

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7307000号
(P7307000)

(45)発行日 令和5年7月11日(2023.7.11)

(24)登録日 令和5年7月3日(2023.7.3)

(51)国際特許分類	F I	
B 6 2 D 6/00 (2006.01)	B 6 2 D 6/00	Z Y W
B 6 2 D 5/04 (2006.01)	B 6 2 D 5/04	
B 6 2 D 101/00 (2006.01)	B 6 2 D 101:00	
B 6 2 D 113/00 (2006.01)	B 6 2 D 113:00	
B 6 2 D 117/00 (2006.01)	B 6 2 D 117:00	
請求項の数 5 (全23頁) 最終頁に続く		

(21)出願番号	特願2020-10559(P2020-10559)	(73)特許権者	000001247 株式会社ジェイテクト 愛知県刈谷市朝日町一丁目1番地
(22)出願日	令和2年1月27日(2020.1.27)	(73)特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65)公開番号	特開2021-115957(P2021-115957 A)	(74)代理人	100105957 弁理士 恩田 誠
(43)公開日	令和3年8月10日(2021.8.10)	(74)代理人	100068755 弁理士 恩田 博宣
審査請求日	令和4年11月24日(2022.11.24)	(72)発明者	山口 恭史 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内
		(72)発明者	都甲 高広 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 操舵制御装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ハウジングと、前記ハウジング内に往復動可能に収容される転舵軸と、モータを駆動源として前記転舵軸を往復動させるモータトルクを付与するアクチュエータとを備える操舵装置を制御対象とし、

前記転舵軸に連結される転舵輪の転舵角に換算可能な回転軸の回転角であって、360°を超える範囲を含む絶対角で示される絶対舵角を検出する絶対舵角検出部と、

前記モータが出力するモータトルクの目標値に対応した電流指令値を演算する電流指令値演算部とを備え、

前記モータに供給する実電流値が前記電流指令値となるように前記モータの駆動を制御する操舵制御装置において、

前記転舵軸が前記ハウジングに当接するエンド当てにより該転舵軸の移動が規制されるエンド位置を示す角度であって、前記絶対舵角と対応付けられたエンド位置対応角が記憶され、

前記電流指令値演算部は、前記絶対舵角の前記エンド位置対応角からの距離を示すエンド離間角が所定角度以下となる場合に、該エンド離間角の減少が規制されるように前記電流指令値を補正するエンド当て緩和制御を実行し、

さらに、前記電流指令値演算部は、前記エンド当て緩和制御の実行時に車両を旋回走行させようとしている場合には、該エンド当て緩和制御の実行による前記電流指令値の補正量を小さくする部分解放制御を実行するものであって、

10

20

前記電流指令値演算部は、前記部分解放制御の実行時に演算した前記電流指令値が該部分解放制御の実行に基づいて前記補正量を小さくする影響を受けない値である場合に、前記部分解放制御を停止する操舵制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の操舵制御装置において、

前記電流指令値演算部は、前記エンド離間角が前記所定角度以下となる場合に、前記エンド当て緩和制御を通じて前記エンド離間角の増加が規制されないように前記電流指令値を演算する操舵制御装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の操舵制御装置において、

前記電流指令値演算部は、前記エンド離間角が前記所定角度以下となる場合に、該エンド離間角の減少に基づいて小さくなる舵角制限値を演算する舵角制限値演算部を備え、前記電流指令値の絶対値を前記舵角制限値に制限することにより前記エンド当て緩和制御を実行し、前記舵角制限値を大きくすることにより前記部分解放制御を実行するものであって、

前記電流指令値演算部は、前記部分解放制御の実行時に演算した前記電流指令値と、前記部分解放制御の実行により大きくされていない前記舵角制限値に応じた停止判定値との大小比較に基づいて、前記部分解放制御を停止する操舵制御装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の操舵制御装置において、

左右いずれか一方方向に前記転舵輪を転舵させるモータトルクを前記モータで発生させる前記電流指令値の符号を正、他方向に前記転舵輪を転舵させるモータトルクを前記モータで発生させる前記電流指令値の符号を負とするとき、

前記電流指令値演算部は、

前記一方方向に前記転舵輪が転舵されることにより、前記エンド離間角が前記所定角度以下である際には、前記部分解放制御の実行時に演算した前記電流指令値が正の前記停止判定値未満である場合に、前記部分解放制御を停止し、

前記他方向に前記転舵輪が転舵されることにより、前記エンド離間角が前記所定角度以下である際には、前記部分解放制御の実行時に演算した前記電流指令値が負の前記停止判定値よりも大きい場合に、前記部分解放制御を停止する操舵制御装置。

【請求項 5】

請求項 3 又は 4 に記載の操舵制御装置において、

前記舵角制限値演算部は、前記エンド離間角の増大に基づいて小さくなる角度制限成分を演算し、前記モータの定格電流から前記角度制限成分を減算した値に基づいて前記舵角制限値を演算するものであって、

前記舵角制限値演算部は、前記部分解放制御の実行時には、該部分解放制御の非実行時に比べ、前記角度制限成分が小さくなるように該角度制限成分を演算する操舵制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、操舵制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、車両用の操舵装置として、モータを駆動源とするアクチュエータを備えた電動パワーステアリング装置（EPS）が知られている。こうしたEPSには、ステアリングホイールの操舵角を360°を超える範囲を含む絶対角で取得し、該操舵角に基づいて各種制御を行うものがある。こうした制御の一例として、例えば特許文献1には、ラック軸の端部であるラックエンドがラックハウジングに当たる、所謂エンド当ての衝撃を緩和するためのエンド当て緩和制御を実行するものが開示されている。

【0003】

10

20

30

40

50

特許文献1のEPSでは、エンド当てによりラック軸の移動が物理的に規制されるラックエンド位置が操舵角と対応付けられており、同位置での操舵角がエンド位置対応角として記憶されている。そして、同EPSでは、操舵角のエンド位置対応角からの距離に応じてモータが出力するモータトルクの目標値を小さくすることで、エンド当ての衝撃を緩和する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2016-155519号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、上記従来の構成ではエンド当て緩和制御の実行によって、実際にラック軸がラックハウジングに当接する実ラックエンド位置よりもステアリング中立位置側の仮想ラックエンド位置で、該ラック軸の移動が規制されることがある。この場合、操舵角は、ラック軸が実ラックエンド位置にある場合に比べて小さくなる。すなわち、仮想ラックエンド位置でラック軸の移動が規制された場合の最小旋回半径は、車両の構造上の最小旋回半径よりも大きくなる。したがって、車両の旋回走行時において、エンド当て緩和制御の実行に起因して車両の小回り性能が低下するおそれがある。

【0006】

本発明の目的は、車両の小回り性能の低下を抑制できる操舵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】

【0007】

上記課題を解決する操舵制御装置は、ハウジングと、前記ハウジング内に往復動可能に收容される転舵軸と、モータを駆動源として前記転舵軸を往復動させるモータトルクを付与するアクチュエータとを備える操舵装置を制御対象とし、前記転舵軸に連結される転舵輪の転舵角に換算可能な回転軸の回転角であって、 360° を超える範囲を含む絶対角で示される絶対舵角を検出する絶対舵角検出部と、前記モータが出力するモータトルクの目標値に対応した電流指令値を演算する電流指令値演算部とを備え、前記モータに供給する実電流値が前記電流指令値となるように前記モータの駆動を制御するものにおいて、前記転舵軸が前記ハウジングに当接するエンド当てにより該転舵軸の移動が規制されるエンド位置を示す角度であって、前記絶対舵角と対応付けられたエンド位置対応角が記憶され、前記電流指令値演算部は、前記絶対舵角の前記エンド位置対応角からの距離を示すエンド離間角が所定角度以下となる場合に、該エンド離間角の減少が規制されるように前記電流指令値を補正するエンド当て緩和制御を実行し、さらに、前記電流指令値演算部は、前記エンド当て緩和制御の実行時に車両を旋回走行させようとしている場合には、該エンド当て緩和制御の実行による前記電流指令値の補正量を小さくする部分解放制御を実行するものであって、前記電流指令値演算部は、前記部分解放制御の実行時に演算した前記電流指令値が該部分解放制御の実行に基づいて前記補正量を小さくする影響を受けない値である場合に、前記部分解放制御を停止する。

【0008】

上記構成によれば、例えばエンド当て緩和制御の実行により仮想エンド位置で転舵軸の移動が規制されても、運転者が旋回走行させようとすることで、部分解放制御が実行されて電流指令値の補正量が小さくなるため、転舵軸を実エンド位置まで移動させることが可能となる。その結果、車両の小回り性能が低下することを抑制できる。

【0009】

また、上記構成では、部分解放制御の実行時に演算された電流指令値が該部分解放制御の実行に基づいて補正量を小さくする影響を受けない値である場合に、部分解放制御を停止する。つまり、部分解放制御が実質的に機能しない操舵の状況となった場合に、部分解

10

20

30

40

50

放制御を停止する。そのため、部分解放制御の停止に伴って、電流指令値が急変することを抑制し、操舵フィーリングが悪化することを抑制できる。

【 0 0 1 0 】

上記操舵制御装置において、前記電流指令値演算部は、前記エンド離間角が前記所定角度以下となる場合に、前記エンド当て緩和制御を通じて前記エンド離間角の増加が規制されないように前記電流指令値を演算することが好ましい。

【 0 0 1 1 】

上記構成によれば、エンド離間角が所定角度以下となる場合に、エンド当て緩和制御の実行を通じてはエンド離間角の増大が規制されないように電流指令値が演算される。これにより、例えばエンド位置近傍から切り戻し操舵を行う際にモータトルクが不足しにくくなる。その結果、引っ掛かり感が生じにくくなり、操舵フィーリングの低下を抑制できる。

10

【 0 0 1 2 】

上記操舵制御装置において、前記電流指令値演算部は、前記エンド離間角が前記所定角度以下となる場合に、該エンド離間角の減少に基づいて小さくなる舵角制限値を演算する舵角制限値演算部を備え、前記電流指令値の絶対値を前記舵角制限値に制限することにより前記エンド当て緩和制御を実行し、前記舵角制限値を大きくすることにより前記部分解放制御を実行するものであって、前記電流指令値演算部は、前記部分解放制御の実行時に演算した前記電流指令値と、前記部分解放制御の実行により大きくされていない前記舵角制限値に応じた停止判定値との大小比較に基づいて、前記部分解放制御を停止することが好ましい。

20

【 0 0 1 3 】

上記構成によれば、部分解放制御の実行時に演算された電流指令値と部分解放制御の実行により大きくされていない舵角制限値に応じた停止判定値との大小比較を行う。そのため、部分解放制御の実行時に演算された電流指令値が該部分解放制御の実行に基づいて補正量を小さくする影響を受けない値であるか否かを好適に判定できる。

【 0 0 1 4 】

上記操舵制御装置において、左右いずれか一方向に前記転舵輪を転舵させるモータトルクを前記モータで発生させる前記電流指令値の符号を正、他方向に前記転舵輪を転舵させるモータトルクを前記モータで発生させる前記電流指令値の符号を負とするとき、前記電流指令値演算部は、前記一方向に前記転舵輪が転舵されることにより、前記エンド離間角が前記所定角度以下である際には、前記部分解放制御の実行時に演算した前記電流指令値が正の前記停止判定値未満である場合に、前記部分解放制御を停止し、前記他方向に前記転舵輪が転舵されることにより、前記エンド離間角が前記所定角度以下である際には、前記部分解放制御の実行時に演算した前記電流指令値が負の前記停止判定値よりも大きい場合に、前記部分解放制御を停止することが好ましい。

30

【 0 0 1 5 】

上記構成によれば、例えば切り戻し操舵により電流指令値の符号が反転する場合を含め、部分解放制御の実行時に演算された電流指令値が該部分解放制御の実行に基づいて補正量を小さくする影響を受けない値であるか否かを好適に判定できる。

【 0 0 1 6 】

上記操舵制御装置において、前記舵角制限値演算部は、前記エンド離間角の増大に基づいて小さくなる角度制限成分を演算し、前記モータの定格電流から前記角度制限成分を減算した値に基づいて前記舵角制限値を演算するものであって、前記舵角制限値演算部は、前記部分解放制御の実行時には、該部分解放制御の非実行時に比べ、前記角度制限成分が小さくなるように該角度制限成分を演算することが好ましい。

40

【 0 0 1 7 】

上記構成によれば、電流指令値を舵角制限値以下に制限する態様でエンド当て緩和制御が実行されるため、舵角制限値が大きいほどエンド当て緩和制御の実行による電流指令値の補正量が小さくなる。そして、舵角制限値は、定格電流から角度制限成分を減算した値に基づいて演算されるため、角度制限成分が小さくなると、舵角制限値が大きくなる。し

50

たがって、角度制限成分を小さくすることで、電流指令値の補正量を小さくする部分解放制御を容易に実行できる。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、車両の小回り性能の低下を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】電動パワーステアリング装置の概略構成図。

【図2】操舵制御装置のブロック図。

【図3】制限値設定部のブロック図。

【図4】舵角制限値調整部による舵角制限値の調整に係る処理手順を示すフローチャート。

【図5】絶対舵角と舵角制限値との関係を示すグラフ。

【図6】オフセット舵角演算部によるオフセット舵角の演算に係る処理手順を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、操舵制御装置の一実施形態を図面に従って説明する。

図1に示すように、操舵制御装置1の制御対象となる操舵装置である電動パワーステアリング装置(EPS)2は、運転者によるステアリングホイール3の操作に基づいて転舵輪4を転舵させる操舵機構5を備えている。また、EPS2は、操舵機構5にステアリング操作を補助するためのアシスト力を付与するアクチュエータであるEPSアクチュエータ6を備えている。

【0021】

操舵機構5は、ステアリングホイール3が固定されるステアリングシャフト11と、ステアリングシャフト11に連結された転舵軸であるラック軸12と、ラック軸12が往復動可能に挿通されるハウジングであるラックハウジング13とを備えている。また、操舵機構5は、ステアリングシャフト11の回転をラック軸12の軸線方向の往復動に変換するラックアンドピニオン機構14を備えている。なお、ステアリングシャフト11は、ステアリングホイール3が位置する側から順にコラム軸15、中間軸16、及びピニオン軸17を連結することにより構成されている。

【0022】

ラック軸12とピニオン軸17とは、ラックハウジング13内に所定の交差角をもって配置されている。ラックアンドピニオン機構14は、ラック軸12に形成されたラック歯12aとピニオン軸17に形成されたピニオン歯17aとが噛合されることで構成されている。また、ラック軸12の両端には、その軸端部に設けられたボールジョイントからなるラックエンド18を介してタイロッド19がそれぞれ駆動可能に連結されている。タイロッド19の先端は、転舵輪4が組付けられた図示しないナックルに連結されている。したがって、EPS2では、ステアリング操作に伴うステアリングシャフト11の回転がラックアンドピニオン機構14によりラック軸12の軸方向移動に変換され、この軸方向移動がタイロッド19を介してナックルに伝達されることにより、転舵輪4の転舵角、すなわち車両の進行方向が変更される。

【0023】

なお、ラックエンド18がラックハウジング13の左端に当接するラック軸12の位置が右方向に最大限操舵可能な位置であり、同位置が右側のエンド位置としてのラックエンド位置に相当する。また、ラックエンド18がラックハウジング13の右端に当接するラック軸12の位置が左方向に最大限操舵可能な位置であり、同位置が左側のエンド位置としてのラックエンド位置に相当する。

【0024】

EPSアクチュエータ6は、駆動源であるモータ21と、ウォームアンドホイール等の減速機構22とを備えている。モータ21は減速機構22を介してコラム軸15に連結さ

10

20

30

40

50

れている。そして、EPSアクチュエータ6は、モータ21の回転を減速機構22により減速してコラム軸15に伝達することによって、モータトルクをアシスト力として操舵機構5に付与する。なお、本実施形態のモータ21には、三相のブラシレスモータが採用されている。

【0025】

操舵制御装置1は、モータ21に接続されており、その作動を制御する。なお、操舵制御装置1は、図示しない中央処理装置(CPU)やメモリを備えており、所定の演算周期ごとにメモリに記憶されたプログラムをCPUが実行する。これにより、各種の制御が実行される。

【0026】

操舵制御装置1には、車両の車速SPDを検出する車速センサ31、及び運転者の操舵によりステアリングシャフト11に付与された操舵トルクThを検出するトルクセンサ32が接続されている。また、操舵制御装置1には、モータ21の回転角 θ を 360° の範囲内の相対角で検出する回転センサ33が接続されている。なお、操舵トルクTh及び回転角 θ は、例えば右方向に操舵した場合に正の値、左方向に操舵した場合に負の値として検出する。そして、操舵制御装置1は、これら各センサから入力される各状態量を示す信号に基づいて、モータ21に駆動電力を供給することにより、EPSアクチュエータ6の作動、すなわち操舵機構5にラック軸12を往復動させるべく付与するアシスト力を制御する。

【0027】

次に、操舵制御装置1の構成について説明する。

図2に示すように、操舵制御装置1は、モータ制御信号Smを出力するマイコン41と、モータ制御信号Smに基づいてモータ21に駆動電力を供給する駆動回路42とを備えている。なお、本実施形態の駆動回路42には、FET等の複数のスイッチング素子を有する周知のPWMインバータが採用されている。そして、マイコン41の出力するモータ制御信号Smは、各スイッチング素子のオンオフ状態を規定するものとなっている。これにより、モータ制御信号Smにตอบสนองして各スイッチング素子がオンオフし、各相のモータコイルへの通電パターンが切り替わることにより、車載電源43の直流電力が三相の駆動電力に変換されてモータ21へと出力される。

【0028】

なお、以下に示す各制御ブロックは、マイコン41が実行するコンピュータプログラムにより実現されるものであり、所定のサンプリング周期で各状態量を検出し、所定の演算周期毎に以下の各制御ブロックに示される各演算処理が実行される。

【0029】

マイコン41には、上記車速SPD、操舵トルクTh、及びモータ21の回転角 θ が入力される。また、マイコン41には、電流センサ44により検出されるモータ21の各相電流値 I_u 、 I_v 、 I_w 、及び電圧センサ45により検出される車載電源43の電源電圧Vbが入力される。電流センサ44は、駆動回路42と各相のモータコイルとの間の接続線46に設けられている。電圧センサ45は、車載電源43と駆動回路42との間の接続線47に設けられている。なお、図2では、説明の便宜上、各相の電流センサ44及び各相の接続線46をそれぞれ1つにまとめて図示している。そして、マイコン41は、これら各状態量に基づいてモータ制御信号Smを出力する。

【0030】

詳しくは、マイコン41は、電流指令値 I_d^* 、 I_q^* を演算する電流指令値演算部51と、電流指令値 I_d^* 、 I_q^* に基づいてモータ制御信号Smを出力するモータ制御信号生成部52と、絶対舵角 δ を検出する絶対舵角検出部53とを備えている。

【0031】

電流指令値演算部51には、車速SPD、操舵トルクTh、電源電圧Vb、回転角 θ 及び絶対舵角 δ が入力される。電流指令値演算部51は、これらの状態量に基づいて電流指令値 I_d^* 、 I_q^* を演算する。電流指令値 I_d^* 、 I_q^* は、モータ21に供給すべき電流の

10

20

30

40

50

目標値であり、 d/q 座標系における d 軸上の電流指令値及び q 軸上の電流指令値をそれぞれ示す。このうち、 q 軸電流指令値 I_{q^*} は、モータ21が出力するモータトルク目標値を示す。なお、本実施形態では、 d 軸電流指令値 I_{d^*} は、基本的にゼロに固定されている。電流指令値 I_{d^*} 、 I_{q^*} は、例えば右方向への操舵をアシストする場合に正の値、左方向への操舵をアシストする場合に負の値とする。

【0032】

モータ制御信号生成部52には、電流指令値 I_{d^*} 、 I_{q^*} 、各相電流値 I_u 、 I_v 、 I_w 、及びモータ21の回転角 θ が入力される。モータ制御信号生成部52は、これらの状態量に基づいて d/q 座標系における電流フィードバック制御を実行することにより、モータ制御信号 S_m を生成する。

10

【0033】

具体的には、モータ制御信号生成部52は、回転角 θ に基づいて各相電流値 I_u 、 I_v 、 I_w を d/q 座標上に写像することにより、 d/q 座標系におけるモータ21の実電流値である d 軸電流値 I_d 及び q 軸電流値 I_q を演算する。そして、モータ制御信号生成部52は、 d 軸電流値 I_d を d 軸電流指令値 I_{d^*} に追従させるべく、また q 軸電流値 I_q を q 軸電流指令値 I_{q^*} に追従させるべく、それぞれ電流フィードバック制御を行うことによりモータ制御信号 S_m を生成する。

【0034】

モータ制御信号生成部52は、このように生成したモータ制御信号 S_m を駆動回路42に出力する。これにより、モータ21には、モータ制御信号 S_m に応じた駆動電力が供給され、モータ21から q 軸電流指令値 I_{q^*} に対応したモータトルクが出力されることで、操舵機構5にアシスト力が付与される。

20

【0035】

絶対舵角検出部53には、回転角 θ が入力される。絶対舵角検出部53は、回転角 θ に基づいて、 360° を超える範囲を含む絶対角で表されるモータ絶対角を検出する。本実施形態の絶対舵角検出部53は、例えば車載電源43の交換後、イグニッションスイッチ等の起動スイッチが初めてオンされた時の回転角 θ を原点としてモータ21の回転数を積算し、この回転数及び回転角 θ に基づいてモータ絶対角を検出する。そして、絶対舵角検出部53は、モータ絶対角に減速機構22の減速比に基づく換算係数を乗算することにより、ステアリングシャフト11の操舵角を示す絶対舵角 ϕ を検出する。本実施形態の操舵制御装置1では、起動スイッチのオフ時にもモータ21の回転の有無を監視しており、モータ21の回転数が常時積算されている。これにより、車載電源43が交換されてから2回目以降、起動スイッチがオンされた時でも、絶対舵角 ϕ の原点は、起動スイッチが初めてオンされた時に設定された原点と同じになる。

30

【0036】

なお、上記のようにステアリングシャフト11の回転により転舵輪4の転舵角が変更されることから、絶対舵角 ϕ は、転舵輪4の転舵角に換算可能な回転軸の回転角を示す。また、モータ絶対角及び絶対舵角 ϕ は、例えば原点から右方向の回転角である場合に正の値、左方向の回転角である場合に負の値とする。

【0037】

次に、電流指令値演算部51の構成について説明する。

電流指令値演算部51は、 q 軸電流指令値 I_{q^*} の基礎成分であるアシスト指令値 I_{as^*} を演算するアシスト指令値演算部61を備えている。また、電流指令値演算部51は、 q 軸電流指令値 I_{q^*} の絶対値の上限となる制限値 I_g を設定する制限値設定部62と、アシスト指令値 I_{as^*} の絶対値を制限値 I_g 以下に制限するガード処理部63とを備えている。制限値設定部62には、メモリ64が接続されている。

【0038】

アシスト指令値演算部61には、操舵トルク T_h 及び車速 SPD が入力される。アシスト指令値演算部61は、操舵トルク T_h 及び車速 SPD に基づいてアシスト指令値 I_{as^*} を演算する。具体的には、アシスト指令値演算部61は、操舵トルク T_h の絶対値が大きい

40

50

ほど、また車速 SPD が遅いほど、より大きな絶対値を有するアシスト指令値 I_{as}^* を演算する。このように演算されたアシスト指令値 I_{as}^* は、制限値設定部 6 2 及びガード処理部 6 3 に出力される。

【 0 0 3 9 】

ガード処理部 6 3 には、アシスト指令値 I_{as}^* に加え、後述するように制限値設定部 6 2 において設定される制限値 I_g が入力される。ガード処理部 6 3 は、入力されるアシスト指令値 I_{as}^* の絶対値が制限値 I_g 以下の場合には、アシスト指令値 I_{as}^* の値をそのまま q 軸電流指令値 I_{q^*} としてモータ制御信号生成部 5 2 及び制限値設定部 6 2 に出力する。一方、入力されるアシスト指令値 I_{as}^* の絶対値が制限値 I_g よりも大きい場合には、アシスト指令値 I_{as}^* の絶対値を制限値 I_g の値に制限した値を q 軸電流指令値 I_{q^*} としてモータ制御信号生成部 5 2 及び制限値設定部 6 2 に出力する。

10

【 0 0 4 0 】

メモリ 6 4 には、モータ 2 1 が出力可能なモータトルクとして予め設定されたトルクに対応する最大電流としての定格電流 I_r 、及びエンド位置対応角 s_{le} 、 s_{re} 等が記憶されている。左側のエンド位置対応角 s_{le} は、左側のラックエンド位置に対応する絶対舵角 s であり、右側のエンド位置対応角 s_{re} は、右側のラックエンド位置に対応する絶対舵角 s である。なお、エンド位置対応角 s_{le} 、 s_{re} は、例えば運転者による操舵に基づいて行われる適宜の学習により設定される。

【 0 0 4 1 】

次に、制限値設定部 6 2 の構成について説明する。

20

制限値設定部 6 2 には、回転角 m を微分することにより得られるモータ角速度 m 、絶対舵角 s 、車速 SPD 、操舵トルク T_h 、電源電圧 V_b 、アシスト指令値 I_{as}^* 、 q 軸電流指令値 I_{q^*} 、定格電流 I_r 及びエンド位置対応角 s_{le} 、 s_{re} が入力される。そして、制限値設定部 6 2 は、これらの状態量に基づいて制限値 I_g を設定する。

【 0 0 4 2 】

詳しくは、図 3 に示すように、制限値設定部 6 2 は、絶対舵角 s に基づく舵角制限値 I_{en} を演算する舵角制限値演算部 7 1 と、電源電圧 V_b に基づく他の制限値である電圧制限値 I_{vb} を演算する電圧制限値演算部 7 2 と、舵角制限値 I_{en} 及び電圧制限値 I_{vb} のいずれか小さい方を選択する最小値選択部 7 3 とを備えている。

【 0 0 4 3 】

30

舵角制限値演算部 7 1 には、モータ角速度 m 、絶対舵角 s 、車速 SPD 、操舵トルク T_h 、アシスト指令値 I_{as}^* 、 q 軸電流指令値 I_{q^*} 、定格電流 I_r 、エンド位置対応角 s_{le} 、 s_{re} が入力される。舵角制限値演算部 7 1 は、これらの状態量に基づいて、後述するように絶対舵角 s のエンド位置対応角 s_{le} 、 s_{re} からの距離を示すエンド離間角 θ が所定角度 θ_1 以下となる場合に、該エンド離間角 θ の減少に基づいて小さくなる舵角制限値 I_{en} を演算する。このように演算された舵角制限値 I_{en} は、最小値選択部 7 3 に出力される。

【 0 0 4 4 】

電圧制限値演算部 7 2 には、電源電圧 V_b が入力される。電圧制限値演算部 7 2 は、電源電圧 V_b の絶対値が予め設定された電圧閾値 V_{th} 以下になった場合に、定格電流 I_r を供給するための定格電圧よりも小さな電圧制限値 I_{vb} を演算する。具体的には、電圧制限値演算部 7 2 は、電源電圧 V_b の絶対値が電圧閾値 V_{th} 以下になった場合、該電源電圧 V_b の絶対値の低下に基づいてより小さな絶対値を有する電圧制限値 I_{vb} を演算する。このように演算された電圧制限値 I_{vb} は、最小値選択部 7 3 に出力される。

40

【 0 0 4 5 】

最小値選択部 7 3 は、入力される舵角制限値 I_{en} 及び電圧制限値 I_{vb} のいずれか小さい方を制限値 I_g として選択し、ガード処理部 6 3 に出力する。

そして、舵角制限値 I_{en} が制限値 I_g としてガード処理部 6 3 に出力されることにより、 q 軸電流指令値 I_{q^*} の絶対値が舵角制限値 I_{en} に制限される。これにより、エンド離間角 θ が所定角度 θ_1 以下となる場合に、該エンド離間角 θ の減少に基づいて q 軸電流

50

指令値 I_{q^*} の絶対値を小さくすることで、エンド当ての衝撃を緩和するエンド当て緩和制御が実行される。つまり、本実施形態の電流指令値演算部 51 は、 q 軸電流指令値 I_{q^*} の絶対値を制限値 I_g 以下に制限する態様で該 q 軸電流指令値 I_{q^*} を補正する。そして、 q 軸電流指令値 I_{q^*} の補正量は、アシスト指令値 I_{as^*} の制限値 I_g に対する超過分、すなわち舵角制限値 I_{en} に対する超過分となる。

【0046】

また、電圧制限値 I_{vb} が制限値 I_g としてガード処理部 63 に出力されることにより、 q 軸電流指令値 I_{q^*} の絶対値が電圧制限値 I_{vb} に制限される。これにより、電源電圧 V_b の絶対値が電圧閾値 V_{th} 以下となる場合に、該電源電圧 V_b の絶対値の低下に基づいて q 軸電流指令値 I_{q^*} の絶対値を小さくする電源保護制御が実行される。

10

【0047】

ここで、エンド当て緩和制御の実行によって、実際にラック軸 12 がラックハウジング 13 に当接する実ラックエンド位置よりもステアリング中立位置側の仮想ラックエンド位置で、ラック軸 12 の移動が規制されることがある。この場合、絶対舵角 s は、ラック軸 12 が実ラックエンド位置にある場合に比べて小さくなり、車両の小回り性能が低下するおそれがある。

【0048】

そこで、本実施形態の電流指令値演算部 51 は、エンド当て緩和制御の実行時に運転者が車両を旋回走行させようとしている場合には、EPS2 に入力される操舵トルク T_h に基づいて、該エンド当て緩和制御の実行による q 軸電流指令値 I_{q^*} の補正量を小さくする部分解放制御を実行する。上記のようにガード処理部 63 は、 q 軸電流指令値 I_{q^*} の絶対値を制限値 I_g 以下に制限することから、制限値 I_g となる舵角制限値 I_{en} が大きくなるほど、 q 軸電流指令値 I_{q^*} の補正量は小さくなる。この点を踏まえ、本実施形態では、以下に説明するように、エンド当て緩和制御の実行時に運転者が車両を旋回走行させようとしている場合には、舵角制限値演算部 71 が部分解放制御の非実行時に比べて大きな舵角制限値 I_{en} を演算することで、部分解放制御が実行される。

20

【0049】

詳しくは、舵角制限値演算部 71 は、角速度変化量 m を演算する角速度変化量演算部 81 と、オフセット舵角 off を演算するオフセット舵角演算部 82 と、エンド離間角 θ を演算するエンド離間角演算部 83 とを備えている。また、舵角制限値演算部 71 は、エンド離間角 θ に基づく通常時用の角度制限成分 I_{ga} 、及びエンド離間角 θ にオフセット舵角 off を加算した解放時用のエンド離間角 θ' に基づく解放時用の角度制限成分 I_{ga}' を演算する角度制限成分演算部 84 を備えている。また、舵角制限値演算部 71 は、角度制限成分 I_{ga} 、 I_{ga}' のいずれか一方を選択して減算器 85 に出力する出力切替部 86 とを備えており、定格電流 I_r から角度制限成分 I_{ga} 、 I_{ga}' のいずれか一方を減算することで調整前舵角制限値 I_{enb} を演算する。また、舵角制限値演算部 71 は、調整前舵角制限値 I_{enb} に基づいて舵角制限値 I_{en} を演算する舵角制限値調整部 87 を備えている。以下、制御ブロック毎に順に説明する。

30

【0050】

(角速度変化量演算部 81)

角速度変化量演算部 81 には、モータ角速度 m が入力される。角速度変化量演算部 81 は、入力されるモータ角速度 m に基づいてその変化量である角速度変化量 m を演算する。そして、角速度変化量演算部 81 は、角速度変化量 m をオフセット舵角演算部 82 に出力する。なお、本実施形態の角速度変化量演算部 81 は、角速度変化量 m にローパスフィルタ処理を施したものをオフセット舵角演算部 82 に出力する。

40

【0051】

(オフセット舵角演算部 82)

オフセット舵角演算部 82 には、車速 SPD 、操舵トルク T_h 、モータ角速度 m 、角速度変化量 m 、 q 軸電流指令値 I_{q^*} 、定格電流 I_r 、通常時用の角度制限成分 I_{ga} 及び後述する舵角位置フラグ F_d が入力される。オフセット舵角演算部 82 は、これらの状態

50

量に基づいて、エンド当て緩和制御の実行時に、運転者が切り込み操舵又は保舵することで、車両を旋回走行させようとしているか否かの旋回意思判定を行う。そして、オフセット舵角演算部 8 2 は、エンド当て緩和制御の実行時に車両を旋回走行させようとしていると判定する場合には、オフセット舵角 off の演算を開始し、このオフセット舵角 off を加算器 8 8 に出力する。なお、オフセット舵角演算部 8 2 は、エンド当て緩和制御の実行時に車両を旋回走行させようとしていると判定しない場合には、オフセット舵角 off を演算しない。

【 0 0 5 2 】

また、オフセット舵角演算部 8 2 は、部分解放制御の実行時であるか否かを示す実行フラグ Fr を出力切替部 8 6 に出力する。なお、実行フラグ Fr は、その値が「 0 」の場合に部分解放制御が実行されていないことを示し、その値が「 1 」の場合に部分解放制御が実行されていることを示す。そして、オフセット舵角演算部 8 2 は、オフセット舵角 off の演算を開始する前は実行フラグ Fr の値を「 0 」とし、オフセット舵角 off の演算を開始した後は実行フラグ Fr の値を「 1 」とする。つまり、オフセット舵角演算部 8 2 がオフセット舵角 off を演算する場合は部分解放制御の実行時であり、オフセット舵角 off を演算しない場合は部分解放制御の非実行時である。

10

【 0 0 5 3 】

オフセット舵角演算部 8 2 は、下記 (1) 式に示すモデル式を用いて操舵トルク Th に基づくオフセット舵角 off を演算する。

【 0 0 5 4 】

【数 1】

$$|Th| = J \times \ddot{\theta}_{s*} + C \times \dot{\theta}_{s*} + K \times \theta_{s*} \quad (1)$$

20

なお、以下では、説明の便宜上、「 s* 」の一階時間微分値である目標操舵速度の参照符号を「 s* 」とも示す。このモデル式は、ステアリングホイール 3 を介して入力される操舵トルク Th と転舵輪 4 の転舵角に換算可能な回転軸の回転角との関係を定めて表したものである。このモデル式は、EPS 2 が搭載される車両のサスペンションやホイールアライメント等の仕様をモデル化した弾性係数 K、EPS 2 の摩擦等をモデル化した粘性係数 C、EPS 2 の慣性をモデル化した慣性係数 J を用いて表される。

30

【 0 0 5 5 】

ここで、本実施形態のオフセット舵角演算部 8 2 は、演算負荷の低減及び実現すべき操舵フィーリングを考慮して、弾性係数 K 及び慣性係数 J をそれぞれゼロとし、目標操舵速度 s* について整理した下記 (2) 式を用いて目標操舵速度 s* を演算する。

【 0 0 5 6 】

【数 2】

$$\dot{\theta}_{s*} = \frac{|Th|}{C} \quad (2)$$

そして、オフセット舵角演算部 8 2 は、目標操舵速度 s* を積分することにより得られる値をオフセット舵角 off とする。このように演算されたオフセット舵角 off は、加算器 8 8 に出力される。なお、オフセット舵角演算部 8 2 による旋回意思の判定、すなわち部分解放制御の実行及び停止については後述する。

40

【 0 0 5 7 】

(エンド離間角演算部 8 3)

エンド離間角演算部 8 3 には、絶対舵角 s 及びエンド位置対応角 s_le , s_re が入力される。エンド離間角演算部 8 3 は、最新の演算周期での絶対舵角 s と左側のエンド位置対応角 s_le との間の差分である左方向エンド離間角 l、及び最新の演算周期での絶対舵角 s と右側のエンド位置対応角 s_re との間の差分である右方向エンド離間角 r を演算する。そして、エンド離間角演算部 8 3 は、右方向エンド離間角 r 及び左方向エ

50

エンド離間角 θ のうちの絶対値が小さい方をエンド離間角 θ_{small} として角度制限成分演算部 84 及び加算器 88 に出力する。

【0058】

また、エンド離間角演算部 83 は、右方向エンド離間角 θ_r 及び左方向エンド離間角 θ_l の絶対値と予め設定されたエンド離間角閾値 θ_{th} との大小比較を行うことにより、ステアリングホイール 3 が操舵されている位置を示す舵角位置フラグ F_d の値を設定する。舵角位置フラグ F_d は、オフセット舵角演算部 82 及び舵角制限値調整部 87 に出力される。なお、エンド離間角閾値 θ_{th} は、ステアリングホイール 3 が左右のいずれに操舵されているかを区分するための閾値を示し、数百度程度の大きな値に設定されている。

【0059】

具体的には、エンド離間角演算部 83 は、右方向エンド離間角 θ_r の絶対値がエンド離間角閾値 θ_{th} 未満である場合には、舵角位置フラグ F_d の値を、ステアリングホイール 3 が正方向に操舵されていること、すなわち転舵輪 4 が正方向に転舵されていることを示す「1」とする。エンド離間角演算部 83 は、左方向エンド離間角 θ_l の絶対値がエンド離間角閾値 θ_{th} 未満である場合には、舵角位置フラグ F_d の値を、ステアリングホイール 3 が負方向に操舵されていること、すなわち転舵輪 4 が負方向に転舵されていることを示す「2」とする。エンド離間角演算部 83 は、右方向エンド離間角 θ_r がエンド離間角閾値 θ_{th} 以上であり、かつ左方向エンド離間角 θ_l がエンド離間角閾値 θ_{th} 以上である場合には、ステアリングホイール 3 が中立位置付近にあることを示す「0」とする。

【0060】

(角度制限成分演算部 84)

角度制限成分演算部 84 には、エンド離間角 θ 及び車速 SPD が入力される。また、角度制限成分演算部 84 には、加算器 88 においてエンド離間角 θ にオフセット舵角 θ_{off} を加えた解放時用のエンド離間角 θ' が入力される。解放時用のエンド離間角 θ' は、エンド離間角 θ よりもオフセット舵角 θ_{off} の値だけ大きな値となる。角度制限成分演算部 84 は、これらの状態量に基づいて角度制限成分 I_{ga} 、 I_{ga}' を演算する。

【0061】

詳しくは、角度制限成分演算部 84 は、エンド離間角 θ 及び車速 SPD と通常時用の角度制限成分 I_{ga} との関係を定めた通常時用マップを備えており、マップを参照することによりエンド離間角 θ 及び車速 SPD に応じた角度制限成分 I_{ga} を演算する。このように演算された通常時用の角度制限成分 I_{ga} は、オフセット舵角演算部 82 及び出力切替部 86 に出力される。

【0062】

この通常時用マップでは、角度制限成分 I_{ga} は、エンド離間角 θ がゼロの状態からその増大に比例して減少し、エンド離間角 θ が所定角度 θ_1 よりも大きくなると、ゼロになるように設定されている。また、この通常時用マップでは、エンド離間角 θ が負の領域も設定されており、角度制限成分 I_{ga} は、エンド離間角 θ がゼロよりも小さくなると、その減少に比例して増大し、定格電流 I_r と同じ値になった以降は一定となる。マップにおける負の領域は、ラックエンド 18 がラックハウジング 13 に当接した状態からさらに切り込み操舵を行うことにより、EPS 2 が弾性変形してモータ 21 が回転する分を想定している。なお、所定角度 θ_1 は、エンド位置対応角 s_{le} 、 s_{re} 近傍の範囲を示す小さな角度に設定されている。すなわち、角度制限成分 I_{ga} は、絶対舵角 s がエンド位置対応角 s_{le} 、 s_{re} からステアリング中立側に向かうにつれて小さくなり、エンド位置対応角 s_{le} 、 s_{re} 近傍よりもステアリング中立位置側にある場合には、ゼロになるように設定されている。

【0063】

また、この通常時用マップは、エンド離間角 θ が所定角度 θ_1 以下の領域では、車速 SPD の増大に基づいて、角度制限成分 I_{ga} が小さくなるように設定されている。具体的には、車速 SPD が低速域である場合は角度制限成分 I_{ga} がゼロよりも大きくなるが、車速 SPD が中高速域である場合は角度制限成分 I_{ga} がゼロとなるように設定されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 4 】

また、角度制限成分演算部 8 4 は、解放時用のエンド離間角 θ_{end} 及び車速 SPD と解放時用の角度制限成分 I_{ga}' との関係を定めた解放時用マップを備えており、同マップを参照することにより解放時用のエンド離間角 θ_{end} 及び車速 SPD に応じた角度制限成分 I_{ga}' を演算する。このように演算された解放時用の角度制限成分 I_{ga}' は、出力切替部 8 6 に出力される。

【 0 0 6 5 】

解放時用マップは、通常時用マップと同一のマップとなるように設定されている。すなわち、車速 SPD が同一であり、エンド離間角 θ_{end} とエンド離間角 θ_{end}' とが互いに等しい場合には、演算される角度制限成分 I_{ga} と角度制限成分 I_{ga}' とは互いに等しくなる。上記のように解放時用のエンド離間角 θ_{end}' は、エンド離間角 θ_{end} よりもオフセット舵角 off の値だけ大きな値となるため、角度制限成分演算部 8 4 は、オフセット舵角 off に応じた分だけ、通常時用の角度制限成分 I_{ga} よりも小さな解放時用の角度制限成分 I_{ga}' を演算することになる。

10

【 0 0 6 6 】

(出力切替部 8 6)

出力切替部 8 6 には、角度制限成分 I_{ga} 、 I_{ga}' 及び実行フラグ Fr が入力される。出力切替部 8 6 は、通常時用の角度制限成分 I_{ga} が入力される接点 $P 1$ 、解放時用の角度制限成分 I_{ga}' が入力される接点 $P 2$ 、及び減算器 8 5 に接続される接点 $P 3$ を有している。出力切替部 8 6 は、実行フラグ Fr が「 0 」である場合には、接点 $P 1$ と接点 $P 3$ とを接続し、通常時用の角度制限成分 I_{ga} を減算器 8 5 に出力する。一方、出力切替部 8 6 は、実行フラグ Fr が「 1 」である場合には、接点 $P 2$ と接点 $P 3$ とを接続し、解放時用の角度制限成分 I_{ga}' を減算器 8 5 に出力する。

20

【 0 0 6 7 】

そして、減算器 8 5 において、部分解放制御の実行時であるか否かに応じて定格電流 I_r から通常時用の角度制限成分 I_{ga} 又は解放時用の角度制限成分 I_{ga}' を減算することにより得られる値が調整前舵角制限値 I_{enb} として舵角制限値調整部 8 7 に出力される。

【 0 0 6 8 】

(舵角制限値調整部 8 7)

次に、舵角制限値調整部 8 7 の構成について説明する。

30

舵角制限値調整部 8 7 には、調整前舵角制限値 I_{enb} に加え、定格電流 I_r 、アシスト指令値 I_{as*} 及び舵角位置フラグ F_d が入力される。舵角制限値調整部 8 7 は、右方向、すなわち正方向に操舵が行われている際には、アシスト指令値 I_{as*} と符号を正とした調整前舵角制限値 I_{enb} (以下、正の調整前舵角制限値 I_{enb} という。) との大小比較を行う。舵角制限値調整部 8 7 は、アシスト指令値 I_{as*} が正の調整前舵角制限値 I_{enb} 未満である場合には、舵角制限値 I_{en} の絶対値を定格電流 I_r とする。一方、舵角制限値調整部 8 7 は、アシスト指令値 I_{as*} が正の調整前舵角制限値 I_{enb} 以上である場合には、舵角制限値 I_{en} の絶対値を調整前舵角制限値 I_{enb} とする。

【 0 0 6 9 】

また、舵角制限値調整部 8 7 は、左方向、すなわち負方向に操舵が行われている際には、アシスト指令値 I_{as*} と符号を負とした調整前舵角制限値 I_{enb} (以下、負の調整前舵角制限値 I_{enb} という。) との大小比較を行う。舵角制限値調整部 8 7 は、アシスト指令値 I_{as*} が負の調整前舵角制限値 I_{enb} 以下である場合には、舵角制限値 I_{en} の絶対値を調整前舵角制限値 I_{enb} とする。一方、舵角制限値調整部 8 7 は、アシスト指令値 I_{as*} が負の調整前舵角制限値 I_{enb} よりも大きい場合には、舵角制限値 I_{en} の絶対値を定格電流 I_r とする。

40

【 0 0 7 0 】

ここで、正方向に操舵が行われている際にアシスト指令値 I_{as*} が正の値であれば、エンド離間角 θ_{end} が減少する切り込み操舵が行われており、アシスト指令値 I_{as*} が負の値であれば、エンド離間角 θ_{end} が増大する切り戻し操舵が行われていると判定できる。した

50

がって、アシスト指令値 I_{as}^* が正の調整前舵角制限値 I_{enb} 未満である場合には、切り込み操舵又は切り戻し操舵のいずれかが行われており、アシスト指令値 I_{as}^* が正の調整前舵角制限値 I_{enb} 以上である場合には、切り込み操舵が行われている。換言すると、正方向に操舵が行われている際に切り戻し操舵が行われると、アシスト指令値 I_{as}^* が正の調整前舵角制限値 I_{enb} 未満となる。

【0071】

同様に、負方向に操舵が行われている際にアシスト指令値 I_{as}^* が負の値であれば、エンド離間角 θ が減少する切り込み操舵が行われており、アシスト指令値 I_{as}^* が正の値であれば、エンド離間角 θ が増大する切り込み操舵が行われていると判定できる。したがって、アシスト指令値 I_{as}^* が負の調整前舵角制限値 I_{enb} 以下である場合には、切り込み操舵が行われており、アシスト指令値 I_{as}^* が負の調整前舵角制限値 I_{enb} よりも大きいである場合には、切り込み操舵又は切り戻し操舵のいずれかが行われている。換言すると、負方向に操舵が行われている際に切り戻し操舵が行われると、アシスト指令値 I_{as}^* が負の調整前舵角制限値 I_{enb} よりも大きくなる。

10

【0072】

つまり、本実施形態の舵角制限値調整部 87 は、少なくとも切り戻し操舵が行われる場合には、舵角制限値 I_{en} の絶対値を定格電流 I_r とする。これにより、電源保護制御が実行されず、舵角制限値 I_{en} が制限値 I_g となっている場合には、エンド離間角 θ が所定角度 θ_1 以下であっても、アシスト指令値 I_{as}^* がそのまま q 軸電流指令値 I_{q^*} として出力され、エンド当て緩和制御による q 軸電流指令値 I_{q^*} の補正が行われない。なお、電源保護制御が実行され、電圧制限値 I_{vb} が制限値 I_g となっている場合には、エンド離間角 θ が所定角度 θ_1 以下で切り戻し操舵が行われる際でも、 q 軸電流指令値 I_{q^*} が制限される。

20

【0073】

具体的には、図 4 のフローチャートに示すように、舵角制限値調整部 87 は、各種状態量を取得すると (ステップ 101)、舵角位置フラグ F_d が「1」であるか否か、すなわち右方向に操舵されているか否かを判定する (ステップ 102)。舵角位置フラグ F_d が「1」である場合には (ステップ 102: YES)、アシスト指令値 I_{as}^* が正の調整前舵角制限値 I_{enb} 未満であるか否かを判定する (ステップ 103)。アシスト指令値 I_{as}^* が正の調整前舵角制限値 I_{enb} 未満である場合には (ステップ 103: YES)、舵角制限値 I_{en} の絶対値を定格電流 I_r とする (ステップ 104)。一方、アシスト指令値 I_{as}^* が正の調整前舵角制限値 I_{enb} 以上である場合には (ステップ 103: NO)、舵角制限値 I_{en} の絶対値を調整前舵角制限値 I_{enb} とする (ステップ 105)。

30

【0074】

舵角制限値調整部 87 は、舵角位置フラグ F_d が「1」でない場合には (ステップ 102: NO)、舵角位置フラグ F_d が「2」であるか否か、すなわち左方向に操舵されているか否かを判定する (ステップ 106)。舵角位置フラグ F_d が「2」である場合には (ステップ 106: YES)、アシスト指令値 I_{as}^* が負の調整前舵角制限値 I_{enb} 以下であるか否かを判定する (ステップ 107)。アシスト指令値 I_{as}^* が負の調整前舵角制限値 I_{enb} 以下である場合には (ステップ 107: YES)、ステップ 105 に移行し、舵角制限値 I_{en} の絶対値を調整前舵角制限値 I_{enb} とする。一方、アシスト指令値 I_{as}^* が負の調整前舵角制限値 I_{enb} よりも大きい場合には (ステップ 107: NO)、ステップ 104 に移行し、舵角制限値 I_{en} の絶対値を定格電流 I_r とする。

40

【0075】

なお、舵角制限値調整部 87 は、ステップ 106 において、舵角位置フラグ F_d が「2」でない場合、すなわち舵角位置フラグ F_d が「0」であり、ステアリングホイール 3 が中立付近にある場合には (ステップ 106: NO)、それ以降の処理を実行しない。

【0076】

これにより、図 5 に示すように、舵角制限値 I_{en} は、絶対舵角 θ に対する操舵方向を考慮して設定される。なお、同図において、調整前舵角制限値 I_{enb} を破線で示す。また

50

、同図にアシスト指令値 I_{as}^* をプロットした場合に、舵角制限値 I_{en} の絶対値が定格電流 I_r とされる領域にハッチングを付している。

【 0 0 7 7 】

一例として、右方向に操舵してエンド離間角 θ が所定角度 θ_1 以下となり、そこからさらに切り込み操舵を行うことで、アシスト指令値 I_{as}^* の絶対値が調整前舵角制限値 I_{enb} よりも大きな所定値 I_{as1} となった場合を想定する。この場合、舵角制限値 I_{en} の絶対値は、所定値 I_{as1} よりも小さな調整前舵角制限値 I_{enb} となり、 q 軸電流指令値 I_{q}^* の絶対値は、当該舵角制限値 I_{en} に制限される。これにより、エンド当ての衝撃が緩和される。

【 0 0 7 8 】

ここで、右方向に操舵してエンド離間角 θ が所定角度 θ_1 以下となつてから、切り戻し操舵を行うことで、アシスト指令値 I_{as}^* の符号が負で、その絶対値が調整前舵角制限値 I_{enb} よりも大きな「 I_{as1} 」となった場合を想定する。このとき、本実施形態では、エンド離間角 θ が所定角度 θ_1 以下であるときでも、切り戻し操舵が行われる場合には、舵角制限値 I_{en} の絶対値が定格電流 I_r とされるため、 q 軸電流指令値 I_{q}^* の絶対値は、所定値 I_{as1} から制限されない。これにより、十分なアシスト力が操舵機構 5 に付与されることで、引っ掛かり感が生じにくくなる。

【 0 0 7 9 】

次に、オフセット舵角演算部 8 2 による旋回意思の判定について説明する。

オフセット舵角演算部 8 2 は、次の (a) ~ (e) からなる旋回意思判定の条件が所定時間継続して成立する場合に、エンド当て緩和制御の実行時に、運転者が車両を旋回走行させようとしていると判定する。なお、所定時間は、運転者が切り込み操舵又は保舵していると判定可能な適宜の時間が設定されている。

【 0 0 8 0 】

- (a) 通常時用の角度制限成分 I_{ga} が電流閾値 I_{th_st} よりも大きい。
- (b) 操舵トルク T_{th} の絶対値が操舵トルク閾値 T_{th} 以上である。
- (c) 車速 SPD が所定車速範囲内である。

【 0 0 8 1 】

- (d) モータ角速度 ω_m の絶対値が角速度閾値 ω_{th} 以下である。
- (e) モータ角速度 ω_m の変化量である角速度変化量 $\Delta\omega_m$ の絶対値が角速度変化量閾値 $\Delta\omega_{th}$ 未満である。

【 0 0 8 2 】

電流閾値 I_{th_st} は、角度制限成分 I_{ga} の値が電流閾値 I_{th_st} であり、かつ車両が通常路面を低速で走行する場合において、ラック軸 1 2 をラックエンド位置まで移動させることが可能な最低限のアシスト力である所定アシスト力がモータ 2 1 から付与されるように設定されている。換言すると、定格電流 I_r から電流閾値 I_{th_st} を減算して得られる舵角制限値 I_{en} の絶対値は、同絶対値の電流をモータ 2 1 に供給することで所定アシスト力がモータ 2 1 から出力されるような大きさとなっている。この電流閾値 I_{th_st} は、定格電流 I_r に基づく電流値であり、例えば定格電流 I_r の 5 0 % 等に設定されている。

【 0 0 8 3 】

操舵トルク閾値 T_{th} は、ラックエンド 1 8 がラックハウジング 1 3 に当接した状態で車両を旋回走行させる際にステアリングホイール 3 を保舵するために必要な操舵トルクであり、ゼロよりも大きな適宜の値に設定されている。所定車速範囲は、車両が非停車状態であることを示す下限車速 S_{lo} 以上、かつ車両が低速で走行していることを示す上限車速 S_{up} 未満の車速範囲を示す。下限車速 S_{lo} は、ゼロよりも僅かに大きな値に設定され、上限車速 S_{up} は、下限車速 S_{lo} よりも大きな適宜の値に設定されている。角速度閾値 ω_{th} は、モータ 2 1 が停止していることを示す角速度であり、ゼロよりも僅かに大きな値に設定されている。角速度変化量閾値 $\Delta\omega_{th}$ は、モータ 2 1 が略加減速していないことを示す角速度変化量であり、ゼロよりも僅かに大きな値に設定されている。

【 0 0 8 4 】

10

20

30

40

50

そして、オフセット舵角演算部 8 2 は、部分解放制御の実行時に演算した q 軸電流指令値 I_{q^*} が該部分解放制御の実行に基づいて補正量を小さくする影響を受けない値である、すなわち舵角制限値 I_{en} を大きくする影響を受けない値である場合に、オフセット舵角 off の演算を停止し、部分解放制御を停止する。つまり、オフセット舵角演算部 8 2 は、部分解放制御が実質的に機能しない操舵の状況となった場合に、部分解放制御を停止する。

【 0 0 8 5 】

詳しくは、オフセット舵角演算部 8 2 は、q 軸電流指令値 I_{q^*} と、部分解放制御の実行により大きくされていない舵角制限値 I_{en} に応じた停止判定値 I_{th_en} との大小比較に基づいて、部分解放制御を停止する。オフセット舵角演算部 8 2 は、定格電流 I_r から角度制限成分 I_{ga} を減算することにより、停止判定値 I_{th_en} を演算する。本実施形態の停止判定値 I_{th_en} は、部分解放制御の実行により大きくされていない舵角制限値 I_{en} と等しい。

10

【 0 0 8 6 】

オフセット舵角演算部 8 2 は、右方向、すなわち正方向に操舵が行われている際には、q 軸電流指令値 I_{q^*} と符号を正とした停止判定値 I_{th_en} (以下、正の停止判定値 I_{th_en} という。) との大小比較を行う。オフセット舵角演算部 8 2 は、q 軸電流指令値 I_{q^*} が正の停止判定値 I_{th_en} 未満である場合、すなわち q 軸電流指令値 I_{q^*} が部分解放制御の実行により大きくされていない舵角制限値 I_{en} 未満であり、部分解放制御が実質的に機能しない場合には、部分解放制御を停止する。一方、オフセット舵角演算部 8 2 は、q 軸電流指令値 I_{q^*} が正の停止判定値 I_{th_en} 以上である、すなわち q 軸電流指令値 I_{q^*} が部分解放制御の実行により大きくされていない舵角制限値 I_{en} 以上であり、部分解放制御が機能する場合には、部分解放制御を停止しない。

20

【 0 0 8 7 】

また、オフセット舵角演算部 8 2 は、左方向、すなわち負方向に操舵が行われている際には、q 軸電流指令値 I_{q^*} と符号を負とした停止判定値 I_{th_en} (以下、負の停止判定値 I_{th_en} という。) との大小比較を行う。オフセット舵角演算部 8 2 は、q 軸電流指令値 I_{q^*} が負の停止判定値 I_{th_en} よりも大きい場合には、部分解放制御を停止する。一方、オフセット舵角演算部 8 2 は、q 軸電流指令値 I_{q^*} が負の停止判定値 I_{th_en} 以下である場合には、部分解放制御を停止しない。

【 0 0 8 8 】

次に、オフセット舵角演算部 8 2 によるオフセット舵角 off の演算に係る処理手順を説明する。

30

図 6 のフローチャートに示すように、オフセット舵角演算部 8 2 は、各種状態量を取得すると (ステップ 2 0 1)、実行フラグ F_r が「0」であるか否か、すなわち部分解放制御の非実行時であるか否かを判定する (ステップ 2 0 2)。

【 0 0 8 9 】

オフセット舵角演算部 8 2 は、実行フラグ F_r が「0」である場合には (ステップ 2 0 2 : YES)、車速 SPD が下限車速 S_{lo} 以上、かつ上限車速 S_{up} 未満であるか否かを判定する (ステップ 2 0 3)。車速 SPD が下限車速 S_{lo} 以上、かつ上限車速 S_{up} 未満であり、所定車速範囲内である場合には (ステップ 2 0 3 : YES)、角度制限成分 I_{ga} が電流閾値 I_{th_st} よりも大きいか否かを判定する (ステップ 2 0 4)。角度制限成分 I_{ga} が電流閾値 I_{th_st} よりも大きい場合には (ステップ 2 0 4 : YES)、操舵トルク T_h の絶対値が操舵トルク閾値 T_{th} 以上であるか否かを判定する (ステップ 2 0 5)。操舵トルク T_h の絶対値が操舵トルク閾値 T_{th} 以上の場合には (ステップ 2 0 5 : YES)、モータ角速度 m の絶対値が角速度閾値 th 以下であるか否かを判定する (ステップ 2 0 6)。モータ角速度 m の絶対値が角速度閾値 th 以下の場合には (ステップ 2 0 6 : YES)、角速度変化量 m が角速度変化量閾値 th 未満であるか否かを判定する (ステップ 2 0 7)。そして、角速度変化量 m が角速度変化量閾値 th 未満の場合には (ステップ 2 0 7 : YES)、ステップ 2 0 8 に移行する。

40

【 0 0 9 0 】

50

オフセット舵角演算部 8 2 は、ステップ 2 0 8 において、ステップ 2 0 3 ~ 2 0 7 の判定、すなわち上記 (a) ~ (e) の条件が成立してからの経過時間を示すカウンタのカウンタ値 C_n をインクリメントする。続いて、カウンタ値 C_n が所定時間に対応する所定カウンタ値 C_{th} よりも大きいかが否かを判定する (ステップ 2 0 9)。カウンタ値 C_n が所定カウンタ値 C_{th} よりも大きい場合には (ステップ 2 0 9 : Y E S)、オフセット舵角 off の演算を開始し (ステップ 2 1 0)、実行フラグ F_r の値を、部分解放制御が実行中であることを示す「 1 」にするとともにカウンタのカウンタ値 C_n をクリアする (ステップ 2 1 1 , 2 1 2)。

【 0 0 9 1 】

オフセット舵角演算部 8 2 は、カウンタ値 C_n が所定カウンタ値 C_{th} 以下の場合には (ステップ 2 0 9 : N O)、それ以降の処理を実行しない。また、ステップ 2 0 3 ~ 2 0 7 のいずれか 1 つが成立しない場合 (ステップ 2 0 3 ~ 2 0 7 : N O)、ステップ 2 0 8 ~ 2 1 1 の処理を実行せず、ステップ 2 1 2 に移行し、カウンタ値 C_n をクリアする。

【 0 0 9 2 】

一方、オフセット舵角演算部 8 2 は、実行フラグ F_r の値が「 1 」である場合には (ステップ 2 0 2 : N O)、停止判定値 I_{th_en} を演算し (ステップ 2 1 3)、舵角位置フラグ F_d が「 1 」であるか否かを判定する (ステップ 2 1 4)。舵角位置フラグ F_d が「 1 」である場合には (ステップ 2 1 4 : Y E S)、 q 軸電流指令値 I_{q^*} が正の停止判定値 I_{th_en} 未満であるか否かを判定する (ステップ 2 1 5)。 q 軸電流指令値 I_{q^*} が正の停止判定値 I_{th_en} 未満である場合には (ステップ 2 1 5 : Y E S)、オフセット舵角 off の演算を停止し (ステップ 2 1 6)、実行フラグ F_r の値を、部分解放制御が停止中であることを示す「 0 」とする (ステップ 2 1 7)。これに対し、舵角位置フラグ F_d が「 1 」でない場合には (ステップ 2 1 4 : N O)、 q 軸電流指令値 I_{q^*} が負の停止判定値 I_{th_en} よりも大きいかが否かを判定する (ステップ 2 1 8)。 q 軸電流指令値 I_{q^*} が負の停止判定値 I_{th_en} よりも大きい場合には (ステップ 2 1 8 : Y E S)、ステップ 2 1 6 , 2 1 7 に移行する。

【 0 0 9 3 】

なお、オフセット舵角演算部 8 2 は、 q 軸電流指令値 I_{q^*} が正の停止判定値 I_{th_en} 以上である場合 (ステップ 2 1 5 : N O)、又は q 軸電流指令値 I_{q^*} が負の停止判定値 I_{th_en} 以下である場合には (ステップ 2 1 8 : N O)、ステップ 2 1 6 , 2 1 7 の処理を実行しない。

【 0 0 9 4 】

次に、本実施形態の作用及び効果について説明する。

(1) 電流指令値演算部 5 1 は、エンド当て緩和制御の実行時に運転者が車両を旋回走行させようとしていると判定する場合に、エンド当て緩和制御の実行による q 軸電流指令値 I_{q^*} の補正量を操舵トルク T_h に基づいて小さくする部分解放制御を行う。これにより、エンド当て緩和制御の実行による q 軸電流指令値 I_{q^*} の制限が部分的に解放されて、 q 軸電流指令値 I_{q^*} が大きくなる。したがって、例えばエンド当て緩和制御の実行により仮想ラックエンド位置でラック軸 1 2 の移動が規制されても、運転者が旋回走行させようとするので、部分解放制御が実行されて q 軸電流指令値 I_{q^*} の補正量が小さくなるため、ラック軸 1 2 を実ラックエンド位置まで移動させることが可能となる。その結果、車両の小回り性能が低下することを抑制できる。

【 0 0 9 5 】

また、本実施形態では、電流指令値演算部 5 1 は、部分解放制御の実行時に演算された q 軸電流指令値 I_{q^*} が該部分解放制御の実行に基づいて補正量を小さくする影響を受けない値である場合に、部分解放制御を停止する。そのため、部分解放制御の停止に伴って、 q 軸電流指令値 I_{q^*} が急変することを抑制し、操舵フィーリングが悪化することを抑制できる。

【 0 0 9 6 】

(2) 電流指令値演算部 5 1 は、エンド離間角 が所定角度 1 以下となる場合に、

10

20

30

40

50

エンド当て緩和制御によってはエンド離間角 θ の増大が規制されないように q 軸電流指令値 I_{q^*} を演算する。具体的には、電流指令値演算部 51 は、エンド離間角 θ が所定角度 θ_1 以下であるときにエンド離間角 θ が増大する切り戻し操舵が行われる場合には、舵角制限値 I_{en} の絶対値を定格電流 I_r とする。これにより、例えばラックエンド位置近傍から切り戻し操舵を行う際に操舵機構 5 に付与するアシスト力が不足しにくくなる。その結果、引っ掛かり感が生じにくくなり、操舵フィーリングの低下を抑制できる。

【0097】

(3) 電流指令値演算部 51 は、部分解放制御の実行時に演算された q 軸電流指令値 I_{q^*} と部分解放制御の実行により大きくされていない舵角制限値 I_{en} に応じた停止判定値 I_{th_en} との大小比較を行う。そのため、部分解放制御の実行時に演算された q 軸電流指令値 I_{q^*} が該部分解放制御の実行に基づいて補正量を小さくする影響を受けない値であるか否かを好適に判定できる。

10

【0098】

(4) 電流指令値演算部 51 は、右方向に転舵輪 4 が転舵され、エンド離間角 θ が所定角度 θ_1 以下となる際には、部分解放制御の実行時に演算した q 軸電流指令値 I_{q^*} が正の停止判定値 I_{th_en} 未満である場合に、部分解放制御を停止する。また、電流指令値演算部 51 は、左方向に転舵輪 4 が転舵され、エンド離間角 θ が所定角度 θ_1 以下となる際には、部分解放制御の実行時に演算した q 軸電流指令値 I_{q^*} が負の停止判定値 I_{th_en} よりも大きい場合に、部分解放制御を停止する。そのため、例えば切り戻し操舵により q 軸電流指令値 I_{q^*} の符号が反転する場合を含め、部分解放制御の実行時に演算された q 軸電流指令値 I_{q^*} が該部分解放制御の実行に基づいて補正量を小さくする影響を受けない値であるか否かを好適に判定できる。

20

【0099】

(5) 電流指令値演算部 51 は、エンド離間角 θ が所定角度 θ_1 以下となる場合に、エンド離間角 θ の減少に基づいて小さくなる舵角制限値 I_{en} を演算する舵角制限値演算部 71 を備える。電流指令値演算部 51 は、q 軸電流指令値 I_{q^*} の絶対値を舵角制限値 I_{en} に制限することにより、エンド当て緩和制御の実行による q 軸電流指令値 I_{q^*} の補正量が小さくなる。舵角制限値演算部 71 は、通常時用の角度制限成分 I_{ga} 及び解放時用の角度制限成分 I_{ga}' を演算する角度制限成分演算部 84 を備え、定格電流 I_r から通常時用の角度制限成分 I_{ga} 又は解放時用の角度制限成分 I_{ga}' を減算した値を調整前舵角制限値 I_{enb} として演算する。そのため、解放時用の角度制限成分 I_{ga}' を通常時用の角度制限成分 I_{ga} に比べて小さくすることで、q 軸電流指令値 I_{q^*} の補正量を小さくする部分解放制御を容易に実行できる。

30

【0100】

本実施形態は、以下のように変更して実施することができる。本実施形態及び以下の変形例は、技術的に矛盾しない範囲で互いに組み合わせて実施することができる。

・上記実施形態では、操舵方向に応じて、部分解放制御を停止するための判定条件を変更した。しかし、これに限らず、例えば q 軸電流指令値 I_{q^*} が部分解放制御の実行により大きくされていない舵角制限値 I_{en} の絶対値未満であることを、部分解放制御を停止するための判定条件とし、操舵方向によらず、同一の判定条件としてもよい。

40

【0101】

・上記実施形態では、部分解放制御の実行により大きくされていない舵角制限値 I_{en} を停止判定値 I_{th_en} として用いた。しかし、これに限らず、部分解放制御の実行時に演算された q 軸電流指令値 I_{q^*} が該部分解放制御の実行に基づいて補正量を小さくする影響を受けない値であるか否かを判定できれば、他の値を停止判定値 I_{th_en} として用いてもよい。

【0102】

・上記実施形態では、右方向に操舵が行われている際には、アシスト指令値 I_{as^*} が正の調整前舵角制限値 I_{enb} 未満である場合に、舵角制限値 I_{en} の絶対値を定格電流 I_r とし

50

たが、これに限らず、エンド離間角 θ_{end} の増大が規制されなければ、舵角制限値 I_{en} の絶対値を定格電流 I_r よりも小さな値としてもよい。同様に、左方向に操舵が行われている際において、アシスト指令値 I_{as*} が負の調整前舵角制限値 I_{enb} 以上である場合に、舵角制限値 I_{en} の絶対値を定格電流 I_r よりも小さな値としてもよい。

【0103】

・上記実施形態において、舵角制限値調整部 87 を備えず、定格電流 I_r から通常時用の角度制限成分 I_{ga} 又は解放時用の角度制限成分 I_{ga}' を減算することにより得られる値をそのまま舵角制限値 I_{en} としてもよい。

【0104】

・上記実施形態では、エンド離間角 θ_{end} にオフセット舵角 θ_{off} を加算することで、解放時用のエンド離間角 θ_{end}' を演算した。しかし、これに限らず、例えば絶対舵角 θ_s からオフセット舵角 θ_{off} を減算した解放時用の絶対舵角 θ_s' を演算し、該絶対舵角 θ_s' のエンド位置対応角 θ_{s_le} 、 θ_{s_re} からの距離を示す値を解放時用のエンド離間角 θ_{end}' として演算してもよい。

【0105】

・上記実施形態において、例えば角度制限成分演算部 84 が通常時用マップと、通常時用マップの横軸をオフセット舵角 θ_{off} に応じてオフセットさせる解放時用マップを備える構成とし、角度制限成分演算部 84 に解放時用のエンド離間角 θ_{end}' が入力されない構成としてもよい。このように構成しても、解放時用マップは、オフセット舵角 θ_{off} に応じて横軸がオフセットされるため、本実施形態と同様に通常時用の角度制限成分 I_{ga} よりも小さな解放時用の角度制限成分 I_{ga}' を演算できる。

【0106】

・上記実施形態において、部分解放制御の実行時に、角度制限成分 I_{ga}' が予め設定された制限閾値以上とならないように、解放時用の角度制限成分 I_{ga}' を調整してもよい。制限閾値は、例えば同制限閾値の電流がモータ 21 に供給されることで、上記所定アシスト力がモータ 21 から付与されるような値であり、上記電流閾値 I_{th_st} と同一の値に設定される。これにより、部分解放制御を実行した結果、ラック軸 12 がラックハウジング 13 に当接するエンド当てが生じても、その衝撃が大きくなることを抑制できる。

【0107】

・上記実施形態では、弾性係数 K 及び慣性係数 J をそれぞれゼロとし、上記(2)式を用いて目標操舵速度 s^* を演算したが、これに限らず、例えば弾性係数 K 及び慣性係数 J の少なくとも一方をゼロとしなくてもよい。この場合には、操舵トルク T_h に加え、例えば実際の絶対舵角 θ_s 及び操舵角速度を用いることで、目標操舵速度 s^* を演算できる。また、モデル式を用いず、例えば操舵トルク T_h とオフセット舵角 θ_{off} との関係を示すマップを設定し、同マップを参照することにより操舵トルクに応じたオフセット舵角 θ_{off} を演算してもよい。

【0108】

・上記実施形態では、操舵トルク T_h に基づいてオフセット舵角 θ_{off} を演算し、このオフセット舵角 θ_{off} に基づいて通常時用の角度制限成分 I_{ga} よりも小さな解放時用の角度制限成分 I_{ga}' を演算することで、部分解放制御を実行した。しかし、これに限らず、例えば部分解放制御の開始時からの時間経過に応じて小さくなる解放時用の角度制限成分 I_{ga}' を演算することで、部分解放制御を実行してもよい。この場合、例えば解放時用の角度制限成分 I_{ga}' の変化量に応じて目標操舵速度 s^* を演算することができる。

【0109】

・上記実施形態では、(a)～(e)の条件が所定時間継続して成立する場合に、エンド当て緩和制御の実行時に運転者が車両を旋回走行させようとしていると判定して部分解放制御を実行したが、これに限らず、部分解放制御を開始する条件は適宜変更可能である。例えば(a)～(e)の条件が成立する場合、所定時間継続するか否かにかかわらず、運転者が車両を旋回走行させようとしていると判定してもよい。また、例えば(d)及び(e)のいずれか一方の条件が成立するか否かを判定しなくてもよく、さらに例えば(c)

)の条件に代えて、車両のヨーレートが旋回状態を示すヨーレート閾値以上であるかを判定してもよい。さらにまた、(d)及び(e)の条件において、モータ角速度 m に代えて操舵速度 s を用いてもよい。

【0110】

・上記実施形態では、エンド当て緩和制御の実行時に運転者が車両を旋回走行させようとしていると判定した場合、定格電流 I_r から通常時用の角度制限成分 I_{ga} よりも小さな解放時用の角度制限成分 I_{ga}' を減算することにより、大きな舵角制限値 I_{en} を演算し、 q 軸電流指令値 I_{q^*} の補正量を小さくした。しかし、これに限らず、部分解放制御の実行時において、例えば舵角制限値 I_{en} が大きくなるように該舵角制限値 I_{en} の値を直接補正することで、 q 軸電流指令値 I_{q^*} の補正量を小さくしてもよく、部分解放制御を実行する態様は適宜変更可能である。

10

【0111】

・上記実施形態では、イグニッションスイッチのオフ時にもモータ21の回転の有無を監視することで、原点からのモータ21の回転数を常時積算し、モータ絶対角及び絶対舵角 s を演算した。しかし、これに限らず、例えば操舵角を絶対角で検出するステアリングセンサを設け、該ステアリングセンサにより検出される操舵角及び減速機構22の減速比に基づいて、原点からのモータ21の回転数を積算し、モータ絶対角及び絶対舵角 s を演算してもよい。

【0112】

・上記実施形態では、アシスト指令値 I_{as^*} を舵角制限値 I_{en} に制限することで、エンド当て緩和制御を実行したが、これに限らず、例えばアシスト指令値 I_{as^*} に対し、ラックエンド位置に近づくほど大きくなる操舵反力成分、すなわちアシスト指令値 I_{as^*} と符号が反対の成分を加算することにより、エンド当て緩和制御を実行してもよい。この構成では、エンド当て緩和制御の実行時に、運転者が車両を旋回走行させようとしていると判定した場合、操舵トルク T_h に応じて操舵反力成分を小さくすることで、 q 軸電流指令値 I_{q^*} の補正量を小さくすることが可能である。

20

【0113】

・上記実施形態では、アシスト指令値 I_{as^*} に対してその絶対値を制限値 I_g 以下に制限するガード処理を行ったが、これに限らず、例えば操舵トルク T_h を微分したトルク微分値に基づく補償量によってアシスト指令値 I_{as^*} を補正した値に対してガード処理を行ってもよい。

30

【0114】

・上記実施形態では、制限値設定部62は、電源電圧 V_b に基づいて電圧制限値 I_{vb} を演算する電圧制限値演算部72を備えたが、これに限らず、電圧制限値演算部72に加えて又は代えて、他の状態量に基づく他の制限値を演算する他の演算部を備えてもよい。また、制限値設定部62が電圧制限値演算部72を備えず、舵角制限値 I_{en} をそのまま制限値 I_g として設定する構成としてもよい。

【0115】

・上記実施形態では、定格電流 I_r から通常時用の角度制限成分 I_{ga} 又は解放時用の角度制限成分 I_{ga}' を減算した値を舵角制限値 I_{en} としたが、これに限らず、定格電流 I_r から角度制限成分 I_{ga} 又は角度制限成分 I_{ga}' 、及びモータ角速度に応じて定まる電流制限量を減算した値を舵角制限値 I_{en} としてもよい。

40

【0116】

・上記実施形態では、操舵制御装置1は、EPSアクチュエータ6がコラム軸15にモータトルクを付与する形式のEPS2を制御対象としたが、これに限らず、例えばボール螺子ナットを介してラック軸12にモータトルクを付与する形式の操舵装置を制御対象としてもよい。また、EPSに限らず、操舵制御装置1は、運転者により操作される操舵部と、転舵輪を転舵させる転舵部との間の動力伝達が分離されたステアパイワイヤ式の操舵装置を制御対象とし、転舵部に設けられる転舵アクチュエータのモータのトルク指令値又は q 軸電流指令値について、本実施形態のようにエンド当て緩和制御を実行してもよい。

50

【符号の説明】

【0117】

- 1 ... 操舵制御装置
- 2 ... 電動パワーステアリング装置
- 4 ... 転舵輪
- 6 ... E P S アクチュエータ
- 1 2 ... ラック軸
- 1 3 ... ラックハウジング
- 2 1 ... モータ
- 4 1 ... マイコン
- 5 1 ... 電流指令値演算部
- 5 3 ... 絶対舵角検出部
- 6 2 ... 制限値設定部
- 7 1 ... 舵角制限値演算部

10

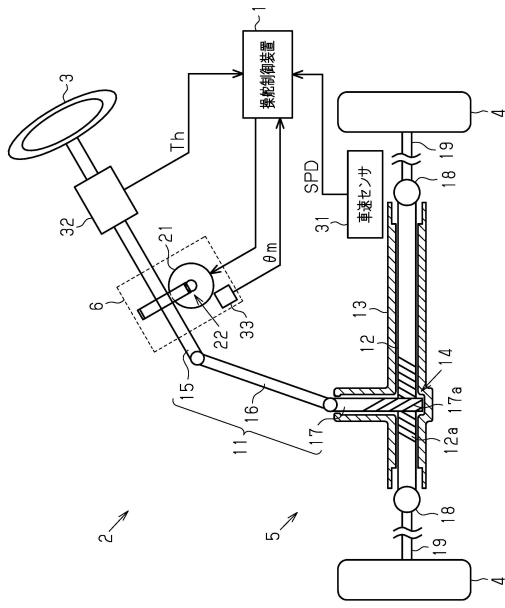
20

30

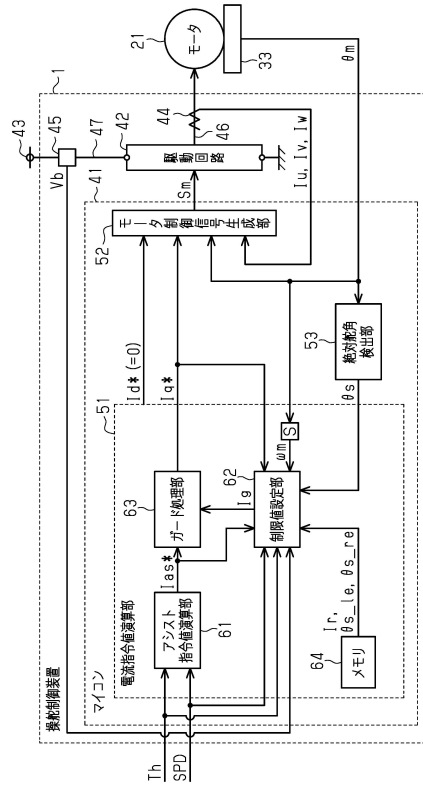
40

50

【図面】
【図 1】



【図 2】



10

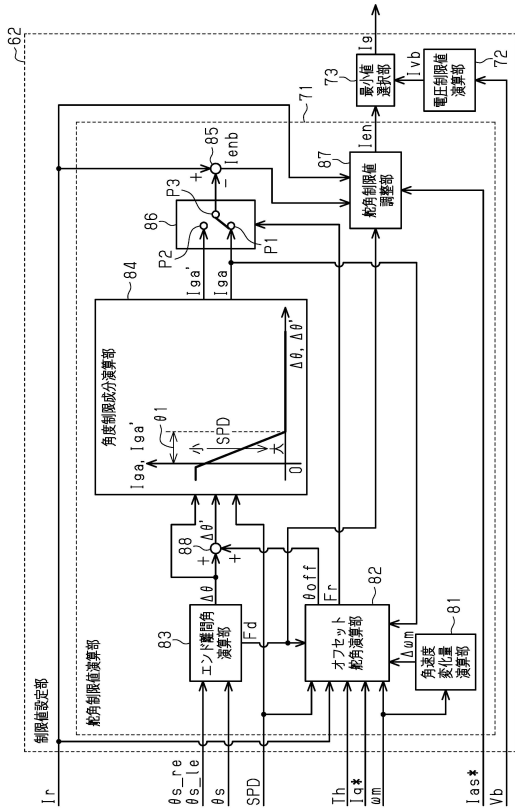
20

30

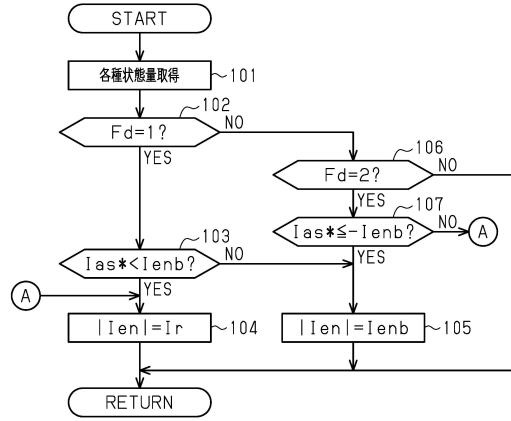
40

50

【図3】



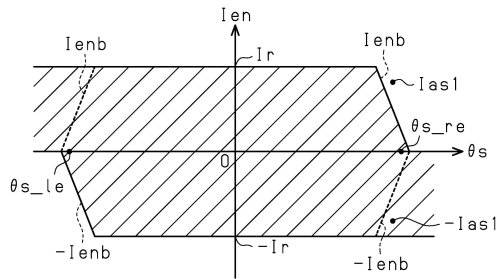
【図4】



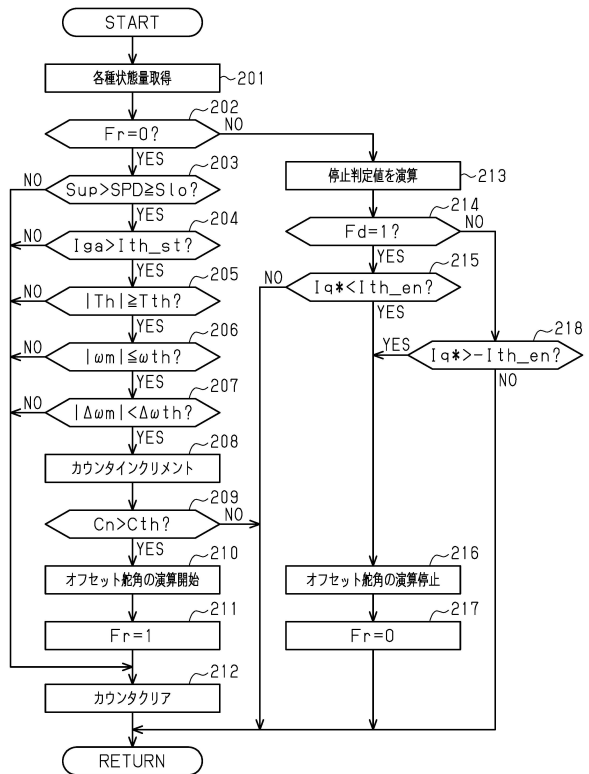
10

20

【図5】



【図6】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

B 6 2 D 119/00 (2006.01) B 6 2 D 119:00
B 6 2 D 137/00 (2006.01) B 6 2 D 137:00

号 株式会社ジェイテクト内

(72)発明者 片岡 伸文

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内

(72)発明者 江崎 之進

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 飯島 尚郎

(56)参考文献

特許第6881701(JP, B1)
国際公開第2020/122200(WO, A1)
特開2017-171059(JP, A)
特開2015-157614(JP, A)
特表2016-521651(JP, A)
米国特許出願公開第2013/0124043(US, A1)
特開2005-280541(JP, A)
特開2020-006831(JP, A)
韓国公開特許第10-2015-0055982(KR, 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
B 6 2 D 1 0 1 / 0 0 - 1 3 7 / 0 0