

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4656024号
(P4656024)

(45) 発行日 平成23年3月23日(2011.3.23)

(24) 登録日 平成23年1月7日(2011.1.7)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 D 5/244 (2006.01)

G O 1 D 5/244

K

請求項の数 2 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2006-225795 (P2006-225795)
 (22) 出願日 平成18年8月22日(2006.8.22)
 (65) 公開番号 特開2008-51559 (P2008-51559A)
 (43) 公開日 平成20年3月6日(2008.3.6)
 審査請求日 平成20年9月16日(2008.9.16)

(73) 特許権者 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
 (74) 代理人 100106149
 弁理士 矢作 和行
 (74) 代理人 100121991
 弁理士 野々部 泰平
 (72) 発明者 亀谷 尚志
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内
 (72) 発明者 日高 研一郎
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内
 審査官 眞岩 久恵

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転角検出装置のための異常検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の周期波形を有する励磁信号を出力する励磁信号出力手段と、
 前記励磁信号により励磁されて、その励磁信号をロータのステータに対する回転角に応じてそれぞれ正弦波状に振幅変調するとともに、振幅の変化が互いに $\pi/2$ だけ位相の異なる正弦波相出力信号および余弦波相出力信号を出力するレゾルバと、
 前記正弦波相出力信号の正弦波状に変化する振幅を正弦波相振幅信号として取り出す正弦波相振幅取り出し手段と、
 前記余弦波相出力信号の正弦波状に変化する振幅を余弦波相振幅信号として取り出す余弦波相振幅取り出し手段と、
 前記取り出された正弦波相振幅信号および余弦波相振幅信号を用いてロータのステータに対する回転角を計算する回転角計算手段とを備えた回転角検出装置のための異常検出装置であって、
 前記取り出された正弦波相振幅信号および余弦波相振幅信号の少なくともいずれか一方に基づいて定まるレゾルバ信号判定値が予め設定されている正常範囲内に基づいて、前記回転角検出装置が異常状態であると判定する異常判定手段と、
 その異常判定手段によって回転角検出装置が異常状態であると継続して判定されたとき、回転角検出装置が暫定異常状態にあると決定する暫定異常決定手段と、
 前記異常判定手段によって、前記暫定異常決定手段による暫定異常の判定の場合よりも長く回転角検出装置の異常が継続して検出されたことに基づいて、前記回転角検出装置の

状態を異常確定状態に決定する異常確定手段と、

前記回転角検出装置の状態が暫定異常状態であって、前記回転角計算手段によって計算された回転角が0でないし2に渡って変化したことを条件とする¹⁰とともに、回転角が0でないし2に渡って変化する間に逐次取り出される正弦波相振幅信号および余弦波相振幅信号に基づいて定まる、正弦波相振幅信号および余弦波相振幅信号の各二乗値の和またはその和の平方根である第1レゾルバ信号判定値が異常範囲内にはないか否かを繰り返し判定し、判定結果が、いずれも、第1レゾルバ信号判定値が前記異常範囲内にはないことに基づいて、前記回転角検出装置の状態を暫定異常状態から正常状態へと復帰させる復帰判定手段と

を含むことを特徴とする回転角検出装置のための異常検出装置。

【請求項2】

前記復帰判定手段は、前記レゾルバ信号判定値として、

前記第1レゾルバ信号判定値、

前記正弦波相出力信号の平均的な大きさを表す第2レゾルバ信号判定値、

前記余弦波相出力信号の平均的な大きさを表す第3レゾルバ信号判定値、

前記回転角の時間経過に伴う変化の程度を表す第4レゾルバ信号判定値

を用い、

それら第1、第2、第3、第4レゾルバ信号が、それぞれ予め設定されている異常範囲内にはないことに基づいて、前記回転角検出装置の状態を暫定異常状態から正常状態へと復帰させることを特徴とする請求項1に記載の異常検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レゾルバを用いてロータのステータに対する回転角を検出する回転角検出装置に適用され、回転角検出装置の異常を検出する異常検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

レゾルバを用いてロータのステータに対する回転角を検出する回転角検出装置が知られている。この回転角検出装置は、所定の周期波形を有する励磁信号をレゾルバに供給して、レゾルバから出力される正弦波相出力信号および余弦波相出力信号から、それぞれ、正弦波相振幅信号 A_s () および余弦波相振幅信号 A_c () を取り出し、これらからロータのステータに対する回転角 を計算する。レゾルバから出力される正弦波相出力信号および余弦波相出力信号は、レゾルバのロータのステータに対する回転角 に応じてそれぞれ正弦波状に振幅変調される信号であるので、正弦波相振幅信号 A_s () および余弦波相振幅信号 A_c () から回転角 が計算できる。

【0003】

そして、この種のレゾルバを用いた回転角検出装置においては、正弦波相振幅信号 A_s () および余弦波相振幅信号 A_c () の各2乗値の和 A_s () ² + A_c () ² (またはその平方根) が所定の範囲内にはないことが継続して検出されるとき、回転角検出装置の異常を判定することも知られている。(例えば、特許文献1参照)

しかしながら、特許文献1のようにして異常を検出する場合、実際には異常が発生していても異常が判定されなかったり、また、一時的に的確な値でないだけであり、回転角を検出可能な状態であっても異常判定がなされてしまったりするという問題があった。

【0004】

この問題を解決するために特許文献2の装置が提案されている。特許文献2の装置は、まず、正弦波相振幅信号 A_s () と余弦波相振幅信号 A_c () の2乗値の和 A_s () ² + A_c () ² の平方根が所定範囲内にはないと判定した場合に暫定異常とし、その暫定異常状態が継続したときに異常を確定させている。また、暫定異常状態において、逐次計算される回転角 が0~2に渡って変化したことが検出されたことをもって、暫定異常状態を解除して正常復帰させている。このように、正常状態と異常確定状態との間に暫

10

20

30

40

50

定異常状態を設けることにより、不必要に異常が検出されてしまうことが減少する。

【0005】

なお、復帰条件を暫定異常判定条件と同一の条件としてしまうと、特許文献1と同様の問題が生じてしまう。すなわち、復帰条件を暫定異常判定条件と同一の条件としてしまうと、正常状態と暫定異常状態とを繰り返してしまうことになる。しかし、特許文献2においては、暫定異常状態から正常状態への復帰条件を、暫定異常状態において、逐次計算される回転角が0~2に渡って変化したこととしており、この復帰条件は、上述した暫定異常判定条件とは異なっている。このようにすることにより、正常状態と暫定異常状態とを繰り返してしまうことを防止している。

【特許文献1】特開平9-72758号公報

【特許文献2】特開2006-177750号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、特許文献2の装置においては、異常を確定させなければならない状態であるにもかかわらず、暫定異常状態から誤って正常状態へ復帰してしまうことがあった。そして、正常状態へ誤って復帰させてしまうと、回転角検出装置による検出結果を用いる制御、たとえばモータ制御などが誤った制御となってしまう。

【0007】

本発明は、この事情に基づいて成されたものであり、その目的とするところは、回転角検出装置の異常検出装置であって、暫定異常状態を経て異常確定させるものにおいて、より適切に正常状態へと復帰させることができる装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

その目的を達成するための請求項1記載の発明は、所定の周期波形を有する励磁信号を出力する励磁信号出力手段と、前記励磁信号により励磁されて、その励磁信号をロータのステータに対する回転角に応じてそれぞれ正弦波状に振幅変調するとともに、振幅の変化が互いに $\pi/2$ だけ位相の異なる正弦波相出力信号および余弦波相出力信号を出力するレゾルバと、前記正弦波相出力信号の正弦波状に変化する振幅を正弦波相振幅信号として取り出す正弦波相振幅取り出し手段と、前記余弦波相出力信号の正弦波状に変化する振幅を余弦波相振幅信号として取り出す余弦波相振幅取り出し手段と、前記取り出された正弦波相振幅信号および余弦波相振幅信号を用いてロータのステータに対する回転角を計算する回転角計算手段とを備えた回転角検出装置のための異常検出装置であって、

前記取り出された正弦波相振幅信号および余弦波相振幅信号の少なくともいずれか一方に基づいて定まるレゾルバ信号判定値が予め設定されている正常範囲内でないことに基づいて、前記回転角検出装置が異常状態であると判定する異常判定手段と、その異常判定手段によって回転角検出装置が異常状態であると継続して判定されたとき、回転角検出装置が暫定異常状態にあると決定する暫定異常決定手段と、前記異常判定手段によって、前記暫定異常決定手段による暫定異常の判定の場合よりも長く回転角検出装置の異常が継続して検出されたことに基づいて、前記回転角検出装置の状態を異常確定状態に決定する異常確定手段と、前記回転角検出装置の状態が暫定異常状態であって、前記回転角計算手段によって計算された回転角が0ないし2に渡って変化したことを条件とするとともに、回転角が0ないし2に渡って変化する間に逐次取り出される正弦波相振幅信号および余弦波相振幅信号に基づいて定まる、正弦波相振幅信号および余弦波相振幅信号の各二乗値の和またはその和の平方根である第1レゾルバ信号判定値が異常範囲内でないか否かを繰り返し判定し、判定結果が、いずれも、第1レゾルバ信号判定値が前記異常範囲内でないことに基づいて、前記回転角検出装置の状態を暫定異常状態から正常状態へと復帰させる復帰判定手段とを含むことを特徴とする。

【0009】

この請求項1記載の発明によれば、異常判定手段によって、正弦波相振幅信号および余

10

20

30

40

50

弦波相振幅信号の少なくともいずれか一方に基づいて定まるレゾルバ信号判定値が異常範囲内にあると継続して判定されると、まず、暫定異常決定手段により暫定異常状態に決定される。そして、レゾルバ信号判定値が異常範囲内にある状態がさらに継続した場合には、異常確定手段により異常確定状態に決定される。しかし、復帰判定手段が設けられており、所定の条件が成立すると暫定異常状態から正常状態へと復帰させるようにしているので、不必要に異常が検出されることが防止される。

【0010】

また、復帰判定手段において暫定異常状態から正常状態へと復帰させる条件は、回転角計算手段によって回転角が0ないし2 に渡って変化したという条件だけでなく、回転角が0ないし2 に渡って変化する間に逐次取り出される正弦波相振幅信号および余弦波相振幅信号に基づいて定まる、正弦波相振幅信号および余弦波相振幅信号の各二乗値の和またはその和の平方根である第1レゾルバ信号判定値が異常範囲内でないことも条件としている。そのため、回転角が0ないし2 に渡って変化したとしても、正弦波相振幅信号や余弦波相振幅信号が過大または過小である場合には正常状態へと復帰しないことになり、適切に正常状態へと復帰させることができる。

10

【0011】

ここで、請求項2記載のように、前記復帰判定手段は、前記レゾルバ信号判定値として、下記第1乃至第4レゾルバ信号判定値を用い、それら第1、第2、第3、第4レゾルバ信号が、それぞれ予め設定されている異常範囲内でないことに基づいて、前記回転角検出装置の状態を暫定異常状態から正常状態へと復帰させる。なお、第1レゾルバ信号判定値は、請求項1記載のものであり、取り出された正弦波相振幅信号および余弦波相振幅信号の各二乗値の和またはその和の平方根である。第2レゾルバ信号判定値は前記正弦波相出力信号の平均的な大きさを表す値である。第3レゾルバ信号判定値は前記余弦波相出力信号の平均的な大きさを表す値である。第4レゾルバ信号判定値は前記回転角の時間経過に伴う変化の程度を表す値である。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明を、車両の電動パワーステアリング装置に適用した実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0013】

図1は、モータ制御回路M cの構成を示すブロック図である。図1において、トルク電流変換部1は、図示しないトルクセンサからのトルク指令信号が供給され、そのトルク指令信号を目標q軸電流 $R i q *$ に変換して出力する。この目標q軸電流 $R i q *$ は、比較部10およびPI制御部2を経て、直交座標系のq軸の指令値(電圧) $V q *$ として出力される。

30

【0014】

また、モータ制御回路M cには指令値として磁化電流 $i d *$ も入力される。この磁化電流 $i d *$ は、比較部9およびPI制御部3を経て、直交座標系のd軸の電圧 $V d *$ として出力される。

【0015】

q軸の電圧 $V q *$ およびd軸の電圧 $V d *$ は3相変換部4に入力される。この3相変換部4には、電気角演算回路30にて演算されたレゾルバ20の回転角も入力され、3相変換部4では、上記電圧 $V q *$ 、 $V d *$ を回転角に基づいて2相3相変換して、相電圧 $V u$ 、 $V v$ 、 $V w$ としてパルス幅変調部5に出力する。

40

【0016】

パルス幅変調部5では、入力された相電圧 $V u$ 、 $V v$ 、 $V w$ をパルス幅変調してパルス電流として駆動回路6に出力する。このパルス電流により駆動回路6が作動して、U相、V相およびW相の各導線を介してブラシレスモータ7が給電状態になる。

【0017】

また、ブラシレスモータ7に接続されたレゾルバ20は、電気角演算回路30に接続さ

50

れている。電気角演算回路30は、レゾルバ20からの信号に基づきブラシレスモータ7の電気角を算出し、電気信号として2相変換部8および3相変換部4に出力する。

【0018】

また、U相からのアシスト電流 i_u 、V相からのアシスト電流 i_v およびW相からのアシスト電流 i_w は、2相変換部8でd軸アシスト電流 i_{df} およびq軸アシスト電流 i_{qf} に変換される。d軸アシスト電流 i_{df} は、比較部9に帰還して磁化電流 i_{d*} と比較され、両者に差($I_d = |i_{df} - i_{d*}|$)がある場合は、PI制御部3で比例積分制御を受けて補正される。また、q軸アシスト電流 i_{qf} は、比較部10に帰還してトルク電流 Ri_{q*} と比較され、両者に差($I_q = |i_{qf} - Ri_{q*}|$)がある場合は、PI制御部2で比例積分制御を受けて補正される。なお、アシスト電流 i_{df} 、 i_{qf} の帰還による補正動作は、電流の差 I_d 、 I_q がなくなるまで繰り返される。

10

【0019】

電気角演算回路30は、レゾルバ20からの出力信号に基づいてブラシレスモータ7の回転角(ただし電気角)を演算するものであり、この電気角演算回路30およびレゾルバ20により回転角検出装置が構成される。

【0020】

異常検出回路50は、電気角演算回路30にて演算された回転角およびレゾルバ20からの出力信号に基づいて回転角検出装置(すなわちレゾルバ20および電気角演算回路30)の異常を検出する。これら電気角演算回路30および異常検出回路50の詳細な構成を図2に示す。

20

【0021】

図2に示すように、レゾルバ20は、中心軸を共通とする断面楕円かつ柱状のロータ21および環状のステータ22からなる。ステータ22には、周方向に沿って等間隔に複数のコイルが設けられている。これらのコイルにおいては、いずれかは励磁コイルとして機能し、いずれかは正弦波相コイルとして機能し、またいずれかは余弦波相コイルとして機能する。図2においては、各一つの励磁コイル22a、正弦波相コイル22bおよび余弦波相コイル22cのみを示す。このレゾルバ20においては、励磁コイル22aに正弦波状に周期的に変化する図3(A)に示す励磁信号 S_r を与えて、ロータ21をステータ22に対して回転させると、正弦波相コイル22bからは図3(B)に示す正弦波相出力信号 S_s が出力される。また、余弦波相コイル22cからは図3(C)に示す余弦波相出力信号 S_c が出力される。

30

【0022】

図3に示すように、正弦波相出力信号 S_s および余弦波相出力信号 S_c の振幅は、回転角に応じて変化するとともに回転角の2を周期として正弦波状に変化している。また、正弦波相出力信号 S_s および余弦波相出力信号 S_c の振幅の位相は、回転角ごとに、励磁信号 S_r に対してそれぞれ逆相になっている。このような正弦波相出力信号 S_s および余弦波相出力信号 S_c の振幅の変化をそれぞれ表す正弦波相振幅信号 $A_s(\)$ および余弦波相振幅信号 $A_c(\)$ を図3(B)(C)に示す。正弦波相振幅信号 $A_s(\)$ と余弦波相振幅信号 $A_c(\)$ は、図3(B)(C)に示すように、電気角で互いに $\pi/2$ だけ位相がずれている。

40

【0023】

励磁コイル22aには、所定の周期波形を有する正弦波信号である励磁信号 S_r を出力する励磁信号出力回路40が接続されている。励磁信号出力回路40は、基準クロック発生器41、タイミング信号発生器42、正弦波信号発生器43及びD/A変換器44からなる。

【0024】

基準クロック発生器41は、測定の基準となるクロック信号を発生する。タイミング信号発生器42にはそのクロック信号が入力されて、各種演算のタイミングを規定する種々のタイミング制御信号を出力する。

【0025】

50

正弦波信号発生器 4 3 は正弦波テーブルを備えている。この正弦波テーブルは、0 ~ 2 に渡って、正弦波の瞬時値を表す複数のサンプリングデータを、微小角度ずつ増加する位相に対応した複数のアドレスに関連づけさせて記憶したものである。そして、正弦波信号発生器 4 3 は、タイミング信号発生器 4 2 からのタイミング制御信号によって制御され、同テーブルに記憶されたサンプリングデータを順次読み出すことにより、デジタル正弦波信号を出力する。

【 0 0 2 6 】

D / A 変換器 4 4 は、正弦波信号発生器 4 3 から出力されたデジタル正弦波信号を D / A 変換して、励磁コイル 2 2 a に励磁信号 $S_r (= A_r \cdot \sin t)$ として供給する。

10

【 0 0 2 7 】

正弦波相コイル 2 2 b および余弦波相コイル 2 2 c には、A / D 変換器 3 1、3 2 がそれぞれ接続されている。A / D 変換器 3 1、3 2 は、タイミング信号発生器 4 2 からのタイミング制御信号に基づいて、所定のサンプリングレートで正弦波相出力信号 S_s および余弦波相出力信号 S_c をサンプリングするとともに、同サンプリングしたアナログ信号を A / D 変換する。なお、このサンプリングレートは、励磁信号 S_r の正弦波を再現できる程度の比較的速いレートである。

【 0 0 2 8 】

正弦波相振幅計算部 3 3 には、A / D 変換器 3 1 からの正弦波相出力信号 S_s およびタイミング信号発生器 4 2 からのタイミング制御信号が入力される。そして、正弦波相振幅計算部 3 3 は、正弦波相出力信号 S_s のうちで励磁信号 $S_r (= A_r \cdot \sin t)$ の 1 周期相当の複数のサンプリング値を、励磁信号 S_r と同一周波数および同一位相の正弦波関数で近似して、下記式 1 で表される近似曲線 $P_s (t)$ の振幅値 $A_s ()$ およびオフセット値 A_{s0} を計算する。この場合、近似に関しては、最小 2 乗法を用いることができる。なお、オフセット値 A_{s0} は、正弦波相出力信号 S_s のバイアス電圧値に相当する。

20

$$P_s (t) = A_s () \cdot \sin t + A_{s0} \quad \dots \text{式 1}$$

そして、この計算された振幅値 $A_s ()$ を回転角計算部 3 5 に供給する。

【 0 0 2 9 】

余弦波相振幅計算部 3 4 には、A / D 変換器 3 2 からの余弦波相出力信号 S_c およびタイミング信号発生器 4 2 からのタイミング制御信号が入力される。そして、余弦波相振幅計算部 3 4 は、正弦波相振幅計算部 3 3 の場合と同様に、余弦波相出力信号 S_c のうちで励磁信号 $S_r (= A_r \cdot \sin t)$ の 1 周期相当の複数のサンプリング値を、励磁信号 S_r と同一周波数および同一位相の正弦波関数で近似して下記式 2 で表される近似曲線 $P_c (t)$ の振幅値 $A_c ()$ およびオフセット値 A_{c0} を計算する。

30

$$P_c (t) = A_c () \cdot \sin t + A_{c0} \quad \dots \text{式 2}$$

そして、この計算された振幅値 $A_c ()$ を回転角計算部 3 5 に供給する。また、この場合も、オフセット値 A_{c0} は、余弦波相出力信号 S_c のバイアス電圧値に相当する。

【 0 0 3 0 】

回転角計算部 3 5 は、入力された正弦波相振幅信号 $A_s ()$ および余弦波相振幅信号 $A_c ()$ を用いた下記式 3 の演算の実行により、ロータ 2 1 のステータ 2 2 に対する回転角 θ を計算する。

40

$$\theta = \tan^{-1} (A_s () / A_c ()) \quad \dots \text{式 3}$$

なお、式 3 の式が成立するのは、正弦波相振幅信号 $A_s ()$ および余弦波相振幅信号 $A_c ()$ が互いに $\pi/2$ だけずれた正弦波状の信号で、それらの振幅を共に A とすると、下記式 4、5 のように表されるからである。また、高精度な正弦波相振幅信号 $A_s ()$ および余弦波相振幅信号 $A_c ()$ が得られれば、前記両信号 $A_s ()$ 、 $A_c ()$ の振幅は互いに等しい。

$$A_s () = A \cdot \sin \theta \quad \dots \text{式 4}$$

$$A_c () = A \cdot \cos \theta \quad \dots \text{式 5}$$

前記式 4、5 における値 A は、レゾルバ 2 0 およびその周辺の回路電圧によって決まる値

50

である。

【0031】

正弦波相信号レベル計算部51には、A/D変換器31からの正弦波相出力信号 S_s およびタイミング信号発生器42からのタイミング制御信号が入力される。そして、正弦波相信号レベル計算部51は、正弦波相出力信号 S_s の1周期（励磁信号 $S_r (= A_r \cdot \sin t)$ の1周期に等しい）分のサンプリング値のうちで等間隔の複数のサンプリング値を用いて、正弦波相出力信号 S_s の平均値を計算して、同平均値を正弦波相信号レベル $L V_s$ として出力する。例えば、図4に示すように、正弦波相出力信号 S_s の1周期分のサンプリング値の中から $\frac{1}{2}$ 間隔の4点 $P_1 \sim P_4$ を指定し、4点 $P_1 \sim P_4$ の信号値の平均値を算出して正弦波相信号レベル $L V_s$ として出力する。なお、この正弦波相信号レベル $L V_s$ は、正弦波相出力信号 S_s が正常であれば、前述したオフセット値 A_{s0} に等しい。

10

【0032】

余弦波相信号レベル計算部52には、A/D変換器32からの余弦波相出力信号 S_c およびタイミング信号発生器42からのタイミング制御信号が入力される。そして、余弦波相信号レベル計算部52は、正弦波相信号レベル $L V_s$ の場合と同様に、余弦波相出力信号 S_c の1周期分のサンプリング値のうちで等間隔の複数のサンプリング値を用いて、余弦波相出力信号 S_c の平均値を計算して、同平均値を余弦波相信号レベル $L V_c$ として出力する。この場合も、例えば、図4に示すように、余弦波相出力信号 S_c の1周期分のサンプリング値の中から $\frac{1}{2}$ 間隔の4点 $P_1' \sim P_4'$ を指定し、4点 $P_1' \sim P_4'$ の信号値の平均値を算出して余弦波相信号レベル $L V_c$ として出力する。なお、この余弦波相信号レベル $L V_c$ は、余弦波相出力信号 S_c が正常であれば、前述したオフセット値 A_{c0} に等しい。

20

【0033】

出力部36は、回転角計算部35によって計算された回転角 θ を2相変換部8および3相変換部4へ出力するものであり、状態決定部53により回転角 θ の出力の有無が制御される。

【0034】

その状態決定部53は、図5に示す状態決定プログラムを所定の短時間ごとに繰り返し実行することにより、回転角検出装置（すなわちレゾルバ20およびその周辺回路）の状態を正常状態、暫定異常状態、異常確定状態のいずれかの状態に決定して、決定結果に基づいて、出力部36による回転角 θ の出力の有無を制御するとともに、図示しない警報装置およびダイアグ記録装置による異常警報の発生およびダイアグ記録をそれぞれ制御する。

30

【0035】

この状態決定部53には、正弦波相振幅計算部33からの正弦波相振幅信号 A_s （ θ ）、余弦波相振幅計算部34からの余弦波相振幅信号 A_c （ θ ）、回転角計算部35からの回転角 θ 、正弦波相信号レベル計算部51からの正弦波相信号レベル $L V_s$ および余弦波相信号レベル計算部52からの余弦波相信号レベル $L V_c$ に加え、図示しないバッテリーからの電源電圧値 V_{ig} および励磁コイル22cに励磁信号 S_r を与えるための励磁電圧値 V_{mt} も入力されている。これらの電源電圧値 V_{ig} および励磁電圧値 V_{mt} は既知であり、詳細な説明は省略する。

40

【0036】

次に、図5に示す状態決定プログラムに沿って、状態決定部53の処理について詳細に説明する。状態決定プログラムの実行は、イグニッションスイッチIGの投入により、すなわちレゾルバ20による回転角の検出開始に同期して、ステップS10から開始される。

【0037】

状態決定部53は、ステップS11にて異常確定フラグEFが“1”であるか否かを判定する。異常確定フラグEFは、“0”によってレゾルバ20の異常未確定状態を表し、

50

“ 1 ” によってレゾルバ 2 0 の異常確定状態を表すもので、初期には“ 0 ” に設定されている。したがって、初期には、状態決定部 5 3 は、ステップ S 1 1 にて「 N o 」と判定して、ステップ S 1 2 に進む。

【 0 0 3 8 】

ステップ S 1 2 は異常判定手段としての処理であり、第 1 乃至第 4 レゾルバ信号判定値が正常であるか否かを、それぞれ判定する。ここで、第 1 乃至第 4 レゾルバ信号判定値とは、レゾルバ信号である正弦波相出力信号 S s および余弦波相出力信号 S c が正常であるか否かを判定するための値である。

【 0 0 3 9 】

第 1 レゾルバ信号判定値は、正弦波相振幅信号 A s () および余弦波相振幅信号 A c () の 2 乗値の和の平方根 A s s であり、下記式 6 から算出する。なお、以下、この平方根 A s s を 2 乗和平方根という。

$$A s s = (A s () ^ 2 + A c () ^ 2) ^ { 1 / 2 } \dots \text{式 6}$$

なお、本実施形態では 2 乗和平方根 A s s を用いるが、この 2 乗和平方根 A s s に代えて、両信号値 A s () , A c () の 2 乗値 A s s ^ 2 を用いてもよい。

【 0 0 4 0 】

第 2 レゾルバ信号判定値は、正弦波相信号レベル計算部 5 1 にて計算される正弦波相信号レベル値 L V s であり、第 3 レゾルバ信号判定値は、余弦波相信号レベル計算部 5 2 にて計算される余弦波相信号レベル値 L V c であり、第 4 レゾルバ信号判定値は、今回の状態決定プログラムの実行時の回転角 new と前回の状態決定プログラムの実行時の回転角 old との差の絶対値 | new - old | である。

【 0 0 4 1 】

これら第 1 乃至第 4 レゾルバ信号判定値に対してそれぞれ正常範囲が予め設定されており、第 1 乃至第 4 レゾルバ信号判定値が、それぞれに対して設定された正常範囲にある場合には、そのレゾルバ信号判定値は正常であると判定する。

【 0 0 4 2 】

第 1 レゾルバ信号判定値すなわち 2 乗和平方根に対する正常範囲は、Amin から Amax までとなる。この領域が正常範囲である理由を次に説明する。正弦波相振幅信号 A s () および余弦波相振幅信号 A c () に誤差が含まれていなければ、 $A s () = A \cdot \sin$ および $A c () = A \cdot \cos$ であるから、図 6 に示す座標系で正弦波相振幅信号 A s () および余弦波相振幅信号 A c () により特定される座標位置は、回転角 の変化に応じて半径 A の円 (図示 1 点鎖線の円) 上を移動する。ただし、上記座標位置は、レゾルバ 2 0 およびその周辺回路の誤差により、レゾルバ 2 0 に異常が発生しなくても、半径 A の円から多少ずれる。しかし、レゾルバ 2 0 に異常が発生すると、上記座標位置は半径 A の円から大きくずれる。このことから、図 6 の半径 Amax および半径 Amin の両実線円で挟まれた領域 (ハッチングで示す領域) を上記座標位置の正常範囲として設定する。そして、第 1 レゾルバ信号判定値は、原点から上記座標位置までの半径に相当するから、その正常範囲は Amin から Amax までとなる。

【 0 0 4 3 】

第 2 レゾルバ信号判定値すなわち正弦波相信号レベル値 L V s に対する正常範囲は、正弦波相出力信号 S s が正常である場合のオフセット値 A s o よりも若干小さな値 A s o - A から若干大きな値 A s o + A までの範囲である。これは、前述したように、正弦波相出力信号 S s が正常であれば正弦波相信号レベル値 L V s はオフセット値 A s o に等しいからである。

【 0 0 4 4 】

第 3 レゾルバ信号判定値すなわち余弦波相信号レベル値 L V c に対する正常範囲は、余弦波相出力信号 S c が正常である場合のオフセット値 A c o よりも若干小さな値 A c o - A から若干大きな値 A c o + A までの範囲である。これは、前述したように、余弦波相出力信号 S c が正常であれば余弦波相信号レベル値 L V c はオフセット値 A c o に等しいからである。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

第4レゾルバ信号判定値すなわち に対する正常範囲は、実験に基づいて予め設定された上限値 max以下の範囲である。

【 0 0 4 6 】

第1乃至第4レゾルバ信号判定値がすべて正常範囲内の値である場合にはステップS12を肯定判定し、それらレゾルバ信号判定値のいずれか少なくとも1つがそれぞれに対して設定された異常範囲内である場合にはステップS12を否定判定する。

【 0 0 4 7 】

ステップS12が肯定判定である場合にはステップS13乃至S16を実行せずにステップS17へ進む。一方、ステップS12が否定判定である場合にはステップS13へ進む。

10

【 0 0 4 8 】

ステップS13では、第1乃至第4レゾルバ信号判定値に対応して設けられている第1乃至第4暫定異常カウント値TCNT1~4のうち、異常範囲内にあるレゾルバ信号判定値に対応するカウント値を1増加させる。なお、第1乃至第4暫定異常カウント値TCNT1~4の初期値はいずれも「0」に設定されている。

【 0 0 4 9 】

そして、ステップS14, S15にて、励磁電圧値Vmtおよび電源電圧値Vigが異常であるか否かをそれぞれ判定する。具体的には、励磁電圧値Vmtおよび電源電圧値Vigが、それぞれ正常時における励磁電圧値Vmt0および電源電圧値Vig0に等しいまたは近傍の値であるかを判定する。励磁電圧値Vmtおよび電源電圧値Vigが正常であれば、ステップS14, S15に共に「No」と判定して、ステップS16にて第1乃至第4レゾルバ信号判定値に対応して設けられている第1乃至第4異常確定カウント値CNT1~4のうち、異常範囲内にあるレゾルバ信号判定値に対応するカウント値を1増加させる。その後、ステップS17に進む。なお、第1乃至第4異常確定カウント値CNT1~4の初期値もすべて「0」に設定されている。

20

【 0 0 5 0 】

一方、励磁電圧値Vmtおよび電源電圧値Vigのいずれか一方でも異常であれば、ステップS14, S15のいずれかにて「Yes」と判定して、ステップS16の処理を実行することなく、ステップS17に進む。これは、レゾルバ20の異常を確定するには、より慎重な判定を期待するためであり、これらのステップS14, S15の判定処理を省略することもできる。

30

【 0 0 5 1 】

ステップS17においては、暫定異常状態であるか否かを判定する。この判断は、第1乃至第4暫定異常カウント値TCNT1~4が、それら第1乃至第4暫定異常カウント値TCNT1~4に対して設定された暫定判定基準値TN1~TN4以上であるか否かを判定するものである。そして、第1乃至第4暫定異常カウント値TCNT1~4が1つでも暫定判定基準値TN以上となっている場合には暫定異常状態であると判定する(ステップS17を肯定判定する)。この暫定異常状態であるか否かを判定するステップS17およびその判定に用いる第1乃至第4暫定異常カウント値TCNT1~4を増加させる前述のステップS13が暫定異常決定手段としての処理である。

40

【 0 0 5 2 】

ステップS17において暫定異常状態であると判定した場合にはステップS18へ進む。一方、暫定異常状態ではないと判定した場合には、ステップS18~S19を実行せずにステップS20へ進む。

【 0 0 5 3 】

ステップS18では、出力部36に対して回転角 の出力禁止を指示する。したがって、以降、出力部36からは回転角 は出力されなくなる。これは、異常な回転角 がモータ7の制御等に利用されないようにするためである。

【 0 0 5 4 】

50

ステップS 19においては、暫定異常時フラグ処理を実行する。すなわち、暫定異常フラグT E Fを“ 1 ”に設定し、暫定異常カウンタ値T C N Tをすべて「 0 」にクリアし、かつ領域フラグF L (1) ~ F L (8)を“ 0 ”に初期設定する。上記領域フラグF L (1) ~ F L (8)は、正弦波相振幅信号A s ()と余弦波相振幅信号A c ()によって規定される座標値が図6の / 4ごとに分割した8個の領域R 1 ~ R 8に存在したことをそれぞれ確認するためのものであり、“ 1 ”により存在確認状態を表す。

【 0 0 5 5 】

ステップS 20においては、異常確定フラグE Fが“ 0 ”であり、かつ暫定異常フラグT E Fが“ 1 ”であるか否かを判定する。暫定異常フラグT E Fは、“ 0 ”によってレゾルバ20が暫定異常状態でないことを表し、“ 1 ”によってレゾルバ20が暫定異常状態であることを表すもので、初期には“ 0 ”に設定されている。

10

【 0 0 5 6 】

このステップS 20が否定判定である場合にはステップS 21を実行せずにステップS 22へ進むが、肯定判定である場合、すなわち、暫定異常状態である場合にはステップS 21に進んで、暫定異常状態から正常状態へ復帰させる正常復帰判定ルーチンを実行する。

【 0 0 5 7 】

上記ステップS 21の正常復帰判定ルーチンは図7に詳しく示す処理であり、ステップS 30にて開始される。ステップS 31では、変数iを1に設定する。そしてステップS 32では、第1乃至第4レゾルバ信号判定値が全て正常か否かを判定する。このステップS 32は図5のステップS 12と同様の処理である。

20

【 0 0 5 8 】

第1乃至第4レゾルバ信号判定値のうち少なくとも一つが異常範囲内にある場合にはステップS 32が否定判定となりステップS 33へ進む。ステップS 33では、全ての領域フラグF L (1) ~ F L (8)を“ 0 ”にクリアする。そして、後述するステップS 39へ進む。

【 0 0 5 9 】

上記ステップS 33の処理は、領域フラグF L (1) ~ F L (8)のいずれかが“ 1 ”に設定されていても、全ての領域フラグF L (1) ~ F L (8)を“ 0 ”にクリアするものである。したがって、正常復帰の検出動作中に第1乃至第4レゾルバ信号判定値の異常が検出された場合には、レゾルバ20の正常復帰判定が最初からふたたび行われることになる。

30

【 0 0 6 0 】

第1乃至第4レゾルバ信号判定値が全て正常範囲内の値である場合にはステップS 32が肯定判定となり、ステップS 34へ進む。ステップS 34では、領域フラグF L (i)が「 1 」であるか否かを判定する。領域フラグ(i)が「 1 」である場合には、ステップS 34が肯定判定となり、ステップS 38に進んで変数iを1増加させた後、前述のステップS 32を再度実行する。

【 0 0 6 1 】

領域フラグ(i)が「 1 」でない場合(「 0 」である場合)には、ステップS 34が否定判定となり、ステップS 35において、回転角 θ が下記式7の不等式を満足するか否かを判定することにより、正弦波相振幅信号A s ()と余弦波相振幅信号A c ()によって規定される座標値が変数iによって指定される領域R iに存在するかを判定する。

40

$$(i - 1) \cdot \frac{\pi}{4} < i \cdot \frac{\pi}{4} \quad \dots \text{式7}$$

そして、その座標値が領域R iに存在すれば、ステップS 35を肯定判定して、ステップS 36にて領域フラグF L (i)を“ 1 ”に設定する。その後、ステップS 37へ進む。これに対して、上記座標値が領域R iに存在しなければ、ステップS 35にて否定判定して、ステップS 36を実行することなくステップS 37へ進む。従って、この場合には領域フラグF L (i)は“ 0 ”に保たれる。

【 0 0 6 2 】

ステップS 37では、変数iが8であるか否かを判定する。否定判定である場合には前

50

述のステップS 3 8に進んで、変数*i*を1増加させた後、ステップS 3 2へ戻る。上記ステップS 3 2乃至S 3 8を繰り返すことにより、領域フラグFL(1)～FL(8)を示す変数*i*を「1」から「8」まで「1」ずつ増加させながら、各領域R 1～R 8について、レゾルバ信号が正常であるか、および、暫定異常状態となった後に正弦波相振幅信号As()と余弦波相振幅信号Ac()によって規定される座標値がその領域R 1～R 8に存在するかを判定することになる。

【0063】

ステップS 3 7が肯定判定である場合、または、前述のステップS 3 3を実行した場合には、ステップS 3 9において、全ての領域フラグRF(1)～RF(8)が“1”であることを判定する。領域フラグRF(1)～RF(8)のいずれかでも“1”でなければ、ステップS 3 9が否定判定となり、ステップS 4 1にて正常復帰判定ルーチンの実行を終了する。そして、図5のステップS 2 2へ進む。

10

【0064】

領域フラグRF(1)～RF(8)が全て“1”である場合にはステップS 3 9が肯定判定となり、この場合にはステップS 4 0にて暫定異常解除フラグCRFを“1”に設定した後に、ステップS 4 1へ進んで正常復帰判定ルーチンの実行を終了する。そして、図5のステップS 2 2へ進む。

【0065】

図5に戻って、ステップS 2 2においては、暫定異常解除フラグCRFが“1”であるか否かを判定する。ステップS 2 2が否定判定である場合にはステップS 2 3乃至S 2 4を実行することなくステップS 2 5へ進む。一方、ステップS 2 2が肯定判定である場合、すなわち、暫定異常解除フラグCRFが“1”となっている場合には、ステップS 2 3にて正常復帰時フラグ処理を実行する。

20

【0066】

このステップS 2 3では、暫定異常フラグTEFを“0”に戻すとともに、暫定異常解除フラグCRFも“0”に戻す。また、第1乃至第4暫定異常カウンタ値TCNT1～4および異常確定カウンタ値CNTも「0」にクリアする。このステップS 2 3の正常復帰時フラグ処理と、ステップS 2 1の正常復帰判定ルーチン、暫定異常解除フラグCRFの状態を判定するステップS 2 2が復帰判定手段に相当する処理である。

【0067】

ステップS 2 3を実行した後は、ステップS 2 4へ進んで出力部3 6に対して回転角の出力再開を指示する。これにより、出力部3 6からは回転角が出力されるようになり、回転角を利用した制御が可能となる。

30

【0068】

ステップS 2 5においては、第1乃至第4異常確定カウンタ値CNT1～4が、それぞれ第1乃至第4異常確定カウンタ値CNT1～4に対して設定された確定判定基準値N1～N4以上であるか否かを判定するものである。なお、これら確定判定基準値N1～N4は、いずれも対応する暫定判定基準値TN1～TN4よりも大きな値である。

【0069】

第1乃至第4異常確定カウンタ値CNT1～4が1つでも確定判定基準値N以上となっている場合には異常確定状態であると判定する(ステップS 2 5を肯定判定する)。そして、ステップS 2 6へ進む。一方、異常確定状態でないと判定した場合には、ステップS 2 8にて図5のルーチンを一旦終了する。

40

【0070】

ステップS 2 6では、異常確定フラグEFを“1”に設定する。このステップS 2 6および直前の判定処理(ステップS 2 5)、その判定処理に用いる第1乃至第4異常確定カウンタ値CNT1～4を増加させる処理(ステップS 1 4乃至S 1 6)が異常確定手段に相当する処理である。

【0071】

ステップS 2 6を実行した場合、以降、ステップS 1 1にて肯定判定されるので、ステ

50

ップS 12 ~ S 27の処理が実行されなくなる。したがって、出力部36は回転角 θ の出力を禁止された状態に維持されて、回転角 θ の利用が停止される。

【0072】

前記ステップS 26の処理後、ステップS 27にて、図示しない警報装置およびダイアグ記録装置による異常警報の発生およびダイアグ記録をそれぞれ制御する。その後、ステップS 28にて図5のルーチンを一旦終了する。

【0073】

以上、説明した本実施形態によれば、図5のステップS 12において、正弦波相振幅信号 $A_s(\)$ と余弦波相振幅信号 $A_c(\)$ またはそれらの一方に基づいて定まる第1乃至第4レゾルバ信号判定値が異常範囲内にあることが繰り返し判定されると、まず、ステップS 17が肯定判定となって暫定異常状態に決定される。そして、第1乃至第4レゾルバ信号判定値が異常範囲内にある状態がさらに継続した場合には、ステップS 25が肯定判定となって異常確定状態に決定される。しかし、ステップS 21乃至23の処理が設けられており、所定の条件が成立すると暫定異常状態から正常状態へと復帰させるようにしているため、不必要に異常が検出されることが防止される。

【0074】

また、暫定異常状態から正常状態へと復帰させる条件は、逐次計算される回転角 θ が0でないし2に渡って変化したという条件に加えて、回転角 θ が0でないし2に渡って変化する間に逐次取り出される正弦波相振幅信号 $A_s(\)$ および余弦波相振幅信号 $A_c(\)$ に基づいて定まる第1乃至第4レゾルバ信号判定値が異常範囲内にないことも条件としている。そのため、回転角 θ が0でないし2に渡って変化したとしても、正弦波相振幅信号 $A_s(\)$ や余弦波相振幅信号 $A_c(\)$ が過大または過小である場合には正常状態へと復帰しないことになり、適切に正常状態へと復帰させることができる。

【0075】

以上、本発明の実施形態を説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、次の実施形態も本発明の技術的範囲に含まれ、さらに、下記以外にも要旨を逸脱しない範囲内で種々変更して実施することができる。

【0076】

たとえば、前述の実施形態においては、0 ~ 2に渡る回転角 θ の検出可能性の判定のために、 $\theta/4$ ごとに分割した領域R 1 ~ R 8を用いたが、これらの領域R 1 ~ R 8に関しては、 $\theta/4$ よりも細かく分割したり、粗く分割したりしてもよい。

【0077】

また、前述の実施形態においては、4つのレゾルバ信号判定値を用いて回転角検出装置の異常を検出していたが、それら4つのレゾルバ信号判定値を全て用いる必要はなく、いずれか少なくとも1つのレゾルバ信号判定値を用いればよい。また、復帰判定手段において用いるレゾルバ信号判定値は、異常判定手段において用いるものと同一のものであることが好ましいが、異なる種類のレゾルバ信号判定値であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図1】モータ制御回路Mcの構成を示すブロック図である。

【図2】図1の電気角演算回路30および異常検出回路50の構成を詳しく示す図である。

【図3】レゾルバ20の入出力信号波形を示す図である。

【図4】正弦波相出力信号 $A_s(\)$ および余弦波相出力信号 $A_c(\)$ の中に含まれる正弦波状の信号を拡大して示す波形図である。

【図5】図2の状態決定部53において実行される状態決定プログラムのフローチャートである。

【図6】正弦波相振幅信号 $A_s(\)$ および余弦波相振幅信号 $A_c(\)$ によって規定される座標を説明する図である。

【図7】図5のステップS 21の正常復帰判定ルーチンを詳しく示すフローチャートであ

10

20

30

40

50

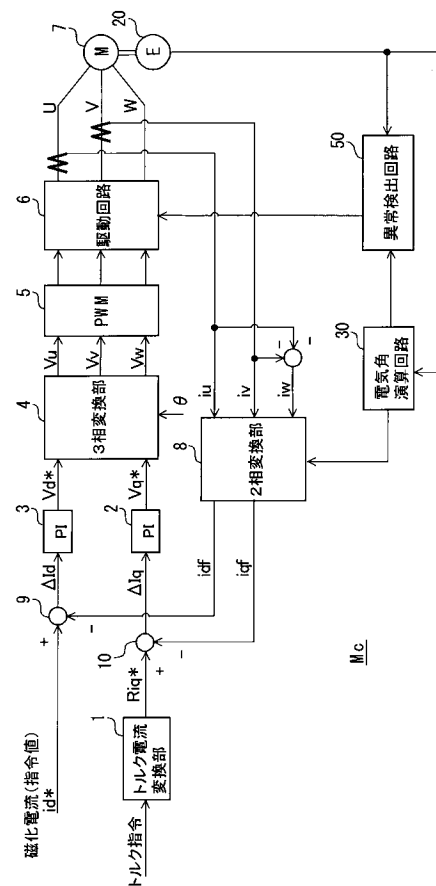
る。

【符号の説明】

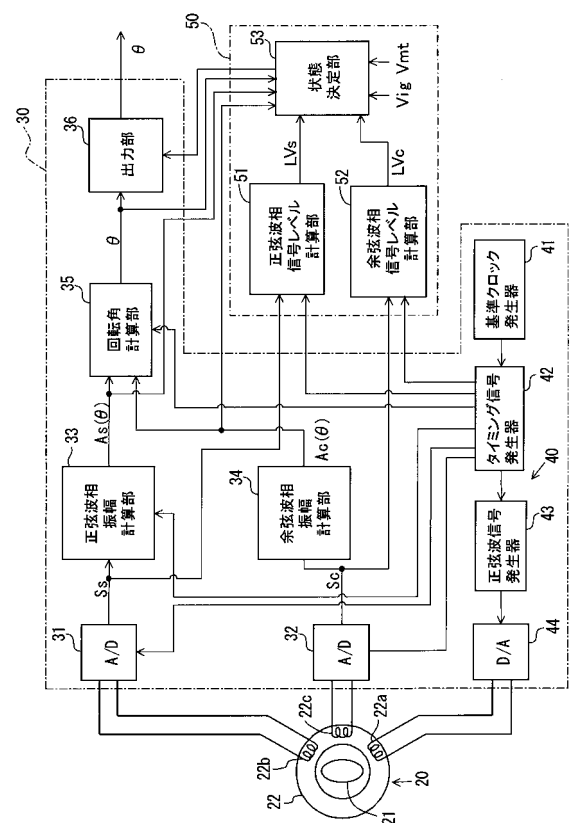
【0079】

20 : レゾルバ、 21 : ロータ、 22 : ステータ、 30 : 電気角演算回路、
 33 : 正弦波相振幅計算部、 34 : 余弦波相振幅計算部、 35 : 回転角計算部、
 40 : 励磁信号出力回路、 50 : 異常検出回路、 51 : 正弦波相信号レベル計算部、
 52 : 余弦波相信号レベル計算部、 53 : 状態決定部、 S12 : 異常判定手段、
 S13、S17 : 暫定異常決定手段、 S14~16、S25、26 : 異常確定手段、
 S21~23 : 復帰判定手段

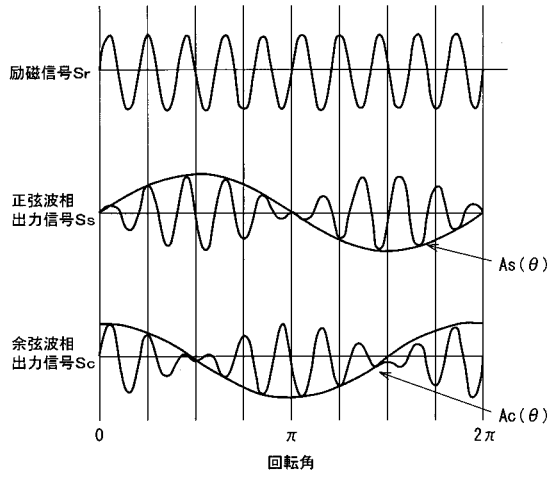
【図1】



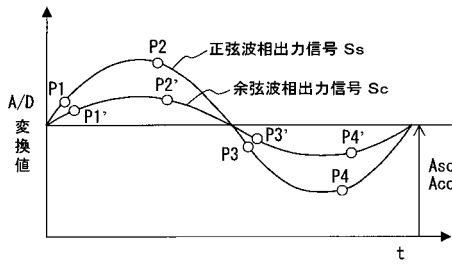
【図2】



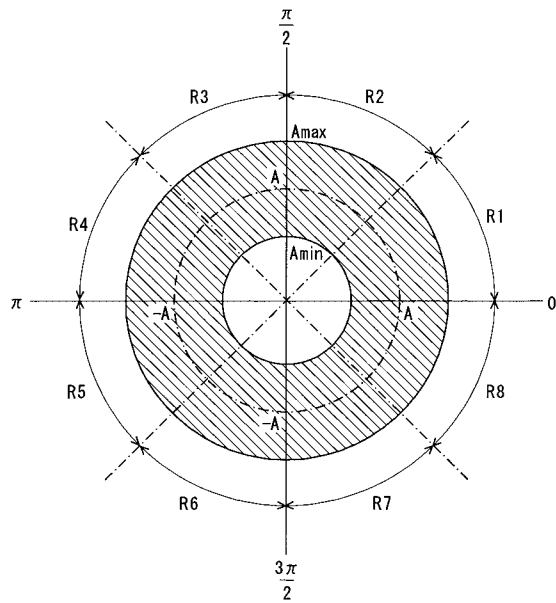
【図3】



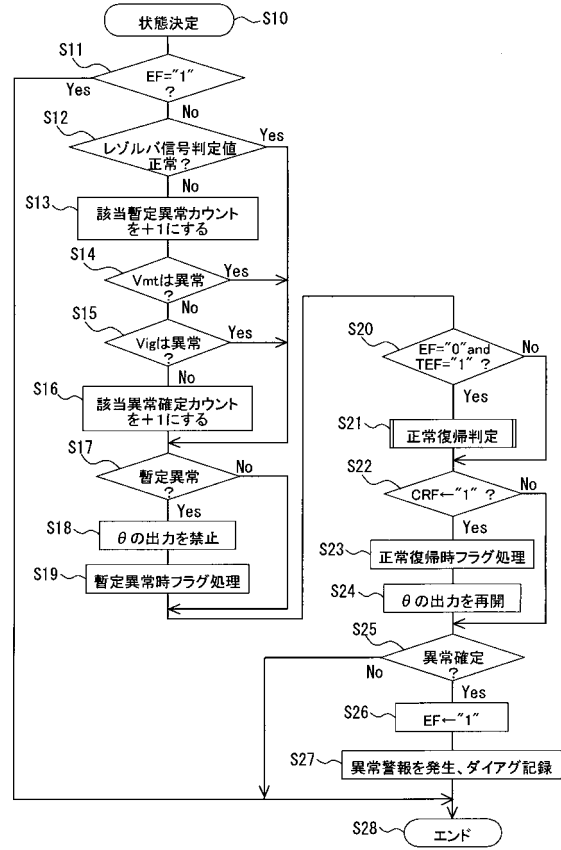
【図4】



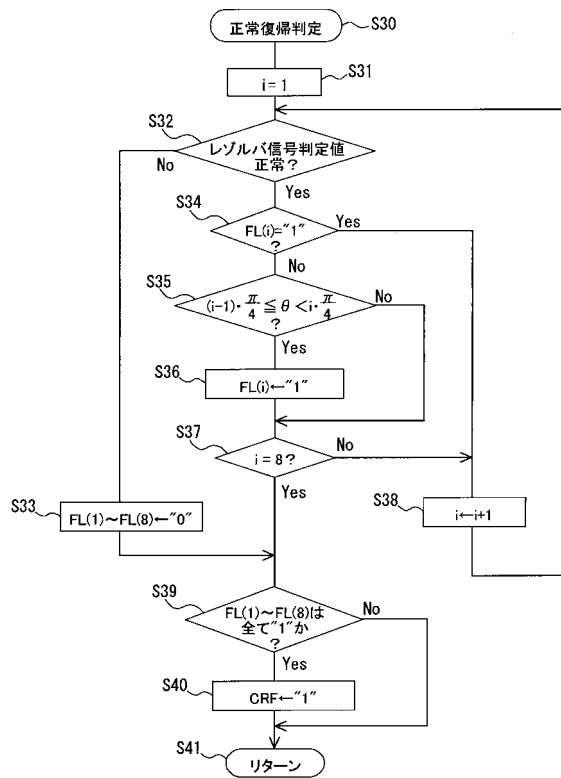
【図6】



【図5】



【図7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006 - 177750 (JP, A)
特開2006 - 078392 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5/00 - 5/252

G01D 5/39 - 5/62