



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 297 704 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27.10.1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) G 01 F 1/32
G 06 F 3/05

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) DD G 01 F / 343 807 8

(22) 04.09.90

(44) 16.01.92

(71) siehe (73)

(72) Adler, Jens, Dipl.-Ing.; Schöpflin, Ulrich, Dipl.-Ing., DE

(73) Elektro-Apparate-Werke Berlin GmbH, Hoffmannstraße 15/26, O - 1193 Berlin, DE

(74) Elektro-Apparate-Werke Berlin GmbH, ZFE, Geschäftsbereich SP, Storkower Straße 101, O - 1055 Berlin, DE

(54) Verfahren zur Bestimmung des Bezugsvolumens eines Fluides mittels Dichtemengenumwertung

(55) Bezugsvolumen; Fluid; Dichtemengenumwertung;
Wirbelzähler; Tiefpaßfilter; Trigger; Halteglied;
Analog-Digital-Umsetzer; Durchflußrechner;
Fouriertransformation

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung des Bezugsvolumenstromes eines Fluids mittels einer Dichtemengenumwertung unter Verwendung eines Wirbelzählers nach dem Prinzip der Karmanschen Wirbelstraße. Aus dem Meßsignal des Wirbelzählers werden nach der Signalvorverarbeitung die Signalfrequenz und die Signalamplitude von überlagerten Störungen befreit und anschließend vom Durchflußrechner ermittelt. Aus der so gewonnenen Signalfrequenz kann der Durchflußrechner den Volumenstrom, die Dichte und den Bezugsvolumenstrom des Fluides berechnen. Erfindungsgemäß wird der Bezugsvolumenstrom aus der mittels modifizierter Frequenzverhältnismessung ermittelten Frequenz sowie aus der durch modifizierte Diskrete Fouriertransformation bestimmten Amplitude des Meßsignales berechnet, wobei insbesondere die Amplitude aus dem der Frequenz entsprechenden Spektralkoeffizienten gewonnen wird. Fig. 1

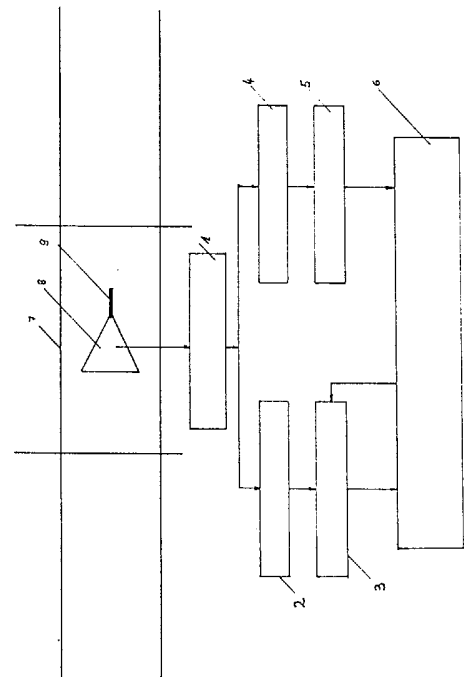


Fig. 1

Patentanspruch:

Verfahren zur Bestimmung des Bezugsvolumens eines Fluids mittels Dichtemengenumwertung unter Verwendung eines Wirbelzählers nach dem Prinzip der Karmanschen Wirbelstraße, einem Vorverstärker mit Tiefpaßfilter, steuerbaren Hoch- und Tiefpaßfiltern, einem Trigger, einem Halteglied, einem Analog-Digital-Wandler und einem Durchflußrechner, **gekennzeichnet dadurch**, daß erstens das aus dem Sensor des Wirbelzählers gewonnene analoge Signal $u(t)$ in Abhängigkeit der Frequenz mittels des steuerbaren Tief- und Hochpaßfilters (2) gefiltert, daß das so gewonnene Signal mit dem Trigger (3) in eine von Störungen freie Impulsfolge N_x gewandelt und daß aus dieser mittels modifizierter Frequenzverhältnismessung im Durchflußrechner (6) die Frequenz f_x und der Betriebsvolumenstrom V_1 berechnet wird, daß zweitens das analoge Signal $u(t)$ mittels Halteglied (4), Analog-Digital-Umsetzer (5) und Durchflußrechner (6) digitalisiert, im Durchflußrechner (6) durch modifizierte diskrete Fouriertransformation der Betrag des Spektralkoeffizienten $|F(i)|$ der zuvor berechneten Frequenz entspricht, ermittelt sowie daraus die von überlagerten Störungen befreite Amplitude $\hat{U}$ berechnet, daß drittens die Betriebsdichte ρ aus der Amplitude $\hat{U}$ und dem Quadrat der Frequenz gewonnen wird und letztendlich aus der Betriebsdichte ρ , der Bezugsdichte ρ und der Betriebsvolumenstrom $\dot{V}$ der Bezugsvolumenstrom $\dot{V}_b$ bzw. das Bezugsvolumen im Durchflußrechner (6) bestimmt wird.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung des Bezugsvolumenstromes eines Fluids mittels Dichtemengenumwertung unter Verwendung eines Wirbelzählers nach dem Prinzip der Karmanschen Wirbelstraße. Das Verfahren ist für die Bilanzierung von gasförmigen und flüssigen Rohstoffen sowie Energieträgern besonders geeignet und kann bei der Realisierung von Meßaufgaben mit geringeren Genauigkeitsanforderungen Verwendung finden.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Es ist aus der Literatur allgemein bekannt, daß bei der Anwendung von Wirbelfrequenzdurchflußmessern neben der mittleren Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Volumenstromes in einer Rohrleitung über die Ablösefrequenz an einem Störkörper nach der Beziehung $f \sim c$ bei geeigneter Auswahl und Anordnung von Meßumformern bzw. Fühlern auch ein elektrisches Signal ermittelt werden kann, welches die Schwankungen der kinetischen Energie des Fluids nach Ablösung von Wirbeln an einem Störkörper proportional abbildet.

In dem so gewonnenen elektrischen Signal läßt sich neben der Signalfrequenz auch die Signalamplitude U auswerten, welche proportional der Dichte des Fluids und dem Quadrat der mittleren Strömungsgeschwindigkeit ist. Es gilt:

$$U \sim \rho \cdot \bar{c}^2 \quad (1)$$

bzw.

$$\rho \sim \dot{U}/f^2 \quad (2)$$

Eine Lösung, in der beide Effekte ausgenutzt werden und über eine geeignete Schaltungsanordnung der Massestrom eines Fluids bestimmt werden kann, wird in der US Patentschrift 3885432 beschrieben. Das den Druckschwankungen proportionale elektrische Signal wird in dieser Lösung unter Verwendung eines Druckmeßumformers gewonnen. In dem DD-WP 256367 wird der Effektivwert des Meßsignales mittels einer elektronischen Schaltung ermittelt. Nachteil dieses Verfahrens ist, daß Störungen des Meßsignales unzureichend eliminiert werden. Aus der Literatur ist allgemein bekannt, daß zur Ermittlung der Amplitude eines Signales die Diskrete Fouriertransformation Anwendung findet. In der Rechentechnik hat sich insbesondere die schnelle Fouriertransformation (FFT) durchgesetzt. Mit der FFT kann somit die Frequenz und die Amplitude eines Spektralanteiles, insbesondere der Grundschwingung des Meßsignales, ermittelt werden. Auf diese Weise können Stör- und Nutzanteil des Meßsignales getrennt werden. Ein Verfahren zur dynamischen und dichteunabhängigen Bestimmung des Massestromes von Fluiden wird in EP 0046965 vorgeschlagen. Das Verfahren ist durch einen einzigen Störkörper gekennzeichnet, an dem sowohl die Wirbelablösefrequenz als auch der Staudruck gemessen werden. Aus beiden Größen wird über die Beziehung

$$m = 2^{1/2} \cdot \rho \cdot V^2 / A/V \quad (3)$$

der Massestrom bestimmt. In der DE-AS 1498271 ist eine weitere Anordnung zur Messung des Massestromes ohne bewegte Teile dargestellt. Den Lösungen von US PS-3885432 und DE-AS 1498271 ist gemeinsam, daß die Ausgabe der Dichte nicht möglich ist. Den beiden Lösungen sowie der in EP 0046965 beschriebenen ist außerdem gemeinsam, daß ein volkswirtschaftlich sehr relevantes Problem, die Bestimmung des Bezugsvolumens, mit diesen Verfahren bzw. Anordnungen nicht gelöst wird. Weitere Anordnungen zur unabhängigen Messung des Durchflusses bzw. der Dichte zwecks Bestimmung der Masse bzw. des Massestromes eines Fluids sind in den Schriften DE-PS 2948961, DE-PS 2935891, DE-OS 3218940 und DD-WP 222121 zu finden. Die zuletzt genannten Lösungen stehen stellvertretend für eine Vielzahl ähnlicher Lösungen, bei denen zwei unabhängige Messungen (Durchfluß und Dichte) notwendig sind. Auf diese Lösungen soll deshalb nicht eingegangen werden.

Ziel der Erfindung

Die Nützlichkeit der Erfindung besteht darin, den Rechenaufwand zu verringern sowie die Meßwertsicherheit zu erhöhen, bei minimalem Aufwand zur Erfüllung der Meßaufgabe.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Lösungsfindung eines Verfahrens zur Dichtemengenumwertung von Fluiden unter Verwendung eines Wirbelzählers nach dem Prinzip der Karmanschen Wirbelstraße, wobei eine Trennung von Nutz- und Störanteil des Meßsignales auch für Störanteile, die direkt am Nutzanteil liegen, zu ermöglichen ist. Aus dem Meßsignal des Wirbelzählers werden nach der Signalvorverarbeitung die Signalfrequenz und die Signalamplitude von überlagerten Störungen befreit und anschließend vom Durchflußrechner ermittelt. Aus der so gewonnenen Signalfrequenz und Signalamplitude kann der Durchflußrechner den Volumenstrom und die Dichte des Fluids berechnen. Erfindungsgemäß wird das durch den Geber des Wirbelzählers gewonnene analoge, verstärkte Signal einerseits mittels einer bekannten Auswerteelektronik zu einer von Störungen freie Impulsfolge und daraus die Frequenz f_x nach der Gleichung

$$f_x = N_x \cdot f_o / N_o \quad (4)$$

(f_o – normierte Frequenz, N_o normierte Impulszahl) berechnet, andererseits wird das Meßsignal digitalisiert und zur Berechnung der Amplitude dem Durchflußrechner übergeben. Aus den diskreten Abtastwerten des Meßsignales wird mittels Diskreter Fouriertransformation die Amplitude berechnet, wobei nur der Spektralkoeffizient, der der zuvor ermittelten Frequenz f_x entspricht, berücksichtigt wird:

$$\hat{U} = |F(i)| \cdot 2/N \quad (5)$$

$$\text{mit } |F(i)| = \sqrt{\left(\sum_{k=0}^{N-1} x(k) \cdot \cos\left(\frac{2\pi f \times k}{f_a}\right) \right)^2 + \left(\sum_{k=0}^{N-1} x(k) \cdot \sin\left(\frac{2\pi f \times k}{f_a}\right) \right)^2} \quad (6)$$

$$i = f_x \cdot N / f_a \quad (7)$$

$$\hat{U} = 2 \cdot \sqrt{\left(\sum_{k=0}^{N-1} x(k) \cdot \cos\left(\frac{2\pi f \times k}{f_a}\right) \right)^2 + \left(\sum_{k=0}^{N-1} x(k) \cdot \sin\left(\frac{2\pi f \times k}{f_a}\right) \right)^2} / N \quad (8)$$

$\hat{U}$ – Amplitude
 $F(i)$ – i-ter Spektralkoeffizient
 N – Anzahl der Abtastwerte
 f_a – Abtastfrequenz
 $x(k)$ – k-ter Abtastwert

Für die Dichte des Fluids gilt:

$$\rho = U / K_b f_x \quad (9)$$

(K_b – Proportionalitätsfaktor).

In den Proportionalitätsfaktor gehen eine Reihe von Größen ein, wie die Strouhalzahl, der Übertragungsfaktor des Sensors, die Geometrie von Störkörper und Rohrleitung, Übertragungsfaktoren der elektronischen Bauelemente, ein. Somit kann der Bezugsvolumenstrom $\dot{V}_b$ mittels Dichtemengenumwertung nach der Gleichung

$$\dot{V}_b = \rho_1 / \rho_b \cdot \dot{V}_1 \quad (10)$$

$$\text{mit } \dot{V}_1 = f_x \cdot K_f \quad (11)$$

(ρ Bezugsdichte, $\dot{V}_1$ Betriebsvolumenstrom) berechnet werden. Das Bezugsvolumen $\dot{V}_b$ läßt sich nun letztlich durch Integration des Bezugsvolumenstromes $\dot{V}_b$ über die Zeit ermitteln.

Ausführungsbeispiel

Figur 1 zeigt eine Anordnung zur Ausführung des Verfahrens. Figur 2 zeigt das Prinzip des Wirbelzählers. Gemäß Fig. 2 werden bei vorhandenem Durchfluß im Geberrohr 7 am Störkörper 8 des Wirbelzählers Wirbel 11 abgelöst, die hinter dem Störkörper 8 zu Schwankungen der kinetischen Energie des Fluids führen und Ursache für die Auslenkung der Federplatte 9 mit Piezoabtastsystem 10 sind. Das vom Piezoabtastsystem 10 abgegebene analoge elektrische Signal $u(t)$ ist ein Abbild für die Druckschwankungen hinter dem Störkörper 8. Gemäß Fig. 1 wird das Signal $U(t)$ auf einen Vorverstärker mit Tiefpaß 1 geführt und anschließend getrennt weiterverarbeitet. Das Signal $u(t)$ wird zum einen mit frequenzabhängig gesteuertem Hoch- und Tiefpaßfilter 2 sowie mit einem Trigger 3 verbunden. Als Ausgangssignal steht zur programmtechnischen Weiterverarbeitung im Durchflußrechner 6 nach Gleichung (4) eine Impulsfolge $N_x(f_x)$ zur Verfügung.

Außerdem wird das Signal $u(t)$ auf ein Halteglied 4 geführt, anschließend durch einen Analog-Digital-Umsetzer 5 digitalisiert und dem Durchflußrechner 6 zugeführt. Im Durchflußrechner 6 wird aus den digitalisierten Werten von $u(t)$ die Amplitude $\hat{U}(f_x)$ der Grundschiwingung (Nutzanteil) nach Gleichung (5) berechnet. Nach Gleichung (9) kann nun die Dichte des Fluids aus der Frequenz und der Amplitude des von überlagerten Störungen befreiten Meßsignales bestimmt werden. Zur Bestimmung des Bezugsvolumenstromes nach Gleichung (10) ist die Bezugsdichte als Konstante im Durchflußrechner 6 abgelegt. Der benötigte Betriebsvolumenstrom $\dot{V}_1$ wurde nach Gleichung (11) bestimmt. Durch Integration des Bezugsvolumenstromes V_b über die Zeit erhält man das Bezugsvolumen V_b .

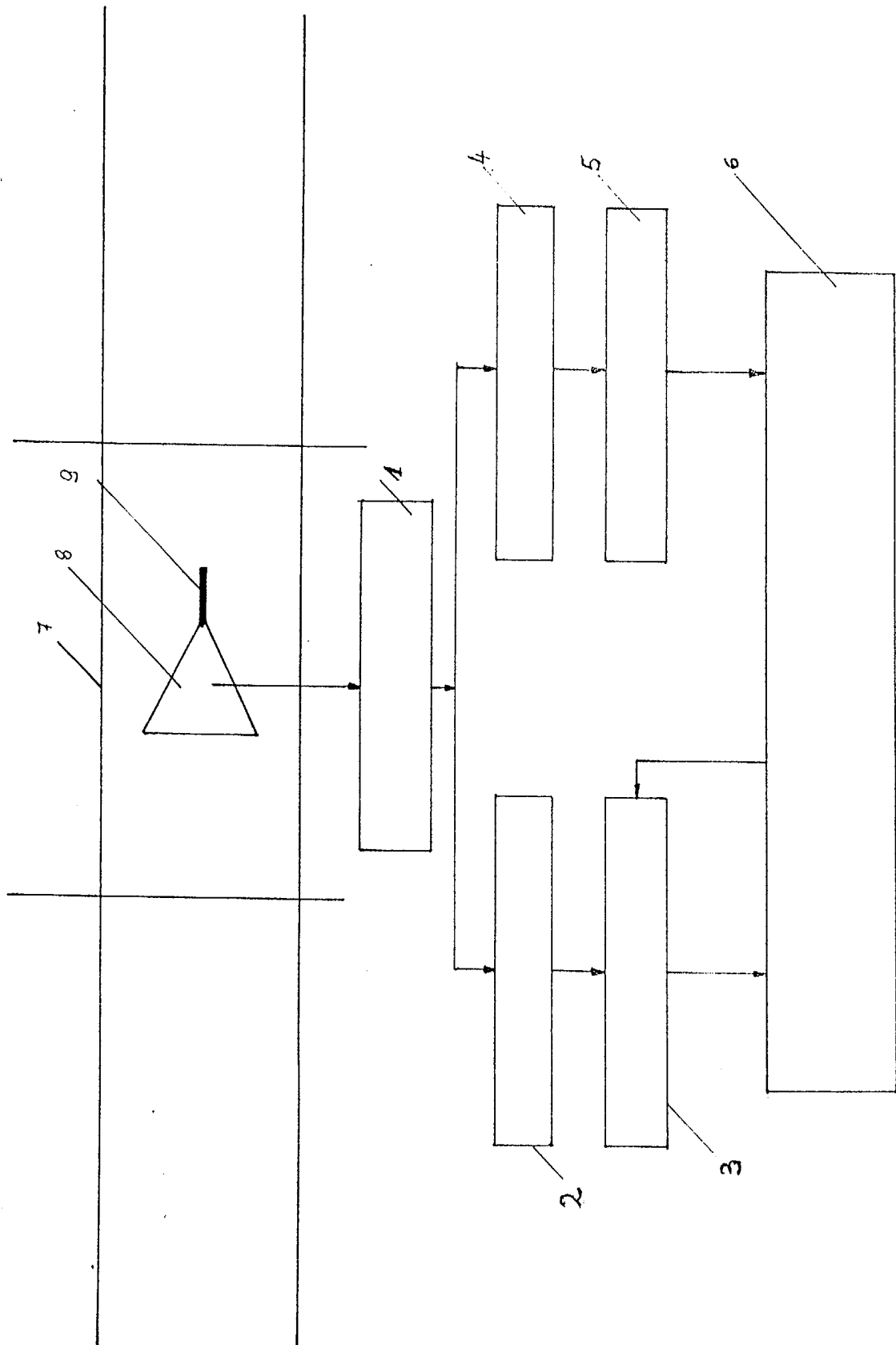


Fig. 1

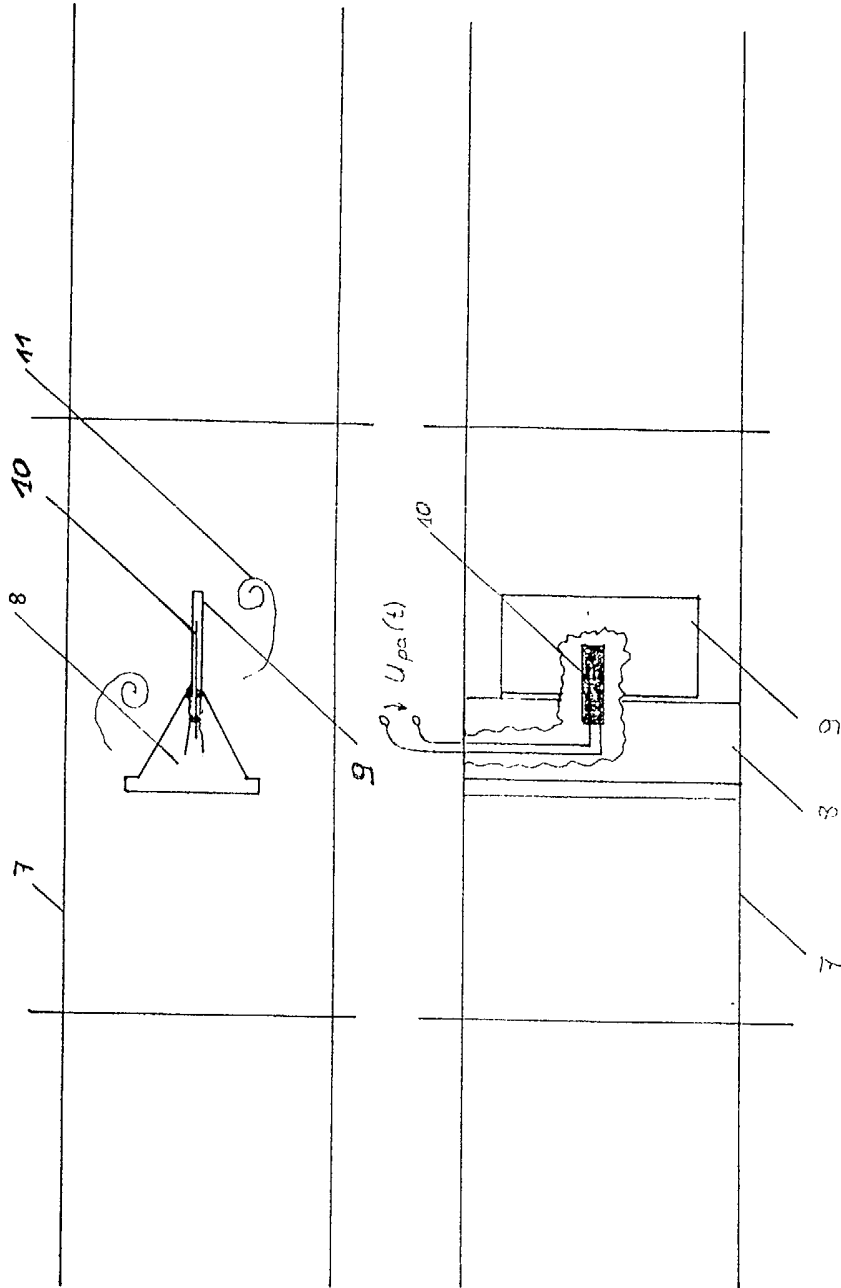


Fig. 2