

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4330083号
(P4330083)

(45) 発行日 平成21年9月9日(2009.9.9)

(24) 登録日 平成21年6月26日(2009.6.26)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 D 5/244 (2006.01)

G O 1 D 5/244

K

請求項の数 10 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2007-133380 (P2007-133380)	(73) 特許権者	000004695
(22) 出願日	平成19年5月18日 (2007.5.18)		株式会社日本自動車部品総合研究所
(65) 公開番号	特開2008-286709 (P2008-286709A)		愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地
(43) 公開日	平成20年11月27日 (2008.11.27)	(73) 特許権者	000004260
審査請求日	平成20年9月12日 (2008.9.12)		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	100081776
			弁理士 大川 宏
		(72) 発明者	畑中 真二
			愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式
			会社日本自動車部品総合研究所内
		(72) 発明者	武田 憲司
			愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式
			会社日本自動車部品総合研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転角度検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転体と、前記回転体の回転角度に応じた互いに同位相及び逆位相でない3つの正弦波信号を出力する信号出力手段と、前記3つの正弦波信号のうちから2つの正弦波信号を順次選択し、前記選択した2つの正弦波信号に基づいて前記回転角度に対する正弦値及び余弦値を演算し、前記正弦値及び前記余弦値に基づいて逆正接演算によって前記回転角度を算出するとともに、前記正弦値及び前記余弦値と前記回転角度に基づいて前記回転角度が正常か否かを判定し、正常と判定された回転角度を出力する回転角度演算手段とを有する回転角度検出装置であって、

前記回転角度演算手段は、前記正弦値及び前記余弦値と前記回転角度とを予め設定された期待値と比較することで、前記回転角度が正常か否かを判定することを特徴とする請求項1に記載の回転角度検出装置。

【請求項2】

前記信号出力手段は、前記回転体に固定され、前記回転体の回転軸心近傍において回転軸心に直交する磁束を発生する磁石と、回転軸心の近傍に、感磁方向が、回転軸心に対して直交方向であって、互いに異なる方向となるように配置される3つの磁束密度検出手段とを有することを特徴とする請求項1に記載の回転角度検出装置。

【請求項3】

前記磁石は、回転軸心の回りに配置され、回転軸心を挟んで対向する磁極を有することを特徴とする請求項2に記載の回転角度検出装置。

10

20

【請求項 4】

回転体と、前記回転体の回転角度に応じて振幅がともに単調増加又は単調減少する、前記回転角度に応じた互いに同位相及び逆位相でない3つの正弦波信号を出力する信号出力手段と、前記3つの正弦波信号のうちから2つの正弦波信号を順次選択し、前記選択した2つの正弦波信号に基づいて1回転内の回転角度を演算するとともに、前記選択した2つの正弦波信号に基づいて前記回転角度に対する正弦値及び余弦値を演算し、前記正弦値及び前記余弦値に基づいて逆正接演算によって1回転内の回転角度を演算し、前記選択した2つの正弦波信号の少なくともいずれかの振幅に基づいて回転回数を演算し、前記1回転内の回転角度及び前記回転回数に基づいて前記回転角度を算出するとともに、前記正弦値及び前記余弦値と前記回転角度に基づいて前記回転角度が正常か否かを判定し、正常と判定された回転角度を出力する回転角度演算手段とを有する回転角度検出装置であって、
前記回転角度演算手段は、前記正弦値及び前記余弦値と前記回転角度とを予め設定された期待値と比較することで、前記回転角度が正常か否かを判定することを特徴とする請求項5に記載の回転角度検出装置。

10

【請求項 5】

前記信号出力手段は、前記回転体に固定され、前記回転体の回転軸心近傍において回転軸心に直交し、回転軸心方向に大きさが単調増加又は単調減少する磁束を発生する磁石と、前記回転体の回転に伴って前記回転体を回転軸心方向に変位させる変位手段と、回転軸心の近傍に、感磁方向が、回転軸心に対して直交方向であって、互いに異なる方向となるように配置される3つの磁束密度検出手段とを有することを特徴とする請求項4に記載の回転角度検出装置。

20

【請求項 6】

前記磁石は、回転軸心の回りに配置され、回転軸心を挟んで対向する磁極を有することを特徴とする請求項5に記載の回転角度検出装置。

【請求項 7】

前記磁石は、回転軸心に対して直交方向の前記磁極間の距離が回転軸心方向に向かうに従って単調増加又は単調減少することを特徴とする請求項6に記載の回転角度検出装置。

【請求項 8】

前記回転体は、ハウジングに回転可能に支持され、前記変位手段は、前記回転体と前記ハウジングとの間に配設されるねじ機構であることを特徴とする請求項5～7のいずれかに記載の回転角度検出装置。

30

【請求項 9】

前記信号出力手段は、前記磁石の外周側を包囲し、磁路の一部を構成する筒状のヨークを有することを特徴とする請求項1～8のいずれかに記載の回転角度検出装置。

【請求項 10】

前記ヨークは、前記回転体に一体的に形成されていることを特徴とする請求項9に記載の回転角度検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、対象物の回転角度を検出する回転角度検出装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

従来、対象物の回転角度を検出する回転角度検出装置として、例えば特開2003-75108号公報に開示されている回転角度センサがある。この回転角度センサは、円板状の磁石と、2つ～3つの磁気センサとから構成されている。磁気センサは、磁石に対して所定位置に配置され、磁石の回転に伴って変化する磁界の強さに応じた信号を出力する。そして、これらの磁気センサの出力信号から、所定の演算方法に基づいて回転角度を算出する。

【特許文献1】特開2003-75108号公報

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかし、前述した回転角度センサでは、2つ～3つの磁気センサを使用しているにも係わらず、そのうちの1つでも出力信号が異常になると、回転角度を検出できなくなってしまう。これに対し、同一の構成を2組設けることも考えられるが、磁気センサを4つ～6つ用いなければならない。

【0004】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、回転体の回転に伴って出力される信号の数を抑えるとともに、そのうちの1つが異常になっても、回転角度を継続して検出することができる回転角度検出装置を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段及び発明の効果】

【0005】

そこで、本発明者は、この課題を解決すべく鋭意研究し試行錯誤を重ねた結果、回転体の回転角度に応じた互いに同位相及び逆位相でない2つの正弦波信号から、所定の演算方法に基づいて回転角度を算出することで、信号の数を抑えるとともに、そのうちの1つが異常になっても、回転角度を継続して検出できることを思いつき、本発明を完成するに至った。

【0006】

すなわち、請求項1に記載の回転角度検出装置は、回転体と、回転体の回転角度に応じた互いに同位相及び逆位相でない3つの正弦波信号を出力する信号出力手段と、3つの正弦波信号のうちから2つの正弦波信号を順次選択し、選択した2つの正弦波信号に基づいて回転角度に対する正弦値及び余弦値を演算し、正弦値及び余弦値に基づいて逆正接演算によって回転角度を算出するとともに、正弦値及び余弦値と回転角度に基づいて回転角度が正常か否かを判定し、正常と判定された回転角度を出力する回転角度演算手段とを有する回転角度検出装置であって、回転角度演算手段は、正弦値及び余弦値と回転角度とを予め設定された期待値と比較することで、回転角度が正常か否かを判定することを特徴とする。

20

【0007】

この構成によれば、3つの正弦波信号の1つが異常になっても、回転角度を継続して検出することができる。回転角度演算手段は、3つの正弦波信号のうちから2の正弦波信号を順次選択し、選択した2つの正弦波信号に基づいて回転角度を算出する。そのため、異なる正弦波信号の組合せに基づいて3つの回転角度が算出されることとなる。ところで、正弦波信号の1つが異常になると、算出した3つの回転角度のうち、異常となった正弦波信号に基づいて算出した2つが異常となる。しかし、必ず1つは正常である。回転角度演算手段は、回転角度を算出するとともに、回転角度が正常か否かを判定している。そのため、3つの正弦波信号の1つが異常になっても、回転角度を継続して検出することができる。また、選択した2つの正弦波信号に基づいて回転角度を確実に算出することができる。さらに、正弦値及び余弦値と回転角度に基づいて回転角度が正常か否かを確実に判定することができる。ところで、回転角度は、回転角度に対する正弦値及び余弦値から逆正接演算によって算出することができる。ここで、回転角度に対する正弦値及び余弦値は、選択した2つの正弦波信号から三角関数を用いることによって演算することができる。そのため、選択した2つの正弦波信号に基づいて回転角度を確実に算出することができる。また、正常な正弦値及び余弦値と正常な回転角度との間には対応関係がある。従って、正弦値及び余弦値と回転角度との間に、正常な対応関係が成立しているか否かを判定することによって、回転角度が正常か否かを判定することができる。つまり、正弦値及び余弦値と回転角度とに基づいて回転角度が正常か否かを判定することができる。さらに、回転角度が正常か否かを確実に判定することができる。前述したように、正常な正弦値及び余弦値と正常な回転角度との間には対応関係がある。そのため、これらを期待値として予め設定しておき、正弦値及び余弦値と回転角度とをこの期待値と比較することで、回転角度が正

30

40

50

常か否かを確実に判定することができる。

【 0 0 1 1 】

請求項 2 に記載の回転角度検出装置は、請求項 1 に記載の回転角度検出装置において、さらに、信号出力手段は、回転体に固定され、回転体の回転軸心近傍において回転軸心に直交する磁束を発生する磁石と、回転軸心の近傍に、感磁方向が、回転軸心に対して直交方向であって、互いに異なる方向となるように配置される 3 つの磁束密度検出手段とを有することを特徴とする。この構成によれば、回転体の回転に応じた互いに同位相及び逆位相でない 3 つの正弦波信号を確実に出力することができる。

【 0 0 1 2 】

請求項 3 に記載の回転角度検出装置は、請求項 2 に記載の回転角度検出装置において、さらに、磁石は、回転軸心の回りに配置され、回転軸心を挟んで対向する磁極を有することを特徴とする。この構成によれば、回転体の回転軸心近傍において回転軸心に直交する磁束を確実に発生することができる。

【 0 0 1 3 】

請求項 4 に記載の回転角度検出装置は、回転体と、回転体の回転角度に応じて振幅がともに単調増加又は単調減少する、回転角度に応じた互いに同位相及び逆位相でない 3 つの正弦波信号を出力する信号出力手段と、3 つの正弦波信号のうちから 2 つの正弦波信号を順次選択し、選択した 2 つの正弦波信号に基づいて 1 回転内の回転角度を演算するとともに、選択した 2 つの正弦波信号に基づいて回転角度に対する正弦値及び余弦値を演算し、正弦値及び余弦値に基づいて逆正接演算によって 1 回転内の回転角度を演算し、選択した 2 つの正弦波信号の少なくともいずれかの振幅に基づいて回転回数を演算し、1 回転内の回転角度及び回転回数に基づいて回転角度を算出するとともに、正弦値及び余弦値と回転角度に基づいて回転角度が正常か否かを判定し、正常と判定された回転角度を出力する回転角度演算手段とを有する回転角度検出装置であって、回転角度演算手段は、正弦値及び余弦値と回転角度とを予め設定された期待値と比較することで、回転角度が正常か否かを判定することを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

この構成によれば、回転体の回転角度を多回転に渡って検出することができる。しかも、3 つの正弦波信号の 1 つが異常になっても、回転角度を継続して検出することができる。回転角度演算手段は、3 つの正弦波信号のうちから 2 の正弦波信号を順次選択し、選択した 2 つの正弦波信号に基づいて 1 回転内の回転角度を算出する。また、選択した 2 つの正弦波信号の少なくともいずれかの振幅に基づいて回転回数を演算する。そして、1 回転内の回転数及び回転回数に基づいて回転角度を算出する。そのため、回転体の回転角度を多回転に渡って検出することができる。前述したように、回転角度演算手段は、3 つの正弦波信号のうちから 2 の正弦波信号を順次選択し、選択した 2 つの正弦波信号に基づいて 1 回転内の回転角度を算出する。そのため、異なる正弦波信号の組合せに基づいて 3 つの 1 回転内の回転角度が算出されることとなる。ところで、正弦波信号の 1 つが異常になると、算出した 3 つの 1 回転内の回転角度のうち、異常となった正弦波信号に基づいて算出した 2 つが異常となる。しかし、必ず 1 つは正常である。回転角度演算手段は、1 回転内の回転角度と回転回数から回転角度を算出するとともに、回転角度が正常か否かを判定している。そのため、正弦波信号の 1 つが異常になっても、回転角度を継続して検出することができる。また、選択した 2 つの正弦波信号に基づいて多回転に渡って回転角度を確実に算出することができる。さらに、正弦値及び余弦値と回転角度とに基づいて回転角度が正常か否かを確実に判定することができる。ところで、1 回転内の回転角度は、回転角度に対する正弦値及び余弦値から逆正接演算によって算出することができる。ここで、回転角度に対する正弦値及び余弦値は、選択した 2 つの正弦波信号から三角関数を用いることによって演算することができる。そのため、選択した 2 つの正弦波信号に基づいて 1 回転内の回転角度を確実に算出することができる。また、3 つの正弦波信号の振幅は、回転体の回転角度に応じて単調増加又は単調減少している。そのため、選択した 2 つの正弦波信号の少なくともいずれかの振幅に基づいて回転回数を確実に演算することができる。従って、

10

20

30

40

50

1回転内の回転角度及び回転回数に基づいて多回転に渡って回転角度を算出することができる。また、正常な正弦値及び余弦値と正常な回転角度との間には対応関係がある。従って、正弦値及び余弦値と回転角度との間に、正常な対応関係が成立しているか否かを判定することによって、回転角度が正常か否かを判定することができる。つまり、正弦値及び余弦値と回転角度とに基づいて回転角度が正常か否かを判定することができる。さらに、回転角度が正常か否かを確実に判定することができる。前述したように、正常な正弦値及び余弦値と正常な回転角度との間には対応関係がある。そのため、これらを期待値として予め設定しておき、正弦値及び余弦値と回転角度とをこの期待値と比較することで、回転角度が正常か否かを確実に判定することができる。

【0018】

10

請求項5に記載の回転角度検出装置は、請求項4に記載の回転角度検出装置において、さらに、信号出力手段は、回転体に固定され、回転体の回転軸心近傍において回転軸心に直交し、回転軸心方向に大きさが単調増加又は単調減少する磁束を発生する磁石と、回転体の回転に伴って回転体を回転軸心方向に変位させる変位手段と、回転軸心の近傍に、感磁方向が、回転軸心に対して直交方向であって、互いに異なる方向となるように配置される3つの磁束密度検出手段とを有することを特徴とする。この構成によれば、回転体の回転角度に応じて振幅がともに単調増加又は単調減少する、回転体の回転に応じた互いに同位相及び逆位相でない3つの正弦波信号を確実に出力することができる。

【0019】

20

請求項6に記載の回転角度検出装置は、請求項5に記載の回転角度検出装置において、さらに、磁石は、回転軸心の回りに配置され、回転軸心を挟んで対向する磁極を有することを特徴とする。この構成によれば、回転体の回転軸心近傍において回転軸心に直交する磁束を確実に発生することができる。

【0020】

請求項7に記載の回転角度検出装置は、請求項6に記載の回転角度検出装置において、さらに、磁石は、回転軸心に対して直交方向の磁極間の距離が、回転軸心方向に向かうに従って単調増加又は単調減少することを特徴とする。この構成によれば、回転体の回転軸心近傍において、回転軸心方向に大きさが単調増加又は単調減少する磁束を確実に発生することができる。

【0021】

30

請求項8に記載の回転角度検出装置は、請求項5～7のいずれかに記載の回転角度検出装置において、さらに、回転体は、ハウジングに回転可能に支持され、変位手段は、回転体とハウジングとの間に配設されるねじ機構であることを特徴とする。この構成によれば、回転体を回転軸心方向に確実に変位させることができる。

【0022】

請求項9に記載の回転角度検出装置は、請求項1～8のいずれかに記載の回転角度検出装置において、さらに、信号出力手段は、磁石の外周側を包囲し、磁路の一部を構成する筒状のヨークを有することを特徴とする。この構成によれば、外部からの磁気的影響を抑えることができる。

【0023】

40

請求項10に記載の回転角度検出装置は、請求項9に記載の回転角度検出装置において、さらに、ヨークは、回転体に一体的に形成されていることを特徴とする。この構成によれば、部品点数を削減しコストを抑えることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

次に実施形態を挙げ、本発明をより詳しく説明する。

【0025】

(第1実施形態)

第1実施形態では、1回転内、つまり0度～360度の範囲の回転角度を検出する回転角度検出装置について説明する。

50

【 0 0 2 6 】

まず、図 1 ~ 図 4 を参照して構成及び動作について説明する。ここで、図 1 は、第 1 実施形態における回転角度検出装置の軸方向断面図である。図 2 は、図 1 における信号出力装置の a - a 矢視断面図である。図 3 は、磁気検出素子の出力波形である。図 4 は、 V_a 、 V_b 、 V_c と回転角度 θ の関係を示すグラフである。

【 0 0 2 7 】

図 1 及び図 2 に示すように、回転角度検出装置 1 は、回転軸 10 (回転体) と、信号出力装置 11 (信号出力手段) と、回転角度演算装置 12 (回転角度演算手段) とから構成されている。

【 0 0 2 8 】

回転軸 10 は、ハウジング 13 に回転可能に支持され、回転角度を検出する対象物 (図略) に連結されて、対象物とともに回転する部材である。

【 0 0 2 9 】

信号出力装置 11 は、回転軸 10 の回転角度 (0 度 ~ 360 度) に応じた互いに同位相及び逆位相でない 3 つの正弦波信号を出力する装置である。信号出力装置 11 は、磁石 110 と、ヨーク 112 と、磁気検出素子 113 ~ 115 とから構成されている。

【 0 0 3 0 】

磁石 110 は、回転軸 10 の軸方向端部に固定され、回転軸 10 の回転軸心 M 近傍において、回転軸心 M に直交する磁束を発生するフェライトからなる円筒状の部材である。磁石 110 の内周面の一方は、N 極に着磁されている。また、N 極に対向する内周面は、S 極に着磁されている。つまり、N 極及び S 極が、回転軸心 M を挟んで互いに対向するように着磁されている。これにより、回転軸心 M の近傍において、矢印で示すように回転軸心 M に直交する磁束が発生する。

【 0 0 3 1 】

ヨーク 112 は、磁石 110 の外周側を包囲し、磁路の一部を構成する磁性体からなる円筒状の部材である。ヨーク 112 は、回転軸 10 の軸方向端部に一体的に形成されている。

【 0 0 3 2 】

磁気検出素子 113 ~ 115 は、磁石 110 の内側であって、回転軸心 M の近傍に配置され、磁束密度を検出し対応する信号を出力する素子である。具体的にはホール IC である。磁気検出素子 113 ~ 115 には、磁束密度を検出できる方向、つまり感磁方向がある。磁気検出素子 113 ~ 115 は、回転軸心 M の近傍であって、軸方向の同一位置に配置されている。また、感磁方向が、回転軸心 M に対して直交方向であって、互いに異なる方向となるように配置されている。具体的には、それぞれの感磁方向のなす角度が、周方向に 120 度になるように配置されている。磁気検出素子 113 ~ 115 は、このように配置された状態で支持部材 14 にそれぞれ固定されている。磁気検出素子 113 ~ 115 は、回転軸 10 の回転に伴って、それぞれの感磁方向の磁束密度に応じた信号 V_a 、 V_b 、 V_c を出力する。具体的には、図 3 及び数 1 に示すように、振幅が A で一定同一であり、位相が互いに 120 度ずつ異なる回転角度 θ に応じた正弦波信号を出力する。

【 0 0 3 3 】

10

20

30

40

【数 1】

$$V_a = A \sin \theta$$

$$V_b = A \sin (\theta + 120^\circ)$$

$$V_c = A \sin (\theta - 120^\circ)$$

V_a : 磁気検出素子 113 の出力信号

V_b : 磁気検出素子 114 の出力信号

V_c : 磁気検出素子 115 の出力信号

A : 振幅

θ : 回転軸 10 の回転角度 ($0^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$)

10

【0034】

回転角度演算装置 12 は、3つの正弦波信号 V_a 、 V_b 、 V_c のうちから2つの正弦波信号を順次選択し、選択した2つの正弦波信号に基づいて回転角度を算出するマイクロコンピュータからなる装置である。また、回転角度が正常か否かを判定し、正常と判定された回転角度を出力する装置でもある。

【0035】

回転角度演算装置 12 は、磁気検出素子 113 の出力信号 V_a 、 V_b をデータに変換するとともに、数 2 に従って V_{ab} を演算する。

【0036】

20

【数 2】

$$\begin{aligned} V_{ab} &= V_a / \tan 60^\circ + V_b / \sin 60^\circ \\ &= A \cos \theta \end{aligned}$$

【0037】

さらに、 V_a 及び V_{ab} から、数 3 に従って回転軸 10 の回転角度を算出する。つまり、回転角度に応じた正弦値 ($A \sin$) 及び余弦値 ($A \cos$) から、逆正接演算によって回転角度を算出する。

【0038】

【数 3】

30

$$\begin{aligned} \theta &= \arctan (\tan \theta) \\ &= \arctan (A \cos \theta / A \sin \theta) \\ &= \arctan (V_{ab} / V_a) \end{aligned}$$

【0039】

ところで、 V_a 及び V_b が正常である場合、 V_{ab} 、 V_a によって決まる点を直角座標上に描くと、図 4 に示すように、半径が振幅 A の円となる。このとき、 V_{ab} 、 V_a によって決まる点と座標原点とを結ぶ直線と、 V_{ab} 軸とのなす角が回転角度となる。つまり、 V_{ab} 、 V_a 、回転角度の間には、対応関係がある。そのため、 V_{ab} 、 V_a 、回転角度の間に、正常な対応関係が成立しているか否かを判定することによって、回転角度が正常か否かを判定することができる。

40

【0040】

回転角度演算装置 12 は、 V_{ab} 、 V_a 、回転角度を、予め設定された V_{ab} 、 V_a 、回転角度の間の正常な対応関係を示す期待値と比較することで、回転角度が正常か否かを判定する。ここで、期待値は、図 4 に示すように、円軌跡によって表される V_{ab} 、 V_a 、回転角度の間の対応関係を示す値に設定されている。つまり、回転角度に応じた正弦値 ($A \sin$) 及び余弦値 ($A \cos$) と回転角度から、回転角度が正常か否かを判定する。

【0041】

回転角度演算装置 12 は、同様にして、磁気検出素子 114、115 の出力信号 V_b 、

50

V_c から回転角度 θ を算出するとともに、 V_{bc} 、 V_b 、回転角度 θ から回転角度 θ が正常か否かを判定する。さらに、同様にして、磁気検出素子 115、113 の出力信号 V_c 、 V_a から回転角度 θ を算出するとともに、 V_{ca} 、 V_c 、回転角度 θ から回転角度 θ が正常か否かを判定する。

【0042】

回転角度演算装置 12 は、算出した 3 つの回転角度 θ のうち正常であると判定された値を出力する。例えば、磁気検出素子 113 が故障した場合、 V_a が異常となる。そのため、 V_a に基づいて算出された回転角度 θ も異常な値となる。一方、磁気検出素子 114、115 は正常であり、 V_b 、 V_c に基づいて算出された回転角度 θ は正常な値となる。前述したように、回転角度演算装置 12 は、回転角度 θ が正常か否かを判定することができる。そのため、磁気検出素子 114、115 の出力信号に基づいて算出された正常な回転角度 θ を出力することができる。つまり、磁気検出素子 113 ~ 115 のいずれかが故障しても、正常な 2 つの磁気検出素子の出力信号に基づいて正常な回転角度 θ を出力することができる。

10

【0043】

次に、具体的効果について説明する。第 1 実施形態によれば、回転角度演算装置 12 は、3 つの正弦波信号 V_a 、 V_b 、 V_c のうちから 2 の正弦波信号を順次選択し、選択した 2 つの正弦波信号に基づいて回転角度 θ を算出する。そのため、異なる正弦波信号の組合せに基づいて 3 つの回転角度 θ が算出されることとなる。ところで、正弦波信号の 1 つが異常になると、算出した 3 つの回転角度 θ のうち、異常となった正弦波信号に基づいて算出した 2 つが異常となる。しかし、必ず 1 つは正常である。回転角度演算装置 12 は、回転角度 θ を算出するとともに、回転角度 θ が正常か否かを判定している。そのため、3 つの正弦波信号 V_a 、 V_b 、 V_c の 1 つが異常になっても、回転角度 θ を継続して検出することができる。

20

【0044】

また、第 1 実施形態によれば、回転角度 θ は、回転角度 θ に対する正弦値 ($A \sin$) 及び余弦値 ($A \cos$) から逆正接演算によって算出することができる。ここで、正弦値 ($A \sin$) 及び余弦値 ($A \cos$) は、選択した 2 つの正弦波信号から三角関数を用いることによって演算することができる。そのため、選択した 2 つの正弦波信号に基づいて回転角度 θ を確実に算出することができる。また、正常な正弦値 ($A \sin$) 及び余弦値 ($A \cos$) と正常な回転角度 θ との間には対応関係がある。従って、正弦値 ($A \sin$) 及び余弦値 ($A \cos$) と回転角度 θ との間に、正常な対応関係が成立しているか否かを判定することによって、回転角度 θ が正常か否かを判定することができる。つまり、正弦値 ($A \sin$)、余弦値 ($A \cos$)、回転角度 θ を予め設定された正常な対応関係を示す期待値と比較することで、回転角度 θ が正常か否かを確実に判定することができる。

30

【0045】

さらに、第 1 実施形態によれば、磁石 110 は、回転軸心 M の回りに円筒状で同心状に配置されている。しかも、回転軸心 M を挟んで互いに対向するように着磁されている。そのため、回転軸心 M の近傍において回転軸心 M に直交する磁束を発生することができる。また、磁気検出素子 113 ~ 115 は、磁石 110 の内側に、感磁方向が、回転軸心 M に対して直交方向であって、互いに異なる方向となるように配置されている。具体的には、それぞれの感磁方向のなす角度が周方向に 120 度になるように配置されている。そのため、回転軸 10 の回転に応じた互いに同位相及び逆位相でない 3 つの正弦波信号を確実に出力することができる。具体的には、振幅が A で一定同一であり、位相が互いに 120 度ずつ異なる正弦波信号を出力することができる。

40

【0046】

加えて、第 1 実施形態によれば、磁気検出素子 113 ~ 115 は磁石 110 の内側に配置され、磁石 110 の外周側はヨーク 112 によって包囲されている。そのため、磁気検出素子 113 ~ 115 に対する外部からの磁気的影響を抑えることができる。しかも、ヨ

50

ーク 1 1 2 は回転軸 1 0 に一体的に形成されている。そのため、部品点数を削減しコストを抑えることができる。

【 0 0 4 7 】

(第 2 実施形態)

第 2 実施形態では、多回転、つまり 0 度 ~ 3 6 0 度の範囲だけでなく、3 6 0 度を越える回転角度をも検出できる回転角度検出装置について説明する。

【 0 0 4 8 】

まず、図 5 ~ 図 1 1 を参照して構成及び動作について説明する。ここで、図 5 は、第 2 実施形態における回転角度検出装置の軸方向断面図である。図 6 は、図 5 におけるギア周辺の b - b 矢視断面図である。図 7 は、図 5 における信号出力装置周辺の拡大図である。図 8 は、図 6 における信号出力装置周辺の拡大図である。図 9 は、変位装置の動作を説明するための軸方向断面図である。図 1 0 は、磁気検出素子の出力波形である。図 1 1 は、V a b、V a と回転角度 の関係を示すグラフである。なお、図中における上下方向は、構成及び動作を説明するために便宜的に導入したものである。

10

【 0 0 4 9 】

図 5 ~ 図 1 1 に示すように、回転角度検出装置 2 は、回転軸 2 0 と、ギア 2 1 と、ギア 2 2 (回転体) と、信号出力装置 2 3 (信号出力手段) と、回転角度演算装置 2 4 (回転角度演算手段) とから構成されている。

【 0 0 5 0 】

回転軸 2 0 は、ハウジング 2 5 に回転可能に支持され、回転角度を検出する対象物 (図略) に連結されて、対象物とともに回転する部材である。

20

【 0 0 5 1 】

ギア 2 1 は、回転軸 2 0 に固定され、回転軸 2 0 とともに回転する円板状の部材である。

【 0 0 5 2 】

ギア 2 2 は、ギア 2 1 と噛み合し、ギア 2 1 の回転に伴って回転する円筒状の部材である。ギア 2 2 は、後述するスリーブ 2 3 3 1 を介してハウジング 2 5 に回転可能に支持されている。

【 0 0 5 3 】

信号出力装置 2 3 は、ギア 2 2 の回転角度 (0 度) に応じた互いに同位相及び逆位相でない 3 つの正弦波信号を出力する装置である。信号出力装置 2 3 は、磁石 2 3 0 と、ヨーク 2 3 2 と、変位装置 2 3 3 (変位手段) と、磁気検出素子 2 3 4 ~ 2 3 6 とから構成されている。

30

【 0 0 5 4 】

磁石 2 3 0 は、ギア 2 2 の回転軸心 M 近傍において回転軸心 M に直交する磁束 を発生するフェライトからなる円筒状の部材である。ヨーク 2 3 2 は、磁石 2 3 0 の外周側を包囲し、磁路の一部を構成する磁性体からなる円筒状の部材である。ヨーク 1 1 2 は、ギア 2 2 の内周に一体的に形成されている。磁石 2 3 0 は、回転軸心 M の回りに円筒状で同心状に配置され、ヨーク 2 3 2 の内周面に固定されている。磁石 2 3 0 の内周面は、回転軸心 M の下方から上方に向かうに従って拡径するように、テーパ状に成形されている。つまり、回転軸心 M に対して直交方向の内周面間の距離が、回転軸心 M の下方から上方に向かうに従って単調増加するように成形されている。磁石 2 3 0 の内周面の一方は、N 極に着磁されている。また、N 極に対向する内周面は、S 極に着磁されている。つまり、N 極及び S 極が、回転軸心 M を挟んで互いに対向するように着磁されている。これにより、回転軸心 M の近傍において、矢印で示すように回転軸心 M に直交し、回転軸心 M の下方から上方に向かうに従って単調減少する磁束 が発生する。

40

【 0 0 5 5 】

変位装置 2 3 3 は、回転軸 2 0 の回転に伴ってギア 2 2 を回転軸心 M 方向、つまり上下方向に変位させる装置である。変位装置 2 3 3 は、ギア 2 2 の外周面に形成される雄ねじ部 2 3 3 0 と、スリーブ 2 3 3 1 とから構成されている。スリーブ 2 3 3 1 は、ハウジン

50

グ 2 5 に固定され、ギア 2 2 を回転可能に支持する円弧板状の部材である。スリーブ 2 3 3 1 の内周面には、ギア 2 2 の雄ねじ部 2 3 3 0 に螺合する雌ねじ部 2 3 3 2 が形成されている。

【 0 0 5 6 】

磁気検出素子 2 3 4 ~ 2 3 6 は、磁石 2 3 0 の内側であって、回転軸心 M の近傍に配置され、磁束密度を検出し対応する信号を出力する素子である。具体的にはホール IC である。磁気検出素子 2 3 4 ~ 2 3 6 は、回転軸心 M の近傍であって、軸方向の同一位置に配置されている。また、感磁方向が、回転軸心 M に対して直交方向であって、互いに異なる方向となるように配置されている。具体的には、それぞれの感磁方向のなす角度が周方向に 1 2 0 度になるように配置されている。磁気検出素子 2 3 4 ~ 2 3 6 は、このように配置された状態で支持部材 2 6 にそれぞれ固定されている。磁気検出素子 2 3 4 ~ 2 3 6 は、回転軸 2 0 の回転に伴って、それぞれの感磁方向の磁束密度に応じた信号 V a、V b、V c を出力する。図 9 に示すように、回転軸 2 0 が回転すると、ギア 2 1 に噛合したギア 2 2 が回転する。ギア 2 2 の雄ねじ部 2 3 3 0 は、スリーブ 2 3 3 1 の雌ねじ部 2 3 3 2 に螺合しているため、ギア 2 2 は、回転に伴って回転軸心 M の下方に向かって変位する。ところで、磁石 2 3 0 は、前述したように、回転軸心 M に直交し、回転軸心 M の下方から上方に向かうに従って単調減少する磁束 を発生している。そのため、磁気検出素子 2 3 4 ~ 2 3 6 は、回転軸 2 0 の回転に伴って、図 1 0 及び数 4 に示すように、振幅が回転角度 に伴って変化する $f(\theta)$ で同一であり、位相が互いに 1 2 0 度ずつ異なる回転角度 に応じた正弦波信号を出力する。

【 0 0 5 7 】

【数 4】

$$V a = f(\theta) \sin \theta$$

$$V b = f(\theta) \sin(\theta + 120^\circ)$$

$$V c = f(\theta) \sin(\theta - 120^\circ)$$

V a : 磁気検出素子 2 3 4 の出力信号

V b : 磁気検出素子 2 3 5 の出力信号

V c : 磁気検出素子 2 3 6 の出力信号

θ : ギア 2 2 の回転角度 ($0 \text{ 度} \leq \theta$)

$f(\theta)$: 回転角度 θ に伴って変化する振幅

【 0 0 5 8 】

回転角度演算装置 2 4 は、3 つの正弦波信号 V a、V b、V c のうちから 2 つの正弦波信号を順次選択し、選択した 2 つの正弦波信号に基づいて回転角度 を算出するマイクロコンピュータからなる装置である。また、回転角度 が正常か否かを判定し、正常と判定された回転角度 を出力する装置でもある。

【 0 0 5 9 】

回転角度演算装置 2 4 は、磁気検出素子 1 1 3 の出力信号 V a、V b をデータに変換するとともに、数 5 に従って V a b を演算する。

【 0 0 6 0 】

【数 5】

$$\begin{aligned} V a b &= V a / \tan 60^\circ + V b / \sin 60^\circ \\ &= f(\theta) \cos \theta \end{aligned}$$

【 0 0 6 1 】

さらに、V a 及び V a b から、数 6 に従って、ギア 2 2 の 1 回転内の回転角度 θ_1 ($0 \text{ 度} \leq \theta_1 \leq 360 \text{ 度}$) を算出する。つまり、回転角度 に応じた正弦値 ($f(\theta) \sin \theta$) 及び余弦値 ($f(\theta) \cos \theta$) から、逆正接演算によって 1 回転内の回転角度 θ_1 を算出する。

【 0 0 6 2 】

10

20

30

40

50

【数6】

$$\begin{aligned}\theta 1 &= \arctan(\tan \theta) \\ &= \arctan\{f(\theta) \cos \theta / f(\theta) \sin \theta\} \\ &= \arctan(Vab / Va)\end{aligned}$$

【0063】

また、回転角度演算装置24は、Va、Vbの少なくともいずれかの振幅f()から、ギア22の回転回数を演算する。そして、ギア22の1回転内の回転角度 1及び回転回数から、ギア22の回転角度 を算出する。

【0064】

ところで、Va及びVbが正常である場合、Vab、Vaによって決まる点を直角座標上に描くと、図11に示すように、座標原点からの距離がf()の渦状の曲線となる。このとき、Vab、Vaによって決まる点と座標原点とを結ぶ直線と、Vab軸とのなす角が回転角度 となる。つまり、Vab、Va、回転角度 の間には対応関係がある。そのため、Vab、Va、回転角度 の間に、正常な対応関係が成立しているか否かを判定することによって、回転角度が正常か否かを判定することができる。

【0065】

回転角度演算装置24は、Vab、Va、回転角度 を、予め設定されたVab、Va、回転角度 の間の正常な対応関係を示す期待値と比較することで、回転角度 が正常か否かを判定する。ここで、期待値は、図11に示すように、渦状の曲線によって表されるVab、Va、回転角度 の間の対応関係を示す値に設定されている。つまり、回転角度 に応じた正弦値(f() sin)及び余弦値(f() cos)と回転角度 から、回転角度 が正常か否かを判定する。

【0066】

回転角度演算装置24は、同様にして、磁気検出素子235、236の出力信号Vb、Vcから回転角度 を算出するとともに、Vbc、Vb、回転角度 から回転角度 が正常か否かを判定する。さらに、同様にして、磁気検出素子236、234の出力信号Vc、Vaから回転角度 を算出するとともに、Vca、Vc、回転角度 から回転角度 が正常か否かを判定する。

【0067】

回転角度演算装置24は、算出した3つの回転角度 のうち正常であると判定された値を出力する。そのため、磁気検出素子234～236のいずれかが故障しても、正常な2つの磁気検出素子の出力信号に基づいて正常な回転角度 を出力することができる。

【0068】

次に、具体的効果について説明する。第2実施形態によれば、回転角度演算装置24は、3つの正弦波信号Va、Vb、Vcのうちから2の正弦波信号を順次選択し、選択した2つの正弦波信号に基づいて1回転内の回転角度 1を算出する。また、選択した2つの正弦波信号の少なくともいずれかの振幅に基づいて回転回数を演算する。そして、1回転内の回転角度 1及び回転数に基づいて回転角度 を算出する。そのため、ギア22の回転角度 を多回転に渡って検出することができる。前述したように、回転角度演算装置24は、選択した2つの正弦波信号に基づいて1回転内の回転角度 1を算出する。そのため、異なる正弦波信号の組合せに基づいて3つの1回転内の回転角度 1が算出されることとなる。そのため、第1実施形態の場合と同様に、3つの正弦波信号Va、Vb、Vcの1つが異常になっても、回転角度 を継続して検出することができる。

【0069】

また、第2実施形態によれば、1回転内の回転角度 1は、回転角度 に対する正弦値(f() sin)及び余弦値(f() cos)から逆正接演算によって算出することができる。ここで、正弦値(f() sin)及び余弦値(f() cos)は、選択した2つの正弦波信号から三角関数を用いることによって演算することができる。そのため、選択した2つの正弦波信号に基づいて1回転内の回転角度 1を確実に算出す

10

20

30

40

50

ることができる。3つの正弦波信号の振幅は、ギア22の回転角度に応じて単調増加又は単調減少している。そのため、選択した2つの正弦波信号の少なくともいずれかの振幅に基づいて回転回数を確実に演算することができる。従って、1回転内の回転角度 θ_1 及び回転回数に基づいて多回転に渡って回転角度 θ を算出することができる。また、正常な正弦値 $(f(\theta) \sin \theta)$ 及び余弦値 $(f(\theta) \cos \theta)$ と正常な回転角度 θ の間には対応関係がある。従って、正弦値 $(f(\theta) \sin \theta)$ 及び余弦値 $(f(\theta) \cos \theta)$ と回転角度 θ の間、正常な対応関係が成立しているか否かを判定することによって、回転角度 θ が正常か否かを判定することができる。つまり、正弦値 $(f(\theta) \sin \theta)$ 、余弦値 $(f(\theta) \cos \theta)$ 、回転角度 θ を予め設定された正常な対応関係を示す期待値と比較することで、回転角度 θ が正常か否かを確実に判定することができる。

10

【0070】

さらに、第2実施形態によれば、磁石230は、回転軸心Mの回りに円筒状で同心状に配置されている。磁石230の内周面は、下方から上方に向かうに従って拡径するように、テーパ状に成形されている。つまり、回転軸心Mに対して直交方向の内周面間の距離が、回転軸心Mの下方から上方に向かうに従って単調増加するように成形されている。しかも、回転軸心Mを挟んで互いに対向するように着磁されている。そのため、回転軸心Mの近傍において、回転軸心Mに直交し、下方から上方に向かうに従って単調減少する磁束を発生することができる。また、変位装置233は、回転軸20の回転に伴ってギア22を上下方向に変位させることができる。さらに、磁気検出素子234~236は、磁石230の内側に、感磁方向が、回転軸心Mに対して直交方向であって、互いに異なる方向となるように配置されている。具体的には、それぞれの感磁方向のなす角度が周方向に120度になるように配置されている。そのため、回転軸20の回転、つまりギア22の回転に応じて、振幅がともに単調減少する互いに同位相及び逆位相でない3つの正弦波信号を確実に出力することができる。具体的には、振幅が回転角度 θ に伴って減少する $f(\theta)$ で同一であり、位相が互いに120度ずつ異なる正弦波信号を出力することができる。

20

【0071】

加えて、第2実施形態によれば、ギア22の外周面に形成される雄ねじ部2330と、ハウジング25に固定され、雄ねじ部2330と螺合する雌ねじ部2332の形成されたスリーブ2331とを備えている。そのため、回転軸20の回転に伴って、ギア22を上下方向に確実に変位させることができる。

30

【0072】

なお、第1及び第2実施形態では、3つの磁気検出素子の正弦波信号の位相が互いに120度ずつ異なる例を挙げているが、これに限られるものではない。2つの正弦波信号が、同位相又は逆位相でなければ、これらの信号から回転角度を算出することができる。一般的には、2つの正弦波信号を $V a'$ 、 $V b'$ とした場合、数7に従って $V a'$ 、 $V a b'$ を演算する。つまり、回転角度 θ' に応じた正弦値 $(A' \sin \theta')$ 及び余弦値 $(A' \cos \theta')$ を演算する。

【0073】

【数7】

$$\begin{aligned} X' &= \begin{bmatrix} V_{ab'} \\ V_{a'} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} A' \cos \theta' \\ A' \sin \theta' \end{bmatrix} \\ &= R2 \cdot G \cdot R1 \cdot X \end{aligned}$$

$$X = \begin{bmatrix} V_{b'} \\ V_{a'} \end{bmatrix} \quad 10$$

$$= \begin{bmatrix} A' \sin \{ \theta' + (90^\circ + \alpha) \} \\ A' \sin \theta' \end{bmatrix}$$

$$R1 = \begin{bmatrix} \cos \left[-\frac{\pi}{4} \right] & -\sin \left[-\frac{\pi}{4} \right] \\ \sin \left[-\frac{\pi}{4} \right] & \cos \left[-\frac{\pi}{4} \right] \end{bmatrix}$$

$$G = \begin{bmatrix} \sin \left[\frac{\pi}{4} \right] \cos \left[\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2} \right] & 0 \\ \sin \left[\frac{\pi}{6} \right] \cos \alpha & 0 \\ 0 & \frac{\sin \left[\frac{\pi}{4} \right] \sin \left[\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2} \right]}{\sin \left[\frac{\pi}{6} \right] \cos \alpha} \end{bmatrix} \quad 20$$

$$R2 = \begin{bmatrix} \cos \left[\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2} \right] & -\sin \left[\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2} \right] \\ \sin \left[\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2} \right] & \cos \left[\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2} \right] \end{bmatrix} \quad 30$$

A' : 振幅

θ' : 回転角度

α : $V_{a'}$ と $V_{b'}$ の位相差のうち90度を超える位相差部分

【0074】

さらに、 $V_{a'}$ 、 $V_{ab'}$ から、数8に従って演算することで、回転角度 θ' を算出することができる。つまり、正弦値 ($A' \sin \theta'$) 及び余弦値 ($A' \cos \theta'$) から、逆正接演算によって回転角度 θ' を算出することができる。 40

【0075】

【数8】

$$\begin{aligned} \theta' &= \arctan (\tan \theta') \\ &= \arctan (A' \cos \theta' / A' \sin \theta') \\ &= \arctan (V_{ab'} / V_{a'}) \end{aligned}$$

【0076】

また、第1及び第2実施形態では、互いに同位相及び逆位相でない3つの正弦波信号の 50

うちから2つの正弦波信号を選択して回転角度を算出する例を挙げているが、これに限られるものではない。少なくとも3つの正弦波信号があればよく、4つ以上の正弦波信号のうちから2つの正弦波信号を選択して回転角度を算出するようにしてもよい。これにより、冗長性を向上させることができる。

【0077】

さらに、第1及び第2実施形態では、磁石と磁気検出素子から磁氣的に正弦波信号を出力する例を挙げているが、これに限られるものではない。光学的に正弦波信号を出力するようにしてもよい。

【0078】

加えて、第1及び第2実施形態では、円筒状の磁石を用いた例を挙げているが、これに限られるものではない。2つの直方体の磁石を用い、回転軸心を挟んで磁極が互いに対向するように配置してもよい。回転軸心近傍において回転軸心に直交する磁束を形成できればよい。

10

【図面の簡単な説明】

【0079】

【図1】第1実施形態における回転角度検出装置の軸方向断面図である。

【図2】図1における信号出力装置のa - a矢視断面図である。

【図3】磁気検出素子の出力波形である。

【図4】 V_{ab} 、 V_a と回転角度 θ の関係を示すグラフである。

【図5】第2実施形態における回転角度検出装置の軸方向断面図である。

20

【図6】図5におけるギア周辺のb - b矢視断面図である。

【図7】図5における信号出力装置周辺の拡大図である。

【図8】図6における信号出力装置周辺の拡大図である。

【図9】変位装置の動作を説明するための軸方向断面図である。

【図10】磁気検出素子の出力波形である。

【図11】 V_{ab} 、 V_a と回転角度 θ の関係を示すグラフである。

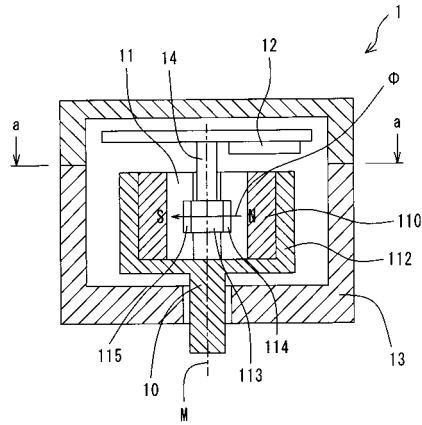
【符号の説明】

【0080】

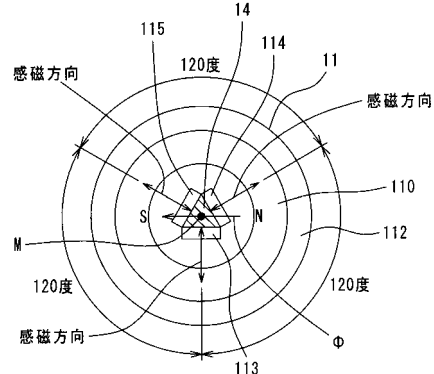
1、2・・・回転角度検出装置、10、20・・・回転軸（回転体）、11、23・・・信号出力装置（信号出力手段）、110、230・・・磁石、112、232・・・ヨーク、113～115、234～236・・・磁気検出素子、12、24・・・回転角度演算装置（回転角度演算手段）、13、25・・・ハウジング、14、26・・・支持部材、21・・・ギア、22・・・ギア（回転体）、233・・・変位装置（変位手段）、2330・・・雄ねじ部、2331・・・スリーブ、2332・・・雌ねじ部

30

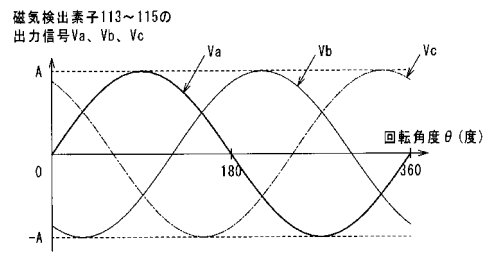
【図1】



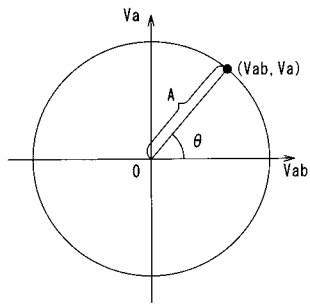
【図2】



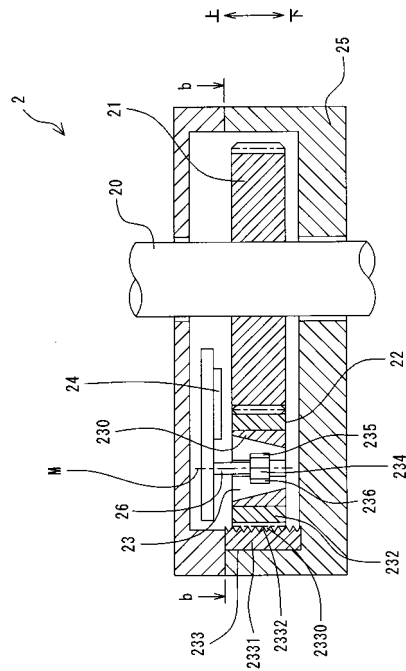
【図3】



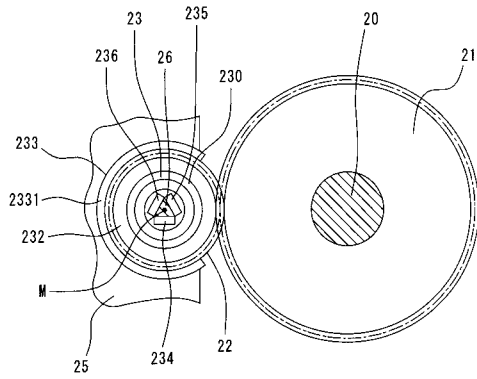
【図4】



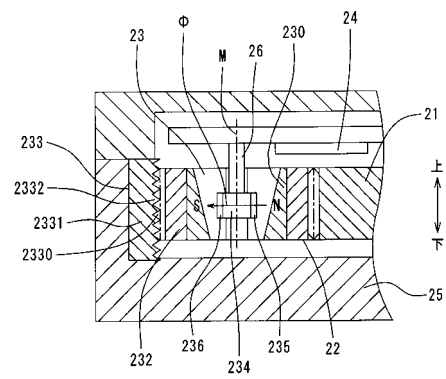
【図5】



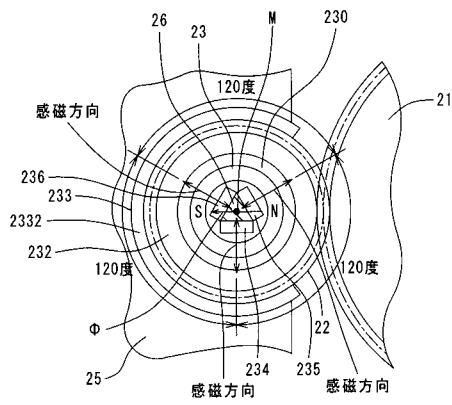
【図6】



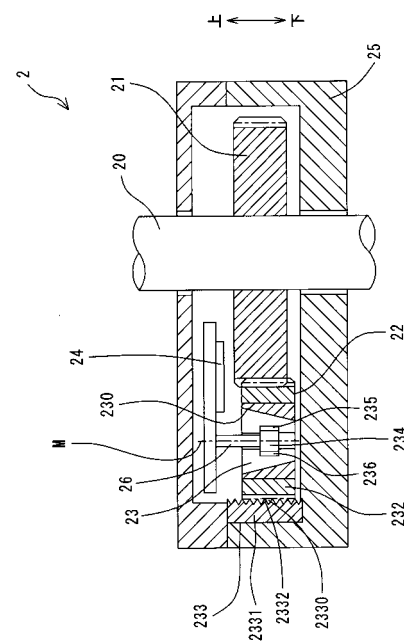
【図7】



【図8】

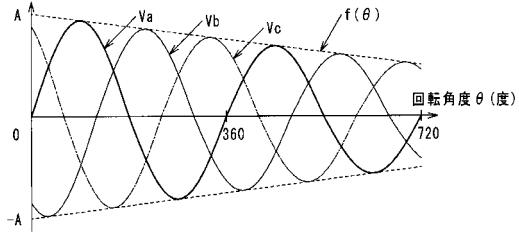


【図9】

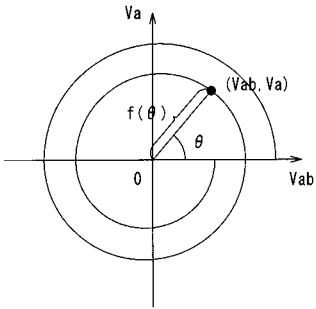


【図10】

磁気検出素子234~236の
出力信号Va、Vb、Vc



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 深谷 繁利
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 眞岩 久恵

(56)参考文献 特開2006-138778(JP,A)
特開2002-243500(JP,A)
特開平08-068606(JP,A)
特開2003-202244(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01D 5/00 - 5/62
G01B 7/00 - 7/34