

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5575469号
(P5575469)

(45) 発行日 平成26年8月20日(2014.8.20)

(24) 登録日 平成26年7月11日(2014.7.11)

(51) Int.Cl.

G O 1 F 1/60 (2006.01)

F 1

G O 1 F 1/60

請求項の数 8 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2009-500387 (P2009-500387)
 (86) (22) 出願日 平成19年3月6日 (2007.3.6)
 (65) 公表番号 特表2009-530610 (P2009-530610A)
 (43) 公表日 平成21年8月27日 (2009.8.27)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2007/005802
 (87) 國際公開番号 WO2007/106359
 (87) 國際公開日 平成19年9月20日 (2007.9.20)
 審査請求日 平成21年8月25日 (2009.8.25)
 (31) 優先権主張番号 11/375,168
 (32) 優先日 平成18年3月14日 (2006.3.14)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

前置審査

(73) 特許権者 597115727
 ローズマウント インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 55317 ミネソタ州
 、チャナッセン、マーケット・ブルバード 8200
 (74) 代理人 110001508
 特許業務法人 津国
 (74) 代理人 100078662
 弁理士 津国 肇
 (74) 代理人 100131808
 弁理士 柳橋 泰雄
 (74) 代理人 100119079
 弁理士 伊藤 佐保子
 (74) 代理人 100116528
 弁理士 三宅 俊男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】磁気流量計の低減されたノイズ感度

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プロセス流体の流動を測定するための磁気流量計であって、
 プロセス流体に磁場を加えるように構成されたコイルと、
 コイルにコイル駆動信号を与えるように構成されたコイル駆動部と、
 加えられた磁場及び流体流動に関する流体電圧信号を感知するように配設された電極と、
 感知された流体電圧信号に関する複数のディジタル化されたサンプルを含むディジタル出力を有するアナログ・ディジタル変換器と、

ディジタル化されたサンプルを受信し、サンプルをフィルタリングし、流動に関する出力を応答的に供給するように構成された計算回路と、

を含み、

計算回路は、

流体電圧信号の半周期に対応するサンプルを取得することと、

流体電圧信号の半周期の後方部分に対応するサンプルの一部をメモリバッファに保存することと、

サンプルのコイル相の高さに基づいて、サンプルの一部を反転することと、

サンプルの一部の平均を計算することと、

ソフトウェアによって実行される非線形フィルタに従ってサンプルをフィルタリングすることと、を実行する磁気流量計。

10

20

【請求項 2】

計算回路が、マイクロプロセッサシステムによって実行されるソフトウェアを含む、請求項 1 記載の装置。

【請求項 3】

非線形フィルタが、メジアンフィルタを含む、請求項 1 記載の装置。

【請求項 4】

反転されるサンプルの一部が、流体電圧信号の半周期の 20 % を含む、請求項 1 記載の装置。

【請求項 5】

サンプルの一部の反転が、コイル駆動信号と同期する、請求項 1 記載の装置。 10

【請求項 6】

サンプルの一部の平均が、コイル駆動信号の一周期にわたって取り出される、請求項 1 記載の装置。

【請求項 7】

サンプルをフィルタリングするように構成されたローパスフィルタを含む、請求項 1 記載の装置。

【請求項 8】

プロセス流体の流動を測定するための方法であって、

プロセス流体に近いコイルにコイル駆動信号を与え、それによりプロセス流体に磁場を加えることと、 20

加えられた磁場及び流体流動に関するプロセス流体の流体電圧信号を感知することと、
流体電圧信号のサンプルをデジタル化することと、

流体電圧信号の半周期に対応するデジタル化されたサンプルを取得することと、

流体電圧信号の半周期の後方部分に対応するサンプルの一部をメモリバッファに保存することと、

サンプルのコイル相の高さに基づいて、サンプルの一部を反転することと、

サンプルの一部の平均を計算することと、

ソフトウェアによって実行される非線形フィルタを用いて、反転されたサンプルをフィルタリングし、流動に関する出力を供給すること、

を含む方法。 30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】****発明の分野**

本発明は、工業用プロセスプラント内を流動する液体を感知する磁気流量計に関する。具体的には、本発明は、そのような磁気流量計の電極によって検出されるノイズに関する。

【0002】**発明の背景**

磁気流量計は、電磁石及び電極を通り過ぎて流動する液体を運ぶ、電気的に絶縁された流管を使用する。電極は、流管の中で保持され、流動する流体と電気的に接触する。電極は起電力 (EMF) を感知し、これはファラデーの電磁誘導の法則に従って液体中で磁気的に誘導され、流体の流量に比例する。 40

【0003】

この流動 EMF とともに、磁気流管の電極から、望ましくないノイズが受信されることがよくある。この電気ノイズは、流動する液体に関連する望ましくない動作条件、たとえば、液体の乏しい接地接続、流動する流体中の過剰な電気抵抗、電極に衝突する液体中の粒子、液体中で進行中の粒子溶解、液体中で進行中の化学反応、混入した気泡等を示す。

【0004】

液体中で生じるこの「電極ノイズ」は、トランスマッタの流量出力における測定の不安 50

定性又は変動性を引き起こす可能性がある。

【0005】

発明の概要

プロセス流体の流動を測定するための磁気流量計は、プロセス流体に磁場を加えるように構成されたコイルを含む。電極は、加えられた磁場及び流体流動に関する流体電圧信号を感知するように配設される。アナログ・ディジタル変換器は、感知された流体電圧信号に関する複数のディジタルサンプルを含むディジタル出力を供給する。計算回路は、ディジタル化されたサンプルを受信し、流動に関する出力を応答的に供給する。

【0006】

詳細な説明

10

非線形フィルタに従って、流体電圧信号の一部を反転させること、及び／又は流体電圧信号をフィルタリングすることにより、ノイズに対する感度が低減する磁気流量計及び方法が提供される。

【0007】

図1には、磁気流量計102のための一般的な環境が、100で図示されている。図1では、磁気流量計102はプロセス配管104に結合されて示され、プロセス配管もまた制御弁106に結合されている。磁気流量計102は、プロセス変数トランスマッタの一つのタイプの一例であり、スラリー、液体、化学物質の蒸気および気体、パルプ、石油、気体、薬剤、食品等のプロセスプラント内及び他の流体処理プラント内の流体に関する一つ以上のプロセス変数を監視するように構成することができる。磁気流量計では、監視されるプロセス変数は、流管108を通るプロセス流体の速度に関する。磁気流量計102の出力は、通信バス112を介した、制御部又はインジケータへの長距離にわたる伝送用に構成される。一般的な処理プラントでは、通信バス112は、制御部、たとえばシステム制御部／モニタ110への4-20mA電流ループ、フィールドバス接続、パルス出力／周波数出力、HARTプロトコル通信イーサネット又は光ファイバ接続にすることができる。システム制御部110は、プロセスマニタとして人間のオペレータに流動情報を表示するか、又はプロセス制御部として制御弁106を用いて通信バス112を通じてプロセスを制御するようにプログラムされる。

20

【0008】

図2には、磁気流量計102の部分断面図が概略的に示されている。流量計102は、流管108に接続された電子ハウジング120を含む。流管108は、電磁コイル122を含み、これを用いて、流管108を通って流れる流体に磁場を誘起する。流管108内の電極124は、流動の速度及び加えられた磁場によって流体内に生成されるEMFを感知するEMFセンサを備え、電極はノイズにも敏感である。電子ハウジング120内のコイル駆動回路130（図3に示す）は、電磁コイル122に駆動信号を提供し、電極124は、EMF信号增幅器132（同様に図3に示す）に、EMF出力134を提供する。

30

【0009】

図3には、流管アセンブリ108を通る導電性プロセス流体の流動を測定するための磁気流量計102の一つの実施形態を、ブロック図で示す。コイル122は、コイル駆動部130から加えられた駆動電流に応じて、流体流動に外部磁場を加えるように構成される。EMFセンサ（電極）124は、流体流動に電気的に結合し、加えられた磁場、流体速度、及びノイズのために流体流動中に生成されるEMFに関して、増幅器132にEMF信号出力134を供給する。アナログ・ディジタル変換器142は、マイクロプロセッサシステム148に、ディジタル化されたEMF信号を供給する。信号処理部150は、EMF出力134に結合する流量計電子機器140のマイクロプロセッサシステム148によって実行され、流体速度に関する出力152を供給する。

40

【0010】

マイクロプロセッサシステム148は、ファラデーの法則で先に述べたような、EMF出力134と流体速度との間の関係に従って、流管108を通る速度を計算し、以下のように表される。

50

【数1】

$$V = \frac{E}{kBD} \quad \text{式 1}$$

ここで、EはEMF出力134に関する信号出力152であることができ、Vは流体の速度であり、Dは流管108の直径であり、Bは流体内の磁場の強さである。kは比例定数である。マイクロプロセッサシステム148は、速度を用いて、既知の技術に従って、プロセス流体の流動を計算する。マイクロプロセッサシステム148に結合されたデジタル・アナログ変換器158は、通信バス106に結合するためのアナログトランスミッタ出力160を生成する。デジタル通信回路162は、デジタルトランスミッタ出力164を生成する。アナログ出力160及びデジタル出力164は、プロセス制御部又はモニタに所望のように結合されることができる。

【0011】

上述のように、磁気流量計102は、導電性流体中に誘導されるEMF信号を用いて流動を測定する。このEMF信号は、比較的低レベルであり、通常は非常に高レベルなプロセスノイズに組み込まれている。信号対ノイズの比率を改善するため、流量計のコイルは通常は非常に高レベルで、たとえば数百ミリアンペアの電流で、ノイズに比して測定可能である電極電圧を発生させるのに十分な大きさの磁場を生成するために駆動される。加えて、磁気コイルの時間定数が大きいために、コイルは比較的低周波で駆動される。これらの低周波では、 $1/f$ ノイズが著名である。

【0012】

図4は、コイルタイマ信号、電極電圧及びコイル電流対時間、たとえば流量計のグラフである。一般的に、パルスDC磁気流量計は、流管のコイルに矩形波を与える。電圧は、コイルに対して90度に位置付けられた電極から読み取られる。この電圧は、流管内の導電性液体の流動に比例する。一般的には、電極電圧は、矩形波のそれぞれ半分の最後20%を取り出して、2つの半サイクル間の相違を計算することによって測定される。各半サイクルの第一の部分は、渦電流及びヌルイングスパイク(nulling spikes)等の影響のために無視され、コイルの時間定数のためにコイル電流が安定することが可能になる。

【0013】

ロックイン增幅器を用いて、非常に小さなAC信号を検出して測定することができる。これらは、AC信号のRMS値に比例するDC出力を供給する。ロックイン增幅器は、基準信号を用いて入力信号を同期的に復調する。これらは、入力信号のものと同じ周波数及び位相の基準信号を必要とする。これは通常、基準信号と同じソースからの入力信号を変調することによって達成される。ロックイン增幅器は、入力周波数のあらゆる変化をトラッキングするが、これは基準回路が信号に対してロックされているためである。

【0014】

図5は、ミキサ204に信号を供給するACゲイン増幅器202を含むロックイン增幅器200の一例の図である。また、ミキサ204は、基準信号を受信して、ローパスフィルタ206に出力を供給する。DCゲイン増幅器208は、ローパスフィルタ206からの出力を増幅する。DCレベルは、基準信号と同相である入力信号のRMS値を表す。ロックイン増幅器がトラッキングする性質であるため、きわめて小さな帯域幅を用いて、信号対ノイズの比率を改善することができる。これにより、ロックイン増幅器は、100dBを超える実効「Q」値を与えることができる。一方、標準的なバンドパスフィルタでは、50よりも大きい「Q」値を得ることは困難である。結果として、基準周波数とは異なる周波数及び位相のノイズ信号は阻止され、測定には影響しない。小さな信号がより大きなノイズ源によって不明瞭になったときであっても、正確な測定を行うことができる。

【0015】

図5のいくつか又は全ての構成要素は、デジタル信号処理部及びアナログ・デジタル変換器等を用いて、ソフトウェアによって実行することができる。平均的なフィルタを

、たとえば 1 コイルサイクルの周期で用いて、入力が DC 結合された場合に振動を防止することができる。ソフトウェアで実行することにより、ロックイン増幅器をハードウェアで実行することを上回る多くの利点が提供され、向上した構成可能性及びより高度なフィルタリング機能を含む。

【 0 0 1 6 】

図 6 は、デジタル信号処理部 220 によって実行されるロックイン増幅器のブロック図である。この構成では、アナログ・ディジタル変換器 222 は、アナログ・ディジタル変換器 224 からのコイル駆動信号のデジタル化された信号とともに、デジタル信号処理部 220 に、デジタル化された信号を供給する。デジタル信号処理部では、ミキサ 226 は、ローパスフィルタ 228 及び回路 230 とともに実行され、情報を流動速度に変換する。そのような構成では、コイル周波数の各半周期の後方 20 %のみをミキシングすることが比較的確実である。これにより、回路が、既存の流管とともに用いられるアナログ回路に使用可能である較正定数を用いることが可能になる。切換コイル電流の過渡効果、たとえばヌルイングスパイク (nulling spikes)、渦電流等は、無視することができる。ローパスフィルタ 228 は、顧客によって、又は減衰時定数に基づいて特定の用途のための他の手段によって調製し、信号対ノイズの比率を改善することができる。一方、ハードウェアローパスフィルタは、通常は既定の伝達係数を有する。

【 0 0 1 7 】

図 7 は、本発明を実行するソフトウェアのフローチャート 300 を示す、簡略化されたブロック図である。ブロック 302 では、電極信号の半周期が取得され、ブロック 304 では、半サイクルの後方 20 % は、メモリバッファに保存される。波形の任意の部分を用いることができ、本発明は 20 % に限定されないことに留意されたい。ソフトウェアミキサ 306 は、ソフトウェアで実行され、ブロック 308 でコイル相が高いかを調べることを含む。位相が高い場合、制御はブロック 310 に移される。一方、コイル相が高くない場合、制御はブロック 312 に移され、ここでバッファリングされた信号が反転され、制御はその後ブロック 310 に移される。ブロック 310 では、1 コイル周期にわたって平均化フィルタが適用される。次に、ブロック 314 で、任意の非線形フィルタが信号に適用される。ブロック 316 でローパス減衰フィルタが適用されて、ブロック 318 に移され、ここで、20 % フィルタリングされたバッファの平均が求められる。そして、このデータは、ブロック 320 で、上述の技術を用いて流動測定値に変換され、ブロック 322 で出力が供給される。

【 0 0 1 8 】

図 8 は、別の例の実施形態のフローチャート 350 である。図 7 の要素に類似している図 8 の要素は、その番号付けを維持している。図 8 では、ブロック 302 で、電極信号の半周期を取得した後、いくつかの付加的な機能性が挿入される。具体的には、ブロック 354 では、半サイクルの後方 20 % を取得して、バッファに情報を保存した後、この情報はブロック 356 で、1 コイル周期にわたってデータを平均化して流動信号を除去する平均化フィルタに供給される。ブロック 358 では、このフィルタリングされた信号は、元データから減じられて、低周波ノイズを除去する。

【 0 0 1 9 】

上述のソフトウェアロックイン増幅器構成は、信号処理における多くの利点を提供する。フィルタの伝達係数は、周波数がコイル周波数から離れると、かなり急激に低下する。好ましくは、 $1/f$ ノイズを取り除くために、コイル周波数は、できる限り高くするべきである。本構成は、基準周波数外の線形信号を著しく低減させる。しかし、たとえば電極の衝突によって引き起こされる非線形ノイズは、依然として流動データに大きなスパイクを引き起こす可能性がある。そのようなスパイクを除去または低減するために、非線形フィルタ 310、たとえばメジアンフィルタを実行することができる。たとえば、流管の電極に対して材料がぶつかること又は屑が擦れることによって引き起こされる電気ノイズは、電極間の電圧差に大きなスパイクを引き起こす可能性がある。このノイズを低減するための一つの技術は、コイルにより大きな電流を与えて、信号対ノイズの比率を増大させる

10

20

30

40

50

ことである。しかし、流動のスパイクが、増大した信号よりも依然として著しく大きい可能性がある。そのようなスパイクに対処するために用いられてきた別の技術は、減衰フィルタの時定数を増大させることである。これは、ノイズスパイクをある程度低減させるが、システムの応答時間もまた減少させ、制御ループがプロセス変動に効果的に応答することができる程度を制限する。メジアンフィルタ 310 は、ブロック 306 での復調の後に、及び減衰フィルタ 314 の前に挿入することができる。この非線形フィルタの例では、メジアンフィルタは、既定のウィンドウサイズ内で入力データをソートし、中間点を用いる。たとえば、150ミリ秒のメジアンフィルタでは、結果としてウィンドウサイズの1/2、すなわち 75 ミリ秒の遅延となる。

【0020】

10

本明細書で用いられる「非線形フィルタ」とは、通常は異常値又は衝撃型のノイズシグネチャの形式の非ガウスノイズを除去するために用いられる任意のフィルタを言う。非線形フィルタの例は、リカーシブメジアンフィルタ、荷重メジアンフィルタ、中央荷重メジアンフィルタ、荷重置換メジアンフィルタ (permutation-weighted median filter)、非線形ノイズリダクション、及び局所投射ノイズリダクションを含む。さらに、本発明のソフトウェアによって実行される信号検出は、コイル駆動信号と同期させることができる。たとえば、ソフトウェアによって実行されるミキサを用いるとき、ミキサは、コイル駆動信号とともに受信された電極電圧信号をミキシングする。当然ながら、コイル駆動信号自身は必要とされず、駆動信号と同期する任意の信号がソフトウェアを起動することができる。

20

【0021】

好ましい実施形態を参照して本発明を説明してきたが、当業者においては、本発明の本質及び範囲から逸脱することなく、形状及び詳細に変更を加えてもよいことが認識されよう。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図 1】磁気流量計を含むプロセス制御システムを示す図である。

【図 2】図 1 の磁気流量計の部分断面図である。

【図 3】図 2 の磁気流量計の構成要素を示す、簡略化されたブロック図である。

【図 4】磁気流量計のコイルタイマ、電極電圧及びコイル電流信号対時間を示すグラフである。

30

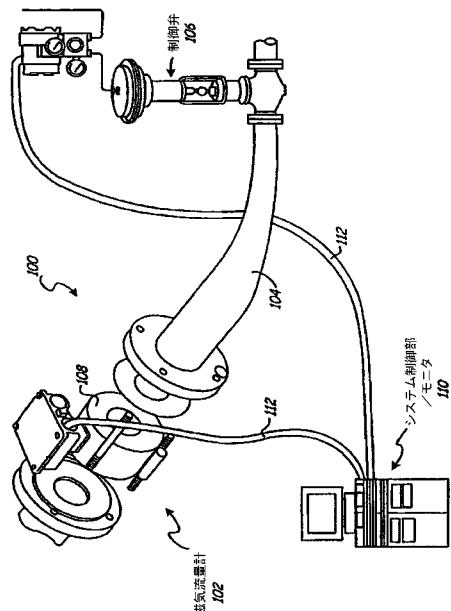
【図 5】ロックイン增幅器の簡略化されたブロック図である。

【図 6】ソフトウェアにより実行されるロックイン增幅器の簡略化されたブロック図である。

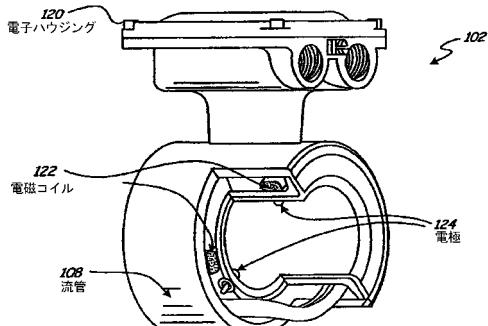
【図 7】磁気流量計のソフトウェアによって実行されるステップを示すフローチャートである。

【図 8】元の電圧センサ信号から低周波成分を減じることによるノイズの低減を図示する、図 7 と同様のフローチャートである。

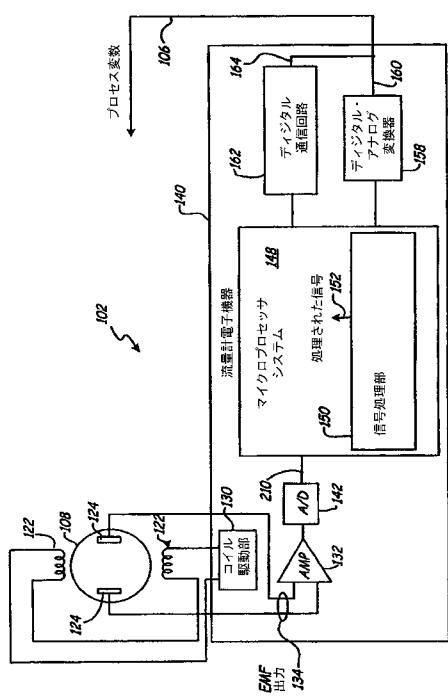
【図1】



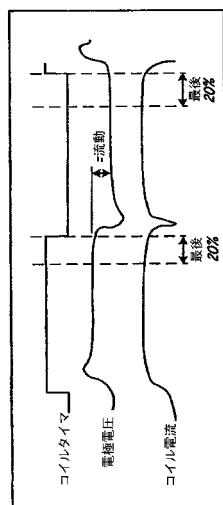
【図2】



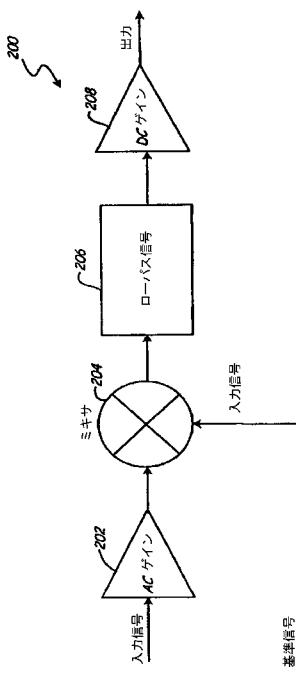
【図3】



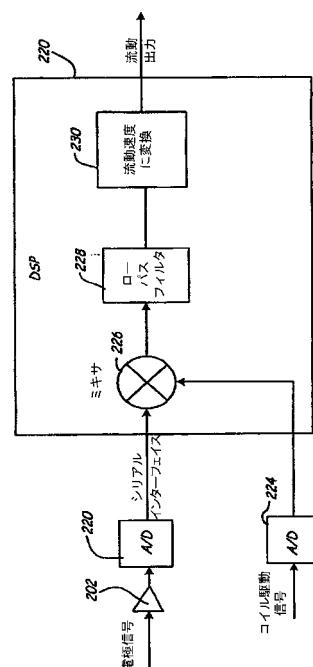
【図4】



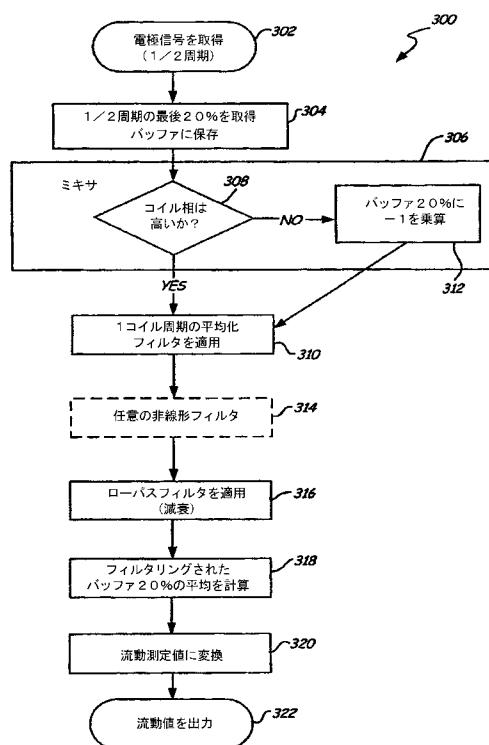
【図5】



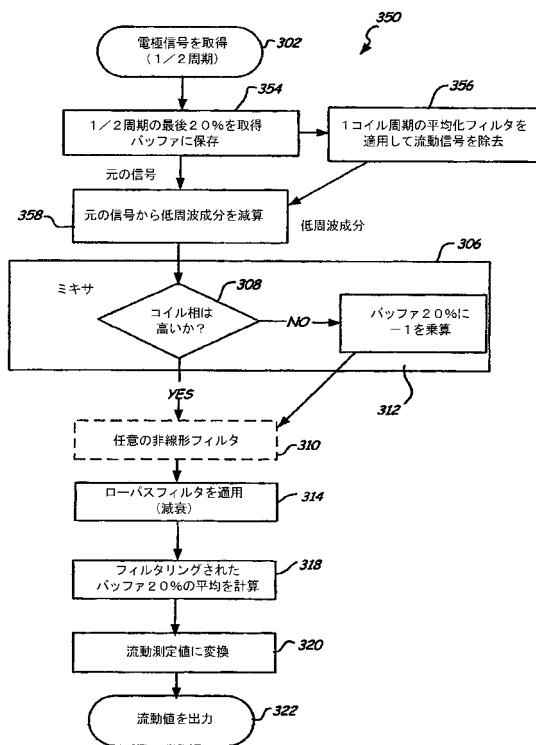
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(74)代理人 100146031
弁理士 柴田 明夫
(74)代理人 100122736
弁理士 小國 泰弘
(74)代理人 100122747
弁理士 田中 洋子
(74)代理人 100132540
弁理士 生川 芳徳
(72)発明者 フォス , スコット・アール
アメリカ合衆国、ミネソタ 55346、エデン・プレーリー、ハニーサックル・レーン 169
16
(72)発明者 ハンター , カーク・エイ
アメリカ合衆国、ミネソタ 55422、ミネアポリス、グライムス・アベニュー・ノース 42
00

審査官 岸 智史

(56)参考文献 特開平11-083578 (JP, A)
特開平05-273018 (JP, A)
米国特許第06505517 (US, B1)
特開平03-135730 (JP, A)
特開昭63-195523 (JP, A)
特開平11-083574 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 F 1 / 60