



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 898 112 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
24.02.1999 Patentblatt 1999/08

(51) Int. Cl.⁶: F17D 1/04, F17D 3/18

(21) Anmeldenummer: 97810570.8

(22) Anmeldetag: 15.08.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV RO SI

(71) Anmelder: Asea Brown Boveri AG
5401 Baden (CH)

(72) Erfinder: Hepner, Stephan, Dr.
5628 Althäusern (CH)

(74) Vertreter: Klein, Ernest et al
Asea Brown Boveri AG
Immaterialgüterrecht(TEI)
Haselstrasse 16/699 I
5401 Baden (CH)

(54) Rohrleitungssystem zur gesteuerten Verteilung eines strömenden Mediums sowie Verfahren zum Betrieb eines solchen Rohrleitungssystems

(57) Ein Rohrleitungssystem (10) zur gesteuerten Verteilung eines strömenden Mediums umfasst eine Hauptleitung (11), welche sich an einem Verzweigungspunkt (12) in eine Mehrzahl von Zweigleitungen (13, 14, 15) verzweigt, in jeder der Zweigleitungen eine veränderbare Drosselstelle (V1, V2, V3), mit welcher der Massenstrom in jeder der Zweigleitungen (13, 14, 15) einstellbar ist, sowie zu jeder Drosselstelle (V1, V2, V3) eine erste Druckmesseinrichtung (PM1, PM2, PM3), mit welcher der Druckabfall des strömenden Mediums an der jeweiligen Drosselstelle (V1, V2, V3) gemessen wird. Eine Redundanz in der Messung bei begrenztem Zusatzaufwand wird dadurch erreicht, dass zumindest zwischen zwei der Zweigleitungen (13, 14 bzw. 13, 15 bzw. 14, 15) in Strömungsrichtung hinter den Drosselstellen (V1, V2 bzw. V1, V3 bzw. V2, V3) eine zweite Druckmesseinrichtung (PM10 bzw. PM11 bzw. PM12) zur Messung des Differenzdruckes zwischen den jeweiligen Zweigleitungen (13, 14 bzw. 13, 15 bzw. 14, 15) angeordnet ist.

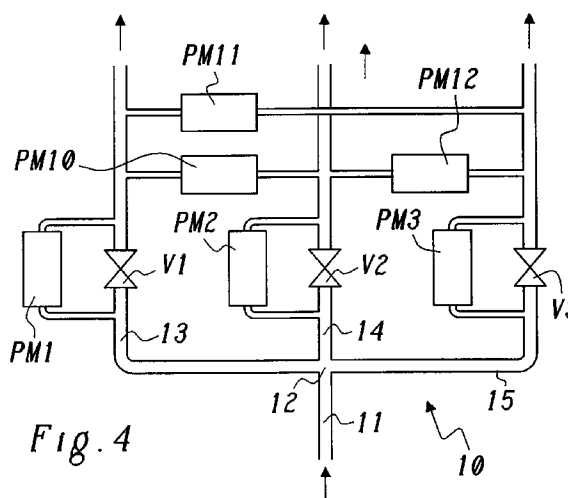


Fig. 4

EP 0 898 112 A1

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

- 5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Rohrleitungssystem zur Verteilung eines strömenden Mediums, umfassend eine Hauptleitung, welche sich an einem Verzweigungspunkt in eine Mehrzahl von Zweigleitungen verzweigt, in jeder der Zweigleitungen eine veränderbare Drosselstelle, mit welcher der Massenstrom in jeder der Zweigleitungen einstellbar ist, sowie zu jeder Drosselstelle eine erste Druckmesseinrichtung, mit welcher der Druckabfall des strömenden Mediums an der jeweiligen Drosselstelle gemessen wird.
- 10 **[0002]** Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Betrieb eines solchen Rohrleitungssystems.

STAND DER TECHNIK

- 15 **[0003]** In der Kraftwerkstechnik oder auch anderen Anwendungsgebieten besteht häufig die Aufgabe, eine Vielzahl von Verbrauchern mit einem Massenstrom eines kompressiblen oder inkompressiblen Mediums (z.B. Kühlwasser, Dampf, Öl oder dgl.) zu versorgen. Das dazu verwendete Versorgungssystem besteht typischerweise aus einem Netz von Rohrleitungen, welches sich durch Verzweigungspunkte (Knotenpunkte) auszeichnet, an denen sich eine Hauptleitung (ein Hauptstrom des Mediums) in zwei oder mehr Zweigleitungen (Zweigströme) verzweigt, welche zu den einzelnen Verbrauchern oder Gruppen von Verbrauchern führen. In vielen Fällen ist es dabei notwendig, dass der
- 20 Massenstrom in jeder einzelnen Zweigleitung gemäss den Anforderungen des oder der Verbraucher(s) gesteuert wird. Dazu kann beispielsweise in der Zweigleitung ein Steuerventil angeordnet sein, dessen Hub so eingestellt ist, dass der gewünschte Massenstrom durch das Ventil hindurchströmt.

- [0004]** Eine einfacher Art und Weise, den Massenstrom des Mediums durch ein Steuerventil zu steuern, besteht darin, den Ventilhub zu berechnen, der zur Verwirklichung des vorgegebenen Massenstroms benötigt wird. Die Berechnung des Ventilhubes basiert typischerweise auf dem am Steuerventil gemessenen Druckverlust (Druckabfall), der Charakteristik des Ventils und den Eigenschaften des Mediums. Im einfachsten Fall ergibt sich dann (z.B. für das Brennstoffversorgungssystem einer industriellen Gasturbine) ein Rohrleitungssystem, wie es in Fig. 1 wiedergegeben ist. Im Rohrleitungssystem 10 der Fig. 1 verzweigt sich eine Hauptleitung 11 an einem Verzweigungspunkt 12 in (beispielsweise) drei Zweigleitungen 13, 14 und 15. In jeder der Zweigleitungen 13, 14, 15 ist ein Ventil V1 bzw. V2 bzw. V3 vorgesehen, mittels dessen der Massenfluss durch die jeweilige Zweigleitung eingestellt (gesteuert) werden kann. Parallel zum Ventil V1, V2, V3 ist jeweils eine Druckmesseinrichtung PM1 bzw. PM2 bzw. PM3 angeordnet, die den Druckabfall am Ventil misst.
- 30 **[0005]** Wird der Ventilhub der Ventile V1,...,V3 mit h bezeichnet, so ist h eine Funktion der Ventilcharakteristik K_V , nämlich

$$h=h(K_V). \quad (1)$$

- [0006]** Für ein kompressibles Medium (z.B. das Brenngas für die Gasturbine) ergibt sich die Grösse K_V für unterkritische Strömungsverhältnisse zu

$$K_V=\alpha(dm/dt)[T_M/(p_M-\Delta p)]^{1/2}[1/\Delta p]^{1/2}, \quad (2)$$

- mit der Konstante α , dem Massenstrom dm/dt , dem Druck p_M und der Temperatur T_M am Verzweigungspunkt 12 bzw. in der Hauptleitung 11, und dem Druckabfall Δp am Ventil. Für einen vorgegebenen Massenstrom dm/dt lässt sich die Grösse K_V aufgrund der gemessenen Grössen T_M , p_M und Δp nach Gleichung (2) bestimmen. Aus der vorgegebenen Ventilcharakteristik $K_V(h)$ kann daraus der Ventilhub berechnet werden. Eine vergleichbare Bestimmung kann auch für inkompressible Medien durchgeführt werden.
- 45 **[0007]** Die wichtigste Grösse für die Berechnung des Ventilhubes ist der an den Ventilen V1,...,V3 gemessene Druckabfall. Wenn diese Messung fehlerhaft wird, führt dies zu einem nicht akzeptierbaren Ausfall des Versorgungssystems (und im Fall einer Gasturbine zu einer Schnellabschaltung) oder sogar (z.B. im Fall eines Kühlwassersystems) zu einem Sicherheitsrisiko. Es ist daher in vielen Fällen wünschenswert, die Messung des Druckabfalls an den Ventilen V1,...,V3 redundant auszuführen, so dass ein Fehler bei einer einzelnen Messung des Druckabfalls Δp den fortlaufenden, sicheren Betrieb der Anlage nicht berührt oder beeinträchtigt (Verfügbarkeits-Erfordernis bzw. Availability Requirement AR).

- 55 **[0008]** Der Zweck eines Redundanz-Konzeptes ist ein zweifacher: (1) Das Auftreten eines Messfehlers soll erkannt und die fehlerhafte Messeinrichtung bzw. der fehlerhafte Messkanal sollen identifiziert werden. (2) Die (nicht) brauchbaren Messwerte sollen durch redundant ermittelte Messwerte ersetzt werden.

- [0009]** Es sind dabei zwei grundsätzliche Fehlerarten zu berücksichtigen:

Gemeldete Fehler (Notified Failure NF): Diese Fehlerart umfasst alle Fehler, die vom Sender oder einer anderen I/O-Einrichtung durch ein Bad-Data-Quality(BDQ)-Signal an das Steuerungssystem gemeldet werden. Aufgrund des BDQ-Signals weiss das Steuerungssystem, welche Δp -Messung fehlerhaft ist. Dies passiert typischerweise, wenn eine Messleitung unterbrochen ist oder ein Fehler in einer Komponente in der Messkette auftritt.

Drift in der Messung: Diese Fehlerart beschreibt die schleichende Verschlechterung des Messsignals, so dass die übertragene Information nicht länger eine gültige Messung des Druckabfalls ist. Sie kann nicht detektiert werden und wird dementsprechend auch nicht an das Steuerungssystem gemeldet. Es müssen daher andere Wege beschritten werden, um diese Fehlerart zu handhaben.

[0010] Die redundante Messung des Druckabfalls kann gemäss Fig. 2 mit einer zweifachen Redundanz durchgeführt werden. Im Fall der zweifachen Redundanz ist pro Ventil neben der bereits vorhandenen Druckmesseinrichtung PM1,...,PM3 jeweils eine zweite Druckmesseinrichtung PM4,...,PM6 parallel angeordnet. Ist eine der beiden Druckmessungen (pro Ventil) fehlerhaft, kann auf die andere Druckmessung umgeschaltet werden. Dies ist jedoch nur möglich für gemeldete Fehler, bei denen die fehlerhafte Messung durch das BDQ-Signal detektiert werden kann. Eine Drift der Messung dagegen kann durch die zweifache Redundanz nicht beherrscht werden, weil bei nur zwei unabhängigen Messungen pro Ventil nicht entschieden werden kann, welche der beiden Messungen gestört ist (bzw. driftet).

[0011] Zur Ueberwindung dieses Problems kann die redundante Messung des Druckabfalls gemäss Fig. 3 mit einer dreifachen Redundanz durchgeführt werden. Im Fall der dreifachen Redundanz ist pro Ventil neben der bereits vorhandenen Druckmesseinrichtung PM1,...,PM3 jeweils eine zweite Druckmesseinrichtung PM4,...,PM6 und eine dritte Druckmesseinrichtung PM7,...,PM9 parallel angeordnet. Zur Bestimmung der fehlerhaften Messung bei einer Drift wird das 2-aus-3-Wahl-Prinzip angewendet. Beim 2-aus-3-Wahl-Prinzip wird angenommen, dass, wenn 2 von 3 Messkanälen dieselben Messwerte liefern, diese Messkanäle fehlerfrei arbeiten, während der dritte Messkanal fehlerbehaftet ist.

[0012] Sowohl bei der in Fig. 2 dargestellten zweifachen Redundanz als auch insbesondere bei der in Fig. 3 dargestellten dreifachen Redundanz ergibt sich der Nachteil, dass sehr viele unabhängige Druckmesseinrichtungen PM1,...,PM6 bzw. PM1,...,PM9 eingesetzt werden müssen, was insbesondere bei der dreifachen Redundanz mit 3 Druckmesseinrichtungen pro Zweigleitung zu einem erheblichen Aufwand führt.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0013] Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Rohrleitungssystem der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, dass eine erhöhte Fehlertoleranz bei vergleichsweise geringem Zusatzaufwand bei der Messwerterfassung erreicht wird.

[0014] Die Aufgabe wird bei einem Rohrleitungssystem der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass zum Erreichen einer Redundanz in der Druckmessung zumindest zwischen zwei der Zweigleitungen in Strömungsrichtung hinter den Drosselstellen eine zweite Druckmesseinrichtung zur Messung des Differenzdruckes zwischen den jeweiligen Zweigleitungen angeordnet ist. Durch das Hinzufügen der zweiten Druckmesseinrichtung in der angegebenen Weise wird für die Messung des Druckabfalls an den Drosselstellen der beiden betroffenen Zweigleitungen eine zweifache Redundanz erreicht. Die drei Druckmesseinrichtungen messen die Differenzen zwischen insgesamt drei Drücken (dem Druck in der Hauptleitung und den Drücken in den beiden Zweigleitungen hinter den Drosselstellen), wobei jeder der drei Drücke jeweils von zwei Druckmesseinrichtungen als Referenzwert genommen wird. Bei einer fehlerfreien Messung sind daher die drei Messwerte der drei Druckmesseinrichtungen linear abhängig: die Summe der Messwerte muss (bei richtiger Wahl der Vorzeichen) gleich Null sein. Jeder Druckmesswert für eine Zweigleitung lässt sich daher auf zwei verschiedene Weisen (zweifach redundant) ermitteln: Einmal als direkter Messwert der zugehörigen ersten Druckmesseinrichtung, und zum anderen aus der Summe der Messwerte der beiden anderen Druckmesseinrichtungen. Durch die Erfindung lässt sich so mit drei Druckmesseinrichtungen für zwei Zweigleitungen eine zweifache Redundanz verwirklichen, während bei Anwendung des Schemas aus Fig. 2 vier Druckmesseinrichtungen nötig wären.

[0015] Soll die zweifache Redundanz für alle Zweigleitungen verwirklicht werden, ist gemäss einer ersten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung zwischen jeder Zweigleitung und je einer anderen Zweigleitung eine zweite Druckmesseinrichtung zur Messung des Differenzdruckes zwischen den jeweiligen Zweigleitungen angeordnet. Bei n Zweigleitungen werden so n-1 Druckmesseinrichtungen benötigt.

[0016] Noch deutlicher wird die Einsparung, wenn mit dem Prinzip der Erfindung die dreifache Redundanz erzielt werden soll. Gemäss einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird dies dadurch erreicht, dass zwischen jeder Zweigleitung und je zwei weiteren Zweigleitungen jeweils eine zweite Druckmesseinrichtung zur Messung des Differenzdruckes zwischen den jeweiligen Zweigleitungen angeordnet ist.

[0017] Das erfindungsgemässe Verfahren zum Betrieb des Rohrleitungssystems zeichnet sich dadurch aus, dass für jedes Paar von Zweigleitungen die zugehörigen ersten Druckmesseinrichtungen und die zwischen dem Paar von Zweigleitungen angeordnete zweite Druckmesseinrichtung jeweils zu einer Gruppe zusammengefasst werden, wobei

bei ordnungsgemässer Funktion der Druckmesseinrichtungen für jede Gruppe von Druckmesseinrichtungen die Summe der Druckmesswerte gleich Null ist, und dass, wenn innerhalb einer Gruppe eine der ersten Druckmesseinrichtungen ausfällt, der zugehörige Druckmesswert aus den Druckmesswerten der beiden anderen Druckmesseinrichtungen der Gruppe bestimmt wird.

5 **[0018]** Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass jede erste Druckmesseinrichtung jeweils in zwei Gruppen von Druckmesseinrichtungen vertreten ist, und dass die Druckmesswerte aus der ersten Druckmesseinrichtung als fehlerhaft behandelt werden, wenn die aus den beiden anderen Druckmesseinrichtungen jeder der beiden Gruppen bestimmten zugehörigen Druckmesswerte untereinander, jedoch nicht mit den von der ersten Druckmesseinrichtung abgegebenen Druckmesswerten übereinstimmen.

10 **[0019]** Weitere Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

15 **[0020]** Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

- Fig. 1 ein Rohrleitungssystem mit drei Zweigleitungen nach dem Stand der Technik mit einer Druckmesseinrichtung pro Drosselstelle (Ventil);
- 20 Fig. 2 das System aus Fig. 1 mit zwei Druckmesseinrichtungen pro Drosselstelle (Ventil) zum Erreichen einer zweifachen Redundanz;
- Fig. 3 das System aus Fig. 1 mit drei Druckmesseinrichtungen pro Drosselstelle (Ventil) zum Erreichen einer dreifachen Redundanz; und
- 25 Fig. 4 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung, welches ein Rohrleitungssystem gemäss Fig. 1 zugrunde legt und im Unterschied zu Fig. 3 die dreifache Redundanz durch (wenige) zusätzliche Druckmesseinrichtungen zwischen den Zweigleitungen erreicht.

30 WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0021] In Fig. 4 ist ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemässen Rohrleitungssystems wiedergegeben, welches bei einer Hauptleitung und drei Zweigleitungen die dreifache Redundanz mit nur drei zusätzlichen Druckmesseinrichtungen ermöglicht. Das Rohrleitungssystem 10 umfasst eine Hauptleitung 11, welche sich am Verzweigungspunkt 12 in die drei Zweigleitungen 13, 14 und 15 verzweigt. In jeder der Zweigleitungen ist als steuerbare Drosselstelle ein Ventil V1, V2 und V3 eingebaut. Der Druckabfall (Druckverlust) an den Ventilen V1, V2, V3 wird zunächst direkt durch eine parallel zum Ventil angeordnete erste Druckmesseinrichtung PM1 bzw. PM2 bzw. PM3 gemessen. Dazu können - wie in den Figuren gezeigt - auf beiden Seiten des Ventils von der Zweigleitung Rohrleitungen zu den Druckmesseinrichtungen geführt werden. Es ist aber auch genauso gut denkbar, Druckaufnehmer direkt an den Zweigleitungen vor und hinter dem Ventil anzuordnen und Signalleitungen von den Druckaufnehmern zu der eigentlichen Druckmesseinrichtung zu führen. Insoweit ist das System aus Fig. 4 direkt vergleichbar mit dem System aus Fig. 1.

40 **[0022]** Im Unterschied zu Fig. 1 (und auch Fig. 3) sind im Beispiel der Fig. 4 drei zweite Druckmesseinrichtungen PM10, PM11 und PM12 vorhanden, die jeweils hinter den Ventilen V1, V2 und V3 zwischen den Zweigleitungen angeordnet sind und die Druckdifferenz zwischen jeweils zwei der Zweigleitungen 13, 14 und 15 messen. Die Druckmesseinrichtungen PM1, PM2 und PM3 messen also den Druckabfall Δp_1 , Δp_2 und Δp_3 an den Ventilen V1, V2 und V3. Die Druckmesseinrichtungen PM10, PM11 und PM12 messen die Differenzdrücke Δp_{10} , Δp_{11} und Δp_{12} zwischen den Zweigleitungspaaren 13/14, 13/15 und 14/15. Da der Druck vor den Ventilen V1, V2 und V3 in allen Zweigleitungen gleich sein muss, sind die Differenzdrücke nicht linear unabhängig, sondern müssen (entsprechend der Maschen- und Knotenregel bei elektrischen Netzwerken) den folgenden Gleichungen genügen:

$$c1 = \Delta p_1 + \Delta p_{10} - \Delta p_2 = 0 \quad (3)$$

$$c2 = \Delta p_2 + \Delta p_{12} - \Delta p_3 = 0 \quad (4)$$

$$c3 = \Delta p_3 - \Delta p_{11} - \Delta p_1 = 0 \quad (5)$$

$$c4 = \Delta p_{11} - \Delta p_{10} - \Delta p_{12} = 0 \quad (6)$$

[0023] Diese Gleichungen definieren Bedingungen (constraints c_1 bis c_4), aus denen die redundanten Druckinformationen abgeleitet werden können. So kann z.B. die Druckdifferenz (der Druckabfall) Δp_1 am Ventil V1 in der Zweigleitung 13 auf drei verschiedene Weisen unabhängig voneinander bestimmt werden, nämlich (i) direkt durch die Druckmesseinrichtung PM1, (ii) indirekt durch die Druckmesseinrichtungen PM2 und PM10 mit Hilfe der Gleichung (3), und (iii) indirekt durch die Druckmesseinrichtungen PM3 und PM11 mit Hilfe der Gleichung (5). Entsprechendes gilt für die Druckabfälle an den anderen Ventilen V2 und V3.

[0024] Solange die Druckmesseinrichtungen und die zugehörigen Kanäle ordnungsgemäss arbeiten, sind die Gleichungen (3) bis (6) und die damit verbundenen Bedingungen erfüllt, d.h., $c_1=c_2=c_3=c_4=0$. Sobald eine Druckmessung fehlerhaft ist, sind ein oder mehrere der constraints c_1 bis $c_4 \neq 0$ und die damit verbundenen Bedingungen verletzt. Ist beispielsweise die Druckmessung von Δp_1 fehlerhaft, gilt $c_1 \neq 0$ und $c_3 \neq 0$. Man kann für die verschiedenen Fälle, in denen eine fehlerhafte Druckmessung zur Verletzung bestimmter Bedingungen führt, die folgende systematische logische Tabelle aufstellen:

Tabelle

Bedingung	Δp_1	Δp_2	Δp_3	Δp_{10}	Δp_{11}	Δp_{12}
$c_1 = \Delta p_1 + \Delta p_{10} - \Delta p_2 = 0$	1	1	0	1	0	0
$c_2 = \Delta p_2 + \Delta p_{12} - \Delta p_3 = 0$	0	1	1	0	0	1
$c_3 = \Delta p_3 - \Delta p_{11} - \Delta p_1 = 0$	1	0	1	0	1	0
$c_4 = \Delta p_{11} - \Delta p_{10} - \Delta p_{12} = 0$	0	0	0	1	1	1

[0025] Jede der Bedingungen c_i , $i = 1, \dots, 4$ definiert eine Zeile einer Matrix und jede Druckmessung Δp_j , $j = 1, \dots, 3, 10, \dots, 12$ definiert eine Spalte der Matrix. Für eine fehlerhafte Druckmessung Δp_j ist die Verletzung der Bedingung c_i durch ein Matrixelement "1" in der j -ten Spalte und der i -ten Zeile angezeigt. Nicht verletzte Bedingungen werden entsprechend durch ein Matrixelement "0" angezeigt. Ist wie im o.g. Beispiel die Messung von Δp_1 fehlerhaft, werden nach der Tabelle die Bedingungen c_1 und c_3 verletzt (Matrixelemente sind "1"). Die Bedingungen c_2 und c_4 sind von diesem Fehler nicht betroffen (Matrixelemente sind "0").

[0026] Die angegebene Tabelle erlaubt es umgekehrt, aus den verletzten Bedingungen auf die fehlerhafte Druckmessung zu schliessen. Die fehlerhafte Messung kann dann durch Auflösung der betroffenen Gleichungen aus den anderen Druckmessungen abgeleitet werden.

Beispiel:

[0027] Bei den Messungen stellt sich heraus, dass die Bedingungen c_2 und c_3 nicht erfüllt sind ($c_2 \neq 0$; $c_3 \neq 0$). Aus der obigen Tabelle kann abgeleitet werden, dass die Druckmessung von Δp_3 fehlerhaft ist (Matrixwert "1" in der zu Δp_3 gehörenden Spalte). Der fehlende Messwert für Δp_3 kann nun über Gleichung (4) aus den Messungen von Δp_2 und Δp_{12} , oder über Gleichung (5) aus den Messungen von Δp_1 und Δp_{11} abgeleitet werden.

[0028] Die erläuterte Vorgehensweise ist dann anwendbar, wenn nur eine der Druckmessungen fehlerhaft ist. Anders liegt der Fall, wenn mehrere (zwei oder mehr) Druckmessungen gleichzeitig fehlerhaft sind. Die Zuordnung - wie sie oben in Form der Tabelle aufgestellt worden ist - ist dann nicht länger eindeutig. Es kann zwar (aufgrund einer Verletzung der Bedingungen c_1 bis c_4) festgestellt werden, dass fehlerhafte Druckmessungen vorliegen, es ist jedoch nicht eindeutig bestimmbar, welche der Druckmessungen fehlerhaft sind.

Beispiel:

[0029] Wenn die Bedingungen c_1 , c_2 und c_3 verletzt sind ($c_1 \neq 0$; $c_2 \neq 0$; $c_3 \neq 0$), können die Messungen von Δp_1 und Δp_2 , oder die Messungen von Δp_2 und Δp_3 , oder die Messungen von Δp_1 und Δp_3 , oder die Messungen von Δp_1 , Δp_2 und Δp_3 fehlerhaft sein. Sind nur zwei Messungen fehlerhaft und können beispielsweise die Messungen für Δp_1 und Δp_3 durch ein entsprechendes BDQ-Signal als fehlerhaft identifiziert werden, kann Δp_1 durch Auflösung von Gleichung (3) aus Δp_{10} und Δp_2 , bzw. Δp_3 durch Auflösung von Gleichung (4) aus Δp_2 und Δp_{12} berechnet werden.

[0030] Sind gleichzeitig 3 Messungen fehlerhaft, können die fehlerhaften Messungen an den Ventilen V1, V2 und V3 nur dann rekonstruiert werden, wenn wenigstens eine der Messungen Δp_1 , Δp_2 und Δp_3 fehlerfrei ist.

Beispiel:

[0031] Sind die Druckmessungen von Δp_1 , Δp_2 und Δp_{10} fehlerhaft, können Δp_1 unter Verwendung der Gleichung (5) aus Δp_3 und Δp_{11} , und Δp_2 unter Verwendung von Gleichung (4) aus Δp_3 und Δp_{12} berechnet werden.

[0032] Nur wenn Δp_1 , Δp_2 und Δp_3 gleichzeitig fehlerhaft sind, können diese Werte nicht aus den anderen Messwerten berechnet werden, weil das Gleichungssystem (3) bis (6) in diesem Fall singular ist. Dies entspricht dem (physikalischen) Umstand, dass die Differenzdrücke zwischen den Zweigleitungen 13, 14, 15 für sich genommen keinerlei Informationen über die Druckabfälle an den Ventilen V1, V2 und V3 enthalten.

[0033] Insgesamt ermöglicht ein System nach Fig. 4 folgende Korrekturen:

(a) die Detektion und Identifizierung der fehlerhaften Druckmessung und die Anleitung des richtigen Messwertes, wenn eine einzelne Druckmessung durch eine Drift fehlerhaft wird;

(b) die Detektion der fehlerhaften Druckmessungen und die Anleitung der richtigen Messwerte nach einer Identifikation der fehlerhaften Messungen z.B. durch ein BDQ-Signal, wenn zwei beliebige Messungen gleichzeitig fehlerhaft sind; und

(c) die Detektion der fehlerhaften Druckmessungen und die Anleitung der richtigen Messwerte nach einer Identifikation der fehlerhaften Messungen z.B. durch ein BDQ-Signal, wenn drei beliebige Messungen gleichzeitig fehlerhaft sind; ausgeschlossen ist dabei der Sonderfall, dass alle drei Druckmessungen an den Ventilen gleichzeitig fehlerhaft sind.

[0034] Im oben besprochenen Beispiel der drei Zweigleitungen reichen 3 zusätzliche Druckmesseinrichtungen PM10, PM11 und PM12 aus, um weitgehend dieselbe Redundanz zu erhalten wie bei einem System gemäss Fig. 3. Kommen weitere Zweigleitungen hinzu, werden pro zusätzlicher Zweigleitung zwei zusätzliche Druckmesseinrichtungen benötigt, die zwischen der zusätzlichen Zweigleitung und zwei beliebigen anderen Zweigleitungen angeordnet werden. Die maximale Einsparung an Druckmesseinrichtungen gegenüber der Anordnung aus Fig. 3 ergibt sich dabei im Falle von drei Zweigleitungen.

BEZEICHNUNGSLISTE

[0035]

10	Rohrleitungssystem
11	Hauptleitung
12	Verzweigungspunkt
13, 14, 15	Zweigleitung
PM1, ..., PM12	Druckmesseinrichtung
V1, V2, V3	Ventil

Patentansprüche

1. Rohrleitungssystem (10) zur gesteuerten Verteilung eines strömenden Mediums, umfassend eine Hauptleitung (11), welche sich an einem Verzweigungspunkt (12) in eine Mehrzahl von Zweigleitungen (13, 14, 15) verzweigt, in jeder der Zweigleitungen eine veränderbare Drosselstelle (V1, V2, V3), mit welcher der Massenstrom in jeder der Zweigleitungen (13, 14, 15) einstellbar ist, sowie zu jeder Drosselstelle (V1, V2, V3) eine erste Druckmesseinrichtung (PM1, PM2, PM3), mit welcher der Druckabfall des strömenden Mediums an der jeweiligen Drosselstelle (V1, V2, V3) gemessen wird, dadurch gekennzeichnet, dass zum Erreichen einer Redundanz in der Druckmessung zumindest zwischen zwei der Zweigleitungen (13, 14 bzw. 13, 15 bzw. 14, 15) in Strömungsrichtung hinter den Drosselstellen (V1, V2 bzw. V1, V3 bzw. V2, V3) eine zweite Druckmesseinrichtung (PM10 bzw. PM11 bzw. PM12) zur Messung des Differenzdruckes zwischen den jeweiligen Zweigleitungen (13, 14 bzw. 13, 15 bzw. 14, 15) angeordnet ist.
2. Rohrleitungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen jeder Zweigleitung (13, 14, 15) und je einer anderen Zweigleitung (14 bzw. 13 bzw. 14) eine zweite Druckmesseinrichtung (PM10 bzw. PM12) zur Messung des Differenzdruckes zwischen den jeweiligen Zweigleitungen (13, 14 bzw. 14, 13 bzw. 15, 14) angeordnet ist.
3. Rohrleitungssystem nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen jeder Zweigleitung (13, 14, 15) und je zwei weiteren Zweigleitungen (14, 15 bzw. 13, 15 bzw. 13, 14) jeweils eine zweite Druck-

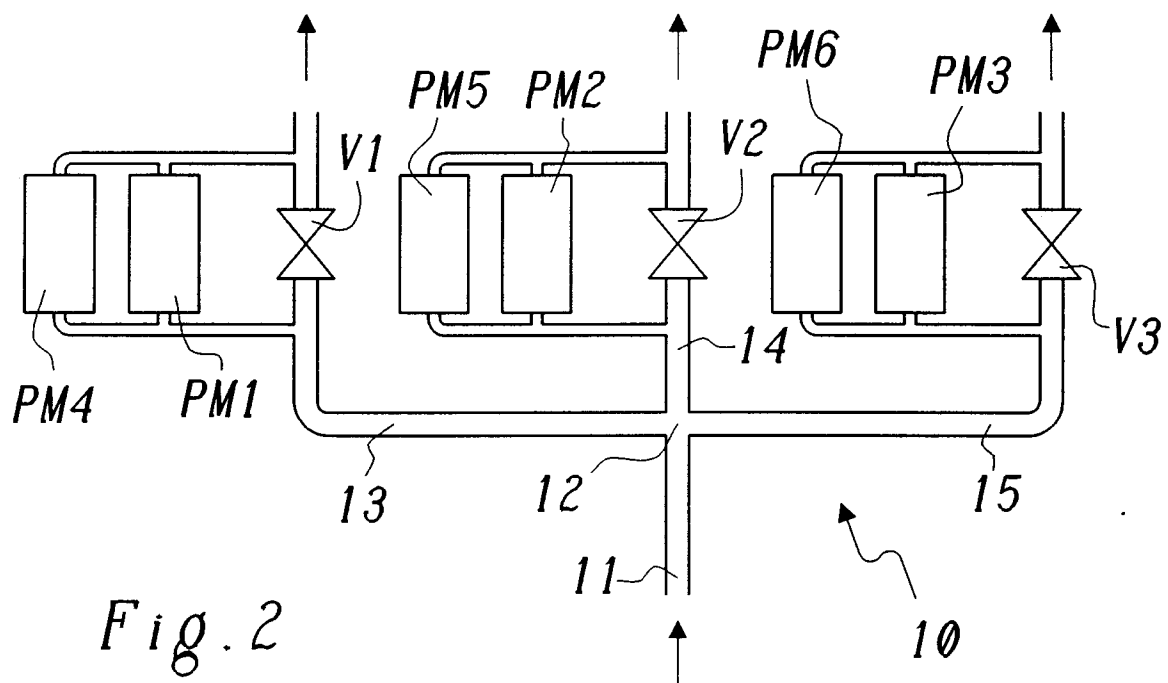
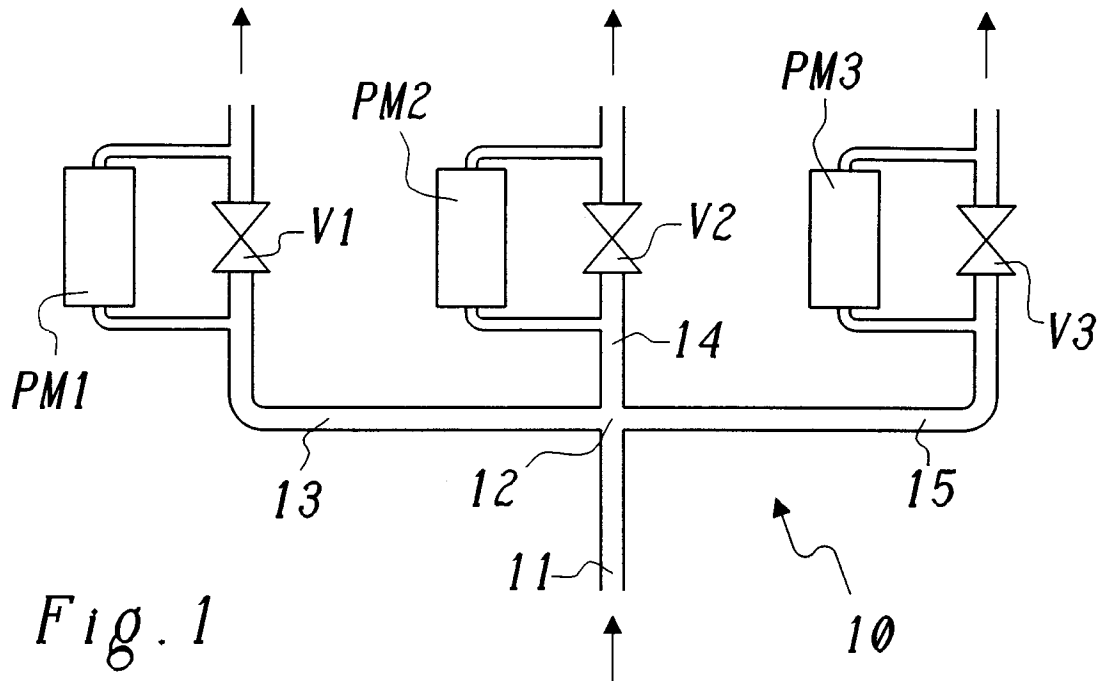
messeinrichtung (PM10, PM11 bzw. PM10, PM12 bzw. PM11, PM12) zur Messung des Differenzdruckes zwischen den jeweiligen Zweigleitungen (13, 14, 15) angeordnet ist.

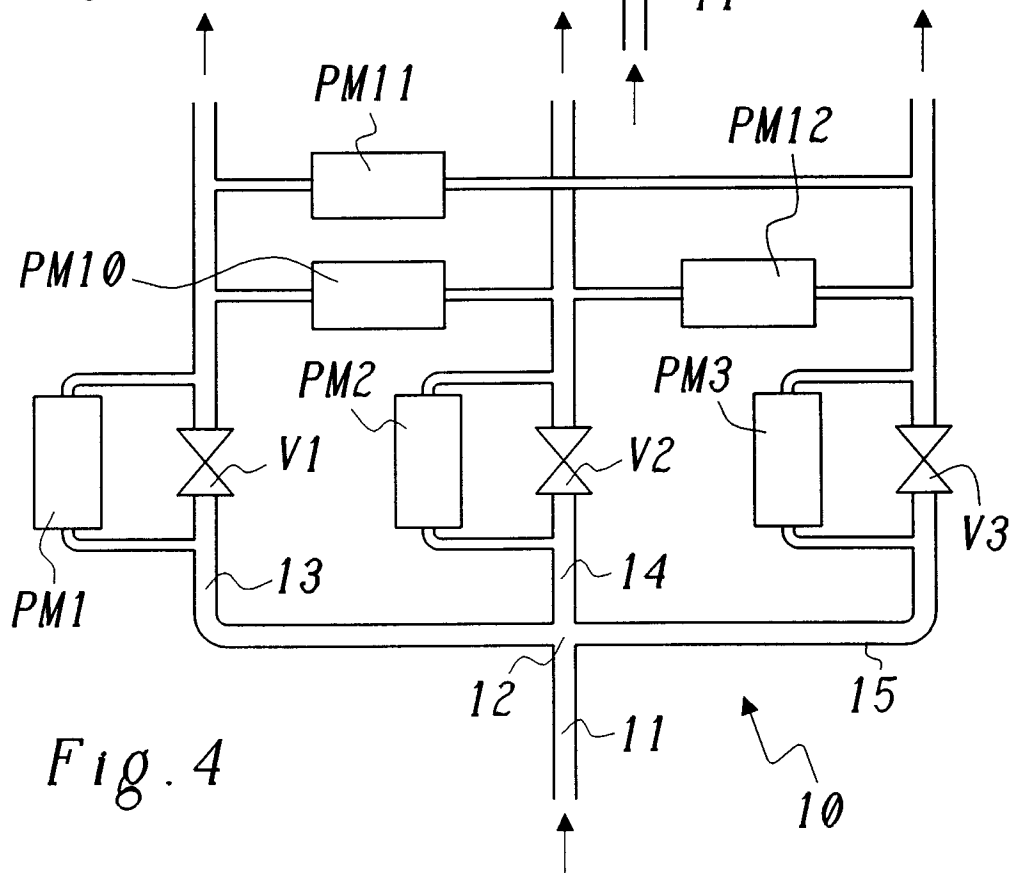
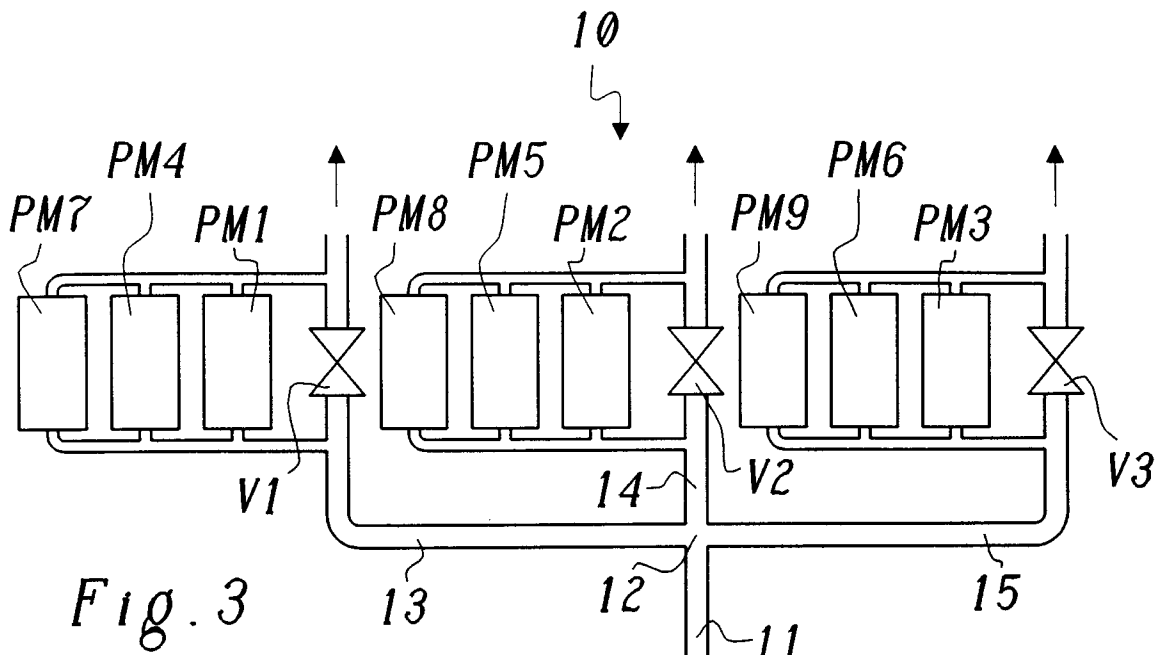
4. Rohrleitungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Drosselstellen als Ventile (V1, V2, V3) ausgebildet sind.

5. Rohrleitungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass drei Zweigleitungen (13, 14, 15) verwendet werden.

6. Verfahren zum Betrieb eines Rohrleitungssystems nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für jedes Paar von Zweigleitungen (13, 14 bzw. 14, 15 bzw. 13, 15) die zugehörigen ersten Druckmesseinrichtungen (PM1, PM2 bzw. PM2, PM3 bzw. PM1, PM3) und die zwischen dem Paar von Zweigleitungen angeordnete zweite Druckmesseinrichtung (PM10 bzw. PM12 bzw. PM11) jeweils zu einer Gruppe zusammengefasst werden, wobei bei ordnungsgemäßer Funktion der Druckmesseinrichtungen für jede Gruppe von Druckmesseinrichtungen die Summe der Druckmesswerte gleich Null ist, und dass, wenn innerhalb einer Gruppe eine der ersten Druckmesseinrichtungen (PM1 oder PM2 bzw. PM2 oder PM3 bzw. PM1 oder PM3) ausfällt, der zugehörige Druckmesswert aus den Druckmesswerten der beiden anderen Druckmesseinrichtungen der Gruppe bestimmt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass jede erste Druckmesseinrichtung (PM1, PM2, PM3) jeweils in zwei Gruppen von Druckmesseinrichtungen vertreten ist, und dass die Druckmesswerte aus der ersten Druckmesseinrichtung als fehlerhaft behandelt werden, wenn die aus den beiden anderen Druckmesseinrichtungen jeder der beiden Gruppen bestimmten zugehörigen Druckmesswerte untereinander, jedoch nicht mit den von der ersten Druckmesseinrichtung abgegebenen Druckmesswerten übereinstimmen.







Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 97 81 0570

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	EP 0 669 287 A (HERAEUS QUARZGLAS ;SHINETSU QUARTZ PROD (JP)) 30.August 1995 * Spalte 6, Zeile 20 - Spalte 7, Zeile 4; Abbildung *	1,6	F17D1/04 F17D3/18
A	US 4 662 798 A (FASSBINDER HANS-GEORG) 5.Mai 1987 * Spalte 2, Zeile 24 - Spalte 3, Zeile 10; Abbildungen *	1,6	
A	EP 0 576 819 A (LANDIS & GYR BUSINESS SUPPORT) 5.Januar 1994 * Spalte 1, Zeile 35 - Spalte 2, Zeile 8; Ansprüche 8,12-14 *	1,6	
A	US 4 839 571 A (FARNHAM ROBERT E ET AL) 13.Juni 1989 * Zusammenfassung *	1,6	
A	US 5 583 302 A (PERRIN JEAN-PAUL) 10.Dezember 1996 * Anspruch 1 *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6) F17D
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 20.Januar 1998	Prüfer Ernst, R
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 97 81 0570

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

20-01-1998

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0669287 A	30-08-95	JP 7236827 A	12-09-95
		US 5540059 A	30-07-96
US 4662798 A	05-05-87	DE 3225449 A	12-01-84
		FR 2530015 A	13-01-84
		GB 2124781 A, B	22-02-84
		JP 1776937 C	28-07-93
		JP 4061284 B	30-09-92
		JP 59063521 A	11-04-84
EP 0576819 A	05-01-94	AT 133802 T	15-02-96
		DE 59301530 D	14-03-96
US 4839571 A	13-06-89	KEINE	
US 5583302 A	10-12-96	FR 2721999 A	05-01-96
		GB 2290874 A	10-01-96

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts. Nr.12/82