

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 6 部門第 1 区分

【発行日】平成21年4月2日(2009.4.2)

【公開番号】特開2007-64988(P2007-64988A)

【公開日】平成19年3月15日(2007.3.15)

【年通号数】公開・登録公報2007-010

【出願番号】特願2006-331554(P2006-331554)

【国際特許分類】

G 0 1 F 1/66 (2006.01)

【F I】

G 0 1 F 1/66 1 0 1

【手続補正書】

【提出日】平成21年2月12日(2009.2.12)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流体の流れる流路の上流側と下流側とに対向して配置した一对の超音波送受信器と、前記一对の超音波送受信器間の超音波伝搬時間を計測する時間計測手段と、超音波伝搬時間から流体の流量を演算する流量演算手段と、流量演算に用いるオフセット値を記憶するオフセット値記憶手段とを備えた流量計測装置において、

前記オフセット値とは、前記超音波送受信器が送信した超音波が到達してから、受信信号が所定の閾値を越えた次のゼロクロス点である前記超音波送受信器の受信までの遅れ時間であり、

前記流量演算手段は、前記一对の超音波送受信器のそれぞれのオフセット値の差を用いて流量を求める、
流量計測装置。

【請求項 2】

前記一对の超音波送受信器の上流側の超音波送受信器から下流側の超音波送受信器へ超音波を送受信した際に受信側となる前記下流側の超音波送受信器の特性によって決まる固有のオフセット値を T d 9 とし、

一方、前記一对の超音波送受信器の下流側の超音波送受信器から上流側の超音波送受信器へ超音波を送受信した際に受信側となる前記上流側の超音波送受信器の特性によって決まる固有のオフセット値を T d 8 としたときに、

前記流量演算手段は、前記一对の超音波送受信器のそれぞれのオフセット値の差である、T d 8 - T d 9、の関数式として流速を演算して求める、

請求項 1 に記載の流量計測装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】流量計測装置

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本発明は、流体の流量を計測する流量計測装置に関するものである。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

従来この種の流量計測装置を、図 6 に基づいて説明する。図において、流体の流れる流路 1 に一对の超音波送受信器 2、3 を、上流側および下流側に設け、上流側から下流側へあるいは、下流側から上流側へ超音波を送信し、受信する。この時の超音波の伝搬時間差から流体の流速を演算し、流路 1 の断面積を乗算して流量を算出し、流量計測装置としていた（例えば、特許文献 1 参照）。なお、図中の矢印 4 は流体の流れる方向を示し、破線 5 は超音波の伝搬路を、一点鎖線は流体の流れる方向を示し、それら交叉角 θ で交叉している。

【 特許文献 1 】 特開平 9 - 3 1 8 4 1 1 号公報

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 3 】

しかしながら従来流量計測装置では、次のような課題があった。すなわち超音波を送信、受信する超音波送受信器 2、3 を流路内に設けるため、流体の物理条件、すなわち流体の圧力、温度、種類などの影響を大きく受けることになり、流体の流速を正確に、また低流量を安定に計測できないという課題があった。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 4 】

本発明は上記課題を解決するために、流体の流れる流路の上流側と下流側とに一对の超音波送受信器を対向して設け、前記一对の超音波送受信器間の超音波伝搬時間を計測する時間計測手段と、超音波伝搬時間から流体の流量を演算する流量演算手段と、流量演算に用いるオフセット値を記憶するオフセット値記憶手段とを備えた構成とした。

【 0 0 0 5 】

この構成により、常にオフセット値を記憶しているため、オフセット値を用いて演算することができるので、低流量を安定に、正確に計測することができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 0 6 】

本発明の流量計測装置は、オフセット値を記憶しているので、安定で、正確な流量値を演算することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 0 7 】

本発明は、流体の流れる流路の上流側と下流側とに一对の超音波送受信器を対向して設け、前記一对の超音波送受信器間の超音波伝搬時間を計測する時間計測手段と、超音波伝搬時間から流体の流量を演算する流量演算手段と、流量演算に用いるオフセット値を記憶するオフセット値記憶手段とを備えた流量計測装置において、前記オフセット値とは、前記超音波送受信器が送信した超音波が到達してから、受信信号が所定の閾値を越えた次のゼロクロス点である前記超音波送受信器の受信までの遅れ時間であり、前記流量演算手段は、前記一对の超音波送受信器のそれぞれのオフセット値の差を用いて流量を求める、構成とした。

【 0 0 0 8 】

この構成により、常にオフセット値を記憶しているため、オフセット値の差を用いて演算することができるので、低流量を安定に、正確に計測することができる。

【 0 0 0 9 】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。なお、本実施の形態によって本発明が限定されるものではない。

【 0 0 1 0 】

（実施の形態 1）

図 1 は本発明の実施の形態 1 の流量計測装置を示したブロック図である。図 1 において、流路 7 の上流側と下流側とに超音波送受信器 8、9 を設けた。流路 7 内の矢印 10 は流体の流れ方向（一点鎖線 11）を示し、超音波の伝搬路 12（破線）とは角度 θ で交叉している。例えば、送信部 13 から送信信号が切換部 14 を介して上流側の超音波送受信器 8 に伝達され、超音波が流路 7 内に送信され、下流側の超音波送受信器 9 で受信される。

【0011】

受信された超音波信号は切換部 14 を介して受信部 15 に伝達される。この時、時間計測手段 16 において送信から受信までの時間が計測される。次に、送信部 13 から送信信号が切換部 14 を介して下流側の超音波送受信器 9 に伝達され、超音波が流路 7 内に送信され、上流側の超音波送受信器 8 で受信される。受信された超音波信号は切換部 14 を介して受信部 15 に伝達される。この時、時間計測手段 16 において送信から受信までの時間が計測される。

【0012】

なお、時間分解能を上げたい場合には、受信部 15 で超音波信号を受信したら、時間計測手段 16 を素通りし、送信部 13 に信号を伝達し、2 ～ 256 回もの多数回繰り返し送信、受信をする場合もある（シングア라운드計測方法）。この場合には、時間計測手段 16 では、繰り返し回数とトータル時間とが計測される。超音波送受信器 8、9 間の距離を L 、流体の流速を V 、流体中を伝搬する超音波の音速を C とすると、上流側の超音波送受信器 8 から下流側の超音波送受信器 9 への超音波伝搬時間 $T_{up \rightarrow down}$ および下流側の超音波送受信器 9 から上流側の超音波送受信器 8 への超音波伝搬時間 $T_{down \rightarrow up}$ は、以下のように示される。

【0013】

$$T_{up \rightarrow down} = L / [C + V \cos(\theta)]$$

$$T_{down \rightarrow up} = L / [C - V \cos(\theta)]$$

これより、

$$C + V \cos(\theta) = L / T_{up \rightarrow down}$$

$$C - V \cos(\theta) = L / T_{down \rightarrow up}$$

よって、

$$2 \times C = L [(1 / T_{up \rightarrow down}) + (1 / T_{down \rightarrow up})]$$

これより、超音波の音速は、上記 2 式を足し算し、

$$C = (L / 2) \times [(1 / T_{up \rightarrow down}) + (1 / T_{down \rightarrow up})]$$

となる。

【0014】

また、流体の流速 V は、上記 2 式を引き算し、

$$2 \times V \cos(\theta) = L [(1 / T_{up \rightarrow down}) - (1 / T_{down \rightarrow up})]$$

となる。これより、流体の流速 V は、

$$V = [L / 2 \times \cos(\theta)] \times [(1 / T_{up \rightarrow down}) - (1 / T_{down \rightarrow up})]$$

と演算される。

【0015】

ここで、超音波送受信器間距離 L および交叉角 θ は、予め決められた定数であるから、超音波の伝搬時間 $T_{up \rightarrow down}$ および $T_{down \rightarrow up}$ を時間計測手段 16 で計測することにより、流体の流速 V が得られる。また、予め決められた流路 7 の断面積を乗算することにより、流体の流量 Q_{cal} が演算される。以上の演算処理は流量演算手段 17 で実施される。

【0016】

図 2 に、超音波送受信器 8、9 で送信、受信される信号を示す。矩形波 19 は、超音波送受信器 8 あるいは 9 に印加される送信信号を示す。正弦波状の信号 20 は、超音波送受信器 8 あるいは 9 で受信、増幅された受信信号を示す。一般的に時間計測の受信点は、受

信信号がある閾値（破線 21）を越えた次のゼロクロス点 22 を用いることが多い。この場合、送信信号の矩形波の立上がり時点 T_{st} が送信開始時刻であり、ゼロクロス点 22 が受信時刻 T_{ar} なる。したがって、計測される超音波の伝搬時間 T_{pr} は、時刻 T_{ar} と時刻 T_{st} 間の時間となる。すなわち、 $T_{pr} = T_{ar} - T_{st}$ となる。

【0017】

しかしながら、図 2 の受信信号 20 から明らかなように、伝搬してきた超音波が超音波送受信器 8 あるいは 9 によって受信される時刻は、受信信号 20 の先頭である T_{re} である。時刻 T_{re} と時刻 T_{ar} との間の時間遅れ T_d は、受信側の超音波送受信器 8 または 9 に超音波が到着したあと、受信部 15 で受信されるまでの時間遅れ T_d と考えることができる。

【0018】

この時間遅れ T_d は、超音波送受信器 8 あるいは 9 の個々の特性に大きく依存している。したがって、上流側の超音波送受信器 8 から下流側の超音波送受信器 9 への超音波伝搬時間 $T_{up} \rightarrow down$ の中には、受信側の超音波送受信器である下流側の超音波送受信器 9 の特性で決まる T_{d9} が含まれる。また、下流側の超音波送受信器 9 から上流側の超音波送受信器 8 へ超音波伝搬時間 $T_{down} \rightarrow up$ の中には、受信側の超音波送受信器である上流側の超音波送受信器 8 の特性で決まる T_{d8} が含まれる。

【0019】

このように、超音波送受信器の特性で決まる固有の時間 T_{d8} および T_{d9} を、オフセット値として予めオフセット値記憶手段 18 に記憶させておき、上記で説明した流量演算時に、それぞれ計測された超音波伝搬時間 $T_{up} \rightarrow down$ および $T_{down} \rightarrow up$ から、それぞれのオフセット値 T_{d8} および T_{d9} を引き算処理することにより、より正確な超音波伝搬時間が得られることになり、より正確な流量値が演算される。本実施例の場合、上流側および下流側のオフセット値は、それぞれの超音波送受信器 8 および 9 で受信された受信波形の周期の 2.5 倍である。このように受信側の超音波送受信器のオフセット値を計測された超音波伝搬時間から差し引くことにより、流量値を高精度に演算することができ、精度の高い流量計測装置が実現できる。

【0020】

上記で説明したことを計算式で示すと、以下ようになる。

【0021】

すなわち、上記流速 V の式

$$V = [L / 2 \times \cos(\quad)] \times [(1 / T_{up} \rightarrow down) - (1 / T_{down} \rightarrow up)]$$

において

$$T_{up} \rightarrow down = T_{ud} + T_{d9} = T_{ud} \times [1 + (T_{d9} / T_{ud})]$$

$$T_{down} \rightarrow up = T_{du} + T_{d8} = T_{du} \times [1 + (T_{d8} / T_{du})]$$

である。

【0022】

ここで、超音波が流体中を上流側から下流側へ、あるいは下流側から上流側への伝搬する時間をそれぞれ、 T_{ud} 、 T_{du} とした。また通常の場合、超音波が流体中を伝搬する時間 T_{ud} 、 T_{du} は概ね $100 \sim 300 \mu\text{sec}$ 程度であり、 T_{d8} および T_{d9} なる時間は、超音波の周期の数倍程度の、 $1 \sim 5 \mu\text{sec}$ 程度と十分小さい。従って、上式は次のように近似できる。

【0023】

$$1 / T_{up} \rightarrow down = 1 / \{ T_{ud} \times [1 + (T_{d9} / T_{ud})] \} \\ (1 / T_{ud}) \times [1 - (T_{d9} / T_{ud})]$$

$$1 / T_{down} \rightarrow up = 1 / \{ T_{du} \times [1 + (T_{d8} / T_{du})] \} \\ (1 / T_{du}) \times [1 - (T_{d8} / T_{du})]$$

これらを用いると、流体の流速 V は、以下ようになる。

【0024】

$$V = [L / 2 \times \cos(\quad)] \times [(1 / T_{ud}) \times \{1 - (T_{d9} / T_{ud})\} - (1 / T_{du}) \times \{1 - (T_{d8} / T_{du})\}]$$

例えば、ここで流体の流れを止めた場合、超音波の上流側から下流側への伝搬時間 T_{ud} と下流側から上流側への伝搬時間 T_{du} とは、超音波送受信器間の距離 L 、音速 C であるから、 $T_{ud} = L / C$ 、 $T_{du} = L / C$ となり、全く等しくなる。その時間を T_0 とすると、その時の見かけの流速 V_z は、

$$V_z = [L / 2 \times \cos(\quad)] \times [(1 / T_0) \times \{1 - (T_{d9} / T_0)\} - (1 / T_0) \times \{1 - (T_{d8} / T_0)\}] \\ = [L / 2 \times \cos(\quad)] \times [(T_{d8} - T_{d9}) / T_0^2]$$

となる。

【0025】

ここで、 L 、 $\cos(\quad)$ は、流路により固定される定数となり、一定値と考えることができる。また、時間 T_0 も、超音波の音速 C が決まると決定される値となり、固定値と考えることができる。このことは、超音波送受信器のオフセット値、 T_{d8} 、 T_{d9} が決まれば V_z 値が決定されることを示している。

【0026】

このように、超音波送受信器固有の値 T_{d9} と T_{d8} との差がある場合、流体の流れが、ゼロであっても、見かけ上、上記のような流速 V_z が発生する。この流速 V_z に流路の断面積を乗算すると、見掛けの流量としてのオフセット流量 Q_z が得られる。予めこの値 Q_z をオフセット値として記憶し、上記で演算した流量値 Q_{cal} を補正してもよい。

【0027】

以上説明したように、オフセット値を記憶していることにより、正確な流量値を演算することができる。

【0028】

(実施の形態2)

図3を用いて、超音波送受信器のオフセット値である受信信号の周期を求める方法を説明する。図3は、図2で示した上流側あるいは下流側の超音波送受信器8または9での受信された受信信号20を示す。通常の場合、閾値(破線21)を越えた次のゼロクロス点22の時刻 T_{ar} を受信時刻とするが、オフセット値を計測しようとする場合には、閾値を越えた2つめのゼロクロス点23を受信時刻 T_{ar}' として計測し、その差 $T_{ar}' - T_{ar}$ を受信信号の1周期として演算する。または、閾値(破線21)を大きくし、新たな閾値として、ゼロクロス点 T_{ar}' を計測しても良い(図示せず)。

【0029】

また、受信信号の増幅率を小さくし、閾値(破線21)をそのままにし、受信信号20を全体的に振幅が小さくなるようにし、閾値(破線21)を超えた次のゼロクロス点23を計測しようとするゼロクロス点23とし、時刻 T_{ar}' を計測することもできる。

【0030】

以上説明したように、計測のたびに、受信信号の周期を計測し、その2.5倍をオフセット値とすることにより、常に正確な流量値を演算することができる。

【0031】

(実施の形態3)

図4を用いて実施の形態3を説明する。実施の形態1と異なるところは、流体の温度検出手段、流体の種類検出手段あるいは流体の圧力検出手段などの環境変化検出手段24を設けたところである。このため、環境変化検出手段24により流体の温度、種類あるいは圧力が変化し、オフセット値が変化したと考えられる時のみ、上記実施の形態2で示した上流側および下流側の超音波送受信器8、9で受信される受信信号の周期を計測し、その値をオフセット値とすることにより、効率よくオフセット値を更新することができる。

【0032】

従って、流量演算の度に、いつもオフセット値を計測する必要がなく、効率よくオフセット値を更新することができ、計測時間を短縮することができる。なお、これらの環境変

化要因の中でオフセット値を最も大きく変動させるのは、流体の温度であった。従って、少なくとも温度検出手段で環境変化検出手段 24 を構成するのが最も有効である。

【0033】

(実施の形態 4)

実施の形態 3 において、流体の温度検出手段を設けたが、流体中を伝搬する超音波の伝搬速度から流体の温度を検出する方法について説明する。この場合には、環境変化検出手段 24 としての温度検出が不要となり、超音波の伝播時間さえ計測できればから流体の温度を検出することができ、流量計測装置の構成が簡単になる。

【0034】

実施の形態 1 において、超音波の伝搬速度、音速 C は、次式で計算されることを示した。すなわち、

$$C = (L / 2) \times [(1 / T_{up \rightarrow down}) + (1 / T_{down \rightarrow up})]$$

である。

【0035】

このように、超音波の伝搬時間 $T_{up \rightarrow down}$ および $T_{down \rightarrow up}$ を計測することにより超音波の伝搬速度 C を検出することができる。例えば、流体が空気である場合、空気中の音速 C_{air} は、空気の温度を T_{air} [] とすると、音速 $C_{air} = 341.45 + 0.607 \times T_{air}$ [m/sec] で示される。したがって、音速 C_{air} が計測できれば、空気の温度 T_{air} を計算することができる。また、流体が、水である場合には、水温を T_{water} とすると、水中の音速 $C_{water} = 1500 + 25 \times T_{water}$ [m/sec] で示されるから、音速 C_{water} が計測できれば、水温 T_{water} が計算できる。

【0036】

このように、環境変化検出手段としての温度検出手段を設けることなく、流体の温度が検出できることになり、流量計測装置の構成が簡単になる。しかも、流速 V を計測するのと同様に、時間計測手段で、流体の温度を計測できるので、構成が非常に簡単になる。

【0037】

(実施の形態 5)

図 1 および図 5 を用いて実施の形態 5 を説明する。図 5 は、超音波送受信器 8、9 の受信信号から計測した受信周期に基づくオフセット値、 $Td8$ と $Td9$ との差を横軸に、縦軸に見掛けの流量としてのオフセット流量 Qz との関係を示す。同図に見られるように、この関係は一次関数 s で近似される関係を示し、

$$Qz = A \times (Td8 - Td9) + B$$

で表現される。ここで、 A 、 B は予め決められている定数である。

【0038】

例えば、このようなオフセット値、 $Td8$ および $Td9$ を有する超音波送受信器を備えた図 1 に示した流路を準備し、その上流および下流を閉止し、流れのない状態で流量値を演算させる。演算された流量値、 Qz が零となるように定数 B を新たに求め、2 つの定数 A 、 B を更新する (A は、そのまま)。このようにして定数 A 、 B をオフセット値として記憶させる。このようにして、定数 A 、 B を決めることにより、安定で、正確な流量値を演算する流量計測装置を実現できる。

【0039】

以上の説明から、本発明の実施の形態における流量計測装置によれば、次の効果が得られる。

- (1) オフセット値を記憶しているので、安定で、正確な流量値を演算することができる。
- (2) 受信信号からオフセット値を計測することができるので、常に安定で、正確な流量値を演算できる。

(3) 環境変化検出手段を有しているので、環境変化を検出した時のみ、オフセット値を計測すれば良く、効率よくオフセット値を更新することができる。

(4) 超音波の伝搬時間から流体の温度を検出することができるので、構成が簡単な流量計測装置を実現することができる。

(5) 予め流量のない状態で、オフセット値を更新するので、常に安定で、正確な流量計測装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 0 】

【図 1】本発明の実施の形態 1、5 の流量計測装置のブロック図

【図 2】同実施の形態 1 の超音波の送信、受信波形図

【図 3】本発明の実施の形態 2 の超音波の送信、受信波形図

【図 4】本発明の実施の形態 3 の流量計測装置のブロック図

【図 5】本発明の実施の形態 5 における超音波の特性図

【図 6】従来の流量計測装置のブロック図

【符号の説明】

【 0 0 4 1 】

- 7 流路
- 8 上流側の超音波送受信器
- 9 下流側の超音波送受信器
- 13 送信手段
- 14 切換手段
- 15 受信手段
- 16 時間計測手段
- 17 流量演算手段
- 18 オフセット値記憶手段
- 19 送信波形
- 20 受信波形
- 21 閾値
- 24 環境変化検出手段