

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-158389
(P2011-158389A)

(43) 公開日 平成23年8月18日(2011.8.18)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G01D 5/245 (2006.01)	G01D 5/245 201L	2F077
B62D 6/00 (2006.01)	B62D 6/00 ZYW	3D232
B62D 5/04 (2006.01)	B62D 5/04	3D233
B62D 101/00 (2006.01)	B62D 101:00	
B62D 111/00 (2006.01)	B62D 111:00	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-21420 (P2010-21420)
(22) 出願日 平成22年2月2日(2010.2.2)

(71) 出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(74) 代理人 110000213
特許業務法人プロスペック特許事務所
(72) 発明者 柴田 憲治
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72) 発明者 宮田 正浩
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
Fターム(参考) 2F077 AA01 AA03 CC02 DD07 FF34
NN22 PP26 QQ05 TT26 TT31
TT42 TT66 TT71 TT82

最終頁に続く

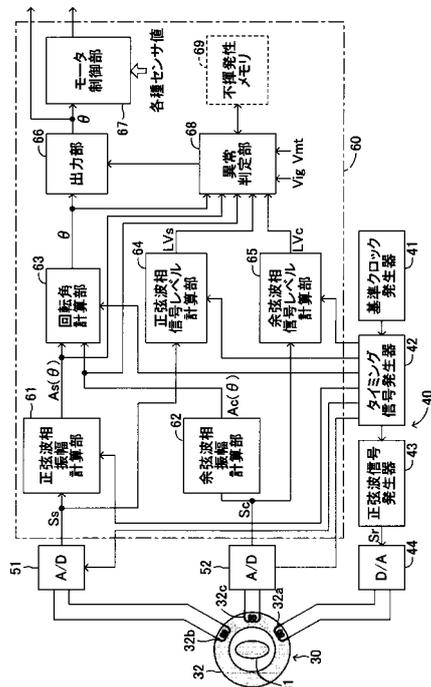
(54) 【発明の名称】 回転角検出装置のための異常検出装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 レゾルバを用いた回転角検出装置の正常または異常を的確に速やかに検出する。

【解決手段】 レゾルバ30は、正弦波信号により励磁されてロータ31のステータ32に対する回転角に応じて振幅変調され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。正弦波相振幅計算部61および余弦波相振幅計算部62は正弦波相および余弦波相出力信号の振幅を計算し、回転角計算部63がこれらの振幅を用いて回転角 θ を計算する。異常判定部68は、前記各振幅の2乗和平方根が継続して所定の範囲内でないときレゾルバ30の異常を暫定的に確定する。この状態において、判定部68は、レゾルバ30が暫定的に正常であるとき、モータ制御部67と協働してモータを強制的に回転させ、計算された回転角がロータ31のステータ32に対する $0 \sim 2\pi$ に渡る回転を表したとき正常に復帰したと判定する。

【選択図】 図2



【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、同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、
 回転角検出装置の異常を判定する異常判定手段と、を備えた回転角検出装置のための異常検出装置において、
 前記異常判定手段によって回転角検出装置の異常が判定された後、予め設定された所定の条件を満たして回転角検出装置が異常ではないとみなせるとき、前記ロータを回転させて回転角検出装置が正常に復帰したか否かを判定する正常復帰判定手段を設けた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。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載した回転角検出装置のための異常検出装置において、
 前記予め設定された所定の条件は、
 所定時間だけ継続して前記異常判定手段による回転角検出装置の異常が判定されない条件である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。

20

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載した回転角検出装置のための異常検出装置において、
 前記正常復帰判定手段は、
 前記ロータの回転に伴い、前記回転角計算手段によって計算された回転角がロータのステータに対する $0 \sim 2\pi$ に渡る回転を表したとき、回転角検出装置が正常に復帰したと判定する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。

30

【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 のうちのいずれか一つに記載した回転角検出装置のための異常検出装置において、
 前記回転角検出装置は車両の操舵装置における回転部の回転角を検出するものであり、
 車両の運転状態量を検出する運転状態量検出手段を備え、
 前記正常復帰判定手段は、
 前記運転状態量検出手段によって検出された車両の運転状態量に応じて前記ロータを回転させる回転速度を変更する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。

【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て、回転角検出装置の異常を検出する回転角検出装置のための異常検出装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

従来から、例えば、下記特許文献 1 に示すように、所定の周期波形を有する励磁信号をレゾルバに供給し、レゾルバのロータのステータに対する回転角（ただし、電気角）に応じてそれぞれ正弦波状に振幅変調されるとともに、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レゾルバから入力して、これらの正弦波相出力信号および余弦波相出力信号の正弦波状に変化する各振幅を正弦波相振幅信

50

号 $A_s(\)$ および余弦波相振幅信号 $A_c(\)$ として取り出し、正弦波相振幅信号 $A_s(\)$ および余弦波相振幅信号 $A_c(\)$ を用いてロータのステータに対する回転角を計算する回転角検出装置はよく知られている。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。

【0003】

この種の回転検出装置においては、同装置が正常状態にあって、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、正弦波相振幅信号 $A_s(\)$ は $A \cdot \sin$ と表されるとともに、余弦波相振幅信号 $A_c(\)$ は $A \cdot \cos$ と表される。したがって、前記状態では、正弦波相振幅信号値 $A_s(\)$ と余弦波相振幅信号 $A_c(\)$ で特定される座標点は、図 8 の一点鎖線で示す円上を移動する。一方、回転角検出装置に異常が発生すると、正弦波相振幅信号 $A_s(\)$ および余弦波相振幅信号 $A_c(\)$ は、 $A \cdot \sin$ および $A \cdot \cos$ からずれ、それらの信号値 $A_s(\)$, $A_c(\)$ によって特定される座標位置の軌跡は、例えば図 8 に破線楕円または実線楕円で示すように変化する。図 8 の 2 つの実線円間の領域 (ドットで示す領域) は、回転角検出装置が正常とみなされる範囲であり、前記両楕円の場合には、前記座標位置は正常範囲と異常範囲を出たり入ったりする。

10

【0004】

したがって、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) が所定の範囲内にないことが継続して検出されるとき、回転検出器の異常を判定するようにすると、前記継続の度合いにより、回転角検出装置に異常が発生していても異常が判定されず、また正弦波相振幅信号 $A_s(\)$ および余弦波相振幅信号 $A_c(\)$ が一時的に的確な値でないだけで回転角を検出可能であっても異常判定がなされてしまう可能性がある。

20

【0005】

このことに対して、本願出願人は、下記特許文献 2 に示すように、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) が所定の範囲内にないことが継続して検出されるときに、回転角検出装置 (レゾルバ) の異常を暫定的に確定し、この状態がさらに継続すると回転角検出装置 (レゾルバ) の異常を確定する回転角検出装置のための異常検出装置を提案している。そして、この異常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(\)$ を用いて計算した回転角がロータのステータに対する $0 \sim 2$ に渡る回転を表したとき、異常確定を回避するようになっている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開平 9 - 7 2 7 5 8 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 6 - 1 7 7 7 5 0 号公報

【発明の概要】

40

【0007】

ところで、上記特許文献 2 に示した従来の回転角検出装置のための異常検出装置においては、異常確定を回避するためには、ロータはステータに対して $0 \sim 2$ に渡って回転することが必要である。この場合、例えば、車両の操舵装置に設けられたモータに回転角検出装置を適用した場合を想定すると、通常、回転角検出装置に異常が発生したとき (異常の発生が疑われるときを含む) には、モータの回転を禁止するため、ロータの回転が阻害される。したがって、ロータがステータに対して $0 \sim 2$ に渡って回転するには、例えば、路面から入力される外力によって回転するほかなく、これにより、異常確定を回避する、言い換えれば、正常に復帰したと判定するまでに時間がかかる場合がある。

【0008】

50

本発明は、上記した問題に対処するためになされたものであり、その目的は、レゾルバを用いた回転角検出装置の異常を的確に検出するとともに速やかに正常復帰させる回転角検出装置のための異常検出装置を提供することにある。

【0009】

上記目的を達成するために、本発明の特徴は、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、同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、回転角検出装置の異常を判定する異常判定手段と、を備えた回転角検出装置のための異常検出装置において、前記異常判定手段によって回転角検出装置の異常が判定された後、予め設定された所定の条件を満たして回転角検出装置が異常ではないとみなせるとき、前記ロータを回転させて回転角検出装置が正常に復帰したか否かを判定する正常復帰判定手段を設けたことにある。この場合、前記予め設定された所定の条件は、例えば、所定時間だけ継続して前記異常判定手段による回転角検出装置の異常が判定されない条件であるとよい。

10

【0010】

これらの場合、前記正常復帰判定手段は、例えば、前記ロータの回転に伴い、前記回転角計算手段によって計算された回転角がロータのステータに対する $0 \sim 2\pi$ に渡る回転を表したとき、回転角検出装置が正常に復帰したと判定するとよい。

20

【0011】

また、これらの場合、例えば、前記回転角検出装置は車両の操舵装置における回転部の回転角を検出するものであり、車両の運転状態量を検出する運転状態量検出手段を備え、前記正常復帰判定手段は、前記運転状態量検出手段によって検出された車両の運転状態量に応じて前記ロータを回転させる回転速度を変更するとよい。

【0012】

これらによれば、異常判定手段によって回転角検出装置の異常が判定された後、正常復帰判定手段は、回転角検出装置が異常ではないとみなせる予め設定された所定の条件（例えば、所定時間だけ継続して異常判定手段によって回転角検出装置の異常が判定されない条件）を満たしていれば、レゾルバのロータを積極的に（強制的に）回転させることができる。そして、図8の実線楕円で示すように、回転角 θ が $0 \sim 2\pi$ に渡って検出可能である状態が確認された場合には、正常復帰判定手段は、回転角検出装置が正常に復帰したと判定することができる。

30

【0013】

このように、正常復帰判定手段は、ロータを回転させることにより、速やかに、回転角 θ が $0 \sim 2\pi$ に渡って検出可能である状態であるか否かを確認することができるため、前記検出可能な状態にある（正常状態にある）回転角検出装置を速やかに正常復帰させることができる。ここで、特に、本願発明に係る回転角検出装置が車両の操舵措置における回転部の回転角を検出するものである場合には、車両の運転状態量に応じて、正常復帰判定手段はロータの回転速度を変更することができる。これにより、回転角 θ が $0 \sim 2\pi$ に渡って検出可能である状態であるか否かを確認する際のロータの回転に伴う車両挙動への影響を極めて小さくすることができる。例えば、車両の運転状態量として車速を用いた場合には、正常復帰判定手段は、車速が小さい（低速時）においてロータを速やかに回転させ、車速の増加に伴ってロータの回転速度を低下させるようにすることにより、高速走行時における車両挙動に対する影響をなくすことができる。

40

【0014】

なお、前記のような異常検出装置において、前記異常判定手段を、回転角検出装置の異

50

常を検出する異常検出手段と、前記異常検出手段によって回転角検出装置の異常が継続して検出されたとき、回転角検出装置の異常を暫定的に確定する異常暫定確定手段と、前記異常検出手段によって回転角検出装置の異常が、前記異常暫定確定手段による異常の暫定的な確定の場合よりも長く継続して検出されたとき、回転角検出装置の異常を確定する異常確定手段とで構成することができる。さらに、この場合、前記異常暫定確定手段を、前記異常検出手段によって回転角検出装置の異常が検出されるごとにカウント値を増加させるカウント手段と、前記カウント手段によるカウント値が所定値以上になったとき、回転角検出装置の異常を暫定的に確定する比較判定手段とで構成することができ、前記正常復帰判定手段は、前記所定の条件として、前記比較判定手段によって前記カウント値が前記所定値以上であると判定され、かつ、前記カウント値が増加することなく所定時間だけ継続する条件を満たしているときに、前記ロータを回転させて回転角検出装置が正常に復帰したか否かを判定することができる。

【0015】

また、前記のような異常検出装置において、さらに、異常判定手段によって回転角検出装置の異常が判定されたとき、回転角計算手段によって計算された回転角の出力を禁止する出力禁止手段を設けることもできる。これによれば、回転角検出装置の異常が判定されて、回転角検出装置の異常発生の可能性が高い場合には、検出された回転角の出力が禁止されるために、異常な回転角を用いた不適格な制御を回避できる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の一実施形態に係り、本発明に係る回転角検出装置のための異常検出装置を適用した車両の操舵装置の全体概略図である。

【図2】図1の電気制御回路およびレゾルバを詳細に示す機能ブロック図である。

【図3】図2の異常判定部により実行される異常検出プログラムのフローチャートである。

【図4】図3の異常検出プログラム中の正常復帰判定ルーチンを詳細に示すフローチャートである。

【図5】(A)は励磁信号の波形図であり、(B)は正弦波相出力信号の波形図であり、(C)は余弦波相出力信号の波形図である。

【図6】正弦波相出力信号および余弦波相出力信号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7】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波形図である。

【図8】正弦波相振幅信号値と余弦波相振幅信号値とによって規定される座標値の軌跡を示す図である。

【図9】図2の異常判定部が異常検出プログラムおよび正常復帰判定ルーチンを実行することによる判定状態を説明するための図である。

【図10】上記実施形態の変形例に係り、車速と回転速度ゲインとの関係を示すグラフである。

【図11】上記実施形態の変形例に係り、本発明に係る回転角検出装置のための異常検出装置を適用した車両の後輪操舵装置の全体概略図である。

【図12】上記実施形態の変形例に係る異常検出プログラムの一部を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。図1は、本発明に係る回転角検出装置のための異常検出装置の適用例としての車両の操舵装置を示している。

【0018】

この車両の操舵装置は、操舵ハンドル11に上端を一体回転するように接続したステアリングシャフト12を備え、同シャフト12の下端にはピニオンギア13が一体回転する

ように接続されている。ピニオンギア 13 は、ラックバー 14 に形成されたラック歯と噛み合ってラックアンドピニオン機構を構成する。ラックバー 14 の両端には左右前輪 FW1, FW2 が操舵可能に接続されており、左右前輪 FW1, FW2 はステアリングシャフト 12 の軸線回りの回転に伴うラックバー 14 の軸線方向の変位に応じて左右に操舵される。

【0019】

ステアリングシャフト 12 の中間部には、操舵ハンドル 11 の操舵角に対する左右前輪 FW1, FW2 の操舵角の比を変更するためのステアリングギア比可変機構 15 が設けられている。また、ラックバー 14 には、操舵ハンドル 11 の回動操作をアシストするための操舵アシスト機構 16 が設けられている。なお、この操舵アシスト機構 16 をステアリングシャフト 12 の中間部に組み付けるようにしてもよい。ステアリングギア比可変機構 15 および操舵アシスト機構 16 内には、モータ 15a, 16a がそれぞれ内蔵されているとともに、モータ 15a, 16a の回転角をそれぞれ検出するための本発明に係したレゾルバ 15b, 16b がそれぞれ内蔵されている。

10

【0020】

これらのモータ 15a, 16a およびレゾルバ 15b, 16b には、電気制御回路 20 が接続されている。電気制御回路 20 は、それぞれ複数の A/D 変換器、D/A 変換器、CPU、ROM、RAMなどを備えたマイクロコンピュータ装置、駆動回路などからなる。電気制御回路 20 は、レゾルバ 15b, 16b との協働によってモータ 15a, 16a の回転角を検出するとともに、各種運転状態量センサ 21 からの車両の各種運転状態量を表す信号を入力し、検出したモータ 15a, 16a の回転角および入力した車両の各種運転状態量を用いて、モータ 15a, 16a の回転を制御することによってステアリングギア比および操舵アシスト力を制御する。各種運転状態量センサ 21 には、車速を検出するための車速センサ、操舵ハンドル 11 の操舵角を検出するための操舵角センサ、操舵ハンドル 11 に付与される操舵トルクを検出するための操舵トルクセンサ、車両のヨーレートを検出するためのヨーレートセンサ、車両の横加速度を検出するための横加速度センサなどが含まれる。

20

【0021】

電気制御回路 20 には、バッテリー 22 が直接およびイグニッションスイッチ 23 を介して接続されている。これにより、電気制御回路 20 にバッテリー電圧が電源電圧として供給されるとともに、電気制御回路 20 にてイグニッションスイッチ 23 のオン・オフが検出されるようになっている。なお、図 1 では、ステアリングギア比可変機構 15 および操舵アシスト機構 16 の両方を備えるようにしたが、両機構 15, 16 のうちの一方を備えるようにしてもよい。

30

【0022】

次に、電気制御回路 20 内に設けられて、レゾルバ 30 を用いた回転角検出装置および同装置のための異常検出装置について図 2 を用いて説明する。レゾルバ 30 は前記レゾルバ 15b, 16b に対応するもので、中心軸を共通とする断面楕円かつ柱状のロータ 31 および環状のステータ 32 からなる。ステータ 32 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 32a、正弦波相コイル 32b および余弦波相コイル 32c のみを示す。このレゾルバ 30 においては、励磁コイル 32a に正弦波状に周期的に変化する図 5 (A) に示す励磁信号 S_r を与えて、ロータ 31 をステータ 32 に対して回転させると、正弦波相コイル 32b からは図 5 (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 32c からは図 5 (C) に示す余弦波相出力信号 S_c が出力される。

40

【0023】

ここで、レゾルバ 30 においては、ロータ 31 の断面が楕円状であるため、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、ロータ 31 のステータ 32 に対する回

50

転角（ただし、電気角）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する。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、ロータ31のステータ32に対する回転角ごとに、励磁信号 S_r に対してそれぞれ逆相になる。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5（B）（C）に実線で示している。また、正弦波相振幅信号 A_s （ ）と余弦波相振幅信号 A_c （ ）は、図5（B）（C）および図7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。図6は、正弦波相出力信号 S_s および余弦波相出力信号 S_c のうちで、図5の t で示すように、励磁信号 S_r の1周期に相当する部分を拡大して示している。

【0024】

励磁コイル32aには、所定の周期波形を有する励磁信号 S_r としての正弦波信号を出力する励磁回路40が接続されている。励磁回路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およびD/A変換器44からなる。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は、前記クロック信号を入力して、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。正弦波信号発生器43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対応させて記憶した正弦波テーブルを備えており、タイミング信号発生器42からのタイミング制御信号によって制御されて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。D/A変換器44は、正弦波信号発生器43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32aに励磁信号 S_r （ $= A_r \cdot \sin t$ ）として供給する。

【0025】

正弦波相コイル32bおよび余弦波相コイル32cには、A/D変換器51, 52がそれぞれ接続されている。A/D変換器51, 52は、タイミング信号発生器42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変換して、マイクロコンピュータ装置60に供給する。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、すなわち正弦波相出力信号 S_s および余弦波相出力信号 S_c に含まれる励磁信号 S_r の1周期分に相当する振幅変調された正弦波状の信号を再現できる程度の比較的速いレートである。

【0026】

マイクロコンピュータ装置60は、プログラム処理により各種機能を発揮するものであるが、図2においては、簡単化のために機能ブロック図により示している。この機能ブロック図には、正弦波相振幅計算部61、余弦波相振幅計算部62、回転角計算部63、正弦波相信号レベル計算部64、余弦波相信号レベル計算部65、出力部66、モータ制御部67および異常判定部68が含まれている。

【0027】

正弦波相振幅計算部61は、A/D変換器51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を入力する。そして、正弦波相振幅計算部61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で表わされる近似曲線 $P_s(t)$ の振幅値 A_s （ ）およびオフセット値 A_{so} 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_{so} は、正弦波相出力信号 S_s のバイアス電圧値に相当する。

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

そして、この計算された振幅値 A_s （ ）（図5（B）および図7の正弦波相振幅信号 A_s （ ））が回転角計算部63に供給される。

【0028】

余弦波相振幅計算部62は、A/D変換器52からの余弦波相出力信号 S_c およびタイ

10

20

30

40

50

ミング信号発生器42からのタイミング制御信号を入力する。そして、余弦波相振幅計算部62は、正弦波相振幅計算部61の場合と同様にして、余弦波相出力信号Scのうちで励磁信号Sr(=Ar・sin t)の1周期相当の複数のサンプリング値を、励磁信号Sr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で表わされる近似曲線Pc(t)の振幅値Ac()およびオフセット値Acoを計算する。

$$Pc(t) = Ac() \cdot \sin t + Aco \quad \dots \text{式2}$$

そして、この計算された振幅値Ac() (図5(C)および図7の余弦波相振幅信号Ac())が回転角計算部63に供給される。また、この場合も、オフセット値Acoは、余弦波相出力信号Scのバイアス電圧値に相当するもので、前記正弦波相出力信号Ssのオフセット値Asoに略等しい。

10

【0029】

回転角計算部63は、前記入力した正弦波相振幅信号As()および余弦波相振幅信号Ac()を用いた下記式3の演算の実行により、ロータ31のステータ32に対する回転角 (ただし、電気角)を計算する。

$$= \tan^{-1} (As() / Ac()) \quad \dots \text{式3}$$

これは、正弦波相振幅信号As()および余弦波相振幅信号Ac() (図5(B)(C)および図7参照)は、互いに /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。なお、高精度な正弦波相振幅信号As()および余弦波相振幅信号Ac()が得られれば、前記両信号As(), Ac()の振幅は互いに等しい。

20

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

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

前記式4, 5における値Aは、レゾルバ30およびその周辺の回路電圧によって決まる値である。

【0030】

正弦波相信号レベル計算部64は、A/D変換器51からの正弦波相出力信号Ss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を入力する。そして、正弦波相信号レベル計算部64は、正弦波相出力信号Ssの1周期(励磁信号Sr(=Ar・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Ssの平均値を計算して、同平均値を正弦波相信号レベル値LVsとして出力する。例えば、図6に示すように、正弦波相出力信号Ssの1周期分のサンプリング値の中から /2間隔の4点P1~P4を指定し、4点P1~P4の信号値の平均値を算出して正弦波相信号レベル値LVsとして出力する。なお、この正弦波相信号レベル値LVsは、正弦波相出力信号Ssが正常であれば、前述したオフセット値Asoに等しい。

30

【0031】

余弦波相信号レベル計算部65は、A/D変換器52からの余弦波相出力信号Sc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を入力する。そして、余弦波相信号レベル計算部65は、正弦波相信号レベル値LVsの場合と同様に、余弦波相出力信号Sc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Scの平均値を計算して、同平均値を余弦波相信号レベル値LVcとして出力する。この場合も、例えば、図6に示すように、余弦波相出力信号Scの1周期分のサンプリング値の中から /2間隔の4点P1'~P4'を指定し、4点P1'~P4'の信号値の平均値を算出して余弦波相信号レベル値LVcとして出力する。なお、この余弦波相信号レベル値LVcは、余弦波相出力信号Scが正常であれば、前述したオフセット値Acoに等しい。

40

【0032】

出力部66は、回転角計算部63によって計算された回転角 を、モータ制御部67および他の車両制御用のマイクロコンピュータ装置に出力するもので、異常判定部68により前記出力の有無が制御される。モータ制御部67は、前記出力された回転角 に加えて

50

、図1の各種運転状態量センサ21からの各種センサ値に応じてモータ15a, 16aの回転を制御する。

【0033】

異常判定部68は、図3に示す異常検出プログラム(図4の正常復帰判定ルーチンを含む)を所定の短時間ごとに繰り返し実行することにより、レゾルバ30およびその周辺回路の異常すなわち回転角検出装置の異常(以下、単にレゾルバ30の異常という)を判定して、出力部66による回転角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。このレゾルバ30の異常判定のために、異常判定部68には、正弦波相振幅計算部61からの正弦波相振幅信号 A_s ()、余弦波相振幅計算部62からの余弦波相振幅信号 A_c ()、回転角計算部63からの回転角、正弦波相信号レベル計算部64からの正弦波相信号レベル値 LVs および余弦波相信号レベル計算部65からの余弦波相信号レベル値 LVc に加え、バッテリー22からの電源電圧値 V_{ig} および励磁コイル32a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。

10

【0034】

次に、図3に示す異常検出プログラム(図4の正常復帰判定ルーチンを含む)に沿って、異常判定部68の処理について詳細に説明する。異常検出プログラムの実行は、イグニッションスイッチ23の投入により、すなわちレゾルバ30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。異常判定部(すなわち、マイクロコンピュータ装置)68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30の異常未確定状態を表し、"1"によってレゾルバ30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、異常判定部68は、ステップS11にて「No」と判定して、ステップS12に進む。

20

【0035】

ステップS12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 ()を用いた下記式6の演算の実行により、両信号値 A_s (), A_c ()の2乗値の和の平方根 A_{ss} を計算する。なお、以下においては、この平方根 A_{ss} を2乗和平方根という。

30

$$A_{ss} = (A_s()^2 + A_c()^2)^{1/2} \quad \dots \text{式6}$$

この場合、正弦波相振幅信号 A_s ()および余弦波相振幅信号 A_c ()が正常であれば、前述のように、正弦波相振幅信号 A_s ()および余弦波相振幅信号 A_c ()は、それぞれ $A \cdot \sin$, $A \cdot \cos$ であるため、2乗和平方根 A_{ss} は値 A に等しい。また、本実施形態では2乗和平方根 A_{ss} を用いるが、この2乗和平方根 A_{ss} に代えて、両信号 A_s (), A_c ()の2乗値 $A_{ss}^2 (= A_s()^2 + A_c()^2)$ を用いてもよい。

【0036】

そして、レゾルバ30に異常が発生すると、2乗和平方根 A_{ss} は値 A からのずれ量が大きくなる。ここで、正弦波相振幅信号 A_s ()および余弦波相振幅信号 A_c ()の特性について説明しておく。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8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。そして、前記座標位置は、レゾルバ30およびその周辺回路の誤差により、レゾルバ30に異常が発生しなくても、前記半径 A の円から多少ずれる。一方、レゾルバ30に異常が発生すると、前記座標位置は前記半径 A の円から大きくずれる。図8の半径 A_{max} および半径 A_{min} の両実線円で挟まれた領域(図示、ドットで示す領域)は、レゾルバ30に異常が発生していないとみなされる領域である。

40

【0037】

50

ふたたび、図3の異常検出プログラムの説明に戻ると、ステップS13においては、異常判定部68は、2乗和平方根 A_{ss} が両値 A_{min} 、 A_{max} によって規定される範囲内にあるか、すなわちレゾルバ30に異常が発生しているか否かを判定する。2乗和平方根 A_{ss} が両値 A_{min} 、 A_{max} によって規定される範囲内であれば、ステップS13にて「Yes」と判定してステップS18に進む。ステップS18においては、異常暫定確定カウント値 $TCNT$ が所定値 $N1$ 以上であるか否かを判定する。この異常暫定確定カウント値 $TCNT$ は、前記ステップS13の処理によってレゾルバ30の異常が検出されるごとに「1」ずつカウントアップされるもので、初期には「0」に設定されている。したがって、この場合には、ステップS18にて「No」と判定してステップS21に進む。

10

【0038】

ステップS21においては、異常確定フラグ EF が「0」であり、かつ異常暫定確定フラグ TEF が「1」であるか否かを判定する。異常暫定確定フラグ TEF は、「0」によってレゾルバ30の異常の未暫定確定状態を表し、「1」によってレゾルバ30の異常暫定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、この場合には、異常判定部68は、ステップS21にて「No」と判定してステップS23に進む。

【0039】

ステップS23においては、暫定確定解除フラグ CRF が「1」であるか否かを判定する。この暫定確定解除フラグ CRF は、通常「0」に設定されていて、レゾルバ30の異常が暫定的に確定された後、レゾルバ30が正常に復帰したことが確認されたときに「1」に設定される。したがって、この場合には、ステップS23にて「No」と判定してステップS26に進む。

20

【0040】

ステップS26においては、異常確定カウント値 CNT が所定値 $N2$ 以上であるか否かを判定する。なお、この所定値 $N2$ は、前記異常暫定確定カウント値 $TCNT$ と比較された所定値 $N1$ よりも大きな値である。この異常確定カウント値 CNT は、前記ステップS13の処理に加えて、後述するステップS15、S16によって電源電圧値 V_{ig} および励磁電圧値 V_{mt} が共に異常でないとして判定されたときに、「1」ずつカウントアップされるもので、初期には「0」に設定されている。したがって、この場合には、ステップS26にて「No」と判定し、ステップS29にてこの異常検出プログラムの実行を一旦終了する。

30

【0041】

そして、2乗和平方根 A_{ss} が正常である限り、言い換えれば、レゾルバ30が正常である限り、上述した異常検出プログラムの処理が繰り返し実行される。そして、レゾルバ30が正常である場合には、異常判定部68は、出力部66による回転角（電気角）の出力を許容する。

【0042】

次に、2乗和平方根 A_{ss} が所定値 A_{min} 、 A_{max} によって規定される範囲内ではなくなった場合、言い換えれば、レゾルバ30に異常が発生した（異常確定）あるいは異常の発生が疑われる（暫定異常）場合について説明する。この場合、前述した図3のステップS13にて「No」と判定され、異常判定部68は、ステップS14にて、異常暫定確定カウント値 $TCNT$ を「1」だけカウントアップする。そして、ステップS15、S16にて、励磁電圧値 V_{mt} および電源電圧値 V_{ig} が、それぞれ正常時における励磁電圧値 V_{mt0} および電源電圧値 V_{ig0} 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 V_{mt} および電源電圧値 V_{ig} が正常であれば、ステップS15、S16にて共に「No」と判定して、異常確定カウント値 CNT を「1」だけカウントアップする。励磁電圧値 V_{mt} および電源電圧値 V_{ig} のいずれか一方でも異常があれば、ステップS15、S16のいずれかにて「Yes」と判定して、ステップS17の処理を実行することなくステップS18に進む。これは、レゾルバ30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S15、S16の判定処理を省略することでも

40

50

きる。

【0043】

異常暫定確定カウント値TCNTは、前述のように、2乗和平方根Assが所定値Amin, Amaxによって規定される範囲でない状態が検出されるごとに、ステップS13, S14の処理によってカウントアップされる。そして、この状態が継続して、異常暫定確定カウント値TCNTが所定値N1以上になると、言い換えれば、異常暫定が確定すると、ステップS18にて「Yes」と判定されて、異常判定部68はステップS19, S20の処理を実行する。ステップS19においては、出力部66に対して回転角（電気角）の出力禁止を指示する。したがって、以降、回転角は無効とみなされ、出力部66からは回転角は出力されなくなる。これは、異常な回転角をモータ15a, 16aの制御に利用されないようにするとともに、他の制御装置においても利用されないようにするためである。なお、ステアリングギア比可変機構15のモータ15aに関しては、ステアリングギア比を固定するために、モータ制御部67はモータ15aに対して回転を許容しないロック制御を実行する。

10

【0044】

ステップS20においては、異常暫定確定フラグTEFを"1"に設定し、かつ領域フラグFL(1)~FL(8)を"0"に初期設定する。この領域フラグFL(1)~FL(8)は、レゾルバ30の異常が前述のようにして暫定的に確定された状態であっても、レゾルバ30が正常に復帰し、またはレゾルバ30が正常であることを確認するために利用されるものである。具体的には、各領域フラグFL(1)~FL(8)は、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図7および図8の / 4ごとに分割した8個の領域R1~R8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。

20

【0045】

前記ステップS20の処理によって異常暫定確定フラグTEFが"1"に設定された直後には、異常確定フラグEFは"0"に保たれているため、異常判定部68は、ステップS21にて「Yes」と判定して、ステップS22の正常復帰判定ルーチンを実行する。したがって、この正常復帰判定ルーチンは、レゾルバ30の異常が最終的に確定されず、暫定的にのみ確定された状態にある限り、異常検出プログラムの実行に合わせて繰り返し実行される。

30

【0046】

正常復帰判定ルーチンの実行は、図4のステップS30にて開始される。異常判定部68は、ステップS31にて正常復帰カウント値RCNTが所定時間だけ継続してカウントアップしているか否かを判定する。正常復帰カウント値RCNTは、異常暫定確定フラグTEFが"1"に設定されてレゾルバ30の異常が暫定的に確定された後において、異常暫定確定カウント値TCNTがカウントアップしない状態であるときに、カウントアップするものである。すなわち、正常復帰カウント値RCNTがカウントアップする状況は、異常検出プログラムの前記ステップS20にて異常暫定確定フラグTEFが"1"に設定されており、その後実行される前記ステップS13にて「Yes」と判定される状況である。

40

【0047】

具体的には、一時的に2乗和平方根Assが所定値Amin, Amaxによって規定される範囲でない状態が検出される状態が継続して異常暫定確定フラグTEFが"1"に設定されたものの、その後、2乗和平方根Assが所定値Amin, Amaxによって規定される範囲内にある状態が検出されると、異常暫定確定カウント値TCNTがカウントアップされずに正常復帰カウント値RCNTがカウントアップされる。すなわち、正常復帰カウント値RCNTがカウントアップしている状況においては、レゾルバ30が暫定的に正常な状態となっている。

【0048】

このため、異常判定部68は、ステップS31にて、正常復帰カウント値RCNTが所

50

定時間だけ継続してカウントアップしていれば、レゾルバ30が暫定的に正常な状態となっているため「Yes」と判定してステップS32に進む。一方、正常復帰カウント値RCNTが所定時間だけカウントアップを継続していない、言い換えれば、異常暫定確定カウント値TCNTがカウントアップしている場合には、「No」と判定してステップS46にて正常復帰判定ルーチンの実行を終了する。

【0049】

ステップS32においては、レゾルバ30が暫定的に正常な状態であるため、異常判定部68は、モータ制御部67と協働してモータ15a, 16aすなわちレゾルバ30のロータ31を強制的に回転させてステップS33に進む。このとき、モータ制御部67は、モータ15a, 16すなわちレゾルバ30のロータ31aを、例えば、電気角で0~2
10
まで強制的に回転させる。なお、前述したように、モータ15aに関しては、異常暫定が確定するとロック制御されているため、モータ制御部67は、このロック制御を解除してモータ15aを強制的に回転させる。

【0050】

異常判定部68は、ステップS33, S34, S37, S38の処理により、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、領域R1~R8のうちで、領域フラグFL(i)が「0」を示す領域に対してステップS35, S36の処理を実行する。すなわち、領域R1~R8のうちで、レゾルバ30の異常の暫定確定後に正弦波相振幅信号As()と余弦波相振幅信号Ac()によつて規定される座標値が存在したことが検出されない領域に対してステップS35, S36
20
の処理を実行する。

【0051】

ステップS35においては、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As()と余弦波相振幅信号Ac()によつて規定される座標値が変数iによって指定される領域Riに存在するかを判定する。

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

そして、前記座標値が領域Riに存在すれば、ステップS35にて「Yes」と判定して、ステップS36にて領域フラグFL(i)を「1」に設定する。前記座標値が領域Riに存在しなければ、ステップS35にて「No」と判定されて、領域フラグFL(i)は「0」に保たれる。
30

【0052】

これらのステップS33~S38の処理後、異常判定部68は、ステップS39にて、モータ制御部67と協働してモータ15a, 16aの回転を停止させる。そして、異常判定部68は、後述するステップS40~S43の処理を経て、ステップS44にて全ての領域フラグFL(1)~FL(8)が「1」であるかを判定する。領域フラグFL(1)~FL(8)のいずれかでも「1」でなければ、ステップS44にて「No」と判定して、ステップS46にて正常復帰判定ルーチンの実行を終了する。

【0053】

前記ステップS13, S15~S17の処理によって異常確定カウント値CNTが所定値N2以上になる前に、全ての領域フラグFL(1)~FL(8)が「1」に設定されると、ステップS44にて「Yes」と判定して、ステップS45にて暫定確定解除フラグCRFを「1」に設定する。暫定確定解除フラグCRFが「1」に設定されると、前記ステップS23にて「Yes」と判定して、ステップS24にて異常暫定確定フラグTEFを「0」に戻す。これにより、レゾルバ30の異常の暫定確定状態は解除される。このことを図8を用いて説明すると、2乗和平方根Assが異常な値を示して異常暫定確定フラグTEFが「1」に設定されても、暫定的に正常な状態において、実線楕円のように回転角θ(電気角)の0~2πに渡る検出が可能になれば、レゾルバ30の異常の暫定確定状態は解除されて、レゾルバ30が正常であることが確定する。なお、図8の破線楕円は、回転角θ(電気角)の0~2πに渡る検出が不能である状態を示している。そして、この図8の破線楕円の場合には、後述するレゾルバ30の異常が確定する。
40
50

【 0 0 5 4 】

また、前記ステップ S 2 4 においては、異常暫定確定カウント値 T C N T および異常確定カウント値 C N T も「 0 」にクリアされるとともに、暫定確定解除フラグ C R F も " 0 " に戻される。そして、ステップ S 2 5 にて、異常判定部 6 8 は、出力部 6 6 に対して回転角（電気角）の出力再開を指示する。したがって、出力部 6 6 からは回転角が出力されるようになり、モータ制御部 6 7 および他の制御装置は回転角を利用した制御が可能となる。

【 0 0 5 5 】

また、正常復帰判定ルーチンにおいては、ステップ S 4 0 ~ S 4 1 の処理も実行される。ステップ S 4 0 においては、正弦波相信号レベル値 L V s が所定値 L V s m i n , L V s m a x によって規定される範囲内にあるか否かを判定することにより、正弦波相信号レベル値 L V s が正常であるか否かを判定する。なお、所定値 L V s m i n , L V s m a x 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 および若干大きな値 A s o + A にそれぞれ予め設定されている。正弦波相信号レベル値 L V s が正常であれば、ステップ S 4 0 にて「 Y e s 」と判定してステップ S 4 1 に進む。一方、正弦波相信号レベル値 L V s が異常であれば、ステップ S 4 0 にて「 N o 」と判定して、ステップ S 4 3 にて全ての領域フラグ F L (1) ~ F L (8) を " 0 " にクリアする。

10

【 0 0 5 6 】

ステップ S 4 1 においては、余弦波相信号レベル値 L V c が所定値 L V c m i n , L V c m a x によって規定される範囲内にあるか否かを判定することにより、余弦波相信号レベル値 L V c が正常であるか否かを判定する。なお、所定値 L V c m i n , L V c m a x 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 および若干大きな値 A c o + A にそれぞれ予め設定されている。余弦波相信号レベル値 L V c が正常であれば、ステップ S 4 1 にて「 Y e s 」と判定してステップ S 4 2 に進む。一方、余弦波相信号レベル値 L V c が異常であれば、ステップ S 4 1 にて「 N o 」と判定して、ステップ S 4 3 にて全ての領域フラグ F L (1) ~ F L (8) を " 0 " にクリアする。

20

【 0 0 5 7 】

ステップ S 4 2 においては、今回の異常検出プログラムの実行時の回転角 n e w と前回の異常検出プログラムの実行時の回転角 o l d との差の絶対値 $| n e w - o l d |$ が所定値以下であるかを判定する。この判定は、回転角（電気角）の大きな変化により、回転角の異常を判定するためのものである。したがって、回転角が正常であれば、ステップ S 4 2 にて「 Y e s 」と判定してステップ S 4 4 に進む。回転角が異常であれば、ステップ S 4 2 にて「 N o 」と判定し、ステップ S 4 3 にて全ての領域フラグ F L (1) ~ F L (8) を " 0 " にクリアする。

30

【 0 0 5 8 】

このステップ S 4 3 の処理は、ステップ S 3 3 ~ S 3 8 の処理により、領域フラグ F L (1) ~ F L (8) のいずれかが " 1 " に設定された状態であっても、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、ステップ S 3 1 ~ S 3 9 , S 4 4 からなるレゾルバ 3 0 の正常復帰の確認動作中に、正弦波相信号レベル値 L V s 、余弦波相信号レベル値 L V c および回転角の異常が検出された場合には、レゾルバ 3 0 の正常復帰の確認のための検出が最初からふたたび行われることになる。

40

【 0 0 5 9 】

一方、レゾルバ 3 0 の異常の暫定的な確定が解除される前に、前記ステップ S 1 3 , S 1 5 , S 1 6 , S 1 7 の処理によってカウントアップされる異常確定カウント値 C N T が所定値 N 2 以上になると、ステップ S 2 6 にて「 Y e s 」と判定してステップ S 2 7 , S 2 8 の処理を実行する。ステップ S 2 7 においては、異常確定フラグ E F を " 1 " に設定する。すなわち、この場合には、レゾルバ 3 0 の異常が確定する。そして、この場合、以降、ステップ S 1 1 にて「 Y e s 」と判定されるため、ステップ S 1 2 ~ S 2 8 の処理が

50

実行されなくなる。したがって、出力部 66 は回転角（電気角）の出力を禁止された状態に維持され、モータ制御部 67 およびその他の制御装置による回転角の利用が停止される。

【0060】

前記ステップ S27 の処理後、異常判定部 68 は、ステップ S28 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。したがって、運転者はレゾルバ 30 の異常に気が付くと同時に、この異常は記録される。

【0061】

以上の作動説明からも理解できるとおり、上記実施形態によれば、図 9 に概略的に示すように、ステップ S13, S14, S18, S20 の処理により、異常暫定確定カウント値 TCNT が所定値 N1 以上となった場合には、レゾルバ 30 の異常が暫定的に確定されて、回転角（電気角）が無効とみなされる。そして、このような状態がさらに継続すると、ステップ S13, S15~S17, S26, S27 の処理により、レゾルバ 30 の異常が確定される。しかし、前記異常が暫定的に確定された後であっても、ステップ S21 の処理によって正常復帰判定ルーチンを実行し、ステップ S31 の処理により復帰カウント値 RCNT が所定時間だけ継続してカウントアップしていれば、レゾルバ 30 が正常であると暫定的に確定される。

【0062】

そして、レゾルバ 30 が暫定的に正常であるときに、ステップ S32 の処理によってモータ 15a, 16a を強制的に回転させることにより、図 8 の実線楕円で示すように、回転角（電気角）が 0~2 に渡って検出可能である状態が確認されるとともに、正弦波相信号レベル値、余弦波相信号レベル値 LVc および回転角（電気角）が正常である場合には、レゾルバ 30 が正常であると確定される。一方、ステップ S26 の処理により異常確定カウント値 CNT が所定値 N2 以上となる、言い換えれば、繰り返し正常復帰判定ルーチンを実行したにもかかわらず、図 8 の破線楕円で示すように、回転角（電気角）が 0~2 に渡って検出可能でない場合のような異常がレゾルバ 30 に発生している場合には、レゾルバ 30 の異常が確定される。

【0063】

ここで、異常判定部 68 は、正常復帰判定ルーチンを実行することにより、モータ 15a, 16a を強制的に回転させることができる。これにより、前述したレゾルバ 30 の正常または異常を速やかに判定することができる。このことは、特にステアリングギア比可変機構 15 のように、モータ 15a が回転しないようにロック制御される場合に有効である。すなわち、モータ 15a がロック制御されて回転しにくい場合には、レゾルバ 30 において回転角（電気角）が 0~2 に渡って検出可能であるか否かを判定するために、例えば、路面からの外力が入力する必要がある時間を経る。これに対して、レゾルバ 30 が正常であると暫定的に確定された状態でモータ 15a を強制的に（積極的に）回転させることにより、レゾルバ 30 において回転角（電気角）が 0~2 に渡って検出可能であるか否かを速やかに判定することができるため、レゾルバ 30 の正常または異常を速やかに判定することができる。

【0064】

また、前記のように異常が暫定的に確定された場合には、ステップ S25 の処理により、出力部 66 による回転角（電気角）の出力が禁止される。したがって、レゾルバ 30 の異常が暫定的に確定されて、レゾルバ 30 の異常発生の可能性が高い場合には、異常な回転角を用いた不適格な制御を回避できる。また、前記回転角の出力禁止状態であっても、回転角（電気角）が 0~2 に渡って検出可能である状態が確認されたとき、すなわちレゾルバ 30 の異常の確定が解除されて正常の確定がなされた場合には、ステップ S25 の処理により、出力部 66 による回転角（電気角）の出力が再開されるため、回転角が有用に利用される。

【0065】

10

20

30

40

50

上記実施形態においては、レゾルバ30が暫定的に正常であるときに、異常判定部68は、正常復帰判定ルーチンのステップS32にてモータ制御部67と協働してモータ15a, 16aを強制的に(積極的に)回転させるように実施した。この場合、モータ15a, 16a(すなわちレゾルバ30)は電気角で0~2°まで回転するのみであるため、左右前輪FW1, FW2の操舵状態に対する影響は小さい。しかしながら、例えば、車両が高速走行している場合には、モータ15a, 16aの回転(回転速度)が左右前輪FW1, FW2の操舵状態に影響を与える可能性がある。

【0066】

このため、モータ制御部67が、各種運転状態量センサ21によって検出される状態量のうち、特に、車速を用いて、モータ15a, 16aの回転速度を制御するように変形して実施することも可能である。すなわち、この場合には、モータ制御部67は、下記式8の演算の実行により、モータ15a, 16aの回転速度を計算し、この計算した回転速度によってモータ15a, 16aを回転させる。

$$Rv = Ka \cdot Kv \quad \dots \text{式 8}$$

ここで、前記式8中のKaは予め設定される回転速度定数であり、Kvは図10に示すように、検出車速の増大に伴って「0」まで変化する回転速度ゲインである。

【0067】

このように、車両の車速に応じて、モータ15a, 16aの回転速度を変更制御することにより、左右前輪FW1, FW2の操舵状態に影響を与えにくい低速域においてモータ15a, 16aを高速で回転させることができ、その結果、レゾルバ30の正常または異常をより速やかに判定することができる。また中・高速域においては、ゲインKvを減少させ、特に、高速域においてゲインKvを「0」とすることができる。これにより、左右前輪FW1, FW2の操舵状態に影響を与えやすい中・高速域においてモータ15a, 16aを低速で回転させ、あるいは、モータ15a, 16aを回転させず車速が低下したときにモータ15a, 16aを低速で回転させることができ、その結果、レゾルバ30の正常または異常の判定に伴う車両の走行挙動の乱れを防止することができる。

【0068】

また、上記実施形態および変形例においては、左右前輪FW1, FW2を操舵する車両の操舵装置を適用例として実施した。この場合、車両の後輪を操舵する車両の後輪操舵装置に対して、本発明に係る回転角検出装置のための異常検出装置を適用して実施することも可能である。以下、詳細に説明するが、上記実施形態と同一部分に同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0069】

この車両の後輪操舵装置は、図11に概略的に示すように、左右後輪RW1, RW2を回転させるための後輪操舵アクチュエータ71と後輪操舵機構72を備えている。後輪操舵アクチュエータ71は、左右後輪RW1, RW2を操舵させる操舵力を発生するモータ71aが内蔵されているとともに、モータ71aの回転角を検出するための本発明に関連したレゾルバ71bが内蔵されている。後輪操舵機構72は、周知のギア機構を有していて、モータ71aの回転を減速するとともにこの減速された回転運動を軸線方向運動に変換するものである。そして、後輪操舵機構72は、例えば、トーコントロールアームを介して左右後輪RW1, RW2に接続されている。

【0070】

この構成により、運転者による操舵ハンドル11の回動操作に応じて、すなわち、左右前輪FW1, FW2の転舵に合わせて後輪操舵アクチュエータ71のモータ71aが回転駆動し、後輪操舵機構72によって減速された回転が軸線方向運動に変換される。そして、この軸線方向運動がトーコントロールアームに伝達され、このトーコントロールアームに接続された左右後輪RW1, RW2が左右に転舵されるようになっている。

【0071】

そして、このように構成された車両の後輪操舵装置においても、上記実施形態と同様に、マイクロコンピュータ装置60の異常判定部68が図3に示した異常検出プログラム(

10

20

30

40

50

図4に示した正常復帰判定ルーチンを含む)を実行することにより、モータ71aを強制的(積極的に)に回転させてレゾルバ30(レゾルバ71b)の正常または異常を速やかに判定することができる。特に、左右後輪RW1, RW2は、左右前輪FW1, FW2側に比して、外力によってモータ71aおよびレゾルバ71bが回転されにくい。このため、モータ71aを強制的に(積極的に)回転させない場合には、レゾルバ30(レゾルバ71b)の正常または異常の判定に極めて長い時間を要し、その結果、レゾルバ30(レゾルバ71b)を正常復帰させることが困難となる。

【0072】

これに対して、この変形例においては、上記実施形態と同様に、レゾルバ30が暫定的に正常であるときに、モータ71aを強制的(積極的に)に回転させてレゾルバ30(レゾルバ71b)の正常または異常を速やかに判定することができる。したがって、レゾルバ30(レゾルバ71b)を速やかに正常復帰させることができる。

10

【0073】

さらに、本発明は上記実施形態およびその変形例に限定されることなく、本発明の範囲内において種々の変形例を採用することができる。

【0074】

例えば、上記実施形態では、レゾルバ30の異常が確定した場合でも、イグニッションスイッチ23が新たに投入されたときには、レゾルバ30の異常が異常暫定確定を含めて最初から検出される。しかし、レゾルバ30の異常が一旦確定された場合には、イグニッションスイッチ23が新たに投入された後においても、この異常確定を有効に利用するようにしてもよい。

20

【0075】

この場合、異常判定部68は、図3の異常検出プログラムの一部を変更した図12の異常検出プログラムを実行する。この異常検出プログラムにおいては、ステップS10の異常検出プログラムの実行開始後、ステップS51にてイグニッションスイッチ23の投入直後であるかを判定する。すなわち、イグニッションスイッチ23の投入後に始めて異常検出プログラムが実行されたかを判定する。イグニッションスイッチ23の投入直後であれば、ステップS51にて「Yes」と判定して、ステップS52にて、図2にて破線で示す不揮発性メモリ69に“1”に設定されている異常確定フラグEFが存在しているかを調べる。この不揮発性メモリ69は、例えばマイクロコンピュータ装置60内に設けたEEPROMで構成され、電力供給が解除されても記憶内容が消去されないメモリである。

30

【0076】

前記異常確定フラグEFが存在していなければ、異常判定部68は、ステップS52にて「No」と判定して、上記実施形態の場合と同様なステップS11以降の処理を実行する。また、イグニッションスイッチ23の投入直後でない場合も、上記実施形態の場合と同様なステップS11以降の処理を実行する。ステップS11においては、上記実施形態の場合と同様に、異常確定フラグEFが“1”であるかを判定する。この場合、異常確定フラグEFが“1”でなければ、上記実施形態の場合と同様なステップS12以降の処理を実行する。しかし、異常確定フラグEFが“1”であれば、ステップS11に「Yes」と判定した後、ステップS53, S54の処理を経てステップS29にてこの異常検出プログラムの実行を終了する。

40

【0077】

ステップS53においては、異常判定部68は、イグニッションスイッチ23がオフされたかを判定する。イグニッションスイッチ23がオン状態にあれば、ステップS53にて「No」と判定して、ステップS29にてこの異常検出プログラムの実行を一旦終了する。一方、イグニッションスイッチ23がオフされると、ステップS53にて「Yes」と判定して、ステップS54にて、“1”に設定されている異常確定フラグEFを不揮発性メモリ69に書き込み、ステップS29にてこの異常検出プログラムの実行を終了する。なお、これ以降は、イグニッションスイッチ23が再投入されるまで、異常検出プログ

50

ラムは実行されない。

【0078】

前記のように異常確定フラグEFが不揮発性メモリ69に書き込まれている場合には、イグニッションスイッチ23の投入直後のステップS52にて「Yes」と判定して、ステップS19, S20に進む。ステップS19の処理は、出力部66に対して検出回転角の出力禁止を指示する処理である。ステップS20の処理は、異常暫定確定フラグTEFを“1”に設定する処理である。したがって、この場合には、上記実施形態におけるレゾルバ30の異常を暫定的に確定した状態に設定される。すなわち、異常判定部68は、これ以降、例えば、異常確定フラグEFを一時的に“0”に設定することにより、レゾルバ30の異常が確定されるか、異常暫定確定が解除されるかの処理を実行することになる。なお、これ以降の処理において、異常暫定確定が解除された場合には、不揮発性メモリ69内の“1”に設定された異常確定フラグEFを消去しておくことよ。

10

【0079】

このような変形例によれば、マイクロコンピュータ装置60の前の作動時にレゾルバ30の異常が確定している場合には、今回の作動時の初期においても、検出された回転角が正常であるとみなされなくなるので、検出回転角の不適切な使用を回避できる。また、前回の作動時と今回の作動時との間にレゾルバ30の異常が排除された場合には、異常確定が回避されるので、検出回転角が有効に利用されるようになる。

【0080】

また、上記実施形態およびその変形例においては、異常判定部68が、2乗和平方根Assが所定値Amin, Amaxによって規定される範囲内でなくなった場合に、レゾルバ30に異常が発生した(異常確定)あるいは異常の発生が疑われる(暫定異常)と判定するように実施した。この場合、異常判定部68が、例えば、レゾルバ30の断線や各端子間のショートなどによって発生する電圧オフセット(オフセット値Aso, Acoの異常)に基づいてレゾルバ30の異常確定あるいは暫定異常を判定したり、回転角計算部63によって計算された回転角(電気角)の変化量が短時間のうちに大きく変化したことに基づいてレゾルバ30の異常確定あるいは暫定異常を判定することも可能である。

20

【0081】

また、上記実施形態およびその変形例においては、0~2に渡る回転角(電気角)の検出可能性の判定のために、 $\pi/4$ ごとに分割した領域R1~R8を用いたが、これらの領域R1~R8に関しては、 $\pi/4$ よりも細かく分割したり、粗く分割してもよい。

30

【0082】

また、上記実施形態およびその変形例においては、本発明に係る回転角検出装置のための異常検出装置を車両の操舵装置に適用した例について説明した。しかし、この異常検出装置は、レゾルバを用いた車両の他の制御装置にも適用されることはもちろんのこと、車両以外の装置にも適用されるものである。

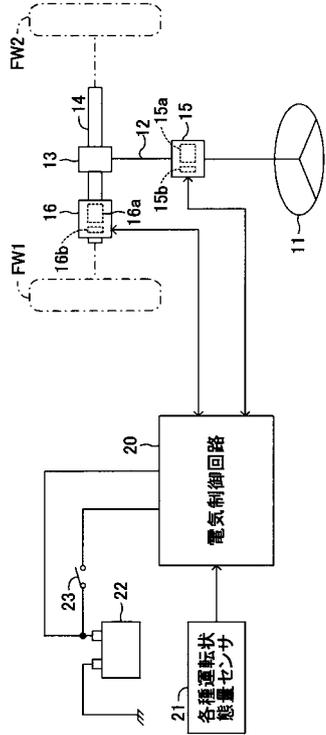
【符号の説明】

【0083】

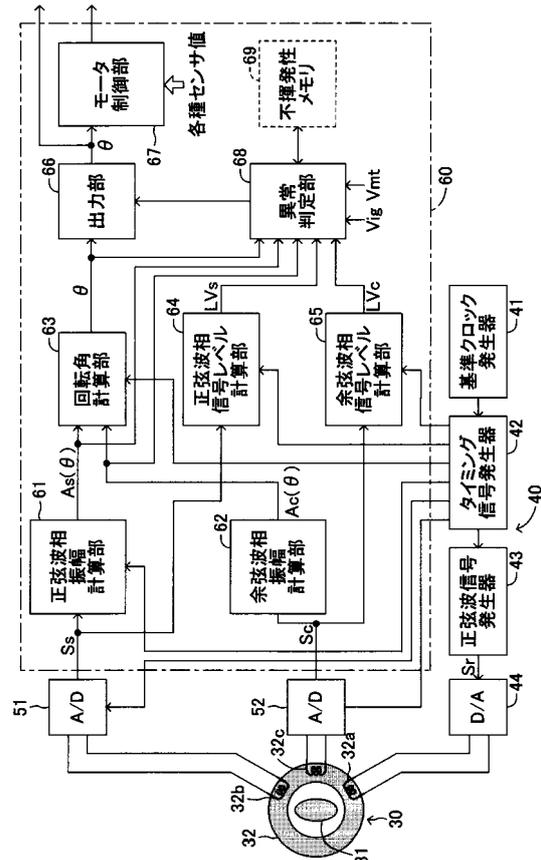
15a, 16a, 71a...モータ、15b, 16b, 71b...レゾルバ、20...電気制御回路、22...バッテリー、23...イグニッションスイッチ、30...レゾルバ、31...ロータ、32...ステータ、40...励磁回路、60...マイクロコンピュータ装置、61...正弦波相振幅計算部、62...余弦波相振幅計算部、63...回転角計算部、66...出力部、67...モータ制御部、68...異常判定部、69...不揮発性メモリ

40

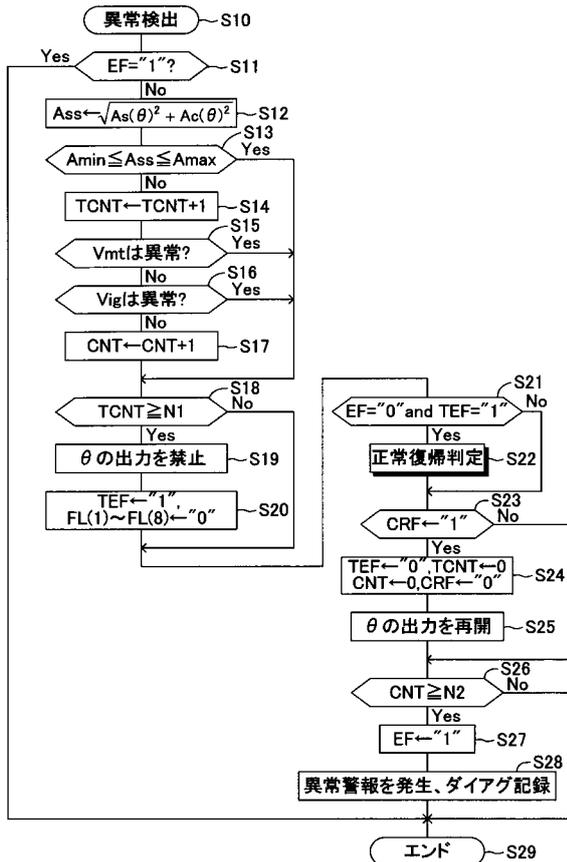
【図1】



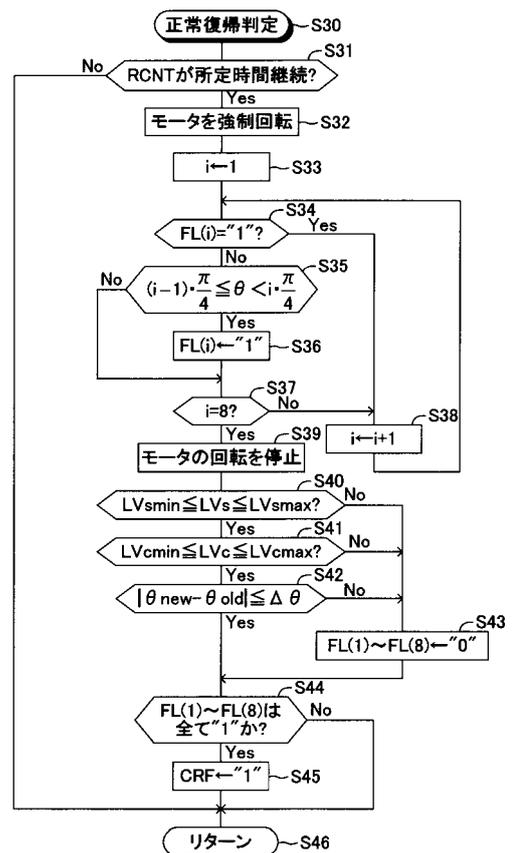
【図2】



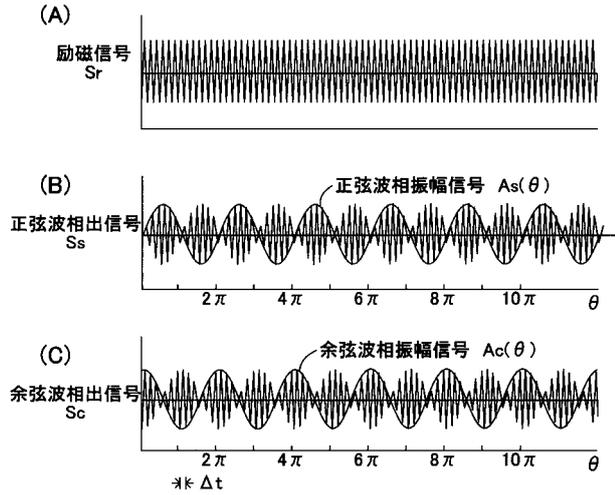
【図3】



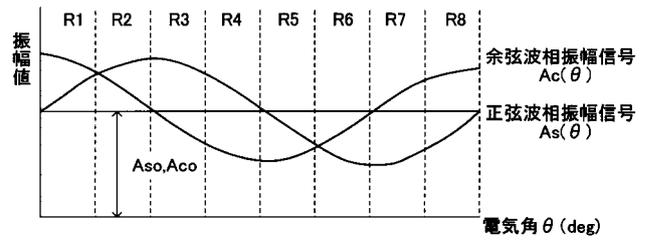
【図4】



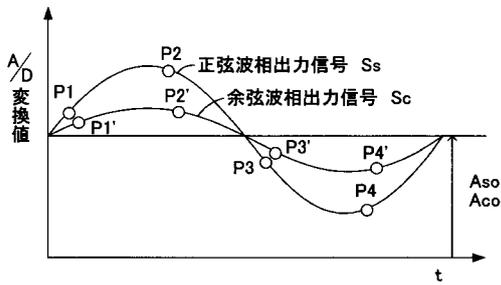
【 図 5 】



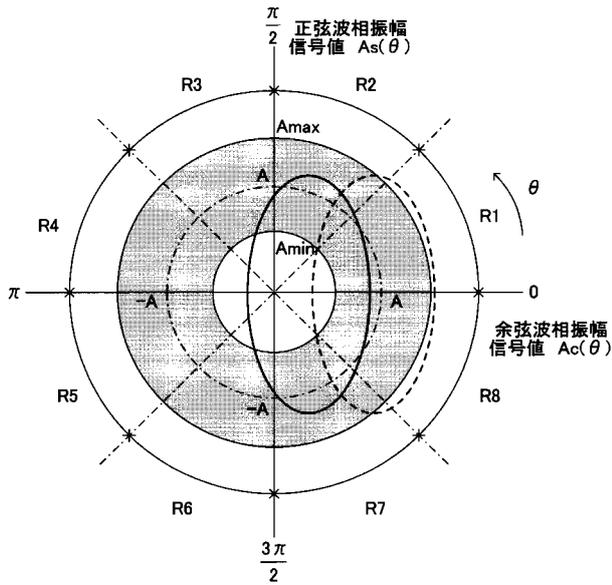
【 図 7 】



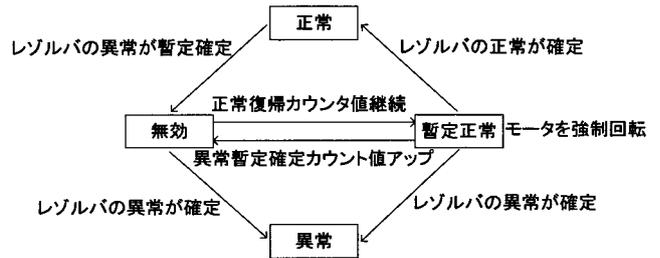
【 図 6 】



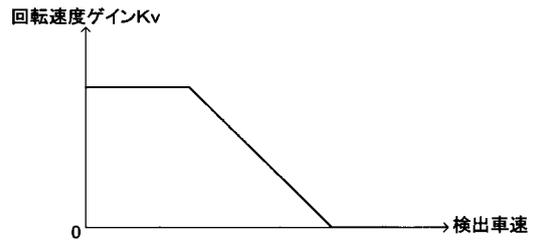
【 図 8 】



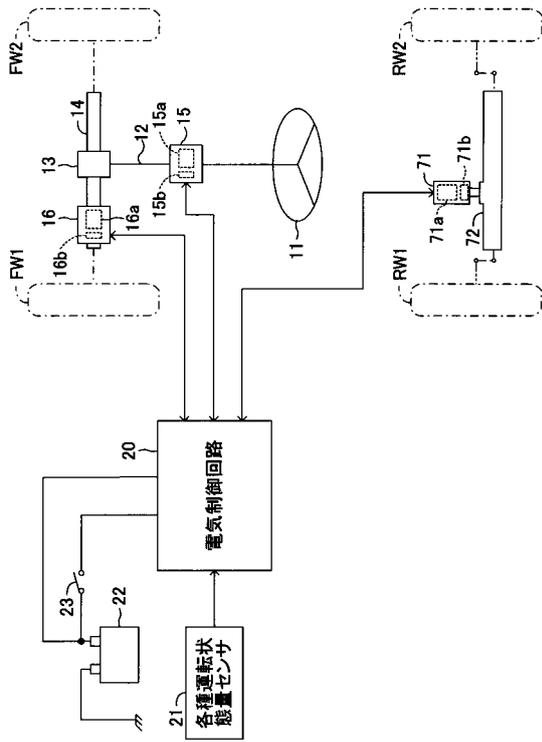
【 図 9 】



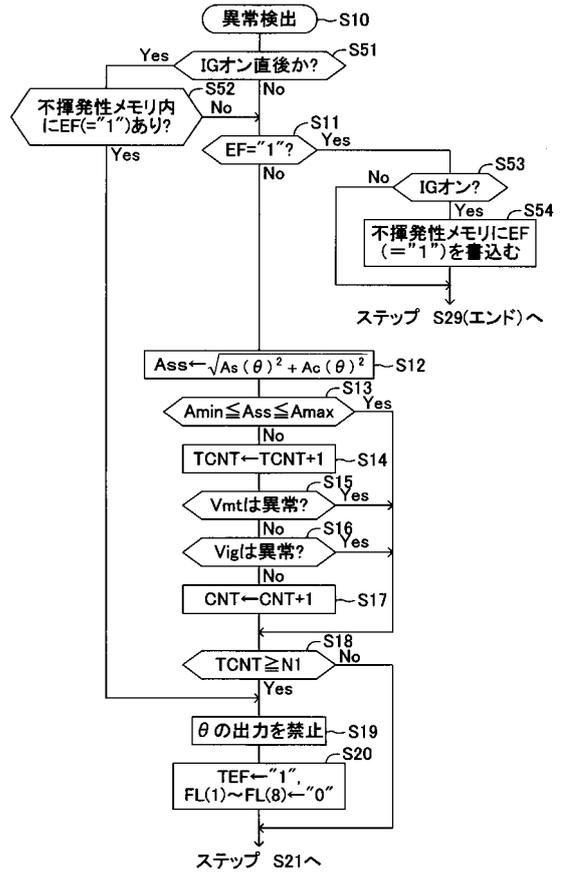
【 図 10 】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	テーマコード(参考)
B 6 2 D 113/00	(2006.01)	B 6 2 D 113:00	
B 6 2 D 119/00	(2006.01)	B 6 2 D 119:00	
B 6 2 D 137/00	(2006.01)	B 6 2 D 137:00	

Fターム(参考) 3D232 CC33 DA03 DA15 DA16 DA23 DA29 DA33 DA63 DC35 DE09
EB05 EB11 EC22 EC31 GG01
3D233 CA03 CA13 CA14 CA16 CA17 CA20 CA21 CA38