

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5131432号
(P5131432)

(45) 発行日 平成25年1月30日(2013.1.30)

(24) 登録日 平成24年11月16日(2012.11.16)

(51) Int. Cl.		F I		
HO2P 21/00	(2006.01)	HO2P	5/408	C
HO2P 27/04	(2006.01)	HO2P	7/63	303V
HO2P 27/06	(2006.01)	HO2P	6/02	371H
HO2P 6/08	(2006.01)	B62D	5/04	
B62D 5/04	(2006.01)			

請求項の数 1 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2007-29764 (P2007-29764)	(73) 特許権者	000001247 株式会社ジェイテクト
(22) 出願日	平成19年2月8日(2007.2.8)		大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
(65) 公開番号	特開2008-199712 (P2008-199712A)	(74) 代理人	100095429 弁理士 根本 進
(43) 公開日	平成20年8月28日(2008.8.28)	(72) 発明者	上田 武史 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
審査請求日	平成22年1月28日(2010.1.28)	(72) 発明者	須増 寛 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	長瀬 茂樹 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】 モータ用制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

モータへの電力供給ラインに配置されるスイッチング素子を制御信号により開閉することで、前記モータの出力を制御するモータ用制御装置であって、
 前記モータの目標出力に対応する電流指令値を求める電流指令値決定部と、
 前記電流指令値に対応する前記モータへの目標印加電圧値の演算部と、
 前記スイッチング素子の開閉により生じる電力損失に対応する予め求めた等価抵抗に対応する値と、前記スイッチング素子に流れる電流の値と、前記スイッチング素子に印加される電圧の値との間の関係を記憶する記憶部と、
 前記スイッチング素子に流れる電流の値として、前記モータの電機子を構成する3相コイルそれぞれに流れる電流の値であるU相電流値、V相電流値およびW相電流値を求める電流決定部と、
 前記スイッチング素子に印加される電圧の値を求める電圧決定部と、
 前記モータのロータの回転位置を求める回転位置決定部と、
 前記回転位置に基づいて前記ロータの角速度を演算する演算部と、
 前記ロータの有する界磁の磁束方向に沿う軸をd軸、前記d軸と前記ロータの回転軸とに直交する軸をq軸として、前記U相電流値、V相電流値、W相電流値および前記回転位置に基づいて、d軸電流値とq軸電流値を演算する相電流座標変換部と、
 前記目標印加電圧値に、前記等価抵抗に対応する値と前記スイッチング素子に流れる電流の値から定まる電圧降下値を加えることで電圧指令値を求める演算部と、

10

20

前記電圧指令値に応じて前記制御信号を生成する信号生成部とを備え、
 前記モータの出力として3相ブラシレスモータの出力が、前記スイッチング素子により構成されるインバータ回路を介してオープンループ制御され、
 前記電流指令値決定部は、前記モータの目標出力に基づいて前記電流指令値としてd軸電流指令値とq軸電流指令値を求めるd-q軸電流指令値演算部を有し、
 前記電圧決定部は、前記スイッチング素子に印加される実際の電圧値を検出する電圧検出器を有し、

前記記憶部に、d軸電流値と前記スイッチング素子に印加される電圧値とd軸等価抵抗値との間の関係、及び、q軸電流値と前記スイッチング素子に印加される電圧値とq軸等価抵抗値との間の関係が記憶され、

10

前記電圧検出器により検出される実際の電圧値と前記相電流座標変換部により求められる前記d軸電流値と前記q軸電流値に基づき、前記記憶部から前記d軸等価抵抗値と前記q軸等価抵抗値が読み出され、

前記目標印加電圧値として、以下の式(1)、(2)から、d軸目標印加電圧値 V_d とq軸目標印加電圧値 V_q が求められ、

$$V_d = (R + PL_d) \cdot I_d^* - \omega \cdot L_q \cdot I_q^* \dots (1)$$

$$V_q = (R + PL_q) \cdot I_q^* + \omega \cdot L_d \cdot I_d^* + \dots (2)$$

前記電圧降下値として、以下の式(3)、(4)から、d軸電圧降下値 $V_{d\downarrow}$ とq軸電圧降下値 $V_{q\downarrow}$ が求められ、

$$V_{d\downarrow} = R_d \cdot I_d \dots (3)$$

$$V_{q\downarrow} = R_q \cdot I_q \dots (4)$$

20

前記電圧指令値として、以下の式(5)、(6)から、d軸電圧指令値 V_d^* とq軸電圧指令値 V_q^* が求められ、

$$V_d^* = V_d + V_{d\downarrow} \dots (5)$$

$$V_q^* = V_q + V_{q\downarrow} \dots (6)$$

式(1)~(6)において、 R_d は前記記憶部から読み出されたd軸等価抵抗値、 R_q は前記記憶部から読み出されたq軸等価抵抗値、 I_d はd軸電流値、 I_q はq軸電流値、 R は予め求められた前記3相コイルの抵抗、 P は微分演算子、 L_d は予め求められた前記3相コイルのd軸自己インダクタンス、 L_q は予め求められた前記3相コイルのq軸自己インダクタンス、 I_d^* はd軸電流指令値、 I_q^* はq軸電流指令値、 ω は前記ロータの角速度、 ω_m は予め求められた前記3相コイルの鎖交磁束数の最大値の $(3/2)^{1/2}$ であるモータ用制御装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば電動パワーステアリング装置において操舵補助力を発生するために用いられるモータの出力を制御するのに適したモータ用制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

モータへの電力供給ラインに配置されるMOS-FET等のスイッチング素子を備えるモータ用制御装置においては、モータの目標出力に対応する電流指令値を求め、その電流指令値に基づきモータへの目標印加電圧値を演算し、その目標印加電圧値に対応するデューティ比のPWM制御信号を形成し、そのPWM制御信号によりインバータ回路を構成するスイッチング素子を開閉することで、そのモータの出力を制御している(特許文献1参照)。

40

【特許文献1】特開2001-268980号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

モータ用制御装置においては、モータの目標出力と実出力の偏差を低減することが要求

50

される。しかし、その偏差を十分に低減できないために所望の特性を得ることができないという問題がある。特に、モータの出力をオープンループ制御する場合、その問題は顕著になる。本発明は、そのような問題を解決することのできるモータ用制御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】

【0004】

本発明は、モータへの電力供給ラインに配置されるスイッチング素子を制御信号により開閉することで、前記モータの出力を制御するモータ用制御装置であって、前記モータの目標出力に対応する電流指令値を求める電流指令値決定部と、前記電流指令値に対応する前記モータへの目標印加電圧値の演算部と、前記スイッチング素子の開閉により生じる電力損失に対応する予め求めた等価抵抗に対応する値と、前記スイッチング素子に流れる電流の値と、前記スイッチング素子に印加される電圧の値との間の関係を記憶する記憶部と、前記スイッチング素子に流れる電流の値として、前記モータの電機子を構成する3相コイルそれぞれに流れる電流の値であるU相電流値、V相電流値およびW相電流値を求める電流決定部と、前記スイッチング素子に印加される電圧の値を求める電圧決定部と、前記モータのロータの回転位置を求める回転位置決定部と、前記回転位置に基づいて前記ロータの角速度を演算する演算部と、前記ロータの有する界磁の磁束方向に沿う軸をd軸、前記d軸と前記ロータの回転軸とに直交する軸をq軸として、前記U相電流値、V相電流値、W相電流値および前記回転位置に基づいて、d軸電流値とq軸電流値を演算する相電流座標変換部と、前記目標印加電圧値に、前記等価抵抗に対応する値と前記スイッチング素子に流れる電流の値から定まる電圧降下値を加えることで電圧指令値を求める演算部と、前記電圧指令値に応じて前記制御信号を生成する信号生成部とを備える。

本発明は、スイッチング素子の開閉により生じる電力損失が、モータの目標出力と実出力の偏差の原因の一つであることに着目したことに基づく。すなわち図6は、スイッチング素子のON、OFFの動作タイミングとスイッチング素子の電力損失と時間との関係を例示している。従来、そのようなスイッチング素子の開閉により生じる過渡的な電力損失は、モータへの印加電圧に対応する電圧指令値を求める際に何ら考慮されていなかった。そのため、その電力損失によりモータへの印加電圧が降下し、モータの目標出力と実出力の偏差が生じていた。

これに対し本発明によれば、スイッチング素子の開閉により生じる電力損失に対応する等価抵抗に対応する値を予め求めて記憶し、その等価抵抗に対応する値とスイッチング素子に流れる電流の値から定まる電圧降下値を目標印加電圧値に加えることで電圧指令値を求め、その電圧指令値に応じた制御信号によりモータの出力を制御している。これにより、スイッチング素子の開閉により生じる電力損失に基づく電圧降下を補償し、モータの目標出力と実出力の偏差を低減できる。

【0005】

また、スイッチング素子の開閉により生じる電力損失は、スイッチング素子に流れる電流の値とスイッチング素子に印加される電圧の値に応じて変化することから、電圧指令値を求める際に用いる等価抵抗に対応する値を、その電流の値と電圧の値に対応する値とすることで、モータの目標出力と実出力の偏差をより低減できる。

【0006】

さらに本発明においては、前記モータの出力として3相ブラシレスモータの出力が、前記スイッチング素子により構成されるインバータ回路を介してオープンループ制御され、前記電流指令値決定部は、前記モータの目標出力に基づいて前記電流指令値としてd軸電流指令値とq軸電流指令値を求めるdq軸電流指令値演算部を有し、前記電圧決定部は、前記スイッチング素子に印加される実際の電圧値を検出する電圧検出器を有し、前記記憶部に、d軸電流値と前記スイッチング素子に印加される電圧値とd軸等価抵抗値との間の関係、及び、q軸電流値と前記スイッチング素子に印加される電圧値とq軸等価抵抗値との間の関係が記憶され、前記電圧検出器により検出される実際の電圧値と前記相電流座標変換部により求められる前記d軸電流値と前記q軸電流値に基づき、前記記憶部から前記

d軸等価抵抗値と前記q軸等価抵抗値が読み出され、前記目標印加電圧値として、以下の式(1)、(2)から、d軸目標印加電圧値 V_d とq軸目標印加電圧値 V_q が求められ、

$$V_d = (R + PL_d) \cdot I_d^* - \omega \cdot L_q \cdot I_q^* \dots (1)$$

$$V_q = (R + PL_q) \cdot I_q^* - \omega \cdot L_d \cdot I_d^* + \dots (2)$$

前記電圧降下値として、以下の式(3)、(4)から、d軸電圧降下値 V_d とq軸電圧降下値 V_q が求められ、

$$V_d = R_d \cdot I_d \dots (3)$$

$$V_q = R_q \cdot I_q \dots (4)$$

前記電圧指令値として、以下の式(5)、(6)から、d軸電圧指令値 V_d^* とq軸電圧指令値 V_q^* が求められる。

$$V_d^* = V_d + V_d \dots (5)$$

$$V_q^* = V_q + V_q \dots (6)$$

式(1)~(6)において、 R_d は前記記憶部から読み出されたd軸等価抵抗値、 R_q は前記記憶部から読み出されたq軸等価抵抗値、 I_d はd軸電流値、 I_q はq軸電流値、 R は予め求められた前記3相コイルの抵抗、 P は微分演算子、 L_d は予め求められた前記3相コイルのd軸自己インダクタンス、 L_q は予め求められた前記3相コイルのq軸自己インダクタンス、 I_d^* はd軸電流指令値、 I_q^* はq軸電流指令値、 ω は前記ロータの角速度、 ω は予め求められた前記3相コイルの鎖交磁束数の最大値の $(3/2)^{1/2}$ である。

これにより、インバータ回路を介してオープンループ制御される3相ブラシレスモータの目標出力と実出力の偏差を低減できる。

【発明の効果】

【0007】

本発明のモータ用制御装置によれば、モータの目標出力と実出力の偏差を低減し、モータ性能を十分に発揮できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

図1に示す本発明の実施形態の車両用ラックピニオン式電動パワーステアリング装置101は、操舵により回転するステアリングシャフト103と、ステアリングシャフト103に設けられるピニオン103aと、ピニオン103aに噛み合うラック104と、操舵補助力発生用の三相ブラシレスモータ1と、モータ1の出力をラック104に伝達するネジ機構110とを備える。ラック104の両端は車輪(図示省略)に連結される。操舵によるピニオン103aの回転により、ラック104が車両幅方向に沿って移動し、このラック104の移動により舵角が変化する。

【0009】

モータ1は、ラック104を覆うハウジング108に固定されるステータ1aと、ハウジング108によりベアリング108a、108bを介して回転可能に支持される筒状ロータ1bと、ロータ1bに設けられる界磁としてのマグネット1cとを有する。ステータ1aは、モータ1の電機子巻線を構成するU相コイル、V相コイルおよびW相コイルを有する。ロータ1bはラック104を囲む。ロータ1bの回転位置を求める回転位置決定部がレゾルバ2により構成され、レゾルバ2はステータ側の基準位置に対するロータ1bの回転角を回転位置として出力する。

【0010】

ネジ機構110は、ラック104の外周に一体的に形成されたボールスクリーシャフト110aと、ボールスクリーシャフト110aにボールを介してねじ合わされるボールナット110bとを有する。ボールナット110bはロータ1bに連結されている。これにより、モータ1がボールナット110bを回転させることで、ラック104の長手方向に沿って操舵補助力が付与される。モータ1は制御装置10に接続される。

【0011】

図2は実施形態の制御装置10の機能ブロック図である。制御装置10に、レゾルバ2

10

20

30

40

50

、ステアリングシャフト 103 により伝達される操舵トルクを検出するトルクセンサ 7、車速を検出する車速センサ 8 が接続される。制御装置 10 は、電流決定部 11、信号処理部 12、および駆動部 13 を有する。駆動部 13 は、モータ 1 への電力供給ラインに配置されるスイッチング素子として一対の U 相用 MOS - FET 13u1、13u2、一対の V 相用 MOS - FET 13v1、13v2、および一対の W 相用 MOS - FET 13w1、13w2 を有する。FET 13u1、13u2、13v1、13v2、13w1、13w2 はインバータ回路を構成し、PWM 制御信号により開閉されることでモータ 10 の出力がインバータ回路を介してオープンループ制御される。

【0012】

電流決定部 11 は、FET 13u1、13u2、13v1、13v2、13w1、13w2 に流れる実際の電流の値として、3 相コイルそれぞれに流れる電流の値である U 相電流値 I_u 、V 相電流値 I_v および W 相電流値 I_w を求める。本実施形態の電流決定部 11 は、電流検出器 11u、11v、11w と、電流検出器 11u、11v、11w による電流検出信号を AD 変換する AD 変換器 11u、11v、11w を有する。各電流検出器 11u、11v、11w は電流検出用抵抗 と検出回路 を有する。各電流検出用抵抗 は各下アーム FET 13u2、FET 13v2、FET 13w2 と接地端との間に配置される。各検出回路 は電流検出信号を出力するために電流検出用抵抗 を流れる電流を増幅する。

なお、電流決定部 11 の構成は、FET 13u1、13u2、13v1、13v2、13w1、13w2 に流れる電流の値を求めることができれば特に限定されない。例えば、電流検出器を上アーム FET 13u1、13v1、13w1 それぞれの上流位置や、上アーム FET 13u1、13v1、13w1 と下アーム FET 13u2、FET 13v2、FET 13w2 との間に配置してもよい。また、3 つの電流検出器 11u、11v、11w を設けるのに代えて、図 2 における 位置または 位置に配置される単一の電流検出用抵抗を有する電流検出器を用い、その電流検出器による検出電流と FET 13u1、13u2、13v1、13v2、13w1、13w2 の開閉タイミングとから各相電流値 I_u 、 I_v 、 I_w を演算により求めるようにしてもよい。あるいは、3 相の中の 1 相あるいは二相の相電流値を電流検出器により求め、残りの相電流値を演算により求めてもよい。

【0013】

信号処理部 12 は、制御プログラムを記憶するコンピュータにより構成され、基本目標電流演算部 15、dq 軸電流指令値演算部 50、相電流座標変換部 51、dq 軸電圧指令値演算部 52、電圧決定部 53、電圧座標変換部 54、記憶部 55、三相のコイルそれぞれに対応する PWM (パルス幅変調) 制御部 18u、18v、18w を有する。記憶部 55 は、制御プログラムを記憶する記憶装置の一部により構成してもよいし、その記憶装置とは別の記憶装置により構成してもよい。

【0014】

基本目標電流演算部 15 において、トルクセンサ 7 により検知される操舵トルクと、車速センサ 8 により検出される車速に基づいて、モータ 1 の目標出力に対応する基本目標電流値 I^* が演算される。基本目標電流値 I^* の演算は公知の方法で行うことができ、例えば、操舵トルクの大きさが大きく、車速が小さい程に基本目標電流値 I^* は大きくされる。なお、基本目標電流値 I^* の求め方は特に限定されず、任意の方法で求めればよい。

【0015】

基本目標電流演算部 15 において演算された基本目標電流値 I^* は dq 軸電流指令値演算部 50 に入力される。dq 軸電流指令値演算部 50 は、基本目標電流値 I^* に基づいて電流指令値として d 軸電流指令値 I_d^* と q 軸電流指令値 I_q^* を求める。すなわち、ロータ 1b の有する界磁 (マグネット 1c) の磁束方向に沿う軸を d 軸、d 軸とロータ 1b の回転軸とに直交する軸を q 軸として、dq 座標において d 軸方向の磁界を生成するための d 軸電流指令値 I_d^* と、q 軸方向の磁界を生成するための q 軸電流指令値 I_q^* が演算される。q 軸電流指令値 I_q^* がモータ 1 の目標出力トルクに対応するものとされる。dq 軸電流指令値演算部 50 における演算は公知の演算式を用いて行うことができる。こ

10

20

30

40

50

れにより、本実施形態では基本目標電流演算部 15 と d q 軸電流指令値演算部 50 が、モータ 1 の目標出力に対応する電流指令値を求める電流指令値決定部として機能する。なお、電流指令値決定部の構成は、モータ 1 の目標出力に対応する電流指令値を求めるものであれば特に限定されず、例えば電流指令値として一定の値を設定するものでもよい。

【0016】

相電流座標変換部 51 は、電流決定部 11 により求められた相電流値 I_u 、 I_v 、 I_w とレゾルバ 2 により検出されたロータ 1b の回転位置とに基づいて、d 軸電流値 I_d と q 軸電流値 I_q を演算する。相電流座標変換部 51 における演算は公知の演算式を用いて行うことができる。

【0017】

電圧決定部 53 は、FET 13u1、13u2、13v1、13v2、13w1、13w2 に印加される実際の電圧の値 V_E を求める。本実施形態の電圧決定部 53 は、図 2 における E1、E2 で示すインバータ回路の接続点間の電圧値 V_E を検出し、検出値に対応する信号を出力する公知の電圧検出器により構成できる。

【0018】

記憶部 55 は、FET 13u1、13u2、13v1、13v2、13w1、13w2 の開閉により生じる電力損失に対応する予め求めた等価抵抗値を記憶する。本実施形態においては、その等価抵抗値として、FET 13u1、13u2、13v1、13v2、13w1、13w2 に流れる実際の電流の値と FET 13u1、13u2、13v1、13v2、13w1、13w2 に印加される実際の電圧の値に対応する値である d 軸等価抵抗値 R_d と q 軸等価抵抗値 R_q が記憶される。図 3 は、FET に流れる電流の値と、FET に印加される電圧の値 V_E と、等価抵抗値との間の関係の一例を示し、このような関係に対応する値が記憶される。すなわち、相電流座標変換部 51 により求められる d 軸電流値 I_d と電圧決定部 53 により求められる電圧値 V_E と d 軸等価抵抗値 R_d との関係が予め求められてテーブルや演算式等の形式で記憶され、また、相電流座標変換部 51 により求められる q 軸電流値 I_q と電圧決定部 53 により求められる電圧値 V_E と q 軸等価抵抗値 R_q との関係が予め求められてテーブルや演算式等の形式で記憶される。

また、上記式(1)、(2)における 3 相コイルの抵抗 R 、d 軸自己インダクタンス L_d 、q 軸自己インダクタンス L_q 、鎖交磁束数の最大値の $(3/2)^{1/2}$ の値が予め求められ、記憶部 55 に記憶される。

【0019】

d q 軸電圧指令値演算部 52 は、電流指令値と式(1)、(2)で表される関係とから定まる目標印加電圧値に、上記等価抵抗値と FET 13u1、13u2、13v1、13v2、13w1、13w2 に流れる電流の値から定まる電圧降下値を加えることで電圧指令値を求める。すなわち d q 軸電圧指令値演算部 52 は、d q 軸電流指令値演算部 50 により求められた d 軸電流指令値 I_d^* および q 軸電流指令値 I_q^* と式(1)、(2)から、目標印加電圧値である d 軸目標印加電圧値 V_d および q 軸目標印加電圧値 V_q を求め、これにより電流指令値に対応するモータ 1 への目標印加電圧値の演算部として機能する。また、d q 軸電圧指令値演算部 52 は、相電流座標変換部 51 により求められる d 軸電流値 I_d と q 軸電流値 I_q と上記式(3)、(4)から電圧降下値として d 軸電圧降下値 V_d と q 軸電圧降下値 V_q を求め、上記式(5)、(6)から電圧指令値として d 軸電圧指令値 V_d^* と q 軸電圧指令値 V_q^* を求める。この際、d q 軸電圧指令値演算部 52 は、レゾルバ 2 から時系列に入力されるロータ 1b の回転位置に基づいて、ロータ 1b の角速度を演算する演算部として機能し、また、d 軸等価抵抗値 R_d と q 軸等価抵抗値 R_q を、電圧決定部 53 により求められる電圧値 V_E と相電流座標変換部 51 により求められる d 軸電流値 I_d と q 軸電流値 I_q に基づき、記憶部 55 から読み出す。

【0020】

本実施形態においては、電圧座標変換部 54 と PWM 制御部 18u、18v、18w が、電圧指令値である d 軸電圧指令値 V_d^* と q 軸電圧指令値 V_q^* に応じて、FET 13u1、13u2、13v1、13v2、13w1、13w2 を開閉する PWM 制御信号を

10

20

30

40

50

生成する信号生成部として機能する。

すなわち、電圧座標変換部 5 4 において、d 軸電圧指令値 V_d^* 、q 軸電圧指令値 V_q^* およびレゾルバ 2 により検出されたロータ 1 b の回転位置に基づいて、U 相電圧指令値 V_u^* 、V 相電圧指令値 V_v^* および W 相電圧指令値 V_w^* が演算される。電圧座標変換部 5 4 における演算は公知の演算式を用いて行うことができる。

PWM 制御部 1 8 u、1 8 v、1 8 w はそれぞれ、各相電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に対応するデューティ比を有するパルス信号である PWM 制御信号を生成する。バッテリー E によりモータ 1 の各相のコイルに印加される電圧が電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* になるように、駆動部 1 3 の各 FET 1 3 u 1、1 3 u 2、1 3 v 1、1 3 v 2、1 3 w 1、1 3 w 2 が PWM 制御信号により開閉される。すなわち、インバータ回路における U 相の上アーム FET 1 3 u 1 のゲートに入力される PWM 制御信号と下アーム FET 1 3 u 2 のゲートに入力される PWM 制御信号は、一方がハイパルスである時は他方がローパルスとされ、一方の立ち下がり時と他方の立ち上がり時との間にデッドタイムが設定される。V 相、W 相においても同様である。これにより、モータの 3 相コイルに目標出力に応じた電圧が印加され、モータが駆動される。

【0021】

図 4 のフローチャートは、実施形態の制御装置 1 0 によるモータ 1 の制御手順を示す。まず、レゾルバ 2、トルクセンサ 7、車速センサ 8、電流検出器 1 1 u、1 1 v、1 1 w、電圧決定部 5 3 による検出値を読み込み（ステップ S 1）、検出された操舵トルクと車速に基づき基本目標電流値 I^* を演算する（ステップ S 2）。その目標電流値 I^* に対応する d 軸電流指令値 I_d^* と q 軸電流指令値 I_q^* を演算し（ステップ S 3）、検出された相電流値 I_u 、 I_v 、 I_w とロータ 1 b の回転位置に対応する d 軸電流値 I_d および q 軸電流値 I_q を演算し（ステップ S 4）、時系列に求められるロータ 1 b の回転位置に基づいてロータ 1 b の角速度 ω を演算する（ステップ S 5）。その演算された d 軸電流値 I_d 、q 軸電流値 I_q および検出された電圧値 V_E に対応する d 軸等価抵抗値 R_d と q 軸等価抵抗値 R_q を記憶部 5 5 から読み出す（ステップ S 6）。次に、演算された d 軸電流指令値 I_d^* 、q 軸電流指令値 I_q^* 、d 軸電流値 I_d 、q 軸電流値 I_q 、角速度 ω 、読み出した d 軸等価抵抗値 R_d 、q 軸等価抵抗値 R_q 、および式 (1) ~ (6) で表される関係から、d 軸電圧指令値 V_d^* と q 軸電圧指令値 V_q^* を演算する（ステップ S 7）。その演算された d 軸電圧指令値 V_d^* と q 軸電圧指令値 V_q^* に対応する U 相電圧指令値 V_u^* 、V 相電圧指令値 V_v^* および W 相電圧指令値 V_w^* を演算する（ステップ S 8）。演算された各相電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に対応する PWM 制御信号を生成し、その PWM 制御により FET 1 3 u 1、1 3 u 2、1 3 v 1、1 3 v 2、1 3 w 1、1 3 w 2 を開閉することでモータ 1 を駆動し（ステップ S 9）、制御を終了するか否かを例えばイグニッションスイッチのオン・オフにより判断し（ステップ S 10）、終了しない場合はステップ S 1 に戻る。

【0022】

上記実施形態によれば、FET 1 3 u 1、1 3 u 2、1 3 v 1、1 3 v 2、1 3 w 1、1 3 w 2 の開閉により生じる電力損失に対応する d 軸等価抵抗値 R_d と q 軸等価抵抗値 R_q を予め求めて記憶し、その d 軸等価抵抗値 R_d と d 軸電流値 I_d から定まる d 軸電圧降下値 V_{d_drop} を d 軸目標印加電圧値 V_d に加えることで d 軸電圧指令値 V_d^* を求め、その q 軸等価抵抗値 R_q と q 軸電流値 I_q から定まる q 軸電圧降下値 V_{q_drop} を q 軸目標印加電圧値 V_q に加えることで q 軸電圧指令値 V_q^* を求め、その電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* に応じた制御信号によりモータ 1 の出力を制御している。よって、FET 1 3 u 1、1 3 u 2、1 3 v 1、1 3 v 2、1 3 w 1、1 3 w 2 の開閉により生じる電力損失に基づく電圧降下を補償し、インバータ回路を介してオープンループ制御される 3 相ブラシレスモータ 1 の目標出力と実出力の偏差を低減できる。さらに、電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* を求める際に用いる等価抵抗値 R_d 、 R_q を FET 1 3 u 1、1 3 u 2、1 3 v 1、1 3 v 2、1 3 w 1、1 3 w 2 に流れる電流の値と FET 1 3 u 1、1 3 u 2、1 3 v 1、1 3 v 2、1 3 w 1、1 3 w 2 に印加される電圧の値に対応する値とすることで、モータ 1 の目標出

10

20

30

40

50

力と実出力の偏差をより低減できる。よって、モータ1の性能を十分に発揮し、電動パワーステアリング装置の性能を向上できる。図5はモータ1の角速度と出力トルクの関係であって、目標印加電圧値 V_d 、 V_q に電圧降下値 V_d 、 V_q を加える上記実施形態の場合の関係は実線で表され、目標印加電圧値 V_d 、 V_q に電圧降下値 V_d 、 V_q を加えない従来例の場合の関係は破線で表され、上記実施形態によれば従来例に比べ出力トルクの低下を防止できることが確認できる。

【0045】

本発明は上記実施形態に限定されない。例えば、本発明の制御装置により制御されるモータの用途は特に限定されない。また、モータの相数や種類も限定されず、ブラシ式モータにも本発明を適用できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】本発明の実施形態に係る電動パワーステアリング装置の部分破断正面図

【図2】本発明の実施形態に係るモータ用制御装置の構成説明図

【図3】FETに流れる電流の値と、FETに印加される電圧の値 V_E と、等価抵抗値との間の関係の一例を示す図

【図4】本発明の実施形態に係るモータ用制御装置による制御手順を示すフローチャート

【図5】本発明の実施形態に係るモータ用制御装置と従来例に係るモータ用制御装置それぞれにより制御されたモータの角速度と出力トルクの関係を示す図

【図6】スイッチング素子のON、OFFの動作タイミングとスイッチング素子の電力損失と時間との関係を例示する図

20

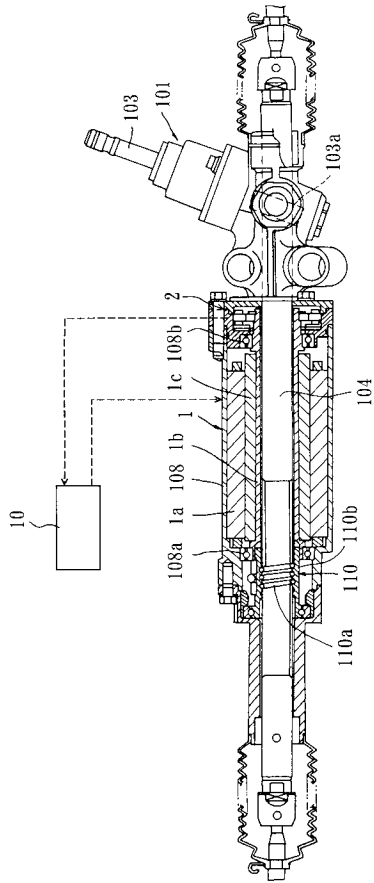
【符号の説明】

【0047】

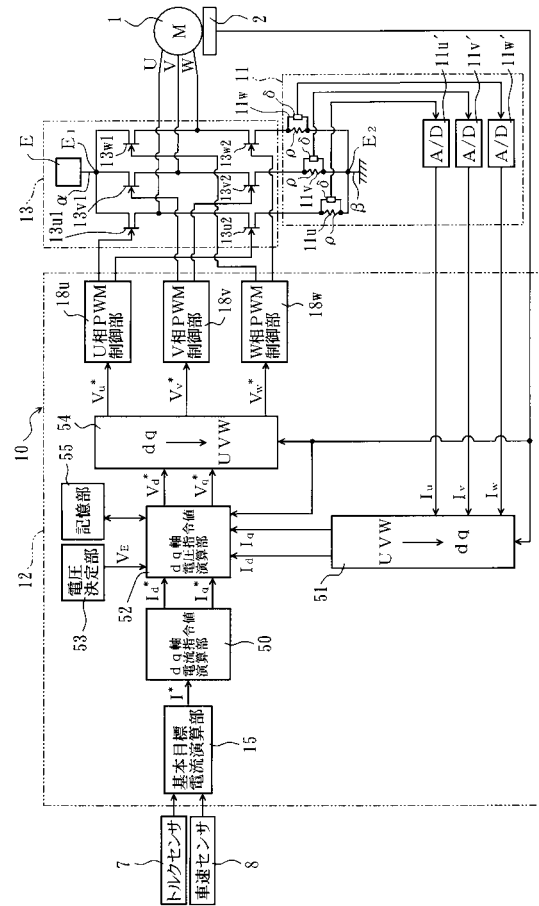
1...3相ブラシレスモータ、1b...ロータ、10...制御装置、11...電流決定部、13u1、13u2、13v1、13v2、13w1、13w2...FET(スイッチング素子)、15...基本目標電流演算部(電流指令値決定部)、18u、18v、18w...PWM制御部(信号生成部)、50...dq軸電流指令値演算部(電流指令値決定部、電圧指令値の演算部)、51...相電流座標変換部、52...dq軸電圧指令値演算部(目標印加電圧値の演算部、角速度の演算部)、53...電圧決定部、54...電圧座標変換部(信号生成部)、55...記憶部、56...降下電圧演算部(目標印加電圧値の演算部)

30

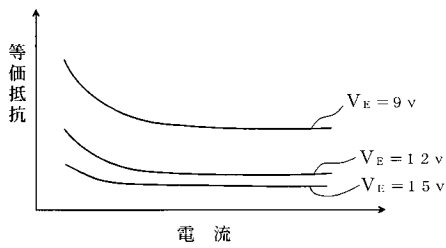
【図1】



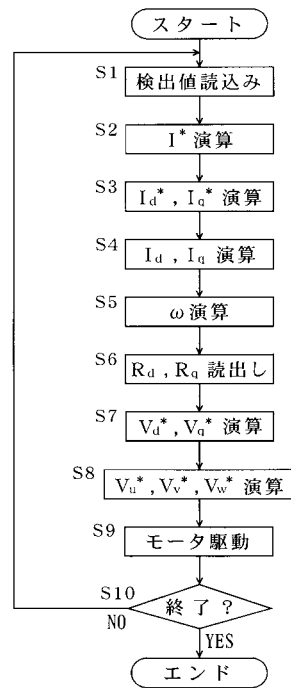
【図2】



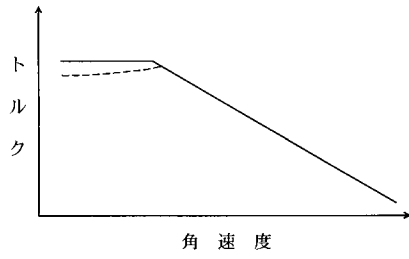
【図3】



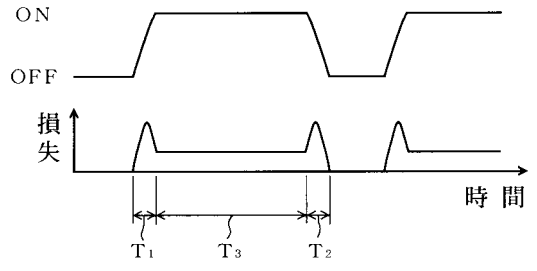
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

審査官 森山 拓哉

- (56)参考文献 特開2004-064948(JP,A)
特開2003-088195(JP,A)
特開2006-166664(JP,A)
特開2006-197712(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 21/00 - 27/18

H02P 6/00 - 6/24