

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4130877号
(P4130877)

(45) 発行日 平成20年8月6日(2008.8.6)

(24) 登録日 平成20年5月30日(2008.5.30)

(51) Int. Cl.	F I				
GO 1 F 1/696	(2006.01)	GO 1 F	1/68	2 O 1 Z	
GO 1 F 1/68	(2006.01)	GO 1 F	1/68	A	
GO 1 F 1/72	(2006.01)	GO 1 F	1/72		
FO 2 D 45/00	(2006.01)	FO 2 D	45/00	3 5 8 C	
		FO 2 D	45/00	3 6 6 B	

請求項の数 5 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2002-177870 (P2002-177870)	(73) 特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22) 出願日	平成14年6月19日(2002.6.19)	(73) 特許権者	000232999 株式会社日立カーエンジニアリング 茨城県ひたちなか市高場2477番地
(65) 公開番号	特開2004-20454 (P2004-20454A)	(74) 代理人	100100310 弁理士 井上 学
(43) 公開日	平成16年1月22日(2004.1.22)	(72) 発明者	菅家 厚 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立 研究所内
審査請求日	平成16年5月12日(2004.5.12)		
前置審査			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流量計及び流量計システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

流量に応じた非線形な信号を出力するセンサ回路と、前記センサ回路の出力信号を制御用に調整する調整手段とを備えた流量計において、

前記調整手段にて、

前記出力信号における前記センサ回路のバラツキを調整する出力調整処理と、

前記出力信号を流量信号に変換する基準特性曲線と前記基準特性曲線に対して異なる特性曲線を設定する調整用パラメータとを有し、前記調整用パラメータにより前記基準特性曲線に対して異なる特性曲線を設定し、設定した前記特性曲線を用いて前記出力調整処理で処理した後の出力信号を流量信号に変換することによって前記流量信号の平均値を直流成分の誤差を伴いかつ前記出力信号の脈動振幅の大小によって異なるように変化させる流量変換を行い、変換した前記流量信号の脈動振幅を低減させる平滑処理を行い、平滑処理した流量信号に対して前記基準特性曲線と前記流量変換で設定した特性曲線との差分より求めた出力特性を用いて前記流量変換において生じた前記直流成分の誤差を補償する流量感度変換を行うことによって、出力調整処理後の前記出力信号の平均値を調整する不均等線形化処理とを行うことを特徴とする流量計。

【請求項2】

請求項1に記載の流量計において、

前記流量計は逆流を含む双方向の流量を検出する流量計であって、

前記流量変換は、前記基準特性曲線に対して異なる特性曲線として第1の変換式を設定

し、前記第 1 の変換式を用いて前記出力信号を流量信号に変換し、

前記第 1 の変換式は、出力信号を流量信号に変換する双方向の特性曲線のうち少なくとも一方向が、前記基準特性曲線の特性とは異なる特性に設定されることを特徴とする流量計。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の流量計において、

前記調整手段による調整前の出力信号の応答性を回復する回復手段を設けたことを特徴とする流量計。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の流量計と、該流量計からの信号によってエンジン制御を行うコントローラとを備えたことを特徴とする流量計システム。

10

【請求項 5】

請求項 4 に記載の流量計システムにおいて、前記コントローラからの信号によって前記調整パラメータを変更することを特徴とする流量計システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、空気およびガス流量を測定する流量計及び該流量計を用いた流量計システムに関するものである。

【0002】

20

【従来の技術】

従来より、自動車などの内燃機関の電子制御燃料噴射装置に設けられ吸入空気量を測定する空気流量計として、熱式のものが質量空気量を直接検知できることから多数使われている。この際、発熱抵抗体は白金線をボビンに巻きつけてガラスでコーティングする、薄膜抵抗体をセラミック基板上やシリコン基板上に形成する等により構成されている。流量の検出方法としては発熱抵抗体を一定温度に加熱し、流れが生じた際に流れる電流を直接検出する方式と、発熱抵抗体の両側に温度検出抵抗体を配置し、温度検出抵抗体の温度差により検出する方式等が上げられる。

【0003】

ここで、4 気筒以下のエンジンの低回転数、重負荷時のように、吸入空気量の脈動振幅が大きく一部逆流を伴う脈動流の場合、従来の空気流量装置では精度が低下するため、特開昭 62 - 821 号公報に記載の流量計が知られている。

30

【0004】

また、この逆流を含む動的な脈動特性を補正するために、逆流識別をするセンサを用い、エンジンコントロールユニット等において逆流領域の特性曲線を変更するなどのやり方が、特表平 8 - 511627 号、特開平 9 - 15013 号公報等に記載されている。

【0005】

また、脈動下の誤差の低減方法として、エンジンコントロールユニットやセンサ制御用のマイコンにおいて、非線形なセンサの出力信号を空気流量に変換するマップ等を用いて線形な信号（流量）に変換し、フィルタにより脈動振幅を低減した後再度非線形化することで、最終的な出力信号の振幅を低減して誤差を低減する方法が、特開平 11 - 316145 号、特開平 11 - 337382 号公報等に記載されている。

40

【0006】

一方、計測器として用いられる流速計のセンサ出力をアナログ・デジタル変換器でデジタル値に変換し、所定の係数を記録したメモリの関数式により特性を調整し、表示器に表示する、またはデジタル・アナログ変換器でアナログ値に変換し電圧で出力する構成が特開平 6 - 265565 号等に記載されている。同様の構成で、圧力変動等による流速変動の影響の低減方法が特開平 8 - 94406 号に記載され、センサの出力をアナログ・デジタル変換器でデジタル値に変換し、リニアライズした後、平均値を演算し、誤差のない流量値を表示するとしている。これらは流量計測装置としてクローズしたシステム構成

50

に用いるものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

一般に発熱抵抗体を用いた熱式流量計のセンサ出力と空気流量との関係はキングの式と呼ばれる次式によって表される。

【0008】

【式1】

$$I_h \cdot I_h \cdot R_h = (C_1 + C_2 \cdot Q) (T_h - T_a) \quad \dots (式1)$$

ここで I_h は熱線電流、 R_h は熱線抵抗、 T_h は熱線の表面温度、 T_a は空気の温度、 Q は空気流量、 C_1 、 C_2 は熱線で決まる定数である。センサの出力は、熱線電流値 I_h を抵抗で電圧値として検出するのが一般的であり、内燃機関の制御に用いるエンジンコントロールユニットでは、(式1)の関係からセンサの出力電圧値を流量値に変換して内燃機関の空気と燃料の割合などを制御している。このように、熱式流量計のセンサ出力信号と実際の流量との関係は(式1)の非線形な関係(流量の4乗根が電圧値)であるため、流量として信号を用いるには何らかの線形化手段が必要となる。

10

【0009】

前記従来技術においては、脈動等の動的な流れの変動に対して検出誤差を低減する方法として、一つは先のセンサの電圧信号を空気流量に変換して線形化(リニアライズとも呼ぶ)し、線形な領域でローパスフィルタ等を用いて脈動振幅の低減や、平均化処理をする。その結果を、必要に応じて再度本来の信号形態である非線形な信号に戻し、最終的に脈動影響の受けにくい信号とする手段があげられる。

20

【0010】

もう一つは脈動が大きな領域で、逆流と呼ばれる吸気弁がオーバーラップしているときは、ピストン上昇に伴って排気弁側から正圧で吸気弁側に戻る空気の吹き返し現象をとらえるために、逆流を検知可能なセンサを用いて脈動流の計測をする場合である。この場合、センサの応答性や逆流の感度の違いによる影響を無くするために、先の(式1)において逆流側の特性式を変更し、逆流を含む脈動流の誤差を少なくするものである。

【0011】

しかしながら、近年の吸排気バルブを可変とした弁機構を伴う様な新しい内燃機関の場合等においては、圧力変動や流れの波形に乱れが起きやすい傾向にあり、また脈動や逆流そのものの大きさが大きく、かつ内燃機関の回転数などの外的な条件で変動しやすい等の課題があり、大きな逆流を含む脈動域での誤差の低減が望まれていた。上記従来例では、このような大きな脈動誤差を低減するための調整方法等に関してはあまり検討がされていなかった。

30

【0012】

本発明の目的は、内燃機関等の脈動や逆流の大きな環境下に於いて、センサの出力電圧波形がひずむことによって流量の平均値に生じる誤差を低減することができる調整手段を提供することである。

【0013】

【課題を解決するための手段】

40

上記目的を達成するために、本発明の流量計は、流量に応じた非線形な信号を出力するセンサ回路と、前記センサ回路の出力信号を制御用に調整する調整手段とを備えた流量計において、前記調整手段にて、前記出力信号における前記センサ回路のバラツキを調整する出力調整処理と、前記出力信号を流量信号に変換する基準特性曲線と前記基準特性曲線に対して異なる特性曲線を設定する調整用パラメータとを有し、前記調整用パラメータにより前記基準特性曲線に対して異なる特性曲線を設定し、設定した前記特性曲線を用いて前記出力調整処理で処理した後の出力信号を流量信号に変換することによって前記流量信号の平均値を直流成分の誤差を伴いつつ前記出力信号の脈動振幅の大小によって異なるように変化させる流量変換を行い、変換した前記流量信号の脈動振幅を低減させる平滑処理を行い、平滑処理した流量信号に対して前記基準特性曲線と前記流量変換で設定した特性

50

曲線との差分より求めた出力特性を用いて前記流量変換において生じた前記直流成分の誤差を補償する流量感度変換を行うことによって、出力調整処理後の前記出力信号の平均値を調整する不均等線形化処理とを行うものである。

【 0 0 1 4 】

出力信号を流量信号に変換する基準特性曲線に対して異なる特性曲線を設定し、設定した特性曲線を用いて出力信号を流量信号に変換することによって流量信号の平均値を出力信号の脈動振幅の大小によって異なるように変化させることができる。

【 0 0 1 5 】

基準特性曲線に対して異なる特性曲線を用いて出力信号を流量信号に変換する際に、直流成分の誤差を伴う。この直流成分の誤差に対しては、平滑処理後に行う流量感度変換において、基準特性曲線と流量変換で設定した特性曲線との差分より求めた出力特性を用いて補償する。

【 0 0 1 6 】

これにより、出力信号の直流成分はそのままに、脈動時の平均値を調整することができる。

【 0 0 2 2 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の第 1 の実施例を図 1 により説明する。センサ回路 1 は、電源 1 0 に接続され、発熱抵抗体 1 1 を一定温度で加熱し、流速に応じて生じる熱のやり取りにより、発熱抵抗体 1 1 に流れる流量を測定する、熱式流量計のセンシング部分を構成している。マイクロコンピュータや専用ロジックなどのデジタル手段で構成されたデジタル誤差調整装置 2 では、センサ回路 1 の出力信号 V_{in} を受けてアナログ・デジタル変換器 (A / D 変換器) 2 1 によりデジタル値に変換し、書き換えメモリ 2 3 上に用意された補正データにより演算回路 2 2 で誤差補正を施し、デジタル・アナログ変換器 (D / A 変換器) 2 4 によりセンサ回路 1 の出力と同等の電圧値でエンジンコントロールユニット 5 に出力している。センサ回路 1 , デジタル誤差調整装置 2 は、基準電圧を発生する電源回路 3 と含めて流量測定装置 4 を構成している。エンジンコントロールユニット 5 は、流量測定装置 4 の出力信号 V_{out} の信号を、アナログ・デジタル変換器 5 1 によりデジタル値に変換してエンジン制御に用いるものである。

【 0 0 2 3 】

次に、マイクロコンピュータや専用ロジックなどのデジタル手段で構成されたデジタル誤差調整装置 2 における演算処理の流れを図 2 により説明する。演算処理 4 0 では、センサ回路 1 の出力 V_{in} を入力して、アナログ・デジタル変換処理 4 1 によりデジタル値とし、必要に応じて応答回復処理 4 2 を施し、その後センサ特性の個別ばらつきを吸収するための出力調整処理 4 3 をする。その後センサの電圧信号を流量に変換して平滑を施す際に、調整パラメータによって脈動時の平均値を可変とする不均等線形化処理 4 4 を施す。不均等線形化後の出力は、必要に応じて再度非線形化処理 4 5 を施し、デジタル・アナログ変換処理 4 6 によって、誤差の低減した電圧信号 V_{out} を流量測定装置 4 の出力としてエンジンコントロールユニット 5 に伝達させるものである。

【 0 0 2 4 】

ここで不均等線形化処理 4 4 の前に、先に (式 1) に示した流量とセンサの電圧との関係を図 3 により説明する。横軸に流量をとると、センサの出力電圧は、低流量での感度は大きく、高流量になるに従い感度が少なくなるような非線形なカーブを描く。このような関係の出力特性を持つセンサにおいて、sin 波のようにきれいに脈動した流量が入力しても、それを電圧で検出すると非線形なカーブの影響で、電圧信号はプラス側が圧縮しマイナス側が伸びたような少しひずんだ波形となる。この電圧信号をそのまま平均化して流量の平均値と比較すると、非線形な曲がりの影響で見かけ上流量の平均値が減少するようになる。これは脈動が大きいほど、非線形な流量と電圧のカーブの曲がりが大きいほど大きくなるので、通常はセンサの電圧値で得られた信号を、カーブの特性を使って流量に変換 (リニアライズ) してから平均化などの処理を施すものである。この関係を求めるには、通

10

20

30

40

50

常流量に対するセンサの電圧信号を実際に計測し、基準となる特性曲線（マスター特性 Q_{ref} と呼ぶ）としてエンジンコントローラ 5 内などに登録し、流量を用いた各種の制御に用いられている。

【0025】

次に不均等線形化処理 44 による、脈動誤差の低減方法について図 4 により説明する。まず不均等線形化処理ではない、脈動影響やノイズの低減に用いられる処理を図 4 (a) に示す。これは平均流量 Q_{ave1} が同じで、大きな振幅の信号 Q_{a1} と小さな振幅の Q_{a2} に応じた流量に対応したセンサ電圧信号が入力した場合である。電圧 - 流量変換 441 では基準特性曲線 Q_{ref} と同等な特性曲線 f_{x1} により流量に変換される。平滑処理 442 ではデジタル的なローパスフィルタ（平滑処理）等により脈動振幅が低減した出力信号 Q_{af1} , Q_{af2} を得る。この平滑化された信号の平均値 Q_{avef1} , Q_{avef2} は等しい値になる。つまり、正確に基準特性曲線 Q_{ref} と同等な特性曲線 f_{x1} で流量に変換することで、脈動の大きさや脈動の周波数によらない流量の平均値を得ることができる。しかしながら、例えば脈動の大小において流量や計測した電圧波形がはずんで脈動時の平均値に誤差があるような場合に対して、脈動の大きさに対する平均値の調整手段がない。

10

【0026】

これに対し、不均等線形化処理を施した場合の処理を図 4 (b) に示すが、これは脈動の大小に応じて、流量の平均値に対する調整手段を提供するものである。具体的に説明すると、先と同様な入力に対し、電圧 - 流量変換 441 の基準特性曲線 Q_{ref} に対して異なる特性曲線 f_{x1} を調整パラメータにより設定して流量に変更する。平滑処理 442 ではデジタル的なローパスフィルタ（平滑処理）等により脈動振幅が低減した信号を得、その後、先の電圧 - 流量変換 441 の基準特性曲線 Q_{ref} と異なる特性曲線 f_{x1} との差によって生じる静特性の誤差（直流感度特性）を補償するための出力特性 f_{x2} を有する流量感度変換 443 を設ける。この出力特性 f_{x2} を介し、出力信号 Q_{af1} , Q_{af2} を得る。この平滑化された信号の平均値 Q_{avef1} , Q_{avef2} は例えば振幅の大小によって異なり、先の電圧 - 流量変換 441 の特性曲線 f_{x1} の特性に応じて平均値の増減が可能となる（この例では増加）。この特性曲線 f_{x1} を調整パラメータで変更し、変更後の特性曲線 f_{x1} と基準特性曲線 Q_{ref} との差より流量感度変換 443 の出力特性 f_{x2} を変更することで、自由に平均値を増減することが可能となる。また調整パラメータで、平滑処理 442 内のローパスフィルタの周波数特性等を変更すれば、脈動振幅の大小だけでなく、脈動周波数の差異によっても平均値を増減することが可能となる。

20

30

【0027】

図 5 に電圧 - 流量変換 441 の特性曲線の詳細を示す。これは、図 3 の流量とセンサ電圧との関係によって、流量の大きな流量信号 Q_{a1} に対してはセンサ回路 1 の出力である電圧信号 V_{in1} が、流量の小さい流量信号 Q_{a2} に対しては電圧信号 V_{in2} が生成されている。図 5 では、このセンサ電圧を横軸として電圧信号 V_{in1} , V_{in2} を入力している。そのため基準特性曲線 Q_{ref} を用いて流量に変換すれば図 3 の流量信号 Q_{a1} , Q_{a2} と等価な信号に戻すことができる。これに対し、例えば基準特性曲線 Q_{ref} よりも曲がりの緩やかな特性曲線 f_{x1} を用いて流量（もしくは流量に相当する信号 Q としている）に変換すると、変換後の流量信号 Q_{a1} , Q_{a2} はその平均値が大きく増加し直流的な信号（静特性）としてみると誤差を生じることになる。この直流誤差を無くするためには、図 6 に示す感度変換を用いればよい。

40

【0028】

流量感度変換 443 の出力特性 f_{x2} の詳細を説明する。横軸を先の図 5 流量相当信号の縦軸 Q とすると、縦軸を感度変更後の正しい流量信号 Q とする。流量の感度が一定である流量信号が等しい関係 $Q = Q$ であれば、縦軸横軸共に等しい流量信号 Q_{a1} , Q_{af1} となる。これに対し、直流感度を補償するため、基準特性曲線 Q_{ref} と特性曲線 f_{x1} との差分より求めた出力特性 f_{x2} を用いることで、直流感度を先の基準特性曲線 Q_{ref}

50

e f を用いた場合の平均値 Q_{ave1} と等しくすることができる。しかしながら、例えば平滑後の流量信号 Q_{af} が入力した場合の最終的な脈動時の平均値 Q_{ave2} は、本来の平均値 Q_{ave1} とは異なる。つまり、先の第 1 の変換手段による特性曲線 $f \times 1$ と、第 2 の変換手段による出力特性 $f \times 2$ により信号の直流成分をそのままに、脈動時の平均値を調整できることがわかる。この調整パラメータは、先の書き換えメモリ 23 に記憶し、第 1 第 2 の特性を多項式による関数や、直線補間で近似するマップ変換やテーブル変換等にて定義することで実現が可能となる。

【0029】

以上のように不均等線形化処理 44 をした後の流量信号を再度、図 3 に示す様な流量とセンサ電圧の基準となる特性曲線 Q_{ref} で電圧にする非線形化処理 45 を施せば、見かけ上脈動による誤差が低減した信号を電圧で得ることも可能となる。非線形化処理をするのが前提であれば、不均等線形化処理 44 内の流量感度変換 443 と非線形化処理 45 を一つの式や直線補間で近似するマップ変換等て実現することも可能である。その際は、変換処理による演算負荷やメモリが低減することになる。

10

【0030】

エンジンコントロールユニット 5 から見た場合は、空気流量の測定装置 4 は従来からのセンサ回路 1 と同様の出力を電圧で出力し、かつ脈動時の誤差を調整しつつ脈動振幅変動が低減されており、誤差低減と同時にエンジンコントロールユニット 5 のアナログ・デジタル変換器 51 のサンプリング周波数を遅く出来るなどのシステムメリットも享受できる。

20

【0031】

具体的なハードウェア構成を図 7 により説明する。これは直接、発熱抵抗体 11 への加熱電流を基にした電圧信号より流量を得るタイプの流量計の代表的な構成例である。センサ回路 1 は、電源 10 に接続され空気流量に応じた信号を出力する。センサ回路 1 は、発熱抵抗体 11、温度補償抵抗 12、抵抗 13、14 からなるホイーストブリッジ回路により、ブリッジ中点の電位差がゼロになるように差動増幅器 15、トランジスタ 16 によって発熱抵抗体 11 に流れる電流を調整するように構成されている。この構成により、流速によらず発熱抵抗体 11 の抵抗値は一定に、すなわち温度が一定値になるように制御される。このとき、発熱抵抗体 11 による流速に対応する信号をゼロスパン回路に入力する。ゼロスパン回路は差動増幅器 121、抵抗 122、123、124、125、126、127 から構成される。

30

【0032】

ここで発熱抵抗体 11 は、例えばセラミックなどの熱伝導性の良い絶縁材料で作られた円筒状または円柱状のポピンの表面に、発熱体として白金やタングステンの熱線が巻かれており、被覆材としてガラスやセラミックスがコーティングされたものである。発熱抵抗体 11 は板型のガラスやセラミック、シリコンなどの基盤上に、発熱体として白金やタングステンの薄膜や厚膜、ポリシリコン抵抗体等が形成されたものであっても良い。

【0033】

発熱抵抗体 11 は自動車等の内燃機関の吸気通路内に設けられ、吸気通路に流れる空気流量に対応した電圧出力が差動増幅器 121 の出力として得られる。この出力電圧を、マイクロコンピュータや専用ロジックなどのデジタル手段で構成されたデジタル誤差調整装置 2 に内蔵するアナログ・デジタル変換器 21 に入力してデジタル量とし、デジタル誤差調整装置 2 内の CPU 221 で必要に応じて応答回復処理を施し、その後センサ特性の個別ばらつきを吸収するための出力調整処理をする。その後センサの電圧信号を任意の第 1 の変換式 $f \times 1$ で流量に変換して平滑を、第 2 の変換式 $f \times 2$ で感度を調整する等の不均等線形化処理を施す。不均等線形化後の出力は、必要に応じて再度線形化処理を施し、エンジンコントロールユニット等にデジタル・アナログ変換器 24 用いて非線形な電圧値を出力する。

40

【0034】

デジタル誤差調整装置 2 は、他に各種流量変換式等の基準となる流量変換マップやプロ

50

グラムを内蔵した記憶手段である不揮発性メモリ (ROM) 223, 発熱抵抗体 11 の抵抗値ばらつき等の個体差情報や、平滑処理の平滑の度合い (周波数特性等), 不均等線形化を施すための各種関数の変更するための調整パラメータ, 応答回復処理の度合い等を記録した書き換え可能なメモリ (PROM) 23, CPU 221 の演算作業領域に用いるランダムアクセスメモリ (RAM) 222, 内部クロックを発生する発振器 (OSC) 25 等により構成される。書き換え可能な PROM 23 は、デジタル誤差調整装置 2 に内蔵されなくてもかまわないが、一回以上の書き込みが出来る物であれば、ヒューズ型の ROM や電氣的消去可能な EEPROM, 一括消去するフラッシュ ROM, 強誘電体膜の分極現象を利用した高速な不揮発性メモリなどであっても良い。

【0035】

以上のような第 1 の実施例によれば、熱式流量計のセンサ出力の基本的な特性をそこなくことなく非線形性による誤差を低減でき、かつ本センサを使用するユーザにとっての使用制限が少なくなるという効果がある。また、脈動の大小において流量や計測した電圧波形がはずんで脈動時の平均値に誤差があるような場合に対して、脈動の大きさに対する平均値の調整手段を提供することができ、吸気系の外的な影響等によらず流量計の適用範囲を広げることなども可能となる。

【0036】

次に、本発明の第 2 の実施例を図 8 により説明する。これは、発熱抵抗体によって加熱される温度の、流れの向きと大きさに応じた温度差に応じた電圧信号より流量を得る温度差式とよぶタイプの流量計の代表的な構成例である。流れの向きを検知することで逆流量の検出を可能とする等、大きな脈動を含む流量の検出に適したものである。

【0037】

先の実施例と同様に熱線駆動回路 1 は電源 10 に接続され、熱線駆動回路 1 は発熱抵抗体 211a, 温度補償抵抗 211c, 抵抗 13, 14, 17 からなるホイーストブリッジ回路により、ブリッジ中点の電位差がゼロになるように差動増幅器 15, トランジスタ 16 によって発熱抵抗体 211a に流れる電流を調整するように構成されている。発熱抵抗体 11a の加熱温度が低いと、差動増幅器 15 の出力が大きくなり、更に加熱するように動作する。この構成により流速によらず発熱抵抗体 211a の抵抗値は一定に、すなわち温度が一定値になるように、発熱抵抗体 211a に流れる電流が制御される。このとき、発熱抵抗体 211a の両側に温度検出抵抗体 211d, 211e, 211f, 211g を配置し、温度検出抵抗体 211d, 211e, 211f, 211g でブリッジを構成し中点の電位 V_{b1} , V_{b2} の差より抵抗体の温度差を検出する方式は、流れの方向に応じた出力が得られる。ここで温度検出抵抗体 211d, 211e, 211f, 211g は電源電圧 V_{ref1} により一定電圧で駆動されるものである。この抵抗体の温度差を検出する方式は、差動で検出するため低流量側の感度が良く、逆流といった双方向の流れの検出に適している。

【0038】

ここで、用いられる発熱抵抗体 211a をシリコン半導体基板上 211 に薄膜で構成された場合のパターンの一例を図 9 に示す。発熱抵抗体 211a は縦長で抵抗が折り返したパターンで、この両側に温度検出用の抵抗体 211d, 211e, 211f, 211g が配置された構造となっている。この、発熱抵抗体 211a と、温度検出用の抵抗体 211d, 211e, 211f, 211g は、例えばシリコン基板 211 の裏面からエッチングされ熱容量が小さなダイヤフラム構造部に抵抗体が配置されたものである。温度補償抵抗 211c は、発熱抵抗体 211a の加熱による温度影響が受けにくい場所に配置されている。シリコン半導体基板 211 の線分 A - B による断面構造を図 10 に示す。抵抗パターンのある場所が最も厚みがある構造となっている。

【0039】

本実施例においては、この温度検出抵抗体 211d, 211e, 211f, 211g のブリッジ中点の電位 V_{b1} , V_{b2} も、デジタル誤差調整装置 2 に入力する。デジタル誤差調整装置 2 は、2 つのアナログ・デジタル変換器 21a, 21b を有し、流量に応

10

20

30

40

50

じた電圧値をデジタル値に変換して読み取り、デジタル量として演算により調整し、デジタル・アナログ変換器 24 の出力電圧 V_{out} としてエンジンコントロールユニット等に信号を送るものである。ここでデジタル誤差調整装置 2 は、先の実施例と同様の構成であるが、外部から供給される電圧 V_{cc} を電源として内部の電源・保護回路 228 に入力し、外部電圧 V_{cc} に依存した電源電圧 V_{ref1} としてスイッチ 225 を介し、アナログ・デジタル変換器 21a, 21b, デジタル・アナログ変換器 24 に接続され基準として用いられている。ここでスイッチ 225 は、デジタル誤差調整装置 2 の内部の基準電圧回路 229 で発生した電圧 V_{ref2} と、先の外部電圧 V_{cc} に依存した電源電圧 V_{ref1} を切り替えるものである。ここでアナログ・デジタル変換器 21a, 21b は、ブリッジ回路の出力 V_{b1} , V_{b2} 等を直接入力しているため精度が必要となるが、精度を確保し、かつ回路規模を小さくするには例えば 型のアナログ・デジタル変換器を用いればよい。

10

【0040】

また、デジタル・アナログ変換器 24 も同様に、スイッチ 225 により基準電圧を変えることが出来るようになってきている。これは、アナログ値でインターフェイスする場合の基準を自由に選択するためであり、接続されるコントロールユニット側のアナログ・デジタル変換器の基準電圧と外部から供給される電圧 V_{cc} が同様もしくは、同期して変動する場合は電源電圧 V_{ref1} を基準とする。コントロールユニット側とは関連性が無い場合は、独立した基準電圧 V_{ref2} を選択する。対応するコントロールユニットによって対応が容易でアナログインターフェイスのアンマッチングによる誤差の少ない構成としたものである。

20

【0041】

デジタル誤差調整装置 2 を前記構成とすることで、順流から逆流までの脈動の大きな広い条件で調整の容易な流量計を提供することができる。詳細な動作を図 11 により説明する。これは、温度差式といった流れの方向を検知可能な流量計の基準出力特性 Q_{refu} , Q_{refd} を示す。横軸の順逆（正負で現す）流量に対してセンサ電圧もプラスマイナスと符号のついた出力信号となる。ここで逆流領域を含む脈動した流量があると、入力流量信号 Q_a に対して大きな出力電圧 V_{in} が得られる。これは、基準出力特性 Q_{refu} , Q_{refd} がゼロ点付近で感度が高いため、ゼロ点をクロスする信号の出力振幅が大きくなるためである。例えばこのままのセンサ電圧信号で平均化すると、大きく平均値が減少することになる。入力流量信号 Q_a を平滑化した Q_{af} の場合と比較すると、逆流側の領域の小さな変動が大きな電圧の変動となる。このため、順逆の特性と脈動時の平均値の関係を考えると、順逆の基準出力特性 Q_{refu} , Q_{refd} に対して設定する本実施例における不均等線形化处理の際の電圧 - 流量変換と流量感度変換との関係が、いくつか考えられる。

30

【0042】

代表的な実施例として、2通りについて考える。一つは順流側の基準特性 Q_{refu} と電圧 - 流量変換の特性曲線 f_{x1u} が同じ特性で、逆流側の基準特性 Q_{refd} と電圧 - 流量変換の特性曲線 f_{x1d} が違う場合。もう一つは順流側の基準特性 Q_{refu} と電圧 - 流量変換の特性曲線 f_{x1u} と逆流側の基準特性 Q_{refd} と電圧 - 流量変換の特性曲線 f_{x1d} がいずれも違う場合である。

40

【0043】

ここで順流側の基準特性 Q_{refu} と特性曲線 f_{x1u} が一致し、逆流側の基準特性 Q_{refd} と特性曲線 f_{x1d} が異なる場合の不均等線形化处理の動作を図 12 により説明する。先の図 11 に示した順逆の流量によって生じる大きな電圧の振幅を横軸に入力し、流量に変換する動作を模擬している。ここで、逆流側が基準特性 Q_{refd} の場合は、図 11 の入力である流量が再現される。しかし、異なる特性曲線 f_{x1d} を用いれば、逆流側の特性を増減できる。ここで、流量で振幅を平滑処理により減衰させ、平均値 Q_{ave2} をとると基準の平均値 Q_{ave1} に対して減少する。この減少した流量信号を流量の感度変換を施す。図 13 に流量感度変換の特性を示すが、この場合は流量の感度を示す特性 f

50

$x2u$, $f \times 2 d$ を、流量と一致させている。その結果、感度変換による特性の変換はなく、最終的に脈動時の平均値が減少する信号 $Q a v e 2$ が得られる。ここで、逆流側の感度補正を施さないのは、通常逆流側は脈動時にのみ動作するものとし、直流を含む静特性は順流側のみを保証するような使い方をしているからである。例えば、自動車の内燃機関の制御に用いる場合は、シリンダに吸い込む空気流量を計測したいため脈動時に逆流はあるが、低負荷運転時の吸気脈動のない状態では逆流がない場合が考えられる。このような場合は、逆流側の特性が必ずしも真値でなくても、制御上不具合は無くなる。知りたいのは、あくまでもシリンダ当たり吸い込まれる空気流量であるので、平均化した値が正しければよい。この実施例の場合は、感度変換を無くすることができるのでより簡単に脈動の調整が可能と考えられるが、逆流のない状態での脈動の調整が難しい。

10

【 0 0 4 4 】

また、図 1 4 に示すような順逆の流れの向きに対して非対称な構造を持つバイパス通路 4 0 1 内にセンサ素子 2 1 1 を配置したような構造を用いた場合は、順流逆流の流速が対称では無くなる。このような場合は、本来のセンサの特性に対して元々逆流側の特性がアンバランスになる等が考えられる。以上の点などから、順逆両側いずれも違う特性曲線で補正するやり方が適応する範囲が広く効果が大きい。

【 0 0 4 5 】

順流側逆流側いずれも違う特性で不均等線形化処理する場合の動作を図 1 5 に示す。これは、順流側の特性曲線 $f \times 1 u$, 逆流側の特性曲線 $f \times 1 d$ のいずれもが基準特性 $Q r e f u$, $Q r e f d$ に対して低流量側で感度が高く高流量側で低い(曲がりきつい)場合を示している。このような場合に、先の図 1 1 に示した順逆の流量によって生じる大きな電圧の振幅を横軸に入力し、流量に変換する動作を模擬している。

20

【 0 0 4 6 】

ここで、いずれも基準特性 $Q r e f u$, $Q r e f d$ の場合は、図 1 1 の入力である流量が再現される。しかし、異なる特性曲線 $f \times 1 u$, $f \times 1 d$ を用いれば、順逆両側の特性を増減できる。ここで、流量で振幅を平滑処理により減衰させ平均値 $Q a v e 2$ をとると基準の平均値 $Q a v e 1$ に対して減少する。この減少した流量信号を流量の感度変換を施す。図 1 6 に流量感度変換の特性を示すが、逆流側の流量の感度を示す特性 $f \times 2 d$ を流量と一致させ、順流側の特性のみを特性 $f \times 2 u$ で感度変換する。これは、静特性における順流側の精度を確保しつつ、脈動影響を調整するためである。その結果、最終的な平滑後の流量信号 $Q a f 2$ の平均値 $Q a v e 2$ は、本来の平均値 $Q a v e 1$ よりも小さく、流量感度変換のない場合の平均値 $Q a v e 2$ よりも少しだけ大きな値となる。

30

【 0 0 4 7 】

本実施例によれば、逆流がありかつ大きな脈動があり、バイパス通路等により順流逆流の元々の感度が違うような場合でも容易に脈動誤差の調整が可能となるという効果がある。また、脈動に対する誤差の調整をセンサ側のみで実施するため、エンジンコントロールユニット等の外部のコントローラでは、順流逆流といった特性についてそれぞれの感度が異なる場合でも、特性に合わせて最終的な流量変換特性を変更するなどの作業が発生せず使い勝手が良くなるという効果もある。

【 0 0 4 8 】

次に、本発明の第 3 の実施例を図 1 7 により説明する。これは、流量センサの脈動周波数に対する周波数応答特性を入出力の脈動振幅の比をゲイン特性(ボード線図)で示したものである。流量の振幅条件を一定とすると、センサの基本特性 $f 1$ は一次の応答遅れを示すような特性で減衰し、周波数が高い領域では二次の遅れとなり大きく振幅が減衰する。このような場合、脈動周波数が大きな領域で脈動や逆流が発生したりすると計測誤差が大きくなる。例えばシリコンダイヤフラム上に発熱抵抗体を設けるなど、熱容量を小さくすれば応答性は改善する。しかしながら、一般的にシリコンダイヤフラムにある一定の強度を持たせるような構造とする場合は熱容量を小さくするにも限界があり、応答性の点でも限界が生じる場合がある。このような場合は、応答性を回復させる手段によりある一定の特性 $f 2$ を持たせる回路や、デジタル的な処理を加えればある程度の応答性を回復した

40

50

特性 f 3 を得ることができるようにすることができる。

【 0 0 4 9 】

図 1 8 には応答性を回復する手段を用いた場合の効果のイメージを示す。これは横軸に脈動率をとり、縦軸に脈動時の誤差を取っている。ここで脈動率は、sin 波のような理想的な脈動が発生した場合において、逆流の大きさが解るように流量の平均値に対する振幅の大きさを次の式で定義したものである。

【 0 0 5 0 】

【 式 2 】

脈動率 = (脈動時の最大値 - 脈動時の最小値) / 平均値 … (式 2)

脈動時の最大値と最小値との差が、脈動の振幅値を現し、脈動率が大きいほど、流量の平均値に占める逆流の割合が大きいといえる。例えば自動車のエンジンなどにおいてエンジン回転数が高くなると脈動周波数も高く、低回転では脈動周波数も低くなるといった傾向にある。このような場合、高回転では応答性の影響で流量を検出した電圧の振幅が小さくなり、流量平均値でみるとマイナス誤差になりやすい特性を持っている。これらの特性を改善するには、先の応答性を回復する手段を用いることで誤差を低減することが可能となる。しかしながら、このような場合において低回転側で脈動率が大きくなり、例えばプラス誤差を生じているとしても応答性の回復による影響は小さいため（元々の応答遅れが少ないため）、誤差の特性は余り変化しない。この場合は、これまで述べた不均等線形化手段を用いれば脈動率が大きな領域での脈動誤差の調整が可能となる。このため、応答性を回復する手段と、脈動誤差を調整する手段を併用してパラメータの最適化を図ることで、応答遅れなどのセンサの周波数特性によって生じる脈動誤差も同時に低減することが可能となる。

【 0 0 5 1 】

応答性を回復する手段にアナログ的な回路手段を用いて実現した場合の実施例を図 1 9 に示す。ここではアナログ回路で実現しているが、デジタル処理として応答性を回復する手段を用いても構わない。いずれの場合でも、応答性には流量依存性があるため、これを考慮するとセンサ電圧信号の直接応答性を回復する手段で補償するのが望ましい。図 1 9 は基本的には先の図 8 と同様の回路構成で、温度差ブリッジの基準電圧を外部から取り、差動増幅器 5 1 と抵抗 5 2 , 5 3 , 5 4 , 5 5 とコンデンサ 6 2 , 6 3 , 6 4 , 6 5 からなる応答補償回路 5 0 を追加して設けたものである。抵抗、コンデンサの定数を調整することで応答性を回復する手段の特性を変更できる。デジタル的な手段であれば、調整パラメータを変更することで容易に変更が可能となる。また、平滑手段の平滑特性を変えることも周波数を選択的に増加減するには有効である。

【 0 0 5 2 】

以上の実施例によれば、脈動周波数によって脈動時の誤差特性が変わるような場合であっても、脈動誤差の総合的な調整手段を有するため、脈動誤差の調整範囲を広げることができる。その結果、流量を計測する対象を例えばエンジンの場合では可変バルブエンジンや、気筒数の多いエンジン等への適用が可能になるなど汎用性が高くなるといった効果がある。

【 0 0 5 3 】

次に、本発明の第 4 の実施例を図 2 0 により説明する。これは、不均等線形化処理を含む調整を、エンジンコントロールユニット (E C U) などの外部コントローラの信号 S C I (シリアル・コミュニケーション・インターフェイス) 等によって、リアルタイムに調整する場合の演算処理 4 0 の内容を示す。

【 0 0 5 4 】

演算処理 4 0 では、センサ回路 1 の出力 V_{in} を入力として、アナログ・デジタル変換処理 4 1 によりデジタル値とし、センサ特性の個別ばらつきを吸収するための出力調整処理 4 3 をし、これを原信号 S_0 とする。その後不均等線形化処理 4 4 を施し、脈動誤差を低減した後、流量値で積分処理 4 8 をし、補正信号 S_1 を得る。その後、出力信号選択 4 9 によって入力する信号 S_0 , S_1 や出力形態を選択し、周波数 f_{out} や電圧信号 V

outで出力するものである。この際、エンジンコントロールユニットからの信号、例えばSCI信号を受信する通信処理25によって出力する不均等線形化処理の有無の選択や、調整パラメータ47内のパラメータの設定及び変更を実施する。調整パラメータが変更されることで、出力結果変更され脈動影響を変えることができる。この結果をエンジンコントローラで再度評価し、最適な結果が得られるようにフィードバック動作することも可能になる。このように脈動誤差のリアルタイム調整が可能になれば、エンジンや吸気系が変わったような場合でも、マッチング動作を容易に実施することができる。また、本実施例では非線形処理による信号の圧縮等は実施していない。この場合、積分処理48で脈動信号をより小さくすることで信号の圧縮等を不要にしている。また、これらのデジタル誤差調整装置2内の処理は、スロットルをコントロール用のコントローラ等別のデジタル処理手段によって実現しても構わない。エンジンコントロールユニットには、図1に示すアナログ・デジタル変換器51の他に図示しないROMやハードディスクなどの記憶手段を有し、デジタル誤差調整装置での変換式を記憶して制御する構成としても、同様の効果が得られる。

10

【0055】

以上の実施例によれば、エンジンや吸気系の変更により脈動誤差が変わるような場合でも、吸気系やセンサそのものの特性を大きく変えることなく、脈動誤差の低減を容易に実施することができる。その結果、エンジン吸気系の計測システムなどの開発期間を大幅に短縮できるといった効果がある。

【0056】

20

次に、本発明の第5の実施例を図21により説明する。これは、入力信号をデジタル信号処理により、直流成分と交流成分を分離して補正する（不均等線形化処理をする）場合の一例である。

【0057】

演算処理40では、センサ回路1の出力Vinを入力として、アナログ・デジタル変換処理41によりデジタル値とし、必要に応じて応答回復処理42を施し、その後センサ特性の個別ばらつきを吸収するための出力調整処理43をする。その後不均等線形化処理44として、まずセンサの電圧信号を流量に変換する電圧・流量変換処理441をして流量値を得、流量値を直流(DC)分と、交流(AC)分に分離する直流・交流分離処理444を施す。その後、交流分は平滑処理442により交流成分の脈動特性を変更し、直流分は流量感度変換443により補正し、再度双方の成分を合成して非線形化処理45に入力する。

30

【0058】

調整パラメータによって脈動時の平均値を可変するには、第1の実施例と同様に電圧・流量変換処理441の特性と交流(AC)分の平滑処理を変えることで実現する。ここで、直流・交流分離処理444の方法としては、デジタルシグナルプロセッシング(DSP)による信号処理や、一定時間サンプリングしたデジタルデータをメモリに蓄え(バッファリング)、波形の特徴を抽出すること等によって実現できる。本発明によれば、演算処理は増加するが脈動周波数に対して誤差の調整がより選択的に出来るので、脈動誤差の調整精度を向上できるなどの効果がある。

40

【0059】

次に、本発明の第6の実施例を図22により示す。これは、先の実施例と同様に、入力信号の直流成分と交流成分を分離して補正する（不均等線形化処理をする）場合の一例であるが、先に信号成分を分離した後、応答回復処理や、電圧・流量変換処理を施す点が異なる。直流分はそのまま、交流分を応答回復処理42した後、電圧・流量変換処理441で流量値に変換し、その後必要に応じて流量感度変換443を施す。脈動振幅が特に小さい場合でも予め、交流分を分離することで感度良く交流分の調整ができ、全体の精度が向上できるという効果がある。また、脈動が少ない場合などに直流分に関しては感度補正がされないため計算誤差を少なくできるなどの効果もある。直流成分と交流成分を分離して補正する方式のいずれも演算による負荷は増加するが、信号特性の特徴に応じて不均等線

50

形化処理方式の中身を選択すれば良い。

【0060】

これまで説明したいずれの実施例においても、脈動時の計測誤差を低減することで、エンジン制御に用いた場合はより精度の良い制御が可能となり、排ガスの低減や燃費の向上といった効果がある。

【0061】

また、これまでの実施例を用いた流量計を、燃料電池等の水素ガスのガス流検知等に用いても同様の効果を得ることができる。

【0062】

【発明の効果】

本発明によれば、出力信号の直流成分はそのままに、脈動時の平均値を調整することができるので、熱式流量計のセンサ出力の基本的な特性をそこなうことなく脈動誤差を容易に低減でき、かつ本センサを使用するユーザにとって脈動誤差の調整が容易になるといった効果がある。また、脈動時の計測誤差を低減することで、エンジン制御に用いた場合はより精度の良い制御が可能となり、排ガスの低減や燃費の向上といった効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による流量計のシステム構成図である。

【図2】デジタル処理のブロック図である。

【図3】流量に対するセンサ出力電圧特性の一例を示すグラフである。

【図4】本発明の実施例によるデジタル処理の説明図である。

【図5】センサ出力電圧 - 流量変換特性の一例を示すグラフである。

【図6】流量感度変換特性の一例を示すグラフである。

【図7】本発明の第1の実施例による回路図である。

【図8】本発明の第2の実施例による回路図である。

【図9】シリコン基板上に形成された抵抗体のパターン図である。

【図10】シリコン基板上に形成された抵抗体の断面図である。

【図11】双方向の流量センサにおける流量に対するセンサ出力電圧特性の一例を示すグラフである。

【図12】双方向の流量センサにおけるセンサ出力電圧 - 流量変換特性の一例を示すグラフである。

【図13】双方向の流量センサにおける流量感度変換特性の一例を示すグラフである。

【図14】吸気管に配置されたバイパス通路の断面図である。

【図15】双方向の流量センサにおける流量に対するセンサ出力電圧特性の一例を示すグラフである。

【図16】双方向の流量センサにおけるセンサ出力電圧 - 流量変換特性の一例を示すグラフである。

【図17】流量センサの脈動周波数特性の一例を示すグラフである。

【図18】脈動時の誤差特性の一例を示すグラフである。

【図19】本発明の第3の実施例による回路図である。

【図20】本発明の第4の実施例によるデジタル処理のブロック図である。

【図21】本発明の第5の実施例によるデジタル処理のブロック図である。

【図22】本発明の第6の実施例によるデジタル処理のブロック図である。

【符号の説明】

1 ... センサ回路、2 ... デジタル誤差調整装置、3 ... 電源回路、4 ... 流量の測定装置、5 ... エンジンコントロールユニット、10 ... 電源、11 ... 抵抗発熱体、12 ... 温度補償抵抗、40 ... 演算処理、41 ... アナログ・デジタル変換処理、42 ... 応答回復処理、43 ... 出力調整処理、44 ... 不均等線形化処理、45 ... 非線形化処理、46 ... デジタル・アナログ変換処理、47 ... 調整用パラメータ、211 ... シリコン基板、211d, 211e, 211f, 211g ... 温度検出抵抗体、401 ... バイパス通路、402 ... 吸気管通路、441 ... 電圧 - 流量変換処理、442 ... 平滑処理、443 ... 流量感度変換処理、491 ... 通

10

20

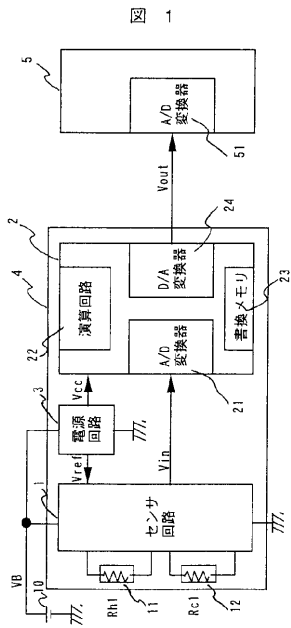
30

40

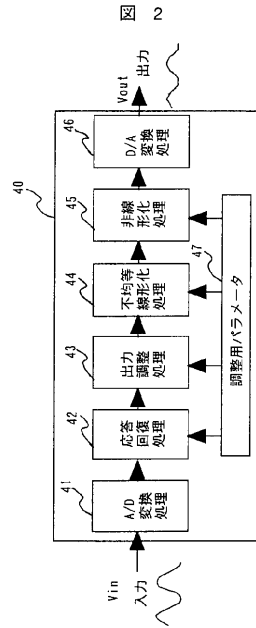
50

信処理。

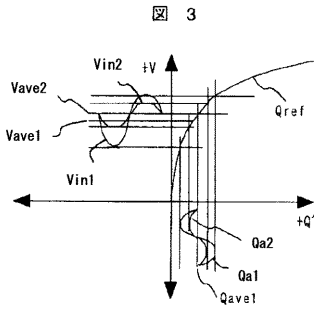
【図1】



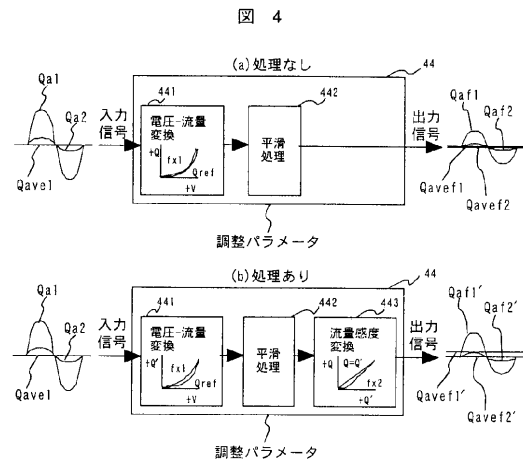
【図2】



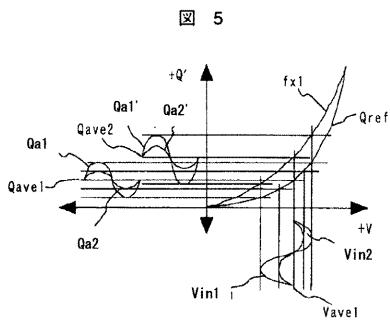
【 図 3 】



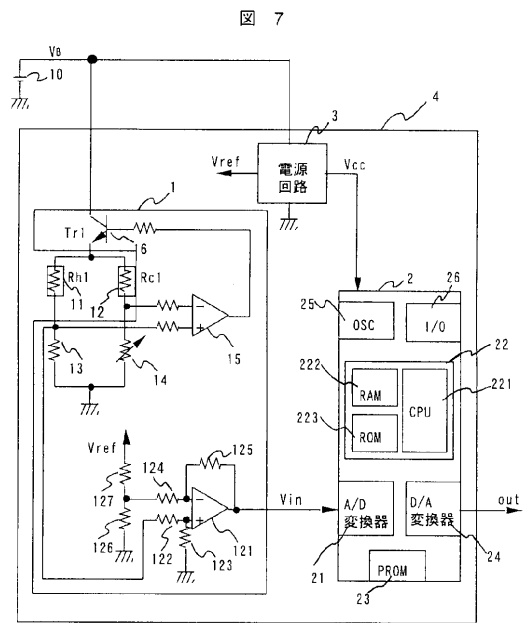
【 図 4 】



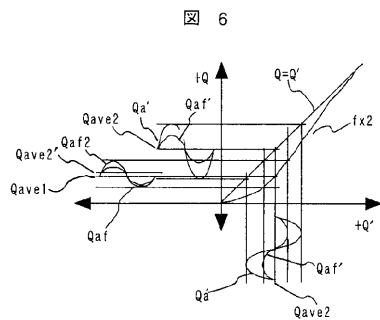
【 図 5 】



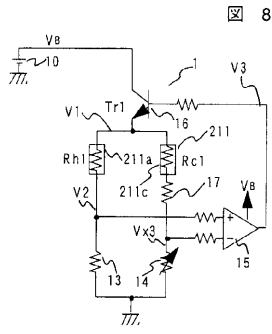
【 図 7 】



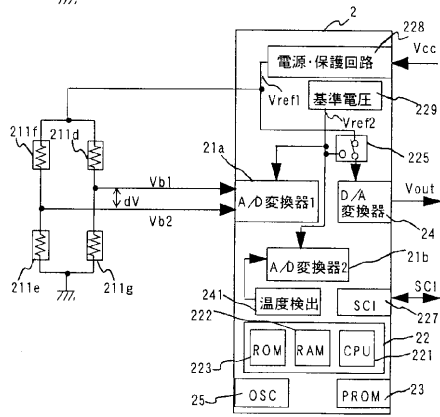
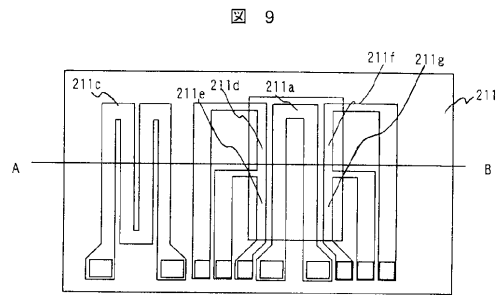
【 図 6 】



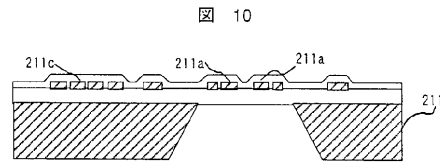
【図8】



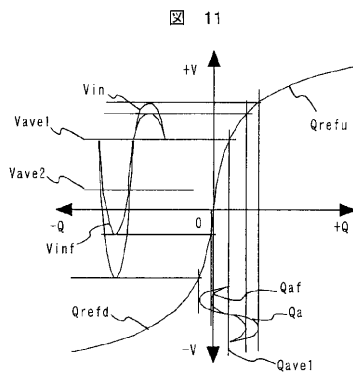
【図9】



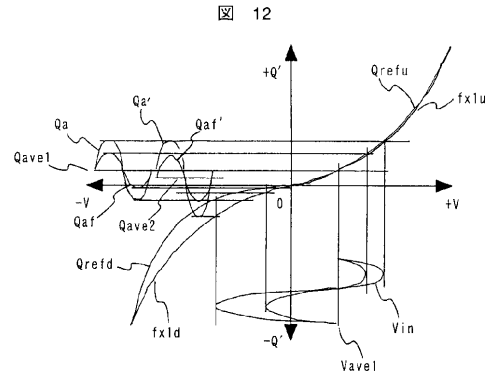
【図10】



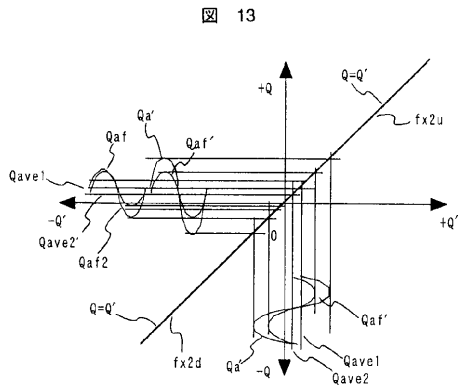
【図11】



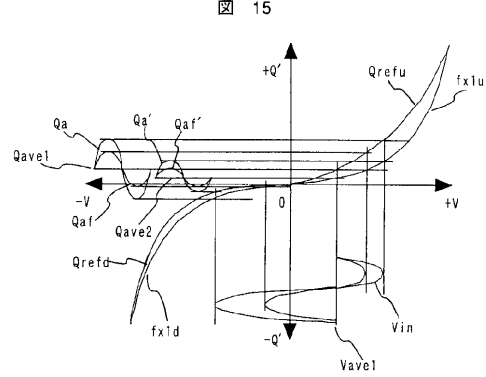
【図12】



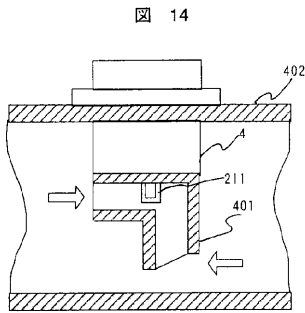
【図13】



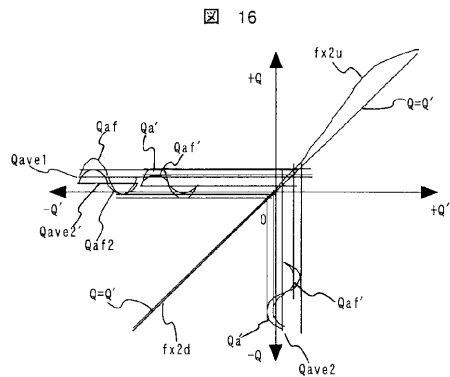
【図15】



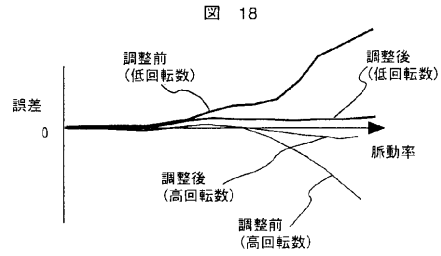
【図14】



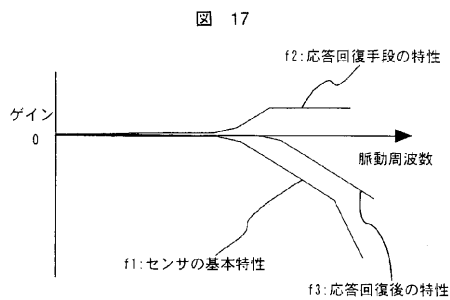
【図16】



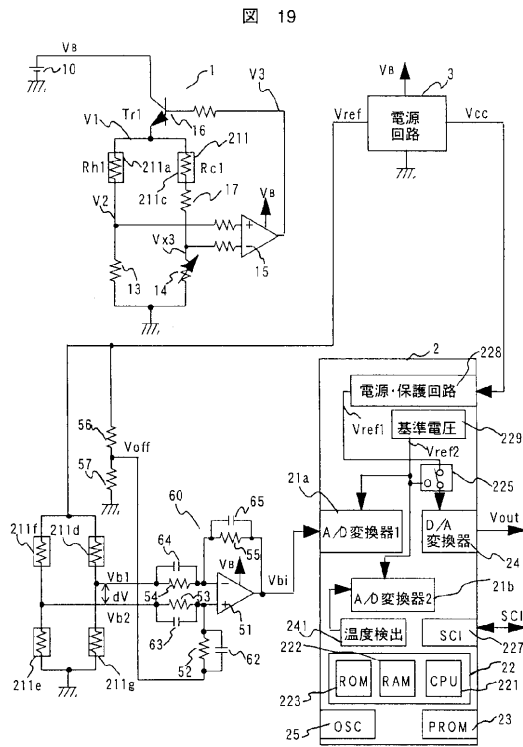
【図18】



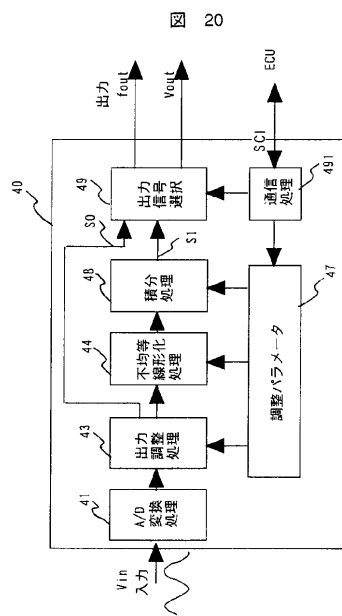
【図17】



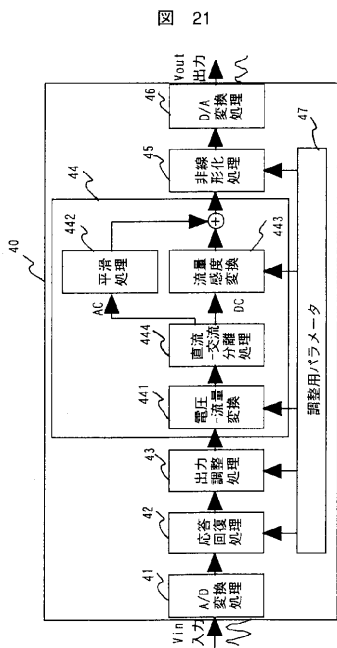
【図19】



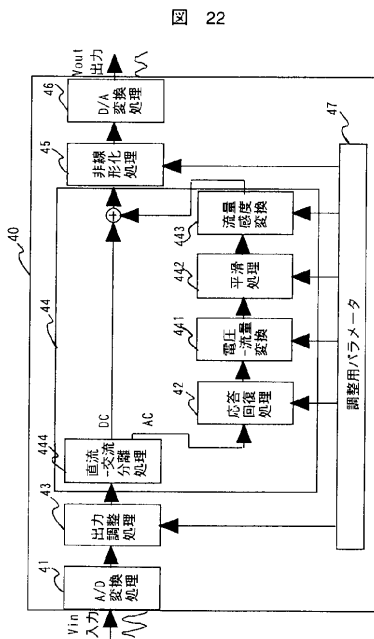
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

- (72)発明者 松本 昌大
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
株式会社 日立製作所 日立研究所内
- (72)発明者 五十嵐 信弥
茨城県ひたちなか市高場2477番地
株式会社 日立カーエンジニアリング内
- (72)発明者 半沢 恵二
茨城県ひたちなか市高場2477番地
株式会社 日立カーエンジニアリング内
- (72)発明者 上山 圭
茨城県ひたちなか市大字高場2520番地
株式会社 日立製作所 自動車機器グループ内

審査官 松浦 久夫

- (56)参考文献 特開平11-316145(JP,A)
特開平11-337382(JP,A)
特開昭58-210520(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01F 1/696

G01F 1/68