

(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2013-212715

(P2013-212715A)

(43) 公開日 平成25年10月17日(2013. 10. 17)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 6 2 D 6/00 (2006.01)	B 6 2 D 6/00	3 D 2 3 2
B 6 2 D 5/04 (2006.01)	B 6 2 D 5/04	3 D 2 3 3
B 6 2 D 119/00 (2006.01)	B 6 2 D 119:00	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2012-82644 (P2012-82644)	(71) 出願人	000146010
(22) 出願日	平成24年3月30日 (2012. 3. 30)		株式会社ショーワ
			埼玉県行田市藤原町1丁目14番地1
		(74) 代理人	100104880
			弁理士 古部 次郎
		(74) 代理人	100125346
			弁理士 尾形 文雄
		(74) 代理人	100118201
			弁理士 千田 武
		(72) 発明者	岩瀬 雅祐
			栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台112番地1
			株式会社ショーワ4輪開発センター内
		Fターム(参考)	3D232 CC08 CC12 CC30 DA15 DA20
			DA23 DA63 DA64 DC18 DD10
			DD17 EA01 EB11 EC23 GG01
			最終頁に続く

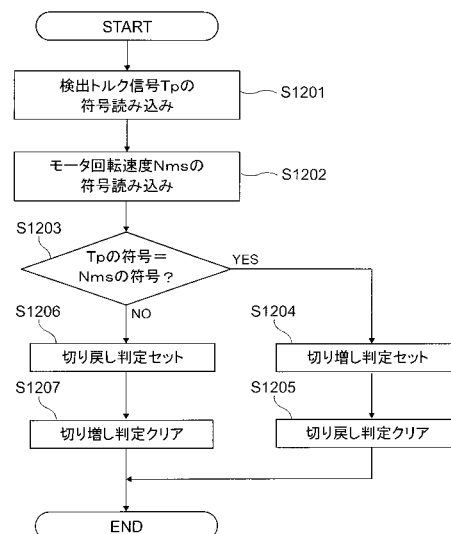
(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

(57) 【要約】

【課題】ステアリングホイールの操舵状況をより確度高く見極めることができる技術を提供する。

【解決手段】ステアリングホイールと、ステアリングホイールと相対回転するピニオン軸との相対回転角度を検出するトルク検出部と、ピニオン軸と噛み合うラック軸と、ラック軸に対してステアリングホイールの操作をアシストするアシストトルクを付与する電動モータと、トルク検出部の検出値に基づいて電動モータに供給する目標電流を算出する目標電流算出部と、を備え、目標電流算出部は、相対回転角度が生じている方向と電動モータの回転方向とに基づいてステアリングホイールの操舵状況を判定し、トルク検出部の検出値とステアリングホイールの操舵状況とに基づいて電動モータに供給する目標電流を算出する。

【選択図】図12



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ステアリングホイールと、当該ステアリングホイールと相対回転するピニオン軸との相対回転角度を検出する検出手段と、

前記ピニオン軸と噛み合うラック軸と、

前記ラック軸に対して前記ステアリングホイールの操作をアシストするアシストトルクを付与する電動モータと、

前記検出手段の検出値に基づいて前記電動モータに供給する目標電流を算出する目標電流算出手段と、

を備え、

前記目標電流算出手段は、前記相対回転角度が生じている方向と前記電動モータの回転方向とに基づいて前記ステアリングホイールの操舵状況を判定し、前記検出手段の検出値と当該ステアリングホイールの操舵状況とに基づいて前記電動モータに供給する目標電流を算出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】

前記目標電流算出手段が、前記電動モータに前記ラック軸を一方の移動方向に移動させる方向のアシストトルクを生じさせる目標電流を算出するのに基となる前記相対回転角度が生じている方向の符号をプラス、当該電動モータに当該ラック軸を他方の移動方向に移動させる方向のアシストトルクを生じさせる目標電流を算出するのに基となる当該相対回転角度が生じている方向の符号をマイナスとし、

前記ラック軸が前記一方の移動方向に移動する場合の前記電動モータの回転方向の符号をプラス、当該ラック軸が前記他方の移動方向に移動する場合の当該電動モータの回転方向の符号をマイナスとした場合に、

前記目標電流算出手段は、前記相対回転角度が生じている方向の符号と前記電動モータの回転方向の符号とが同じである場合には前記ステアリングホイールの切り増し方向であると判定し、当該相対回転角度が生じている方向の符号と当該電動モータの回転方向の符号とが異なる場合には当該ステアリングホイールの切り戻し方向であると判定する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】

前記目標電流算出手段は、前記検出手段が検出した検出値に応じた基準目標電流と、前記検出手段が検出した検出値に応じた調整値を用いて、前記操舵トルクの絶対値が大きい場合に、前記目標電流の絶対値が、前記ステアリングホイールの切り戻し方向である場合には当該基準目標電流よりも大きくなるように当該目標電流を算出することを特徴とする請求項 2 に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 4】

前記目標電流算出手段の前記調整値は、前記検出手段が検出した検出値の絶対値が予め定められた値よりも小さい場合と大きい場合とで符号が反転する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。

【請求項 5】

前記目標電流算出手段は、前記基準目標電流を算出する基準目標電流算出手段と、前記調整値を設定する目標電流調整手段と、前記基準目標電流と前記調整値とを加算する加算手段と、を備え、

前記目標電流調整手段は、前記検出手段が検出した検出値に基づいて補正量を決定する決定手段と、前記ステアリングホイールの操舵状況に応じて、当該決定手段が決定した補正量を補正するとともに補正した補正量を前記調整値として出力する出力手段と、を備えることを特徴とする請求項 3 または 4 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、電動パワーステアリング装置に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

近年、トルクセンサにより検出されたステアリングホイールの操舵力の大きさに応じて電動モータに流す電流量を制御する電動パワーステアリング装置が提案されている。

例えば、特許文献1に記載の電動パワーステアリング装置は、ステアリングの操舵機構に動力を与えてステアリングの操舵力を補助する電動モータと、ステアリングの操舵力を検出するトルクセンサと、このトルクセンサにより検出された操舵力の大きさに応じて電動モータに流す電流量を制御する制御回路とを備えている。そして、トルクセンサは、入力軸と出力軸とを同軸上に連結するトーションバー、入力軸の端部に取り付けられる磁石、出力軸の端部に取り付けられる一組の磁気ヨーク、及びこの一組の磁気ヨーク間に生じる磁束密度を検出する磁気センサ等より構成されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2003-149062号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

トルクセンサからの出力値には、ステアリングホイール、入力軸等の操舵系に生じる機械的な摩擦抵抗が外乱として含まれる。そのため、ステアリングホイールを左から右へ操舵する場合のトルクセンサの出力値と、右から左へ操舵する場合のトルクセンサの出力値とが異なる現象（ヒステリシス）が生じる。したがって、操舵フィーリングの向上、安全性の向上を図るためには、ヒステリシスを考慮して電動モータに供給する電流量を制御することが望ましい。その際、ステアリングホイールの操作方向が切り増し方向であるのか切り戻し方向であるかなどのステアリングホイールの操舵状況に応じて電動モータに供給する目標電流を設定することが望ましい。そのためには、ステアリングホイールの操舵状況を確度高く見極めることが重要となる。

20

本発明は、ステアリングホイールの操舵状況をより確度高く見極めることが可能な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】

30

【0005】

かかる目的のもと、本発明は、ステアリングホイールと、当該ステアリングホイールと相対回転するピニオン軸との相対回転角度を検出する検出手段と、前記ピニオン軸と噛み合うラック軸と、前記ラック軸に対して前記ステアリングホイールの操作をアシストするアシストトルクを付与する電動モータと、前記検出手段の検出値に基づいて前記電動モータに供給する目標電流を算出する目標電流算出手段と、を備え、前記目標電流算出手段は、前記相対回転角度が生じている方向と前記電動モータの回転方向とに基づいて前記ステアリングホイールの操舵状況を判定し、前記検出手段の検出値と当該ステアリングホイールの操舵状況とに基づいて前記電動モータに供給する目標電流を算出することを特徴とする電動パワーステアリング装置である。

40

【0006】

ここで、前記目標電流算出手段が、前記電動モータに前記ラック軸を一方の移動方向に移動させる方向のアシストトルクを生じさせる目標電流を算出するのに基となる前記相対回転角度が生じている方向の符号をプラス、当該電動モータに当該ラック軸を他方の移動方向に移動させる方向のアシストトルクを生じさせる目標電流を算出するのに基となる当該相対回転角度が生じている方向の符号をマイナスとし、前記ラック軸が前記一方の移動方向に移動する場合の前記電動モータの回転方向の符号をプラス、当該ラック軸が前記他方の移動方向に移動する場合の当該電動モータの回転方向の符号をマイナスとした場合に、前記目標電流算出手段は、前記相対回転角度が生じている方向の符号と前記電動モータの回転方向の符号とが同じである場合には前記ステアリングホイールの切り増し方向であ

50

ると判定し、当該相対回転角度が生じている方向の符号と当該電動モータの回転方向の符号とが異なる場合には当該ステアリングホイールの切り戻し方向であると判定するとよい。

【0007】

また、前記目標電流算出手段は、前記検出手段が検出した検出値に応じた基準目標電流と、前記検出手段が検出した検出値に応じた調整値を用いて、前記操舵トルクの絶対値が大きい場合に、前記目標電流の絶対値が、前記ステアリングホイールの切り戻し方向である場合には当該基準目標電流よりも大きくなるように当該目標電流を算出するとよい。

また、前記目標電流算出手段の前記調整値は、前記検出手段が検出した検出値の絶対値が予め定められた値よりも小さい場合と大きい場合とで符号が反転するとよい。

10

【0008】

また、前記目標電流算出手段は、前記基準目標電流を算出する基準目標電流算出手段と、前記調整値を設定する目標電流調整手段と、前記基準目標電流と前記調整値とを加算する加算手段と、を備え、前記目標電流調整手段は、前記検出手段が検出した検出値に基づいて補正量を決定する決定手段と、前記ステアリングホイールの操舵状況に応じて、当該決定手段が決定した補正量を補正するとともに補正した補正量を前記調整値として出力する出力手段と、を備えるとよい。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、ステアリングホイールの操舵状況をより確度高く見極めることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施の形態に係る電動パワーステアリング装置の概略構成を示す図である。

【図2】電動パワーステアリング装置の制御装置の概略構成図である。

【図3】目標電流算出部の概略構成図である。

【図4】基準目標電流算出部が算出する基準目標電流と操舵トルクとの相関関係を示す図である。

【図5】基準目標電流算出部の概略構成図である。

【図6】制御部の概略構成図である。

30

【図7】ステアリングホイールの操作方向とトルク検出部からの出力値とが異なる現象（ヒステリシス）を示す図である。

【図8】目標電流調整部の概略構成図である。

【図9】検出トルク信号と補正量との関係を示す図である。

【図10】トルク検出部の検出トルク信号の符号と、電動モータの回転方向の符号との関係を示す図である。

【図11】補正量決定部が行う補正量決定処理の手順を示すフローチャートである。

【図12】操舵状況判定部が行う増減度合い判定処理の手順を示すフローチャートである。

。

【図13】出力部が行う出力処理の手順を示すフローチャートである。

40

【図14】本実施の形態に係るステアリング装置における操舵トルクと目標電流との関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

図1は、実施の形態に係る電動パワーステアリング装置100の概略構成を示す図である。

電動パワーステアリング装置100（以下、単に「ステアリング装置100」と称する場合もある。）は、乗り物の進行方向を任意に変えるためのかじ取り装置であり、本実施の形態においては自動車に適用した構成を例示している。

50

【 0 0 1 2 】

ステアリング装置 1 0 0 は、ドライバが操作する車輪（ホイール）状のステアリングホイール（ハンドル）1 0 1 と、ステアリングホイール 1 0 1 に一体的に設けられたステアリングシャフト 1 0 2 とを備えている。また、ステアリング装置 1 0 0 は、ステアリングシャフト 1 0 2 と自在継手 1 0 3 a を介して連結された上部連結シャフト 1 0 3 と、この上部連結シャフト 1 0 3 と自在継手 1 0 3 b を介して連結された下部連結シャフト 1 0 8 とを備えている。下部連結シャフト 1 0 8 は、ステアリングホイール 1 0 1 の回転に連動して回転する。

【 0 0 1 3 】

また、ステアリング装置 1 0 0 は、転動輪としての左右の前輪 1 5 0 のそれぞれに連結されたタイロッド 1 0 4 と、タイロッド 1 0 4 に連結されたラック軸 1 0 5 とを備えている。また、ステアリング装置 1 0 0 は、ラック軸 1 0 5 に形成されたラック歯 1 0 5 a とともにラック・ピニオン機構を構成するピニオン 1 0 6 a を備えている。ピニオン 1 0 6 a は、ピニオンシャフト 1 0 6 の下端部に形成されている。

【 0 0 1 4 】

また、ステアリング装置 1 0 0 は、ピニオンシャフト 1 0 6 を収納するステアリングギアボックス 1 0 7 を有している。ピニオンシャフト 1 0 6 は、ステアリングギアボックス 1 0 7 にてトーションバーを介して下部連結シャフト 1 0 8 と連結されている。ステアリングギアボックス 1 0 7 の内部には、下部連結シャフト 1 0 8 とピニオンシャフト 1 0 6 との相対回転角度に応じた電気信号（例えば電圧信号）出力するトルクセンサ 1 0 9 が設けられている。

【 0 0 1 5 】

また、ステアリング装置 1 0 0 は、ステアリングギアボックス 1 0 7 に支持された電動モータ 1 1 0 と、電動モータ 1 1 0 の駆動力を減速してピニオンシャフト 1 0 6 に伝達する減速機構 1 1 1 とを有している。本実施の形態に係る電動モータ 1 1 0 は、3 相ブラシレスモータである。電動モータ 1 1 0 に実際に流れる実電流の大きさおよび方向は、モータ電流検出部 3 3（図 6 参照）にて検出される。減速機構 1 1 1 は、ピニオンシャフト 1 0 6 とともに回転するウォームホイール（不図示）と、電動モータ 1 1 0 の出力軸に装着され、ウォームホイールと噛み合うウォームギアと、から構成される。

そして、ステアリング装置 1 0 0 は、電動モータ 1 1 0 の作動を制御する制御装置 1 0 を備えている。制御装置 1 0 には、上述したトルクセンサ 1 0 9 の出力値、自動車の移動速度である車速 V_c を検出する車速センサ 1 7 0 の出力値が入力される。

【 0 0 1 6 】

以上のように構成されたステアリング装置 1 0 0 は、ステアリングホイール 1 0 1 に加えられた操舵トルク T に応じた値をトルクセンサ 1 0 9 からの出力に基づいて検出し、その検出された値に基づいて電動モータ 1 1 0 を駆動し、電動モータ 1 1 0 の発生トルクをピニオンシャフト 1 0 6 に伝達する。これにより、電動モータ 1 1 0 の発生トルクが、ステアリングホイール 1 0 1 に加える運転者の操舵力をアシストする。

【 0 0 1 7 】

次に、制御装置 1 0 について説明する。

図 2 は、ステアリング装置 1 0 0 の制御装置 1 0 の概略構成図である。

制御装置 1 0 は、CPU 1 1、ROM 1 2、RAM 1 3 等からなる算術論理演算回路である。

制御装置 1 0 には、上述したトルクセンサ 1 0 9 から出力された電気信号と、車速センサ 1 7 0 にて検出された車速 V_c が出力信号に変換された車速信号 v などが入力される。

そして、制御装置 1 0 は、トルクセンサ 1 0 9 から入力される信号に基づいて操舵トルク T に応じた値を検出するトルク検出部 3 1 0 と、トルク検出部 3 1 0 からの出力値（検出トルク信号 T_p ）に基づいて目標補助トルクを算出し、この目標補助トルクを電動モータ 1 1 0 が供給するのに必要となる目標電流 I_T を算出する目標電流算出部 2 0 と、目標電流算出部 2 0 が算出した目標電流 I_T に基づいてフィードバック制御などを行う制御部

10

20

30

40

50

30とを有している。

【0018】

まずは、トルク検出部310について詳述する。

トルク検出部310は、トルクセンサ109から入力される信号に基づいて操舵トルク T を算出し、算出した操舵トルク T を電気信号（電圧信号）に変換した検出トルク信号 T_p を目標電流算出部20へ出力する。トルクセンサ109から出力される電気信号と、操舵トルク T との関係を示すマップをROM12に記憶しておき、トルク検出部310は、このマップに、トルクセンサ109からの電気信号を代入することにより操舵トルク T を算出する。又は、トルクセンサ109からの電気信号と操舵トルク T との関係を示す関数を組み込んでおき、トルク検出部310は、この関数にトルクセンサ109からの電気信号を代入して操舵トルク T を算出してもよい。なお、トルク検出部310は、トーショナーの捩れ量が零の状態を零とし、その状態から、右回転方向の操舵トルク T をプラス、左回転方向の操舵トルク T をマイナスの値として出力する。

10

【0019】

次に、目標電流算出部20について詳述する。図3は、目標電流算出部20の概略構成図である。

目標電流算出部20は、目標電流を設定する上で基準となる基準目標電流 I_B を算出する基準目標電流算出部21と、基準目標電流算出部21が算出した基準目標電流 I_B を調整する調整電流 I_A を設定（算出）する目標電流調整部22と、基準目標電流算出部21が算出した基準目標電流 I_B と目標電流調整部22が設定した調整電流とを加算する加算部23と、を備えている。

20

【0020】

図4は、基準目標電流算出部21が算出する基準目標電流 I_B と操舵トルク T との相関関係を示す図である。図4では操舵トルク T がプラスである場合を例示しているが、操舵トルク T がマイナスである場合の基準目標電流 I_B は、プラスである場合の基準目標電流 I_B と零点を基準に点対称となる。

基準目標電流算出部21は、概略、トルク検出部310からの出力値（検出トルク信号 T_p ）に基づいて、操舵トルク T と基準目標電流 I_B とが図4に示す関係となるように基準目標電流 I_B を算出する。以下に、基準目標電流算出部21について詳しく説明する。

【0021】

30

図5は、基準目標電流算出部21の概略構成図である。

基準目標電流算出部21は、基準目標電流 I_B を設定する上で基準となるベース電流を算出するベース電流算出部211と、電動モータ110の慣性モーメントを打ち消すための電流を算出するイナーシャ補償電流算出部212と、モータの回転を制限する電流を算出するダンパー補償電流算出部213とを備えている。また、基準目標電流算出部21は、ベース電流算出部211、イナーシャ補償電流算出部212、ダンパー補償電流算出部213などからの出力に基づいて基準目標電流 I_B を決定する基準目標電流決定部215を備えている。さらに、基準目標電流算出部21は、トルク信号 T_p の位相補償を行う位相補償部216を備えている。

【0022】

40

ベース電流算出部211は、位相補償部216にてトルク信号 T_p が位相補償されたトルク信号 T_s と、車速センサ170からの車速信号 v とに基づいてベース電流を算出し、このベース電流の情報を含むベース電流信号 I_{mb} を出力する。なお、ベース電流算出部211は、例えば、予め経験則に基づいて作成しROM12に記憶しておいた、トルク信号 T_s および車速信号 v とベース電流との対応を示すマップに、検出されたトルク信号 T_p および車速信号 v を代入することによりベース電流を算出する。

【0023】

イナーシャ補償電流算出部212は、トルク信号 T_p と車速信号 v とに基づいて電動モータ110およびシステムの慣性モーメントを打ち消すためのイナーシャ補償電流を算出し、この電流の情報を含むイナーシャ補償電流信号 I_s を出力する。なお、イナーシャ補

50

償電流算出部 212 は、例えば、予め経験則に基づいて作成し ROM 12 に記憶しておいた、トルク信号 T_p および車速信号 v とイナーシャ補償電流との対応を示すマップに、検出されたトルク信号 T_p および車速信号 v を代入することによりイナーシャ補償電流を算出する。

【0024】

ダンパー補償電流算出部 213 は、トルク信号 T_p と、車速信号 v と、電動モータ 110 の回転速度信号 $N_m s$ とに基づいて、電動モータ 110 の回転を制限するダンパー補償電流を算出し、この電流の情報を含むダンパー補償電流信号 I_d を出力する。なお、ダンパー補償電流算出部 213 は、例えば、予め経験則に基づいて作成し ROM 12 に記憶しておいた、トルク信号 T_p 、車速信号 v および回転速度信号 $N_m s$ と、ダンパー補償電流との対応を示すマップに、検出されたトルク信号 T_p と車速信号 v と回転速度信号 $N_m s$ とを代入することによりダンパー補償電流を算出する。

10

【0025】

基準目標電流決定部 215 は、ベース電流算出部 211 が算出したベース電流、イナーシャ補償電流算出部 212 が算出したイナーシャ補償電流およびダンパー補償電流算出部 213 が算出したダンパー補償電流に基づいて基準目標電流 I_B を決定し、この電流の情報を含む基準目標電流信号 I_b を出力する。基準目標電流決定部 215 は、例えば、ベース電流に、イナーシャ補償電流を加算するとともにダンパー補償電流を減算して得た補償電流を、予め経験則に基づいて作成し ROM 12 に記憶しておいた、補償電流と目標電流との対応を示すマップに代入することにより目標電流を算出する。

20

【0026】

目標電流調整部 22 については、後で詳述するが、目標電流調整部 22 は、調整電流 I_A を決定し、この調整電流 I_A の情報を含む調整電流信号 I_a を出力する。

加算部 23 は、基準目標電流算出部 21 が算出した基準目標電流 I_B と目標電流調整部 22 が設定した調整電流 I_A とを加算し、加算後の電流を目標電流 I_T として制御部 30 へ出力する。言い換えれば、加算部 23 は、基準目標電流算出部 21 からの出力値である基準目標電流信号 I_b と目標電流調整部 22 からの出力値である調整電流信号 I_a とを加算した値を最終的な目標電流加算信号 I_t として出力する。

【0027】

なお、目標電流算出部 20 には、トルク信号 T_p と、車速信号 v と、電動モータ 110 の回転速度 N_m が出力信号に変換された回転速度信号 $N_m s$ とが入力される。回転速度信号 $N_m s$ は、例えば 3 相ブラシレスモータである電動モータ 110 の回転子（ロータ）の回転位置を検出するセンサ（例えば、回転子の回転位置を検出するレゾルバ、ロータリエンコーダ等で構成されるロータ位置検出回路）の出力信号が微分されることにより得られるものであることを例示することができる。

30

なお、制御装置 10 には、車速センサ 170 などからの信号がアナログ信号として入力されるので、図示しない A/D 変換部によりアナログ信号をデジタル信号に変換し、目標電流算出部 20 に取り込んでいる。

【0028】

次に、制御部 30 について詳述する。図 6 は、制御部 30 の概略構成図である。

40

制御部 30 は、電動モータ 110 の作動を制御するモータ駆動制御部 31 と、電動モータ 110 を駆動させるモータ駆動部 32 と、電動モータ 110 に実際に流れる実電流 I_m を検出するモータ電流検出部 33 とを有している。

モータ駆動制御部 31 は、目標電流算出部 20 にて最終的に決定された目標電流 I_T と、モータ電流検出部 33 にて検出された電動モータ 110 へ供給される実電流 I_m との偏差に基づいてフィードバック制御を行うフィードバック（F/B）制御部 40 と、電動モータ 110 を PWM 駆動するための PWM（パルス幅変調）信号を生成する PWM 信号生成部 60 とを有している。

【0029】

フィードバック制御部 40 は、目標電流算出部 20 にて最終的に決定された目標電流 I

50

Tとモータ電流検出部33にて検出された実電流 I_m との偏差を求める偏差演算部41と、その偏差がゼロとなるようにフィードバック処理を行うフィードバック(F/B)処理部42とを有している。

偏差演算部41は、目標電流算出部20からの出力値である目標電流加算信号 I_t とモータ電流検出部33からの出力値であるモータ電流信号 I_{ms} との偏差の値を偏差信号41aとして出力する。

【0030】

フィードバック(F/B)処理部42は、目標電流 I_T と実電流 I_m とが一致するようにフィードバック制御を行うものであり、例えば、入力された偏差信号41aに対して、比例要素で比例処理した信号を出力し、積分要素で積分処理した信号を出力し、加算演算部でこれらの信号を加算してフィードバック処理信号42aを生成・出力する。

PWM信号生成部60は、フィードバック制御部40からの出力値に基づいてPWM信号60aを生成し、生成したPWM信号60aを出力する。

【0031】

モータ駆動部32は、所謂インバータであり、例えば、スイッチング素子として6個の独立したトランジスタ(FET)を備え、6個の内の3個のトランジスタは電源の正極側ラインと各相の電気コイルとの間に接続され、他の3個のトランジスタは各相の電気コイルと電源の負極側(アース)ラインと接続されている。そして、6個の中から選択した2個のトランジスタのゲートを駆動してこれらのトランジスタをスイッチング動作させることにより、電動モータ110の駆動を制御する。

モータ電流検出部33は、モータ駆動部32に接続されたシャント抵抗の両端に生じる電圧から電動モータ110に流れる実電流 I_m の値を検出して、検出した実電流 I_m をモータ電流信号 I_{ms} に変換して出力する。

【0032】

以上のように構成されたステアリング装置100において、トルクセンサ109からの出力値には、ステアリングホイール101、下部連結シャフト108等の操舵系に生じる機械的な摩擦抵抗が外乱として含まれる。そのため、ステアリングホイール101を左から右へ操舵する場合(以下、「右回転時」と称する場合もある)のトルクセンサ109の出力値と、右から左へ操舵する場合(以下、「左回転時」と称する場合もある)のトルクセンサ109の出力値とが異なる現象(ヒステリシス)が生じる。

【0033】

図7は、ステアリングホイール101の操作方向とトルク検出部310からの出力値(検出トルク信号 T_p)とが異なる現象(ヒステリシス)を示す図である。

ステアリングホイール101の操作方向によってトルクセンサ109の出力値が異なるため、ステアリングホイール101の操作方向によってトルク検出部310からの出力値 T_p (検出トルク信号 T_p)が異なる。そのため、図7に示すように、ステアリングホイール101の操舵トルク T が同じであるとしても、ステアリングホイール101の左回転時のトルク検出部310からの出力値 T_p の方がステアリングホイール101の右回転時のトルク検出部310からの出力値 T_p よりも大きくなる。

かかる事項に鑑み、本実施の形態に係るステアリング装置100においては、図4に示したようにトルク検出部310から出力された検出トルク信号 T_p に応じて変化する基準目標電流 I_B を、ヒステリシスを考慮した値に補正するために目標電流調整部22を備えている。

【0034】

図8は、目標電流調整部22の概略構成図である。

目標電流調整部22は、トルク検出部310から出力された検出トルク信号 T_p に基づいて補正量を決定する補正量決定部221と、トルク検出部310から出力された検出トルク信号 T_p と電動モータ110の回転速度信号 N_{ms} とに基づいてステアリングホイール101の操舵状況を判定する操舵状況判定部222と、を備えている。また、目標電流調整部22は、補正量決定部221にて決定された補正量と、操舵状況判定部222

10

20

30

40

50

にて判定された操舵トルク T の増減とに基づいて調整電流 I_A を決定するとともに、決定した調整電流 I_A の情報を含む調整電流信号 I_a を加算部 23 へ出力する出力部 223 を備えている。

【0035】

図9は、検出トルク信号 T_p と補正量 との関係を示す図である。

補正量決定部 221 は、トルク検出部 310 から出力された検出トルク信号 T_p に基づいて補正量 を決定する。例えば、予め経験則に基づいてトルク検出部 310 から出力される検出トルク信号 T_p に応じた最適な補正量 を図9に示すように導き出しておく。そして、検出トルク信号 T_p と最適な補正量 との対応を示すマップを予め作成し ROM 12 に記憶しておく。そして、補正量決定部 221 は、予め作成し ROM 12 に記憶しておいた、検出トルク信号 T_p と補正量 との対応を示すマップに、検出トルク信号 T_p を代入することにより補正量 を算出する。あるいは、予め作成した検出トルク信号 T_p と補正量 との関係式に検出トルク信号 T_p を代入することにより補正量 を算出してもよい。

10

【0036】

図9に示すように、本実施の形態においては、補正量 は、検出トルク信号 T_p の絶対値が予め定められた値 T_o より小さい場合にはマイナスの符号であり、検出トルク信号 T_p の絶対値が予め定められた値 T_o より大きい場合にはプラスの符号である。つまり、補正量 は、検出トルク信号 T_p の絶対値が予め定められた値 T_o よりも小さい場合と大きい場合とで符号が反転する。

20

【0037】

次に、操舵状況判定部 222 について説明する。

トーションバーの捩れ量が零の状態を中立状態とし、中立状態からのステアリングホイール 101 の右回転時におけるステアリングホイール 101 とピニオンシャフト 106 との相対回転角度が変化する方向（相対回転角度が生じる方向）をプラス（操舵トルク T がプラス）とする。他方、中立状態からのステアリングホイール 101 の左回転時におけるステアリングホイール 101 とピニオンシャフト 106 との相対回転角度が変化する方向（相対回転角度が生じる方向）をマイナスとする（操舵トルク T がマイナス）。このとき、ステアリングホイール 101 とピニオンシャフト 106 との相対回転角度が中立状態より右回転方向に捩れている（トーションバーが右回転方向に捩れている）ときの、トルク検出部 310 からの出力値である検出トルク信号 T_p の符号をプラス、相対回転角度が中立状態より左回転方向に捩れている（トーションバーが左回転方向に捩れている）ときの、トルク検出部 310 からの出力値 T_p （検出トルク信号 T_p ）の符号をマイナスとする。

30

【0038】

そして、トルク検出部 310 の検出トルク信号 T_p がプラスであるときに、電動モータ 110 を一方の回転方向に回転させるように基準目標電流算出部 21 にて基準目標電流 I_B が算出され、その基準目標電流 I_B が流れる方向をプラスとする。つまり、図4に示すように、トルク検出部 310 の検出トルク信号 T_p がプラスのときに基準目標電流算出部 21 はプラスの基準目標電流 I_B を算出（ひいてはトルク検出部 310 の検出トルク信号 T_p がプラスのときに目標電流算出部 20 はプラスの目標電流 I_T を算出）し、電動モータ 110 を一方の回転方向に回転させる方向のトルクを発生させる。他方、トルク検出部 310 の検出トルク信号 T_p がマイナスのときに基準目標電流算出部 21 はマイナスの基準目標電流 I_B を算出（ひいてはトルク検出部 310 の検出トルク信号 T_p がマイナスのときに目標電流算出部 20 はマイナスの目標電流 I_T を算出）し、電動モータ 110 を他方の回転方向に回転させる方向のトルクを発生させる。

40

【0039】

そして、電動モータ 110 が一方の回転方向に回転すると、ピニオンシャフト 106 がラック軸 105 を、図1で見た場合の横方向に移動させ、前輪 150 が右方向に回転する。前輪 150 が右方向に回転するときのラック軸 105 の移動方向を、以下では「一方の

50

移動方向」と称す。他方、電動モータ１１０が他方の回転方向に回転すると、ピニオンシャフト１０６がラック軸１０５を横方向に移動させ、前輪１５０が左方向に回転する。前輪１５０が左方向に回転するときのラック軸１０５の移動方向を、以下では「他方の移動方向」と称す。

【００４０】

そして、電動モータ１１０の出力軸に装着されたウォームギアとピニオンシャフト１０６とともに回転するウォームホイールとは噛み合っており、ピニオンシャフト１０６の下端部に形成されたピニオン１０６aとラック軸１０５に形成されたラック歯１０５aとがラック・ピニオン機構を構成している。また、ラック軸１０５が、前輪１５０に連結されたタイロッド１０４と連結されている。

10

【００４１】

それゆえ、トルク検出部３１０の検出トルク信号 T_p の符号がプラスであり、電動モータ１１０が一方の回転方向に回転する方向のトルクを発生させたとしても、前輪１５０などが受ける外力により前輪１５０が左方向に回転し、ラック軸１０５が他方の移動方向に移動した場合には、電動モータ１１０は、他方の回転方向に回転する。

他方、トルク検出部３１０の検出トルク信号 T_p の符号がマイナスであり、電動モータ１１０が他方の回転方向に回転する方向のトルクを発生させたとしても、前輪１５０などが受ける外力により前輪１５０が右方向に回転し、ラック軸１０５が一方の移動方向に移動した場合には、電動モータ１１０は、一方の回転方向に回転する。

以下では、電動モータ１１０の回転方向の符号を、一方の回転方向に回転するときをプラス、他方の回転方向に回転するときをマイナスとする。

20

【００４２】

次に、トルク検出部３１０の検出トルク信号 T_p の符号と、電動モータ１１０の回転方向の符号との関係について説明する。

図１０は、トルク検出部３１０の検出トルク信号 T_p の符号と、電動モータ１１０の回転方向の符号との関係を示す図である。（a）は、トルク検出部３１０の検出トルク信号 T_p の符号と電動モータ１１０の回転方向の符号とを時系列に示した図である。（b）は、トルク検出部３１０の検出トルク信号 T_p を縦軸に、電動モータ１１０の回転方向を横軸に取り、これらの符号とステアリングホイール１０１の操舵状況との関係を示した図である。

30

【００４３】

ステアリングホイール１０１が中立状態（操舵トルク T が零の状態）から右方向に回転させられると、トーションバーの右回転方向の捩れ量が増加する。その結果、トルク検出部３１０の検出トルク信号 T_p がプラス方向に増加し、電動モータ１１０がプラス方向に回転する。この状態を示したのが図１０（a）の第１領域であり、この状態では、トルク検出部３１０の検出トルク信号 T_p と電動モータ１１０の回転方向がともにプラスとなる。

【００４４】

その後、ステアリングホイール１０１が左方向に回転させられると、トーションバーの捩れが緩和され、トルク検出部３１０の検出トルク信号 T_p が減少する。すると、前輪１５０などが受ける外力により前輪１５０が左方向に回転し、電動モータ１１０が一方の回転方向に回転する方向のトルクを発生させたとしても、ラック軸１０５が他方の移動方向に移動する。その結果、電動モータ１１０が他方の回転方向に回転する。この状態を示したのが図１０（a）の第２領域であり、この状態では、トルク検出部３１０の検出トルク信号 T_p の符号はプラスであるが、電動モータ１１０の回転方向の符号がマイナスとなる。

40

【００４５】

その後、ステアリングホイール１０１が中立状態を超えて左方向に回転させられると、トーションバーの左回転方向の捩れ量が増加し、トルク検出部３１０の検出トルク信号 T_p がマイナス方向に増加する。ラック軸１０５は、そのまま他方の移動方向に移動し続け

50

るが、電動モータ１１０が他方の回転方向に回転する方向のトルクを発生させたとしても、前輪１５０などが受ける外力により他方の移動方向への移動が抑制されていく。その結果、電動モータ１１０がマイナス方向に回転し続けるが、その回転力が徐々に弱まる。この状態を示したのが図１０（ａ）の第３領域であり、この状態では、トルク検出部３１０の検出トルク信号Ｔｐと電動モータ１１０の回転方向がともにマイナスとなる。

【００４６】

その後、ステアリングホイール１０１が右方向に回転させられると、トーションバーの捩れが緩和され、トルク検出部３１０の検出トルク信号Ｔｐが零に近づく。すると、前輪１５０などが受ける外力により前輪１５０が右方向に回転し、電動モータ１１０が他方の回転方向に回転する方向のトルクを発生させたとしても、ラック軸１０５が一方の移動方向に移動する。その結果、電動モータ１１０が一方の回転方向に回転する。この状態を示したのが図１０（ａ）の第４領域であり、この状態では、トルク検出部３１０の検出トルク信号Ｔｐの符号はマイナスであるが、電動モータ１１０の回転方向の符号がプラスとなる。

【００４７】

以上のことにより、トルク検出部３１０の検出トルク信号Ｔｐと電動モータ１１０の回転方向がともにプラスとなる領域（図１０（ａ）の第１領域）は、ステアリングホイール１０１の操舵状況としては、ステアリングホイール１０１が右方向へ切り増しさせられた状況にある。そして、トルク検出部３１０の検出トルク信号Ｔｐがプラスで、電動モータ１１０の回転方向がマイナスとなる領域（図１０（ａ）の第２領域）は、ステアリングホイール１０１の操舵状況としては、ステアリングホイール１０１が右方向へ切り増しさせられた後に左方向に切り戻されている状況にある。

【００４８】

また、トルク検出部３１０の検出トルク信号Ｔｐと電動モータ１１０の回転方向がともにマイナスとなる領域（図１０（ａ）の第３領域）は、ステアリングホイール１０１の操舵状況としては、ステアリングホイール１０１が左方向へ切り増しさせられた状況にある。そして、トルク検出部３１０の検出トルク信号Ｔｐがマイナスで、電動モータ１１０の回転方向がプラスとなる領域（図１０（ａ）の第４領域）は、ステアリングホイール１０１の操舵状況としては、ステアリングホイール１０１が左方向へ切り増しさせられた後に右方向に切り戻されている状況にある。

【００４９】

言い換えれば、図１０（ｂ）に示すように、トルク検出部３１０の検出トルク信号Ｔｐの符号と電動モータ１１０の回転方向の符号が同じである場合には、ステアリングホイール１０１が右方向か左方向のいずれかの方向へ切り増しさせられた状況にある。他方、トルク検出部３１０の検出トルク信号Ｔｐの符号と電動モータ１１０の回転方向の符号とが異なる場合には、ステアリングホイール１０１が切り戻しさせられた状況にある。

【００５０】

以上のことに鑑み、操舵状況判定部２２２は、トルク検出部３１０の検出トルク信号Ｔｐの符号と電動モータ１１０の回転速度信号Ｎｍｓの符号とに基づいて、ステアリングホイール１０１の操舵状況を判定する。つまり、操舵状況判定部２２２は、トルク検出部３１０の検出トルク信号Ｔｐの符号と電動モータ１１０の回転速度信号Ｎｍｓの符号とが同じである場合には、検出トルク信号Ｔｐの符号と電動モータ１１０の回転方向の符号とが同じであるとして、ステアリングホイール１０１が切り増しさせられたと判定する。他方、操舵状況判定部２２２は、トルク検出部３１０の検出トルク信号Ｔｐの符号と電動モータ１１０の回転速度信号Ｎｍｓの符号とが異なる場合には、検出トルク信号Ｔｐの符号と電動モータ１１０の回転方向の符号とが異なるとして、ステアリングホイール１０１が切り戻されたと判定する。

【００５１】

そして、操舵状況判定部２２２は、ステアリングホイール１０１が切り増しさせられたと判定した場合には、ステアリングホイール１０１が切り増しさせられた場合にセットさ

れる切り増し判定をRAM 13にセットする。他方、操舵状況判定部222は、ステアリングホイール101が切り戻されたと判定した場合には、ステアリングホイール101が切り戻された場合にセットされる切り戻し判定をRAM 13にセットする。

【0052】

出力部223は、RAM 13に切り戻し判定がセットされている場合には、補正量決定部221が決定した補正量を調整電流IAと決定するとともに、決定した調整電流IAに応じた電気信号を調整電流信号Iaとして出力する。他方、出力部223は、RAM 13に切り増し判定がセットされている場合には、調整電流IAを零と決定するとともに、決定した調整電流IA = 零に応じた電気信号を調整電流信号Iaとして出力する。

【0053】

次に、フローチャートを用いて、補正量決定部221が行う補正量決定処理について説明する。

図11は、補正量決定部221が行う補正量決定処理の手順を示すフローチャートである。補正量決定部221は、定期的に、例えば10ms毎にこの補正量決定処理を実行する。

補正量決定部221は、まず、トルク検出部310から出力され、RAM 13に記憶された最新の検出トルク信号Tp(n)を読み込む(ステップ(以下、単に、「S」と記す。)1101)。

次に、補正量決定部221は、S1101にて読み込んだ最新の検出トルク信号Tp(n)とROM 12に記憶されたマップとに基づいて補正量を決定する(S1102)。

【0054】

次に、フローチャートを用いて、操舵状況判定部222が行う操舵状況判定処理について説明する。

図12は、操舵状況判定部222が行う操舵状況判定処理の手順を示すフローチャートである。操舵状況判定部222は、定期的に、例えば10ms毎にこの操舵状況判定処理を実行する。

操舵状況判定部222は、まず、トルク検出部310から出力された最新の検出トルク信号Tpの符号を読み込む(S1201)。また、最新の回転速度信号Nm sの符号を読み込む(S1202)。

【0055】

その後、操舵状況判定部222は、S1201にて読み込まれた検出トルク信号Tpの符号とS1202にて読み込まれた回転速度信号Nm sの符号とが同じであるか否かを判別する(S1203)。そして、検出トルク信号Tpの符号と回転速度信号Nm sの符号とが同じである場合(S1203でYes)、切り増し判定をRAM 13にセットし(S1204)、RAM 13にセットされた切り戻し判定をクリアする(S1205)。一方、検出トルク信号Tpの符号と回転速度信号Nm sの符号とが異なる場合(S1203でNo)、切り戻し判定をRAM 13にセットし(S1206)、RAM 13にセットされた切り増し判定をクリアする(S1207)。

【0056】

次に、フローチャートを用いて、出力部223が行う出力処理について説明する。

図13は、出力部223が行う出力処理の手順を示すフローチャートである。出力部223は、定期的に、例えば10ms毎にこの出力処理を実行する。

出力部223は、まず、RAM 13に切り増し判定がセットされているかどうかを判別する(S1301)。そして、切り増し判定がセットされている場合(S1301でYes)、調整電流IA = 零と決定するとともに、零に応じた電気信号を調整電流信号Iaとして出力する(S1302)。一方、切り増し判定がセットされていない場合(S1301でNo)、補正量決定部221が決定した補正量を調整電流IA(=)と決定するとともに、決定した調整電流IAに応じた電気信号を調整電流信号Iaとして出力する(S1303)。

【0057】

図 1 4 は、本実施の形態に係るステアリング装置 1 0 0 における操舵トルク T と目標電流算出部 2 0 が算出する目標電流 I_T との関係を示す図である。操舵トルク T と目標電流算出部 2 0 が算出する目標電流 I_T との関係を実線で示している。また、この図 1 4 には、操舵トルク T と基準目標電流算出部 2 1 が算出する基準目標電流 I_B との関係を破線で示している。なお、ステアリングホイール 1 0 1 の切り増し方向においては、操舵トルク T に対する、目標電流算出部 2 0 が算出する目標電流 I_T と基準目標電流算出部 2 1 が算出する基準目標電流 I_B とは同じであることから、図 1 4 においては、両曲線は同一曲線となる。図 1 4 では操舵トルク T がプラスである場合を例示しているが、操舵トルク T がマイナスである場合の目標電流 I_T (基準目標電流 I_B) は、プラスである場合の目標電流 I_T (基準目標電流 I_B) と零点を基準に点対称となる。

10

【 0 0 5 8 】

上述したように、トルクセンサ 1 0 9 からの出力値にはヒステリシスが生じることから、操舵トルク T に対する基準目標電流算出部 2 1 が算出する基準目標電流 I_B は、図 1 4 で示したように、ステアリングホイール 1 0 1 の切り増し方向の基準目標電流 I_B の値と、切り戻し方向の基準目標電流 I_B の値とで異なる。

【 0 0 5 9 】

本実施の形態に係るステアリング装置 1 0 0 においては、図 9 に示すように、トルク検出部 3 1 0 から出力された検出トルク信号 T_p の絶対値の値が小さい場合には補正量の値がマイナスに設定される。そして、ステアリングホイール 1 0 1 の切り戻し時には、基準目標電流算出部 2 1 が算出する基準目標電流 I_B に補正量を加算した値の電流が、目標電流算出部 2 0 により目標電流 I_T として算出される。それゆえ、本実施の形態に係る目標電流算出部 2 0 によれば、操舵トルク T が小さい場合には、検出トルク信号 T_p のヒステリシスに起因して生じるステアリングホイール 1 0 1 の切り増し時の基準目標電流算出部 2 1 が算出する基準目標電流 I_B と切り戻し時の基準目標電流算出部 2 1 が算出する基準目標電流 I_B との差が小さくなる。言い換えれば、操舵トルク T が小さい場合には、本実施の形態に係る目標電流算出部 2 0 が算出する目標電流 I_T は、目標電流調整部 2 2 および加算部 2 3 を備えずに基準目標電流算出部 2 1 が算出する基準目標電流 I_B をそのまま目標電流算出部 2 0 が算出する目標電流 I_T として出力する構成の目標電流算出部 2 0 (以下、「他の形態に係る目標電流算出部 2 0」と称する。)の場合と比べると、ステアリングホイール 1 0 1 の切り増し時の目標電流 I_T と切り戻し時の目標電流 I_T との差が小さくなる。その結果、本実施の形態に係る目標電流算出部 2 0 によれば、操舵トルク T が小さい場合には、ステアリングホイール 1 0 1 の操作により近い目標電流 I_T が設定されるので操舵フィーリングが向上する。

20

30

【 0 0 6 0 】

一方、図 9 に示すように、トルク検出部 3 1 0 から出力された検出トルク信号 T_p の絶対値の値が大きい場合には、絶対値が大きくなるに従って補正量の値がプラス方向に大きくなるように設定される。そして、ステアリングホイール 1 0 1 の切り戻し時には、基準目標電流算出部 2 1 が算出する基準目標電流 I_B に補正量を加算した値の電流が、目標電流算出部 2 0 により目標電流 I_T として算出される。それゆえ、本実施の形態に係る目標電流算出部 2 0 によれば、操舵トルク T が大きく、ステアリングホイール 1 0 1 が切り戻し状況にある場合には、本実施の形態に係る目標電流算出部 2 0 が算出する目標電流 I_T は、他の形態に係る目標電流算出部 2 0 が算出する目標電流 I_T よりも大きくなる。これにより、例えば、ステアリングホイール 1 0 1 の右回転方向への切り増しからの切り戻し時には、本実施の形態に係るステアリング装置 1 0 0 における電動モータ 1 1 0 の右回転方向へのアシストトルクは、他の形態に係る目標電流算出部 2 0 を備える構成のステアリング装置 1 0 0 におけるアシストトルクよりも大きくなる。その結果、ステアリングホイール 1 0 1 が切り増された後に切り戻された場合において、いわゆる、すわり感が向上し、車両の挙動が安定する。

40

【 0 0 6 1 】

以上説明したように、本実施の形態に係るステアリング装置 1 0 0 においては、操舵ト

50

ルク T が小さい場合および大きい場合の広い領域でヒステリシスを考慮して目標電流 I_T が調整されるので、広域で操舵感（操舵特性）を向上させることができ、操舵フィーリングの向上および安全性の向上を図ることができる。

【0062】

また、本実施の形態に係るステアリング装置100においては、ステアリングホイール101の操舵状況が切り増し方向であるのか切り戻し方向であるのかを、操舵状況判定部222がトルク検出部310の検出トルク信号 T_p の符号と電動モータ110の回転速度信号 Nms の符号とに基づいて判定するので、確度高くステアリングホイール101の操舵状況を見極めることが可能である。すなわち、たとえ、ステアリングホイール101が素早く操作されていたとしても、あるいはゆっくりと操作されていたとしても、ステアリングホイール101の操舵状況が切り増し方向であるのか切り戻し方向であるのかを精度高く判定することが可能である。これにより、精度高く操舵感（操舵特性）を向上させることができ、精度高く操舵フィーリングの向上および安全性の向上を図ることができる。

【0063】

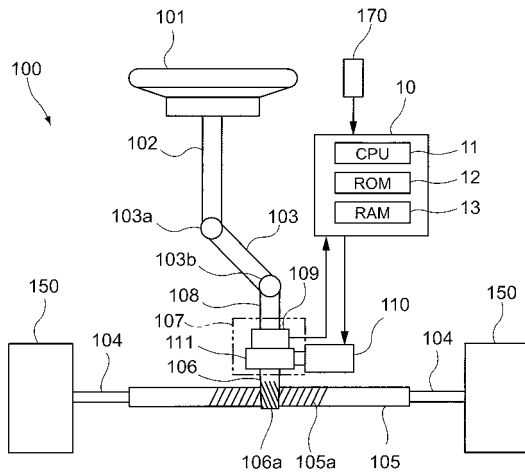
また、図9に例示した、検出トルク信号 T_p と補正量との関係を、任意に変更することで、操舵トルク T に対する目標電流 I_T を任意に変更することができる。それゆえ、本実施の形態に係るステアリング装置100が搭載される車両毎に、容易にヒステリシスを考慮した設定にすることが可能となる。

【符号の説明】

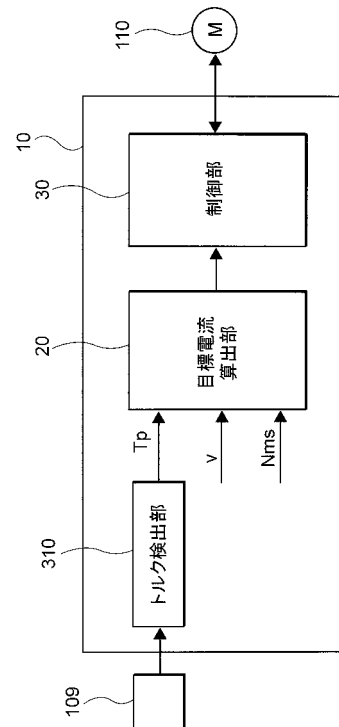
【0064】

10...制御装置、20...目標電流算出部、21...基準目標電流算出部、22...目標電流調整部、23...加算部、30...制御部、100...電動パワーステアリング装置、101...ステアリングホイール（ハンドル）、109...トルクセンサ、110...電動モータ、221...補正量決定部、222...操舵状況判定部、223...出力部、310...トルク検出部

【図1】



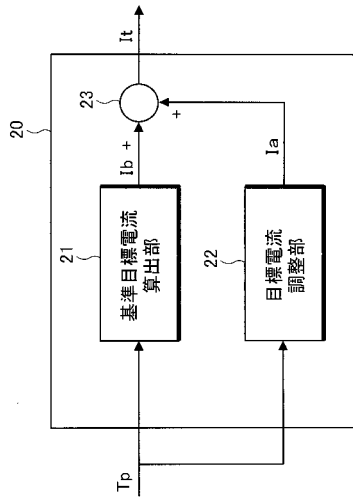
【図2】



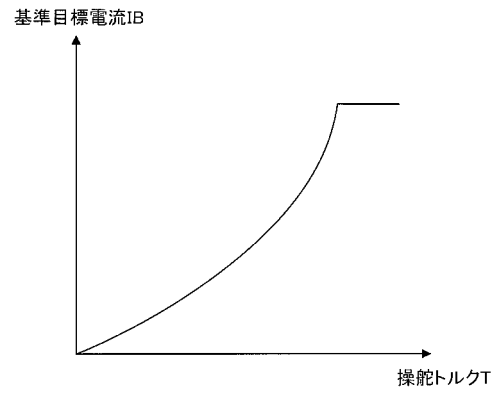
10

20

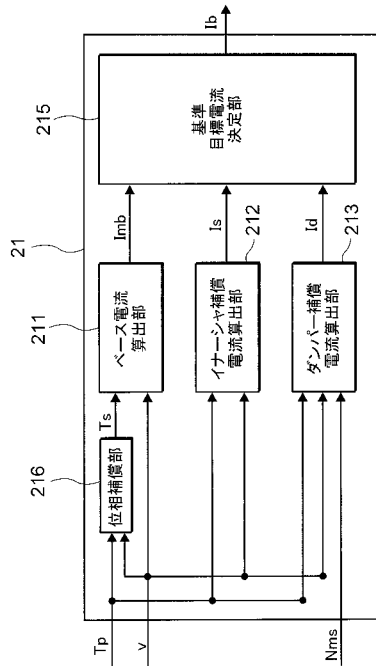
【図 3】



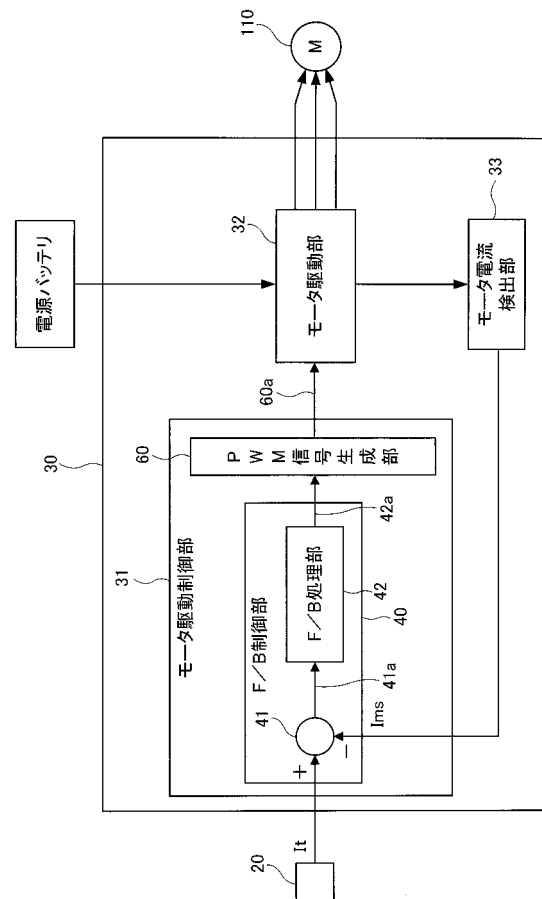
【図 4】



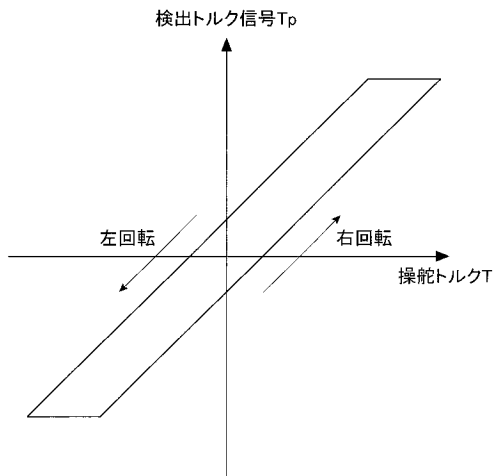
【図 5】



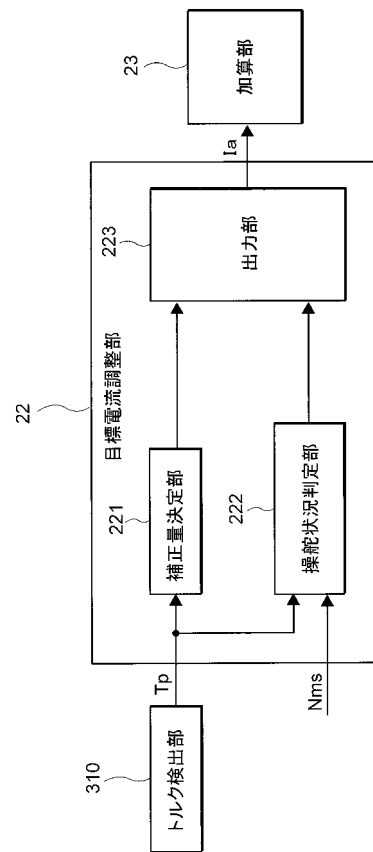
【図 6】



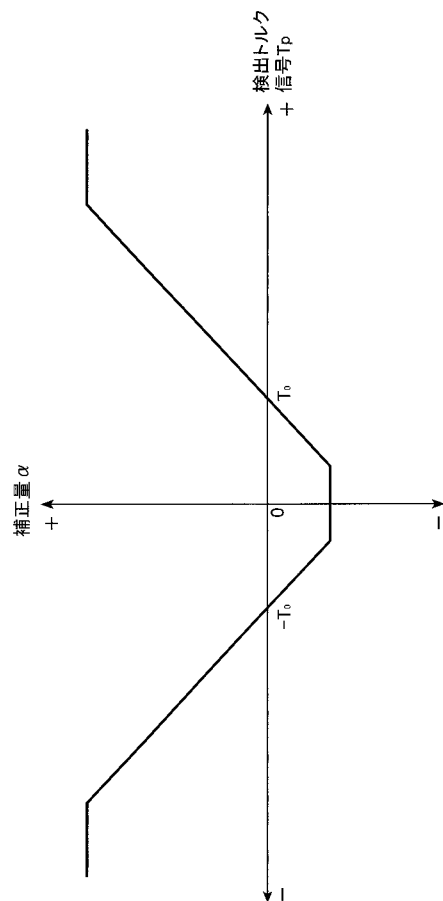
【図 7】



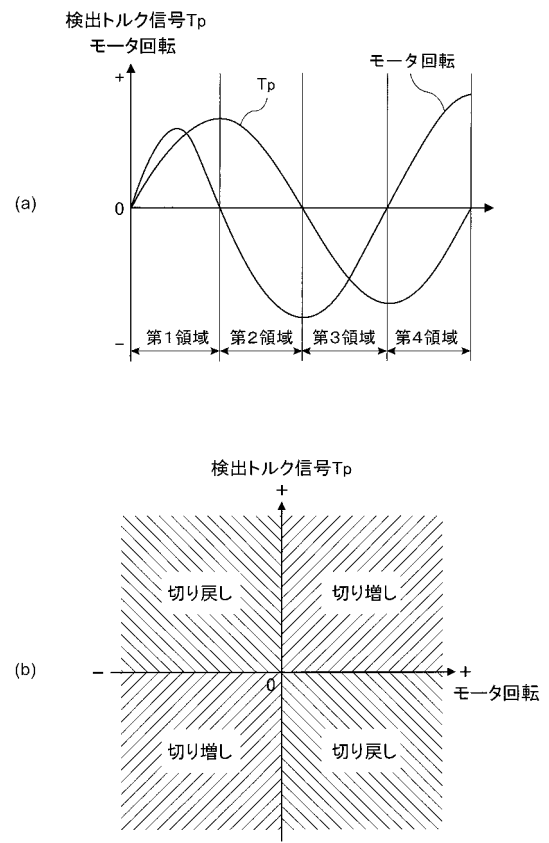
【図 8】



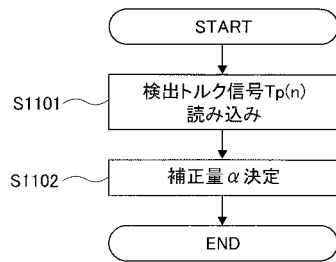
【図 9】



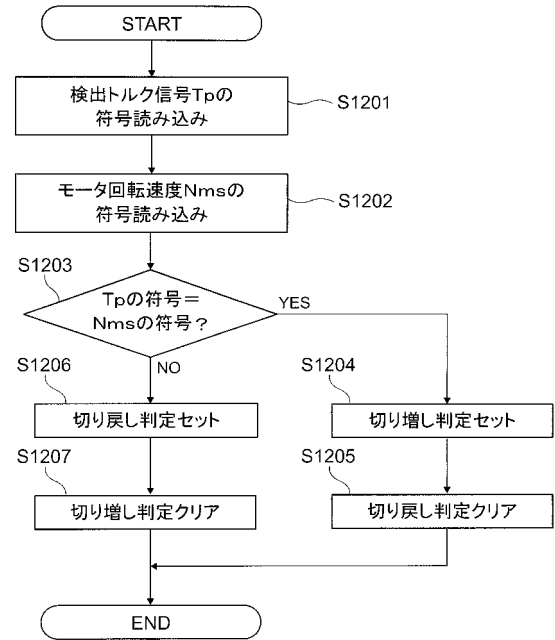
【図 10】



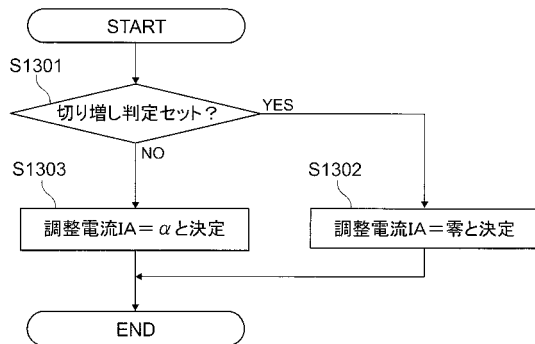
【図 1 1】



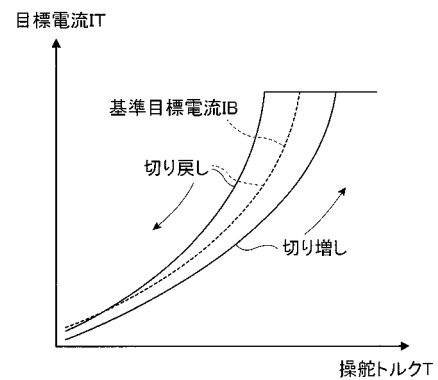
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3D233 CA02 CA03 CA04 CA05 CA13 CA16 CA28