zusätzlichen Abschnitte **7**, **10** mit dem Signalleiter **2** des primären Messumformers **1** und die Schirmleiter **9** und **12** der angegebenen Abschnitte mit dem Schirmleiter **3** des primären Messumformers **1** verbunden sind.

[0035] Der Ausgang des ersten Abschnitts **7** ist an den Eingang des Amplitudendetektors **4** angeschlossen. Der Eingang des zweiten Abschnitts **10** ist an den Ausgang des Erzeugers **5** angeschlossen.

[0036] Der Ausgang des Amplitudendetektors **4** und der Steuereingang des Erzeugers **5** sind an ein Steuer- und Messgerät **6** angeschlossen.

[0037] Der Eingang des ersten Abschnitts **7** und der Ausgang des zweiten Abschnitts **10** sind in den primären Messumformer **1**, das heißt in das vom Schirmleiter **3** gebildete Gehäuse, eingeführt. Die Verbindung der Signalleiter **8** und **11** mit dem Signalleiter **2** ist innerhalb des primären Messumformers **1** unmittelbar in dem mit dem zu kontrollierenden Material ausgefüllten Raum ausgeführt.

[0038] Der erste und der zweite Abschnitt **7**, **10** der Übertragungslinie in der Verbindungsstelle mit dem Messumformer **1** sind als Stromdurchführungen ausgeführt. Die genannten Stromdurchführungen sind Abschnitte der Übertragungslinie, die dielektrische Isolatoren **15** und **16** enthalten. Die Stromdurchführungen sind für die Übergabe des Primärsignals in den mit dem zu kontrollierenden Material gefüllten Raum, für die Abtrennung des zu kontrollierenden Materials vom umgebenden Medium und für die Dichtung des Messumformers **1** bestimmt. Es ist zu erwähnen, dass in der technischen Literatur neben dem Begriff „Stromdurchführung“ solche gleichwertigen Begriffe wie „Durchführungsisolator“, „Einführungseinheit des elektrischen Signals“ verwendet werden.

[0039] Die Ausführung der zusätzlichen Abschnitte **7** und **10** in Form von Stromdurchführungen ist in zwei Varianten möglich:

1. Der erste und der zweite zusätzliche Abschnitt der Übertragungslinie sind komplett als Stromdurchführungen ausgeführt (diese Variante ist in den **Fig. 1** bis **Fig. 3** und **Fig. 7** dargestellt).
2. Der erste und der zweite zusätzliche Abschnitt der Übertragungslinie sind als Stromdurchführungen nur auf einer bestimmten Länge ausgeführt. Bei der übrigen Länge der genannten Abschnitte handelt es sich z. B. um ein an die Stromdurchführung angeschlossenenes Koaxialkabel (diese Variante ist in **Fig. 4** dargestellt).

[0040] In **Fig. 7** ist das Beispiel des Messgeräts für die physikalischen Parameter dargestellt, bestimmt für die Messung der Dampftrockenheit im Temperaturbereich von 100 - 320° C. In dieser Vorrichtung sind die zusätzlichen Abschnitte **7**, **10** komplett als Stromdurchführungen ausgeführt. An den äußeren Enden der Stromdurchführungen sind Messzellen installiert, wobei am Ende der ersten Stromdurchführung **7** die Messzelle über den Amplitudendetektor **4** verfügt und die am Ende der zweiten Stromdurchführung **10** installierte Messzelle eine Primärsignalkableinführung vom Erzeuger **5** und den zweiten Amplitudendetektor **14** enthält.

[0041] In den **Fig. 1** bis **Fig. 3** sind Stromdurchführungen dargestellt, ausgeführt in Form von koaxialen Übertragungslinien, in denen die Signalleiter **8**, **11** innerhalb der Schirmleiter **9**, **12** mittels dielektrischer Buchsen **15** und **16** befestigt sind. Dabei ist die Verbindung der Signal- und Schirmleiter mit den dielektrischen Buchsen dicht. Die genannte Dichtung kann durch die Verschweißung der Metallleiter **8** (**11**) und **9** (**12**) mit dem keramischen Isolator **15** (**16**) sichergestellt werden.

[0042] Eine einfachere und technologische Lösung ist auch möglich; sie basiert darauf, dass die Länge der Stromdurchführungen in der vorgeschlagenen Konstruktion die Messgenauigkeit nicht beeinflusst. Schwerpunkte der Lösung sind eine hohe Dichtheit und Beständigkeit gegen Extremdrücke. Sie werden durch längere Stromdurchführungen gewährleistet. Gleichzeitig wird die Aufgabe der Erhöhung der Temperaturdifferenz außerhalb und innerhalb des primären Messumformers **1** gelöst, was die Messung der Materialien bei Extremtemperaturen ermöglicht. Zur Erhöhung der Temperaturdifferenz, wie es in den **Fig. 1**, **Fig. 2** und **Fig. 7** dargestellt ist, kann die Oberfläche der Schirmleiter **9**, **12** in Form von Wärmeableitern ausgeführt werden. Eine Erweiterung des Betriebsdruckbereichs und hohe Dichtheit können dadurch erreicht werden, dass die Signalleiter **8**, **11** und die Schirmleiter **9**, **12** in den Stromdurchführungen mit den dielektrischen Buchsen **15**, **16** mittels Schraubverbindung verbunden sind (s. **Fig. 1** bis **Fig. 3**). Die dielektrischen Buchsen **15**, **16** verfügen über Innen- und Außengewinde. Die Signalleiter **8**, **11** innerhalb der Stromdurchführungen sind als Stäbe mit einem Außengewinde ausgeführt. Die Schirmleiter **9**, **12** der Stromdurchführungen sind in Form von Rohren mit Innengewinde ausgeführt. Die Dichtung der Stromdurchführungen wird durch die Einfüllung des Gewindes mit der Hochtemperaturkomponentmasse gewährleistet. Die Länge der Stromdurchführungen ist ausgehend vom erforderlichen Grad der Abdichtung des primären Messumformers **1** vom umgebenden Medium und mit Rücksicht auf die Maximaltemperatur des zu kontrollierenden Materials gewählt. In der vorgeschlagenen Konstruktion der Stromdurchführungen können die dielektrischen Buchsen **15**, **16** aus Hochtemperaturverbundmaterial gefertigt werden.

[0043] Die Leiter **2** und **3** des primären Messumformers **1** an seinem Ende, bezeichnet in den Figuren von **1** bis **4** als Endvorrichtung **13**, können sowohl geöffnet (Leerlaufbetrieb) als auch geschlossen bzw. überbrückt (Kurzschlussbetrieb) sein. Falls die Leiter des primären Messumformers **1** an ihren Enden als geschlossen ausgeführt sind, hat der primäre Messumformer **1** stabilere elektrische Parameter als im Leerlaufbetrieb. In einem solchen Messumformer ist der Einfluss des primären Messumformers mit am Ende geöffneten Leitern typischen Störkapazität

am Ende der Übertragungslinie auf die Messungen behoben. Bei dem Einsatz der vorgeschlagenen Vorrichtung als Füllstandmessgerät kann die Endvorrichtung **13** in Form eines dielektrischen Rohrs ausgeführt werden und im Inneren ein Widerstandsbau-element mit einem Widerstand enthalten, der dem Wellenwiderstand im Medium des zu kontrollierenden Materials der langen Leitung gleich ist, die den primären Messumformer **1** bildet.

[0044] In **Fig. 4** ist der Verschluss der Leiter **2**, **3** am Ende **13** des primären Messumformers **1** symbolisch in Form einer an diese angeschlossenen Brücke dargestellt. In **Fig. 1** ist der Verschluss des Signalleiters **2** an die Wand **3** des Rohrs, das den Schirmleiter bildet, durch den Metallfuß **13** ausgeführt, der senkrecht zur Achse des Stabs **2** befestigt ist und dessen mechanische Befestigung sicherstellt. Für den Leerlaufbetrieb kann der genannte Fuß **13** aus einem Dielektrikum gefertigt werden.

[0045] Das Messgerät für die physikalischen Parameter kann noch einen zweiten Amplitudendetektor **14** enthalten, dessen Eingang an den Eingang des zweiten zusätzlichen Abschnitts **10** der Übertragungslinie und dessen Ausgang an die Mess- und Steuereinrichtung **6** angeschlossen ist (s. **Fig. 1** bis **Fig. 4**).

[0046] In **Fig. 3** ist das Messgerät für die physikalischen Parameter dargestellt, in dem der Schirmleiter **3** des primären Messumformers **1** in Form eines Satzes von Stäben ausgeführt ist, befestigt zwischen dem Metallfuß **17** und der Metallplatte **18**. Die genannten Stäbe **3** können rund, rechtwinkelig oder flach sein und eine Zylinderfläche mit den Längsschlitz so bilden, wie das im Patent RU 2585255, veröffentlicht am 27.05.2016, dargestellt ist. Der Signalleiter **2** des primären Messumformers **1** ist als Metallstab ausgeführt und zwischen den Stäben **3** angeordnet. Der Fuß **17** kann in Form eines Flansches, bestimmt für die Befestigung des primären Messumformers **1** an der Seitenfläche der Rohrleitung oder im Behälter, ausgeführt werden. Auf dem Fuß **17** sind zwei Stromdurchführungen **7** und **10** installiert. Die Signalleiter **8** und **11** sind mit dem ersten Ende des Metallstabs **2** innerhalb des primären Messumformers **1** verbunden. Das zweite Ende des Stabs **2** ist auf der Platte **18** befestigt.

[0047] Das Messgerät für die physikalischen Parameter kann noch einen Temperatugeber **19** enthalten. In den in **Fig. 1** und **Fig. 2** dargestellten Ausführungsvarianten ist der Temperatugeber **19** innerhalb der Öffnung am Ende **13** des Metallstabs **2** installiert. Der Ausgang des Temperatugebers ist an die Vorrichtung **6** angeschlossen.

[0048] Das in dem vorgeschlagenen Messgerät für die physikalischen Parameter umgesetzte Messver-

fahren entspricht den Verfahren, die in der Druckschrift WO2016/043629A1 beschrieben sind (siehe auch Patent Russischer Föderation zur Erfindung Nr. 2576552 und Antrag Russischer Föderation zur Erfindung Nr. 2015116780).

[0049] Das Messgerät für die physikalischen Parameter eines Materials funktioniert wie folgt.

[0050] Der Erzeuger **5** wird im Betriebsfrequenzbereich mittels der Mess- und Steuervorrichtung **6** umgestellt. Das vom Erzeuger **5** generierte harmonische Primärsignal wird an den Eingang des primären Messumformers **1** über den zweiten zusätzlichen Abschnitt der Übertragungslinie abgegeben. Mittels des Amplitudendetektors **4**, angeschlossen an den primären Messumformer **1** über den Abschnitt **7**, wird die Spannung des Primärsignals am Eingang des primären Messumformers **1** kontrolliert. Der Amplitudendetektor **4** wandelt das hochfrequente Primärsignal in das niederfrequente Signal um.

[0051] Die Spannung vom Ausgang des Detektors **4** wird in die Einrichtung **6** angelegt. Gleichzeitig wird in die Einrichtung **6** die Spannung vom Ausgang des zweiten Detektors **14** angelegt. Die resultierende Spannung U_{det} (die Spannung am Ausgang des Amplitudendetektors **4** oder die gleiche Spannung, aber normiert nach der Spannung am Ausgang des zweiten Detektors **14**) wird in der Einrichtung **6** analysiert. Auf den Oberschwingungsfrequenzen, die dem Minimum des Eingangswiderstands des primären Messumformers **1** entsprechen, erfolgt die Überbrückung der Übertragungslinie, gebildet von den Abschnitten **7** und **10**. Dadurch hat das Signal des Detektors **4** bei der Oberschwingungsfrequenz den Minimalwert. Es werden die Frequenzen bestimmt, bei denen der Wert U_{det} das Minimum erreicht, und demgemäß erreicht der Eingangswiderstand des primären Messumformers **1** auch sein Minimum. Die gefundenen Frequenzen sind die Oberschwingungsfrequenzen.

[0052] Es ist zu bemerken, dass der Eingangswiderstand des primären Messumformers **1** bei der Oberschwingungsfrequenz so stark die Signalübertragung zum Amplitudendetektor **4** überbrückt, dass der Einfluss der Signalreflexion wegen der ungenügenden Anpassung des Abschnitts **7** auf den Detektor **4** meistens praktisch unmerkbar ist. Daher entspricht die Frequenz des Primärsignals, bei der mittels des Detektors **4** das Signalminimum festgehalten wird, genau der Oberschwingungsfrequenz des primären Messumformers **1**. Wie die Anwendungserfahrung dieser technischen Lösung gezeigt hat, ist der Abschnitt **7** der Übertragungslinie für den realen Eingangswiderstand des Detektors **4** angepasst. Die Reflexionen vom Verbindungspunkt des Abschnitts **7** mit dem Detektor sind gering. Die zusätzlichen Maßnahmen zur Anpassung des Abschnitts **7** auf den Detektor **4** (zum Beispiel Einschaltung des zusätzlichen

Anpassungswiderstands) sind meistens nicht erforderlich.

[0053] Abhängig vom zu messenden physikalischen Parameter kann die Auffindung des Parameterwerts auf der Grundlage der gemessenen Oberschwingungsfrequenzen in zwei Verfahren durchgeführt werden.

Verfahren

[0054] Das Verfahren **1** ist anwendbar für die Messung solcher physikalischer Parameter wie der dielektrischen Durchlässigkeit sowie der Materialfeuchte, der Dichte, der Konzentration des Stoffgemischs sowie auch des Füllstands, das heißt der Parameter, die nach der dielektrischen Durchlässigkeit bestimmt werden. Dieses Verfahren wird anhand der Diagramme der Abhängigkeit des U_{det} von der Frequenz illustriert, dargestellt in **Fig. 5**. Die Oberschwingungsfrequenzen werden wie folgt bezeichnet:

f_j^M, f_i^M bei der Auffüllung des primären Messumformers **1** mit dem zu kontrollierenden Material;

f_j^0, f_i^0 bei der Auffüllung des primären Messumformers **1** mit Luft.

[0055] Für den primären Messumformer **1**, dessen Leiter an seinem Ende geschlossen sind, ist die Oberschwingungszahl i der Anzahl der Halbwellen gleich, die sich auf die Länge L des primären Messumformers **1** beziehen:

$$L = \left(\frac{\lambda}{2}\right) \cdot i,$$

wobei λ die Wellenlänge im Materialmedium ist, das den primären Messumformer **1** auffüllt und die Oberschwingungszahl $i = 1, 2, 3, \dots$ ist.

[0056] Für den primären Messumformer **1**, dessen Leiter am Ende offen sind, ist der Widerstand dem Minimum im folgenden Verhältnis zwischen der Länge des Messumformers und der Wellenlänge gleich:

$$L = \left(\frac{\lambda}{4}\right) \cdot i,$$

wobei die Oberschwingungszahl $i = 1, 3, 5, \dots$ ist.

[0057] Die Messungen der Frequenzen der Oberschwingungen werden abwechselnd beim Auffüllen des primären Messumformers **1** mit Luft und mit dem zu kontrollierenden Material durchgeführt. Abhängig von der Breite des Umstimmungsbereichs kann man

als Folge der Messungen die Frequenzwerte einer Reihe von Oberschwingungen erhalten. Nach den gemessenen Oberschwingungsfrequenzen wird der Brechungsindex des Materials (genauer gesagt, seine tatsächliche Komponente) berechnet.

[0058] Da die elektrische Länge der Abschnitte **7** und **10** die Messergebnisse nicht beeinflusst, kann man mittels der folgenden mathematischen Gleichungen den Brechungsindex des Materials n berechnen:

$$n = \left(\frac{\sum_{i=1}^m \frac{f_i^0}{f_i^M}}{m} \right) l m,$$

oder

$$n = \left(\frac{\sum_{i=1}^m \frac{f_i^0}{f_i^M}}{m} \right)^{\frac{1}{m}},$$

oder

$$n = \sqrt{\left[\frac{\sum_{i=1}^m \left(\frac{f_i^0}{f_i^M} \right)^2}{m} \right]} l m,$$

oder

$$n = \frac{f_i^0 - f_j^0}{f_i^M - f_j^M},$$

wobei m die Anzahl der gemessenen Oberschwingungen ist, wobei $m = 1, 2, 3, \dots$ ist;
 i, j die Oberschwingungszahlen sind, wobei $i \neq j, i \neq 0$ ist;

f_i^M, f_j^M die Oberschwingungsfrequenzen mit den Zahlen i, j bei der Auffüllung des primären Messumformers mit dem zu kontrollierenden Material sind;

f_i^0, f_j^0 die Oberschwingungsfrequenzen mit den Zahlen i, j bei der Auffüllung des primären Messumformers mit Luft sind.

[0059] Für die Sicherstellung einer hohen Genauigkeit wird die Arbeit mit den Unterwellen bevorzugt. In den meisten praktischen Fällen ist es ausreichend, die Messungen nach einer Grundwelle durchzuführen ($m = 1; i = 1$).

[0060] Es ist ausreichend, die Messung der Oberschwingungsfrequenz bei der Auffüllung des primären Messumformers **1** mit Luft einmal bei der Herstellung des Geräts durchzuführen und diese Daten

in den Prozessorspeicher des Messgeräts **6** einzutragen. Beim Betrieb des Geräts kann die erneute Messung bei der Auffüllung des primären Messumformers mit Luft nur zur messtechnischen Eichung erforderlich werden.

[0061] Der Brechungsindex n wird in der technischen Literatur auch Verzögerungsfaktor oder Verkürzungsfaktor der Wellenlänge genannt. Dieser Parameter ist mit der dielektrischen Durchlässigkeit ε_r des Materials (beim kleinen Dielektrizitätsverlustfaktor des Materials) durch folgende Beziehung verbunden:

$$\varepsilon_r = n^2.$$

[0062] Nach den gemessenen Werten n werden die Materialfeuchte oder andere physikalische Parameter, die den Brechungsindex beeinflussen, zum Beispiel die Konzentration des Stoffgemischs, die Dichte sowie die Menge oder der Füllstand des Materials im Behälter, in dem der primäre Messumformer installiert ist, bestimmt. Gleichzeitig wird die Temperatur des zu kontrollierenden Materials gemessen. Nach den Messergebnissen des Brechungsindex und der Temperatur berechnet der Prozessor der Einrichtung **6** den Wassergehaltsanteil.

Verfahren

[0063] Das Verfahren **2** wird für die Messung solcher physikalischer Parameter, wie Füllstand des Materials oder Menge des Materials im Behälter, eingesetzt. Nach diesem Verfahren wird der Füllstand des Materials nicht durch die Messung der dielektrischen Durchlässigkeit, sondern durch die Messung des Abstands vom Eingang des primären Messumformers bis zur Oberfläche des Materials bestimmt, die das elektromagnetische Primärsignal reflektiert. Für die Messung des Füllstands wird das zweite Verfahren im Vergleich zum ersten bevorzugt, weil es eine höhere Genauigkeit dadurch gewährleistet, dass der Einfluss der dielektrischen Durchlässigkeit des Materials auf die Messung ausgeschlossen wird.

[0064] Dieses Verfahren wird anhand der Grafiken der Abhängigkeit von der Frequenz U_{det} illustriert, dargestellt in **Fig. 6**. Nach dem Erreichen des Minimums der Spannung U_{det} werden die Frequenzwerte einer oder mehrerer Oberschwingungen bestimmt:

f_0 ist die Frequenz der Null-Oberschwingung;

f_1 ist die Frequenz der ersten Oberschwingung;

f_2 ist die Frequenz der zweiten Oberschwingung.

Im allgemeinen Fall:

f_{i+1}, f_i sind die Frequenzen der benachbarten Oberschwingungen mit den Zahlen $i + 1$ und i .

[0065] Der Abstand h vom Eingang des primären Messumformers bis zur Oberfläche des zu kontrollierenden Materials wird auf der Grundlage der mathematischen Gleichungen wie folgt bestimmt:

$$h = C / 2 f_1, \quad (1)$$

oder

$$h = C / 2 (f_{j+1} - f_j), \quad (2)$$

wobei C die Ausbreitungsgeschwindigkeit des elektromagnetischen Signals in der Luft (in die Umgebung über dem zu kontrollierenden Material) ist.

[0066] Es ist zu bemerken, dass die Gleichung (1) ein Sonderfall der Gleichung (2) für die Oberschwingungen mit den Nummern **1** und **0** ist, weil die Frequenz der Null-Oberschwingung f_0 für den primären Messumformer, an dessen Ende die Brücke installiert ist oder dessen Ende in das Material getaucht ist, gleich Null ist:

$$f_0 \equiv 0.$$

[0067] Die Besonderheit einer solchen Berechnung ist dadurch bedingt, dass das Primärsignal an der Grenze zwischen den Medien Luft und dem zu kontrollierenden Material reflektiert wird, wobei an der Reflexionsstelle ein Spannungsknoten entsteht. Demgemäß erreicht der Eingangswiderstand des primären Messumformers **1** das Minimum, wenn auf der Länge L von dem Eingang des primären Messumformers **1** bis zur Grenze der Medien eine Ganzzahl i der Halbwellen erscheint:

$$L = \left(\frac{\lambda}{2} \right) \cdot i,$$

wobei λ die Wellenlänge in der Luft (in der Umgebung über dem zu kontrollierenden Material) ist.

[0068] Es ist zu bemerken, dass die Anzahl der Halbwellen i der harmonischen Nummer entspricht.

[0069] Das an den Eingang des primären Messumformers **1** angelegte Primärsignal wird nur teilweise von der Grenzzone der Medien reflektiert, aber ein Teil dieses Signals geht in das zu kontrollierende Material ein.

[0070] Es seien nun zwei Fälle zu behandeln. Im ersten Fall ist das zu kontrollierende Material durch kleine dielektrische Verluste gekennzeichnet, was bei der Füllstandmessung der Erdölprodukte sowie bei salzarmem Wasser gilt. In diesem Fall kann das in das Material eingegangene Signal vom Ende des

primären Messumformers **1** reflektiert werden. Dieses reflektierte Signal addiert sich zum Signal, das von der Mediengrenze reflektiert wird, wodurch sich die genauen Werte der Oberschwingungsfrequenzen nicht bestimmen lassen. Für die Unterdrückung der Primärsignalreflexionen, die in das zu kontrollierende Material eingegangen sind, werden auf dem in das Material getauchten Abschnitt der langen Linie mittels des Anpassungswiderstands, installiert in der Endeinrichtung **13**, fortschreitende Wellen geschaffen. Der Wert des Widerstands **13** wird kongruiert zum Wellenwiderstand der langen Leitung im zu kontrollierenden Material gewählt. Es ist zu bemerken, dass der Wert dieses Widerstands immer geringer ist als der Wellenwiderstand der langen Linie **1** in der Luft. Deshalb wird beim Fehlen des zu kontrollierenden Materials die Phase der vom Widerstand reflektierten Welle der Reflexion der unteren gemessenen Grenzzone der Medien entsprechen, und die Vorrichtung wird den Abstand bis zum Widerstandsanschluss messen.

[0071] In demjenigen Fall, in dem das zu kontrollierende Material durch hohe dielektrische Verluste gekennzeichnet wird (zum Beispiel Wasser mit hohem Salzgehalt), wird das Signal, das in das zu kontrollierende Material eingegangen ist, völlig aufgenommen. In diesem Fall kann anstatt des Widerstands an das Ende **13** des primären Messumformers **1** eine Kurzschlussachse angeschlossen werden. Beim Fehlen des Materials stellt die Kurzschlussachse **13** die Reflexion des Primärsignals mit der gleichen Phase wie von der Grenzzone der Medien sicher, und die Vorrichtung wird dann den Abstand bis zur Kurzschlussachse **13** messen. Der Anschluss des Widerstands oder der Kurzschlussachse als Endeinrichtung **13** schließt die Unbestimmtheit der Messergebnisse beim Fehlen des zu kontrollierenden Materials im Behälter aus.

[0072] Sowohl im ersten als auch im zweiten Verfahren können die Bestimmung der Minimalwerte in der Frequenzcharakteristik des primären Messumformers **1** und die nachfolgende Berechnung der Oberschwingungsfrequenzen nach einer von den unten genannten Methoden erfolgen.

[0073] Methode **1**: Der Erzeuger **5** wird im Frequenzbereich mit diskreten Schritten umgestellt, und bei jedem Umstellschritt werden die Spannung, gemessen mittels des Amplitudendetektors **4**, oder das Verhältnis der angegebenen Spannung zu derjenigen Spannung, die mittels des zweiten Detektors **14** gemessen wird, festgestellt. Nach dem Satz der angegebenen Werte, erhalten für den gesamten Frequenzbereich der Umstellung, werden die Oberschwingungsfrequenzen bestimmt. Nach den bestimmten Werten der angegebenen Frequenzen berechnet der Prozessor der Einrichtung **6** den Brechungsindex des Materials. Weiter berechnet der Prozessor nach den Ka-

librierwerten des zu kontrollierenden Materials mit Rücksicht auf seine Temperatur die physikalischen Parameter dieses Materials. Für die Arbeit nach dieser Methode ist der Erzeuger **5** als Synthesizer ausgeführt, der die Frequenz des Primärsignals nach dem von der Mess- und Steuervorrichtung **6** vorgegebenen Zahlencode bildet.

[0074] Methode **2**: Der Erzeuger **5** wird im Frequenzbereich unterbrechungsfrei umgebaut, bis der Spannungsexremwert U_{det} , der dem Minimalwert des Eingangswiderstands des primären Messumformers **1** entspricht, festgestellt ist. Danach wird der Erzeuger auf einen automatischen Nachlaufsteuerungsbetrieb, das heißt auf die automatische Abstimmkorrektur mit der Extremwertfrequenz, umgestellt. Bei der Bestimmung des Extremwerts wird die Ablesung der Frequenz des Erzeugers **5** usw. ausgeführt, und wie in der oben genannten Methode wird der Brechungsindex berechnet, nach dem die physikalischen Parameter des zu kontrollierenden Materials bestimmt werden. Für die Realisierung dieser Methode sind in die Einrichtung **6** ein analoges Bauelement, ausgeführt mit der Möglichkeit der Frequenzumstellung des Erzeugers **5** bis zum Erreichen des Minimalwerts des Eingangswiderstands des primären Messumformers **1**, und die Frequenzmesseinheit des Erzeugers **5** eingeführt. Es ist zu bemerken, dass die 2. Methode im Vergleich zur 1. Methode in Bezug auf die Abwicklung komplizierter ist und mehr den Einwirkungen von Störungen unterliegt, die zum Beispiel durch eine unvollständige Dämpfung des Primärsignals in das zu kontrollierende Material verursacht werden.

[0075] Als zusätzliche Erklärung ist eine Reihe von folgenden Besonderheiten zu bemerken, die für diese technische Lösung kennzeichnend sind.

[0076] Anstatt einer Stromdurchführung wie im Prototyp wird die vorgeschlagene Vorrichtung mit zwei Stromdurchführungen ausgerüstet. Für die Messung bei den Hochdrücken hat diese scheinbare Komplizierung dagegen zu einer wesentlichen Vereinfachung der Konstruktion des Messgeräts geführt. In der behandelten technischen Lösung wurde das Fernmessungsverfahren der Spannung am Eingang des primären Messumformers **1** realisiert, wodurch ein Herausragen aller elektronischen Baueinheiten des Messgeräts weit außerhalb des Raums mit den Extrembedingungen gewährleistet wird. Außerdem gewährt die Übertragung der elektronischen Baueinheiten (Detektordioden **4** und **14**) in eine allgemeine Elektronikeinheit die Vereinfachung des Messgeräts und die Vergrößerung der Funktionsmöglichkeiten des Einsatzes.

[0077] Nach dieser technischen Lösung wurden Funktionsmuster für die Kontrolle der Wasserdampfgemische (s. Foto in **Fig. 7**) hergestellt, deren Kon-

struktion der in **Fig. 1** dargestellten Konstruktion entspricht.

[0078] Die Prüfungen des hergestellten Funktionsmusters haben gezeigt, dass im Vergleich mit der Vorrichtung, die dem Prototyp entspricht, die vorgeschlagene Vorrichtung eine 4-fach höhere Sensibilität bei der dielektrischen Durchlässigkeit von 1,00 bis 1,05 hat. Die Erhöhung der Sensibilität bei solchen kleinen Werten der dielektrischen Durchlässigkeit ist für die genaue Messung der Parameter des Wasserdampfgemischs bei den Hochwerten der Dampftrockenheit erforderlich.

[0079] Das hergestellte Muster der Vorrichtung gewährt die Messung der Materialien bei Temperaturen bis 300° C und Drücken von mehr als 200 atm. Die Länge der Stromdurchführungen beträgt in diesem Muster 150 mm. Durch die Längenerhöhung der Stromdurchführungen kann der zulässige Betriebsdruck radikal vergrößert werden, wobei die Messgenauigkeit dabei unverändert bleibt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- RU 2585255 [0002, 0046]
- RU 2576552 [0005]
- WO 2016/043629 A1 [0005, 0048]

Schutzansprüche

1. Messgerät für physikalische Parameter eines zu kontrollierenden Materials, bestehend aus:

- einem primären Messumformer, angefertigt in Form eines Abschnitts einer langen Übertragungslinie mit Signal- und Schirmleitern, wobei der Raum zwischen diesen Signal- und Schirmleitern für die Auffüllung des genannten zu kontrollierenden Materials bestimmt ist,
- einem Amplitudendetektor mit einem Eingang und einem Ausgang,
- einem Primärsignalerzeuger, der über einen Steuereingang verfügt, angefertigt auf der Grundlage eines nach Frequenz umstellbaren Erzeugers von Oberschwingungen,
- einer Mess- und Steuereinrichtung, an die der Steuereingang des Erzeugers und der Ausgang des Amplitudendetektors angeschlossen sind,
- einem ersten zusätzlichen Abschnitt der Übertragungslinie mit Signal- und Schirmleitern, wobei der Eingang des ersten Abschnitts an den Eingang des primären Messumformers und der Ausgang dieses Abschnitts an den Eingang des Amplitudendetektors angeschlossen sind,
- einem zweiten zusätzlichen Abschnitt der Übertragungslinie mit Signal- und Schirmleitern, wobei der Eingang des zweiten Abschnitts an den Ausgang des Erzeugers und der Ausgang dieses Abschnitts an den Eingang des primären Messumformers angeschlossen sind und wobei Signalleiter der ersten und der zweiten zusätzlichen Abschnitte mit dem Signalleiter des primären Messumformers verbunden sind sowie die Schirmleiter der ersten und der zweiten zusätzlichen Abschnitte mit dem Schirmleiter des primären Messumformers verbunden sind,
- einer Stromdurchführung, die einen Abschnitt der Übertragungslinie mit einem dielektrischen Isolator darstellt, bestimmt für die Übertragung des Primärsignals in den Raum, besetzt von dem zu kontrollierenden Material, **dadurch gekennzeichnet**, dass in ihr der Eingang des ersten und der Ausgang des zweiten zusätzlichen Abschnitts der Übertragungslinie im primären Messumformer eingebaut sind, dass die Verbindung der Signalleiter der ersten und der zweiten zusätzlichen Abschnitte der Übertragungslinie mit dem Signalleiter des primären Messumformers innerhalb des primären Messumformers unmittelbar im Raum ausgeführt ist, gefüllt mit dem zu kontrollierenden Material, und dass der erste und der zweite zusätzliche Abschnitt der Übertragungslinie in der Verbindungsstelle mit dem primären Messumformer in Form von Stromdurchführungen ausgeführt sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in ihr die erwähnten physikalischen Parameter des Materials aus der Gruppe gewählt sind, einschließlich dielektrische Durchlässigkeit, Materialfeuchte, Konzentration des Stoffge-

mischs, Dichte, Füllstand oder Menge des Materials sowie die Dampftrockenheit bei der Kontrolle von Wasserdampfmedien.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass in ihr die Signal- und Schirmleiter des primären Messumformers an ihren Enden als geschlossen oder geöffnet ausgeführt sind oder durch einen Widerstand verbunden werden, der über den Widerstandswert gleich dem Wellenwiderstand im Medium des zu kontrollierenden Materials der langen Leitung verfügt, die den primären Messumformer erzeugt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass in ihr der Primärsignalerzeuger in Form eines Synthesizers ausgeführt ist, der die Frequenz des Primärsignals nach einem Zahlencode bildet, vorgegeben von der Mess- und Steuervorrichtung, und dass die Mess- und Steuervorrichtung einen Prozessor enthält, ausgeführt mit der Möglichkeit der Berechnung physikalischer Parameter des Materials nach dem Frequenzwert des Primärsignals, bei dem ein Minimalwert des Eingangswiderstands des primären Messumformers erreicht wird.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie zusätzlich einen zweiten Amplitudendetektor enthält, wobei der Eingang des genannten Detektors an den Eingang des zweiten zusätzlichen Abschnitts der Übertragungslinie und der Ausgang des angegebenen Detektors an die Mess- und Steuereinrichtung angeschlossen sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass in ihr Stromdurchführungen in Form von koaxialen Übertragungslinien ausgeführt sind, in denen die Signalleiter innerhalb der Schirmleiter mittels dielektrischer Buchsen befestigt sind, wobei die Verbindung der Signal- und Schirmleiter mit den dielektrischen Buchsen dicht ausgeführt ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass in ihr in den Stromdurchführungen die Signal- und Schirmleiter mit den dielektrischen Buchsen mittels Schraubverbindungen verbunden sind, dass dafür jede dielektrische Buchse über ein Außen- und Innengewinde verfügt, dass die Signalleiter der Stromdurchführungen in Form von Stäben mit Außengewinde und die Schirmleiter in Form von Rohren mit Innengewinde ausgeführt sind, dass die Dichtung der Stromdurchführungen mittels einer Nachfüllung des Gewindes mit Compoundmasse gebildet wird, und dass die Länge der Stromdurchführungen, ausgehend vom erforderlichen Dichtungsgrad des primären Messumformers, vom umgebenden Medium und mit Rücksicht auf die maximale Temperatur des zu kontrollierenden Materials gewählt wird.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7,

dadurch gekennzeichnet,

dass in ihr der Schirmleiter des primären Messumformers in Form eines Rohrs und der Signalleiter des primären Messumformers in Form eines Metallstabs angefertigt sind, angeordnet innerhalb des Rohrs parallel zu dessen Achse, dass an der Wand des Rohrs senkrecht zu seiner Achse die Stromdurchführungen installiert sind,

dass die Signalleiter der Stromdurchführungen innerhalb des Rohrs mit dem ersten Ende des Metallstabs verbunden sind, und

dass das zweite Ende des genannten Metallstabs entweder am stirnseitigen Rohrverschluss oder an der Rohrwand mittels eines Ständers senkrecht zur Achse des Stabs befestigt ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7,

dadurch gekennzeichnet,

dass in ihr der Schirmleiter des primären Messumformers insbesondere in Form eines Satzes von Stäben ausgeführt ist, deren erste Enden auf einem Metallfuß befestigt sind und die senkrecht zu seiner Oberfläche installiert sind,

dass der Signalleiter des primären Messumformers in Form eines Metallstabs ausgeführt ist, der zwischen den angegebenen Stäben angeordnet ist, dass auf dem Metallfuß zwei Stromdurchführungen installiert sind,

dass die Signalleiter der Stromdurchführungen innerhalb des primären Messumformers mit dem ersten Ende des Metallstabs verbunden sind, und dass das zweite Ende des genannten Stabs auf einer Metallplatte befestigt ist, angeheftet an die zweiten Enden der angegebenen Stäbe.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

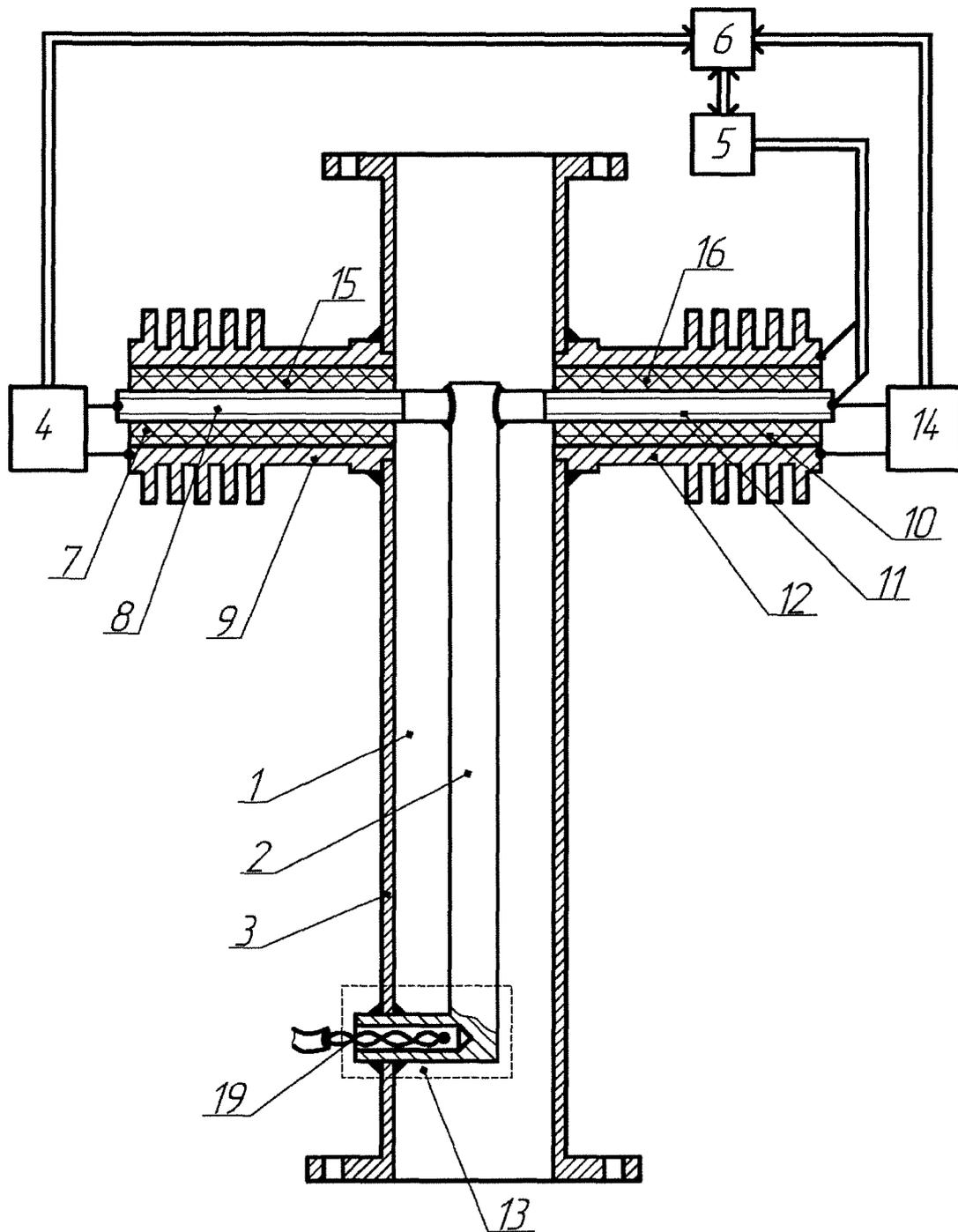


Fig. 1

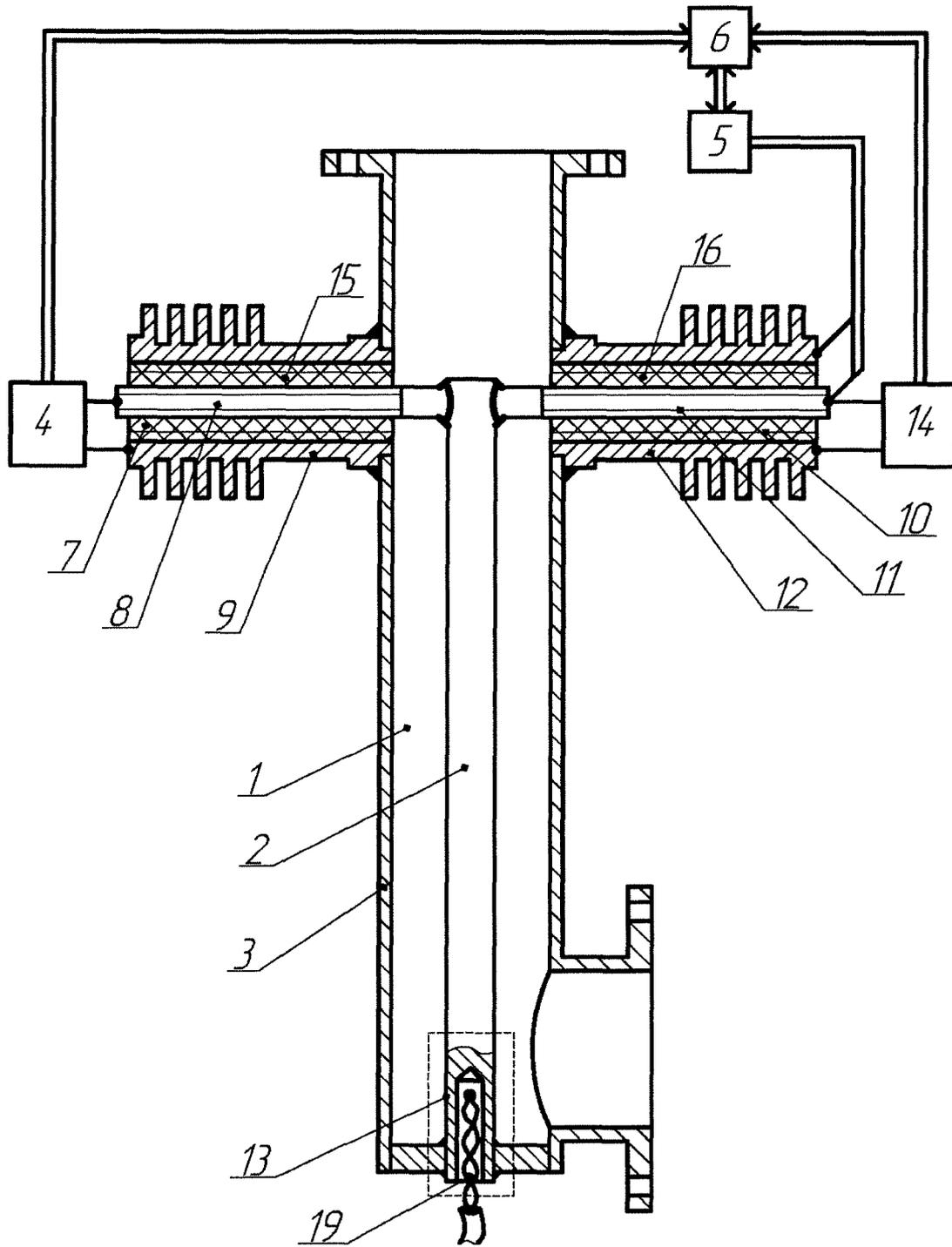


Fig. 2

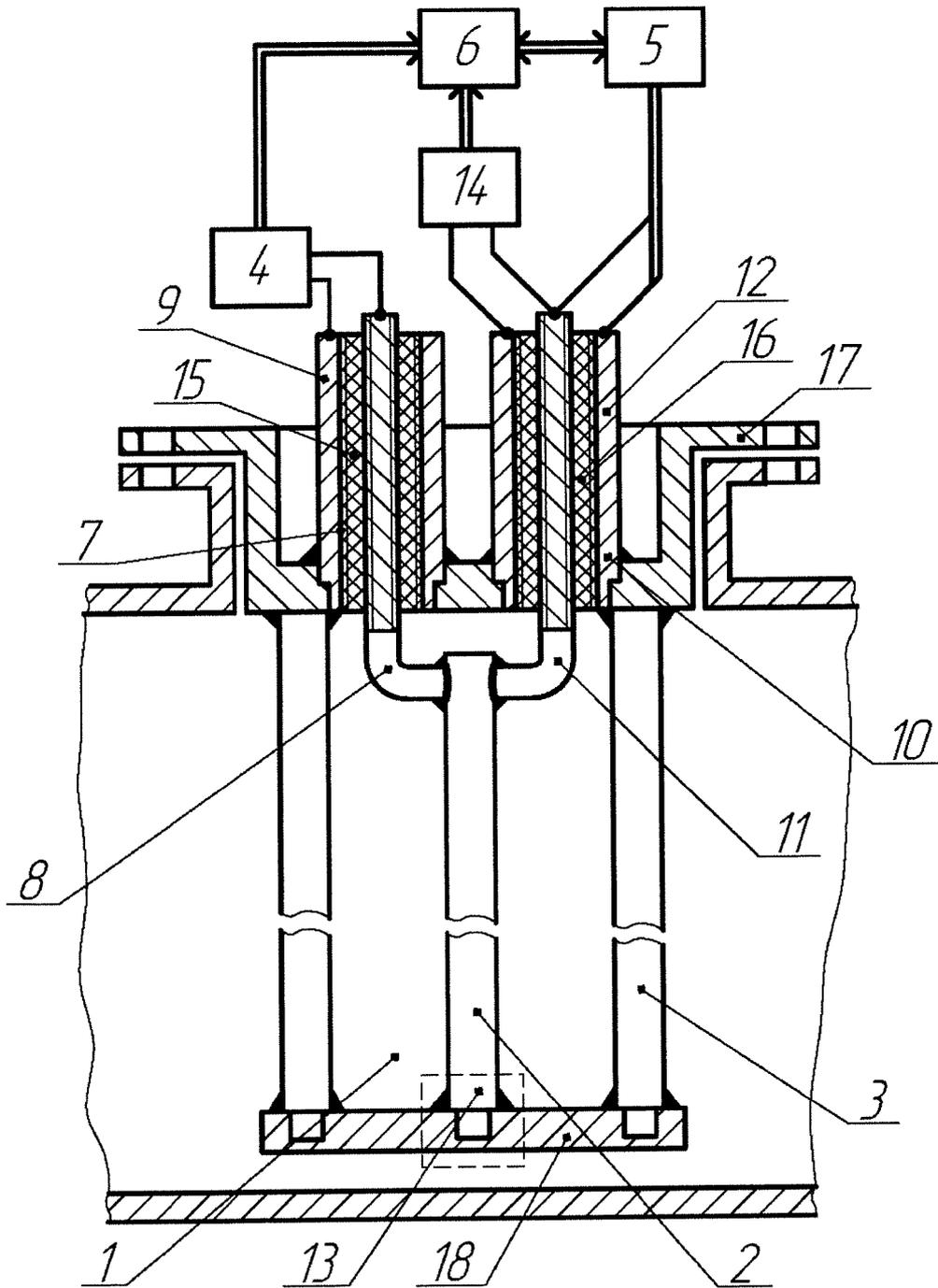


Fig. 3

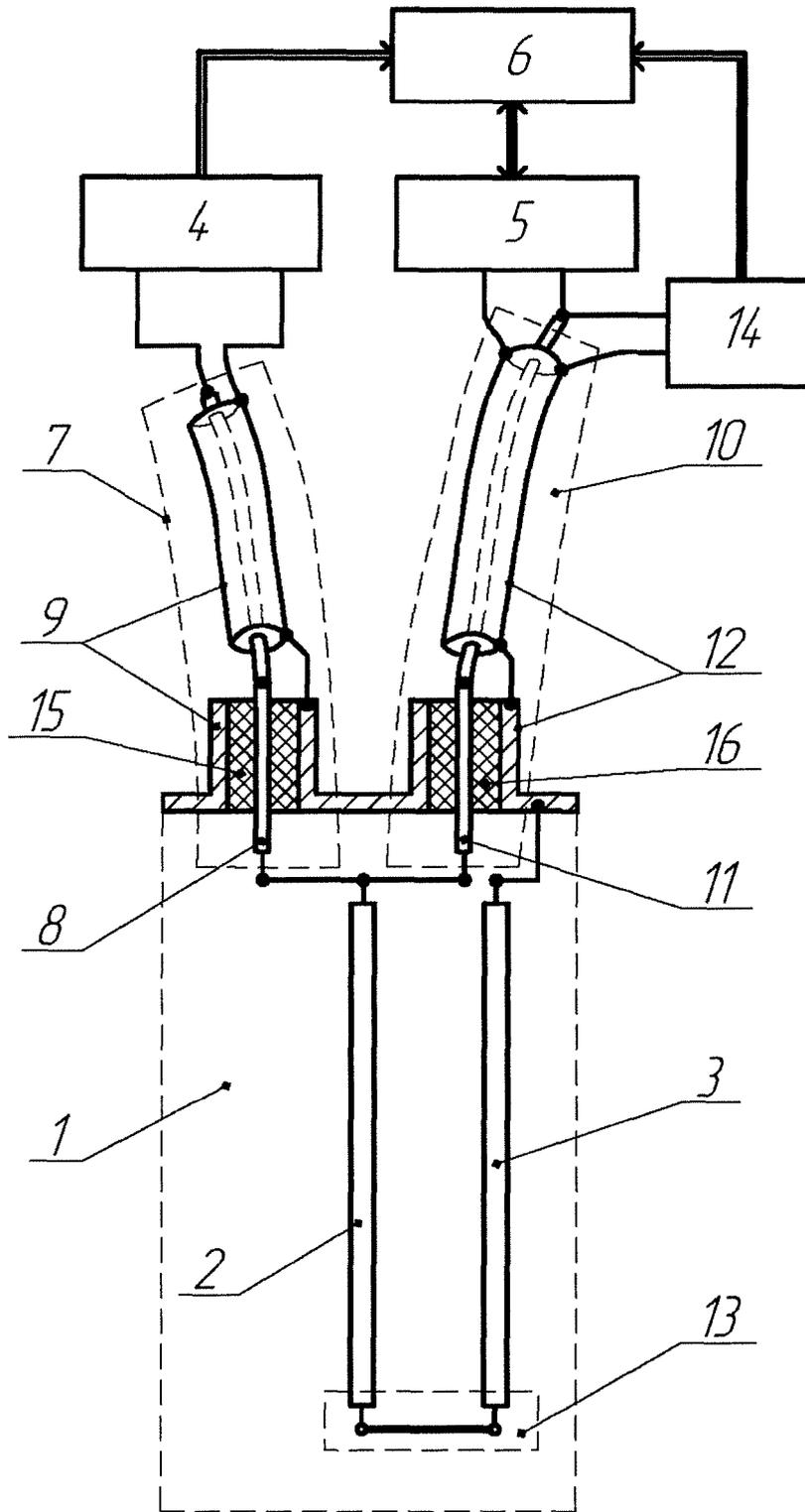


Fig. 4

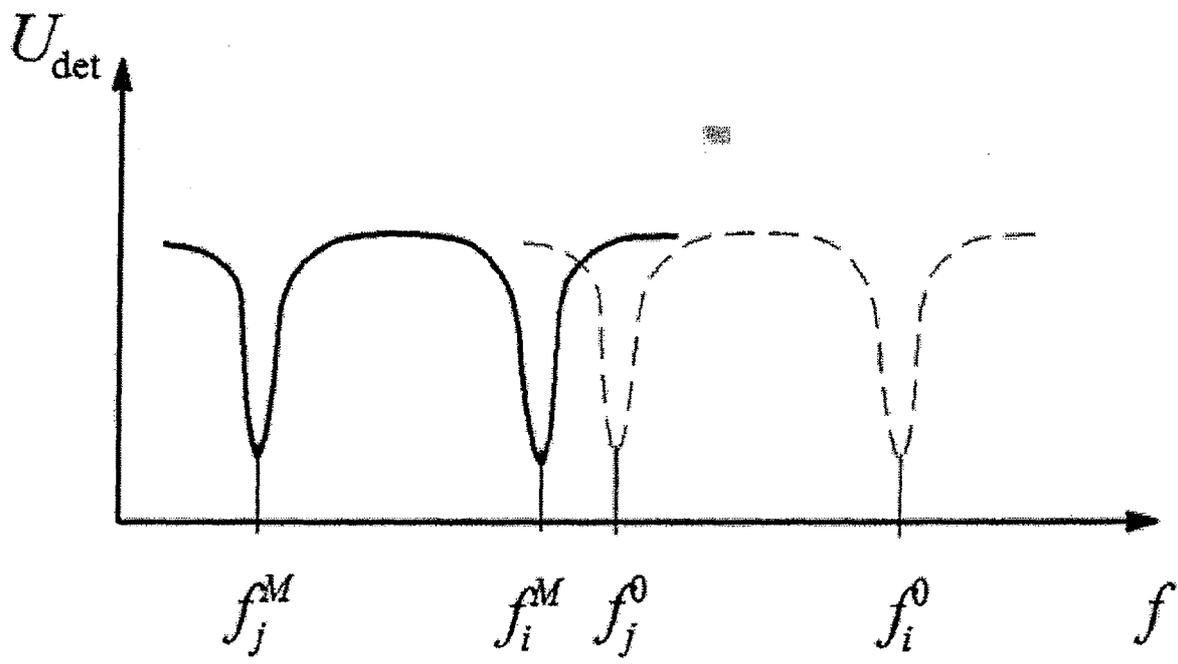


Fig. 5

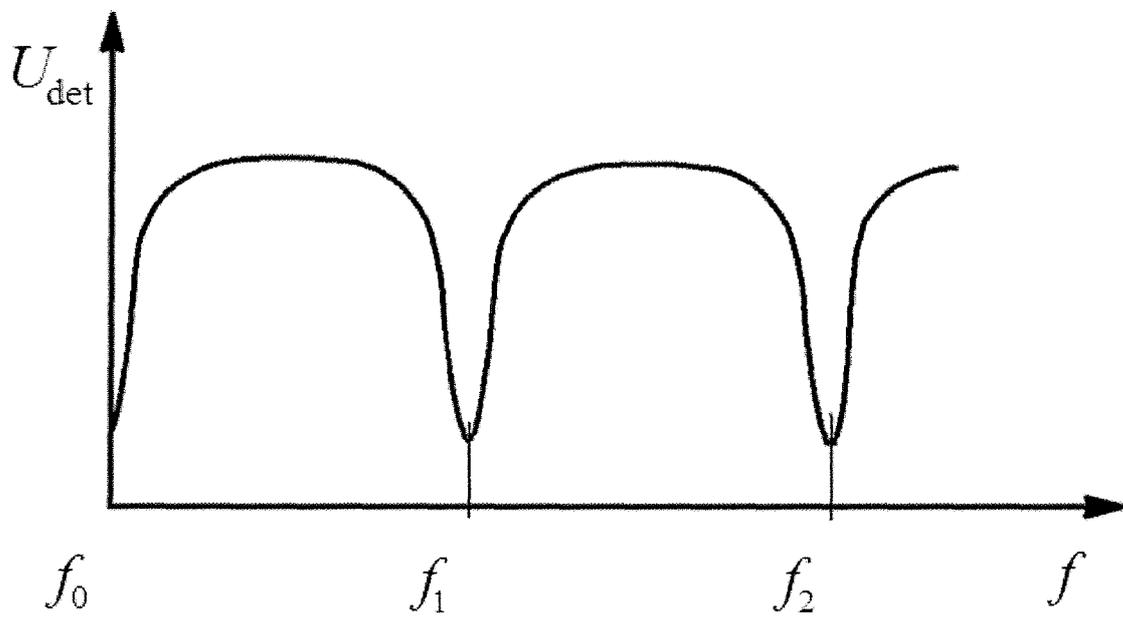


Fig. 6

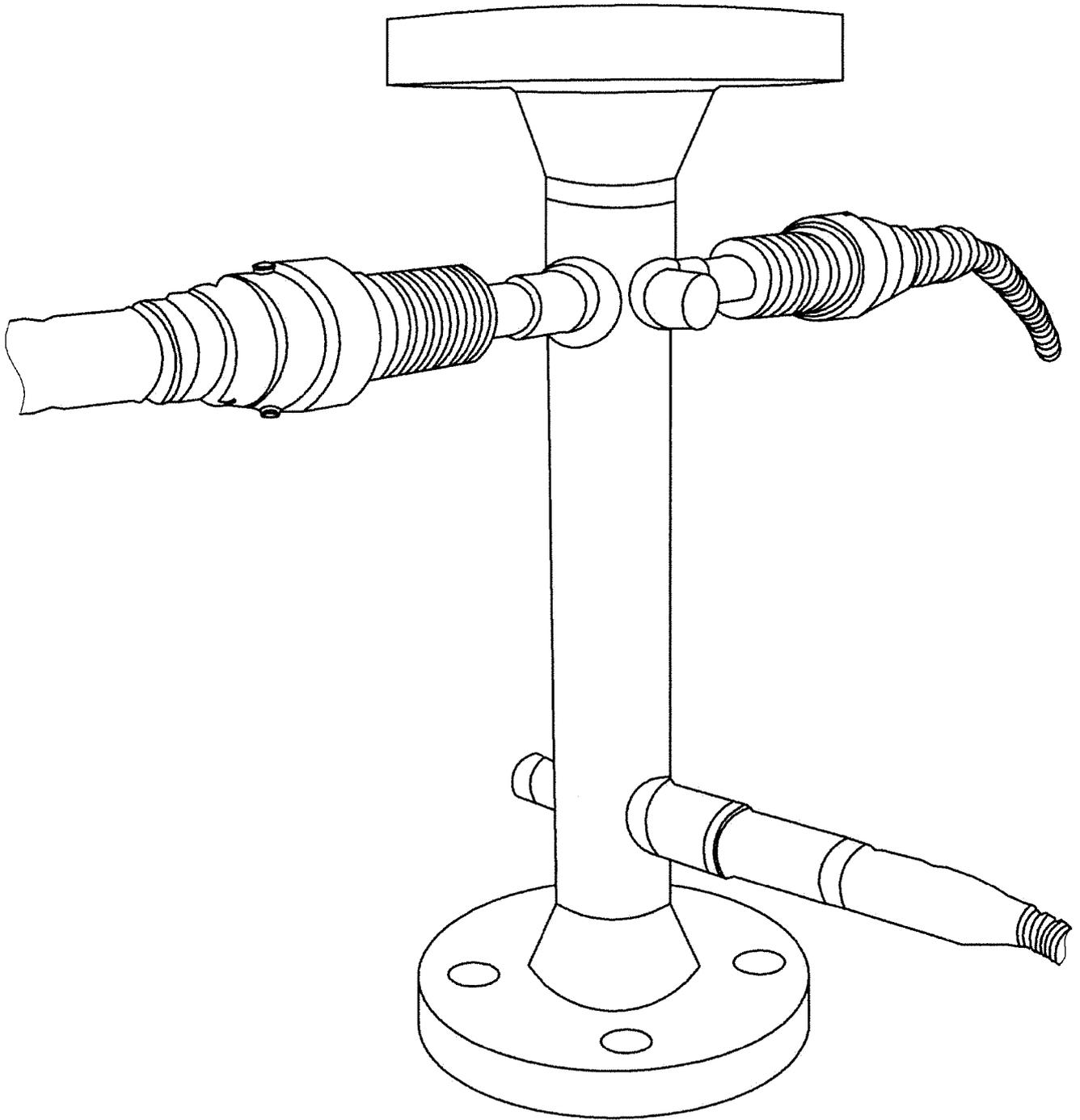


Fig. 7