(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4828766号
(P4828766)
(45)発行日　平成23年11月30日(2011.11.30)　(24)登録日　平成23年9月22日(2011.9.22)

(51)Int.Cl.　　F I
G01F 1/84 (2006.01)　　G01F 1/84

請求項の数 24　(全 28 頁)

(21)出願番号	特願2001-568020 (P2001-568020)
(86)(22)出願日	平成13年3月12日 (2001.3.12)
(65)公表番号	特表2003-527593 (P2003-527593A)
(43)公表日	平成15年9月16日 (2003.9.16)
(86)国際出願番号	PCT/US2001/007811
(87)国際公開番号	WO2001/069185
(87)国際公開日	平成13年9月20日 (2001.9.20)
審査請求日	平成19年11月14日 (2007.11.14)
(31)優先権主張番号	60/189,153
(32)優先日	平成12年3月14日 (2000.3.14)
(33)優先権主張国	米国(US)

(73)特許権者　592225504
マイクロ・モーション・インコーポレーテッド
Ｍｉｃｒｏ　Ｍｏｔｉｏｎ　Ｉｎｃｏｒｐｏｒａｔｅｄ
アメリカ合衆国コロラド州８０３０１，ボールダー，ウィンチェスター・サークル　７０７０
(74)代理人　100089705
弁理士　社本　一夫
(74)代理人　100076691
弁理士　増井　忠弐
(74)代理人　100075270
弁理士　小林　泰

最終頁に続く

(54)【発明の名称】コリオリ流量計での駆動制御のための初期設定アルゴリズム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）を振動させているドライバ（１０４、２０４）に印加される駆動信号を生成する駆動回路を初期設定する方法（４００）であって、
前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）の振動を開始するよう、所定の利得で前記駆動信号を前記ドライバ（１０４、２０４）に印加するステップ（４０１）と、
前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）に関連するピックオフ・センサ（１０５、１０５’、２０５、２０５’）から受け取ったピックオフ信号の速度を維持するよう、前記ドライバ（１０４、２０４）に印加される前記駆動信号の駆動電圧を制御するステップ（４０２）と、
前記ピックオフ信号に基づき、ノッチ・フィルタが前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）の駆動周波数に収束したかどうかを決定するステップ（４０３）と、
前記ノッチ・フィルタが前記駆動周波数に収束したとの決定に応答して、前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）の変位を維持するよう、前記ドライバ（１０４、２０４）に印加する前記駆動信号の前記駆動電圧を制御するステップ（４０４）と、
を含む方法。
【請求項２】
前記駆動周波数を閾値周波数と比較するステップと、
前記駆動周波数が前記閾値周波数より大きいことに応答して、前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）が直管（２０１）であると決定するステップと、

前記駆動周波数が前記閾値周波数以下であることに応答して、前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）が彎曲した流管（１０３Ａ、１０３Ｂ）であると決定するステップと、
をさらに含む、請求項１に記載の方法（４００）。
【請求項３】
前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）の振動を開始するよう、前記駆動信号を前記ドライバ（１０４、２０４）に印加する前記ステップ（４０１）が、ノッチ・フィルタを初期設定するステップを含む、請求項１に記載の方法（４００）。
【請求項４】
所望の範囲内にあるノッチ・フィルタ値に前記ノッチ・フィルタが収束したかどうかを決定するステップ（８０４）と、
前記ノッチ・フィルタ値が前記所望の範囲外にあるとの決定に応答して、駆動信号を前記ドライバ（１０４、２０４）に印加する前記ステップに戻るステップ（８１０）と、
をさらに含む、請求項１に記載の方法（４００）。
【請求項５】
前記ノッチ・フィルタ値が前記所望の範囲内にあるかどうかを決定する前記ステップが、前記ノッチ・フィルタ値を最小値及び最大値と比較するステップを含む、請求項４に記載の方法（４００）。
【請求項６】
前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）の振動を開始するよう、前記駆動信号を前記ドライバ（１０４、２０４）に印加する前記ステップ（４０１）が、
前記駆動信号の振幅を初期振幅に設定するステップ（７０３）と、
前記駆動信号の初期印加時間を設定するステップ（７０４）と、
前記印加時間の持続時間に前記駆動信号を前記ドライバ（１０４、２０４）に印加するステップ（７０６）と、
を含む、請求項１に記載の方法（４００）。
【請求項７】
前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）の振動を開始するよう、前記駆動信号を前記ドライバ（１０４、２０４）に印加する前記ステップ（４０１）が、
前記ピックオフ信号の振幅が前記ノッチ・フィルタに対して十分かどうかを決定するステップ（７０７）と、
前記ピックオフ信号の前記振幅が前記ノッチ・フィルタに対して十分でないとの決定に応答して、前記駆動信号の前記振幅を調整するステップ（７０８）と、
前記駆動信号の前記振幅が十分でないとの決定に応答して、前記印加時間を調整するステップ（７０９）と、
を含む、請求項６に記載の方法（４００）。
【請求項８】
前記変位を維持するよう、前記ドライバ（１０４、２０４）に印加される前記駆動信号の前記駆動電圧を制御する前記ステップ（４０４）が、
プログラム可能利得振幅を設定するステップ（１１０１）と、
前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）に関連付けられた前記ピックオフ・センサ（１０５、１０５’、２０５、２０５’）からの前記ピックオフ信号の振幅を維持するよう、前記駆動信号を生成するステップ（１１０３）と、
前記ピックオフ信号の前記振幅が維持されるかどうかを決定するステップ（１１０４）と、
前記ピックオフ信号の前記振幅が維持されないことに応答して、免除プロセスを実施するステップ（１１０５）と、
を含む、請求項１に記載の方法（４００）。
【請求項９】
前記ノッチ・フィルタが前記駆動周波数に収束したという決定に応答して、流量計センサ・パラメータを決定するステップ（８０３）をさらに含む、請求項１に記載の方法（４

００）。
【請求項１０】
前記流量計センサ・パラメータを決定する前記ステップ（８０３）が、前記ドライバ（１０４、２０４）に印加される前記駆動信号の比例利得を決定するステップ（９０１）を含む、請求項９に記載の方法（４００）。
【請求項１１】
前記流量計センサ・パラメータを決定する前記ステップ（８０３）が、前記ドライバ（１０４、２０４）に印加される前記駆動信号の積分利得を決定するステップ（９０２）を含む、請求項９に記載の方法（４００）。
【請求項１２】
前記変位を維持するよう、前記ドライバ（１０４、２０４）に印加される前記駆動信号の前記駆動電圧を制御する前記ステップ（４０４）が、駆動ループ利得がロックされるかどうかを決定するテストを行うステップ（１０００）を含む、請求項１に記載の方法（４００）。
【請求項１３】
材料が流れる流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）と、前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）を振動させるドライバ（１０４、２０４）と、前記振動を測定するために前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）に関連付けられたピックオフ・センサ（１０５、１０５’、２０５、２０５’）と、前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）を振動させる前記ドライバ（１０４、２０４）に送られる駆動信号を生成し前記ピックオフ・センサ（１０５、１０５’、２０５、２０５’）からピックオフ信号を受け取る計量電子回路（２０）とを備える、材料のプロセス・パラメータを測定するための装置（５～２５）であって、
前記計量電子回路（２０）における回路が、
ａ）前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）の振動を開始するよう、所定の利得で前記駆動信号を前記ドライバ（１０４、２０４）に印加し（４０１）、
ｂ）前記ピックオフ・センサ（１０５、１０５’、２０５、２０５’）から受け取った前記ピックオフ信号の速度を維持するよう、前記ドライバ（１０４、２０４）に印加される前記駆動信号の駆動電圧を制御し（４０２）、
ｃ）前記ピックオフ信号に基づき、ノッチ・フィルタが前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）の駆動周波数に収束したかどうかを決定し（４０３）、
ｄ）前記ノッチ・フィルタが前記駆動周波数に収束したとの決定に応答して、前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）の変位を維持するよう、前記ドライバ（１０４、２０４）に印加する前記駆動信号の前記駆動電圧を制御する（４０４）
よう構成される装置（５～２５）。
【請求項１４】
前記回路が、前記駆動周波数を閾値周波数と比較し、前記駆動周波数が前記閾値周波数より大きいことに応答して、前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）が直管（２０１）であると決定し、前記駆動周波数が前記閾値周波数以下であることに応答して、前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）が彎曲した流管（１０３Ａ、１０３Ｂ）であると決定するよう構成される、請求項１３に記載の装置（５～２５）。
【請求項１５】
前記回路が、ノッチ・フィルタを初期設定するよう構成される、請求項１３に記載の装置。
【請求項１６】
前記回路が、前記ノッチ・フィルタが所望の範囲内にあるノッチ・フィルタ値に収束したかどうかを決定し（８０４）、前記ノッチ・フィルタ値が前記所望の範囲外であるとの決定に応答して（４０１）動作ａ）に戻る（８１０）よう構成される、前記計量電子回路（２０）における回路をさらに含む、請求項１３に記載の装置（５～２５）。
【請求項１７】

前記回路が、前記ノッチ・フィルタ値を最小値及び最大値と比較するよう構成される、請求項１６に記載の装置（５～２５）。

【請求項１８】

前記回路が、前記駆動信号の振幅を初期振幅に設定し、前記駆動信号の初期印加時間を設定し、前記印加時間の持続時間の間、前記駆動信号を前記ドライバ（１０４、２０４）に印加するよう構成される、請求項１３に記載の装置（５～２５）。

【請求項１９】

前記回路が、前記ピックオフ信号の振幅が前記ノッチ・フィルタに対して十分かどうかを決定し、前記ピックオフ信号の前記振幅が前記ノッチ・フィルタに対して十分でないとの決定に応答して、前記駆動信号の前記振幅を調整し、前記駆動信号の前記振幅が十分でないとの決定に応答して、前記印加時間を調整するよう構成される、請求項１８に記載の装置（５～２５）。

【請求項２０】

前記回路が、

プログラム可能利得振幅を設定し、

前記流管（１０３Ａ、１０３Ｂ、２０１）に関連付けられた前記ピックオフ・センサ（１０５、１０５’、２０５、２０５’）からの前記ピックオフ信号の振幅を維持するよう、前記駆動信号を生成し（１１０３）、

前記ピックオフ信号の前記振幅が維持されるかどうかを決定し（１１０４）、 前記ピックオフ信号の前記振幅が維持されないことに応答して、免除プロセスを実施する（１１０５）

よう構成される、請求項１３に記載の装置（５～２５）。

【請求項２１】

前記回路が、前記ノッチ・フィルタが前記駆動周波数に収束したとの決定に応答して流量計センサ・パラメータを決定するよう構成される、請求項１３に記載の装置（５～２５）。

【請求項２２】

前記回路が、前記ドライバ（１０４、２０４）に印加される前記駆動信号の比例利得を決定するよう構成される、請求項２１に記載の装置（５～２５）。

【請求項２３】

前記回路が、前記ドライバ（１０４、２０４）に印加される前記駆動信号の積分利得を決定するよう構成される、請求項２１に記載の装置（５～２５）。

【請求項２４】

前記回路が、駆動ループ利得がロックされるかどうかを決定するテストを行うよう構成される、請求項１３に記載の装置（５～２５）。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

発明の分野

本発明は、装置間の少なくとも１つの振動導管を通って流れる材料の特性を測定する装置内で駆動信号を制御するための電子部品に関する。より詳細には、本発明は、所望の周波数で導管を振動させる駆動信号を初期設定し維持するのに使用するアルゴリズムに関する。

【０００２】

課題

流量計内の導管を通って流れる質量流量およびその他の材料の情報を測定するためには、コリオリ効果質量流量計を使用することが周知である。例示のコリオリ型流量計が、Ｊ．Ｅ．スミスらによる米国特許第４，１０９，５２４号（１９７８年８月２９日）、第４，４９１，０２５号（１９８５年１月１日）、第３１，４５０号（１９８２年２月１１日）に開示されている。これらの流量計は、直線状のまたは彎曲した構成を有する１つまたは複数の導管を備える。コリオリ質量流量計内の各導管構成は１組の固有振動モードを有す

るが、このモードは単純な曲げ型、ねじれ型または結合型であり得る。各導管が、これら固有モードの１つで共振状態で振動するよう駆動される。材料は、流量計の入口側に接続されたパイプラインから流量計内へ流入し、１つまたは複数の導管を通って流れ、流量計の出口側を通って流量計から出る。材料の充填された振動しているシステムの固有振動モードは、導管と導管内を流れる材料との組合せ質量によって部分的に規定される。

【０００３】

流量計を通る流れがない場合は、導管に沿ったすべての点は、加えられた駆動力に起因して、同一の位相でまたは訂正可能な小さい初期固定位相オフセットで振動する。材料が流れ始めると、コリオリ力によって、導管に沿った各点は異なる位相を持たされる。導管の入口側の位相はドライバより遅れ、導管の出口側の位相はドライバより進む。導管のピックオフ・センサが、導管の運動を表す正弦波信号を生成する。ピックオフ・センサから出力された信号が処理され、ピックオフ・センサ間の位相角が決定される。２つのピックオフ・センサ信号間の位相差は、導管を通る材料の質量流量に比例する。

【０００４】

計量電子回路は駆動信号を生成してドライバを作動させ、ピックオフ・センサから受け取った信号から質量流量およびその他の材料の特性を決定する。従来の計量電子回路は、駆動信号を生成してピックオフ・センサから信号を検出するよう設計されたアナログ回路からなる。アナログの計量電子回路は長年にわたって最適化され、製造コストが比較的安くなってきた。したがって、従来の計量電子回路を使用できるコリオリ型流量計を設計することが望ましい。

【０００５】

問題は、従来の計量電子回路が狭い動作周波数範囲内の信号で機能しなければならないことである。この動作周波数範囲は、通常、２０Ｈｚから２００Ｈｚである。このため、設計者は、上述の周波数で流管を共振させる駆動信号を狭い範囲で生成するよう設計が制限される。したがって、３００Ｈｚから８００Ｈｚの一層高い周波数範囲で動作する、直管の流量計などの或る種の流量計では、駆動信号を生成するために従来の計量電子回路を使用するのは非効率的である。直管は、質量流量を測定するのに使用されるコリオリ効果に対し小さい感度を示す傾向があるため、直管の流量計は、３００Ｈｚから８００Ｈｚで動作する。したがって、直管の流量計用に駆動信号を生成するためには、従来の計量電子回路を効果的に使用することができない。

【０００６】

コリオリ流量計の分野の当業者は、異なる数種の流量計で使用可能な計量電子回路を設計することを望む。これにより、製造業者は、規模の経済を利用して、流量計のためのより廉価な計量電子回路を製造することができる。直管の設計など、より高い周波数で動作する流量計によるアナログ電子部品に課される測定分解能および精度への高い要求は、ピックオフからの信号を計量電子回路によって受け取るときにディジタル化することにより回避されるため、ディジタル信号プロセッサが望ましい。さらに、ディジタル・プロセッサによって使用される信号プロセスのための命令は、材料特性を決定して駆動信号を生成するよう、いくつかの異なる周波数で動作するよう修正され得る。

【０００７】

異なる種類の流量計で使用される計量電子回路を設計する場合の１つの問題点は、流量計の始動、つまり初期設定である。二重の彎曲した管の流量計と比較すると、直管の流量計は極めて減衰される。典型的には、直管の流量計は、10^{-4}程度のゼータ値を有し、このため、直管の流量計の減衰は１桁多くなる。このため、直管の流量計には問題がある。

【０００８】

直管の流量計を始動するときの１つの特定の問題は、計量器を通って流れる材料が混入空気を含むときである。適切な駆動周波数の信頼性の高い読みを得るのが困難なため、混入空気により始動に問題が起きる。同時に、始動時にセンサに過度の駆動励振に起因する過大な応力を加えないよう保証する必要がある。したがって、殆どの現行開始操作では、機能停止が起きる。言い換えれば、所望の駆動周波数に達しない。したがって、どの種類の

流量計でも使用可能な計量電子回路を提供するため、より信頼性の高い立ち上げアルゴリズムが必要となる。

【０００９】

解決法

上述のおよびその他の問題は、本発明によるコリオリ流量計のための駆動アルゴリズムにより解決され、当該技術分野での進歩がなされる。本発明の第１の利点は、多くの種類の材料の流れにおいて多くの種類のコリオリ流量計の信頼性の高い始動が保証されることである。第２の利点は、既存のコリオリ流量計を機能停止させる流量条件を含む様々な流量条件の下で、正常な流量動作が維持されることである。

【００１０】

本発明による駆動アルゴリズムは、コリオリ流量計の動作を制御するために使用される計量電子回路によって実施される。好ましい実施の形態においては、計量電子回路は、プロセッサに関連するメモリに格納された駆動アルゴリズムのための命令を実行するプロセッサを備える。代わりに、このアルゴリズムはファームウェアその他の回路によっても実施できる。

【００１１】

本発明による駆動アルゴリズムは、コリオリ流量計の適正な始動を保証するよう以下のように実施される。アルゴリズムは所定の利得でドライバに信号を印加し、流管の振動を開始させる。流管の振動は、流管に関連付けられたピックオフ・センサから受け取るピックオフ信号によって測定される。次いで、ドライバに印加される信号の電圧が、ピックオフ・センサから受け取ったピックオフ信号の速度を維持するよう制御される。次いで、ピックオフ信号がノッチ・フィルタを流管の駆動周波数に収束するよう使用される。ノッチ・フィルタが駆動周波数に収束された後、ドライバに印加される信号の電圧が流管の変位を維持するよう制御される。

【００１２】

駆動アルゴリズムはまた、ピックオフ信号からの前記流管の振動の周波数を決定する。次いで、振動の周波数は、流管が直管であるか二重の彎曲した流管であるかを決定するため、閾値周波数と比較される。振動の周波数が閾値周波数より大きい場合には、流管は直線状の流管である。振動の周波数が閾値周波数未満の場合、流管は二重の彎曲した流管である。

【００１３】

流管の振動を開始させるようドライバに信号を印加することは、前記駆動信号を生成するときに使用する少なくとも１つの変数の設定が含む。変数は、ピックオフ振幅と、流管期間と、所望の駆動目標とを含むことができる。振動を開始するためドライバに信号を印加する期間、キック利得信号がオフに設定され、プログラム可能利得増幅器が単位利得に設定される。このとき、後続のステップに必要なタイマおよびノッチ・フィルタが初期設定される。

【００１４】

ノッチ・フィルタが駆動周波数に収束されたかどうかの決定は、タイムアウトに達したかどうかの決定と、タイムアウトに達したことに応答してのアルゴリズムの繰り返しとを含む。

【００１５】

駆動周波数が決定されると、変位を維持するよう駆動信号の電圧が制御される。変位を維持するためには、流量計パラメータを決定しなければならない。ノッチ・フィルタの収束によって決定された駆動周波数は、ノッチ・フィルタが所望の範囲内にあるかどうかを決定するためにテストされる。ノッチ・フィルタが所望の範囲内にない場合は、最初からアルゴリズムが繰り返される。その範囲のテストは、ノッチ・フィルタを最小値および最大値と比較することによって行われる。好ましい実施の形態では、最小値は３０ヘルツであり、最大値は９００ヘルツである。

【００１６】

流管の振動を開始するようドライバに信号を印加するために、信号の振幅は初期振幅に設定され、信号の初期印加時間が設定される。次いで、印加時間に等しい期間、設定された振幅で信号が印加される。次いで、アルゴリズムは、ピックオフ信号の振幅がノッチ・フィルタに対して十分であるかどうかを決定する。ピックオフ信号の振幅がノッチ・フィルタに対して十分でない場合は、振幅および印加時間が調整され、プロセスは遅延時間後に繰り返される。好ましい実施の形態では、駆動信号の振幅は、乗算型ディジタル／アナログ変換（ＤＡＣ）を２だけ増すことによって調整され、印加時間は印加時間を１０ミリ秒だけ増すことによって調整される。ピックオフ信号の振幅が或る時間量で十分にならない場合には、アルゴリズムは最初から開始されて別の繰り返しが行われる。

【００１７】

好ましい実施形態においては、５０ミリボルトに設定したピックオフ・センサから受け取るピックオフ信号の速度を維持するよう、トライバに印加される信号の電圧が制御される。

【００１８】

ノッチ・フィルタが駆動周波数に収束した後、流量計センサ・パラメータが決定される。１つのこのようなパラメータは、ドライバに印加される信号の比例利得である。第２のこのようなパラメータは、ドライバに印加される前記信号の積分利得である。

【００１９】

ノッチ・フィルタが駆動周波数に収束し、信号が変位を維持するよう制御された後、アルゴリズムは駆動ループ利得がロックされるかどうか決定するためのテストを行う。テストは、流管に関連付けられたピックオフ・センサから受け取ったピックオフ信号から駆動エラーを決定することを含む。次いで、アルゴリズムは、駆動エラーがゼロに収束したかどうかを決定する。駆動エラーが所定量の時間にゼロに収束しない場合、アルゴリズムは最初から開始する。

【００２０】

駆動ループがロックされていると決定されると、プログラム可能利得振幅が設定される。プログラム可能利得振幅が設定されると、信号処理における過渡現象を考慮するよう、所定の時間、測定が遅らされる。次いで、ピックオフ信号が、ピックオフ信号の振幅が維持されているかどうかを決定するため監視される。ピックオフ信号の振幅が維持されていない場合は、免除プロセスが実施される。免除プロセスは、振幅が適切なレベルに戻るかどうか決定するよう、所定量の時間、ピックオフ信号を監視する。

【００２１】

本発明の一つの特徴は、

流管を振動させているドライバに印加される駆動信号を生成する駆動回路を初期設定する方法であって、

前記流管の振動を開始するよう、所定の利得で前記駆動信号を前記ドライバに印加するステップと、

前記流管に関連付けられたピックオフ・センサから受け取るピックオフ信号の速度を維持するよう、前記ドライバに印加する前記駆動信号の駆動電圧を制御するステップと、

前記ピックオフ信号に基づき、ノッチ・フィルタが前記流管の駆動周波数に収束したかどうかを決定するステップと、

前記ノッチ・フィルタが前記駆動周波数に収束したとの決定に応答して、前記流管の変位を維持するよう、前記ドライバに印加する前記駆動信号の前記駆動電圧を制御するステップと、

を備える方法

を含む。

【００２２】

他の特徴は、前記ピックオフ・センサから前記ピックオフ信号を受け取るステップをさらに含む。

他の特徴は、前記ピックオフ信号に基づき、前記流管の前記駆動周波数を決定するステッ

プを含む。
【００２３】
他の特徴は、前記駆動周波数を決定する前記ステップが、
前記駆動周波数を閾値周波数と比較するステップと、
前記駆動周波数が前記閾値周波数より大きいことに応答して、前記流管が直管であると決定するステップと、
を含むことである。
【００２４】
他の特徴は、前記駆動周波数を決定する前記ステップが、前記駆動周波数が前記閾値周波数以下であることに応答して、前記流管が彎曲した流管であると決定するステップをさらに含むことである。
【００２５】
他の特徴は、前記流管の振動を開始するよう、前記駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップが、前記駆動信号を生成するのに使用する少なくとも１つの変数を設定するステップを含むことである。
【００２６】
他の特徴は、前記少なくとも１つの変数を設定する前記ステップが、ピックオフ振幅を設定するステップを含むことである。
他の特徴は、前記ピックオフ振幅が所望の電圧に設定されることである。
【００２７】
他の特徴は、前記少なくとも１つの変数を設定する前記ステップが、流管期間を設定するステップを含むことである。
他の特徴は、前記少なくとも１つの変数を設定する前記ステップが、所望の駆動目標を設定するステップを含むことである。
【００２８】
他の特徴は、前記所望の駆動目標が、目標によって分割された目標電圧に設定されることである。
他の特徴は、前記流管の振動を開始するよう前記駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップが、キック利得信号をオフに設定するステップを含むことである。
【００２９】
他の特徴は、前記流管の振動を開始するよう前記駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップが、プログラム可能利得増幅器を単位利得に設定するステップを含むことである。
【００３０】
他の特徴は、前記流管の振動を開始するよう前記駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップが、フラグを初期設定するステップを含むことである。
他の特徴は、前記流管の振動を開始するよう前記駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップが、タイマを初期設定するステップを含むことである。
【００３１】
他の特徴は、前記流管の振動を開始するよう前記駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップが、ノッチ・フィルタを初期設定するステップを含むことである。
【００３２】
他の特徴は、前記ノッチ・フィルタが収束したかどうかを決定する前記ステップが、
タイマがタイムアウトに達したかどうかを決定するステップと、
前記タイマが前記タイムアウトに達したとの決定に応答して、駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップに戻るステップと、
を含むことである。
【００３３】
他の特徴は、前記変位を維持するよう前記駆動信号の前記駆動電圧を制御する前記ステップが、前記ノッチ・フィルタが前記駆動周波数に収束したとの決定に応答して、流量計パ

ラメータを決定するステップをさらに含むことである。
【００３４】
他の特徴は、
所望の範囲内にあるノッチ・フィルタ値に前記ノッチ・フィルタが収束したかどうかを決定するステップと、
前記ノッチ・フィルタ値が前記所望の範囲外にあるとの決定に応答して、駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップに戻るステップと、
を含むことである。
【００３５】
他の特徴は、前記ノッチ・フィルタ値が前記所望の範囲内にあるかどうかを決定する前記ステップが、前記ノッチ・フィルタ値を最小値と比較するステップを含むことである。
【００３６】
他の特徴は、前記最小値が３０ヘルツであることである。
他の特徴は、前記ノッチ・フィルタ値が前記所望の範囲内にあるかどうかを決定する前記ステップが、前記ノッチ・フィルタ値を最大値と比較するステップを含むことである。
【００３７】
他の特徴は、前記最大値が９００ヘルツであることである。
他の特徴は、前記流管の振動を開始するよう前記駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップが、前記駆動信号の振幅を初期振幅に設定するステップを含むことである。
【００３８】
他の特徴は、前記流管の振動を開始するよう前記駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップが、前記駆動信号の初期印加時間を設定するステップを含むことである。
【００３９】
他の特徴は、前記流管の振動を開始するよう前記駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップが、前記印加時間の期間、前記駆動信号を前記ドライバに印加するステップを含むことである。
【００４０】
他の特徴は、前記流管の振動を開始するよう前記駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップが、前記ピックオフ信号の振幅が前記ノッチ・フィルタに対して十分かどうかを決定するステップを含むことである。
【００４１】
他の特徴は、前記流管の振動を開始するよう前記駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップが、前記ピックオフ信号の前記振幅が前記ノッチ・フィルタに対して十分でないとの決定に応答して、前記駆動信号の前記振幅を調整するステップを含むことである。
【００４２】
他の特徴は、前記駆動信号の前記振幅を調整する前記ステップが、乗算型ディジタル／アナログ変換を２だけ増すステップを含むことである。
他の特徴は、前記流管の振動を開始するよう前記駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップが、前記駆動信号の前記振幅が十分でないとの決定に応答して、前記印加時間を調整するステップを含むことである。
【００４３】
他の特徴は、前記印加時間を調整する前記ステップが、前記印加時間を１０ミリ秒だけ増すステップを含むことである。
他の特徴は、前記流管の振動を開始するよう前記駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップが、
遅延時間を待つステップと、
前記遅延時間を待つことに応答して、前記駆動信号の前記調整された振幅および前記調整された印加時間を使用して前記駆動信号を印加するステップと、
を含むことである。
【００４４】

他の特徴は、前記流管の振動を開始するよう前記駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップが、
タイマがタイムアウトに達したかどうかを決定するステップと、
前記タイマが前記タイムアウトに達したとの決定に応答して、前記駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップを繰り返すステップと、
を含むことである。

【００４５】

他の特徴は、前記速度を維持するよう前記ドライバに印加する前記駆動信号の前記駆動電圧を制御する前記ステップが、少なくとも５０ミリボルトで前記速度を維持することを含むことである。

【００４６】

他の特徴は、前記ノッチ・フィルタが前記駆動周波数に収束したとの決定に応答して、流量計センサ・パラメータを決定するステップを含むことである。
他の特徴は、前記流量計センサ・パラメータを決定する前記ステップが、前記ドライバに印加される前記駆動信号の比例利得を決定するステップを含むことである。

【００４７】

他の特徴は、前記流量計センサ・パラメータを決定する前記ステップが、前記ドライバに印加される前記駆動信号の積分利得を決定するステップを含むことである。

【００４８】

他の特徴は、前記変位を維持するよう前記ドライバに印加された前記駆動信号の前記駆動電圧を制御する前記ステップが、駆動ループ利得がロックされるかどうかを決定するテストを行うステップを含むことである。

【００４９】

他の特徴は、テストを行う前記ステップが、前記流管に関連付けられた前記ピックオフ・センサから受け取った前記ピックオフ信号から駆動エラーを決定するステップを含むことである。

【００５０】

他の特徴は、駆動ループ利得がロックされるかどうかを決定するテストを行う前記ステップが、前記駆動エラーがゼロに収束したかどうかを決定するステップをさらに含むことである。

【００５１】

他の特徴は、駆動ループ利得がロックされるかどうかを決定するテストを行う前記ステップが、
タイマがタイムアウトに達したかどうかを決定するステップと、
前記タイマが前記タイムアウトに達したことに応答して、前記駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップを繰り返すステップと、
を含むことである。

【００５２】

他の特徴は、駆動ループ利得がロックされるかどうかを決定するテストを行う前記ステップが、前記駆動ループ利得がロックされないとの決定に応答して、前記駆動信号を前記ドライバに印加する前記ステップを繰り返すステップをさらに含むことである。

【００５３】

他の特徴は、前記変位を維持するよう前記ドライバに印加された前記駆動信号の前記ドライバ電圧を制御する前記ステップが、
プログラム可能利得振幅を設定するステップと、
前記流管に関連付けられた前記ピックオフ・センサからの前記ピックオフ信号の振幅を維持するよう、前記駆動信号を生成するステップと、
前記ピックオフ信号の前記振幅が維持されるかどうかを決定するステップと、
前記ピックオフ信号の前記振幅が維持されないことに応答して、免除プロセスを実施するステップと、

を含むことである。
【００５４】
他の特徴は、変位を維持するよう前記ドライバに印加する前記駆動信号の前記駆動電圧を制御する前記ステップが、過渡現象を考慮するよう、所定量の時間、前記ピックオフ信号の測定を遅らせるステップをさらに含むことである。
【００５５】
他の特徴は、前記免除プロセスを実施する前記ステップが、
最後のデルタ時間計算値を保持するステップと、
前記ピックオフ信号の前記振幅が所与の時間に前記維持された振幅に戻るかどうかを決定するステップと、
前記ピックオフ信号の前記振幅が前記所与の時間に前記ピックオフ信号の前記維持された振幅に戻らなかったとの決定に応答して、前記ドライバ信号を前記ドライバに印加する前記ステップを繰り返すステップと、
を含むことである。
【００５６】
他の特徴は、
材料が流れる流管と、前記流管を振動させるドライバと、前記振動を測定するため前記流管に関連付けられたピックオフ・センサと、前記流管を振動させる前記ドライバに送られる駆動信号を生成し前記ピックオフ・センサからピックオフ信号を受け取る計量電子回路とを備える、前記材料のプロセス・パラメータを測定する装置であって、前記計量電子回路における回路が
ａ）前記流管の振動を開始するよう、所定の利得で前記駆動信号を前記ドライバに印加し、
ｂ）前記ピックオフ・センサから受け取った前記ピックオフ信号の速度を維持するよう、前記ドライバに印加される前記駆動信号の駆動電圧を制御し、
ｃ）前記ピックオフ信号に基づき、ノッチ・フィルタが前記流管の駆動周波数に収束したかどうかを決定し、
ｄ）前記ノッチ・フィルタが前記駆動周波数に収束したとの決定に応答して、前記流管の変位を維持するよう、前記ドライバに印加する前記駆動信号の前記駆動電圧を制御するよう構成されていることである。
【００５７】
他の特徴は、前記ピックオフ・センサから前記ピックオフ信号を受け取るよう構成された前記計量電子回路内の回路を備えることである。
更なる特徴は、前記ピックオフ信号に基づき、前記流管の前記駆動周波数を決定するよう構成された前記計量電子回路内の回路を備えることである。
【００５８】
他の特徴は、前記回路が、前記駆動周波数を閾値周波数と比較し、前記駆動周波数が前記閾値周波数より大きいことに応答して、前記流管が直管であると決定するよう構成されることである。
【００５９】
他の特徴は、前記回路が、前記駆動周波数が前記閾値周波数以下であることに応答して、前記流管が彎曲した流管であると決定するよう構成されることである。
【００６０】
他の特徴は、前記回路が、前記駆動信号を生成するために使用される少なくとも１つの変数を設定するよう構成されることである。
他の特徴は、前記回路が、ピックオフ振幅を設定するよう構成されることである。
【００６１】
他の特徴は、前記ピックオフ振幅が所望の電圧に設定されることである。
他の特徴は、前記回路が、流管期間に構成されることである。
他の特徴は、前記回路が、所望の駆動目標を設定するよう構成されることである。

【００６２】
他の特徴は、前記所望の駆動目標が目標周波数によって分割された目標電圧に設定されることである。
他の特徴は、前記回路が、キック利得信号をオフに設定するよう構成されることである。
【００６３】
他の特著は、前記回路が、プログラム可能利得増幅器を単位利得に設定するよう構成されることである。
他の特徴は、前記回路が、フラグを初期設定するよう構成されることである。
【００６４】
他の特徴は、前記回路が、タイマを初期設定するよう構成されることである。
他の特徴は、前記回路が、ノッチ・フィルタを初期設定するよう構成されることである。
【００６５】
他の特徴は、前記回路が、タイマがタイムアウトに達したかどうかを決定し、前記タイマが前記タイムアウトに達したとの決定に応答して回路に戻るよう構成されることである。
【００６６】
他の特徴は、前記回路が、前記ノッチ・フィルタが前記駆動周波数に収束したとの決定に応答して、流量計パラメータを決定するよう構成されることである。
他の特徴は、前記回路が、前記ノッチ・フィルタが所望の範囲内にあるノッチ・フィルタ値に収束したかどうかを決定し、前記ノッチ・フィルタ値が前記所望の範囲外であるとの決定に応答して、動作ａ）に戻るよう構成された前記計量電子回路内の回路をさらに含むことである。
【００６７】
他の特徴は、前記回路が、前記ノッチ・フィルタ値を最小値と比較するよう構成されることである。
他の特徴は、前記最小値が３０ヘルツであることである。
【００６８】
他の特徴は、前記回路が、前記ノッチ・フィルタ値を最大値と比較するよう構成されることである。
他の特徴は、前記最大値が９００ヘルツであることである。
【００６９】
他の特徴は、前記回路が、前記駆動信号の振幅を初期振幅に設定するよう構成されることである。
他の特徴は、前記回路が、前記駆動信号の初期印加時間を設定するよう構成されることである。
【００７０】
他の特徴は、前記回路が、前記印加時間の期間、前記駆動信号を前記ドライバに印加するよう構成されることである。
他の特徴は、前記回路が、前記ピックオフ信号の振幅が前記ノッチ・フィルタに対して十分かどうか決定するよう構成されることである。
【００７１】
他の特徴は、前記回路が、前記ピックオフ信号の前記振幅が前記ノッチ・フィルタに対して十分でないとの決定に応答して、前記駆動信号の前記振幅を調整するよう構成されることである。
【００７２】
他の特徴は、前記回路が、乗算型ディジタル／アナログ変換を２だけ増すよう構成されることである。
他の特徴は、前記回路が、前記駆動信号の前記振幅が十分でないとの決定に応答して、前記印加時間を調整するよう構成されることである。
【００７３】
他の特徴は、前記回路が、前記印加時間を１０ミリ秒だけ増すよう構成されることである

。
他の特徴は、前記回路が、遅延時間を待ち、前記遅延時間を待つことに応答して、前記駆動信号の前記調整された振幅および前記調整された印加時間を使用して前記ドライバ信号を印加するよう構成されることである。
【００７４】
他の特徴は、前記回路が、タイマがタイムアウトに達したかどうかを決定し、前記タイムアウト時間が終了したとの決定に応答して、動作ａ）を繰り返すよう構成されることである。
【００７５】
他の特徴は、前記回路が、前記速度を少なくとも５０ミリボルトに維持するよう構成されることである。
他の特徴は、前記回路が、前記ノッチ・フィルタが前記駆動周波数に収束したとの決定に応答して流量計センサ・パラメータを決定するよう構成されることである。
【００７６】
他の特徴は、前記回路が、前記ドライバに印加される前記駆動信号の比例利得を決定するよう構成されることである。
他の特徴は、前記回路が、前記ドライバに印加される前記駆動信号の積分利得を決定するよう構成されることである。
【００７７】
他の特徴は、前記回路が、駆動ループ利得がロックされるかどうかを決定するテストを行うよう構成されることである。
他の特徴は、前記回路が、前記流管に関連付けられた前記ピックオフ・センサから受け取った前記ピックオフ信号から駆動エラーを決定するよう構成されることである。
【００７８】
他の特徴は、前記回路が、前記駆動エラーがゼロに収束したかどうかを決定するよう構成されることである。
他の特徴は、前記回路が、タイマがタイムアウトに達したかどうかを決定し、前記タイマが前記タイムアウトに達したことに応答して動作ａ）を繰り返すよう構成されることである。
【００７９】
他の特徴は、前記回路が、前記駆動ループ利得がロックされないとの決定に応答して動作ａ）を繰り返すよう構成されることである。
他の特徴は、前記回路が、プログラム可能利得振幅を設定し、前記流管に関連付けられた前記ピックオフ・センサからの前記ピックオフ信号の振幅を維持するよう前記駆動信号を生成し、前記ピックオフ信号の前記振幅が維持されるかどうかを決定し、前記ピックオフ信号の前記振幅が維持されていないことに応答して免除プロセスを実施するよう構成されることである。
【００８０】
他の特徴は、前記回路が、過渡現象を考慮するよう、所定量の時間、前記ピックオフ信号の測定を遅らせるよう構成されることである。
他の特徴は、前記回路が、前記ピックオフ信号の前記振幅が、所与の時間に前記維持された振幅に戻るかどうかを決定し、前記振幅が前記所与の時間に前記ピックオフ信号の前記維持された振幅に戻らないとの決定に応答して動作ａ）を繰り返すよう構成される。
【００８１】
本発明は、以下の詳細な説明および以下の図面から理解できるであろう。
詳細な説明
ここで、本発明を、本発明の実施形態を示した添付図面を参照しながら、以下に一層詳細に記述する。本発明は、多くの様々な形での実施が可能であり、本明細書に記載した実施の形態に限定されるものではないことは、当業者ならば理解できるであろう。むしろ、これらの実施の形態を提供することで、本開示が詳細かつ完全なものとなり、本発明の範囲

を当業者に十分に伝えることとなろう。図面においては、全体を通じて、同じ番号は同じ要素を表す。

【００８２】

コリオリ流量計全般――図１

図１は、コリオリ計量器アセンブリ１０と計量電子回路２０とを備えるコリオリ流量計５を示す図である。計量電子回路２０はリード線１００を介して計量器アセンブリ１０に接続され、経路２６を介して密度、質量流量、体積流量、総質量流量の情報を供給する。コリオリ流量計の構造が記述されるが、当業者には明らかなように、材料の特性を測定するための振動導管を有する装置と結合して本発明が実施可能である。このような装置の第２の例は、コリオリ質量流量計によって提供される追加の測定機能を有しない振動管密度計である。

【００８３】

計量器アセンブリ１０は、１対のフランジ１０１および１０１’、マニホルド１０２、導管１０３Ａおよび１０３Ｂを備える。ドライバ１０４、ピックオフ・センサ１０５、ピックオフ・センサ１０５’が、導管１０３Ａおよび１０３Ｂに接続される。ブレースバー１０６および１０６’が、各導管が振動する軸WおよびW’を規定するよう働く。

【００８４】

測定されているプロセス材料を運ぶパイプライン・システム（図示せず）に流量計５が挿入されると、材料はフランジ１０１を介して計量器アセンブリ１０に入り、材料を導管１０３Ａおよび１０３Ｂに入れるよう方向付けるマニホルド１０２の中を通過し、導管１０３Ａおよび１０３Ｂの中を流れ、マニホルド１０２に戻り、ここからフランジ１０１’を介して計量器アセンブリ１０を出る。

【００８５】

導管１０３Ａおよび１０３Ｂは、実質的に同じ質量分布、慣性モーメント、および曲げ軸W～WおよびW’～W’に関する弾性係数を有するように選択され、マニホルド１０２に適切に取付けられる。導管は、実質的に平行にマニホルドから外に向かって延びる。

【００８６】

導管１０３Ａ～１０３Ｂは、それぞれの曲げ軸WおよびW’に関して、流量計のいわゆる第１の位相ずれ曲げモードで、逆方向にドライバ１０４によって駆動される。ドライバ１０４は、たとえば、導管１０３Ａに取付けられた磁石と、導管１０３Ｂに取付けられ且つ両導管を振動させるため交流が流れる対向コイルなどの、多くの周知の配置のうちの任意の１つを備える。計量電子回路２０は送信機を備えることができる。計量電子回路２０はリード線１１０を介して適切な駆動信号をドライバ１０４に印加する。

【００８７】

計量電子回路２０は、それぞれリード線１１１および１１１’に現れる左および右の速度信号を受信する。計量電子回路２０は、リード線１１０に現れ且つドライバ１０４に導管１０３Ａおよび１０３Ｂを振動させる駆動信号を生成する。計量電子回路２０は、左および右の速度信号を処理し、計量器アセンブリ１０を通って流れる材料の質量流量および密度を計算する。この情報が経路２６に印加される。

【００８８】

コリオリ流量計５が構造的に振動管密度計と酷似していることは、当業者には周知である。振動管密度計も、その中を流体が流れる振動管、または、例示した種類の密度計の場合には流体がその中に保持される振動管を利用している。振動管密度計はまた、導管を励振させるため駆動システムを用いる。密度の測定には周波数の測定しか必要でなく、位相測定が不必要であるため、振動管密度計は、典型的には、単一のフィードバック信号のみを使用する。本明細書の記述は振動管密度計にも等しく適用される。

【００８９】

直管のコリオリ流量計――図２

図２は直管のコリオリ流量計２５を開示している。コリオリ流量計２５は、コリオリ・センサ２００とその関連の計量電子回路２０とを備える。流管２０１は、２０１Ｒで指示さ

れた右端部に、２０１Ｌで指示された左端部を備える。流管２０１およびその端部は、流量計２５の全長に渡って、流管２０１の入力端２０７から流管２０１の出力端２０８まで延びる。平衡棒２２０が、その端部で、ブレースバー２２１によって流管２０１に接続される。

【００９０】

流管２０１の左端部２０１Ｌは入口フランジ２０２に固定され、右端部２０１Ｒは出口フランジ２０２’に固定される。入口フランジ２０２および出口フランジ２０２’はコリオリ・センサ２００をパイプラインに接続する。

【００９１】

周知の従来の方式で、ドライバ２０４、左のピックオフ２０５および右のピックオフ２０５’は、流管２０１および平衡棒２２０に結合される。ドライバ２０４は経路２１０を介して計量電子回路２０から信号を受信して、ドライバ２０４に、材料で満たされた流管２０１の共鳴振動数で逆相に流管２０１と平衡棒２２０を振動させる。振動流管２０１の振動は、その中の材料の流れと共に、周知の方式で流管にコリオリ偏差を含ませる。これらのコリオリ偏差はピックオフ２０５および２０５’によって検出され、これらのピックオフの出力は導線２１１および２１１’を介して計量電子回路２０に伝送される。

【００９２】

計量電子回路――図３

図３は、計量電子回路２０の構成部品を示すブロック図である。経路１１１および１１１’は、左および右の速度信号を流量計アセンブリ１０から計量電子回路２０へ伝送する。速度信号は計量電子回路２０内のアナログ／ディジタル（Ａ／Ｄ）変換器３０３、３０３’によって受信される。Ａ／Ｄ変換器３０３、３０３’は、左および右の速度信号を処理ユニット３０１によって使用可能なディジタル信号に変換し、経路３１０～３１０’を介して該ディジタル信号を送る。Ａ／Ｄ変換器３０３、３０３’は、別個の構成部品として示してあるが、日本ＡＫＭ社製のＡＫ４５１６　１６ビット・コード・チップなどの、両ピックオフ１０５、１０５’、２０５、２０５’からの信号を交互に変換する多重化を利用する一つの信号変換器であり得る。ディジタル信号は経路３１０～３１０’によって処理ユニット３０１に運ばれる。当業者なら理解するように、任意の数のピックオフや、流管の温度を決定するためのＲＴＤセンサなどの他のセンサを処理ユニット３０１に接続することができる。

【００９３】

ドライバ信号は経路３１２を介して伝送され、Ｄ／Ａ変換器３０２に印加される。Ｄ／Ａ変換器３０２はまた、経路３４０を介してピックオフ１０５、１０５’、２０５、２０５’のうちの１つから電流を受信する。駆動信号は、経路３４０を介して受信した電流を修正してアナログ駆動信号を生成する命令を含む。Ｄ／Ａ変換器３０２はアナログ・デバイス社製のＡＤ７９４３チップなどの標準的なＤ／Ａ変換器である。Ｄ／Ａ変換器３０２からのアナログ信号は経路３９１を介して増幅器３０５に印加される。増幅器３０５は適切な振幅の駆動信号を生成し、その駆動信号を経路１１０、２１０を介してドライバ１０４、２０４に印加する。増幅器３０５は電流増幅器または電圧増幅器であり得る。Ｄ／Ａ変換器３０２によって生成される信号は増幅器３０５の種類に依存する。経路２６は、計量電子回路２０がオペレータとの間でデータを送受することができるようにする出入力手段（図示せず）に信号を運ぶ。

【００９４】

処理ユニット３０１は、メモリから命令を読取り、流量計の様々な機能を実施する命令を実行するマイクロ・プロセッサ、プロセッサまたはプロセッサ群である。好ましい実施の形態においては、処理ユニット３０１はアナログ・デバイス社製のＡＤＳＰ－２１８５Ｌマイクロプロセッサである。実施される機能の中には、経路３２１を介して読み出し専用記憶装置（ＲＯＭ）３２０からの、材料の質量流量の計算、材料の体積流量の計算および材料の密度の計算が含まれるが、これらに限定されるものではない。様々な機能を実施するためのデータおよび命令はランダム・アクセス記憶装置（ＲＡＭ）３３０に格納される

。処理ユニット３０１は、経路３３１を介して、ＲＡＭメモリ３３０において読み書き操作を実施する。
図４は、本発明に従ってコリオリ流量計２５を動作させるために処理ユニットによって実施される初期設定アルゴリズム４００を示す流れ図である。初期設定アルゴリズム４００は、流量計や測定する材料の種類に無関係に機能停止せずに流量計２５を始動することを保証する。プロセス４００はステップ４０１から開始する。ステップ４０１で、処理ユニット３０１はドライバ１０４に印加される信号を生成し、流管２０１の振動を開始する。
【００９５】
流管２０１が振動している後、処理ユニット３０１は、ステップ４０２において、ピックオフ・センサ２０５、２０５’からのピックオフ信号をして特定の速度を維持させる信号を生成し、ドライバ２０４に印加する。周波数を推定する必要なしに、ピックオフ信号の振幅をボルトまたはミリボルトのレベルに制御することが望ましい。ピックオフ信号をボルトまたはミリボルトのレベルに制御することは速度制御と呼ばれる。ボルトでのピックオフ振幅は、流管２０１の速度に比例し、この速度信号は、ピックオフ・センサ２０５、２０５’から来る。これは、流量計２５が動作を開始するとき、推定すべきノッチ・フィルタに対する適切な周波数または信号がないためである。直管の流量計２５の場合、流管２０１の速度は平衡棒２２１に関するものである。しかし、速度型制御が実施できるよう、この速度信号の振幅を制御することが望ましい。流量計２５が動作状態になると、適切なノッチ出力が存在し、したがって、殆どの流量計の駆動回路によく見られるように、ノッチ・フィルタが駆動周波数にロックし、変位型または位置型制御に切り換えるための適切な信号対雑音比が存在する。
【００９６】
次いで、受信されたピックオフ信号は、ステップ４０３において、駆動周波数が決定されるときに収束されるノッチ・フィルタに印加される。次いで、ステップ４０４で、処理ユニット３０１は、ピックオフ２０５、２０５’からのピックオフ信号を或る振幅に維持する駆動信号を生成し、これをドライバ２０４に印加する。これは、変位型または位置型制御と呼ばれ、ピックオフ振幅と管周期との積である。
【００９７】
図５は、処理ユニット３０１を始めにセット・アップして初期駆動信号を生成し印加するためのプロセス５００を示す図である。プロセス５００はステップ５０１から開始し、信号の生成に先だって変数をロードする。図６に示すプロセス６００は、これらの変数をロードするためのプロセスである。プロセス６００は、ステップ６０１で、ピックオフ振幅を設定することによって開始される。この振幅は、コリオリ・センサからのピックオフ信号の振幅である。ピックオフ信号の振幅は、駆動アルゴリズムの期間に二、三の方式で使用される。ピックオフ振幅が使用される一例は、流管の変位の決定である。第１の可変のピックオフ振幅がロードされてミリボルトに変換される。これはピックオフ信号の実際の振幅である。
【００９８】
ステップ６０２において管周期が決定される。この管周期は、流量計５、２５の動作周波数の逆数という、動作周波数の推定値である。管周期は、駆動制御を達成するためにピックオフ振幅に関連して必要となる。ステップ６０３において、プロセス６００は、所望の目標設定を初期設定することによって終了する。目標設定は駆動アルゴリズムのための設定点であり、ミリボルト／ヘルツの単位で与えられる変位目標と呼ばれることがある。
【００９９】
再び図５を参照すると、プロセス５００はステップ５０２に続く。処理ユニット３０１はキック・ハイ利得（kick high gain）をオフに設定する。ステップ５０３で、プログラム可能利得増幅器が単位利得に設定される。プログラム可能利得増幅器はＡ／Ｄ変換器３０３、３０３’の入力部にある。
【０１００】
ステップ５０４において、動作に必要なフラグが初期設定される。フラグは、プログラム

可能利得振幅（ＰＧＡ）変復調と、ノッチ変換設定と、管周波数変換とを含む。これらの３つの変数は、好ましい実施の形態では偽に設定される。いくつかの後続のステップはタイムアウトを必要とするため、ステップ５０５で、後の使用のためにタイマも初期設定される。

【０１０１】

ステップ５０６においてノッチ・フィルタも初期設定される。ノッチ・フィルタは適応性ライン推定器と呼ばれることもある。ユニットに電源を入れたとき、最初はノッチ・フィルタはホールド・モードに置かれる。好ましい実施の形態では、ノッチ・フィルタは５００ヘルツに初期設定される。５００ヘルツを使用するのは、ピックオフ・センサ１０５、１０５’、２０５、２０５’からのピックオフ信号上に十分な信号対雑音比がないと、ノッチ・フィルタはロック・オンすべき信号を持たないためである。ステップ５０７で、ホールド・フラグが真に設定される。ホールド・フラグは、ΔＴ計算プロセスにその最後の既知の値をホールドするよう命令する。この値をホールドする理由は、システムの始動期間には、流量計が立ち上がらないで適切に始動しないときに顧客に対して質量流量情報を最終的に作成する値がΔＴ値を送る際に殆どないためである。好ましい実施の形態では、ΔＴは、電源オン時にはゼロ・ナノ秒であるまたは最後の既知の値とは無関係の値である初期値にホールドされる。たとえば、典型的には、ホールドされる値は、約１０秒経ったもの、言い換えれば、１０秒前に得られた値である。ドライバ１０４、２０４が信号にロック・オンし、後述する安定した出力を有すると確信できるように条件が満たされたときにのみ、この場合にはΔＴと周波数であるプロセス変量が密度にはどれを使用するかを推定し、次いで、ドライバは解放され、計量電子回路２０によって実施される他のアプリケーションに渡されることができる。プロセス５００は、ステップ５０７の後に終了する。

【０１０２】

図７は、駆動信号を印加して流管の振動を開始するプロセスであるプロセス７００を示す図である。これは、キック・プロセス（kick process）と呼ばれる。プロセス７００は閉ループ・フィードバック・システムの増幅を含む。ハードウェア利得は最大値に設定され、ピックオフ・センサ１０５、１０５’、２０５、２０５’は、ピックオフ・センサ１０５、１０５’、２０５、２０５’で使用可能な雑音または信号であれば何でも使用して、再生的に始動することを許容される。ピックオフ・センサ１０５、１０５’、２０５、２０５’からの雑音または信号は大きく増幅されてフィードバックされ、ドライバ１０４、２０４に印加される。このキック・プロセスは漸進性エネルギ・アルゴリズムである。キック・プロセス７００は、エネルギが加えられる幅または時間を線形に増し且つ振幅を増すことによって、管に加えられるエネルギの量を徐々に増加させる。

【０１０３】

プロセス７００はステップ７０１で開始し、処理ユニット３０１はプロセス７００を完了するのに必要な任意のフラグを初期設定する。次いで、ステップ７０２においてタイマが初期設定される。初期設定されたタイマは、この後、印加時間および停止時間を測定するために使用される。次いで、印加されるべき信号の振幅がステップ７０３で初期設定され、初期印加時間がステップ７０４で設定される。

【０１０４】

次いで、信号が、十分な振幅のピックオフ信号が得られるまで数回の反復を経て、以下に記述する方法で印加される。

ステップ７０５において、処理ユニット３０１はタイムアウトに達したかどうかを決定する。好ましい実施の形態では、タイムアウト時間は１５秒である。プロセス７００が十分なピックオフ信号を達成しない場合には、プロセス７００はプロセス４００のステップ４０１に戻り、始動アルゴリズムを繰り返す。タイムアウトに達しない場合は、ステップ７０６において、印加時間の量の期間、駆動信号がドライバ１０４、２０４に印加される。次いで、ステップ７０７でピックオフ信号が調べられ、信号の振幅がノッチ・フィルタに印加するのに十分であるかどうかが決定される。このとき、ピックオフ信号は、駆動周波数の推定値に収束するようノッチ・フィルタに対し適切な信号対雑音比を有していなけれ

ばならない。好ましい実施の形態では、振幅は５０ミリボルトである。ピックオフ信号の振幅が十分である場合は、プロセス７００は終了する。

【０１０５】

そうでない場合は、プロセス７００はステップ７０８へと続き、ここで、ドライバ１０４、２０４に印加されるピックオフ信号の振幅が調整される。好ましい実施の形態においては、乗算型ディジタル／アナログ変換（ＤＡＣ）を２だけ増すことによって振幅が調整される。ステップ７０９においては印加時間が調整される。好ましい実施の形態では、印加時間に１０ミリ秒が加算される。次いで、処理ユニット３０１はステップ７１０で遅延時間だけ待ち、プロセス７００はステップ７０５から繰り返される。

【０１０６】

以下、好ましい実施の形態においてプロセス７００がどのように動作するかを示す。プロセス７００を通る第１のパス（pass）により、キック・プロセス７００のオン・タイムは１０ミリ秒の持続期間を有し、オフ・タイムは１００ミリ秒の持続時間を有するようになる。オフ・タイムの持続時間は１００ミリ秒に固定される。ステップ７０５から７１０を通る後続のパス毎に、１０ミリ秒の増分でオン・タイムの幅が徐々に増加する。したがって、このルーチンの第２の呼び出しは２０ミリ秒のキック・オン・タイムを生じることなる。第３の呼び出しは３０ミリ秒のキック・オン・タイムとなる。以下同様。これらのオン・タイムの期間に、ドライバ１０４、２０４に印加された信号の利得の振幅は、２の乗算型ＤＡＣ値で開始し、この値を２つずつ線形に増すことで調整される。

【０１０７】

ピックオフ信号の振幅が５０ミリボルトに達した後、処理ユニット３０１は、ピックオフ信号の振幅を維持するよう、ドライバ１０４、２０４に印加される電圧を制御し、図４に示すプロセス４００のステップ４０３でノッチ・フィルタ収束が実施される。或る時間内、たとえば１５秒内でノッチ収束が達成されない場合には、プロセス４００がステップ４０１から繰り返される。

【０１０８】

プロセス８００は、ノッチ・フィルタが駆動周波数に収束するかどうかを決定するためのプロセスである。プロセス８００は、タイムアウト期間が経過したかどうかを決定することによって開始する。この期間が経過した場合には、ステップ８１０で処理ユニット３０１はプロセス４００のステップ４０１に戻り、流量計５、２５を再始動する。

【０１０９】

タイムアウト期間が経過していない場合には、ステップ８０２でノッチ・フィルタは収束について検査される。ノッチ収束の基準は、周波数推定値ベクトルの分散が所定の閾値、たとえば０．３１６平方ヘルツ未満になる場合の、周波数推定値のベクトルの分散計算に基づく。いったんノッチ・フィルタが最終値に収束すると、ノッチ・フィルタまたは駆動周波数は、その後の状態において変位を制御するときに駆動ループで使用するに足るほど安定であると見なされる。ノッチ・フィルタが収束しない場合は、プロセス８００が繰り返される。

【０１１０】

ノッチ・フィルタが管周波数の収束推定値を得た後、プロセス８００はステップ８０３でプロセス９００を実施する。プロセス９００において、ループ駆動制御のための流量計５、２５のパラメータが得られる。具体的には、ステップ９０１で比例利得値が決定され、ステップ９０２で積分利得が決定される。比例利得値および積分利得値は、周波数推定値によって決定されるテーブルから読み出される。

【０１１１】

代わりに、流量計パラメータが以下のようにして決定される。ノッチ・フィルタ周波数が検査され、取り付けられる流量計の種類が決定される。その周波数が３５０ヘルツなどの所定の周波数を越える場合には、取付けられる流量計２５は直管であると決定され、これらの利得パラメータがロードされる。周波数が３５０ヘルツ未満である場合には、流量計５は彎曲管であると決定され、適切な利得パラメータがその種類の流量計にロードされる

。ステップ８０３の後、プロセス８００は終了する。
【０１１２】
プロセス８００が終了し、ノッチ・フィルタが収束すると、処理ユニット３０１は、プロセス４００のステップ４０４において、従来の位置または変位方法によって駆動信号を制御する。その後の制御は、目標としてミリボルト／ヘルツを使用しての管の位置に基づく。直管の流量計２５の場合、好ましい実施の形態では、目標は０．５ミリボルト／ヘルツに設定される。
【０１１３】
次いで、計量電子回路２０がプロセス１０００でループ・ロック・テストを実施する。プロセス１０００はステップ１００１から開始し、タイムアウト期間が終了したかどうかを決定する。この期間が終了すると、処理ユニット３０１はプロセス４００のステップ４０１に戻る。タイムアウト期間が終了していない場合には、ステップ１００２でループ安定性のテストが実施される。ループ安定性のテストまたはループ収束テストは、ノッチ周波数推定値収束に使用したのと同様の方法で決定される。ループ安定性に対しては、ステップ１００２で決定される駆動エラー信号について収束テストがステップ１００３で実施される。駆動エラーは、所望の目標値と実際に得られた値との差である。直管の流量計２５の場合には、その差は０．５ミリボルト／ヘルツである。好ましい実施の形態においては、エラーのベクトルの分散は、０．０１平方ミリボルト／平方ヘルツ以内であるようにテストされる。この基準が満たされ、エラーの絶対値が目標設定点の５０％以内である場合には、ループが収束され且つロックされていると宣言され、この条件を指示するようステップ１００４で適切な変数が設定されて、プロセス１０００が終了する。駆動エラーについての収束テストは、実際上は、駆動ループから来るエラー信号についてのエネルギ計算である。このエラーの平均値または期待値が設計上はゼロでなければならないからである。
【０１１４】
プロセス１０００が実施され、駆動ループが安定していると分かった後、流量計の通常の動作を維持するよう、プロセス１１００が実施される。ステップ１１０１において、プログラム可能利得振幅が設定される。ステップ１１０１は、Ａ／Ｄ変換器３０３、３０３’での入力信号対雑音比の最適化である。いったんプログラム可能利得増幅器が設定されると、ステップ１１０２で遅延が実施される。この遅延は、利得の変更の結果として入力データ・ストリーム上で起きる可能性のある過渡現象を考慮している。好ましい実施の形態では、遅延時間は０．５秒に設定される。いったん遅延が終了すると、変位型または位置型制御に従って、ステップ１１０３で信号が生成され、すべてのプロセス変数の正常な更新が許容される。具体的には、ΔＴは、質量流量を顧客に提供することを可能にするために更新が許容される。
【０１１５】
ステップ１１０４において、処理ユニット３０１はピックオフ信号の振幅を監視する。振幅が所望のレベルにない場合には、ステップ１１０５で免除プロセス（forgive process）が実施される。これにより、チェック中の管の変位は、直管の場合は所定の０．５ミリボルト／ヘルツに、二重の彎曲した管の場合は３．４ミリボルト／ヘルツに保持される。この状態の期間には、ピックオフ信号の振幅が、十分な信号レベルに対して監視される。左のピックオフ１０５、２０５での信号レベルが２０ミリボルトを超えた状態を維持している限り、プロセス１１００はステップ１１０３および１１０４を繰り返す。振幅が閾値たとえば２０ミリボルト未満の場合には、ステップ１１０５で免除プロセスが実施される。
【０１１６】
図１２は、免除プロセス１２００を示す図である。プロセス１２００はステップ１２０１から開始する。ステップ１２０１において、すべてのアプリケーションで使用されるべきデルタ時間の最後の信頼できる値を示すよう、ホールド・フラグが設定される。ステップ１２０２では、ピックオフ信号の振幅が所定の時間量において所望のレベルに戻るかどう

かが決定される。ピックオフ信号が所望の振幅に戻る場合には、プロセス１２００はプロセス１１００のステップ１１０３に戻る。そうでない場合は、プロセス１２００はプロセス４００のステップ４０１に戻り、流量計を再始動させる。

【０１１７】

図１３は、本発明によるアルゴリズムの好ましい実施の形態を提供するよう計量電子回路２０によって実施される状態機械を示している。駆動アルゴリズム１３００が状態機械によって具体化され、ソフトウェアで実現される。この状態機械の１次機能は駆動更新（Updatedrive）と呼ばれる。この機能は、コロラド州ボールダのマイクロ・モーション社製のアルタス計量電子回路２０などの計量電子回路２０のフォアグラウンドで呼び出される。アルタス計量電子回路２０は７５０呼／秒で動作する。これは、駆動アルゴリズム１３００が設計されたレートである。

【０１１８】

駆動アルゴリズム１３００は状態１３０１で開始し、ここで、状態機械で開始する部分の前に若干の変数がロードされる。第１は左のピックオフ振幅である。左のピックオフ信号の振幅は、駆動アルゴリズム１３００の期間に幾つかの方法で使用される。たとえば、左のピックオフ振幅は管の変位を決定するために使用される。左のピックオフ振幅はロードされてミリボルトに変換される。左のピックオフ振幅は、ピックオフ信号の実際の振幅である。

【０１１９】

管周期もロードされる。管周期値はセンサの動作周波数の逆数という推定値である。管周期は駆動制御を得るためピックオフ振幅に関連して使用される。

所望の目標も設定される。所望の目標は駆動アルゴリズムのための設定点である。所望の目標はミリボルト／ヘルツの単位で与えられる。

【０１２０】

次いで、左のピックオフ振幅がフィルタ処理される。左のピックオフの振幅は雑音を含むことが多いため、左のピックオフ振幅を平滑にするのに使用される単極再帰フィルタが存在する。

【０１２１】

これらの変数が初期設定されると、状態１３０１で、駆動更新ルーチンが呼び出される。今回が状態機械を呼び出す最初の回であり、特に計量電子回路２０の電源を入れた時であるならば、状態１３０１は主に初期設定状態である。また、状態１３０１は、ドライバ１０４、２０４が駆動信号によって始めて励振された場合、初期設定状態である。初期設定は、キック・ハイ利得をキック信号オフにしてプログラム可能利得増幅器を設定することによって開始するが、これは単位利得を得るためのＡ／Ｄ変換器の入力部での入力である。

【０１２２】

フラグ信号も状態１３０１で初期設定される。フラグは、ＰＧＡ変復調、ノッチ変換設定および管周波数変換を含む。これらの３つの変数はすべて偽に設定される。状態のうちの幾つかがタイムアウトを必要とするので、タイマーもまた、この初期設定されたタイマーを必要とする状態によるでその後の使用のため、状態１３０１で初期設定される。ノッチ・フィルタも５００ヘルツに初期設定される。５００ヘルツが使用されるのは、左のピックオフの入力部に適切な信号対雑音比がない場合、ノッチ・フィルタはロック・オンする信号を持たないことになってドリフトする可能性があるためである。ノッチ・フィルタは、典型的には、ＤＣに向かってドリフト・ダウンするので、駆動に導入される十分なエネルギが存在すると、ノッチ・フィルタが左のピックオフから適切な信号を捉えることは困難になる。ノッチ・フィルタは、或る最小値とそれより大きい正の値との間の妥当な値に対して検査される。典型的には最小値は３０ヘルツであり、最大値は９００ヘルツである。ノッチ・フィルタは、これらの値の間にあれば、現在の値を保持する。他方、ノッチ・フィルタがこの範囲の外にあれば、ノッチ・フィルタは５００ヘルツに再設定される。正常な状態下の駆動アルゴリズム１３００の期間には、実際の周波数と所望の目標周波数と

の間の差である駆動エラー信号が生成される。収束テストが実施され、後に実施すべき駆動エラー信号テストの初期設定が状態１３０１で行われる。同様に、収束テストが適応性ライン推定器出力について実施される。

【０１２３】

PV_Holdと呼ばれるフラグが状態１３０１で真に設定される。フラグPV_Holdは、ΔＴ計算プロセスに対して最後の既知の値をホールドするよう命令する。この理由は、システムの始動期間においては、センサが適切に始動していないときに最終的に顧客に対して質量流量情報を生成するΔＴ値を送る際に殆ど値がないためである。スラグ流れ状態および始動期間に、ΔＴはゼロ・ナノ秒または最後の既知の良好な値である初期設定値にホールドされる。最後の既知の良好な値は約１０秒古いものであり、１０秒前に得られた値である。いったんドライバ１０４、２０４が信号にロック・オンされ、システムがロックされると、プロセス変数（この場合はΔＴ）および周波数推定値がリリースされて、他のアプリケーションに渡されるようになる。

【０１２４】

最後に、１／７５０秒の遅延が状態１３０２によって提供される。この遅延により、その後の状態において流管が振動し始めるにつれて、Ａ／Ｄバッファのための時間が既知の良好なデータで満たされる。良好なデータでバッファを満たすことにより、状態１３０１に戻るための最小閾値状態が破損データまたは古いデータの故に起きることがないことが保証される。この遅延により、状態１３０３に入る前に、データ・ストリーム内の過渡状態を通過することができる。

【０１２５】

状態１３０２での遅延後、状態１３０３に入る。状態１３０３は、状態１３０４に記述するキック・アルゴリズムのための初期設定機能である。状態１３０３はまた、タイマを初期設定して、状態１３０４が所定時間後にタイムアウトすることを保証する。この時間は１５秒に設定される。

【０１２６】

状態１３０４において流管の振動が開始する。これはキック・プロセス（kick process）として知られる。キック・プロセスは基本的には閉ループ・フィードバック・システムの増幅を含む。ハードウェア利得が最大値に設定され、流量計５、２５は、ピックオフ流量計５、２５で利用可能な雑音または信号を使用して再生的に始動できるようになり、ボード上で大きく増幅されてフィードバックされ、次いで駆動コイルに送られる。状態１３０４のキック・アルゴリズムは漸進性エネルギ・アルゴリズムと呼ばれる。キック・アルゴリズムは、エネルギが加えられる幅または時間を線形に増すとともに振幅を増すことにより、管に加えられるエネルギ量を徐々に増加させる。

【０１２７】

このキック・アルゴリズムすなわち漸進性アルゴリズムは５つの状態を有する。アルゴリズムを通る第１のパスにより、キックのオンタイムは１０ミリ秒の持続期間を有するようになり、オフタイムは１００ミリ秒の持続期間を有するようになる。オフタイムの持続期間は１００ミリ秒に固定される。その後のキック・アルゴリズムへの呼び出し毎に、１０ミリ秒の増分でオンタイム間隔の幅が徐々に増す。したがって、キック・アルゴリズムへの第２の呼び出しにより、キック・オンタイムは２０ミリ秒となる。第３の呼び出しは、３０ミリ秒のキック・オンタイムとなる。オンタイム間隔の期間に、利得の振幅の調整は２の乗算型ＤＡＣで開始し、この値を２つずつ線形に増すことで行われる。

【０１２８】

漸進的デューティ・サイクル励振の目的は、構造に過度の応力を加えることなく管を安全に始動することである。５０ミリボルトのピックオフ信号が達成されると、状態１３０５に入る。状態１３０５はセンサ・キックオフ・アルゴリズムである。状態１３０５においては、ピックオフ信号の振幅はノッチ・フィルタに対して十分となり、ノッチ・ホールド変数が偽に設定される。ノッチ・ホールド変数を偽に設定することにより、適応性ノッチ・フィルタは管周波数の推定を試みることができることになる。

【０１２９】
代わりに、状態１３０４は、１５秒のタイムアウトが起きた後に状態１３０５に進む。十分な振幅がなくてノッチ・ホールド変数が真に設定されたままである場合、ノッチ・フィルタは駆動周波数にロック・オンしようと試みる。ノッチ・ホールド変数が真の場合は、状態機械が状態１３０５から開始状態１３０１に戻ることが保証され、アルゴリズム１３００が繰り返される。このプロセスは、ピックオフ信号に少なくとも５０ミリボルトの十分な振幅が存在するまで継続される。
【０１３０】
状態１３０５はキックオフ・アルゴリズムを完了し、ノッチ・レディ（notch ready）状態１３０６に対するタイムアウト・タイマを初期設定する。状態１３０６では、管を制御するための最初の試みがなされ、機能「ＰＩ駆動」への呼び出しがなされる。ＰＩ駆動は、センサ駆動周波数すなわちノッチ推定値に依存しない速度制御である。状態１３０６におけるその後の呼び出しが、５０ミリボルトのピックオフ信号を維持しようと試み、ノッチ・フィルタは出力収束に対して検査される。ノッチ収束が１５秒以内に達成されない場合には、状態１３０６は開始状態１３０１に戻り、駆動アルゴリズム１３００を繰り返す。ノッチ収束の基準は、周波数推定値ベクトルの変数が０．３１６平方ヘルツの所定閾値より小さくなったときの周波数推定値のベクトルの分散計算に基づく。ノッチが最終値に収束したことを状態１３０６が決定すると、駆動周波数は、その後の状態において変位を制御するときに駆動ループで使用するに足るほど安定しているとみなされる。
【０１３１】
ノッチ・フィルタが最終値に収束し、ノッチ推定器が管周波数の収束した推定値を達成すると、状態１３０７に入る。状態１３０７では、ループ駆動制御に対するセンサ境界線が得られる。具体的には、比例および積分利得値が、周波数推定値から決定されたテーブルから読み出される。周波数が３５０ヘルツを越えると、状態１３０７は、取付けられた流量計が直管であると決定して、直管の利得パラメータがロードされる。周波数推定値が３５０ヘルツ未満である場合には、状態１３０７は、流量計が彎曲した管であると決定し、曲管センサに対する適切な利得パラメータがロードされる。
【０１３２】
状態１３０７はまた、目標の種類を速度から位置または変位に変える。したがって、駆動信号のその後の制御は、目標としてミリボルト／ヘルツを使用する、管の位置に基づく。直管センサの場合、目標は０．５ミリボルト／ヘルツに設定される。
【０１３３】
状態機械はループ・ロック・テスト（loop lock test）という名の状態１３０８に進む。状態１３０８では、比例積分駆動制御機能への呼び出しがなされる。比例積分駆動制御は変位または位置制御に基づく。予めロードされている駆動ループ利得パラメータが比例積分駆動制御機能において使用される。
【０１３４】
このとき、状態１３０８がループ安定性のテストを実施する。状態１３０８で実施されるループ安定性またはループ収束のテストは、ノッチ周波数推定値収束で使用したのと同様の方法で決定される。ループ安定性に対して対しては、収束テストが駆動エラー信号について実施される。駆動エラー信号は所望の目標と実際の周波数との間の差である。直管の場合、所望の目標は０．５ミリボルト／ヘルツである。直管に対しては、エラーのベクトルの分散は、０．０１平方ミリボルト／平方ヘルツ以内であることをテストされる。この分散が満たされ、エラーの絶対値が目標設定点の５０％以内であるならば、ループは収束されたと宣言される。ループが安定していることを示すため、適切な変数が状態１３０８で設定される。このエラーの平均値または予想値が設計上はゼロでなければならないので、収束テストは、実際には、ＰＩ駆動ループから出るエラー信号についてのエネルギ計算である。
【０１３５】
状態１３０８も１５秒のタイムアウト期間を有する。タイムアウトが完了すると、駆動ア

ルゴリズム１３００は、ループが安定なロックを達成したかどうかに拘わらず、状態１３０９に進む。状態１３０９は遅延１（delay1）状態である。状態１３０８は実際は冗長であり、アルゴリズム１３００では重要な役割を果たさない。状態１３０９はこの実施の形態では遺産である。

【０１３６】

アルゴリズム１３００は状態１３１０に進む。状態１３１０は、Ａ／Ｄ変換器３０３、３０３’について入力信号対雑音比の最適化が実施されるプログラム可能利得振幅（ＰＧＡ）に設定される。プログラム可能利得増幅器設定がなされると、アルゴリズム１３００は状態１３１１に進む。状態１３１１は、利得の変化の結果としてピックオフ信号からの入力データ・ストリーム上に起きる可能性のある過渡現象を考慮に入れた遅延状態である。状態１３１１で遅延時間が設定される。この０．５秒の遅延時間が経過すると、アルゴリズムはPI_DRIVE状態１３１２に進む。

【０１３７】

アルゴリズム１３００は状態１３１２に通常の動作の大部分を費やす。状態１３１２は全フラグを設定して、全プロセス変数が正常に更新されるようにする。具体的には、質量流量を他のアプリケーションを通して顧客に提供できるように、ΔＴが更新される。この時まで、他のアプリケーションはΔＴを最後の既知の良好な値にホールドする。さらに、ＰＩ駆動制御機能が状態１３１２において実行される。ＰＩ駆動制御の機能は、検査される管の変位を所定の閾値に連続して保つことである。直管の流量計の場合、閾値は０．５ミリボルト／ヘルツである。二重の彎曲した構成の場合には閾値は３．４ミリボルト／ヘルツである。

【０１３８】

状態１３１２の期間、ピックオフ信号の振幅が十分な信号レベルに対して監視される。左のピックオフでの信号レベルが例えば２０ミリボルトの閾値を越えたままである間は、状態１３１２は正常動作を続ける。振幅が閾値未満になると、アルゴリズム１３００は免除（forgive）という名の状態１３１３に進む。

【０１３９】

状態１３１３は５秒のタイムアウトを有する。したがって、センサ振幅のリカバリはこの５秒間の間に起きなければならず、さもなければアルゴリズム１３００は１３０１に戻って繰り返される。免除の状態１３１３の期間、プロセス変数フラグはホールドに設定される。これにより、最後の既知の良好な値にタイムアウト期間に特にホールドされるべきΔＴの更新が阻止される。ピックオフ信号の振幅が所望の閾値よりも大きく増加する場合、アルゴリズム１３００は状態１３１２に戻り、正常動作の一部として制御を続行する。プロセス変数フラグは再び偽に設定され、ΔＴ更新が生じるようにする。アルゴリズム１３００が状態１３１３である間は、ノッチ推定値の質が下がる可能性がある。したがって、ノッチ・フィルタは、不適切な値にドリフト・ダウンすることができないようにホールドされる。

【０１４０】

以上は、コリオリ流量計のための駆動アルゴリズムについての記述である。当業者は、特許請求の範囲に文言どおりまたは均等論によって記載されたとされる本発明を侵害する代替の駆動アルゴリズムを設計することができよう。

【図面の簡単な説明】

【図１】　本発明にしたがってパラメータ初期設定のためのプロセスを実施する計量電子回路を備える二重ループ型コリオリ流量計を示す図である。

【図２】　本発明にしたがってパラメータ初期設定のためのプロセスを実施する計量電子回路を備える直管型コリオリ流量計を示す図である。

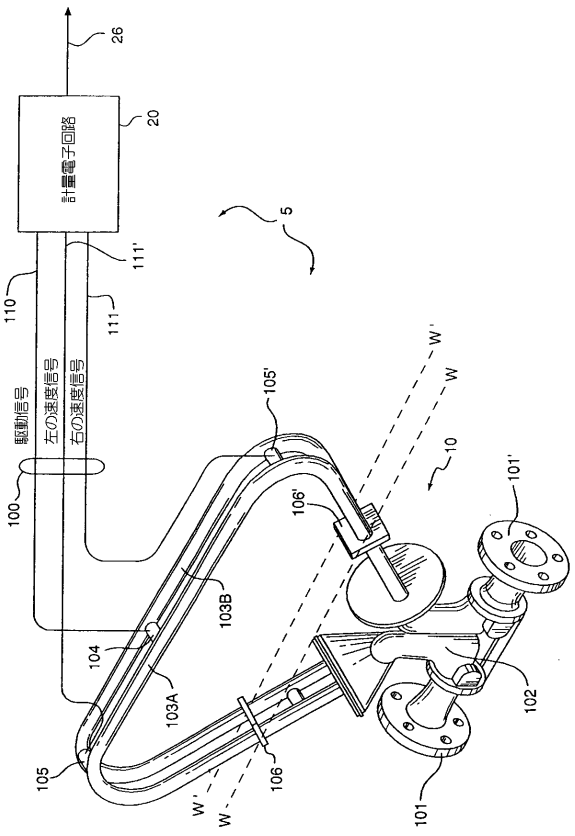
【図３】　本発明による計量電子回路を示すブロック図である。

【図４】　本発明による計量電子回路によって実施される動作の流れ図である。

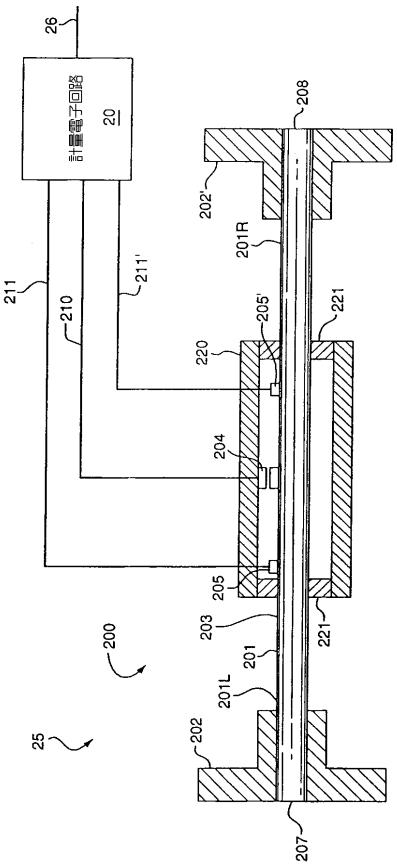
【図５】　本発明にしたがって駆動回路システムを初期設定するためのプロセスの流れ図である。

【図６】　本発明にしたがって初期設定プロセスにおけるパラメータを設定するための流れ図である。
【図７】　本発明にしたがってピックオフ信号の速度を制御するための流れ図である。
【図８】　本発明にしたがってノッチ・フィルタの駆動周波数への収束をテストするためのプロセスの流れ図である。
【図９】　本発明にしたがって流量パラメータを得るためのプロセスの流れ図である。
【図１０】　本発明にしたがって駆動ループがロックされるか否かを決定するためのテストの流れ図である。
【図１１】　本発明にしたがって駆動ループのロックに応答してピックオフ信号の振幅を制御するためのプロセスの流れ図である。
【図１２】　本発明による免除プロセスの流れ図である。
【図１３】　本発明による好ましい実施の形態の状態図である。

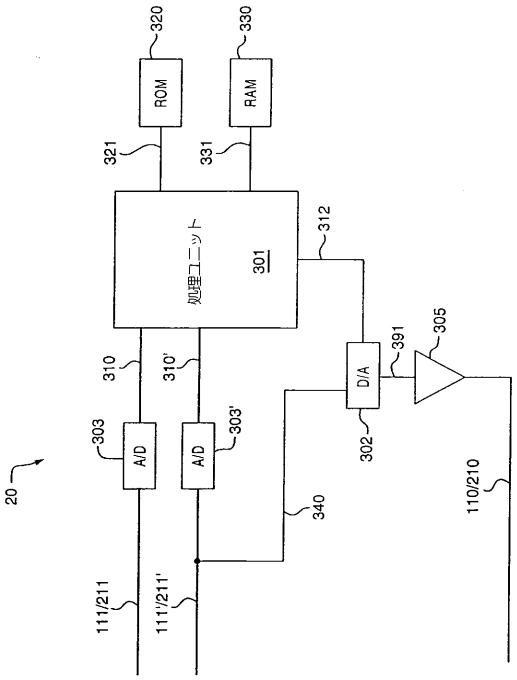
【図１】



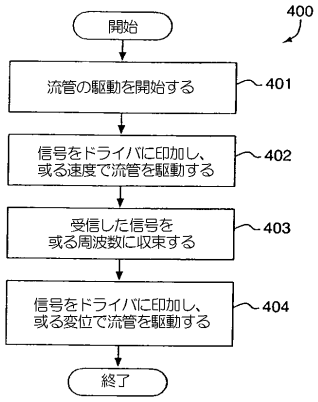
【図２】



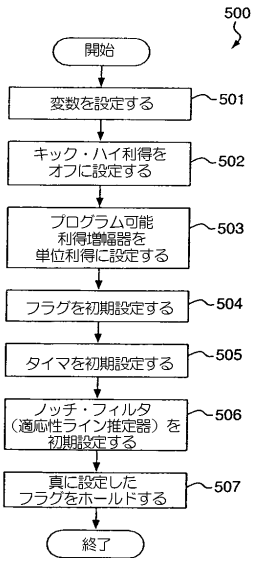
【図３】


320
330
ROM
RAM
321
331
処理ユニット
301
312
310
310'
391
305
D/A
303
303'
A/D
A/D
302
20
340
110/210
111/211
111'/211'

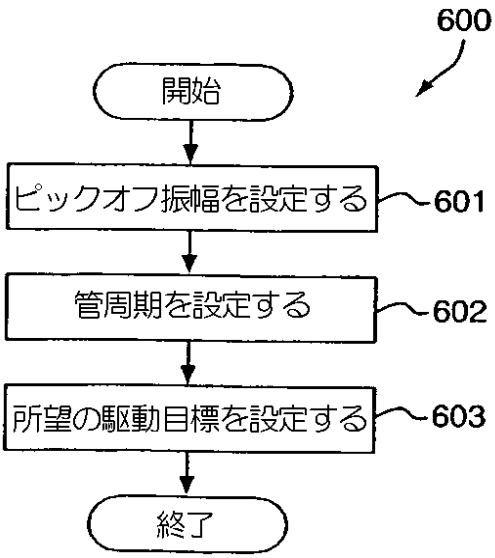
【図４】


400
開始
流管の駆動を開始する
401
信号をドライバに印加し、
或る速度で流管を駆動する
402
受信した信号を
或る周波数に収束する
403
信号をドライバに印加し、
或る変位で流管を駆動する
404
終了

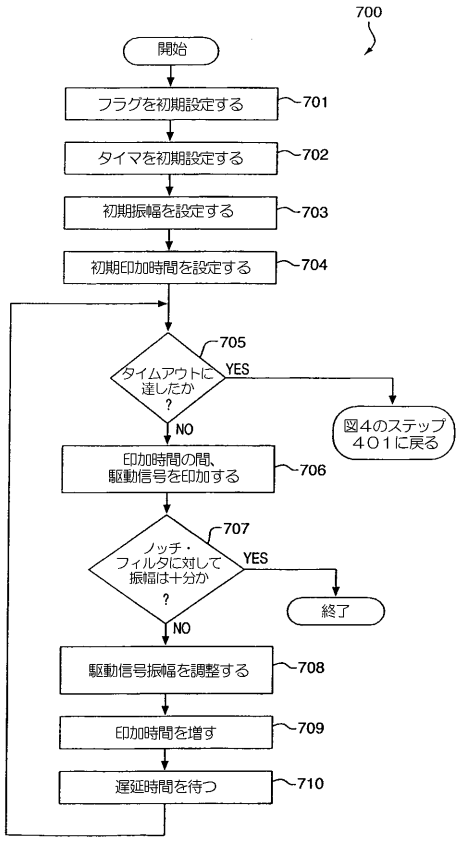
【図５】


500
開始
変数を設定する
501
キック・ハイ利得を
オフに設定する
502
プログラム可能
利得増幅器を
単位利得に設定する
503
フラグを初期設定する
504
タイマを初期設定する
505
ノッチ・フィルタ
（適応性ライン推定器）を
初期設定する
506
真に設定した
フラグをホールドする
507
終了

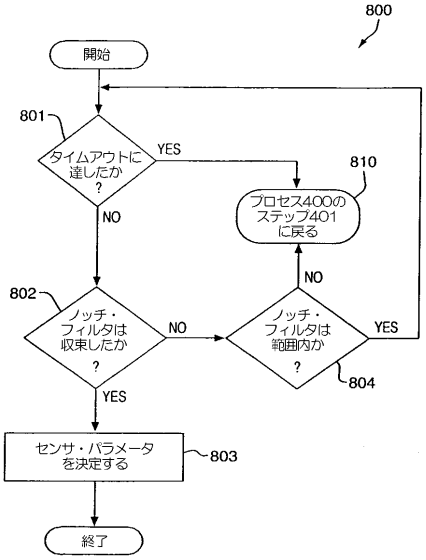
【図６】


600
開始
ピックオフ振幅を設定する
601
管周期を設定する
602
所望の駆動目標を設定する
603
終了

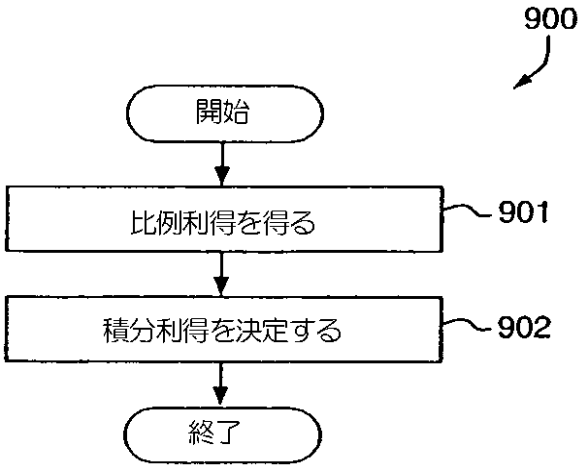
【図７】


700
開始
フラグを初期設定する
701
タイマを初期設定する
702
初期振幅を設定する
703
初期印加時間を設定する
704
705
タイムアウトに達したか？
YES
NO
図4のステップ401に戻る
印加時間の間、駆動信号を印加する
706
707
ノッチ・フィルタに対して振幅は十分か？
YES
終了
NO
駆動信号振幅を調整する
708
印加時間を増す
709
遅延時間を待つ
710

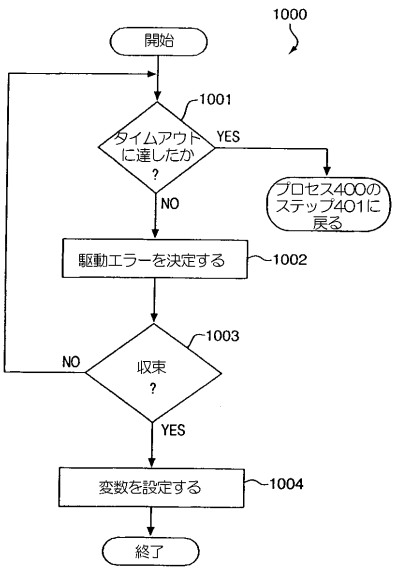
【図８】


800
開始
801
タイムアウトに達したか？
YES
810
プロセス400のステップ401に戻る
NO
802
ノッチ・フィルタは収束したか？
NO
ノッチ・フィルタは範囲内か？
YES
804
YES
センサ・パラメータを決定する
803
終了

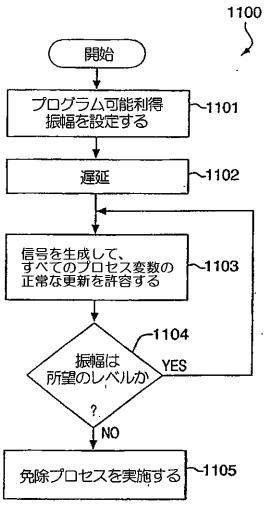
【図９】


900
開始
比例利得を得る
901
積分利得を決定する
902
終了

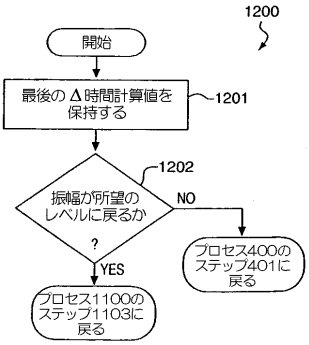
【図１０】


1000
開始
1001
タイムアウトに達したか？
YES
プロセス400のステップ401に戻る
NO
駆動エラーを決定する
1002
1003
NO
収束？
YES
変数を設定する
1004
終了

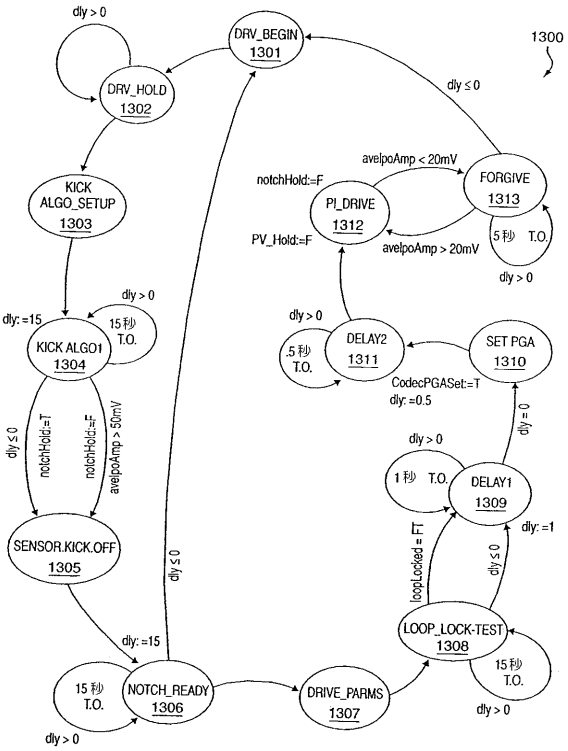
【図１１】


1100
開始
プログラム可能利得
振幅を設定する
1101
遅延
1102
信号を生成して、
すべてのプロセス変数の
正常な更新を許容する
1103
振幅は
所望のレベルか
1104
YES
?
NO
免除プロセスを実施する
1105

【図１２】


1200
開始
最後のΔ時間計算値を
保持する
1201
振幅が所望の
レベルに戻るか
1202
NO
?
YES
プロセス400の
ステップ401に
戻る
プロセス1100の
ステップ1103に
戻る

【図１３】


1300
DRV_BEGIN
1301
DRV_HOLD
1302
KICK
ALGO_SETUP
1303
KICK ALGO1
1304
SENSOR.KICK.OFF
1305
NOTCH_READY
1306
DRIVE_PARMS
1307
LOOP_LOCK-TEST
1308
DELAY1
1309
SET PGA
1310
DELAY2
1311
PI_DRIVE
1312
FORGIVE
1313
dly > 0
dly ≤ 0
dly: =15
15秒 T.O.
dly: =1
dly: =0.5
notchHold:=T
notchHold:=F
avelpoAmp > 50mV
avelpoAmp < 20mV
avelpoAmp > 20mV
notchHold:=F
PV_Hold:=F
CodecPGASet:=T
loopLocked = T
1秒 T.O.
.5秒 T.O.
5秒 T.O.

フロントページの続き

(74)代理人 100080137
弁理士 千葉 昭男
(74)代理人 100096013
弁理士 富田 博行
(74)代理人 100091063
弁理士 田中 英夫
(72)発明者 マギニス，リチャード・エル
アメリカ合衆国コロラド州８００２６，ラファイエット，ホワイトテイル・サークル ４１０

審査官 田邉 英治

(56)参考文献 特表平０４－５０５５０６（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－２９３０５３（ＪＰ，Ａ）
特表平１０－５０８３８３（ＪＰ，Ａ）
特開平２－２３１５２９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G01F 1/84