

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5343367号  
(P5343367)

(45) 発行日 平成25年11月13日(2013.11.13)

(24) 登録日 平成25年8月23日(2013.8.23)

|              |                        |
|--------------|------------------------|
| (51) Int.Cl. | F 1                    |
| B62D 6/00    | (2006.01) B62D 6/00    |
| B62D 5/04    | (2006.01) B62D 5/04    |
| H02P 29/02   | (2006.01) H02P 7/00 U  |
| H01L 43/06   | (2006.01) H01L 43/06 Z |
| B62D 101/00  | (2006.01) B62D 101/00  |

請求項の数 1 (全 13 頁) 最終頁に続く

|           |                               |
|-----------|-------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2008-48221 (P2008-48221)    |
| (22) 出願日  | 平成20年2月28日 (2008.2.28)        |
| (65) 公開番号 | 特開2009-202774 (P2009-202774A) |
| (43) 公開日  | 平成21年9月10日 (2009.9.10)        |
| 審査請求日     | 平成22年10月28日 (2010.10.28)      |

|           |  |
|-----------|--|
| (73) 特許権者 | 000004204<br>日本精工株式会社<br>東京都品川区大崎1丁目6番3号 |
| (74) 代理人  | 100078776<br>弁理士 安形 雄三                   |
| (74) 代理人  | 100114269<br>弁理士 五十嵐 貞喜                  |
| (74) 代理人  | 100093090<br>弁理士 北野 進                    |
| (72) 発明者  | 内田 博<br>群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式会社内          |
| (72) 発明者  | 青木 友保<br>群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式会社内         |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電動パワーステアリング装置の制御装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

車両の操舵系をアシストするモータの回転位置を検出するレゾルバを備え、操舵トルク及び前記レゾルバからの正弦波信号 $\sin$  及び余弦波信号 $\cos$  に基づいて前記モータを駆動制御する電動パワーステアリング装置の制御装置において、

設定された閾値 $\pm$  に対して、 $(1 - \dots) < (\sin^2 + \cos^2) < (1 + \dots)$  に従って前記レゾルバの異常を検出する異常検出手段と、

前記異常の検出時の前記レゾルバからの正弦波信号 $\sin$  のゼロクロス点における遷移の向き及び余弦波信号 $\cos$  の符号の関係、或いは余弦波信号 $\cos$  のゼロクロス点における遷移の向き及び正弦波信号 $\sin$  の符号との関係から、モータ方向を推定してモータ回転位置情報を出力する回転角度出力手段と、

を備え、正常時には前記レゾルバからの出力に基づいて前記アシストを行い、前記異常が検出されたときに、前記モータ回転位置情報に基づいて前記アシストを継続することを特徴とする電動パワーステアリング装置の制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、車両の操舵系にモータによるアシストトルク（操舵補助力）を付与するようにした電動パワーステアリング装置の制御装置に関し、特にモータのセンサ系の異常発生に対応してアシストを継続する電動パワーステアリング装置の制御装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

車両のステアリング装置をモータの回転力で補助負荷付勢する電動パワーステアリング装置は、モータの駆動力を減速機を介してギア又はベルト等の伝達機構により、ステアリングシャフト或いはラック軸に補助負荷付勢するようになっている。かかる従来の電動パワーステアリング装置は、アシストトルクを正確に発生させるため、モータ電流のフィードバック制御を行っている。フィードバック制御は、電流指令値とモータ電流検出値との差が小さくなるようにモータ印加電圧を調整するものであり、モータ印加電圧の調整は、一般的に PWM (パルス幅変調) 制御のデュ-ティ比の調整で行っている。

## 【0003】

ここで、電動パワーステアリング装置の一般的な構成を図10に示して説明すると、ハンドル1のコラム軸2は減速ギア3、ユニバーサルジョイント4a及び4b、ピニオンラック機構5を経て操向車輪のタイロッド6に連結されている。コラム軸2には、ハンドル1の操舵トルクを検出するトルクセンサ10が設けられており、ハンドル1の操舵力を補助するモータ20が、減速ギア3を介してコラム軸2に連結されている。パワーステアリング装置を制御するコントロールユニット30には、バッテリ14から電力が供給されると共に、イグニッションキー11を経てイグニッション信号Igが入力され、コントロールユニット30は、トルクセンサ10で検出された操舵トルクThと車速センサ12で検出された車速Vhとに基づいてアシスト指令の操舵補助指令値Irefの演算を行い、演算された操舵補助指令値Irefに基づいてモータ20に供給する電流を制御する。

10

## 【0004】

コントロールユニット30は主としてCPU (MPUやMCUを含む) で構成されるが、そのCPU内部においてプログラムで実行される一般的な機能を、ベクトル制御方式について示すと図11のようになる。ベクトル制御は、ロータマグネットの座標軸であるトルクを制御するq軸と、磁界の強さを制御するd軸とを独立に設定し、各軸が90度の関係にある各軸の電流を制御するもので、モータ20は一般的に3相のブラシレスDCモータが使用される。

20

## 【0005】

コントロールユニット30は電流指令値演算部31を具備しており、電流指令値演算部31はトルクセンサ10からの操舵トルクTh及び車速センサ12からの車速Vhを入力すると共に、ブラシレスDCモータ20に回転角センサとして取付けられたレゾルバ21の出力を、モータ回転角検出回路39で変換された回転角度及び角速度を入力し、アシストマップ32を参照してd-q軸の電流指令値Idref及びIqrefを演算する。

30

## 【0006】

演算された電流指令値Iqref及びIdrefは減算部301及び302に入力され、減算部301及び302に対してモータ20の実際のモータ電流Iu、Iv、Iwを検出してフィードバック制御している。具体的には、電流検出器381及び382で2相のモータ電流Iu及びIwを検出し、3相の場合は $Iu + Iv + Iw = 0$ の関係にあることから、減算部303においてモータ電流Ivを、 $Iv = -(Iu + Iw)$ として算出する。このようにして算出された3相のモータ電流Iu、Iv、Iwは、ベクトル制御のため3相/2相変換部33に入力され、モータ20の回転角度に基づいてd-q軸のモータ電流iq及びidに変換される。

40

## 【0007】

モータ電流iq及びidはそれぞれ減算部301及び302にフィードバックされ、減算部301で電流指令値Iqrefとモータ電流iqとの偏差 $Iq$ が算出され、減算部302で電流指令値Idrefとモータ電流idとの偏差 $Id$ が算出される。これら偏差 $Iq$ 及び $Id$ はPI (比例積分) 制御部35に入力され、PI制御された電圧指令値Vdref及びVqrefが出力される。そして、実際のモータ20には3相の電流を供給する必要があるので、電圧指令値Vdref及びVqrefを2相/3相変換部34

50

で回転角度に従って3相の電圧指令値 $V_{a\text{ref}}$ 、 $V_{b\text{ref}}$ 、 $V_{c\text{ref}}$ に変換し、電圧指令値 $V_{a\text{ref}}$ 、 $V_{b\text{ref}}$ 、 $V_{c\text{ref}}$ をPWM制御部36に入力する。PWM制御部36は電圧指令値 $V_{a\text{ref}}$ 、 $V_{b\text{ref}}$ 、 $V_{c\text{ref}}$ に基づいてPWM制御信号を発生し、インバータ回路37はこのPWM制御信号に基づきモータ20に電流 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ を供給し、偏差 $I_q$ 及び $I_d$ をそれぞれ0とするようにモータ20を駆動制御する。また、バッテリ14からの電源電圧 $V$ はインバータ37に入力されると共に、コントロールユニット30に入力される。

【0008】

また、モータ回転角検出回路39は、モータ20の回転角度を検出するために所定の周波数を有する搬送波信号 $\sin t$ をレゾルバ21に供給し、レゾルバ21はこの搬送波信号 $\sin t$ を正弦波 $\sin$ で振幅変調した波形を有する正弦波信号 $\sin t \cdot \sin$ 及び搬送波信号 $\sin t$ を余弦波 $\cos$ で振幅変調した波形を有する余弦波信号 $\sin t \cdot \cos$ を発生し、これら正弦波信号 $\sin t \cdot \sin$ 及び余弦波信号 $\sin t \cdot \cos$ をモータ回転角検出回路39で、搬送波信号 $\sin t$ の正のピーク時間に同期させて正弦波 $\sin$ 及び余弦波 $\cos$ を算出し、正弦波 $\sin$ 及び余弦波 $\cos$ に基づいてモータ20の回転角度を検出する。

【0009】

上述したような電動パワーステアリング装置の制御装置において、モータの位置検出手段であるレゾルバやモータ回転角検出回路、モータ回転角検出回路の出力をA/D変換するA/D変換回路（以下、レゾルバ、モータ回転角検出回路及びA/D変換回路を単に「位置検出手段」とする。）に異常が発生した場合、モータの回転角度及び角速度を正しく検出できなくなるため、モータから検出される逆起電圧に基づいてモータの回転角度を推定し、継続してモータの駆動制御を行っていた。しかし、フェールセーフ用の冗長系としての用途には適していたが、モータの負荷変動等の影響により、滑らかな制御が極めて困難であった。

【0010】

また、位置検出手段に異常が発生した場合、ハンドル操舵を突然マニュアル操舵に切替えると、ハンドル操舵に大きな違和感を与えててしまうため、異常の内容を解析し、モータが逆方向のトルクを出力する恐れがない等の条件に合わせて、アシストを継続或いは停止を切替えて制御していた。つまり、条件によってはアシストを停止していたという問題があった。

【0011】

かかる問題を解決する装置として、例えば特開2003-164187号公報（特許文献1）に示されるモータ制御におけるセンサシステムがある。この特許文献1のセンサシステムでは、新たなセンサを設けることなく、冗長性を有するセンサシステムの構築を可能とし、センサの予期せぬ故障に対するフェールセーフを確保している。即ち、動作指令に従ってモータを駆動制御する駆動制御回路を備えるモータ駆動制御系において、モータの回転角度を検出するレゾルバを有するメイン角度検出手段と、モータの逆起電力に基づきモータの回転角度を推定するサブ角度検出手段とを備え、通常時はメイン角度検出手段でモータの回転角度を検出し、メイン角度検出手段の故障時にはサブ角度検出手段でモータの回転角度を検出している。

【0012】

また、特開2005-168242号公報（特許文献2）に示される電動パワーステアリング装置では、電動パワーステアリング装置のモータの回転角度を検出するための角度検出手段が故障した場合でも、故障時のモータの回転角度の位置に拘らず電動パワーステアリング装置の制御を継続している。即ち、車両の操舵系にモータによる操舵補助力を付与するための制御に必要なモータの回転角度を検出するため、所定周波数の搬送波信号 $\sin t$ を供給し、搬送波信号 $\sin t$ を $\sin$ により振幅変調した波形を有する正弦波信号 $\sin t \cdot \sin$ 及び $\cos$ により振幅変調した波形を有する余弦波信号 $\sin t \cdot \cos$ を発生する角度検出手器を具備する電動パワーステアリング装置

10

20

30

40

50

の制御装置において、正弦波信号  $\sin t \cdot \sin$  及び余弦波信号  $\sin t \cdot \cos$  からそれぞれ  $\sin$  及び  $\cos$  を抽出し、抽出された  $\cos$  及び  $\sin$  とかく作成される回転角度信号を出力する角度処理手段を具備し、回転角度信号に基づいてモータが制御されている。

【特許文献 1】特開 2003-164187 号公報

【特許文献 2】特開 2005-168242 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

しかしながら、特許文献 1 の装置では、メイン角度検出手段とサブ角度検出手段とを備え、メイン角度検出手段に故障が発生した場合、サブ角度検出手段がモータの回転角度を推定している。つまり、サブ角度検出手段は、モータの回転角度を逆起電圧に基づいて推定しているため、モータの回転数が低い場合には推定誤差が大きくなってしまう問題が残っている。特に電動パワーステアリング装置では、停止、始動、正転、逆転を繰り返すような状況に対応しなければならないと共に、モータ回転数が低い状態で大きなトルクを必要とするため、レゾルバ等に異常が発生した場合であっても、信用性の高い回転角度を推定することが求められている。

【0014】

また、特許文献 2 の装置では、 $\cos$  角度信号から作成される信号と、 $\sin$  角度信号から作成される信号とから作成される回転角度信号を出力する角度処理手段を備えてフェールセーフを行っているが、増幅回路などの異常を検出する手段を備えていないため、さらなる改良が望まれている。

【0015】

さらに近年では、電動パワーステアリング装置を搭載する車両の大型化に伴い、要求される電動パワーステアリング装置の高出力化が進み、モータトルクの増加、大電流化が加速している。このような高出力の電動パワーステアリング装置を備えた車両において、走行中にアシストを停止した場合、その反動がアシストの大きさに伴って大きく現れるため、運転者の負担も大きくなる。つまり、位置検出手段の異常発生であっても、できる限りアシストを継続することが求められている。

【0016】

本発明は上述のような事情によりなされたものであり、本発明の目的は、モータ位置検出手段に異常が発生した場合であっても、モータ位置を精度良く推定してアシストを継続する電動パワーステアリング装置の制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明は、車両の操舵系をアシストするモータの回転位置を検出するレゾルバを備え、操舵トルク及び前記レゾルバからの正弦波信号  $\sin$  及び余弦波信号  $\cos$  に基づいて前記モータを駆動制御する電動パワーステアリング装置の制御装置に関し、本発明の上記目的は、設定された閾値  $\pm$  に対して、 $(1 - ) < (\sin^2 + \cos^2) < (1 + )$  に従つて前記レゾルバの異常を検出する異常検出手段と、前記異常の検出時の前記レゾルバからの正弦波信号  $\sin$  のゼロクロス点における遷移の向き及び余弦波信号  $\cos$  の符号の関係、或いは余弦波信号  $\cos$  のゼロクロス点における遷移の向き及び正弦波信号  $\sin$  の符号との関係から、モータ方向を推定してモータ回転位置情報を出力する回転角度出力手段とを備え、正常時には前記レゾルバからの出力に基づいて前記アシストを行い、前記異常が検出されたときに、前記モータ回転位置情報を基づいて前記アシストを継続することにより達成される。

【発明の効果】

【0019】

本発明の電動パワーステアリング装置の制御装置によれば、モータ回転位置を検出する位置検出手段の異常を効率良く検出すると共に、位置検出手段に異常が発生した場合であ

10

20

30

40

50

つても、新たなセンサを追加することなく、出力されている位置情報に基づいてモータの回転方向を推定し、推定された回転方向を反映させてモータ回転位置を精度良く推定することができる。このため、位置検出手段に異常が発生した場合でも、アシストを継続することができ、運転者の負担を抑制することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

本発明に係る電動パワーステアリング装置の制御装置は、モータの回転位置を検出する位置検出手段の異常を効率良く検出すると共に、異常を検出した場合であっても、出力されている位置情報に基づいて実際のモータの回転方向を推定し、推定した回転方向を反映させて精度良くモータ回転位置を推定することで、アシストを継続するようにしている。

10

【0021】

先ず本発明の前提として、モータに取り付けられている位置検出手段に異常が発生した場合に、モータ回転位置を推定することによりアシストを継続する電動パワーステアリング制御装置の例（例えば特開2007-118823号）を図1に示して説明する。

【0022】

トルクセンサからの操舵トルク  $T_h$  は、保舵時振動検出手段46に入力されると共に、入力前処理手段41を介して平滑化処理手段42に入力される。保舵時振動検出手段46はノイズ除去のため進角ゲイン手段45の進角推定ゲイン  $K_m$  を感応制御し、入力された操舵トルク  $T_h$  に振動が発生していなければ、進角ゲイン手段45の進角推定ゲイン  $K_m$  を比較的大きく設定し、振動が発生している場合は、進角推定ゲイン  $K_m$  を比較的小さく設定する。

20

【0023】

操舵トルク  $T_h$  が入力された平滑化処理手段42は、読み込んだ操舵トルク  $T_h$  と過去分の所定数サンプリングとで平均化を行い、平均トルク  $T_{s_M}$  を算出して不感帯演算手段43に入力する。不感帯演算手段43は、予め設定された不感帯を検出する所定値と平滑化処理手段42において算出された平均トルク  $T_{s_M}$  とを比較し、不感帯内であれば平均トルク  $T_{s_M}$  を“0”として制限手段44に入力し、不感帯外であれば平均トルク  $T_{s_M}$  を制限手段44に入力する。

【0024】

制限手段44では入力された現在の平均トルク  $T_{s_M}$  (n) と、前回サンプリングされた平均トルク  $T_{s_M}$  (n-1)との変化量  $T$  が演算され、さらに変化量  $T$  と予め設定された設定変化量  $T_u$  とが比較され、設定変化量  $T_u$  を超えないように制限され、制限された平均値トルク  $T_{s_M lim}(n)$  が進角ゲイン手段45に入力される。

30

【0025】

進角ゲイン手段45は、車速  $V_h$  に基づいて低車速状態であるか或いは高車速状態であるか閾値を用いて判定し、車速  $V_h$  が停止状態を含む低車速状態であれば下記(1)式の演算を行い、モータの回転角変化量  $\Delta_m$  を算出する。

$$m = T_{s_M lim}(n) \cdot K_m / 2^{1/2} \quad \dots (1)$$

40

また、車速  $V_h$  が高車速状態であれば、操舵追従性を考慮して下記(2)式の演算を行い、モータの回転角変化量  $\Delta_m$  を算出する。

$$\Delta_m = (T_{s_M lim}(n) \cdot K / 2^{1/0} + T_{s_{PH}} + T_{s'}) \cdot K_m / 2^{1/2} \dots (2)$$

ここで、Kは定数、 $K_m$ は進角推定ゲイン、 $T_{s_{PH}}$ は操舵トルク  $T_h$  を位相補償した値、 $T_{s'}$ は操舵トルク  $T_h$  を微分してステアリングの中立点付近における応答性を高めるセンタ応答性改善値である。

50

進角ゲイン手段 45において上記(1)式又は上記(2)式に基づいて演算されたモータの回転角変化量  $\Delta \theta_M$  は、前回サンプリング時に算出された回転角推定値  $\theta_{MP}(n-1)$  と加算手段 60にて加算処理され、算出されたモータの回転角推定値  $\theta_{MP}(n)$  が切替手段 49の接点 C2 に入力される。切替手段 49の接点 C1 には、レゾルバ 21 及びモータ回転角検出回路 39 からの回転角度  $\theta$  が入力されている。

#### 【0026】

切替手段 49 の切替信号 CS は、レゾルバ 21、モータ回転角検出回路 39 及び A/D 変換回路の位置検出手段によって検出される正弦波信号 sin 及び余弦波信号 cos に基づいて、異常検出マップ(図示せず)によって正常/異常が検出されて入力されるようになっている。異常検出マップによって正常と判断されると、切替信号 CS によって切替手段 49 の接点は“C1”に切替えられ、異常と判断されると、切替信号 CS によって切替手段 49 の接点は“C2”に切替えられる。つまり、位置検出手段からの正弦波信号 sin 及び余弦波信号 cos の組合せが正常であれば、そのまま切替手段 49 の接点 C1 を介して電気角として出力され、異常であれば、切替手段 49 の接点 C2 を介して進角ゲイン手段 45 において推定されたモータ回転角推定値  $\theta_{MP}(n)$  が電気角として出力される。

#### 【0027】

次に、上述したような本発明の前提となる位置検出手段に異常が発生した場合に、位置検出手段の異常を効率よく検出し、回転方向を推定してモータ回転位置を推定する本発明の原理を以下に説明する。

#### 【0028】

図 2 及び図 3 は、位置検出手段の 1 構成要素であるレゾルバ 21 によって検出される正弦波信号 sin 及び余弦波信号 cos の例を示す特性図であり、図 2(a) は、モータ回転角検出回路 39 によって検出される正弦波信号 sin 及び余弦波信号 cos を所定時間毎に読み込み、縦軸に sin を、横軸に cos をそれぞれプロットした特性を示し、原点 G(0, 0)を中心には同心円を示している。実線で示されている半径 “ $(sin)^2 + (cos)^2 = 1$ ” の同心円 D は、正常時における理想の正弦波信号 sin 及び余弦波信号 cos であり、点線で示されている半径  $(1 + \epsilon)$  の同心円 D1 及び半径  $(1 - \epsilon)$  の同心円 D2 は、それぞれ検出される正弦波信号 sin 及び余弦波信号 cos の異常を検出するための閾値を示している。例えば、位置検出手段を構成するレゾルバ 21、モータ回転角検出回路 39 及び A/D 変換回路のいずれかに異常が発生すると、検出される正弦波信号 sin 及び余弦波信号 cos に変化が生じ、例えば図 2(b) の実線に示されるような特性になる。つまり、レゾルバ 21 のコイル部にショートが発生した場合や増幅回路に異常が発生した場合等、位置検出手段に異常が発生すると図 2(b) の実線に示されるように、正弦波信号 sin 及び余弦波信号 cos のプロット特性は円形から変形し、例えば橢円軌道を描くようになるので、軌道の一部が半径  $(1 + \epsilon)$  の同心円 D1 より大きくなったり、或いは半径  $(1 - \epsilon)$  の同心円 D2 よりも小さくなったりし、このような場合を異常と判定するように閾値  $\pm \epsilon$  を予め設定する。このような閾値  $\pm \epsilon$  と、検出される正弦波信号 sin 及び余弦波信号 cos の関係式は、正弦波の 2 乗  $(sin)^2$  を  $E^2_{sin}$  とし、余弦波の 2 乗  $(cos)^2$  を  $E^2_{cos}$  とすると、下記(3)式に示されるようになる。

$$(1 - \epsilon) < (E^2_{sin} + E^2_{cos}) < (1 + \epsilon) \quad \dots (3)$$

上記(3)式の関係式を用いることにより、検出される位置情報の正常/異常を効率よく判定することができる。また、上記(3)式をマップ化することで、その都度演算する必要がないので、位置情報の正常/異常をさらに効率よく判定することができる。

#### 【0029】

また、図 3(a) は、図 2(a) に対応する正弦波信号 sin と余弦波信号 cos の波形例を示しており、検出された正弦波信号 sin 及び余弦波信号 cos の出力レ

10

20

30

40

50

ベルを示す振幅が同一で、余弦波信号  $\cos$  が正弦波信号  $\sin$  よりも位相が常に  $90^\circ$  遅れている様子を示し、正弦波信号  $\sin$  及び余弦波信号  $\cos$  がいずれも正常である状態を示している。また、図 3 (b) は、図 2 (b) に対応した正弦波信号  $\sin$  と余弦波信号  $\cos$  の波形例を示しており、検出された正弦波信号  $\sin$  及び余弦波信号  $\cos$  の振幅及び位相に不揃いが生じ、異常が発生している状態を示している。

#### 【0030】

ここで、図 2 (b) 及び図 3 (b) に示されるような異常が位置検出手段に発生した場合、検出される正弦波信号  $\sin$  及び余弦波信号  $\cos$  から、その変化の方向と符号を判定することによって、モータの回転方向を推定することができる。以下に、モータの回転方向を推定する例を図 4 及び図 5 を参照して説明する。

10

#### 【0031】

図 4 は、図 2 (b) に示されるような異常が発生した状態において、回転方向 (CW、CCW) を推定する方法を説明するための特性図である。異常が検出された場合、図 4 に示されるように、正弦波信号  $\sin$  或いは余弦波信号  $\cos$  がゼロを通過するゼロクロス点における正負の変遷を読み取る。つまり、ゼロクロス点において正 負に変遷したか、又は負 正に変遷したかを読み取る。そして、図 5 に示す正負の変遷時における符号の対応関係を示すフォーマット図に基づいて、正弦波信号  $\sin$  の正負の変遷に対する余弦波信号  $\cos$  の符号、或いは余弦波信号  $\cos$  の正負の変遷に対する正弦波信号  $\sin$  の符号の関係から回転方向 (CW、CCW) を推定する。つまり、図 4 の回転 P1 では、正弦波信号  $\sin$  が正から負に変遷しており、余弦波信号  $\cos$  の符号が “-” であることから、図 5 (a) に示されるフォーマットの “sin 正 負” から、モータの回転方向が “CW” であることを推定することができる。また、図 4 の回転 P2 では、余弦波信号  $\cos$  が負から正に変遷しており、正弦波  $\sin$  の符号が “+” であることから、図 5 (b) に示されるフォーマットの “cos 負 正” から、モータの回転方向が “CCW” であることを推定することができる。

20

#### 【0032】

このように、位置検出手段に異常が発生した場合であっても、実際に出力される位置検出手段の変遷情報から、精度良く効率的にモータ回転方向を推定することができる。つまり、位置検出手段に異常が検出された場合であっても、モータの回転数に関係なく、実際の位置検出手段の変遷情報から回転方向を確実に推定することができる。

30

#### 【0033】

次に、上述の原理に基づいて、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

#### 【0034】

図 6 は本発明の構成例を図 1 に対応させて示すブロック図であり、同一部材には同一符号を付して説明を省略する。本発明では、図 4 及び図 5 で原理を説明した回転方向の推定を行って回転角度を出力する回転角度出力手段 50 と、図 2 及び図 3 で原理を説明した異常検出手段 51 とを新しく付加している。

30

#### 【0035】

モータ回転角検出回路 39 を経てレゾルバ 21 から正弦波信号  $\sin$  及び余弦波信号  $\cos$  が回転角度出力手段 50 及び異常検出手段 51 に入力され、回転角度出力手段 50 は、入力された正弦波信号  $\sin$  及び余弦波信号  $\cos$  に基づいて、図 4 に示したようなゼロクロス点における正負の変遷を読み取り、図 5 に示す変遷時のフォーマットに基づいてモータの回転方向を推定し、回転方向を示す推定要素  $K_K$  を求める。そして、進角ゲイン手段 45 から入力される回転角変化量  $M$  に推定要素  $K_K$  を乗算することで回転方向を反映させ、回転方向を考慮した回転角変化量  $M \cdot K_K$  を加算手段 70 に入力する。加算手段 70 に入力された回転角変化量  $M \cdot K_K$  は、前回サンプリング時に算出された回転角推定値  $M_P(n-1)$  と加算手段 70 にて加算処理され、算出された回転角推定値  $M_P(n)$  は切替手段 49 の接点 C2 に入力される。

40

#### 【0036】

また、異常検出手段 51 には、図 2 (a) で説明した閾値  $\pm$  が予め設定されて入力さ

50

れていると共に、上記(3)式に基づいたマップ化が施されており、レゾルバ21からの正弦波信号sin及び余弦波信号cosの組合せに基づいて上記(3)式の異常判定が行われる。異常検出手段51の判定が正常であれば、切替手段49の接点を“C1”に切替える切替信号CSを出力し、異常であれば切替手段49の接点を“C2”に切替える切替信号CSを出力し、切替手段49の接点C1及びC2を切替える。つまり、レゾルバ21からの正弦波信号sin及び余弦波信号cosの組合せが正常であれば、そのまま切替手段49の接点C1を介して電気角として出力し、異常であれば、切替手段49の接点C2を介して加算手段70からのモータの回転方向を考慮した回転角推定値<sub>MP</sub>(n)を電気角として出力する。

## 【0037】

10

このように、位置検出手段に異常が発生した場合であっても、実際の位置検出手段の出力からモータの回転方向を推定して反映させたモータ回転角を出力することができるのと、操舵トルクThの向きとモータの回転方向の不一致(例えばハンドル戻りや微操舵等)等が起こった場合でも、自然なアシストを継続することができる。

## 【0038】

なお、上述では、レゾルバ21からモータ回転角検出手段39を経て入力される正弦波信号sin及び余弦波信号cosの組合せに基づいて異常を判定する例を説明したが、レゾルバ21から直接又はモータ回転角検出回路39のA/D変換回路からの正弦波信号sin及び余弦波信号cosの組合せに基づいて異常判定を行うようにしても良い。

20

## 【0039】

次に、位置検出手段に半導体センサのホール素子、ホールIC等(以下、単に「ホールセンサ」とする)を用いた本発明の別の原理を以下に説明する。

## 【0040】

ホールセンサを用いた位置検出手段は、モータに設けられたホールセンサからの検出信号が増幅回路等に入力され、増幅された検出信号に基づいて位置情報を検出するようになっている。つまり、位置情報として扱う検出信号の信号レベルが予め決められているので、位置検出手段が正常であるか或いは異常であるかを、上下限値の閾値を用いて検出信号の信号レベルを比較することにより判定する。例えば、検出信号の信号レベルを1~4[V]の範囲で正常とした場合、下限閾値1[V]未満或いは上限閾値4[V]超では異常と判定する。このようなホールセンサHu、Hv、Hwからの検出信号Eu、Ev、Ewの信号レベルに対する閾値を、下限閾値S1、上限閾値Shとすると、関係式は下記(4)式に示されるようになる。

30

$$S1 < (E_u, E_v, E_w) < Sh \quad \dots (4)$$

上記(4)式の関係式を用いることにより、検出される位置情報の正常/異常を効率よく判定することができる。

## 【0041】

40

ここで、上記(4)式に基づいてホールセンサに異常が発生した場合、正常なホールセンサによって検出される立上り/立下りの検出信号とHigh/Low(以下、単に「H」「L」とする)の検出信号とを比較することによりモータの回転方向を推定することができる。以下に、位置検出手段にホールセンサを用いた場合、モータの回転方向を推定する例を図7及び図8を参照して説明する。

## 【0042】

図7は、例として3相ブラシレスモータのU相、V相、W相の極位置を検出するためには120°間隔で設けられたホールセンサHu、Hv、Hwからの検出信号Eu、Ev、Ewの立上り/立下り及びH/Lの状態を、正常に検出している状態を示した信号波形図である。そして、図7に示されるホールセンサHu、Hv、Hwからの検出信号Eu、Ev、Ewのいずれか1つに断線等の異常が発生し、上記数(4)式に基づいて異常と判定さ

50

れた場合、検出される残りの正常なホールセンサからの検出信号の立上り／立下り及びH／Lの状態を読み取り、図8に示す検出信号の立上り／立下りとH／Lの対応関係を示すフォーマット図に基づいて回転方向を推定する。つまり、例えばホールセンサHuからの検出信号Euに異常が発生した場合、図7のP4では、正常なホールセンサHvからの検出信号Evの立上りを検出し、その時の正常なホールセンサHwの検出信号Ewが「H」の状態であり、図8に示されるフォーマット図からモータの回転方向が“CW”であることを推定することができる。また、正常なホールセンサHvからの検出信号Evに異常が発生した場合、図7のP5では、ホールセンサHuからの検出信号Euの立下りを検出し、その時の正常なホールセンサHwの検出信号Ewが「H」の状態であり、回転図8に示されるフォーマット図からモータの回転方向が“CW”であることを検出することができる。10

。

#### 【0043】

このように、ホールセンサからの位置情報に異常が検出された場合であっても、モータの回転数に関係なく実際のホールセンサから回転方向を検出することができるため、モータ回転位置情報の推定精度を向上することができる。

#### 【0044】

上述の原理に基づく本発明の別の構成例を、図6に対応させて図9に示して説明する。

#### 【0045】

モータ20に設けられたホールセンサ(Hu、Hv、Hw)21Aからの検出信号Eu、Ev、Ewが回転角度出力手段60及び異常検出手段61に入力され、回転角度出力手段60は、入力された検出信号Eu、Ev、Ewに基づいて、図7に示したような立上り／立下りにおけるH/Lを読み取り、図8に示す立上り／立下りとH/Lの対応関係のフォーマットに基づいてモータ20の回転方向を推定し、回転方向を示す推定要素K<sub>K</sub>を求める。そして、進角ゲイン手段45から入力される回転角変化量<sub>M</sub>に推定要素K<sub>K</sub>を乗算することで、回転方向を反映させ、回転方向を考慮した回転角変化量<sub>M</sub>・K<sub>K</sub>を加算手段70に入力する。20

#### 【0046】

また、異常検出手段61には上記数(4)式の下限閾値S1及び上限閾値Shが予め設定されており、異常検出手段61はホールセンサ21Aからの検出信号Eu、Ev、Ewに基づいて上記(4)式の異常判定を行う。異常検出手段61の判定が正常であれば、切替手段49の接点を“C1”に切替える切替信号CSを出力し、異常であれば切替手段49の接点を“C2”に切替える切替信号CSを出力し、切替手段49の接点C1及びC2を切替える。つまり、ホールセンサ21Aからの検出信号Eu、Ev、Ewが正常であれば、そのまま切替手段49の接点C1を介して電気角として出力し、異常であれば、切替手段49の接点C2を介して加算手段70からのモータ20の回転方向を考慮した回転角推定値<sub>Mp</sub>(n)を電気角として出力する。30

#### 【0047】

このように、位置検出手段に異常が発生した場合であっても、実際のモータ20の回転方向を推定して反映させたモータ回転角を出力することができるので、操舵トルクThの向きとモータ20の回転方向の不一致(例えばハンドル戻りや微操舵等)等が起こった場合でも、自然なアシストを継続することができる。40

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0048】

【図1】本発明の前提となるモータ回転位置を推定する電動パワーステアリング制御装置の一例を示す構成図である。

【図2】位置検出手段から検出される正弦波信号及び余弦波信号の例を示す特性図である。

【図3】位置検出手段から検出される正弦波信号及び余弦波信号の例を示す波形図である。

【図4】回転方向を推定する原理を説明するための特性図である。

50

【図5】正負の変遷時における符号の対応関係を示すフォーマット図である。

【図6】本発明に係る構成例を示すブロック図である。

【図7】回転方向を推定する別の原理を説明するための信号波形図である。

【図8】検出信号の立上り／立下り及びH／L状態の対応関係を示すフォーマット図である。

【図9】本発明に係る別の構成例を示すブロック図である。

【図10】従来の電動パワーステアリング装置の構成例を示す図である。

【図11】従来のコントロールユニットの構成例を示すブロック図である。

【符号の説明】

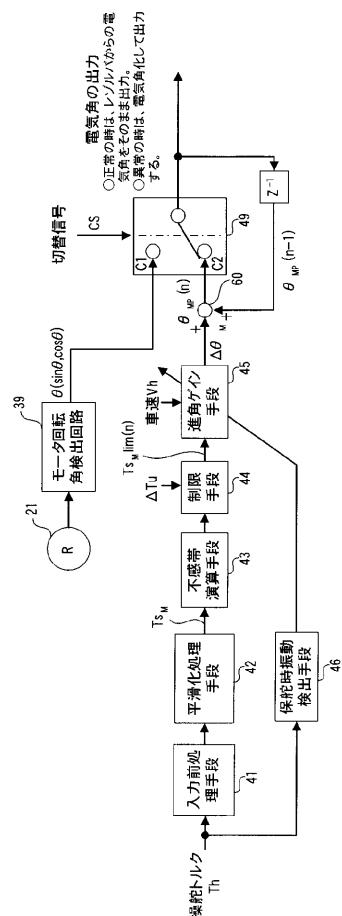
【0049】

10

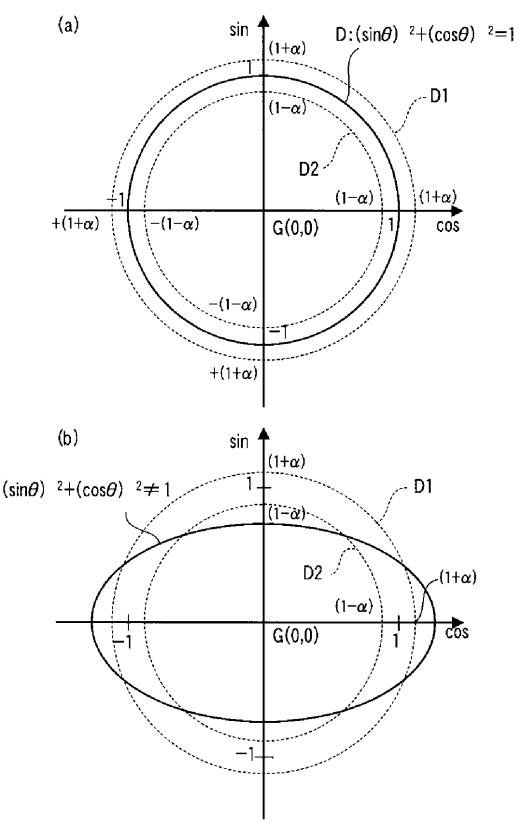
- |         |            |
|---------|------------|
| 1       | ハンドル       |
| 2       | コラム軸       |
| 1 0     | トルクセンサ     |
| 1 2     | 車速センサ      |
| 2 0     | モータ        |
| 2 1     | レゾルバ       |
| 2 1 A   | ホールセンサ     |
| 3 9     | モータ回転角検出回路 |
| 4 3     | 不感帯演算手段    |
| 4 4     | 制限手段       |
| 4 5     | 進角ゲイン手段    |
| 4 6     | 保舵時振動検出手段  |
| 4 9     | 切替手段       |
| 5 0、6 0 | 回転角度出力手段   |
| 5 1、6 1 | 異常検出手段     |

20

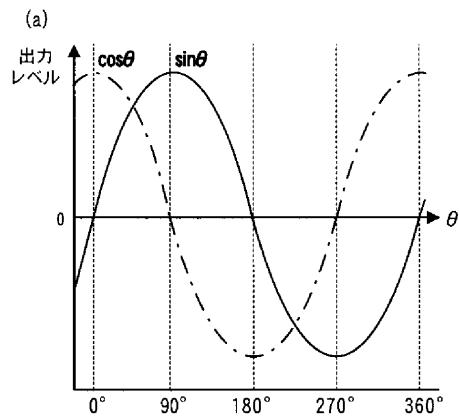
【図1】



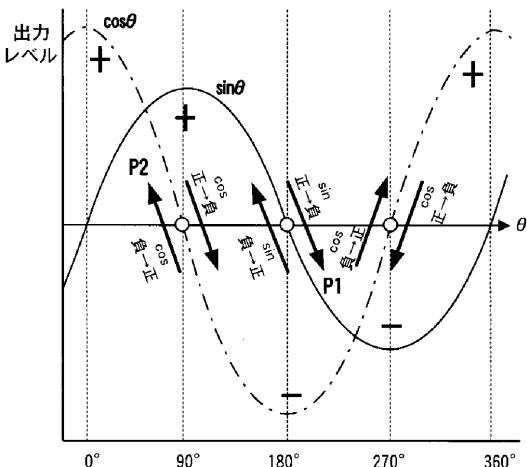
【図2】



【図3】



【 図 4 】



【圖 5】

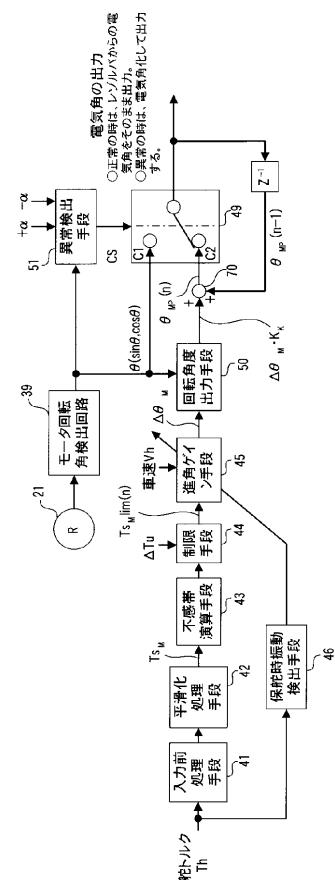
| cos符号   |     |     |
|---------|-----|-----|
|         | +   | -   |
| 変化の方向   |     |     |
| sin 負→正 | CW  | CCW |
| sin 正→負 | CCW | CW  |

(a)

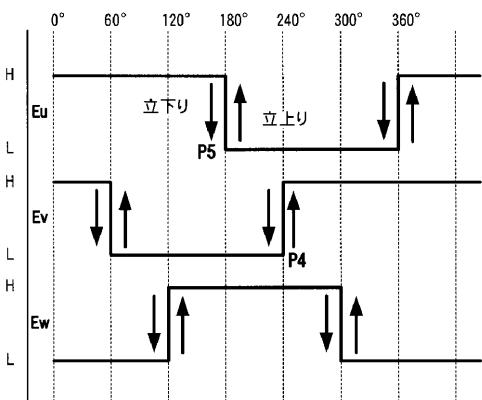
| sin符号   |     |
|---------|-----|
| +       | -   |
| 変化の方向   |     |
| cos 負→正 | CCW |
| cos 正→負 | CW  |

(b)

【 四 6 】



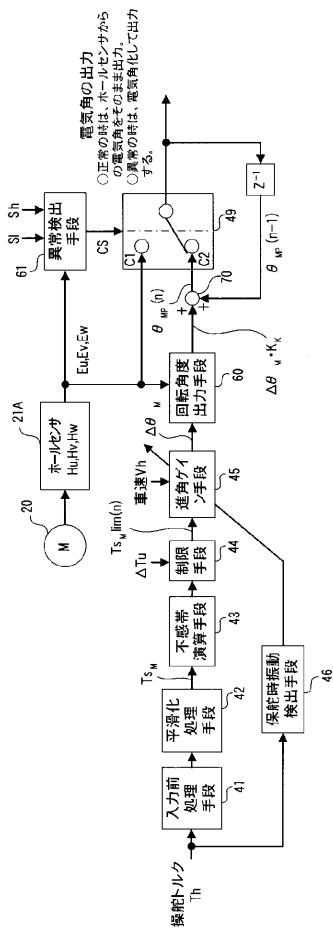
【 図 7 】



【図8】

|       |     | Eu   |     | Ev   |     | Ew   |     |
|-------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
|       |     | High | Low | High | Low | High | Low |
| 変化の方向 |     |      |     |      |     |      |     |
| Eu    | 立上U |      |     | CW   | Ccw | Ccw  | Cw  |
|       | 立下U |      |     | CCW  | CW  | CW   | CCW |
| Ev    | 立上U | CCW  | CW  |      |     | CW   | CCW |
|       | 立下U | CW   | CCW |      |     | CCW  | CW  |
| Ew    | 立上U | CW   | CCW | CCW  | CW  |      |     |
|       | 立下U | CCW  | CW  | CW   | CCW |      |     |

【図9】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
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

審査官 田々井 正吾

(56)参考文献 特開2003-026020 (JP, A)  
特開2007-118823 (JP, A)  
特開2003-235285 (JP, A)  
特開2005-114669 (JP, A)  
特開2005-168242 (JP, A)  
特開2005-219527 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 6 2 D 6 / 0 0  
B 6 2 D 5 / 0 4  
H 0 1 L 4 3 / 0 6  
H 0 2 P 2 9 / 0 2  
B 6 2 D 1 0 1 / 0 0  
B 6 2 D 1 1 3 / 0 0  
B 6 2 D 1 1 9 / 0 0