

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第4948707号  
(P4948707)

(45) 発行日 平成24年6月6日 (2012.6.6)

(24) 登録日 平成24年3月16日 (2012.3.16)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 F 1/36 (2006.01)

GO 1 F 25/00 (2006.01)

GO 1 L 13/06 (2006.01)

GO 1 F 1/36

GO 1 F 25/00 Z

GO 1 L 13/06 Z

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2000-601401 (P2000-601401)	(73) 特許権者	597115727
(86) (22) 出願日	平成12年2月24日 (2000.2.24)		ローズマウント インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2002-538420 (P2002-538420A)		アメリカ合衆国 55344 ミネソタ州
(43) 公表日	平成14年11月12日 (2002.11.12)		、エデン プレイリー、テクノロジー ド
(86) 国際出願番号	PCT/US2000/004978		ライブ 12001
(87) 国際公開番号	W02000/050851	(74) 代理人	100084870
(87) 国際公開日	平成12年8月31日 (2000.8.31)		弁理士 田中 香樹
審査請求日	平成19年1月12日 (2007.1.12)	(74) 代理人	100079289
(31) 優先権主張番号	09/257,896		弁理士 平木 道人
(32) 優先日	平成11年2月25日 (1999.2.25)	(74) 代理人	100119688
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 田邊 壽二
前置審査		(72) 発明者	エリューレク, エブレン
			アメリカ合衆国 55410 ミネソタ州
			、ミネアポリス、ヨーク アベニュー サ
			ウス 4952
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 診断型流量測定

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流量を感知するために圧力伝達管（30）を介して差圧発生要素（28）に接続するように構成された圧力伝送器（82，32）であって、

前記圧力伝達管に接続するように構成された差圧センサ（31）、

前記差圧センサに接続されて、一連の差圧のデジタル値を発生させるアナログ／デジタル変換器（84）、

前記一連の差圧のデジタル値を受け取り、予め蓄積されている第1および第2のアルゴリズム（90，92）を実行するようにプログラムされたマイクロプロセッサシステム（88）、

前記マイクロプロセッサシステム（88）に接続され、流量を示すアナログ伝送器出力（98）を発生するデジタル／アナログ変換器（96）、および

前記マイクロプロセッサシステム（88）から診断データを受信し、該診断データを示す伝送器出力（102）を発生するように配置されたデジタル通信回路（100）とを含み、

前記第1のアルゴリズム（90）では、前記一連の差圧のデジタル値と該一連の差圧のデジタル値の移動平均との差分を計算し、

前記第2のアルゴリズム（92）では、前記差分を受け取り、トレーニングモード中の履歴データの該差分の平均値  $\mu$  および標準偏差 と、監視モード中の最新のデータの該差分の平均値  $X$  およびサンプル偏差  $S$  とを計算し、前記平均値  $\mu$  と  $X$  が略等しくなった時に

10

20

、前記標準偏差 とサンプル偏差  $S$  とを比較し、前記標準偏差 とサンプル偏差  $S$  とが略等しい時に圧力発生器は正常、 $< S$  の時に前記圧力伝達管の 1 本が閉塞、 $> S$  の時に両方の前記圧力伝達管が閉塞と判定することによって前記差圧発生要素と圧力伝達管の状態の変化を示す診断データ ( 1 0 2 ) を発生する圧力伝送器。

【請求項 2】

前記マイクロプロセッサシステムが前記トレーニングモード中の履歴データの移動平均との差分を記憶する請求項 1 の圧力伝送器。

【請求項 3】

前記移動平均が

$$A_j = \sum_{k=0}^m (P_{j-k}) (W_k)$$

10

の列によって計算される請求項 1 の圧力伝送器。

ここで、 $A$  は移動平均、 $P$  は感知された差圧値の列、および  $W$  は感知された差圧値に対する重み、 $m$  は列内の過去に感知された差圧値の数である。

【請求項 4】

前記トレーニングモード中の履歴データの組が前記差分のパワースペクトルを含む請求項 1 の圧力伝送器。

20

【請求項 5】

圧力伝達管 ( 3 0 ) を介して差圧発生要素 ( 2 8 ) に接続される圧力伝送器 ( 8 2 , 3 2 ) 内で実行される診断方法であって、

前記圧力伝送器によって感知された圧力と該感知された圧力の移動平均との差分を計算すること ( 1 2 4 )、

前記圧力伝送器のトレーニングモード中に計算された前記差分の履歴データの組を取得して記憶すること ( 1 2 6 )、

前記圧力伝送器の監視モード中に計算された前記差分の最新データの組を取得して記憶すること ( 1 2 8 )、

前記圧力伝達管 ( 3 0 ) の状態を診断するために、前記履歴データの差分の平均値  $\mu$  および標準偏差 と、前記最新データの差分の平均値  $X$  およびサンプル偏差  $S$  とを計算することと、

30

前記平均値  $\mu$  と  $X$  が略等しくなった時に、前記標準偏差 とサンプル偏差  $S$  とを比較することと、

前記標準偏差 とサンプル偏差  $S$  とが略等しい時に圧力発生器は正常、 $< S$  の時に前記圧力伝達管の 1 本が閉塞、 $> S$  の時に両方の前記圧力伝達管が閉塞と判定すること、および

前記差圧発生要素および圧力伝達管の診断状態を示す伝送器出力を発生させること ( 1 3 8 , 1 4 0 , 1 4 2 , 1 4 6 ) を含む方法。

【請求項 6】

40

圧力伝送器 ( 8 2 , 3 2 ) に接続可能な差圧発生要素 ( 2 8 ) および圧力伝達管 ( 3 0 ) に関する診断動作を圧力伝送器に実行させるために、該圧力伝送器内のマイクロプロセッサシステムによって実行可能な命令が記憶されるコンピュータ読み取り可能な媒体であって、

前記命令が、

前記圧力伝送器によって感知された圧力と該感知された圧力の移動平均との差分を計算すること ( 1 2 4 )、

前記圧力伝送器のトレーニングモード中に計算された前記差分の履歴データの組を取得して記憶すること ( 1 2 6 )、

前記圧力伝送器の監視モード中に計算された前記差分の最新データの組を取得して記憶

50

すること(128)、

前記差圧発生要素(28)および圧力伝達管(30)の状態を診断するために、前記履歴データの差分の平均値 $\mu$ および標準偏差と、前記最新データの差分の平均値 $X$ およびサンプル偏差 $S$ とを計算することと、

前記平均値 $\mu$ と $X$ が略等しくなった時に、前記標準偏差とサンプル偏差 $S$ とを比較することと、

前記標準偏差とサンプル偏差 $S$ とが略等しい時に圧力発生器は正常、 $< S$ の時に前記圧力伝達管の1本が閉塞、 $> S$ の時に両方の前記圧力伝達管が閉塞と判定すること、および

前記判定に基づいて、前記差圧発生要素および圧力伝達管の状態を示す伝送器出力を発生させること(138, 140, 142, 146)を含む、コンピュータが読み取り可能な媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

発明の背景

流体流量計は、流体流量を測定し、流量表示器およびコントローラへ流量信号を供給するために産業プロセス制御環境内で用いられる。間接流量計は、パイプ内の不連続面付近の圧力低下を測定することによって、パイプ内の流体流量を測定する。不連続面(一次要素)は、オリフィス、ノズル、ベンチュリ、ピトー管、渦流発生棒、標板、あるいはパイプ内の単純な曲部でさえありうる。不連続面周辺の流れは、圧力を低下させ、また増大された攪流を生じる。圧力低下は、パイプの外側に配置され、インパルス線またはインパルス通路によってパイプ内の流体に接続される圧力伝送器(二次要素)によって感知される。信頼性は正しい較正を維持することに依存する。一次要素上の腐食や固形物の堆積が、較正を変化させることがある。インパルス線は時間が経つにつれて閉塞し、そのことも較正に不利な影響を及ぼす。

【0002】

インパルス線を取り外して点検することは、インパルス線の閉塞を検出して線を修理するために用いられる一つの方法である。閉塞を検出するための他の周知の方法は、圧力伝送器から測定信号に「検査パルス」を定期的に付加することである。この検査パルスによって、伝送器に接続された制御システムは流れを乱す。圧力伝送器が流れの乱れを正確に感知できない場合は、閉塞を示す警告信号が発せられる。閉塞を検出するための他の周知の方法は、静圧および差圧の両方を感知することである。静圧内の振動と差圧内の振動とが不適切な相互関係である場合には、閉塞を示す警告信号が発せられる。閉塞を検出するための、さらに別の周知の方法は、静圧を感知して、それらを低域通過フィルタおよび高域通過フィルタに通すことである。フィルタから取得されたノイズ信号は閾値と比較されて、ノイズ内の変化が閾値よりも小さい場合は、警告信号は線が封鎖されていることを示す。

【0003】

これらの周知の方法では、静圧センサあるいは流量計を取り外すこと、または診断のために外部の制御システムを使用することが必要となり、構成の複雑さが増し、かつ信頼性が低減する。これら周知の方法は一次要素の状態を診断する助けにはならない。したがって、より予測が確かであり、費用を低減するためにメンテナンスの必要が少なく、信頼性を高めるような、より良い診断技術が必要である。

【0004】

発明の概要

流体流量計は、その一次要素あるいはインパルス線の状態を診断する。一次要素およびインパルス線は共に差圧発生器を形成する。この差圧発生器は流量率(流量レート)を表す差圧を発生させる。差圧は流体流量計内の差圧センサに接続される。

【0005】

差圧センサに接続された差分回路は、感知された差圧から感知された差圧の移動平均(

10

20

30

40

50

以下、変動平均という)を引いた値を示す差分出力を発生させる。

【 0 0 0 6 】

計算回路は差分出力を受信し、初期調整時間中に取得された履歴データの調整された出力を計算する。計算回路はまた、監視中あるいは流体流量計の通常作動中に取得された最新データの監視出力も計算する。

【 0 0 0 7 】

診断回路は調整された出力および監視出力を受信して、履歴状態に対応して圧力発生器の最新状態を示す診断出力を発生させる。

【 0 0 0 8 】

流量回路もセンサに接続されて流量レートを示す出力を発生させる。

10

【 0 0 0 9 】

図面の簡単な説明

図 1 は、診断型流量計の典型的な流体処理環境の図である。

図 2 は、そのインパルス線および / あるいは一次要素の状態を診断するような流体流量計内に用いられる伝送器の一実施例の分解斜視図である。

図 3 は、その圧力発生器の状態を診断する流体流量計のブロック図である。

図 4 は、そのインパルス線の状態を診断する流体流量計のブロック図である。

図 5 は、その一次要素の状態を診断する流体流量計のブロック図である。

図 6 は、インパルス線の状態を診断するプロセスのフローチャートである。

図 7 は、一次要素としてピトー管を有する診断型流体流量計を示す。

20

図 8 は、一次要素としてインライン型ピトー管を有する診断型流体流量計を示す。

図 9 は、一次要素として積分オリフィス板を有する診断型流体流量計を示す。

図 1 0 は、一次要素としてパイプフランジ間に固定されたオリフィス板を有する診断型流体流量計を示す。

図 1 1 は、一次要素としてベンチュリを有する診断型流体流量計を示す。

図 1 2 は、一次要素としてノズルを有する診断型流体流量計を示す。

図 1 3 は、一次要素としてオリフィス板を有する診断型流体流量計を示す。

図 1 4 は、一次要素の状態を診断するプロセスのフローチャートである。

図 1 5 は、インパルス線および一次要素両方の状態を診断するプロセスのフローチャートである。

30

図 1 6 は、遠隔シールおよび診断型の伝送器の図である。

図 1 7 は、タンク内外の流量の時間積分を測定するために、タンクに接続された診断特徴を有する伝送器の概略図である。

【 0 0 1 0 】

好ましい実施例の詳細な説明

図 1 には、診断型流量測定の典型的な環境が 2 2 0 で示される。図 1 は、流量計 2 3 0、タンク 2 3 6 上のレベル伝送器 2 3 2、2 3 4、および積分オリフィス流量計 2 3 8 のようなプロセス変数伝送器が制御システム 2 4 0 に接続されていることを示している。プロセス変数伝送器は、化学品、パルプ、石油、ガス、薬品、食品およびその他の流体処理施設内のスラリー、流体、蒸気およびガスなどの、プロセス施設内の流体に関する一つ以上のプロセス変数を監視するために構成されることができる。監視されるプロセス変数は、圧力、温度、流量、レベル(表面の高さ)、pH、伝導率、濁度、密度、濃度、化学組成、あるいはその他の流体の諸特性であってよい。プロセス変数伝送器は、プロセス施設の取付条件によって伝送器の内部あるいは外部のどちらかに、一つ以上のセンサを含む。プロセス変数伝送器は感知されたプロセス変数を示す一つ以上の伝送器出力を発生させる。伝送器出力は通信バス 2 4 2 を介してコントローラあるいは表示器と長距離を介して通信するように構成されることができる。典型的な流体処理施設では、通信バス 2 4 2 は、伝送器に給電する 4 - 2 0 m A 電流ループ、フィールドバス接続、HART プロトコル通信、あるいはコントローラ、制御システムまたは読み出し器への光ファイバー接続であってよい。2 線式ループによって給電される伝送器においては、電力は爆発性の大気内で本質

40

50

的に安全であるように低く維持されなければならない。

【 0 0 1 1 】

図 1 では、積分オリフィス流量計 2 3 8 は、そこに接続される通信バス 2 4 2 を介して接続される診断出力を提供する。制御システム 2 4 0 はオペレータのために診断出力を表示するようにプログラムされるか、または流量計 2 3 8 からの診断警告がある場合にはその動作を変更するようにプログラムされることができる。制御システム 2 4 0 は制御弁 2 4 4、ポンプモータあるいはその他の制御装置などの出力装置の動作を制御する。

【 0 0 1 2 】

図 2 には、本発明による典型的な診断型伝送器 8 2 の分解斜視図が一般的に示される。伝送器 8 2 は、差圧を受信するためのフランジ 8 3、差圧センサ 3 1、ならびにアナログ/デジタル変換器 8 4、マイクロプロセッサシステム 8 8、デジタル/アナログ変換器 9 6、およびデジタル通信回路 1 0 0 を含む電子回路を含む。伝送器 8 2 はフランジアダプタ 8 7 にボルト止めされる。マイクロプロセッサ 8 8 は、図 3、6、1 4 および 1 5 に示される例によって説明されるような診断アルゴリズムでプログラムされる。フランジアダプタ 8 7 は、(図 2 には示されない) 一次流量要素周辺の流れに順番に接続される。図 2 の伝送器 8 2 の用法は図 3 でより詳細に説明される。

【 0 0 1 3 】

図 3 は、パイプ 2 4 内の流体流量 2 2 を感知するように適合された流体流量計 8 0 の第 1 の実施例を示すブロック図である。流体流量計 8 0 は、差圧発生要素 (以下、一次要素という) 2 8 と、一次要素 2 8 周辺の流体流量内に発生させられた圧力を圧力伝送器 8 2 内の差圧センサ 3 1 に接続する 圧力伝達管 (以下、インパルス線という) 3 0 とを有する、圧力発生器 2 6 を含む。本明細書内で用いられる単語「圧力発生器」は、一次要素付近から流量パイプの外側へ圧力低下を接続するインパルスパイプあるいはインパルス通路を伴う一次要素 (例えば、流体内に圧力低下を生じさせるようなオリフィス板、ピトー管、ノズル、ベンチュリ、発生棒、パイプ内の曲部、あるいはその他の流れの不連続面) を意味する。流体パイプの外側に位置する、この限定された「圧力発生器」によって、圧力伝送器 8 2 に提供される圧力のスペクトルおよび統計的特徴は、インパルスパイプの状態ばかりでなく一次要素の状態によって影響を及ぼされることがある。接続された圧力伝送器 8 2 は、内蔵ユニットであってもよいし、利用に適する必要に従って遠隔シールと適合されてもよい。圧力伝送器 8 2 (あるいはその遠隔シール) 上のフランジ 8 3 は、完全に圧力を接続するためにインパルス線 3 0 上のフランジアダプタ 8 7 に接続される。圧力伝送器 8 2 は流れを感知するためにインパルス線 3 0 を介して一次流量要素 2 8 に接続される。圧力伝送器 8 2 はフランジ系を介してインパルス線 3 0 に接続されるように適合された差圧センサ 3 1 を含む。アナログ/デジタル変換器 8 4 は差圧センサ 3 1 に接続されて、8 6 で感知される圧力の一連のデジタル表現値を発生させる。マイクロプロセッサシステム 8 8 は 8 6 での圧力の一連のデジタル表現値を受信し、かつ前記一連のデジタル表現値 8 6 と一連のデジタル表現値の 移動平均 (以下、変動平均という) との差を計算する、その内部に記憶された第 1 アルゴリズム 9 0 を有する。アルゴリズム 9 0 によって計算された差を受信し、トレーニングモード (以下、調整モードという) 中の履歴データの調整されたデータの組を計算し、監視モード中の最新データの組を計算して、次に圧力発生器 2 6 の状態の変化を示す履歴データに対応する関数として診断データ 9 4 を発生させるような第 2 アルゴリズム 9 2 もまたマイクロプロセッサシステム 8 8 内に記憶される。マイクロプロセッサシステム 8 8 に接続されたデジタル/アナログ変換器 9 6 は、感知された流量レートを示すアナログ伝送器出力 9 8 を発生する。デジタル通信回路 1 0 0 はマイクロプロセッサシステム 8 8 から診断データ 9 4 を受信して、診断データを示す伝送器出力 1 0 2 を発生する。アナログ出力 9 8 および診断データ 1 0 2 は、所望に従って表示器あるいはコントローラに接続されることができる。

【 0 0 1 4 】

図 4 は、パイプ 2 4 内の流体流量 2 2 を感知するように適合された流体流量計 2 0 の他の実施例のブロック図である。図 4 の流体流量計 2 0 は図 3 の流体流量計 8 0 と類似であっ

10

20

30

40

50

て、図 3 に用いられる同符号が図 4 の同じ要素に付けられている。流体流量計 20 は、一次要素 28 と一次要素 28 周辺の流体流量内に発生させられた圧力を圧力伝送器 32 内の差圧センサ 31 に接続するインパルス線 30 とを有する圧力発生器 26 を含む。圧力伝送器 32 は、内蔵ユニットであってもよいし、利用に適する必要に従って遠隔シールと適合されてもよい。圧力伝送器 32 (あるいはその遠隔シール) 上のフランジは、完全に圧力を接続するためにインパルス線 30 上のフランジアダプタに接続される。圧力伝送器 32 内の流量回路 34 はセンサ 31 に接続されて、必要に応じてコントローラあるいは表示器に接続されることが可能な流量レート出力 36 を発生させる。

【0015】

図 4 では、差分回路 42 はセンサ 31 に接続されて、感知された圧力から変動平均を引いた値を示す差分出力 44 のデータを発生させる。計算回路 46 は差分出力 44 を受信して、調整モード中あるいはある時間間隔で取得される履歴データの調整された出力 48 を計算する。調整後、計算回路 46 は、流体流量計 20 の監視モードあるいは平常動作時間中に取得された最新データの監視出力 50 を計算する。

10

【0016】

図 4 では、診断回路 52 は調整された出力 48 および監視出力 50 を受信して、履歴状態に対応する圧力発生器 26 の最新状態を示す診断出力 54 を発生させる。図 4 では、計算回路 46 はメモリを含む回路 56 内に履歴データを記憶する。

【0017】

差分回路 42 では、式 1 の列によって変動平均が計算される。

20

【0018】

【数 1】

$$A_j = \sum_{k=0}^m (P_{j+k}) (W_k) \cdots \quad \text{式 1}$$

【0019】

ここで、A は変動平均、P は連続的に感知された圧力値の列、および W は感知された圧力値の重み、m は列内の過去に検出された圧力値の数である。差分回路 42 内には、感知された圧力内のスパイクおよびその他の異常を濾波するための手当ても施されている。図 4 では、履歴データは、例えば差分出力の平均値 ( $\mu$ ) および標準偏差 ( ) あるいはその他の統計的測定値のような統計的データを含み、診断出力 54 はインパルス線の閉塞を示す。計算回路 46 は、インストールされる時には調整モードに、流量を測定するのに用いられる時には監視モードにスイッチで切替える。診断出力 54 は圧力発生器 26 の状態をリアルタイムで示す。

30

【0020】

図 4 では、平均値  $\mu$  および標準偏差 のような統計的データが、比較的多数のデータポイントあるいは流量測定に基づいて計算される。サンプル平均値  $\bar{X}$  およびサンプル標準偏差  $s$  のような対応するサンプルの統計的データが、比較的少ないデータポイントから計算される。典型的には、 $\mu$  および などの統計的データを計算するためには数百のデータポイントが用いられ、一方  $\bar{X}$  および  $s$  などのサンプル統計的データを計算するためには約 10 のデータポイントのみが用いられる。リアルタイムの、あるいは約 1 秒間に完了する診断のために、監視中のデータポイントの数は少なく維持される。診断回路 52 は、サンプル標準偏差  $s$  が標準偏差 から予定値例えば 10 % 分ずれた場合に、線が閉塞していることを示す。

40

【0021】

図 5 では、流体流量計 60 は一次要素 28 の状態を診断するように示される。図 5 の流体流量計 60 は図 4 の流体流量計 20 と類似であり、図 4 で用いられる同じ符号が、図 5 の同じ要素にも用いられる。図 5 では、診断出力 62 は一次要素 28 の状態を示し、一方

50

図 4 では、診断出力はインパルス線 30 の状態を示す。図 5 では、計算回路 46 は、図 4 に用いられるような統計的データではなく、差分出力 44 のパワースペクトル (PSD: Power Spectral Density) に関するデータを計算して記憶する。パワースペクトルデータは 0 ~ 100 ヘルツの範囲であることが好ましい。帯域通過フィルタの中心周波数は、周知の方法での周波数の関数として、連続あるいは擬似連続パワースペクトルを発生させるために、ある選択された範囲の周波数を通過させられることができる。様々な周知のフーリエ変換を使用することができる。

【0022】

パワースペクトル  $F_i$  は、また与えられたデータの組のための平均されたピリオドグラム (Welch's method) を用いて計算されることもできる。この方法は、毎秒  $f_s$  サンプルで標本抽出される測定シーケンス  $x(n)$  を用いる。ここで  $n = 1, 2, \dots, N$  である。  $f_s / 2$  以下の濾波周波数を有するフロントエンド濾波器が、スペクトル計算における偽信号を低減するために用いられる。データの組は式 2 に示されるような  $F_{k,i}$  に分割される。

【0023】

【数 2】

$$F_{k,i} = (1/M) \left| \sum_{n=1}^M x_k(n) e^{-j2\pi n \Delta f n} \right|^2 \dots \quad \text{式 2}$$

【0024】

$F_{k,i}$  は、オーバーラッピングデータセグメントであり、各セグメントに対してピリオドグラムが計算される。ここで、 $M$  は注目セグメント内のポイント数である。全てのセグメントに対してピリオドグラムが求められた後、それら全てがパワースペクトルを計算するために平均される。

【0025】

【数 3】

$$F_i = (1/L) \sum_{k=1}^L F_{k,i} \dots \quad \text{式 3}$$

【0026】

一度、パワースペクトルが調整モード用に取得されると、このシーケンスは、リアルタイムのパワースペクトルと比較するためのベースラインパワースペクトルとして、メモリ、好ましくは EEPROM に記憶される。つまり、 $F_i$  はパワースペクトルシーケンスであり、 $i$  は 1 からオリジナルデータシーケンス内のポイントの総数である  $N$  までの値を取る。通常は 2 である  $N$  は、スペクトル推定の周波数分解能をも設定する。したがって、 $F_i$  はまた  $i$  番目の周波数での信号の強さとしても知られる。典型的には、パワースペクトルは、予め限定された周波数間隔での多数のポイントを含み、そして、スペクトル電力分布の形状を周波数の関数として定義する。

【0027】

一次要素の劣化の検出においては、ベースラインの履歴状態でのスペクトル密度の比較的に大きなサンプルと監視状態でのスペクトル密度の比較的に小さなサンプルとが比較される。比較的に小さなサンプルは、約 1 秒の故障をリアルタイムで表示することを可能にする。パワースペクトルの関連付けられた周波数成分の増加は、一次要素の劣化を示すことができる。例えば、一次要素としてオリフィス板を用いる時、オリフィス板が予定のレ

10

20

30

40

50

ベルまで劣化した時に、スペクトル成分内に10%位の変化が認められる。変化量は、劣化の許容量および使用中の一次要素の様式に従って、必要に応じて調整されることができる。故障を示すのに必要とされる変化量は、各様式の一次要素の用法に対して実験的に得られる。ファジイ理論もまたパワースペクトルの多数のポイントを比較するために用いられることができる。

#### 【0028】

図6には、インパルス線を介して一次流量要素に接続可能な圧力伝送器内で実行される診断方法のフローチャート120が示される。アルゴリズムは122で開始する。124に示されるように、差圧データから変動平均が引かれて差が計算される。調整モード中、計算された差分に関する履歴データが、例えば統計的データ $\mu$ および $\sigma$ として126で取得され、記憶される。演算監視モード中、差分に関する最新値が統計的データ $X$ および $s$ として128で取得され、記憶される。インパルス線の状態を診断するために、より小さい最新データのサンプルが、より大きい履歴データのサンプルと比較される。132、134、136で履歴統計データと最新統計データとが比較されて、選択された診断伝送器出力が、それぞれ130、132、134、136でなされた比較の関数として138、140、142で発生させられる。ある診断出力が完了すると、プロセスは144に戻り監視モード診断を繰り返すか、または伝送器は修理されるまで遮断されることができる。診断プロセス自身の故障の場合、故障表示が146で診断出力として提供される。120の診断方法では、履歴データの組は計算された差分の平均値( $\mu$ )および標準偏差( $\sigma$ )のデータのような統計データを含み、最新データの組は計算された差分のサンプル平均( $X$ )およびサンプル偏差( $s$ )のような最新サンプル統計データを含む。例えば、インパルス線の閉塞を診断するために、サンプル偏差( $s$ )が標準偏差( $\sigma$ )と比較される。その他周知の不確実な統計的測定、あるいはこの用法に適する経験的に開発された統計的測定も、平均値および標準偏差と同等に用いられることができる。 $X$ と $\mu$ との差が非常に大きいような異常な流量状態の場合、診断は130に示されるように、通常の流量状態が再生されるまで一時的に停止されることができる。このことによって誤った警告表示が防止される。

#### 【0029】

図2～5では、伝送器は較正された出力、および圧力発生器が較正を脱しているかどうかを示す診断出力を発生させる。図2～5では、一次要素は単純なピトー管あるいは平均的なピトー管であってよい。平均的なピトー管63は、図7に示されるように、パイプ上に栓64を介して挿入されることができる。計器マニホールド66は、図8に示されるように、圧力発生器26と圧力伝送器68との間に接続されることができる。一次要素28およびインパルスパイプ30は図9に示されるように積分オリフィス内に結合されることができる。パイプフランジ間に固定するように適合されたオリフィス板が図10に示される。一次要素は、図11に示されるようなベンチュリ、図12に示されるようなノズル、あるいは図13に示されるようなオリフィスを含むことができる。圧力発生器の標準装置は、診断出力を供給するように適合された伝送器と共に用いられることができる。伝送器自身は調整モード中の圧力発生器の特徴に適合し、調整モード中に記憶された、監視又は動作モード中の比較に有効な比較基準を有する。比較基準はデジタル通信バスを介して技術者によって必要に応じて調整されることができる。各装置において、流体流量計は較正された流量レート出力を提供し、圧力発生器の診断出力は圧力発生器が較正から脱したかどうかを示す。

#### 【0030】

図14では、一次要素の状態を診断するためのプロセスのフローチャート160が示される。一次要素の状態には、一次要素の腐食又は付着物が含まれる。方法およびアルゴリズムは162で開始する。164で示されるようにセンサデータが調整モード中あるいは時間間隔において取得される。変動平均を引いたセンサデータのパワースペクトルが166で計算される。取得されたパワースペクトルは、168で調整されたパワースペクトルとして識別されて、不揮発性メモリ170内に記憶される。調整の完了後、プロセスは監

10

20

30

40

50



視あるいは通常使用に移る。変動平均を引いた最新のセンサデータの他のパワースペクトルが172で求められて、そのように取得されたパワースペクトルが、RAMあるいは不揮発性メモリのどちらかのメモリ174内に記憶される。176では、調整中に取得されたパワースペクトル $F_i$ が監視中に取得されたパワースペクトル $F_{i-1}$ と比較される。 $F_i$ と $F_{i-1}$ との差が、一次要素の故障を示すように大きい場合には、178に示すように一次要素警告(PE警告)が発生される。パワースペクトル $F_i$ および $F_{i-1}$ が十分に近似の場合には、一次要素警告は発生されない。176での比較およびPE警告の発生後、必要に応じて、プログラムの流れは180での新しいリアルタイムのセンサデータの取得に移り、監視プロセスは172で新しい評価に移るか、またはPE警告である時には流量計は遮断されることができる。プロセス160は、一次要素の状態に関するリアルタイムの情報を提供するために、監視モード中に連続して繰り返すことができる。

10

#### 【0031】

図15では、フローチャートは一次要素(PE)とインパルス線(IL)の両方の診断を提供するプロセス190を示す。プログラムの流れは200で始まる。202で示される調整モード中、変動平均を引いたセンサデータが取得されて、調整されたパワースペクトルおよび調整された統計が前述のように不揮発性メモリ内に記憶される。次に、(図6のプロセス128で説明されたような)インパルス線診断が図15のステップ204で実行される。図15では、インパルス線診断が実行された後で、206で(図6のプロセス130、132、134、136に説明されたような)最新インパルス線統計が履歴(調整)インパルス線統計と比較される。比較が、断線を伴うインパルス線の故障を示す場合には、208に示されるようにインパルス線警告が発生される。インパルス線に故障が認められない場合には、プログラムの流れは、210での一次要素(PE)診断に移る。プロセス210で、(図14に関して前述したように)最新のリアルタイムデータのためのパワースペクトルが計算される。212で最新パワースペクトルが履歴パワースペクトルと比較されて、一次要素に故障があることを示すのに十分な大きい差がある場合には、214でPE警告が発生させられる。パワースペクトルの差が小さい場合には、216に示されるようにPE警告は発生させられない。プログラムの流れは、ILおよびPE診断を繰り返すために218へ続くか、あるいはPEまたはIL警告がある場合には、流量計は修理が実行されるまで遮断される。

20

#### 【0032】

いかなる方法でも、多数の命令シーケンスのようなコンピュータ読み取り可能な媒体上に記憶されることができ、その多数の命令シーケンスは、圧力伝送器内のマイクロプロセッサシステムによって実行される時に、一次要素および伝送器に接続可能なインパルス線に関連する診断方法を圧力伝送器に実行させる。

30

#### 【0033】

図16は、制御される量のシリコンオイルのような絶縁流体で満たされた可撓性毛細管236、238によって接続された遠隔シール232、234を有する伝送器230を示す。絶縁設備によって、遠隔シールに接する非常に高温のプロセス流体からセンサおよび伝送器230の電子部品を隔離することが可能になる。伝送器230の診断回路はまた、診断出力239を提供するために前述の診断技術を用いて、毛細管236、238の漏洩および狭窄による分離を検出するために用いられることもできる。

40

#### 【0034】

図17は、タンク242の底部および頂部近くの栓248、250に接続された伝送器240を示す。伝送器240はタンク242内外の流量の時間積分を示す出力244を供給する。伝送器240は、栓248と250との差圧を測定するような回路あるいはそうでなければソフトウェアを含み、感知された差圧の関数としての、および伝送器内に記憶された、タンク内の流体の量に対する感知された圧力に関する式としての積分流量を計算する。典型的には、この公式はストラッピング機能と呼ばれ、タンクに出入りする流体の量が、伝送器240内に記憶されたストラッピング機能によって、その量あるいは塊の流れのどちらかとして積分されることができる。伝送器240内の診断回路またはソフトウェ

50

アは診断出力252を提供するために前述のように作動する。図17は概略図であって、伝送器240は、タンク242の底部あるいは頂部のどちらかの近くに配置されることができ、しばしば「脚(leg)」と呼ばれる、タンクの他端へつながる管を有する。この脚はタンク内の流体で満たされる湿式脚でもよいし、気体で満たされる乾式脚でもよい。遠隔シールは伝送器240と共に用いられることもできる。

#### 【0035】

本発明を好ましい実施例によって説明してきたが、本発明の精神や範囲を逸脱することなく詳細や形式上の変更が可能なが、当業者には理解できるであろう。例えば、本発明の様々な機能ブロックを、回路という用語で説明してきたけれども、多くの機能ブロックは、デジタルおよびアナログの回路、ソフトウェアおよびそれらの組合せのような、他の形式で実行されてよい。ソフトウェアで実行される場合、マイクロプロセッサが機能を果たし、信号はソフトウェアがその上で動作するデジタル値を含む。所望のプロセス要素、所望の要素を実行するために結線された回路を含む用法仕様のハードウェア、および一般的な目的のプロセッサとハードウェア部品とのプログラム組合せを実行させるような命令を有する、プログラムされた一般的な目的のプロセッサを用いることができる。決定論あるいはファジ理論技術が回路あるいはソフトウェア内で決定するために必要に応じて用いられることができる。デジタル回路の組合せの性質によって、回路要素は図示されるように別々のブロックに仕切られなくてもよいが、様々な機能ブロック用に使用される電子部品は、混合され、共有されることができる。ソフトウェアに加えて何らかの命令がいくつかの機能部分として共有され、本発明の目的以外の無関係な命令と混合されることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 診断型流量計の典型的な流体処理環境の図である。

【図3】 圧力発生器の状態を診断する流体流量計のブロック図である。

【図4】 インパルス線の状態を診断する流体流量計のブロック図である。

【図5】 一次要素の状態を診断する流体流量計のブロック図である。

【図6】 インパルス線の状態を診断するプロセスのフローチャートである。

【図7】 一次要素としてピトー管を有する診断型流体流量計を示す。

【図8】 一次要素としてインライン型ピトー管を有する診断型流体流量計を示す。

【図9】 一次要素として積分オリフィス板を有する診断型流体流量計を示す。

【図10】 一次要素としてパイプフランジ間につながれたオリフィス板を有する診断型流体流量計を示す。

【図11】 一次要素としてベンチュリを有する診断型流体流量計を示す。

【図12】 一次要素としてノズルを有する診断型流体流量計を示す。

【図13】 一次要素としてオリフィス板を有する診断型流体流量計を示す。

【図14】 一次要素の状態を診断するプロセスのフローチャートである。

【図15】 インパルス線および一次要素両方の状態を診断するプロセスのフローチャートである。

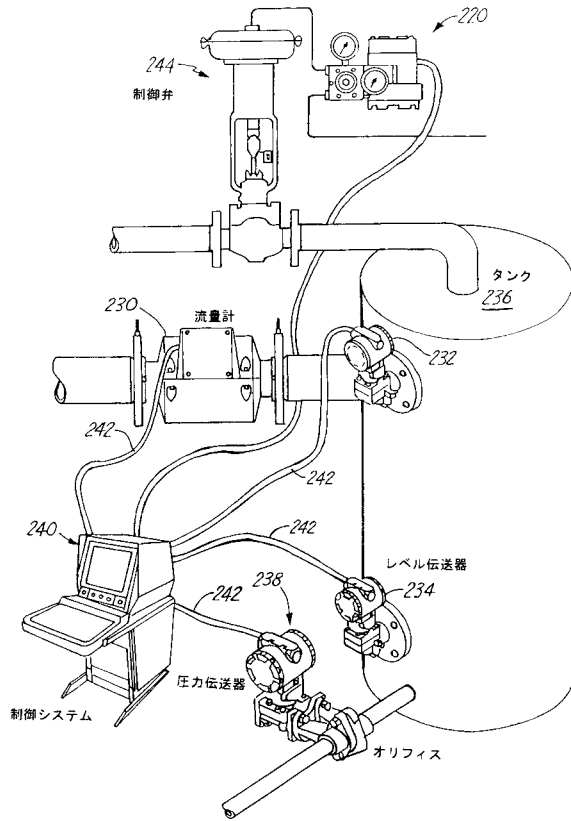
【図16】 遠隔シールおよび診断型の伝送器の図である。

【図17】 タンク内外の流量の時間積分を測定するために、タンクに接続された診断特徴を有する伝送器の概略図である。

#### 【符号の説明】

22...流体流量、24...パイプ、26...圧力発生器、28...一次要素、30...インパルス線、31...差圧センサ、80...流体流量計、82...圧力伝送器、83...フランジ、84...アナログ/デジタル変換器、86...圧力のデジタル値、87...フランジアダプタ、88...マイクロプロセッサシステム、90...第1アルゴリズム、92...第2アルゴリズム、94...診断データ、96...デジタル/アナログ変換器、98...アナログ伝送器出力、100...デジタル通信回路、102...伝送器出力

【図 1】



【図 2】

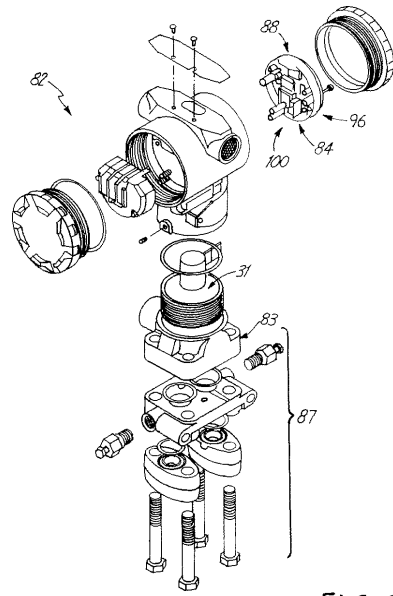
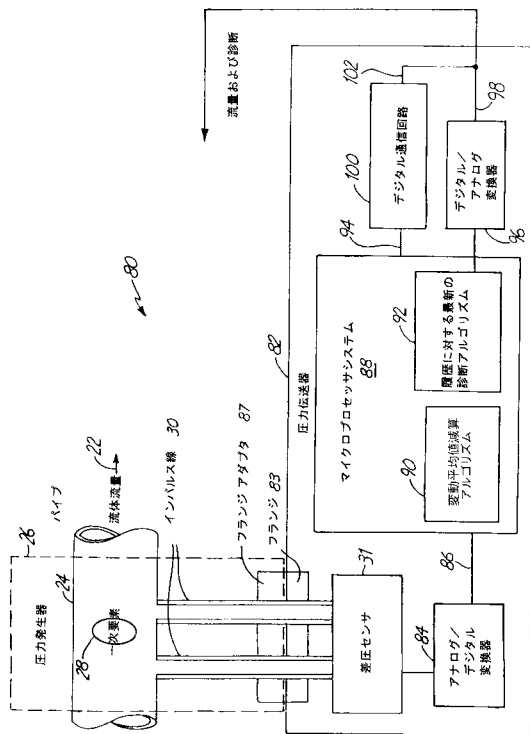
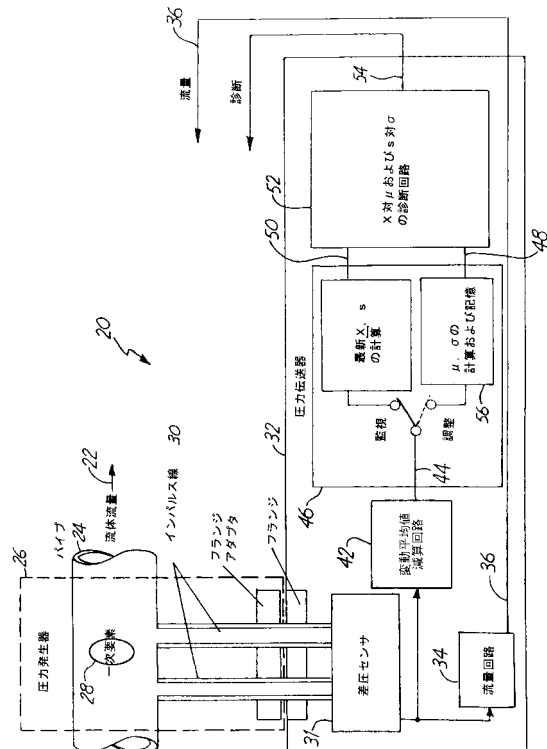


FIG.2

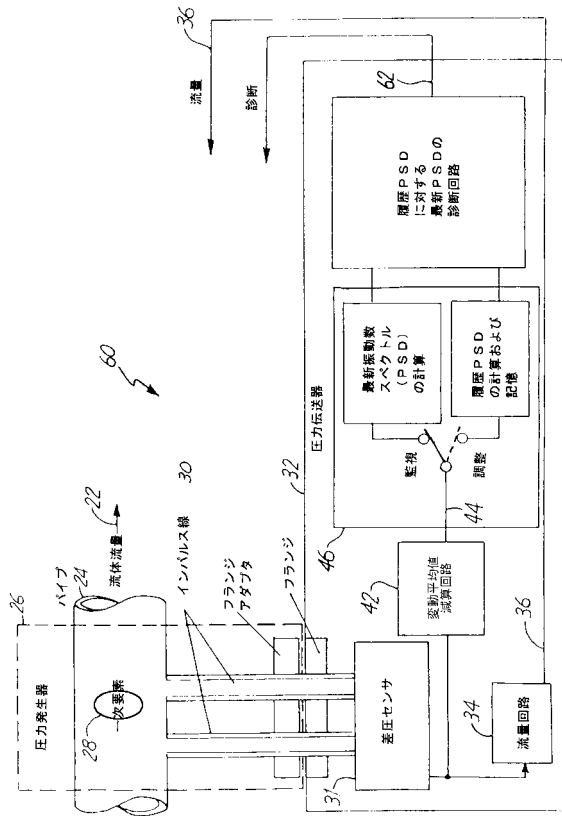
【図 3】



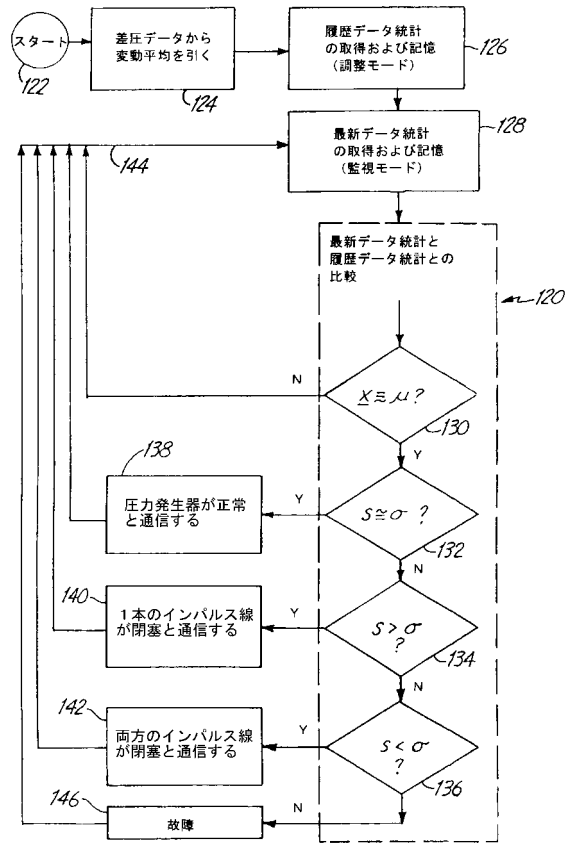
【図 4】



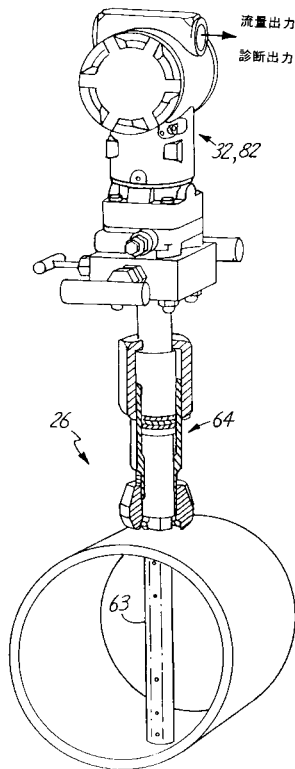
【図 5】



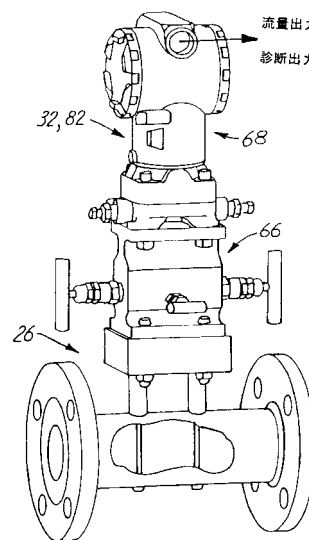
【図 6】



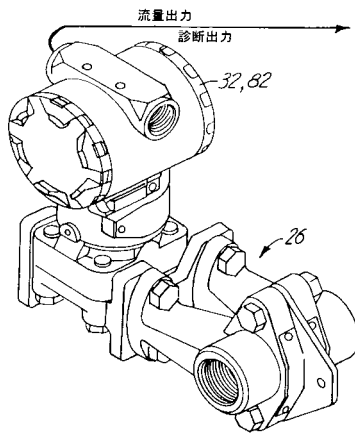
【図 7】



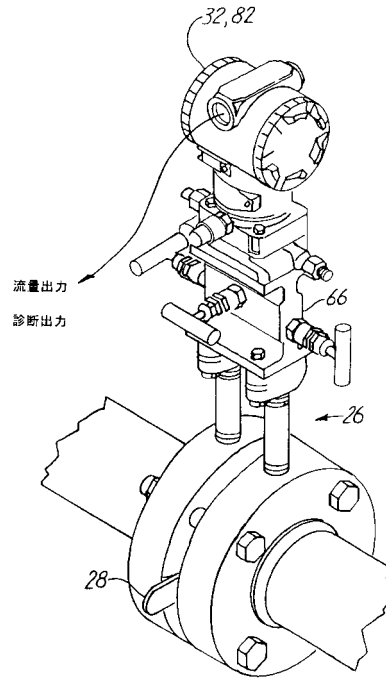
【図 8】



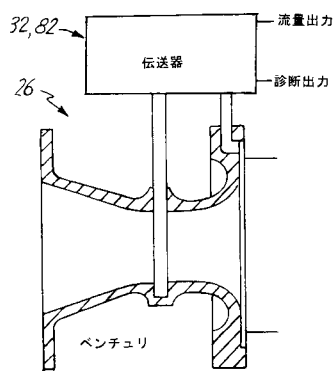
【図 9】



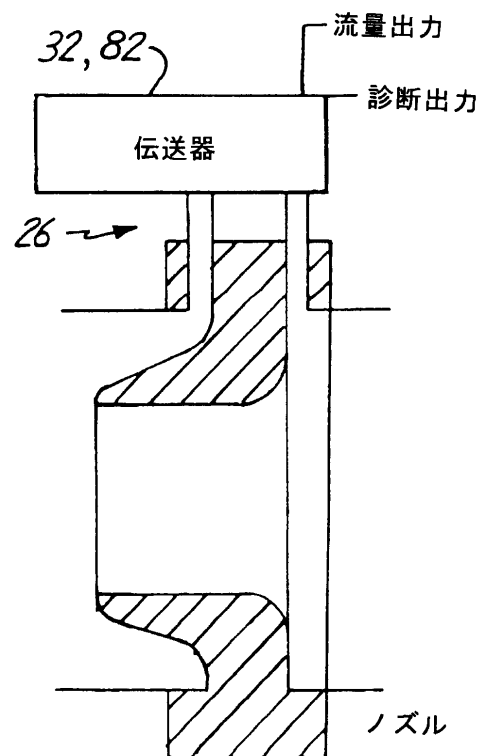
【図 10】



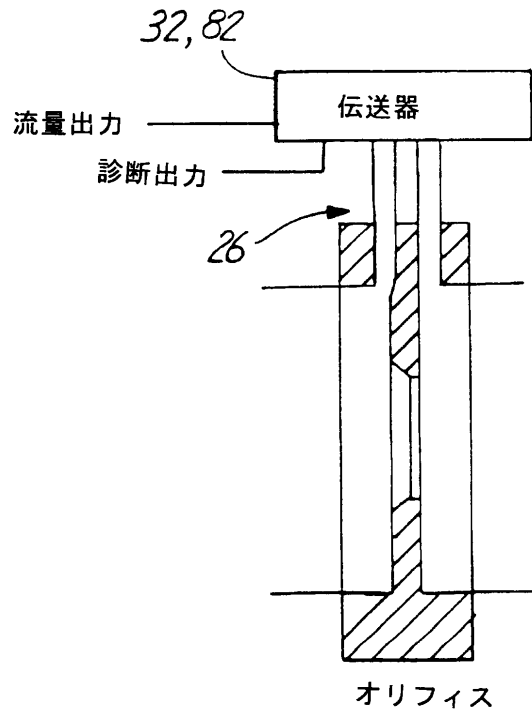
【図 11】



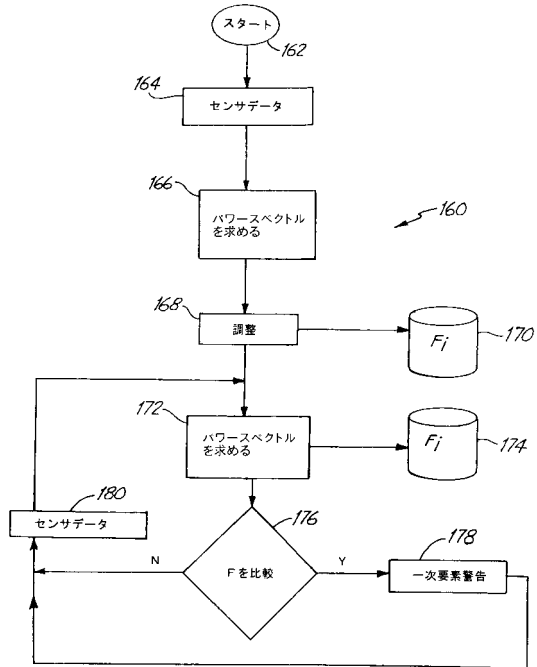
【図 12】



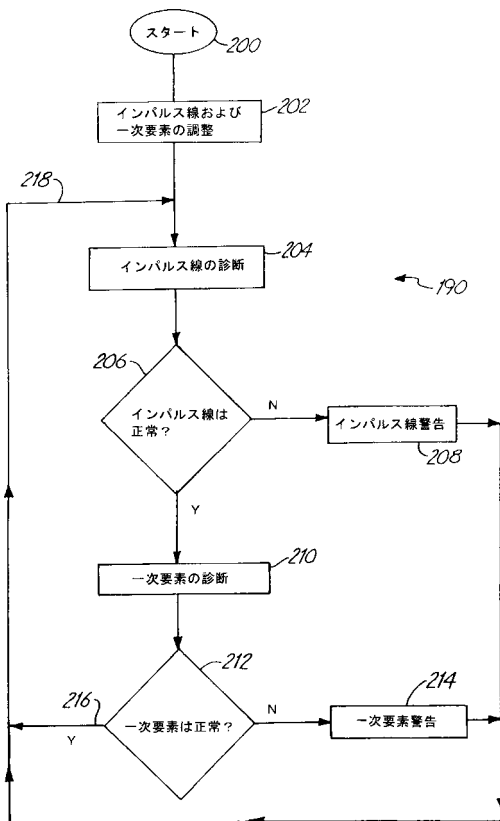
【図 13】



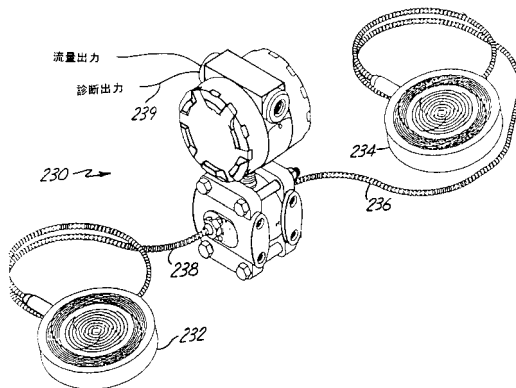
【図 14】



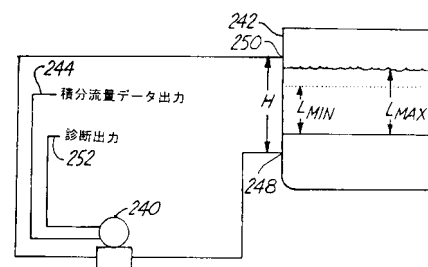
【図 15】



【図 16】



【図 17】



---

フロントページの続き

(72)発明者 カヴァクリオグル, カディア  
アメリカ合衆国 5 5 4 2 4 ミネソタ州、エディナ、フェアファックス アベニュー 5 8 3 7

審査官 岸 智史

(56)参考文献 特開平 0 7 - 2 9 4 3 5 6 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 0 0 2 8 2 3 ( J P , A )  
特開平 0 9 - 0 6 8 4 4 6 ( J P , A )  
国際公開第 9 7 / 0 4 8 9 7 4 ( W O , A 1 )  
特開平 0 8 - 1 3 6 3 8 6 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
G01F 1/34-1/50  
G01L 13/00-13/06