

(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2009-145305

(P2009-145305A)

(43) 公開日 平成21年7月2日(2009.7.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 0 1 D 5/245 (2006.01)	G 0 1 D 5/245 H	2 F 0 7 7
B 6 2 D 5/04 (2006.01)	B 6 2 D 5/04	3 D 2 3 3

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2007-325920 (P2007-325920)	(71) 出願人	000232807
(22) 出願日	平成19年12月18日 (2007.12.18)		日本輸送機株式会社
			京都府長岡京市東神足2丁目1番1号
		(74) 代理人	110000475
			特許業務法人みのり特許事務所
		(72) 発明者	根木 茂雄
			京都府長岡京市東神足2丁目1番1号 日
			本輸送機株式会社内
		Fターム(参考)	2F077 AA12 NN17 PP12 QQ05 TT42
			TT66
			3D233 CA17 CA20 CA21 CA27

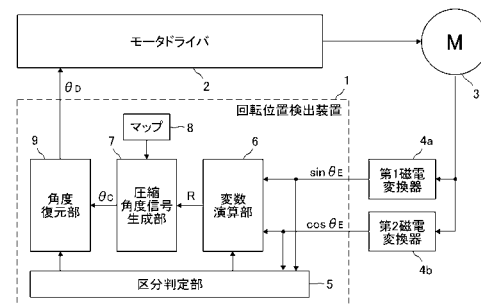
(54) 【発明の名称】 回転位置検出装置

(57) 【要約】

【課題】比較的簡素な構成で、安価に、モータの回転位置を高精度に検出可能な回転位置検出装置を提供する。

【解決手段】回転位置検出装置1は、電気角 θ_E に伴って変化する正弦波信号 $\sin \theta_E$ 及び余弦波信号 $\cos \theta_E$ に基づいて、電気角 θ_E のとり得る全角度範囲を 45° 刻みの8個の角度区分に分割するとともに、モータ角度 θ_E の属する角度区分を判定する区分判定部5と、正弦波信号 $\sin \theta_E$ 及び余弦波信号 $\cos \theta_E$ に基づいて、 $0 < R < 1$ の範囲の変数 R を計算する変数演算部6と、角度区分“1”の関係“ $\theta_T = \tan^{-1} R$ ”を用いて、変数 R に対応する $0 < \theta_C < 45^\circ$ の範囲の圧縮角度信号 θ_C を求める圧縮角度信号生成部7と、角度区分毎に予め定められた計算式に基づいて圧縮角度信号 θ_C を復元し、 $0 < \theta_D < 360^\circ$ の範囲の検出角信号 θ_D を生成する角度復元部9と、を備える。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固定子に対する回転子の相対的な回転位置に応じて電気角 θ_e が変化するモータに一对の磁電変換器が備えられ、前記磁電変換器から出力される正弦波信号 $\sin \theta_e$ 及び余弦波信号 $\cos \theta_e$ に基づいて前記回転位置を検出する回転位置検出装置であって、

i) 前記正弦波信号 $\sin \theta_e$ 及び前記余弦波信号 $\cos \theta_e$ が正であるか否か、及び前記正弦波信号 $\sin \theta_e$ の絶対値と前記余弦波信号 $\cos \theta_e$ の絶対値との大小関係に基づいて、前記電気角 θ_e のとり得る全角度範囲を 45° 刻みの複数の角度区分に分割するとともに、前記電気角 θ_e の属する前記角度区分を判定する角度区分判定部と、

ii) 前記正弦波信号 $\sin \theta_e$ の絶対値及び前記余弦波信号 $\cos \theta_e$ の絶対値のうち、小さい方を大きい方で割る除算を行って、 $0 < R < 1$ の範囲の変数 R を計算する変数演算部と、

iii) 式 " $\theta_c = \tan^{-1} R$ " の関係を用いて、 $0 < \theta_c < 45^\circ$ の範囲に圧縮された圧縮角度信号 θ_c を求める圧縮角度信号生成部と、

iv) 前記角度区分毎に予め定められた計算式に基づいて、前記圧縮角度信号 θ_c を前記電気角 θ_e のとり得る全角度範囲に復元し、検出角度信号 θ_d を生成する角度復元部と、を備えたことを特徴とする回転位置検出装置。

【請求項 2】

前記変数 R の計算式が、前記角度区分毎に予め決定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の回転位置検出装置。

【請求項 3】

v) 前記変数 R と前記圧縮角度信号 θ_c の関係を保持するマップと、をさらに備え、

前記圧縮角度信号 θ_c を求める度に、式 " $\theta_c = \tan^{-1} R$ " の計算を行うことなく、前記圧縮角度信号 θ_c を求めることができることを特徴とする請求項 1 に記載の回転位置検出装置。

【請求項 4】

i) 請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の回転位置検出装置と、

ii) 前記回転位置検出装置によって、固定子と回転子の相対回転位置に応じて変化する電気角 θ_e が検出される E P S モータと、

iii) 前記 E P S モータによって制御される操舵輪と、

iv) 前記 E P S モータを駆動するモータドライバと、

を備え、

前記モータドライバは、前記回転位置検出装置から出力される検出角度信号 θ_d を参照しつつ、前記 E P S モータを駆動することを特徴とする走行車両。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータに備えられた一对の磁電変換素子から出力される正弦波信号及び余弦波信号を用いて、モータの回転位置を検出する回転位置検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、モータを用いた被駆動対象の位置制御では、モータの回転位置を検出し、その検出結果に応じたフィードバック制御が行われている。この位置制御を正確に行うためには、回転位置の検出精度を向上させることが極めて重要である。

なお、周知のように、モータの回転位置は「機械角」及び「電気角」を用いて表現することができるが、本明細書では、特に断りのない限り「電気角 θ_e 」で回転位置を表現するものとする。機械角と電気角の関係は、図 9 に示す通りである。例えば、6 極のモータ 3 において、固定子に対して回転子が一回転 (= 機械角 360°) すると、電気角は 1080° 変化する。また、電気角 360° は機械角 120° に相当する。

【0003】

上記位置制御が行われている一例として、図8に示す荷役車両10では、搭乗者によってハンドル12が操作され、その操作量に応じた指令値（電気信号）がEPSモータ13に入力される。そして、EPSモータ13の回転動作によって操舵輪11の角度が制御され、荷役車両10の進行方向が決定される。

この荷役車両10において、EPSモータ13の回転位置が正確に検出できないとすると、ハンドル12の操作量と操舵輪11の角度との関係にズレが生じたり、EPSモータ13の不自然なトルク変動によって、搭乗者の乗り心地が悪化したりする。荷役車両に限らず、他の走行車両についても同様である。

【0004】

そこで、従来から、モータの回転位置を高精度に検出するための種々の検討がなされている。例えば、特許文献1に記載されている位置制御モータ装置では、電気角を 90° を越えた一対のホール素子（4a、4b）がモータ3の近傍に配置され（図9参照）、電気角 θ_E に応じて変化する正弦波信号 $\sin \theta_E$ 及び余弦波信号 $\cos \theta_E$ が得られるようになっている。

そして、 $0^\circ < \theta_E < 45^\circ$ 、 $135^\circ < \theta_E < 225^\circ$ 、 $315^\circ < \theta_E < 360^\circ$ の範囲の正弦波信号 $\sin \theta_E$ 、及び $45^\circ < \theta_E < 135^\circ$ 、 $225^\circ < \theta_E < 315^\circ$ の範囲の余弦波信号 $\cos \theta_E$ を繋ぎ合わせ、これを直線として取り扱うことによって、電気角 θ_E に応じた検出信号が生成されるようになっている。

【特許文献1】特開平4-208090号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記範囲の正弦波信号 $\sin \theta_E$ 及び余弦波信号 $\cos \theta_E$ は厳密には直線ではないので、生成された検出信号によってモータの回転位置を高精度に検出することはできなかった（特許文献1の図3参照）。

したがって、この位置制御モータ装置における手法を図8に示す荷役車両10に適用したとしても、やはり、ハンドル12の操作量と操舵輪11の角度との関係にズレが生じたり、EPSモータ13の不自然なトルク変動によって、搭乗者の乗り心地が悪化したりする場合があった。

【0006】

そこで本発明は、比較的簡素な構成で、安価に、モータの回転位置を高精度に検出可能な回転位置検出装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明に係る回転位置検出装置は、

固定子に対する回転子の相対的な回転位置に応じて電気角 θ_E が変化するモータに一对の磁電変換器が備えられ、前記磁電変換器から出力される正弦波信号 $\sin \theta_E$ 及び余弦波信号 $\cos \theta_E$ に基づいて前記回転位置を検出する回転位置検出装置であって、i)前記正弦波信号 $\sin \theta_E$ 及び前記余弦波信号 $\cos \theta_E$ が正であるか否か、及び前記正弦波信号 $\sin \theta_E$ の絶対値と前記余弦波信号 $\cos \theta_E$ の絶対値との大小関係に基づいて、前記電気角 θ_E のとり得る全角度範囲を 45° 刻みの複数の角度区分に分割するとともに、前記電気角 θ_E の属する前記角度区分を判定する角度区分判定部と、ii)前記正弦波信号 $\sin \theta_E$ の絶対値及び前記余弦波信号 $\cos \theta_E$ の絶対値のうち、小さい方を大きい方で割る除算を行って、 $0 < R < 1$ の範囲の変数 R を計算する変数演算部と、iii)式“ $\theta_C = \tan^{-1} R$ ”の関係を用いて、 $0 < \theta_C < 45^\circ$ の範囲に圧縮された圧縮角度信号 θ_C を求める圧縮角度信号生成部と、iv)前記角度区分毎に予め定められた計算式に基づいて、前記圧縮角度信号 θ_C を前記電気角 θ_E のとり得る全角度範囲に復元し、検出角度信号 θ_D を生成する角度復元部と、を備えたことを特徴とする。

【0008】

10

20

30

40

50

好ましくは、前記変数 R の計算式が、前記角度区分毎に予め決定されている。

【0009】

さらに好ましくは、本発明に係る回転位置検出装置は、 v) 前記変数 R と前記圧縮角度信号 c の関係を保持するマップと、をさらに備え、前記圧縮角度信号 c を求める度に、式 “ $c = \tan^{-1} R$ ” の計算を行うことなく、前記圧縮角度信号 c を求めることができる。

【0010】

また、上記課題を解決するために、本発明に係る走行車両は、

i) 上記いずれかの回転位置検出装置と、 ii) 前記回転位置検出装置によって、固定子と回転子の相対回転位置に応じて変化する電気角 θ_e が検出されるEPSモータと、 iii) 前記EPSモータによって制御される操舵輪と、 iv) 前記EPSモータを駆動するモータドライバと、を備え、前記モータドライバは、前記回転位置検出装置から出力される検出角度信号 θ_d を参照しつつ、前記EPSモータを駆動する。

10

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、比較的簡素な構成で、安価に、モータの回転位置を高精度に検出可能な回転位置検出装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

はじめに、本発明に係る回転位置検出装置の基本概念について説明する。なお、以下では、6極モータの回転位置を検出する場合について説明する。

20

【0013】

[基本概念]

図2に示すように、本発明に係る回転位置検出装置1は、第1磁電変換器4aから出力される正弦波信号 $\sin \theta_e$ と、第2磁電変換器4bから出力される余弦波信号 $\cos \theta_e$ とに基づいてモータ3の回転位置、すなわち電気角 θ_e を検出するものである。第1磁電変換器4a及び第2磁電変換器4bは、互いに電気角を 90° (= 機械角 30°) ずらした状態でモータ3の近傍、または内部に備えられる(図9参照)。

【0014】

正弦波信号 $\sin \theta_e$ 及び余弦波信号 $\cos \theta_e$ という2つの信号に基づいて電気角 θ_e を求めるためには、例えば、“ $\sin \theta_e / \cos \theta_e$ ” のような計算を行って2つの信号をひとまとめにする必要がある。図1(A)は、式 “ $\sin \theta_e / \cos \theta_e$ ” を用いて $\tan \theta_e$ を計算し、電気角 θ_e を求めようとするものであるが、これには以下の問題点があった。

30

すなわち、図1(A)に示す方法によれば、例えば、 $\tan \theta_e = 0$ の場合に、電気角 θ_e は 0° であるのか 180° であるのかを特定することができない(第1の問題)。また、電気角 $\theta_e = 90^\circ$ 、 270° の漸近線付近では、 $\tan \theta_e$ が極端に大きく、または小さくなり、計算に支障が生じる(第2の問題)。

【0015】

そこで、本発明に係る回転位置検出装置では、電気角 θ_e のとり得る全角度範囲を 45° 刻みの8個の角度区分に分割し、図1(B)に示す電気角 θ_e と正弦波信号 $\sin \theta_e$ 及び余弦波信号 $\cos \theta_e$ との関係から、検出すべき電気角 θ_e が属している角度区分を判定する。図1(B)から明らかなように、角度区分の判定は、(1) 正弦波信号 $\sin \theta_e$ の正負、(2) 余弦波信号 $\cos \theta_e$ の正負、及び(3) 正弦波信号 $\sin \theta_e$ と余弦波信号 $\cos \theta_e$ の絶対値の大小関係、を判定して行うことができる。

40

例えば、 $|\cos \theta_e| > |\sin \theta_e|$ 、 $\sin \theta_e > 0$ 、 $\cos \theta_e > 0$ の場合、角度区分は “ 1 ” である。また、 $|\sin \theta_e| > |\cos \theta_e|$ 、 $\sin \theta_e < 0$ 、 $\cos \theta_e < 0$ の場合の角度区分は “ 6 ” である。

角度区分を判定することにより、第1の問題が解消できる。

【0016】

50

また、本発明に係る回転位置検出装置では、第2の問題が起こりえない領域、すなわち、角度区分“1”の $\tan \theta_E$ と電気角 θ_E の関係をj用いて、全ての角度区分における電気角 θ_E の特定を行うことを特徴とする。

具体的には、図1(A)に示すように、角度区分“1”における $\tan \theta_E$ は0以上で、かつ1未満の値しかとり得ないので、この範囲に収まる変数を正弦波信号 $\sin \theta_E$ と余弦波信号 $\cos \theta_E$ とから生成する必要がある。本発明では、この変数を“変数R”とし、正弦波信号 $\sin \theta_E$ の絶対値及び余弦波信号 $\cos \theta_E$ の絶対値のうち、小さい方を大きい方で割る除算によって計算する。

そして、角度区分“1”の関係“ $\theta_C = \tan^{-1} R$ ”を用いて、変数Rに対応する圧縮角度信号 θ_C を求める。

【0017】

しかしながら、変数Rのとり得る値は $0 < R < 1$ なので、圧縮角度信号 θ_C のとり得る角度は $0 < \theta_C < 45^\circ$ であり、角度区分に関する情報が欠落してしまっている。

そこで、本発明に係る回転位置検出装置では、予め判定されている角度区分に基づいて圧縮角度信号 θ_C を復元し、最終的に、電気角 θ_E に対応する検出角度信号 θ_D ($0 < \theta_D < 360^\circ$)を得ることができる。

【0018】

[実施形態]

続いて、添付図面を参照して、上記本発明の基本概念を実現するための好ましい実施形態について説明する。

図2は本発明に係る回転位置検出装置の構成を示すブロック図、図3は本発明に係る回転位置検出装置の動作を示すフロー図、図4は本発明に係る回転位置検出装置のステップS2の動作を詳細に示すフロー図、図5は角度区分毎に予め定められた変数Rの計算式、及び圧縮角度信号 θ_C を復元するための計算式を示す表、図6は圧縮角度信号 θ_C を求める際に参照されるマップを示すグラフである。

【0019】

図2に示すブロック図において、モータドライバ2は主にIGBT等のパワー半導体素子からなり、モータ3に対して指令値を出力する。モータ3は、例えば三相同期モータであり、電圧指令値を受けて回転する。また、モータ3は、回転子とともに回転するセンサ磁石(図示を省略)を備えている。センサ磁石には、モータ3の極数(例えば、6極)に応じた正弦波着磁がなされている。

【0020】

センサ磁石の近傍には、第1磁電変換器4aと第2磁電変換器4bが備えられ、固定子に対する回転子の相対的な回転位置に応じた磁界の変化が電気信号として出力される。本実施形態において、第1磁電変換器4a及び第2磁電変換器4bは、同一の特性を有するホール素子である。図9に示すように、第1磁電変換器4a及び第2磁電変換器4bは電気角を 90° (= 機械角 30°)ずらした状態で配置されているので、第1磁電変換器4aから出力される電気信号を正弦波信号 $\sin \theta_E$ とした場合、第2磁電変換器4bから出力される電気信号は余弦波信号 $\cos \theta_E$ となる。

【0021】

通常、第1磁電変換器4a及び第2磁電変換器4bからはアナログ信号が出力されるが、この信号形式は任意に変更することができる。例えば、A/D変換器によってデジタル信号に変換し、デジタル信号となった正弦波信号 $\sin \theta_E$ 及び余弦波信号 $\cos \theta_E$ が回転位置検出装置1に入力されるようにしてもよい。

【0022】

回転位置検出装置1に正弦波信号 $\sin \theta_E$ 及び余弦波信号 $\cos \theta_E$ が入力されると(図3のステップS1)、まず、区分判定部5において、電気角 θ_E の属する角度区分が判定される(ステップS2)。

【0023】

図4を参照して、ステップS2では、まず、正弦波信号 $\sin \theta_E$ が正であるか否かが

10

20

30

40

50

判定される（ステップS2-1）。正弦波信号 $\sin \theta_E$ が正の場合、角度区分は“1”～“4”のいずれかであると判定されたことになる。続いて、余弦波信号 $\cos \theta_E$ が正であるか否かが判定される（ステップS2-2a）。余弦波信号 $\cos \theta_E$ も正の場合、角度区分は“1”、“2”のいずれかであると判定されたことになる。

続いて、ステップS2では、余弦波信号 $\cos \theta_E$ の絶対値が正弦波信号 $\sin \theta_E$ の絶対値よりも大きいか否かが判定される（ステップS2-3a）。そして、この条件を満たす場合は、角度区分は“1（ $0^\circ < \theta_E < 45^\circ$ ）”であると判定される（ステップS2-4a）。一方、ステップS2-3aの条件を満たさない場合は、角度区分は“2（ $45^\circ < \theta_E < 90^\circ$ ）”であると判定される（ステップS2-4b）。

他の場合も同様に、電気角 θ_E が“3”～“8”のどの角度区分に属しているのかが判定される。

【0024】

結局、図4に示すステップS2では、（1）正弦波信号 $\sin \theta_E$ が正であるか否か、（2）余弦波信号 $\cos \theta_E$ が正であるか否か、及び（3）正弦波信号 $\sin \theta_E$ と余弦波信号 $\cos \theta_E$ の絶対値の大小関係が順次判定される。そして、この判定結果に基づいて、電気角 θ_E の属する角度区分が判定される。

【0025】

区分判定部5による角度区分の判定（図3のステップS2）が終了すると、変数演算部6によって変数Rの計算が行われる（ステップS3）。この計算には、第1磁電変換器4aから出力される正弦波信号 $\sin \theta_E$ と、第2磁電変換器4bから出力される余弦波信号 $\cos \theta_E$ と、区分判定部5における判定結果とが使用される。

【0026】

図5に示すように、本実施例における変数Rの計算は、角度区分毎に予め定められた計算式に基づいて行われる。各計算式では、正弦波信号 $\sin \theta_E$ と余弦波信号 $\cos \theta_E$ のうち、絶対値の大きい方が分母となり、小さい方が分子となっている。また、正弦波信号 $\sin \theta_E$ 及び余弦波信号 $\cos \theta_E$ は、適宜、符合“-”を付けて正の値に変換される。これにより、変数Rは、0以上で、かつ1未満であることが保証される。

【0027】

具体的には、角度区分が“1”の場合、変数Rは式“ $\sin \theta_E / \cos \theta_E$ ”で計算される。図1（B）から明らかなように、角度区分“1”では、 $|\cos \theta_E| > |\sin \theta_E|$ 、 $\sin \theta_E > 0$ 、 $\cos \theta_E > 0$ が成立しているから、変数Rのとり得る値は $0 < R < 1$ となる。また、角度区分が“6”の場合、変数Rは式“ $-\cos \theta_E / -\sin \theta_E$ ”で計算される。角度区分“6”では、 $|\sin \theta_E| > |\cos \theta_E|$ 、 $\sin \theta_E < 0$ 、 $\cos \theta_E < 0$ が成立しているから、この場合も変数Rのとり得る値は $0 < R < 1$ となる。

【0028】

変数演算部6による変数Rの計算（図3のステップS3）が終了すると、圧縮角度信号生成部7によって圧縮角度信号 θ_C が求められる（ステップS4）。これには、マップ8と、変数演算部6で計算された変数Rとが使用される。

図6に示すように、マップ8には、図1（A）に示す角度区分“1”の変数Rと圧縮角度信号 θ_C の関係“ $\theta_C = \tan^{-1} R$ ”が保持されている。マップ8によれば、変数Rに対応する圧縮角度信号 θ_C （ $0^\circ < \theta_C < 45^\circ$ ）を求めることができる。なお、マップ8を使用せずに、圧縮角度信号 θ_C を求める度に“ $\theta_C = \tan^{-1} R$ ”の計算を行ってもよい。

【0029】

具体的には、検出すべき電気角 θ_E が 30° （ $\sin \theta_E = 0.500$ 、 $\cos \theta_E = 0.866$ ）の場合、ステップS2において角度区分は“1”であると判定され、ステップS3において変数R（ $= \sin \theta_E / \cos \theta_E$ ）は0.577と計算される。そして、図6のマップより、0.577の変数Rに対応する圧縮角度信号 θ_C （ $= 30^\circ$ ）が求められる。

10

20

30

40

50

また、検出すべき電気角 θ_E が 60° ($\sin \theta_E = 0.866$ 、 $\cos \theta_E = 0.500$) の場合、ステップ S2 において角度区分は“2”であると判定され、ステップ S3 において変数 $R (= \cos \theta_E / \sin \theta_E)$ は 0.577 と計算される。そして、図 6 のマップより、 0.577 の変数 R に対応する圧縮角度信号 $\theta_C (= 30^\circ)$ が求められる。すなわち、検出すべき電気角 θ_E が 30° と 60° の場合では、圧縮角度信号 θ_C はいずれも 30° となる。

【0030】

さらに具体的には、検出すべき電気角 θ_E が 110° ($\sin \theta_E = 0.940$ 、 $\cos \theta_E = -0.342$) の場合、ステップ S2 において角度区分は“3”であると判定され、ステップ S3 において変数 $R (= -\cos \theta_E / \sin \theta_E)$ は 0.364 と計算される。そして、図 6 のマップより、 0.364 の変数 R に対応する圧縮角度信号 $\theta_C (= 20^\circ)$ が求められる。

また、検出すべき電気角 θ_E が 250° ($\sin \theta_E = -0.940$ 、 $\cos \theta_E = -0.342$) の場合、ステップ S2 において角度区分は“6”であると判定され、ステップ S3 において変数 $R (= -\cos \theta_E / -\sin \theta_E)$ は 0.364 と計算される。そして、図 6 のマップより、 0.364 の変数 R に対応する圧縮角度信号 $\theta_C (= 20^\circ)$ が求められる。すなわち、検出すべき電気角 θ_E が 110° と 250° の場合でも、圧縮角度信号 θ_C はいずれも 20° となる。

【0031】

圧縮角度信号 θ_C が求められると、続いて、角度復元部 9 による圧縮角度信号 θ_C の復元が行われる (図 3 のステップ S5)。この復元は、区分判定部 5 での判定結果を参照し、角度区分毎に定められている計算式 (図 5 参照) に基づいて行われる。

【0032】

すなわち、検出すべき電気角 θ_E が 60° (角度区分“2”) の場合は式 “ $90 - \theta_C$ ” によって復元が行われる。前記の通り、圧縮角度信号 θ_C は 30° であるから、結局、検出角度信号 θ_D は 60° となる。

また、検出すべき電気角 θ_E が 110° (角度区分“3”) の場合は式 “ $90 + \theta_C$ ” によって復元が行われる。前記の通り、圧縮角度信号 θ_C は 20° であるから、結局、検出角度信号 θ_D は 110° となる。

さらに、検出すべき電気角 θ_E が 250° (角度区分“6”) の場合は式 “ $270 - \theta_C$ ” によって復元が行われる。前記の通り、圧縮角度信号 θ_C は 20° であるから、結局、検出角度信号 θ_D は 250° となる。

なお、検出すべき電気角 θ_E が 30° (角度区分“1”) の場合は、特に復元を行う必要はないので、検出角度信号 θ_D は 30° のままである。

【0033】

図 2 を参照して、角度復元部 9 で生成された検出角度信号 θ_D は、モータドライバ 2 に出力される。そして、モータドライバ 2 は、目標とするモータ 3 の電気角 θ_E と検出角度信号 θ_D とを比較して、誤差がある場合は、その誤差を修正するような指令値をモータ 3 に出力する。

【0034】

以上のように、本発明に係る回転位置検出装置によれば、正弦波信号 $\sin \theta_E$ 及び余弦波信号 $\cos \theta_E$ に基づいて、検出すべき電気角 θ_E に対応する検出角度信号 θ_D を得ることができる。また、本発明に係る回転位置検出装置では、図 6 に示すマップを用いて複雑な計算を省略しているので、高度な演算処理を行う必要がなく、簡素な構成で、しかも安価に電気角 θ_E を検出することができる。

【0035】

なお、本発明に係る回転位置検出装置は上記構成に限定されるものではなく、種々の変形例が考えられる。

例えば、圧縮角度信号生成部 7 において取り扱うことのできる値が正の整数に限定される場合は、図 7 に示すマップを使用することにより、検出精度を向上させることができる

10

20

30

40

50

。すなわち、図 7 に示すマップにおいて、横軸は変数 R に “ 2 5 6 ” を乗じた値であり、縦軸は圧縮角度信号 c に “ 4 ” を乗じた値である。これにより、 45° を 180 段階に区切って取り扱うことができるので、 0.25° という高い精度で電気角 e を検出することができる。

【 0 0 3 6 】

また、本発明に係る回転位置検出装置の適用可能範囲は非常に広く、モータの回転位置を検出することが必要な、あらゆる分野に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 7 】

【図 1】本発明に係る回転位置検出装置の基本概念であって、(A) は $\tan e$ と電気角 e の関係、及び角度区分 “ 1 ” における変数 R と圧縮角度信号 c の関係を示すグラフ、(B) は電気角 e と正弦波信号 $\sin e$ 及び余弦波信号 $\cos e$ の関係を示すグラフである。

10

【図 2】本発明に係る回転位置検出装置の構成を示すブロック図である。

【図 3】本発明に係る回転位置検出装置の動作の全体を示すフロー図である。

【図 4】本発明に係る回転位置検出装置の動作において、ステップ S 2 部分を詳細に説明するフロー図である。

【図 5】角度区分毎に予め定められている変数 R の計算式、及び圧縮角度信号 c を復元するための計算式を示す表である。

【図 6】ステップ S 5 において参照されるマップを示すグラフである。

20

【図 7】ステップ S 5 において参照されるマップの変形例を示すグラフである。

【図 8】荷役車両の構成を簡単に説明するブロック図である。

【図 9】電気角と機械角の関係を説明するための、6 極モータの模式断面図である。

【符号の説明】

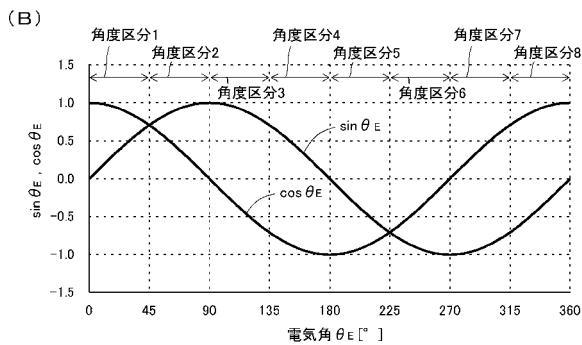
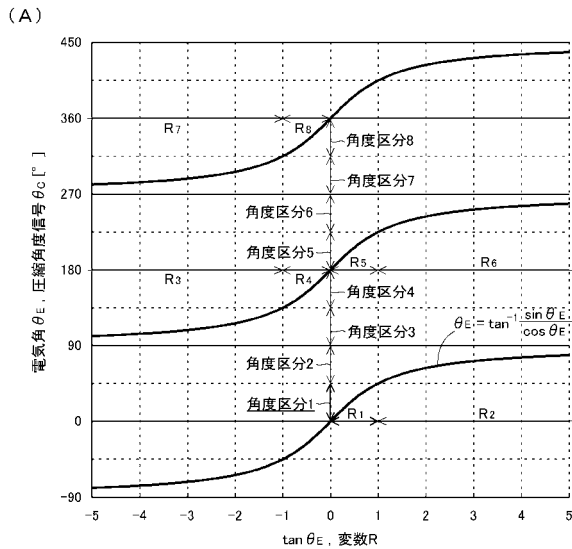
【 0 0 3 8 】

- 1 回転位置検出装置
- 2 モータドライバ
- 3 モータ
- 4 a 第 1 磁電変換器
- 4 b 第 2 磁電変換器
- 5 区分判定部
- 6 変数演算部
- 7 圧縮角度信号生成部
- 8 マップ
- 9 角度復元部
- 10 荷役車両
- 11 操舵輪
- 12 ハンドル
- 13 E P S モータ
- R 変数

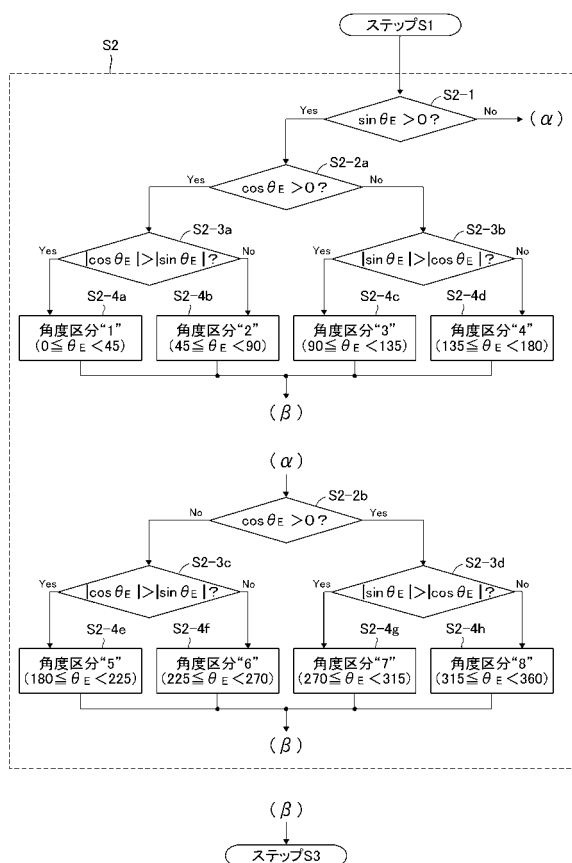
30

40

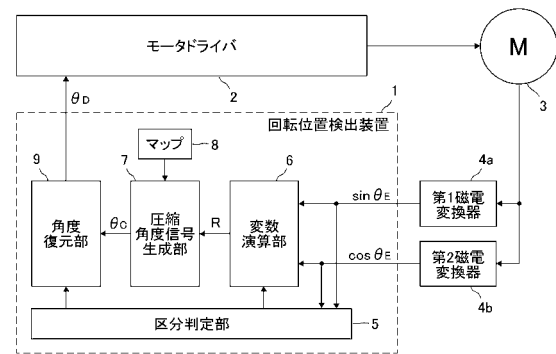
【図 1】



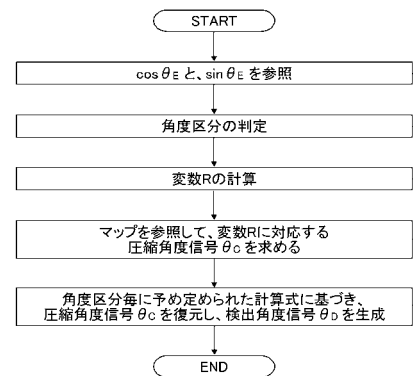
【図 4】



【図 2】



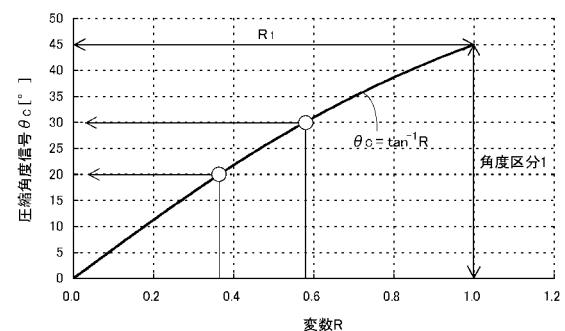
【図 3】



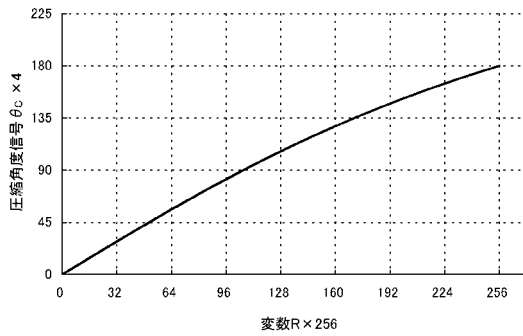
【図 5】

角度区分	sin θ_E	cos θ_E	変数R 計算式 (ステップS3)	圧縮角度信号 θ_c 復元式 (ステップS5)
1	+	+	$\sin \theta_E / \cos \theta_E$	$\theta_c = \theta_E$
2	+	+	$\cos \theta_E / \sin \theta_E$	$\theta_c = 90^\circ - \theta_E$
3	+	-	$-\cos \theta_E / \sin \theta_E$	$\theta_c = 90^\circ + \theta_E$
4	+	-	$\sin \theta_E / -\cos \theta_E$	$\theta_c = 180^\circ - \theta_E$
5	-	-	$-\sin \theta_E / -\cos \theta_E$	$\theta_c = 180^\circ + \theta_E$
6	-	-	$-\cos \theta_E / -\sin \theta_E$	$\theta_c = 270^\circ - \theta_E$
7	-	+	$\cos \theta_E / -\sin \theta_E$	$\theta_c = 270^\circ + \theta_E$
8	-	+	$-\sin \theta_E / \cos \theta_E$	$\theta_c = 360^\circ - \theta_E$

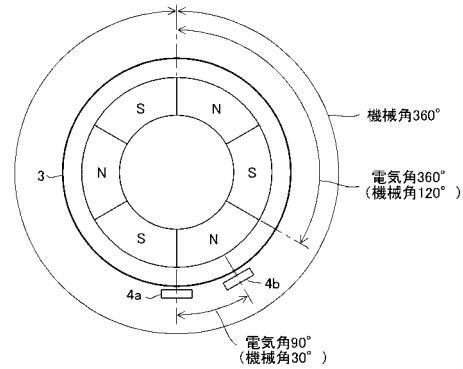
【図 6】



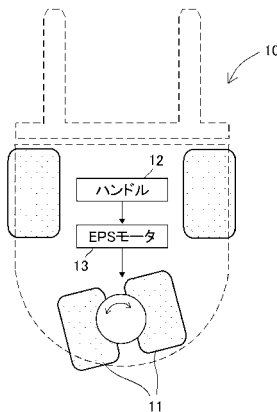
【図 7】



【図 9】



【図 8】



【手続補正書】

【提出日】平成21年3月27日(2009.3.27)

【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】請求項 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【請求項 1】

固定子に対する回転子の相対的な回転位置に応じて電気角 θ_e が変化するモータに一对の磁電変換器が備えられ、前記磁電変換器から出力される正弦波信号 $\sin \theta_e$ 及び余弦波信号 $\cos \theta_e$ に基づいて前記回転位置を検出する回転位置検出装置であって、

i) 前記正弦波信号 $\sin \theta_e$ 及び前記余弦波信号 $\cos \theta_e$ が 0 より大きいかな否かを判定する第 1 の判定と、前記余弦波信号 $\cos \theta_e$ の絶対値が前記正弦波信号 $\sin \theta_e$ の絶対値よりも大きいかな否か、または前記正弦波信号 $\sin \theta_e$ の絶対値が前記余弦波信号 $\cos \theta_e$ の絶対値よりも大きいかな否かを判定する第 2 の判定との結果に基づいて、前記

電気角 θ_e のとり得る全角度範囲を 45° 刻みの複数の角度区分に切れ目なく分割するとともに、前記電気角 θ_e の属する前記角度区分を判定する角度区分判定部と、

ii) 前記正弦波信号 $\sin \theta_e$ の絶対値及び前記余弦波信号 $\cos \theta_e$ の絶対値に差異がある場合は小さい方を大きい方で割る除算を行い、前記正弦波信号 $\sin \theta_e$ の絶対値及び前記余弦波信号 $\cos \theta_e$ の絶対値が等しい場合はいずれか一方を他方で割る除算を行うことにより、 $0 \leq R < 1$ の範囲の変数 R を計算する変数演算部と、

iii) 式 " $\theta_c = \tan^{-1} R$ " の関係を用いて、 $0 \leq \theta_c < 45^\circ$ の範囲に圧縮された圧縮角度信号 θ_c を求める圧縮角度信号生成部と、

iv) 前記角度区分毎に予め定められた計算式に基づいて、前記圧縮角度信号 θ_c を前記電気角 θ_e のとり得る全角度範囲に復元し、検出角度信号 θ_d を生成する角度復元部と、

を備えたことを特徴とする回転位置検出装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明に係る回転位置検出装置は、

固定子に対する回転子の相対的な回転位置に応じて電気角 θ_e が変化するモータに一对の磁電変換器が備えられ、前記磁電変換器から出力される正弦波信号 $\sin \theta_e$ 及び余弦波信号 $\cos \theta_e$ に基づいて前記回転位置を検出する回転位置検出装置であって、i) 前記正弦波信号 $\sin \theta_e$ 及び前記余弦波信号 $\cos \theta_e$ が 0 より大きいかな否かを判定する第 1 の判定と、前記余弦波信号 $\cos \theta_e$ の絶対値が前記正弦波信号 $\sin \theta_e$ の絶対値よりも大きいかな否か、または前記正弦波信号 $\sin \theta_e$ の絶対値が前記余弦波信号 $\cos \theta_e$ の絶対値よりも大きいかな否かを判定する第 2 の判定との結果に基づいて、前記電気角 θ_e のとり得る全角度範囲を 45° 刻みの複数の角度区分に切れ目なく分割するとともに、前記電気角 θ_e の属する前記角度区分を判定する角度区分判定部と、ii) 前記正弦波信号 $\sin \theta_e$ の絶対値及び前記余弦波信号 $\cos \theta_e$ の絶対値に差異がある場合は小さい方を大きい方で割る除算を行い、前記正弦波信号 $\sin \theta_e$ の絶対値及び前記余弦波信号 $\cos \theta_e$ の絶対値が等しい場合はいずれか一方を他方で割る除算を行うことにより、 $0 < R < 1$ の範囲の変数 R を計算する変数演算部と、iii) 式 " $\theta_c = \tan^{-1} R$ " の関係を用いて、 $0 < \theta_c < 45^\circ$ の範囲に圧縮された圧縮角度信号 θ_c を求める圧縮角度信号生成部と、iv) 前記角度区分毎に予め定められた計算式に基づいて、前記圧縮角度信号 θ_c を前記電気角 θ_e のとり得る全角度範囲に復元し、検出角度信号 θ_d を生成する角度復元部と、を備えたことを特徴とする。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0013】

[基本概念]

図 2 に示すように、本発明に係る回転位置検出装置 1 は、第 1 磁電変換器 4a から出力される正弦波信号 $\sin \theta_e$ と、第 2 磁電変換器 4b から出力される余弦波信号 $\cos \theta_e$ とに基づいてモータ 3 の回転位置、すなわち電気角 θ_e を検出するものである。第 1 磁電変換器 4a 及び第 2 磁電変換器 4b は、互いに電気角を 90° (= 機械角 30°) ずらした状態でモータ 3 の近傍、または内部に備えられる (図 9 参照) 。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0015】

そこで、本発明に係る回転位置検出装置では、電気角 θ_e のとり得る全角度範囲を 45° 刻みの 8 個の角度区分に分割し、図 1 (B) に示す電気角 θ_e と正弦波信号 $\sin \theta_e$ 及び余弦波信号 $\cos \theta_e$ との関係から、検出すべき電気角 θ_e が属している角度区分を判定する。図 1 (B) から明らかなように、角度区分の判定は、(1) 正弦波信号 $\sin \theta_e$ の正負、(2) 余弦波信号 $\cos \theta_e$ の正負、及び (3) 正弦波信号 $\sin \theta_e$ と余弦波信号 $\cos \theta_e$ の絶対値の大小関係、を判定して行うことができる。

例えば、 $|\cos \theta_e| > |\sin \theta_e|$ 、 $\sin \theta_e > 0$ 、 $\cos \theta_e > 0$ の場合、

角度区分は“ 1 ”である。また、 $|\sin \theta_E| \leq |\cos \theta_E|$ 、 $\sin \theta_E \leq 0$ 、 $\cos \theta_E \leq 0$ の場合の角度区分は“ 6 ”である。

角度区分を判定することにより、第 1 の問題が解消できる。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0016】

また、本発明に係る回転位置検出装置では、第 2 の問題が起こりえない領域、すなわち、角度区分“ 1 ”の $\tan \theta_E$ と電気角 θ_E の関係を用いて、全ての角度区分における電気角 θ_E の特定を行うことを特徴とする。

具体的には、図 1 (A) に示すように、角度区分“ 1 ”における $\tan \theta_E$ は 0 以上で、かつ 1 以下の値しかとり得ないので、この範囲に収まる変数を正弦波信号 $\sin \theta_E$ と余弦波信号 $\cos \theta_E$ とから生成する必要がある。本発明では、この変数を“変数 R”とし、正弦波信号 $\sin \theta_E$ の絶対値及び余弦波信号 $\cos \theta_E$ の絶対値のうち、小さい方を大きい方で割る除算によって計算する。

そして、角度区分“ 1 ”の関係“ $\theta_C = \tan^{-1} R$ ”を用いて、変数 R に対応する圧縮角度信号 θ_C を求める。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0017】

しかしながら、変数 R のとり得る値は $0 \leq R < 1$ なので、圧縮角度信号 θ_C のとり得る角度は $0 \leq \theta_C < 45^\circ$ であり、角度区分に関する情報が欠落してしまっている。

そこで、本発明に係る回転位置検出装置では、予め判定されている角度区分に基づいて圧縮角度信号 θ_C を復元し、最終的に、電気角 θ_E に対応する検出角度信号 θ_D ($0 \leq \theta_D < 360^\circ$) を得ることができる。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0023】

図 4 を参照して、ステップ S 2 では、まず、正弦波信号 $\sin \theta_E$ が 0 より大きいかが否かが判定される (ステップ S 2 - 1)。正弦波信号 $\sin \theta_E$ が 0 より大きい場合、角度区分は“ 1 ”～“ 4 ”のいずれかであると判定されたことになる。続いて、余弦波信号 $\cos \theta_E$ が 0 より大きいかが否かが判定される (ステップ S 2 - 2 a)。余弦波信号 $\cos \theta_E$ も 0 より大きい場合、角度区分は“ 1 ”、“ 2 ”のいずれかであると判定されたことになる。

続いて、ステップ S 2 では、余弦波信号 $\cos \theta_E$ の絶対値が正弦波信号 $\sin \theta_E$ の絶対値よりも大きいかが否かが判定される (ステップ S 2 - 3 a)。そして、この条件を満たす場合は、角度区分は“ 1 ($0 \leq \theta_E < 45^\circ$) ”であると判定される (ステップ S 2 - 4 a)。一方、ステップ S 2 - 3 a の条件を満たさない場合は、角度区分は“ 2 ($45^\circ \leq \theta_E < 90^\circ$) ”であると判定される (ステップ S 2 - 4 b)。

他の場合も同様に、電気角 θ_E が“ 3 ”～“ 8 ”のどの角度区分に属しているのかが判定される。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0024】

結局、図4に示すステップS2では、(1)正弦波信号 $\sin \theta_E$ が0より大きい¹か否か、(2)余弦波信号 $\cos \theta_E$ が0より大きい¹か否か、及び(3)正弦波信号 $\sin \theta_E$ と余弦波信号 $\cos \theta_E$ の絶対値の大小関係が順次判定される。そして、この判定結果に基づいて、電気角 θ_E の属する角度区分が判定される。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0026

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0026】

図5に示すように、本実施例における変数Rの計算は、角度区分毎に予め定められた計算式に基づいて行われる。各計算式では、正弦波信号 $\sin \theta_E$ と余弦波信号 $\cos \theta_E$ の絶対値に差異がある場合は、大きい方が分母となり、小さい方が分子となっている。正弦波信号 $\sin \theta_E$ と余弦波信号 $\cos \theta_E$ の絶対値が等しい場合は、いずれか一方が分母となり、他方が分子となっている。また、正弦波信号 $\sin \theta_E$ 及び余弦波信号 $\cos \theta_E$ は、適宜、符合“-”を付けて正の値に変換される。これにより、変数Rは、0以上で、かつ1以下であることが保証される。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0027】

具体的には、角度区分が“1”の場合、変数Rは式“ $\sin \theta_E / \cos \theta_E$ ”で計算される。図1(B)から明らかなように、角度区分“1”では、 $|\cos \theta_E| > |\sin \theta_E|$ 、 $\sin \theta_E > 0$ 、 $\cos \theta_E > 0$ が成立しているから、変数Rのとり得る値は $0 < R < 1$ となる。また、角度区分が“6”の場合、変数Rは式“ $-\cos \theta_E / -\sin \theta_E$ ”で計算される。角度区分“6”では、 $|\sin \theta_E| > |\cos \theta_E|$ 、 $\sin \theta_E > 0$ 、 $\cos \theta_E < 0$ が成立しているから、この場合は変数Rのとり得る値は $0 < R < 1$ となる。

【手続補正11】

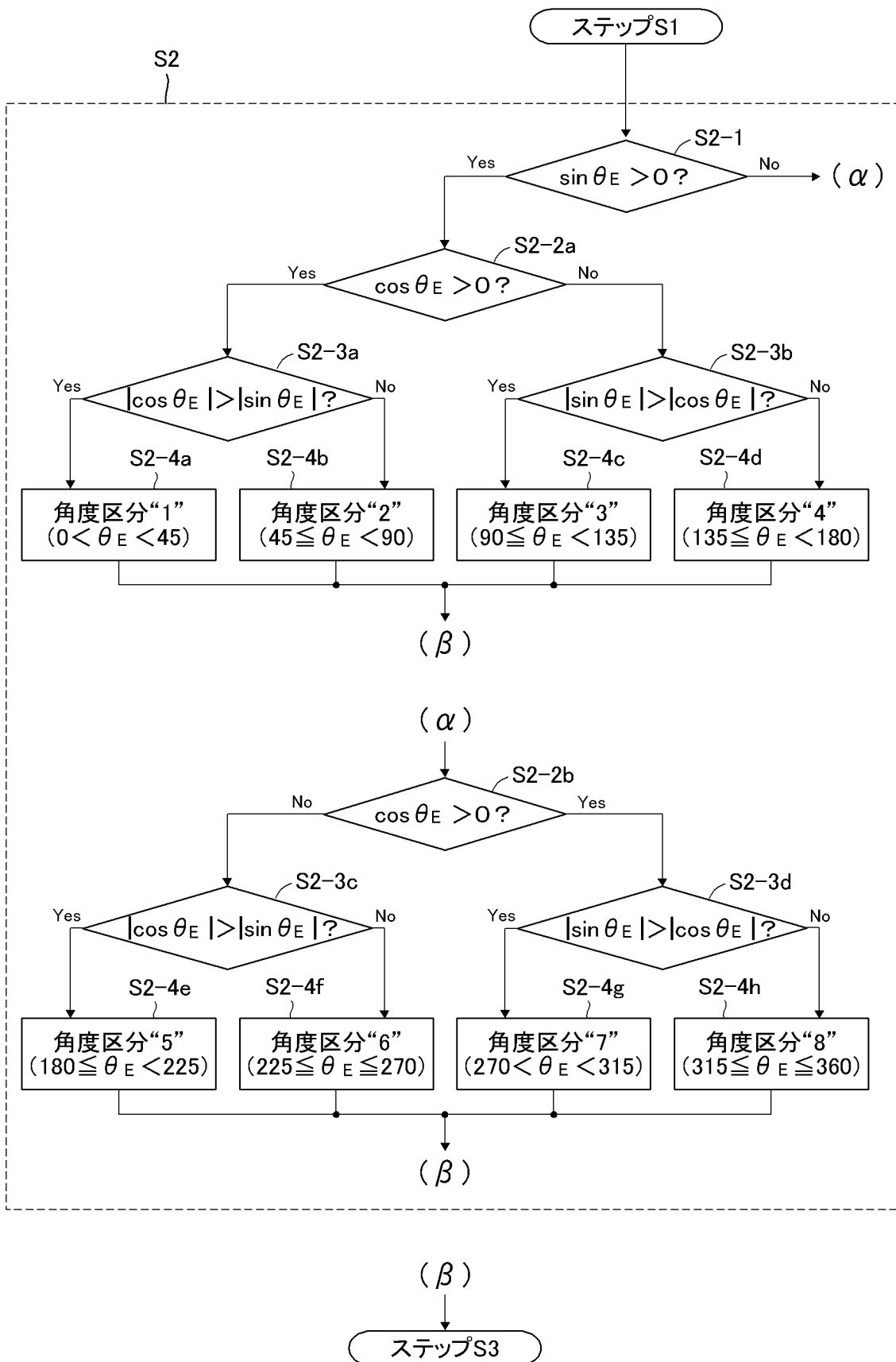
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 4】



【手続補正 1 2】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 5】

角度区分	$\sin \theta_E$	$\cos \theta_E$	変数R 計算式 (ステップS3)	圧縮角度信号 θ_C 復元式 (ステップS5)
1	+	+	$\sin \theta_E / \cos \theta_E$	$\theta_E = \theta_C$
2	+	+	$\cos \theta_E / \sin \theta_E$	$\theta_E = 90^\circ - \theta_C$
3	+	0/-	$-\cos \theta_E / \sin \theta_E$	$\theta_E = 90^\circ + \theta_C$
4	+	0/-	$\sin \theta_E / -\cos \theta_E$	$\theta_E = 180^\circ - \theta_C$
5	0/-	0/-	$-\sin \theta_E / -\cos \theta_E$	$\theta_E = 180^\circ + \theta_C$
6	0/-	0/-	$-\cos \theta_E / -\sin \theta_E$	$\theta_E = 270^\circ - \theta_C$
7	0/-	+	$\cos \theta_E / -\sin \theta_E$	$\theta_E = 270^\circ + \theta_C$
8	0/-	+	$-\sin \theta_E / \cos \theta_E$	$\theta_E = 360^\circ - \theta_C$