

(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2020-176933

(P2020-176933A)

(43) 公開日 令和2年10月29日(2020.10.29)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
GO1D 5/244 (2006.01) GO1D 5/244 J 2FO77

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2019-79808 (P2019-79808)	(71) 出願人	000006013 三菱電機株式会社
(22) 出願日	平成31年4月19日 (2019.4.19)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
		(74) 代理人	110002941 特許業務法人ばるも特許事務所
		(74) 代理人	100073759 弁理士 大岩 増雄
		(74) 代理人	100088199 弁理士 竹中 考生
		(74) 代理人	100094916 弁理士 村上 啓吾
		(74) 代理人	100127672 弁理士 吉澤 憲治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 角度検出装置

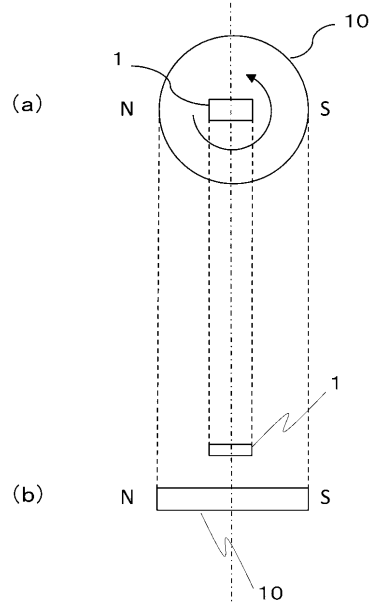
(57) 【要約】

【課題】 正弦信号と余弦信号の位相差が $\pi/2$ からずれることによる回転2次の角度誤差を低減できない。

【解決手段】 位相の異なる2つの正弦信号の和に基づいた第1検出信号と、差に基づいた第2検出信号とから検出角を演算することで、第1正弦信号と前記第2正弦信号の位相差が $\pi/2$ からずれることによって生じる2次の角度誤差を抑制することができる。

【選択図】 図1

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転機の回転に応じて第 1 正弦信号と前記第 1 正弦信号と位相の異なる第 2 正弦信号とを検出する角度検出器、

前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の和に基づいた第 1 検出信号と前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の差に基づいた第 2 検出信号とを出力する検出信号演算部、

前記第 1 検出信号と前記第 2 検出信号に基づいて検出角を演算する角度演算部、を備え、前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の位相差が $\pi/2$ からずれることによって生じる 2 次の角度誤差を抑制することを特徴とする角度検出装置。

【請求項 2】

前記第 1 検出信号は、前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の和から予め定められた値を減算して算出することを特徴とする請求項 1 に記載の角度検出装置。

【請求項 3】

前記予め定められた値は、前記第 1 正弦信号の midpoint 電位の 2 倍であることを特徴とする請求項 2 に記載の角度検出装置。

【請求項 4】

前記予め定められた値は、前記角度検出器に供給される直流電圧であることを特徴とする請求項 2 に記載の角度検出装置。

【請求項 5】

前記予め定められた値は、オンラインで設定可能であることを特徴とする請求項 2 から 4 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【請求項 6】

前記角度演算部で算出する角度検出値は、前記第 1 検出信号と前記第 2 検出信号の比の逆正接関数によって得られる角度から、前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の位相差の $1/2$ の値または前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の位相差の $1/2$ に $\pi/2$ を加算した値を減算して算出することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【請求項 7】

前記第 1 正弦信号または前記第 2 正弦信号の少なくとも一方に対して、前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の振幅比を 1 とするように補正することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【請求項 8】

前記第 1 正弦信号を第 1 のオフセット補正值を減算して補正し、前記第 2 正弦信号を第 2 のオフセット補正值を減算して補正することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【請求項 9】

前記角度検出器の故障を判定する故障判定器を更に備え、前記故障判定器は、前記第 1 検出信号と前記第 2 検出信号の二乗和または二乗和平方根を用いて故障を判定することを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【請求項 10】

前記第 1 検出信号と前記第 2 検出信号の少なくとも一方に対して、振幅比に基づく補正係数を乗じて補正することを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【請求項 11】

前記第 1 検出信号と前記第 2 検出信号のうち、振幅が小さい方の信号に対して振幅比に基づく 1 以上の補正係数を乗じて補正することを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【請求項 12】

前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の位相差は、 $\pi/3$ 以上 $2\pi/3$ 以下であること

10

20

30

40

50

を特徴とする請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【請求項 13】

前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の位相差は、 $\pi/2$ であることを特徴とする請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【請求項 14】

前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の位相差は、 $\pi/3$ または $2\pi/3$ であることを特徴とする請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【請求項 15】

前記角度検出器は、レゾルバ、磁気抵抗を利用したセンサ、エンコーダ、またはホール素子のいずれかであることを特徴とする請求項 1 から 14 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、角度検出装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

トルクリップルを低減したモータを提供するために、ロータの回転位置の検出精度の向上が求められている。特許文献 1 の電動パワーステアリング制御装置においては、予め E E P R O M (Electrically Erasable Programmable Read-Only-Memory) などに記憶したレゾルバの正弦信号と余弦信号の midpoint 補正值を用いて検出信号を補正することで、回転 0 次

20

の信号誤差によって生じる回転 1 次の角度誤差を低減している。また、midpoint 補正を施されたレゾルバの正弦信号と余弦信号に対して、予め E E P R O M などに記憶しておいた振幅補正係数を乗じて補正することで、回転 1 次の信号誤差によって生じる回転 2 次の角度誤差を低減している（例えば特許文献 1 を参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2008 - 273478 号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 による方法を用いれば、正弦信号と余弦信号に含まれるオフセット誤差によって生じる回転 1 次の角度誤差、あるいは振幅比によって生じる回転 2 次の角度誤差が低減できるが、正弦信号と余弦信号の位相差が $\pi/2$ からずれることによる回転 2 次の角度誤差は低減できない。

【0005】

本願は、上述のような問題を解決するためのなされたもので、正弦信号と余弦信号の位相差が $\pi/2$ からずれることによる回転 2 次の角度誤差を低減することが可能となる角度検出装置を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

本願に開示された角度検出装置は、

回転機の回転に応じて第 1 正弦信号と第 1 正弦信号と位相の異なる第 2 正弦信号とを検出する角度検出器、

第 1 正弦信号と第 2 正弦信号の和に基づいた第 1 検出信号と第 1 正弦信号と第 2 正弦信号の差に基づいた第 2 検出信号とを出力する検出信号演算部、

第 1 検出信号と第 2 検出信号に基づいて検出角を演算する角度演算部、

を備え、第 1 正弦信号と第 2 正弦信号の位相差が $\pi/2$ からずれることによって生じる 2 次の角度誤差を抑制することを特徴とするものである。

50

【発明の効果】

【0007】

本願に開示される角度検出装置によれば、位相の異なる2つの正弦信号の和と差を用いて検出角度を算出することによって、2つの正弦信号の位相差による回転2次の角度誤差の発生を抑制することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】実施の形態1に係る角度検出器とセンサマグネットの位置関係を示した模式図である。

【図2】実施の形態1における角度検出装置の構成を示すブロック構成図である。

10

【図3】実施の形態1における検出信号演算部および角度演算部のハードウェアの一例を示す図である。

【図4】第1正弦信号と第2正弦信号によって検出角を求めた場合の角度誤差を示す図である。

【図5】位相差が $\pi/3$ の場合に、0～5Vを10ビットの分解能でA/D変換して得られた検出角の誤差を示す図である。

【図6】位相差が $\pi/6$ の場合に、0～5Vを10ビットの分解能でA/D変換して得られた検出角の誤差を示す図である。

【図7】第1正弦信号および第2正弦信号と第1検出信号および第2検出信号とをベクトル図で示した図である。

20

【図8】実施の形態3に係る角度検出装置の構成を示すブロック構成図である。

【図9】第1正弦信号と第2正弦信号の位相差が $\pi/2$ の場合のセンサ角1周期における角度検出装置の正常範囲を示した図である。

【図10】第1正弦信号と第2正弦信号の位相差が $\pi/3$ の場合のセンサ角1周期における角度検出装置の正常範囲を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本願に係る電力制御装置の好適な実施の形態について、図面を参照して説明する。なお、同一内容および相当部については同一符号を配し、その詳しい説明は省略する。以降の実施形態も同様に、同一符号を付した構成について重複した説明は省略する。

30

【0010】

実施の形態1 .

本願の角度検出装置に使用する角度検出器1としては、レゾルバ、磁気抵抗素子を利用したセンサ(MRセンサ)、エンコーダ、ホール素子などが挙げられるが、いずれの場合においても同様の効果が得られるため、ここではMRセンサを例として説明する。

【0011】

図1は、実施の形態1に係る角度検出器1とセンサマグネット10の位置関係を示した模式図である。図1中、(a)は上面視、(b)は側面視である。角度検出器1はセンサマグネット10が生成する磁界を検出して第1正弦信号 $V\sin1$ と第2正弦信号 $V\sin2$ を出力する。センサマグネット10は図示していないロータとともに回転するため、センサマグネット10が角度検出器1に生成する磁界は角度に応じて変化していく。

40

【0012】

図2は、本願の実施の形態1における角度検出装置の構成を示すブロック構成図である。角度検出器1は、ロータの角度に応じて変化するセンサマグネット10の磁界に基づいて、第1正弦信号 $V\sin1$ と第2正弦信号 $V\sin2$ を出力する。第1正弦信号 $V\sin1$ と第2正弦信号 $V\sin2$ は、以下の式(1)で与えられる位相の異なる正弦波である。 s はセンサ角、 $a1$ は振幅、 θ は位相差、 Vc は角度検出器に供給される直流電圧を表す。ここでは、第1正弦信号 $V\sin1$ と第2正弦信号 $V\sin2$ の振幅比を1としているが、振幅が異なる場合には振幅比が1となるように補正すればよい。

【数 1】

数 1

$$\begin{cases} V_{sin1} = a_1 \cos \theta_s + V_c/2 \\ V_{sin2} = a_1 \cos(\theta_s + \gamma) + V_c/2 \end{cases} \quad (1)$$

【0013】

10

検出信号演算部 2 は、角度検出器 1 で得られた第 1 正弦信号 V_{sin1} と第 2 正弦信号 V_{sin2} を用いて式 (2) によって、第 1 検出信号 V_{sin_det1} と第 2 検出信号 V_{sin_det2} を出力する。第 1 検出信号 V_{sin_det1} は、第 1 正弦信号 V_{sin1} と第 2 正弦信号 V_{sin2} の和から角度検出器に供給される直流電圧 V_c を減算して得る。

【0014】

第 2 検出信号 V_{sin_det2} は第 1 正弦信号 V_{sin1} と第 2 正弦信号 V_{sin2} を減算して得る。ここでは、いわゆる位相差ずれによる角度誤差を低減する減算項として、第 1 正弦信号 V_{sin1} の中点電圧である $V_c/2$ の 2 倍の値、すなわち角度検出器に供給される直流電圧 V_c を用いたが、中点電圧が $V_c/2$ で無い場合には、それに合わせた値とすれば同様の効果を得られる。環境温度、経年変化などによって変換する場合には、それらを考慮した値としてもよい。また、この値は、オンラインで設定および更新してもよい。

20

【数 2】

数 2

$$\begin{cases} V_{sin_det1} = V_{sin1} + V_{sin2} - V_c = \sqrt{2}\sqrt{1 + \cos \gamma} a_1 \cos(\theta_s + \xi_1) \\ V_{sin_det2} = V_{sin1} - V_{sin2} = \sqrt{2}\sqrt{1 - \cos \gamma} a_1 \cos(\theta_s + \xi_2) \end{cases} \quad (2)$$

30

【0015】

1 および 2 は式 (3) をみだし、位相差は $\gamma/2$ である。

【数 3】

数 3

$$\begin{cases} \xi_1 = \tan^{-1} \left(\frac{\sin \gamma}{1 + \cos \gamma} \right) = \frac{\gamma}{2} \\ \xi_2 = \tan^{-1} \left(\frac{-\sin \gamma}{1 - \cos \gamma} \right) = \frac{\pi}{2} + \frac{\gamma}{2} \end{cases} \quad (3)$$

40

【0016】

つまり、元信号である第 1 正弦信号 V_{sin1} と第 2 正弦信号 V_{sin2} の位相差 γ がどのような値であっても、検出信号演算部 2 によって、直交性を確保した第 1 検出信号 V_{sin_det1} と第 2 検出信号 V_{sin_det2} を得ることができる。

【0017】

角度演算部 3 は、検出信号演算部 2 で得られた第 1 検出信号 V_{sin_det1} と第 2 検出信号

50

V_{sin_det2} を用いて、例えば式(4)のように検出角 θ を算出する。ここでは式で記述したが、予め定めた変換テーブルを用いて算出してもよい。検出信号演算部2の出力結果を用いると式(3)のように本来の零点から零点がずれる。ここでは $\gamma/2 + \gamma/2$ だけ補正することで第1正弦信号 V_{sin1} と第2正弦信号 V_{sin2} から算出する角度と同様の零点とすることができる。

【数4】

数4

$$\theta = \tan^{-1} \left(k \frac{V_{sin_det1}}{V_{sin_det2}} \right) - \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\gamma}{2} \right) \quad (4)$$

10

【0018】

式(2)の振幅比を考慮して係数 k は式(5)で与えればよい。これにより、振幅ずれによる2次の角度誤差を低減できる。なお、式(4)では第1検出信号 V_{sin_det1} と第2検出信号 V_{sin_det2} の比に係数 k をかけたものを逆正接関数に通しているが、いずれか一方に振幅比に応じた係数をかけてもよい。

【数5】

20

数5

$$k = \sqrt{\frac{1 - \cos \gamma}{1 + \cos \gamma}} \quad (5)$$

【0019】

検出信号演算部2および角度演算部3のハードウェアの一例を図3に示す。プロセッサ100と記憶装置101から構成され、図示していないが、記憶装置はランダムアクセスメモリ等の揮発性記憶装置と、フラッシュメモリ等の不揮発性の補助記憶装置とを具備する。また、フラッシュメモリの代わりにハードディスクの補助記憶装置を具備してもよい。プロセッサ100は、記憶装置101から入力されたプログラムを実行することにより、例えば上述した検出信号演算または角度演算を行う。この場合、補助記憶装置から揮発性記憶装置を介してプロセッサ100にプログラムが入力される。また、プロセッサ100は、演算結果等のデータを記憶装置101の揮発性記憶装置に出力してもよいし、揮発性記憶装置を介して補助記憶装置にデータを保存してもよい。

30

【0020】

つぎに具体例として、第1正弦信号 V_{sin1} と第2正弦信号 V_{sin2} の位相差 γ が $-\pi/3$ の場合における本実施の形態1の効果を説明する。このとき式(1)は式(6)となり、式(7)のように、第1正弦信号 V_{sin1} と第2正弦信号 V_{sin2} によって検出角 θ を求めた場合、角度誤差は図4のように0次および $2n$ 次成分となる。

40

【数 6】

数 6

$$\begin{cases} V_{sin1} = a_1 \cos \theta_s + V_c/2 \\ V_{sin2} = a_1 \cos \left(\theta_s - \frac{\pi}{3} \right) + V_c/2 \end{cases} \quad (6)$$

10

【数 7】

数 7

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{V_{sin2} - V_c/2}{V_{sin1} - V_c/2} \right) \quad (7)$$

20

【0021】

これに対し、本実施の形態 1 の角度検出装置の場合には、検出信号演算部 2 によって式 (8) のような第 1 検出信号 V_{sin_det1} および第 2 検出信号 V_{sin_det2} を得る。

【数 8】

数 8

$$\begin{cases} V_{sin_det1} = \sqrt{3}a_1 \cos \left(\theta_s - \frac{\pi}{6} \right) \\ V_{sin_det2} = a_1 \cos \left(\theta_s + \frac{\pi}{3} \right) \end{cases} \quad (8)$$

30

【0022】

角度演算部 3 によって振幅比および零点ずれを調整した式 (9) で検出角 θ を算出できる。つまり、第 1 正弦信号 V_{sin1} と第 2 正弦信号 V_{sin2} の位相差が $\pm \pi/2$ では無い場合であっても、直交性を確保した第 1 検出信号 V_{sin_det1} と第 2 検出信号 V_{sin_det2} を用いて角度を算出することで、位相差が $\pm \pi/2$ からずれることによって生じるセンサ角 2 次の角度誤差を抑制できる。

40

【数 9】

数 9

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{3}V_{\sin_det2}}{V_{\sin_det1}} \right) - \frac{\pi}{6} \approx \theta_s \quad (9)$$

10

【0023】

ところで、角度検出器から得られる第1正弦信号 $V_{\sin1}$ および第2正弦信号 $V_{\sin2}$ は、多くの場合 A/D 変換して使用される。例えば、0 ~ 5 V を 10 ビットの分解能で変換する場合、最小分解能は 4.9 mV 程度になる。式(6)と式(8)を比較すると、元信号の振幅が $a1$ であるのに対して、和と差を用いて演算した信号の振幅は $3a1$ と $a1$ になっている。

【0024】

図5は、第1検出信号 V_{\sin_det1} および第2検出信号 V_{\sin_det2} の振幅がともに 2 V、位相差 γ が $-\pi/3$ の場合に、0 ~ 5 V を 10 ビットの分解能で A/D 変換して得られた検出角 (センサ角) の誤差を示す。

20

【0025】

図6は、第1検出信号 V_{\sin_det1} および第2検出信号 V_{\sin_det2} の振幅がともに 2 V、位相差 γ が $-\pi/6$ の場合に、0 ~ 5 V を 10 ビットの分解能で A/D 変換して得られた検出角 (センサ角) の誤差を示す。位相差 γ が $-\pi/6$ の図6の場合には、第2検出信号 V_{\sin_det2} の振幅が、元信号である第1正弦信号 $V_{\sin1}$ および第2正弦信号 $V_{\sin2}$ の振幅より小さくなり精度が低下することによって角度誤差が大きくなる。

第1検出信号および第2検出信号の振幅が、ともに元信号の振幅以上となるための条件は、式(1)および式(2)より、式(9-1)となる。

【数10】

30

数 10

$$\begin{cases} \sqrt{2}\sqrt{1 + \cos\gamma} \geq 1 \\ \sqrt{2}\sqrt{1 - \cos\gamma} \geq 1 \end{cases} \quad (9-1)$$

これを解くと、式(9-2)が得られる。

【数11】

40

数 11

$$-\frac{1}{2} \leq \cos\gamma \leq \frac{1}{2} \quad (9-2)$$

つまり、第1正弦信号 $V_{\sin1}$ と第2正弦信号 $V_{\sin2}$ の位相差を $\pi/3$ 以上 $2\pi/3$ 以下とすることによって、第1検出信号 V_{\sin_det1} および第2検出信号 V_{\sin_det2} の振幅が、元信号である第1正弦信号 $V_{\sin1}$ および第2正弦信号 $V_{\sin2}$ よりも小さくなることを防ぐことができ、A/D変換の分解能による精度低下を抑制できるという従来に無い効果を得ることができる。

50

【 0 0 2 6 】

これは、図7のようにベクトルで表現すると、振幅と位相の変化がよくわかる。第1正弦信号 V_{sin1} と第2正弦信号 V_{sin2} とは、位相が $\pi/3$ 異なるベクトルなので、ベクトルの差となる第2検出信号 V_{sin_det2} は正三角形の一辺となる。これは、元信号である、第1正弦信号 V_{sin1} および第2正弦信号 V_{sin2} のベクトルの大きさと等しくなる。第1正弦信号 V_{sin1} および第2正弦信号 V_{sin2} の位相差が $\pi/3$ より小さい場合には、第1正弦信号 V_{sin1} および第2正弦信号 V_{sin2} の和で表現される第1検出信号 V_{sin_det1} の振幅は大きくなるが、第1正弦信号 V_{sin1} および第2正弦信号 V_{sin2} の差で表現される第2検出信号 V_{sin_det2} の振幅は小さくなる。

【 0 0 2 7 】

第1正弦信号 V_{sin1} と第2正弦信号 V_{sin2} の位相差が $\pi/3$ より大きい場合には、第1正弦信号 V_{sin1} と第2正弦信号 V_{sin2} との和で表現される第1検出信号 V_{sin_det1} の振幅は、位相差が $\pi/3$ の時よりも小さくなっていくが、元信号である第1正弦信号 V_{sin1} および第2正弦信号 V_{sin2} の振幅よりも大きく、第1正弦信号 V_{sin1} と第2正弦信号 V_{sin2} との差で表現される第2検出信号 V_{sin_det2} の振幅は、位相差が $\pi/3$ の時よりも大きくなり、元信号である第1正弦信号 V_{sin1} および第2正弦信号 V_{sin2} の振幅よりも大きくなる。

【 0 0 2 8 】

また、第1正弦信号 V_{sin1} と第2正弦信号 V_{sin2} の位相差が $\pi/2$ のとき、第1検出信号 V_{sin_det1} と第2検出信号 V_{sin_det2} の振幅は等しくなる。さらに、第1正弦信号 V_{sin1} と第2正弦信号 V_{sin2} の位相差が $\pi/2$ より大きい場合には、第1正弦信号 V_{sin1} と第2正弦信号 V_{sin2} の差で表現される第2検出信号 V_{sin_det2} の振幅はさらに大きくなるが、第1正弦信号 V_{sin1} と第2正弦信号 V_{sin2} との和で表現される第1検出信号 V_{sin_det1} の振幅はさらに小さくなっていく。

【 0 0 2 9 】

そして位相差が $2\pi/3$ を超えると第1検出信号 V_{sin_det1} の振幅は元信号である第1正弦信号 V_{sin1} および第2正弦信号 V_{sin2} より小さくなる。

【 0 0 3 0 】

前述の式(4)では固定小数点演算による誤差を考慮せずに説明したが、振幅が大きい信号を振幅が小さい信号の振幅に合わせるように補正係数を掛けると桁落ちが生じて精度が悪化する。振幅が小さい方の信号に対して振幅比に基づく1以上の補正係数を乗じて補正することによって、補正係数をかけた際の精度悪化を防止しながら振幅ずれによる角度誤差を低減できる。

【 0 0 3 1 】

なお、位相差が $\pi/3$ または $2\pi/3$ の場合には、第1検出信号 V_{sin_det1} または第2検出信号 V_{sin_det2} のいずれかの振幅が元信号である第1正弦信号 V_{sin1} および第2正弦信号 V_{sin2} と等しくなるため、振幅の減少によるA/D変換の分解能による精度低下を抑制できる。また、元信号である第1正弦信号 V_{sin1} および第2正弦信号 V_{sin2} の位相差は $\pi/2$ から大きくずれているものの本実施の形態で説明した直交性のある第1検出信号および第2検出信号による角度演算方法を用いることで、位相差ずれによって生じる2次の角度誤差を簡単な構成で低減できる。例えば図7で示した第1正弦信号 V_{sin1} と第2正弦信号 V_{sin2} の位相差が $\pi/3$ の場合であれば、振幅の小さい第2検出信号に1以上の補正係数を掛ければよい。

【 0 0 3 2 】

実施の形態2 .

位相差が $\pi/2$ の場合には、第1検出信号 V_{sin_det1} および第2検出信号 V_{sin_det2} の振幅がともに元信号である第1正弦信号 V_{sin1} および第2正弦信号 V_{sin2} の2倍となるため、A/D変換の分解能による精度低下を抑制しつつ、元信号である第1正弦信号 V_{sin1} および第2正弦信号 V_{sin2} の位相差ずれを第1検出信号 V_{sin_det1} と第2検出信号 V_{sin_det2} の振幅比ずれに置換することができる。この効果について、第1正弦信号 V_{sin1} お

10

20

30

40

50

よび第 2 正弦信号 V_{sin2} が式 (10) のように与えられた場合を例として説明する。

【数 1 2】

数 12

$$\begin{cases} V_{sin1} = a_0 + a_1 \cos \theta_s \\ V_{sin2} = c_0 + c_1 \cos \theta_s + d_1 \sin \theta_s \end{cases} \quad (10)$$

【0033】

10

第 1 正弦信号 V_{sin1} の振幅は a_1 だが、第 2 正弦信号 V_{sin2} の振幅は、

【数 1 3】

数 13

$$\sqrt{c_1^2 + d_1^2}$$

であり、振幅比は 1 ではない。この状態で第 1 検出信号 V_{sin_det1} と第 2 検出信号 V_{sin_det2} を算出すると、2 つの信号の位相差は $\pi/2$ からずれる。 20

【0034】

第 1 検出信号 V_{sin_det1} の振幅は、信号の最大値から最小値を減算して 2 で割るなどすれば算出でき、オフセット a_0 は信号 1 周期の平均値、または信号の最大値と最小値の平均などで算出することができる。同様に、第 2 検出信号 V_{sin_det2} の振幅は、信号の最大値から最小値を減算して 2 で割るなどすれば算出でき、オフセット c_0 は信号 1 周期の平均値、または信号の最大値と最小値の平均などで算出することができる。振幅比が 1 ではない、あるいは 2 つの信号のオフセットが異なる場合には、検出信号演算部 2 において、式 (11) のような補正を実施すればよい。これにより、オフセット誤差による 1 次の角度誤差を低減できる。オフセット a_0 およびオフセット c_0 が式 (1) の $V_c/2$ のような微小では無い値の場合であっても、振幅補正前にオフセットを調整するので、1 次の角度誤差を抑制できる。 30

【数 1 4】

数 14

$$\begin{cases} V_{sin1_hosei} = \frac{\sqrt{c_1^2 + d_1^2}}{a_1} (V_{sin1} - a_0) \\ V_{sin2_hosei} = V_{sin2} - c_0 \end{cases} \quad (11)$$

40

【0035】

式 (11) で算出した補正信号 V_{sin1_hosei} 、 V_{sin2_hosei} を用いて式 (12) で第 1 検出信号 V_{sin_det1} および第 2 検出信号 V_{sin_det2} を算出することで、位相差が $\pi/2$ の 2 信号を得ることができる。

【数 15】

数 15

$$\begin{cases} V_{\sin_det1} = V_{\sin1_hosei} + V_{\sin2_hosei} \\ V_{\sin_det2} = V_{\sin1_hosei} - V_{\sin2_hosei} \end{cases} \quad (12)$$

【0036】

10

第1検出信号 V_{\sin_det1} および第2検出信号 V_{\sin_det2} の振幅比は1では無いため、第1検出信号 V_{\sin_det1} の最大値から最小値を減算して得た振幅と第2検出信号 V_{\sin_det2} の最大値から最小値を減算して得た振幅の比を式(4)の係数 k とすることで、角度演算部3で検出角 θ を算出する際に、補正が可能となり2次の角度誤差を抑制できる。

【0037】

位相差を補正する場合、2つの信号の関係から位相差を算出する必要があるため1つの信号だけでは算出することが困難である。一方、振幅を補正する場合、それぞれの信号から得ることが可能であるため、予めEEPROMなどに書き込む調整値に限らずオンラインで補正値を容易に更新できる。

なお、式(11)および式(12)では第1正弦信号 $V_{\sin1}$ と第2正弦信号 $V_{\sin2}$ でオフセットを補正したが、第1検出信号 V_{\sin_det1} と第2検出信号 V_{\sin_det2} でオフセットを補正してもよい。この場合、式(13)で第1正弦信号 $V_{\sin1}$ と第2正弦信号 $V_{\sin2}$ の振幅比を1に合わせる。このとき、第1正弦信号 $V_{\sin1}$ のオフセット a_0 に補正係数がかかることになるが、式(14)のように誤差の積は微小と近似できる。

20

【数 16】

数 16

$$\begin{cases} V_{\sin1_hosei} = \frac{\sqrt{c_1^2 + d_1^2}}{a_1} V_{\sin1} \\ V_{\sin2_hosei} = V_{\sin2} \end{cases} \quad (13)$$

30

【数 17】

数 17

$$\begin{aligned} V_{\sin1_hosei} &= \frac{\sqrt{c_1^2 + d_1^2}}{a_1} a_1 \cos \theta_s - \left\{ 1 + \left(\frac{\sqrt{c_1^2 + d_1^2}}{a_1} - 1 \right) \right\} a_0 \\ &\approx \frac{\sqrt{c_1^2 + d_1^2}}{a_1} a_1 \cos \theta_s - a_0 \end{aligned} \quad (14)$$

40

50

【 0 0 3 8 】

このため、第 1 検出信号 V_{sin1} と第 2 検出信号 V_{sin2} に対して式 (1 5) でオフセットを補正することができる。

【 数 1 8 】

数 18

$$\begin{cases} V_{sin_det1} = V_{sin1_hosei} + V_{sin2_hosei} - (a_0 + c_0) \\ V_{sin_det2} = V_{sin1_hosei} - V_{sin2_hosei} - (a_0 - c_0) \end{cases} \quad (15)$$

10

ここでは、位相差が $\pi/2$ の場合において、オフセット補正および振幅比補正の効果を説明したが、他の位相差の場合にも同様の効果が得られることは言うまでも無い。

【 0 0 3 9 】

実施の形態 3 .

前記実施の形態 1 では、第 1 正弦信号 V_{sin1} と第 2 正弦信号 V_{sin2} の和から得られた第 1 検出信号 V_{sin_det1} と第 1 正弦信号 V_{sin1} と第 2 正弦信号 V_{sin2} の差から得られた第 2 検出信号 V_{sin_det2} を用いて検出角を演算することによって、第 1 正弦信号 V_{sin1} と第 2 正弦信号 V_{sin2} の位相差ずれによって生じる 2 次の角度誤差を抑制する方法について説明したが、本実施の形態 3 では故障判定方法について説明する。

20

【 0 0 4 0 】

図 8 は、本実施の形態 3 における角度検出装置の構成を示すブロック構成図である。図 2 に対して故障判定器 4 が追加されている。故障判定器 4 は、第 1 検出信号 V_{sin_det1} と第 2 検出信号 V_{sin_det2} の二乗和または二乗和平方根を用いて故障を判定する。以下では二乗和を用いた判定について説明するが、二乗和平方根であっても同様の効果を得られる。なお、故障判定器のハードウェア構成は、実施の形態 1 同様、プロセッサ 100 と記憶装置 101 から構成されていてもよい。

【 0 0 4 1 】

第 1 正弦信号 V_{sin1} と第 2 正弦信号 V_{sin2} の位相差が $\pi/2$ の場合、横軸を第 1 正弦信号 V_{sin1} 、縦軸を第 2 正弦信号 V_{sin2} とすると、理想的にはセンサ角 1 周期において図 9 のような破線の円状の軌跡となる。それぞれの信号の振幅は温度変化、あるいは経年変化による変動があるため、ハッチングの範囲内を正常範囲 P とし、正常範囲 P から外れた場合には故障と判定する。この方法は、2 つの信号の直交性が確保されていれば二乗和が一定となる性質を利用したものである。しかし、位相差が $\pi/2$ では無い、例えば $\pi/3$ の場合には図 10 のような斜めに傾いた楕円状の軌跡となる。この斜めに傾いた楕円状の軌跡を温度変化、あるいは経年変化による変動を考慮しつつ正常範囲 Q を設定すると、図 9 に比べてかなり広い範囲となり、本来故障と判定したい状態であっても故障と判定できない状況が発生する。

30

【 0 0 4 2 】

第 1 正弦信号 V_{sin1} と第 2 正弦信号 V_{sin2} が、実施の形態 1 で説明した式 (6) で与えられる場合について説明する。式 (6) より第 1 正弦信号と第 2 正弦信号の二乗和 V_{sum} は、式 (1 6) のようにセンサ角 2 次で変動する。

40

【数 19】

数 19

$$V_{sum} = \left(V_{sin1} - \frac{V_c}{2}\right)^2 + \left(V_{sin2} - \frac{V_c}{2}\right)^2 = \frac{a_1^2}{2} \left\{2 + \cos\left(2\theta_s - \frac{\pi}{3}\right)\right\} \quad (16)$$

【0043】

また、式(8)の第1検出信号 V_{sin_det1} および第2検出信号 V_{sin_det2} を用いて二乗和 V_{sum} を算出すると、式(17)のようにセンサ角 2 次で変動する。 10

【数 20】

数 20

$$V_{sum} = V_{sin1_det}^2 + V_{sin2_det}^2 = a_1^2 \left\{2 + \cos\left(2\theta_s - \frac{\pi}{3}\right)\right\} \quad (17)$$

【0044】

式(16)の変動成分は、第1正弦信号 V_{sin1} と第2正弦信号 V_{sin2} の位相差が $\pi/2$ では無いために生じたものであるが、式(17)の変動成分は、第1検出信号 V_{sin_det1} と第2検出信号 V_{sin_det2} の振幅が異なるために生じたものである。式(16)で変動成分を抑制するためには位相を変化させる必要があるが、式(17)で変動成分を抑制するためには式(18)のように振幅の調整をすればよい。 20

【数 21】

数 21

$$V_{sum} = V_{sin1_det}^2 + (\sqrt{3}V_{sin2_det})^2 = 3a_1^2 \quad (18) \quad 30$$

【0045】

つまり、第1正弦信号 V_{sin1} と第2正弦信号 V_{sin2} の位相差に拘らず、第1検出信号 V_{sin_det1} と第2検出信号 V_{sin_det2} の少なくとも一方の振幅を補正して二乗和を算出することで、位相差が $\pi/2$ の場合の図9同様の円状の軌跡を得て故障判定に用いることができるという従来に無い効果を得ることができる。これにより位相差によるずれを考慮しなくてよいため、判定閾値の設計が容易になる。 40

【0046】

本願は、様々な例示的な実施の形態及び実施例が記載されているが、1つ、または複数の実施の形態に記載された様々な特徴、態様、及び機能は特定の実施の形態の適用に限られるのではなく、単独で、または様々な組み合わせで実施の形態に適用可能である。従って、例示されていない無数の変形例が、本願明細書に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも1つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも1つの構成要素を抽出し、他の実施の形態の構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

【符号の説明】

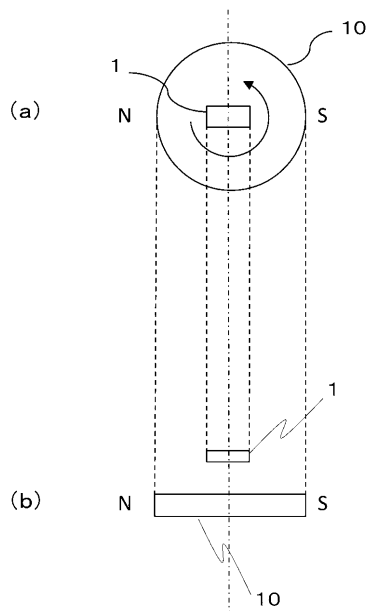
【0047】

1：角度検出器、2：検出信号演算部、3：角度演算部、4：故障判定器、100：プロ 50

セッサ、101：記憶装置

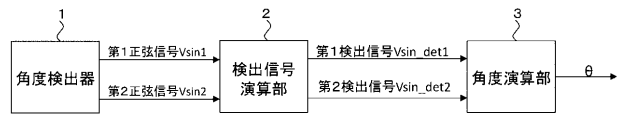
【図1】

図1



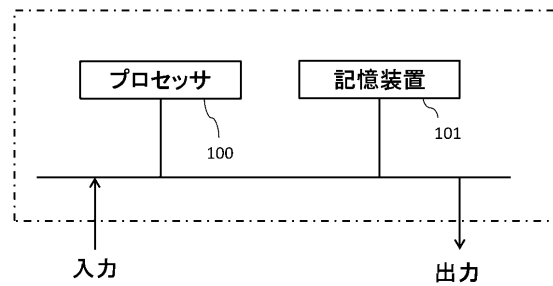
【図2】

図2



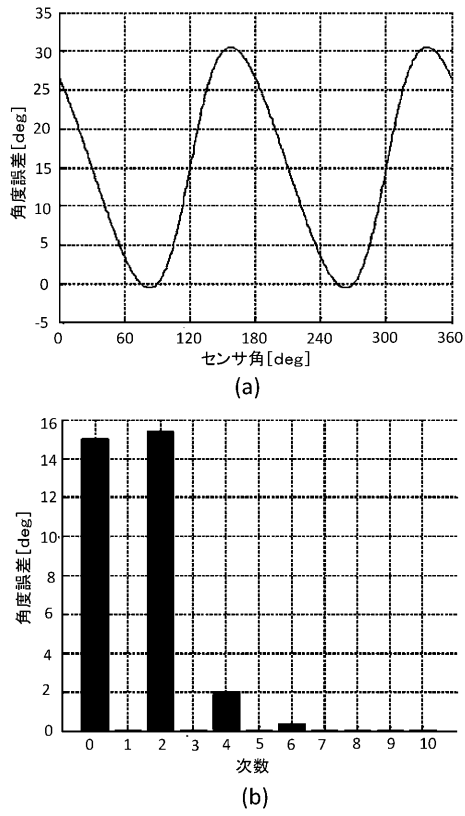
【図3】

図3



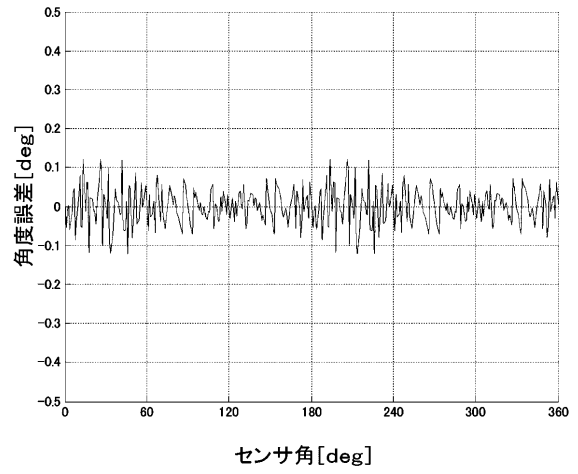
【 図 4 】

図4



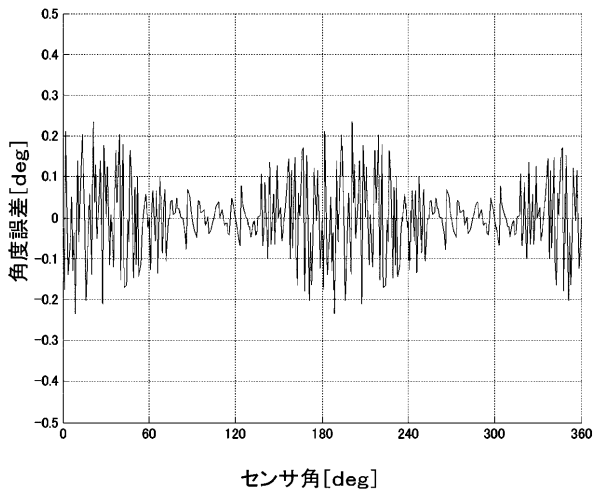
【 図 5 】

図5



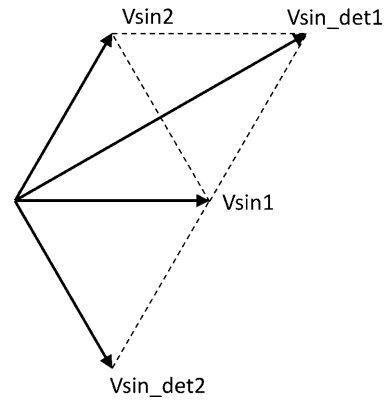
【 図 6 】

図6



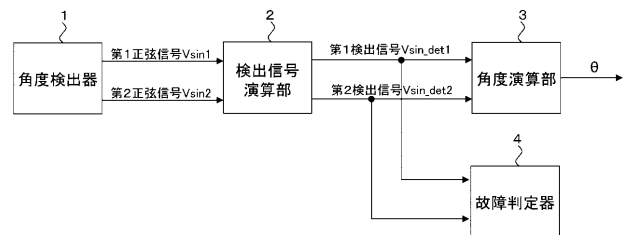
【 図 7 】

図7



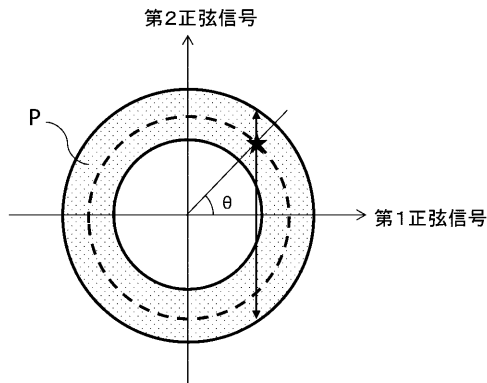
【 図 8 】

図8



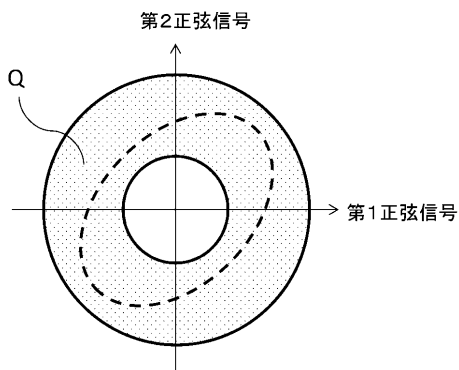
【 図 9 】

図9



【 図 1 0 】

図10



【 手続補正書 】

【 提出日 】 令和1年9月12日 (2019.9.12)

【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】 特許請求の範囲

【 補正対象項目名 】 全文

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 特許請求の範囲 】

【 請求項 1 】

回転機の回転に応じて第 1 正弦信号と前記第 1 正弦信号と / 3 だけ位相の異なる第 2 正弦信号とを検出する角度検出器、

前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の和に基づいた第 1 検出信号と前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の差に基づいた第 2 検出信号とを出力する検出信号演算部、

前記第 1 検出信号と、前記第 2 検出信号を 3 倍したものに基づいて検出角を演算する角度演算部、を備え、前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の位相差が / 2 からずれることによって生じる 2 次の角度誤差を抑制することを特徴とする角度検出装置。

【 請求項 2 】

前記第 1 検出信号は、前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の和から予め定められた値を減算して算出することを特徴とする請求項 1 に記載の角度検出装置。

【 請求項 3 】

前記予め定められた値は、前記第 1 正弦信号の midpoint 電位の 2 倍であることを特徴とする請求項 2 に記載の角度検出装置。

【 請求項 4 】

前記予め定められた値は、前記角度検出器に供給される直流電圧であることを特徴とする請求項 2 に記載の角度検出装置。

【請求項 5】

前記予め定められた値は、オンラインで設定可能であることを特徴とする請求項 2 から 4 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【請求項 6】

前記第 1 正弦信号または前記第 2 正弦信号の少なくとも一方に対して、前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の振幅比を 1 とするように補正することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【請求項 7】

前記第 1 正弦信号を第 1 のオフセット補正値を減算して補正し、前記第 2 正弦信号を第 2 のオフセット補正値を減算して補正することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【請求項 8】

前記角度検出器の故障を判定する故障判定器を更に備え、前記故障判定器は、前記第 1 検出信号と前記第 2 検出信号の二乗和または二乗和平方根を用いて故障を判定することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【請求項 9】

前記角度検出器は、レゾルバ、磁気抵抗を利用したセンサ、エンコーダ、またはホール素子のいずれかであることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0006】

本願に開示された角度検出装置は、回転機の回転に応じて第 1 正弦信号と前記第 1 正弦信号と $\frac{\pi}{3}$ だけ位相の異なる第 2 正弦信号とを検出する角度検出器、

前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の和に基づいた第 1 検出信号と前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の差に基づいた第 2 検出信号とを出力する検出信号演算部、

前記第 1 検出信号と、前記第 2 検出信号を $\frac{1}{3}$ 倍したものに基いて検出角を演算する角度演算部、

を備え、前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の位相差が $\frac{\pi}{2}$ からずれることによって生じる 2 次の角度誤差を抑制することを特徴とするものである。

【手続補正書】

【提出日】令和 2 年 3 月 26 日 (2020.3.26)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転機の回転に応じて第 1 正弦信号と前記第 1 正弦信号と $\frac{\pi}{3}$ だけ位相の異なる第 2 正弦信号とを検出する角度検出器、

前記角度検出器で検出された前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号を A / D 変換する A / D 変換器、

前記第 1 正弦信号を前記 A / D 変換器で変換した第 1 の値と前記第 2 正弦信号を前記 A / D 変換器で変換した第 2 の値との和に基づいた第 1 検出信号と、前記第 1 の値と前記第 2 の値との差に基づいた第 2 検出信号とを出力する検出信号演算部、

前記 第 1 の値 と、前記 第 2 の値 を $\frac{1}{3}$ 倍した 値 に基いて検出角を演算する角度演算部

、を備え、前記第 1 正弦信号と前記第 2 正弦信号の位相差が $\pi/2$ からずれることによって生じる 2 次の角度誤差を抑制することを特徴とする角度検出装置。

【請求項 2】

前記第 1 検出信号は、前記第 1 の値と前記第 2 の値の和から予め定められた値を減算して算出することを特徴とする請求項 1 に記載の角度検出装置。

【請求項 3】

前記予め定められた値は、前記第 1 正弦信号の midpoint 電位の 2 倍であることを特徴とする請求項 2 に記載の角度検出装置。

【請求項 4】

前記予め定められた値は、前記角度検出器に供給される直流電圧であることを特徴とする請求項 2 に記載の角度検出装置。

【請求項 5】

前記予め定められた値は、オンラインで設定可能であることを特徴とする請求項 2 から 4 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【請求項 6】

前記第 1 の値と前記第 2 の値の振幅比を 1 とするように、前記第 1 の値または前記第 2 の値を補正することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【請求項 7】

前記第 1 の値を第 1 のオフセット補正值を減算して補正し、前記第 2 の値を第 2 のオフセット補正值を減算して補正することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【請求項 8】

前記角度検出器の故障を判定する故障判定器を更に備え、前記故障判定器は、前記第 1 検出信号と前記第 2 検出信号の二乗和または二乗和平方根を用いて故障を判定することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【請求項 9】

前記角度検出器は、レゾルバ、磁気抵抗を利用したセンサ、エンコーダ、またはホール素子のいずれかであることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の角度検出装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0006】

本願に開示された角度検出装置は、

回転機の回転に応じて第 1 正弦信号と前記第 1 正弦信号と $\pi/3$ だけ位相の異なる第 2 正弦信号とを検出する角度検出器、

角度検出器で検出された第 1 正弦信号と第 2 正弦信号を A/D 変換する A/D 変換器、
第 1 正弦信号を A/D 変換器で変換した第 1 の値と第 2 正弦信号を A/D 変換器で変換した第 2 の値との和に基づいた第 1 検出信号と、第 1 の値と第 2 の値との差に基づいた第 2 検出信号とを出力する検出信号演算部、

第 1 の値と、第 2 の値を 3 倍した値に基づいて検出角を演算する角度演算部、を備え、第 1 正弦信号と第 2 正弦信号の位相差が $\pi/2$ からずれることによって生じる 2 次の角度誤差を抑制することを特徴とするものである。

フロントページの続き

(72)発明者 古川 晃

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 森 辰也

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

Fターム(参考) 2F077 AA03 AA11 CC02 NN02 NN24 QQ05 TT42 UU20