

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4970820号
(P4970820)

(45) 発行日 平成24年7月11日(2012.7.11)

(24) 登録日 平成24年4月13日(2012.4.13)

(51) Int.Cl.

G O 1 L 13/00 (2006.01)

F I

G O 1 L 13/00

Z

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2006-84524 (P2006-84524)	(73) 特許権者	000006507
(22) 出願日	平成18年3月27日 (2006.3.27)		横河電機株式会社
(65) 公開番号	特開2007-256231 (P2007-256231A)		東京都武蔵野市中町2丁目9番32号
(43) 公開日	平成19年10月4日 (2007.10.4)	(73) 特許権者	502119381
審査請求日	平成20年11月6日 (2008.11.6)		橋詰 匠
			千葉県千葉市花見川区柏井町1525-141
		(73) 特許権者	505197171
			涌井 徹也
			大阪府堺市北三国ヶ丘町6丁5-23-402
		(73) 特許権者	506103212
			栄野 隼一
			東京都中野区野方2-53-15-101

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 導圧管詰まり検出装置及び導圧管詰まり検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

高压側導圧管を介して伝達される高压側静圧と、低压側導圧管を介して伝達される低压側静圧と、前記高压側静圧及び低压側静圧の差圧とを検出する圧力検出手段と、

前記差圧の時系列データに基づいて差圧揺動を算出する第1の揺動算出手段と、

前記高压側静圧の時系列データに基づいて高压側静圧揺動を算出する第2の揺動算出手段と、

前記低压側静圧の時系列データに基づいて低压側静圧揺動を算出する第3の揺動算出手段と、

前記差圧揺動の2乗和を算出する第1の2乗和算出手段と、

前記高压側静圧揺動の2乗和を算出する第2の2乗和算出手段と、

前記低压側静圧揺動の2乗和を算出する第3の2乗和算出手段と、

前記差圧揺動と前記高压側静圧揺動とを乗算して得た値の和を、前記差圧揺動の2乗和と前記高压側静圧揺動の2乗和とを乗算して得た値の平方根で除算して前記差圧揺動と前記高压側静圧揺動との相関を示す第1の相関係数を算出し、前記差圧揺動と前記低压側静圧揺動とを乗算して得た値の和を、前記差圧揺動の2乗和と前記低压側静圧揺動の2乗和とを乗算して得た値の平方根で除算して前記差圧揺動と前記低压側静圧揺動との相関を示す第2の相関係数を算出する相関係数算出手段と、

前記第2の相関係数で示される前記差圧揺動と前記低压側静圧揺動との相関が強くなるにつれて値が零に近づき、前記第1の相関係数で示される前記差圧揺動と前記高压側静圧

10

20

揺動との相関が強くなるにつれて値が無限大になり、前記第 1, 第 2 相関係数の値が共に零近傍のときに値が 1 に近づく中間変数を算出する中間変数算出手段と、

前記中間変数の値が零に近づいたときに値が 1 に近づき、前記中間変数の値が 1 に近づいたときに値が零に近づき、前記中間変数の値が無限大に近づいたときに値が -1 に近づく詰まり度を算出する詰まり度数算出手段と、

前記詰まり度数に基づいて前記高圧側導圧管及び低圧側導圧管の詰まりを判定する詰まり判定手段と、

を備えることを特徴とする導圧管詰まり検出装置。

【請求項 2】

高圧側導圧管を介して伝達される高圧側静圧と、低圧側導圧管を介して伝達される低圧側静圧とを検出する圧力検出手段と、

前記高圧側静圧の時系列データに基づいて高圧側静圧揺動を算出する第 1 の揺動算出手段と、

前記低圧側静圧の時系列データに基づいて低圧側静圧揺動を算出する第 2 の揺動算出手段と、

前記高圧側静圧揺動の 2 乗和を算出する第 1 の 2 乗和算出手段と、

前記低圧側静圧揺動の 2 乗和を算出する第 2 の 2 乗和算出手段と、

前記高圧側静圧揺動の 2 乗和と前記低圧側静圧揺動の 2 乗和との比率を算出する比率算出手段と、

前記比率の値が零に近づいたときに値が 1 に近づき、前記比率の値が 1 に近づいたときに値が零に近づき、前記比率の値が無限大に近づいたときに値が -1 に近づく詰まり度を算出する詰まり度数算出手段と、

前記詰まり度数に基づいて前記高圧側導圧管及び低圧側導圧管の詰まりを判定する詰まり判定手段と、

を備えることを特徴とする導圧管詰まり検出装置。

【請求項 3】

高圧側導圧管を介して伝達される高圧側静圧を検出し、

低圧側導圧管を介して伝達される低圧側静圧を検出し、

前記高圧側静圧及び低圧側静圧の差圧とを検出し、

前記差圧の時系列データに基づいて差圧揺動を算出し、

前記高圧側静圧の時系列データに基づいて高圧側静圧揺動を算出し、

前記低圧側静圧の時系列データに基づいて低圧側静圧揺動を算出し、

前記差圧揺動の 2 乗和を算出し、

前記高圧側静圧揺動の 2 乗和を算出し、

前記低圧側静圧揺動の 2 乗和を算出し、

前記差圧揺動と前記高圧側静圧揺動とを乗算して得た値の和を、前記差圧揺動の 2 乗和と前記高圧側静圧揺動の 2 乗和とを乗算して得た値の平方根で除算して前記差圧揺動と前記高圧側静圧揺動との相関を示す第 1 の相関係数を算出し、

前記差圧揺動と前記低圧側静圧揺動とを乗算して得た値の和を、前記差圧揺動の 2 乗和と前記低圧側静圧揺動の 2 乗和とを乗算して得た値の平方根で除算して前記差圧揺動と前記低圧側静圧揺動との相関を示す第 2 の相関係数を算出し、

前記第 2 の相関係数で示される前記差圧揺動と前記低圧側静圧揺動との相関が強くなるにつれて値が零に近づき、前記第 1 の相関係数で示される前記差圧揺動と前記高圧側静圧揺動との相関が強くなるにつれて値が無限大になり、前記第 1, 第 2 相関係数の値が共に零近傍のときに値が 1 に近づく中間変数を算出し、

前記比率の値が零に近づいたときに値が 1 に近づき、前記比率の値が 1 に近づいたときに値が零に近づき、前記比率の値が無限大に近づいたときに値が -1 に近づく詰まり度を算出し、

前記詰まり度数に基づいて前記高圧側導圧管及び低圧側導圧管の詰まりを判定する、ことを特徴とする導圧管詰まり検出方法。

10

20

30

40

50

【請求項 4】

高压側導圧管を介して伝達される高压側静圧を検出し、
 低压側導圧管を介して伝達される低压側静圧を検出し、
 前記高压側静圧の時系列データに基づいて高压側静圧揺動を算出し、
 前記低压側静圧の時系列データに基づいて低压側静圧揺動を算出し、
 前記高压側静圧揺動の 2 乗和を算出し、
 前記低压側静圧揺動の 2 乗和を算出し、
 前記高压側静圧揺動の 2 乗和と前記低压側静圧揺動の 2 乗和との比率を算出し、
前記比率の値が零に近づいたときに値が 1 に近づき、前記比率の値が 1 に近づいたときに値が零に近づき、前記比率の値が無限大に近づいたときに値が -1 に近づく詰まり度数
 を算出し、

10

前記詰まり度数に基づいて前記高压側導圧管及び低压側導圧管の詰まりを判定する、
 ことを特徴とする導圧管詰まり検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、導圧管の詰まり、特に管路を流れる流体の差圧を計測する差圧伝送器における導圧管の詰まりを検出する導圧管詰まり検出装置及び導圧管詰まり検出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

20

周知のように、差圧伝送器とは、流体の配管に設けられたオリフィスの前段（高压側）と後段（低压側）との差圧を、当該オリフィスの前段及び後段に配置された導圧管を介して伝達される圧力に基づいて計測するものである。このような差圧伝送器において導圧管に詰まりが生じた場合、正確に差圧を計測することが困難となる。よって、上記導圧管の詰まりを検出することは、流体管理の観点から非常に重要である。以下、従来行なわれていた導圧管詰まりの検出方法の一例について説明する。

【0003】

正常時（つまり導圧管に詰まりがない状態）において、差圧伝送器から時系列的に得られる差圧データを $Dps(i)$ とすると、差圧揺動 $Fdp(i)$ は下記（1）式で表される。なお、下記（1）式において、 $Dps(i)$ は差圧データの今回値、 $Dps(i-1)$ は差分データの前回値である。一方、差圧揺動 $Fdp(i)$ の分散（2 乗平均値） Vas は、下記（2）式で表される。なお、 N は差圧データ $Dps(i)$ の全サンプル数である。以下、この Vas を基準揺動分散という。このような正常時における基準揺動分散 Vas を診断を開始する最初の段階で予め求めておく。

30

【0004】

【数 1】

$$Fdp(i) = Dps(i) - Dps(i-1) \quad \cdots (1)$$

$$Vas = \sum \{ Fdp(i)^2 \} / N \quad \cdots (2)$$

40

【0005】

次に、プラントの実運転時において、導圧管の診断時期が到来する毎に、差圧伝送器から時系列的に得られる差圧データ $Dp(i)$ を用いて、上記と同様に差圧揺動 $Fdp(i)$ 及び差圧揺動の分散 Va を求める。なお、実運転時における差圧揺動 $Fdp(i)$ 、差圧揺動の分散 Va の算出式は上記（1）及び（2）式と同様である。

【0006】

そして、このように導圧管の診断時期に求めた差圧揺動の分散 Va と、上記のように予め求めておいた基準揺動分散 Vas との比率 $D' = \sqrt{Va / Vas}$ を算出する。導圧管の詰まり状態に応じて、差圧揺動の分散 Va が変化するため、上記比率 D' の変化によって導

50

圧管の詰まりを検出することができる。例えば、高圧側及び低圧側導圧管の両方が詰まった場合、差圧揺動の分散 V_a は小さくなる（比率 D' も小さくなる）。また、高圧側もしくは低圧側導圧管の片方が詰まっている場合、差圧揺動の分散 V_a は大きくなる（比率 D' も大きくなる）。さらに、導圧管が正常な場合、差圧揺動の分散 V_a は基準揺動分散 V_{as} に近い値となるため、比率 D' は「1」に近い値となる。従って、比率 D' と所定の閾値とを比較することにより、高圧側及び低圧側導圧管の両方が詰まっているのか、片方が詰まっているのか、または正常なのかを判断することができる。

【0007】

なお、差圧揺動を求める場合、上記（1）式に代えて下記（3）式を用いても良い。例えば、（1）式を用いると、差圧に過渡的な変化（上昇または下降）が生じた場合、その過渡的な変化成分が揺動として表れてしまうという問題があった。そこで、（3）式を用いることにより、上記のように差圧に過渡的な変化が生じた場合であっても、その過渡的な変化成分を除去することができ、真の揺動成分のみを捉えることができる（下記特許文献2参照）。

10

【0008】

【数2】

$$F_{dps}(i) = D_{ps}(i) - 2 D_{ps}(i-1) + D_{ps}(i-2) \quad \dots \quad (3)$$

【0009】

20

ところで、差圧揺動の分散は導圧管の詰まり状態に応じて変化するだけでなく、流体の流量の影響も受けて変化する。従って、上記基準揺動分散 V_{as} は、ある一定の流量条件下における実験値であるため、実運転時に流量が増減した場合、導圧管の詰まり状態が同じであっても比率 D' の値が変化してしまう。すなわち、流体の流量に応じて閾値または基準揺動分散 V_{as} の設定値を変更する必要がある、誤診断の可能性があった。

【0010】

そこで、上記のような流体の流量の影響を受けることなく、導圧管の詰まり状態を正確に検出する技術が開示されている。この技術によると、まず、差圧伝送器から時系列的に得られる高圧側静圧データ $S_{ph}(i)$ を用いて、下記（4）式に基づき高圧側静圧揺動 $F_{sph}(i)$ を算出する一方、同様に差圧伝送器から時系列的に得られる低圧側静圧データ $S_{pl}(i)$ を用いて、下記（5）式に基づき低圧側静圧揺動 $F_{spl}(i)$ を算出する。

30

【0011】

【数3】

$$F_{sph}(i) = S_{ph}(i) - S_{ph}(i-1) \quad \dots \quad (4)$$

$$F_{spl}(i) = S_{pl}(i) - S_{pl}(i-1) \quad \dots \quad (5)$$

【0012】

続いて、上記高圧側静圧揺動 $F_{sph}(i)$ の2乗和 S_{sph} を下記（6）式に基づいて算出すると共に、低圧側静圧揺動 $F_{spl}(i)$ の2乗和 S_{spl} を下記（7）式に基づいて算出する。

40

【0013】

【数4】

$$S_{sph} = \sum \{ F_{sph}(i)^2 \} \quad \dots \quad (6)$$

$$S_{spl} = \sum \{ F_{spl}(i)^2 \} \quad \dots \quad (7)$$

【0014】

そして、上記高圧側静圧揺動の2乗和 S_{sph} と低圧側静圧揺動の2乗和 S_{spl} との比率 D

50

($= S_{sph}/S_{spl}$) を算出する。導圧管の詰まり状態に応じて比率 D が変化するため、導圧管の詰まりを検出することができる。例えば、高压側導圧管が完全に詰まった場合、理論的に $S_{sph}=0$ となるため、比率 $D=0$ となる（実際には、差圧伝送器固有の信号ノイズのため完全に 0 にはならず 0.05 程度の値となる）。また、低压側導圧管が完全に詰まった場合、理論的に $S_{spl}=0$ となるため、比率 $D \rightarrow \infty$ となる（実際には、差圧伝送器固有の信号ノイズのため無限大にはならず 20 程度の値となる）。また、正常の場合、 S_{sph} と S_{spl} とは近い値となるため、比率 D は 1 に近づく。従って、比率 D と所定の閾値とを比較することにより、高压側導圧管及び低压側導圧管のどちらが詰まっているか、または正常かを判断することができる。一方、流体の流量が増減した場合、 S_{sph} と S_{spl} とは同じような変化（増減）をするため、比率 D は変化しない。よって、この技術によると、流体の流量の影響を受けることなく、導圧管の詰まり状態を正確に検出することができる。なお、この技術においても、高压側静圧揺動 $F_{sph}(i)$ 及び高压側静圧揺動 $F_{spl}(i)$ を求める際、特許文献 2 の技術を適用することができる。

【特許文献 1】特開 2004-132817 号公報

【特許文献 2】特開 2004-294175 号公報

【特許文献 3】特開 2005-274501 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

上述したように、流体の流量の影響を受けることなく、導圧管の詰まり状態を正確に検出することができる。しかしながら、この技術では、比率 D との比較を行う閾値の設定が困難という問題があった。具体的に説明すると、上述したように、高压側導圧管が完全に詰まった場合、比率 D はおよそ 0.05 程度の値になり、また、低压側導圧管が完全に詰まった場合、比率 D はおよそ 20 程度の値になる。一方、正常の場合、比率 D は 1 に近い値となるので、例えば閾値を 1 に設定したと仮定する。つまり比率 $D < 1$ の場合、高压側導圧管が詰まったと判定し、比率 $D > 1$ の場合、低压側導圧管が詰まったと判定する。

【0016】

この場合、低压側導圧管の詰まりを判定可能な比率 D の範囲は $1 < D \leq 20$ と高範囲であることに対して、高压側導圧管の詰まりを判定可能な比率 D の範囲は $0.05 \leq D < 1$ と非常に狭い。つまり、高压側導圧管と低压側導圧管との詰まりの判定範囲が非対称であり、ユーザにとって閾値の設定基準がわかりづらく、よって閾値の設定が困難であった。

【0017】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、導圧管の詰まりを判定するための閾値の設定を効率良く且つ簡単に行うことを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0018】

上記課題を解決するために、本発明では、導圧管詰まり検出装置に係る第 1 の解決手段として、高压側導圧管を介して伝達される高压側静圧と、低压側導圧管を介して伝達される低压側静圧と、前記高压側静圧及び低压側静圧の差圧とを検出する圧力検出手段と、前記差圧の時系列データに基づいて差圧揺動を算出する第 1 の揺動算出手段と、前記高压側静圧の時系列データに基づいて高压側静圧揺動を算出する第 2 の揺動算出手段と、前記低压側静圧の時系列データに基づいて低压側静圧揺動を算出する第 3 の揺動算出手段と、前記差圧揺動の 2 乗和を算出する第 1 の 2 乗和算出手段と、前記高压側静圧揺動の 2 乗和を算出する第 2 の 2 乗和算出手段と、前記低压側静圧揺動の 2 乗和を算出する第 3 の 2 乗和算出手段と、前記差圧揺動と前記高压側静圧揺動とを乗算して得た値の和を、前記差圧揺動の 2 乗和と前記高压側静圧揺動の 2 乗和とを乗算して得た値の平方根で除算して前記差圧揺動と前記高压側静圧揺動との相関を示す第 1 の相関係数を算出し、前記差圧揺動と前記低压側静圧揺動とを乗算して得た値の和を、前記差圧揺動の 2 乗和と前記低压側静圧揺動の 2 乗和とを乗算して得た値の平方根で除算して前記差圧揺動と前記低压側静圧揺動との相関を示す第 2 の相関係数を算出する相関係数算出手段と、前記第 2 の相関係数で示さ

れる前記差圧揺動と前記低圧側静圧揺動との相関が強くなるにつれて値が零に近づき、前記第1の相関係数で示される前記差圧揺動と前記高圧側静圧揺動との相関が強くなるにつれて値が無限大になり、前記第1、第2相関係数の値が共に零近傍のときに値が1に近づく中間変数を算出する中間変数算出手段と、前記中間変数の値が零に近づいたときに値が1に近づき、前記中間変数の値が1に近づいたときに値が零に近づき、前記中間変数の値が無限大に近づいたときに値が-1に近づく詰まり度を算出する詰まり度数算出手段と、前記詰まり度数に基づいて前記高圧側導圧管及び低圧側導圧管の詰まりを判定する詰まり判定手段とを備えることを特徴とする。

【0019】

また、本発明では、導圧管詰まり検出装置に係る第2の解決手段として、高圧側導圧管を介して伝達される高圧側静圧と、低圧側導圧管を介して伝達される低圧側静圧とを検出する圧力検出手段と、前記高圧側静圧の時系列データに基づいて高圧側静圧揺動を算出する第1の揺動算出手段と、前記低圧側静圧の時系列データに基づいて低圧側静圧揺動を算出する第2の揺動算出手段と、前記高圧側静圧揺動の2乗和を算出する第1の2乗和算出手段と、前記低圧側静圧揺動の2乗和を算出する第2の2乗和算出手段と、前記高圧側静圧揺動の2乗和と前記低圧側静圧揺動の2乗和との比率を算出する比率算出手段と、前記比率の値が零に近づいたときに値が1に近づき、前記比率の値が1に近づいたときに値が零に近づき、前記比率の値が無限大に近づいたときに値が-1に近づく詰まり度を算出する詰まり度数算出手段と、前記詰まり度数に基づいて前記高圧側導圧管及び低圧側導圧管の詰まりを判定する詰まり判定手段とを備えることを特徴とする。

【0020】

一方、本発明では、導圧管詰まり検出方法に係る第1の解決手段として、高圧側導圧管を介して伝達される高圧側静圧を検出し、低圧側導圧管を介して伝達される低圧側静圧を検出し、前記高圧側静圧及び低圧側静圧の差圧とを検出し、前記差圧の時系列データに基づいて差圧揺動を算出し、前記高圧側静圧の時系列データに基づいて高圧側静圧揺動を算出し、前記低圧側静圧の時系列データに基づいて低圧側静圧揺動を算出し、前記差圧揺動の2乗和を算出し、前記高圧側静圧揺動の2乗和を算出し、前記低圧側静圧揺動の2乗和を算出し、前記差圧揺動と前記高圧側静圧揺動とを乗算して得た値の和を、前記差圧揺動の2乗和と前記高圧側静圧揺動の2乗和とを乗算して得た値の平方根で除算して前記差圧揺動と前記高圧側静圧揺動との相関を示す第1の相関係数を算出し、前記差圧揺動と前記低圧側静圧揺動とを乗算して得た値の和を、前記差圧揺動の2乗和と前記低圧側静圧揺動の2乗和とを乗算して得た値の平方根で除算して前記差圧揺動と前記低圧側静圧揺動との相関を示す第2の相関係数を算出し、前記第2の相関係数で示される前記差圧揺動と前記低圧側静圧揺動との相関が強くなるにつれて値が零に近づき、前記第1の相関係数で示される前記差圧揺動と前記高圧側静圧揺動との相関が強くなるにつれて値が無限大になり、前記第1、第2相関係数の値が共に零近傍のときに値が1に近づく中間変数を算出し、前記比率の値が零に近づいたときに値が1に近づき、前記比率の値が1に近づいたときに値が零に近づき、前記比率の値が無限大に近づいたときに値が-1に近づく詰まり度を算出し、前記詰まり度数に基づいて前記高圧側導圧管及び低圧側導圧管の詰まりを判定することを特徴とする。

【0021】

また、本発明では、導圧管詰まり検出方法に係る第2の解決手段として、高圧側導圧管を介して伝達される高圧側静圧を検出し、低圧側導圧管を介して伝達される低圧側静圧を検出し、前記高圧側静圧の時系列データに基づいて高圧側静圧揺動を算出し、前記低圧側静圧の時系列データに基づいて低圧側静圧揺動を算出し、前記高圧側静圧揺動の2乗和を算出し、前記低圧側静圧揺動の2乗和を算出し、前記高圧側静圧揺動の2乗和と前記低圧側静圧揺動の2乗和との比率を算出し、前記比率の値が零に近づいたときに値が1に近づき、前記比率の値が1に近づいたときに値が零に近づき、前記比率の値が無限大に近づいたときに値が-1に近づく詰まり度を算出し、前記詰まり度数に基づいて前記高圧側導圧管及び低圧側導圧管の詰まりを判定することを特徴とする。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、導圧管の詰まりを判定するための詰まり度数を導圧管の詰まり状態に応じて±1に規格化したので、従来と比べて非常に効率良く且つ簡単に閾値の設定をすることが可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

以下、図面を参照して、本発明の一実施形態について説明する。図1は本実施形態における導圧管詰まり検出装置の構成概略図である。なお、本導圧管詰まり検出装置は、プラント等の流体の配管1に設けられたオリフィス2の前段（高圧側）と後段（低圧側）とに配設された高圧側導圧管3及び低圧側導圧管4の詰まりを検出するものである。

【0024】

図1に示すように、本導圧管詰まり検出装置は、差圧伝送器（圧力検出手段）5、差圧揺動算出部（第1の揺動算出手段）6、高圧側静圧揺動算出部（第2の揺動算出手段）7、低圧側静圧揺動算出部（第3の揺動算出手段）8、差圧2乗和算出部（第1の2乗和算出手段）9、高圧側静圧2乗和算出部（第2の2乗和算出手段）10、低圧側静圧2乗和算出部（第3の2乗和算出手段）11、相関係数算出部12、中間変数算出部13、詰まり度数算出部14、詰まり判定部15及び表示部16から構成されている。

【0025】

差圧伝送器5は、2つの振動式センサ（第1センサ及び第2センサ）を備え、高圧側導圧管3を介して伝達される高圧側圧力と、低圧側導圧管4を介して伝達される低圧側圧力とに基づいて流体の差圧を検出し、当該差圧を示す差圧データ $Dp(i)$ を差圧揺動算出部6に出力する。また、この差圧伝送器5は、高圧側圧力（静圧）データ $Sph(i)$ を高圧側静圧揺動算出部7に出力し、低圧側圧力（静圧）データ $Spl(i)$ を低圧側静圧揺動算出部8に出力する。

【0026】

差圧揺動算出部6は、上記差圧伝送器5から時系列的に得られる差圧データ $Dp(i)$ に基づいて、下記（8）式から差圧揺動 $Fdp(i)$ を算出し、当該差圧揺動 $Fdp(i)$ を差圧2乗和算出部9及び相関係数算出部12に出力する。なお、下記（8）式において、 $Dp(i)$ は差圧データの今回値、 $Dp(i-1)$ は差分データの前回値である。高圧側静圧揺動算出部7は、上記差圧伝送器5から時系列的に得られる高圧側静圧データ $Sph(i)$ に基づいて、上記（4）式から高圧側静圧揺動 $Fsph(i)$ を算出し、当該高圧側静圧揺動 $Fsph(i)$ を高圧側静圧2乗和算出部10及び相関係数算出部12に出力する。低圧側静圧揺動算出部8は、上記差圧伝送器5から時系列的に得られる低圧側静圧データ $Spl(i)$ に基づいて、上記（5）式から低圧側静圧揺動 $Fspl(i)$ を算出し、当該低圧側静圧揺動 $Fspl(i)$ を低圧側静圧2乗和算出部11及び相関係数算出部12に出力する。

【0027】

【数5】

$$Fdp(i) = Dp(i) - Dp(i-1) \quad \dots (8)$$

【0028】

差圧2乗和算出部9は、上記差圧揺動算出部6から得られる差圧揺動 $Fdp(i)$ の2乗和 Sdp を下記（9）式に基づいて算出し、当該差圧揺動2乗和 Sdp を相関係数算出部12に出力する。高圧側静圧2乗和算出部10は、高圧側静圧揺動算出部7から得られる高圧側静圧揺動 $Fsph(i)$ の2乗和 $Ssph$ を上記（6）式に基づいて算出し、当該高圧側静圧2乗和 $Ssph$ を相関係数算出部12に出力する。低圧側静圧2乗和算出部11は、低圧側静圧揺動算出部8から得られる低圧側静圧揺動 $Fspl(i)$ の2乗和 $Sspl$ を上記（7）式に基づいて算出し、当該低圧側静圧2乗和 $Sspl$ を相関係数算出部12に出力する。

【0029】

【数6】

$$S_{dp} = \sum \{F_{dp}(i)^2\} \quad \dots (9)$$

【0030】

相関係数算出部12は、上記差圧揺動 $F_{dp}(i)$ 、高压側静圧揺動 $F_{sph}(i)$ 、低压側静圧揺動 $F_{spl}(i)$ 、差圧揺動2乗和 S_{dp} 、高压側静圧2乗和 S_{sph} 及び低压側静圧2乗和 S_{spl} からなる下記(10)(11)式に基づいて、第1の相関係数 $Cor1$ 、第2の相関係数 $Cor2$ を算出し、これら第1の相関係数 $Cor1$ 及び第2の相関係数 $Cor2$ を中間変数算出部13に出力する。

10

【0031】

【数7】

$$Cor1 = \sum \{F_{sph}(i) \cdot F_{dp}(i)\} / \sqrt{(S_{sph} \cdot S_{dp})} \quad \dots (10)$$

$$Cor2 = \sum \{F_{spl}(i) \cdot F_{dp}(i)\} / \sqrt{(S_{spl} \cdot S_{dp})} \quad \dots (11)$$

【0032】

20

中間変数算出部13は、上記第1の相関係数 $Cor1$ 及び第2の相関係数 $Cor2$ からなる下記(12)式に基づいて中間変数 Z を算出し、当該中間変数 Z を詰まり度数算出部14に出力する。

【0033】

【数8】

$$Z = (1 + Cor2) / (1 - Cor1) \quad \dots (12)$$

【0034】

詰まり度数算出部14は、上記中間変数 Z からなる下記(13)式に基づいて詰まり度数 F を算出し、当該詰まり度数 F を詰まり判定部15に出力する。

30

【0035】

【数9】

$$F = (1 - Z) / (1 + Z) \quad \dots (13)$$

【0036】

詰まり判定部15は、上記詰まり度数 F と所定の閾値とを比較することにより、高压側導圧管及び低压側導圧管の詰まり状態を判定し、当該判定結果を表示部16に出力する。表示部16は、例えば液晶表示装置であり、上記詰まり判定部15による判定結果を表示する。

40

【0037】

次に、このように構成された本導圧管詰まり検出装置の動作について、図2のフローチャート図を用いて説明する。なお、図2に示す動作フローは、導圧管の診断時期が到来する毎に行なわれるものである。

【0038】

まず、差圧伝送器5は、高压側導圧管3を介して伝達される高压側圧力と、低压側導圧管4を介して伝達される低压側圧力とに基づいて流体の差圧を検出して、当該差圧を示す差圧データ $Dp(i)$ を差圧揺動算出部6に出力する(ステップS1)。また、差圧伝送器5は、高压側圧力(静圧)データ $Sph(i)$ を高压側静圧揺動算出部7に出力し(ステップS2

50

）、低圧側圧力（静圧）データ $Spl(i)$ を低圧側静圧揺動算出部 8 に出力する（ステップ S 3）。

【0039】

具体的には、例えば、差圧伝送器 5 の振動式センサの内、第 1 センサが周波数 Fc を出力し、第 2 センサが周波数 Fr を出力する場合、差圧データ $Dp(i)$ は下記（14）式で表される。（14）式において Ap は定数であり、当該 Ap を最適化することで、静圧の影響を受けることなく差圧を検出することができる。例えば、差圧 = 0 で静圧 0.5 (MPa) を印加したときに $Dp(i)$ が変化しないように Ap を設定すれば良い。また、高圧側静圧データ $Sph(i)$ は、下記（15）式で表される。（15）式において $Ap1$ は定数であり、当該 $Ap1$ を最適化することで、差圧の影響を受けることなく高圧側静圧を検出することができる。例えば、差圧を加えないときの $Sph(i)$ と、低圧側から 0.1 (MPa) の差圧を加えたときの $Sph(i)$ が同一となるように、 $Ap1$ を設定すれば良い。また、低圧側静圧データ $Spl(i)$ は、下記（16）式で表される。（16）式において $Ap2$ は定数であり、当該 $Ap2$ を最適化することで、差圧の影響を受けることなく低圧側静圧を検出することができる。例えば、差圧を加えないときの $Spl(i)$ と、高圧側から 0.1 (MPa) の差圧を加えたときの $Spl(i)$ が同一となるように、 $Ap2$ を設定すれば良い。

【0040】

【数10】

$$Dp(i) = Fc^2 - Ap \cdot Fr^2 \quad \dots (14)$$

$$Sph(i) = Fc^2 + Ap1 \cdot Fr^2 \quad \dots (15)$$

$$Spl(i) = Fc^2 + Ap2 \cdot Fr^2 \quad \dots (16)$$

【0041】

続いて、差圧揺動算出部 6 は、上記差圧伝送器 5 から時系列的に得られる差圧データ $Dp(i)$ に基づいて、上記（8）式から差圧揺動 $Fdp(i)$ を算出し、当該差圧揺動 $Fdp(i)$ を差圧 2 乗和算出部 9 及び相関係数算出部 12 に出力する（ステップ S 4）。また、高圧側静圧揺動算出部 7 は、上記差圧伝送器 5 から時系列的に得られる高圧側静圧データ $Sph(i)$ に基づいて、上記（4）式から高圧側静圧揺動 $Fsph(i)$ を算出し、当該高圧側静圧揺動 $Fsph(i)$ を高圧側静圧 2 乗和算出部 10 及び相関係数算出部 12 に出力する（ステップ S 5）。そして、低圧側静圧揺動算出部 8 は、上記差圧伝送器 5 から時系列的に得られる低圧側静圧データ $Spl(i)$ に基づいて、上記（5）式から低圧側静圧揺動 $Fspl(i)$ を算出し、当該低圧側静圧揺動 $Fspl(i)$ を低圧側静圧 2 乗和算出部 11 及び相関係数算出部 12 に出力する（ステップ S 6）。

【0042】

次に、差圧 2 乗和算出部 9 は、上記差圧揺動算出部 6 から得られる差圧揺動 $Fdp(i)$ の 2 乗和 Sdp を上記（9）式に基づいて算出し、当該差圧揺動 2 乗和 Sdp を相関係数算出部 12 に出力する（ステップ S 7）。また、高圧側静圧 2 乗和算出部 10 は、高圧側静圧揺動算出部 7 から得られる高圧側静圧揺動 $Fsph(i)$ の 2 乗和 $Ssph$ を上記（6）式に基づいて算出し、当該高圧側静圧 2 乗和 $Ssph$ を相関係数算出部 12 に出力する（ステップ S 8）。そして、低圧側静圧 2 乗和算出部 11 は、低圧側静圧揺動算出部 8 から得られる低圧側静圧揺動 $Fspl(i)$ の 2 乗和 $Sspl$ を上記（7）式に基づいて算出し、当該低圧側静圧 2 乗和 $Sspl$ を相関係数算出部 12 に出力する（ステップ S 9）。

【0043】

相関係数算出部 12 は、上記のようにして得られる差圧揺動 $Fdp(i)$ 、高圧側静圧揺動 $Fsph(i)$ 、低圧側静圧揺動 $Fspl(i)$ 、差圧揺動 2 乗和 Sdp 、高圧側静圧 2 乗和 $Ssph$ 及び低圧側静圧 2 乗和 $Sspl$ を用いて、上記（10）（11）式に基づき、第 1 の相関係数 $Cor1$ 、第 2 の相関係数 $Cor2$ を算出し、これら第 1 の相関係数 $Cor1$ 及び第 2 の相関係数 $Cor2$

を中間変数算出部 13 に出力する（ステップ S10）。

【0044】

ここで、差圧は高压側静圧と低压側静圧との差であるから、差圧揺動 $F_{dp}(i)$ も同様に高压側静圧揺動 $F_{sph}(i)$ と低压側静圧揺動 $F_{spl}(i)$ との差である。よって、例えば、低压側導圧管 4 が詰まった場合、差圧揺動 $F_{dp}(i)$ は高压側静圧揺動 $F_{sph}(i)$ に近づくことになり、また、差圧揺動 2 乗和 S_{dp} は高压側静圧 2 乗和 S_{sph} に近づく。つまり、この場合、上記 (10) 式の分子は高压側静圧揺動 $F_{sph}(i)$ の 2 乗和に近づき、分母は高压側静圧 2 乗和 S_{sph} に近づくため、第 1 の相関係数 $Cor1$ は 1 に近づくことになる。一方、高压側導圧管 3 が詰まった場合、差圧揺動 $F_{dp}(i)$ は負の低压側静圧揺動 $F_{spl}(i)$ に近づくことになり、また、差圧揺動 2 乗和 S_{dp} は低压側静圧 2 乗和 S_{spl} に近づく。つまり、この場合、上記 (11) 式の分子は低压側静圧揺動 $F_{spl}(i)$ の 2 乗和（負の符号となる）に近づき、分母は低压側静圧 2 乗和 S_{spl} に近づくため、第 2 の相関係数 $Cor2$ は -1 に近づくことになる。以上まとめると、低压側導圧管 4 が詰まった場合、第 1 の相関係数 $Cor1$ は 1 に近づき、高压側導圧管 3 が詰まった場合、第 2 の相関係数 $Cor2$ は -1 に近づく。なお、高压側導圧管 3 及び低压側導圧管 4 が共に正常の場合、第 1 の相関係数 $Cor1$ 及び第 2 の相関係数 $Cor2$ は 0 近傍の値となる。

10

【0045】

次に、中間変数算出部 13 は、上記第 1 の相関係数 $Cor1$ 及び第 2 の相関係数 $Cor2$ を用いて上記 (12) 式から中間変数 Z を算出し、当該中間変数 Z を詰まり度数算出部 14 に出力する（ステップ S11）。上述したように、低压側導圧管 4 が詰まった場合、第 1 の相関係数 $Cor1$ は 1 に近づくため、中間変数 Z は無限大に近づく。また、高压側導圧管 3 が詰まった場合、第 2 の相関係数 $Cor2$ は -1 に近づくため、中間変数 Z は 0 に近づく。また、高压側導圧管 3 及び低压側導圧管 4 が共に正常の場合、第 1 の相関係数 $Cor1$ 及び第 2 の相関係数 $Cor2$ は 0 近傍の値となるため、中間変数 Z は 1 に近づく。つまり、中間変数 Z は、導圧管の詰まり状態に応じて 0 から無限大までの範囲で変化する。

20

【0046】

そして、詰まり度数算出部 14 は、上記中間変数 Z を用いて上記 (13) 式から導圧管の詰まり状態を示す詰まり度数 F を算出し、当該詰まり度数 F を詰まり判定部 15 に出力する（ステップ S12）。(13) 式からわかるように、低压側導圧管 4 が詰まった場合、中間変数 Z は無限大に近づくため、詰まり度数 F は -1 に近づく。また、高压側導圧管 3 が詰まった場合、中間変数 Z は 0 に近づくため、詰まり度数 F は 1 に近づく。さらに、高压側導圧管 3 及び低压側導圧管 4 が共に正常の場合、中間変数 Z は 1 に近づくため、詰まり度数 F は 0 に近づく。すなわち、(13) 式を用いることにより、詰まり度数 F を導圧管の詰まり状態に応じて ± 1 に規格化することができる。

30

【0047】

図 3 に、詰まり度数 F の特性曲線を示す。この図に示すように、導圧管の詰まり状態を示す詰まり度数 F は、正常な場合 ($F=0$) を中心として正負対称な変化をすることになり、高压側導圧管 3 または低压側導圧管 4 のどちらか一方の導圧管の詰まりを判定するための閾値を決定しさえすれば、他方の導圧管の詰まりの判定をするための閾値は正負の符号を変えるのみで良い。従って、従来の分散比率 D を用いて導圧管の詰まり状態を判定する場合と比べて、非常に効率良く且つ簡単に閾値の設定をすることができる。

40

【0048】

詰まり判定部 15 は、上記のような詰まり度数 F と所定の閾値とを比較することにより、高压側導圧管 3 及び低压側導圧管 4 の詰まり状態を判定し、当該判定結果を表示部 16 に出力する（ステップ S13）。例えば、高压側導圧管 3 の詰まりを判定するための第 1 閾値を 0.4 と設定した場合、低压側導圧管 4 の詰まりを判定するための第 2 閾値は -0.4 と設定される。よって、 $0.4 \leq F \leq 1$ の場合、高压側導圧管 3 が詰まっていると判定し、また、 $-1 \leq F \leq -0.4$ の場合、低压側導圧管 4 が詰まっていると判定し、さらに、 $-0.4 < F < 0.4$ の場合、正常であると判定することができる。そして、表示部 16 は、上記詰まり判定部 15 による詰まり判定結果に基づいて、高压側導圧管 3 及び低压側導圧管 4 の詰まり

50

状態を表示する。

【0049】

以上のように、本実施形態によれば、従来と比べて非常に効率良く且つ簡単に閾値の設定をすることが可能である。また、流体の流量が増減した場合、(10)式及び(11)式における分子、分母は同じような変化(増減)をするため、第1の相関係数Cor1及び第2の相関係数Cor2は変化しない。よって、本実施形態によると、流体の流量の影響を受けることなく、導圧管の詰まり状態を正確に検出することができる。

【0050】

また、本実施形態によると、差圧伝送器5固有(振動式センサ)の信号ノイズに対して強い、つまり感度が良いという効果が得られる。その理由について以下説明する。差圧揺動 $F_{dp}(i)$ は、高圧側静圧揺動 $F_{sph}(i)$ と低圧側静圧揺動 $F_{spl}(i)$ との差であり、また、高圧側静圧揺動 $F_{sph}(i)$ のノイズ成分を $N_{sph}(i)$ 、低圧側静圧揺動 $F_{spl}(i)$ のノイズ成分を $N_{spl}(i)$ とすると、上記(10)式の分子は下記(17)式で表される。この(17)式において、 $F_{sph}(i)$ と $N_{sph}(i)$ との乗算値、 $F_{sph}(i)$ と $N_{spl}(i)$ との乗算値、 $N_{sph}(i)$ と $F_{spl}(i)$ との乗算値、 $N_{sph}(i)$ と $N_{spl}(i)$ との乗算値は無視することができる。なぜならば、これらは互いに掛け合わせるパラメータが全く独立に変化するものであり、このようなパラメータを乗算し、複数の総和をとると0に近づくからである。

【0051】

【数11】

$$\begin{aligned} & \Sigma \{ F_{sph}(i) \cdot F_{dp}(i) \} \\ & = \Sigma [\{ F_{sph}(i) + N_{sph}(i) \} \cdot \{ F_{sph}(i) - F_{spl}(i) + N_{sph}(i) - N_{spl}(i) \}] \\ & \quad \dots (17) \end{aligned}$$

【0052】

従って、(17)式を展開すると下記(18)式のようなになる。この(18)式において、 $N_{sph}(i)^2$ はノイズ成分の2乗であるため非常に小さい値となる。よって、第1の相関係数Cor1は、ノイズ成分の影響を大幅に低減した値であるといえる。これは、第2の相関係数Cor2についても同様である。従って、これら第1の相関係数Cor1及び第2の相関係数Cor2を用いることにより、差圧伝送器5固有(振動式センサ)の信号ノイズに対して強くなり、感度の向上を図ることができる。

【0053】

【数12】

$$\begin{aligned} & \Sigma [\{ F_{sph}(i) + N_{sph}(i) \} \cdot \{ F_{sph}(i) - F_{spl}(i) + N_{sph}(i) - N_{spl}(i) \}] \\ & = \Sigma \{ F_{sph}(i)^2 - F_{sph}(i) \cdot F_{spl}(i) + N_{sph}(i)^2 \} \\ & \quad \dots (18) \end{aligned}$$

【0054】

例えば、早期詰まりの場合、差圧もしくは静圧の揺動が小さいため、従来では信号ノイズと揺動との区別ができず、正確な詰まり判定を行なうことが困難であった。しかしながら、本実施形態によれば、信号ノイズの影響をほとんど受けることなく揺動を検出することができるため、早期詰まりを正確に検出することが可能である。

【0055】

また、高圧側導圧管3及び低圧側導圧管4の詰まりは、これら導圧管の応答時定数で表せる。正常な場合は、高圧側導圧管3及び低圧側導圧管4の応答時定数はほぼ等しいため、詰まり度数Fは0近傍の値となる。よって、正常な場合にも拘わらず、詰まり度数Fが0から大きく異なる値を指し示す場合は、高圧側導圧管3及び低圧側導圧管4の応答時定

10

20

30

40

50

数に異常がある（例えば導圧管の長さが異なっていたり、バルブが閉じられている）と判断することが可能である。よって、本実施形態によると、導圧管の詰まり以外の異常を診断することもできる。

【0056】

また、上記実施形態では、第1の相関係数Cor1及び第2の相関係数Cor2を用いて中間変数Zを算出したが、これに限定されず、これら相関係数を使用せずに、高圧側静圧2乗和S_{sph}と低圧側静圧2乗和S_{spl}との比率K（＝S_{sph}／S_{spl}）を求め、当該比率Kからなる下記（19）式に基づいて、詰まり度数Fを算出しても良い。この場合も、詰まり度数Fは導圧管の詰まり状態に応じて±1に規格化される。この方法によると、上記実施形態と比べて演算処理の負荷を軽減することができるが、感度は悪くなり、早期詰まりの検出精度も低下する。

10

【0057】

【数13】

$$F = (1 - K) / (1 + K) \quad \dots (19)$$

【0058】

なお、差圧揺動F_{dp(i)}を求める場合、（4）式に代えて（3）式を用いても良い（添え字が変わるのみである）。この（3）式を用いることにより、差圧に過渡的な変化が生じた場合であっても、その過渡的な変化成分を除去することができ、真の揺動成分のみを捉えることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0059】

【図1】本発明の一実施形態における導圧管詰まり検出装置の構成概略図である。

【図2】本発明の一実施形態における導圧管詰まり検出装置の動作フローチャート図である。

【図3】本発明の一実施形態における詰まり度数Fの特性曲線図である。

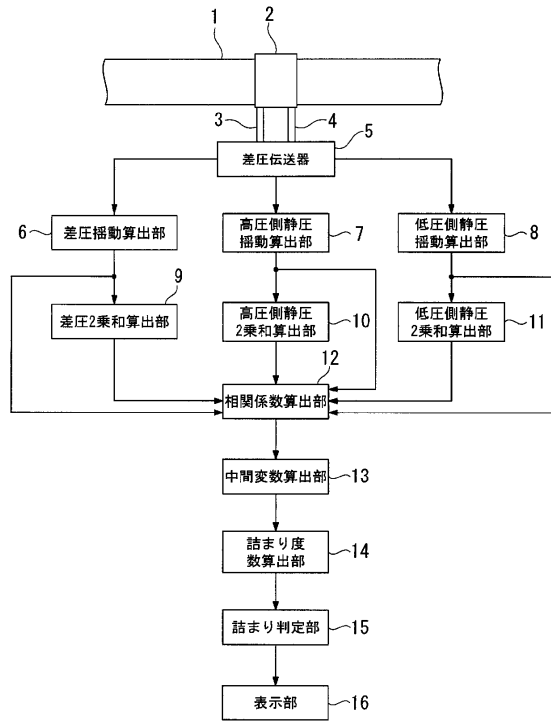
【符号の説明】

【0060】

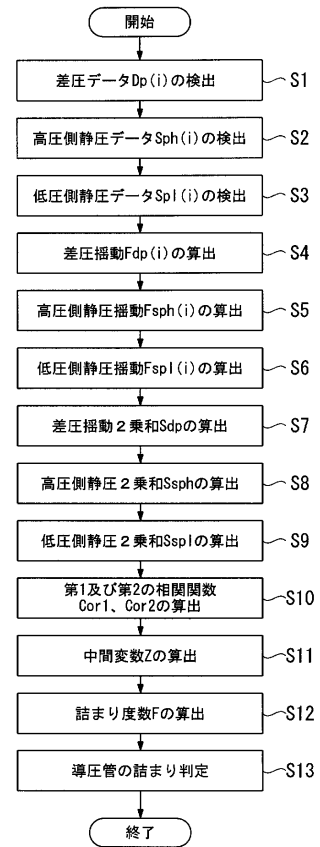
30

1…配管、2…オリフィス、3…高圧側導圧管、4…低圧側導圧管、5…差圧伝送器（圧力検出手段）、6…差圧揺動算出部（第1の揺動算出手段）、7…高圧側静圧揺動算出部（第2の揺動算出手段）、8…低圧側静圧揺動算出部（第3の揺動算出手段）、9…差圧2乗和算出部（第1の2乗和算出手段）、10…高圧側静圧2乗和算出部（第2の2乗和算出手段）、11…低圧側静圧2乗和算出部（第3の2乗和算出手段）、12…相関係数算出部、13…中間変数算出部、14…詰まり度数算出部、15…詰まり判定部、16…表示部

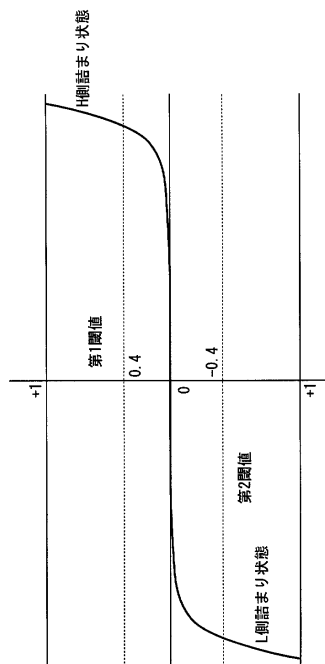
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

- (74)代理人 100064908
弁理士 志賀 正武
- (74)代理人 100108578
弁理士 高橋 詔男
- (74)代理人 100089037
弁理士 渡邊 隆
- (74)代理人 100101465
弁理士 青山 正和
- (74)代理人 100094400
弁理士 鈴木 三義
- (74)代理人 100107836
弁理士 西 和哉
- (74)代理人 100108453
弁理士 村山 靖彦
- (72)発明者 橋詰 匠
千葉県千葉市花見川区柏井町1 5 2 5－1 4 1
- (72)発明者 涌井 徹也
大阪府堺市北三国ヶ丘町6 丁 5－2 3－4 0 2
- (72)発明者 柴野 隼一
東京都中野区野方2－5 3－1 5－1 0 1
- (72)発明者 宮地 宣夫
東京都武蔵野市中町2 丁目9 番3 2 号 横河電機株式会社内

審査官 石井 哲

- (56)参考文献 特開2 0 0 4－1 3 2 8 1 7 (J P, A)
特開2 0 0 4－2 9 4 1 7 5 (J P, A)
特開2 0 0 5－2 7 4 5 0 1 (J P, A)
特表2 0 0 0－5 0 5 5 6 3 (J P, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., D B名)
G 0 1 L 1 3 / 0 0