

【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 17 年 4 月 7 日 (2005.4.7)

【公開番号】特開 2003-315115 (P2003-315115A)  
 【公開日】平成 15 年 11 月 6 日 (2003.11.6)  
 【出願番号】特願 2002-124004 (P2002-124004)

【国際特許分類第 7 版】

G 0 1 F 1/00  
 G 0 1 F 1/66  
 // G 0 1 F 3/22

【F I】

G 0 1 F 1/00 F  
 G 0 1 F 1/66 1 0 1  
 G 0 1 F 3/22 Z

【手続補正書】

【提出日】平成 16 年 5 月 10 日 (2004.5.10)

【手続補正 1】

【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】

【書類名】明細書

【発明の名称】流量計測装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】間欠的に流速を検出する流速検出手段と、前記流速検出手段で求めた値を基に単位時間あたりの瞬時流量に換算する流量演算手段と、次回の流量計測までの間、前記流量演算手段で求めた瞬時流量を前記単位時間毎に積算する積算手段とを備え、前記単位時間は前記流量検出手段の間欠周期にかかわらず固定値である流量計測装置。

【請求項 2】積算手段で求めた流量を表示する表示手段を備え、単位時間当たりの最大流量が前記表示手段の最小分解能より小さくなるように単位時間を定めた請求項 1 に記載の流量計測装置。

【請求項 3】積算手段は一定容量が備蓄可能な補助積算手段と前記補助積算手段の容量を満たす毎にその容量を加算する主積算手段とで構成され、前記補助積算手段の容量は単位時間当たりの最大流量よりも大きい値に定めた請求項 1 に記載の流量計測装置。

【請求項 4】単位時間は、流速検出手段の間欠周期の整数分の 1 である請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の流量計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、流速を検出する方法を用いて、流体の流量を間欠的にサンプリングして流体の使用量を計測する流量計測装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来この種の流量計としては、超音波流量計、熱線式流量計等様々なものが提案されている。このうち、超音波式流量計は例えば図 3 のような構成となっていた。図 3 において、流体流路 1 の途中に、超音波を発信する第 1 振動子 2 と受信する第 2 振動子 3 が流れ方向に配置されていて、制御手段 11 は、これらふたつの送受信を制御している。超音波が流れの中を伝搬する際、流体の流れの影響を受けて、流れの順方向、すなわち、第 1 振動

子 2 から第 2 振動子 3 へ向けて送信した場合の伝搬時間と、流れの逆方向、すなわち、第 2 振動子 3 から第 1 振動子 2 へ向けて送信した場合の伝搬時間は異なった値となり、流量が大きくなるにつれて、その差は大となる。この性質を利用して流体の流量を計測することが可能である。流量演算手段 11 では計測手段 9 で求めた伝搬時間を基に単位時間当たりの通過流量  $Q_t$  を求めている。そして、この値に間欠駆動周期、すなわち前回の計測と今回の計測の時間間隔を乗じることによりこの間欠周期中に発生した通過流量を求めて、積算手段 13 に加算している。

【0003】

一方、この種の流量計は一般的に消費電力が大きいと、省電力化の観点から比較的大きな時間間隔（1～10 秒程度）で計測が行われるが、その場合には、一回当たりの通過流量が大きくなることによる不都合が生じる場合があった。例えば、1 回の計測あたりの通過流量が表示の最小分解能、すなわち、家庭用のガスメータであれば 1 L を超える場合があり、表示値が 2 L 毎に変化するなどの不連続な変化を示すこととなっていた。そのため、積算値が一度に大きな変化を示させずに、かつその変化を平準化させるために、求めた通過流量を分割し、段階的に変化させる方法が例えば特許第 2937300 号公報や、特開 2001-155046 号公報などに示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の様な考え方は、計測周期が固定の場合は有効であるが、計測周期が可変の場合の処理に関してはこれらの発明では詳細が開示されていない。計測周期が可変とは、例えば、脈動対策として、計測タイミングが変動波形の特定周期に偏らないように、計測周期をランダムに変化させる場合が考えられる。この場合には、計測周期が頻繁に変化することが前提である。よって、こういうケースに上記の考え方を適用した場合に複雑な処理手順が必要なものと予測される。

【0005】

図 4 を用いてこの課題を説明する。図 4 において  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ 、 $t_4$  はそれぞれ流量計測のタイミングでありその時間間隔は 2 秒、2.5 秒、2 秒と変化するものとし、各時刻における瞬時流量（毎秒当たりの流量）は  $Q_a$  で等しいものとする。この場合、演算で求められる通過流量は時刻  $t_2$  で  $2Q_a$ 、 $t_3$  で  $2.5Q_a$ 、 $t_4$  で  $2Q_a$  となる。計測は間欠的に連続で行われるため、前回の計測結果を次の計測が始める前に完了する必要がある。そこで、次のような方法が考えられる。

【0006】

（方法 1）通過流量を均等分割して加算する。

【0007】

（方法 2）分割周期を固定にする。

【0008】

（方法 1）の場合、計測毎に加算タイミングを決定するための演算が必要となる。10 分割を例にとると、時刻  $t_2$  から  $t_3$  の間は 0.25 秒、時刻  $t_3$  から  $t_4$  の間は 0.2 秒となり計測周期の応じて求め直す必要がある。また、1 回当たりの加算流量は時刻  $t_2$  から  $t_3$  の間は  $0.2Q_a$ 、時刻  $t_3$  から  $t_4$  の間は  $0.25Q_a$  となり単位時間当たりの変化率が異なってしまう。

【0009】

（方法 2）の場合、分割周期毎の加算流量値をその都度求める必要がある。分割周期 0.1 秒を例にとると、時刻  $t_2$  から  $t_3$  の間は加算機会が 25 回、時刻  $t_3$  から時刻  $t_4$  の間は加算機会が 20 回発生する。よって、これも、また計測周期に応じて 1 回当たりの加算流量を求め直す必要がある。更に 1 回当たりの加算流量は時刻  $t_2$  から  $t_3$  の間は  $0.08Q_a$ 、時刻  $t_3$  から  $t_4$  の間は  $1.25Q_a$  となり単位時間当たりの変化率が異なってしまう。このことは流量の変化を平準化するという本来の目的から逸脱してしまう。よって、これを是正するためには更に複雑な手順が必要であるものと予想される。

【0010】

このような処理手順の複雑化は流量計測装置を制御する電子回路の消費電力の増大に繋がっていた。それは次の様な理由による。つまり、一般に家庭用ガスメータ等に使われるマイクロコンピュータでは、乗除算を実行するとその処理手順が複雑なため、加減算に比べて、処理時間は非常に長くなる。また、電池交換なしで10年間の寿命を保証するため、できるだけ消費電力を抑える必要があり、そのためには、低速のクロックを用いて、なおかつ、処理の必要ない時にはクロックを各マイクロコンピュータ固有の省電力モードで動作させている。そのため、処理手順の複雑な乗除算の回数が増えるということは、処理時間の増加すなわち消費電力の増加につながっていたのである。

【0011】

本発明は上記課題を解決するものであり、複雑な処理手順を省略することにより、消費電力を増大させることなく正確な使用量を求めることを可能とするものである。

【0012】

【発明の実施の形態】

請求項1に記載の流量計測装置は、流速検出手段で求めた流速を基に単位時間あたりの瞬時流量に換算する流量演算手段と、次回の流量計測までの間、前記流量演算手段で求めた瞬時流量を前記単位時間毎に積算する積算手段とを備えているので、処理手順の複雑な乗除算処理回数を低減して積算流量値が求められるので、消費電力を増大させることなく正確な流量を求めることができる。

【0013】

請求項2に記載の流量計測装置は、積算手段で求めた流量を表示する表示手段を備え、想定される単位時間当たりの最大流量が前記表示手段の最小分解能より小さくなるように単位時間を定めているので、外観上も違和感がなく自然な計数表示が可能となる。

【0014】

請求項3に記載の流量計測装置は、積算手段が一定容量の補助積算手段と前記補助積算手段の容量を満たす毎にその容量を加算する主積算手段とで構成され、前記補助積算手段の容量は想定される単位時間当たりの最大流量よりも大きい値に定めているので、主積算手段の使用頻度が低減できる。したがって、単位時間を細かく設定することにより演算桁数の増大が発生しても、消費電力の増大させることなく演算精度を確保できる。

【0015】

請求項4にかかる発明は、単位時間が、流速検出手段の間欠周期の整数分の1である請求項1から3のいずれか1項記載の流量計測装置である。

【0016】

【実施例】

以下本発明の実施例について、図1～4を参照しながら説明する。

【0017】

(実施例1)

図1は、本発明の第1の実施例における流量計測装置のブロック図である。

【0018】

図1において、流体流路1の途中に、超音波を発信する第1振動子2と受信する第2振動子3が流れ方向に配置されている。4は第1振動子2への送信手段、5は第2振動子3で受信した超音波を信号処理する受信手段で、6は第1振動子2と第2振動子3の送受信を切替える切替手段、7は受信回路5で超音波を検知した後、第1振動子2からの送信と第2振動子3での受信を複数回繰り返す繰り返し手段、8は繰り返し手段7により行われる複数回の超音波伝搬の所要時間を計測する計時手段である。9は送受信回路であり、第1振動子2、第2振動子3、送信手段4、受信手段5、切替手段6、繰り返し手段7、計時手段8の各要素により構成されている。10は制御手段であり、送受信回路の動作を制御している。11は流量演算手段であり、計時手段8で求めた伝搬時間を基に単位時間当たりの瞬時流量を求める。12は主積算部13および補助積算手段14から構成される積算手段であり、15は主積算手段の保持する積算値を表示する表示手段である。

【0019】

図2を用いて、送受信回路9における計測手順および、計測原理について説明する。制御手段11が、繰り返し手段7に対して、計測開始のトリガ信号を出力すると、切換手段6は、トリガ信号を受けて、第1振動子2を送信手段4に、第2振動子3を受信手段5に接続して、超音波を流れの順方向に送信した伝搬時間を計測する体制を取る。そして、送信手段4から送信信号が出力されると同時に、計時手段8で、送受信に要した時間の計測が開始される。受信手段5で受信1回目が終了すると、再び送信手段4から送信信号が出力される。以下、同様に送受信が繰り返されて、規定の回数の送受信が終了すると、計時手段8は演算手段11に対して、順方向の伝搬時間の合計値を出力する。

#### 【0020】

つづいて、切換手段6は、第1振動子2を受信手段5に、第2振動子3を送信手段4に接続して、超音波を流れの逆方向に送信した伝搬時間を計測する体制を取る。その後、送信手段4から送信信号が出力されると同時に、計時手段8で、送受信に要した時間の計測が開始される。受信手段5で受信1回が終了すると、再び送信手段4から送信信号が出力される。以下、同様に送受信が繰り返されて、規定の回数の送受信が終了すると、計時手段8は演算手段11に対して、逆方向の搬時間の合計値を出力する。

#### 【0021】

つづいて、演算手段11の作用について計測原理を交えて説明する。静止流体中の音速を $c$ 、流体の流れの速さを $v$ とすると、流れの順方向の超音波の伝搬速度は $(c + v)$ 、逆方向の伝搬速度は $(c - v)$ となる。振動子2と3の間の距離を $L$ 、超音波伝搬軸と流路の中心軸とがなす角度を $\theta$ 、流れの順方向に発信された超音波の伝搬する時間を $t_f$ 、流れの逆方向に発信された超音波の伝搬する時間を $t_r$ とすると、

$$t_f = L / (c + v \cos \theta) \quad (1)$$

$$t_r = L / (c - v \cos \theta) \quad (2)$$

となる。上記(式1)または(式2)の一方から直接流速 $v$ を求めることが可能であるが、そのためには音速 $c$ が既知である必要がある。しかし、一般に音速 $c$ は流体温度に依存するため、流体温度が既知である必要がある。しかし、ここで、順方向、逆方向を計測した時点の流体温度が等しいと仮定することにより、音速 $c$ が未知であっても、(式1)、(式2)より流速 $v$ を求めることが可能である。すなわち、(式1)および(式2)を変形して $v$ について解くと、

$$v = (L / 2 \cos \theta) \cdot (1 / t_f - 1 / t_r) \quad (3)$$

となり、 $L$ と $\theta$ が既知なら $t_f$ 、 $t_r$ を計測して流速 $v$ が求められる。ここで、微少な流速まで検知しようとした場合、 $t_f$ 、 $t_r$ の検出精度を高める必要があるが、単発現象として計測した場合には精度を上げるのが難しいため、送受信を複数回繰り返してトータル時間を計測して、平均化することにより精度確保する方法が、超音波計測では一般的に取り入れられており、シングア라운드法と呼ばれている。シングア라운드法において、設定された繰り返し回数を $N$ 回、流れの順方向、逆方向の伝搬時間の合計値を $T_f$ 、 $T_r$ とすれば、伝搬時間 $t_f$ 、 $t_r$ は $T_f$ 、 $T_r$ を回数平均すれば求めることができる。よって、(式3)を変形して、式(式5)から流速 $v$ を求めることができる。

$$v = N (L / 2 \cos \theta) \cdot (1 / T_f - 1 / T_r) \quad (5)$$

ここで、流路断面積を $S$ 、補正係数を $K$ とすれば、流量 $Q$ は

$$Q = K \cdot S \cdot v \quad (6)$$

となる。(式5)、(式6)から明らかなように、伝搬時間を求めることにより流量 $Q$ が求められる。この時求められる流量は単位時間あたりの流量である。よって、補正係数 $k$ の値を適宜定めることによって、その意味合いを如何様にも変更できる。例えば、1時間当たりの流量と定めても良いし、1秒当たりの流量と定めても良い。いずれの場合であっても、この時求められる流量は単位時間当たりの瞬時流量と定義することができる。更に、この単位時間を加算処理の実行周期と等しく設定し、更に計測周期より短い固定の値と定めれば、計測周期あたりの通過流量は、単位時間当たりの瞬時流量の積分値として表現できるということは、明らかである。したがって、従来例で示したように、一旦計測周期毎の通過流量を求めた後に、その値を分割して、1回当たりの加算処理で加算すべき値を

求める必要がない。すなわち、(式6)の流量演算式が加算周期毎の流量を求める演算式と全く同一のものとなる。本実施例では、この単位時間を0.1秒と定める(理由は後述する)。よって、この時検出した流速が0.1秒継続した場合に流路内を通過する瞬時流量と定義できる。

#### 【0022】

図2は、本実施例における流量計測装置の加算処理を説明するタイミングチャートである。時刻 $t_n$ は流速検出手段のサンプリング時刻、 $Q_n$ は同時刻において流量演算手段11で求めた流量である。時刻 $t_1$ において検出された流速 $v_1$ に基づいて(式5)を使って瞬時流量値 $Q_1$ が求められる。ここで、求めた瞬時流量 $Q_1$ は単位時間 $t$ ( $=0.1$ s)毎に積算手段12に加算される。 $Q_1$ は時刻 $t_1$ から、次に流量を求める時刻 $t_2$ の直前まで(図2では $t_1 + 7 \times t$ )まで継続して $t$ 毎に加算されることになる。よって、図2では時刻 $t_1$ から $t_2$ の間に加算された流量値は(式7)で表せる。

#### 【0023】

$$Q_a = Q_1 + Q_1 + Q_1 + Q_1 + Q_1 + Q_1 + Q_1 + Q_1 = 8 \times Q_1 \quad (7)$$

一方、流速 $v_1$ を検出するに要する時間は、間欠動作の時間間隔に比べて極めて小さな値であるため、時刻 $t_1$ で検出された流速は時刻 $t_1$ から時刻 $t_2$ の間の代表値と考えて差し支えない。したがって、時刻 $t_1$ から時刻 $t_2$ に掛けて通過した流体流量 $Q_{12}$ は(式8)で求められる。

#### 【0024】

$$Q_{12} = Q_1 \times (t_2 - t_1) / t \quad (8)$$

ここで、 $t_2 - t_1$ の時間は図では $8 \times t$ であるから

$$Q_{12} = Q_1 \times 8 \quad (9)$$

として求められる。この値は(式7)で求めた値と等しい。次に時刻 $t_2$ では $Q_2$ が求められる、この時点で積算手段12に対する加算値は更新される。ここでも先と同様に、時刻 $t_2$ から次のサンプリング時刻 $t_3$ から $t$ 前の時刻( $t + 5 \times t$ )までの6回にわたって $Q_2$ が加算手段に加算される。同様に、積算処理は、時刻 $t_n$ と時刻 $t_{n+1}$ の時間間隔を予め $t$ の整数倍に設定しておけば、時刻 $t_1$ から時刻 $t_2$ の間施したのと同じ処理、すなわち時刻 $t$ 毎に加算処理を行うことで実現可能である。したがって、流速のサンプリング時刻の間隔をどのように設定しても、また、頻繁に変更したとしても、時間の重み付けの乗算処理やそれを単位時間毎に分割する除算処理等は一切不要である。

#### 【0025】

続いて、 $t$ の設定方法について説明する。 $t$ を小さくすれば、サンプリング時間をより細かく制御することが可能であるが、加算処理の回数が増大するので、いたずらに小さく定めるのは消費電力の観点から望ましくない。家庭用のガスメータについて考えると、法規上、表示値の最小分解能は1L、また、補助表示部の分解能が0.2L以下に定められている。であるから、 $t$ 当たりの通過量が0.2L未満となる様に定めれば、積算手段12で求めた値をそのまま表示手段に反映させれば良いことになる。例えば6メータの場合、法規上、精度を要求される最大流量が6000L/hであるが、6000L/h相当の流量が0.2L通過するに要する時間を $t$ とすると(式10)の関係が成り立つ。よって、(式10)を解いて0.12秒と計算できる。

#### 【0026】

$$6000 / 3600 = 0.2 / t \quad (10)$$

よって、 $t$ をこの時間より小さく定めれば良いと言える。前記理由により本実施例では、 $t$ 、すなわち加算処理の単位時間を0.1秒と定めている。なお、 $t$ の値は0.12より小さければ良いので、電子回路で設定容易な値(例えばクロック周期の整数倍の値)を自由に選択すれば良く、0.1秒に拘るものではない。

#### 【0027】

次に、積算手段の作用について説明する。流量値の精度を高めるには、 $Q_n$ の分解能を高くする必要がある。一例として、小流量で1Lの精度が必要であると仮定する。 $t$ を0.1秒と定めた時、1L/h相当の流量が発生した場合の $Q_n$ の値は(式11)を解く

ことによって求められる。

【0028】

$$1 / 3600 = Q_n / 0.1 \quad (11)$$

(式10)よりこの時の値は $2.78 \times 10^{-5} \text{ L}$ と求まる。 $1 \text{ L/h}$ と $0 \text{ L/h}$ の区別を明確にする必要があるとすれば、少なくとも $10^{-6} \text{ L}$ の精度までが必要と考えられる。一方、積算流量値として、 $106 [\text{m}^3] = 109 [\text{L}]$ までを保有する必要がある、したがって、積算手段が保有すべき桁数は16桁となり、加算処理の度に16桁の加算を繰り返すのは消費電力の観点から好ましくない。そのため、積算手段12は主積算手段13と補助積算手段14とに分割し、通常は補助積算手段14(たとえばバッファ機能に該当する)のみを動作させるように構成されている。前述の様に、 $Q_n$ の最大値は $0.2 \text{ L}$ 未満であるため、補助積算手段14は最上位桁として $10^{-1} \text{ L}$ を保有しておれば良い。また、前述の様に、 $0.2 \text{ L}$ 毎に補助表示を反応させる必要があるので、主積算手段13は $10^{-1} \text{ L}$ から $109 \text{ L}$ までの桁を保有していれば良い。 $Q_n$ は先ず、補助積算手段14に加算される。補助積算手段14の容量は $0.2 \text{ L}$ としてあり、 $0.2 \text{ L}$ を超えると、その超過分のみ主積算手段1部に繰り上げ処理を行う。例えば、加算の結果、補助積算手段14の積算値が $0.23 \text{ L}$ に達した場合は $0.2 \text{ L}$ を主積算手段13へ送出し $0.23 \text{ L}$ から容量分 $0.2 \text{ L}$ を差し引いた値 $0.03 \text{ L}$ のみを補助積算手段14に送出する。次の加算処理からは、 $0.03 \text{ L}$ に対して加算処理が行われる。

【0029】

以上説明したように、本実施例によれば、流速検出手段で求めた流速を基に単位時間あたりの瞬時流量に換算する流量演算手段と、次の流量計測までの間、前記流量演算手段で求めた瞬時流量を前記単位時間毎に積算する積算手段とを備えているので、処理手順の複雑な乗除算処理回数を低減して積算流量値が求められる。よって、消費電力を増大させることなく正確な流量を求めることができる。

【0030】

また、積算手段で求めた流量を表示する表示手段を備え、想定される単位時間当たりの最大流量が前記表示手段の最小分解能より小さくなるように単位時間を定めているので、外観上も違和感がなく自然な計数表示が可能となる。

【0031】

また、積算手段は一定容量の補助積算手段と前記補助積算手段の容量を満たす毎にその容量を加算する主積算手段とで構成され、前記補助積算手段の容量は想定される単位時間当たりの最大流量よりも大きい値に定めているので、主積算手段の使用頻度が低減できる。したがって、単位時間を細かく設定することにより演算桁数の増大が発生しても、消費電力の増大させることなく演算精度を確保できる。

【0032】

【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、流速検出手段で求めた流速を基に単位時間あたりの瞬時流量に換算する流量演算手段と、次の流量計測までの間、前記流量演算手段で求めた瞬時流量を前記単位時間毎に積算する積算手段とを備えているので、処理手順の複雑な乗除算処理回数を低減して積算流量値が求められる。よって、消費電力を増大させることなく正確な使用量を求めることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施例1における流量計測装置のブロック図

【図2】

同装置の動作を説明するタイミングチャート

【図3】

従来の流量計測装置のブロック図

【図4】

従来の流量計測装置の動作を説明するタイミングチャート

## 【符号の説明】

- 8 流速検出手段
- 1 1 流量演算手段
- 1 2 積算手段
- 1 3 主積算手段
- 1 4 補助積算手段
- 1 5 表示手段