

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5123469号
(P5123469)

(45) 発行日 平成25年1月23日 (2013. 1. 23)

(24) 登録日 平成24年11月2日 (2012. 11. 2)

(51) Int. Cl.

F 1

G O 1 F 1/66 (2006. 01)

G O 1 F 1/66 1 O 2

G O 1 F 3/22 (2006. 01)

G O 1 F 3/22 Z

請求項の数 9 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2005-195690 (P2005-195690)
 (22) 出願日 平成17年7月5日 (2005. 7. 5)
 (65) 公開番号 特開2007-17157 (P2007-17157A)
 (43) 公開日 平成19年1月25日 (2007. 1. 25)
 審査請求日 平成20年6月26日 (2008. 6. 26)

(73) 特許権者 000116633
 愛知時計電機株式会社
 愛知県名古屋市熱田区千年1丁目2番70号
 (74) 代理人 100101535
 弁理士 長谷川 好道
 (72) 発明者 花村 浩二
 愛知県名古屋市熱田区千年一丁目2番70号 愛知時計電機株式会社内

審査官 石井 哲

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波流量計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流れの上流側と下流側に超音波送受波器を配置し、超音波が上流側から下流側へ伝播する順方向の伝播時間の逆数 f_1 と、超音波が下流側から上流側へ伝播する逆方向の伝播時間の逆数 f_2 の差より流速、流量又は通過量を求める超音波流量計であって、

順方向と逆方向の伝播時間の逆数和 $(f_1 + f_2)$ と、超音波送受波器間の距離 L と、 $f_1 + f_2 = 2C / L$ より求まる音速 C から流体温度を求め、

前記流体温度と、前記流速、流量又は通過量を基にして、別に定めた基準温度における流速、流量又は通過量を演算し、

測定した前記逆数和と、伝播時間を測定する時の流体温度における理論逆数和から超音波送受波器間の距離を補正するセンサ間距離補正係数を外部から設定することを特徴とする超音波流量計。

【請求項 2】

超音波を発信してから受信波を検知するまでの到達時間から、超音波送受波器の中を伝播する時間、及び、受信波の頭から第3波のゼロクロスまでの時間を有する遅れ時間を差し引いて伝播時間とすることを特徴とする請求項1記載の超音波流量計。

【請求項 3】

予め記憶した温度算出テーブルを用いて、伝播時間の逆数和から流体温度をもとめることを特徴とする請求項1又は2記載の超音波流量計。

【請求項 4】

10

20

伝播時間の逆数和から音速を演算し、予め設定した音速値と比較して流体の種類を判別するとともに、該流体の温度を求めることを特徴とする請求項 1 又は 2 又は 3 記載の超音波流量計。

【請求項 5】

流体の種類を判別するガス種判定値と温度算出テーブルのデータを外部から書き換えることを特徴とする請求項 4 記載の超音波流量計。

【請求項 6】

1 回の順方向の伝播時間測定と 1 回の逆方向の伝播時間測定からなる 1 回の測定毎に順方向と逆方向の測定順序を変え、かつ伝播時間の逆数和を平均化することを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の超音波流量計。

10

【請求項 7】

測定間隔をランダムにするとともに、かつ伝播時間の逆数和を平均化するように構成したことを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項に記載の超音波流量計。

【請求項 8】

流速が零の状態から流れ出した場合には、前記平均化の対象データ数を減らすことを特徴とする請求項 6 又は 7 の何れか 1 項に記載の超音波流量計。

【請求項 9】

流体の流量が安定しているときだけ流体温度の算出を行なうことを特徴とする請求項 1 乃至 8 の何れか 1 項に記載の超音波流量計。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は超音波流量計の改良に関する。

【背景技術】

【0002】

流体温度に影響されことなく基準温度における流速を求めることができ、ひいては流体の流量を正確に求めることができる超音波流速測定方法が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

この測定方法では、超音波流速測定管を流れる計測流体の上流側と下流側にそれぞれ超音波振動子が配置され、前記各超音波振動子から相互に超音波を発生送信するとともに、送信された超音波を相互に受信し、

30

前記超音波の伝播時間の和に基づいて、伝播時間測定時の流体温度 T を導出するとともに、

前記超音波の伝播時間の差に基づいて、伝播時間測定時の流体温度 T における流速 v を導出し、

前記流体温度 T と流速 v を下式（1）に代入することによって、基準温度 T_0 における流速 v_0 を求めている。

【0004】

$$v_0 = (T_0 \times v) / T \quad \cdots \quad (1)$$

40

v_0 : 基準温度における流速

T_0 : 基準温度（絶対温度）

v : 伝播時間測定時の流体温度における流速

T : 伝播時間測定時の流体温度（絶対温度）

また、流路内の流体に音波を送受信する送受信手段と、流体中の音波の伝播時間を計測する流量検出手段と、流量係数を定める流量係数設定手段と、前記流量係数と前記伝播時間とに基づいて流量を算出する流量演算手段と、流体の温度を計測する温度検出手段と、この計測された温度と伝播時間とに基づいて前記流量係数設定手段の流量係数を変更する係数補正手段とを備えた流量計側装置が提案されている（例えば、特許文献 2 参照）。

【0005】

50

この流量計側装置では、流量係数設定手段で定める流量係数は、流体であるガスの種類毎に設定され、適用するガスの種類を選ぶガス種選択手段に基づいて、係数補正手段で変更される。

【特許文献１】特開２０００－２２１０６８号公報（２頁、図１）

【特許文献２】特開２００１－２５５１８６号公報（２頁、図１）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

前記特許文献１の超音波流速測定方法では、被測定流体であるガスの種類に応じて超音波の速度を求める必要があり、ガスの種類毎に流体温度を算出する際の算出係数を切り替えて変更する必要がある、面倒であるという問題点があった。

10

【０００７】

また、流速変動があると、順方向と逆方向の伝播時間の測定タイミングでの流速が異なるため、導出した流体温度の誤差が大きくなるという問題点があった。

【０００８】

また、超音波振動子間の距離に個体差があると、導出した流体温度の誤差が大きくなるという問題点があった。

【０００９】

さらに、また、伝播時間の和に基づいて、流体温度を導出するため、導出した流体温度の誤差が大きくなるという問題点があった。

20

【００１０】

流体温度の誤差が大きくなると、当然のことながら、基準温度 T_0 における流速 v_0 の誤差が大きくなってしまう。

【００１１】

前記特許文献２の流量計測装置では、流体の温度を検出する温度検出手段として専用の温度センサや、温度補正機能を有する電子回路を必要とするため、コスト高となるばかりでなく、電子回路基板の規模が大きくなり、電池の消費電流も増大するという問題点があった。

【００１２】

そこで、本発明は、これらの問題点を解消できる超音波流量計を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【００１３】

本発明は、流れの上流側と下流側に超音波送受波器を配置して、超音波の順方向と逆方向の伝播時間の逆数差より流速、流量又は通過量を求める超音波流量計であって、順方向と逆方向の伝播時間の逆数和から流体温度を求め、別に定めた基準温度の状態に換算した流速、流量又は通過量を求めることを最も主要な特徴とする。通過量は流量に時間を乗じて算出したいわゆる積算流量である。

【００１４】

そこで、前記目的を達成するために、請求項１記載の発明は、流れの上流側と下流側に超音波送受波器を配置し、超音波が上流側から下流側へ伝播する順方向の伝播時間の逆数 f_1 と、超音波が下流側から上流側へ伝播する逆方向の伝播時間の逆数 f_2 の差より流速、流量又は通過量を求める超音波流量計であって、

40

順方向と逆方向の伝播時間の逆数和 $(f_1 + f_2)$ と、超音波送受波器間の距離 L と、 $f_1 + f_2 = 2C / L$ より求まる音速 C から流体温度を求め、

前記流体温度と、前記流速、流量又は通過量を基にして、別に定めた基準温度における流速、流量又は通過量を演算し、

測定した前記逆数和と、伝播時間を測定する時の流体温度における理論逆数和から超音波送受波器間の距離を補正するセンサ間距離補正係数を外部から設定することを特徴とする超音波流量計である。

50

【 0 0 1 5 】

請求項2記載の発明は、請求項1記載の超音波流量計において、超音波を発信してから受信波を検知するまでの到達時間から、超音波送受波器の中を伝播する時間、及び、受信波の頭から第3波のゼロクロスまでの時間を有する遅れ時間を差し引いて伝播時間とすることを特徴とするものである。

【 0 0 1 6 】

請求項3記載の発明は、請求項1又は2記載の超音波流量計において、予め設定した温度算出テーブルを用いて、伝播時間の逆数和から流体温度を求めることを特徴とするものである。

【 0 0 1 7 】

請求項4記載の発明は、請求項1又は2又は3記載の超音波流量計において、伝播時間の逆数和から音速を演算し、予め設定した音速値と比較して流体の種類を判別するとともに、該流体の温度を求めることを特徴とするものである。

【 0 0 1 8 】

請求項5記載の発明は、請求項4記載の超音波流量計において、流体の種類を判別するガス種判定値と温度算出テーブルのデータを外部から書き換えることを特徴とするものである。

【 0 0 2 0 】

請求項6記載の発明は、請求項1乃至5の何れか1項に記載の超音波流量計において、1回の順方向の伝播時間測定と1回の逆方向の伝播時間測定からなる1回の測定毎に順方向と逆方向の測定順序を変え、かつ伝播時間の逆数和を平均化することを特徴とするものである。

【 0 0 2 1 】

請求項7記載の発明は、請求項1乃至6の何れか1項に記載の超音波流量計において、測定間隔をランダムにするとともに、かつ伝播時間の逆数和を平均化するように構成したことを特徴とするものである。

【 0 0 2 2 】

請求項8記載の発明は、請求項6又は7記載の超音波流量計において、流速が零の状態から流れ出した場合には、前記平均化の対象データ数を減らすことを特徴とするものである。

【 0 0 2 3 】

請求項9記載の発明は、請求項1乃至8の何れか1項に記載の超音波流量計において、流体の流量が安定しているときだけ流体温度の算出を行なうことを特徴とするものである。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 4 】

本発明の超音波流量計は、上述のように構成されていて、伝播時間の逆数和から対応する流体のガス種を識別するので、従来技術のように、被測定流体に応じて何らかの設定や切り替え操作で温度算出係数を変更するという面倒を要しない利点がある。

【 0 0 2 5 】

また、専用の温度センサや温度補正用の電子回路を要しないので、コストが低減できるばかりでなく、電子回路の規模が小さくてすみ、消費電力も減らせる。また、送受波器間距離の個体差を補正できる。

【 0 0 2 6 】

請求項5の発明では、外部から書き換えることで、別の流体を測定することが可能となる。

【 0 0 2 7 】

請求項6の発明では、単調な流量変化に対応して測定誤差を軽減できる。

【 0 0 2 8 】

請求項7の発明では、周期的な流量変化に対して、測定誤差を軽減できる。

請求項 8 の発明では、流体（ガス）の温度が変化することを想定し、温度測定の応答性を向上させることが可能である。

【 0 0 2 9 】

請求項 9 の発明では、流量が安定しているときだけ流体温度の算出を行い、流量変化時の温度誤測定を防ぐことが出来る。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 3 0 】

次に、本発明を実施するための最良の形態を図の実施例に基づいて説明する。

【実施例 1】

【 0 0 3 1 】

図 1 において、流路 1 内を流れる被計測流体であるガスに、流体の上流側と下流側に配置した超音波送受波器 2 と 3 により超音波の送受信を行い、矢印 A に示す流れの順方向と、矢印 A と逆の逆方向との超音波の伝播時間を計測する。

【 0 0 3 2 】

順方向と逆方向の切り替えは、送受波器 2 と 3 の送信側（発信側）と受信側の役割を発受信切替部 4 で切替えて行なう。発信部 5 からの駆動信号により、順方向測定時には送受波器 2 から矢印 A の方向に超音波を発信し、送受波器 3 が超音波を受信し、受信信号を出力する。この受信信号を増幅部 6 で増幅する。比較部 7 は、増幅された受信信号波形の n 番目（例えば 1 番目）の波高値と $n + 2$ 番目の波高値との比率が規定値を超えたことを検知し、この規定値を満たした $n + 2$ 番目（例えば 3 番目）の波のゼロクロス点を検知する。この 3 番目のゼロクロス点を以下第 3 波のゼロクロス点と呼ぶ。

【 0 0 3 3 】

時間測定部 8 は、送信側の送受波器 2 の発信時点から受信信号の第 3 波のゼロクロス点までの到達時間を測定し、この到達時間から後述する遅れ時間を差し引いた伝播時間を伝播時間算出部 9 で算出する。（なお、シングアラウンド方式の場合（シングアラウンド測定の場合）は、時間測定部 8 はシングアラウンド回数目の受信波の第 3 波のゼロクロス点までの時間を測定する。）

【 0 0 3 4 】

伝播時間は順方向と逆方向の伝播時間があり、流量演算部 10 では、両伝播時間の逆数差から流量を算出する。また、温度演算部 11 では伝播時間の逆数和から温度を算出する。そして、温度補正流量演算部 12 では、流量と、温度と、基準温度から基準温度状態における流量を算出する。

【 0 0 3 5 】

到達時間と伝播時間を図 2（a）（b）に基づいて以下に説明する。同図（a）に遅れ時間 a 、 b 、 c 、 d 、 e と伝播時間及び到達時間の関係を、また、同図（b）に増幅後の受信波形を示す。

【 0 0 3 6 】

遅れ時間 a は、発信から送受波器 2 の P Z T 素子までの切替回路 4 a 内での遅れに相当する。

【 0 0 3 7 】

遅れ時間 b は、送受波器 2 内の遅れに、また、遅れ時間 c は、送受波器 3 内の遅れに相当する。そして、一般的に $b = c$ の関係が成立する。

【 0 0 3 8 】

遅れ時間 d は、切替回路 4 b と前記増幅部 6 の受信回路 6 a 内での遅れに相当する。

また、遅れ時間 e は、前記比較部 7 の受信波検知 7 a での遅れに相当し、図 2（b）の受信波形の検知したいポイントとしての受信波の先頭から検知可能なポイントとしての第 3 波のゼロクロス点までの遅れ時間 e に相当する。

【 0 0 3 9 】

全遅れ時間は、 $a + b + c + d + e$ であるから、到達時間と伝播時間の関係は、次式であらわされる。

伝播時間 = 到達時間 (a + b + c + d + e)

伝播時間 = 到達時間 全遅れ時間

【 0 0 4 0 】

なお、順方向測定時と逆方向測定時では、二つの送受波器の特性差や切替回路の特性差のために測定値に差が生じる。

【 0 0 4 1 】

これらの特性差を吸収して測定誤差を小さくするため、安定した温度下で、流量ゼロ時の到達時間を複数回測定し、この複数回の測定値の平均到達時間差を求める。

平均到達時間差 = 順方向の平均到達時間 逆方向の平均到達時間

【 0 0 4 2 】

こうして算出した平均到達時間差を、順方向の到達時間から差し引いて順方向伝播時間を算出する。即ち、測定毎に算出する。

順方向伝播時間 = 順方向到達時間 - 全遅れ時間 - 平均到達時間差

逆方向伝播時間 = 逆方向到達時間 - 全遅れ時間

ところで、測定した到達時間は、順方向到達時間 t_1 と逆方向到達時間 t_2 になる。また、全遅れ時間は、順方向測定時と逆方向測定時ごとの全遅れ時間に前記順方向と逆方向での特性差による時間差（即ち前記平均到達時間差）を考慮した値となる。

【 0 0 4 3 】

順方向の全遅れ時間と平均到達時間差の和を τ_1 、逆方向の全遅れ時間を τ_2 とすると

順方向伝播時間 = $t_1 - \tau_1$ (1)

逆方向伝播時間 = $t_2 - \tau_2$ (2)

となる。

【 0 0 4 4 】

順方向伝播時間の逆数を f_1 、逆方向伝播時間の逆数を f_2 と表記すると、

$$f_1 = 1 / (t_1 - \tau_1) \quad \dots (3)$$

$$f_2 = 1 / (t_2 - \tau_2) \quad \dots (4)$$

順方向と逆方向の各伝播時間の逆数 f_1 と f_2 は、流体の流速を V 、流体中の超音波の音速を C 、送受波器 2 と 3 の距離（間隔）を L とすると、

$$f_1 = (C + V) / L \quad \dots (5)$$

$$f_2 = (C - V) / L \quad \dots (6)$$

であるから、伝播時間の逆数差 $f_1 - f_2$ は、(5) (6) 式から、

$$f_1 - f_2 = 2 V / L \quad \dots (7)$$

となる。従って、次の (8) 式で測定温度での流速 V を求めることが出来る。

【 0 0 4 5 】

$$V = (f_1 - f_2) \times L / 2 \quad \dots (8)$$

この流速 V は測定温度 T [] における流速である。この流速 V に流路断面積を乗じて測定温度 T [] における流量を算出する。さらに、流量に時間を乗じて通過量いわゆる積算流量を算出する。伝播時間 $t_1 - \tau_1$ 、 $t_2 - \tau_2$ から流速 V を算出し、更に流量や通過量を演算するのは図 1 の流量演算部 10 で実行する。

【 0 0 4 6 】

温度演算部 11 は、順方向と逆方向の伝播時間の逆数 f_1 と f_2 の和 $f_1 + f_2$ から流体温度を求める。

【 0 0 4 7 】

具体的には、ガス種に対応した逆数和と温度との関係を示すデータとし、例えば空気 (A I R) の伝播時間の逆数和 $f_1 + f_2$ [H z] と温度 [] の関係を示す図 3 のデータを温度演算部に記憶しておいて、 $f_1 + f_2$ に対応する温度 [] を図 3 のデータから読み取って流体温度 T [] とする。

【 0 0 4 8 】

流量演算部 10 で求めた流量 V と、温度演算部で求めた流体温度 T [] を基にして、

10

20

30

40

50

シャルルの法則に則り、基準温度 T_0 [] における流量 V_0 を温度補正流量算出部 12 で演算する。

$$V_0 = (273 + T_0) \cdot V / (273 + T) \cdots (9)$$

【0049】

なお、伝播時間算出部 9 で算出した順方向と逆方向の各伝播時間の逆数 f_1 と f_2 の和 $f_1 + f_2$ は、

$$f_1 + f_2 = 2C / L \cdots (10)$$

となり、音速 C と相関関係があるので前記図 3 のデータから、流体温度を読み取ることが出来るものである。

【実施例 2】

10

【0050】

次に、伝播時間 t_1 、 t_2 の逆数和に基づいて流体の温度を算出する実施例 2 の温度演算部の手順を図 4 のブロック図で説明する。

【0051】

順方向と逆方向の伝播時間 t_1 と t_2 の逆数 f_1 と f_2 は前記 (5) (6) 式で表わされるので、伝播時間 t_1 と t_2 の逆数和は

$$f_1 + f_2 = 2C / L \cdots (10)$$

となり、間隔 L は固定の既知の値であるため、逆数和 $f_1 + f_2$ が音速 C に相関する値となる。

【0052】

20

ところで、伝播時間の逆数の単位は [Hz] となる。従って、順方向と逆方向の伝播時間の逆数和を縦軸にとり、温度 [] を横軸にとって両者の関係を示すと図 5 のように、流体 (ガス) が 13A の場合と AIR (空気) の場合と LPG の場合との 3 本の線 B、C、D となり、この関係を使って、逆数和 $f_1 + f_2$ の値に基づいて、B、C、D のどの線の範囲に逆数和があるかによって、ガス種が 13A、AIR 又は LPG のどれであるか判定できる。こうすることで、図 5 は、図 4 におけるガス種 1 判定値 11c とガス種 2 判定値 11d とガス種 3 判定値 11e に相当し、これらの判定値に基づいて、図 4 のガス種判定部 11b が機能する。つまり、図 5 で、縦軸の逆数和は $f_1 + f_2$ であるから、例えば逆数和演算部 11a で算出した逆数和が 8000 [Hz] であれば、図 5 に基づいて、ガス種判定部 11b が、流体のガス種をガス種 1 の 13A と判定する。

30

【0053】

ガス種を判定するのに、図 5 の代りに、図 6 のような音速と温度の関係を用いることもできる。この場合は、前記 (10) 式を変形して

$$C = (f_1 + f_2) L / 2 \cdots (11)$$

から、逆数和 $f_1 + f_2$ に基づいて音速 C を求め、この音速 C が、図 6 の 13A、AIR 又は LPG のどの範囲にあるかによって、ガス種が 13A か AIR か LPG かを判定する。

【0054】

なお、都市ガスの 13A、空気 (AIR)、LPG (LP ガス) では、音速 C や、逆数和は、図 6 や図 5 に示すように、流量計の使用温度範囲の -20 ~ 60 においては、線 (曲線) が互いに重なることがないため、ガス種が何れであるか確実に判定できる。

40

【0055】

その他のガス種であるとか、使用温度範囲が広いなど音速のカーブ (曲線) が図 7 のように互いに重なることがある場合は、重なる領域を脱したときに予め設定した音速 C のデータと比較することによりガス種を識別 (判定) し、ガス種情報を切り替えて、誤判定を防ぐようにする。

【実施例 3】

【0056】

次に、実施例 3 について説明する。例えば図 8 のように、温度が 0、20、40 における 3 点の逆数和データ (温度ポイントデータ、 t_{p0} 、 t_{p20} 、 t_{p40}) と

50

、4つの温度算出係数データ k_{m20} 、 k_0 、 k_{p20} 、 k_{p40} を温度算出テーブルに記憶しており、以下の式により温度を算出する。なお、全体のブロック図は図1、要部は図9に示す。

【0057】

逆数和が $t_{p20} \sim t_{p40}$ の範囲内の場合について説明する。

$$T = (f_1 + f_2 - t_{p20}) \times k_{p20} + 20 [\quad]$$

但し、 $T [\quad]$: 流体温度

f_1 : 順方向伝播時間の逆数

f_2 : 逆方向伝播時間の逆数

$t_{p20} [Hz]$: 20、空気(AIR)における逆数和

$k_{p20} [\quad / Hz]$: 温度算出係数

10

なお、上記温度算出テーブルを[表1]と[表2]に示す。[表1]は温度ポイントデータで単位は $[Hz]$ 、[表2]は温度算出係数データで図7の折線の傾配に当り、単位は $[\quad / Hz]$ である。

【0058】

【表1】

ガス種	tp0	tp20	tp40
AIR	6637.712	6876.112	7105.896
13A	7833.088	8090.906	8335.252
LPG	4770.462	4939.298	5100.256

20

【0059】

【表2】

ガス種	km20	k0	kp20	kp40
AIR	0.08068	0.083893	0.087038	0.090135
13A	0.073184	0.077574	0.081851	0.085925
LPG	0.112587	0.118458	0.124256	0.129597

30

この実施例3では、符号11hで示す温度算出テーブル1は、前記[表1]のガス種がAIRの欄のデータと、[表2]のガス種がAIRのデータを電子回路のメモリに記憶したテーブルで構成される。また、符号11iの温度算出テーブル2は同様に[表1]の13A欄のデータと[表2]の13A欄のデータとで、又、符号11jの温度算出テーブルは同様に[表1]のLPGの欄と[表2]のLPGの欄のデータとで構成される。そして、11h、11i、11jの各温度算出テーブル1、2、3のデータをテーブル選択部11gで選択して、演算部11fで温度 $T [\quad]$ を算出する。

40

【実施例4】

【0060】

次に、実施例4について説明する。なお、全体のブロック図は図1に、要部は図10に示す。この実施例4では、設定器13でガス種判定値11c~11eと、温度算出テーブル1~3(符号11h~11j)の内容を外部から書き換えることができ、書き換える前

50

とは違うガス種の測定を行なうようにすることができるものである。

【 0 0 6 1 】

一般に被測定流体のガス種によって、音速が異なるため、実施例 4 のガス種判定値や温度算出テーブルは、測定流体の種類毎に定める必要がある。これらの値を外部から設定器 1 3 によって設定可能とすることで、ガス種の誤判定、温度測定誤差の発生を容易に回避することができる。こうして、想定外の異なるガス種でも上記不具合を容易に避けられる。

【 実施例 5 】

【 0 0 6 2 】

次に、実施例 5 について説明する。なお、この実施例の全体ブロック図は図 1 と同じで、その要部のブロック図を図 1 1 に示す。

10

【 0 0 6 3 】

この実施例 5 では、更に送受波器 2 と 3、即ちセンサ距離補正部 1 1 k の補正係数を外部の設定器 1 3 A で設定可能にしたものである。

【 0 0 6 4 】

例えば、送受波器間の距離、即ちセンサ間距離 L が 1 0 0 mm の場合、距離 L が個体間誤差で 0 . 2 mm ずれた場合の測定誤差は空気約 2 0 においては、以下のように 1 の誤差となる。

【 0 0 6 5 】

空気 2 0 付近における逆数和の傾きは、音速カーブの図 5 からおよそ 1 2 H z / である。

20

【 0 0 6 6 】

前述の (9) 式より、 $L = 1 0 0$ mm と $L = 1 0 0 . 2$ mm の逆数和は、空気 2 3 の音速 3 4 5 m / s とすると、次のようになる。

【 0 0 6 7 】

$L = 1 0 0$ mm の場合

$$f_1 + f_2 = 2 C / L = 2 \times 3 4 5 / 0 . 1 = 6 9 0 0 \text{ [H z]}$$

$L = 1 0 0 . 2$ mm の場合

$$f_1 + f_2 = 2 C / L = 2 \times 3 4 5 / 0 . 1 0 0 2 = 6 8 8 6 \text{ [H z]}$$

で両者の差は、1 4 [H z] となり、約 1 の誤差に相当する。

30

従って $L = 1 0 0 . 2$ mm の流量計に対しては、 $1 0 0 . 2 / 1 0 0$ のセンサ間距離補正係数を $f_1 + f_2$ の 6 8 8 6 [H z] に乗じることで、センサ間距離の個体差を補正して、正しい値の $f_1 + f_2 = 6 9 0 0$ を求められるようになる。

【 0 0 6 8 】

センサ間距離補正係数の設定手順を以下に示す。

(1) 温度一定の環境条件で、流量ゼロの状態の伝播時間を複数回測定し、順方向と逆方向それぞれの平均伝播時間を算出する。

(2) 順方向、逆方向それぞれの平均伝播時間の逆数を取り、順逆それぞれの逆数の平均値をとる。

(3) 順逆各逆数の平均値の和を算出する。

40

(4) 伝播時間を測定する時の流体温度における理論逆数和と、測定した各逆数和の平均値とから、センサ間距離補正係数を算出する。(センサ間距離補正係数 = 理論逆数和 ÷ (各逆数の平均値の和))。なお、理論逆数和とは、伝播時間測定時の流体温度における音速及びセンサ間距離の狙い値(設定値)から算出した伝播時間の逆数和をいう。

(5) 算出したセンサ間距離補正係数を流量計に設定し、記憶する。

【 実施例 6 】

【 0 0 6 9 】

流量変動があると、図 1 2 に示すように、順方向の測定と逆方向の測定とで捉える流速が異なる値の V_1 と V_2 になる。即ち、 n 回目の順方向測定で V_1 、逆方向測定で V_2 となる。 $n + 1$ 回目には、順方向測定値と逆方向測定値が V_1' と V_2' になる。従って、

50

n 回目の測定では、

$$f_1 = (C + V_1) / L \cdots (5')$$

$$f_2 = (C - V_2) / L \cdots (6')$$

$$f_1 + f_2 = (2C + V_1 - V_2) / L \cdots (7')$$

そこで、本実施例 6 では、伝播時間測定の順序を測定毎に変え、かつ、逆数和を平均化することで、測定誤差を低減することができる。式(7')の $V_1 - V_2$ が図13のn回目とn+1回目の測定の平均でほぼ零になるので測定誤差が低減する。

【0070】

本実施例 6 の全体のブロック図を図 14 (a) に、その温度演算部の詳細を図 14 (b) に示す。同図 (a) に示す測定順序制御部 14 と同図 (b) に示す平均化部 11m が他の実施例に比較して追加されている。測定順序測定部 14 は順方向と逆方向の測定順序を切り替える。

【実施例 7】

【0071】

周期的に変動する流量変化の場合には、測定間隔をランダムにすることで、前記式(7')の $V_1 - V_2$ が平均的にみて略零になるので、測定誤差を小さくできる。

【0072】

図 15 は測定間隔をランダム化したときの説明図で、流速 V が周期的に正弦波状に変動している場合に測定間隔をランダムにすることで、測定誤差の平均値をほぼ零に近づけることを示す。

【実施例 8】

【0073】

なお、流れが止まっていて流速が零の状態から流れ出した場合には平均化の対象データ数を減らすことによって、温度測定の応答性を上げることができる。

【0074】

図 16 のブロック図は実施例 7 と 8 の全体を示すブロック図で、流量変化判定部 16 を設け、流体が零の状態から流れ出した場合には平均化部 11m で扱う平均化の対象データ数を減らす。また、測定間隔制御部 17 を設けて、実施例 7 で述べた測定間隔のランダム化等の制御を行なうものである。

【実施例 9】

【0075】

図 17 のブロック図は実施例 9 の図で、流量変動判定部 18 を設けて、流量変動の有無を判定し、流量変動があるときは、温度の誤測定を防ぐため、流量が安定するまで温度算出をしないようにした。

【図面の簡単な説明】

【0076】

【図 1】本発明の実施例 1 のブロック図。

【図 2】本発明の実施例 2 における到達時間と伝播時間を設定する図で、(a) は両時間の対応関係を示す図、(b) は受信波形を示す図。

【図 3】本発明の実施例における逆数和と流体温度の関係を示す図。

【図 4】図 1 のブロック図の温度演算部 11 の詳細を示すブロック図。

【図 5】本発明の実施例における流体温度と逆数和の関係を示す図。

【図 6】本発明の実施例における流体温度と音速の関係を示す図。

【図 7】本発明の実施例における流体温度と音速の関係を示す図。

【図 8】本発明の実施例における逆数和と流体温度の関係を示す図。

【図 9】本発明における温度演算部のブロック図。

【図 10】本発明における温度演算部のブロック図。

【図 11】本発明における温度演算部のブロック図。

【図 12】本発明における測定毎の流速変化を説明する図。

【図 13】本発明における測定毎の流速変化を説明する図。

10

20

30

40

50

【図 1 4】本発明の実施例の全体のブロック図 (a) と、温度演算部のブロック図 (b)

。

【図 1 5】流速が正弦波状に変動するときの測定タイミングを説明する図。

【図 1 6】本発明の実施例のブロック図。

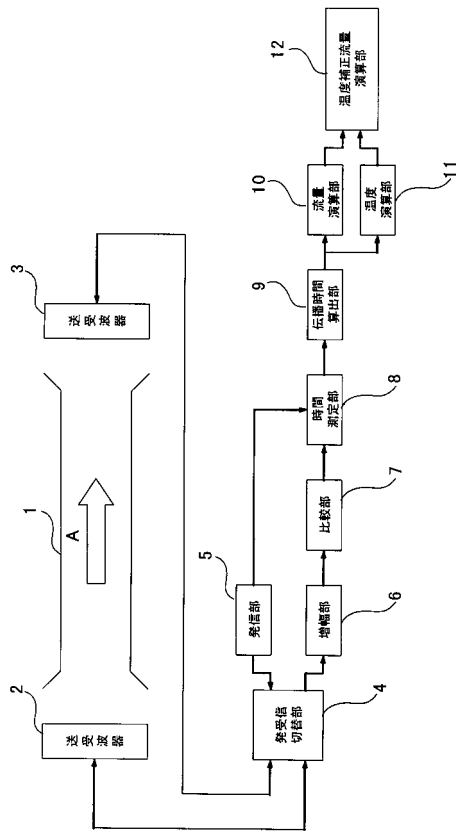
【図 1 7】本発明の実施例のブロック図。

【符号の説明】

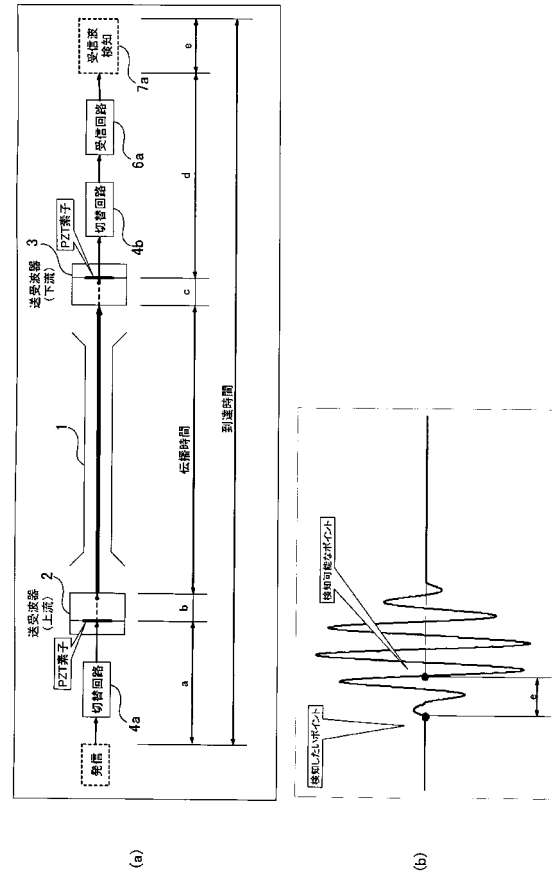
【 0 0 7 7 】

1	流路	
2、3	送受波器 (センサ)	
T	流体温度	10
T_0	基準温度	
$V、V_0$	流速	
8	時間測定部	
9	伝播時間算出部	
10	流量演算部	
11	温度演算部	
12	温度補正流量演算部	
t_1	順方向到達時間	
t_2	逆方向到達時間	
f_1	順方向伝搬時間の逆数	20
f_2	逆方向伝搬時間の逆数	
$f_1 + f_2$	逆数和	
11	温度演算部	
11a	逆数和演算部	
11b	ガス種判定部	
11f	演算部	
11g	テーブル選択部	
11h、11i、11j	温度算出テーブル	
13、13A	設定器	
11k	センサ間距離補正部	30
14	測定順序制御部	
11m	平均化部	
17	測定間隔制御部	
16	流量変化判定部	
18	流量変動判定部	

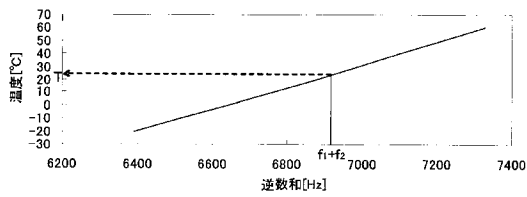
【図 1】



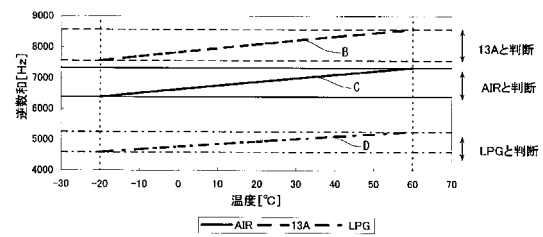
【図 2】



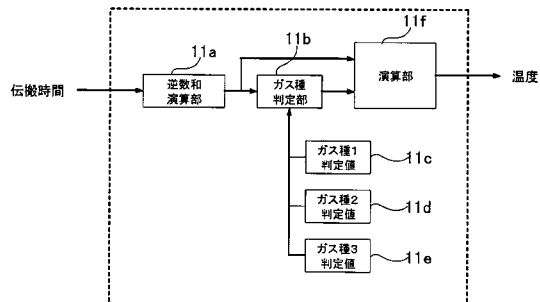
【図 3】



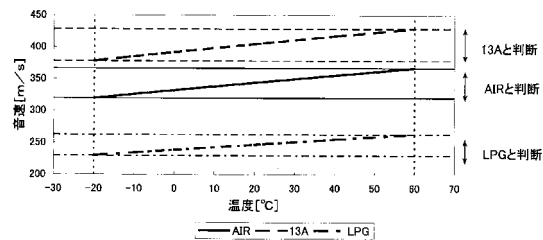
【図 5】



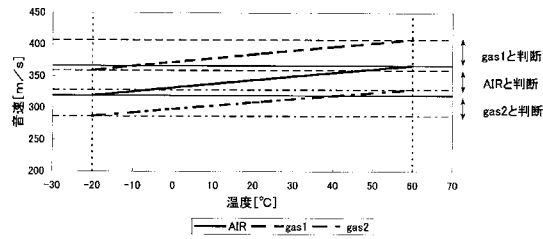
【図 4】



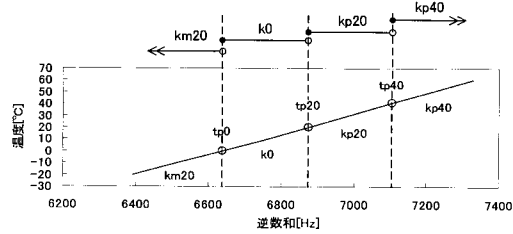
【図 6】



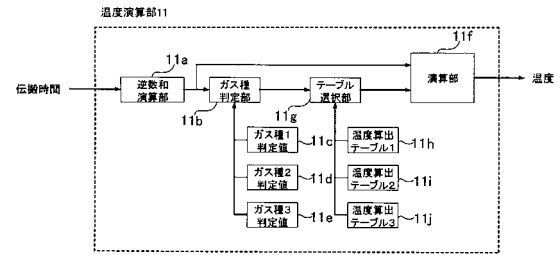
【図 7】



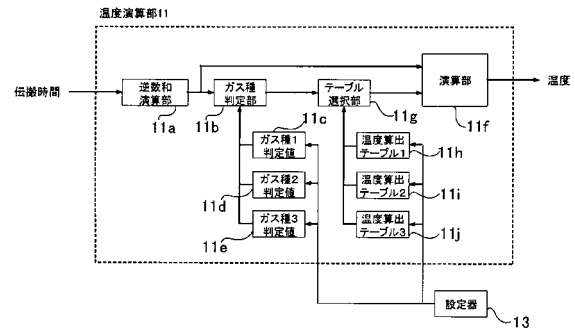
【図 8】



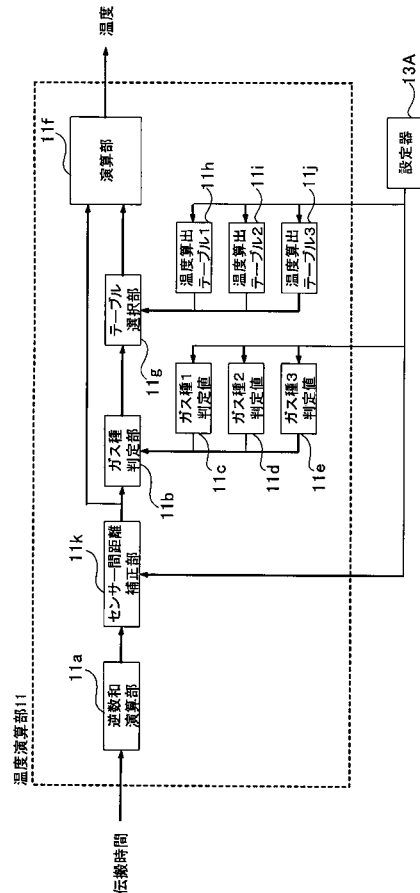
【図 9】



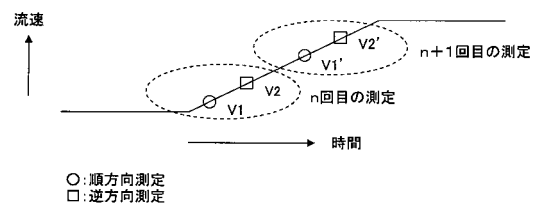
【図 10】



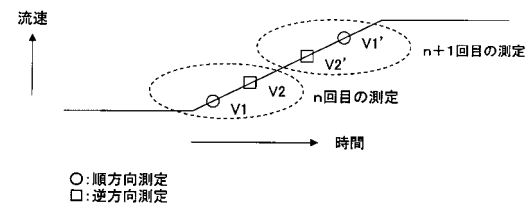
【図 11】



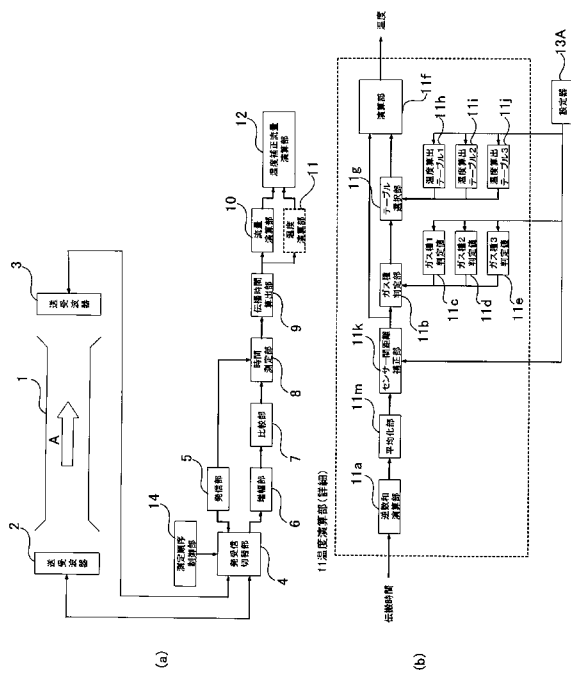
【図 12】



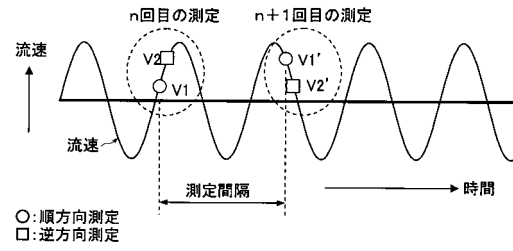
【図 13】



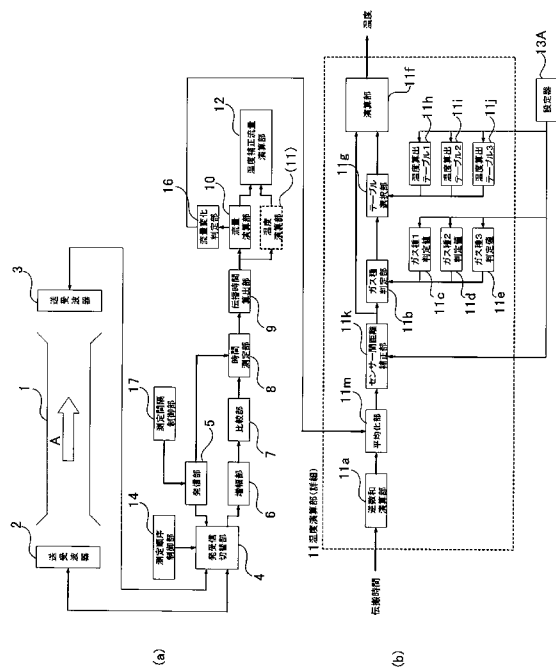
【 図 1 4 】



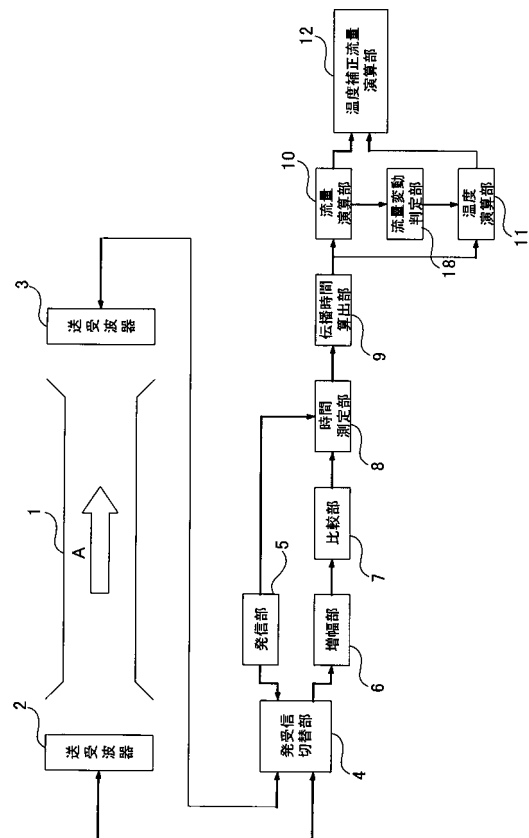
【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭63-131027(JP,A)
特開平09-133561(JP,A)
特開2004-085421(JP,A)
特開2002-333356(JP,A)
特開2000-337938(JP,A)
特開2000-292233(JP,A)
特開平06-088738(JP,A)
実開昭60-150422(JP,U)
特開昭51-055276(JP,A)
特開2001-194196(JP,A)
特開平08-304135(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01F 1/66
G01F 3/22