

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5703963号
(P5703963)

(45) 発行日 平成27年4月22日 (2015. 4. 22)

(24) 登録日 平成27年3月6日 (2015. 3. 6)

(51) Int. Cl.		F I
B 6 2 D 6/00	(2006. 01)	B 6 2 D 6/00
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 117/00	(2006. 01)	B 6 2 D 117:00
B 6 2 D 119/00	(2006. 01)	B 6 2 D 119:00

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2011-116949 (P2011-116949)	(73) 特許権者	000001247
(22) 出願日	平成23年5月25日 (2011. 5. 25)		株式会社ジェイテクト
(65) 公開番号	特開2012-245822 (P2012-245822A)		大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
(43) 公開日	平成24年12月13日 (2012. 12. 13)	(74) 代理人	100068755
審査請求日	平成26年4月21日 (2014. 4. 21)		弁理士 恩田 博宣
		(74) 代理人	100105957
			弁理士 恩田 誠
		(72) 発明者	新美 光三
			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	狩集 裕二
			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
		審査官	水野 治彦

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) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

操舵系にアシスト力を付与するモータを備える電動パワーステアリング装置において、
前記モータの回転角速度に対応する対応回転角速度を取得する回転角速度取得部と、前記対応回転角速度を取得する時期と同じ時期に前記モータの誘起電圧を推定誘起電圧として算出する誘起電圧演算部と、前記対応回転角速度と前記推定誘起電圧とに基づいて逆起電圧定数を算出する逆起電圧定数演算部と、前記モータの電流と前記モータの電圧と前記逆起電圧定数と前記モータの抵抗とに基づいて前記モータの回転角速度を推定回転角速度として算出する回転角速度演算部とを備える

ことを特徴とする電動パワーステアリング装置。

10

【請求項2】

請求項1に記載の電動パワーステアリング装置において、
前記回転角速度取得部により取得された前記対応回転角速度を第1対応回転角速度とし、
前記第1対応回転角速度よりも後に取得された前記対応回転角速度を第2対応回転角速度とし、

前記第1対応回転角速度に対応する前記推定誘起電圧を第1推定誘起電圧とし、
前記第2対応回転角速度に対応する前記推定誘起電圧を第2推定誘起電圧とし、
前記第1推定誘起電圧に対応する前記逆起電圧定数を第1逆起電圧定数とし、
前記第2推定誘起電圧に対応する前記逆起電圧定数を第2逆起電圧定数として、

20

前記逆起電圧定数演算部は、前記第 1 推定誘起電圧に対する前記第 2 推定誘起電圧との比と前記第 1 逆起電圧定数とに基づいて前記第 2 逆起電圧定数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 3】

請求項 1 または 2 に記載の電動パワーステアリング装置において、前記対応回転角速度の大きさが閾値よりも大きいとき前記推定誘起電圧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 4】

請求項 1 または 2 に記載の電動パワーステアリング装置において、前記対応回転角速度の大きさが閾値よりも大きくかつ前記対応回転角速度の変化量の大きさが判定変化量よりも小さいとき、前記推定誘起電圧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。 10

【請求項 5】

請求項 2 に記載の電動パワーステアリング装置において、前記対応回転角速度の大きさが閾値よりも大きく、かつ前記対応回転角速度の変化量の大きさが判定変化量よりも小さく、かつ前記第 1 対応回転角速度と前記第 2 対応回転角速度との差の絶対値が設定値よりも小さいとき、前記推定誘起電圧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 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の電動パワーステアリング装置において、前記対応回転角速度はステアリングの操舵角速度またはラック軸の移動量であることを特徴とする電動パワーステアリング装置。 20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、操舵系にアシスト力を付与するモータを備える電動パワーステアリング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

上記電動パワーステアリング装置として、特許文献 1 に記載の技術が知られている。この種の電動パワーステアリング装置では、下記 (A) 式を用いてモータの回転角速度を算出する。そして、この回転角速度の大きさに基づいて各種のモータ制御を行う。 30

【0003】

(A) 式において、 V_m はモータの端子間電圧、 R はモータの抵抗、 I_m はモータの電流、 K_e は逆起電圧定数 ($V \cdot s / rad$) を示す。モータ電流 I_m とモータ電圧 V_m としては測定値が用いられている。 R としては、モータ電流 I_m とモータ抵抗 R_m との関係を示すマップに基づいて求められる値が用いられている。 K_e としては、予め設定した固定値が用いられている。

【0004】

$$= (V_m - R \times I_m) / K_e \dots (A)$$
 40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2004 - 66999 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、逆起電圧定数 K_e は実際には固定値ではなくモータの温度等によって変化する。このため、実際の逆起電圧定数 K_e と、モータの回転角速度を求めるときに用いられる逆起電圧定数 K_e との間に差が生じることがある。この差が大きいとき、上記 (A) 50

式により算出される回転角速度 と実際の回転角速度 との間に差が大きく乖離するため、算出された回転角速度 に基づいて行われる各種制御の制御精度が低下する。

【0007】

本発明はこのような実情に鑑みてなされたものでありその目的は、モータの回転角速度に基づいて精確にモータを制御することのできる電動パワーステアリング装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

以下、上記目的を達成するための手段およびその作用効果について記載する。

(1) 請求項1に記載の発明は、操舵系にアシスト力を付与するモータを備える電動パワーステアリング装置において、前記モータの回転角速度に対応する対応回転角速度を取得する回転角速度取得部と、前記対応回転角速度を取得する時期と同じ時期に前記モータの誘起電圧を推定誘起電圧として算出する誘起電圧演算部と、前記対応回転角速度と前記推定誘起電圧とに基づいて逆起電圧定数を算出する逆起電圧定数演算部と、前記モータの電流と前記モータの電圧と前記逆起電圧定数と前記モータの抵抗とに基づいて、前記モータの回転角速度を推定回転角速度として算出する回転角速度演算部とを備えることを要旨とする。

10

【0009】

逆起電圧定数は誘起電圧とモータの回転角速度とに基づく値であるため、モータの回転角速度に対応する対応回転角速度と推定誘起電圧とに基づいて逆起電圧定数を算出することが

20

【0010】

上記発明では、逆起電圧定数を固定値とするのではなく、実際のモータに基づくパラメータを用いて逆起電圧定数を算出しているため、実際の逆起電圧定数と、推定回転角速度の算出のときに用いられる逆起電圧定数との差の大きさを小さくすることができる。そして、上記のように求めた逆起電圧定数に基づいて推定回転角速度を算出するため、推定回転角速度と実際の回転角速度との差が大きくなる頻度を少なくすることができ、この結果、推定回転角速度に基づいて行われる各種制御の制御精度を向上させることができる。

【0011】

(2) 請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の電動パワーステアリング装置において、前記回転角速度取得部により取得された前記対応回転角速度を第1対応回転角速度とし、前記第1対応回転角速度よりも後に取得された前記対応回転角速度を第2対応回転角速度とし、前記第1対応回転角速度に対応する前記推定誘起電圧を第1推定誘起電圧とし、前記第2対応回転角速度に対応する前記推定誘起電圧を第2推定誘起電圧とし、前記第1推定誘起電圧に対応する前記逆起電圧定数を第1逆起電圧定数とし、前記第2推定誘起電圧に対応する前記逆起電圧定数を第2逆起電圧定数として、前記逆起電圧定数演算部は、前記第1推定誘起電圧に対する前記第2推定誘起電圧との比と前記第1逆起電圧定数とに基づいて前記第2逆起電圧定数を算出することを要旨とする。

30

【0012】

この発明によれば、推定誘起電圧の変化度合いに対応させて新たに逆起電圧定数を算出する。すなわち、所定条件下における推定誘起電圧の変化度合いを逆起電圧定数に反映させることができるため、実際の逆起電圧定数と、推定回転角速度を算出するときに用いられる逆起電圧定数との差の大きさが大きくなること抑制することができる。

40

【0013】

(3) 請求項3に記載の発明は、請求項1または2に記載の電動パワーステアリング装置において、前記対応回転角速度の大きさが閾値よりも大きいとき前記推定誘起電圧を算出することを要旨とする。

【0014】

モータの回転角速度が小さくなると、誘起電圧（推定誘起電圧）の値も小さくなる。一方、推定誘起電圧とモータの実際の誘起電圧との間には誤差がある。

50

推定誘起電圧が小さいとき、推定誘起電圧の絶対値に対して誤差の比率が大きくなるため、この推定誘起電圧に基づいて逆起電圧定数を算出すると、推定誘起電圧の絶対値が大きいときに逆起電圧定数を算出する場合と比べて、逆起電圧定数の精度が低くなる。

【0015】

この点、上記発明によれば、対応回転角速度が閾値の大きさよりも大きくなるとき、すなわち誘起電圧（推定誘起電圧）が大きくなるとき、推定誘起電圧に基づいて逆起電圧定数を算出するため、モータの回転角速度が閾値以下のときの推定誘起電圧に基づいて逆起電圧定数を算出する場合と比べて、逆起電圧定数の精度を向上させることができる。

【0016】

(4) 請求項4に記載の発明は、請求項1または2に記載の電動パワーステアリング装置において、前記対応回転角速度の大きさが閾値よりも大きくかつ前記対応回転角速度の変化量の大きさが判定変化量よりも小さいとき、前記推定誘起電圧を算出することを要旨とする。

10

【0017】

所定の対応回転角速度のときに推定誘起電圧を算出する場合であっても、対応回転角速度の変化量の大きさが大きいときに算出された推定誘起電圧と、対応回転角速度の変化量の大きさが小さいときに算出された推定誘起電圧とは、推定誘起電圧が大きく異なる場合がある。これは、推定誘起電圧を算出するときと、対応回転角速度が所定値であると判定されたときとの間で、タイムラグがあるからである。すなわち、推定誘起電圧を算出するときの条件として、対応回転角速度の変化量に制限を加えないとき、一定条件下で推定誘起電圧を算出することができず、この結果、推定誘起電圧の値がばらつく。

20

【0018】

この点、上記発明によれば、対応回転角速度の変化量の大きさが判定変化量よりも小さいことを推定誘起電圧の算出条件としているため、推定誘起電圧の算出時における推定誘起電圧のばらつきを抑制することができる。これにより、逆起電圧定数の精度を向上させることができる。

【0019】

(5) 請求項5に記載の発明は、請求項2に記載の電動パワーステアリング装置において、前記対応回転角速度の大きさが閾値よりも大きく、かつ前記対応回転角速度の変化量の大きさが判定変化量よりも小さく、かつ前記第1対応回転角速度と前記第2対応回転角速度との差の絶対値が設定値よりも小さいとき、前記推定誘起電圧を算出することを要旨とする。

30

【0020】

第1対応回転角速度と第2対応回転角速度とに差があるとき、第1対応回転角速度と第2対応回転角速度との比、および第1推定誘起電圧と第2推定誘起電圧との比の2つの比により逆起電圧定数を算出することができる。

【0021】

一方、上記発明によれば、前記第1対応回転角速度と前記第2対応回転角速度との差の絶対値が設定値よりも小さいことを推定誘起電圧の算出条件としているため、上記のように第1対応回転角速度と第2対応回転角速度との比に基づく必要がなるため、逆起電圧定数の計算を簡易なものとすることができる。

40

【0022】

(6) 請求項6に記載の発明は、請求項1～5のいずれか一項に記載の電動パワーステアリング装置において、前記対応回転角速度はステアリングの操舵角速度またはラック軸の移動量であることを要旨とする。

【0023】

ステアリングの操舵角速度またはラック軸の運動量は、モータの回転角速度と相関関係にあるため、対応回転角速度としてステアリングの操舵角速度またはラック軸の運動量を用いることができる。

【0024】

50

対応回転角速度としては、これら以外にも例えば転舵輪の回転速度等を用いることも考えられるが、モータと転舵輪との間に介在する機械要素の数が、モータとステアリングまたはモータとラック軸との間に介在する機械的要素の数よりも多くなる場合は、両者の相関性が低下する。すなわち、ステアリングの操舵角速度またはラック軸の運動量とモータの回転角速度との相関関係は、これら要素よりもモータから離れた位置にある操舵系部品の運動量とモータの回転角速度との相関関係に比べ、高い。このため、上記発明によれば、モータから離れた位置にある操舵系部品の運動量を対応回転角速度として用いる場合と比べて、逆起電圧定数を精確に算出することができる。

【発明の効果】

【0025】

本発明によれば、モータの回転角速度に基づいて精確にモータを制御することのできる電動パワーステアリング装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の一実施形態の電動パワーステアリング装置について、その全体構造を模式的に示す模式図。

【図2】同実施形態の電動パワーステアリング装置について、その制御系の構成を示すブロック図。

【図3】同実施形態の電動パワーステアリング装置について、操舵角速度と、操舵角速度の変化量と、推定誘起電圧および逆起電圧定数の算出のタイミングとの関係を示すグラフ。

【図4】同実施形態の電子制御装置により実行される「推定誘起電圧の演算処理」について、その手順を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0027】

図1～図4を参照して、本発明の一実施形態について説明する。

電動パワーステアリング装置1は、ステアリング2のステアリングホイール回転を転舵輪3に伝達する操舵角伝達機構10（操舵系）と、ステアリング2の操作を補助するための力（以下、「アシスト力」）を操舵角伝達機構10に付与するEPSアクチュエータ20と、EPSアクチュエータ20を制御する電子制御装置30とを備える。さらに、電動パワーステアリング装置1には、これら装置の動作状態を検出する複数のセンサが設けられている。

【0028】

操舵角伝達機構10は、ステアリング2の操作に応じて回転するステアリングシャフト11と、ステアリングシャフト11の回転をラック軸13に伝達するラックアンドピニオン機構12と、タイロッド14を操作するラック軸13と、ナックルを操作するタイロッド14とを備える。

【0029】

EPSアクチュエータ20は、ステアリングシャフト11にトルクを付与するモータ21と、モータ21の回転を減速する減速機構22とを備える。モータ21としては、ブラシ付きのモータ21が採用されている。このモータ21の回転は減速機構22により減速されてステアリングシャフト11に伝達される。このときにモータ21からステアリングシャフト11に付与されるトルクがアシスト力として作用する。

【0030】

操舵角伝達機構10は次のように動作する。すなわち、ステアリング2が操作されたとき、アシスト力がステアリングシャフト11に付与されて、同シャフト11が回転する。ステアリングシャフト11の回転は、ラックアンドピニオン機構12によりラック軸13の直線運動に変換される。ラック軸13の直線運動は、同ラック軸13の両端に連結されたタイロッド14を介してナックルに伝達される。そして、ナックルの動作にともない転舵輪3の舵角が変更される。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 1 】

ステアリング 2 の操舵角 s は、ステアリング 2 が中立位置にあるときを基準として定められる。すなわち、ステアリング 2 が中立位置にあるときの操舵角 s を「0」として、ステアリング 2 が中立位置から右方向または左方向に回転したとき、中立位置からの回転角度に応じて操舵角 s が増加する。

【 0 0 3 2 】

ステアリング 2 の操舵状態は、「回転状態」と「中立状態」と「保舵状態」とに区別される。「回転状態」は、ステアリング 2 が回転している最中の状態を示す。「中立状態」は、ステアリング 2 が中立位置にある状態を示す。「保舵状態」は、ステアリング 2 が中立位置から右方向または左方向に回転した位置にあり、かつその位置に保持されている状態を示す。更に、「回転状態」は、「切り込み状態」と「切り戻し状態」とに区別される。「切り込み状態」は操舵角 s を増大させる状態を示す。「切り戻し状態」は操舵角 s を減少させる状態を示す。

10

【 0 0 3 3 】

電動パワーステアリング装置 1 には、ステアリング 2 の操舵トルクを検出するトルクセンサ 3 1 と、車速に対応する値を検出する車速センサ 3 2 と、ステアリング 2 の操舵角 s を検出するステアリングセンサ 3 3 (回転角速度取得部) とが設けられている。これらのセンサはそれぞれ次のように被対象物の状態の変化に応じた信号を出力する。

【 0 0 3 4 】

トルクセンサ 3 1 は、ステアリング 2 の操作によりステアリングシャフト 1 1 に付与されたトルクの大きさに応じた信号(以下、「出力信号 S A」)を電子制御装置 3 0 に出力する。車速センサ 3 2 は、転舵輪 3 の回転速度に応じた信号(以下、「出力信号 S B」)を電子制御装置 3 0 に出力する。ステアリングセンサ 3 3 は、ステアリング 2 の回転量に応じた信号(以下、「出力信号 S C」)を電子制御装置 3 0 に出力する。

20

【 0 0 3 5 】

電子制御装置 3 0 は、各センサの出力に基づいて次の演算を行う。

トルクセンサ 3 1 の出力信号 S A に基づいて、ステアリング 2 の操作にともないステアリングシャフト 1 1 に入力されたトルクの大きさに相当する演算値(以下、「操舵トルク」)を算出する。また、車速センサ 3 2 の出力信号 S B に基づいて、車両の走行速度に相当する演算値(以下「車速 V」)を算出する。また、ステアリングセンサ 3 3 の出力信号 S C に基づいてステアリング 2 の操舵角 s を算出する。

30

【 0 0 3 6 】

また、電子制御装置 3 0 は、次のモータ制御を行う。

電子制御装置 3 0 は、操舵系へのアシスト力を付与するためのモータ出力を調整するパワーアシスト制御と、ステアリング 2 の操舵フィーリングを調整するためにモータ出力を補正する操舵トルクシフト制御を実行する。

【 0 0 3 7 】

操舵トルクシフト制御では、操舵フィーリングを向上させるために、操舵トルク T をステアリング 2 の操舵状態に応じて補正する。そして、補正した値を補正トルク T_a として出力する。パワーアシスト制御では、車速 V および補正トルク T_a に基づいて、モータ 2 1 を駆動するための電流指令値 I_a を算出する。

40

【 0 0 3 8 】

図 2 を参照して、電子制御装置 3 0 の構成について説明する。

電子制御装置 3 0 は、モータ 2 1 に供給する駆動電力に対応する信号(以下、「モータ制御信号 S m」)を形成するモータ制御装置 4 0 と、モータ制御信号 S m に応じた駆動電力をモータ 2 1 に供給する駆動回路 5 0 とを備えている。

【 0 0 3 9 】

駆動回路 5 0 には、モータ 2 1 の端子間電圧(以下、「モータ電圧 V m」)を検出する電圧センサ 5 1 と、モータ 2 1 に供給される電流(以下、「モータ電流 I m」)を検出する電流センサ 5 2 とが設けられている。

50

【 0 0 4 0 】

モータ制御装置 40 は、モータ 21 に供給する電流値（以下、「電流指令値 I_a 」）を算出する電流指令値演算部 60 と、フィードバック補正部 70 と、モータ制御信号 S_m を形成するモータ制御信号出力部 80 と、モータ 21 の回転角速度 ω_m を推定回転角速度 ω_{ma} として算出する回転角速度演算部 90 とを備えている。

【 0 0 4 1 】

フィードバック補正部 70 は、モータ 21 のモータ電流 I_m と電流指令値 I_a との差に基づいて電流指令値 I_a を補正し、モータ電流 I_m が電流指令値 I_a に収束するようにフィードバック制御する。モータ制御信号出力部 80 は、フィードバック補正部 70 により出力される補正電流指令値 I_b に基づいてモータ制御信号 S_m を形成する。

10

【 0 0 4 2 】

電流指令値演算部 60 は、電流指令値 I_a の基礎成分（以下、「基本制御量 I_{as} 」）を算出する基本アシスト演算部 61 と、車速 V および推定回転角速度 ω_{ma} に基づいて操舵トルク T を補正するトルクシフト演算部 62 とを備えている。

【 0 0 4 3 】

トルクシフト演算部 62 は操舵トルク T を補正する（操舵トルクシフト制御）。

具体的には、ステアリング 2 の状態が保舵状態および切り戻し状態のとき、操舵トルクが増大するように補正する。また同状態（保舵状態および切り戻し状態）のとき、車速 V が小さくなるにつれて操舵トルク T を増大させる量を大きくし、かつ推定回転角速度 ω_{ma} の絶対値が大きくなるにつれて操舵トルク T を増大させる量を大きくする。

20

【 0 0 4 4 】

一方、ステアリング 2 の状態が切り込み状態のとき、操舵トルク T の補正量を「0」とする。すなわち、ステアリング 2 の切り込み状態のときよりも、保舵状態および切り戻し状態においてアシスト量を増大させる。これにより、操舵フィーリングを向上させる。

【 0 0 4 5 】

ステアリング 2 の状態が、切り込み状態および保舵状態および切り戻し状態のいずれにあるかは、次の方法により判定する。

すなわち、操舵トルク T の符号と推定回転角速度 ω_{ma} の符号とが一致するとき、切り込み状態と判定する。操舵トルク T の符号と推定回転角速度 ω_{ma} の符号とが一致しないとき、切り戻し状態と判定する。推定回転角速度 ω_{ma} の絶対値が所定値 ω_0 よりも小さいとき、保舵状態と判定する。

30

【 0 0 4 6 】

基本アシスト演算部 61 は、補正トルク T_a と車速 V とに基づいて基本制御量 I_{as} を算出する。具体的には、車速 V が小さくなるにつれて基本制御量 I_{as} を大きくする。また、補正トルク T_a が大きくなるにつれて基本制御量 I_{as} を大きくする。

【 0 0 4 7 】

回転角速度演算部 90 は、モータ方程式としての下記（1）式に基づいて、推定回転角速度 ω_{ma} を算出する。推定回転角速度 ω_{ma} は上記トルクシフト演算部 62 で用いられる。なお、ブラシ付きモータ 21 にはモータ 21 の回転角速度 ω_m を検出するセンサが設けられていないため、次の（1）式によりモータ 21 の回転角速度 ω_m を推定回転角速度 ω_{ma} として算出する。

40

【 0 0 4 8 】

$$\omega_{ma} = (V_m - I_m \times R_m) / K_e \quad \dots \quad (1)$$

- ・「 V_m 」は、電圧センサ 51 から入力されるモータ電圧 V_m （端子間電圧）を示す。
- ・「 I_m 」は、電流センサ 52 から入力されるモータ電流 I_m を示す。
- ・「 R_m 」は、記憶部に予め記憶されているモータ抵抗 R_m を示す。モータ抵抗 R_m としては予め設定された固定値が用いられている。
- ・「 K_e 」は、逆起電圧定数を示す。

【 0 0 4 9 】

以上の構成により、モータ制御装置 40 は次のように動作する。

50

すなわち、回転角速度演算部 90により推定回転角速度 $m a$ を算出する。そして、この推定回転角速度 $m a$ と車速 V とに基づいて操舵トルク a を補正し、補正トルク a を算出する。更に、補正トルク a と車速 V とに基づいて基本制御量 $I a s$ を形成する。基本制御量 $I a s$ は、モータ電流 $I m$ によりフィードバック補正され、補正電流指令値 $I b$ とされる。そして、補正電流指令値 $I b$ に基づいてモータ制御信号 $S m$ を形成する。

【0050】

図2に示すように、モータ制御装置40は、上記演算要素のほか、逆起電圧定数 $K e$ を更新する逆起電圧定数更新部100を備えている。

逆起電圧定数更新部100は、操舵角 s に基づいて操舵角速度 s を算出する操舵角速度演算部110と、モータ21の誘起電圧 E を推定する誘起電圧演算部120と、モータ21の逆起電圧定数 $K e$ を算出する逆起電圧定数演算部130とを備えている。

10

【0051】

誘起電圧演算部120は、外乱オブザーバにより(2)式および(3)式に基づいてモータ21の推定誘起電圧 $E X$ を算出する。外乱オブザーバは、例えば、以下の式に基づいて推定誘起電圧 $E X$ を算出する。

【0052】

$$d \quad / d t = (G / L) \cdot \{ V m + (G - R m) \cdot I m - \} \quad \dots (2)$$

$$E X = - G \cdot I m \quad \dots (3)$$

- ・「 \quad 」は、中間変数を示す。
- ・「 G 」は、オブザーバゲイン(固定値)を示す。
- ・「 $E X$ 」は、推定誘起電圧を示す。
- ・「 L 」は、インダクタンスを示す。
- ・「 $/ d t$ 」は、時間微分を示す。

20

【0053】

誘起電圧演算部120は、次の第1条件~第3条件が成立するとき、推定誘起電圧 $E X$ を算出する。そして、算出した操舵角速度 s と推定誘起電圧 $E X$ とを一組のデータとして記憶する。

- ・第1条件：操舵角速度 s の絶対値が閾値 $H A$ よりも大きいこと。
- ・第2条件：操舵角速度 s の変化量(変化率)の絶対値が判定変化量 $H B$ よりも小さいこと。
- ・第3条件：今回において推定誘起電圧 $E X$ を算出するときの操舵角速度 s と前回において推定誘起電圧 $E X$ を算出したときの操舵角速度 s との差の絶対値が設定値 $D S$ よりも小さいこと。

30

【0054】

図3を参照して、推定誘起電圧 $E X$ を算出する条件(第1条件~第3条件)について説明する。

操舵角速度 s は周期的に検出される。操舵角速度 s は、ステアリング2の操作状態に応じて変化する。ステアリング2の切り込む状態のとき、操舵角速度 s は正の方向に大きくなる。ステアリング2の保舵状態のとき、操舵角速度 s は0に近い値をとる。ステアリング2の切り戻し状態のとき、操舵角速度 s は負の方向に大きくなる。

40

【0055】

例えば、図3の(a)操舵角速度 s のグラフに示されるように、ステアリング2を切り込むとき、運転者のステアリング操作の変化に応じて操舵角速度 s の大きさが変化する。同図では、ステアリング2を運転者のステアリング操作と同じ方向に操舵角速度 s を変化させながら回転させている様子を示す。従って、操舵角速度 s が正の値である状態が示されている。

【0056】

このとき、図3の(b)操舵角速度 s の変化量のグラフに示されるように、操舵角速度 s の変化量(変化率)は、操舵角速度 s が増大するとき正の方向に大きくなり、操舵角速度 s が一定のときは略0の値となり、操舵角速度 s が減少するとき負の方向

50

に大きくなる。

【 0 0 5 7 】

このような操舵角速度 s の変化において、推定誘起電圧 $E X$ の算出は、上記第 1 ~ 第 3 の条件が成立するときに行う。すなわち、図 3 に示されるように、操舵角速度 s の絶対値が大きく、かつ操舵角速度 s の変化量が小さく、かつ今回の操舵角速度 s と前回推定誘起電圧 $E X$ を算出したときの操舵角速度 s との差の絶対値 $D s$ が設定値 $D S$ よりも小さいとき、推定誘起電圧 $E X$ を算出する。すなわち、操舵角速度 s が安定しているとき、かつ推定誘起電圧 $E X$ が比較的大きい値のとき、推定誘起電圧 $E X$ を算出する。

【 0 0 5 8 】

図 4 を参照して、推定誘起電圧 $E X$ を算出する演算処理手順を説明する。なお同処理は、電子制御装置 3 0 により所定の演算周期毎に繰り返し実行される。

10

ステップ S 1 1 0 では、操舵角速度 s の絶対値が閾値 $H A$ よりも大きいかなにかについて判定する。操舵角速度 s の絶対値が閾値 $H A$ 以下 (S 1 1 0 : N O) のとき、本演算処理を終了する。操舵角速度 s の絶対値が閾値 $H A$ よりも大きい (S 1 1 0 : Y E S) のとき次のステップに移行する。

【 0 0 5 9 】

ステップ S 1 2 0 では、操舵角速度 s の変化量 (変化率) の絶対値が判定変化量 $H B$ よりも小さいかなにかについて判定する。操舵角速度 s の変化量 (変化率) の絶対値が判定変化量 $H B$ 以上 (S 1 2 0 : N O) のとき、本演算処理を終了する。一方、操舵角速度 s の変化量 (変化率) の絶対値が判定変化量 $H B$ よりも小さい (S 1 2 0 : Y E S) と

20

【 0 0 6 0 】

ステップ S 1 3 0 では、前回演算において推定誘起電圧 $E X$ を算出したときの操舵角速度 $s 1$ (第 1 操舵角速度 $s 1$ 、第 1 対応回転角速度に対応する。) と、今回の操舵角速度 $s 2$ (第 2 操舵角速度 $s 2$ 、第 2 対応回転角速度に対応する。) との差の絶対値 $D s$ が設定値 $D S$ よりも小さいかなにかについて判定する。これが否定されるとき (S 1 3 0 : N O) は、本演算処理を終了する。一方、上記判定が肯定される (S 1 3 0 : Y E S) のとき、ステップ S 1 4 0 において推定誘起電圧 $E X$ を算出する。

【 0 0 6 1 】

次に、逆起電圧定数演算部 1 3 0 について説明する。

30

逆起電圧定数演算部 1 3 0 は (4) 式に基づいて新たな逆起電圧定数 $K e$ を算出する。

$$K e 2 = E X 2 / E X 1 \times K e 1 \quad \dots \quad (4)$$

- ・「 $E X 1$ 」は、操舵角速度 $s 1$ のときの第 1 推定誘起電圧を示す。
- ・「 $E X 2$ 」は、操舵角速度 $s 2$ のときの第 2 推定誘起電圧を示す。
- ・「 $K e 1$ 」は、操舵角速度 $s 1$ のときの第 1 逆起電圧定数を示す。
- ・「 $K e 2$ 」は、操舵角速度 $s 2$ のときの第 2 逆起電圧定数を示す。すなわち、今回の算出する逆起電圧定数を示す。
- ・操舵角速度 $s 1$ と操舵角速度 $s 2$ との差の絶対値は設定値 $D S$ よりも小さい。

【 0 0 6 2 】

(4) 式の導き出し方について説明する。

40

一般に、モータ 2 1 の誘起電圧 E と逆起電圧定数 $K e$ とモータ 2 1 の回転角速度 m とは次の関係にある。

【 0 0 6 3 】

$$\text{「誘起電圧 } E \text{」} = \text{「逆起電圧定数 } K e \text{」} \times \text{「モータの回転角速度 } m \text{」} \quad \dots \quad (5)$$

(5) 式により次の (5 1) 式および (5 2) 式が成立する。

$$\text{「誘起電圧 } E 1 \text{」} = \text{「第 1 逆起電圧定数 } K e 1 \text{」} \times \text{「回転角速度 } m 1 \text{」} \quad \dots \quad (5 1)$$

$$\text{「誘起電圧 } E 2 \text{」} = \text{「第 2 逆起電圧定数 } K e 2 \text{」} \times \text{「回転角速度 } m 2 \text{」} \quad \dots \quad (5 2)$$

誘起電圧 $E 1$ 、第 1 逆起電圧定数 $K e 1$ 、モータ 2 1 の回転角速度 $m 1$ は、第 1 の時期における誘起電圧 E 、逆起電圧定数 $K e$ 、モータ 2 1 の回転角速度 m を示す。誘起電圧 $E 2$ 、第 2 逆起電圧定数 $K e 2$ 、モータ 2 1 の回転角速度 $m 2$ は、第 2 の時期にお

50

る誘起電圧 E 、逆起電圧定数 K_e 、モータ 21 の回転角速度 m を示す。

【0064】

なお、以降の説明では、誘起電圧 E_1 を「 E_1 」とし、誘起電圧 E_2 を「 E_2 」とし、第 1 逆起電圧定数 K_{e1} を「 K_{e1} 」とし、第 2 逆起電圧定数 K_{e2} を「 K_{e2} 」とし、モータ 21 の回転角速度 m_1 を「 m_1 」とし、モータ 21 の回転角速度 m_2 を「 m_2 」とする。

【0065】

ここで、「 $m_1 = m_2$ 」が同じ値のとき、(6) 式が成立する。

$$K_{e2} = E_2 / E_1 \times K_{e1} \quad \dots \quad (6)$$

すなわち、第 1 の時期に取得されたモータ 21 の回転角速度 m_1 と、第 2 の時期に取得されたモータ 21 の回転角速度 m_2 との値が一致するとき、第 1 の時期の第 1 逆起電圧定数 K_{e1} と各時期の誘起電圧 E の比に基づいて第 2 の時期の第 2 逆起電圧定数 K_{e2} を算出することができる。

【0066】

ブラシ付きモータ 21 の場合では、モータ 21 の回転角速度 m の実際の値を取得することができない。また、一般的に、モータ 21 の誘起電圧 E の実際の値を取得することもできない。そこで、(6) 式のパラメータ、すなわちモータ 21 の回転角速度 m と誘起電圧 E とを次のように置き換える。

【0067】

モータ 21 の回転角速度 m と操舵角速度 s とは相関関係にあるため、モータ 21 の回転角速度 m に代えて操舵角速度 s を用いる。また、誘起電圧 E に代えて、外乱オブザーバにより算出される推定誘起電圧 E_X を用いる。外乱オブザーバによれば、推定誘起電圧 E_X を精確に算出することができるため、この置き換えによる誤差は小さい。

【0068】

以上のようにして、上記(4)式が導かれる。

(4) 式により新たに算出された逆起電圧定数 K_e は、最新の逆起電圧定数 K_e の値として記憶される。そして、最新の逆起電圧定数 K_e がモータ 21 の推定回転角速度 m_a のために用いられる。

【0069】

図 3 の (c) 逆起電圧定数 K_e のグラフを参照して、逆起電圧定数 K_e の更新について説明する。

第 1 の時刻 t_1 のとき操舵角速度 s が第 1 条件～第 3 条件を満たす。このとき、第 1 逆起電圧定数 K_{e1} が算出される。そして、第 1 逆起電圧定数 K_{e1} が新たな逆起電圧定数 K_e として記憶される。

【0070】

第 2 の時刻 t_2 のとき操舵角速度 s が第 1 条件～第 3 条件を満たす。このとき、第 2 推定誘起電圧 E_{X2} が算出される。そして、前回操舵角速度 s が第 1 条件～第 3 条件を満たすときの第 1 推定誘起電圧 E_{X1} が参照され、(4) 式に基づいて新たに第 2 逆起電圧定数 K_{e2} が算出される。そして、第 2 逆起電圧定数 K_{e2} が新たな逆起電圧定数 K_e として記憶される。

【0071】

次に、(4) 式に基づいて新たに逆起電圧定数 K_e を算出することの作用効果について、説明する。

従来、ブラシ付きのモータ 21 すなわち回転角速度検出装置(レゾルバ)が付けられていないモータ 21 について、そのモータ 21 の回転角速度 m を算出するために上記(1)式に示すモータ方程式を用いていた。そして、逆起電圧定数 K_e として固定値を用いていた。

【0072】

しかし、モータ 21 の回転角速度 m を精確に求めるためには逆起電圧定数 K_e について補正する必要があることが判明した。すなわち、逆起電圧定数 K_e は、温度およびモータ

10

20

30

40

50

タ 2 1 の構成要素の磨耗等により変化することが明らかとなり、逆起電圧定数 K_e の変化は、回転角速度 m を精確に算出するためには無視することができない大きさにあることが判明した。

【 0 0 7 3 】

そこで、モータ 2 1 の実際の物理量に基づいて逆起電圧定数 K_e を算出する。

具体的には、上記の (4) 式により逆起電圧定数 K_e を算出する。そして、この値が、モータ 2 1 の推定回転角速度 m_a の算出のために用いられる。このため、推定回転角速度 m_a は、モータ 2 1 の状態に応じた逆起電圧定数 K_e に基づいて算出されることとなるため、精度が高くなる。すなわち、推定回転角速度 m_a と実際の回転角速度 m との差が小さくなる。これにより、推定回転角速度 m_a に基づく操舵トルクシフト制御の制御精度が高くなるため、ステアリング操作のフィーリングが向上する。

10

【 0 0 7 4 】

更に、逆起電圧定数 K_e の算出のために用いる推定誘起電圧 E_X について、上記に示したように、第 1 ~ 第 3 条件を満たすことを要件としている。

すなわち、第 1 条件、すなわち操舵角速度 s の絶対値が閾値 H_A よりも大きいとき、推定誘起電圧 E_X に含まれる誤差比率が小さくなるとき、逆起電圧定数 K_e を算出するため、逆起電圧定数 K_e の精度が高くなる。

【 0 0 7 5 】

また、第 2 条件、すなわち操舵角速度 s の変化量 (変化率) の絶対値が判定変化量 H_B よりも小さいとき、推定誘起電圧 E_X を算出するため、操舵角速度 s に対する推定誘起電圧 E_X のばらつきが小さくなる。そして、この推定誘起電圧 E_X に基づいて逆起電圧定数 K_e を算出するため、逆起電圧定数 K_e の精度が高くなる。

20

【 0 0 7 6 】

すなわち、第 1 条件および第 2 条件の成立を要件としなくて推定誘起電圧 E_X を算出する場合と比べて、推定誘起電圧 E_X の精度が向上する。このため、より精確な逆起電圧定数 K_e を算出することができる。

【 0 0 7 7 】

第 3 条件によれば次の効果がある。

第 3 条件によれば、モータ 2 1 が略同じ運動条件下にあるとき、すなわち前回推定誘起電圧 E_X を算出するときの操舵角速度 s_1 と今回推定誘起電圧 E_X を算出するときの操舵角速度 s_2 とが近いとき (s_1 と s_2 との差の絶対値が設定値 D_S よりも小さいとき)、推定誘起電圧 E_X を算出する。そして、(4) 式に示されるように、モータ 2 1 が略同じ運動条件下において算出された 2 つの推定誘起電圧 E_X の比に基づいて逆起電圧定数 K_e を算出する。

30

【 0 0 7 8 】

モータ 2 1 が異なる運動条件下で算出した 2 つの推定誘起電圧 E_X の比に基づいて逆起電圧定数 K_e を算出する場合は、推定誘起電圧 E_X 以外のパラメータの逆起電圧定数 K_e に対する寄与を考慮する必要がある。この点、第 3 条件によれば、このような推定誘起電圧 E_X 以外のパラメータの寄与について殆ど考慮する必要がなくなるため、より精確な逆起電圧定数 K_e を算出することが可能となる。

40

【 0 0 7 9 】

(変形例)

逆起電圧定数 K_e の算出方法の変形例を説明する。

上記説明した例では、上記 (4) 式により新たな逆起電圧定数 K_e を算出する。

【 0 0 8 0 】

この式を用いるとき、操舵角速度 s_1 と操舵角速度 s_2 との差の絶対値が設定値 D_S よりも小さいとき、これらの操舵角速度 s に対応する第 1 推定誘起電圧 E_{X1} および第 2 推定誘起電圧 E_{X2} を用いて逆起電圧定数 K_e を算出する。すなわち、操舵角速度 s_1 と操舵角速度 s_2 との差の絶対値が設定値 D_S よりも小さくなったとき、逆起電圧定数 K_e が更新されるようになっている。

50

【 0 0 8 1 】

これに対し、本変形例では、操舵角速度 s_1 と操舵角速度 s_2 との差の絶対値が設定値 DS よりも小さいことを条件としないで逆起電圧定数 K_e を算出する。

一般的に、(5)式、すなわち(51)式および(52)式が成立する。ここで、(51)式と(52)式とを左辺同士および右辺同士除算する。これにより、以下の(7)式が成立する。

【 0 0 8 2 】

$$K_{e2} = (E_2 / E_1) \times (m_1 / m_2) \times K_{e1} \dots (7)$$

そして、上記と同様に、「誘起電圧 E 」に代えて「推定誘起電圧 E_X 」を用いる。また、モータ21の回転角速度 m と操舵角速度 s は相関関係にあるため、「 m_1 / m_2 」に代えて「 s_1 / s_2 」を用いる。

【 0 0 8 3 】

このようにして、以下の式が成立する。

$$K_{e2} = (E_{X2} / E_{X1}) \times (s_1 / s_2) \times K_{e1} \dots (8)$$

すなわち、新たに算出される第2逆起電圧定数 K_{e2} は、操舵角速度 s_1 と、操舵角速度 s_2 と、操舵角速度 s_1 のときの第1推定誘起電圧 E_{X1} と、操舵角速度 s_2 のときの第2推定誘起電圧 E_{X2} と、前回に算出された第1逆起電圧定数 K_{e1} とに基づいて算出される。

【 0 0 8 4 】

なお、式(8)を用いて逆起電圧定数 K_e を算出する場合であっても、操舵角速度 s_1 と操舵角速度 s_2 との差の絶対値が所定の設定値 DS_a より小さくすることが好ましいと考えられる。操舵角速度 s_1 と操舵角速度 s_2 との差の絶対値が大きいときは、モータ21の運動状態が異なるため、推定誘起電圧 E_X および操舵角速度 s 以外のパラメータの逆起電圧定数 K_e に対する寄与が影響すると考えられるためである。

【 0 0 8 5 】

本実施形態によれば以下の作用効果を奏することができる。

(1) 本実施形態では、操舵角速度 s と推定誘起電圧 E_X とに基づいて逆起電圧定数 K_e を算出する。

【 0 0 8 6 】

逆起電圧定数 K_e は誘起電圧 E とモータ21の回転角速度 m とに基づく値であるため、モータ21の回転角速度 m に対応する操舵角速度 s と推定誘起電圧 E_X とに基づいて逆起電圧定数 K_e を算出することができる。

【 0 0 8 7 】

すなわち、逆起電圧定数 K_e を固定値とするのではなく、実際のモータ21に基づくパラメータを用いて逆起電圧定数 K_e を算出しているため、実際の逆起電圧定数 K_e と、推定回転角速度 m_a の算出のときに用いられる逆起電圧定数 K_e との差の絶対値を小さくすることができる。

【 0 0 8 8 】

そして、このようにして求めた逆起電圧定数 K_e に基づいて推定回転角速度 m_a を算出するため、推定回転角速度 m_a と実際の回転角速度 m との差の絶対値が大きくなる頻度を少なくすることができ、この結果、推定回転角速度 m_a に基づいて行われる各種制御の制御精度を向上させることができる。

【 0 0 8 9 】

(2) 本実施形態では、第1推定誘起電圧 E_{X1} に対する第2推定誘起電圧 E_{X2} との比と第1逆起電圧定数 K_{e1} とに基づいて第2逆起電圧定数 K_{e2} を算出する。

この構成によれば、推定誘起電圧 E_X の変化度合いに対応させて新たに逆起電圧定数 K_e を算出する。すなわち、所定条件下における推定誘起電圧 E_X の変化度合いを逆起電圧定数 K_e に反映させることができるため、実際の逆起電圧定数 K_e と、推定回転角速度 m_a を算出するときに用いられる逆起電圧定数 K_e との差の絶対値が大きくなることを抑制することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 0 】

(3) 本実施形態では、図 3 および図 4 に示すように、操舵角速度 s の絶対値が閾値 $H A$ よりも大きいとき推定誘起電圧 $E X$ を算出する。

モータ 2 1 の回転角速度 m が小さくなると、誘起電圧 (推定誘起電圧 $E X$) の値も小さくなる。一方、推定誘起電圧 $E X$ とモータ 2 1 の実際の誘起電圧 E との間には誤差がある。

【 0 0 9 1 】

推定誘起電圧 $E X$ が小さいとき、推定誘起電圧 $E X$ の絶対値に対して誤差の比率が大きくなるため、この推定誘起電圧 $E X$ に基づいて逆起電圧定数 $K e$ を算出すると、推定誘起電圧 $E X$ の絶対値が大きいときに逆起電圧定数 $K e$ を算出する場合と比べて、逆起電圧定数 $K e$ の精度が低くなる。

10

【 0 0 9 2 】

この点、上記構成によれば、操舵角速度 s の絶対値が閾値 $H A$ よりも大きくなると、すなわち誘起電圧 (推定誘起電圧 $E X$) が大きくなるときの推定誘起電圧 $E X$ に基づいて逆起電圧定数 $K e$ を算出する。これにより、逆起電圧定数 $K e$ の精度を更に向上させることができる。

【 0 0 9 3 】

(4) 本実施形態では、上記 (3) の要件に加えて、操舵角速度 s の変化量の絶対値が判定変化量 $H B$ よりも小さいとき、推定誘起電圧 $E X$ を算出する。これは、以下に示す理由による。

20

【 0 0 9 4 】

所定の操舵角速度 s のときに推定誘起電圧 $E X$ を算出する場合であっても、操舵角速度 s の変化量の絶対値が大きいときに算出された推定誘起電圧 $E X$ と、操舵角速度 s の変化量の絶対値が小さいときに算出された推定誘起電圧 $E X$ とは、推定誘起電圧 $E X$ が異なることがある。

【 0 0 9 5 】

これは、推定誘起電圧 $E X$ を算出する時点と、操舵角速度 s が所定値であると判定された時点との間でタイムラグがあるからである。すなわち、推定誘起電圧 $E X$ を算出するときの条件として、操舵角速度 s の変化量に制限を加えないとき、推定誘起電圧 $E X$ の値がばらつくことがある。

30

【 0 0 9 6 】

この点、上記構成によれば、操舵角速度 s の変化量の絶対値が判定変化量 $H B$ よりも小さいときことを推定誘起電圧 $E X$ の算出条件としているため、推定誘起電圧 $E X$ の算出時における推定誘起電圧 $E X$ のばらつきことを抑制することができる。これにより、逆起電圧定数 $K e$ の精度を向上させることができる。

【 0 0 9 7 】

(5) 本実施形態では、上記 (4) の要件に加えて、更に、前回の操舵角速度 $s 1$ (第 1 操舵角速度) と今回の操舵角速度 $s 2$ (第 2 操舵角速度) との差の絶対値が設定値 $D S$ よりも小さいとき、推定誘起電圧 $E X$ を算出する。

【 0 0 9 8 】

前回の操舵角速度 $s 1$ と今回の操舵角速度 $s 2$ とに差があるとき、変形例に示すように、前回の操舵角速度 $s 1$ と今回の操舵角速度 $s 2$ との比、および第 1 推定誘起電圧 $E X 1$ と第 2 推定誘起電圧 $E X 2$ の比に基づいて、新たな逆起電圧定数 $K e$ を算出することができる。

40

【 0 0 9 9 】

一方、上記構成によれば、前回の操舵角速度 $s 1$ と今回の操舵角速度 $s 2$ との差の絶対値が設定値 $D S$ よりも小さいことを推定誘起電圧 $E X$ の算出条件としているため、逆起電圧定数 $K e$ の計算を簡易なものとすることができる。

【 0 1 0 0 】

(6) 本実施形態では、逆起電圧定数 $K e$ を算出するためには、(5) 式によれば、パ

50

ラメータとしてモータ21の実際の回転角速度 m を必要とするが、これに代えて、上記構成では、モータ21の回転角速度 m に代わる対応回転角速度として、操舵角速度 s を用いている。

【0101】

操舵角速度 s は、モータ21の回転角速度 m と相関関係にある。操舵角速度 s に代えて、これら以外にも例えば転舵輪3の転舵速度等を用いることも考えられるが、モータ21と転舵輪3との間に介在する機械要素の数が、モータ21とステアリング2との間に介在する機械的要素の数よりも多くなる場合は、転舵輪3の転舵速度とモータ21の回転角速度 m との相関性が低下する。すなわち、操舵角速度 s とモータ21の回転角速度 m との相関関係は、モータ21から離れた位置にある操舵系部品の転舵速度とモータ21の回転角速度 m との相関関係に比べ、高い。

10

【0102】

このため、上記構成によれば、モータ21から離れた位置にある操舵系部品の転舵速度を対応回転角速度として用いる場合と比べて、逆起電圧定数 K_e を正確に算出することができる。

【0103】

(その他の実施形態)

なお、本発明の実施態様は上記実施形態にて例示した態様に限られるものではなく、これを例えば以下に示すように変更して実施することもできる。また以下の各変形例は、上記実施形態についてのみ適用されるものではなく、異なる変形例同士を互いに組み合わせ

20

【0104】

・上記実施形態では、モータ抵抗 R_m を固定値としているが、モータ抵抗 R_m とモータ電流 I_m との間に相関性があるため、モータ電流 I_m に基づいてモータ抵抗 R_m の値を補正してもよい。具体的には、モータ抵抗 R_m とモータ電流 I_m との関係を示すマップを予め設定し、このマップに基づいてモータ抵抗 R_m を補正する。この構成によれば、更に、モータ21の回転角速度 m を正確に算出することができる。

【0105】

・上記実施形態では、上記外乱オブザーバを用いて推定誘起電圧 E_X を算出するが、外乱オブザーバは上記(2)式および(3)式に基づく構成に限定されない。すなわち、推定誘起電圧 E_X を外乱要素としてみなしてモータ方程式をモデル化して導かれる外乱オブザーバであれば、推定誘起電圧 E_X を算出する算出方法として当該外乱オブザーバを採用することができる。

30

【0106】

・上記実施形態では、推定誘起電圧 E_X の算出するための第1条件～第3条件を設けている。そして、操舵角速度 s をパラメータとして第1条件～第3条件の成否を判定している。

【0107】

第1条件～第3条件の成否を判定するためのパラメータとしては、操舵角速度 s 以外の物理量を用いることができる。すなわち、推定誘起電圧 E_X の算出するための条件のパラメータは、モータ21の回転角速度 m と相関関係にあるものを用いることができる。

40

【0108】

例えば、操舵角速度 s に代えて、ラック軸13の移動量(運動量)を用いることができる。ラック軸13の移動量は、モータ21の回転角速度 m と相関関係にあるため、ラック軸13の移動量をパラメータとして用いても、逆起電圧定数 K_e を正確に算出するために必要な推定誘起電圧 E_X を得ることができる。また、ラック軸13の移動量のほか、例えば、減速機構22のギア回転速度、または推定回転角速度 m_a を用いることができる。

【0109】

・上記実施形態では、逆起電圧定数 K_e の算出式として(4)式および(8)式を挙げ

50

ているが、実際の逆起電圧定数 K_e の値に近似させるために、これらの式を所定の係数で補正してもよい。

【0110】

・上記実施形態では、EPSアクチュエータ20のモータ21としてブラシ付きモータを備えた電動パワーステアリング装置1に本発明を適用しているが、EPSアクチュエータ20のモータ21としてブラシレスモータを備えた電動パワーステアリング装置1に本発明を適用することもできる。

【0111】

・上記実施形態では、コラム型の電動パワーステアリング装置1に本発明を適用したが、ピニオン型およびラックアシスト型の電動パワーステアリング装置1に対して本発明を適用することもできる。この場合にも、上記実施形態に準じた構成を採用することにより、同実施形態の効果に準じた効果が得られる。

10

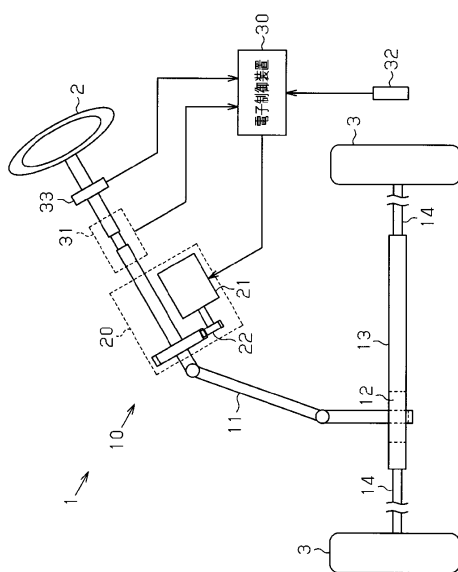
【符号の説明】

【0112】

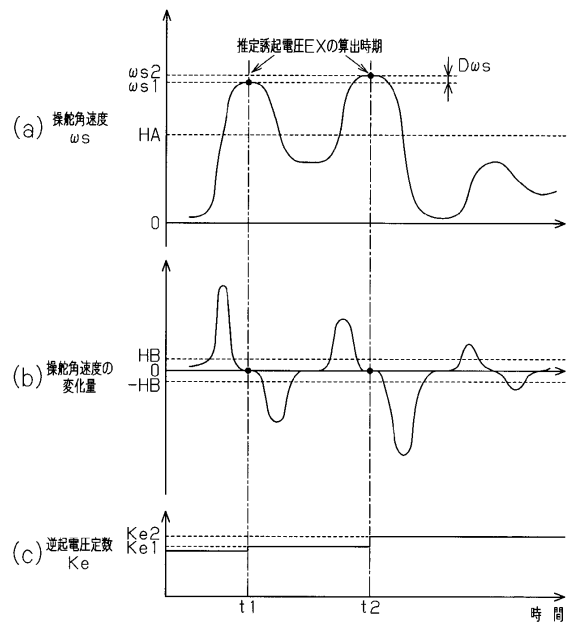
1...電動パワーステアリング装置、2...ステアリング、3...転舵輪、10...操舵角伝達機構(操舵系)、11...ステアリングシャフト、12...ラックアンドピニオン機構、13...ラック軸、14...タイロッド、20...EPSアクチュエータ、21...モータ、22...減速機構、30...電子制御装置、31...トルクセンサ、32...車速センサ、33...ステアリングセンサ、40...モータ制御装置、50...駆動回路、51...電圧センサ、52...電流センサ、60...電流指令値演算部、61...基本アシスト演算部、62...トルクシフト演算部、70...フィードバック補正部、80...モータ制御信号出力部、90...回転角速度演算部、100...逆起電圧定数更新部、110...操舵角速度演算部、120...誘起電圧演算部、130...逆起電圧定数演算部。

20

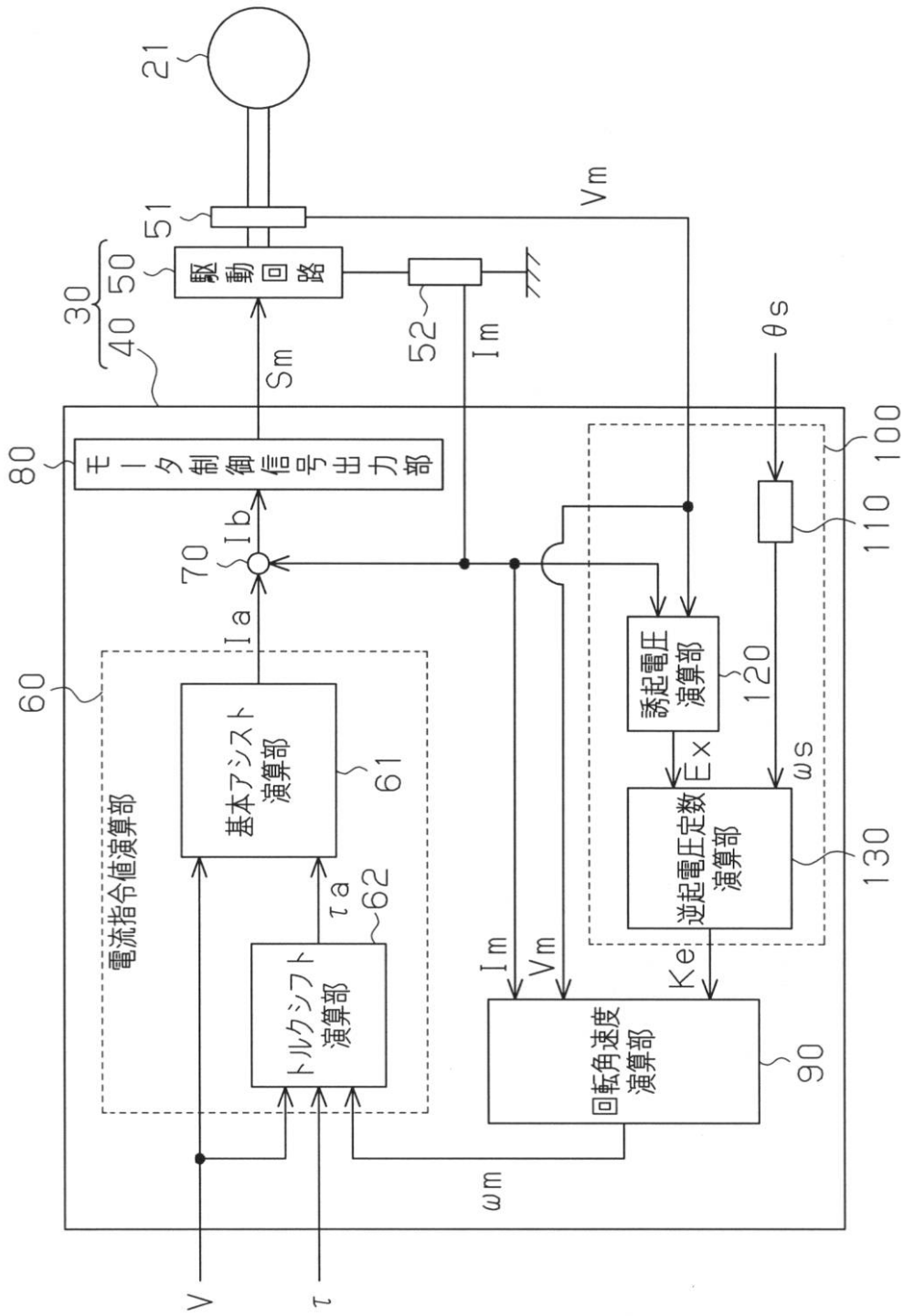
【図1】



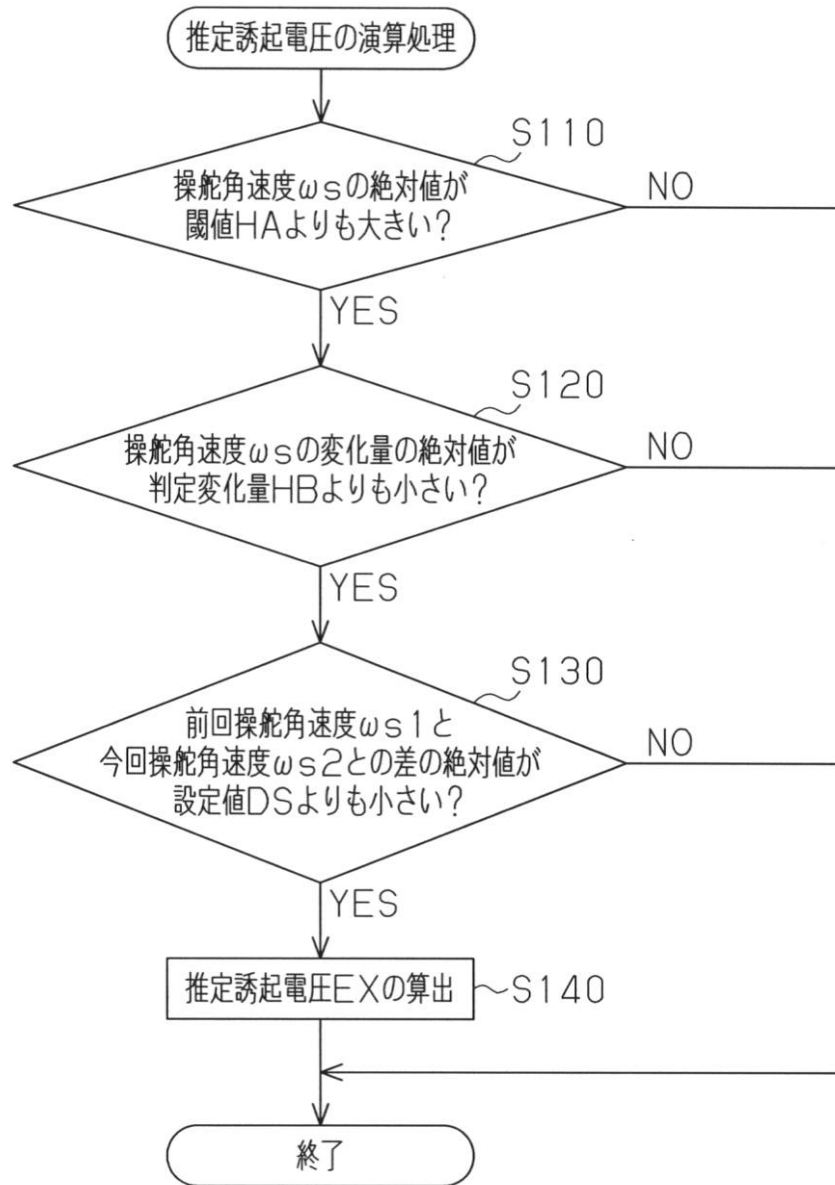
【図3】



【図2】



【図4】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2011-87402(JP,A)
特開2009-240125(JP,A)
特開2004-236383(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B62D 6/00
B62D 5/04
B62D 101/00
B62D 117/00
B62D 119/00