

(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2012-144100
(P2012-144100A)

(43) 公開日 平成24年8月2日(2012.8.2)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
B62D 6/00 (2006.01)	B62D 6/00	3D232
B62D 5/04 (2006.01)	B62D 5/04	3D233
B62D 101/00 (2006.01)	B62D 101:00	
B62D 113/00 (2006.01)	B62D 113:00	
B62D 119/00 (2006.01)	B62D 119:00	

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2011-2564 (P2011-2564)
(22) 出願日 平成23年1月7日 (2011.1.7)

(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 100077665
弁理士 千葉 剛宏
(74) 代理人 100116676
弁理士 宮寺 利幸
(74) 代理人 100149261
弁理士 大内 秀治
(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
(72) 発明者 和田 卓士
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】トルクセンサにより操舵トルクを検出することができなくなった場合においても、モータによる操舵アシスト力を切り込み方向及び切り戻し方向の両方向に付与することを可能とし、特に、切り込み方向において切り込みすぎを防止しつつ適切なアシスト力を付与する電動パワーステアリング装置を提供する。

【解決手段】異常検出部80によりトルクセンサ20の異常が検出されたとき、レゾルバ58により検出されている回転角 r とアシスト電流特性とに基づいてモータ24を駆動し、駆動する際、回転角 r に基づき算出される回転角速度が大きくなるに従いモータ24を駆動するアシスト電流 I_a を小さくするよう制御したので、切り込み方向において切り込みすぎを防止しつつ適切なアシスト力を付与することができる。

【選択図】 図1

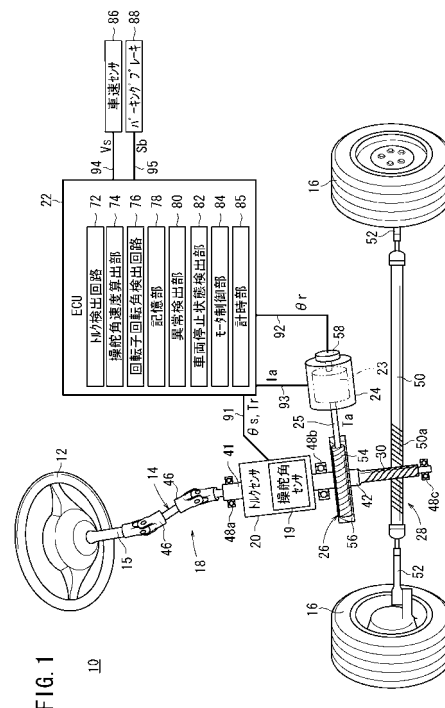


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

運転者が車両を操縦するために操作する操作子と、
前記車両の操舵系に発生するトルクを検出するトルク検出部と、
前記車両の車速を検出する車速検出部と、
前記操舵系の回転軸にアシストトルクを付与するモータと、
前記操舵系の回転角を検出する回転角検出部と、
前記トルク検出部により検出された前記トルクに基づいて前記モータを駆動する電流を制御するモータ制御部と、

を備える電動パワーステアリング装置であって、
前記トルク検出部に異常が発生したかどうかを検出する異常検出部と、
前記回転角検出部が検出した前記回転角と前記モータを駆動する前記電流との関係特性として記憶した記憶部と、を備え

前記モータ制御部は、
前記異常検出部により前記トルク検出部の異常が検出されたとき、前記回転角検出部により検出されている前記回転角と前記特性とに基づいて前記モータを駆動し、駆動する際、前記回転角に基づき算出される回転角速度が大きくなるに従い前記モータを駆動する電流を小さくするよう制御する

ことを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の電動パワーステアリング装置において、
前記モータ制御部は、
前記回転角検出部により検出されている前記回転角速度を、前記車速が所定車速より小さくなるに従い小さくなるように補正し、補正回転角速度と前記特性とに基づいて、前記モータを駆動するようにした

ことを特徴とする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】

この発明は、操作者によるステアリングホイールへの操舵力を、操舵系を通じて車輪に伝達する際に、前記ステアリングホイールの軽い操舵力で車両が旋回できるようにする電動パワーステアリング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

操作者からステアリングホイールに加えられる操舵力は、前記ステアリングホイールに連結されたステアリングシャフトに設けられたトルクセンサにより検出される。前記トルクセンサにより検出された操舵力（操舵トルク）に基づいて、電動パワーステアリング装置では、制御装置が電動モータ（単に、モータともいう。）を駆動し、このモータの発生するアシストトルク（補助トルク）を、ウォームギア減速機構等を介して前記ステアリングシャフト（操舵系）に伝達することで前記操作者による前記ステアリングホイールの前記操舵力を低減させる。

【0003】

この場合、前記トルクセンサとしては、特許文献 1 及び特許文献 2 に示すように、入力軸と出力軸間をトーションバーで連結するとともに、前記入力軸及び出力軸に係合するコアを設け、前記入出力軸間にトルクが作用すると前記コアが変位し、前記コアの変位を検出コイルにて電気的に検出するようにしたもの、あるいは特許文献 3 及び特許文献 4 に示すように、ステアリングシャフトに磁歪膜を被覆し前記磁歪膜の磁気特性変化を検出する検出コイルを備え前記ステアリングシャフトに加えられるトルクを前記検出コイルにて電気的に検出するようにしたものが公知である。

【0004】

10

20

30

40

50

特許文献5には、トルクセンサが故障した場合に、車速が所定速度以上であるときには、前記モータによる操舵力のアシストを解除して手動操舵とし、前記車速が所定速度以下であるときには、操舵角センサの出力から計算した操舵角速度に応じてモータを制御するようにした技術が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特許第3055752号公報

【特許文献2】特許第2830992号公報

【特許文献3】特許第3964414号公報

【特許文献4】特許第4057552号公報

【特許文献5】特公平6-96389号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従来、操舵トルクを検出するトルクセンサが故障した場合には、特許文献5に記載されているように、操舵角センサの出力から計算した操舵角速度に応じて電動モータ（以下、単にモータともいう。）を制御するようにしている。

【0007】

しかしながら、前記操舵角センサが付加されていない車両では、前記トルクセンサが故障して操舵トルクを検出できなくなった場合には、前記モータによる操舵力のアシストを解除せざるを得ない。

【0008】

この発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、トルクセンサが故障して前記トルクセンサにより操舵トルクを検出することができなくなった場合においても、モータによる操舵アシスト力を切り込み方向及び切り戻し方向の両方向に付与することを可能とし、特に、切り込み方向において切り込み過ぎを防止しつつ適切なアシスト力を付与することを可能とす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。

【課題を解決するための手段】

【0009】

この発明に係る電動パワーステアリング装置は、
 運転者が車両を操縦するために操作する操作子と、
 前記車両の操舵系に発生するトルクを検出するトルク検出部と、
 前記車両の車速を検出する車速検出部と、
 前記操舵系の回転軸にアシストトルクを付与するモータと、
 前記操舵系の回転角を検出する回転角検出部と、
 前記トルク検出部により検出された前記トルクに基づいて前記モータを駆動する電流を制御するモータ制御部と、

を備える電動パワーステアリング装置であって、

前記トルク検出部に異常が発生したかどうかを検出する異常検出部と、

前記回転角検出部が検出した前記回転角と前記モータを駆動する前記電流との関係特性として記憶した記憶部と、を備え

前記モータ制御部は、

前記異常検出部により前記トルク検出部の異常が検出されたとき、前記回転角検出部により検出されている前記回転角と前記特性とに基づいて前記モータを駆動し、駆動する際、前記回転角に基づき算出される回転角速度が大きくなるに従い前記モータを駆動する電流を小さくするように制御することを特徴とする。

【0010】

この発明によれば、異常検出部によりトルク検出部の異常が検出されたとき、回転角検出部により検出されている回転角と特性とに基づいてモータを駆動し、駆動する際、前記

10

20

30

40

50

回転角に基づき算出される回転角速度が大きくなるに従い前記モータを駆動する電流を小さくするよう制御したので、トルク検出部が異常のときに、切り込み方向において切り込み過ぎを防止しつつ適切なアシスト力が付与することができる。

【0011】

この場合、前記モータ制御部は、前記回転角検出部により検出されている前記回転角速度を、前記車速が所定車速より小さくなるに従い小さくなるように補正し、補正回転角速度と前記特性とに基づいて、前記モータを駆動するようにしている。

【0012】

この発明によれば、車速が所定車速より小さくなるに従い、モータを駆動する電流の引数としての回転角速度が小さくなる補正回転角速度を用いて、前記モータを駆動するようにしたので、操舵力がより必要となる所定車速以下でのアシスト力を確保することができる。

【発明の効果】

【0013】

この発明によれば、トルク検出部が故障して前記トルク検出部により操舵トルクを検出することができなくなった場合においても、回転角検出部により検出されている回転角に基づきモータによる操舵アシスト力を切り込み方向及び切り戻し方向の両方向に付与することができ、特に、切り込み方向において、回転角速度が大きくなるに従いアシスト力が小さくなるように制御しているので切り込み過ぎを防止しつつ適切なアシスト力を付与することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】実施形態及び第1～第3実施例に係る電動パワーステアリング装置の全体概略構成図である。

【図2】図1例の電動パワーステアリング装置中、ECU内の接続図である。

【図3】操舵角推定処理及び電流フェード処理の説明に供されるフローチャートである。

【図4】図4Aは、通常時アシスト処理で参照されるベースアシスト電流特性の説明図、図4Bは、異常時アシスト処理で参照されるベースアシスト電流特性の説明図である。

【図5】電流フェード特性の説明図である。

【図6】連続操舵時間低減特性の説明図である。

【図7】第1実施例に係る保舵時切り戻し電流フェード処理の中断処理の説明に供されるフローチャートである。

【図8】第1実施例に係る保舵時切り戻し電流フェード処理の中断処理の再開処理の説明に供されるフローチャートである。

【図9】第1実施例に係る保舵時アシスト特性の説明図である。

【図10】第2実施例に係るモータ回転速度低減レシオ特性の説明図である。

【図11】第2実施例に係る車速レシオ特性の説明図である。

【図12】第2実施例に係る切り込み方向の切りすぎ抑制機能の説明図である。

【図13】第3実施例に係る低速走行域切り戻し時操舵力低減処理の説明に供されるフローチャートである。

【図14】第3実施例に係る低速走行域切り戻し時操舵力低減特性の説明図である。

【図15】第3実施例に係るセンタレシオ特性の説明図である。

【図16】従来のアシスト制御での運転者が必要な操舵力、この発明に係るアシスト制御での運転者が必要な操舵力、及びアシスト制御がない場合の運転者が必要な操舵力を比較する概略特性図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、この発明の実施形態について図面を参照して説明する。

【0016】

図1は、車両に搭載されるこの実施形態に係る電動パワーステアリング装置10の全体

10

20

30

40

50

概略構成図である。

【0017】

図2は、図1の電動パワーステアリング装置10中、ECU(Electronic Control Unit: 制御装置)22内の機能ブロック図である。

【0018】

図1に示すように、電動パワーステアリング装置10は、基本的には、ステアリングホイール12(運転者が車両を操縦するために操作する操作子)からステアリングシャフト14を介して転舵輪16に至る操舵系(ステアリング系)18と、この操舵系18の回転軸に設けられて内部に操舵角センサ19を備え前記回転軸のトルク T_r と操舵角 δ とを検出するトルクセンサ(トルクセンサ及び操舵角センサともいう。)20と、トルクセンサ20からの出力等に基づいてアシストトルク T_a を決定するECU22と、このECU22によって駆動されるブラシレスモータである電動モータ(以下、モータともいう。)24と、このモータ24の出力を減速し前記操舵系18の回転軸にアシストトルク T_a として伝達する減速伝達機構26と、を備える。なお、モータ24は、ブラシ付きモータであってもよい。

10

【0019】

トルクセンサ20は、それぞれが操舵系18の回転軸である入力軸41と出力軸42が内部でトーションバーにより連結され、図示しないハウジングに支持された2個の検出コイル(不図示)が、入出力軸41、42に係合している円筒状のコア(不図示)を囲むように配設された公知の構成を備える(例えば、特許文献1、特許文献2参照)。

20

【0020】

操舵角センサ19は、入力軸41の回転角を操舵角 δ として検出する公知の構成を備える(例えば、特許文献1参照)。

【0021】

トルクセンサ20は、トーションバーや円筒状のコアを利用しない磁歪膜センサを用いた公知の構成を備えるようにしてもよい(例えば、特許文献3、又は特許文献4参照)。

【0022】

なお、操舵角センサ19を含まないトルクセンサであっても、操舵系18の回転角を検出する操舵角センサが別途設けられている場合、例えば、車両の旋回時の横滑り抑制制御等が行われる車両では、この別途設けられた操舵角センサを利用して、この発明を適用することができる。

30

【0023】

トルクセンサ20及び操舵角センサ19の出力信号であるトルク T_r 及び操舵角 δ の各信号は、ハーネス91を通じて、前記トルク T_r がECU22のトルク検出回路72に供給され、前記操舵角 δ が操舵角速度算出部74に供給される。

【0024】

ステアリングシャフト14は、それぞれが回転軸である、ステアリングホイール12に一体結合されたメインステアリングシャフト15と、このメインステアリングシャフト15に対してユニバーサルジョイント46を介して結合された入力軸41と、ラック&ピニオン機構28のピニオン30が設けられた出力軸42と、が連結された構成とされている。

40

【0025】

入力軸41と出力軸42が軸受48a、48b、48cによって支持されており、出力軸42の下端部にピニオン30が設けられている。ピニオン30は、車幅方向に往復動可能なラック軸50のラック歯50aに噛合する。ラック軸50の両端には、タイロッド52を介して左右の前輪である転舵輪16が連結されている。

【0026】

上述した操舵系18は、より詳細には、ステアリングホイール12からステアリングシャフト14(メインステアリングシャフト15、ユニバーサルジョイント46、入力軸41、ピニオン30が設けられた出力軸42)、ラック歯50aを有するラック軸50、タ

50

イロッド 5 2、及び転舵輪 1 6 を含む構成とされている。

【 0 0 2 7 】

この構成により、ステアリングホイール 1 2 の操舵時に通常のラック & ピニオン式の転舵操作が可能であり、ステアリングホイール 1 2 を操作して転舵輪 1 6 を転舵させ車両の向きを変えることができる。ここで、ラック軸 5 0、ラック歯 5 0 a、タイロッド 5 2 は、操舵系 1 8 中の転舵機構を構成する。

【 0 0 2 8 】

上述したように、電動パワーステアリング装置 1 0 は、ステアリングホイール 1 2 による操舵力を軽減するための操舵アシスト力（操舵補助力であって、単にアシスト力ともいう。）を供給するモータ 2 4 を備えており、このモータ 2 4 の回転軸 2 5 に固着されたウォームギア 5 4 が、出力軸 4 2 の中間部の軸受 4 8 b の下側に設けられたウォームホイールギア 5 6 に噛合している。ウォームギア 5 4 とウォームホイールギア 5 6 とにより減速伝達機構 2 6 が構成される。

【 0 0 2 9 】

回転軸 2 5 と一体的に回転するモータ 2 4 の回転子 2 3 の回転角 r_m （モータ機械角ともいう。）が、回転角検出部としてのレゾルバ 5 8 により回転子 2 3 の回転角 r （モータ電気角ともいう。）として検出されハーネス 9 2 を通じて ECU 2 2 の回転子回転角検出回路（後述するモータ機械角 r_m を算出するモータ機械角算出回路として機能する。）7 6 に供給される。なお、レゾルバ 5 8 は、相対角検出センサであるが、レゾルバ 5 8 に代えて絶対角検出センサのロータリエンコーダを採用することもできる。回転角 r_m （モータ機械角）と回転角 r （モータ電気角）との違いについては後述する。

【 0 0 3 0 】

ECU 2 2 は、マイクロコンピュータを含む計算機であり、CPU（中央処理装置）、メモリである ROM（EEPROM も含む。）及び RAM（ランダムアクセスメモリ）、その他、A/D 変換器、D/A 変換器等の入出力装置、計時手段としてのタイマ（計時部）等を有しており、CPU が ROM に記録されているプログラムを読み出し実行することで各種機能実現部（機能実現手段）、たとえば制御部、演算部、処理部等として機能する。

【 0 0 3 1 】

この実施形態において、ECU 2 2 は、後述する各種の特性（マップを含む）、プログラム等が記憶されるメモリとしての記憶部 7 8 を有し、前記のトルク検出回路 7 2、操舵角速度算出部 7 4、回転子回転角検出回路 7 6 として機能する他、異常検出部 8 0、車両停止状態検出部 8 2、モータ制御部 8 4、及び計時部 8 5 等として機能する。

【 0 0 3 2 】

トルク検出回路 7 2 は、トルクセンサ 2 0 の 2 つの検出コイル（不図示）からハーネス 9 1 を通じて出力されるトルク T_r に関連する信号の差動信号からトルク T_r に対応する信号（理解の便宜のために、トルク T_r という。）を生成して、モータ制御部 8 4 に供給する。

【 0 0 3 3 】

回転子回転角検出回路 7 6 は、レゾルバ 5 8 から供給された回転角 r （モータ電気角）からモータ 2 4 の回転子 2 3 の回転に対応する回転角（モータ機械角） r_m を算出（検出）してモータ制御部 8 4 に供給するとともに、操舵角速度算出部 7 4 に供給する。

【 0 0 3 4 】

操舵角速度算出部 7 4 は、正常動作している操舵角センサ 1 9 から操舵角（ステアリングシャフト 1 4 の舵角、ステアリング角又はハンドル角ともいう。） s が供給されている場合には、その操舵角センサ 1 9 からハーネス 9 1 を通じて出力される操舵角 s を微分して操舵角速度 s' （ $s' = d s / d t$ ； d は微分演算子、 t は時間。）を生成してモータ制御部 8 4 に供給する。

【 0 0 3 5 】

一方、操舵角センサ 1 9 に異常が発生したときあるいは元々操舵角センサ 1 9 が設けら

10

20

30

40

50

れていない車両において、操舵角速度算出部 74 は、レゾルバ 58 の回転角 r に基づき回転子回転角検出回路 76 により算出されるモータ機械角 r_m から算出した推定操舵角 s_c を時間微分して推定操舵角速度 s_c' ($s_c' = d s_c / dt$: d は微分演算子、 t は時間。) を算出する。

【0036】

異常検出部 80 は、トルク検出回路 72 の出力であるトルク T_r 及び操舵角センサ 19 の出力である操舵角 s を監視することで、トルクセンサ 20 の端子とハーネス 91 との間のヒューズ不良、ハーネス 91 の開放 (ハーネス 91 の断線) あるいはハーネス 91 間内での短絡、トルク検出回路 72 内の差動増幅器等の異常、例えば、出力が 0 ボルトに固定されるあるいは 0 ~ 5 ボルト以外の電圧が出力される等の異常を検出したとき、異常検出信号 S_{ab} をモータ制御部 84 及び操舵角速度算出部 74 に供給する。

10

【0037】

ECU 22 のモータ制御部 84 及び車両停止状態検出部 82 には、さらに、前後輪若しくはトランスミッションの回転数から車速 V_s を検出する車速センサ 86 の出力、すなわち車速 V_s がハーネス 94 を通じて供給される。

【0038】

さらにまた、ECU 22 の車両停止状態検出部 82 及びモータ制御部 84 には、パーキングブレーキ 88 のブレーキ作動信号 S_b がハーネス 95 を通じて供給される。

【0039】

實際上、車速 V_s 並びにブレーキ作動信号 S_b 等の信号は、CAN (コントローラエリアネットワーク) 等の車内ネットワークを通じて ECU 22 に供給される。車内ネットワークではなく、いわゆるポイントツーポイント配線システムにより接続してもよい。

20

【0040】

パーキングブレーキ 88 のブレーキ作動信号 S_b を検出したとき、あるいは車速 V_s がゼロ値となったことを検出したとき、車両停止状態検出部 82 は、モータ制御部 84 に対して車両停止検出信号 S_{stop} を供給する。

【0041】

モータ制御部 84 は、アシストトルク T_a に対応するモータ 24 のアシスト電流 I_a を決定する際、トルク T_r 及び操舵角速度 s' の他、回転子 23 の回転角 (モータ機械角) r_m 、推定操舵角 s_c 、推定操舵角速度 s_c' 、異常検出信号 S_{ab} 、車速 V_s 、及びブレーキ作動信号 S_b 等に基づき、記憶部 78 (特性記憶部) に記憶されている特性 (後述する。) を参照し、かつプログラムを実行して決定し、決定したアシスト電流 I_a をハーネス 93 を通じてモータ 24 の各相の固定子のコイルに供給する。

30

【0042】

モータ 24 は、供給されたアシスト電流 I_a に応じたアシストトルク T_a を発生し、減速伝達機構 26 を通じて出力軸 42 に付与することでステアリングシャフト 14 に操舵アシスト力を発生させる。

【0043】

基本的には以上のように構成されかつ動作するこの実施形態の電動パワーステアリング装置 10 の特徴的な動作についてフローチャート等を参照して以下に説明する。

40

【0044】

図 3 は、この実施形態に係る電動パワーステアリング装置 10 の動作説明に供されるフローチャートである。このフローチャートによる処理は、所定時間毎に繰り返し実行される。

【0045】

ECU 22 は、トルクセンサ 20 や操舵角センサ 19 の異常・正常に係わらず、ステップ $S_1 \sim S_3$ において、操舵角推定処理 (推定操舵角算出処理) を行う。

【0046】

ステップ S_1 において、回転子回転角検出回路 76 は、レゾルバ 58 により検出されている回転角 r (回転子 23 の電気角) を積算し、モータ電気角 r_e を算出する。

50

【0047】

次いで、回転子回転角検出回路76は、ステップS2において、次の(1)式に示すように、算出したモータ電気角 r_e にレゾルバ58の極対数を乗算して、回転子23(回転軸25)の回転角であるモータ機械角 r_m を算出し(モータ機械角 r_m に換算し)、モータ制御部84及び操舵角速度算出部74に供給する。

【0048】

$$\text{モータ機械角} = \text{モータ電気角} \times \text{レゾルバ極対数}$$

$$r_m = r_e \times \text{レゾルバ極対数} \quad \dots (1)$$

【0049】

次に、モータ制御部84及び/又は回転子回転角検出回路76は、ステップS3において、次の(2)式に示すように、算出したモータ機械角 r_m をステアリングシャフト14の操舵角(推定操舵角) s_c に換算する。

【0050】

$$\text{推定操舵角} = \text{モータ機械角} \times (\text{モータ24の回転軸と操舵系18の回転軸の比率}) = \text{モータ機械角} \times \text{減速伝達機構26の減速比}$$

$$s_c = r_m \times \text{減速伝達機構26の減速比} \quad \dots (2)$$

【0051】

減速伝達機構26の減速比は、この実施形態では、値1/20に設定している。すなわち、この実施形態では、モータ機械角 s_m の360[deg]が、ステアリングホイール12(出力軸42)の回転を推定する推定操舵角 s_c では、18(=360/20)[deg]に換算される。同様に、1秒間当たりのモータ24の回転子23の回転数であるモータ回転速度N、例えば、N=2[rps]は、ステアリングホイール12(出力軸42)の回転速度(推定操舵回転速度) N_{s_c} では、 $N_{s_c} = 0.1$ (=2/20)[rps]に対応する。

【0052】

そして、ステアリングホイール12(出力軸42)の推定操舵回転速度 $N_{s_c} = 0.1$ [rps]は、推定操舵角速度 s_c' では、 $s_c' = 36$ (0.1[rps] × 360[deg])[deg/s]に対応する。したがって、モータ回転速度Nと、推定操舵角速度(回転角速度) s_c' とは一意に対応する。例えば、モータ回転速度NがN=2[rps]は、推定操舵角速度 s_c' の $s_c' = 36$ [deg/s]に対応する。

【0053】

なお、モータ回転速度N及び推定操舵回転速度 N_{s_c} は、モータ制御部84により算出される。

【0054】

図1に示すように、ステアリングホイール12に固定されたステアリングシャフト14と一体的に回転する出力軸42の回転により、出力軸42に軸が固着されたウォームホイールギア56が一体的に回転するとウォームギア54が回転し、ウォームギア54が回転すると、ウォームギア54に固着されているモータ24の回転軸25(回転子23)が一体的に回転し、回転子23の回転がレゾルバ58により検出されるので、結果として、レゾルバ58による回転角 r に基づき、ステアリングホイール12の回転角である操舵角 s を推定した推定操舵角 s_c を算出(検出)することができる。

【0055】

なお、操舵角 s 及び推定操舵角 s_c は、ステアリングホイール12の右回転が正で左回転が負とされ、直進状態($s = s_c = 0$ [deg])から右折する場合には、運転者は、まず、ステアリングホイール12を右回転させて切り込んだ後、左回転させて切り戻して、直進状態に戻る。従って、基本的には、直進状態から右折して直進状態に戻る場合には、右回転が切り込み方向、左回転が切り戻し方向となる。

【0056】

一方、直進状態($s = s_c = 0$ [deg])から左折する場合には、まず、左回転で切り込んだ後、右回転で切り戻して、直進状態に戻る。従って、基本的には、直進状態

10

20

30

40

50

から左折して直進状態に戻る場合には、左回転が切り込み方向、右回転が切り戻し方向となる。

【0057】

このように、直進状態（ステアリングホイール12の中立状態）から右方向にステアリングホイール12が回転される場合の操舵角 s （推定操舵角 s_c ）は、正の値となり、直進状態（ステアリングホイール12の中立状態）から左方向にステアリングホイール12が回転される場合の操舵角 s （推定操舵角 s_c ）は、負の値となり、角度の大小を考察する場合に、正負の符号があると、煩雑となるので、以下の説明においては、注記しない場合には、直進状態から右折して直進状態に戻る場合を例（操舵アシスト特性の座標上では、第1象限を対象）として説明する。この場合、操舵角 s 及び推定操舵角 s_c ともに正の値を採る。

10

【0058】

上述したステップS1～S3の手順により、操舵角センサ19及びトルクセンサ20が、仮に異常状態となったときにおいても、この実施形態では、レゾルバ58により検出される回転角 r に基づき、回転子回転角検出回路76、操舵角速度算出部74、及びモータ制御部84により操舵角 s [deg] が推定された推定操舵角 s_c [deg] 及び推定操舵角速度 s_c' [deg/s] を求めることができる。

【0059】

なお、モータ24を回転させてステアリングホイール12に付与する操舵アシスト力は、基本的には、操舵角 s 又は推定操舵角 s_c の変化している方向に付与すればよいこととなる。

20

【0060】

次に、ステップS4において、異常検出部80から異常検出信号S a bが供給されたかどうかを検出される。このステップS4において、モータ制御部84は、トルクセンサ20及び操舵角センサ19に係る異常検出信号S a bを検出したとき、ステップS5以降の処理を実行する。なお、図1に示す操舵角センサ19内蔵型のトルクセンサ20では、ハーネス91の開放あるいは短絡等により電源の供給が停止され、操舵角センサ19とトルクセンサ20の出力が、同時に異常状態になる場合が多い。

【0061】

ステップS4において、モータ制御部84が異常検出信号S a bを検出しなかった場合には、ステップS21において通常処理（通常時アシスト処理）を行う。この通常処理では、トルクセンサ20及び操舵角センサ19が正常であるので、従来通りの操舵アシスト力の付与動作を行う。

30

【0062】

この場合、モータ制御部84は、記憶部78に予め記憶されている図4Aに示す、車速 V_s をパラメータとした操舵トルク T_r [kgfcm] に対するベースアシスト電流 I_a [A] の特性（ベースアシスト電流特性又はベースアシスト特性ともいう。）101を参照（検索）し、基本的には、車速が低くなるほど大きくなるベースアシスト電流 I_a を算出してモータ24を駆動する。

【0063】

一方、ステップS4において、モータ制御部84が、トルクセンサ20等が異常になった異常検出信号S a bを検出したとき、ステップS5での異常時アシスト処理が実行される。

40

【0064】

ステップS5において、モータ制御部84は、記憶部78に予め記憶されている図4Bに示す推定操舵角 s_c に対するベースアシスト電流 I_a [A] の特性（ベースアシスト電流特性又はベースアシスト特性ともいう。）102を参照（検索）して、ベースアシスト電流 I_a を算出し、このベースアシスト電流 I_a に基づきモータ24を駆動する。

【0065】

ベースアシスト電流特性102は、マップとして記憶部78に記憶しておいてもよく、

50

算出式で記憶部 78 に記憶しておいてもよい。マップとして記憶部 78 に離散的に記憶しておく場合、間の値は、補間により求めることが好ましい。

【0066】

図 4 B から分かるように、ベースアシスト電流特性 102 は、推定操舵角 $s c [deg]$ が、0 [deg] から不感帯対応操舵角 $d [deg]$ (0 ~ 10 [deg] 程度の値とされるが、この実施形態では、10 [deg] に設定している。) までの中立位置近傍では、 $I a = 0 [A]$ とされ (アシスト電流 $I a$ を流さない領域とされ)、不感帯対応操舵角 $d [deg]$ 以上では、推定操舵角 $s c$ の増加に応じて増加させ (略比例して増加させ)、それ以上の推定操舵角 $s c$ では、増加の割合を減少させて、推定操舵角 $s c$ が、180 [deg] 近傍以上では、一定の値を採る (ベースアシスト電流 $I a$ の値が飽和する) 特性に設定している。

10

【0067】

このように、この実施形態では、異常検出信号 $S a b$ を検出したときの異常時においても、ベースアシスト電流特性 102 に基づくアシスト電流 $I a$ を流して所定の操舵アシスト制御が行えるようにしている。ただし、異常時における操舵アシスト制御は暫定的なアシスト処理であり、後述するように種々の制限を課すようにしている。

【0068】

以上のように、この実施形態に係る電動パワーステアリング装置 10 は、操舵系 18 に発生するトルク $T r$ を検出するトルク検出部としてのトルクセンサ 20 と、操舵系 18 の回転軸である出力軸 42 にアシストトルク $T a$ を付与するモータ 24 と、モータ 24 の回転子 23 の回転角 r を検出する回転角検出部としてのレゾルバ 58 と、トルクセンサ 20 にて検出されたトルク $T r$ に基づいて、モータ 24 を駆動する電流を制御するモータ制御部 84 と、を備える電動パワーステアリング装置 10 であって、トルクセンサ 20 やトルク検出回路 72 に異常が発生したかどうかを検出する異常検出部 80 を備え、モータ制御部 84 は、異常検出部 80 によりトルクセンサ 20 あるいはトルク検出回路 72 の異常が検出されたとき、レゾルバ 58 により検出された回転角 r の積算値であるモータ電気角 $r e$ に基づいてモータ機械角 $r m$ を算出することで、推定操舵角 $s c$ を算出し { 上記 (2) 式参照 }、この推定操舵角 $s c$ に対してベースアシスト電流特性 102 を参照して、ベースアシスト電流 $I a [A]$ を算出し、このベースアシスト電流 $I a$ に基づきモータ 24 を駆動するように制御している。

20

30

【0069】

このようにモータ 24 を駆動制御することで、たとえトルクセンサ 20 又はトルク検出回路 72 の異常が検出され、トルクセンサ 20 により操舵トルク $T r$ を検出することができなくなった異常時においても、モータ 24 のアシストトルク $T a$ によりステアリングホイール 12 に操舵アシスト力を付与することができる。

【0070】

なお、トルクセンサ 20 が正常状態であるときには、トルクセンサ 20 の出力が略ゼロ値であって、車速センサ 86 での車速 $V s$ の検出値が略等速度である状態が所定時間継続したとき、レゾルバ 58 の出力である回転角 r に対応する推定操舵角 $s c$ をゼロ値 ($s c = 0 [deg]$) として記憶内容を更新する中点 (中立状態) 補正処理を適宜行うように構成されている。

40

【0071】

また、回転子回転角検出回路 76 を利用した操舵アシスト力の付与は、暫定的な処理であるので、異常検出部 80 がトルクセンサ 20 等の異常を検出したときには、音声あるいは表示等により、当該異常対応の操舵力アシスト処理を行っていることを操作者 (運転手) に伝達する。これにより操作者 (運転者) は、モータ 24 の回転子 23 の回転角 r を用いて暫定的な電動パワーステアリングによるアシスト力を利用して、当該車両を安全な場所まで運転することができる。

【0072】

この暫定的な電動パワーステアリングによるアシスト力は、トルクセンサ 20 等が正常

50

状態のステップ S 2 1 の通常アシスト処理に対して種々の制限を課している。

【 0 0 7 3 】

この制限の一つとして、まず、ステップ S 6 ~ S 9 の電流フェード処理について説明する。

【 0 0 7 4 】

図 5 は、記憶部 7 8 に記憶されている電流フェード処理に供される切り込み電流フェード特性（切り込み時電流フェード特性ともいう。）1 0 3 と、切り戻し電流フェード特性（切り戻し時電流フェード特性ともいう。）1 0 4 の例を示すとともに、図 4 B のベースアシスト電流特性 1 0 2 の一部を再掲している。なお、以下、理解の便宜のために、図 5 中の第 1 象限の特性（横軸の 0 [d e g] から正の方向の大きい値に向かう右方向への切り込み方向と、正の方向から 0 [d e g] 方向の小さい値に向かう切り戻し方向とに係る特性）により説明する。

10

【 0 0 7 5 】

ステップ S 6 において、アシスト電流 I_a が通電中であってステアリングホイール 1 2 が切り込み時中であるかどうか、上記した推定操舵角 s_c の微分値である推定操舵角速度 s_c' から判定される。なお、推定操舵角速度 s_c' は、操舵角速度算出部 7 4 又はモータ制御部 8 4 により算出される。

【 0 0 7 6 】

切り込み中である場合には、切り込み電流フェード特性 1 0 3 に沿ってアシスト電流 I_a を決定してモータ 2 4 を駆動制御する。

20

【 0 0 7 7 】

図 5 において、同一の推定操舵角 s_c （操舵角 s ）において、一点鎖線で示した切り込み電流フェード特性 1 0 3 が実線で示しているベースアシスト電流特性 1 0 2 よりアシスト量（アシスト電流 I_a ）を少なくしている理由は、切り込み過ぎを防止するためである。ステアリングホイール 1 2 を同一方向に切り続けている場合には、モータ制御部 8 4 は、切り始めからの時間 $\{$ （同一方向の）連続操舵時間 t_r という。 $\}$ を計時部 8 5 により計時し、図 6 に示す連続操舵時間低減特性 1 0 5 を参照してレシオ（連続操舵低減レシオ、又は連続操舵低減比率という。） R_c $\{ R_c$ は、1（低減なし）~ 0（アシスト電流 I_a をゼロ値にする。）までの値を採る。 $\}$ を算出する。

【 0 0 7 8 】

30

連続操舵中が検出された場合には、ベースアシスト電流特性 1 0 2 上で推定操舵角 s_c により算出されるアシスト電流 I_a に対し、連続操舵時間 t_c に対応する連続操舵低減レシオ R_c が掛け合わされて、次の（3）式に示すように、フェード（低減）されたアシスト電流 I_a とされる。

$$I_a = I_a \times R_c \quad \dots (3)$$

【 0 0 7 9 】

同一の推定操舵角 s_c （操舵角 s ）（3）式の右辺の I_a がベースアシスト電流特性 1 0 2 上でのベースアシスト電流、左辺の I_a が切り込み電流フェード特性 1 0 3 上でのフェード（低減）されたベースアシスト電流を意味する。

【 0 0 8 0 】

40

連続操舵時間低減特性 1 0 5 の連続操舵低減レシオ R_c は、この例では、1 秒（1 [s]）で、アシスト電流 I_a が 1 0 % ずつ低減される特性にしているので、1 0 [s] 以上、同一方向に切り続けられることが検出されるとアシスト電流 I_a は、ゼロ値にされる。

【 0 0 8 1 】

このように、ステップ S 7 の切り込み電流フェード処理において、同一方向に連続切り込み操舵している場合には、ベースアシスト電流特性 1 0 2 よりもアシスト量（アシスト電流 I_a ）を少なくなる切り込み電流フェード特性 1 0 3 としてアシストするようにしている。

【 0 0 8 2 】

さらに、切り込み時の過アシスト電流を防止するため、推定操舵角 s_c が閾値操舵角

50

$s c t h$ 以上の値となったときには、アシスト電流 $I a$ を許容最大アシスト電流 $I a m a x$ に制限する { 図 5 中の座標点 106 ($s c t h, I a m a x$) 参照 }。

【0083】

次いで、ステップ S 8 において、推定操舵角速度 $s c \prime$ ($s c \prime = d s c / d t$) が略ゼロ値 ($s c \prime = 0$ [deg/s])、この実施形態では、閾値操舵角速度 $s c \prime t h$ (の絶対値) が、例えば、 $s c \prime t h = 7.2$ [deg/s] (操舵回転速度 $N s e = 0.02$ [rps] 換算、モータ回転速度 $N = 0.4$ [rps] 換算) 以下の値になったかどうかを判定し ($s c \prime > s c \prime t h = 7.2$)、このステップ S 8 の判定が肯定的となった場合には、切り戻し時のステアリングホイール 12 の戻りを促進するため、ステップ S 9 の切り戻し電流フェード処理を実行する。

10

【0084】

ステップ S 9 の切り戻し電流フェード処理実行中には、図 5 の切り戻し電流フェード特性 104 に沿ってアシスト電流 $I a$ を決定してモータ 24 を駆動制御する。

【0085】

この切り戻し電流フェード特性 104 は、推定操舵角速度 $s c \prime$ が閾値操舵角速度 $s c \prime t h$ 以下の値になったときの推定操舵角 $s c = s c 1$ でのアシスト電流 $I a = I a 1$ { 座標点 107 ($s c 1, I a 1$) } から、計時部 85 により計時される 1 秒程度の時間でアシスト電流 $I a$ (図 5 例では、 $I a = I a 1$) をゼロ値まで徐々に、例えば比例的かつ自動的に減衰させる特性である。このとき、切り戻し電流フェード特性 104 において、推定操舵角 $s c$ が左方向に切り戻されているのは、走行中の車両に働く、ステアリングホイール 12 (操舵系 12) を直進方向 (中立位置) に戻そうとする力、いわゆる SAT (Self Aligning Torque) による。

20

【0086】

このように、操舵系 18 の回転軸である出力軸 42 の推定操舵角速度 $s c \prime$ を算出する操舵角速度算出部 74 又はモータ制御部 84 を備え、モータ制御部 84 は、ステアリングの切り込み時に、操舵角速度算出部 74 により算出される推定操舵角速度 $s c \prime$ の絶対値がゼロ値近傍 (一例としては、上述したように、閾値操舵角速度 $s c \prime t h = 7.2$ [deg/s]) になったとき、モータ 24 を駆動するアシスト電流 $I a$ を切り戻し電流フェード特性 104 { この特性 104 の勾配は、個々の車両毎の負荷 (車両の前軸荷重)、車速 $V s$ 、路面状態等に応じて変化する。 } に沿ってフェードすることで、過アシスト電流を防止することができる。

30

【0087】

もちろん、トルクセンサ 20 に付設される操舵角センサ 19 あるいはトルクセンサ 20 とは単独に設けられている操舵角センサが正常状態である場合には、それら操舵角センサ 19 等の出力である操舵角 s を微分することで操舵角速度 $s \prime$ を算出して電流フェード処理を行うことができる。

【0088】

なお、車両停止状態検出部 82 は、車速センサ 86 により検出されている車速 $V s$ [km/h] が $V s = 0$ 、あるいはパーキングブレーキ 88 の作動によるブレーキ作動信号 $S b$ の少なくともいずれか一方を検出したときには、モータ制御部 84 に対して車両停止検出信号 $S s t o p$ を供給する。このとき、モータ制御部 84 は、アシスト電流 $I a$ をゼロ値とすることで、不必要に操舵アシスト力を付与しないようにすることができる。

40

【0089】

パーキングブレーキ 88 が解除されていて、駆動輪がエンジン等によって回転している状態、例えば、サービス工場等で車両をリフトアップして、駆動輪が空転している状態においては、いわゆるセルフステアとならないように、車速センサ 86 により検出される車速 $V s$ が $V s = 0$ のとき、アシスト電流 $I a$ を供給しないようにすることも、この発明に含まれる。

【0090】

以上説明したように、上述した実施形態によれば、トルクセンサ 20 が故障してトルク

50

センサ 20 により操舵トルク T_r を検出することができなくなった場合においても、モータ 24 のレゾルバ 58 等による検出されるモータ 24 の回転子 23 の回転角 r を利用して操舵角 s 及び操舵角速度 s' を推定した、推定操舵角 s_c 及び推定操舵角速度 s_c' を用いて、モータ 24 による所定の操舵アシスト力を付与することができる。

【0091】

[第1実施例] (保舵時アシスト機能)

上述した実施形態によれば、図5に例として示した切り戻し電流フェード特性 104 によりアシスト電流 I_a が減少し、ステアリングホイール 12 の戻りが促進されるようになる。しかし、推定操舵角速度 s_c' が略ゼロ値である状態を継続しているステアリングホイール 12 の保舵時 (保舵中) において、上述した図5の切り戻し電流フェード特性 104 に示す切り戻し電流フェード処理を実行すると、保舵中のアシスト時間が短くなってしまふ。

10

【0092】

運転者が保舵を望み、かつ SAT が大きい場合には、切り戻し電流フェード処理を実行すると、運転者はステアリングホイール 12 にかけている操舵保舵力をさらに大きくする必要があるので、アシストを継続して、保舵時の運転者による保舵力を低減させることが好ましい。

【0093】

そこで、この第1実施例では、保舵時の運転者の保舵力を低減させる、換言すれば、保舵時に適切なアシスト力を継続するような機能を実現している。

20

【0094】

次に、図7、図8のフローチャート及び図9の特性図を参照して第1実施例に係る保舵時アシスト機能について説明する。

【0095】

なお、図7のフローチャートは、図3のフローチャート中のステップ S9 の「切り戻し電流フェード処理」の詳細処理を示し、図8のフローチャートは、図7のフローチャート中のステップ S9a の「保舵解除処理」の詳細処理を示している。また、図9の特性図は、理解の便宜のために、図5の特性図中、第1象限の部分を拡大して表示している。

【0096】

上述したステップ S8 の判定において、推定操舵角速度 s_c' が閾値操舵角速度 $s_c'th = 7.2 [deg/s]$ 以下の値になったときに、ステップ S9 において切り戻し電流フェード処理が開始される。そこで、図7のステップ S9a では切り戻し電流フェード処理中であるか否かが判定され、処理中であれば、図5を参照して説明した切り戻し電流フェード処理 (計時部 85 により計時される 1 秒程度の時間でアシスト電流 I_a をゼロ値まで徐々に自動的に減衰させる処理) を継続する。

30

【0097】

この第1実施例では、切り戻し電流フェード処理の継続中に、ステップ S9b において、保舵継続判定条件が成立しているか否かが監視される。ここで、保舵継続判定条件とは、操舵角速度 s_c' が保舵継続中とみなされる比較的小さな値である閾値操舵角速度 $s_c'tha$ (例として、 $s_c'tha = 3.6 [deg/s]$) 以下の値になっている状態であって、かつステップ S9a での切り戻し電流フェード処理が開始されてからの時間 (保舵継続時間) t_k (計時部 85 により計時される。) が所定時間 T_kth (上記切り戻し電流フェード処理の所定時間である 1 秒程度より短い閾値時間で閾値保舵継続時間ともいう。)、例えば $T_kth = 500 [ms]$ を継続したか否かにより判定される { ($s_c' < s_c'tha$) が所定時間 T_kth 以上継続 }。

40

【0098】

ステップ S9b の判定が肯定的となったとき、すなわち、図9中、座標点 107 において、切り戻し電流フェード特性 104 に基づく切り戻し電流フェード処理が開始されてから $T_kth = 500 [ms]$ 経った時点において、かつ、推定操舵角速度 s_c' が保舵とみなす閾値操舵角速度 $s_c'tha = 3.6 [deg/s]$ 以下の値になっていたと

50

き（図9中、座標点108参照）、ステップS9cにおいて、保舵継続中であると判定し、切り戻し電流フェード処理を中断する。

【0099】

このとき、計時部85での切り戻し電流フェード処理に定められた1秒間の計時が、上記の閾値保舵継続時間 $T_{kth} = 500 [ms]$ 計時した時点（座標点108）で中断される（図9参照）。

【0100】

切り戻し電流フェード処理中の、この時点（ステップS9bの判定が肯定的となり、ステップS9cの処理を中断した時点）でのアシスト電流 I_a を、図9に示す座標点108（ s_{c2} , I_{ak} ）における保舵アシスト電流 I_{ak} としている。

10

【0101】

切り戻し電流フェード処理の保舵継続判定に基づく中断により、そのステップS9cにおいて、アシスト電流 I_a が保舵アシスト電流 I_{ak} として記憶部78に保持される。また、このときの推定操舵角 s_c が推定操舵角 s_{c2} として記憶部78に保持される。

【0102】

この第1実施例では、切り戻し電流フェード処理の保舵継続判定に基づく中断処理は、図9に示す切り戻し電流フェード特性104上の座標点108の位置で実行される。

【0103】

座標点108での保舵アシスト電流 I_{ak} は、基本的には、次のステップS9dの処理で説明する保舵解除条件が成立するまでモータ24に供給され、運転者の保舵状態をアシストする。このようにアシストすることにより、運転者によるステアリングホイール12の保舵時（一定曲率半径での車両の旋回時）の保舵力を低減させることができる。

20

【0104】

次に、この中断処理の解除処理、換言すれば、保舵解除処理がステップS9dで実行される。

【0105】

図8は、ステップS9dの保舵解除処理の詳細フローチャートを示している。

【0106】

ステップS9d1において、保舵継続判定条件成立による切り戻し電流フェード処理の中断中であるか否かが判定される。

30

【0107】

最初の判定では、ステップS9cの切り戻し電流フェード処理の中断処理が実行されているので、ステップS9d1の判定は肯定的となり、次に、ステップS9d2において、保舵解除条件が成立しているか否かが判定される。

【0108】

保舵解除条件成立判定条件は、座標点108での推定操舵角 s_{c2} から推定操舵角 s_c が徐々に小さくなって（ステアリングホイール12が中立位置に戻されて）、かつ戻し判定操舵角 s_c 、例えば、 $s_c = 10 [deg]$ 以上の値となったときに、運転者によるステアリングホイール12の保舵状態が解除されたと判定する。

【0109】

この判定が、図9の座標点110の位置で成立した場合には、ステップS9d3において、切り戻し電流フェード処理を再開するので、図9の一点鎖線で示す特性のように、自動的にアシスト電流 I_a が低減される。

40

【0110】

以上説明したように、上述した第1実施例によれば、異常検出部80によりトルク検出部（トルクセンサ20やトルク検出回路72及びその間のハーネス91）の異常が検出されたとき、回転角検出部としてのレゾルバ58により検出されているモータ24の回転子23の回転角 r に基づく推定操舵角 s_c によりベースアシスト電流特性102から算出されるベースアシスト電流 I_a によりモータ24を駆動しようとし、駆動した際、回転子23の回転角 r に基づき算出される推定操舵角速度（回転子回転角速度） s_c' の

50

絶対値 $|s c'|$ が所定値である閾値操舵角速度 $s c't h (= 7.2 [deg/s])$ 以下になったときに (図 5、図 9 の座標点 107 参照)、モータ 24 を駆動するベースアシスト電流 $I a$ を低減する処理である切り戻し時電流フェード処理を開始し、切り戻し時電流フェード処理を開始した後、推定回転角速度 $s c'$ の絶対値 $|s c'|$ が所定値である閾値操舵角速度 $s c't h a$ 以下の状況が所定時間 (上記の例では、閾値保舵継続時間 $T k t h = 500 [ms]$) 継続する場合には、座標点 108 に示すように、アシスト電流 $I a$ を低減する処理である切り戻し時電流フェード処理を中断するようにしたので、いわゆる保舵時において適切なアシスト力を付与することができる。

【0111】

そして、アシスト電流 $I a$ の低減を停止した保舵アシスト時において、推定操舵角 $s c$ の絶対値が所定値である、戻し判定操舵角 $s c [deg]$ 以上の値となったとき (座標点 110 参照)、すなわち、第 1 の保舵解除条件成立条件が成立した場合には、運転者による保舵状態が解除されたと判定し、電流を低減する処理の中断を再開するようにしたので、保舵が必要でなくなったときに、アシスト力を低減することができる。

10

【0112】

また、アシスト電流 $I a$ の低減を停止した保舵アシスト時において、推定操舵角速度 (推定回転角速度) $s c'$ の絶対値が所定値である保舵解除判定閾値操舵角速度 $s c't h 1$ 以上の値になった場合、すなわち第 2 の保舵解除条件成立条件が成立した場合にも、切り戻し時電流フェード処理の中断を再開するようにしたので、保舵が必要でなくなったときに、アシスト力を小さくすることができる。

20

【0113】

[第 2 実施例] (切り込みすぎ抑制機能)

上述したように、推定操舵角 $s c$ に応じて、アシスト量 (アシスト特性) を決定し、切り込み時電流フェード処理、切り戻し時電流フェード処理、並びに保舵判定処理等によりフェードを調整しているが、例えば、高 μ 路 (μ は摩擦係数) でアシスト量 (アシスト特性) を決定した後に、推定操舵角 $s c$ に対する必要アシスト量のバランス (均衡) の異なる低 μ 路で操舵操作を行うと、逆に切り込みすぎてしまう場合がある。このように推定操舵角 $s c$ と必要なアシスト量のバランスは路面の摩擦係数 μ の大小と密接に関係している。

【0114】

そこで、この第 2 実施例では、ステップ 7 の切り込み電流フェード処理時において、低 μ 路での切り込みすぎは、過多状態となったアシスト量を制限すればよいとの考察のもと、モータ制御部 84 は、アシスト電流 $I a$ に対して、モータ 24 のモータ回転速度 $N [rps]$ に応じたレシオ (モータ回転速度低減レシオ、又はモータ回転速度低減比率という。) $R m$ を算出する。

30

【0115】

図 10 は、この第 2 実施例に係るモータ回転速度低減レシオ $R m$ の特性 (モータ回転速度低減特性) 112 を示している。

【0116】

モータ回転速度 N が $N = 0 \sim 2 [rps]$ (推定操舵角速度 $s c'$ では、 $s c' = 0 \sim 36 [deg/s]$) までは、モータ回転速度低減レシオ $R m$ の値は、1 (低減なし。) とし、モータ回転速度 N が $N = 2 \sim 7 [rps]$ ($s c' = 36 \sim 126 [deg/s]$) では、モータ回転速度低減レシオ $R m$ の値が 1 から 0 まで比例的に低減する特性となっている。

40

【0117】

モータ回転速度低減レシオ $R m$ は、運転者のステアリングホイール 12 の推定操舵角速度を検出し、推定操舵角速度が大きい場合には、切り込み過ぎを抑制するためにアシスト電流 $I a$ を低減補正するための係数である。

【0118】

なお、モータ回転速度低減レシオ $R m$ は、図 10 のモータ回転速度低減特性 112 で減

50

小させる場合には、アシストが必要な低速走行時において、所望のアシスト力を確保できなくなる可能性があるため、車速 V_s が低速になるほど、モータ回転速度低減特性 112 の横軸の引数、すなわちモータ回転速度 N の増加を防止することを目的として、横軸の引数となるモータ回転速度 N に、図 11 に示す、車速レシオ R_v をかけるように制御する。車速レシオ R_v は、例えば、停止状態から車速 V_s が $V_s = 10$ [km/h] 程度までは、0.25 程度の値とし、車速 $V_s = 10 \sim 50$ [km/h] 程度までは、値 0.9 程度まで略直線的に増加する値とし、車速 $V_s = 50 \sim 80$ [km/h] までで値を 0.9 程度から 1 (低減なし) にする特性 (車速特性) 114 に設定している。

【0119】

すなわち、図 12 に模式的に示すように、モータ制御部 84 は、車速 V_s に対し、図 11 の車速特性 114 を参照して車速レシオ R_v を決定した後、モータ回転速度 N [rps] に車速レシオ R_v を乗算器 111 でかけた補正後のモータ回転速度 N_s [rps] で、図 10 のモータ回転速度低減特性 112 を参照してモータ回転速度低減レシオ R_m を決定する。

10

【0120】

ベースアシスト電流特性 102 で得られるベースアシスト電流 I_a に、このモータ回転速度低減レシオ R_m をかけた値の補正後のベースアシスト電流 $I_a (I_a \times R_m)$ に対し、上述した切り込み電流フェード処理を行う。

【0121】

このように制御すれば、高車速時の切り込みすぎの抑制と、低車速時のアシスト力の確保を両立することができる。これにより高 μ 路と低 μ 路を両立できるアシスト制御が可能となる。

20

【0122】

なお、転舵輪 16 等の車輪からの外乱の入力等によりステアリングホイール 12 の操舵角 s が切り込みすぎてしまう場合にも、モータ回転速度低減レシオ R_m を用いることで、切り込みすぎを抑制することが可能となり、いわゆる外乱耐性 (外乱タフネス) を確保することもできる。

【0123】

以上説明したように、上述した第 2 実施例によれば、運転者が車両を操縦するために操作する操作子としてのステアリングホイール 12 と、前記車両の操舵系 18 に発生するトルク T_r を検出するトルク検出部としてのトルクセンサ 20 と、前記車両の車速 V_s を検出する車速検出部としての車速センサ 86 と、操舵系 18 の回転軸としての出力軸 42 にアシストトルクを付与するモータ 24 と、操舵系 18 の回転角を検出する回転角検出部としてのレゾルバ 58 と、トルクセンサ 20 により検出されたトルク T_r に基づいてモータ 24 を駆動する電流 (アシスト電流) I_a を制御するモータ制御部 84 と、を備える電動パワーステアリング装置 10 であって、トルクセンサ 20 等に異常が発生したかどうかを検出する異常検出部 80 と、レゾルバ 58 が検出した回転角 r とモータ 24 を駆動する電流 I_a との関係を実特性 102 として記憶した記憶部 78 と、を備え、モータ制御部 84 は、異常検出部 80 によりトルクセンサ 20 等の異常が検出されたとき、レゾルバ 58 により検出されている回転角 r と特性 102 とに基づいてモータ 24 を駆動し、駆動する際、回転角 r に基づき算出される推定操舵角速度 (回転角速度) $s \dot{c}$ に対応するモータ回転速度 N が大きくなるに従いモータ 24 を駆動する電流 I_a を小さくするようにモータ回転速度低減レシオ R_m (図 10 参照) を導入して制御している。

30

40

【0124】

この第 2 実施例によれば、異常検出部 80 によりトルクセンサ 20 等の異常が検出されたとき、レゾルバ 58 により検出されている回転角 r と特性 102 とに基づいてモータ 24 を駆動し、駆動する際、回転角 r に基づき算出されるモータ回転速度 N { 推定操舵角速度 (回転角速度) $s \dot{c}$ } が大きくなるに従いモータ 24 を駆動する電流 I_a を小さくするよう制御したので、トルクセンサ 20 が異常のときに、切り込み方向において切り込み過ぎを防止しつつ適切なアシスト力を付与することができる。

50

【 0 1 2 5 】

この場合、モータ制御部 8 4 は、レゾルバ 5 8 により検出されているモータ回転速度 N を、車速 V_s が所定車速（図 1 1 例では、略 8 0 [km / h] ）より小さくなるに従い小さくなるように車速レシオ R_v により補正し、補正モータ回転速度 N_s （図 1 2 参照）と特性 1 0 2 とに基づいて、モータ 2 4 を駆動するようにする、換言すれば、車速 V_s が所定車速より小さくなるに従い、モータ 2 4 を駆動する電流 I_a の引数としてのモータ回転速度 N { 推定操舵角速度（回転角速度） s_c } が小さくなる補正モータ回転速度 N_s （補正回転角速度）を用いて、モータ 2 4 を駆動するようにしたので、操舵力がより必要となる所定車速以下でのアシスト力を確保することができる。

【 0 1 2 6 】

この第 2 実施例によれば、トルクセンサ 2 0 等が故障して操舵トルク T_r を検出することができなくなった場合においても、モータ 2 4 のモータ回転速度 N { 推定操舵角速度（回転角速度） s_c } に基づきモータ 2 4 による操舵アシスト力を切り込み方向及び切り戻し方向の両方向に付与することができ、特に、切り込み方向において、モータ回転速度 N { 推定操舵角速度（回転角速度） s_c } が大きくなるに従いアシスト力が小さくなるように制御しているので切り込み過ぎを防止しつつ適切なアシスト力を付与することができる。

【 0 1 2 7 】

[第 3 実施例]（極低速走行域切り戻し時操舵力低減機能）

図 5 又は図 9 を参照して説明した切り戻し電流フェード特性 1 0 4 に基づく切り戻し電流フェード処理によりアシスト電流 I_a がゼロ値となったときに、未だ推定操舵角 s_c がゼロ値とならずに、右方向の推定操舵角 s_c が残っていた場合（図 5 と図 9 例では、値の異なる残留推定操舵角 s_{cr} が残っている。）、換言すれば、左方向への切り戻し角度が残った状態で右方向（切り込み方向）のアシスト電流 I_a がゼロ値又はゼロ値近傍となったときに、車速 V_s が $V_s = V_{s1} = 20$ [km / h] 程度以下の極低速走行時には、SAT によるステアリングホイール 1 2（操舵系 1 2）を直進方向（中立位置）に戻そうとする力が弱く、運転者による切り戻しの操舵力（操舵トルク）が多く必要になる。

【 0 1 2 8 】

そこで、この第 3 実施例では、切り戻し電流フェード特性 1 0 4 に基づく電流フェード処理によりアシスト電流 I_a がゼロ値となったときに、未だ推定操舵角 s_c がゼロ値とならずに、右方向の推定操舵角 s_c が残っていた場合（残留推定操舵角 s_{cr} ともいう。）、においても、ステアリングホイール 1 2（操舵系 1 8）に対して切り戻し側のアシスト力を付与できるようにする。

【 0 1 2 9 】

次に、図 1 3 のフローチャート及び図 1 4、図 1 5 の特性図を参照して第 3 実施例に係る極低速走行域切り戻し時操舵力低減機能について説明する。

【 0 1 3 0 】

そこで、図 3 のステップ S 9 の処理後の図 1 3 のステップ S 1 0 において、モータ制御部 8 4 により切り戻し電流フェード特性 1 0 4 に基づく切り戻し電流フェード処理が終了したか否かが、アシスト電流 I_a の値により判定される。

【 0 1 3 1 】

すなわち、アシスト電流 I_a が略ゼロ値（ $I_a = 0$ ）になってステップ S 1 0 の判定が肯定的となり、推定操舵角 s_c が、不感帯対応操舵角 d 以上残っていた場合には（図 5 例、図 9 例では、残留推定操舵角 s_{cr} が残っている。）、ステップ S 1 1 において、モータ制御部 8 4 により車速 V_s が極低速 V_{s1} （ $V_{s1} = 20$ [km / h]）を下回っている（ $V_s < V_{s1}$ ）か否かが判定される。なお、極低速 V_{s1} は、車種により 5 ~ 20 [km / h] 内の値に設定してもよい。

【 0 1 3 2 】

下回っていない場合には（ステップ S 1 1 : NO）、SAT が働くので、再びステップ S 1 に戻る。このとき、ステップ S 1、S 2、S 3、S 4（YES）、ステップ S 5、ス

10

20

30

40

50

ステップ S 6 (N O) の後、再びステップ S 1 0 の判定に戻る。

【 0 1 3 3 】

一方、車速 V_s が極低車速 V_{s1} を下回っていて、ステップ S 1 1 の判定が肯定的となったとき、ステップ S 1 2 において、推定操舵角 $s_c = s_{c3}$ (残留切り戻し角という。) を基準角度 $f [deg]$ にリセットする (図 1 4 参照) 。

【 0 1 3 4 】

次いで、ステップ S 1 3 において、ステップ S 1 ~ ステップ S 3 の処理と同様にして、切り戻し方向の切り戻し推定操舵角 s_c を算出する。

【 0 1 3 5 】

次に、ステップ S 1 4 において、ベースアシスト電流特性 1 0 2 を参照し、切り戻し推定操舵角 s_c に対応する切り戻し側のアシスト電流 I_a を算出する。

10

【 0 1 3 6 】

次いで、ステップ S 1 5 において、推定操舵角 s_c の絶対値 $| s_c |$ が閾値推定操舵角 s_{c4} (図 1 5 参照) を通過する値になっているか否かを比較判定する。閾値推定操舵角 s_{c4} は、一例として、 $s_{c4} = 30 [deg]$ に設定される。

【 0 1 3 7 】

ステップ S 1 5 の判定が否定的である範囲では (ステップ S 1 5 : N O) 、図 1 4 に一点鎖線で示す特性 1 2 0 に沿う切り戻し方向のアシスト電流 I_a (ステップ S 1 4 で算出) が付与されステップ S 1 7 においてモータ 2 4 が駆動される。

【 0 1 3 8 】

その一方、ステップ S 1 5 の判定が肯定的である場合には、次に、ステップ S 1 6 において、図 1 5 に特性 1 1 8 で示すセンタレシオ (中立位置戻し用比率) R_n をステップ S 1 4 で算出した補正前のアシスト電流 I_a に乗算した補正後のアシスト電流 $I_a (I_a \times R_n)$ を算出する。

20

【 0 1 3 9 】

すなわち、センタレシオ R_n は、中立位置 (センタ) を乗り越えてアシスト力を付与しないようにするために、図 1 4 の特性 1 2 3 に示すように、閾値推定操舵角 s_{c4} より切り戻し推定操舵角 s_c の絶対値が小さくなった場合には、アシスト電流 I_a を徐々にゼロ値とするために補正前のアシスト電流 I_a にかける比率 (特性) である。

【 0 1 4 0 】

次いで、ステップ S 1 7 において、上述したステップ S 1 4 で算出されたアシスト電流 I_a (特性 1 2 0) 又はステップ S 1 6 で補正されたアシスト電流 $I_a (I_a \times R_n)$ (特性 1 2 3) によりモータ 2 4 を駆動する。

30

【 0 1 4 1 】

この切り戻し時において、ステアリングホイール 1 2 の操舵角が中立位置に達した場合、切り戻し回転角 s_c をリセットすることで、以降の切り込み方向及び切り戻し方向へのアシストをベースアシスト特性 1 0 2 により適切に行うことができる。

【 0 1 4 2 】

図 1 3 のフローチャートのように制御すれば、切り戻し角度が残った状態 (残留切り戻し角 s_{c3}) で切り込み方向のアシスト電流 I_a がゼロ値近傍となったときであっても、切り戻し側へのアシストが可能となり、かつ切り戻し側に過剰にアシストされることが防止される。

40

【 0 1 4 3 】

以上説明したように、上述した第 4 実施例によれば、運転者が車両を操縦するために操作する操作子としてのステアリングホイール 1 2 と、車両の操舵系 1 8 に発生するトルク T_r を検出するトルク検出部としてのトルクセンサ 2 0 と、車両の車速 V_s を検出する車速検出部としての車速センサ 8 6 と、操舵系 1 8 の回転軸としての出力軸 4 2 にアシストトルクを付与するモータ 2 4 と、操舵系 1 8 の回転角 r を検出する回転角検出部としてのレゾルバ 5 8 と、トルクセンサ 2 0 により検出されたトルク T_r に基づいてモータ 2 4 を駆動する電流 I_a を制御するモータ制御部 8 4 と、を備える電動パワーステアリング装

50

置 1 0 であって、トルクセンサ 2 0 等に異常が発生したかどうかを検出する異常検出部 8 0 と、レゾルバ 5 8 が検出した回転角 r とモータ 2 4 を駆動する電流 I_a との関係の特 性 1 0 2 として記憶した記憶部 7 8 と、を備え、モータ制御部 8 4 は、異常検出部 8 0 に よりトルクセンサ 2 0 等の異常が検出されたとき、ステアリングホイール 1 2 の操舵角が 中立位置に近づく方向に変化する切り戻し時において、切り戻し角度が残った状態（残留 推定操舵角 $s c r =$ 残留切り戻し角 $s c 3$ ）で切り込み方向のアシスト電流 I_a がゼ 口値近傍となったとき（ステップ S 1 0 : Y E S）にレゾルバ 5 8 により検出されている 回転角 r を基準角度 f として切り戻し回転角 $s c$ を検出し、切り戻し回転角 $s c$ と特性 1 0 2 とに基づき、切り込み方向とは逆方向の切り戻し方向にモータ 2 4 を駆動す る（このとき電流フェード処理を行ってもよい。）。

10

【 0 1 4 4 】

このように、残留切り戻し角 $s c 3$ が残った状態で切り込み方向のアシスト電流 I_a がゼ口値近傍となったときにレゾルバ 5 8 により検出されている推定操舵角 $s c$ を基準 角度 f として切り戻し回転角 $s c$ を検出し、切り戻し回転角 $s c$ と特性 1 0 2 とに 基づき、切り込み方向とは逆方向の切り戻し方向にモータ 2 4 を駆動するようにしたので 、ステアリングホイール 1 2 の操作角が中立位置に近づく方向にアシストが可能となり、 切り戻し側での運転者によるステアリングホイール 1 2 の操舵力を低減して、ステアリン グホイール 1 2 を中立位置付近に戻し易くすることができる。

【 0 1 4 5 】

この場合、前記切り戻し時におけるモータ 2 4 の駆動は、車速 V_s が所定車速である極 低車速 V_{s1} 以下のときに有効にしているので、S A T（セルフライニングトルク）が 弱い状態においても、切り戻し側での運転者の操舵力を低減することができる。

20

【 0 1 4 6 】

なお、切り戻し時におけるモータ 2 4 の駆動電流 I_a に、前記車両の操舵性に応じた所 定の係数を乗ずることが好ましい。車両の操舵性は、個々の車両毎の負荷（車両の前軸荷 重）の大きさによって変わるので、車両の操舵性に応じた係数をモータ 2 4 の駆動電流 I_a に乗じることで、車両の操舵性に応じた最適なアシストが可能となる。車両の前軸加重 が標準の前軸加重より大きい場合には、1 より大きい係数とし、小さい場合には、1 より 小さい係数とすることが好ましい。この係数の乗算処理は、ステップ S 1 4 の電流 I_a の 算出時に補正処理として行えばよい。

30

【 0 1 4 7 】

なお、図 1 5 のセンタレシオ R_n を用いて説明したように、切り戻し角度 $s c$ に対応 するステアリングホイール 1 2 の操舵角が中立位置に近づくにつれて、モータ 2 4 の電流 I_a が小さくなるように制御することで、中立位置近傍においてアシスト電流 I_a が略ゼ 口値となり、過アシストを回避することができる。

【 0 1 4 8 】

また、切り戻し時において、ステアリングホイール 1 2 の操舵角が中立位置に達した場 合には、増加してきた切り戻し回転角 $s c$ をリセットすることで、以降の切り込み方向 へのアシストを図 5 のベースアシスト特性 1 0 2 により適切に行うことができる。

【 0 1 4 9 】

[実施形態及び第 1 ~ 第 3 実施例による運転者の操舵力と、トルクセンサ 2 0 が正常な場 合の運転者の操舵力と、アシスト制御がない場合の操舵力（手動操舵による操舵力）との 概略的な比較]

40

例えば、車速 V_s が $V_s = 30$ [km / h] 程度の速度で交差点を右折するようなステ アリングホイール 1 2 の操舵操作をしたときに、電動パワーステアリング装置 1 0 のトル クセンサ 2 0 が正常な場合（ステップ S 2 1 の通常制御）には、ステアリングホイール 1 2 の操舵角 s [d e g] に対する運転者の操舵力（操舵トルク）は、図 1 6 中、最も低 レベルの一点鎖線で示す操舵トルク特性（操舵力特性）1 3 2 に示すようになる。

【 0 1 5 0 】

一方、トルクセンサ 2 0 が異常となって暫定的なアシスト制御をしなかった場合、すな

50

わち手動操舵の場合には、図16の破線で示す操舵トルク特性130に示すように、運転者の操舵力（操舵トルク）が、正常な場合の操舵トルク特性132の4倍程度（推定操舵角 s_c が150 [deg] 程度時）の大きさが必要になってしまう。

【0151】

これに対して、上述した実施形態、実施例1～3によるレゾルバ58等（操舵角センサ19が正常であれば操舵角センサ19）を利用した暫定的なアシスト制御（レゾルバアシスト制御ともいう。）によれば、正常な場合の操舵トルク特性132の2.5倍程度の操舵力（操舵トルク）の増加にとどめることができる操舵特性134とされる。換言すれば、レゾルバアシスト制御による操舵トルク特性134は、操舵アシスト制御を行わない場合の手動操舵の操舵トルク特性130に比較して、不感帯対応操舵角 d を上回る推定操舵角 s_c の大部分の範囲で、概ね、30 [%] 程度、アシスト力を低減することができる。

10

【0152】

なお、この発明は、上述した実施形態、第1実施例～第3実施例に限らず、この明細書の記載内容に基づき、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

【符号の説明】

【0153】

10 ... 電動パワーステアリング装置	18 ... 操舵系	
20 ... トルクセンサ	24 ... ブラシレスモータ	
25 ... 回転軸	58 ... 回転子回転角検出部	20
74 ... 操舵角速度検出部	78 ... 記憶部	
80 ... 異常検出部	82 ... 車両停止状態検出部	
84 ... モータ制御部	86 ... 車速検出部	
101、102 ... 特性		
Ia ... 電流	Iamax ... 電流制限値	
Rc ... 連続操舵低減レシオ	Rm ... モータ回転速度低減レシオ	
Rn ... センタレシオ	Rv ... 車速レシオ	
Ta ... アシストトルク	Tr ... トルク	
Vs ... 車速		
d ... 不感帯対応操舵角	f ... 基準角度	30
r ... 回転角（モータ電気角）	re ... モータ電気角	
rm ... モータ機械角	s ... 操舵角	
sc ... 推定操舵角（切り戻し推定操舵角）	sc th ... 閾値操舵角	
sc3 ... 残留切り戻し角	sc' ... 推定操舵角速度	
s' ... 操舵角速度		
sc' th ... 閾値操舵角速度		
sc' th1 ... 保舵解除判定閾値操舵角速度		
scr ... 残留推定操舵角	sc ... 戻し判定操舵角	

【 図 1 】

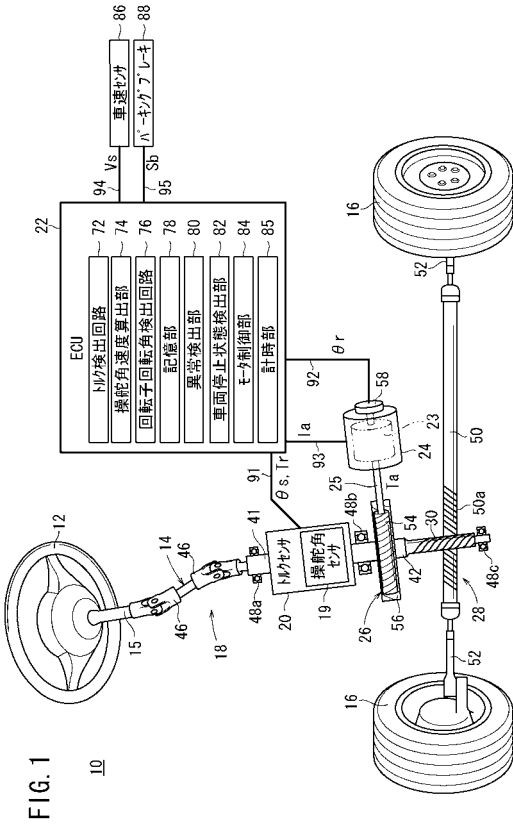


FIG. 1

【 図 2 】

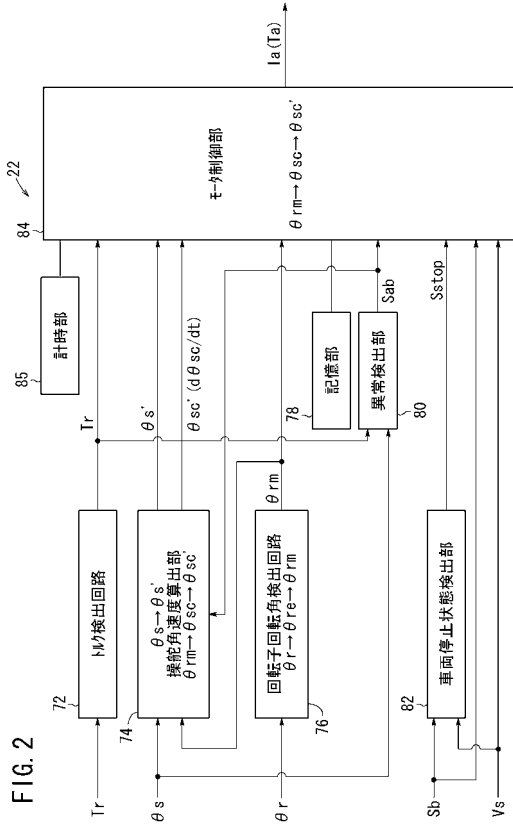


FIG. 2

【 図 3 】

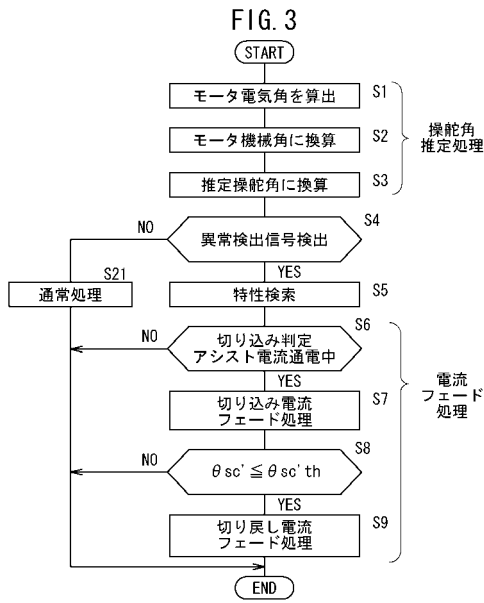


FIG. 3

【 図 4 】

FIG. 4A

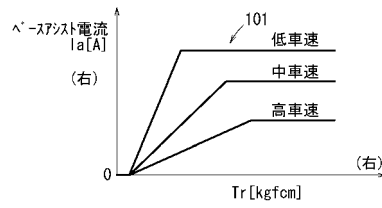
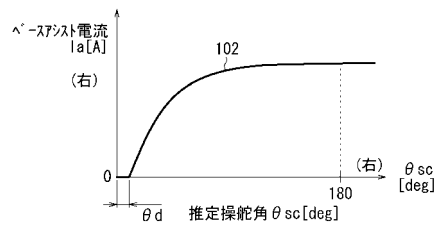
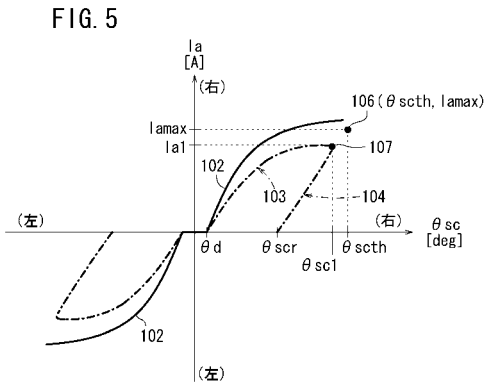


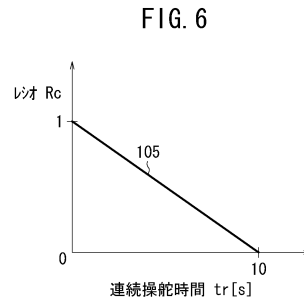
FIG. 4B



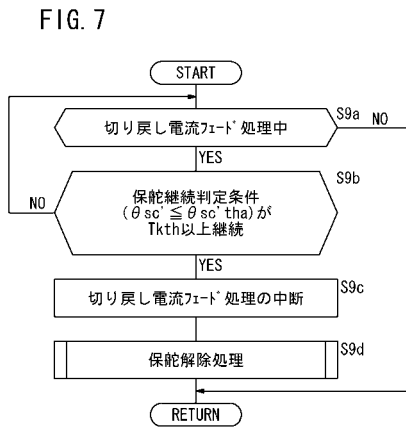
【 図 5 】



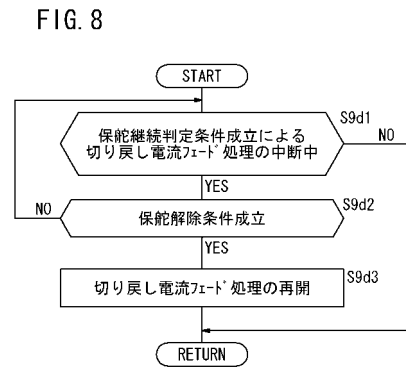
【 図 6 】



【 図 7 】

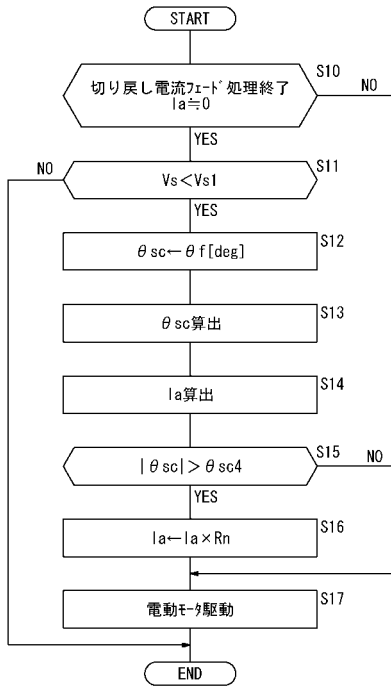


【 図 8 】



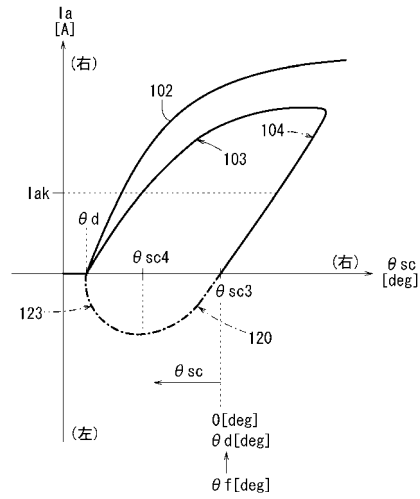
【 図 1 3 】

FIG. 13



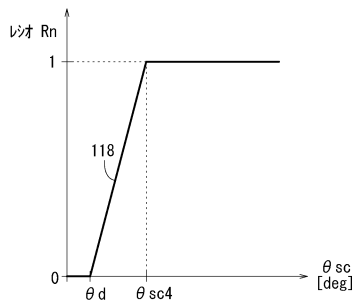
【 図 1 4 】

FIG. 14



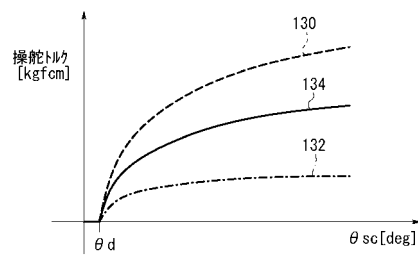
【 図 1 5 】

FIG. 15



【 図 1 6 】

FIG. 16



フロントページの続き

(72)発明者 浜本 恭司
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

(72)発明者 相模 宏樹
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 廣中 慎司
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) 3D232 CC33 DA03 DA09 DA15 DA20 DA63 DC01 DC08 DC09 DD01
DD06 DE09 EB11 EC23 GG01
3D233 CA02 CA03 CA04 CA13 CA16 CA17 CA20 CA21 CA31