

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6830862号
(P6830862)

(45) 発行日 令和3年2月17日(2021.2.17)

(24) 登録日 令和3年1月29日(2021.1.29)

(51) Int.Cl. F I
G O I F 1/60 (2006.01) G O I F 1/60

請求項の数 4 (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2017-105419 (P2017-105419) (22) 出願日 平成29年5月29日 (2017.5.29) (65) 公開番号 特開2018-200249 (P2018-200249A) (43) 公開日 平成30年12月20日 (2018.12.20) 審査請求日 令和2年3月11日 (2020.3.11)</p>	<p>(73) 特許権者 000006666 アズビル株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 (74) 代理人 110001461 特許業務法人きさ特許商標事務所 (72) 発明者 岡山 喜彦 東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 アズビル株式会社内 審査官 公文代 康祐</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電磁流量計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

測定管内を流れる流体の流量に応じた起電力を検出する検出器と、
 前記検出器において検出された前記起電力をもとに、前記流体の流量を求める変換器と、
 を備え、
 前記変換器は、
 前記起電力に基づく入力信号にダンピング処理を施して出力信号を生成するダンピング処理部と、

サンプリング時間ごとに前記入力信号と前記出力信号とを取得し、前記入力信号の値が前記出力信号の値よりも小さい場合は前記出力信号の値をもとにダンピング時定数を求め、前記入力信号の値が前記出力信号の値よりも大きい場合は前記入力信号の値をもとにダンピング時定数を求める判定処理部と、を有し、

前記ダンピング処理部は、
 前記判定処理部が求めたダンピング時定数を用いて前記ダンピング処理を行うものである電磁流量計。

【請求項2】

前記入力信号及び前記出力信号に対応する流量値とダンピング時定数とが、前記流量値が大きくなるとダンピング時定数が小さくなるように関連づけられた時定数情報を記憶する記憶部をさらに有し、

前記判定処理部は、

前記入力信号の値又は前記出力信号の値を前記時定数情報に照らしてダンピング時定数を求めるものである請求項 1 に記載の電磁流量計。

【請求項 3】

前記時定数情報は、

前記流量値の範囲とダンピング時定数とが段階的に関連づけられたテーブル情報である請求項 2 に記載の電磁流量計。

【請求項 4】

前記ダンピング処理部は、

前記判定処理部が求めたダンピング時定数が、前回のサンプリングタイミングで前記判定処理部が求めたダンピング時定数から変化している場合に初期化を行うものである請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の電磁流量計。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、導電性を有する流体の流量を測定する電磁流量計に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、電磁流量計は、測定管内を流れる流体の流れ方向に対して垂直に磁界を加え、流体の流速に比例した起電力を検出し、検出した起電力をもとに流体の流量を測定している。電磁流量計が検出する起電力は非常に小さいことから、従来の電磁流量計には、検出値の安定化を図るために、フィルタ処理の一種であるダンピング処理を行うものもある（例えば、特許文献 1 参照）。特に、測定管内の流体が低流量になると、ノイズ成分が大きくなり、電磁流量計が検出する起電力の安定性が低下する。そのため、特許文献 1 の電磁流量計は、流体の流量が小さい場合に、ダンピング時定数を大きくすることで、ゼロ点付近のふらつきを小さくし、検出値の安定化を図っている。

20

【0003】

ところで、電磁流量計では、ダンピング時定数の決定時における流体の流量の判定に、ダンピング処理前の入力信号を用いるか、ダンピング処理後の出力信号を用いるかによって、流量の減少時である立ち下がり時の処理時間と流量の増加時である立ち上がり時の処理時間との間に違いが生じる。すなわち、ダンピング処理前の入力信号をもとに流量判定を行うと、立ち上がりよりも立ち下がりに時間がかかる。一方、ダンピング処理後の出力信号をもとに流量判定を行うと、立ち下がりよりも立ち上がりに時間がかかる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2010 - 2321 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献 1 のような従来の電磁流量計は、立ち下がりであるか立ち上がりであるかにかかわらず、流体の流量の大小を、ダンピング処理後の出力信号に基づいて画一的に判定している。よって、従来の電磁流量計では、立ち下がりに比べて立ち上がりが遅くなるため、流量の積算値に誤差が生じ、流量の積算精度が低下するという課題がある。

40

【0006】

本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであり、流量の積算値の誤差を抑制し、流量の積算精度の向上を図る電磁流量計を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る電磁流量計は、測定管内を流れる流体の流量に応じた起電力を検出する検

50

出器と、検出器において検出された起電力をもとに、流体の流量を求める変換器と、を備え、変換器は、起電力に基づく入力信号にダンピング処理を施して出力信号を生成するダンピング処理部と、サンプリング時間ごとに入力信号と出力信号とを取得し、入力信号の値が出力信号の値よりも小さい場合は出力信号の値をもとにダンピング時定数を求め、入力信号の値が出力信号の値よりも大きい場合は入力信号の値をもとにダンピング時定数を求める判定処理部と、を有し、ダンピング処理部は、判定処理部が求めたダンピング時定数を用いてダンピング処理を行うものである。

【発明の効果】

【0008】

本発明は、起電力に基づく入力信号とダンピング処理後の出力信号との大小関係をもとにダンピング時定数を求めることから、流体の流量の増減に対応づけて、立ち下がりの時間と立ち上がりの時間とのバランスを調整することができる。そのため、流量の積算値の誤差を抑制し、流量の積算精度の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の実施形態に係る電磁流量計の構成を概略的に示すブロック図である。

【図2】図1のダンピング処理部への入力信号が立ち下がりの状態にある場合の判定処理に関する説明図である。

【図3】図1のダンピング処理部への入力信号が立ち上がりの状態にある場合の判定処理に関する説明図である。

【図4】図1の時定数決定部がダンピング時定数を求める際に参照する時定数テーブルを例示した表である。

【図5】図1の時定数決定部が入力信号のみ又は出力信号のみを用いてダンピング時定数を求めた場合のダンピング処理の様子を例示した説明図である。

【図6】図1の時定数決定部が流量判定部からの流量値を用いてダンピング時定数を求めた場合のダンピング処理の様子を例示した説明図である。

【図7】図1の電磁流量計の動作を示すフローチャートである。

【図8】本発明の実施形態の変形例に係る電磁流量計の時定数決定部が、入力信号のみ又は出力信号のみを用いてダンピング時定数を求め、ダンピングの入出力バッファを初期化した場合のダンピング処理の様子を例示した説明図である。

【図9】本発明の実施形態の変形例に係る電磁流量計の時定数決定部が流量判定部からの流量値を用いてダンピング時定数を求め、ダンピングの入出力バッファを初期化した場合のダンピング処理の様子を例示した説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

実施形態．

図1は、本発明の実施形態に係る電磁流量計の構成を概略的に示すブロック図である。電磁流量計100は、導電性を有する流体の流量を測定するものである。図1に示すように、電磁流量計100は、検出器10と、変換器20と、を有している。検出器10は、測定管11と、励磁コイル12と、電極13aと、電極13bと、を有している。

【0011】

測定管11は、パイプ状に形成され、流体を通過させるものである。電磁流量計100は、導電性を有する流体が測定管11内を流れるように配設される。励磁コイル12は、測定管11内に磁界を発生させ、測定管11内を流れる流体に磁界を印加するものである。励磁コイル12は、磁界の発生方向が、測定管11内を流れる流体の流れ方向に対して垂直となるように配置されている。

【0012】

電極13a及び電極13bは、電極13aと電極13bとを結ぶ直線が、測定管11内を流れる流体の流れ方向、及び励磁コイル12が発生させる磁界の方向に対して直交するように測定管11内に配置され、一对の電極を構成している。電極13a及び電極13b

10

20

30

40

50

は、励磁コイル12が発生させる磁界中を流体が流れることで発生する起電力を検出し、検出した起電力を示す起電力信号を変換器20へ出力するものである。

【0013】

変換器20は、増幅処理回路30と、A/D変換器40と、制御部50と、励磁部80と、を有している。増幅処理回路30は、電極13a及び電極13bから出力される起電力信号を増幅させるものである。増幅処理回路30は、例えば、交流増幅回路と、サンプルホールド回路と、直流増幅回路と、を含んで構成することができる。交流増幅回路は、電極13aからの起電力信号と電極13bからの起電力信号との差を増幅するものである。サンプルホールド回路は、励磁電流Iexが正極性及び負極性のそれぞれのときの起電力信号の電圧を保持するものである。直流増幅回路は、励磁電流Iexが正極性のときの起電力信号の電圧と、励磁電流Iexが負極性のときの起電力信号の電圧との差を増幅するものである。A/D変換器40は、増幅処理回路30において増幅されたアナログの起電力信号をデジタルの起電力信号に変換し、変換した起電力信号を制御部50へ出力するものである。

10

【0014】

制御部50は、演算処理部60と、記憶部70と、を有している。演算処理部60は、励磁制御部61と、ダンピング処理部62と、判定処理部63と、流量演算処理部64と、出力処理部65と、を有している。

【0015】

記憶部70には、演算処理部60の動作プログラムが格納されている。例えば、記憶部70には、初期状態においてダンピング処理部62が用いるダンピング時定数である初期時定数が記憶されている。また、記憶部70には、後述する入力信号及び出力信号に対応する流量値とダンピング時定数とが関連づけられた時定数情報が記憶されている。時定数情報では、流量値とダンピング時定数とが、流量値が大きくなるとダンピング時定数が小さくなるように関連づけられている。励磁制御部61は、励磁部80に対して励磁電流Iexの生成を指示するものである。

20

【0016】

ダンピング処理部62は、A/D変換器40から出力される起電力信号にダンピング処理を施し、ダンピング処理後の起電力信号を流量演算処理部64へ出力するものである。ここで、ダンピング処理とは、一次遅れのデジタルフィルタに基づくフィルタ処理である。以降では、A/D変換器40から出力され、ダンピング処理部62へ入力される起電力信号を「入力信号」ともいい、ダンピング処理部62がダンピング処理後に出力する起電力信号を「出力信号」ともいう。

30

【0017】

すなわち、ダンピング処理部62は、検出器10において検出された起電力に基づく入力信号にダンピング処理を施して出力信号を生成するものである。より具体的に、ダンピング処理部62は、入力信号に対し、指定した時間遅れのデジタルフィルタの演算を実施することにより、起電力信号のふらつきを防止するものである。本実施形態において、ダンピング処理部62は、下記の式(1)に基づくダンピング処理を実行する。

【0018】

【数1】

$$Y_n = (1 - KF) * Y_{n-1} + KF * X_n = Y_{n-1} + KF (X_n - Y_{n-1}) \quad \dots (1)$$

40

【0019】

式(1)において、KFは、一次遅れのデジタルフィルタにおける係数であり、「 $KF = TS / (TS + TK)$ 」の関係がある。TSは、予め設定されたサンプリング時間であり、TKは、ダンピング時定数である。また、nは、サンプリングタイミングを示すものである。すなわち、 X_n は、今回のタイミングでサンプリングした入力信号の値であり、 Y_n は、今回のタイミングで生成した出力信号の値であり、 Y_{n-1} は、 Y_n の1つ前のタイミングで生成した出力信号の値である。

50

【 0 0 2 0 】

判定処理部 6 3 は、サンプリング時間 $T S$ ごとに入力信号と出力信号とを取得するものである。そして、判定処理部 6 3 は、入力信号の値が出力信号の値よりも小さい場合、出力信号の値をもとにダンピング時定数を求めるものである。また、判定処理部 6 3 は、入力信号の値が出力信号の値よりも大きい場合、入力信号の値をもとにダンピング時定数を求めるものである。

【 0 0 2 1 】

図 1 に示すように、判定処理部 6 3 は、流量判定部 6 3 a と、時定数決定部 6 3 b と、を有している。流量判定部 6 3 a は、サンプリング時間 $T S$ ごとに、入力信号と出力信号とを取得して、入力信号の値と出力信号の値とを比較するものである。そして、流量判定部 6 3 a は、入力信号の値と出力信号の値との大小について判定し、判定に基づく情報を時定数決定部 6 3 b へ出力するものである。

10

【 0 0 2 2 】

図 2 は、図 1 のダンピング処理部への入力信号が立ち下がりの状態にある場合の判定処理に関する説明図である。図 3 は、図 1 のダンピング処理部への入力信号が立ち上がりの状態にある場合の判定処理に関する説明図である。図 2 及び図 3 を参照して、流量判定部 6 3 a が行う判定処理について具体的に説明する。ここで、立ち下がりの状態とは、流体の流量が減少しており、入力信号の値が小さくなる方向に変化している状態のことである。立ち上がりの状態とは、流体の流量が増加しており、入力信号の値が大きくなる方向に変化している状態のことである。説明の便宜上、図 2 では、入力信号 I_s が 25% から 0% に低下した場合を例示し、図 3 では、入力信号 I_s が 0% から 25% に上昇した場合を例示する。また、図 2 及び図 3 では、サンプリングタイミングとして、時刻 t_0 と時刻 t_1 とを例示している。

20

【 0 0 2 3 】

流量判定部 6 3 a は、サンプリング時間 $T S$ ごとに、入力信号 I_s の値と出力信号 O_s の値とを比較するものである。図 2 における時刻 t_0 では、入力信号 I_s の値と出力信号 O_s の値とが等しいため、流量判定部 6 3 a は、入力信号 I_s の値を流量値として時定数決定部 6 3 b へ出力するようになっている。一方、図 2 における時刻 t_1 では、入力信号 I_s の値 F_{in} よりも出力信号 O_s の値 F_{out} の方が大きくなっているため、立ち下がりの状態にあると判断することができる。よって、流量判定部 6 3 a は、時刻 t_1 では、出力信号 O_s の値 F_{out} を流量値として時定数決定部 6 3 b へ出力するようになっている。すなわち、流量判定部 6 3 a は、各サンプリングタイミングにおいて、入力信号の値よりも出力信号の値の方が大きい場合、出力信号の値を流量値として時定数決定部 6 3 b へ出力するようになっている。

30

【 0 0 2 4 】

図 3 における時刻 t_0 では、入力信号 I_s の値と出力信号 O_s の値とが等しいため、流量判定部 6 3 a は、入力信号 I_s の値を流量値として時定数決定部 6 3 b へ出力するようになっている。一方、図 3 における時刻 t_1 では、入力信号 I_s の値 F_{in} よりも出力信号 O_s の値 F_{out} の方が小さくなっているため、立ち上がりの状態にあると判断することができる。よって、流量判定部 6 3 a は、時刻 t_1 では、入力信号 I_s の値 F_{in} を流量値として時定数決定部 6 3 b へ出力するようになっている。すなわち、流量判定部 6 3 a は、各サンプリングタイミングにおいて、入力信号の値よりも出力信号の値の方が小さい場合、入力信号の値を流量値として時定数決定部 6 3 b へ出力するようになっている。

40

【 0 0 2 5 】

このように、本実施形態では、ダンピング処理の前後の信号値のうち、絶対値の大きい方がどちらであるかを判定することにより、立ち下がりの状態にあるか、立ち上がりの状態にあるかを判別する方式を採用している。もっとも、流量判定部 6 3 a は、入力信号 I_s の値と出力信号 O_s の値とが等しい場合に、出力信号 O_s の値を流量値として時定数決定部 6 3 b へ出力するようにしてもよい。

【 0 0 2 6 】

50

時定数決定部 63b は、流量判定部 63a から出力される流量値をもとに、ダンピング時定数を求め、求めたダンピング時定数をダンピング処理部 62 へ出力するものである。時定数決定部 63b は、流量判定部 63a から出力される流量値を、記憶部 70 内の時定数情報に照らすことにより、ダンピング時定数を求めるようになっている。

【0027】

図 4 は、図 1 の時定数決定部がダンピング時定数を求める際に参照する時定数テーブルを例示した表である。ここでは、記憶部 70 に、時定数情報として、図 4 に例示する時定数テーブルが記憶されているものとする。図 4 では、ダンピング時定数が 3 段階に設定された時定数テーブルを例示している。なお、図 4 の流量値は、入力信号及び出力信号に対応しており、時定数テーブルでは、流量値とダンピング時定数とが、流量値が大きくなるとダンピング時定数が小さくなるように関連づけられている。

10

【0028】

時定数決定部 63b は、流量判定部 63a から出力される流量値が 5% 以上である場合、ダンピング時定数を 1s に決定するようになっている。ここで、流量値 5% 以上の範囲に対応するダンピング時定数を「基本時定数」ともいう。基本時定数は、前述した初期時定数と同じであってもよいし、異なってもよい。

【0029】

また、時定数決定部 63b は、流量判定部 63a から出力される流量値が 1% 以上 5% 未満である場合、ダンピング時定数を 10s に決定するようになっている。さらに、時定数決定部 63b は、流量判定部 63a から出力される流量値が 1% 未満である場合、ダンピング時定数を 20s に決定するようになっている。そして、時定数決定部 63b は、決定したダンピング時定数をダンピング処理部 62 へ出力するようになっている。

20

【0030】

図 5 は、図 1 の時定数決定部が入力信号のみ又は出力信号のみを用いてダンピング時定数を求めた場合のダンピング処理の様子を例示した説明図である。図 6 は、図 1 の時定数決定部が流量判定部からの流量値を用いてダンピング時定数を求めた場合のダンピング処理の様子を例示した説明図である。図 5 及び図 6 には、説明の便宜上、0% ~ 25% の矩形波を入力したときのローフローカット後の波形を示している。ここで、図 5 には、本実施形態の比較例におけるダンピング処理を示し、図 6 には、本実施形態におけるダンピング処理を示している。図 4 ~ 図 6 を参照して、本実施形態におけるダンピング処理について説明する。

30

【0031】

図 5 (a) には、立ち下がりの状態及び立ち上がりの状態の双方で入力信号をもとにダンピング時定数を求めた場合のダンピング処理後の出力信号 O_{in} を示している。図 5 (b) には、立ち下がりの状態及び立ち上がりの状態の双方で出力信号をもとにダンピング時定数を求めた場合のダンピング処理後の出力信号 O_{out} を示している。図 5 (a) では、立ち下がり開始直後のサンプリングタイミングとして時刻 t_2 を例示し、立ち上がり開始直後のサンプリングタイミングとして時刻 t_3 を例示している。図 5 (b) では、立ち下がり開始直後のサンプリングタイミング、及びそれ以降の任意のサンプリングタイミングとして、時刻 t_4 、時刻 t_5 、時刻 t_6 を例示している。また、図 5 (b) では、立ち上がり開始直後のサンプリングタイミング、及びそれ以降の任意のサンプリングタイミングとして、時刻 t_7 、時刻 t_8 、時刻 t_9 を例示している。なお、図 5 (a) 及び図 5 (b) には、矩形波状の入力信号 I_s を破線で示している。後述する図 6、図 8、及び図 9 においても同様である。

40

【0032】

ここで、時定数決定部 63b が、図 4 の時定数テーブルを用いる場合を想定する。

図 5 (a) の場合、時定数決定部 63b は、時刻 t_2 における入力信号 I_s の値が 0% であるため、立ち下がり開始直後におけるダンピング時定数を 20s に決定する。また、時定数決定部 63b は、時刻 t_3 における入力信号 I_s の値が 25% であるため、立ち上がり開始直後におけるダンピング時定数を 1s に決定する。したがって、ダンピング処理

50

部 6 2 によるダンピング処理後の出力信号 O_{in} は、立ち上がりよりも立ち下がりに時間がかかっている。その結果、図 5 (a) の場合では、入力信号 I_s と出力信号 O_{in} との間の、立ち下がりにおける領域 D_{in} と、立ち上がりにおける領域 U_{in} との間に大きな差が生じるため、精確な流量値を求めることができず、流量の積算精度が低下することになる。

【 0 0 3 3 】

図 5 (b) の場合、時定数決定部 6 3 b は、時刻 t_4 における出力信号 O_{ut} の値が 5 % を超えているため、立ち下がり開始直後におけるダンピング時定数を 1 s に決定する。時定数決定部 6 3 b は、時刻 t_5 における出力信号 O_{ut} の値が 1 % 以上 5 % 未満であるため、ダンピング時定数を 1 0 s に決定する。時定数決定部 6 3 b は、時刻 t_6 における出力信号 O_{ut} の値が 1 % 未満であるため、ダンピング時定数を 2 0 s に決定する。また、時定数決定部 6 3 b は、時刻 t_7 における出力信号 O_{ut} の値が 1 % 未満であるため、立ち上がり開始直後におけるダンピング時定数を 2 0 s に決定する。時定数決定部 6 3 b は、時刻 t_8 における出力信号 O_{ut} の値が 1 % 以上 5 % 未満であるため、ダンピング時定数を 1 0 s に決定する。時定数決定部 6 3 b は、時刻 t_9 における出力信号 O_{ut} の値が 5 % 以上であるため、ダンピング時定数を 1 s に決定する。したがって、ダンピング処理部 6 2 によるダンピング処理後の出力信号 O_{ut} は、立ち下がりよりも立ち上がりに時間がかかっている。その結果、図 5 (b) の場合では、入力信号 I_s と出力信号 O_{ut} との間の、立ち下がりにおける領域 D_{ut} と、立ち上がりにおける領域 U_{ut} との間に大きな差が生じるため、精確な流量値を求めることができず、流量の積算精度が低下することになる。

【 0 0 3 4 】

これに対し、本実施形態における時定数決定部 6 3 b は、上述したように、流量判定部 6 3 a からの流量値をもとにダンピング時定数を求めるように構成されている。図 6 には、立ち下がりの状態で出力信号を用い、立ち上がりの状態で入力信号を用いてダンピング時定数を求めた場合のダンピング処理後の出力信号 O_s を示している。図 6 では、複数のサンプリングタイミングを、図 5 (a) の立ち上がりと、図 5 (b) の立ち下がりとに対応づけて例示している。

【 0 0 3 5 】

ここで、時定数決定部 6 3 b が、図 4 の時定数テーブルを用いる場合を想定する。

時定数決定部 6 3 b は、時刻 t_4 における出力信号 O_s の値が 5 % を超えているため、立ち下がり開始直後におけるダンピング時定数を 1 s に決定する。時定数決定部 6 3 b は、時刻 t_5 における出力信号 O_{ut} の値が 1 % 以上 5 % 未満であるため、ダンピング時定数を 1 0 s に決定する。時定数決定部 6 3 b は、時刻 t_6 における出力信号 O_{ut} の値が 1 % 未満であるため、ダンピング時定数を 2 0 s に決定する。また、時定数決定部 6 3 b は、時刻 t_3 における入力信号 I_s の値が 2 5 % であるため、立ち上がりにおけるダンピング時定数を 1 s に決定する。したがって、ダンピング処理部 6 2 によるダンピング処理後の出力信号 O_s は、立ち下がりの時間と立ち上がりの時間とが同程度になっている。その結果、入力信号 I_s と出力信号 O_s との間の、立ち下がりにおける領域 D_{ut} と、立ち上がりにおける領域 U_{in} との間の差を小さくすることができるため、精確な流量値を求めることができ、流量の積算精度の向上を図ることができる。

【 0 0 3 6 】

流量演算処理部 6 4 は、ダンピング処理部 6 2 からの出力信号をもとに、測定管 1 1 内を流れている現在の流体の流量を求め、求めた流量の情報を出力処理部 6 5 へ出力するものである。流量演算処理部 6 4 は、測定管 1 1 内を流れる流体の熱量を演算する機能を有していてもよい。出力処理部 6 5 は、流量演算処理部 6 4 が求めた流量の情報を外部の機器等へ出力するものである。ここで、変換器 2 0 が、液晶ディスプレイ (LCD : liquid crystal display) からなる表示部、又は 7 セグメント式の表示部などを有する場合、出力処理部 6 5 は、流量演算処理部 6 4 が求めた流量の情報を表示部に表示させるものであってよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

励磁部 8 0 は、励磁制御部 6 1 からの指示に応じて、極性が交互に変化する励磁周波数 f_{ex} の励磁電流 I_{ex} を励磁コイル 1 2 に供給するものである。すなわち、本実施形態では、図 1 に示すように、矩形波励磁方式を採用している。

【 0 0 3 8 】

演算処理部 6 0 は、CPU (Central Processing Unit) 又は DSP (Digital Signal Processor) 等の演算装置と、こうした演算装置と協働して上記の各種機能を実現させる動作プログラムとによって構成することができる。記憶部 7 0 は、RAM (Random Access Memory) 及び ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ等の PROM (Programmable ROM)、又は HDD (Hard Disk Drive) 等により構成することができる。

10

【 0 0 3 9 】

図 7 は、図 1 の電磁流量計の動作を示すフローチャートである。図 7 を参照して、制御部 5 0 の処理内容を説明する。

【 0 0 4 0 】

ダンピング処理部 6 2 は、増幅処理回路 3 0 及び A/D 変換器 4 0 を介して、検出器 1 0 からの起電力信号を入力信号として取得する。次いで、ダンピング処理部 6 2 は、初期時定数を用いて、入力信号に対し、式 (1) に基づくダンピング処理を施し、出力信号を生成する。その際、ダンピング処理部 6 2 は、式 (1) において最初「 $Y_n = Y_{n-1} = X_n$ 」とすることによりダンピング処理を開始する。そして、ダンピング処理部 6 2 は、生成した出力信号を流量演算処理部 6 4 へ出力する (ステップ S 1 0 1)。

20

【 0 0 4 1 】

流量判定部 6 3 a は、ダンピング処理部 6 2 に入力される入力信号と、ダンピング処理部 6 2 から出力される出力信号とを取得する (ステップ S 1 0 2)。次いで、流量判定部 6 3 a は、入力信号の値と出力信号の値との大小を比較し、入力信号の値が出力信号の値よりも小さいか否かを判定する (ステップ S 1 0 3)。

【 0 0 4 2 】

流量判定部 6 3 a は、入力信号の値が出力信号の値よりも小さければ (ステップ S 1 0 3 / Yes)、立ち下がりの状態にあると判断することができるため、出力信号の値を流量値として時定数決定部 6 3 b へ出力する (ステップ S 1 0 4)。一方、流量判定部 6 3 a は、入力信号の値が出力信号の値以上であれば (ステップ S 1 0 3 / No)、入力信号の値を流量値として時定数決定部 6 3 b へ出力する。これは、入力信号の値が出力信号の値よりも大きければ、立ち上がりの状態にあると判断することができるからである。また、入力信号の値と出力信号の値とが等しい場合は、どちらの値を送信してもよいため、本実施の形態では、流量判定部 6 3 a が、入力信号の値を時定数決定部 6 3 b へ出力するようになっている (ステップ S 1 0 5)。

30

【 0 0 4 3 】

次いで、時定数決定部 6 3 b は、流量判定部 6 3 a から出力された流量値を、時定数情報に照らすことにより、ダンピング時定数を求める (ステップ S 1 0 6)。そして、時定数決定部 6 3 b は、求めたダンピング時定数をダンピング処理部 6 2 へ出力する (ステップ S 1 0 7)。ダンピング処理部 6 2 は、時定数決定部 6 3 b から取得したダンピング時定数を用いて、入力信号に対し、式 (1) に基づくダンピング処理を施し、出力信号を生成する。そして、ダンピング処理部 6 2 は、生成した出力信号を流量演算処理部 6 4 へ出力する (ステップ S 1 0 8)。制御部 5 0 は、ステップ S 1 0 2 ~ S 1 0 8 の一連の処理を、サンプリング時間 T_S ごとに繰り返し実行する。

40

【 0 0 4 4 】

ここで、上記の説明では、時定数決定部 6 3 b が、求めたダンピング時定数をダンピング処理部 6 2 へ出力する場合を例示したが、これに限定されるものではない。例えば、時定数決定部 6 3 b は、求めたダンピング時定数を記憶部 7 0 に記憶させるようにしてもよ

50

い。そして、ダンピング処理部 6 2 は、時定数決定部 6 3 b がサンプリングタイミングごとに記憶部 7 0 に記憶させたダンピング時定数を読み出してダンピング処理を行うようにしてもよい。

【 0 0 4 5 】

以上のように、本実施形態における電磁流量計 1 0 0 は、起電力に基づく入力信号とダンピング処理後の出力信号との大小関係をもとにダンピング時定数を求める。そのため、流体の流量の増減に対応づけて、立ち下がり時間と立ち上がり時間とのバランスを調整することができるため、流量の積算値の誤差を抑制し、流量の積算精度の向上を図ることができる。

【 0 0 4 6 】

ところで、ダンピング処理部 6 2 に入力される信号の波形は一定ではなく、実際には、ダンピング処理部 6 2 にどんな波形の信号が入力されるか分からない。この点、本実施形態では、ダンピング処理後の出力信号は入力信号よりも遅延することに着目し、ダンピング処理の前後の信号値のうち、絶対値の大きい方がどちらであるかを判定する方式を採用している。すなわち、電磁流量計 1 0 0 は、入力信号が立ち下がりの状態にあれば「入力信号の値 < 出力信号の値」となり、入力信号が立ち上がりの状態にあれば「入力信号の値 > 出力信号の値」となることを利用して、立ち下がりの状態にあるか、立ち上がりの状態にあるかを判別するようになっている。そのため、電磁流量計 1 0 0 によれば、立ち下がりに出力信号を用い、立ち上がりに入力信号を用いるという処理を自動的に行うことができるため、精度のよい流量測定を実現することができる。

【 0 0 4 7 】

また、記憶部 7 0 には、流量値の範囲とダンピング時定数とが段階的に関連づけられた時定数テーブルが記憶されている。そして、判定処理部 6 3 は、入力信号の値又は出力信号の値を時定数テーブルに照らしてダンピング時定数を求めるようになっている。そのため、流量値の閾値（図 4 の例では 1 % 及び 5 %）を基準としたダンピング時定数の切替処理を精度よく行うことができる。すなわち、電磁流量計 1 0 0 によれば、図 6 の例のように、立ち下がりの状態と立ち下がりの状態との双方において、基本時定数を用いたダンピング処理を行うことができるため、流量の積算値の誤差を小さくすることができる。

【 0 0 4 8 】

さらに、本実施形態の電磁流量計 1 0 0 は、ダンピング時定数が変化したときに初期化を行わないことから、流量値が閾値を跨いで変化し、ダンピング時定数が切り替わったときでも、出力信号が円滑に変化するため、流体の流量を精度よく測定することができる。

【 0 0 4 9 】

ここで、時定数情報は、図 4 のようなテーブル情報に限らず、流量とダンピング時定数とが、流量が大きくなるとダンピング時定数が小さくなるように関連づけられたグラフ等の情報であってもよい。この場合、時定数情報は、流量がある値を超えると、ダンピング時定数が一定となるように構成するとよい。このようにしても、本実施形態の電磁流量計 1 0 0 は、ダンピング時定数が変化したときに初期化を行わないことから、ダンピング時定数の切り替わりの際に、出力信号が急激に変化する飛びが発生しないため、流体の流量を精度よく測定することができる。

【 0 0 5 0 】

< 変形例 >

図 8 は、本発明の実施形態の変形例に係る電磁流量計の時定数決定部が、入力信号のみ又は出力信号のみを用いてダンピング時定数を求め、ダンピングの入出力バッファを初期化した場合のダンピング処理の様子を例示した説明図である。図 9 は、本発明の実施形態の変形例に係る電磁流量計の時定数決定部が流量判定部からの流量値を用いてダンピング時定数を求め、ダンピングの入出力バッファを初期化した場合のダンピング処理の様子を例示した説明図である。本変形例の電磁流量計は、ダンピング時定数が変化したときに初期化を行う点に特徴があるが、図 1 の例と同様に構成されているため、同等の構成部材については同一の符号を用いて説明は省略する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 1 】

本変形例のダンピング処理部 6 2 は、判定処理部 6 3 が求めたダンピング時定数が、前回のサンプリングタイミングで判定処理部 6 3 が求めたダンピング時定数から変化している場合に、初期化を行うように構成されている。本変形例において、ダンピング処理部 6 2 は、ダンピング時定数が変更されたとき、式 (1) において「 $Y_n = Y_{n-1} = X_n$ 」とすることにより初期化を行い、ダンピング処理を実行するようになっている。

【 0 0 5 2 】

図 8 及び図 9 には、説明の便宜上、0 % ~ 2 5 % の矩形波を入力したときのローフローカット後の波形を示している。ここで、図 8 には、本変形例の比較例におけるダンピング処理を示し、図 9 には、本変形例におけるダンピング処理を示している。図 4 と図 8 及び図 9 とを参照して、本変形例におけるダンピング処理について説明する。

10

【 0 0 5 3 】

図 8 (a) には、立ち下がりの状態及び立ち上がりの状態の双方で入力信号をもとにダンピング時定数を求めた場合のダンピング処理後の出力信号 O_{in} を示している。図 8 (b) には、立ち下がりの状態及び立ち上がりの状態の双方で出力信号をもとにダンピング時定数を求めた場合のダンピング処理後の出力信号 O_{out} を示している。図 8 (a) では、立ち下がり開始直後のサンプリングタイミングとして時刻 t_2 を例示し、立ち上がり開始直後のサンプリングタイミングとして時刻 t_3 を例示している。図 8 (b) では、立ち下がり開始直後のサンプリングタイミング、及びそれ以降の任意のサンプリングタイミングとして、時刻 t_4 、時刻 t_5 、時刻 t_6 を例示している。また、図 8 (b) では、立ち上がり開始直後のサンプリングタイミング、及びそれ以降の任意のサンプリングタイミングとして、時刻 t_7 、時刻 t_8 、時刻 t_9 を例示している。

20

【 0 0 5 4 】

ここで、時定数決定部 6 3 b が、図 4 の時定数テーブルを用いる場合を想定する。

図 8 (a) の場合、時定数決定部 6 3 b は、時刻 t_2 における入力信号 I_s の値が 0 % であるため、立ち下がり開始直後におけるダンピング時定数を 2 0 s に決定する。本変形例のダンピング処理部 6 2 は、ダンピング時定数が変更されたときに初期化を行うため、図 8 (a) に示すように、ダンピング時定数の切り替わりの際に飛びが発生し、出力信号 O_{in} が急激に低下する。

【 0 0 5 5 】

また、時定数決定部 6 3 b は、時刻 t_3 における入力信号 I_s の値が 2 5 % であるため、立ち上がりにおけるダンピング時定数を 1 s に決定する。本変形例のダンピング処理部 6 2 は、ダンピング時定数が変更されたときに初期化を行うため、図 8 (a) に示すように、ダンピング時定数の切り替わりの際に飛びが発生している。

30

【 0 0 5 6 】

したがって、ダンピング処理部 6 2 によるダンピング処理後の出力信号 O_{in} は、立ち上がりよりも立ち下がりの方が早くなっている。その結果、図 8 (a) の場合では、入力信号 I_s と出力信号 O_{in} との間の、立ち下がりにおける領域 D_{in} と、立ち上がりにおける領域 U_{in} との間に大きな差が生じるため、精確な流量値を求めることができず、流量の積算精度が低下することになる。

40

【 0 0 5 7 】

図 8 (b) の場合、時定数決定部 6 3 b は、時刻 t_4 における出力信号 O_{out} の値 5 % を超えているため、立ち下がり開始直後におけるダンピング時定数を 1 s に決定する。時定数決定部 6 3 b は、時刻 t_5 における出力信号 O_{out} の値が 1 % 以上 5 % 未満であるため、ダンピング時定数を 1 0 s に決定する。時定数決定部 6 3 b は、時刻 t_6 における出力信号 O_{out} の値が 1 % 未満であるため、ダンピング時定数を 2 0 s に決定する。本変形例のダンピング処理部 6 2 は、ダンピング時定数が変更されたときに初期化を行うため、ダンピング時定数の切り替わりの際に、図 5 (b) の場合よりも、出力信号 O_{out} の変化が大きくなっている。

【 0 0 5 8 】

50

また、時定数決定部 63 b は、時刻 t_7 における出力信号 O_{out} の値が 1% 未満であるため、立ち上がり開始直後におけるダンピング時定数を 20 s に決定する。時定数決定部 63 b は、時刻 t_8 における出力信号 O_{out} の値が 1% 以上 5% 未満であるため、ダンピング時定数を 10 s に決定する。時定数決定部 63 b は、時刻 t_9 における出力信号 O_{out} の値が 5% 以上であるため、ダンピング時定数を 1 s に決定する。本変形例のダンピング処理部 62 は、ダンピング時定数が変更されたときに初期化を行うため、図 5 (b) の場合よりも、出力信号 O_{out} の変化が大きくなっている。特に、ダンピング時定数を 20 s に決定したときに、出力信号 O_{out} が急激に変化している。

【0059】

したがって、ダンピング処理部 62 によるダンピング処理後の出力信号 O_{out} は、立ち下がりよりも立ち上がりに時間がかかっている。その結果、図 8 (b) の場合では、入力信号 I_s と出力信号 O_{out} との間の、立ち下がりにおける領域 D_{out} と、立ち上がりにおける領域 U_{in} との間に大きな差が生じるため、精確な流量値を求めることができず、流量の積算精度が低下することになる。

【0060】

これに対し、本変形例における時定数決定部 63 b は、上述したように、流量判定部 63 a からの流量値をもとにダンピング時定数を求めるように構成されている。図 9 には、立ち下がりの状態で出力信号を用い、立ち上がりの状態で入力信号を用いてダンピング時定数を求めた場合のダンピング処理後の出力信号 O_s を示している。図 9 では、複数のサンプリングタイミングを、図 8 (a) の立ち上がりと、図 8 (b) の立ち下がりとに対応づけて例示している。

【0061】

ここで、時定数決定部 63 b が、図 4 の時定数テーブルを用いる場合を想定する。

時定数決定部 63 b は、時刻 t_4 における出力信号 O_s の値が 5% を超えているため、立ち下がりにおけるダンピング時定数を 1 s に決定する。時定数決定部 63 b は、時刻 t_5 における出力信号 O_{out} の値が 1% 以上 5% 未満であるため、ダンピング時定数を 10 s に決定する。時定数決定部 63 b は、時刻 t_6 における出力信号 O_{out} の値が 1% 未満であるため、ダンピング時定数を 20 s に決定する。また、時定数決定部 63 b は、時刻 t_3 における入力信号 I_s の値が 25% であるため、立ち上がりにおけるダンピング時定数を 1 s に決定する。したがって、ダンピング処理部 62 によるダンピング処理後の出力信号 O_s は、立ち下がりの時間と立ち上がりの時間とが同程度になっている。その結果、入力信号 I_s と出力信号 O_s との間の、立ち下がりにおける領域 D_{out} と、立ち上がりにおける領域 U_{in} との間の差を小さくすることができるため、精確な流量値を求めることができ、流量の積算精度の向上を図ることができる。ただし、本変形例のダンピング処理部 62 は、ダンピング時定数が変更されたときに初期化を行うため、図 9 に示すように、ダンピング時定数の切り替わりの際に飛びが発生している。

【0062】

(まとめ)

ここで、図 5、図 6、図 8、及び図 9 を参照して、本実施形態における電磁流量計 100 について考察する。図 5 と図 6 との比較、及び図 8 と図 9 との比較によると、ダンピング時定数の切り替わりの際、初期化を行う場合でも、初期化を行わない場合でも、本願の方式、すなわち、立ち下がりには出力信号を用い、立ち上がりには入力信号を用いる方式の方が、流量値の誤差が少ないといえる。さらに、図 5 と図 9 との比較、及び図 6 と図 8 との比較を交え、初期化を行うか否かにかかわらず、本願の方式の方が、入力信号のみ又は出力信号のみを用いてダンピング時定数を求める方式よりも、流量値の誤差が少ないことがわかる。

【0063】

ここで、図 6 と図 9 とを比較すると、ダンピング時定数の切り替わりの際に飛びが発生する変形例の方が、流量値の誤差が大きくなっている。したがって、立ち下がりには出力信号を用い、立ち上がりには入力信号を用いることによりダンピング時定数を求め、ダンピング

グ時定数の切り替わりの際に初期化を行わない処理が最も好ましいといえる。

【0064】

上述した実施形態は、電磁流量計における好適な具体例であり、本発明の技術的範囲は、これらの態様に限定されるものではない。例えば、図4の時定数テーブルでは、流量の閾値として1%及び5%を採用しているが、これに限らず、時定数テーブルにおける流量の閾値は、任意に設定変更することができる。また、図4の時定数テーブルでは、ダンピング時定数として、1sと10sと20sとを例示したが、これに限らず、時定数テーブルにおけるダンピング時定数は、任意に設定変更することができる。例えば、流量5%以上に対応するダンピング時定数は2sであってもよい。さらに、図4では、ダンピング時定数が3段階に設定された時定数テーブルを例示したが、これに限らず、時定数テーブルは、ダンピング時定数が2段階に設定されたものであってもよく、4段階以上に設定されたものであってもよい。

10

【0065】

ここで、変換器20は、ユーザの操作を受け付ける操作部を有するようによってもよい。もしくは、制御部50が、外部の機器との連携によりユーザの操作を受け付ける機能を有していてもよい。そして、ユーザが、操作部又は外部の機器を介して、流量の閾値及びダンピング時定数を設定し変更できるようにしてもよい。

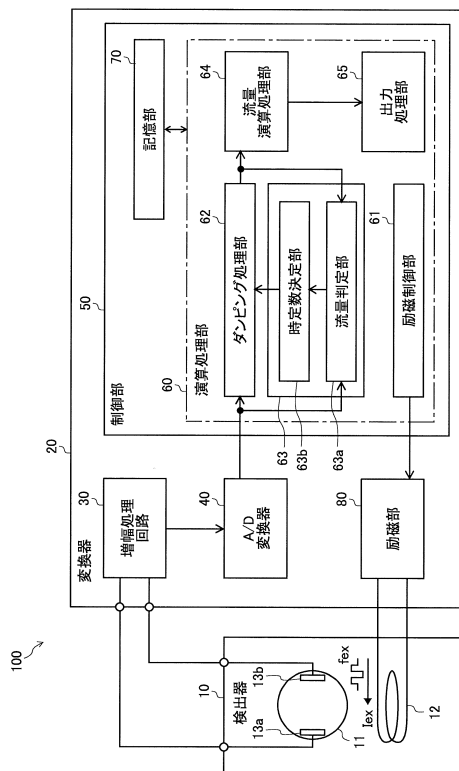
【符号の説明】

【0066】

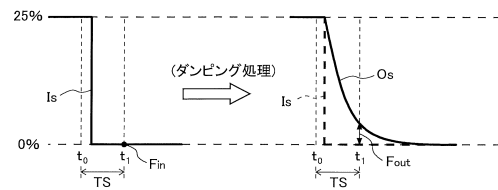
10 検出器、11 測定管、12 励磁コイル、13a、13b 電極、20 変換器、30 増幅処理回路、40 A/D変換器、50 制御部、60 演算処理部、61 励磁制御部、62 ダンピング処理部、63 判定処理部、63a 流量判定部、63b 時定数決定部、64 流量演算処理部、65 出力処理部、70 記憶部、80 励磁部、100 電磁流量計。

20

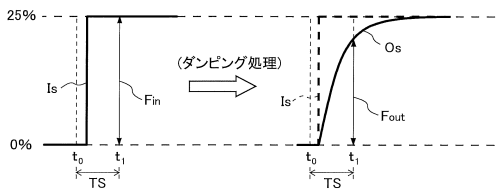
【図1】



【図2】



【図3】

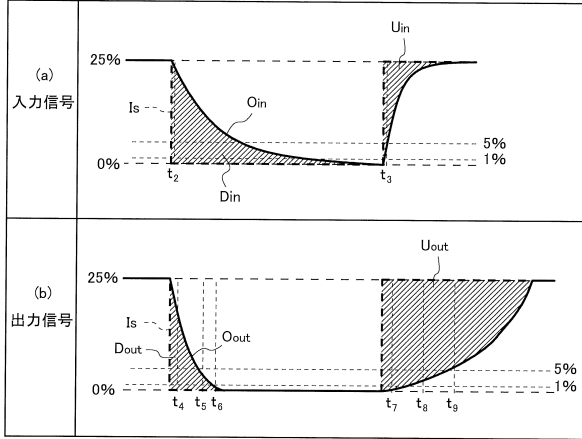


【図4】

流量(%)	ダンピング時定数(s)
5%以上	1s
1%以上5%未満	10s
1%未満	20s

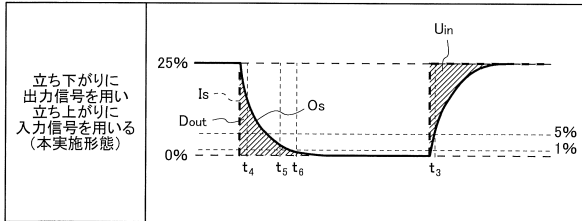
【図5】

<ダンピング時定数の決定に用いる信号>



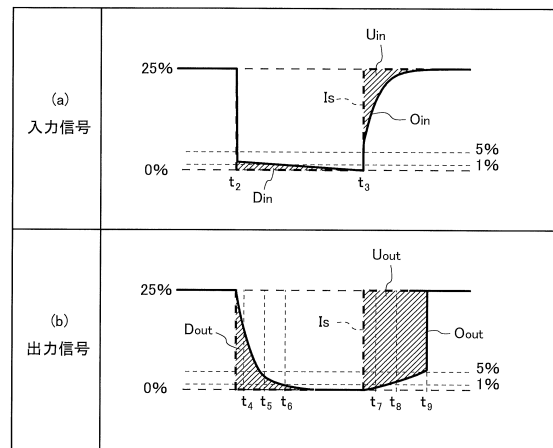
【図6】

<ダンピング時定数の決定に用いる信号>



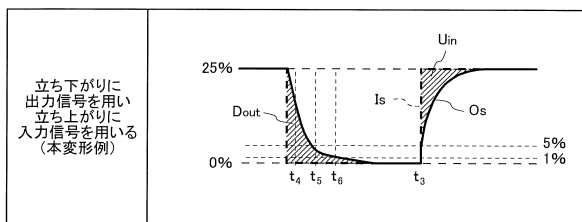
【図8】

<ダンピング時定数の決定に用いる信号(初期化あり)>

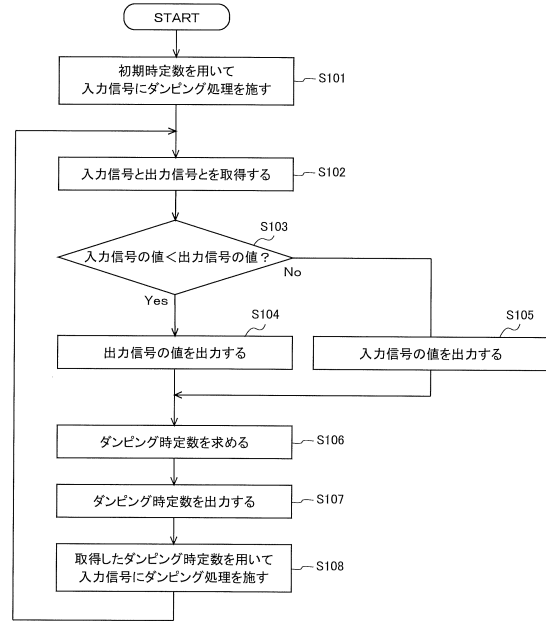


【図9】

<ダンピング時定数の決定に用いる信号(初期化あり)>



【図7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-002321(JP,A)
特開平11-083578(JP,A)
特開平03-135730(JP,A)
実開昭54-050576(JP,U)
米国特許出願公開第2006/0201258(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01F 1/58 - 1/60