

(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2006-256550
(P2006-256550A)

(43) 公開日 平成18年9月28日(2006.9.28)

(51) Int. Cl.

B62D 5/04 (2006.01)

F I

B62D 5/04

テーマコード(参考)

3D233

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2005-79378 (P2005-79378)
(22) 出願日 平成17年3月18日(2005.3.18)

(71) 出願人 000005326
本田技研工業株式会社
東京都港区南青山二丁目1番1号
(74) 代理人 100064414
弁理士 磯野 道造
(72) 発明者 向 良信
埼玉県和光市中央1丁目4番1号
株式会社本田技術研
究所内
(72) 発明者 堀井 宏明
埼玉県和光市中央1丁目4番1号
株式会社本田技術研
究所内

最終頁に続く

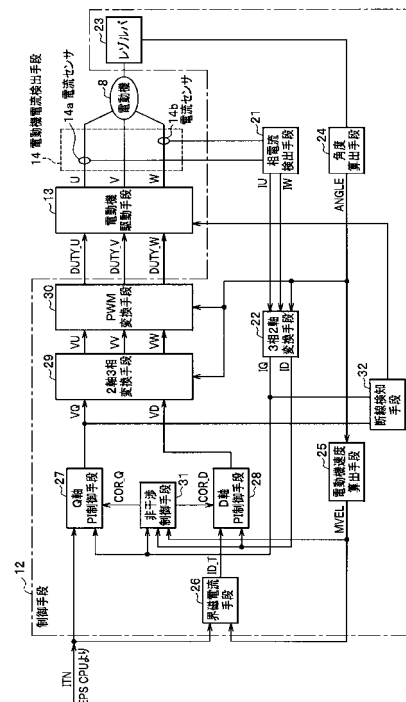
(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

(57) 【要約】

【課題】 電動機を駆動して電動機パワーをステアリング系に付与する場合に、有効な微小電流か断線であるかを弁別して確実に断線検知ができるような電動パワーステアリング装置を提供する。

【解決手段】 断線検知手段32は、電動機8に流れるQ軸電流I_Qが所定の電流閾値以下であって、かつ電動機8に印加するQ軸電圧V_Qが所定の電圧閾値以上である状態が所定の時間継続された場合に、電動機8に接続される3相ラインのうちいずれかのラインが断線していると判定し、電動機駆動手段13を停止させてフェールセーフモードに入る。また、断線検知手段32は、道路の車線と車両の位置関係を確認して、その位置関係を適正に保つように目標電流を補正するレーンキープモードでは、Q軸電圧が所定の電圧閾値以下であって、かつQ軸電流が所定の電流閾値以下である場合は、レーンキープモードであると判断して電線検知を行わない。これによって、僅かな操舵力のアシストを行えばよいので微小電流で電動機8を制御することができる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

操舵入力に基づいて目標電流を算出してステアリング系にモータパワーを付与するブラシレスモータを駆動制御する制御手段を有し、

前記制御手段が、界磁電流のベクトル方向をD軸としたとき、そのD軸に直交するベクトル方向をQ軸とする2相回転磁束座標で表わされるベクトル制御によって前記ブラシレスモータの制御を行う電動パワーステアリング装置であって、

前記ブラシレスモータに流れるQ軸電流が所定の電流閾値以下であり、かつ、前記ブラシレスモータに印加されるQ軸電圧が所定の電圧閾値以上である異常検知エリア状態が所定の時間継続されたとき、または前記異常検知エリア状態を検出したカウント数の積算値が所定値以上のとき、前記ブラシレスモータに接続される複数ラインのうち、少なくとも1つのラインが異常であると検知する異常検知手段を備えることを特徴とする電動パワーステアリング装置。

10

【請求項 2】

前記異常検知手段は、前記ブラシレスモータが所定の回転速度以上で高速回転しているときは、前記Q軸電流及び前記Q軸電圧が前記異常検知エリア状態にあるときでも異常検知を行わないことを特徴とする請求項1に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 3】

前記Q軸電流が所定の電流閾値以下であり、かつ、前記Q軸電圧が所定の電圧閾値以下であるときは、前記異常検知手段は異常検知を行わないことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の電動パワーステアリング装置。

20

【請求項 4】

道路の車線と車両の位置関係を確認して、その位置関係を適正に保つように前記目標電流を補正するレーンキープモードのときに、前記異常検知手段は異常検知を行わないことを特徴とする請求項3に記載の電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動車の操舵装置に電動機の動力を付与する電動パワーステアリング装置に関し、特に、3相ブラシレスモータを用いて電動機の動力の制御を行う電動パワーステアリング装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

電動パワーステアリング装置は、例えば電動機で操舵トルクに応じた補助トルクを発生させ、この補助トルクをステアリング系に伝達して操舵トルクの軽減化を図っている。つまり、操舵トルクの大きさに応じた補助トルクを制御装置の制御によって発生させ、この補助トルクをステアリング系に伝達してステアリングホイールの操舵力を軽減している。このように、電動機の制御によって電動パワーステアリング装置を実現している技術は種々報告されている（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

また、3相ブラシレスモータを用いて補助トルクを発生させ、操舵トルクをアシストする技術も知られている。この技術によれば、3相ブラシレスモータの3相電流から任意の2相の電流を検出し、3相ブラシレスモータの回転角度信号に基づいてd軸電流（界磁電流）とq軸電流（トルク軸電流）にdq変換（3相2軸変換）してフィードバックしている。そして、フィードバックされたd軸電流とq軸電流は個別に指令電流と比較制御され、それぞれd軸PI制御とq軸PI制御が行われて、dq逆変換（2軸3相変換）された後に3相PWM信号に変換されて3相ブラシレスモータをデューティ制御している。このようなdq変換手法を用いることによって、3相電流のうち任意の2相の電流を検出することで3相ブラシレスモータをベクトル制御することができるので、制御系が極めて簡素化される（例えば、特許文献2参照）。

40

50

【0004】

さらに、多相ブラシレスモータにおいて、いずれかの相が断線等によって欠相した場合でも、多相ブラシレスモータを操舵系から切り離すことなく操舵アシストを行うことができる電動パワーステアリングの技術も報告されている。この技術によれば、多相ブラシレスモータは、いずれかの相が断線しても運転を継続することから、いずれかの相の断線を検知したら直ちに多相ブラシレスモータの駆動電流を減少させて操舵トルクの付与を継続する。これによって、多少は操舵トルクが減少するが、いずれかの相の断線によって突然ステアリング機構が重くなるような事態を回避することができると共に、いずれかの相の断線によって波及することが予想される二次的な故障を回避することができる（例えば、特許文献3参照）。

10

【特許文献1】特開2000-279000号公報（段落番号0010～0023、図1～図5参照）

【特許文献2】特開2004-40883号公報（段落番号0027～0038、図2参照）

【特許文献3】特開平10-181617号公報（段落番号0037～0044、図2～図6参照）

【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、前記の特許文献1及び特許文献2に開示されている電動パワーステアリング装置は断線検知手段を備えていないので、3相中の1相が断線した場合は、電動機が2相運転を継続してしまつて操舵フィーリングが悪くなつたり、二次的な故障に波及するおそれがある。特に、特許文献2の技術はd q変換（3相2軸変換）によって検出信号をフィードバックして3相ブラシレスモータを高精度にトルク制御しているが、3相ブラシレスモータは1相が欠相しても回転を継続しているので、そのまま運転を続けると不安定なベクトル制御が継続されることになり、運転者に違和感を与えることとなる。

20

【0006】

また、特許文献3に開示されている電動パワーステアリング装置は、多相ブラシレスモータのいずれかの相が断線した場合には、断線検知を行つてやや弱めの操舵力でアシストを継続することはできるが、駆動電流が小さい状態で操舵力のアシストを行つている場合は、断線であるのか微弱な駆動電流であるのかを判別することができない。その結果、微弱な駆動電流で操舵力制御を行つているにも関わらず断線と判定してしまう可能性がある。また、レーンキープモードのように微弱な電流で操舵力のアシストを行うような場合は、いずれかの相の断線であるのかレーンキープモード時の微小電流であるのかの判別ができないために、レーンキープモード時において断線と判断してしまうと運転者に違和感を与えるおそれがある。

30

【0007】

本発明は、以上のような問題点に鑑みてなされたものであり、多相ブラシレスモータを用いてステアリング系にモータパワーを付与する場合に、有効な微小電流であるのか、モータの異常、特に断線であるのかを弁別して確実に異常検知（断線検知）を行うことができる電動パワーステアリング装置を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の電動パワーステアリング装置は、前記の目的を達成するために創案されたものであり、操舵入力の大きさに基づいて目標電流を算出してステアリング系にモータパワーを付与するブラシレスモータを駆動制御する制御手段を有し、制御手段が、界磁電流のベクトル方向をD軸としたとき、そのD軸に直交するベクトル方向をQ軸とする2相回転磁束座標で表わされるベクトル制御によってブラシレスモータの制御を行う電動パワーステアリング装置であつて、ブラシレスモータに流れるQ軸電流が所定の電流閾値以下であり、かつ、ブラシレスモータに印加されるQ軸電圧が所定の電圧閾値以上である異常検知工

50

リア状態が所定の時間継続されたとき、または異常検知エリア状態を検出したカウント数の積算値が所定値以上のとき、ブラシレスモータに接続される複数ラインのうち、少なくとも1つのラインが異常であると検知する異常検知手段を備える構成を採っている。

【0009】

このような構成によれば、Q軸電流が所定の電流閾値以下であり、かつQ軸電圧が所定の電圧閾値以上である領域を異常検知エリアとし、ブラシレスモータの運転中に流れるQ軸電流及びQ軸電圧が、所定の時間継続してこの異常検知エリア内にあるときには、ブラシレスモータに接続される複数のラインのうち、少なくとも1本のラインが断線等の異常状態にあると判定することができる。したがって、故障検出回路を設けなくても確実に異常検知を行うことが可能となる。その結果、断線時には速やかにフェールセーフモードに移行して、2次的故障に波及することを防止することができる電動パワーステアリング装置を低コストに実現することができる。

10

【0010】

また、本発明の電動パワーステアリング装置は、前記発明の構成において、異常検知手段は、ブラシレスモータが所定の回転速度以上で高速回転しているときは、Q軸電流及びQ軸電圧が異常検知エリア状態にあるときでも異常検知を行わない構成を採っている。

【0011】

このような構成によれば、ブラシレスモータは高速回転になると必要なQ軸電圧が増加するために、異常検知エリア内でブラシレスモータの制御が行われることもあるが、異常検知エリア内では異常検知を行わないようにしているので安定した制御を行うことができる。

20

【0012】

また、本発明の電動パワーステアリング装置は、前記発明の構成において、Q軸電流が所定の電流閾値以下であり、かつ、Q軸電圧が所定の電圧閾値以下であるときは、異常検知手段は異常検知を行わないような構成を採っている。このような構成によれば、たとえば高速走行時のように微少電流によってブラシレスモータを駆動する場合に異常検知を行わないようにすることができる。

【0013】

また、道路の車線と車両の位置関係を確認して、その位置関係を適正に保つように目標電流を補正するレーンキープモードのときに、前記異常検知を行わないようにすることができる。このような構成によれば、レーンキープモードでは微少電流でブラシレスモータを駆動しステアリング系にモータパワーを付与しているので、そのような微少電流のときは異常検知を行わないようにすることができる。つまり、通常の運転状態では微少電流が所定の時間継続されたときに断線と判定するが、レーンキープモードのときは微少電流でも断線と判定しないので、使い勝手のよい電動パワーステアリング装置を実現することができる。

30

【発明の効果】

【0014】

本発明の電動パワーステアリング装置によれば、ブラシレスモータへ供給される駆動電流が微少電流のとき、その微少電流がブラシレスモータを制御するために必要な微少電流であるのか、断線による微少電流であるのかを弁別して断線判定を行うことができる。したがって、使い勝手のよい電動パワーステアリング装置を提供することができる。

40

【0015】

また、本発明の電動パワーステアリング装置によれば、故障検出回路を設けなくても、ブラシレスモータの駆動制御を行う制御手段に異常検知手段を設けるだけで異常検知を行うことができるので、コストアップさせることなく電動パワーステアリング装置の付加価値を高めることができる。さらに、本発明の電動パワーステアリング装置によれば、ブラシレスモータの高速回転時に異常検知エリア内で制御が行われているときは異常検知を行わないようにしているので、誤検知をするおそれがなくなる。

【0016】

50

また、本発明の電動パワーステアリング装置によれば、レーンキープモードにおいて微小電流でブラシレスモータを駆動してステアリング系にモータパワーを付与しているときは異常検知を行わないようになっているので、レーンキープモードの機能と異常検知の機能を両立させることができる。したがって、使い勝手がよく、かつ付加価値の高い電動パワーステアリング装置を提供することができる。さらに、本発明の電動パワーステアリング装置によれば、確実に異常検知を行うことができるので、断線時には速やかにフェールセーフモードに移行して二次的故障に波及することを防止することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

《発明の概要》

本発明の電動パワーステアリング装置は、3相ブラシレスモータに流れるQ軸電流（トルク軸電流）が所定の電流閾値以下であり、かつ、3相ブラシレスモータに印加するQ軸電圧（トルク軸電圧）が所定の電圧閾値以上である状態が所定の時間継続された場合に、3相ブラシレスモータに入力される3相ラインのうちいずれかのラインが断線していると判定する。また、道路の車線と車両の位置関係を確認して、その位置関係を適正に保つように目標電流を補正するレーンキープモードのときは、僅かな操舵力のアシスト（モータパワーの付与）を行えばよいので、微小電流で3相ブラシレスモータの制御を行っている。そのため、レーンキープモードのときは、Q軸電流が所定の電流閾値以下であっても、操舵力をアシストするための微小電流である場合は断線であると判定しない。すなわち、Q軸電流が所定の電流閾値以下であり、かつ、Q軸電圧が所定の電圧閾値以下である場合は、レーンキープモードであると判断して電線検知を行わないようにしている。

【0018】

なお、本発明の電動パワーステアリング装置では、従来の電動パワーステアリング装置と区別するために、従来の電動パワーステアリング装置で表現していたd軸、q軸を、本発明の電動パワーステアリング装置ではD軸、Q軸と大文字で表現して弁別することにする。また、本発明の電動パワーステアリング装置ではその他のアルファベット符号も大文字で表現することにする。但し、数字の添え字はアルファベット符号の小文字を使用する。

【0019】

《発明の実施の形態》

以下、本発明にかかる電動パワーステアリング装置の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。図1は、本発明の実施の形態に適用される電動パワーステアリング装置の構成図である。まず、図1に示す電動パワーステアリング装置1の全体構成について説明する。図1において、ステアリングホイール3に一体的に設けられたステアリング軸4は、自在継ぎ手5a、5bを有する連結軸5を介して、ステアリング・ギアボックス6内にあるラック&ピニオン機構7のピニオン7aと連結され、手動操舵力発生手段2を構成している。さらに、ピニオン7aにかみ合うラック歯7bと、これらのかみ合いにより往復運動するラック軸9は、その両端にタイロッド10、10を介して転動輪としての左右の前輪W、Wに連結されて、操舵時にはラック&ピニオン式のステアリング系Sを介して左右の前輪W、Wを転動させて車両の方向が変えられるように構成されている。この手動操舵力発生手段2による操舵力を軽減するために補助操舵力を供給する電動機8を設け、操舵トルクに応じた補助トルクを制御手段12の制御によって発生させ、この補助トルクをラック軸9に伝達してステアリングホイール3の操舵力を軽減するように構成されている。

【0020】

すなわち、本実施の形態の電動パワーステアリング装置1は、ステアリングホイール3から操舵輪である左右の前輪W、Wに至るステアリング系Sが備えられ、手動操舵力発生手段2によって操舵力をアシストしている。そのため、電動パワーステアリング装置1は、制御手段12からの電動機制御信号V0に基づいて電動機駆動手段13で電動機電圧VMを発生し、この電動機電圧VMによって電動機8を駆動して補助トルク（補助操舵力）

10

20

30

40

50

を発生させ、手動操舵力発生手段 2 による手動操舵力をアシストする。なお、本実施の形態では、電動機 8 として 3 相ブラシレスモータを用い、電動機 8 の駆動制御として D 軸（界磁電流軸）と Q 軸（トルク軸）を制御する D Q 制御を行っている。

【0021】

手動操舵力発生手段 2 は、ステアリングホイール 3 に一体的に設けられたステアリング軸 4 に連結軸 5 を介してステアリング・ギアボックス 6 内に設けたラック & ピニオン機構 7 のピニオン 7 a が連結される。なお、連結軸 5 は、その両端に自在継ぎ手 5 a、5 b を備えている。ラック & ピニオン機構 7 は、ピニオン 7 a に噛み合うラック歯 7 b がラック軸 9 に形成され、ピニオン 7 a とラック歯 7 b の噛み合いによりピニオン 7 a の回転運動をラック軸 9 の横方向（車両幅方向）の往復運動にしている。さらに、ラック軸 9 には、その両端にタイロッド 10、10 を介して、操舵輪としての左右の前輪 W、W が連結されている。

10

【0022】

また、電動パワーステアリング装置 1 は、補助操舵力（補助トルク）を発生させるために、電動機 8 がラック軸 9 と同軸上に配設されている。そして、電動パワーステアリング装置 1 は、電動機 8 の回転をラック軸 9 と同軸に設けられたボールねじ機構 11 を介して推力に変換し、この推力をラック軸 9（ボールねじ軸 11 a）に作用させている。

【0023】

制御手段 12 には、車速センサ V S、操舵トルクセンサ、電動機電流検出手段 14 の各検出信号 V、T、I M O が入力される。そして、制御手段 12 は、これらの検出信号 V、T、I M O に基づいて電動機 8 にかかる電動機電流 I M の大きさ及び方向を決定し、電動機駆動手段 13 に電動機制御信号 V O を出力している。さらに、制御手段 12 は、操舵トルク信号 T と電動機電流信号 I M O に基づいて、電動パワーステアリング装置 1 でのアシストを判定して電動機 8 の駆動を制御している。なお、制御手段 12 は、各種演算や処理等を行う C P U、入力信号変換手段、信号発生手段、及び記憶手段などで構成されている。ちなみに、制御手段 12 は C P U を備え、その C P U は電動パワーステアリング装置 1 での主な制御を行う。

20

【0024】

車速センサ V S は、車速を単位時間当たりのパルス数として検出し、検出したパルス数に対応したアナログ電気信号を車速信号 V として制御手段 12 に送信する。なお、車速センサ V S は、電動パワーステアリング装置 1 の専用センサであってもよいし、他のシステムの車速センサを利用してもよい。

30

【0025】

操舵トルクセンサ T S はステアリング・ギアボックス 6 内に配設され、ドライバによる手動の操舵トルクの大きさ及び方向を検出する。そして、操舵トルクセンサ T S は、検出した操舵トルクに対応したアナログ電気信号を操舵トルク信号 T として制御手段 12 に送信する。なお、操舵トルク信号 T は、大きさを示す操舵トルクとトルクの向きを示すトルク方向の情報を含む。トルク方向は操舵トルクのプラス値 / マイナス値で表され、プラス値は操舵トルク方向が右方向であり、マイナス値は操舵トルク方向が左方向である。

【0026】

電動機電流検出手段 14 は、例えば、電動機 8 の各巻線ごとに設けられたカレントトランスフォーマ（C T）で形成され、電動機 8 に実際に流れる電動機電流 I M の大きさ及び方向を検出する。そして、電動機電流検出手段 14 は、電動機電流 I M に対応した電動機電流信号 I M O を制御手段 12 にフィードバック（負帰還）する。

40

【0027】

電動機駆動手段 13 は、電動機制御信号 V O に基づいて電動機電圧 V M を電動機 8 に印加して電動機 8 を駆動する。電動機駆動手段 13 は、例えば、P W M（Pulse Width Modulation）信号のデューティに応じて電動機駆動手段 13 内のブリッド回路及び F E T ブリッジを介して電動機 8 の各巻線に例えば正弦波電流を通電してベクトル制御を行う。

【0028】

50

次に、図1の制御手段12について詳細に説明する。図2は、図1に示す電動パワーステアリング装置における制御装置とその周辺の構成を示すブロック図である。制御手段12は、相電流検出手段21、3相2軸変換手段22、レゾルバ23、角度算出手段24、電動機速度算出手段25、界磁電流手段26、Q軸PI制御手段27、D軸PI制御手段28、2軸3相変換手段29、PWM変換手段30、非干渉制御手段31、及び断線検出手段32を備えた構成となっている。また、周辺機器として、電動機8、電動機駆動手段13、電流センサ14a、14bを有する電動機電流検出手段14、及びバッテリーを備えている。なお、制御手段12はCPUからの指令信号によって動作を行うが、この図ではCPUは図示されていない。

【0029】

10

このような制御手段12は、2相回転磁束座標で表わされるベクトル制御によって指令トルクに応じた電動機8のベクトル制御を行っている。すなわち、ステアリング系Sのハンドルに加わる操舵トルクTを操舵トルクセンサTSにより検出し、この検出した操舵トルクTに応じたアシストトルクが得られるように、電動機8をベクトル制御することにより操舵のアシストを行っている。

【0030】

まず、図示しないCPU内において、操舵トルクセンサTSが検出して出力した操舵トルク信号T、操舵角速度、及び車速センサVSが検出して出力した車速信号Vなどから指令トルクが求められ、さらに、この指令トルクはトルク電流変換によってQ軸電流指令値に変換され、制御手段12のQ軸PI制御手段27へ入力される。また、CPUからの指令信号と電動機速度算出手段25からの速度信号が界磁電流手段26へ入力され、D軸電流指令値に変換されてD軸PI制御手段28へ入力される。

20

【0031】

また、電動機8の各相電流（例えば、U相電流IU、W相電流IW）が電動機電流検出手段14の電流センサ（CT）14a、14bで検出され、相電流検出手段21によって所定の周期でサンプリングされる。そして、相電流検出手段21から出力された各相電流（IU、IW）は3相2軸変換手段22へ入力される。一方、レゾルバ23が検出した電動機8の回転位置は角度算出手段24によって角度信号（ANGLE）に変換され、その角度信号が3相2軸変換手段22へ入力される。そして、3相2軸変換手段22は、入力された角度信号に基づいて各相電流（IU、IW）をDQ変換してD軸電流（ID）とQ軸電流（IQ）を出力する。

30

【0032】

次に、Q軸PI制御手段27は、CPUから入力されたQ軸電流指令値とフィードバック系によって入力されたQ軸電流（IQ）とに基づいて、P（Proportional：比例）制御処理及びI（Integral：積分）制御処理を実行し、その結果としてQ軸に対しての指令電圧VQを生成して、この指令電圧VQを2軸3相変換手段29へ入力する。また、D軸PI制御手段28は、界磁電流手段26から入力されたD軸電流指令値とフィードバック系によって入力されたD軸電流（ID）とに基づいて、P（比例）制御処理及びI（積分）制御処理を実行し、その結果としてD軸に対しての指令電圧VDを生成して、この指令電圧VDを2軸3相変換手段29へ入力する。

40

【0033】

すると、2軸3相変換手段29は、これらの指令電圧VQ、VDに対してDQ逆変換を行って電動機8のU、V、Wの各相に対するそれぞれの指令電圧VU、VV、VWに変換する。そして、これらの指令電圧VU、VV、VWはPWM変換手段30でPWMデューティ信号となり、このPWMデューティ信号が電動機駆動手段13内の図示しないブリドリブ回路及びFETブリッジ回路を制御する。これによって、ブラシレスモータなどの電動機8の各相巻線にはPWM制御された電流が通電され、電動機8に対して所定のベクトル制御を行う。

【0034】

なお、非干渉制御手段31は、Q軸PI制御手段27とD軸PI制御手段28のように

50

複数の制御入力と複数の制御量との間に相互干渉がある場合に、1つの制御入力の影響が1つの制御量だけに及ぶように相互干渉を絶つ働きをする。図2の例では、非干渉制御手段31は、電動機角速度と電動機電流のフィードバックループを小さくする(つまり、フィードバックループの応答速度を早くする)ために用いられている。

【0035】

ところで、本発明の電動パワーステアリング装置は、図2に示すように、電動機8に接続されるU相ライン、V相ライン、W相ラインの断線を検知するための断線検知手段32を備えている。すなわち、断線検知手段32は、Q軸PI制御手段27から出力されるQ軸電圧VQが所定の電圧閾値以上であり、かつ電動機8に流れる各相の相電流(つまり、電動機電流検出手段14が検出して相電流検出手段21を介して3相2軸変換手段22から出力されるQ軸電流IQ)が所定の電流閾値以下である状態が所定の時間以上継続された場合に、その3相ブラシレスモータが断線していると判定する。そして、断線検知手段32は、3相ブラシレスモータのいずれかのラインが断線していると判断した場合は、断線信号を電動機駆動手段13へ送信してフェールセーフモードに移行し、3相ブラシレスモータへの電流供給を停止させる。これによって、電動機8や制御手段12の各要素に2次故障が波及することを防止することができる。

10

【0036】

また、道路の車線と車両の位置関係をCCDカメラで確認して、その位置関係を適正に保つように目標電流を補正するレーンキープモードでは、僅かな操舵力のアシストを行えばよいので微少電流で3相ブラシレスモータの制御を行っている。この技術は同一出願人による特開平11-99955号公報などに開示されている。このようなレーンキープモードでは、Q軸電流が所定の電流閾値以下であっても、操舵力をアシストするための微少な駆動電流であることもあるので、単純に断線であると判定することはできない。そこで、断線検知手段32は、図2には図示されていないCCDカメラからレーンキープモードである旨の情報が入力されると、レーンキープモードでは微弱な電力で電動機8を制御して操舵力のアシストを行えばよいので、電動機8に流れる各相の相電流(つまり、3相2軸変換手段22から出力されるQ軸電流IQ)が所定の電流閾値以下であって、かつ、Q軸PI制御手段27から出力されるQ軸電圧VQが所定の電圧閾値以下である場合は、レーンキープモードであると判断して断線検知を行わないようにしている。

20

【0037】

図3は、図2の断線検知手段32が断線検知を行う電圧・電流の範囲を示す概念図であり、横軸にQ軸電圧VQを表わし、縦軸にQ軸電流IQを表わしている。すなわち、電動機8に接続される各相ラインの断線状態とは、Q軸PI制御手段27から所定の値以上のQ軸電圧VQが出力されているにも関わらず、各相ラインから流れる電流が所定の値以下である状態、つまり、3相2軸変換手段22から出力されるQ軸電流IQが所定の値以下である状態である。すなわち、図3に示すように、Q軸電圧VQが電圧閾値VQ1以上であってQ軸電流IQが電流閾値IQ1以下である領域を断線検知エリアSbとする。

30

【0038】

そして、Q軸電圧VQが電圧閾値VQ1以上であってQ軸電流IQが電流閾値IQ1以下である断線検知エリアSbの状態が所定の時間継続された場合、または、断線検知エリアSbの故障検知カウンタの積算値が所定の値以上になった場合は、断線検知手段32は、電動機8に接続される3相ラインのうちいずれかのラインが断線していると確定し、制御手段12をフェールセーフモードにする。例えば、断線検知手段32から電動機駆動手段13に断線信号を送信して、図示しないフェールセーフリレーをOFFにして電動機8に接続される3相ラインを遮断する。

40

【0039】

ところが、レーンキープモードなどのように小さな操舵力アシストを行う場合は電動機8が低速回転状態にあり、図3に示すように、比較的小さなQ軸電圧VQとQ軸電流IQのレーンキープモードエリアSaで電動機8の制御が行われる。したがって、Q軸電流IQのレベルが電流閾値IQ1以下であって、かつ、Q軸電圧VQのレベルが電圧閾値VQ

50

1 以下であるレーンキーブモードエリア S a は、断線検知エリア S b から外して正常に断線検知ができるようにする。

【 0 0 4 0 】

また、図 3 の 1 点鎖線の V Q - I Q 特性は、電動機 8 の回転速度 N をパラメータとしたときの Q 軸電圧 V Q に対する Q 軸電流 I Q の特性であり、電動機 8 の回転速度 N が上昇すると電機子コイルの逆起電力が増加するために、必要とする Q 軸電圧 V Q を高くしなければならない。言い換えれば、同じ Q 軸電圧 V Q を印加した場合は、電動機 8 の回転速度 N が上昇すると Q 軸電流 I Q は減少する。例えば、Q 軸電圧 V Q 2 を印加した場合は、低い回転速度 N 1 のときの Q 軸電流は I Q 3 で断線検知エリア S b の外にある。また、やや高い回転速度 N 2 のときの Q 軸電流は I Q 2 であり断線検知エリア S b の外にある。ところが、さらに高い回転速度 N 3 のときの Q 軸電流は I Q 1 より少ない I Q 0 であって断線検知エリア S b の中にある。

10

【 0 0 4 1 】

すなわち、電動機 8 の高回転領域では、頻度は少ないものの断線検知エリア S b 内で電動機 8 の制御が行われることがある。したがって、単純に断線検知エリア S b の故障検知をカウントアップして積算値が所定の値以上になったときに断線であると判定すると誤検知してしまう可能性もある。そこで、このような不具合を解消するために、所定の回転速度以上の高速回転のとき、Q 軸電圧 V Q が所定電圧値以上のとき、及び Q 軸電流 I Q が所定電流値以上のときは、先に検知した断線検知エリア S b の故障検知のカウント数をカウントダウンする。

20

【 0 0 4 2 】

次に、フローチャートの流れに沿って断線検知の手順を説明する。図 4 は、図 2 に示す断線検知手段 3 2 が行う断線検知の処理の流れを示すフローチャートである。したがって、図 2 及び図 3 を参照しながら図 4 のフローチャートを説明する。図 4 において、まず、断線検知手段 3 2 は、電動機 8 の回転速度の読みを行う (ステップ S 1)。そして、電動機 8 の回転速度が所定値以下であるか否かを判定する (ステップ S 2)。ここで、電動機 8 の回転速度が所定値以下であれば (ステップ S 2 で Y e s の場合)、Q 軸電流 I Q の読みを行う (ステップ S 3)。そして、読み込んだ Q 軸電流 I Q の絶対値が電流閾値 I Q 1 以下であるか否かを判定する (ステップ S 4)。

【 0 0 4 3 】

次に、Q 軸電流 I Q の絶対値が電流閾値 I Q 1 以下であれば (ステップ S 4 で Y e s の場合)、Q 軸電圧 V Q の絶対値が電圧閾値 V Q 1 以上であるか否かを判定する (ステップ S 5)。ここで、Q 軸電圧 V Q の絶対値が電圧閾値 V Q 1 以上であれば (ステップ S 5 で Y e s の場合)、図 3 の断線検知エリア S b に入っているため、断線カウンタをカウントアップ (積算) してゆく (ステップ S 6)。そして、断線カウンタのカウント値が未だ所定値以下であるか否かを判断し (ステップ S 7)、断線カウンタのカウント値が所定値以下でなければ、つまり、カウント値が所定値に達していれば (ステップ S 7 で N o の場合)、断線検知エリア S b での故障カウントは所定の積算値に達したので、断線故障が発生したものと確定する (ステップ S 8)。このような処理は継続して繰り返される (ステップ S 9)。なお、断線故障と確定した場合は、電動パワーステアリング装置の作動を制限してワーニング点灯などの処理を行う。

30

40

【 0 0 4 4 】

また、ステップ S 2 で電動機 8 の回転速度が所定値以下でないとき、つまり、電動機 8 が高速回転であるときは (ステップ S 2 で N o の場合)、図 3 で説明した回転速度 N 3 の高速回転の場合のように、断線検知エリア S b で制御を行っている可能性がある。したがって、断線故障ではない可能性もあるため、断線カウンタのカウント値を 1 つカウントダウンして (ステップ S 1 0)、次の検知サイクルにリターンする (ステップ S 9)。

【 0 0 4 5 】

また、ステップ S 4 で Q 軸電流 I Q の絶対値が電流閾値 I Q 1 以下でないときは (ステップ S 3 で N o の場合)、図 3 に示すように断線検知エリア S b 内には入っていないので

50

、断線カウンタのカウント値を1つカウントダウンして(ステップS10)、次の検知サイクルにリターンする(ステップS9)。

【0046】

さらに、Q軸電流I_Qの絶対値が電流閾値I_{Q1}以下であるときに(ステップS4でYes)、ステップS5でQ軸電圧V_Qの絶対値が電圧閾値V_{Q1}以上でない場合は(ステップS5でNoの場合)、つまり、Q軸電流I_Qの絶対値が電流閾値I_{Q1}以下であって、かつ、Q軸電圧V_Qの絶対値が電圧閾値V_{Q1}未満のときは、図3に示すレーンキープモードエリアS_aにあるので断線検知を行わないため、断線カウンタのカウント値を1つカウントダウンして(ステップS11)、次の検知サイクルにリターンする(ステップS9)。なお、上記実施形態では、断線カウンタのカウント値が所定値異常の時、断線故障を判定するようにしたが、断線検知エリアに所定時間入っているときに断線故障を判定するようにしてもよい。

10

【0047】

以上のようにして、本発明の電動パワーステアリング装置は、断線検知エリアS_bとレーンキープモードエリアS_aを弁別して断線検知を行っているので、レーンキープモードの機能と断線検知の機能を両立させながら高精度に操舵力アシストの制御を実現することができる。なお、本発明は、ステアリング系Sにおけるステアリングホイールと前輪(転舵輪)とが機械的に切り離されたステアバイワイヤ(Steer#By#Wire)にも適用可能である。また、断線検知エリアも固定とするのではなく、たとえば、車速やモータ回転数によってその範囲を変更してもよい。たとえば、モータ回転速度が上昇するにしたがって、電

20

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】本発明の実施の形態に適用される電動パワーステアリング装置の構成図である。

【図2】図1に示す電動パワーステアリング装置における制御装置とその周辺の構成を示すブロック図である。

【図3】図2の断線検知手段が断線検知を行う電圧・電流の範囲を示す概念図である。

【図4】図2に示す断線検知手段が行う断線検知の処理の流れを示すフローチャートである。

30

【符号の説明】

【0049】

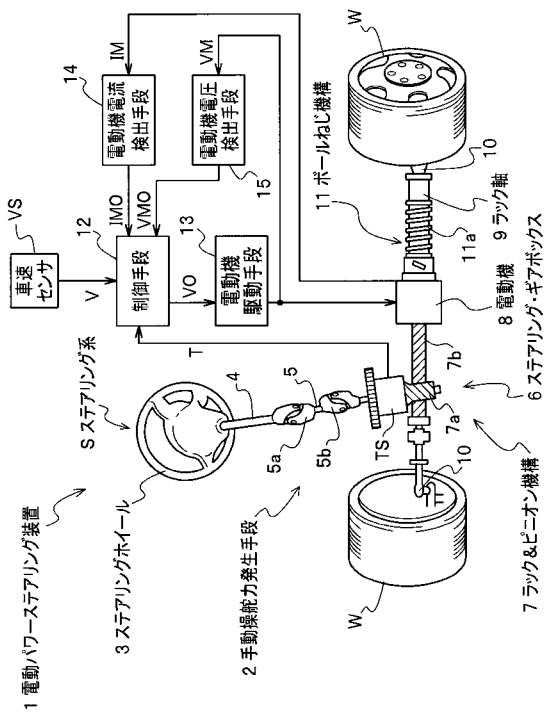
- 1 電動パワーステアリング装置
- 2 手動操舵力発生手段
- 3 ステアリングホイール
- 4 ステアリング軸
- 5 連結軸
- 5 a , 5 b 自在継ぎ手
- 6 ステアリング・ギアボックス
- 7 ラック&ピニオン機構
- 7 a ピニオン
- 8 電動機
- 9 ラック軸
- 10 タイロッド
- 11 ボールねじ機構
- 12 制御手段
- 13 電動機駆動手段
- 14 電動機電流検出手段
- 14 a , 14 b 電流センサ
- 15 電動機電圧検出手段

40

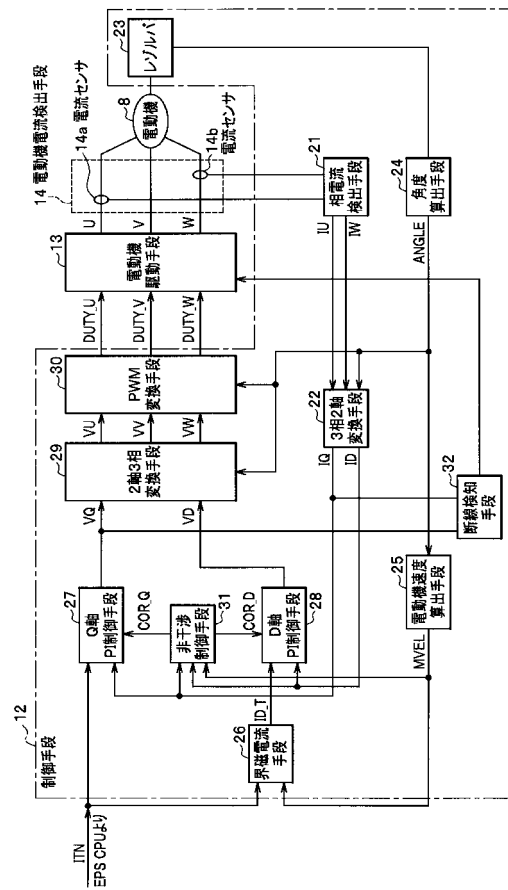
50

- 2 1 相電流検出手段
- 2 2 3相2軸変換手段
- 2 3 レゾルバ
- 2 4 角度算出手段
- 2 5 電動機速度算出手段
- 2 6 界磁電流手段
- 2 7 Q軸PI制御手段
- 2 8 D軸PI制御手段
- 2 9 2軸3相変換手段
- 3 0 PWM変換手段
- 3 1 非干渉制御手段
- 3 2 断線検知手段
- S ステアリング系
- S a レーンキープモードエリア
- S b 断線検知エリア
- T S 操舵トルクセンサ
- V S 車速センサ
- W 前輪

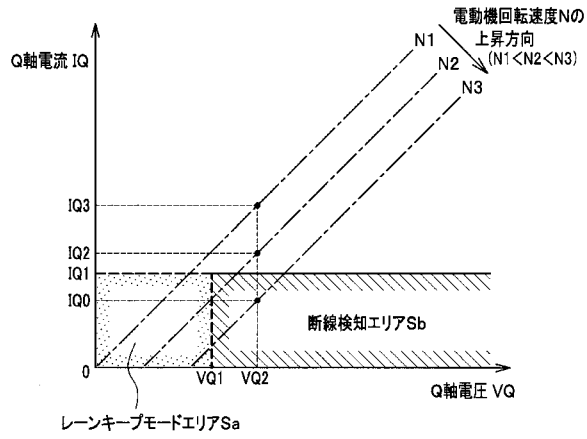
【 図 1 】



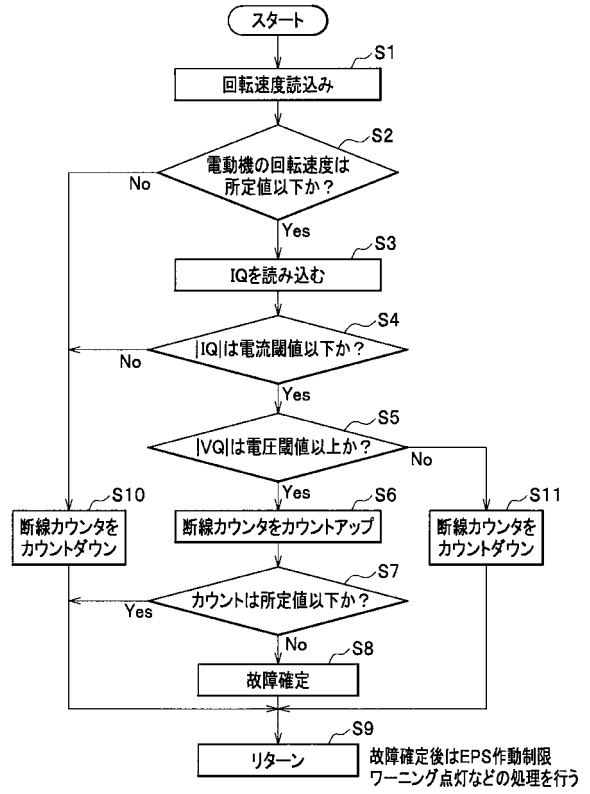
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 森下 文寛

埼玉県和光市中央1丁目4番1号

株式会社本田技術研究所内

Fターム(参考) 3D233 CA02 CA03 CA13 CA16 CA20 CA21 CA31 MA05