

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4053392号
(P4053392)

(45) 発行日 平成20年2月27日(2008.2.27)

(24) 登録日 平成19年12月14日(2007.12.14)

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

請求項の数 4 (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2002-276637 (P2002-276637)</p> <p>(22) 出願日 平成14年9月24日(2002.9.24)</p> <p>(65) 公開番号 特開2004-117011 (P2004-117011A)</p> <p>(43) 公開日 平成16年4月15日(2004.4.15)</p> <p>審査請求日 平成17年2月24日(2005.2.24)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号</p> <p>(74) 代理人 100109900 弁理士 堀口 浩</p> <p>(72) 発明者 鮫田 芳富 東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝 府中事業所内</p> <p>(72) 発明者 木村 達也 東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝 府中事業所内</p> <p>(72) 発明者 中谷 博司 東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝 府中事業所内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	---

(54) 【発明の名称】 容量式電磁流量計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

測定管を流れる被測定流体に磁場を印加して、該測定流体の流量に対応した信号を該被測定流体と一対の面電極との間に形成される静電容量を介して検出する容量式電磁流量計であって、

前記容量式電磁流量計は、流量に対応する信号を検出する検出部と、該検出部で検出された検出信号から流量を求める信号処理部とから成り、

前記検出部は、

被測定流体を流す前記測定管の外壁に対向して配置され、基本周波数が200Hz以上の矩形波の励磁電流を供給される励磁コイルと、

前記励磁コイルによる磁場の方向と直交する方向で前記測定管の外壁に対向配置された一対の面電極及びガード電極と、

前記面電極を非反転入力に、該面電極を覆う様に配置されたガード電極を反転入力に接続し、さらに、反転入力を出力に接続してなる一対の前置増幅器と、

一方の前記前置増幅器の出力と、前記前置増幅器の一方の面電極に対応するガード電極との間に、周波数が前記励磁電流の基本周波数より高い正弦波信号を所定の信号レベルで印加する空検出信号発生回路と、

前記一対の前置増幅器の出力の差を求める差動増幅器とを備え、

前記信号処理部は、

前記差動増幅器の出力をAD変換するADC回路と、

前記 A D C 回路の出力に対して、前記励磁電流の 1 周期毎の、微分ノイズを除く所定のタイミングでサンプリングした出力から流量を求める流量測定処理部と、

前記 A D C 回路の出力に対して前記正弦波信号の周波数成分のみを、前記励磁電流の基本周波数成分及びその高調波成分から分離・抽出し、該分離・抽出された該正弦波信号の周波数成分の出力を所定のレベルで比較し、前記測定管内の前記被測定流体の空状態を判定する空判定処理部とを

備えたことを特徴とする容量式電磁流量計。

【請求項 2】

前記空判定処理部は、前記 A D C 回路の出力を前記励磁電流の 1 周期毎にフーリエ変換処理し、このフーリエ変換処理された周波数スペクトルの出力から、前記正弦波信号の周波数成分のみを分離・抽出するようにしたことを特長とする請求項 1 記載の容量式電磁流量計。

10

【請求項 3】

前記空検出信号発生回路は、前記励磁電流の休止期間に正弦波信号を印加するようにしたことをと特徴とする請求項 1 に記載の容量式電磁流量計。

【請求項 4】

測定管を流れる被測定流体に磁場を印加して、該測定流体の流量に対応した信号を該被測定流体と一対の面電極との間に形成される静電容量を介して検出する容量式電磁流量計であって、

前記容量式電磁流量計は、流量に対応する信号を検出する検出部と、該検出部で検出された検出信号から流量を求める信号処理部とから成り、

20

前記検出部は、

被測定流体を流す前記測定管の外壁に対向して配置され、基本周波数が 200 Hz 以上の矩形波の励磁電流を供給される励磁コイルと、

前記励磁コイルによる磁場の方向と直交する方向で前記測定管の外壁に対向配置された一対の面電極及びガード電極と、

前記面電極を非反転入力に、該面電極を覆う様に配置されたガード電極を反転入力に接続し、さらに、反転入力を出力に接続してなる一対の前置増幅器と、

前記一対の前置増幅器の出力の差を求める差動増幅器とを備え、

前記信号処理部は、

30

前記差動増幅器の出力を A D 変換する A D C 回路と、

前記 A D C 回路の出力に対して、前記励磁電流の 1 周期毎の、微分ノイズを除く所定のタイミングでサンプリングした出力から流量を求める流量測定処理部と、

前記 A D C 回路の出力を前記励磁電流の 1 周期毎にフーリエ変換処理し、この周波数スペクトルから、前記励磁電流の基本周波数成分及びその高調波成分を除いた 200 Hz 以上の白色雑音周波数成分を分離抽出し、該分離抽出された該白色雑音周波数成分の積分値を所定のレベルで比較し、前記測定管内の前記被測定流体の空状態を判定する空判定処理部とを

備えたことを特徴とする容量式電磁流量計。

【発明の詳細な説明】

40

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、測定管を流れる被測定流体の流量を測定する電磁流量計に関し、更に詳しくは被測定流体の空状態を検出できる容量式電磁流量計に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、ポンプ等を用いて流体を輸送する場合、配管の状態によってはポンプが停止すると配管の中が空になる場合がある。この時、電磁流量計の出力に誤差が生じる為、空検知機能を有する電磁流量計が開発されている。接液形の電磁流量計の場合は、流体の流速に比例する起電圧を検出する電極間のインピーダンスが、満水時と空時で大きく異なるため

50

、空検知が比較的容易に行えた。

【0003】

しかし、電極が被測定流体に接触しない容量式電磁流量計の場合においては、電極間インピーダンスが非常に高いため、空検知は困難な点が多い。

【0004】

この空検知をするため、励磁電流の立ち上がり時と立下り時に検出信号に重畳する微分ノイズを検出し、空時や異物付着時の電極間インピーダンスの変化によって生じる微分ノイズの変動の差を求めて空状態を検出（以後、空検出と言い、空検出は、異物付着を含むものと定義する。）している。（例えば、特許文献1参照。）

【0005】

【特許文献1】

特開平8-261808号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、この方法は励磁電流の変化時に、検出信号に誘導されるノイズ成分（以後微分ノイズと称す）のピーク値をサンプリングして検出する方法であるので、検出信号に重畳するノイズ成分によって微分ノイズのピーク値が変化する。

【0007】

例えば、励磁コイルによって印加される励磁磁場の反磁場となる渦電流の変動によって励磁磁界波形に変動が生じるので、微分ノイズの波形が歪むことになる。

【0008】

また、被測定流体が低導電体の場合、被測定流体が流動することによって被測定流体中に流体ノイズと呼ばれる低周波の電位変動が発生する。この雑音は、流速に比例して変動する特性を持っているが、この雑音成分も検出信号に重畳するため、微分ノイズの波形が歪むことになる。

【0009】

この様に、微分ノイズのピーク値を捉える方法では、微分ノイズの波形の歪みの影響を受けやすく、また、流体ノイズの変動等に対して安定した空検出が困難であった。

【0010】

本発明は、上記点に鑑みてなされたもので、流体ノイズ、微分ノイズの影響を受けにくい空検出が可能な容量式流量計を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の請求項1に係る容量式電磁流量計は、測定管を流れる被測定流体に磁場を印加して、該測定流体の流量に対応した信号を該被測定流体と一对の面電極との間に形成される静電容量を介して検出する容量式電磁流量計であって、前記容量式電磁流量計は、流量に対応する信号を検出する検出部と、該検出部で検出された検出信号から流量を求める信号処理部とから成り、前記検出部は、被測定流体を流す前記測定管の外壁に対向して配置され、基本周波数が200Hz以上の矩形波の励磁電流を供給される励磁コイルと、前記励磁コイルによる磁場の方向と直交する方向で前記測定管の外壁に対向配置された一对の面電極及びガード電極と、前記面電極を非反転入力に、該面電極を覆う様に配置されたガード電極を反転入力に接続し、さらに、反転入力を出力に接続してなる一对の前置増幅器と、一方の前記前置増幅器の出力と、前記前置増幅器の一方の面電極に対応するガード電極との間に、周波数が前記励磁電流の基本周波数より高い正弦波信号を所定の信号レベルで印加する空検出信号発生回路と、前記一对の前置増幅器の出力の差を求める差動増幅器とを備え、前記信号処理部は、前記差動増幅器の出力をAD変換するADC回路と、前記ADC回路の出力に対して、前記励磁電流の1周期毎の、微分ノイズを除く所定のタイミングでサンプリングした出力から流量を求める流量測定処理部と、前記ADC回路の出力に対して前記正弦波信号の周波数成分のみを、前記励磁電流の基本周波数成分及びその高調波成分から分離・抽出し、該分離・抽出された該正弦波信

10

20

30

40

50

号の周波数成分の出力を所定のレベルと比較し、前記測定管内の前記被測定流体の空状態を判定する空判定処理部とを備えたことを特徴とする。

上記目的を達成するために、本発明の請求項4に係る容量式電磁流量計は、測定管を流れる被測定流体に磁場を印加して、該測定流体の流量に対応した信号を該被測定流体と一对の面電極との間に形成される静電容量を介して検出する容量式電磁流量計であって、前記容量式電磁流量計は、流量に対応する信号を検出する検出部と、該検出部で検出された検出信号から流量を求める信号処理部とから成り、前記検出部は、被測定流体を流す前記測定管の外壁に対向して配置され、基本周波数が200Hz以上の矩形波の励磁電流を供給される励磁コイルと、前記励磁コイルによる磁場の方向と直交する方向で前記測定管の外壁に対向配置された一对の面電極及びガード電極と、前記面電極を非反転入力に、該面電極を覆う様に配置されたガード電極を反転入力に接続し、さらに、反転入力を出力に接続してなる一对の前置増幅器と、前記一对の前置増幅器の出力の差を求める差動増幅器とを備え、前記信号処理部は、前記差動増幅器の出力をA/D変換するA/D回路と、前記A/D回路の出力に対して、前記励磁電流の1周期毎の、微分ノイズを除く所定のタイミングでサンプリングした出力から流量を求める流量測定処理部と、前記A/D回路の出力を前記励磁電流の1周期毎にフーリエ変換処理し、この周波数スペクトルから、前記励磁電流の基本周波数成分及びその高調波成分を除いた200Hz以上の白色雑音周波数成分を分離抽出し、該分離抽出された該白色雑音周波数成分の積分値を所定のレベルと比較し、前記測定管内の前記被測定流体の空状態を判定する空判定処理部とを備えたことを特徴とする。

【0012】

本発明によれば、流体ノイズ、微分ノイズの影響を受けにくい空検出が可能な容量式電磁流量計を提供することが出来る。

【0013】

【発明の実施の形態】

（第1の実施の形態）

以下、本発明の実施の形態について図1乃至図5を参照して説明する。図1は本発明に係る容量式電磁流量計を説明する概略図である。

【0014】

本発明の実施の形態による容量式電磁流量計は、流速に比例する起電圧を検出する検出部10と、検出部10で検出された検出信号eから流量測定処理と空判定処理を行う信号処理部11とで構成される。

【0015】

検出部10を示す図1において、1は被測定流体2を流す測定管で、セラミックス等の絶縁物で作られる。4A、4Bは、被測定流体2中で発生した起電圧を検出するための面状の電極で、この面電極4A、4Bは、被測定流体2とは測定管1で絶縁され、測定管1の外周、又は、測定管1の管壁内に埋め込まれて対向配置されている。

【0016】

前記測定管1の外周面には、前記面電極4A、4Bを結ぶ軸と前記測定管1の管軸と直交する方向に磁場が形成される様に、励磁コイル3Aと3Bが対向して配置されている。そして、励磁コイル3A、3Bの外周面は静電シールドされ、基準電位であるアースGに接続されている。

【0017】

面電極4A、4Bの外周には、これらを覆う様に所定の距離と絶縁を保持して、ガード電極5Aと5Bが夫々配置されている。また、測定管1の図示しない両端部には、被測定流体2の基準電位となる接液電極Eが設けられ、前記アースGと接続されている。

【0018】

面電極4A、4Bは夫々、前置増幅器6A、6Bの非反転入力端+に接続され、その出力端は夫々、反転入力端-に接続されている。また、一方のガード電極5Aと前記前置増幅器6Aの出力端との間には、後述する空検出信号発生回路9が接続される。他方のガード

10

20

30

40

50

電極 5 B は、前記前置増幅器 6 B の出力に接続されている。

【 0 0 1 9 】

8 は励磁回路で、図示しない制御回路からの信号を受信して励磁コイル 3 A、3 B に矩形波の励磁電流 i_F を供給する。この励磁電流 i_F の周波数は、流体ノイズと区別する上で有利な周波数、例えば 200 Hz に設定しておく。この理由を図 2 で説明する。

【 0 0 2 0 】

図 2 は、前述した流体ノイズの測定結果の一例を図示したもので、横軸は周波数、縦軸はノイズ電力 dBm で、流速が 2.5 m/sec の時と、0.5 m/sec の時の特性を示す。

【 0 0 2 1 】

この図に示す様に、一般的に流体ノイズは流速が早くなると大きくなるが、被測定流体の流速にかかわらず 10 Hz 程度から減衰し、200 Hz 当たりで -70 dBm レベルに収束する傾向を示す。このことから、励磁周波数は、被測定流体 2 の流速で発生する起電圧との S/N が高くなる 200 Hz 以上に設定する。

【 0 0 2 2 】

再び図 1 に戻って、前記前置増幅器 6 A、6 B の出力は差動増幅器 7 の入力端に接続され、差動増幅器 7 の出力は、信号処理部 11 を構成するアナログデジタル変換回路（以後 ADC 回路と言う）111、流量測定処理部 112、及び空判定処理部 113 の入力部である ADC 回路 111 の入力に接続される。

【 0 0 2 3 】

この ADC 回路 111 への入力信号である検出信号 e は、ADC 回路 111 でデジタル信号に変換され、以降デジタル処理されるため、検出信号 e に含まれる周波数成分を失わない様にサンプリングの定理を満たす条件、即ち、この検出信号 e に含まれる周波数成分の 2 倍位以上のサンプリング周波数に変換しておく。

【 0 0 2 4 】

例えば、検出信号 e の周波数成分としては、検出電圧の周波数成分、即ち励磁周波数 200 Hz とこの第 3 高調波成分 600 Hz、第 5 高調波周波数 1000 Hz までの周波数成分を失うことなくデジタル処理するために必要なサンプリング周波数である、2 kHz に設定しておく。

【 0 0 2 5 】

次に、各部の詳細設定について説明する。まず、空検出信号発生回路 9 の詳細について図 3 で説明する。前述した様に、この回路 9 は、正弦波の空検出信号発振回路 92 で、励磁周波数（以後 f_0 とする）200 Hz よりもさらに高い空検出周波数（以後 f_1 とする）500 Hz の正弦波信号を発振させ、空検出信号発振回路 92 の出力を増幅器 91 の - 入力端に抵抗 R1 を介して接続し、更に、増幅器 91 のフィードバック抵抗 R2 を介して増幅器 91 の出力端をガード電極 5 A に接続しておく。

【 0 0 2 6 】

また、前置増幅器 6 A の出力端を分圧抵抗 R3 と R4 を介して、前記増幅器 91 の + 入力端に接続し、流速に比例して発生する電極間の起電圧と同程度の 10 mV レベルの空検出用微小信号 v_{NE} として、面電極 4 A とガード電極 5 A の間に印加される様に、抵抗 R1 乃至 R4 の各々の抵抗値を選択して設定する。

【 0 0 2 7 】

例えば、図 3 において、前置増幅器 6 A の + 端と - 端は同一電位と見なされるので面電極 4 A の電位 e_A 、ガード電極 5 A の電位 v_G 、空検出信号回路 92 より印加する信号を v_N とすると、

$$\begin{aligned} R2/R1 \cdot v_N &= e_A (1 + R2/R1) (R4 / (R3 + R4)) - v_G \\ &= e_A - v_G \\ &= v_{NE} \end{aligned}$$

の関係が成立するので、抵抗 R1、R4 を 100 K、抵抗 R2、R3 を 1 K とし、信

10

20

30

40

50

号 v_N として、 $1V$ 、 $500Hz$ の信号を抵抗 R_1 の一方の端から印加すると、面電極 $4A$ とガード電極 $5A$ の間に空検出用微小信号 v_{NE} ($e_A - v_G$) として $10mV$ の信号が印加される。

【0028】

この様に設定された容量式電磁流量計の動作について、図1でその概要を説明する。励磁コイル $3A$ 、 $3B$ に印加する励磁電流 i_F で定常値を持つ矩形波の正負信号を印加すると、ほぼ同様の波形を持つ磁場が印加される。

【0029】

ここで、被測定流体 2 が流れると、被測定流体 2 の流速に比例した起電圧が発生し、被測定流体 2 と面電極 $4A$ 、 $4B$ との間の静電容量を介して、前置増幅器 $6A$ 、 $6B$ で増幅され、更に差動増幅器 7 で増幅されて、検出信号 e として後続の信号処理部 11 に送られる。

10

【0030】

信号処理部 11 の ADC 回路 111 では、前述した様に、励磁周波数 (f_0) の 10 倍以上の周波数でサンプリングされ、デジタル値として、流量測定処理部 112 と空判定処理部 113 に送り、ここに内蔵されたプログラム処理機能で処理されて、流量測定信号及び空判定信号を出力する。

【0031】

次に、流量測定処理部 112 と空判定処理部 113 における処理について図4と図5で説明する。

20

【0032】

図4の (a) は励磁電流 i_F 、(b) は ADC 回路 111 のサンプリングパルス s_A 、(c) はこの時の検出信号 e の関係を示す。検出信号 e には、前述した微分ノイズ (図4 (c) における波形の D 部) が励磁電流の立ち上がりと立下り部分に重畳した波形となる。

【0033】

この検出信号 e は、励磁電流の図4 (b) に示す ADC 回路 111 のサンプリングパルス信号 s_A のタイミングでサンプリングされ、デジタル値として流量測定処理部 112 で処理される。

【0034】

以下この処理動作を説明する。流量測定処理部 112 における処理は図4 (b) に示す様に、微分ノイズ成分を含まない時間、 S_4 、 S_5 、 S_9 、 S_{10} のタイミングでサンプリングされた各々の値から、一周期毎の値として $(S_4 + S_5) - (S_9 + S_{10})$ を求める演算を行い、この値を所定の測定周期の平均値として流量信号に変換処理して出力される。応答を早くする場合は、この励磁周波数 (f_0) の周期毎に出力する。

30

【0035】

次に、空判定処理部 113 の動作について説明する。図4 (e)、(f) は検出信号 e を一定時間のフーリエ変換処理した結果の出力で、周波数スペクトル E_s () を示し、各々の横軸は周波数 (Hz)、縦軸はその検出信号 e のパワーを示す。

【0036】

この周波数スペクトル E_s () には、検出信号 e に含まれる信号成分、雑音成分が重畳している。信号成分としては、流速に比例する起電圧に含まれる矩形波の励磁電流に含まれる周波数成分である $200Hz$ の基本周波数 (f_0) 成分、第3高調波 (この周波数を以後 f_3 とする) 成分、第5高調波 (この周波数を以後 f_5 とする) 成分がある。

40

【0037】

また、雑音成分としては、空検出のために印加する $500Hz$ (この周波数を以後 f_1 とする) の空検出用微小信号 v_{NE} 成分と、全周波数領域において一様なパワー強度を有する前置増幅器 $6A$ 、 $6B$ からの白色雑音 v_{NW} 成分、及び前述した $200Hz$ 以下に分布する前述した流体ノイズ成分が含まれる。

【0038】

50

以下、図5を参照しながら、この検出信号 e に重畳させた空検用微小信号 v_{NE} による空判定処理部113での処理手順について説明する。

【0039】

(ステップ1)

まず、測定管1に被測定流体2の満水状態と空状態を設定し、検出信号 e のフーリエ変換処理を行い、この周波数スペクトル $E_S(\quad)$ から満水時の空検出周波数 (f_1) 成分 $E_S(\quad)_{f_1O}$ を求める。満水状態の設定は、通常、起電圧の発生がない被測定流体2が静止した状態とするのが好ましいが、流れた状態で設定することも可能である。

【0040】

また、フーリエ変換処理(積分)時間は、所定の時間(励磁電流の1周期毎)とし、励磁周波数の10倍のサンプリング周波数 $2kHz$ において、検出信号 e を 2000 点サンプルできる設定とし、空判定処理は1秒程度に設定する。

10

【0041】

この満水状態での周波数スペクトル $E_S(\quad)$ を図4(e)に示す。図4(e)において、 $200Hz$ 、 $600Hz$ 、 $1000Hz$ の個所に見られるピーク値は、流速に比例する起電圧に含まれる周波数スペクトル成分で、夫々励磁周波数 (f_0) の基本波成分、第3高調波 (f_3) 成分、第5高調波 (f_5) を、また $500Hz$ 個所に見られるピーク値は、空検出周波数 (f_1) 成分が現れる。

【0042】

また、その他の周波数のスペクトル成分は、前置増幅器6A、6Bからの白色雑音 v_{NW} 成分を示し、 $200Hz$ 以下の周波数のスペクトルには、前述した流体ノイズ成分が含まれている。

20

【0043】

(ステップ2)

次に、被測定流体2を流出させ面電極4A、4B間に空状態を設定し、空時の $E_S(\quad)_{f_1E}$ を求める。

【0044】

この空状態の時の周波数スペクトル $E_S(\quad)$ を図4(f)に破線で示す。この時の周波数スペクトル $E_S(\quad)$ は、図4(e)に比べて大きくなる。

【0045】

30

この理由について説明する。図3にした回路構成は、図7に示す様な等価回路となるので、前置増幅器6Aの入力電圧、即ち、一方の面電極4Aからの検出信号 e_A と空検出用微小信号 v_{NE} 、及び前置増幅器6Aの白色雑音電圧 v_{NW} の関係は、次の(1)式の様になる。

【0046】

$$e_A = (1 + j C_1 \cdot R_s) C_2 / C_1 \times (v_{NE} + v_{NW}) \cdots (1)$$

ここで、 C_1 は面電極4Aと被測定流体2の間の静電容量値、 R_s は被測定流体2の抵抗値、 C_2 は面電極4Aとガード電極5A間の静電容量値を示す。

【0047】

被測定流体2に空状態が発生すると被測定流体2の抵抗値 R_s はさらに高抵抗値となり、また測定管1の内壁に異物が付着すると被測定流体2内の誘電率が水の場合に比べて小さいので、 C_1 の値はより小さな値となる。その結果、満水時に比べて空時の検出信号 e_A は大きく増幅される。

40

【0048】

従って、この時の周波数スペクトル $E_S(\quad)$ は、満水時に図4(e)であったものが、空時には、図4(f)(破線)に示す様に様に大きなパワー値を示す。また、空時の空検出周波数 f_1 でのスペクトル成分 ($E_S(\quad)_{f_1E} =$) H_E も、同様に、満水時のスペクトル成分 ($E_S(\quad)_{f_1O} =$) H_O に比べて大きな値を示すことになる。

【0049】

(ステップ3)

50

次に、図5ステップ3では、ステップ1とステップ2で求めた空検出周波数(f_1)のスペクトルのパワーの値から、空判定値 $N_R(\)_{f_1}$ を下記の範囲で所定の値に設定する。

【0050】

$H_E > N_R(\)_{f_1} > H_0 \dots (2)$

(ステップ4)

この空判定値 $N_R(\)_{f_1}$ を所定の値に設定した後、通常の流量計測を前述した演算処理で行う。

【0051】

(ステップ5)

次に、フーリエ積分時間1秒が経過する毎に、ステップ3で設定した空判定設定値 $N_R(\)_{f_1}$ と周波数スペクトル $E_S(\)$ の空検出周波数成分 $E_S(\)_{f_1}$ とを比較し、空判定設定値 $N_R(\)_{f_1}$ 以下であれば流量測定を継続する。

【0052】

(ステップ6)

ステップ5の結果、周波数スペクトル $E_S(\)$ の空検出周波数成分 $E_S(\)_{f_1}$ が、 $N_R(\)_{f_1}$ 以上になれば空状態として判定する。

【0053】

尚、この空検出用微小信号 v_{NE} は、流速測定処理部112に影響を与えない様に、励磁の休止期間等のみ印加する様に空検出信号発生回路9を構成してもよい。

【0054】

また、空検出用微小信号 v_{NE} が流速測定処理部112に影響与えない他の方法としては、検出信号 e にフィルタを設けて S/N を改善しておく方法がある。

【0055】

この方法は、図8に示す様に、ADC回路111A、111Bを2台設け、更に、流量測定系統には、空検出信号発生回路9からの空検出用微小信号 v_{NE} 成分をカットするフィルタ114を介した後にADC回路111Bを介して流速測定処理部に導く様に構成すれば、各々の並列処理が可能で、流量測定処理部112に空検出信号発生回路9からの信号が重畳しない高精度な流量測定が行える。

【0056】

また、面電極4Aとガード電極5A間の静電容量値 C_2 を予め計測しておき、空検出信号発生器9から印加する空検出用微小信号 v_{NE} の周波数(f_1)を時分割で2種以上印可して、前述した(1)式の関係を利用して、満水時と空時の検出信号 e を測定することによって、面電極4Aと被測定流体2の間の静電容量値 C_1 、被測定流体2の抵抗値 R_s を測定する事が出来る。

【0057】

このようにすれば、抵抗値の変化か、容量値の変化かが判別できるので、空状態が被測定流体2の導電率の変化によるものであるか、或いは異物等の付着によるものかを予測判定することが可能となる。

【0058】

以上述べた様に、本発明の前記実施の形態によれば、検出信号 e として、既知の固定された空検出用微小信号 v_{NE} を外部から印加しているので、検出信号 e の微分波形の歪みに依存しない空判定が安定して行える。

【0059】

また、空判定の処理はフーリエ変換処理による統計処理によって周波数分離され、 S/N 比を高く出来るので、被測定流体2が満水と空の間の半満水状態の判定も可能となる。

【0060】

更に、励磁周波数を流体ノイズの周波数成分が小さくなる周波数以上に設定したので、流体ノイズの変動に影響されない安定した流量測定と空判定が可能となる。

【0061】

10

20

30

40

50

(第2の実施の形態)

次に、図1、図4、及び図6を参照して、本発明における第2の実施の形態の作用について説明する。

【0062】

第1の実施の形態では、空検出信号発生回路9によって新たな空検出用微小信号 v_{NE} を印加して、この信号の周波数(f_1)の周波数スペクトル成分 $E_S(\)_{f_1}$ の変化から空状態の変化を検出したが、本第2の発明の実施の形態では、検出信号eに含まれる前置増幅器6A、6Bからの白色雑音 v_{NW} 成分のスペクトルパワーの積算値 $E_{SN}(\)$ の変化から、空判定を行うようにしている。

【0063】

尚、この積算する周波数範囲は、励磁周波数(f_0 、 f_3 、 f_5)成分を除く200Hzから1000Hzまでの範囲とする。

【0064】

従って、第2の実施の形態と第1の実施の形態との構成の差異は、検出部10に空検出信号発生回路9がなく、ガード電極5Aからの接続は、ガード電極5Bからの接続と同様に、前置増幅器6Aの出力と-入力端とを接続している。その他の構成は第1の実施の形態と同じである。

【0065】

検出信号eのフーリエ変換出力の周波数スペクトル $E_S(\)$ は、図4(g)に示す様に、満水時に実線で示すスペクトルパワーであったものが、空時には破線の様に大きくパワーが変化する。この理由は、前述した空状態の時の方が流体の内部容量値(C_1)が小さくなり、大きく増幅されることによる。

【0066】

以下図4(g)の周波数スペクトル $E_S(\)$ のデータについて図6で、空判定処理部113でのこの処理手順を説明する。

【0067】

(ステップ1、ステップ2)

まず、第1の実施の形態と同様に、測定管1の被測定流体2の満水時と空時の状態を設定し、フーリエ変換処理後の周波数スペクトル $E_S(\)$ から下記式によって、白色雑音 v_{NW} の積算値、周波数スペクトル $E_{SN}(\)$ を求める。

【0068】

$E_{SN}(\)_E = E_S(\)_E - E_S(\)_{0 \sim f_0} - E_S(\)_{f_3 + f_5} \cdots (3) (3)$ 式の積算範囲を図示すると、図4(g)の斜線の範囲となる。

【0069】

即ち $E_{SN}(\)$ は、周波数が0から f_5 の全周波数範囲のスペクトル成分 $E_S(\)$ から、周波数が0から f_0 (200Hz)の範囲の成分 $E_S(\)_{0 \sim f_0}$ と、励磁周波数の f_3 、 f_5 の高調波周波数成分 $E_S(\)_{f_3 + f_5}$ を除いたものである。

【0070】

上演算式において、満水時の値、 $E_{SN}(\)_O$ (ステップ1)、空時の値、 $E_{SN}(\)_E$ (ステップ2)を求める。

【0071】

(ステップ3)

次に、空判定値 $N_R(\)$ として所定の値を下記の範囲内で設定する。

【0072】

$E_{SN}(\)_E > N_R(\) > E_{SN}(\)_O \cdots (4)$

(ステップ4)

上記の空判定値 $N_R(\)$ を設定した後、通常の流量計測を前述した演算処理で行う。

【0073】

(ステップ5)

次に、フーリエ積分時間1秒が経過する毎に、ステップ3で設定した空判定設定値 $N_R(\)$

10

20

30

40

50

) と(3)式で求めた白色雑音 v_{NW} のスペクトル積分値 E_{SN} () を比較し、空判定値 N_R () 以下であれば流量測定を継続する。

【0074】

(ステップ6)

(ステップ5)で空判定値 N_R () 以上になれば空状態として判定する。

【0075】

前述した(3)式では、スペクトル積分値 E_{SN} () として、励磁周波数成分 (f_0)、(f_3)、(f_5) と励磁周波数 (f_0) 以下の成分を除外したが、前置増幅器 6A、6Bからの白色雑音 v_{NW} 成分が励磁周波数成分に比べて充分大きいパワーがあれば、これらの流速に比例する起電圧の周波数成分を除外することなく判定することも可能である。

10

【0076】

以上述べた様に、第2の実施の形態によれば、流体ノイズや微分ノイズに影響されにくい、空判定が可能となる。又、ソフトウェア機能の追加のみで、新たな構成部品を要しないで実現できる。

【0077】

【発明の効果】

以上説明した様に、本発明によれば、周波数スペクトルの状態変化によって微分ノイズと流体ノイズの周波数範囲を除外した範囲で空判定処理をしたことにより、S/N比が高く、流体ノイズ、微分ノイズの影響を受けにくい空状態が検出可能な容量式電磁流量計を提供できる。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態を示す構成図。

【図2】 低導電率流体の流体ノイズの説明図。

【図3】 空検出用信号の印加方法の実施態様説明図。

【図4】 本発明の作用を説明図。

【図5】 本発明の第1の実施の形態の説明図。

【図6】 本発明の第2の実施の形態の説明図。

【図7】 空検出原理を説明する等価回路図。

【図8】 信号処理部の他の実施事例。

30

【符号の説明】

1 測定管

2 被測定流体

3A、3B 励磁コイル

4A、4B 面電極

5A、5B ガード電極

6A、6B 前置増幅器

7 差動増幅器

8 励磁回路

9 空検出信号発生回路

40

10 検出部

11 信号処理部

92 空検出信号発振器

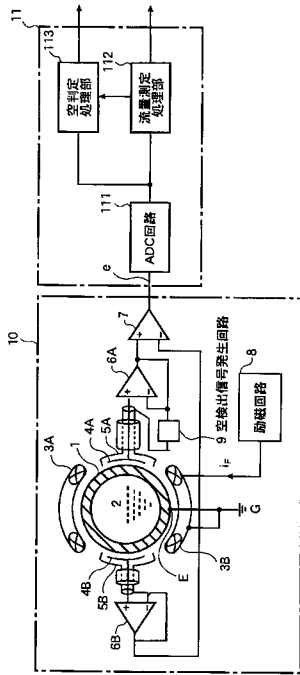
111、111A、111B ADC回路

112 流量測定処理部

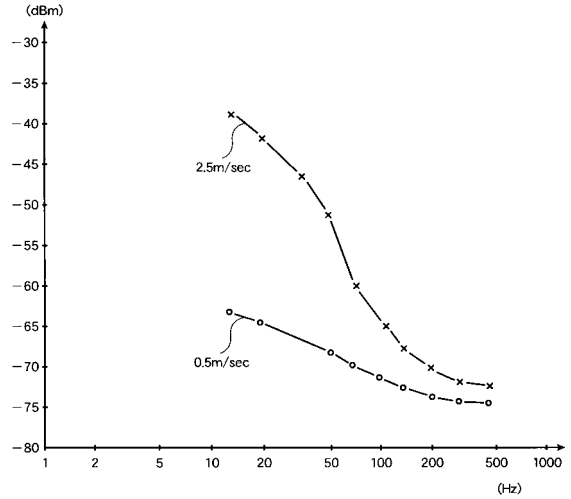
113 空判定処理部

114 フィルタ

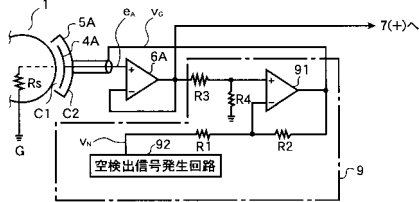
【図1】



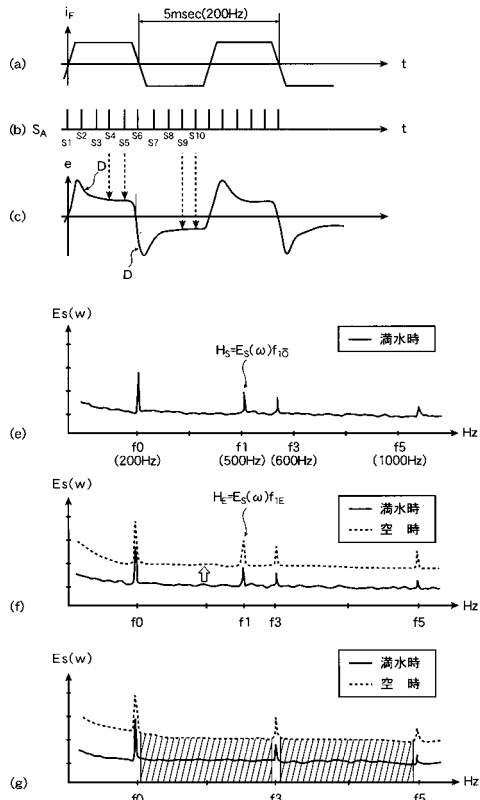
【図2】



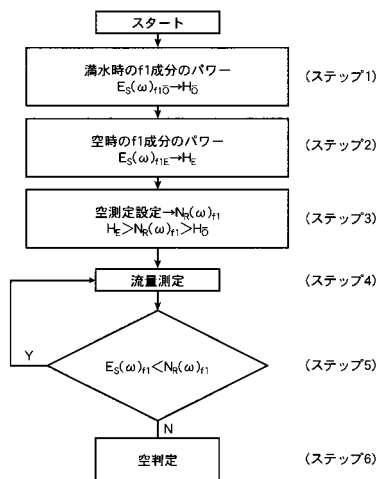
【図3】



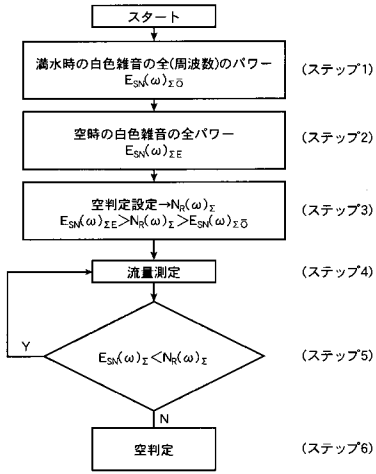
【図4】



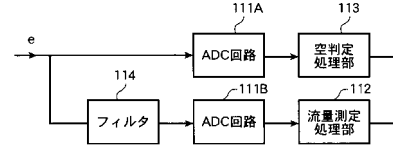
【図5】



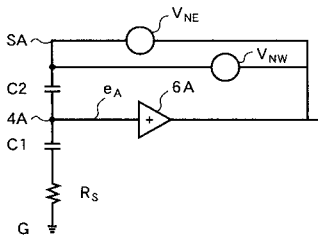
【図6】



【図8】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 樋口 隆司
東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝 府中事業所内

審査官 森口 正治

(56)参考文献 特開平08-261808(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01F 1/00-9/02