

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2011-69806  
(P2011-69806A)

(43) 公開日 平成23年4月7日(2011.4.7)

(51) Int.Cl.  
G 0 1 D 5/244 (2006.01)

F I  
G O 1 D 5/244 F

テーマコード (参考)  
2 F O 7 7

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2010-94061 (P2010-94061)	(71) 出願人	000001247 株式会社ジェイテクト
(22) 出願日	平成22年4月15日 (2010.4.15)		大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
(31) 優先権主張番号	特願2009-195188 (P2009-195188)	(74) 代理人	100087701 弁理士 稲岡 耕作
(32) 優先日	平成21年8月26日 (2009.8.26)	(74) 代理人	100101328 弁理士 川崎 実夫
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100086391 弁理士 香山 秀幸
		(72) 発明者	上田 武史 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内
		(72) 発明者	冷水 由信 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内

最終頁に続く

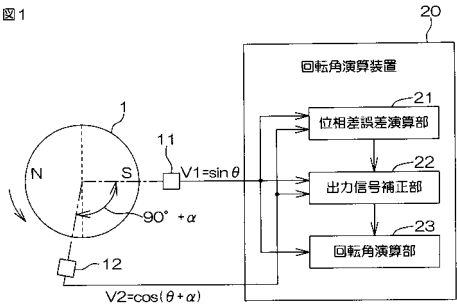
(54) 【発明の名称】 回転角検出装置

(57) 【要約】

【課題】 2つのセンサを持つ回転角検出装置において、正確な回転角を検出する。

【解決手段】 第1の磁気センサ11からは、 $V1 = \sin$  の出力信号が出力され、第2の磁気センサ12からは、 $V2 = \cos( \quad + \quad )$  の出力信号が出力される。回転角演算装置20の出力信号補正部22は、磁気センサ11、12の配置位相差( $90^\circ + \alpha$ )が目標位相差 $90^\circ$ となるよう一方の磁気センサ12の出力信号 $V2$ を出力信号 $V2'$ ( $= \cos$ )に補正する。回転角演算部23は、補正された信号 $V2'$ ( $= \cos$ )と、他方の出力信号 $V1$ ( $= \sin$ )とに基づいて、ロータ1の回転角を演算する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

回転体の回転角を検出する回転角検出装置において、

前記回転体の周囲である第 1 の位置に配置され、第 1 の正弦波信号を前記回転体の回転に応じて出力する、第 1 のセンサと、

前記第 1 の位置とは角度間隔を持って前記回転体の周囲である第 2 の位置に配置され、前記第 1 の正弦波信号とは前記角度間隔に対応する配置位相差を有する第 2 の正弦波信号を前記回転体の回転に応じて出力する、第 2 のセンサと、

前記第 1 の正弦波信号と前記第 2 の正弦波信号とに基づき前記回転角を演算する、回転角演算装置と、

を備えた回転角検出装置であって、

前記回転角演算装置は、

前記第 1 の正弦波信号及び前記第 2 の正弦波信号のうちの一方の正弦波信号を、それらの信号間の位相差である前記配置位相差が、目標位相差となるように補正する、信号補正部と、

前記信号補正部によって補正された一方の正弦波信号と、他方の正弦波信号とに基づいて前記回転角を演算する、回転角演算部と、

を含む回転角検出装置。

**【請求項 2】**

前記配置位相差と前記目標位相差との差は、前記第 1 のセンサと前記第 2 のセンサとの相対的な配置誤差に起因して発生する、前記二つの正弦波信号間の位相差誤差であり、

前記回転角演算装置は、前記位相差誤差を演算する位相差誤差演算部を更に含み、

前記信号補正部は、前記位相差誤差に基づいて、前記一方の正弦波信号を補正する、請求項 1 に記載の回転角検出装置。

**【請求項 3】**

前記目標位相差は、前記配置位相差とは異なる、請求項 1 に記載の回転角検出装置。

**【請求項 4】**

前記配置位相差には、前記第 1 のセンサと前記第 2 のセンサとの相対的な配置誤差に起因して発生する、前記二つの正弦波信号間の位相差誤差が重畳されており、

前記回転角演算装置は、前記位相差誤差を演算する位相差誤差演算部を更に含み、

前記信号補正部は、前記配置位相差及び前記位相差誤差に基づいて、前記一方の正弦波信号を補正する、請求項 3 に記載の回転角検出装置。

**【請求項 5】**

前記配置位相差は、前記目標位相差より小さい、請求項 3 または 4 に記載の回転角検出装置。

**【請求項 6】**

前記回転角演算装置は、

前記信号補正部によって補正された一方の正弦波信号と、前記第 2 の正弦波信号とに基づいて、前記第 1 の正弦波信号が異常であるか否かを判定する第 1 の信号異常判定部と、

前記信号補正部によって補正された一方の正弦波信号と、前記第 1 の正弦波信号とに基づいて、前記第 2 の正弦波信号が異常であるか否かを判定する第 2 の信号異常判定部と、を更に含む、請求項 1 , 3 , 4 または 5 に記載の回転角検出装置。

**【請求項 7】**

前記目標位相差は 90 度である、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の回転角検出装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

この発明は、回転体の回転角を検出する回転角検出装置に関する。

**【背景技術】**

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 2 】

電動パワーステアリング装置などに使用されるブラシレスモータは、ロータの回転角度に合わせてステータ巻線に電流を通電することによって制御される。そこで、例えば、図 1 3 に示す回転角検出装置が知られている。回転角検出装置は、2つの磁極を有する磁石を含むロータ 1 と、ロータ 1 の回転中心軸を中心として 90° の角度間隔をおいて配置された2つの磁気センサ 1 1 , 1 2 とを持つ。各磁気センサ 1 1 , 1 2 は、互いに 90° の位相差を有する正弦波信号を出力し、これらの2つの正弦波信号に基づいてロータ 1 の回転角が検出される。両磁気センサ 1 1 , 1 2 は、図 1 3 に鎖線で示す基板 2 上に実装されている。

## 【 0 0 0 3 】

10

図 1 3 に矢印で示す方向をロータ 1 の正方向の回転方向とする。そして、ロータ 1 が正方向に回転されるとロータ 1 の回転角が大きくなり、ロータ 1 が逆方向に回転されると、ロータ 1 の回転角が小さくなるものとする。ロータ 1 の回転角を  $\theta$  とすると、一方の磁気センサ 1 1 の出力信号  $V_1$  は、 $V_1 = A_1 \cdot \sin \theta$  と表され、他方の磁気センサ 1 2 の出力信号  $V_2$  は、 $V_2 = A_2 \cdot \sin (\theta + \pi / 2) = A_2 \cdot \cos \theta$  と表される。 $A_1$  ,  $A_2$  は、それぞれ振幅を表している。

## 【 0 0 0 4 】

これらの振幅  $A_1$  ,  $A_2$  が互いに等しい値  $A$  であるとみなすか、あるいは両振幅が所定の規定値  $A$  となるように両信号  $V_1$  ,  $V_2$  を正規化したとすると、一方の出力信号  $V_1$  は  $V_1 = A \cdot \sin \theta$  と表され、他方の出力信号  $V_2$  は  $V_2 = A \cdot \cos \theta$  と表される。さらに、 $A = 1$  とすると、一方の出力信号  $V_1$  は  $V_1 = \sin \theta$  で表され、他方の出力信号  $V_2$  は  $V_2 = \cos \theta$  で表される。そこで、説明を簡単にするために、各磁気センサ 1 1 , 1 2 の出力信号  $V_1$  ,  $V_2$  を、 $V_1 = \sin \theta$  、  $V_2 = \cos \theta$  で表すことにする。

20

## 【 0 0 0 5 】

ロータの回転角  $\theta$  は、両出力信号  $V_1$  ,  $V_2$  を用いて、たとえば、次式 ( 1 ) に基づいて求めることができる。

$$\begin{aligned} \theta &= \tan^{-1} (\sin \theta / \cos \theta) \\ &= \tan^{-1} (V_1 / V_2) \dots (1) \end{aligned}$$

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

30

## 【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特表平9-508214号公報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 7 】

前述したような従来の回転角検出装置において、2つの磁気センサ 1 1 , 1 2 を、ロータ 1 の回転中心軸を中心として、90° の角度間隔をおいて正確に配置することができれば、図 1 4 ( a ) に示すように、各磁気センサ 1 1 , 1 2 から、互いに 90° の位相差を有する正弦波信号を出力させることができる。この場合には、図 1 4 ( b ) に示すように、回転角検出装置によって検出されるロータの回転角に角度誤差は発生しない。

40

## 【 0 0 0 8 】

しかし、各磁気センサ 1 1 , 1 2 の基板 2 への取り付け誤差や、基板 2 の組み付け誤差等により、両磁気センサ 1 1 , 1 2 間の角度間隔が 90° からずれると、たとえば、図 1 5 ( a ) に示すように、両磁気センサ 1 1 , 1 2 の出力信号間の位相差も 90° からずれてしまい、図 1 5 ( b ) に示すように、回転角検出装置によって検出されるロータの回転角に角度誤差が発生する。

## 【 0 0 0 9 】

そこで、この発明の目的は、2つのセンサの出力信号間に両センサの相対的な配置誤差に起因した位相差誤差が存在する場合においても、正確な回転角を検出することができる回転角検出装置を提供することである。

50

また、この発明の目的は、２つのセンサの相対的な配置を任意に決定することが可能となる回転角検出装置を提供することである。

【００１０】

また、この発明の目的は、２つのセンサのうちのいずれかが故障した場合に、そのことを検知することができる回転角検出装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

請求項１記載の発明は、回転体の回転角を検出する回転角検出装置において、前記回転体の周囲である第１の位置に配置され、第１の正弦波信号を前記回転体の回転に応じて出力する、第１のセンサと、前記第１の位置とは角度間隔を持って前記回転体の周囲である第２の位置に配置され、前記第１の正弦波信号とは前記角度間隔に対応する配置位相差を有する第２の正弦波信号を前記回転体の回転に応じて出力する、第２のセンサと、前記第１の正弦波信号と前記第２の正弦波信号とに基づき前記回転角を演算する、回転角演算装置とを備えた回転角検出装置であって、前記回転角演算装置は、前記第１の正弦波信号及び前記第２の正弦波信号のうちの一方の正弦波信号を、それらの信号間の位相差である前記配置位相差が、目標位相差となるように補正する、信号補正部と、前記信号補正部によって補正された一方の正弦波信号と、他方の正弦波信号とに基づいて前記回転角を演算する、回転角演算部と、を含む回転角検出装置である。

【００１２】

請求項１記載の発明では、第１の正弦波信号及び第２の正弦波信号のうちの一方の正弦波信号が、それらの信号間の位相差である配置位相差が、目標位相差となるように補正される。そして、補正された一方の正弦波信号と、他方の正弦波信号とに基づいて回転角が演算される。したがって、２つの正弦波信号の配置位相差にかかわらず、それらの信号のうちの一方の正弦波信号を、それらの信号間の位相差が目標位相差となるように、補正することができる。この目標位相差は、たとえば、回転体の回転角を演算するのに適した位相差に設定することができるので、正確な回転角を検出できるようになる。

【００１３】

請求項２記載の発明は、前記配置位相差と前記目標位相差との差は、前記第１のセンサと前記第２のセンサとの相対的な配置誤差に起因して発生する、前記二つの正弦波信号間の位相差誤差であり、前記回転角演算装置は、前記位相差誤差を演算する位相差誤差演算部を更に含み、前記信号補正部は、前記位相差誤差に基づいて、前記一方の正弦波信号を補正する、請求項１に記載の回転角検出装置である。

【００１４】

請求項２記載の発明では、二つの正弦波信号間の位相差誤差が演算される。演算された位相差誤差に基づいて、第１の正弦波信号及び第２の正弦波信号のうちの一方の正弦波信号が、それらの信号間の位相差である配置位相差が、目標位相差となるように補正される。そして、補正された一方の正弦波信号と、他方の正弦波信号とに基づいて回転角が演算される。したがって、２つのセンサから出力される正弦波信号間に両センサの相対的な配置誤差に起因した位相差誤差が存在する場合でも、正確な回転角を検出することができるようになる。

【００１５】

請求項３記載の発明は、前記目標位相差は、前記配置位相差とは異なる、請求項１に記載の回転角検出装置である。請求項３記載の発明では、２つの正弦波信号の配置位相差にかかわらず、それらの信号のうちの一方の正弦波信号を、それらの信号間の位相差が配置位相差とは異なる目標位相差となるように、補正することができる。この目標位相差は、たとえば、回転体の回転角を演算するのに適した位相差（たとえば、 $90^\circ$ ）に設定することができるので、２つの正弦波信号の配置位相差にかかわらず、回転体の回転角を演算することが可能となる。したがって、２つのセンサの相対的な配置を任意に決定することが可能となる。

【００１６】

10

20

30

40

50

請求項４記載の発明は、前記配置位相差には、前記第１のセンサと前記第２のセンサとの相対的な配置誤差に起因して発生する、前記二つの正弦波信号間の位相差誤差が重畳されており、前記回転角演算装置は、前記位相差誤差を演算する位相差誤差演算部を更に含み、前記信号補正部は、前記配置位相差及び前記位相差誤差に基づいて、前記一方の正弦波信号を補正する、請求項３に記載の回転角検出装置である。

【００１７】

請求項４記載の発明では、第１のセンサと第２のセンサとの相対的な配置誤差に起因して発生する、二つの正弦波信号間の位相差誤差が重畳されている場合においても、２つの正弦波信号のうちの一方の正弦波信号を、それらの信号間の位相差が配置位相差とは異なる目標位相差となるように、補正することができる。

10

請求項５記載の発明は、前記配置位相差は、前記目標位相差より小さい、請求項３または４に記載の回転角検出装置である。請求項５記載の発明によれば、２つのセンサを実装するための基板を小さくすることが可能となる。たとえば、目標位相差が $90^{\circ}$ である場合には、配置位相差を $90^{\circ}$ より小さくできる。この場合には、２つのセンサ間の角度間隔を $90^{\circ}$ より小さい角度間隔にできるので、２つのセンサ間の角度間隔が $90^{\circ}$ である場合に比べて、２つのセンサを実装するための基板を小さくできる。

【００１８】

請求項６記載の発明は、前記回転角演算装置は、前記信号補正部によって補正された一方の正弦波信号と、前記第２の正弦波信号とに基づいて、前記第１の正弦波信号が異常であるか否かを判定する第１の信号異常判定部と、前記信号補正部によって補正された一方の正弦波信号と、前記第１の正弦波信号とに基づいて、前記第２の正弦波信号が異常であるか否かを判定する第２の信号異常判定部とを更に含む、請求項１～５のいずれか一項に記載の回転角検出装置である。

20

【００１９】

請求項６記載の発明では、第１のセンサに故障が発生した場合には、第１の信号異常判定部によって、第１の正弦波信号が異常であると判定されるから、第１のセンサの故障を検知することができる。また、第２のセンサに故障が発生した場合には、第２の信号異常判定部によって、第２の正弦波信号が異常であると判定されるから、第２のセンサの故障を検知することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【００２０】

【図１】この発明の第１の実施形態に係る回転角検出装置の構成を示す模式図である。

【図２】回転角演算装置の詳細な構成を示す機能ブロック図である。

【図３】位相差誤差演算部による位相差誤差の演算方法を説明するための説明図である。

【図４】回転角演算装置による回転角演算処理の手順を示すフローチャートである。

【図５】この発明の第２の実施形態に係る回転角検出装置の構成を示す模式図である。

【図６】回転角演算装置による回転角演算処理の手順を示すフローチャートである。

【図７】この発明の第２の実施形態に係る回転角検出装置の構成を示す模式図である。

【図８】第１のＶ１異常監視部の動作例を示すフローチャートである。

【図９】第１のＶ２異常監視部の動作例を示すフローチャートである。

40

【図１０】第２のＶ１異常監視部の動作例を示すフローチャートである。

【図１１】第２のＶ２異常監視部の動作例を示すフローチャートである。

【図１２】各異常監視部の動作を説明するための説明図である。

【図１３】従来の回転角検出装置による回転角検出方法を説明するための模式図である。

【図１４】２つのセンサ間の角度間隔が $90^{\circ}$ の場合の各センサの出力信号と、従来の回転角検出装置によって検出される回転角の角度誤差とを示す模式図である。

【図１５】２つのセンサ間の角度間隔が $90^{\circ}$ からずれている場合の各センサの出力信号と、従来の回転角検出装置によって検出される回転角の角度誤差とを示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【００２１】

50

以下では、この発明をブラシレスモータのロータの回転角を検出するための回転角検出装置に適用した場合の実施形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。

図 1 は、この発明の第 1 の実施形態に係る回転角検出装置の構成を示す模式図である。

この回転角検出装置は、たとえば、電動パワーステアリングのブラシレスモータのロータの回転角を検出するために用いることができる。回転角検出装置は、たとえば、ブラシレスモータの回転に応じて回転する検出用ロータ 1 を有している。ロータ 1 は、複数の磁極対を有する円筒状の磁石を含んでいる。この例では、磁石は、1 対の磁極対を有している。つまり、磁石は、等間隔に配置された 2 つの磁極 N, S を有している。

#### 【0022】

ロータ 1 の周囲には、第 1 の磁気センサ 11 及び第 2 の磁気センサ 12 が、ロータ 1 の周方向に間隔をおいてそれぞれ第 1 の位置及び第 2 の位置に配置されている。磁気センサとしては、たとえば、ホール素子、磁気抵抗素子 (MR 素子) 等、磁界の作用により電気的特性が変化する特性を有する素子を備えたものを用いることができる。

両磁気センサ 11, 12 は、ロータ 1 の回転中心軸を中心として、予め設定された所定の位相差 (以下、「目標位相差」という) に対応する角度間隔をおいて配置されることが好ましい。この実施形態では、目標位相差は  $90^\circ$  に設定されている。しかし、実際には、製造誤差等により、両磁気センサ 11, 12 間の角度間隔は、目標位相差に対応する角度間隔とならない場合がある。この実施形態では、両磁気センサ 11, 12 間の実際の角度間隔が、製造誤差等により、目標位相差に対応した  $90^\circ$  ではなく、 $(90^\circ + \theta)$  となっているものとする。 $\theta$  は、目標位相差に対する位相差誤差である。両磁気センサ 11, 12 間の実際の角度間隔に対応した位相差 (この例では、 $(90^\circ + \theta)$ ) を、配置位相差ということにする。各位相差は、電気角である。

#### 【0023】

図 1 に矢印で示す方向をロータ 1 の正方向の回転方向とする。そして、ロータ 1 が正方向に回転されるとロータ 1 の回転角が大きくなり、ロータ 1 が逆方向に回転されると、ロータ 1 の回転角が小さくなるものとする。ロータ 1 の回転角を  $\theta$  とすると、第 1 の磁気センサ 11 の出力信号  $V_1$  は、 $V_1 = A_1 \cdot \sin \theta$  と表され、第 2 の磁気センサ 12 の出力信号  $V_2$  は、 $V_2 = A_2 \cdot \sin (\theta + 90^\circ + \theta) = A_2 \cdot \cos (\theta + \theta)$  と表される。 $A_1, A_2$  は、それぞれ振幅を表している。

#### 【0024】

これらの振幅  $A_1, A_2$  が互いに等しい値  $A$  であるとみなすか、あるいは両振幅が所定の規定値  $A$  となるように両信号  $V_1, V_2$  を正規化したとすると、両信号  $V_1, V_2$  は、それぞれ、 $A \cdot \sin \theta$  および  $A \cdot \cos (\theta + \theta)$  と表される。ここで、 $A = 1$  とすると、両信号  $V_1, V_2$  は、それぞれ、 $\sin \theta$  および  $\cos (\theta + \theta)$  と表される。そこで、以下の説明においては、説明を簡単にするために、各磁気センサ 11, 12 の出力信号  $V_1, V_2$  を、それぞれ  $V_1 = \sin \theta$ ,  $V_2 = \cos (\theta + \theta)$  と表すことにする。

#### 【0025】

各磁気センサ 11, 12 の出力信号  $V_1, V_2$  は、回転角演算装置 20 に入力される。回転角演算装置 20 は、各磁気センサ 11, 12 の出力信号  $V_1, V_2$  に基づいて、ロータ 1 の回転角  $\theta$  を演算する。回転角演算装置 20 は、たとえば、マイクロコンピュータから構成され、CPU (中央演算処理装置) およびメモリ (ROM, RAM 等) を含んでいる。回転角演算装置 20 は、ROM に格納された所定のプログラムを CPU が実行することにより、複数の機能処理部として機能する。この複数の機能処理部は、位相差誤差演算部 (位相差誤差演算手段) 21、出力信号補正部 (信号補正手段) 22 および回転角演算部 (回転角演算手段) 23 を含む。

#### 【0026】

位相差誤差演算部 21 は、両磁気センサ 11, 12 の出力信号  $V_1, V_2$  に基づいて、位相差誤差  $\theta$  を演算する。位相差誤差演算部 21 は、ブラシレスモータの駆動制御を行なう前に、位相差誤差  $\theta$  を予め演算して、メモリに格納しておく。たとえば、位相差誤差演算部 21 は、この回転角検出装置が備え付けられた製品が出荷される前に、位相差誤差

10

20

30

40

50

を演算して、メモリに格納する。なお、この回転角検出装置が備え付けられた製品が出荷された後において、一定期間毎または所定の指令に基づいて、位相差誤差演算部 21 が位相差誤差 の再演算を行ない、メモリ内の位相差誤差 を更新させるようにしてもよい。

【0027】

出力信号補正部 22 は、ブラシレスモータの駆動制御が行なわれる際に、位相差誤差演算部 21 によって演算されてメモリに格納されている位相差誤差 に基づいて、一方の磁気センサ 12 の出力信号 V2 を補正することにより、位相差誤差 が補正された信号 V2' を求める。ここで、位相差誤差 が補正された信号 V2' とは、出力信号 V1 に対する位相差が目標位相差（この例では 90°）となる信号（cos）である。回転角演算部 23 は、出力信号補正部 22 によって位相差誤差 が補正された信号 V2'（=cos）と、他方の出力信号 V1（=sin）とに基づいて、ロータ 1 の回転角 を演算する。

10

【0028】

図 2 は、回転角演算装置 20 のさらに詳細な構成を示す機能ブロック図である。

位相差誤差演算部 21 は、信号和演算部 31 と、第 1 の振幅演算部 32 と、信号差演算部 33 と、第 2 の振幅演算部 34 と、振幅差演算部 35 と、誤差演算部 36 と、メモリ 37 とを含んでいる。

信号和演算部 31 は、2 つの磁気センサ 11, 12 の出力信号 V1, V2 の和を演算する。出力信号 V1, V2 の和に相当する信号（以下、「和信号」という）は、次式(2)で表される。

【0029】

【数 1】

$$\begin{aligned} V1+V2 &= \sin \theta + \cos(\theta + \alpha) \\ &= 2 \cdot \sin \left( \theta + \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{2} \right) \cdot \cos \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{2} \right) \quad \dots (2) \end{aligned}$$

【0030】

したがって、この和信号の振幅 B1 は、次式 (3) で表される。

【0031】

【数 2】

$$B1 = 2 \cdot \cos \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{2} \right) \quad \dots (3)$$

30

【0032】

第 1 の振幅演算部 32 は、信号和演算部 31 の演算結果に基づいて、前記和信号の振幅 B1 を求める。具体的には、たとえば、ロータ 1 を回転させながら、信号和演算部 31 によって信号和（V1 + V2）を演算させることにより、ロータ 1 の複数の任意の回転角それぞれに対応する信号和を取得する。このようにして取得された複数の回転角に対応する信号和から、和信号の極大値および極小値を抽出し、抽出した極大値および極小値に基づいて和信号の振幅 B1 を求める。たとえば、抽出された極大値の平均から抽出された極小値の平均を減算した値の 1/2 を振幅 B1 として求めることができる。

40

【0033】

信号差演算部 33 は、2 つの磁気センサ 11, 12 の出力信号 V1, V2 の差（V1 - V2）を演算する。出力信号 V1, V2 の差に相当する信号（以下、「差信号」という）は、次式(4)で表される。

【0034】

【数 3】

$$V1-V2=\sin \theta -\cos (\theta +\alpha )$$

$$=-2 \cdot \cos \left( \theta +\frac{\pi }{4}+\frac{\alpha }{2} \right) \cdot \sin \left( \frac{\pi }{4}+\frac{\alpha }{2} \right) \quad \cdots (4)$$

【0035】

したがって、この差信号の振幅 B 2 は、次式 (5) で表される。

【0036】

【数 4】

10

$$B2=2 \cdot \sin \left( \frac{\pi }{4}+\frac{\alpha }{2} \right) \quad \cdots (5)$$

【0037】

第 2 の振幅演算部 3 4 は、信号差演算部 3 3 の演算結果に基づいて、前記差信号の振幅 B 2 を求める。具体的には、たとえば、ロータ 1 を回転させながら、信号差演算部 3 3 によって信号差 ( V 1 - V 2 ) を演算させることにより、ロータ 1 の複数の任意の回転角それぞれに対応する信号差を取得する。このようにして取得された複数の回転角に対応する信号差から、差信号の極大値および極小値を抽出し、抽出した極大値および極小値に基づいて差信号の振幅 B 2 を求める。たとえば、抽出された極大値の平均から抽出された極小値の平均を減算した値の 1 / 2 を振幅 B 2 として求めることができる。

20

【0038】

振幅差演算部 3 5 は、第 1 の振幅演算部 3 2 によって演算された振幅 B 1 と、第 2 の振幅演算部 3 4 によって演算された振幅 B 2 との差  $B (= B 2 - B 1)$  を演算する。なお、振幅差 B は、前記式 (3), (5) を用いて演算すると、次式 (6) で表される。

【0039】

【数 5】

$$\Delta B=B2-B1$$

$$=2 \cdot \sin \left( \frac{\pi }{4}+\frac{\alpha }{2} \right) -2 \cdot \cos \left( \frac{\pi }{4}+\frac{\alpha }{2} \right)$$

$$=2 \sqrt{2} \cdot \sin \left( \frac{\alpha }{2} \right) \quad \cdots (6)$$

30

【0040】

誤差演算部 3 6 は、振幅差演算部 3 5 によって演算された振幅差 B に基づいて、位相誤差 を演算する。前記式 (6) で表されているように、振幅差 B は、 の関数 (  $2 \cdot \sin ( \quad / 2 )$  ) となる。この関数をグラフで表すと、図 3 に示すようなサインカーブとなる。ただし、図 3 の横軸は、 ではなく、  $/ 2$  である。この関数は、 の絶対値が小さい範囲では、ほぼ直線とみなすことができる。この実施形態では、 が、  $- / 6$   $/ 6$  の範囲内である場合には、次式 (7) に示すように、  $/ 2$  が  $2 \cdot \sin ( \quad / 2 )$  に比例するとみなしている。

40

【0041】

$$2 \cdot \sin ( \quad / 2 ) = K \cdot \quad / 2 \quad \cdots (7)$$

前記式 (7) において、K は比例定数である。この比例定数 K は、図 3 に示すサインカーブのうち、横軸の値が  $-( \quad / 6 ) / 2 \sim ( \quad / 6 ) / 2$  である範囲内の部分を直線とみなした場合に、その直線の傾き  $y / x$  に相当する。したがって、比例定数 K は、次式 (8) で表される。

【0042】



【数 6】

$$K = \frac{y}{x} = \frac{2\sqrt{2} \cdot \sin\left(\frac{\pi/6}{2}\right)}{\frac{\pi/6}{2}} \quad \dots (8)$$

【0043】

前記式(6)で示されるように、 $B = 2 \cdot \sin(\quad / 2)$ であるので、前記式(7)、(8)を用いることにより、次式(9)のように、 $B$ を近似的に表すことができる。

【0044】

10

【数 7】

$$\Delta B = \frac{2\sqrt{2} \cdot \sin\left(\frac{\pi/6}{2}\right)}{\frac{\pi/6}{2}} \cdot \frac{\alpha}{2} \quad \dots (9)$$

【0045】

前記式(9)を変形することにより、位相差誤差は、次式(10)で表される。

【0046】

【数 8】

20

$$\alpha = \frac{\Delta B}{\frac{2\sqrt{2} \cdot \sin\left(\frac{\pi/6}{2}\right)}{\pi/6}} \quad \dots (10)$$

【0047】

位相差誤差演算部36は、振幅差演算部35によって演算された振幅差  $B$ を用い、前記式(10)に基づいて、位相差誤差を演算する。演算された位相差誤差は、メモリ37に格納される。

30

出力信号補正部22は、次式(11)に基づいて、出力信号  $V_2 (= \cos(\quad + \quad))$ を補正することにより、位相差誤差が補正された信号  $V_2' (= \cos(\quad))$ を得る。つまり、出力信号補正部22は、出力信号  $V_1 (= \sin(\quad))$ と、出力信号  $V_2 (= \cos(\quad + \quad))$ と、 $\sin$ と、 $\cos$ とから、補正された信号  $V_2' (= \cos(\quad))$ を求める。なお、式(11)は、 $\cos(\quad + \quad)$ を三角関数の加法定理により展開した式に基づいて、導出することができる。

【0048】

【数 9】

$$\begin{aligned} V_2' &= \cos \theta \\ &= \frac{\sin \alpha \cdot \sin \theta + \cos(\theta + \alpha)}{\cos \alpha} \\ &= \frac{\sin \alpha \cdot V_1 + V_2}{\cos \alpha} \quad \dots (11) \end{aligned}$$

40

【0049】

回転角演算部23は、位相差誤差が補正された信号  $V_2' (= \cos(\quad))$ と、他方の出力信号  $V_1 (= \sin(\quad))$ とを用い、たとえば、次式(12)に基づいて、ロータ1の回転角を演算する。

$$= \tan^{-1}(\sin / \cos)$$

50

$$= \tan^{-1} (V_1 / V_2') \dots (12)$$

なお、回転角演算部 23 は、式(12)を用いる方法とは異なる方法を用いて、信号  $V_2'$  ( $= \cos$ ) および出力信号  $V_1$  ( $= \sin$ ) から回転角  $\theta$  を求めるようにしてもよい。たとえば、特開2001-264114号公報に開示されている方法を用いて、信号  $V_2'$  ( $= \cos$ ) および出力信号  $V_1$  ( $= \sin$ ) から回転角  $\theta$  を求めるようにしてもよい。

#### 【0050】

図4は、回転角演算装置20によって実行される回転角演算処理の手順を示すフローチャートである。位相差誤差  $\Delta\theta$  は、位相差誤差演算部21によって既に演算されて、メモリに格納されているものとする。

回転角演算処理は、所定の演算周期毎に繰り返し行なわれる。まず、回転角演算装置20は、磁気センサ11, 12の出力信号  $V_1$  ( $= \sin$ )、 $V_2$  ( $= \cos(\theta + \Delta\theta)$ ) を取り込む(ステップS1)。そして、回転角演算装置20の出力信号補正部22は、ステップS1で取り込まれた出力信号  $V_1$ 、 $V_2$  とメモリに格納されている位相差誤差  $\Delta\theta$  とを用い、前記式(11)に基づいて、第2の出力信号  $V_2'$  を補正する(ステップS2)。これにより、位相差誤差  $\Delta\theta$  が補正された信号  $V_2'$  ( $= \cos$ ) が得られる。

#### 【0051】

次に、回転角演算装置20の回転角演算部23は、位相差誤差  $\Delta\theta$  が補正された信号  $V_2'$  ( $= \cos$ ) と、ステップS1で取り込まれた出力信号  $V_1$  ( $= \sin$ ) とを用い、前記式(12)に基づいて、ロータ1の回転角  $\theta$  を演算する(ステップS3)。

前記第1の実施形態によれば、2つの磁気センサ11, 12間の角度間隔(両センサ11, 12の相対的な配置)に誤差がある場合でも、正確な回転角  $\theta$  を検出することができるようになる。

#### 【0052】

前記第1の実施形態では、第1の磁気センサ11の出力信号  $V_1$  を  $\sin$  とし、第2の磁気センサ12の出力信号  $V_2$  を  $\cos(\theta + \Delta\theta)$  として、第2の磁気センサ12の出力信号  $V_2$  を補正しているが、第2の磁気センサ12の出力信号  $V_2$  を  $\cos$  とし、第1の磁気センサ11の出力信号  $V_1$  を  $\sin(\theta + \Delta\theta)$  として、第1の磁気センサ11の出力信号  $V_1$  を補正するようにしてもよい。また、 $\Delta\theta$  が、 $-\pi/6 \sim \pi/6$  の範囲内である場合に、 $\Delta\theta/2$  が  $2\pi \cdot \sin(\Delta\theta/2)$  に比例するとみなしているが、 $\Delta\theta/2$  が  $2\pi \cdot \sin(\Delta\theta/2)$  に比例するとみなす  $\Delta\theta$  の範囲は、 $2\pi \cdot \sin(\Delta\theta/2)$  がほぼ線形性を保つ範囲であればよく、前記範囲に限られない。

#### 【0053】

また、前記第1の実施形態では、 $\Delta\theta$  が小さい範囲においては、 $\Delta\theta/2$  が  $2\pi \cdot \sin(\Delta\theta/2)$  に比例するとみなすことにより、 $\Delta\theta$  を近似的に求めているが、次のようにして求めてもよい。つまり、前記式(6)に基づいて、 $\Delta\theta$  と振幅差  $B$  ( $= 2\pi \cdot \sin(\Delta\theta/2)$ ) とを対応付けたテーブル(マップ)を予め作成して記憶しておき、そのテーブルから振幅差演算部35(図2参照)によって求められた振幅差  $B$  に対応する  $\Delta\theta$  を読み出すことにより、 $\Delta\theta$  を求める。

#### 【0054】

さらに、前記第1の実施形態では、和信号の振幅  $B_1$  および差信号の振幅  $B_2$  は、抽出した極大値の平均から極小値の平均を減算した値の  $1/2$  としているが、ロータ1に複数組の磁極対が設けられている場合には、磁極対毎の極大値から極小値を減算した値の  $1/2$  とし、位相差誤差  $\Delta\theta$  を磁極対毎に算出してもよい。

図5は、この発明の第2の実施形態に係る回転角検出装置の構成を示す模式図である。

#### 【0055】

ロータ1は、2つの磁極  $N$ ,  $S$  を有する磁石を含んでいる。ロータ1の周囲には、第1の磁気センサ11及び第2の磁気センサ12が、ロータ1の回転中心軸を中心として所定の角度間隔  $\Delta\theta$  をおいてそれぞれ第1の位置及び第2の位置に配置されている。この角度間隔  $\Delta\theta$  は、任意の角度に設定することができる。この実施形態では、両磁気センサ11, 12間の角度間隔  $\Delta\theta$  は、90度より小さい角度間隔に設定されている。両磁気センサ11,

10

20

30

40

50

12は、図5に鎖線で示す基板33上に実装されている。

【0056】

第1の実施形態と同様に、図5に矢印で示す方向を、ロータ1の正方向の回転方向とする。また、第1の実施形態と同様に、各磁気センサ11, 12の出力信号を、その振幅が1であるものとして簡易的に表すことにする。つまり、 $\theta$ をロータ1の回転角として、第1の磁気センサ11の出力信号V1を、 $V1 = \sin \theta$ として表し、第2の磁気センサ12の出力信号V2を、 $V2 = \sin(\theta + \phi)$ として表すことにする。したがって、両出力信号V1, V2の位相差(配置位相差)は $\phi$ となる。配置位相差は電気角である。

【0057】

各磁気センサ11, 12の出力信号V1, V2は、回転角演算装置40に入力される。回転角演算装置40は、各磁気センサ11, 12の出力信号V1, V2に基づいて、ロータ1の回転角 $\theta$ を演算する。回転角演算装置40は、たとえば、マイクロコンピュータから構成され、CPU(中央演算処理装置)およびメモリ(ROM, RAM等)を含んでいる。回転角演算装置40は、ROMに格納された所定のプログラムをCPUが実行することにより、複数の機能処理部として機能する。この複数の機能処理部は、出力信号補正部(信号補正手段)41および回転角演算部(回転角演算手段)42を含む。両磁気センサ11, 12の角度間隔 $\phi$ 、つまり、両出力信号V1, V2の配置位相差 $\phi$ は、メモリに格納されている。なお、配置位相差 $\phi$ をメモリに格納する代わりに、 $\sin \phi$ の値および $\cos \phi$ の値をメモリに格納するようにしてもよい。

【0058】

出力信号補正部41は、両磁気センサ11, 12の出力信号V1, V2に基づいて、出力信号V2を補正する。具体的には、出力信号補正部41は、出力信号V2を、出力信号V1に対する位相差が所定の目標位相差となる信号に補正する。目標位相差は電気角である。この実施形態では、目標位相差は、 $90^\circ$ に設定されている。したがって、出力信号補正部41は、出力信号V2を、出力信号V1に対する位相差が $90^\circ$ となる信号V2'( $= \sin(\theta + 90^\circ) = \cos \theta$ )に補正する。

【0059】

出力信号V2( $= \sin(\theta + \phi)$ )は、三角関数の加法定理により、次式(13)のように展開することができる。

$$V2 = \sin(\theta + \phi) = \sin \theta \cdot \cos \phi + \cos \theta \cdot \sin \phi \quad \dots (13)$$

この式(13)を変形することにより、信号V2を信号V2'に補正するための式(14)が得られる。

【0060】

【数10】

$$\begin{aligned} V2' &= \cos \theta \\ &= \frac{\sin(\theta + \phi) - \sin \theta \cdot \cos \phi}{\sin \phi} \\ &= \frac{V2 - V1 \cdot \cos \phi}{\sin \phi} \quad \dots (14) \end{aligned}$$

【0061】

出力信号補正部41は、前記式(14)に基づいて、出力信号V2を、出力信号V1に対する位相差が $90^\circ$ となる信号V2'( $= \cos \theta$ )に補正する。つまり、出力信号補正部41は、出力信号V1( $= \sin \theta$ )と、出力信号V2( $= \sin(\theta + \phi)$ )と、メモリに格納されている配置位相差 $\phi$ を用いて、信号V2を補正する。なお、メモリに $\sin \phi$ の値および $\cos \phi$ の値が格納されている場合には、配置位相差 $\phi$ の代わりにこれらの値 $\sin \phi$ ,  $\cos \phi$ を用いて、出力信号V2が補正される。

【0062】

回転角演算部 4 2 は、出力信号補正部 4 1 によって補正された信号  $V 2'$  ( $= \cos$ ) と、他方の出力信号  $V 1$  ( $= \sin$ ) とを用い、たとえば、次式 (15) に基づいて、ロータ 1 の回転角 を演算する。

$$= \tan^{-1} (\sin / \cos) = \tan^{-1} (V 1 / V 2') \dots (15)$$

なお、回転角演算部 4 2 は、式 (15) を用いる方法とは異なる方法で、信号  $V 2'$  ( $= \cos$ ) および出力信号  $V 1$  ( $= \sin$ ) から回転角 を求めるようにしてもよい。たとえば、特開 2001-264114 号公報参照に開示されている方法を用いて、信号  $V 2'$  ( $= \cos$ ) および出力信号  $V 1$  ( $= \sin$ ) から回転角 を求めるようにしてもよい。

#### 【 0 0 6 3 】

図 6 は、回転角演算装置 4 0 によって実行される回転角演算処理の手順を示すフローチャートである。“配置位相差”または“ $\sin$  および  $\cos$ ”の値が、メモリに格納されているものとする。

回転角演算処理は、所定の演算周期毎に繰り返し行なわれる。まず、回転角演算装置 4 0 は、磁気センサ 1 1, 1 2 の出力信号  $V 1$  ( $= \sin$ )、 $V 2$  ( $= \sin(\quad + \quad)$ ) を取り込む (ステップ S 1 1)。そして、回転角演算装置 4 0 の出力信号補正部 4 1 は、ステップ S 1 1 で取り込まれた出力信号  $V 1$ 、 $V 2$  と、メモリに格納されている“配置位相差”または“ $\sin$  および  $\cos$ ”の値を用い、前記式 (14) に基づいて、第 2 の出力信号  $V 2$  を補正する (ステップ S 1 2)。これにより、出力信号  $V 1$  に対する位相差が  $90^\circ$  (目標位相差) となる補正信号  $V 2'$  ( $= \cos$ ) が得られる。

#### 【 0 0 6 4 】

次に、回転角演算装置 4 0 の回転角演算部 4 2 は、出力信号補正部 4 1 によって得られた信号  $V 2'$  ( $= \cos$ ) と、ステップ S 1 1 で取り込まれた出力信号  $V 1$  ( $= \sin$ ) とを用い、前記式 (15) に基づいて、ロータ 1 の回転角 を演算する (ステップ S 1 3)。

前記第 2 の実施形態によれば、2 つの磁気センサ 1 1, 1 2 の出力信号  $V 1$ 、 $V 2$  の配置位相差にかかわらず、それらの信号のうちの一方の出力信号を、それらの信号間の位相差がロータ 1 の回転角 を演算するのに適した目標位相差 (たとえば  $90^\circ$ ) となるように、補正することができる。このため、2 つの磁気センサ 1 1, 1 2 の出力信号  $V 1$ 、 $V 2$  の配置位相差にかかわらず、ロータ 1 の回転角 を演算することが可能となるので、2 つの磁気センサ 1 1, 1 2 間の角度間隔 (両センサ 1 1, 1 2 の相対的な配置) を任意に決定することができるようになる。

#### 【 0 0 6 5 】

これにより、たとえば、図 5 に示したように、2 つの磁気センサ 1 1, 1 2 間の角度間隔 (配置位相差) を目標位相差である  $90^\circ$  より小さい角度に設定することが可能となる。図 5 に示すように 2 つの磁気センサ 1 1, 1 2 間の角度間隔を  $90^\circ$  より小さい角度に設定した場合には、図 1 3 に示すように、2 つの磁気センサ 1 1, 1 2 間の角度間隔を  $90^\circ$  に設定した場合に比べて、磁気センサ 1 1, 1 2 を実装する基板 2, 3 を小さくすることが可能となる。

#### 【 0 0 6 6 】

前記第 2 の実施形態において、出力信号  $V 2$  を、出力信号  $V 1$  に対する位相差が  $90^\circ$  の信号  $V 2'$  ( $= \cos$ ) に補正 (変換) するための式 (14) の右辺の分母は、 $\sin$  となっている。このため、 $\sin$  の値が小さいと、式 (14) の右辺の分母が小さくなるため、 $V 2$  を  $V 2'$  に補正したときの誤差が大きくなる。そこで、 $\sin$  の値が比較的小さくなるような の範囲を避けて、両センサ 1 1, 1 2 の角度間隔 を決定することが好ましい。具体的には、 $\theta$  が  $0 \sim 4$  度、 $176 \sim 184$  度および  $356 \sim 360$  度の範囲にある場合に、 $\sin$  は比較的小さな値となる。したがって、両センサ 1 1, 1 2 の角度間隔 を、 $5 \sim 175$  度または  $185 \sim 355$  度の範囲内で決定することが好ましい。

#### 【 0 0 6 7 】

前記第 2 の実施形態においても、前記第 1 の実施形態のように、2 つの磁気センサ 1 1, 1 2 の配置誤差 を考慮して、回転角 を演算することができる。たとえば、図 5 において、2 つの磁気センサ 1 1, 1 2 の配置に誤差 (位相差誤差) があるために、両磁気

10

20

30

40

50

センサ 1 1 , 1 2 の角度間隔が ( + ) となっている場合、すなわち、配置位相差に位相差誤差が重畳されている場合を想定する。

【 0 0 6 8 】

第 1 の磁気センサ 1 1 の出力信号 V 1 を  $\sin$  とし、第 2 の磁気センサ 1 2 の出力信号 V 2 を  $\sin( + + )$  とすると、両信号 V 1 , V 2 の和に相当する和信号は、次式 (16) で表される。

【 0 0 6 9 】

【 数 1 1 】

$$\begin{aligned} V1+V2 &= \sin \theta + \sin(\theta + \phi + \alpha) \\ &= 2 \cdot \sin\left(\theta + \frac{\phi + \alpha}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{\phi + \alpha}{2}\right) \quad \dots (16) \end{aligned}$$

10

【 0 0 7 0 】

したがって、この和信号の振幅 C 1 は、次式 (17) で表される。

【 0 0 7 1 】

【 数 1 2 】

$$C1 = 2 \cdot \cos\left(\frac{\phi + \alpha}{2}\right) \quad \dots (17)$$

20

【 0 0 7 2 】

一方、両信号 V 1 , V 2 の差 ( V 1 - V 2 ) に相当する差信号は、次式 (18) で表される。

【 0 0 7 3 】

【 数 1 3 】

$$\begin{aligned} V1-V2 &= \sin \theta - \sin(\theta + \phi + \alpha) \\ &= -2 \cdot \cos\left(\theta + \frac{\phi + \alpha}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{\phi + \alpha}{2}\right) \quad \dots (18) \end{aligned}$$

30

【 0 0 7 4 】

したがって、この差信号の振幅 C 2 は、次式 (19) で表される。

【 0 0 7 5 】

【 数 1 4 】

$$C2 = 2 \cdot \sin\left(\frac{\phi + \alpha}{2}\right) \quad \dots (19)$$

【 0 0 7 6 】

両振幅 C 1 , C 2 の差 C は、次式 (20) で表される。

【 0 0 7 7 】

【 数 1 5 】

$$\begin{aligned} \Delta C &= C2 - C1 \\ &= 2 \cdot \sin\left(\frac{\phi + \alpha}{2}\right) - 2 \cdot \cos\left(\frac{\phi + \alpha}{2}\right) \\ &= 2 \sqrt{2} \cdot \sin\left(\frac{\phi - 90^\circ}{2} + \frac{\alpha}{2}\right) \quad \dots (20) \end{aligned}$$

40

【 0 0 7 8 】

50

つまり、振幅差  $C$  は、 $\theta$  をパラメータ（媒介変数）として有する  $\sin$  の関数となる。そこで、 $\theta$  に応じた振幅差  $C$  と  $\phi$  とを対応付けたテーブル（マップ）を予め作成しておく。そして、第1の実施形態と同様に、振幅差  $C$  を演算し、得られた振幅差  $C$  に対応する  $\phi$  を位相差誤差  $\Delta\phi$  として求める。なお、前記式(20)の右辺中の  $(\theta - 90^\circ) / 2$  が0に近い場合には、第1の実施形態で説明したように、 $\phi$  が小さい所定範囲内では、振幅差  $C$  が  $\theta / 2$  に比例するとみなして、位相差誤差  $\Delta\phi$  を求めるようにしてもよい。

【0079】

一方、 $\sin(\theta + \phi + \alpha)$  を、三角関数の加法定理により展開すると、次式(21)が得られる。

$$\sin(\theta + \phi + \alpha) = \sin\theta \cdot \cos(\phi + \alpha) + \cos\theta \cdot \sin(\phi + \alpha) \dots (21)$$

10

この式(21)を変形すると、次式(22)が得られる。

【0080】

【数16】

$$\begin{aligned} \cos\theta &= \frac{\sin(\theta + \phi + \alpha) - \sin\theta \cdot \cos(\phi + \alpha)}{\sin(\phi + \alpha)} \\ &= \frac{V2 - V1 \cdot \cos(\phi + \alpha)}{\sin(\phi + \alpha)} \dots (22) \end{aligned}$$

【0081】

20

そこで、 $\theta$ 、 $\phi$ 、出力信号  $V1 (= \sin\theta)$  および出力信号  $V2 (= \sin(\theta + \phi + \alpha))$  を用い、前記式(22)に基づいて、 $\cos\theta$  を演算する。そして、得られた  $\cos\theta$  と出力信号  $V1 (= \sin\theta)$  とから、回転角  $\theta$  を演算する。

図7は、この発明の第3の実施形態に係る回転角検出装置の構成を示す模式図である。

ロータ1は、2つの磁極N、Sを有する磁石を含んでいる。ロータ1の周囲には、第1の磁気センサ11及び第2の磁気センサ12が、ロータ1の回転中心軸を中心として所定の角度間隔  $\Delta\theta$  をおいてそれぞれ第1の位置及び第2の位置に配置されている。この角度間隔  $\Delta\theta$  は、任意の角度に設定することができる。この実施形態では、両磁気センサ11、12間の角度間隔  $\Delta\theta$  は、90度より小さい角度間隔に設定されている。両磁気センサ11、12は、図7に鎖線で示す基板33上に実装されている。

30

【0082】

図7に矢印で示す方向を、ロータ1の正方向の回転方向とする。また、第1の実施形態と同様に、各磁気センサ11、12の出力信号を、その振幅が1であるものとして簡易的に表すことにする。つまり、 $\theta$  をロータ1の回転角として、第1の磁気センサ11の出力信号  $V1$  を、 $V1 = \sin\theta$  として表し、第2の磁気センサ12の出力信号  $V2$  を、 $V2 = \sin(\theta + \phi)$  として表すことにする。したがって、両出力信号  $V1$ 、 $V2$  の位相差（配置位相差）は  $\phi$  となる。配置位相差は電気角である。

【0083】

各磁気センサ11、12の出力信号  $V1$ 、 $V2$  は、回転角演算装置50に入力される。回転角演算装置50は、たとえば、マイクロコンピュータから構成され、CPU（中央演算処理装置）およびメモリ（ROM、RAM等）を含んでいる。回転角演算装置50は、ROMに格納された所定のプログラムをCPUが実行することにより、複数の機能処理部として機能する。この複数の機能処理部は、回転角演算ユニット60とセンサ故障検出ユニット70とを含む。両磁気センサ11、12の角度間隔  $\Delta\theta$ 、つまり、両出力信号  $V1$ 、 $V2$  の配置位相差  $\phi$  は、メモリに格納されている。なお、配置位相差  $\phi$  をメモリに格納する代わりに、 $\sin\theta$  の値および  $\cos\theta$  の値をメモリに格納するようにしてもよい。

40

【0084】

回転角演算ユニット60は、所定の第1の演算周期毎にロータ1の回転角  $\theta$  を演算する。つまり、回転角演算ユニット60は、第1の演算周期毎に各磁気センサ11、12の出力信号  $V1$ 、 $V2$  を取り込み、取り込んだ出力信号  $V1$ 、 $V2$  に基づいて、ロータ1の回

50

転角 を演算する。回転角演算ユニット 6 0 は、出力信号補正部（信号補正手段） 6 1 および回転角演算部（回転角演算手段） 6 2 を含む。

【 0 0 8 5 】

出力信号補正部 6 1 は、両磁気センサ 1 1 , 1 2 の出力信号 V 1 , V 2 に基づいて、出力信号 V 2 を補正する。具体的には、出力信号補正部 6 1 は、出力信号 V 2 を、出力信号 V 1 に対する位相差が所定の目標位相差となる信号に補正する。目標位相差は電気角である。この実施形態では、目標位相差は、 9 0 ° に設定されている。したがって、出力信号補正部 4 1 は、出力信号 V 2 を、出力信号 V 1 に対する位相差が 9 0 ° となる信号 V 2 ' ( = sin (   + 9 0 ° ) = cos   ) に補正する。

【 0 0 8 6 】

出力信号 V 2 ( = sin (   +   ) ) は、三角関数の加法定理により、次式(23)のように展開することができる。

$$V 2 = \sin (   +   ) = \sin   \cdot \cos   + \cos   \cdot \sin   \dots (23)$$

この式(23)を変形することにより、信号 V 2 を信号 V 2 ' に補正するための式(24)が得られる。

【 0 0 8 7 】

【 数 1 7 】

$$\begin{aligned} V 2' &= \cos \theta \\ &= \frac{\sin(\theta + \phi) - \sin \theta \cdot \cos \phi}{\sin \phi} \\ &= \frac{V 2 - V 1 \cdot \cos \phi}{\sin \phi} \dots (24) \end{aligned}$$

【 0 0 8 8 】

出力信号補正部 6 1 は、前記式(24)に基づいて、出力信号 V 2 を、出力信号 V 1 に対する位相差が 9 0 ° となる信号 V 2 ' ( = cos   ) に補正する。つまり、出力信号補正部 6 1 は、出力信号 V 1 ( = sin   ) と、出力信号 V 2 ( = sin (   +   ) ) と、メモリに格納されている配置位相差   を用いて、信号 V 2 を補正する。なお、メモリに sin   の値および cos   の値が格納されている場合には、配置位相差   の代わりにこれらの値 sin   , cos   を用いて、出力信号 V 2 が補正される。

【 0 0 8 9 】

回転角演算部 6 2 は、出力信号補正部 6 1 によって補正された信号 V 2 ' ( = cos   ) と、他方の出力信号 V 1 ( = sin   ) とを用い、たとえば、次式(25)に基づいて、ロータ 1 の回転角   を演算する。

$$= \tan^{-1} ( \sin   / \cos   ) = \tan^{-1} ( V 1 / V 2' ) \dots (25)$$

なお、回転角演算部 6 2 は、式(25)を用いる方法とは異なる方法で、信号 V 2 ' ( = cos   ) および出力信号 V 1 ( = sin   ) から回転角   を求めるようにしてもよい。たとえば、特開2001-264114号公報参照に開示されている方法を用いて、信号 V 2 ' ( = cos   ) および出力信号 V 1 ( = sin   ) から回転角   を求めるようにしてもよい。

【 0 0 9 0 】

センサ故障検出ユニット 7 0 は、各磁気センサ 1 1 , 1 2 の出力信号 V 1 , V 2 に基づいて、磁気センサ 1 1 , 1 2 の故障を検出する。磁気センサ 1 1 , 1 2 が故障すると、その出力信号 V 1 , V 2 は、零、上限値または下限値に固定される。そこで、各磁気センサ 1 1 , 1 2 の出力信号 V 1 , V 2 を監視し、その出力信号が零、上限値または下限値に固定されていることを検出した場合（その出力信号が異常であると判定した場合）に、対応する磁気センサに故障が発生したと判定することができる。

【 0 0 9 1 】

センサ故障ユニット 7 0 は、第 1 の V 1 異常監視部 7 1 と、第 1 の V 2 異常監視部 7 2

と、第2のV1異常監視部73と、第2のV2異常監視部74とを含む。第1のV1異常監視部71は、第2の磁気センサ12の出力信号V2と、回転角演算ユニット60内の出力信号補正部61によって演算される信号V2'とに基づいて、第1の磁気センサ11の出力信号V1が零に固定されたか否かを判定するための処理を行なう。第1のV2異常監視部72は、第1の磁気センサ11の出力信号V1と、出力信号補正部61によって演算される信号V2'とに基づいて、第2の磁気センサ12の出力信号V2が零に固定されたか否かを判定するための処理を行なう。

#### 【0092】

第2のV1異常監視部73は、第2の磁気センサ12の出力信号V2と、出力信号補正部61によって演算される信号V2'とに基づいて、第1の磁気センサ11の出力信号V1が上限値(+1)または下限値(-1)に固定されたか否かを判定するための処理を行なう。第2のV2異常監視部74は、第1の磁気センサ11の出力信号V1と、出力信号補正部61によって演算される信号V2'とに基づいて、第2の磁気センサ12の出力信号V2が上限値(+1)または下限値(-1)に固定されたか否かを判定するための処理を行なう。

#### 【0093】

センサ故障検出ユニット70は、所定の第2の演算周期毎に第1の磁気センサ11の出力信号V1および第2の磁気センサ12の出力信号V2を取り込み、取り込んだ出力信号V1を第1のV2異常監視部72および第2のV2異常監視部74に与え、取り込んだ出力信号V2を第1のV1異常監視部71および第2のV1異常監視部73に与える。この実施形態では、第2の演算周期は、回転角演算ユニット60が回転角を演算する周期(第1演算周期)と等しいかまたはそれより長い周期に設定されている。

#### 【0094】

図8は、第1のV1異常監視部71の動作例を示すフローチャートである。図8の処理は、前記第2の演算周期毎に実行される。

図8の処理は、第1の磁気センサ11の出力信号V1( $=\sin$ )が零に固定されているか否かを判定するために行なわれる。第1の磁気センサ11の出力信号V1が零に固定された場合には、出力信号補正部61によって演算される信号V2'( $\cos$ に相当する信号)は、前記式(24)に $V1=0$ を代入することにより、 $V2'=V2/\sin$ となる。したがって、出力信号補正部61によって演算される信号V2'が演算値( $V2/\sin$ )と等しいか否かを所定時間(第2の演算周期)毎に判別し、 $V2'=V2/\sin$ の状態が所定回数以上継続する場合には、第1の磁気センサ11に故障が発生したと判定することができる。

#### 【0095】

ただし、第1の磁気センサ11が正常であっても、回転角がたとえば $0^\circ$ または $180^\circ$ である場合には、その出力信号V1( $=\sin$ )が0となる。そこで、第1の磁気センサ11が正常である場合に、その出力信号V1が零となるような回転角においては、信号V2'が演算値( $V2/\sin$ )と等しいか否かの判定を行わないようにしている。

図8に戻り、第1のV1異常監視部71は、今演算周期で取り込まれた第2の磁気センサ12の出力信号V2が、 $\sin$ および $-\sin$ のいずれの値にも一致しないか否かを判別する(ステップS1)。第2の磁気センサ12の出力信号V2が、 $\sin$ または $-\sin$ の値と一致した場合には(ステップS1:NO)、第1のV1異常監視部71は、今演算周期での処理を終了する。

#### 【0096】

図12(a)は、第1の磁気センサ11および第2の磁気センサ12が正常である場合の、それらの出力信号V1, V2の波形を示している。出力信号V2の波形を表す正弦波曲線上において、出力信号V1( $=\sin$ )が0となる回転角に対応する点は、点a1および点a2である。点a1に対応する出力信号V2の値は、 $\sin$ となる。一方、点a2に対応する出力信号V2の値は、 $\sin(180^\circ + ) = -\sin$ となる。したがって、出力信号V2が $\sin$ または $-\sin$ に一致する場合には、 $\cos$ に相当する信号V2'が



演算値 ( $V_2 / \sin$ ) と等しいか否かの判定を行わないようにしている。

【0097】

前記ステップ S 1 において、第 2 の磁気センサ 1 2 の出力信号  $V_2$  が、 $\sin$  および  $-\sin$  のいずれの値にも一致しないと判別された場合には (ステップ S 1 : YES)、第 1 の  $V_1$  異常監視部 7 1 は、 $V_2 / \sin$  を演算し、出力信号補正部 6 1 から与えられる信号  $V_2'$  が演算値 ( $V_2 / \sin$ ) と等しいか否かを判定する (ステップ S 2)。なお、出力信号補正部 6 1 から与えられる信号  $V_2'$  は、今回の第 2 の演算周期においてセンサ故障検出ユニット 7 0 によって取り込まれた出力信号  $V_1$ 、 $V_2$  と同じ信号  $V_1$ 、 $V_2$  から演算された信号  $V_2'$  である。

【0098】

信号  $V_2'$  が演算値 ( $V_2 / \sin$ ) と等しくない場合には (ステップ S 2 : NO)、第 1 の  $V_1$  異常監視部 7 1 は、第 1 カウント値 cnt1 を 1 だけデクリメント ( $-1$ ) する (ステップ S 3)。そして、ステップ S 5 に進む。第 1 カウント値 cnt1 のデフォルト値は零である。また、第 1 カウント値 cnt1 は、零以上の整数であり、負の値とはならない。したがって、前記ステップ S 3 で第 1 カウント値 cnt1 が 1 だけデクリメントされたとしても、第 1 カウント値 cnt1 が零より小さい値になることはない。

【0099】

前記ステップ S 2 において、信号  $V_2'$  が演算値 ( $V_2 / \sin$ ) と等しいと判別された場合には (ステップ S 2 : YES)、第 1 の  $V_1$  異常監視部 7 1 は、第 1 カウント値 cnt1 を 1 だけインクリメント ( $+1$ ) する (ステップ S 4)。そして、ステップ S 5 に進む。

ステップ S 5 では、第 1 の  $V_1$  異常監視部 7 1 は、第 1 カウント値 cnt1 が所定のしきい値 A 以上であるか否かを判別する。第 1 カウント値 cnt1 がしきい値 A 未満である場合には (ステップ S 5 : NO)、第 1 の  $V_1$  異常監視部 7 1 は、今演算周期での処理を終了する。一方、第 1 カウント値 cnt1 がしきい値 A 以上であると判別された場合には (ステップ S 5 : YES)、第 1 の  $V_1$  異常監視部 7 1 は、第 1 の磁気センサ 1 1 に故障が発生したことを検知し、図示しないブラシレスモータのモータ制御装置にモータ停止指令を出力する (ステップ S 6)。また、第 1 の  $V_1$  異常監視部 7 1 は、全ての異常監視部 7 1 ~ 7 4 の動作を停止させる (ステップ S 7)。モータ制御装置は、第 1 の  $V_1$  異常監視部 7 1 からのモータ停止指令を受信すると、ブラシレスモータの駆動を停止させる。

【0100】

図 9 は、第 1 の  $V_2$  異常監視部 7 2 の動作例を示すフローチャートである。図 9 の処理は、第 2 の演算周期毎に実行される。

図 9 の処理は、第 2 の磁気センサ 1 2 の出力信号  $V_2$  ( $= \sin(\quad + \quad)$ ) が零に固定されているか否かを判定するために行なわれる。第 2 の磁気センサ 1 2 の出力信号  $V_2$  が零に固定された場合には、出力信号補正部 6 1 によって演算される信号  $V_2'$  ( $\cos$  に相当する信号) は、前記式 (24) に  $V_2 = 0$  を代入することにより、 $V_2' = -V_1 \cdot \cos / \sin$  となる。したがって、信号  $V_2'$  が演算値 ( $-V_1 \cdot \cos / \sin$ ) と等しいか否かを所定時間 (第 2 の演算周期) 毎に判別し、 $V_2' = -V_1 \cdot \cos / \sin$  の状態が所定回数以上継続する場合には、第 2 の磁気センサ 1 2 に故障が発生したと判定することができる。

【0101】

ただし、第 2 の磁気センサ 1 2 が正常であっても、図 1 2 (a) に示すように、回転角がたとえば ( $180^\circ -$ ) または ( $360^\circ -$ ) である場合には、その出力信号  $V_2$  ( $= \sin(\quad + \quad)$ ) が 0 となる。そこで、第 2 の磁気センサ 1 2 が正常である場合に、その出力信号  $V_2$  が零となるような回転角においては、信号  $V_2'$  が演算値 ( $-V_1 \cdot \cos / \sin$ ) と等しいか否かの判定を行わないようにしている。

【0102】

図 9 に戻り、第 1 の  $V_2$  異常監視部 7 2 は、今演算周期で取り込まれた第 1 の磁気センサ 1 1 の出力信号  $V_1$  が、 $\sin$  および  $-\sin$  のいずれの値にも一致しないか否かを判別

10

20

30

40

50

する（ステップ S 1 1）。第 1 の磁気センサ 1 1 の出力信号 V 1 が、 $\sin$  または  $-\sin$  の値と一致した場合には（ステップ S 1 1：NO）、第 1 の V 2 異常監視部 7 2 は、今演算周期での処理を終了する。

#### 【0103】

図 1 2（a）を参照して、出力信号 V 1 の波形を表す正弦波曲線上において、出力信号  $V 2 (= \sin(\theta + \alpha))$  が 0 となる回転角  $\theta$  に対応する点は、点 b 1 および点 b 2 である。点 b 1 に対応する出力信号 V 1 の値は、 $\sin(180^\circ - \alpha) = \sin \alpha$  となる。一方、点 b 2 に対応する出力信号 V 1 の値は、 $\sin(360^\circ - \alpha) = -\sin \alpha$  となる。したがって、出力信号 V 1 が  $\sin \alpha$  または  $-\sin \alpha$  に一致する場合には、 $\cos \alpha$  に相当する信号 V 2' が演算値  $(-V 1 \cdot \cos \alpha / \sin \alpha)$  と等しいか否かの判定を行わないようにしている。

10

#### 【0104】

前記ステップ S 1 1 において、第 1 の磁気センサ 1 1 の出力信号 V 1 が、 $\sin \alpha$  および  $-\sin \alpha$  のいずれの値にも一致しないと判別された場合には（ステップ S 1 1：YES）、第 1 の V 2 異常監視部 7 2 は、 $-V 1 \cdot \cos \alpha / \sin \alpha$  を演算し、出力信号補正部 6 1 から与えられる信号 V 2' が演算値  $(-V 1 \cdot \cos \alpha / \sin \alpha)$  と等しいか否かを判定する（ステップ S 1 2）。なお、出力信号補正部 6 1 から与えられる信号 V 2' は、今回の第 2 の演算周期においてセンサ故障検出ユニット 7 0 によって取り込まれた出力信号 V 1、V 2 と同じ信号 V 1、V 2 から演算された信号 V 2' である。

#### 【0105】

信号 V 2' が演算値  $(-V 1 \cdot \cos \alpha / \sin \alpha)$  と等しくない場合には（ステップ S 1 2：NO）、第 1 の V 2 異常監視部 7 2 は、第 2 カウント値 cnt2 を 1 だけデクリメント（-1）する（ステップ S 1 3）。そして、ステップ S 1 5 に進む。第 2 カウント値 cnt2 のデフォルト値は零である。また、第 2 カウント値 cnt2 は、零以上の整数であり、負の値にはならない。したがって、前記ステップ S 1 3 で第 2 カウント値 cnt2 が 1 だけデクリメントされたとしても、第 2 カウント値 cnt2 が零より小さい値になることはない。

20

#### 【0106】

前記ステップ S 1 2 において、信号 V 2' が演算値  $(-V 1 \cdot \cos \alpha / \sin \alpha)$  と等しいと判別された場合には（ステップ S 1 2：YES）、第 1 の V 2 異常監視部 7 2 は、第 2 カウント値 cnt2 を 1 だけインクリメント（+1）する（ステップ S 1 4）。そして、ステップ S 1 5 に進む。

30

ステップ S 1 5 では、第 1 の V 2 異常監視部 7 2 は、第 2 カウント値 cnt2 が所定のしきい値 A 以上であるか否かを判別する。第 2 カウント値 cnt2 がしきい値 A 未満である場合には（ステップ S 1 5：NO）、第 1 の V 2 異常監視部 7 2 は、今演算周期での処理を終了する。一方、第 2 カウント値 cnt2 がしきい値 A 以上であると判別された場合には（ステップ S 1 5：YES）、第 1 の V 2 異常監視部 7 2 は、第 2 の磁気センサ 1 2 に故障が発生したことを検知し、図示しないブラシレスモータのモータ制御装置にモータ停止指令を出力する（ステップ S 1 6）。また、第 1 の V 2 異常監視部 7 2 は、全ての異常監視部 7 1 ~ 7 4 の動作を停止させる（ステップ S 1 7）。モータ制御装置は、第 1 の V 2 異常監視部 7 2 からのモータ停止指令を受信すると、ブラシレスモータの駆動を停止させる。

#### 【0107】

40

図 1 0 は、第 2 の V 1 異常監視部 7 3 の動作例を示すフローチャートである。図 1 0 の処理は、第 2 の演算周期毎に実行される。

図 1 0 の処理は、第 1 の磁気センサ 1 1 の出力信号 V 1 ( $= \sin \theta$ ) が 1（上限値）または -1（下限値）に固定されているか否かを判定するために行なわれる。第 1 の磁気センサ 1 1 の出力信号 V 1 が 1 に固定された場合には、出力信号補正部 6 1 によって演算される信号 V 2' ( $\cos \alpha$  に相当する信号) は、前記式 (24) に  $V 1 = 1$  を代入することにより、 $V 2' = (V 2 - \cos \alpha) / \sin \alpha$  となる。また、第 1 の磁気センサ 1 1 の出力信号 V 1 が -1 に固定された場合には、出力信号補正部 6 1 によって演算される信号 V 2' ( $\cos \alpha$  に相当する信号) は、前記式 (24) に  $V 1 = -1$  を代入することにより、 $V 2' = (V 2 + \cos \alpha) / \sin \alpha$  となる。したがって、信号 V 2' が演算値  $\{(V 2 - \cos \alpha) / \sin \alpha$

50

｝または $\{(V_2 + \cos \theta) / \sin \theta\}$ と等しいか否かを所定時間（第２の演算周期）毎に判別し、 $V_2' = (V_2 - \cos \theta) / \sin \theta$  または  $V_2' = (V_2 + \cos \theta) / \sin \theta$  の状態が所定回数以上継続する場合には、第１の磁気センサ１１に故障が発生したと判定することができる。

【０１０８】

ただし、第１の磁気センサ１１が正常であっても、回転角  $\theta$  がたとえば  $90^\circ$  であればその出力信号  $V_1 (= \sin \theta)$  は１となり、回転角  $\theta$  がたとえば  $270^\circ$  であればその出力信号  $V_1 (= \sin \theta)$  は－１となる。そこで、第１の磁気センサ１１が正常である場合に、その出力信号  $V_1$  が１または－１となるような回転角  $\theta$  においては、信号  $V_2'$  が演算値 $\{(V_2 - \cos \theta) / \sin \theta\}$ または $\{(V_2 + \cos \theta) / \sin \theta\}$ と等しいか否かの判定を行わないようにしている。

10

【０１０９】

図１０に戻り、第２の  $V_1$  異常監視部 ７３は、今演算周期で取り込まれた第２の磁気センサ１２の出力信号  $V_2$  が、 $\sin(90^\circ + \theta)$  および  $-\sin(90^\circ + \theta)$  のいずれの値にも一致しないか否かを判別する（ステップＳ２１）。第２の磁気センサ１２の出力信号  $V_2$  が、 $\sin(90^\circ + \theta)$  または  $-\sin(90^\circ + \theta)$  の値と一致した場合には（ステップＳ２１：ＮＯ）、第２の  $V_1$  異常監視部 ７３は、今演算周期での処理を終了する。

【０１１０】

図１２（ｂ）は、第１の磁気センサ１１および第２の磁気センサ１２が正常である場合の、それらの出力信号  $V_1$ 、 $V_2$  の波形を示している。出力信号  $V_2$  の波形を表す正弦波曲線上において、出力信号  $V_1 (= \sin \theta)$  が１または－１となる回転角  $\theta$  に対応する点は、点  $c_1$  および点  $c_2$  である。点  $c_1$  に対応する出力信号  $V_2$  の値は、 $\sin(90^\circ + \theta)$  となる。一方、点  $c_2$  に対応する出力信号  $V_2$  の値は、 $\sin(270^\circ + \theta) = -\sin(90^\circ + \theta)$  となる。したがって、出力信号  $V_2$  が  $\sin(90^\circ + \theta)$  または  $-\sin(90^\circ + \theta)$  に一致する場合には、 $\cos \theta$  に相当する信号  $V_2'$  が演算値 $\{(V_2 - \cos \theta) / \sin \theta\}$ または $\{(V_2 + \cos \theta) / \sin \theta\}$ と等しいか否かの判定を行わないようにしている。

20

【０１１１】

前記ステップＳ２１において、第２の磁気センサ１２の出力信号  $V_2$  が、 $\sin(90^\circ + \theta)$  および  $-\sin(90^\circ + \theta)$  のいずれの値にも一致しないと判別された場合には（ステップＳ２１：ＹＥＳ）、第２の  $V_1$  異常監視部 ７３は、 $(V_2 - \cos \theta) / \sin \theta$  および  $(V_2 + \cos \theta) / \sin \theta$  を演算し、出力信号補正部 ６１から与えられる信号  $V_2'$  が演算値 $\{(V_2 - \cos \theta) / \sin \theta\}$ または $\{(V_2 + \cos \theta) / \sin \theta\}$ と等しいか否かを判定する（ステップＳ２２）。なお、出力信号補正部 ６１から与えられる信号  $V_2'$  は、今回の第２の演算周期においてセンサ故障検出ユニット ７０によって取り込まれた出力信号  $V_1$ 、 $V_2$  と同じ信号  $V_1$ 、 $V_2$  から演算された信号  $V_2'$  である。

30

【０１１２】

信号  $V_2'$  が演算値 $\{(V_2 - \cos \theta) / \sin \theta\}$ および $\{(V_2 + \cos \theta) / \sin \theta\}$ のいずれの値とも等しくない場合には（ステップＳ２２：ＮＯ）、第２の  $V_1$  異常監視部 ７３は、第３カウント値  $cnt3$  を１だけデクリメント（－１）する（ステップＳ２３）。そして、ステップＳ２５に進む。第３カウント値  $cnt3$  のデフォルト値は零である。また、第３カウント値  $cnt3$  は、零以上の整数であり、負の値にはならない。したがって、前記ステップＳ２３で第３カウント値  $cnt3$  が１だけデクリメントされたとしても、第３カウント値  $cnt3$  が零より小さい値になることはない。

40

【０１１３】

前記ステップＳ２２において、信号  $V_2'$  が演算値 $\{(V_2 - \cos \theta) / \sin \theta\}$ または $\{(V_2 + \cos \theta) / \sin \theta\}$ と等しいと判別された場合には（ステップＳ２２：ＹＥＳ）、第２の  $V_1$  異常監視部 ７３は、第３カウント値  $cnt3$  を１だけインクリメント（＋１）する（ステップＳ２４）。そして、ステップＳ２５に進む。

ステップＳ２５では、第２の  $V_1$  異常監視部 ７３は、第３カウント値  $cnt3$  が所定のしき

50

い値 A 以上であるか否かを判別する。第 3 カウント値 cnt3 がしきい値 A 未満である場合には (ステップ S 2 5 : NO)、第 2 の V 1 異常監視部 7 3 は、今演算周期での処理を終了する。一方、第 3 カウント値 cnt3 がしきい値 A 以上であると判別された場合には (ステップ S 2 5 : YES)、第 2 の V 1 異常監視部 7 3 は、第 1 の磁気センサ 1 1 に故障が発生したことを検知し、図示しないブラシレスモータのモータ制御装置にモータ停止指令を出力する (ステップ S 2 6)。また、第 2 の V 1 異常監視部 7 3 は、全ての異常監視部 7 1 ~ 7 4 の動作を停止させる (ステップ S 2 7)。モータ制御装置は、第 2 の V 1 異常監視部 7 3 からのモータ停止指令を受信すると、ブラシレスモータの駆動を停止させる。

#### 【0114】

図 1 1 は、第 2 の V 2 異常監視部 7 4 の動作例を示すフローチャートである。図 1 1 の処理は、第 2 の演算周期毎に実行される。

図 1 1 の処理は、第 2 の磁気センサ 1 2 の出力信号 V 1 ( $= \sin(\theta + \alpha)$ ) が 1 (上限値) または -1 (下限値) に固定されているか否かを判定するために行なわれる。第 2 の磁気センサ 1 2 の出力信号 V 2 が 1 に固定された場合には、出力信号補正部 6 1 によって演算される信号 V 2' ( $\cos$  に相当する信号) は、前記式 (24) に  $V 2 = 1$  を代入することにより、 $V 2' = -(V 1 \cdot \cos \alpha - 1) / \sin \alpha$  となる。また、第 2 の磁気センサ 1 2 の出力信号 V 2 が -1 に固定された場合には、出力信号補正部 6 1 によって演算される信号 V 2' ( $\cos$  に相当する信号) は、前記式 (24) に  $V 2 = -1$  を代入することにより、 $V 2' = -(V 1 \cdot \cos \alpha + 1) / \sin \alpha$  となる。したがって、信号 V 2' が演算値  $\{ -(V 1 \cdot \cos \alpha - 1) / \sin \alpha \}$  または  $\{ -(V 1 \cdot \cos \alpha + 1) / \sin \alpha \}$  と等しいか否かを所定時間 (第 2 の演算周期) 毎に判別し、 $V 2' = -(V 1 \cdot \cos \alpha - 1) / \sin \alpha$  または  $V 2' = -(V 1 \cdot \cos \alpha + 1) / \sin \alpha$  の状態が所定回数以上継続する場合には、第 2 の磁気センサ 1 2 に故障が発生したと判定することができる。

#### 【0115】

ただし、第 2 の磁気センサ 1 2 が正常であっても、図 1 2 (b) に示すように、回転角  $\theta$  がたとえば  $(90^\circ - \alpha)$  であればその出力信号 V 2 ( $= \sin(\theta + \alpha)$ ) は 1 となり、回転角  $\theta$  がたとえば  $(270^\circ - \alpha)$  であればその出力信号 V 2 ( $= \sin(\theta + \alpha)$ ) は -1 となる。そこで、第 2 の磁気センサ 1 2 が正常である場合に、その出力信号 V 2 が 1 または -1 となるような回転角  $\theta$  においては、信号 V 2' が演算値  $\{ -(V 1 \cdot \cos \alpha - 1) / \sin \alpha \}$  または  $\{ -(V 1 \cdot \cos \alpha + 1) / \sin \alpha \}$  と等しいか否かの判定を行わないようにしている。

#### 【0116】

図 1 1 に戻り、第 2 の V 2 異常監視部 7 4 は、今演算周期で取り込まれた第 1 の磁気センサ 1 1 の出力信号 V 1 が、 $\sin(90^\circ - \alpha)$  および  $-\sin(90^\circ - \alpha)$  のいずれの値にも一致しないか否かを判別する (ステップ S 3 1)。第 1 の磁気センサ 1 1 の出力信号 V 1 が、 $\sin(90^\circ - \alpha)$  または  $-\sin(90^\circ - \alpha)$  の値と一致した場合には (ステップ S 3 1 : NO)、第 2 の V 2 異常監視部 7 4 は、今演算周期での処理を終了する。

#### 【0117】

図 1 2 (b) を参照して、出力信号 V 1 の波形を表す正弦波曲線上において、出力信号 V 2 ( $= \sin(\theta + \alpha)$ ) が 1 または -1 となる回転角  $\theta$  に対応する点は、点 d 1 および点 d 2 である。点 d 1 に対応する出力信号 V 1 の値は、 $\sin(90^\circ - \alpha)$  となる。一方、点 d 2 に対応する出力信号 V 1 の値は、 $\sin(270^\circ - \alpha) = -\sin(90^\circ - \alpha)$  となる。したがって、出力信号 V 1 が  $\sin(90^\circ - \alpha)$  または  $-\sin(90^\circ - \alpha)$  に一致する場合には、 $\cos$  に相当する信号 V 2' が演算値  $\{ -(V 1 \cdot \cos \alpha - 1) / \sin \alpha \}$  または  $\{ -(V 1 \cdot \cos \alpha + 1) / \sin \alpha \}$  と等しいか否かの判定を行わないようにしている。

#### 【0118】

前記ステップ S 3 1 において、第 1 の磁気センサ 1 1 の出力信号 V 1 が、 $\sin(90^\circ - \alpha)$  および  $-\sin(90^\circ - \alpha)$  のいずれの値にも一致しないと判別された場合には (ステップ S 3 1 : YES)、第 2 の V 2 異常監視部 7 4 は、 $-(V 1 \cdot \cos \alpha - 1) / \sin \alpha$

および  $-(V_1 \cdot \cos \theta + 1) / \sin \theta$  を演算し、出力信号補正部 61 から与えられる信号  $V_2'$  が演算値  $\{-(V_1 \cdot \cos \theta - 1) / \sin \theta\}$  または  $\{-(V_1 \cdot \cos \theta + 1) / \sin \theta\}$  と等しいか否かを判定する (ステップ S32)。なお、出力信号補正部 61 から与えられる信号  $V_2'$  は、今回の第 2 の演算周期においてセンサ故障検出ユニット 70 によって取り込まれた出力信号  $V_1$ 、 $V_2$  と同じ信号  $V_1$ 、 $V_2$  から演算された信号  $V_2'$  である。

#### 【0119】

信号  $V_2'$  が演算値  $\{-(V_1 \cdot \cos \theta - 1) / \sin \theta\}$  および  $\{-(V_1 \cdot \cos \theta + 1) / \sin \theta\}$  のいずれの値とも等しくない場合には (ステップ S32: NO)、第 2 の  $V_2$  異常監視部 74 は、第 4 カウント値 cnt4 を 1 だけデクリメント ( $-1$ ) する (ステップ S33)。そして、ステップ S35 に進む。第 4 カウント値 cnt4 のデフォルト値は零である。また、第 4 カウント値 cnt4 は、零以上の整数であり、負の値にはならない。したがって、前記ステップ S33 で第 4 カウント値 cnt4 が 1 だけデクリメントされたとしても、第 4 カウント値 cnt4 が零より小さい値になることはない。

10

#### 【0120】

前記ステップ S32 において、信号  $V_2'$  が演算値  $\{-(V_1 \cdot \cos \theta - 1) / \sin \theta\}$  または  $\{-(V_1 \cdot \cos \theta + 1) / \sin \theta\}$  と等しいと判別された場合には (ステップ S32: YES)、第 2 の  $V_2$  異常監視部 74 は、第 4 カウント値 cnt4 を 1 だけインクリメント ( $+1$ ) する (ステップ S34)。そして、ステップ S35 に進む。

ステップ S35 では、第 2 の  $V_2$  異常監視部 74 は、第 4 カウント値 cnt4 が所定のしきい値 A 以上であるか否かを判別する。第 4 カウント値 cnt4 がしきい値 A 未満である場合には (ステップ S35: NO)、第 2 の  $V_2$  異常監視部 74 は、今演算周期での処理を終了する。一方、第 4 カウント値 cnt4 がしきい値 A 以上であると判別された場合には (ステップ S35: YES)、第 2 の  $V_2$  異常監視部 74 は、第 2 の磁気センサ 12 に故障が発生したことを検知し、図示しないブラシレスモータのモータ制御装置にモータ停止指令を出力する (ステップ S36)。また、第 2 の  $V_2$  異常監視部 74 は、全ての異常監視部 71 ~ 74 の動作を停止させる (ステップ S37)。モータ制御装置は、第 2 の  $V_2$  異常監視部 74 からのモータ停止指令を受信すると、ブラシレスモータの駆動を停止させる。

20

#### 【0121】

第 3 の実施形態では、第 1 の磁気センサ 11 または第 2 の磁気センサ 12 のいずれかが故障した場合に、そのことを検知することができる。また、いずれの磁気センサが故障したかも特定することができる。

30

以上、この発明をブラシレスモータのロータの回転角を検出するための装置に適用した場合の実施形態について説明したが、ブラシレスモータのロータ以外の回転体の回転角を検出するための装置にもこの発明を適用することができる。

#### 【0122】

前記各実施形態では、検出用ロータ 1 の磁石は 1 組の磁極対を持っているが、検出用ロータ 1 の磁石は複数組の磁極対を持っていたてもよい。

その他、特許請求の範囲に記載された事項の範囲で種々の設計変更を施すことが可能である。

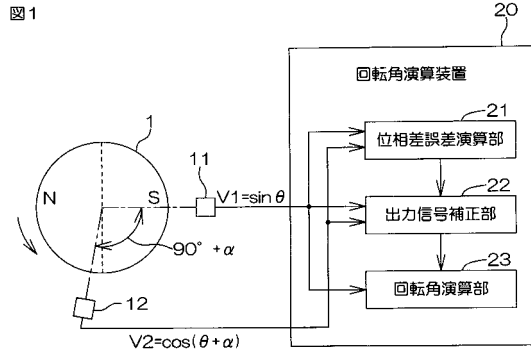
40

#### 【符号の説明】

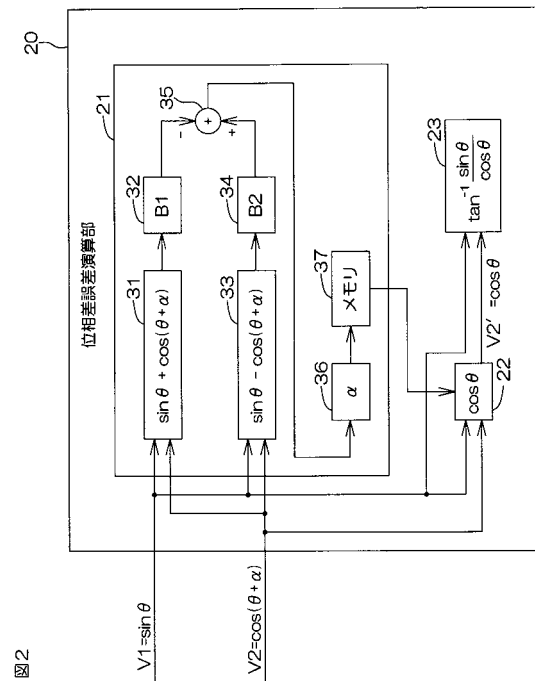
#### 【0123】

1 ... ロータ、12, 13 ... 磁気センサ

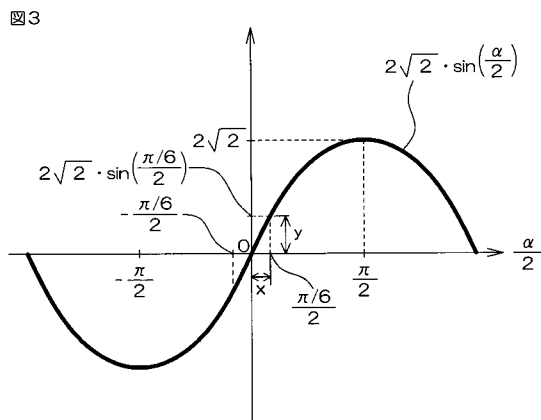
【図 1】



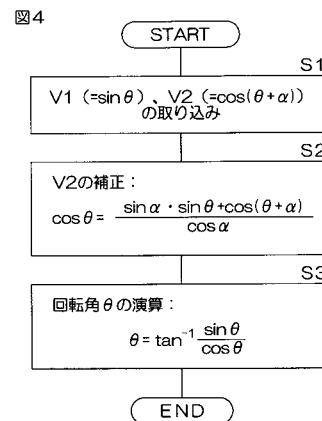
【図 2】



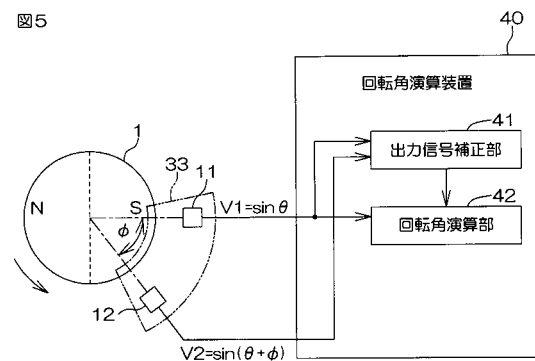
【図 3】



【図 4】

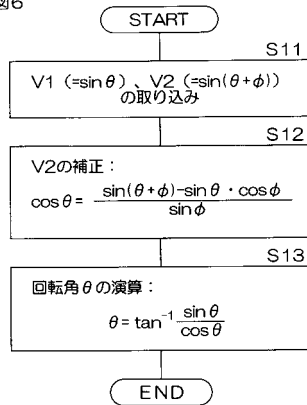


【図 5】

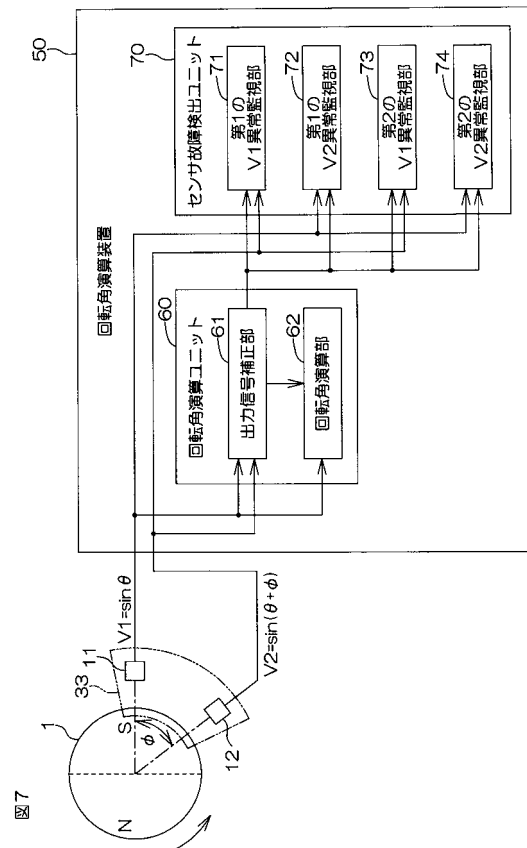


【図6】

図6

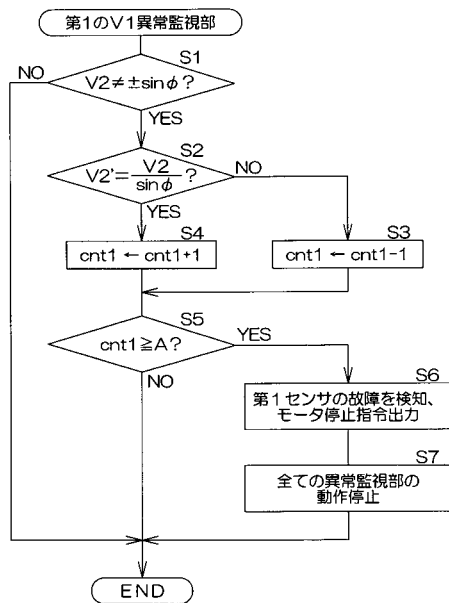


【図7】



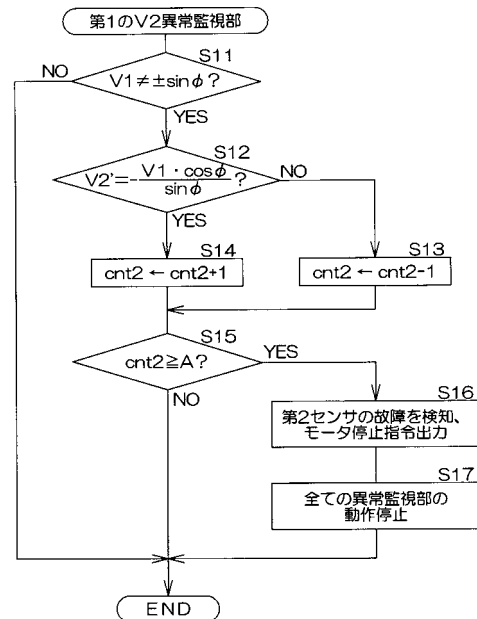
【図8】

図8



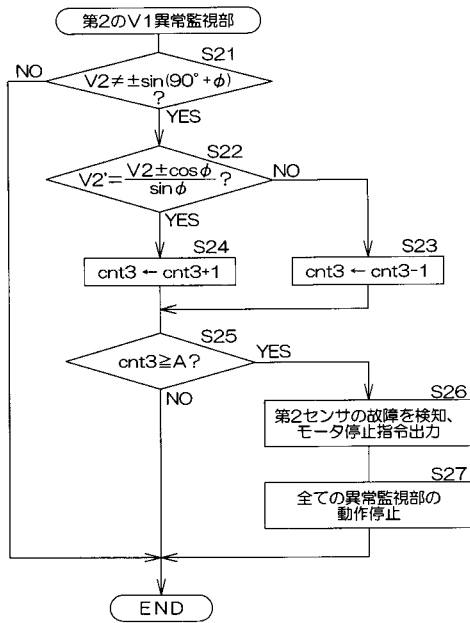
【図9】

図9



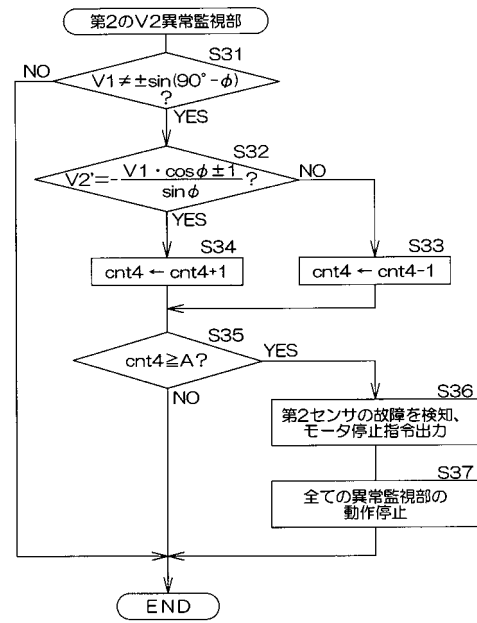
【図 10】

図10



【図 11】

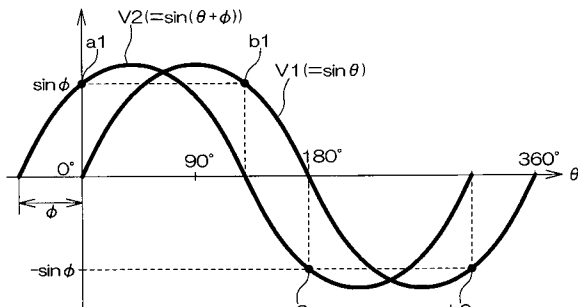
図11



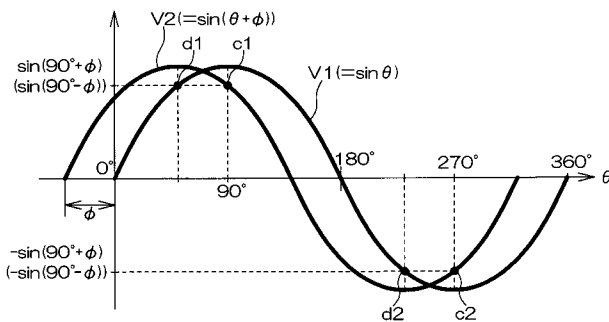
【図 12】

図12

(a)

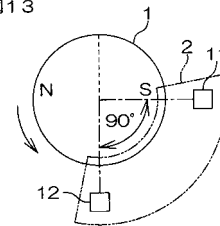


(b)



【図 13】

図13

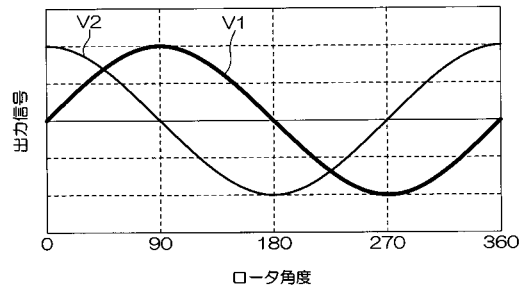




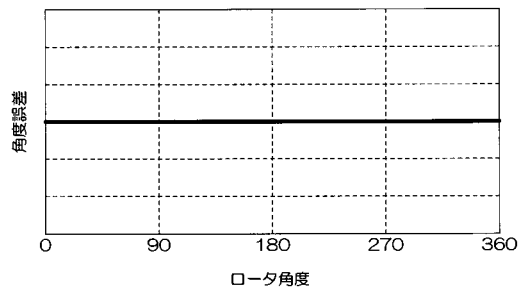
【図 14】

図14

(a)



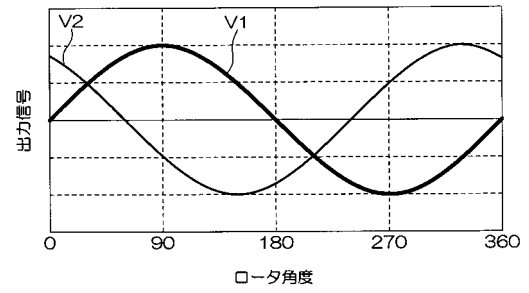
(b)



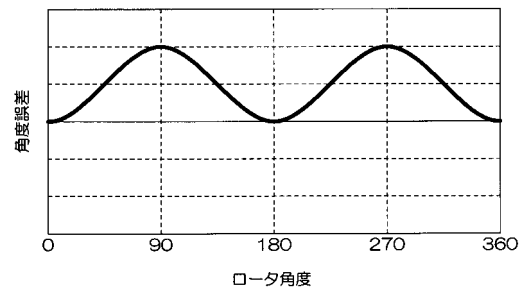
【図 15】

図15

(a)



(b)



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 2F077 AA11 AA20 JJ01 JJ08 JJ09 TT35 TT49 TT66 UU18