

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4736508号
(P4736508)

(45) 発行日 平成23年7月27日 (2011.7.27)

(24) 登録日 平成23年5月13日 (2011.5.13)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 R 33/09 (2006.01)

G O 1 R 33/06

R

G O 1 R 19/00 (2006.01)

G O 1 R 19/00

M

請求項の数 9 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2005-105018 (P2005-105018)
 (22) 出願日 平成17年3月31日 (2005.3.31)
 (65) 公開番号 特開2006-284375 (P2006-284375A)
 (43) 公開日 平成18年10月19日 (2006.10.19)
 審査請求日 平成19年5月8日 (2007.5.8)

(73) 特許権者 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
 (74) 代理人 100068755
 弁理士 恩田 博宣
 (74) 代理人 100105957
 弁理士 恩田 誠
 (72) 発明者 谷澤 幸彦
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
 社デンソー内
 審査官 堀 圭史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 物理量検出方法及びセンサ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

センサの出力と同センサによって求める実際の物理量との関係を、当該センサ自身の前記物理量に対する非直線性と、同センサの出力に影響を及ぼすパラメータとしてのセンサの感度及びオフセットとをそれぞれ係数として規定される 2 次方程式にて近似するとともに、それら係数のそれぞれについても、温度を独立変数とする高次の方程式にて近似してその温度係数を予め記憶手段に記憶保持しておき、前記センサのその都度の出力に基づき、
 a . 前記記憶保持している温度係数とその都度の温度とを前記高次の方程式に代入して、前記 2 次方程式の係数である前記センサ自身の前記物理量に対する非直線性と、同センサの感度及びオフセットとを求める処理、及び
 b . これら得られた係数と前記センサの出力とを前記 2 次方程式に代入して、同センサによって求める実際の物理量を算出する処理、
 を実行して前記実際の物理量を検出する物理量検出方法。

【請求項 2】

前記 2 次方程式の係数とする前記センサ自身の前記物理量に対する非直線性の温度特性と前記センサの感度の温度特性及びオフセットの温度特性とのそれぞれについて前記温度を独立変数として近似する高次の方程式を 2 次方程式として近似する

請求項 1 に記載の物理量検出方法。

【請求項 3】

前記センサ自身の前記物理量に対する非直線性を A、前記センサの感度を B、前記センサ

のオフセットを C_0 、前記センサの出力を C_1 とするとき、前記実際の物理量を、これを X として、演算

$$X = - \{ (C_0 - C_1) / B \} \cdot [1 + \{ A \cdot (C_0 - C_1) / B^2 \}]$$

を実行して算出する

請求項 2 に記載の物理量検出方法。

【請求項 4】

物理量を検出するセンサの出力を入力する手段と、

該入力されたセンサの出力と同センサによって検出する実際の物理量との関係を、当該センサ自身の前記物理量に対する非直線性と、同センサの出力に影響を及ぼすパラメータとしてのセンサの感度及びオフセットとをそれぞれ係数として規定される 2 次方程式にて近似し、且つそれら係数のそれぞれについても、温度を独立変数とする高次の方程式にて近似したときの各温度係数を記憶する記憶手段と、

該記憶手段に記憶されている温度係数とその都度の温度とを前記高次の方程式に代入して、前記 2 次方程式の係数である前記センサ自身の前記物理量に対する非直線性と、同センサの感度及びオフセットとを求めるとともに、これら得られた係数と前記センサの出力とを前記 2 次方程式に代入して、同センサによって検出する実際の物理量を演算する演算手段と、

を備えるセンサ装置。

【請求項 5】

前記演算手段は、前記 2 次方程式の係数とする前記センサ自身の前記物理量に対する非直線性の温度特性と前記センサの感度の温度特性及びオフセットの温度特性とのそれぞれについて前記温度を独立変数として近似する高次の方程式を 2 次方程式として近似して前記演算を実行する

請求項 4 に記載のセンサ装置。

【請求項 6】

前記センサ自身の前記物理量に対する非直線性を A 、前記センサの感度を B 、前記センサのオフセットを C_0 、前記センサの出力を C_1 とするとき、前記演算手段は、前記実際の物理量を、これを X として、演算

$$X = - \{ (C_0 - C_1) / B \} \cdot [1 + \{ A \cdot (C_0 - C_1) / B^2 \}]$$

を実行して算出する

請求項 5 に記載のセンサ装置。

【請求項 7】

前記センサの出力を入力する手段は、この入力したセンサの出力を所定の分解能にてデジタル信号に変換する A/D 変換器を備え、前記演算手段は、この変換されたデジタル信号と前記記憶手段に記憶されている各温度係数を示すデータとに基づいて前記演算を実行するデジタル信号処理部からなる

請求項 6 に記載のセンサ装置。

【請求項 8】

前記記憶手段は、電氣的に書き込み可能な ROM からなり、前記各温度係数を示すデータが外部から書き込み可能に構成されてなる

請求項 7 に記載のセンサ装置。

【請求項 9】

前記入力されたセンサの出力と同センサによって検出する実際の物理量との関係が、当該センサ自身の前記物理量に対する非直線性の温度特性と、同センサの感度及びオフセットの温度特性とを含めて、前記演算手段による演算結果を集約した温度別のマップデータとして ROM に格納されてなり、それらマップデータを選択する温度情報と前記センサの出

力情報とが前記ROMに与えられることに基づき、前記実際の物理量Xの値を該ROMから直接読み出す

請求項6に記載のセンサ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検出物理量とセンサ出力との関係を是正して物理量の検出を行う物理量検出方法及び該検出方法を利用するセンサ装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、例えば車両では、温度、圧力、磁界等の物理量を検出する各種センサから出力されるセンサ信号をデジタルデータに変換し、このデジタルデータを用いてエンジンの運転制御をはじめとする各種制御を行っている。ただし、これらセンサは通常、オフセットや感度といった温度に依存するパラメータを有していることから、上記センサ信号も、たとえば検出対象とする物理量が同じであったとしても、そのときの温度によって異なる値を示すなどの不都合を生じることとなる。そして、こうしたセンサの特性に起因して実際の物理量とセンサ信号との乖離が大きくなると、上記制御そのものの信頼性が大きく低下することとなるため、従来より、こうしたセンサの温度特性を考慮して、センサ信号に対する補正が行われている。その補正方法の一例として、特許文献1に記載されたセンサ装置を採用する方法がある。

【0003】

すなわちこのセンサ装置は、実際の物理量の変化とセンサ信号との関係を上記オフセットや感度も含めて直線近似、すなわち一次式で近似して、センサから出力される信号を、そのときのセンサの温度を考慮した値に補正するための補正係数を求める。そして、この求めた補正係数を適宜に記憶しておき、物理量を検出する際には、センサの温度を求めるとともに、その都度検出される物理量をこの求めたセンサの温度を考慮した上記補正係数を用いて補正演算するようにしている。

【特許文献1】特開平11-44585号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、センサ素子によっては、上述したオフセットや感度などのパラメータ自体が温度に依存して非直線的に、すなわち非線形的に変化することも多い。そしてこの場合には、これらパラメータの非線形な温度特性に起因して、実際の物理量の変化に対するセンサ信号の変化もより複雑なものとなる。しかし、上記従来のセンサ装置では、求める物理量とセンサ信号との関係をこれらオフセットや感度も含めて直線近似するようにしている。このため、これが例えばサーモパイルを用いた赤外線センサ、あるいは磁気抵抗素子を用いた磁気センサや電流センサ等のように、上記パラメータ自体が非線形な温度特性を有するセンサに適用される場合には、その検出精度の低下が避けられない。

【0005】

本発明は、こうした実情に鑑みてなされたものであり、その目的は、オフセットや感度等のパラメータが温度の変化に起因して非線形に変化するようなセンサであれ、それら温度特性を的確に補償して、対象となる物理量をより高精度に検出することのできる物理量検出方法及び該検出方法を利用するセンサ装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

こうした目的を達成するため、請求項1に記載の発明では、センサの出力と同センサによって求める実際の物理量との関係を、当該センサ自身の上記物理量に対する非直線性と、同センサの出力に影響を及ぼすパラメータとしてのセンサの感度及びオフセットとをそれぞれ係数として規定される2次方程式にて近似するとともに、それら係数のそれぞれに

10

20

30

40

50

についても、温度を独立変数とする高次の方程式にて近似してその温度係数を予め記憶手段に記憶保持しておき、上記センサのその都度の出力に基づき、

a．上記記憶保持している温度係数とその都度の温度とを上記高次の方程式に代入して、上記２次方程式の係数である上記センサ自身の上記物理量に対する非直線性と、同センサの感度及びオフセットとを求める処理、及び

b．これら得られた係数と上記センサの出力とを上記２次方程式に代入して、同センサによって求める実際の物理量を算出する処理、

を実行して上記実際の物理量を検出するようにした。

【０００７】

物理量検出方法としてこのような方法によれば、センサの出力と同センサによって求める実際の物理量との関係が２次方程式にて近似されるときにも、この２次方程式の係数が高次の方程式にて近似されることとなるため、温度の変化に起因して非線形に変化するようなセンサであっても、その温度特性が的確に補償されるようになる。このため、これら方程式の解を求める処理にあたる上記 a．の処理及び上記 b．の処理の実行を通じて検出される（求められる）実際の物理量も自ずと高い精度に維持されるようになる。

【０００８】

また、請求項 2 に記載の物理量検出方法によるように、上記２次方程式の係数とする上記センサ自身の上記物理量に対する非直線性の温度特性と上記センサの感度の温度特性及びオフセットの温度特性とのそれぞれについて上記温度を独立変数として近似する高次の方程式を２次方程式として近似することとすれば、上記 a．の処理の実行にかかる負荷の軽減を通じて、実際の物理量の検出までにかかる時間も好適に短縮されるようになる。

【０００９】

また、こうした物理量検出方法において、具体的には、例えば、請求項 3 に記載の発明によるように、上記センサ自身の上記物理量に対する非直線性を A、上記センサの感度を B、上記センサのオフセットを C_0 、上記センサの出力を C_1 とするとき、上記実際の物理量を、これを X として、演算

$$X = - \{ (C_0 - C_1) / B \} \cdot [1 + \{ A \cdot (C_0 - C_1) / B^2 \}]$$

を実行して算出することが望ましい。この演算式は、センサの出力と同センサによって求める実際の物理量との関係を規定する上記２次方程式を級数展開し、この級数展開の結果として得られた項のうち、２次までの項を用いて上記２次方程式を物理量 X について近似したものである。このような演算式を用いてセンサの出力から実際の物理量を算出するようにすれば、その演算負荷もさらに軽減され、ひいては演算にかかる時間のさらなる短縮が図られるようになる。特に、センサの出力をデジタルデータとして扱う場合には、２次方程式の演算は高次の多項式演算を通じて実行されることとなるため、その演算の実行に必要とされる回路の規模ばかりでなく、物理量の算出にかかる時間も無視できないものとなる。この点、上記演算式を用いた物理量検出方法によれば、上記処理 a．及び上記処理 b．といった定型処理が速やかに実行されることとなり、物理量の算出にかかる時間の短縮とともに、回路規模の好適な抑制も図られるようになる。

【００１０】

また、請求項 4 に記載の発明では、物理量を検出するセンサの出力を入力する手段と、該入力されたセンサの出力と同センサによって検出する実際の物理量との関係を、当該センサ自身の上記物理量に対する非直線性と、同センサの出力に影響を及ぼすパラメータとしてのセンサの感度及びオフセットとをそれぞれ係数として規定される２次方程式にて近似し、且つそれら係数のそれぞれについても、温度を独立変数とする高次の方程式にて近似したときの各温度係数を記憶する記憶手段と、該記憶手段に記憶されている温度係数とその都度の温度とを上記高次の方程式に代入して、上記２次方程式の係数である上記センサ自身の上記物理量に対する非直線性と、同センサの感度及びオフセットとを求めるとともに、これら得られた係数と上記センサの出力とを上記２次方程式に代入して、同センサ

によって検出する実際の物理量を演算する演算手段とを備えてセンサ装置を構成するようにした。

【 0 0 1 1 】

センサ装置としてこのような構成によれば、演算手段を通じて上記請求項 1 に記載の物理量検出方法が忠実に実行されることとなる。したがって、このようなセンサ装置によっても、オフセットや感度等のパラメータが温度の変化に起因して非線形に変化するようなセンサであれ、それら温度特性を的確に補償して、対象となる物理量をより高精度に検出することができるようになる。

【 0 0 1 2 】

また、センサ装置としてのこのような構成において請求項 5 に記載の発明によるように、上記演算手段が、上記 2 次方程式の係数とする上記センサ自身の上記物理量に対する非直線性の温度特性と上記センサの感度の温度特性及びオフセットの温度特性のそれぞれについて上記温度を独立変数として近似する高次の方程式を 2 次方程式として近似して上記演算を実行するようにすれば、演算手段を通じて上記請求項 2 に記載の物理量検出方法が忠実に実行されることとなる。したがって、このようなセンサ装置によっても、演算負荷の軽減が図られ、実際の物理量の検出までにかかる時間も短縮されるようになる。

【 0 0 1 3 】

また、こうしたセンサ装置においても、具体的には、例えば、請求項 6 に記載の発明によるように、上記センサ自身の上記物理量に対する非直線性を A、上記センサの感度を B、上記センサのオフセットを C₀、上記センサの出力を C₁とするととき、上記演算手段が、上記実際の物理量を、これを X として、演算

$$X = - \{ (C_0 - C_1) / B \} \cdot [1 + \{ A \cdot (C_0 - C_1) / B^2 \}]$$

を実行して算出するようにすることが望ましい。上述したように、この演算式は、入力されたセンサの出力から同センサによって検出する実際の物理量を求めるための近似式ではあるが、この近似式を用いてセンサの出力から実際の物理量を算出することで、必要十分な精度、並びに信頼性が確保された状態で、演算手段における演算負荷のさらなる軽減、並びに演算時間の短縮が図られるようになる。

【 0 0 1 4 】

また、請求項 6 に記載のセンサ装置は、請求項 7 に記載の発明によるように、上記センサの出力を入力する手段が、この入力したセンサの出力を所定の分解能にてデジタル信号に変換する A/D 変換器を備え、上記演算手段が、この変換されたデジタル信号と上記記憶手段に記憶されている各温度係数を示すデータとに基づいて上記演算を実行するデジタル信号処理部からなるセンサ装置に適用して特に有効である。すなわち、デジタル信号処理部における 2 次方程式の演算は高次の多項式演算を通じて実行されることとなるため、デジタル信号処理部の回路規模やその演算時間は無視できないものとなる。この点、上記演算式（近似式）を用いて実際の物理量を算出するようにすれば、上記デジタル信号から実際の物理量を求めるまでの処理がデジタル信号処理部によって速やかに実行されることとなり、物理量の演算にかかる時間が短縮されるようになるとともに、デジタル信号処理部としての回路規模も抑制されるようになる。

【 0 0 1 5 】

また、請求項 7 に記載のセンサ装置において、請求項 8 に記載の発明によるように、上記記憶手段が、電氣的に書き込み可能な ROM からなり、上記各温度係数を示すデータが外部から書き込み可能に構成されてなるようにすれば、上記各温度係数を示すデータの書き込みを通じたより柔軟な温度係数の設定が可能となり、より自由度の高い、あるいはより厳格な温度特性の補償が可能となる。

【 0 0 1 6 】

一方、請求項 6 に記載のセンサ装置において、請求項 9 に記載の発明によるように、上記入力されたセンサの出力と同センサによって検出する実際の物理量との関係が、当該セ

ンサ自身の上記物理量に対する非直線性の温度特性と、同センサの感度及びオフセットの温度特性とを含めて、上記演算手段による演算結果を集約した温度別のマップデータとしてROMに格納されてなり、それらマップデータを選択する温度情報と上記センサの出力情報とが上記ROMに与えられることに基づき、上記実際の物理量Xの値を該ROMから直接読み出す構成とすることもできる。センサ装置としてのこのような構成によっても、オフセットや感度等のパラメータが温度の変化に起因して非線形に変化するようなセンサであれ、それら温度特性が的確に補償されることとなり、対象となる物理量をより高精度に検出することができるようになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明にかかる物理量検出方法及び同検出方法を利用したセンサ装置を、例えば磁気抵抗素子等の磁気検出素子を用いて電流路を流れる電流の値を磁氣的に、すなわち電流の値に対応した電界強度や磁気ベクトルの大きさに基づいて検出する電流センサ装置に適用した一実施の形態について図1～図5を参照して説明する。

【0018】

図1に示されるように、このセンサ装置は、センサに接続される入力部10と、演算部（演算手段）20と、出力部30と、これら各部の動作を制御するコントロール部40とを基本的に備えて構成されている。なお、本実施の形態において、上記入力部10に接続されるセンサは、上述した磁気検出型の電流センサと温度検出用のセンサとの2つのセンサからなる。

【0019】

このうち、電流センサは、例えばハーフブリッジ回路を備えて形成される磁気抵抗素子を有するセンサチップと、同磁気抵抗素子に磁気ベクトルを付与するバイアス磁石とを基板上に備えて構成されている。そして、この基板が、樹脂などからなるモールド材によりモールドされた状態で当該電流センサの電流検出の対象となる電流路、例えばバスバー上に設置される構造となっている。このような構成では、バスバーを流れる電流によって発生する磁気ベクトルと上記バイアス磁石による磁気ベクトルとの合成ベクトルが、上記電流の変化に伴って角度変化するようになる。電流センサは、こうした合成ベクトルの角度変化を感知してバスバーに流れる電流の電流量を検出し、この検出した電流量に対応する原センサ信号OXを出力する。

【0020】

一方、温度検出用のセンサは、例えば前記特許文献1に記載されているセンサのように、拡散抵抗（温度係数は $1500 \sim 1700 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ ）により形成された感温抵抗素子と、温度係数が零に近い材料である例えばCrSiにより形成された拡散抵抗（基準抵抗素子）とが交互に接続されたフルブリッジ回路として構成されている。そして、このブリッジ回路にブリッジ電圧を印加しておき、該電圧の印加状態において温度が変化するときの上記感温抵抗素子の抵抗値の変化、すなわち上記感温抵抗素子と上記基準抵抗素子との対向する接続点間の電位差の変化に基づいて温度検出信号OTを出力する。なお、ここで前記原センサ信号OX及び温度検出信号OTは差動信号である場合もありうる。

【0021】

本実施の形態の例えばこのようなセンサに接続されるセンサ装置において、上記入力部10は、電流センサから入力される原センサ信号OXと温度検出用のセンサから入力される温度検出信号OTとのそれぞれを所定の分解能にてデジタル信号に変換する部分である。すなわち具体的には、この入力部10は、同図1に示されるように、電流センサに接続される増幅器11と、温度検出用のセンサに接続される増幅器12と、マルチプレクサ13と、上記デジタル信号に変換する部分であるAD変換器14とを備えて構成されている。ここでマルチプレクサ13は、上記コントロール部40からの入力切替信号に基づき、上記増幅器11からのセンサ増幅信号PX及び上記増幅器12からの温度増幅信号PTのうちのいずれか一方の信号を選択して、その選択した信号をAD変換器14に出力する回路である。これにより、AD変換器14では、同コントロール部40からの変換開始信号

10

20

30

40

50

をトリガとして、こうしてマルチプレクサ 13 から入力される信号を上記した所定の分解能のデジタル信号に変換することとなる。なお、この A/D 変換器 14 では、該当する信号の上記デジタル信号への変換が完了すると、その旨を示す変換終了信号をコントロール部 40 に出力する。そして、センサ増幅信号 P_X に対応するデジタル信号についてはこれを A/D 変換値 C₁ として、また温度増幅信号 P_T に対応するデジタル信号についてはこれを温度データ T として、それぞれこれらを演算部 20 へ出力する。

【0022】

また、同センサ装置において、上記演算部 20 は、デジタル信号処理部 21 と ROM (記憶手段) 22 とを備えて構成されている。この ROM 22 には、デジタル信号処理部 21 が後述する演算処理を実行する際に用いる複数の温度係数 (後述) の値が予め記憶されている。また、デジタル信号処理部 21 は、複数のレジスタ 21a を備えており、上記 A/D 変換器 14 から入力されたセンサ信号の A/D 変換値 C₁ あるいは温度データ T をこのレジスタ 21a に記憶する。また、デジタル信号処理部 21 では、上記コントロール部 40 から演算開始信号が入力されると、予め設定された所定の論理演算処理の実行を通じて、上記 A/D 変換値 C₁、上記温度データ T、及び上記温度係数から上記電流センサによって求めるべき実際の物理量 (推定値 X)、すなわちバスバーに流れる電流量を示すデジタル値を算出する。そして、デジタル信号処理部 21 では、同演算処理が終了すると、コントロール部 40 に対して演算終了信号を出力する。なお、デジタル信号処理部 21 は、コントロール部 40 から供給されるクロック信号に同期して上記演算処理を実行する。

【0023】

ここで、上記デジタル信号処理部 21 により実行される演算処理についてさらに詳細に説明する。この演算処理は、以下に示す演算式への上記 A/D 変換値 C₁、温度データ T、及び温度係数のそれぞれの代入を通じて上記推定値 X を算出する定型処理として実行される処理であり、まず、こうした演算処理において使用される上記演算式の導出例を図 2 にしたがって説明する。

【0024】

< 演算式の導出 >

本実施の形態では、センサの有する温度特性として、センサ自身の磁界の強度に対する非直線性の温度特性と、同センサの出力に影響を及ぼすパラメータ、すなわちオフセット及び感度の温度特性とを考える。したがって、上記 A/D 変換値 C₁ と上記推定値 X との関係は、センサ自身の磁界の強度 (磁気ベクトルの大きさ) に対する非直線性を A、センサの感度を B、センサのオフセットを C₀ とするとき、

$$A/D \text{ 変換値 } C_1 = A \cdot X^2 + B \cdot X + C_0$$

となる 2 次方程式で規定される。また、上記非直線性 A、感度 B、及びオフセット C₀ のそれぞれについても、温度データ T を独立変数とする 2 次方程式で近似する。すなわち、非直線性 A、感度 B、及びオフセット C₀ はそれぞれ、非直線性 A の温度係数を N₀ ~ N₂、感度 B の温度係数を S₀ ~ S₂、オフセット C₀ の温度係数を O₀ ~ O₂ としたとき、

$$\begin{aligned} \text{非直線性 } A &= N_2 \cdot T^2 + N_1 \cdot T + N_0 \\ \text{感度 } B &= S_2 \cdot T^2 + S_1 \cdot T + S_0 \\ \text{オフセット } C_0 &= O_2 \cdot T^2 + O_1 \cdot T + O_0 \end{aligned}$$

として規定される。このように温度特性を近似したときの上記 A/D 変換値 C₁ と上記推定値 X との関係を図 2 にグラフとして示す。また、図 3 は、上記非直線性 A、感度 B、及びオフセット C₀ を規定する 2 次方程式とこの 2 次方程式の各温度係数とを表としてまとめたものであり、上記演算部 20 が備える ROM 22 には、これら温度係数 O₀ ~ O₂、S₀ ~ S₂、N₀ ~ N₂ の値が予め記憶されている。

【 0 0 2 5 】

ここで、上述した A D 変換値 C_1 と推定値 X との関係を示す 2 次方程式を推定値 X について解くと、

$$\text{推定値 } X = \{ -B \pm (B^2 - 4 \cdot A \cdot C)^{1/2} \} / (2 \cdot A)$$

となる。この式を、感度 B が正の場合について演算すれば、デジタル信号処理部 2 1 によって推定値 X を算出することは可能である。ただし、この式に基づくデジタル信号処理部 2 1 での演算は、該式の級数展開の結果得られる高次の多項式についての演算となるため、推定値 X の算出までにかかる演算負荷、並びに時間が無視できないものとなる。そこで、本実施の形態では、以下に示す手順によってデジタル信号処理部 2 1 による推定値 X の算出にかかる負荷の軽減、並びに時間の短縮を図るようにしている。

10

【 0 0 2 6 】

すなわち、 $(1 + X)^{1/2}$ を級数展開すると、

$$(1 + X)^{1/2} = 1 + (1/2) \cdot X - (1/8) \cdot X^2 + \dots$$

となる高次の多項式が得られることとなるが、このうちの 2 次までの項を用いて、先の A D 変換値 C_1 と推定値 X との関係を示す 2 次方程式を整理する。そして、 $C = C_0 - C_1$ と置くことにより、

20

$$\text{推定値 } X = - (C / B) \cdot \{ 1 + A \cdot (C / B^2) \}$$

となる演算式（近似式）が導出される。本実施の形態におけるデジタル信号処理部 2 1 では、この近似式を用いて推定値 X の算出を行う。すなわち、デジタル信号処理部 2 1 は、上記非直線性 A 、感度 B 、及びオフセット C_0 をそれぞれ規定する 2 次方程式へその都度の温度データ T を代入するとともに、その結果求められた非直線性 A 、感度 B 、及びオフセット C_0 の各パラメータを上記近似式へ代入して推定値 X を算出する。

【 0 0 2 7 】

次に、デジタル信号処理部 2 1 により実行される演算処理を図 4 にフローチャートとして示し、このフローチャートを参照しつつ、同演算処理にかかる処理手順を以下に列記する。

30

【 0 0 2 8 】

< 演算処理の手順 >

1. レジスタ 2 1 a に記憶されているその都度の温度データ T と、ROM 2 2 に記憶されている温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ とから非直線性 A 、感度 B 、及びオフセット C_0 のそれぞれを算出する（図 4 ステップ S 1 0 0）。

2. このうちオフセット C_0 と A D 変換値 C_1 とを用いて変数 $C (= C_0 - C_1)$ を算出する（図 4 ステップ S 1 0 1）。

3. 非直線性 A 、感度 B 、及び変数 C を先の近似式に代入して推定値 X を算出する（図 4 ステップ S 1 0 2）。

40

4. 推定値 X をレジスタ 2 1 a の中の出力用レジスタに記憶する（図 4 ステップ S 1 0 3）。

【 0 0 2 9 】

なお、上記 A D 変換器 1 4 でのデジタル変換も含めてこの演算処理をマイクロコンピュータ等で実行することも可能である。また、この場合には、こうした演算処理等を例えばエンジン制御等に用いられる電子制御装置内部の処理としてもよい。ただし上述のように、ここでの演算処理の内容は定型処理であるため、本実施の形態によるように、これをデジタル信号処理部 2 1 によるいわゆる D S P (Digital Signal Processor) による演算とすることによって、上記推定値 X の算出をより高速に実行することができるようになり、

50

そのリアルタイム性も好適に確保することができるようになる。

【 0 0 3 0 】

また、図 1 に示すこのセンサ装置において、上記出力部 3 0 は、D A 変換器 3 1 とボルテージフォロア 3 2 とを備えて構成されている。この出力部 3 0 は、コントロール部 4 0 からデータ取込信号が入力されると、デジタル信号処理部 2 1 のレジスタ 2 1 a の中の出力レジスタに記憶されている推定値 X を取り込み、D A 変換器 3 1 にてこの推定値 X をアナログ信号に変換した後、ボルテージフォロア 3 2 を介して出力する部分である。このように、デジタル値である推定値 X をアナログ信号に変換することにより、該センサ装置と上記電子制御装置とが距離的に離間して配設される場合であれ、その間を基本的には 1 本の信号線で結線することが可能となる。

10

【 0 0 3 1 】

なお、上記推定値 X のアナログ信号への変換は任意であり、例えばこのセンサ装置が上記電子制御装置に組み込まれており、両者間の配線数（信号線の数）が問題とならない場合には、出力部 3 0 を割愛して、上記デジタル値からなる推定値 X を直接電子制御装置内の制御部（マイクロコンピュータ）に取り込むようにしてもよい。また、出力部 3 0 の構成も任意であり、例えば、パラレル—シリアル変換回路を備える構成として、上記電子制御装置への推定値 X の転送をシリアル通信にて行うようにしてもよい。

【 0 0 3 2 】

そして、同じく図 1 に示すこのセンサ装置において、上記コントロール部 4 0 は、例えば周知の論理回路によって構成され、発信回路 4 1 から入力されるクロック信号に同期して、入力部 1 0 のマルチプレクサ 1 3 及び A D 変換器 1 4、演算部 2 0 のデジタル信号処理部 2 1、出力部 3 0 の D A 変換器 3 1 のそれぞれを統括制御する部分である。このコントロール部 4 0 が実行する処理を図 5 にフローチャートとして示し、このフローチャートを参照しつつ、同処理の手順を以下に列記する。

20

1．センサ増幅信号 P X を選択する旨の入力切替信号をマルチプレクサ 1 3 に出力する（図 5 ステップ S 2 0 0）。

2．変換開始信号を A D 変換器 1 4 に出力する（図 5 ステップ S 2 0 1）。これにより、センサ増幅信号 P X のデジタル信号への変換が開始される。

3．A D 変換器 1 4 から変換終了信号が返されるのを待つ（図 5 ステップ S 2 0 2）。

4．A D 変換器 1 4 から変換終了信号が返された後、すなわち A D 変換値 C_1 が求められた後、温度増幅信号 P T を選択する旨の入力切替信号をマルチプレクサ 1 3 に出力する（図 5 ステップ S 2 0 3）。

30

5．変換開始信号を A D 変換器 1 4 に出力する（図 5 ステップ S 2 0 4）。これにより、温度増幅信号 P T のデジタル信号への変換が開始される。

6．A D 変換器 1 4 から変換終了信号が返されるのを待つ（図 5 ステップ S 2 0 5）。

7．A D 変換器 1 4 から変換終了信号が返された後、すなわち、温度データ T が求められた後、演算開始信号及びクロック信号をデジタル信号処理部 2 1 に出力する（図 5 ステップ S 2 0 6）。これにより、デジタル信号処理部 2 1 では、上述した演算処理が実行されることとなる。

8．デジタル信号処理部 2 1 から演算終了信号が返されるのを待つ（図 5 ステップ S 2 0 7）。

40

9．デジタル信号処理部 2 1 から演算終了信号が返された後、すなわち、推定値 X が算出された後、データ取込信号を D A 変換器 3 1 に出力する（図 5 ステップ S 2 0 8）。これにより、算出された推定値 X はアナログ信号に変換されることとなる。

【 0 0 3 3 】

また、このコントロール部 4 0 は、入力部 1 0 の増幅器 1 1、1 2 のゲイン設定や零点調整等を行うための回路も併せて備えている。この回路を通じて、例えば製造時には、上記増幅器 1 1、1 2 のゲインの設定や零点調整等が行われる。

【 0 0 3 4 】

以上説明した本実施の形態にかかる物理量検出方法及び同検出方法を利用したセンサ装

50

置によれば、以下のような効果を得ることができるようになる。

(1) センサの出力(A/D変換値 C_1)と同センサによって求める実際の物理量(推定値 X)との関係を2次方程式にて近似するとともに、この2次方程式の係数、すなわち非直線性 A 、感度 B 、及びオフセット C_0 も温度データ T を独立変数とする2次方程式にて近似することとしたため、センサの温度特性が的確に補償されるようになる。また、非直線性 A 、感度 B 、オフセット C_0 は、その都度の温度データ T に基づいて算出することとしたため、推定値 X をより高精度に算出することができるようになる。

【0035】

(2) 非直線性 A 、感度 B 、オフセット C_0 の各パラメータの温度特性は、温度データ T を独立変数とする2次方程式で近似することとした。このように、本来高次の方程式で規定される温度特性を2次方程式で近似することにより、デジタル信号処理部21での演算処理の実行にかかる負荷の軽減、並びに時間の短縮が図られるようになる。なお、このように2次方程式で近似することとしても、実使用上、十分な精度のもとでの推定値 X の算出が可能である。

【0036】

(3) デジタル信号処理部21では、A/D変換値 C_1 と推定値 X との関係を規定する2次方程式の級数展開を通じて求められる多項式のうち、2次までの項を用いた推定値 X についての近似式を用いて演算するようにした。このため、こうした演算にかかる時間が大幅に短縮されるようになるとともに、演算にかかる処理負荷も軽減されるようになる。また、こうした近似式を用いての推定値 X の算出により、デジタル信号処理部21の回路規模も抑制されるようになる。

【0037】

(4) センサの出力に対応するA/D変換値 C_1 と温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ とその都度の温度データ T とから推定値 X を算出するまでの処理をデジタル信号処理部21によるいわゆるDSP(Digital Signal Processor)による処理により実行するようにしたため、推定値 X をより高速に算出することができるようになる。

【0038】

(5) ROM22に記憶すべきデータは9つの温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ を示すデータのみであるため、ROM22としても記憶容量の小さいROMを採用することができ、その意味でもセンサ装置としての小型化が促進されるようになる。

【0039】

なお、この発明にかかる物理量検出方法及びセンサ装置は上記実施の形態に限定されるものではなく、同実施の形態を適宜変更した例えば次のような形態として実施することもできる。

【0040】

・上記実施の形態では、デジタル信号処理部21における演算負荷を軽減するために、A/D変換値 C_1 と推定値 X との関係を示す2次方程式を級数展開し、その結果得られる多項式のうち2次までの項のみを用いて近似式を導出して、この近似式を用いて推定値 X を算出するようにしている。しかし、この近似式の導出に用いる上記多項式の項数は任意であり、デジタル信号処理部21の処理能力に余裕があるときには、例えば上記多項式のうち4次までの項を用いて近似式を導出するようにしてもよい。このようにすれば、センサの温度特性をさらに高精度に補償することができるようになる。

【0041】

・上記実施の形態においては、デジタル信号処理部21の演算処理に供される温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ のデータを、ROM22に予め記憶しておくこととした。他に、これら温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ をセンサ毎に求め、この求めた温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ のデータを別途ROM22に記憶するようにしてもよい。具体的には、ROM22を例えば電氣的に書き込み可能なフラッシュメモリやEEPROM等に変更するとともに、図1に一点鎖線にて示すように、入出力回路(I/O)50をパーソナルコンピュータ51とコントロール部40との間に設け

10

20

30

40

50

ておき、この入出力回路 50 を介して ROM 22 の内容を適宜に変更するようにしてもよい。

【0042】

このような構成において、センサ毎に最適な温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ を ROM 22 に登録するまでの手順について、図 1 に示したブロック図を参照しつつ、以下に列記する。

1. まず、コントロール部 40 では、デジタル信号処理部 21 のレジスタ 21a に記憶されている AD 変換値 C_1 を取り込み、入出力回路 50 を介してパーソナルコンピュータ 51 に出力する。

2. パーソナルコンピュータ 51 では、この AD 変換値 C_1 をもとに最適な温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ を算出して、この算出した温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ を ROM 22 に書き込む旨の調整指令を入出力回路 50 を介してコントロール部 40 に出力する。

3. コントロール部 40 では、パーソナルコンピュータ 51 から温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ と上記調整指令が入力されることに基づき、これら温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ の値（データ）を ROM 22 に書き込む。

4. また、パーソナルコンピュータ 51 では、出力した温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ が ROM 22 に書き込まれたことを確認するために、ROM 22 の記憶内容の読み込みを所望する旨の指令を、同じく入出力回路 50 を介してコントロール部 40 に出力する。

5. コントロール部 40 では、こうして ROM 22 の内容の読み込みを所望する旨の指令が入力された場合、ROM 22 に記憶されている温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ を読み出し、これら読み出した温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ の値（データ）を入出力回路 50 を介してパーソナルコンピュータ 51 に出力する。

6. パーソナルコンピュータ 51 では、出力した温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ の値と入力された温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ の値とを比較することによって、ROM 22 への書き込みが確実に行われたか否かを判断する。

【0043】

このように、センサ毎に最適な温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ が ROM 22 に登録されるようにすれば、たとえセンサ毎に温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ の異なるときでも、それら接続されるセンサの温度特性を的確に補償することができるようになる。なお、ここではセンサ毎に最適な温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ を ROM 22 に登録する一例について説明したが、ROM 22 に登録すべき温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ の値としては、種々の形態のものが採用可能である。例えば、センサ毎に最適な温度係数 $O_0 \sim O_2$ 、 $S_0 \sim S_2$ 、 $N_0 \sim N_2$ を予め複数求めておき、それらの平均値を ROM 22 に登録するようにしてもよい。

【0044】

・演算部 20 の構成は任意である。例えば図 6 に例示するように、デジタル信号処理部 21 に代えて、ROM 61 と、ROM 62 とによって演算部 20 を構成するようにしてもよい。このうち ROM 61 には、温度増幅信号 PT のデジタル信号である温度データ DT と、この温度データ DT に対応する温度 T とがマップデータとして予め格納される。そして、ROM 61 は、温度データ DT が入力されると、その温度データ DT に対応する温度データ T、例えば温度データ T1 を上記マップデータから求め、この温度データ T1 を ROM 62 に出力する。一方、ROM 62 には、AD 変換値 C_1 と推定値 X との関係が、当該センサ自身の物理量に対する非直線性の温度特性及び同センサの出力に影響を及ぼすパラメータ、すなわち感度 B 及びオフセット C_0 の温度特性を含めて、上記デジタル信号処理部 21 による演算と同様の結果を集約した温度別のマップデータが格納される。そしてこの ROM 62 では、ROM 61 からマップデータを選択する温度情報と上記センサの出力情報とが与えられることに基づいて上記推定値 X を直接読み出す。すなわちここでの例では、ROM 62 は、ROM 61 から温度データ T1 が入力され、入力部 10 から AD 変

換値 C_1 が入力されると、上記マップデータから温度データ T_1 に対応する曲線を選択し、この選択した曲線上で上記 A/D 変換値 C_1 に対応する推定値 X を求める。なお、これら ROM 61 及び ROM 62 に格納された各マップデータの読み出しに際しては、適宜の補間演算を採用するようにしてもよい。センサ装置としてのこのような構成によっても、その都度の温度情報とセンサの出力情報とを ROM 62 に与えることによって、オフセット C_0 や感度 B 等のパラメータが温度の変化に起因して非線形に変化するようなセンサであれば、それら温度特性が的確に補償されることとなり、対象となる物理量をより高精度に検出することができるようになる。

【0045】

・本発明にかかるセンサ装置に接続されるセンサは、上述した電流センサ（磁気検出型電流センサ）に限定されない。本発明にかかるセンサ装置は、感度 B やオフセット C_0 等のパラメータが温度の変化に起因して非線形に変化するセンサに適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】本発明にかかるセンサ装置の一実施の形態についてその構成例を示すブロック図。

【図2】A/D 変換値（センサ出力）と推定値（実際の物理量）との関係の一例を示すグラフ。

【図3】図2に例示した関係を前提として、物理量を検出する際に用いられる温度係数と、オフセット、感度、非直線性の各パラメータとの関係を一覧して示す図。

【図4】同実施の形態にかかるセンサ装置の演算部を構成するデジタル信号処理部が行う演算処理についてその処理手順を示すフローチャート。

【図5】同実施の形態にかかるセンサ装置のコントロール部が行う処理についてその処理手順を示すフローチャート。

【図6】同実施の形態にかかるセンサ装置の演算部についてその変形例を示すブロック図。

【符号の説明】

【0047】

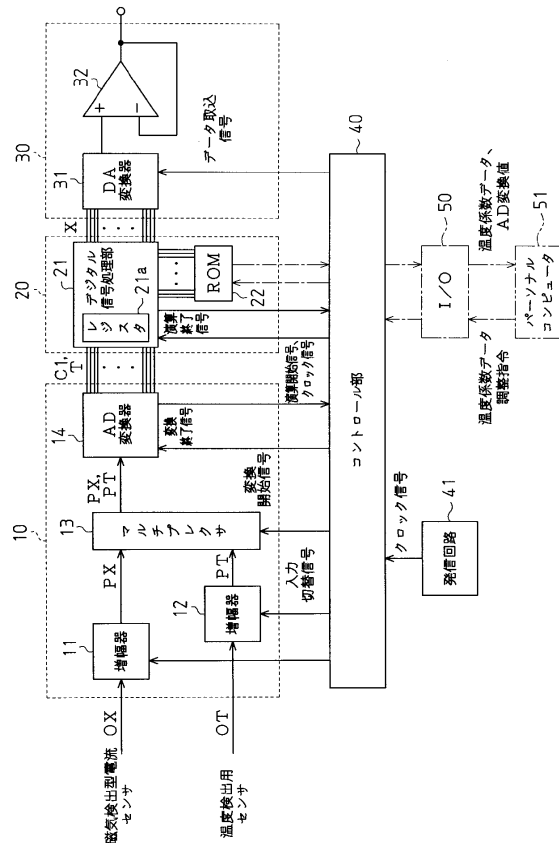
10 ... 入力部、11、12 ... 増幅器、13 ... マルチプレクサ、14 ... A/D 変換器、20 ... 演算部、21 ... デジタル信号処理部、21a ... レジスタ、22、61、62 ... ROM、30 ... 出力部、31 ... D/A 変換器、32 ... ボルテージフォロア、40 ... コントロール部、41 ... 発信回路、50 ... 入出力回路、51 ... パーソナルコンピュータ。

10

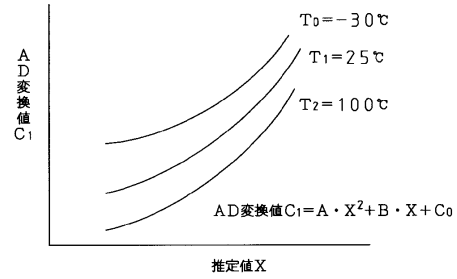
20

30

【図 1】



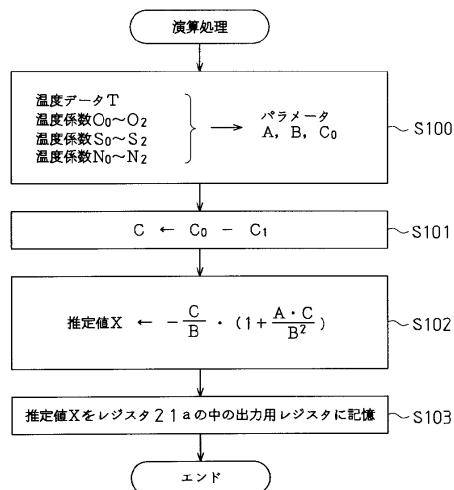
【図 2】



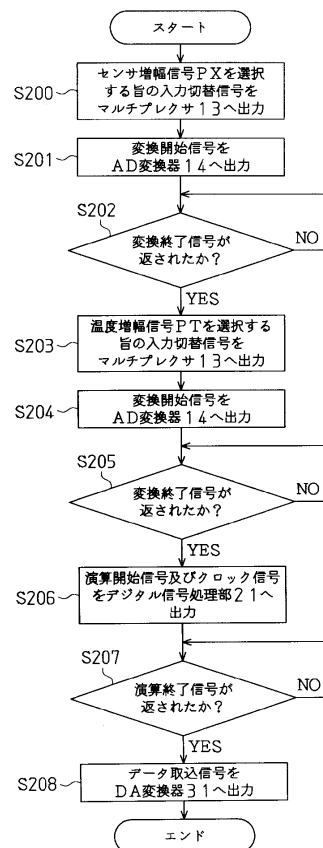
【図 3】

パラメータ	温度係数		
	0次	1次	2次
オフセット $C_0 = O_2 \cdot T^2 + O_1 \cdot T + O_0$	O_0	O_1	O_2
感度 $B = S_2 \cdot T^2 + S_1 \cdot T + S_0$	S_0	S_1	S_2
非直線性 $A = N_2 \cdot T^2 + N_1 \cdot T + N_0$	N_0	N_1	N_2

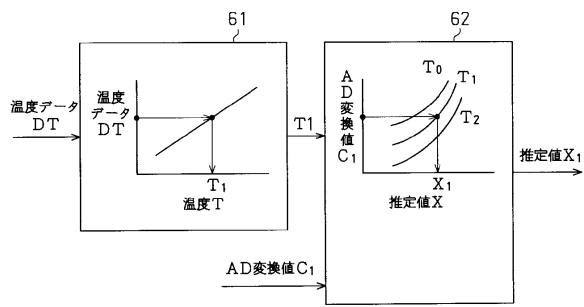
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-162066(JP,A)
特開2001-522497(JP,A)
特開平10-205767(JP,A)
特開平2-181623(JP,A)
実開平5-84880(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R
G01N
G01L
G01K
G01D