

Urkunde

über die Eintragung des
Gebrauchsmusters Nr. 21 2015 000 221

Bezeichnung:

Messgerät für die physikalischen Parameter eines Materials

IPC:

G01R 27/26

Inhaber/Inhaberin:

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

Tag der Anmeldung:

16.09.2015

Tag der Eintragung:

25.04.2017

Priorität:

17.09.2014 RU 2014137865

30.04.2015 RU 2015116780

Die Präsidentin des Deutschen Patent- und Markenamts

Cornelia Rudloff-Schäffer

Cornelia Rudloff-Schäffer

München, 25.04.2017



(19)



Deutsches
Patent- und Markenamt



(10) **DE 21 2015 000 221 U1** 2017.06.01

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **21 2015 000 221.7**
(22) Anmeldetag: **16.09.2015**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/RU2015/000580**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **24.03.2016**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2016/043629**
(47) Eintragungstag: **25.04.2017**
(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **01.06.2017**

(51) Int Cl.: **G01R 27/26 (2006.01)**
G01F 23/28 (2006.01)
G01N 27/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2014137865 **17.09.2014** **RU**
2015116780 **30.04.2015** **RU**

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

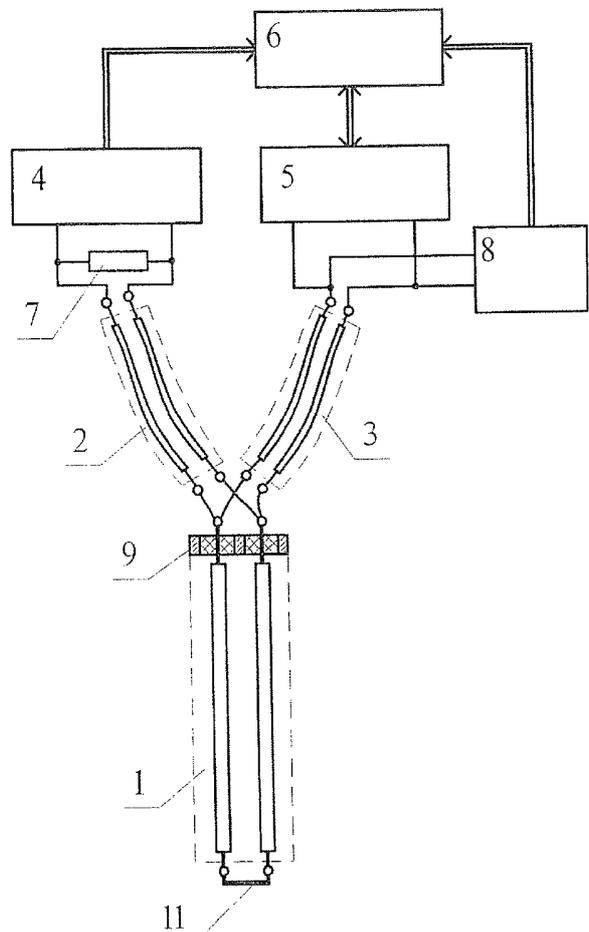
(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
Konnov, Vladimir Valerievich, Samara, RU;
Sizikov, Oleg Kreonidovich, Samara, RU

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Messgerät für die physikalischen Parameter eines Materials**

(57) Hauptanspruch: Gerät zur Messung von physikalischen Parametern eines Materials, dadurch gekennzeichnet, dass es Folgendes aufweist:

- einen primären Messumformer, ausgeführt als Abschnitt einer langen Linie mit mindestens zwei Leitern mit einem Raum dazwischen, der für die Auffüllung mit dem erwähnten zu kontrollierenden Material vorgesehen ist,
- einen Amplitudendetektor mit einem Eingang und einem Ausgang,
- einen Primärsignalerzeuger mit einem Steuereingang, ausgeführt auf der Basis des nach Frequenz umstimmenden Erzeugers von Oberschwingungen,
- eine Mess- und Steuervorrichtung, an der der Steuereingang des Erzeugers und der Ausgang des Amplitudendetektors angeschlossen sind und
- einen ersten und einen zweiten zusätzlichen Abschnitt der Übertragungslinie, wobei der erste zusätzliche Abschnitt zwischen dem Eingang des primären Messumformers und dem Eingang des Amplitudendetektors angeschlossen ist und wobei der zweite zusätzliche Abschnitt der Übertragungslinie zwischen dem Ausgang des Erzeugers und dem Eingang des Messumformers angeschlossen ist, die Eingänge des ersten und des zweiten zusätzlichen Abschnitts der Übertragungslinie mit dem Eingang des Messumformers parallel verbunden sind und der erste zusätzliche Abschnitt der Übertragungslinie seitens des Amplitudendetektors angepasst ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Messgerät für die physikalischen Parameter eines Materials. Die Erfindung ist in der Messtechnik einsetzbar und dient zur Messung der physikalischen Größen eines Materials, beispielsweise zur Messung der Materialfeuchte, der dielektrischen Leitfähigkeit, der Konzentration des Stoffgemisches, der Materialdichte sowie des Materialfüllstands in einem Reservoir, einem Gefäß oder einem sonstigen Behälter.

[0002] Bekannt sind ein Messgerät und ein Verfahren zur Messung der physikalischen Parameter eines Materials (Patent RF Nr. 2337328) zur Messung der Materialdichte oder des Materialfüllstands in einem Reservoir, die sich auf der Kontrolle der Schwächung der radioaktiven Ausstrahlung gründet, die das Material durchlässt. Der Nachteil der angegebenen Geräte und des Verfahrens ist die Verwendung einer Radioisotopenquelle, die als lebensgefährlich erkannt ist. Ein weiterer Nachteil ist die niedrige Messgenauigkeit.

[0003] Bekannt ist ein Messgerät zur Messung der physikalischen Parameter eines Materials (Veröffentlichung WO 2014/123450 A1), das Folgendes enthält: einen primären Messumformer, ausgeführt als Abschnitt einer langen Linie mit mindestens zwei Leitern mit einem Raum dazwischen, der für die Auffüllung mit einem zu kontrollierenden Material vorgesehen ist, einen Amplitudendetektor, einen Primärsignalerzeuger mit einem Steuereingang, ausgeführt auf der Basis des nach Frequenz umstimmenden Erzeugers von Oberschwingungen, eine Mess- und Steuervorrichtung, an der ein Steuereingang des Erzeugers und ein Ausgang des Amplitudendetektors angeschlossen sind, wobei der Ausgang des Erzeugers mit dem Eingang des primären Messumformers durch ein Widerstandsbauelement verbunden ist und der Eingang des Amplitudendetektors mit dem Eingang des primären Messumformers unmittelbar verbunden ist.

[0004] In dem angegebenen Gerät ist das Verfahren zur Messung der physikalischen Parameter des Materials, beispielsweise der Materialfeuchte, seiner dielektrischen Leitfähigkeit, der Konzentration des Stoffgemisches, der Materialdichte sowie des Materialfüllstands in einem Reservoir, einem Gefäß oder einem sonstigen Behälter (Veröffentlichung WO 2015/041568 A1) mittels eines primären Messumformers realisiert, der als Abschnitt der langen Linie ausgeführt und in ein zu kontrollierendes Material eingetaucht ist. Gemäß diesem Material wird ein harmonisches Primärsignal an den Eingang des primären Messumformers abgegeben und die Frequenz von mindestens einer der Oberschwingungen des Primärsignals bestimmt, die sich dadurch kennzeichnen, dass der Eingangswiderstand des pri-

mären Messumformers auf der Frequenz der Oberschwingungen sein Minimum erreicht. Dabei wird der Widerstand des primären Messumformers über die Spannungsmessung des Primärsignals im Eingangskreis des primären Messumformers mithilfe eines Amplitudendetektors bestimmt. Das Primärsignal wird mithilfe eines Erzeugers gebildet, der im Frequenzbereich umgestimmt wird. Der gemessene Frequenzwert der Oberschwingung wird mit der Frequenz der Oberschwingung bei der Auffüllung des primären Messumformers mit Luft verglichen, und nach den Werten dieser Frequenzen oder ihrem Verhältnis werden die physikalischen Parameter des Materials festgestellt.

[0005] Das genannte Verfahren und das Gerät dürfen nicht bei extremen Temperaturen verwendet werden. Der Betriebstemperaturbereich dieses Geräts wird durch den gültigen Temperaturbereich des Einsatzes von Halbleiterdioden bestimmt, die zum Amplitudendetektor gehören. Die angegebenen Dioden sind unmittelbar am Eingang des primären Messumformers 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 Diode gewährleistet, besteht in dem Anschluss des Amplitudendetektors am Eingang des primären Messumformers nicht unmittelbar sondern in die Übertragungslinie, die den Erzeuger mit dem Eingang des primären Messumformers verbindet. In diesem Fall hängt aber die Stehwellenphase, festgestellt vom Detektor, nicht nur von den dielektrischen Parametern des zu kontrollierenden Materials, sondern auch in hohem Maße von der Konstruktion und den Parametern des Durchführungsisolators (Eingabepunkt des elektrischen Signals am Eingang des primären Messumformers) sowie von der Länge des Abschnitts der Übertragungslinie zwischen dem Detektor und dem Eingang des primären Messumformers ab. Im Ergebnis wird das Minimum der gemessenen Spannung bezüglich der Oberschwingungsfrequenz des primären Messumformers verschoben, was zu großen Fehlern bei der Messung der physikalischen Größen des Materials führt.

[0006] Der Betriebstemperaturbereich der Halbleiterdioden, auf deren Basis der Amplitudendetektor ausgeführt ist, geht normalerweise nicht über -60°C bis $+150^{\circ}\text{C}$. Dementsprechend stellt die genannte technische Lösung nur in diesem Temperaturbereich die Messungen sicher. Insbesondere zur Kontrolle der Dampf-Wasser-Gemische mit einer Temperatur von über 150°C oder tiefkalter Flüssigkeiten ist die Anwendung der genannten technischen Lösung ohne eine rasche Genauigkeitsverschlechterung nicht möglich.

[0007] Ein weiterer Nachteil des genannten Geräts ist die konstruktive Komplexität, die sich dadurch äu-

ßert, dass die elektronischen Bauelemente im primären Messumformer, und zwar an seinem Ausgang, angeordnet sind. Das beschränkt die Funktionalität in der Anwendung des Geräts.

[0008] Bei der Anwendung der technischen Lösung, beschrieben in dem oben angeführten Verfahren, ist es für die Messung des Füllstands unmöglich, eine hohe Präzision der Messung zu erhalten, was die Abhängigkeit der Messergebnisse von physikalischen Parametern (von dielektrischer Leitfähigkeit oder/und Tangens des Winkels der dielektrischen Verluste) des zu kontrollierenden Materials verursacht. Der Füllstand des Materials wird in der angeführten Lösung durch die Umrechnung der gemessenen resultierenden dielektrischen Leitfähigkeit des Mediums im Verhältnis der Volumen der Medien zu unterschiedlichen dielektrischen Leitfähigkeiten, d. h. zur Luft und dem zu kontrollierenden Material, bestimmt. Deshalb hängt der gefundene Wert des Füllstands vom komplexen Wert der dielektrischen Leitfähigkeit des zu kontrollierenden Materials ab.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Genauigkeit bei der Messung der physikalischen Parameter des Materials mit extremer Temperatur zu erhöhen sowie die Funktionalität des Geräts zur Messung der physikalischen Parameter des Materials zu erweitern und seine Konstruktion zu vereinfachen.

[0010] Die gestellte Aufgabe wird dadurch gelöst, dass das vorgeschlagene Gerät zur Messung der physikalischen Parameter des Materials Folgendes enthält:

- einen primären Messumformer, ausgeführt als Abschnitt einer langen Linie mit mindestens zwei Leitern, mit einem Raum dazwischen, der für die Auffüllung mit dem erwähnten zu kontrollierenden Material vorgesehen ist,
- einen Amplitudendetektor mit einem Eingang und einem Ausgang,
- einen Primärsignalerzeuger mit einem Steuereingang, ausgeführt auf der Basis des nach Frequenz umstimmenden Erzeugers der Oberschwingungen,
- eine Mess- und Steuervorrichtung, an der der Steuereingang des Erzeugers und der Ausgang des Amplitudendetektors angeschlossen sind,
- einen ersten und einen zweiten zusätzlichen Abschnitt der Übertragungslinie, wobei der erste zusätzliche Abschnitt zwischen dem Eingang des primären Messumformers und dem Eingang des Amplitudendetektors angeschaltet ist, der zweite zusätzliche Abschnitt der Übertragungslinie zwischen dem Ausgang des Erzeugers und dem Eingang des primären Messumformers angeschaltet ist, die Eingänge des ersten und des zweiten zusätzlichen Abschnitts der Übertragungslinie

mit dem Eingang des Messumformers parallel verbunden sind und der erste zusätzliche Abschnitt der Übertragungslinie angepasst und seitens des Amplitudendetektors ausgeführt ist.

[0011] Das Gerät gemäß der Erfindung, das oben in allgemeinen Kategorien bezeichnet ist, hat möglicherweise (aber nicht notwendigerweise) Besonderheiten der bevorzugten Ausführungsformen, die unten aufgeführt werden. Diese Besonderheiten können zusätzliche Vorteile bieten.

[0012] Die physikalischen Parameter des Materials können durch die dielektrische Leitfähigkeit des Materials, die Materialfeuchte, die Konzentration des Stoffgemisches, die Materialdichte, den Stand oder die Menge des Materials gebildet sein. Das Gerät gemäß der Erfindung eignet sich unter anderem für Materialprüfungen unter extremen Bedingungen, zum Beispiel zur Messung der Zusammensetzung von Wasser-Dampf-Gemischen, zur Kontrolle des Trockenheitsgrads des Dampfs, zur Füllstandmessung von tiefkalten Flüssigkeiten oder Materialien mit hohen Temperaturen, darunter auch zur Füllstandmessung von geschmolzenem Metall.

[0013] Die Abstimmung des ersten zusätzlichen Abschnitts der Übertragungslinie seitens des Amplitudendetektors kann durch den Anschluss des anpassenden Widerstands parallel zum Eingang des Amplitudendetektors sichergestellt werden.

[0014] Der Leiterabschluss am Eingang des primären Messumformers kann mittels eines Durchführungsisolators ausgeführt werden, der für die Abdichtung des primären Messumformers von der äußeren Umgebung entwickelt ist.

[0015] Die Leiter des ersten und des zweiten zusätzlichen Abschnitts der Übertragungslinie und die Leiter des Messumformers können aus Metall und resistent gegen extreme Temperaturen ausgeführt und die Verbindung der genannten Leiter kann geschweißt sein.

[0016] Die Leiter des primären Messumformers können an dessen Ende als geschlossen ausgeführt sein, wofür an die Leiter des primären Messumformers an seinem Ende eine Kurzschlussachse angeschlossen werden kann.

[0017] An die Leiter des primären Messumformers kann an dessen Ende ein Widerstand angeschlossen sein, der dem Wellenwiderstand einer langen Linie in dem zu kontrollierenden Material gleich ist.

[0018] Das Gerät kann zusätzlich einen zweiten Amplitudendetektor enthalten, wobei der Eingang des angegebenen Detektors an den Ausgang des Erzeugers und der Ausgang des angegebenen De-

tektors an die Mess- und Steuervorrichtung angeschlossen sind. Eine solche Lösung schließt die Einwirkungen der Instabilität der Amplitudenkurve dadurch aus, dass das Signal des Amplitudendetektors nach dem Signal des zweiten Amplitudendetektors genormt wird, der an den Ausgang des Erzeugers angeschlossen ist.

[0019] Der Erzeuger des Primärsignals kann als Synthesizer ausgeführt werden, der die Frequenz vom Primärsignal über einen Zahlencode bildet, der von der Mess- und Steuervorrichtung angegeben wird. Die Mess- und Steuervorrichtung kann einen Prozessor enthalten, der die physikalischen Parameter des Materials nach der Frequenz des Primärsignals berechnet, auf der ein minimaler Eingangswiderstand des primären Messumformers erreicht wird.

[0020] Die Mess- und Steuervorrichtung kann ein analoges Bauelement enthalten, ausgeführt mit der Möglichkeit der Frequenzumstimmung des Erzeugers bis zum Minimum des Eingangswiderstands des Umformers sowie ein Bauelement zur Messung der angegebenen Frequenz.

[0021] Im Verfahren zur Messung der physikalischen Parameter des Materials, das in dem vorgeschlagenen Gerät realisiert ist,

- verwendet man den primären Messumformer, ausgeführt in Form des Abschnitts einer langen Linie,
- füllt man den primären Messumformer mit dem erwähnten zu kontrollierenden Material,
- bildet man ein harmonisches Primärsignal mittels eines Erzeugers, das im Frequenzbereich umgestimmt wird,
- gibt man das harmonische Primärsignal vom Ausgang des Erzeugers an den Eingang des Messumformers über den dazwischen angeschlossenen zweiten Abschnitt der Übertragungslinie,
- bestimmt man den Widerstand des primären Messumformers, wofür die Spannung des Primärsignals im Eingangskreis des primären Messumformers mittels eines Amplitudendetektors gemessen wird, zwischen dessen Eingang und dem Eingang des primären Messumformers der erste zusätzliche Schnitt der Übertragungslinie angeschaltet ist, in dem der Betrieb der fortschreitenden Wellen aufgebaut wird,
- bestimmt man die Frequenz von mindestens einer der Oberschwingungen des Primärsignals, die sich dadurch kennzeichnen, dass der Eingangswiderstand des primären Messumformers auf der Frequenz der Oberschwingungen sein Minimum erreicht,
- vergleicht man die gemessene Frequenz der Oberschwingung mit der Frequenz der Ober-

schwingungen bei der Auffüllung des primären Messumformers mit Luft und
– bestimmt man die physikalischen Parameter des Materials nach diesen Frequenzen oder deren Verhältnis.

[0022] Dieses Verfahren, das oben in allgemeinen Kategorien bezeichnet ist, hat möglicherweise (aber nicht notwendigerweise) Besonderheiten der bevorzugten Ausführungsformen, die unten aufgeführt werden. Diese Besonderheiten können zusätzliche Vorteile bieten.

[0023] Die Frequenz der Oberschwingungen kann nach dem Erreichen der minimalen Spannung, gemessen mittels des Amplitudendetektors, oder nach dem Erreichen des Minimums im Verhältnis der angegebenen Spannung zur Spannung, gemessen mittels des zweiten Amplitudendetektors, der an der Verbindungsstelle des Ausgangs des Erzeugers mit dem zweiten zusätzlichen Schnitt der Übertragungslinie angeschaltet ist; bestimmt werden, dabei ist der Eingang des primären Messumformers an die Eingänge der ersten und zweiten zusätzlichen Schnitte der Übertragungslinie parallel angeschlossen.

[0024] Der Erzeuger kann im Frequenzbereich mit diskreten Schritten umgestimmt werden, und bei jedem Schritt der Umstimmung wird das Verhältnis der vom Amplitudendetektor gemessenen Spannung zur Spannung, die mithilfe des zweiten Amplitudendetektors gemessen wird, bestimmt. Nach der Frequenzabhängigkeit bestimmen die Verhältnisse der angegebenen Spannungen, die für den ganzen Frequenzbereich der Umstimmung erhalten wurden, die Frequenzen der Oberschwingungen.

[0025] Gleichzeitig kann die Temperatur des Materials gemessen werden.

[0026] Bei der Anwendung des Geräts gemäß der Erfindung zur Messung des Füllstands in einem Reservoir, einem Gefäß oder einem sonstigen Behälter kann dieses Gerät eine andere Messmethode realisieren, bei der

- man einen Messumformer verwendet, ausgeführt als Schnitt der langen Linie,
- der Messumformer in das erwähnte Material eintaucht,
- ein harmonisches Primärsignal anhand eines Erzeugers gebildet ist, den man im Frequenzbereich umstimmt,
- das harmonische Primärsignal von dem Ausgang des Erzeugers an den Eingang des Messumformers über den dazwischen angeschalteten zusätzlichen zweiten Abschnitt der Übertragungslinie abgegeben wird, wobei der Eingang des Messumformers an die Eingänge des ersten und des zweiten zusätzlichen Schnitte der Übertragungslinie parallel angeschlossen ist,

– der primäre Widerstand des Messumformers festgestellt wird, wofür man die Spannung des Primärsignals im Eingangskreis des primären Messumformers mittels des Amplitudendetektors misst, zwischen dessen Eingang und dem Eingang des Messumformers der erste zusätzliche Schnitt der Übertragungslinie angeschaltet ist, in dem der Betrieb der fortschreitenden Wellen aufgebaut wird,

– die Frequenz mindestens eine der Oberschwingungen des Primärsignals bestimmt wird, die sich dadurch kennzeichnen, dass der Eingangswiderstand des Messumformers auf der Frequenz der Oberschwingungen sein Minimum erreicht,

– der Abstand vom Eingang des Messumformers bis zur Oberfläche des zu kontrollierenden Materials nach der Differenz zwischen gemessenen harmonischen Frequenzen oder nach der Frequenz der ersten Oberschwingung festgestellt wird.

[0027] Dieses Verfahren, bezeichnet oben in den allgemeinen Kategorien, hat möglicherweise (aber nicht notwendigerweise) Besonderheiten der bevorzugten Formen der Ausführung, die unten aufgeführt werden. Diese Besonderheiten können weitere Vorteile bieten.

[0028] Das Minimum des Eingangswiderstands kann nach Erreichung der Minimumspannung, gemessen mittels des Amplitudendetektors, oder nach Erreichung des Minimums im Verhältnis der angegebenen Spannung zur Spannung, gemessen mittels des zweiten Amplitudendetektors, der an der Verbindungsstelle des Ausgangs des Erzeugers mit dem zweiten zusätzlichen Schnitt der Übertragungslinie angeschaltet ist bestimmt werden.

[0029] Der Erzeuger kann im Frequenzbereich mit diskreten Schritten umgestimmt werden, und bei jedem Schritt der Umstimmung werden die Spannung mittels des Amplitudendetektors oder das Verhältnis der angegebenen Spannung zur Spannung, die mithilfe vom zweiten Amplitudendetektor gemessen wird, gemessen. Nach dem Abschluss der Umstimmung gemäß der Frequenzabhängigkeit der angegebenen Parameter, gemessen im Frequenzbereich der Umstimmung, bestimmt man die Frequenzen der Oberschwingungen.

[0030] Zur Füllstandsmessung des Materials mit niedrigen dielektrischen Verlusten kann der Betrieb der fortschreitenden Wellen auf dem ins Material eingetauchten Schnitt der langen Linie mittels eines Widerstands aufgebaut werden, der am Ende des primären Messumformers angeschlossen ist. Dabei ist der Widerstand kongruent zum Wellenwiderstand der langen Linie im zu kontrollierenden Material gewählt.

[0031] Zur Füllstandsmessung des Materials mit hohen dielektrischen Verlusten wird eine Kurzschluss-

achse ans Ende des primären Messumformers angeschlossen.

[0032] Das Wesen der Erfindung wird nun durch die in den **Fig. 1–Fig. 8** dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

[0033] In den **Fig. 1** und **Fig. 2** ist ein Messgerät zur Messung der physikalischen Größen eines Materials dargestellt, das Vorrichtungsversionen entspricht, in denen es an die Leiter des Primär-Umformers einer Kurzschlussachse angeschlossen ist. Dabei ist in **Fig. 1** die Ausführungsversion eines Durchführungsisolators **9** dargestellt, in dem beide Leitungen des zu kontrollierenden Materials (vom Gehäuse des primären Messumformers **1**) isoliert sind, und in **Fig. 2** ist die Ausführungsversion des Durchführungsisolators **9** dargestellt, in dem nur einer der Leiter des Messumformers **1** vom Gehäuse isoliert ist.

[0034] In **Fig. 3** ist das Messgerät zur Messung der physikalischen Größen des Materials gezeigt, das den Vorrichtungsversionen entspricht, in denen ein Widerstand an die Leiter des Primär-Umformers an dessen Ende angeschlossen ist.

[0035] In **Fig. 4** sind die Spannungslinien U_{det} abhängig von der Frequenz des Erzeugers **5** gezeigt, wobei U_{det} – entweder die Spannung am Ausgang des Amplitudendetektors **4** oder die Spannung, normiert nach dem Spannungswert vom Ausgang des zweiten Amplitudendetektors **8**, ist. Die voll ausgezogene Linie entspricht der Auffüllung des primären Messumformers mit dem zu kontrollierenden Material, und die punktierte Linie entspricht der Auffüllung des primären Messumformers mit Luft. Die Frequenz der Charakteristiken kennzeichnet die dielektrische Leitfähigkeit (ihren Realteil) des zu kontrollierenden Materials (bei der vollen Füllung des primären Messumformers **1** mit dem angegebenen Material).

[0036] In **Fig. 5** ist ein primärer Messumformer des Geräts zur Messung der physikalischen Parameter des Materials, nämlich des Füllstands, gezeigt, der in das zu kontrollierende Material eingetaucht ist, wobei der Raum zwischen den Leitern des primären Messumformers teilweise mit dem zu kontrollierenden Material gefüllt ist.

[0037] Zur Auffüllung des primären Messumformers gemäß der **Fig. 5** und **Fig. 6** ist eine graphische Darstellung der Abhängigkeit der Spannung U_{det} von der Frequenz des Erzeugers gezeigt, wobei U_{det} die Spannung am Ausgang des Amplitudendetektors **4** ist, oder es ist die gleiche Spannung, die aber nach dem Wert der Ausgangsspannung des zweiten Amplitudendetektors **8** normiert ist. Die Grafik zeigt die Frequenzen der Oberschwingungen, nach deren Wert der Füllstand des Materials beim Eintauchen des Messumformers **1** bestimmt werden kann.

[0038] Es ist anzumerken, dass bei dem in den **Fig. 1–Fig. 3** dargestellten Gerät zur Messung der physikalischen Parameter des Materials die Eingänge der zusätzlichen Schnitte der Übertragungslinie an den Eingang des primären Messumformers parallel angeschlossen sind, und die in den **Fig. 4** und **Fig. 6** gezeigten Charakteristiken entsprechen der angegebenen Ausführungsform des Anschlusses.

[0039] In **Fig. 7** ist ein Gerät zur Messung von physikalischen Parametern des Materials mit einer Hintereinanderschaltung der Eingänge der zusätzlichen Abschnitte der Übertragungslinie an den Eingang des primären Messumformers gezeigt, und in **Fig. 8** werden für diese Variante der Vorrichtung die Abhängigkeitsdiagramme der Spannung von der Frequenz des Erzeugers **5** angeführt, wobei U_{det} entweder die Spannung am Ausgang des Amplitudendetektors ist, oder es ist die gleiche Spannung, die aber nach dem Wert der Ausgangsspannung des zweiten Amplitudendetektors **8** normiert ist.

[0040] Das Gerät gemäß der Erfindung zur Messung der physikalischen Parameter des Materials enthält folgende Bauelemente:

Bezugszeichenliste

- 1 einen primären Messumformer (Sonde),
- 2 einen ersten zusätzlichen Abschnitt der Doppelleitung, die eine lange Linie darstellt,
- 3 einen zweiten zusätzlichen Abschnitt der Doppelleitung, die eine lange Linie darstellt,
- 4 einen Amplitudendetektor,
- 5 einen Erzeuger des Direktsignals, der über einen Steuereingang verfügt und auf Basis des frequenzumschaltenden Formers des harmonischen Signals ausgeführt ist,
- 6 eine Mess- und Steuervorrichtung.

[0041] Die Messvorrichtung der physikalischen Parameter eines Materials kann auch folgende Bauelemente enthalten:

Bezugszeichenliste

- 7 einen Abschlusswiderstand,
- 8 einen zweiten Amplitudendetektor,
- 9 einen Durchführungsisolator, den Eingangspunkt des elektrischen Signals am Eingang des Messumformers,
- 10 einen Widerstand,
- 11 eine Kurzschlussachse.

[0042] Das Gerät gemäß der Erfindung zur Messung der physikalischen Größen eines Materials wird durch folgende Merkmale gekennzeichnet. Der primäre Messumformer **1** ist als Abschnitt einer langen Linie mit mindestens zwei Leitern mit einem Raum dazwischen ausgeführt, der für die Auffüllung mit

dem zu kontrollierenden Material vorgesehen ist. Zur Messung der Materialfeuchte, seiner dielektrischen Leitfähigkeit sowie der Konzentration des Stoffgemisches oder zur Bestimmung der Materialdichte muss der primäre Messumformer mit dem zu kontrollierenden Material völlig aufgefüllt sein. Bei der nicht völligen Auffüllung des primären Messumformers **1** mit dem Material (gezeigt in **Fig. 5**) kann das Gerät zur Bestimmung der Menge des Materials oder des Füllstands des Messumformers **1** mit dem Material verwendet werden.

[0043] An den Eingang des primären Messumformers **1** sind die Eingänge der zusätzlichen Schnitte **2** und **3** der Übertragungslinie angeschlossen, wobei das Gerät als die Grundvariante der Ausführung einer Parallelschaltung betrachtet wird. Der erste zusätzliche Schnitt **2** der Übertragungslinie ist zwischen dem Eingang des primären Messumformers **1** und dem Eingang des Amplitudendetektors **4** angeschlossen. Der zweite zusätzliche Schnitt **3** ist an den Eingang des primären Messumformers **1** und den Eingang des Erzeugers **5** angeschlossen. Der Ausgang des Amplitudendetektors **4** und der Eingang des Erzeugers **5** sind an die Mess- und Steuervorrichtung **6** angeschlossen. Der erste zusätzliche Schnitt **2** ist konsistent seitens des Amplitudendetektors **4**, das heißt, dass er mit dem Widerstand belastet ist, der seinem Wellenwiderstand entspricht (die angegebene Harmonisierung bezeichnet man als „Betrieb der fortschreitenden Wellen“). Das ist zum Beispiel durch den Anschluss des Widerstands **7** an den Ausgang des Abschnitts **2** parallel zum Eingang des Amplitudendetektors **4** sichergestellt. Der Widerstand **7** ist in der Absicht gewählt, dass der Lastwiderstand, gebildet vom Eingangswiderstand des Amplitudendetektors **4** und des Widerstands **7**, dem Wellenwiderstand des Schnitts **2** der Übertragungslinie gleich ist.

[0044] Der Eingangswiderstand des Dioden-Amplitudendetektors ohne den passenden Widerstand beträgt in der Regel 1–10 kOhm. Der Wellenwiderstand der Übertragungslinie bleibt innerhalb von 20–200 Ohm. Deswegen ist es für die gewünschte Harmonisierung ausreichend, dass der Widerstand **7** dem Wellenwiderstand des Schnitts **2** der Übertragungslinie entspricht. Es ist anzumerken, dass die Abstimmung des Abschnitts **2** mit dem Amplitudendetektor **4** auch dadurch erreicht werden kann, dass ein Breitband-Transformator zwischen dem Ausgang des Abschnitts **2** und dem Eingang des Amplitudendetektors **4** angeschlossen wird. Die Verwendung des Widerstands **7** ist mit diesem Ziel einfacher und bringt bessere Ergebnisse.

[0045] Als Bestandteil des Geräts zur Messung von physikalischen Parametern kann auch der zweite Amplitudendetektor **8** eingefügt sein, dessen Eingang mit dem Ausgang des Erzeugers **5** an seiner Verbindungsstelle mit dem zweiten zusätzlichen

Schnitt **3** der Übertragungslinie angeschlossen ist, und der Ausgang des Amplitudendetektors **8** ist an eine Mess- und Steuervorrichtung **6** angeschlossen.

[0046] Die Eingabe des Primärsignals in den Messumformer **1** wird durch den Durchführungsisolator **9** abgewickelt, der zwei metallische Leiter, getrennt durch ein Dielektrikum, enthält. Der Verwendungszweck des Durchführungsisolators **9** besteht in der Trennung des zu kontrollierenden Materials von der äußeren Umgebung, der Abdichtung des primären Messumformers **1**. Der Durchführungsisolator **9** kann konstruktiv als koaxial angeordneter Leiter ausgeführt werden. Der Raum zwischen den Leitern ist mit Dielektrikum gefüllt. In den **Fig. 2** und **Fig. 3** ist eine Ausführungsvariante des Durchführungsisolators **9** dargestellt, in der nur einer der Leiter des primären Messumformers **1** von der Hülle des Behälters mit dem zu kontrollierenden Material (vom Gehäuse des Messumformers **1**) isoliert ist. In den **Fig. 1**, **Fig. 5** und **Fig. 7** ist eine Ausführungsvariante des Durchführungsisolators **9** dargestellt, in der beide Leiter des primären Messumformers **1** vom Gehäuse des Messumformers **1** isoliert sind.

[0047] An die Leiter des primären Messumformers **1** kann ein Widerstand **10**, wie dargestellt in den **Fig. 3** und **Fig. 5**, oder an die Kurzschlussachse **11**, wie dargestellt in den **Fig. 1**, **Fig. 2** und **Fig. 7**, angeschlossen werden.

[0048] Zur Messung der Materialfeuchte und weiterer physikalischer Parameter im Zusammenhang mit der Messung der dielektrischen Leitfähigkeit können die Leiter des primären Messumformers **1** nicht nur geschlossen (sogenannter Kurzschluss-Betrieb) sondern auch offen (Leerlauf-Betrieb) ausgeführt werden. Wenn die Leiter des primären Messumformers **1** geschlossen sind, dann hat der Messumformer **1** eine höhere Stabilität der elektrischen Parameter im Vergleich zum Leerlauf-Betrieb. Mit einem solchen Messumformer wird der Einfluss auf die Messung der parasitären Kapazität am Ende der Übertragungslinie beseitigt, was für die Messumformer mit offenen Leitern am Ende typisch ist.

[0049] Das Gerät gemäß der Erfindung zur Messung von physikalischen Parametern eines Materials funktioniert wie folgt:

Der Erzeuger **5** wird im Frequenzbereich mittels der Mess- und Steuervorrichtung **6** umgestimmt. Das vom Erzeuger **5** generierte harmonische Primärsignal wird an den Eingang des Messumformers **1** über den zweiten zusätzlichen Schnitt **3** der Übertragungslinie abgegeben. Mittels des Amplitudendetektors **4**, angeschlossenen an den primären Messumformers **1** über den Abschnitt **2**, wird die Spannung des Primärsignals im Eingangskreis des Messumformers **1** gemessen. Dadurch, dass der Abschnitt **2** mit dem angeschlossenen Detektor **4** abgestimmt ist, wird in

diesem Abschnitt **2** ein Betrieb der fortschreitenden Wellen erstellt. Die ganze Energie, die am Eingang dieses Abschnitts **2** erscheint, wird an den Eingang des Detektors **4** übermittelt.

[0050] Der Betrieb der fortschreitenden Wellen verursacht folgenden Effekt:

- die Verbindung des Detektors **4** mit dem primären Messumformer **1** hängt nicht von der Frequenz ab;
- der angegebene Schnitt **2** trägt keine Reaktivität an den Eingang des Messumformers **1** ein und ändert die Positionen der Minima des Eingangswiderstands in seinem Frequenzgang.

[0051] Dadurch ist die genaue Messung der Spannung in den Eingangskreisen des Messumformers **1** in einem Abstand, der nach der Länge des Abschnitts **2** bestimmt ist, sichergestellt, d. h. dass tatsächlich die Fernmessung sichergestellt ist. Der Amplitudendetektor **4** wandelt das Hochfrequenz-Primärsignal in ein Niederfrequenz-Signal um. Die Ausgangsspannung des Detektors **4** wird in die Vorrichtung **6** übertragen. Gleichzeitig wird in die Vorrichtung **6** die Ausgangsspannung des zweiten Detektors **8** gegeben. Die resultierende Spannung U_{det} (Spannung am Ausgang des Detektors **4** oder die gleiche Spannung, normiert nach der Spannung des Ausgangs des zweiten Detektors **8**) wird in der Vorrichtung **6** analysiert. Auf den Frequenzen der Oberschwingungen, die dem Minimum des Eingangswiderstands des Messumformers **1** entspricht, erfolgt die Überbrückung der Übertragungslinie, gebildet von den Schnitten **2** und **3**. Das Signal des Detektors **4** wird drastisch reduziert. Die Frequenzen, auf denen der Wert U_{det} das Minimum erreicht, werden bestimmt, und dementsprechend erreicht der Eingangswiderstand des Messumformers **1** auch ein Minimum. Die gefundenen Frequenzen sind die Frequenzen der Oberschwingungen.

[0052] In Abhängigkeit von dem zu messenden physikalischen Parameter kann die Auffindung des Parameterwerts anhand der gemessenen harmonischen Frequenzen auf zwei Arten durchgeführt werden.

[0053] Das Verfahren 1 ist anwendbar für die Messung von solchen physikalischen Parametern, wie der Materialfeuchte, der Materialdichte, der Konzentration des Stoffgemisches sowie auch des Füllstands, das heißt solchen Parametern, die durch die dielektrische Leitfähigkeit des Mediums bestimmt werden. Dieses Verfahren wird anhand der Graphen U_{det} von der Frequenz in **Fig. 4** dargestellt. Hier sind die Frequenzen der Oberschwingungen angegeben: f_j^M, f_i^M bei der Auffüllung des Messumformers **1** mit dem zu kontrollierenden Material; f_j^0, f_i^0 bei der Auffüllung des Messumformers **1** mit Luft.

[0054] Für den Messumformer **1**, dessen Leiter am Ende geschlossen sind, ist die Oberschwingungszahl i der Anzahl der Halbwellen gleich, die sich auf die Länge L des Messumformers **1** beziehen:

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

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

[0055] Für den 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.

[0056] Die Messung der Frequenzen der Oberschwingungen wird abwechselnd beim Auffüllen des Messumformers **1** mit Luft und mit dem zu kontrollierenden Material durchgeführt. In Abhängigkeit von der Breite des Umstimmungsbereichs kann man als Folge der Messungen die Frequenzwerte einer Reihe von Oberschwingungen erhalten. Nach den gemessenen harmonischen Frequenzen berechnet man den Brechungsindex des Materials (genauer gesagt, seine tatsächliche Komponente).

[0057] Da die elektrische Länge des Durchführungsisolators **9** viel kürzer als die Länge des Messumformers **1** ist, kann man mithilfe von folgenden Ansätzen den Brechungsindex des Materials n berechnen:

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

oder

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

oder

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

oder

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

wobei m die Anzahl der gemessenen Oberschwingungen ist und wobei $m = 1, 2, 3, \dots$ ist;

i, j sind die Oberschwingungszahlen, wobei $i \neq j, i \neq 0$ ist;

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

f_i^0, f_j^0 sind die Oberschwingungsfrequenzen mit den Zahlen i, j bei der Auffüllung des Messumformers **1** mit Luft.

[0058] Für die Sicherstellung der hohen Genauigkeit ist bevorzugt, mit Unterwellen zu arbeiten. In den meisten praktischen Fällen ist es ausreichend, die Messungen nur nach den ersten zwei Wellen und sogar nach einer einzigen Welle durchzuführen, zum Beispiel nach der ersten ($m = 1; i = 1$).

[0059] Es ist ausreichend, die Frequenzmessung der Oberschwingungen bei der Auffüllung des Messumformers **1** mit Luft einmal bei der Herstellung des Geräts durchzuführen und diese Daten in den Speicher der Mess- und Steuervorrichtung **6** einzutragen. Beim Betrieb des Geräts kann eine erneute Messung bei der Auffüllung des Messumformers mit Luft nur für eine Metrologie-Prüfung nötig werden.

[0060] Der Brechungsindex n wird in der technischen Literatur auch als Verzögerungsfaktor oder Faktor der Verkürzung der Wellenlänge genannt. Dieser Parameter ist mit der dielektrischen Leitfähigkeit ϵ_r des Materials durch folgende Beziehung verbunden:

$$\epsilon_r = n^2.$$

[0061] Nach den gemessenen Werten n und der Temperatur des Materials werden dessen Feuchte oder weitere physikalische Parameter, die auf den Brechungsindex einwirken, zum Beispiel die Konzentration des Stoffgemisches, die Materialdichte sowie die Anzahl oder der Füllstand des Materials im Behälter, in dem der primären Messumformer installiert ist, gemessen.

[0062] Das Verfahren 2 eignet sich für die Messung solcher physikalischer Parameter, wie Füllstand des Materials oder der Abstand vom Eingang des Messumformers bis zur Oberfläche des Materials, die das elektromagnetische Signal reflektiert. Im Vergleich zu dem oben beschriebenen Verfahren 1 ist das Verfahren 2 bei der Füllstandsmessung vorzuziehen, da es eine größere Genauigkeit dadurch gewährt, dass

die Auswirkungen auf die Messung der dielektrischen Leitfähigkeit des Materials verringert werden.

[0063] Dieses Verfahren wird anhand der Grafiken der Abhängigkeit von der Frequenz U_{det} , dargestellt in **Fig. 6**. Nach der Erreichung des Minimums der Spannung U_{det} bestimmt man die Frequenzen eines oder mehrerer Oberschwingungen:

f_0 ist die Frequenz der Null-Oberschwingung;
 f_1 ist die Frequenz der ersten Oberschwingung;
 f_2 ist die Frequenz der zweiten Oberschwingung.

[0064] Im Allgemeinen sind:

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

[0065] Den Abstand h vom Eingang des primären Messumformers bis zur Oberfläche des zu kontrollierenden Materials bestimmt man durch die mathematischen Beziehungen:

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

oder

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

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 Beziehung (1) ein Sonderfall der Beziehung (2) für die Wellen mit den Zahlen 1 und 0 ist, weil die Frequenz der Null-Oberschwingung f_0 für den angegebenen Messumformer gleich Null ist:

$$f_0 \equiv 0.$$

[0067] Die Besonderheit dieser Berechnung beruht auf der Tatsache, dass das Primärsignal an der Grenze zwischen den Medien Luft und dem zu kontrollierenden Material reflektiert wird, wobei sich ein Spannungsknoten an der Stelle der Reflexion bildet. Dementsprechend erreicht der Eingangswiderstand des Messumformers **1** das Minimum, wenn auf der Länge L des Messumformers eine ganze Zahl i von 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 anzumerken, dass die Zahl der Halbwellen i der harmonischen Nummer entspricht.

[0069] Das an den Eingang des Messumformers **1** gegebene Direktsignal wird nur teilweise von der Ver-

teilungsgrenze der Stoffe reflektiert, ein Teil dieses Signals geht in das zu kontrollierende Material ein.

[0070] Es seien nun zwei Fälle betrachtet. Im ersten Fall ist das zu kontrollierende Material durch kleine dielektrische Verluste gekennzeichnet, was für die Messung des Füllstands von Erdölprodukten sowie salzarmem Wasser gilt. In diesem Fall kann das in das Material eingegangene Signal vom Ende des Umformers **1** reflektiert werden. Dieses reflektierte Signal schließt sich mit dem Signal zusammen, das von der Verteilungsgrenze der Stoffe reflektiert wird, was genaue Werte der harmonischen Frequenzen nicht feststellen lässt. Für die Unterdrückung der Signalreflexion, die in das zu kontrollierende Material eingegangen ist, werden an dem Abschnitt der langen Linie, der sich im Material befindet, fortschreitende Wellen mittels des Abschlusswiderstands **10** hergestellt. Der Wert des Widerstands **10** wird kongruent zum Wellenwiderstand der langen Linie im zu kontrollierenden Material gewählt. Es ist anzumerken, dass dieser Abschlusswiderstand immer kleiner als der Wellenwiderstand der langen Linie 1 in Luft ist. Deswegen wird beim Fehlen des Materials die Phase der vom Widerstand reflektierten Welle der Reflexion von der niedrigen Messgrenze der Stoffverteilung entsprechen, und das Gerät wird den Abstand bis zum Widerstandsanschluss messen.

[0071] In dem Fall, in dem das zu kontrollierende Material durch große dielektrische Verluste gekennzeichnet ist (beispielsweise salzreiches Wasser), wird das in das Material eingegangene Signal völlig aufgenommen. In diesem Fall kann am Ende des Umformers **1** die Kurzschlussachse **11** anstatt des Widerstands angeschlossen werden. Beim Fehlen des Materials stellt die Kurzschlussachse **11** den Wiederhall des Direktsignals mit der gleichen Phase wie der von der Verteilungsgrenze sicher, und das Messgerät wird dann den Abstand bis zur Kurzschlussachse **11** messen.

[0072] Beim Fehlen des zu kontrollierenden Materials im Behälter schließt der Anschluss des Widerstands **10** oder der Kurzschlussachse **11** die Unbestimmtheit des Messergebnisses aus.

[0073] Sowohl im Verfahren 1 als auch im Verfahren 2 können die Suche nach den minimalen Frequenzwerten des Messumformers **1** sowie die Berechnung der harmonischen Frequenzen gemäß einer der unten angegebenen Verfahren durchgeführt werden.

Verfahren 1

[0074] Der Erzeuger **5** wird im Frequenzbereich mit diskreten Schritten umgestimmt, und auf jedem Schritt des Umbaus wird die Spannung, die mithilfe des Amplitudendetektors **4** gemessen wird, oder das Verhältnis der angegebenen Spannung zu derje-

nigen Spannung, die mithilfe des zweiten Detektors **8** gemessen wird, festgestellt. Nach den Werten, die für den gesamten Frequenzbereich des Umbaus erhalten wurden, werden die harmonischen Frequenzen bestimmt. Nach den gefundenen Werten der angegebenen Frequenzen berechnet der Prozessor **6** die Brechungsanzahl des Materials. Ferner berechnet der Prozessor **6** nach der Kalibrierkurve des zu kontrollierenden Materials mit Rücksicht auf seine Temperatur die physikalischen Parameter dieses Materials. Für die Sicherstellung der Arbeit nach diesem Verfahren ist der Erzeuger **5** als Synthesegerät ausgeführt, das die Signalfrequenz nach dem Zahlencode bildet, der von der Mess- und Steuervorrichtung **6** angegeben wird.

Verfahren 2

[0075] Der Erzeuger **5** wird im Frequenzbereich unterbrechungsfrei umgebaut, bis der Spannungsextraktwert U_{det} erreicht wird, der dem minimalen Eingangswiderstand des Umformers **1** entspricht. Nachfolgend wird der Erzeuger auf einen automatischen Begleitbetrieb, das heißt auf eine automatische Abstimmkorrektur mit der Extremfrequenz umgesetzt. Nach der Auffindung des Extremwerts wird die Ablesung der Frequenz des Erzeugers **5** vorgenommen, und ferner wird, wie im vorangehenden Verfahren, die Brechungsanzahl berechnet, nach der die physikalischen Parameter des zu kontrollierenden Materials bestimmt werden. Für die Realisierung dieses Verfahrens sind ein analoges Bauelement, das mit einer Möglichkeit des Frequenzumbaus des Erzeugers **5** bis zum Minimum des Eingangswiderstands des Umformers **1** ausgeführt ist, und ein Bauelement zur Frequenzmessung des Erzeugers **5** installiert.

[0076] Das Verfahren 2 ist im Vergleich zum Verfahren 1 schwieriger zu realisieren und ist mehr den Störeinflüssen unterworfen, die beispielsweise durch die unvollkommene Unterdrückung des Direktsignals hervorgerufen sind.

[0077] Als erklärende Zusätze müssen einige folgende Besonderheiten hervorgehoben werden, die diese technische Lösung kennzeichnen:
Durch die Verwendung des Effekts der gleichgerichteten Verteilung des Direktsignals in der angepassten Übertragungslinie kann die Länge von zusätzlichen Abschnitten **2** und **3** von 1 cm bis 10 m gewählt werden, und das fast ohne Einwirkung auf die Messgenauigkeit.

[0078] Die Frequenzmessung führt man bei einem minimalen Eingangswiderstand des Messumformers **1** durch. Diese Lösung schließt die Einwirkung der Konstruktion und der störenden Reaktivitäten des Durchführungsisolators **9** auf die Messergebnisse nahezu völlig aus. Als letzte Aussage wäre zu betonen: Da die Messungen bei dem minimalen Ein-

gangswiderstand des Messumformers **1** durchgeführt werden, überbrückt dessen niedriger Eingangswiderstand die störenden Reaktivitäten, die in den Messpunkt durch die Konstruktion des Durchführungsisolators **9** eingetragen werden, was eine hohe Messgenauigkeit erreichen lässt. Es ist anzumerken, dass die Längenabmessung des Durchführungsisolators **9** weitaus kürzer ist als die Längen des Messumformers **1** und die Wellenlänge sind.

[0079] Wie erwähnt, stellt die Verbindung von zusätzlichen Abschnitten **2** und **3** mit dem Messumformer **1** die Überbrückung auf der harmonischen Frequenz und die Übertragung des Signals zum Amplitudendetektor **4** sicher. Es ist aber auch die Hintereinanderschaltung der zusätzlichen Abschnitte **2** und **3** mit dem Messumformer **1** möglich. Diese Lösung ist in den **Fig. 7** und **Fig. 8** veranschaulicht. Bei dieser Verbindung wird der Maximalwert der Signalübertragung zum Detektor **4** auf den harmonischen Frequenzen sichergestellt. Da aber die Erfassungsgenauigkeit des Signalmaximalwerts normalerweise der Messgenauigkeit des Minimalwerts nachsteht, ist die Nebeneinanderschaltung der zusätzlichen Abschnitte **2** und **3** mit dem Messumformer **1** besonders bevorzugt.

[0080] Die Spannungsfernmessung am Eingang des Messumformers bringt alle elektronischen Bauelemente des Messgeräts weit außerhalb des Bereichs mit den extremen Bedingungen. Die Übertragung der elektronischen Bauelemente (Dioden der Gleichrichter **4** und **8**) von der Sonde in einen gemeinsamen elektronischen Block vereinfacht außerdem die Konstruktion des Messgeräts und stellt die Funktionserweiterung für seine Anwendung sicher.

[0081] Die technische Lösung gemäß der Erfindung kann bei kryogenischen Temperaturen oder Temperaturen um 1000°C und mehr verwendet werden.

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

- WO 2014/123450 A1 [0003]
- WO 2015/041568 A1 [0004]

Schutzansprüche

1. Gerät zur Messung von physikalischen Parametern eines Materials,

dadurch gekennzeichnet, dass es Folgendes aufweist:

- einen primären Messumformer, ausgeführt als Abschnitt einer langen Linie mit mindestens zwei Leitern mit einem Raum dazwischen, der für die Auffüllung mit dem erwähnten zu kontrollierenden Material vorgesehen ist,
- einen Amplitudendetektor mit einem Eingang und einem Ausgang,
- einen Primärsignalerzeuger mit einem Steuereingang, ausgeführt auf der Basis des nach Frequenz umstimmenden Erzeugers von Oberschwingungen,
- eine Mess- und Steuervorrichtung, an der der Steuereingang des Erzeugers und der Ausgang des Amplitudendetektors angeschlossen sind und
- einen ersten und einen zweiten zusätzlichen Abschnitt der Übertragungslinie, wobei der erste zusätzliche Abschnitt zwischen dem Eingang des primären Messumformers und dem Eingang des Amplitudendetektors angeschaltet ist und wobei der zweite zusätzliche Abschnitt der Übertragungslinie zwischen dem Ausgang des Erzeugers und dem Eingang des Messumformers angeschaltet ist, die Eingänge des ersten und des zweiten zusätzlichen Abschnitts der Übertragungslinie mit dem Eingang des Messumformers parallel verbunden sind und der erste zusätzliche Abschnitt der Übertragungslinie seitens des Amplitudendetektors angepasst ist.

2. Gerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erwähnten physikalischen Parameter des Materials die Feuchtigkeit des Materials, die Konzentration des Stoffgemisches, die Materialdichte, der Füllstand oder die Menge des Materials sind.

3. Gerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vereinbarung des ersten zusätzlichen Schnitts der Übertragungslinie seitens des Amplitudendetektors durch den Anschluss eines passenden Widerstands parallel zum Eingang des Amplitudendetektors sichergestellt ist.

4. Gerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anschluss von Leitern am Eingang des Messumformers durch einen Durchführungsisolator durchgeführt wird, der für die Abdichtung des Messumformers von der äußeren Umgebung entwickelt ist.

5. Gerät nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leiter des ersten und des zweiten zusätzlichen Schnitts und die Leiter der Übertragungslinie des Messumformers aus Metall gefertigt und resistent gegen extreme Temperaturen ausgeführt sind, und

dass die Verbindung der genannten Leiter angeschweißt ist.

6. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leiter des Messumformers geschlossen sind, wofür an die Leiter des Messumformers eine Kurzschlussachse angeschlossen ist.

7. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass an die Leiter des Messumformers am Ende ein Widerstand angeschlossen ist, der dem Wellenwiderstand einer langen Linie in dem zu kontrollierenden Material entspricht.

8. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass es einen zusätzlichen Amplitudendetektor enthält, wobei dessen Eingang an den Ausgang des Erzeugers angeschlossen ist, und der Ausgang des Amplitudendetektors an die Mess- und Steuervorrichtung angeschlossen ist.

9. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Erzeuger des Primärsignals als Synthesizer ausgeführt wird, der die Frequenz des Primärsignals über einen Zahlencode bildet, der von der Mess- und Steuervorrichtung angegeben wird, wobei die Mess- und Steuervorrichtung den Prozessor enthalten kann, der die physikalischen Parameter des Materials nach der Frequenz des Primärsignals berechnet, auf der der minimale Eingangswiderstand des Messumformers erreicht wird.

10. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mess- und Steuervorrichtung ein analoges Bauelement, das mit der Möglichkeit der Frequenzumstimmung des Erzeugers bis zum Minimum des Eingangswiderstands des Umformers ausgeführt ist, sowie ein Bauelement zur Messung der angegebenen Frequenz enthält.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

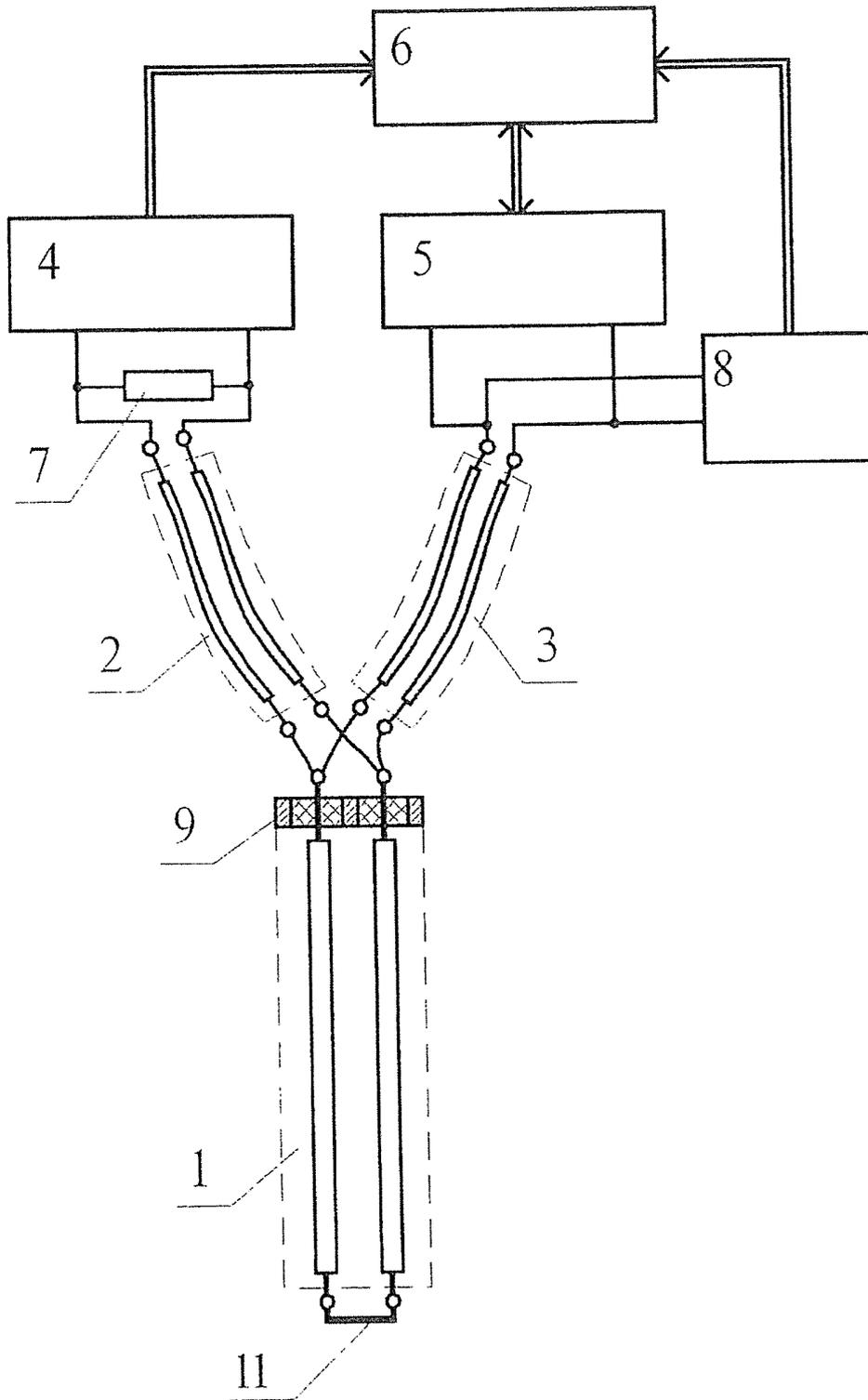


Fig. 1

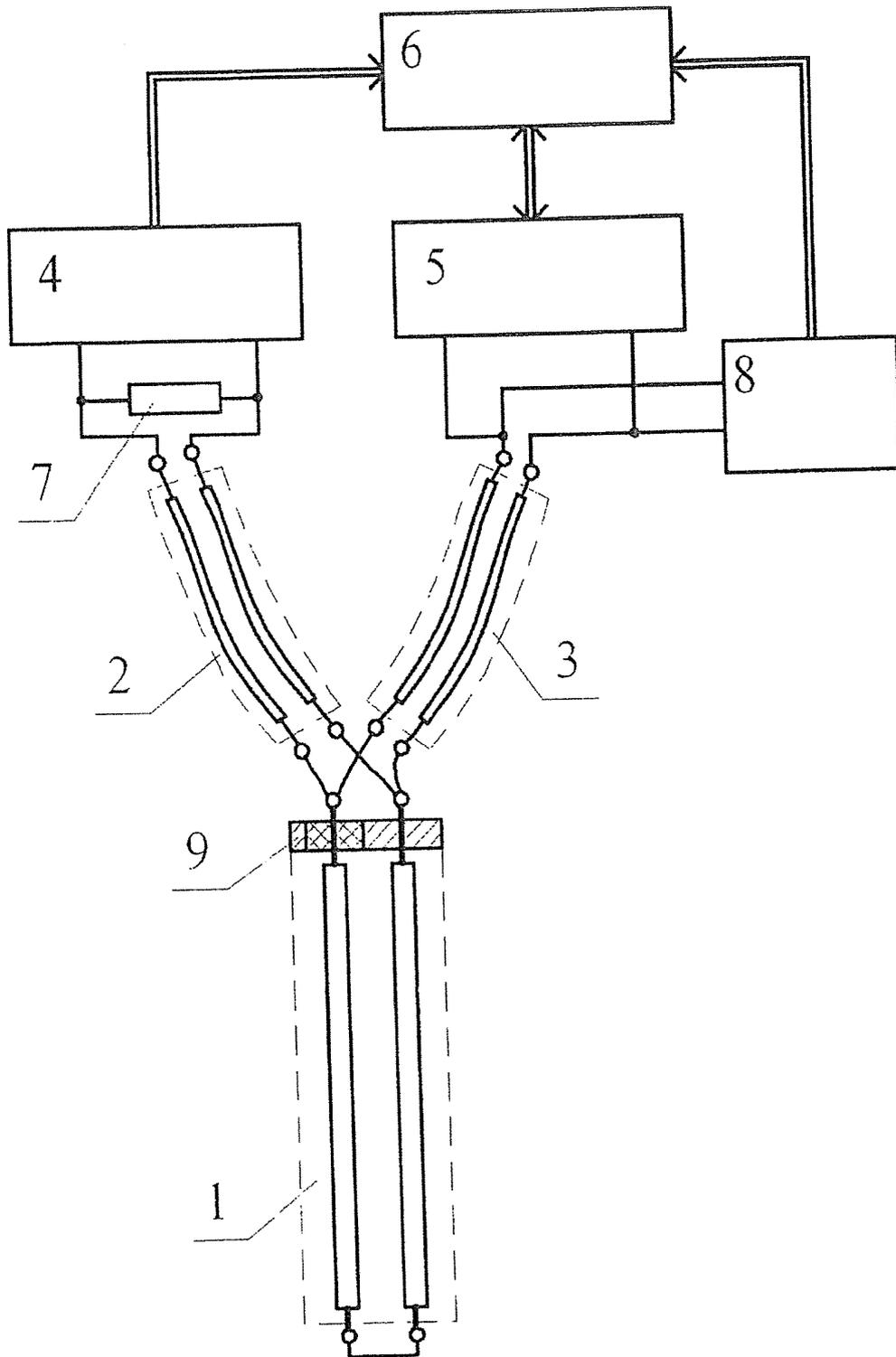


Fig. 2

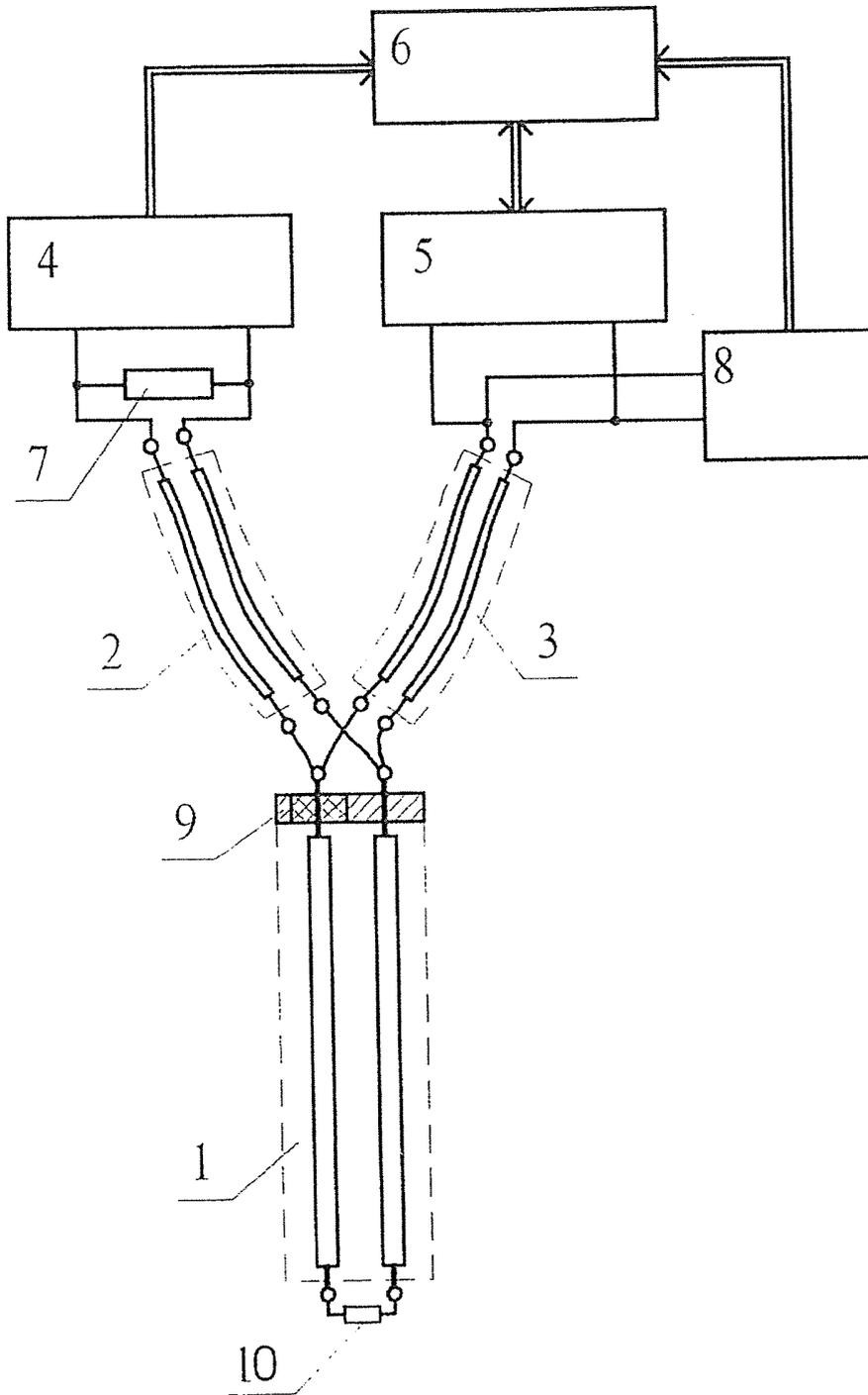


Fig. 3

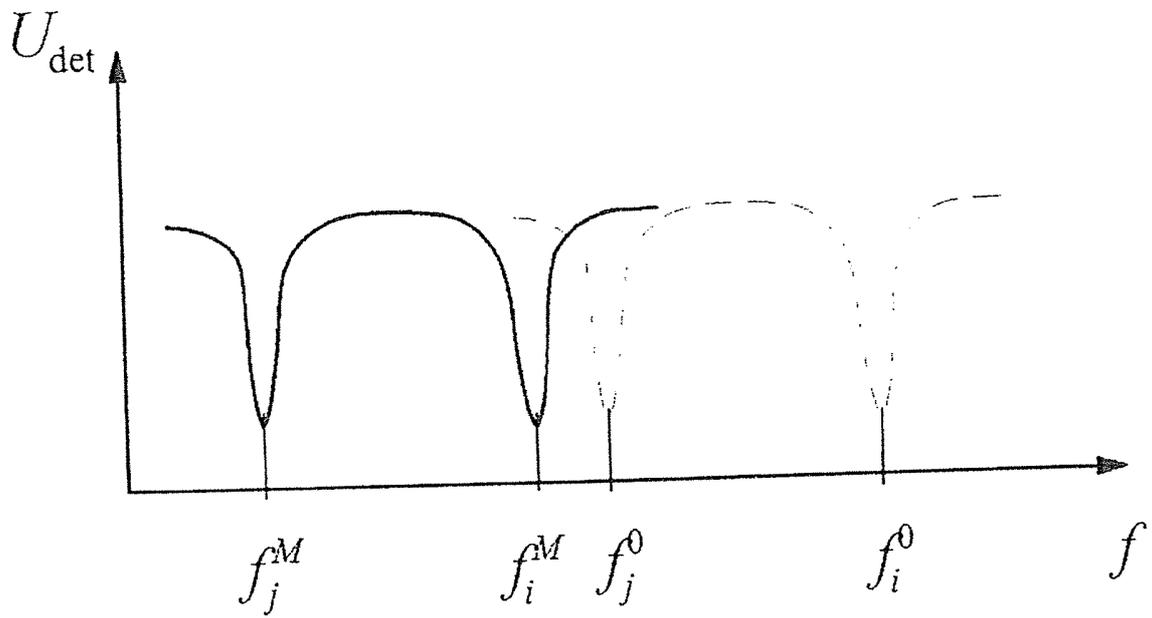


Fig. 4

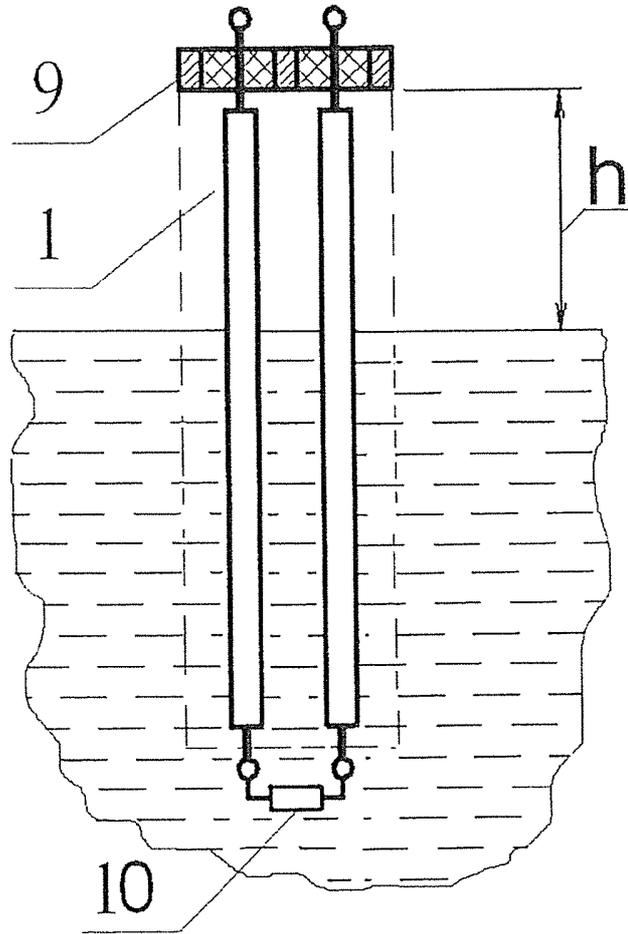


Fig. 5

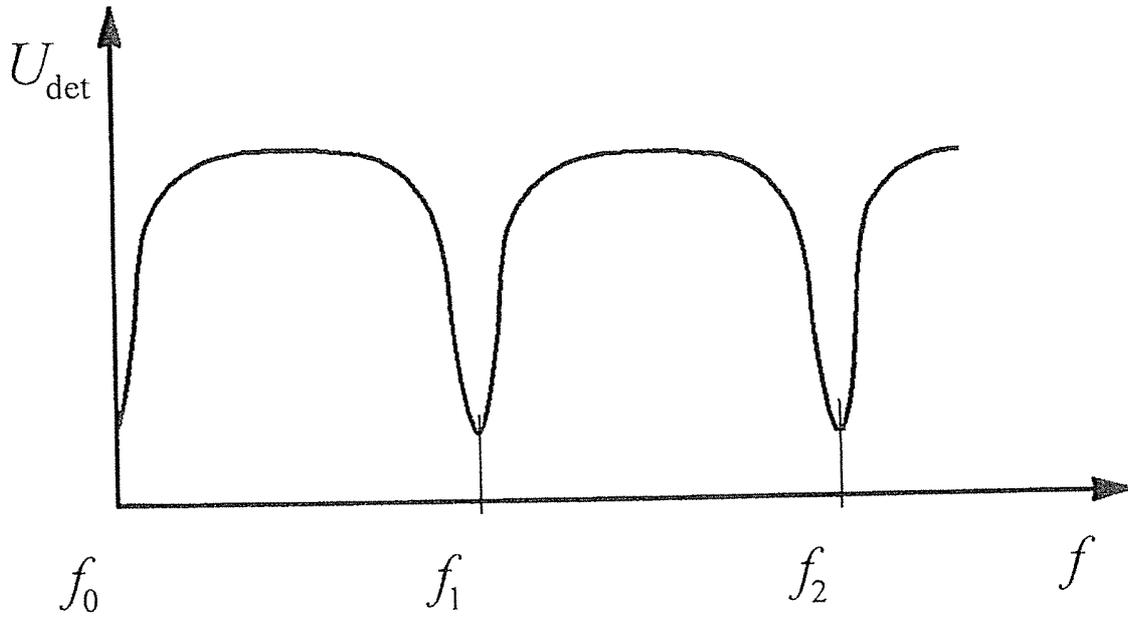


Fig. 6

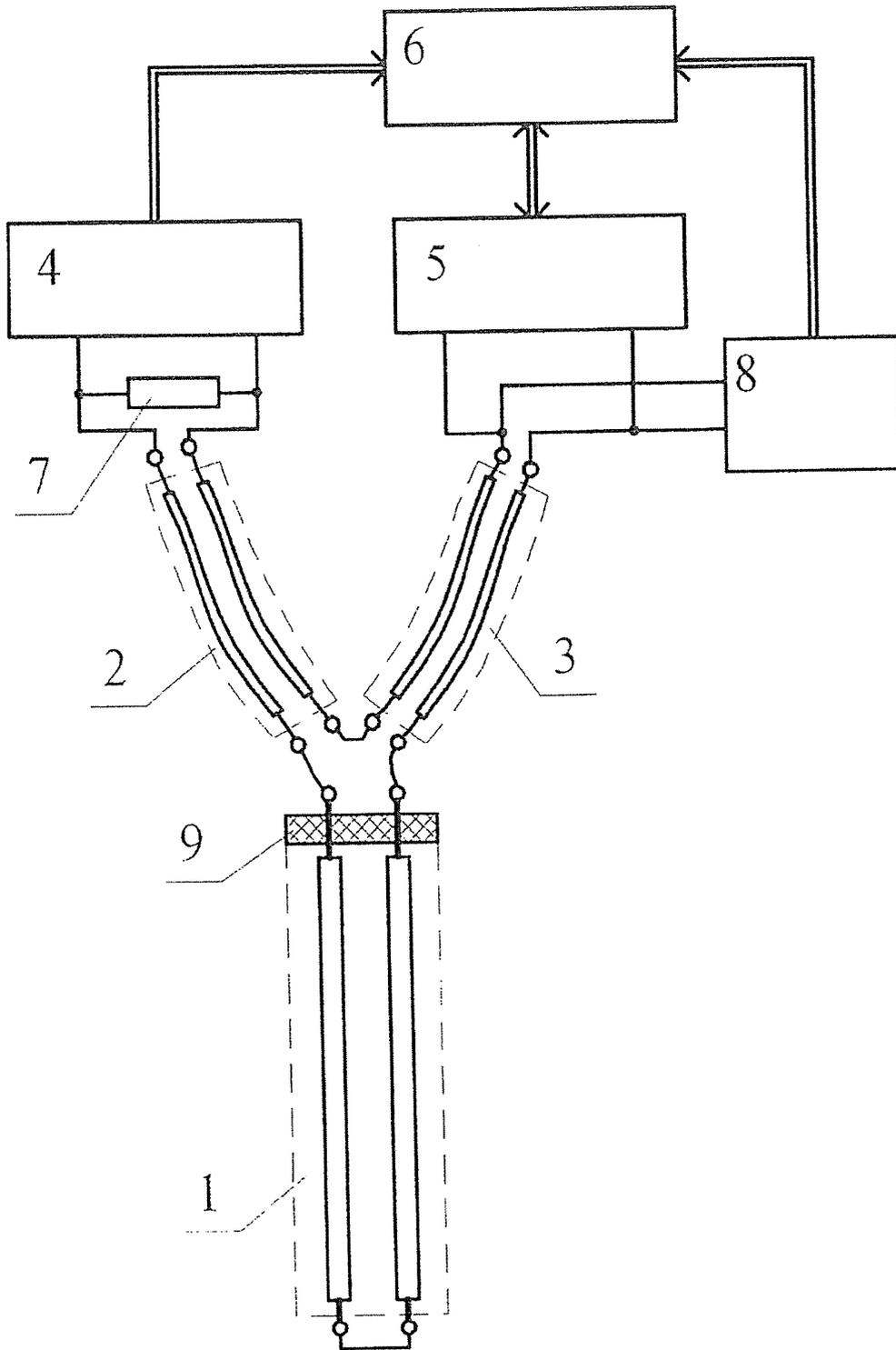


Fig. 7

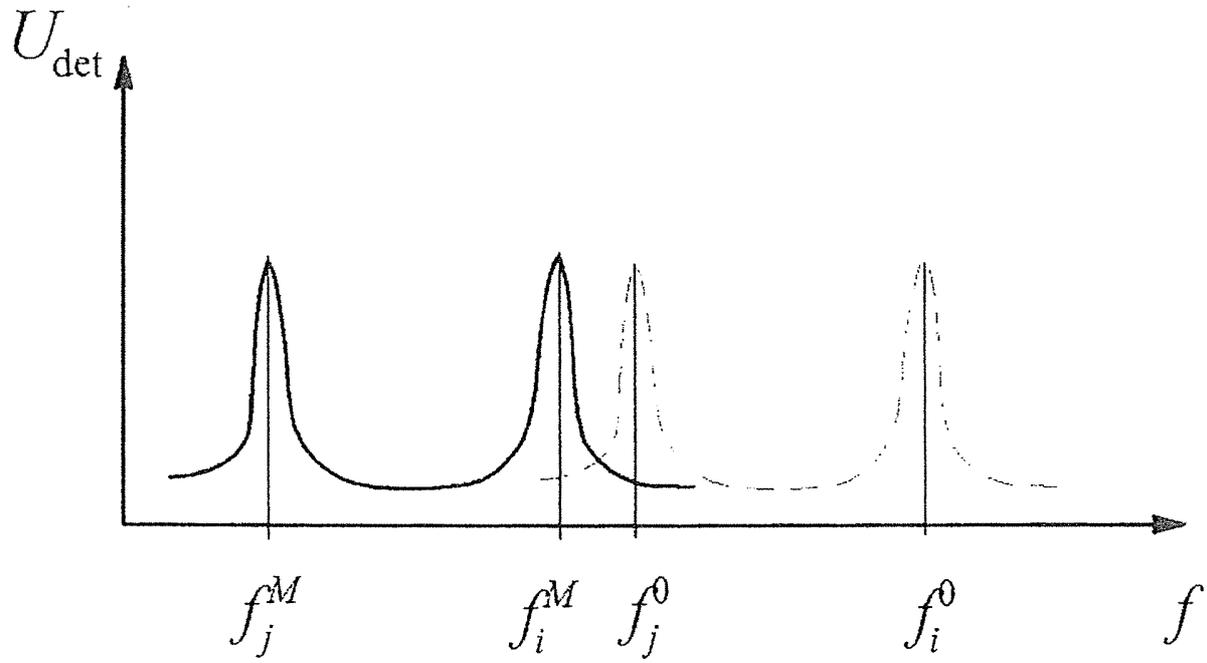


Fig. 8