(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2013-250084
(P2013-250084A)
(43)公開日　平成25年12月12日(2013.12.12)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
G01D 5/244	(2006.01)	G01D 5/244	F	2C480
B41J 19/18	(2006.01)	B41J 19/18	E	2F077

審査請求 未請求　請求項の数 10　ＯＬ　（全 29 頁）

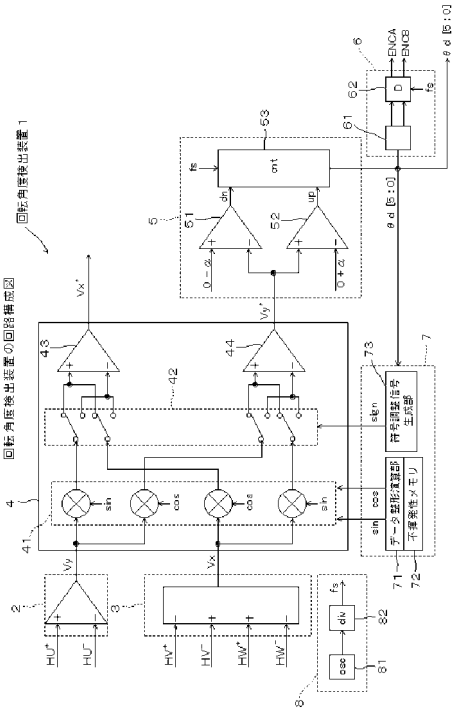
(21)出願番号　特願2012-123299 (P2012-123299)
(22)出願日　平成24年5月30日 (2012.5.30)

(71)出願人　000006747
株式会社リコー
東京都大田区中馬込１丁目３番６号
(72)発明者　川瀬　達也
東京都大田区中馬込１丁目３番６号　株式会社リコー内

Ｆターム(参考)　2C480 CA44 CB02 CB30
2F077 AA46 NN02 NN04 NN17 NN24 PP12 QQ05 QQ07 TT66 UU18 UU20

(54)【発明の名称】回転角度検出装置、画像処理装置及び回転角度検出方法

(57)【要約】
【課題】本発明は、小型で安価に回転機構の回転角度を検出する。
【解決手段】回転角度検出装置１は、回転子の回転角度に応じて正弦波状に変化する差動信号を出力する複数のホール素子を備えるとともに、複数の該ホール素子が、該差動信号が相互に位相差を持つ状態で配設されているＤＣブラシレスモータの該回転子の回転角度を検出する際に、ベクトル成分生成部２、３が、複数の該ホール素子の出力する差動信号に基づいて回転子の回転子ベクトル（Ｖｘ、Ｖｙ）を生成し、ベクトル回転演算部４と角度探索部５が、ベクトル成分生成部２、３の生成した回転子ベクトル（Ｖｘ、Ｖｙ）に基づいて回転子１３の回転角度を探索する。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
回転軸の回転角度に応じて正弦波状に変化する差動信号を出力する複数の検出手段を備えるとともに、複数の該検出手段が、該差動信号が相互に位相差を持つ状態で配設されている回転機構の該回転軸の回転角度を検出する回転角度検出装置であって、
複数の前記検出手段の出力する前記差動信号に基づいて前記回転軸の回転子ベクトルを生成する回転子ベクトル生成手段と、
前記回転子ベクトル生成手段の生成した前記回転子ベクトルに基づいて前記回転軸の回転角度を探索する回転角度探索手段と、
を備えていることを特徴とする回転角度検出装置。
【請求項２】
前記回転子ベクトル生成手段は、
複数の前記検出手段の出力する前記差動信号のうち、２つずつの該差動信号の差分を算出する差分算出手段と、
少なくとも２つの前記差動信号同士を相互演算した演算結果と前記差分算出手段の算出した前記差分とに基づいて前記回転子ベクトルを生成するベクトル生成手段と、
を備えていることを特徴とする請求項１記載の回転角度検出装置。
【請求項３】
前記回転子ベクトル生成手段は、
少なくとも２つの前記差動信号同士を相互演算した演算結果に基づいて前記回転子ベクトルを生成することを特徴とする請求項１記載の回転角度検出装置。
【請求項４】
前記回転角度探索手段は、
複数の位相を有する所定の基準正弦波と前記回転子ベクトル生成手段の生成した前記回転子ベクトルとを乗算する乗算手段と、
前記乗算手段による複数の乗算結果同士を加減算して、前記回転子ベクトルを回転変換して変換回転子ベクトルを生成するベクトル回転手段と、
前記ベクトル回転手段の生成した前記変換回転子ベクトルと所定のベクトルとのなす角度が０度となるまで回転させた回転量を前記回転軸の回転角度として探索する探索手段と、
を備えていることを特徴とする請求項１から請求項３のいずれかに記載の回転角度検出装置。
【請求項５】
前記乗算手段は、
Ｒ－２Ｒラダー方式乗算型デジタル／アナログ変換回路であり、
前記ベクトル回転手段は、
加減算増幅器であることを特徴とする請求項４記載の回転角度検出装置。
【請求項６】
前記回転角度検出装置は、
前記乗算手段の算出した前記乗算結果の符号を切り替えて前記ベクトル回転手段に出力する符号切り替え手段と、
前記検出手段の検出した前記差動信号の符号を切り替えて前記回転子ベクトル生成手段に入力する符号切り替え手段と、
のうち、少なくともいずれかを備えていることを特徴とする請求項４または請求項５記載の回転角度検出装置。
【請求項７】
前記回転角度検出装置は、
１周期を４ｎ等分（ｎは整数）する位相差を有し、その絶対値がそれぞれ重複しない正弦波を前記基準正弦波として、該基準正弦波の１／４周期分を記憶する正弦波データ記憶手段と、

前記正弦波データ記憶手段の１／４周期分の前記正弦波データから残りの３／４周期分の正弦波データを算出して全周期分の前記基準正弦波の正弦波データを生成する正弦波データ生成手段と、
を備え、
前記乗算手段は、
前記正弦波データ生成手段の生成する前記正弦波データを前記基準正弦波として前記回転子ベクトルと乗算することを特徴とする請求項３から請求項６のいずれかに記載の回転角度検出装置。
【請求項８】
前記回転角度検出装置は、
前記探索手段が探索した前記回転軸の回転角度に応じて変化するとともに、１／４周期の位相差を有する２相パルス信号を生成するパルス信号生成手段を、
さらに備えていることを特徴とする請求項１から請求項７のいずれかに記載の回転角度検出装置。
【請求項９】
回転軸の回転角度を回転角度検出部で検出して該回転軸を回転制御し、該回転軸の回転を利用して駆動機構を駆動させて各種画像処理を施す画像処理装置において、
前記回転角度検出部は、請求項１から請求項８のいずれかに記載の回転角度検出装置であることを特徴とする画像処理装置。
【請求項１０】
回転軸の回転角度に応じて正弦波状に変化する差動信号を出力する複数の検出手段を備えるとともに、複数の該検出手段が、該差動信号が相互に位相差を持つ状態で配設されている回転機構の該回転軸の回転角度を検出する回転角度検出方法であって、
複数の前記検出手段の出力する前記差動信号に基づいて前記回転軸の回転子ベクトルを生成する回転子ベクトル生成処理ステップと、
前記回転子ベクトル生成処理ステップで生成された前記回転子ベクトルに基づいて前記回転軸の回転角度を探索する回転角度探索処理ステップと、
を有していることを特徴とする回転角度検出方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、回転角度検出装置、画像処理装置及び回転角度検出方法に関し、詳細には、小型で安価に回転機構の回転角度を検出する回転角度検出装置、画像処理装置及び回転角度検出方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
プリンタ装置、ファクシミリ装置、複写装置、スキャナ装置、複合装置等の画像処理装置においては、駆動モータによって駆動機構を駆動することで、画像読み取り動作や画像形成動作等の画像処理を行うのに必要な各部を所定速度で駆動させている。
【０００３】
そして、駆動モータを意図する速度で回転駆動するために、従来、駆動モータの回転軸に、ロータリエンコーダを接続して、回転軸、すなわち、ロータリエンコーダの回転角度に応じて変化する１／４周期の位相差を有する２相パルス信号である検出信号を出力し、該２相パルス信号のエッジ検出と２相のＨｉとＬｏの状態から相対的な回転角度を検出して、駆動モータの駆動信号を制御することで、駆動モータを意図する速度で回転駆動させている。
【０００４】
このロータリエンコーダは、例えば、光学式２相エンコーダでは、外周部に光学窓となるスリットが等間隔に設けられた円盤と、円盤のスリットピッチの１／４間隔で配置されている２個のフォトインタラプタと、を備えており、この２個のフォトインタラプタの出

力信号を２値化することで、２相パルス信号を得ることができる。
【０００５】
ところが、このような光学式エンコーダを用いた回転角度検出装置は、スリット円盤とフォトインタラプタ等の部品を必要とするだけでなく、これらの部品を高精度に駆動モータに組み付ける必要があり、大型化するとともに、コストが高くつくという問題があった。
【０００６】
そして、従来、ほぼ直角のオフセット角で配置された２つの磁気センサからの出力により表現されるベクトルを用いて、前記磁気センサの磁界に対する相対的な回転角度を求める磁気センサ信号処理集積回路であって、所定の角度毎に正弦および余弦を記憶した記憶手段と、前記ベクトルを、前記記憶手段に記憶された正弦および余弦を用いて所定の角度ずつ回転させる手段と、該回転させる手段が前記ベクトルを基準位置まで回転させたときの回転角度の合計を検出する手段とを備えた磁気センサ信号処理集積回路が提案されている（特許文献１参照）。
【０００７】
すなわち、この従来技術は、ほぼ直角のオフセット角で配置された２つの磁気センサからの出力により表現されるベクトルを用いて、前記磁気センサの磁界に対する相対的な回転角度を求めるのに、予め所定の角度毎に正弦及び余弦を記憶手段に記憶して、前記ベクトルと、この記憶手段の正弦及び余弦を用いて回転させ、該ベクトルを基準位置まで回転させたときの回転角度の合計を検出している。
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
しかしながら、上記公報記載の従来技術にあっては、ほぼ直角のオフセット各で２つの磁気センサを配置する必要があるという問題があった。
【０００９】
そこで、本発明は、磁気センサをほぼ直角に配置することなく、かつ、従来の構成からコストアップすることなく、小型で安価に回転軸の回転角度を検出することを目的としている。
【課題を解決するための手段】
【００１０】
上記目的を達成するために、請求項１記載の回転角度検出装置は、回転軸の回転角度に応じて正弦波状に変化する差動信号を出力する複数の検出手段を備えるとともに、複数の該検出手段が、該差動信号が相互に位相差を持つ状態で配設されている回転機構の該回転軸の回転角度を検出する回転角度検出装置であって、複数の前記検出手段の出力する前記差動信号に基づいて前記回転軸の回転子ベクトルを生成する回転子ベクトル生成手段と、前記回転子ベクトル生成手段の生成した前記回転子ベクトルに基づいて前記回転軸の回転角度を探索する回転角度探索手段と、を備えていることを特徴としている。
【発明の効果】
【００１１】
本発明によれば、磁気センサをほぼ直角に配置することなく、かつ、従来の構成からコストアップすることなく、小型で安価に回転軸の回転角度を検出することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１２】
【図１】本発明の一実施例を適用した回転角度検出装置の回路構成図。
【図２】ＤＣブラシレスモータの概略構成図。
【図３】ＵＶＷアナログホール信号の一例を示す図。
【図４】ベクトル成分生成部の回路構成図。
【図５】ベクトル成分生成部の他の回路構成図。
【図６】１２０度位相を有するＵＶＷ相のホール素子の信号を用いたベクトル生成の説明

図。
【図７】横軸に回転子角度をとってプロットした回転子ベクトルを示す図。
【図８】極座標上にプロットした回転しベクトルを示す図。
【図９】ベクトル回転演算部の抵抗ラダー方式乗算型ＤＡＣを用いた乗算部の部分回路構成図。
【図１０】正弦絶対値データと余弦絶対値データの一例を示す図。
【図１１】変換Ｘ軸成分Ｖｘ’の演算を成立させるための加減算マップを示す図。
【図１２】変換Ｙ軸成分Ｖｙ’の演算を成立させるための加減算マップを示す図。
【図１３】ベクトルの回転と角度検出の関係を示す図。
【図１４】変換ベクトルの不感帯に基づく基準ベクトルとの一致判定の説明図。
【図１５】角度探索処理を示すフローチャート。
【図１６】回転子初期回転時の角度探索の説明図。
【図１７】回転子がトリガｎ＋１回目の回転時における回転子ベクトルと変換ベクトルの説明図。
【図１８】回転子がトリガｎ＋２回目の回転時における回転子ベクトルと変換ベクトルの説明図。
【図１９】回転角度θｒインクリメントに伴う変換ベクトルの回転変換の説明図。
【図２０】検出角度と２相パルス信号の関係を示す図。
【図２１】第２実施例の回転角度検出装置の回路構成図。
【図２２】第２実施例において変換Ｙ軸成分Ｖｙ’の演算を成立させるための加減算マップを示す図。
【図２３】第２実施例において変換Ｘ軸成分Ｖｘ’の演算を成立させるための加減算マップを示す図。
【図２４】ベクトル成分生成部の他の回路図。
【図２５】ベクトル成分生成部のさらに他の回路図。
【図２６】図２４のベクトル成分生成部によるベクトル生成演算の説明図。
【発明を実施するための形態】
【００１３】
以下、本発明の好適な実施例を添付図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下に述べる実施例は、本発明の好適な実施例であるので、技術的に好ましい種々の限定が付されているが、本発明の範囲は、以下の説明によって不当に限定されるものではなく、また、本実施の形態で説明される構成の全てが本発明の必須の構成要件ではない。
【実施例１】
【００１４】
図１～図２０は、本発明の回転角度検出装置、画像処理装置及び回転角度検出方法の第１実施例を示す図であり、図１は、本発明の回転角度検出装置、画像処理装置及び回転角度検出方法の第１実施例を適用した回転角度検出装置１の回路構成図である。
【００１５】
図１において、回転角度検出装置１は、ベクトル成分生成部２、３、ベクトル回転演算部４、角度探索部５、２相パルス生成部６、信号生成部７及びクロック発生部８等を備えている。
【００１６】
ベクトル成分生成部２及びベクトル成分生成部３には、図２に示すＤＣブラシレスモータ（回転機構）１０に取り付けられているホール素子（検出手段）１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの出力するＵ相、Ｖ相、Ｗ相の差動信号HU^{+}／HU^{-}、HV^{+}／HV^{-}、HW^{+}／HW^{-}が入力される。
【００１７】
すなわち、回転駆動検出装置１は、ＤＣブラシレスモータ１０の回転軸である回転子１３（図２参照）を検出対象として、該回転子１３の回転角度を検出する。
【００１８】

そして、ＤＣブラシレスモータ１０は、図２に示すように、通常、相互に１２０度の位相差を有し、Ｙ字結線されているＵ相、Ｖ相、Ｗ相の３相のコイル１２と、該コイル１２と対向するとともにＳ極とＮ極が交互に並ぶ状態で位置に配置されている永久磁石である回転子１３とを備えている。ＤＣブラシレスモータ１０は、端子１４からＵ相、Ｖ相、Ｗ相の駆動電流が、回転子１３の角度に応じて適切に転流されることで、回転駆動される。なお、ＤＣブラシレスモータ１０は、回転子１３を駆動するためには、ホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの検出する差動信号の出力方向及び磁束の方向に対して、垂直に電圧を印加する必要があるが、図２では、省略している。

【００１９】

この回転角度検出装置１及びＤＣブラシレスモータ１０は、複合装置等の画像処理装置に適用され、回転子１３の回転軸（図示略）には、画像処理装置の駆動機構が連結される。

【００２０】

そして、上記ホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗは、回転子１３の近傍の所定位置に固定配置されており、回転子１３の磁界に応じて変化するＵ相、Ｖ相、Ｗ相の差動信号ＨＵ$^{+}$／ＨＵ$^{-}$、ＨＶ$^{+}$／ＨＶ$^{-}$、ＨＷ$^{+}$／ＨＷ$^{-}$をそれぞれ出力する。ホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗは、差動信号ＨＵ$^{+}$、／ＨＵ$^{-}$、ＨＶ$^{+}$／ＨＶ$^{-}$、ＨＷ$^{+}$／ＨＷ$^{-}$をシングルエンド化して、アナログ変換したアナログホール信号ＨＡＵ、ＨＡＶ、ＨＡＷが、相互に１２０度の位相差を持つ正弦波となる位置に固定配置されている。なお、本実施例では、検出対象のＤＣブラシレスモータ１０の回転子１３の磁極数を、「８」（４ペア）としているが、磁極数は、「８」に限られるものではない。

【００２１】

すなわち、差動信号ＨＵ$^{+}$／ＨＵ$^{-}$、ＨＶ$^{+}$／ＨＶ$^{-}$、ＨＷ$^{+}$／ＨＷ$^{-}$は、シングルエンド化（グラウンド（０Ｖ）を基準に電圧レベルで、「Ｌ」と「Ｈ」が決まる信号シングルエンド（single-ended）信号化）すると、図３に示すように、回転子１３の回転角度に対して正弦波状に変化し、この差動信号ＨＵ$^{+}$／ＨＵ$^{-}$、ＨＶ$^{+}$／ＨＶ$^{-}$、ＨＷ$^{+}$／ＨＷ$^{-}$をアナログ変換したアナログホール信号ＨＡＵ、ＨＡＶ、ＨＡＷが、相互に１２０度の位相差を持つ正弦波状となる位置にホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗが配置されている。なお、図２では、３相の振幅が等しく表示されている。

【００２２】

上記アナログホール信号ＨＡＵ、ＨＡＶ、ＨＡＷは、次式（１）により算出することができる。

【００２３】

【数１】

$$\left.\begin{aligned} HAU &= HU^{+} - HU^{-} = A * \sin(\theta) \\ HAV &= HV^{+} - HV^{-} = A * \sin\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) \\ HAW &= HW^{+} - HW^{-} = A * \sin\left(\theta + \frac{2}{3}\pi\right) \end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots (1)$$

いま、本実施例では、ＤＣブラシレスモータ１０の回転子１３の磁極数を「８」としているため、図３に示す正弦波は、回転子１３の１回転当たり４周期であり、回転子１３の１／４回転が、図３に示す正弦波１周期に相当する。なお、以下の説明において、角度θは、正弦波１周期を、３６０度として示すものとし、また、この角度θを回転子１３の角度として扱うものとする。

【００２４】

図１に戻って、クロック発生部８は、発振器８１と分周器８２等を備えており、クロック発生部８は、発振器８１が、所定周波数のクロック信号ｃｌｋを出力して、分周器８２が、このクロック信号ｃｌｋを分周してトリガｆｓを、角度探索部５、２相パルス生成部６等の回転角度検出装置１の必要な各部に出力する。

【００２５】
ベクトル成分生成部２は、減算アンプであり、Ｕ相用のホール素子１１ｕからＵ相の差動信号ＨＵ＋／ＨＵ－が入力される。ベクトル成分生成部２は、ホール素子１１ｕから入力されるＵ相の差動信号ＨＵ＋／ＨＵ－に対して、次式（２）の演算（Ｖｙの演算）を行なって、シングルエンド化し、Ｕ相のアナログホール信号ＨＡＵを生成して、そのままベクトルのＹ軸成分Ｖｙとして出力する。
【００２６】
また、ベクトル成分生成部３は、加減算アンプであって、Ｖ相とＷ相のホール素子１１ｖ、１１ｗからの差動信号ＨＶ＋／ＨＶ－、ＨＷ＋／ＨＷ－に対して、次式（２）の演算（Ｖｘの演算）を行って、シングルエンド化し、Ｖ相とＷ相のアナログホール信号ＨＡＶ、ＨＡＷを生成して、ベクトルのＸ軸成分Ｖｘを出力する。
【００２７】
【数２】

$$\left.\begin{aligned} Vx &= ((HW^{+} - HW^{-}) - (HV^{+} - HV^{-}))/\sqrt{3} = A * \cos(\theta) \\ Vy &= HU^{+} - HU^{-} = A * \sin(\theta) \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (2)$$

回転角度検出装置１は、ベクトル成分生成部２とベクトル成分生成部３が、上記式（２）の演算によって、互いに９０度の位相差を有する正弦波のＸ軸成分Ｖｘ、Ｙ軸成分Ｖｙを生成し、ベクトル成分生成部２及びベクトル成分生成部３は、複数のホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの出力する差動信号に基づいてＤＣブラシレスモータ１０の回転子１３の回転子ベクトルを生成する回転子ベクトル生成手段として機能している。
【００２８】
ベクトル回転演算部４は、乗算部４１、符号調整スイッチ部４２、加減算アンプ４３、４４等を備えており、信号生成部７からの正弦（ｓｉｎ）データ、余弦（ｃｏｓ）データ及び符号調整信号ｓｉｇｎを用いて、Ｘ軸成分Ｖｘ及びＹ軸成分Ｖｙにより表わされるベクトル（以下、回転子ベクトルという。）を、後述する検出角度データθｄの値に従って、次式（３）のベクトル演算することで回転変換を施して、変換Ｘ軸成分Ｖｘ’及び変換Ｙ軸成分Ｖｙ’（以下、（Ｖｘ’、Ｖｙ’）で表わされるベクトルを変換ベクトルという。）として出力する。
【００２９】
【数３】

$$\begin{pmatrix} Vx' \\ Vy' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Vx \\ Vy \end{pmatrix} \quad \cdots\cdots\cdots (3)$$

信号生成部７は、データ整形演算部７１、不揮発性メモリ７２及び符号調整信号生成部７３等を備えており、後述する角度探索部５の出力する検出角度データθｄが入力される。
【００３０】
不揮発性メモリ７２は、ＲＯＭ（Read Only Memory）等で構成され、正弦波１周期をｎ分割、例えば、６４分割して、振幅を１２７[ＬＳＢ]で表わす正弦のうち、振幅の絶対値がそれぞれ重複しない正弦、例えば、位相０度の正弦と、位相０～９０度の間の１５個の正弦と、位相９０度の正弦との合計１７個の正弦が、正弦データとして予め格納されている。したがって、不揮発性メモリ７２は、１周期を４ｎ等分（ｎは整数）する位相差を有し、その絶対値がそれぞれ重複しない正弦波を基準正弦波として、該基準正弦波の１／４周期分を記憶する正弦波データ記憶手段として機能している。
【００３１】
データ整形演算部７１は、検出角度データθｄに従って、正弦、余弦の振幅の絶対値のデータを、不揮発性メモリ７２に格納されている正弦データ（基準正弦波データ）に基づ

いて、整形して、正弦（ｓｉｎ）データと余弦（ｃｏｓ）データをベクトル回転演算部４の乗算部４１に出力する。このデータ整形演算部７１は、不揮発性メモリ７２の１／４周期分の前記正弦波データから残りの３／４周期分の正弦波データを算出して全周期分の基準正弦波の正弦波データを生成する正弦波データ生成手段として機能している。

【００３２】

符号調整信号生成部７３は、角度探索部５の出力する検出角度データθｄのうち、θｄ［５：４］に従って符号調整信号ｓｉｇｎを生成して、ベクトル回転演算部４の符号調整スイッチ部４２に出力する。

【００３３】

そして、ベクトル回転演算部４は、その演算部４１が、４つの抵抗ラダー方式乗算ＤＡＣ（digital analog convertor）が並列に配設されたものであり、ベクトル成分生成部２とベクトル成分生成部３からＸ軸成分ＶｘとＹ軸成分Ｖｙが入力される。

【００３４】

演算部４１は、データ整形演算部７１から入力される正弦データと余弦データを元に、値に比例したアナログ値に変化させたアナログ正弦絶対値｜ｓｉｎ｜、アナログ余弦絶対値｜ｃｏｓ｜を、ベクトル成分生成部２、３からのベクトルのＸ軸成分ＶｘとＹ軸成分Ｖｙに乗算して、Ｖｘ＊｜ｓｉｎ｜、Ｖｘ＊｜ｃｏｓ｜、Ｖｙ＊｜ｓｉｎ｜、Ｖｙ＊｜ｃｏｓ｜を符号調整スイッチ部４２に出力する。

【００３５】

符号調整スイッチ部４２は、演算部４１からＶｘ＊｜ｓｉｎ｜、Ｖｘ＊｜ｃｏｓ｜、Ｖｙ＊｜ｓｉｎ｜、Ｖｙ＊｜ｃｏｓ｜が入力されるとともに、符号調整信号生成部６２からθｄ［５：４］に従って生成された符号調整信号ｓｉｇｎが入力され、この符号調整信号ｓｉｇｎに従って、加減算アンプ４３、４４の正相、逆相入力端子に入力するＶｘ＊｜ｓｉｎ｜、Ｖｘ＊｜ｃｏｓ｜、Ｖｙ＊｜ｓｉｎ｜、Ｖｙ＊｜ｃｏｓ｜を切り換える。

【００３６】

加減算アンプ４３は、乗算部４１の乗算結果のＶｘ＊｜ｃｏｓ｜とＶｙ＊｜ｓｉｎ｜を加減算して、変換Ｘ軸成分Ｖｘ’として出力する。なお、加減算アンプ４３は、上記加減算に、ゲインを乗じる構成であってもよい。

【００３７】

加減算アンプ４４は、乗算部４１の乗算結果のＶｘ＊｜ｓｉｎ｜とＶｙ＊｜ｃｏｓ｜を加減算して、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’として出力する。なお、加減算アンプ４４は、上記加減算に、ゲインを乗じる構成であってもよい。

【００３８】

角度探索部５は、コンパレータ５１、５２と繰り返しカウンタ５３等を備えており、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’が、コンパレータ５１、５２に入力されるとともに、トリガｆｓが、繰り返しカウンタ５３に入力されて、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’が所定の基準値（所定のベクトル）を横切るときの回転角、すなわち、回転子ベクトルを基準ベクトル（所定のベクトル）まで回転させたときの回転角を検出角度データθｄとして探索して出力する。

【００３９】

コンパレータ５１、５２は、それぞれ基準＋α、－αが入力されるとともに、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’が入力され、これらの基準値＋αと変換Ｙ軸成分Ｖｙ’、基準値－αと変換Ｙ軸成分Ｖｙ’をそれぞれ比較して、繰り返しカウンタ５３へカウントアップ指令ｕｐとカウントダウン指令ｄｎを出力する。

【００４０】

繰り返しカウンタ５３は、コンパレータ５１からのカウントダウン司令ｄｎとカウントアップ司令ｕｐに応じてカウント処理を行い、カウント値を、例えば、６ビットの検出角度データθｄとして出力する。

【００４１】

上記ベクトル回転演算部４と角度探索部５は、全体として、回転子ベクトル生成手段としてのベクトル回転演算部４が生成した回転子ベクトル（Ｖｘ、Ｖｙ）に基づいて回転子

１３の回転角度を探索する回転角度探索手段として機能している。また、ベクトル回転演算部４の乗算部４１は、複数の位相を有する所定の基準正弦波と前記回転子ベクトル生成手段であるベクトル成分生成部２、３の生成した前記回転子ベクトル（Ｖｘ、Ｖｙ）とを乗算する乗算手段として機能し、加減算アンプ４３、４４は、該乗算部４１による複数の乗算結果同士を加減算して、回転子ベクトル（Ｖｘ、Ｖｙ）を回転変換して変換回転子ベクトル（Ｖｘ’、Ｖｙ’）を生成するベクトル回転手段として機能している。さらに、角度探索部５は、該ベクトル回転手段の生成した変換回転子ベクトル（Ｖｘ’、Ｖｙ’）、特に、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’と所定のベクトルとのなす角度が０度となるまで、すなわち、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’が角度幅±αの不感帯内に入るまで回転させた回転量を回転子１３の回転角度として探索する探索手段として機能している。

【００４２】

２相パルス生成部６は、ビット取得部６１とパルス生成部６２等を有し、ビット取得部６１には、角度探索部５の繰り返しカウンタ５３から検出角度データθｄが入力される。ビット取得部６１は、検出角度データθｄの下位２ビットを取得して、パルス生成部６２に出力し、パルス生成部６２は、検出角度データθｄの下位２ビットを参照して、２相のパルス信号ＥＮＣＡ、ＥＮＣＢを生成して、ＤＣブラシレスモータ１０の端子１４へ出力する。したがって、２相パルス生成部６は、角度探索部５が探索した回転子１３の回転角度に応じて変化するとともに、１／４周期の位相差を有する２相パルス信号を生成するパルス信号生成手段として機能している。

【００４３】

なお、本実施例においては、ベクトル回転演算部４の乗算部４１が、４つの抵抗ラダー方式乗算型ＤＡＣが並列に配設されたものであるが、１つの乗算器を時系列で交互に使い回す構成であってもよい。また、乗算部４１は、アナログ回路を用いているが、Ｘ軸成分ＶｘとＹ軸成分Ｖｙをデジタル変換するＡ／Ｄ（アナログ／デジタル）変換回路とデジタル加算回路で構成されていてもよい。

【００４４】

そして、上記ベクトル成分生成部３は、例えば、図４または図５のように構成されている。

【００４５】

すなわち、ベクトル成分生成部３は、図４に示すように、３つの加減算アンプ３１～３３、８個の抵抗Ｒ及びその抵抗値が抵抗Ｒの１／√３である２つの抵抗（１／√３）Ｒで構成されており、式（２）に示したように、加減算アンプ３１によって、（$HV^{+}-HV^{-}$）を演算して、加減算アンプ３２によって、（$HW^{+}-HW^{-}$）を演算して、アナログホール信号を生成する。ベクトル成分生成部３は、次に、加減算アンプ３３によって、を演算して、加減算アンプ３２による演算結果（$HW^{+}-HW^{-}$）から加減算アンプ３１による演算結果（$HV^{+}-HV^{-}$）を減算して、√３で除算することで、ベクトルのＸ軸成分Ｖｘを生成している。このベクトル成分生成部３を加えることにより、磁気センサをほぼ直角に配置することなく、角度検出を行うためのベクトルを生成することができる。

【００４６】

また、ベクトル成分生成部３は、図５に示すように、１つの加減算アンプ３４と４つの抵抗Ｒ及びその抵抗値が抵抗Ｒの１／√３である２つの抵抗（１／√３）Ｒで構成されていてもよい。

【００４７】

図５の場合、差動信号HV^{+}と差動信号HW^{-}を、それぞれ抵抗Ｒを介して加減算アンプ３４の逆相入力端子に入力し、差動信号HV^{-}と差動信号HW^{+}を、それぞれ抵抗Ｒを介して加減算アンプ３４の正相入力端子に入力する。加減算アンプ３４は、次式（４）で示す演算を順次実行して、結果的に、（ＨＡＷ－ＨＡＶ）／√３を演算することとなり、Ｖｘ＝Ａ＊ｃｏｓθというベクトルのＸ軸成分Ｖｘを生成する。

【００４８】

【数４】

$$V_x = (HW^+ + HV^- - HW^- - HV^+)/\sqrt{3}$$
$$= ((HW^+ - HW^-) - (HV^+ - HV^-))/\sqrt{3}$$
$$= ((HAW - HAV)/\sqrt{3}$$
$$= A * \cos\theta \quad \text{---------- (4)}$$

したがって、ベクトル成分生成部３は、図５のように構成すると、図４の構成と比較すると、１つの加減算アンプ３４で構成することができ、回路規模を小さくかつ安価にすることができる。従来技術の構成においても、ホール素子後段には差動アンプが存在するため、従来の構成からコストアップはしない。また、図５のベクトル成分生成部３は、加減算アンプ３４の入力電圧オフセット等のアナログ回路素子の有する誤差要因を低減させることができ、回転角度検出精度を向上させることができる。すなわち、ベクトル成分生成部３は、ホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの出力する差動信号ＨＶ$^+$／ＨＶ$^-$、ＨＷ$^+$／ＨＷ$^-$のうち、２つずつの差動信号ＨＶ$^+$／ＨＶ$^-$、ＨＷ$^+$／ＨＷ$^-$の差分を算出する差分算出手段と、少なくとも２つの差動信号ＨＶ$^+$／ＨＶ$^-$、ＨＷ$^+$／ＨＷ$^-$同士を相互演算した演算結果と該差分算出手段として算出した該差分とに基づいて前記回転子ベクトルを生成するベクトル生成手段と、を有した構成となっている。

【００４９】

そして、ベクトル成分生成部３は、１２０度位相を持つＵＶＷ相のホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの信号を用いてベクトル生成の演算処理を行うが、このベクトル生成の演算処理は、図６に示すようなものとなっている。すなわち、図６に示すように、直交するＸＹ平面上に、Ｙ軸と同じ方向にＵ軸を、－１２０度の方向にＶ軸を、＋１２０度軸の方向にＷ軸をとって、Ｕ軸、Ｖ軸、Ｗ軸の長さ１を、単位ベクトルＵ、Ｖ、Ｗとしたとき、ベクトルＵは、Ｙ軸上の単位ベクトルとなり、ベクトル（Ｗ－Ｖ）は、Ｙ軸上の長さ√３のベクトルとなる。すなわち、ベクトル成分生成部３の実行する演算式（２）は、１２０度の角度差を持つＵＶＷ軸から、ＸＹ軸座標系への座標変換を示しており、変換後の長さを等しくするために、（ＨＡＷ－ＨＡＶ）に、１／√３を乗じている。なお、本実施例においては、ベクトル成分生成部３の演算対象が、１２０度位相を有する３つの正弦波状信号であるとしているが、演算対象の正弦波状信号は、１２０度の位相を有している信号に限るものではなく、どのような位相差を有した信号同士であってもよい。この場合、ゲインの値を変更することで、同じ振幅を有した、９０度位相差を持つ２相信号を生成することができる。

【００５０】

そして、ベクトル成分生成部２、３の生成するベクトルのＸ軸成分Ｖｘ及びＹ軸成分Ｖｙは、図７に示すように、同じ所定の振幅と周期を有した振動波形となる。このベクトルのＸ軸成分Ｖｘ及びＹ軸成分Ｖｙは、極座標上にプロットすると、図８のように示され、ベクトル（Ｖｘ、Ｖｙ）は、回転子角度θの変化とともに、Ｘ－Ｙ平面上を、半径Ａの円を描いて回転する。なお、本実施例においては、Ｘ軸を基準軸として、正方向のＸ軸とベクトル（Ｖｘ、Ｖｙ）のなす角度を、回転子角度θとしている。

【００５１】

また、ベクトル回転演算部４の乗算部４１は、上述のように、抵抗ラダー方式乗算型ＤＡＣが用いられており、この抵抗ラダー方式乗算型ＤＡＣは、図９に示すように、通常の抵抗ラダー方式乗算型ＤＡＣ回路４１ａが用いられている。なお、図９では、Ｙ軸成分Ｖｙに対する乗算部４１の１つの抵抗ラダー方式乗算型ＤＡＣ回路４１ａが示されているが、乗算部４１は、このような回路構成の抵抗ラダー方式乗算型ＤＡＣ回路４１ａが、４つ並列に用いられている。

【００５２】

抵抗ラダー方式乗算型ＤＡＣ回路４１ａは、抵抗値Ｒと抵抗値２Ｒの抵抗が規則的にはしご状につながり、２Ｒの抵抗には、バイアス電圧Ｖｂｉａｓか、Ｖｙ（または、Ｖｘ）

のいずれかに接続されるスイッチＳＷ$_{0}$～ＳＷ$_{n-2}$が設けられている。一般的に、このスイッチＳＷ$_{0}$～ＳＷ$_{n-2}$は、電子的なスイッチ(アナログスイッチ)が用いられる。

【００５３】

このような抵抗ラダー方式乗算型ＤＡＣ４１ａを乗算部４１に用いると、同じ抵抗値の抵抗Ｒ（２Ｒは、Ｒの抵抗Ｒを２個直列に接続）のみで構成されるため、モノリシックＩＣを用いることで、精度の高い乗算処理を行うことができる。この抵抗ラダー方式乗算型ＤＡＣ４１ａでの処理で得られる出力電圧Ｖｏｕｔは、次式（５）で与えられる。

【００５４】

【数５】

$$Vout = \left(\frac{2^{0}D_{0} + 2^{1}D_{1} + \cdots + 2^{n-2}D_{n-2}}{2^{n-1}} \right) \times Vref \quad \cdots\cdots\cdots (5)$$

式（５）において、Ｄ$_{0}$～Ｄ$_{n-2}$は、それぞれ抵抗ラダー方式乗算型ＤＡＣ回路４１ａのスイッチ部ＳＷ$_{0}$～ＳＷ$_{n-2}$のＤ$_{0}$～Ｄ$_{n-2}$に対応しており、「０」か、「１」が入力される。また、Ｖｒｅｆの係数は、「０」（Ｄが全て「０」）から$2^{n-1}-1/2^{n-1}$　１（Ｄが全て「１」）の値を取りうる。

【００５５】

したがって、スイッチ部ＳＷ$_{0}$～ＳＷ$_{n-2}$を切り換えることで、正弦、余弦の乗算を表現することができる。

【００５６】

ところが、抵抗ラダー方式乗算型ＤＡＣ回路４１ａのみでは、正の乗数の乗算しか行うことができない。そこで、通常は、抵抗ラダー方式乗算型ＤＡＣ回路４１ａにおいて４象限乗算を行うために、抵抗ラダー方式乗算型ＤＡＣ回路４１ａの後段に、アンプを配置して、次式（６）の演算を施すことで、４象限乗算を行う。

【００５７】

【数６】

$$\begin{aligned} Vout &= (2 * Vref * (0 \sim 1)) - 1 \\ &= (Vref * (0 \sim 2)) - 1 \\ &= (Vref * (-1 \sim 1) \quad \cdots\cdots\cdots (6) \end{aligned}$$

ところが、本実施例の演算部４１は、符号調整スイッチ部４２を設けて加減算を入れ替えることで、式（６）の演算を行わせることで、４象限乗算と同等の動作を行わせている。したがって、乗算部４１において、１つの乗算器に対して、オペアンプ１つとラダー１ｂｉｔ分を削減することができる。

【００５８】

そして、上述のように、演算部４１は、演算に用いる正弦（ｓｉｎ）データ及び余弦（ｃｏｓ）データが、信号生成部７から入力される。

【００５９】

この正弦（ｓｉｎ）データ及び余弦（ｃｏｓ）データは、その絶対値が、図１０（ａ）及び図１０（ｂ）のように示される。いま、正弦波１周期を４ｎ（ｎは、整数）等分すると、０～９０度区間の正弦（ｓｉｎ）データの絶対値｜ｓｉｎ｜の値は、９０度～１８０度、１８０度～２７０度、２７０度～３６０度区間にも現れる。そこで、本実施例の回転角度検出装置１は、信号生成部７の不揮発性メモリ７２に、０～９０度区間の｜ｓｉｎ｜のデータのみを記憶しておいて、９０～３６０度区間の｜ｓｉｎ｜のデータについては、不揮発性メモリ７２の０～９０度区間の｜ｓｉｎ｜のデータをデータ整形演算部７１で整形して用いている。具体的には、信号生成部７は、位相区間０～９０度（θｄ［３：０］相当）の正弦データを不揮発性メモリ７２に記憶しており、９０度毎の切り替わり（θｄ［５：４］相当）に従って、データ整形演算部７１が整形したデータを｜ｓｉｎ｜、｜ｃ

ｏｓ｜としてベクトル回転演算部４の乗算部４１に出力する。

【００６０】

ただし、０度（θｄ＝０００００００）と１８０度（θｄ＝１００００００）の値、９０度（θｄ＝０１００００）と２７０度（θｄ＝１１００００）の値は、１８０度位相毎にしか現れないため、θｄ［３：０］が０００００となる場合のみ異なる処理を行う。

【００６１】

そして、回転角度検出装置１は、ベクトル回転演算部４において、乗算部４１の乗算結果を、加減算アンプ４３、４４で加減算を行って、変換Ｘ軸成分Ｖｘ’及び変換Ｙ軸成分Ｖｙ’を生成させるように、符号調整スイッチ部４２を動作させる符号調整信号ｓｉｇｎを、信号生成部７の符号調整信号生成部７３から符号調整スイッチ部４２に出力する。

【００６２】

すなわち、符号調整信号生成部７３は、図１１及び図１２に、それぞれ、変換Ｘ軸成分Ｖｘ’及び変換Ｙ軸成分Ｖｙ’を生成させるための加減算マップを示すように、位相が、０度～９０度、９０度～１８０度、１８０度～２７０度、２７０度～３６０度の各区間において、ｓｉｎ関数、ｃｏｓ関数の符号関係が、ｓｉｎ関数とｃｏｓ関数の項目に、Ｖｘ’＝Ｖｘ＊ｃｏｓ＋Ｖｙ＊ｓｉｎの演算を成立させるためのＶｘ＊｜ｃｏｓ｜、Ｖｙ＊｜ｓｉｎ｜の加減算アンプ４３の入力先端子への相状態とＶｙ’＝－Ｖｘ＊ｓｉｎ＋Ｖｙ＊ｃｏｓの演算を成立させるためのＶｘ＊｜ｃｏｓ｜、Ｖｙ＊｜ｓｉｎ｜の加減算アンプ４４の入力先端子への相状態が、入力先端子の項目に、入力先を指定した場合の加減算結果が、加減算結果の項目に、それぞれ記載されている。

【００６３】

すなわち、ベクトル回転演算部４の乗算部４１は、回転子ベクトル軸成分Ｖｘ、Ｖｙとアナログ正弦、余弦の絶対値｜ｓｉｎ｜、｜ｃｏｓ｜の乗算を行うが、回転演算を行うためには、アナログ正弦、余弦の絶対値｜ｓｉｎ｜、｜ｃｏｓ｜ではなく、アナログ正弦、余弦ｓｉｎ、ｃｏｓでの乗算を行う必要がある。

【００６４】

そこで、本実施例の回転角度検出装置１は、符号調整信号生成部７３が、検出角度データθｄに応じて、符号調整信号ｓｉｇｎを生成して、ベクトル回転演算部４の符号調整スイッチ部４２に出力することで、乗算結果の加減算を切り替えて、絶対値｜ｓｉｎ｜、｜ｃｏｓ｜のアナログｓｉｎ、ｃｏｓへの変換を行なっている。

【００６５】

そして、加減算アンプ４３は、Ｘ軸成分Ｖｘとアナログ余弦値の絶対値｜ｃｏｓ｜の乗算結果と、Ｙ軸成分Ｖｙとアナログ正弦値の絶対値｜ｓｉｎ｜の乗算結果を、図１１に示す加減算マップに従って加減算することで、変換Ｘ軸成分Ｖｘ’を生成する。

【００６６】

すなわち、加減算アンプ４３は、正相端子（＋端子）に入力された信号については加算、逆相端子（－端子）に入力された信号については減算処理を行う。例えば、図１１に示すように、検出角度データθｄが、θｄ＝９０～１８０の場合、ｓｉｎ＞０、ｃｏｓ＜０であるため、Ｖｘ＊｜ｃｏｓ｜は、加減算アンプ４３の逆相入力端子へ、Ｖｙ＊｜ｓｉｎ｜は、加減算アンプ４３の正相入力端子へと入力され、加減算アンプ４３は、－Ｖｘ＊｜ｃｏｓ｜＋Ｖｙ＊｜ｓｉｎ｜＝Ｖｘ’、すなわち、Ｖｘ＊（－｜ｃｏｓ｜）＋Ｖｙ＊｜ｓｉｎ｜＝Ｖｘ’を演算することとなって、Ｖｘ’の演算を行うことができる。

【００６７】

また、加減算アンプ４４は、Ｘ軸成分Ｖｘとアナログ正弦値の絶対値｜ｓｉｎ｜の乗算結果と、Ｙ軸成分Ｖｙのアナログ余弦値の絶対値｜ｃｏｓ｜の乗算結果を、図１２に示す加減算マップに従って加減算することで、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’を生成する。

【００６８】

すなわち、加減算アンプ４４は、加減算アンプ４３と同様に、正相端子（＋端子）に入力された信号については加算、逆相端子（－端子）に入力された信号については減算処理を行う。例えば、図１２に示すように、検出角度データθｄが、θｄ＝９０～１８０の場

合、ｓｉｎ＞０、ｃｏｓ＜０であるため、Ｖｘ＊｜ｓｉｎ｜は、加減算アンプ４４の逆相入力端子へ、Ｖｙ＊｜ｃｏｓ｜は、加減算アンプ４４の逆相入力端子へと入力され、加減算アンプ４４は、－Ｖｘ＊｜ｓｉｎ｜－Ｖｙ＊｜ｃｏｓ｜＝Ｖｙ’、すなわち、－Ｖｘ＊｜ｃｏｓ｜＋Ｖｙ＊（－｜ｓｉｎ｜）＝Ｖｙ’を演算することとなって、Ｖｙ’の演算を行うことができる。

【００６９】

次に、本実施例の作用を説明する。本実施例の回転角度検出装置１は、小型で安価に回転軸である回転子１３の回転角度を検出する。

【００７０】

回転角度検出装置１は、以下に説明するように、差動信号ＨＵ$^{+}$／ＨＵ$^{-}$、ＨＶ$^{+}$／ＨＶ$^{-}$、ＨＷ$^{+}$／ＨＷ$^{-}$を出力するホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗを備えているＤＣブラシレスモータ１０の回転子１３の回転角度を、該ホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの出力する差動信号から該回転子１３の回転ベクトルを算出して、該回転ベクトルに基づいて該回転子１３の回転角度を検出する。

【００７１】

すなわち、回転角度検出装置１は、ホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの設けられているＤＣブラシレスモータ１０の該ホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗに接続されており、そのベクトル成分生成部２に、Ｕ相のホール素子１１ｕの出力する差動信号ＨＵ$^{+}$／ＨＵ$^{-}$が、そのベクトル成分生成部３に、Ｖ相及びＷ相の差動信号ＨＶ$^{+}$／ＨＶ$^{-}$、ＨＷ$^{+}$／ＨＷ$^{-}$が、それぞれ入力される。

【００７２】

ベクトル成分生成部２は、ホール素子１１ｕから入力されるＵ相の差動信号ＨＵ$^{+}$／ＨＵ$^{-}$に対して、上記式（２）の演算（Ｖｙの演算）を行なって、シングルエンド化し、Ｕ相のアナログホール信号ＨＡＵを生成して、そのまま回転ベクトルのＹ軸成分Ｖｙとして出力する。

【００７３】

また、ベクトル成分生成部３は、ホール素子１１ｖ、１１ｗからの差動信号ＨＶ$^{+}$／ＨＶ$^{-}$、ＨＷ$^{+}$／ＨＷ$^{-}$に対して、上記式（２）の演算（Ｖｘの演算）を行って、シングルエンド化し、Ｖ相とＷ相のアナログホール信号ＨＡＶ、ＨＡＷを生成して、回転ベクトルのＸ軸成分Ｖｘを出力する。

【００７４】

そして、高度な演算機能を有するプロセッサを用いるときには、検出角度θｄ＝ａｒｃｔａｎ（Ｙ／Ｘ）を算出することで、回転子１３の回転角度を求めることはできるが、それでは、回転角度検出装置が高価なものとなってしまう。

【００７５】

そこで、本実施例の回転角度検出装置１は、ベクトル回転演算部４によって、上記式（３）に示した回転の一次変換式を利用して、図１３に示すように、回転子ベクトル（Ｖｘ、Ｖｙ）を回転角度θｒ回転させた変換ベクトル（Ｖｘ’、Ｖｙ’）が、所定の基準ベクトル（本実施例では、正方向のＸ軸とする。）に一致するまで回転角度θｒの値を変化させ、変換ベクトル（Ｖｘ’、Ｖｙ’）が基準ベクトルと一致すると、回転子ベクトルθ＝ベクトル回転角度θｒであるとして、回転子角度を検出して、検出した回転子角度を検出角度データθｄとする。

【００７６】

具体的には、ベクトル回転演算部４は、４つの抵抗ラダー方式乗算ＤＡＣが並列に配設された演算部４１によって、ベクトル成分生成部２とベクトル成分生成部３から入力されるＸ軸成分ＶｘとＹ軸成分Ｖｙに対して、データ整形演算部７１から入力される正弦データと余弦データを元に、値に比例したアナログ値に変化させたアナログ正弦絶対値｜ｓｉｎ｜、アナログ余弦絶対値｜ｃｏｓ｜を、乗算して、Ｖｘ＊｜ｓｉｎ｜、Ｖｘ＊｜ｃｏｓ｜、Ｖｙ＊｜ｓｉｎ｜、Ｖｙ＊｜ｃｏｓ｜を算出して、符号調整スイッチ部４２に出力する。

【００７７】
符号調整スイッチ部４２は、演算部４１からのＶｘ＊｜ｓｉｎ｜、Ｖｘ＊｜ｃｏｓ｜、Ｖｙ＊｜ｓｉｎ｜、Ｖｙ＊｜ｃｏｓ｜を、符号調整信号生成部６２からの符号調整信号ｓｉｇｎに従って、加減算アンプ４３、４４の正相入力端子と逆相入力端子に切り替えて入力する。
【００７８】
加減算アンプ４３は、乗算部４１の乗算結果のＶｘ＊｜ｃｏｓ｜とＶｙ＊｜ｓｉｎ｜を加減算して、変換Ｘ軸成分Ｖｘ’として出力し、加減算アンプ４４は、乗算部４１の乗算結果のＶｘ＊｜ｓｉｎ｜とＶｙ＊｜ｃｏｓ｜を加減算して、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’として出力する。
【００７９】
そして、本実施例の回転角度検出装置１は、Ｘ軸正方向を基準ベクトルとしており、Ｘ軸は、Ｙ軸成分が「０」であるため、変換ベクトルのＹ軸成分である変換Ｙ軸成分Ｖｙ’＝０を判定するのみで、Ｘ軸との一致を判定することができる。
【００８０】
ところが、実際に回転演算で乗算される上記正弦・余弦は、離散的なデータ（本実施例では、１周期を６４分割している。）であるため、変換ベクトルとＸ軸が厳密に一致することは、極めて稀である。そこで、本実施例の回転角度検出装置１は、Ｘ軸周辺に±αの不感帯の領域を設け、角度探索部５が、変換ベクトルが±αの不感帯領域内にあると、Ｘ軸に一致した判定する。
【００８１】
すなわち、角度探索部５は、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’が、コンパレータ５１、５２に入力されるとともに、トリガｆｓが、繰り返しカウンタ５３に入力されて、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’が所定の基準値であるＸ軸正方向を横切るときの回転角、すなわち、回転子ベクトルを基準ベクトルまで回転させたときの回転角を検出角度データθｄとして探索して出力するが、コンパレータ５１、５２には、それぞれ基準＋α、－αが入力されるとともに、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’が入力され、これらの基準値＋αと変換Ｙ軸成分Ｖｙ’、基準値－αと変換Ｙ軸成分Ｖｙ’をそれぞれ比較して、繰り返しカウンタ５３へカウントアップ指令ｕｐとカウントダウン指令ｄｎを出力する。繰り返しカウンタ５３は、コンパレータ５１からのカウントダウン司令ｄｎとカウントアップ司令ｕｐに応じてカウント処理を行い、カウント値を、例えば、６ビットの検出角度データθｄとして出力する。
【００８２】
例えば、いま、回転角度θｒが、図１４に示すように、変化した場合、繰り返しカウンタ５３は、以下のようにカウント処理する。
【００８３】
（ａ）Ｖｙ’＞＋αのとき（図１４（ａ）のとき）、繰り返しカウンタ５３は、コンパレータ５２からカウントアップ司令ｕｐが入力され、回転角度θｒをカウントアップする。（回転変換は、時計回りに行われ、基準ベクトルであるＸ軸正方向に近づく。）
（ｂ）－α＜Ｖｙ’＜＋αのとき（図１４（ｂ）のとき）、繰り返しカウンタ５３は、カウントアップ司令ｕｐとカウントダウン司令ｄｎのいずれもが入力されず、回転角度θｒを維持する。（回転変換は行わず、基準ベクトルであるＸ軸正方向にとどまる。）
（ｃ）－α＜Ｖｙ’のとき（図１４（ｃ）のとき）、繰り返しカウンタ５３は、コンパレータ５１からカウントダウン司令ｄｎが入力され、回転角度θｒをカウントダウンする。（回転変換は、反時計回りに行われ、基準ベクトルであるＸ軸正方向に近づく。）
そして、回転角度検出装置１は、不感帯の角度幅αを、１ＬＳＢ（Least Significant Bit）相当の回転角度より大きく設定することで、Ｘ軸近傍でベクトルがチャタリングすることを防止している。
【００８４】
すなわち、不感帯幅αは、次式（７）により、求めて設定される。
【００８５】

【数７】

$$\alpha > A \sin\left(\frac{\theta\,\mathrm{step}}{2}\right) \qquad \text{----------} \quad (7)$$

そして、角度探索部５は、図１５に示すように、上記角度探索処理を行う。すなわち、角度探索部５は、ベクトル回転演算部４の加減算アンプ４４から変換Ｙ軸成分Ｖｙ’が入力されると、該変換Ｙ軸成分Ｖｙ’を角度幅αと比較し（ステップＳ１０１）、図１４（ａ）に示したように、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’が角度幅＋αよりも大きいと（図１５で、Ｖｙ’＞＋αのとき）、回転角度θｒ（ｎ）に、「１」だけインクリメント（加算）して回転角度θｒ（ｎ＋１）とする（θｒ（ｎ＋１）＝θｒ（ｎ）＋１）（ステップＳ１０２）。角度探索部５は、回転角度θｒ（ｎ＋１）を求めると、変数ｎ（ｎ：整数）を「１」だけインクリメントして（ステップＳ１０３）、所定周期で、ステップＳ１０１に戻る。

【００８６】

角度探索部５は、ステップＳ１０１で、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’が角度幅＋αと角度幅－αとの間であると（図１５で、－α＜Ｖｙ’＜＋αのとき）、回転角度θｒ（ｎ）に、加減算を行うことなく、回転角度θｒ（ｎ）を回転角度θｒ（ｎ＋１）とする（θｒ（ｎ＋１）＝θｒ（ｎ））（ステップＳ１０４）。角度探索部５は、回転角度θｒ（ｎ＋１）を求めると、変数ｎを「１」だけインクリメントして（ステップＳ１０３）、所定周期で、ステップＳ１０１に戻る。

【００８７】

さらに、角度探索部５は、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’が角度幅－αよりも小さいと（図１５で、Ｖｙ’＜－αのとき）、回転角度θｒ（ｎ）から、「１」だけディクリメント（減算）して回転角度θｒ（ｎ＋１）とする（θｒ（ｎ＋１）＝θｒ（ｎ）－１）（ステップＳ１０５）。角度探索部５は、回転角度θｒ（ｎ＋１）を求めると、変数ｎを「１」だけインクリメントして（ステップＳ１０３）、所定周期で、ステップＳ１０１に戻る。

【００８８】

角度探索部５は、上記角度探索処理を、実行処理信号としてのトリガｆｓがクロック発生部８から入力されるたびに、実行する。なお、回転角度θｒは、離散カウント値であり、本実施例では、１周期を６４分割しているので、θｒ＝０～６３［ＬＳＢ］となる。すなわち、θstep＝１ＬＳＢとする。

【００８９】

上記角度探索処理を行うことで、常に変換ベクトル（Ｖｘ’、Ｖｙ’）は、Ｘ軸近傍に維持され、（検出角度θｄ）＝（回転角度θｒ）　（回転子角度θ）となる。ただし、周期的処理の実行周期は、回転子ベクトルの回転速度に対して十分速くすること、及び、後述する回転子１３の初期回転時における角度探索のため、角度検出装置１の適用されている画像処理装置の電源オン直後においては、回転子１３を、停止（厳密に、停止状態である必要はなく、ほぼ停止）状態とする期間を設けること、が必要である。

【００９０】

すなわち、角度検出装置１は、回転子１３の初期回転時においては、図１６に示すように、角度探索部５が、トリガｆｓが入力されるたびに、θstepずつ回転変換を実行して、ｎ回目のトリガｆｓで変換ベクトル（Ｖｘ’、Ｖｙ’）が角度幅±αの不感帯内に収まると、回転変換を停止する。このとき、回転角度θｒ＝ｎ＊θstepとなる。

【００９１】

ところが、角度探索部５は、回転子１３の初期回転時においては、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’の値だけでは、変換ベクトル（Ｖｘ’、Ｖｙ’）が、正方向のＸ軸である基準ベクトルに対して角度幅±αの不感帯内に存在するのか、１８０度ずれたX軸（負方向）に対して角度幅±αの不感帯内に存在するのかを区別することができない。

【００９２】

そこで、角度探索部５は、変換Ｘ軸成分Ｖｘ’と「０」を比較し、Ｖｘ’であると、変換ベクトル（Ｖｘ’、Ｖｙ’）が、負方向のＸ軸に対して角度幅±αの不感帯内にあると

判断して、回転角度θｒを増加させ続ける等の処理を行う。

【００９３】

そして、角度探索部５は、回転子１３の回転時には、図１７～図１９に示すように角度探索処理を行う。

【００９４】

すなわち、角度探索部５は、トリガｆｓが（ｎ＋１）回目のときに、図１７に破線矢印と実線矢印で示すように、回転子ベクトル（Ｖｘ、Ｖｙ）が、（Ｖｘ（ｎ）、Ｖｙ（ｎ））から（Ｖｘ（ｎ＋１）、Ｖｙ（ｎ＋１））に回転すると、回転子ベクトル（Ｖｘ、Ｖｙ）の回転にともなって、変換ベクトル（Ｖｘ’、Ｖｙ’）が、トリガｆｓがｎ回目の回転位置である変換ベクトル（Ｖｘ’（ｎ）、Ｖｙ’（ｎ））からトリガｆｓが（ｎ＋１）回目の位置である変換ベクトル（Ｖｘ’（ｎ＋１）、Ｖｙ’（ｎ＋１））に回転する。

【００９５】

このトリガ（ｎ＋１）回目においては、図１７の場合、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’は、角度幅±αの不感帯内（－α＜Ｖｙ’（ｎ＋１）＜＋α）にあるので、角度探索部５は、上述のように、回転角度θｒ（ｎ＋１）に、加減算を行わないため、回転角度が、θｒ（ｎ＋２）＝θｒ（ｎ＋１）となる。

【００９６】

そして、トリガｆｓが（ｎ＋２）回目のとき、図１８に破線矢印と実線矢印で示すように、回転子ベクトル（Ｖｘ、Ｖｙ）が、（Ｖｘ（ｎ＋１）、Ｖｙ（ｎ＋１））から（Ｖｘ（ｎ＋２）、Ｖｙ（ｎ＋２））に回転すると、回転子ベクトル（Ｖｘ、Ｖｙ）の回転にともなって、変換ベクトル（Ｖｘ’、Ｖｙ’）が、トリガｆｓが（ｎ＋１）回目の回転位置である変換ベクトル（Ｖｘ’（ｎ＋１）、Ｖｙ’（ｎ＋１））からトリガｆｓが（ｎ＋２）回目の位置である変換ベクトル（Ｖｘ’（ｎ＋２）、Ｖｙ’（ｎ＋２））に回転する。

【００９７】

このトリガ（ｎ＋２）回目においては、図１８の場合、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’は、角度幅±αの不感帯から＋側に外れた位置（Ｖｙ’（ｎ＋２）＞＋α）にあるので、角度探索部５は、上述のように、回転角度θｒ（ｎ＋２）に、「１」を加算して、回転角度が、時計方向に回転させられるθｒ（ｎ＋３）＝θｒ（ｎ＋２）＋１となる。

【００９８】

そして、回転角度θｒのインクリメントにともなって、変換ベクトル（Ｖｘ’、Ｖｙ’）は、図１９に示すように回転する。すなわち、変換ベクトル（Ｖｘ’（ｎ＋２）、Ｖｙ’（ｎ＋２））：θｒ（ｎ＋２）は、回転角度θｒの値がインクリメントされると、図１９に示すように、θstepだけ回転し、変換ベクトル（Ｖｘ’（ｎ＋２）、Ｖｙ’（ｎ＋２））：θｒ（ｎ＋３）となる。

【００９９】

なお、回転角度θｒは、その増加方法としては、順次増加させる方法に限るものではなく、例えば、３６０度を２のべき乗の区間に分割して、回転角度θｒを、バイナリーサーチ（２進探索）によって求めてもよい。

【０１００】

そして、上述のように、２相パルス生成部６は、角度探索部５の繰り返しカウンタ５３から入力される検出角度データθｄの下位２ビットを参照して、２相のパルス信号ＥＮＣＡ、ＥＮＣＢを生成して、ＤＣブラシレスモータ１０の端子１４へ出力する。すなわち、２相パルス生成部６は、図２０に示すように、検出角度データθｄの下位２ビットが、（０、０）のとき、２相パルス信号ＥＮＣＡが、「Ｈ（High）」、ＥＮＣＢが、「Ｌ（Low）」、検出角度データθｄの下位２ビットが、（０、１）のとき、２相パルス信号ＥＮＣＡが、「Ｈ」、ＥＮＣＢが、「Ｈ」、検出角度データθｄの下位２ビットが、（１、０）のとき、２相パルス信号ＥＮＣＡが、「Ｌ」、ＥＮＣＢが、「Ｈ」、検出角度データθｄの下位２ビットが、（１、１）のとき、２相パルス信号ＥＮＣＡが、「Ｌ」、ＥＮＣＢが、「Ｌ」である。

【０１０１】

したがって、ＤＣブラシレスモータ１０にエンコーダを設けることなく、既存のホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの出力信号を利用して、ＤＣブラシレスモータ１０の回転軸の回転角度を検出することができるとともに、ＤＣブラシレスモータ１０を回転駆動させるための１／４周期の位相差を有する２相パルス信号を生成することができる。

【０１０２】

このように、本実施例の回転角度検出装置１は、回転子（回転軸）１３の回転角度に応じて正弦波状に変化する差動信号を出力する複数のホール素子（検出手段）１１ｕ、１１ｖ、１１ｗを備えるとともに、複数の該ホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗが、該差動信号が相互に位相差を持つ状態で配設されているＤＣブラシレスモータ（回転機構）１０の該回転子１３の回転角度を検出する回転角度検出装置１であって、複数のホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの出力する前記差動信号に基づいて回転子１３の回転子ベクトル（Ｖｘ、Ｖｙ）を生成するベクトル成分生成部（回転子ベクトル生成手段）２、３と、ベクトル成分生成部２、３の生成した回転子ベクトル（Ｖｘ、Ｖｙ）に基づいて回転子１３の回転角度を探索する回転角度探索手段としてのベクトル回転演算部４と角度探索部５と、を備えている。

【０１０３】

したがって、回転機構であるＤＣブラシレスモータ１０及びＤＣブラシレスモータ１０によって回転駆動される機構部に、ＤＣブラシレスモータ１０の回転軸である回転子１３の回転角度を検出するためのセンサ等の検出手段を新たに設けることなく、本来、回転機構であるＤＣブラシレスモータ１０に設けられている検出手段であるホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの出力する差動信号に基づいて、回転子１３の回転角度を検出することができ、小型で安価に回転子１３の回転角度を検出することができる。すなわち、磁気センサをほぼ直角に配置することなく、かつ、従来の構成からコストアップすることなく、小型で安価に回転子１３の回転角度を検出することができる。

【０１０４】

また、本実施例の回転角度検出装置１は、回転子１３の回転角度を回転角度検出部で検出して該回転子１３を回転制御し、該回転子１３の回転を利用して駆動機構を駆動させて各種画像処理を施す画像処理装置に、適用している。

【０１０５】

したがって、ＤＣブラシレスモータ１０等の回転機構を利用して画像形成動作や画像読み取り動作等の画像処理動作を行う場合の回転機構の回転角度を、小型で安価に検出することができる。

【０１０６】

さらに、本実施例の回転角度検出装置１は、回転子１３の回転角度に応じて正弦波状に変化する差動信号を出力する複数のホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗを備えるとともに、複数の該ホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗが、該差動信号が相互に位相差を持つ状態で配設されているＤＣブラシレスモータ１０の該回転子１３の回転角度を検出する回転角度検出方法であって、複数のホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの出力する前記差動信号に基づいて回転子１３の回転子ベクトルを生成する回転子ベクトル生成処理ステップと、該回転子ベクトル生成処理ステップで生成された前記回転子ベクトルに基づいて回転子１３の回転角度を探索する回転角度探索処理ステップと、を有している回転角度検出方法を実行している。

【０１０７】

したがって、回転機構であるＤＣブラシレスモータ１０及びＤＣブラシレスモータ１０によって回転駆動される機構部に、ＤＣブラシレスモータ１０の回転軸である回転子１３の回転角度を検出するためのセンサ等の検出手段を新たに設けることなく、本来、回転機構であるＤＣブラシレスモータ１０に設けられている検出手段であるホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの出力する差動信号に基づいて、回転子１３の回転角度を検出することができ、小型で安価に回転子１３の回転角度を検出することができる。

【０１０８】

また、本実施例の回転角度検出装置１は、前記回転子ベクトル生成手段であるベクトル成分生成部２、３が、複数のホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの出力する前記差動信号のうち、２つずつの該差動信号の差分を算出する差分算出手段と、少なくとも２つの前記差動信号同士を相互演算した演算結果と前記差分算出手段の算出した前記差分とに基づいて前記回転子ベクトルを生成するベクトル生成手段と、を備えた構成となっている。

【０１０９】

したがって、ＤＣブラシレスモータ１０にエンコーダを設けることなく、既存のホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの出力信号を利用して、ＤＣブラシレスモータ１０の回転軸の回転角度を小型で安価に、かつ、正確に検出することができる。

【０１１０】

さらに、本実施例の回転角度検出装置１は、前記回転角度探索手段が、複数の位相を有する所定の基準正弦波とベクトル成分生成部２、３の生成した前記回転子ベクトルとを乗算する演算部（乗算手段）４１と、演算部４１による複数の乗算結果同士を加減算して、前記回転子ベクトルを回転変換して変換回転子ベクトル（Ｖｘ’、Ｖｙ’）を生成するベクトル回転手段としての加減算アンプ４３、４４と、加減算アンプ４３、４４の生成した前記変換回転子ベクトル（Ｖｘ’、Ｖｙ’）と所定のベクトルとのなす角度が０度となるまで回転させた回転量を前記回転子１３の回転角度として探索する角度探索部（探索手段）５と、を備えている。

【０１１１】

したがって、逆正接（ａｔａｎ）等の複雑な演算を行う回路を用いることなく、簡単な回路構成で、回転子１３の角度検出を行うことができ、ＤＣブラシレスモータ１０の回転軸の回転角度を、より一層安価に検出することができる。

【０１１２】

また、本実施例の回転角度検出装置１は、ベクトル回転演算部４の乗算部（乗算手段）４１が、Ｒ－２Ｒラダー方式乗算型デジタル／アナログ変換回路であり、加減算アンプ（ベクトル回転手段）が、加減算増幅器である。

【０１１３】

したがって、簡単な回路構成で、複数のホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの出力する差動信号に基づいてＤＣブラシレスモータ１０の回転子１３の回転子ベクトルを生成することができ、ＤＣブラシレスモータ１０の回転軸の回転角度を、より一層安価に検出することができる。

【０１１４】

さらに、本実施例の回転角度検出装置１は、前記回転角度探索手段としてのベクトル回転演算部４が、乗算部４１の算出した前記乗算結果の符号を切り替えて加減算アンプ４３、４４に出力する符号調整スイッチ部（符号切り替え手段）４２を備えている。

【０１１５】

したがって、４象限乗算を逆正接（ａｔａｎ）等の複雑な演算を行う回路を用いることなく、簡単な回路構成で、回転子１３の角度検出を行うことができ、ＤＣブラシレスモータ１０の回転軸の回転角度を、より一層安価に検出することができる。

【０１１６】

また、本実施例の回転角度検出装置１は、１周期を４ｎ等分（ｎは整数）する位相差を有し、その絶対値がそれぞれ重複しない正弦波を前記基準正弦波として、該基準正弦波の１／４周期分を記憶する不揮発性メモリ（正弦波データ記憶手段）７２と、該不揮発性メモリ７２の１／４周期分の正弦波データから残りの３／４周期分の正弦波データを算出して全周期分の基準正弦波の正弦波データを生成するデータ整形演算部（正弦波データ生成手段）７１と、を備え、乗算部４１が、データ整形演算部７１の生成する正弦波データを前記基準正弦波として回転子ベクトル（Ｖｘ、Ｖｙ）と乗算している。

【０１１７】

したがって、不揮発性メモリ７２の記憶容量を削減しつつ、必要な正弦波データを生成して、簡単な回路構成で、回転子１３の角度検出を行うことができ、ＤＣブラシレスモー

タ１０の回転軸の回転角度を、より一層安価に検出することができる。
【０１１８】
さらに、本実施例の回転角度検出装置１は、角度探索部５が探索した回転子１３の回転角度に応じて変化するとともに、１／４周期の位相差を有する２相パルス信号を生成する２相パルス生成部（パルス信号生成手段）６を、備えている。
【０１１９】
したがって、光学エンコーダと互換性を有するパルス信号を生成することができ、利用正を向上させることができる。
【実施例２】
【０１２０】
図２１から図２３は、本発明の回転角度検出装置、画像処理装置及び回転角度検出方法の第２実施例を示す図であり、図２１は、本発明の回転角度検出装置、画像処理装置及び回転角度検出方法の第２実施例を適用した回転角度検出装置１００の回路構成図である。
【０１２１】
なお、本実施例は、上記第１実施例の回転角度検出装置１と同様の回転角度検出装置１００に適用したものであり、本実施例の説明においては、第１実施例の回転角度検出装置１と同様の構成部分には、同一の符号を付して、その説明を省略または簡略化する。
【０１２２】
図２１において、回転角度検出装置１００は、第１実施例の回転角度検出装置１と同様のベクトル成分生成部２、３、角度探索部５、２相パルス生成部６、信号生成部７及びクロック発生部８を備えているとともに、符号調整スイッチ部１０１及びベクトル回転演算部１０２等を備えている。
【０１２３】
符号調整スイッチ部（符号切り替え手段）１０１は、ホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの出力する差動信号ＨＵ$^{+}$、／ＨＵ$^{-}$、ＨＶ$^{+}$／ＨＶ$^{-}$、ＨＷ$^{+}$／ＨＷ$^{-}$が入力され、差動信号ＨＵ$^{+}$／ＨＵ$^{-}$を切り替えて、ベクトル成分生成部２へ、また、差動信号ＨＶ$^{+}$／ＨＶ$^{-}$と差動信号ＨＷ$^{+}$／ＨＷ$^{-}$を切り替えてベクトル成分生成部３へ、それぞれ入力する。
【０１２４】
符号調整スイッチ部１０１は、ＵＶＷ差動信号ＨＵ$^{+}$／ＨＵ$^{-}$、ＨＶ$^{+}$／ＨＶ$^{-}$、ＨＷ$^{+}$／ＨＷ$^{-}$のベクトル成分生成部２、３への入力先を切り換えることで、ベクトル成分生成部２、３の生成するベクトルのＸ軸成分ＶｘとＹ軸成分Ｖｙの符号の切り替えを行なっている。
【０１２５】
ベクトル成分生成部２は、符号調整スイッチ部１０１から切り替えて入力されるＵ相の差動信号ＨＵ$^{+}$／ＨＵ$^{-}$に対して、上記式（２）の演算（Ｖｙの演算）を行なって、シングルエンド化し、Ｕ相のアナログホール信号ＨＡＵを生成して、そのままベクトルのＹ軸成分Ｖｙとしてベクトル回転演算部１０２へ出力する。
ベクトル成分生成部３は、符号調整スイッチ部１０１から切り替えて入力される差動信号ＨＵ$^{+}$／ＨＵ$^{-}$、ＨＶ$^{+}$／ＨＶ$^{-}$、ＨＷ$^{+}$／ＨＷ$^{-}$に対して、上記式（２）の演算（Ｖｘの演算）を行って、シングルエンド化し、Ｖ相とＷ相のアナログホール信号ＨＡＶ、ＨＡＵを生成して、ベクトルのＸ軸成分Ｖｘをベクトル回転演算部１０２へ出力する。
【０１２６】
また、ベクトル回転演算部１０２は、第１実施例と同様の乗算部４１及び加減算アンプ４３と加減算アンプ４４を備えているとともに、符号調整スイッチ部（符号切り替え手段）１１１を備えている。
【０１２７】
演算部４１は、上記同様に、データ整形演算部７１から入力される正弦データと余弦データを元に、値に比例したアナログ値に変化させたアナログ正弦絶対値｜ｓｉｎ｜、アナログ余弦絶対値｜ｃｏｓ｜を、ベクトル成分生成部２、３からのベクトルのＸ軸成分Ｖｘ

とＹ軸成分Ｖｙに乗算して、Ｖｘ＊｜ｓｉｎ｜、Ｖｘ＊｜ｃｏｓ｜、Ｖｙ＊｜ｓｉｎ｜、Ｖｙ＊｜ｃｏｓ｜を、符号調整スイッチ部１１１及び加減算部４４に出力する。

【０１２８】

そして、上記符号調整スイッチ部１０１は、ベクトル回転演算部１０２の加減算部４４において、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’の演算の符号が成立するように、図２２に従ってベクトル軸成分の符号入れ替えを行う。

【０１２９】

すなわち、図２２の加減算マップには、変換Ｘ軸成分Ｖｘ’を生成させるための加減算マップが示されており、位相が、０度～９０度、９０度～１８０度、１８０度～２７０度、２７０度～３６０度の各区間において、ｓｉｎ関数とｃｏｓ関数の項目に、ｓｉｎ関数、ｃｏｓ関数の符号関係が、入力先端子の項目に、Ｖｘ’＝Ｖｘ＊ｃｏｓ＋Ｖｙ＊ｓｉｎの演算を成立させるためのＶｘ＊｜ｃｏｓ｜、Ｖｙ＊｜ｓｉｎ｜の加減算アンプ４３の入力先端子への相状態が、加減算結果の項目に、入力先を指定した場合の加減算結果が、それぞれ記載されている。

【０１３０】

符号調整スイッチ部１１１は、変換Ｘ軸成分Ｖｘ’用の符号調整スイッチであり、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’の演算の符号が成立するように、符号調整スイッチ部１０１でベクトル軸成分の符号を調整した場合、変換Ｘ軸成分Ｖｘ’の演算が成立しなくなるため、図２３に示す加減算マップに従って、その符号調整を行う。

【０１３１】

すなわち、本実施例の回転角度検出装置１００は、符号調整スイッチ部１０１が、ベクトル成分生成部２への差動信号ＨＵ$^{+}$、／ＨＵ$^{-}$の切り替え、及び、ベクトル成分生成部３への差動信号ＨＶ$^{+}$／ＨＶ$^{-}$、ＨＷ$^{+}$／ＨＷ$^{-}$の切り替えを、ベクトル回転演算部１０２の加減算部４４における変換Ｙ軸成分Ｖｙ’の演算の符号が成立するように行う。符号調整スイッチ部１０１は、検出手段であるホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの検出した差動信号ＨＵ$^{+}$／ＨＵ$^{-}$、ＨＶ$^{+}$／ＨＶ$^{-}$、ＨＷ$^{+}$／ＨＷ$^{-}$の符号を切り替えてベクトル成分生成部２、３に入力する符号切り替え手段として機能している。

【０１３２】

すなわち、加減算アンプ４３は、Ｘ軸成分Ｖｘとアナログ余弦値の絶対値｜ｃｏｓ｜の乗算結果と、Ｙ軸成分Ｖｙとアナログ正弦値の絶対値｜ｓｉｎ｜の乗算結果を、図２２に示す加減算マップに従って加減算することで、変換Ｘ軸成分Ｖｘ’を生成する。

【０１３３】

具体的には、回転角度検出装置１００は、例えば、検出角度データθｄが、θｄ＝９０～１８０のときに、加減算アンプ４３における変換Ｙ軸成分Ｖｙ’の演算が成立するためには、図２２に示すように、Ｘ軸成分Ｖｘの符号が、「－」、Ｙ軸成分Ｖｙの符号が、「＋」となるように、符号調整スイッチ部１０１の切り替え処理を行う。

【０１３４】

ところが、この符号状態のＸ軸成分ＶｘとＹ軸成分Ｖｙを用いて、図２３の加減算マップの位相が９０～１８０度の加減算結果の項目に記載されている変換Ｘ軸成分Ｖｘ’を生成する演算する加減算演算（Ｖｘ’＝Ｖｘ＊（－｜ｃｏｓ｜）＋Ｖｙ＊｜ｓｉｎ｜）を行うためには、加減算アンプ４４に対して、Ｖｘ＊（－｜ｃｏｓ｜）を、正相入力（加算）端子へ、Ｖｙ＊（－｜ｓｉｎ｜）を、逆相入力（減算）端子へ、入力させる必要がある。

【０１３５】

そこで、本実施例の回転角度検出装置１００は、ベクトル回転演算部１０２の変換Ｘ軸成分Ｖｘ’を生成する加減算アンプ４３の前段に、符号調整スイッチ部１１１を配置して、この符号調整スイッチ部１１１の切り替えを、図２３に示す加減算マップで示すように行う。

【０１３６】

そして、符号調整スイッチ部１１１は、符号調整信号生成部７３が、角度探索部５の出力する検出角度データθｄのうち、θｄ［５：４］に従って９０度移送毎に出力する符号

調整信号ｓｉｇｎに基づいて、切り替えを行う。

【０１３７】

なお、図２１では、加減算アンプ４３の前段に、符号調整スイッチ部１１１を配置しているが、符号調整スイッチ部１１１を加減算アンプ４４の前段に配置して、Ｘ軸成分Ｖｘ、Ｙ軸成分Ｖｙの符号の切り換えによって変換Ｘ軸成分Ｖｘ’の演算を成立させて、変換Ｙ軸成分Ｖｙ’の演算を符号調整スイッチ部１１１で切り換えるようにしてもよい。この場合、符号調整スイッチ部１０１、１１１の加減算マップは、図２１及び図２２とは、異なったものとなるが、図示は省略する。

【０１３８】

なお、上記実施例においては、ベクトル成分生成部２として、減算アンプを用いて、式（２）に示すＹ軸成分Ｖｙの演算を行い、ベクトル成分生成部３として、加減算アンプを用いて、式（２）似示すＸ軸成分Ｖｘの演算を行なっている。

【０１３９】

これらのベクトル成分生成部２及びベクトル成分生成部３は、上記図１、図４、図５に示した構成に限るものではなく、例えば、図２４や図２５に示すような回路構成であってもよい。図２４は、図２４（ａ）が、Ｘ軸成分Ｖｘを生成するベクトル成分生成部３ａの回路構成であり、図２４（ｂ）が、Ｙ軸成分Ｖｙを生成するベクトル成分生成部２ａの回路構成である。図２４（ａ）のベクトル成分生成部３は、差動信号HU^-と差動信号HV^+がそれぞれ抵抗Ｒを介して加減算アンプＯＰ１の逆相入力端子に、差動信号HU^+と差動信号HV^-がそれぞれ抵抗Ｒを介して加減算アンプＯＰ１の正相入力端子に入力され、正相入力端子が抵抗（１／√３）Ｒを介して接地されている。また、加減算アンプＯＰ１は、その出力が帰還抵抗（１／√３）Ｒを介して逆相入力端子に接続されている。

【０１４０】

したがって、図２４（ａ）のベクトル成分生成部３は、アナログホール信号ＨＡＵ、ＨＡＶ、ＨＡＷを次式（８）のように設定したとき、次式（９）で示す演算を行なって、Ｘ軸成分Ｖｘを生成する。

【０１４１】

【数８】

$$\left.\begin{aligned} HAU &= HU^+ - HU^- = A * \sin\left(\theta + \frac{1}{3}\pi\right) \\ HAV &= HV^+ - HV^- = A * \sin\left(\theta - \frac{1}{3}\pi\right) \\ HAW &= HW^+ - HW^- = A * \sin\left(\theta + \pi\right) \end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots (8)$$

【０１４２】

【数９】

$$\begin{aligned} V_x &= (HU^+ - HV^- - HU^- - HV^+)/\sqrt{3} \\ &= ((HU^+ - HU^-) - (HV^+ - HU^-))/\sqrt{3} \\ &= ((HU - HV)/\sqrt{3} \\ &= A * \cos(\theta) \qquad \cdots\cdots\cdots (10) \end{aligned}$$

そして、図２４（ｂ）のベクトル成分生成部２は、差動信号HU^-と差動信号HV^-がそれぞれ抵抗Ｒを介して加減算アンプＯＰ２の逆相入力端子に、差動信号HU^+と差動信号HV^+がそれぞれ抵抗Ｒを介して加減算アンプＯＰ２の正相入力端子に入力され、正相入力端子が抵抗Ｒを介して接地されている。また、加減算アンプＯＰ１は、その出力が帰還抵抗Ｒを介して逆相入力端子に接続されている。

【０１４３】

したがって、図２４（ｂ）のベクトル生成正部２は、アナログホール信号ＨＡＵ、ＨＡ

Ｖ、ＨＡＷを式（８）のように設定したとき、次式（１０）の演算を行なって、ベクトルのＹ軸成分Ｖｙを生成する。

【０１４４】

【数１０】

$$V_y = HU^+ + HV^+ - HU^- - HV^-$$
$$= (HU^+ - HU^-) + (HV^+ - HU^-)$$
$$= HU + HV$$
$$= A * \sin(\theta) \qquad \text{---------- (10)}$$

このように、図２４のベクトル成分生成部２及びベクトル成分生成部３は、差動信号ＨＷ$^+$／ＨＷ$^-$を用いることなく、差動信号ＨＵ$^+$／ＨＵ$^-$、ＨＶ$^+$／ＨＶ$^-$同士を相互演算してベクトルのＸ軸成分ＶｘとＹ軸成分Ｖｙを生成している。

【０１４５】

上記式（９）及び式（１０）は、図２５のように示すことができ、直行するＸＹ平面上に、Ｘ軸に対して＋６０度の方向にＵ軸を、－６０度の方向にＶ軸をとって、このＵ軸Ｖ軸上の長さ１の単位ベクトルＵ、Ｖを考えたとき、ベクトル（Ｕ＋Ｖ）が、Ｙ軸上の単位ベクトルになり、ベクトル（Ｕ－Ｖ）が、Ｘ軸上の長さ√３のベクトルになる。すなわち、式（９）及び式（１０）は、１２０度の角をなすＵＶ軸からＸＹ軸座標系への座標変換を行っており、変換後の長さを等しくするために（ＨＡＵ－ＨＡＶ）に、１／√３を乗じている。

【０１４６】

そして、上記図２５のベクトル成分生成部２及びベクトル成分生成部３は、図２５（ａ）と図２５（ｂ）の回路で、Ｕ相とＶ相の差動信号ＨＵ$^+$／ＨＵ$^-$、ＨＶ$^+$／ＨＶ$^-$をシングルエンド化してアナログホール信号ＨＡＵ、ＨＡＶを生成し、この２つのアナログホール信号ＨＡＵ、ＨＡＶを、図２５（ｃ）の回路と図２５（ｄ）の回路で、相互演算して、回転子ベクトルのＸ軸成分ＶｘとＹ軸成分Ｖｙを生成している。

【０１４７】

すなわち、図２５（ａ）は、アナログホール信号ＨＡＵ生成回路であり、加減算アンプＯＰ３の逆相入力端子と正相入力端子に、それぞれ抵抗Ｒを介して差動信号ＨＵ$^+$／ＨＵ$^-$が入力され、正相入力端子は、抵抗Ｒを介して接地されている。また、加減算アンプＯＰ３の出力は、帰還抵抗Ｒを介して逆相入力端子に帰還されており、加減算アンプＯＰ３は、差動信号ＨＵ$^+$／ＨＵ$^-$からアナログホール信号ＨＡＵを生成して、図２５（Ｃ）の加減算アンプＯＰ５の正相入力端子及び図２５（ｄ）の正相入力端子に、それぞれ抵抗Ｒを介して入力する。

【０１４８】

図２５（ｂ）は、アナログホール信号ＨＡＶ生成回路であり、加減算アンプＯＰ４の逆相入力端子と正相入力端子に、それぞれ抵抗Ｒを介して差動信号ＨＶ$^+$／ＨＶ$^-$が入力され、正相入力端子は、抵抗Ｒを介して接地されている。また、加減算アンプＯＰ４の出力は、帰還抵抗Ｒを介して逆相入力端子に帰還されており、加減算アンプＯＰ４は、差動信号ＨＶ$^+$／ＨＶ$^-$からアナログホール信号ＨＡＶを生成して、図２５（Ｃ）の加減算アンプＯＰ５の逆相入力端子及び図２５（ｄ）の正相入力端子に、それぞれ抵抗Ｒを介して入力する。

【０１４９】

図２５（ｃ）は、Ｘ軸成分Ｖｘを生成するベクトル成分生成部であり、加減算アンプＯＰ５の逆相入力端子に、抵抗Ｒを介してアナログホール信号ＨＡＶが、正相入力端子に、抵抗Ｒを介してアナログホール信号ＨＡＵが、それぞれ入力される。加減算アンプＯＰ５は、その正相入力端子が、抵抗（１／√３）Ｒを介して接地され、その出力が、帰還抵抗（１／√３）Ｒを介して逆相入力端子に帰還されている。加減算アンプＯＰ５は、アナログホール信号ＨＡＶとアナログホール信号ＨＡＵからベクトルのＸ軸成分Ｖｘを生成する

。

【０１５０】

図２５（ｄ）は、Ｙ軸成分Ｖｙを生成するベクトル成分生成部であり、加減算アンプＯＰ６の正相入力端子に、抵抗Ｒを介してアナログホール信号ＨＡＶとアナログホール信号ＨＡＵが、正相入力端子に入力され、その逆相入力端子が、抵抗Ｒを介して接地されている。加減算アンプＯＰ６は、その出力が、帰還抵抗Ｒを介して逆相入力端子に帰還されている。加減算アンプＯＰ６は、アナログホール信号ＨＡＶとアナログホール信号ＨＡＵからベクトルのＹ軸成分Ｖｙを生成する。

【０１５１】

このように、本実施例の回転角度検出装置１００は、回転子ベクトル生成手段であるベクトル成分生成部２、３が、少なくとも２つの前記差動信号同士を相互演算した演算結果に基づいて前記回転子ベクトルを生成している。

【０１５２】

したがって、回転機構であるＤＣブラシレスモータ１０及びＤＣブラシレスモータ１０によって回転駆動される機構部に、ＤＣブラシレスモータ１０の回転軸である回転子１３の回転角度を検出するためのセンサ等の検出手段を新たに設けることなく、本来、回転機構であるＤＣブラシレスモータ１０に設けられている検出手段であるホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの出力する差動信号に基づいて、回転子１３の回転角度を検出することができ、小型で安価に回転子１３の回転角度を検出することができる。

【０１５３】

また、本実施例の回転角度検出装置１００は、ホール素子１１ｕ、１１ｖ、１１ｗの検出した前記差動信号の符号を切り替えてベクトル成分生成部２、３に入力する符号調整スイッチ部（符号切り替え手段）１０１を備えている。

【０１５４】

したがって、複雑な演算を行う回路を用いることなく、簡単な回路構成で、回転子１３の角度検出を行うことができ、ＤＣブラシレスモータ１０の回転軸の回転角度を、より一層安価に検出することができる。

【０１５５】

以上、本発明者によってなされた発明を好適な実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は上記実施例で説明したものに限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

【符号の説明】

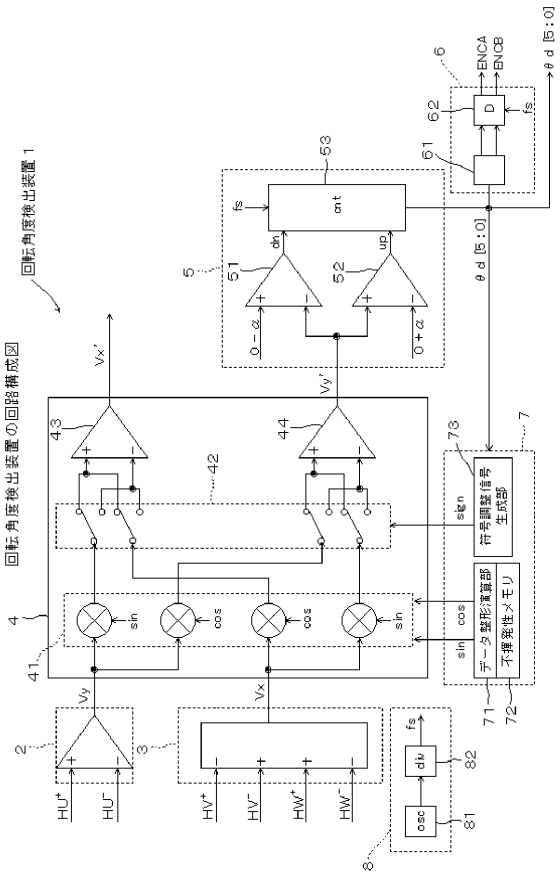
【０１５６】

１　回転角度検出装置
２、３　ベクトル成分生成部
４　ベクトル回転演算部
５　角度探索部
６　２相パルス生成部
７　信号生成部
８　クロック発生部
１０　ＤＣブラシレスモータ
１１ｕ、１１ｖ、１１ｗ　ホール素子
ＨＵ$^{+}$／ＨＵ$^{-}$、ＨＶ$^{+}$／ＨＶ$^{-}$、ＨＷ$^{+}$／ＨＷ$^{-}$　差動信号
１２　３相のコイル
１３　回転子
１４　端子
ＨＡＵ、ＨＡＶ、ＨＡＷ　アナログホール信号
４１　乗算部
４２　符号調整スイッチ部
４３、４４　加減算アンプ

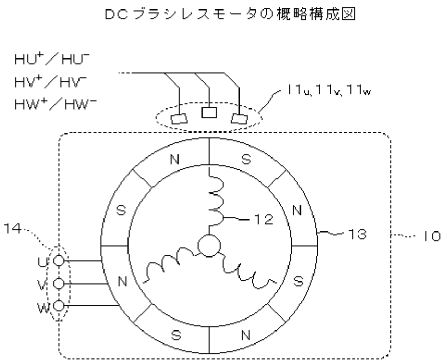
５１、５２　コンパレータ
５３　繰り返しカウンタ
６１　ビット取得部
６２　パルス生成部
７１　データ整形演算部
７２　不揮発性メモリ
７３　符号調整信号生成部
８１　発振器
８２　分周器
ｃｌｋ　クロック信号
ｆｓ　トリガ
１００　回転角度検出装置
１０１　符号調整スイッチ部
１０２　ベクトル回転演算部
１１１　符号調整スイッチ部
ＯＰ１～ＯＰ６　加減算アンプ

【先行技術文献】
【特許文献】
【０１５７】
【特許文献１】特開２００４－１９１１０１号公報

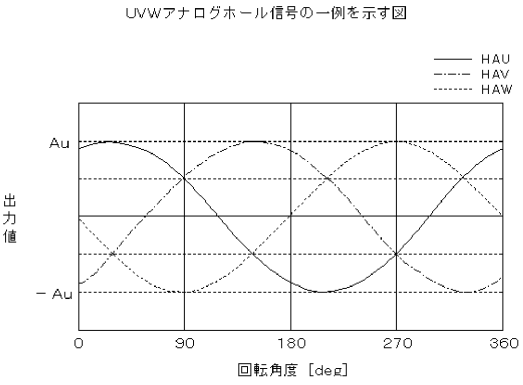
【図１】



【図２】

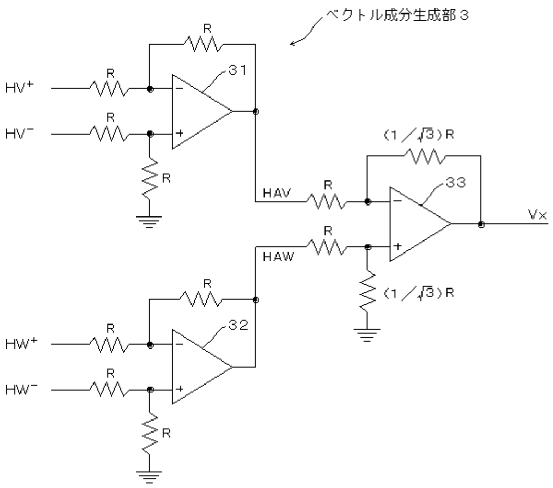


【図３】



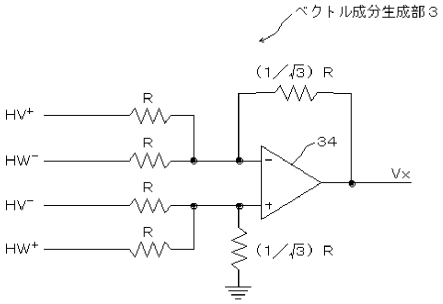
【図４】

ベクトル成分生成部の回路構成図



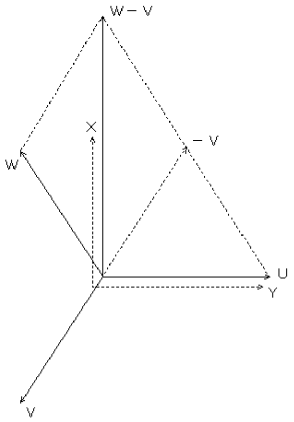
【図５】

ベクトル成分生成部の他の回路構成図



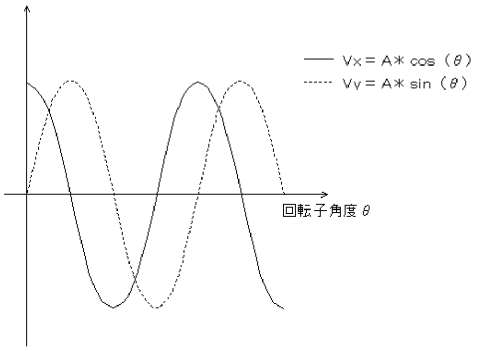
【図６】

120度位相を有するUVW相のホール素子の
信号を用いたベクトル生成の説明図



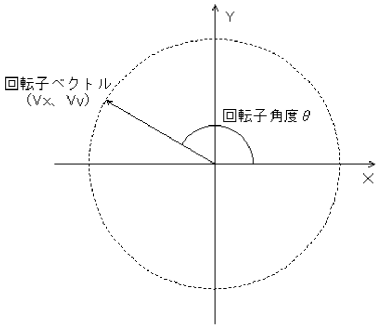
【図７】

横軸に回転子角度をとってプロットした回転子ベクトルを示す図

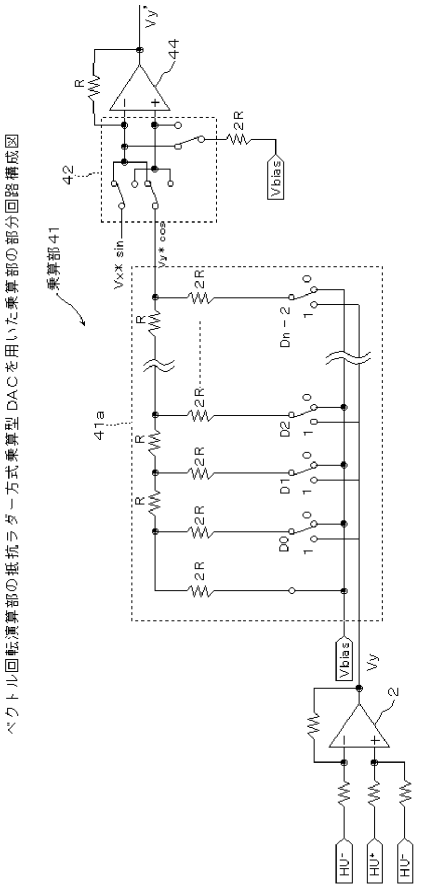


【図８】

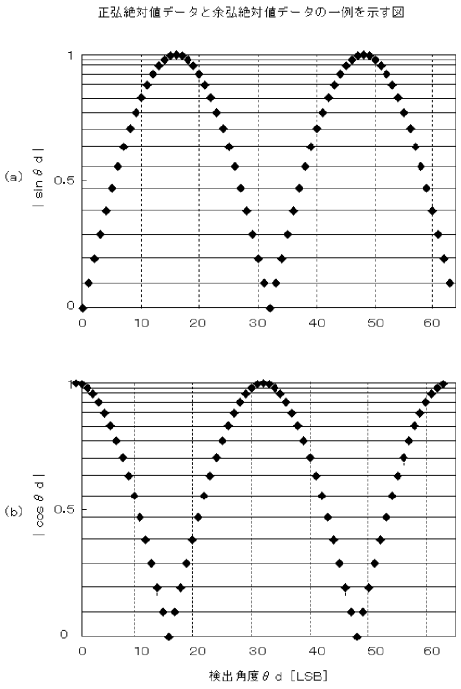
極座標上にプロットした回転子ベクトルを示す図



【図９】



【図１０】



【図１１】

変換×軸成分 Vx' の演算を成立させるための加減算マップを示す図

位相 (θd［5:4］)	0～90度 (00)	90～180度 (01)	180～270度 (10)	270～360度 (11)
sin関数	+ | sin |	+ | sin |	− | sin |	− | sin |
cos関数	+ | cos |	− | cos |	− | cos |	+ | cos |
Vx＊| cos | の入力先端子	正相（+）	逆相（−）	逆相（−）	正相（+）
Vy＊| cos | の入力先端子	正相（+）	正相（+）	逆相（−）	逆相（−）
加減算結果	Vx＊cos | + Vy＊| sin | = Vx'	Vx＊（| − cos |） + Vy＊sin | = Vx'	Vx＊（| − cos |） + Vy＊（− | sin |） = Vx'	Vx＊| cos | + Vy＊（− | sin |） = Vx'

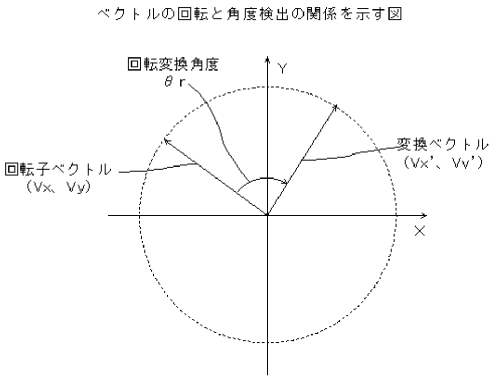
60

【図１２】

変換Y軸成分 Vy' の演算を成立させるための加減算マップを示す図

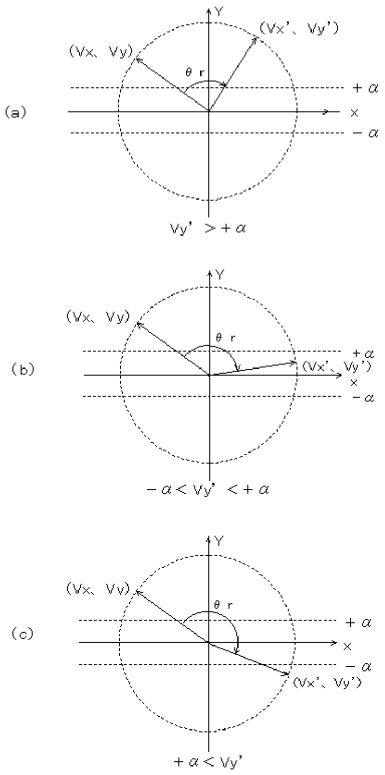
位相 (θd［5:4］)	0～90度 (00)	90～180度 (01)	180～270度 (10)	270～360度 (11)
sin関数	+ | sin |	+ | sin |	− | sin |	− | sin |
cos関数	+ | cos |	− | cos |	− | cos |	+ | cos |
Vx＊| cos | の入力先端子	逆相（−）	逆相（−）	正相（+）	正相（+）
Vy＊| cos | の入力先端子	正相（+）	逆相（−）	逆相（−）	正相（+）
加減算結果	− Vx＊| sin | + Vy＊| cos | = Vy'	− Vx＊| sin | + Vy＊（− | cos |） = Vy'	− Vx＊（| − sin |） + Vy＊（− | cos |） = Vy'	− Vx＊（| − sin |） + Vy＊| cos | = Vy'

【図１３】



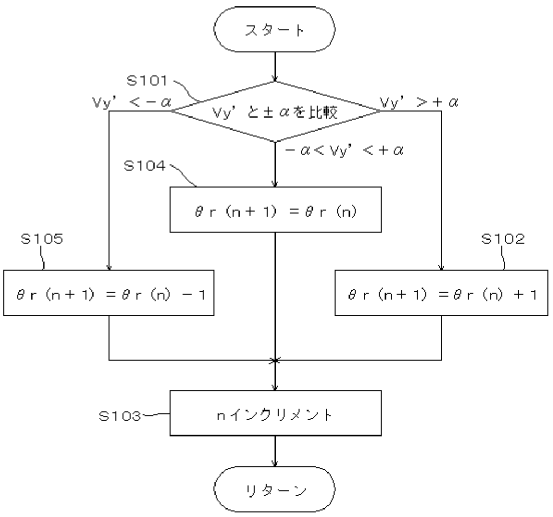
【図１４】

変換ベクトルの不感帯に基づく基準ベクトルとの一致判定の説明図



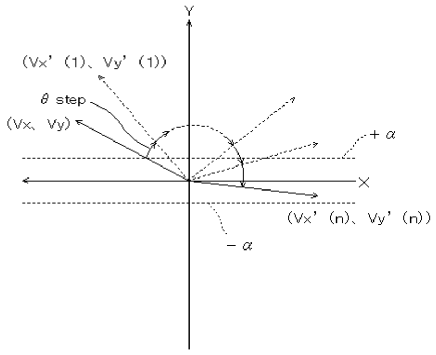
【図１５】

角度探索処理を示すフローチャート



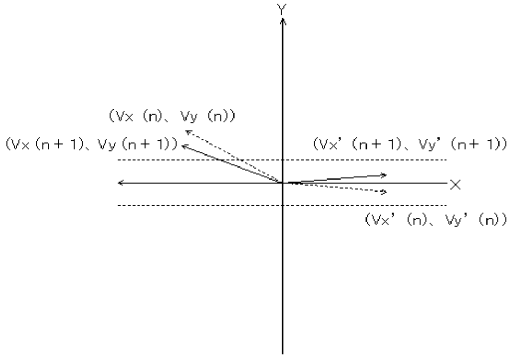
【図１６】

回転子初期回転時の角度探索の説明図



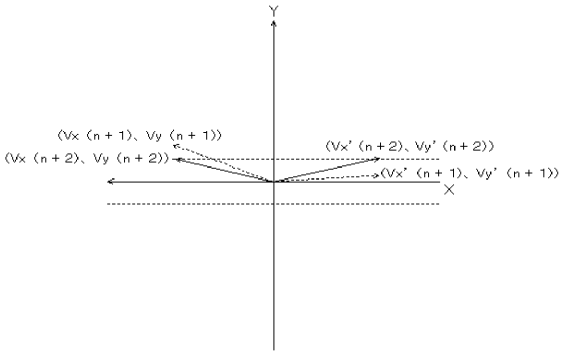
【図１７】

回転子がトリガｎ＋１回目の回転時における
回転子ベクトルと変換ベクトルの説明図



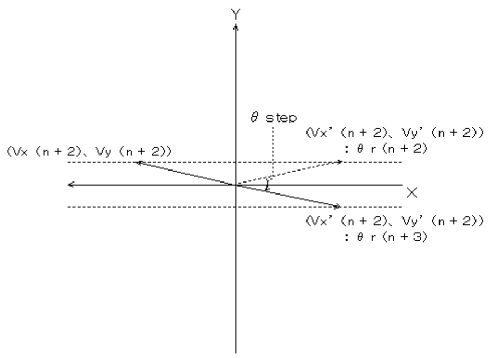
【図１８】

回転子がトリガｎ＋２回目の回転時における
回転子ベクトルと変換ベクトルの説明図



【図１９】

回転角度θｒインクリメントに伴う変換ベクトルの回転変換の説明図

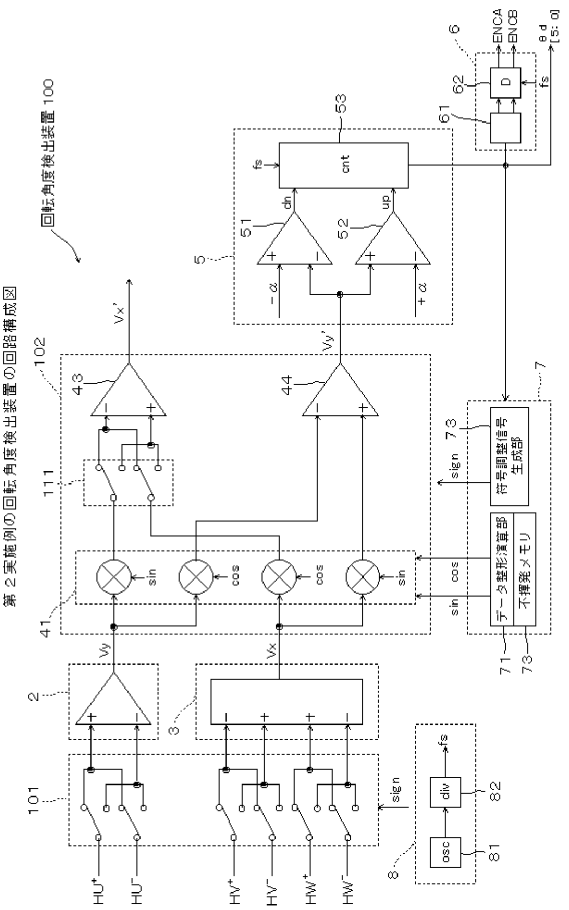


【図２０】

検出角度と２相パルス信号の関係を示す図

θd [1:0]		ENCA	ENCB
bit1	bit0		
0	0	H	L
0	1	H	H
1	0	L	H
1	1	L	L

【図２１】



【図２２】

第２実施例において変換Y軸成分Vy'の演算を成立させるための加減算マップを示す図

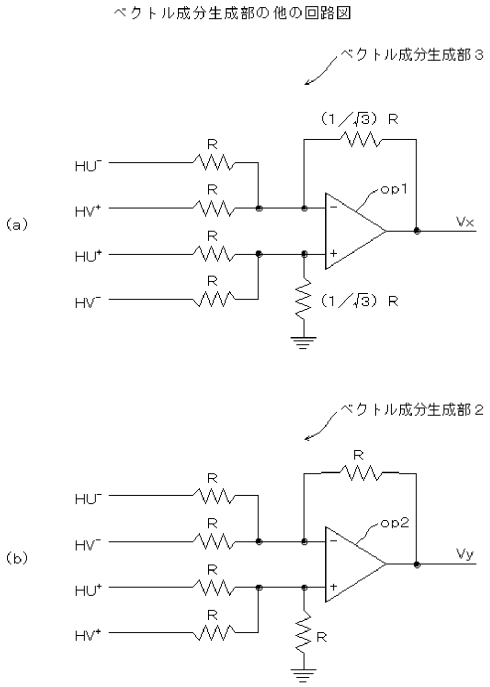
位相 (θd [5:4])	0～90度 (00)	90～180度 (01)	180～270度 (10)	270～360度 (11)
sin関数	+ | sin |	+ | sin |	− | sin |	− | sin |
cos関数	+ | cos |	− | cos |	− | cos |	+ | cos |
Vxの符号	−	−	+	+
Vyの符号	+	−	−	+
Vx＊| cos | の入力先端子	逆相（−）	正相（+）	逆相（−）	正相（+）
Vy＊| sin | の入力先端子	正相（+）	逆相（−）	正相（+）	逆相（−）
加減算結果	Vx＊| cos | + Vy＊| sin | = Vx'	Vx＊（− | cos |） + Vy＊| sin | = Vx'	Vx＊（− | cos |） + Vy＊（− | sin |） = Vx'	Vx＊| cos | + Vy＊（− | sin |） = Vx'

【図２３】

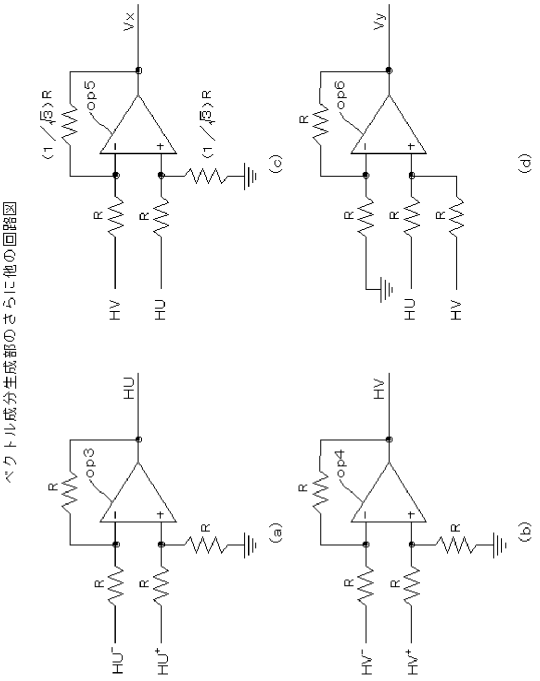
第２実施例において変換X軸成分Vx'の演算を成立させるための加減算マップを示す図

位相 (θd [5:4])	0～90度 (00)	90～180度 (01)	180～270度 (10)	270～360度 (11)
sin関数	+ | sin |	+ | sin |	− | sin |	− | sin |
cos関数	+ | cos |	− | cos |	− | cos |	+ | cos |
Vxの符号	−	−	+	+
Vyの符号	+	−	−	+
Vx＊| cos | の入力先端子	逆相（−）	正相（+）	逆相（−）	正相（+）
Vy＊| sin | の入力先端子	正相（+）	逆相（−）	正相（+）	逆相（−）
加減算結果	Vx＊| cos | + Vy＊| sin | = Vx'	Vx＊（− | cos |） + Vy＊| sin | = Vx'	Vx＊（− | cos |） + Vy＊（− | sin |） = Vx'	Vx＊| cos | + Vy＊（− | sin |） = Vx'

【図２４】



【図２５】



【図２６】

図２４のベクトル成分生成部によるベクトル生成演算の説明図

