

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3849979号

(P3849979)

(45) 発行日 平成18年11月22日(2006.11.22)

(24) 登録日 平成18年9月8日(2006.9.8)

(51) Int. Cl.		F I			
HO2P	6/08	(2006.01)	HO2P	6/02	351J
B62D	5/04	(2006.01)	B62D	5/04	
HO2P	21/00	(2006.01)	HO2P	5/408	C
HO2P	27/04	(2006.01)			

請求項の数 2 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2002-192882 (P2002-192882)	(73) 特許権者	000005326
(22) 出願日	平成14年7月2日(2002.7.2)		本田技研工業株式会社
(65) 公開番号	特開2004-40883 (P2004-40883A)		東京都港区南青山二丁目1番1号
(43) 公開日	平成16年2月5日(2004.2.5)	(74) 代理人	100064414
審査請求日	平成16年11月2日(2004.11.2)		弁理士 磯野 道造
		(72) 発明者	高木 雅則
			埼玉県和光市中央1丁目4番1号
			株式会社 本田技術研究所内
		(72) 発明者	栗林 隆司
			埼玉県和光市中央1丁目4番1号
			株式会社 本田技術研究所内
		(72) 発明者	米田 篤彦
			埼玉県和光市中央1丁目4番1号
			株式会社 本田技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ステアリング系の操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、  
 前記ステアリング系に操舵補助力を与える電動機と、  
 少なくとも前記操舵トルク検出手段からの操舵トルク検出値に基づいて前記電動機への  
 目標信号のトルク軸成分である q 軸指令電圧を設定する目標信号設定手段と、  
 前記電動機に流れる電動機電流を検出する電動機電流検出手段と、  
 前記電動機電流の前記トルク軸成分である q 軸電動機電流と前記 q 軸指令電圧との偏差  
 に基づいて前記電動機を駆動制御する電動機駆動制御手段とを有し、  
 前記電動機の働きで前記操舵トルクを補助する電動パワーステアリング装置において、  
 q 軸指令電圧が所定値よりも大きいときに、前記電動機電流の界磁軸成分である d 軸電  
 流を変化させることにより界磁を弱める界磁弱め手段を具備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2】

ステアリング系の操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、  
 前記ステアリング系に操舵補助力を与える電動機と、  
 少なくとも前記操舵トルク検出手段からの操舵トルク検出値に基づいて前記電動機への  
 目標電流値を設定する目標電流設定手段と、  
 前記電動機に流れる電動機電流を検出する電動機電流検出手段と、  
 少なくとも前記目標電流と前記電動機電流との偏差に基づいて電動機駆動信号を生成し

20

この電動機駆動信号を前記電動機に送信する電動機駆動制御手段と  
を有し前記電動機の働きで操舵トルクを補助する電動パワーステアリング装置において

前記電動機電流に応じて、前記電動機の界磁を弱める界磁弱め手段を具備することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、自動車の操舵装置に電動機の動力を付与して運転者の操舵力負担を軽減する電動パワーステアリング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

電動パワーステアリング装置は、電動機で操舵トルクに応じた補助トルクを発生させ、この補助トルクをステアリング系に伝達して操舵トルクの軽減を図っている。例えば、図1に電動パワーステアリング装置の構成図を示す。

図1に示されている通り、ステアリングホイール3に一体的に設けられたステアリング軸4は、自在継ぎ手5a、5bを有する連結軸5を介して、ステアリングギヤボックス内にあるラック&ピニオン機構7のピニオン7aと連結され、手動操舵力発生手段2を構成し、ピニオン7aにかみ合うラック歯7bと、これらのかみ合いにより往復運動するラック軸9は、その両端にタイロッド10、10を介して転動輪としての左右前輪W、Wに連結されて、操舵時にはラック&ピニオン式のステアリング系を介して前輪を転動させて車両の方向を変えている。この手動操舵力発生手段2による操舵力を軽減するために補助操舵力を供給する電動機8を設け、操舵トルクTに応じた補助トルクを制御装置12の制御によって発生させ、この補助トルクをラック軸9に伝達してステアリングホイール3の操舵力を軽減する。

【0003】

電動機8の出力特性は、図7、図8に示すように、出力トルク $T_m$ が小さい時には回転速度 $N_m$ が高く、かつ、電流 $I_m$ が小さく、出力トルク $T_m$ が大きい時には回転速度 $N_m$ が低く、かつ、電流 $I_m$ が大きい。ここで、図7はトルクを重視した電動機の出力特性であり、図8は回転速度を重視した電動機の出力特性である。

このため、停止時のステアリング操作（ハンドル据切り）時に良好な操舵力軽減効果を得ようとする、走行中などでステアリング操作ハンドルを早く（素早く）した場合に、ステアリングホイールの動きハンドルが重くなり、操舵フィーリングが低下する場合がある。停止時のハンドル据切り時の電動機出力は、図7の点A1で示すように、出力トルク $T_m$ が大きい回転速度 $N_m$ が小さい。これに対して、走行中などでステアリング操作を早く操舵した場合の電動機に要求される出力は、図7の点A2に示すように、出力トルク $T_m$ は小さい回転速度 $N_m$ は高く、図7の特性を有する電動機では出力不足でこのためにステアリングホイールの動きハンドルが重くなってしまふ。

【0004】

一方、図8に示す特性を有する電動機を用いた場合、走行中などでステアリング操作ハンドルを早く操舵した場合には、図8の点A2に示すように良好な操舵力軽減効果が得られるが、停止時のハンドル据切り時には図8の点A1で示すように、電動機の出力不足により、ステアリングホイールの動きハンドルが重くなって操舵フィーリングが低下してしまふ。

電動パワーステアリング装置において、この点A1と点A2の2つの条件を満たすように考えると、図9のような出力特性を有する大型の電動機が必要になる。電動機が大型化すると、装置の大きさと重量が増加し、省燃費効果を低下させたり、電動機の慣性モーメントが増加し操舵フィーリングを低下させる原因になる。

【0005】

10

20

30

40

50

このような問題を電動機の制御によって解決しようとする公知例として特開2000-279000号公報が知られている。この例では、図10に示すように、電動機に要求される要求出力トルク $T_m$ が小さい時には、界磁弱め電流（界磁を弱める電流）を流して電動機の界磁を弱め、回転速度 $N_m$ を上昇させるようにして、点A1と点A2との要求条件を満たすようにしている。

#### 【0006】

図12に特開2000-279000号公報の制御装置12のブロック図を示す。この制御装置12は、トルク電流変換ブロック131で指令トルク $T_o$ に基づくq軸電流指令値 $i_{qo}$ の演算、電動機電流検出手段114によるモータの各相（例えばu、v相）の電流検出（例えばu、v相の電流 $i_u$ 、 $i_v$ ）、加算器133によるu、v相の電流 $i_u$ 、 $i_v$ に基づくw相電流の計算、dq変換ブロック134による電流値のdq変換、加算器122および加算器124による電流偏差演算、PI制御ブロック125および126による指令電圧値演算、dq逆変換ブロック129によるdq逆変換、PWM変換ブロック130によるPWM制御パターン出力演算、駆動回路113による電動機駆動出力電流の出力、回転センサ132と角度検出ブロック135による回転角度演算を行うようになっている。

10

#### 【0007】

通常、目標値とフィードバック値の偏差演算をCPUで行い、その偏差量に応じた指令値に基づいて制御量を制御している。電流フィードバックループでは、電流は電動機電流検出手段114のカレントトランスフォーマで検出され、その出力は増幅された後、所定の周期でサンプリングされる。そうして、このようにして得られた各相の電流検出値 $i_u$ 、 $i_v$ およびこれらから計算で求められる $i_w$ はdq変換ブロック134でdq変換されて、そのd軸成分およびq軸成分がそれぞれ各軸の目標値になるように制御される。

20

#### 【0008】

負荷電流のd軸成分は界磁電流を意味し、負荷電流のq軸成分はトルク電流を意味する。したがって、出力トルクを制御するために、電流のフィードバック制御は、q軸成分が出力トルクの目標値に等しくなるように制御される。

さらに、この例では、d軸補正電流設定手段138を設けて、図10に示すように、電動機の指令トルク $T_o$ が小さい時には、d軸補正電流 $i_d$ をd軸電流指令値 $i_{do}$ に加算するようにして電動機8に界磁弱め電流を流して電動機8の界磁を弱め、これによって回転速度 $N_m$ を上昇させるようにして、点A1と点A2との要求条件を満たすようにしている。

30

#### 【0009】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、このような特開2000-279000号公報の方法で図10に示すように電動機8を制御した場合、走行中で出力トルク $T_m$ と回転速度 $N_m$ が共に小さく電動機8に対する要求出力が小さい点A3でも、界磁弱め電流が通電されるため、電動機の電流 $I_m$ が増加して省燃費効果を低下させることになってしまう。

また、特開2000-279000号公報の方法では、電動機の指令トルク $T_o$ が小さい時に電動機の界磁を弱め回転速度 $N_m$ を上昇させるように界磁弱め電流を通電するようになっているので、図11の点A4のように電動機が回転速度 $N_m$ の上限で動作している時、さらに早くステアリング操作を操舵しようとする、電動機の回転速度 $N_m$ はこれ以上増加できないので、運転者の操作をアシストすることができない。このような場合には、電動機8が抵抗になってしまい、転舵に必要とされるトルクと実際に出力されているトルクとの間の差が大きくなる。このような場合に電動機8は、指令トルク $T_o$ を増加させるように制御されるので、界磁弱め電流が減少し、結果的に回転速度 $N_m$ を下げて出力トルク $T_m$ を確保しようとする。すなわち、電動機出力は点A4'に移るので、運転者はさらにステアリングホイールの動きが重たく感じるという現象が起きる。

40

#### 【0010】

前記のごとく、従来の電動パワーステアリング装置では、停止時のハンドル据切り時

50

に電動機 8 に要求される出力は、出力トルク  $T_m$  が大きい回転速度  $N_m$  が小さく、走行中などでステアリング操作ハンドルを早くした場合の電動機 8 に要求される出力は、出力トルク  $T_m$  は小さいが回転速度  $N_m$  は高い。この条件が満たされないとステアリングホイールの動きハンドルが重くなって操作性が悪くなるし、この条件を満たすために大型の電動機を採用すると省燃費効果を低下させることになる。この現象を避けるために出力トルク  $T_m$  が小さい領域では界磁弱め電流を流して回転速度  $N_m$  を上げる方法が用いられる例があるが、出力トルク  $T_m$  と回転速度  $N_m$  が共に小さく、電動機 8 に対する要求出力が小さい場合でも界磁弱め電流が通電されて省燃費効果が低下するという問題がある。また、電動機 8 の回転速度  $N_m$  がこれ以上上昇できない上限にある時に、さらに早くステアリング操作をしようとする、回転速度  $N_m$  の上限がさらに低下して一層ステアリングホイールの動きが重くなるという問題がある。

10

本発明はこの点を解決して、省燃費効果を低下させることなく、また、電動機を大型にすることなく、滑らかな操舵フィーリングが得られる電動パワーステアリング装置の実現を課題とする。

#### 【0011】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を達成するため、本発明の電動パワーステアリング装置は、ステアリング系の操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、前記ステアリング系に操舵補助力を与える電動機と、少なくとも前記操舵トルク検出手段からの操舵トルク検出値に基づいて前記電動機への目標信号のトルク軸成分である  $q$  軸指令電圧を設定する目標信号設定手段と、前記電動機に流れる電動機電流を検出する電動機電流検出手段と、前記電動機電流の前記トルク軸成分である  $q$  軸電動機電流と前記  $q$  軸指令電圧との偏差に基づいて前記電動機を駆動制御する電動機駆動制御手段とを有し、前記電動機の働きで前記操舵トルクを補助する電動パワーステアリング装置において、 $q$  軸指令電圧が所定値よりも大きいときに、前記電動機電流の界磁軸成分である  $d$  軸電流を変化させることにより界磁を弱める界磁弱め手段を具備することを特徴とする。

20

#### 【0012】

これにより、後記する実施の形態のように  $q$  軸指令電圧が所定値よりも大きく電動機への要求出力が高いときのみ、電動機の  $d$  軸電流を変化させ界磁を減少させ、電動機の回転速度を高めるようにする。これにより、走行中にゆっくり小さくステアリングホイールを切る場合などの要求出力が小さいときには、電動機に弱め界磁電流が流れることを防ぎ、無駄に電流を流すことがない。すなわち、省燃費効果を低下させることなく、電動機を大型にすることなく、必要な場合には電動機の回転速度を高め、滑らかな操舵フィーリングが得られる電動パワーステアリング装置を実現することができる。

30

#### 【0013】

また、ステアリング系の操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、前記ステアリング系に操舵補助力を与える電動機と、少なくとも前記操舵トルク検出手段からの操舵トルク検出値に基づいて前記電動機への目標電流値を設定する目標電流設定手段と、前記電動機に流れる電動機電流を検出する電動機電流検出手段と、少なくとも前記目標電流と前記電動機電流との偏差に基づいて電動機駆動信号を生成し、この電動機駆動信号を前記電動機に送信する電動機駆動制御手段とを有し前記電動機の働きで操舵トルクを補助する電動パワーステアリング装置において、前記電動機電流に応じて、前記電動機の界磁を弱める界磁弱め手段を具備することを特徴とする。

40

#### 【0014】

これにより、後記する実施の形態のように実電流が小さいときのみ、界磁弱め電流を流して、電動機の界磁を減少させ、電動機の回転速度を高めるようにすることができ、これ以上回転速度が上昇しないような場合に、さらに要求トルクを高め、回転速度限界を逆に下げようとする矛盾した動きを無くして、電動機を大型にすることなく、必要な場合には電動機の回転速度を高め、滑らかな操舵フィーリングが得られる電動パワーステアリング装置を実現することができる。

50

## 【 0 0 1 7 】

## 【 発明の実施の形態 】

以下、本発明にかかる電動パワーステアリング装置の実施の形態を添付図面を参照にして詳細に説明する。

## 【 0 0 1 8 】

まず、図 1 を参照して、電動パワーステアリング装置 1 の全体構成について説明する。

## 【 0 0 1 9 】

本実施の形態の電動パワーステアリング装置 1 は、ステアリングホイール 3 から操舵輪 W、W に至るステアリング系 S を備えられ、手動操舵力発生手段 2 による操舵力をアシストする。そのために、電動パワーステアリング装置 1 は、制御装置 1 2 からの電動機制御信号 V 0 に基づいて電動機駆動手段 1 3 で電動機電圧 V M を発生し、この電動機電圧 V M によって電動機 8 を駆動して補助トルク（補助操舵力）を発生させ、手動操舵力発生手段 2 による手動操舵力をアシストする。

なお、本実施の形態では、電動機 8 として、3 相ブラシレスモータを、その駆動制御には d q 制御を用いた場合で説明し、この電動機 8 が特許請求の範囲に記載の電動機に相当し、制御装置 1 2 が特許請求の範囲に記載の電動機駆動制御手段に相当する。

## 【 0 0 2 0 】

手動操舵力発生手段 2 は、ステアリングホイール 3 に一体に設けられたステアリング軸 4 に連結軸 5 を介してステアリング・ギアボックス 6 内に設けたラック & ピニオン機構 7 のピニオン 7 a が連結される。なお、連結軸 5 は、その両端に自在継ぎ手 5 a、5 b を備える。ラック & ピニオン機構 7 は、ピニオン 7 a に噛み合うラック歯 7 b がラック軸 9 に形成され、ピニオン 7 a とラック歯 7 b の噛み合いにより、ピニオン 7 a の回転運動をラック軸 9 の横方向（車両幅方向）の往復運動とする。さらに、ラック軸 9 には、その両端にタイロッド 1 0、1 0 を介して、操舵輪としての左右の前輪 W、W が連結される。

## 【 0 0 2 1 】

また、電動パワーステアリング装置 1 は、補助操舵力（補助トルク）を発生させるために、電動機 8 がラック軸 9 と同軸上に配設される。そして、電動パワーステアリング装置 1 は、電動機 8 の回転をラック軸 9 と同軸に設けられたボールねじ機構 1 1 を介して推力に変換し、この推力をラック軸 9（ボールねじ軸 1 1 a）に作用させる。

## 【 0 0 2 2 】

制御装置 1 2 は、車速センサ V S、操舵トルクセンサ T S、電動機電流検出手段 1 4 の各検出信号 V、T、I M O が入力される。そして、制御装置 1 2 は、これらの検出信号 V、T、I M O に基づいて電動機 8 にかかる電動機電流 I M の大きさおよび方向を決定し、電動機駆動手段 1 3 に電動機制御信号 V 0 を出力する。さらに、制御装置 1 2 は、操舵トルク信号 T と電動機電流信号 I M O に基づいて、電動パワーステアリング装置 1 でのアシストを判定し、電動機 8 の駆動を制御する。なお、制御装置 1 2 は、各種演算や処理等を行う C P U、入力信号変換手段、信号発生手段、記憶手段等で構成される。ちなみに、制御装置 1 2 は、C P U を備え、C P U は電動パワーステアリング装置 1 での主な制御を行う。

なお、本実施の形態では、操舵トルクセンサ T S が特許請求の範囲に記載の操舵トルク検出手段に相当し、電動機電流検出手段 1 4 が特許請求の範囲に記載の電動機電流検出手段に相当する。

## 【 0 0 2 3 】

車速センサ V S は、車速を単位時間当たりのパルス数として検出し、検出したパルス数に対応したアナログ電気信号を車速信号 V として制御装置 1 2 に送信する。なお、車速センサ V S は、電動パワーステアリング装置 1 の専用センサであってもよいし、他のシステムの車速センサを利用してもよい。

## 【 0 0 2 4 】

操舵トルクセンサ T S は、ステアリング・ギアボックス 6 内に配設され、ドライバによる手動の操舵トルクの大きさおよび方向を検出する。そして、操舵トルクセンサ T S は、検

10

20

30

40

50

出した操舵トルクに対応したアナログ電気信号を操舵トルク信号 T として制御装置 1 2 に送信する。なお、操舵トルク信号 T は、大きさを示す操舵トルクとトルクの向きを示すトルク方向の情報を含む。トルク方向は操舵トルクのプラス値 / マイナス値で表され、プラス値は操舵トルク方向が右方向であり、マイナス値は操舵トルク方向が左方向である。

【 0 0 2 5 】

電動機電流検出手段 1 4 は、例えば、電動機 8 の各巻線ごとに設けられたカレントトランスフォーマで形成され、電動機 8 に実際に流れる電動機電流 I M の大きさおよび方向を検出する。そして、電動機電流検出手段 1 4 は、電動機電流 I M に対応した電動機電流信号 I M O を制御装置 1 2 にフィードバック ( 負帰還 ) する。

【 0 0 2 6 】

電動機駆動手段 1 3 は、電動機制御信号 V O に基づいて電動機電圧 V M を電動機 8 に印加し、電動機 8 を駆動する。電動機駆動手段 1 3 は、例えば、 P W M ( Pulse Width Modulation ) 信号のデューティに応じて電動機駆動手段 1 3 内のプリドライブ回路、 F E T ブリッジを介して電動機 8 の各巻線に正弦波を通電してベクトル制御を行う。

【 0 0 2 7 】

続いて制御装置 1 2 の動作について図 2 のブロック図に沿って説明する。制御装置 1 2 は 2 相回転磁束座標系 ( d q 座標系 ) で記述されるベクトル制御によって、指令トルク T o に応じた電動機 8 の制御を行っている。すなわち、ステアリング系 S ハンドルに加わる操舵トルクを操舵トルクセンサ T S により検出し、この検出した操舵トルク T に応じたアシストトルクが得られるように、電動機 8 をベクトル制御することにより、操舵のアシスト

【 0 0 2 8 】

制御装置 1 2 は、まず、 q 軸目標電流設定手段 2 1 内で、操舵トルクセンサ T S が検出して出力する操舵トルク T、操舵角速度  $d / d t$ 、車速センサ V S が検出して出力する車速信号 V などから指令トルク T o を求める。

【 0 0 2 9 】

【 数 1 】

$$T_o = f ( T, V, d \phi / d t ) \dots ( 1 )$$

【 0 0 3 0 】

ここで、 f は所定の指令トルク T o を求める関数である。

【 0 0 3 1 】

この指令トルク T o は、さらに、 q 軸目標電流設定手段 2 1 内でのトルク電流変換によって、 q 軸電流指令値 i q o に変換される。

【 0 0 3 2 】

【 数 2 】

$$i_{qo} = g ( T_o ) \dots ( 2 )$$

【 0 0 3 3 】

ここで、 g は所定のトルク電流変換を実行する関数である。一方、 d 軸電流指令値 i d o は基本的には 0 とする。

【 0 0 3 4 】

さらに、電動機電流検出手段 1 4 からの電動機電流信号 I M O、ここではモータの各相 ( 例えば u、 v 相 ) の電流検出値 ( 例えば u、 v 相の電流 i u、 i v ) はカレントトランスフォーマで検出され、その出力は増幅された後、所定の周期でサンプリングされる。このようにして得られた各相の電流検出値は、 V R レゾルバ 3 2 および R D コンバータ 3 5 からなる電動機回転検出手段によって検出された回転信号 に基づいて d q 変換ブロック 3 4 で変換され、その後、減衰手段 3 6、 3 7 を経て、 d 軸および q 軸の実電流 ( フィー

10

20

30

40

50

ドバック電流)  $i_{dr}$  と  $i_{qr}$  が求められる。ここでの減衰手段 36, 37 はこのフィードバックループに外部から混入される高周波の雑音を除去する働きを持っている。エンジンルーム内で雑音は ON/OFF 動作を行う機械的、電気的スイッチ手段から発生し、後述する PI 制御ブロック 25, 26 は高周波雑音の影響を受けやすく、雑音混入によって操舵感覚が悪化するという問題が発生する。高周波雑音の除去によってこの問題が解決する。

【0035】

加算器 22 では q 軸電流の指令電流目標値  $i_{qo}$  と q 軸フィードバック実電流値  $i_{qr}$  の偏差演算を行う。また、加算器 23 では d 軸電流の指令電流目標値  $i_{do}$  ( $= 0$ ) に対して後述の d 軸電流補正処理を行い、加算器 24 では d 軸電流補正後の d 軸補正電流目標値  $i_{dc}$  と d 軸フィードバック実電流値  $i_{dr}$  の偏差演算を行う。すなわち、加算器 22 および 24 で

【0036】

【数 3】

$$\Delta i_d = i_{dc} - i_{dr}$$

$$\Delta i_q = i_{qo} - i_{qr} \dots (3)$$

【0037】

が演算される。ここで、 $i_d$  は d 軸の電流偏差、 $i_q$  は q 軸の電流偏差である。なお、本実施の形態では、q 軸目標電流設定手段 21 が特許請求範囲に記載の目標電流設定手段に相当する。また、目標電流値は  $i_{dc}$ 、 $i_{qo}$  に相当する。

【0038】

次に、PI 制御ブロック 25 および PI 制御ブロック 26 で d 軸電流偏差  $i_d$  および q 軸電流偏差  $i_q$  に対して P (Proportional) 制御処理および I (Integral) 制御処理を実行し、その結果として d 軸および q 軸に対してのそれぞれの指令電圧  $V_{do}$ 、 $V_{qo}$  を得る。そうして、dq 逆変換ブロック 29 では、これらの指令電圧  $V_{do}$ 、 $V_{qo}$  に対して dq 逆変換を行って電動機 8 の U、V、W の各相に対するそれぞれの指令電圧  $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$  に変換される。この指令電圧  $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$  は PWM 変換ブロック 30 で PWM デューティ信号とされ、この PWM デューティ信号が電動機駆動手段 13 内のブリッドドライブ回路、FET ブリッジ回路を介して電動機 8 (ブラシレスモータ) の各相巻線に正弦波電流を通電してベクトル制御を行う。

【0039】

ところで、本実施の形態での d 軸電流補正処理では、d 軸補正電流設定手段 38 によって d 軸補正電流  $i_d$  が決定され、加算器 23 は次式 (4) にしたがって d 軸補正電流目標値  $i_{dc}$  を演算する。

【0040】

【数 4】

$$i_{dc} = i_{do} + i_d \dots (4)$$

【0041】

ここで  $i_d$  は d 軸補正電流設定手段 38 からの補正電流であり、本実施形態では指令電流目標値  $i_{do} = 0$  である。補正電流  $i_d$  (負の値) に基づいて d 軸電流を通電することによって、電動機 8 に界磁弱め電流が流れ、電動機 8 の界磁を減少させることができ、電動機 8 の回転速度  $N_m$  を高めることができる。

【0042】

ここで d 軸補正電流設定手段 38 での処理内容を説明する。

図 3 に d 軸補正電流設定手段 38 の機能ブロック図を示す。また、図 4 に、q 軸指令電圧対応マップ処理部 40 での処理マップ、図 5 に q 軸実電流対応マップ処理部 41 での処理

10

20

30

40

50

マップ、図 6 に電動機回転速度対応マップ処理部 4 3 での処理マップを示す。

【 0 0 4 3 】

d 軸補正電流設定手段 3 8 の q 軸指令電圧対応マップ処理部 4 0 では、q 軸指令電圧  $V_{qo}$  をアドレスとしてマップ検索して補正電流要素である出力 C 1 が得られる。すなわち次式 ( 5 ) で表される変換処理を行う。

【 0 0 4 4 】

【数 5】

$$C1 = g1 (V_{qo}) \dots (5)$$

10

【 0 0 4 5 】

ここで q 軸指令電圧対応マップ  $g1 (V_{qo})$  は図 4 に示すように、q 軸指令電圧  $V_{qo}$  が小さい、すなわち q 軸電流偏差が小さい部分では 0 であり、q 軸指令電圧  $V_{qo}$  が大きい部分、すなわち q 軸電流偏差が大きい部分ではほぼ一定の値を示す。この処理によって、q 軸指令電圧  $V_{qo}$  が大きい部分、すなわち、q 軸の電流偏差  $i_q$  が大きい部分でのみ、d 軸補正電流  $i_d$  を流し、電動機 8 の界磁を減少させ、電動機 8 の回転速度  $N_m$  を高めるようにしている。これにより、図 1 0 の点 A 3 のように走行中にゆっくり小さくステアリングホイール 3 をきった場合などで、電動機 8 に弱め界磁電流が流れることを防ぎ、無駄に電流を流すことがなくなる。

なお、本実施の形態では、q 軸指令電圧対応マップ処理部 4 0 が特許請求の範囲に記載の界磁弱め手段に相当する。

20

【 0 0 4 6 】

q 軸実電流対応マップ処理部 4 1 では q 軸実電流  $i_{qr}$  をアドレスとしてマップ検索して補正電流要素である出力 C 2 が得られる。すなわち次式 ( 6 ) で表される変換処理を行う。

【 0 0 4 7 】

【数 6】

$$C2 = g2 (i_{qr}) \dots (6)$$

30

【 0 0 4 8 】

ここで q 軸実電流対応マップ  $g2 (i_{qr})$  は図 5 に示すように、q 軸実電流  $i_{qr}$  が小さい部分ではほぼ一定の値を示し、q 軸実電流  $i_{qr}$  が大きい部分では 0 になる。この処理によって、q 軸実電流  $i_{qr}$  が小さい部分でのみ、d 軸補正電流  $i_d$  を流し、電動機 8 の界磁を減少させ、電動機 8 の回転速度  $N_m$  を高めるようにしている。これにより、図 1 1 の点 A 4 のようにこれ以上回転速度  $N_m$  が上昇しない時にさらに早くステアリング操作をしようとする、ハンドルトルクがさらに増加し、電動機出力は点 A 4 ' に移り一層ステアリングホイールの動きが重たくなるという矛盾した現象に進むことを防止することができる。

なお、本実施の形態では、q 軸実電流対応マップ処理部 4 1 が特許請求の範囲に記載の界磁弱め手段に相当する。

40

【 0 0 4 9 】

電動機回転速度対応マップ処理部 4 3 では電動機回転速度  $N_m$  をアドレスとしてマップ検索して補正電流要素である出力 C 3 が得られる。すなわち次式 ( 7 ) で表される変換処理を行う。

【 0 0 5 0 】

【数 7】

$$C3 = g3 (Nm) \dots (7)$$

50

## 【 0 0 5 1 】

ここで回転速度対応マップ  $g_3$  (Nm) は図 6 に示すように、電動機回転速度 Nm が小さい部分では 0 であり、電動機回転速度 Nm が大きい部分でほぼ一定の値を示す。これにより、図 10 の点 A3 など、ゆっくりステアリングホイール 3 をきった場合は、電動機 8 に弱め界磁電流が流れることを防ぐことができ、無駄に電流を流すことがなくなる。

なお、本実施の形態では、電動機回転速度対応マップ処理部 43 が特許請求範囲に記載の界磁弱め手段に相当する。

## 【 0 0 5 2 】

ここで、電動機回転速度 Nm は、VR レゾルバ 32 および RD 変換 35 からなる電動機回転検出手段によって検出された値を用いる。電動機回転検出手段によって検出した検出値は、直接に d 軸補正電流設定手段 38 の電動機回転速度対応マップ処理部 43 に入力される。

10

## 【 0 0 5 3 】

q 軸指令電圧対応マップ処理部 40 の出力 C1、q 軸実電流対応マップ処理部 41 の出力 C2、電動機回転速度対応マップ処理部 43 の出力 C3 は相乗積演算部 44 ですべて掛け算され、式 (8) で示されるこの相乗積に比例する d 軸補正電流  $i_d$  が d 軸補正電流設定手段 38 の出力として加算器 23 に入力される。

## 【 0 0 5 4 】

## 【 数 8 】

$$i_d = k C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \dots (8)$$

20

## 【 0 0 5 5 】

これにより、d 軸電流補正を行う各要素がそれぞれ独立に作用して、q 軸電流偏差  $i_q$  すなわちこの q 軸電流偏差  $i_q$  を基に演算される q 軸指令電圧  $V_{q0}$  が大きい場合、q 軸実電流  $i_{qr}$  が小さい場合、電動機回転速度 Nm が大きい場合に d 軸補正電流  $i_d$  が流れて界磁弱めが行われる。

## 【 0 0 5 6 】

なお、図 2 の非干渉化制御手段 39 とそれにつながる加算器 27、28 は、複数の制御入力と、複数の制御量との間に相互干渉がある場合に、1 つの制御入力の影響が、1 つの制御量だけに及ぶよう相互干渉を絶つ働きをする。この場合は、角速度  $\omega$  とモータ電流  $i_{qr}$ 、 $i_{dr}$  のフィードバックループを小さくする (フィードバックループの応答を早くする) ために用いられている。

30

## 【 0 0 5 7 】

このように、本発明では、d 軸補正電流設定手段 38 を設けて、q 軸指令電圧が大きい場合、q 軸実電流が小さい場合、電動機回転速度が大きい場合に、電動機 8 の d 軸成分である d 軸電流を電動機 8 の界磁を弱めるように補正しているので、電動機 8 の定格電流を大きくすることなく、電動機回転速度を増加させることができ、指令トルクが急激に変化する場合でも、電動機 8 の応答性を高めて、ステアリング系 S に最適な操舵補助力を与えることができ、省燃費効果を低下させることなく、また、電動機 8 を大型にすることなく、滑らかな操舵フィーリングが得られる電動パワーステアリング装置 1 を実現することができる。

40

## 【 0 0 5 8 】

以上説明した本発明は、前記した実施の形態に限定されることなく幅広く変形実施することができる。

例えば、本実施の形態では、電動パワーステアリング装置の操舵補助力を付与する電動機として、ブラシレスモータを、その駆動制御には dq 制御を用いてブラシレスモータの相間に正弦波電流を通電するベクトル制御を採用したものについて述べたが、例えば、ブラシレスモータの各相毎の正弦波電流を制御する場合や、ブラシレスモータの相間に矩形波を通電させるものや、矩形波の合成による疑似的な正弦波を通電させるもの、あるいは、

50

他のモータを用いる場合などの構成も実現できる。

【0059】

【発明の効果】

以上説明したように請求項1に係る発明は、q軸指令電圧に応じて、電動機の界磁を弱めて電動機の回転速度を上昇させる回転速度制御手段を設けたので、電動機への要求出力が高いときにのみ、電動機の界磁を減少させ、電動機の回転速度を高めるようにすることができる。これにより、走行中にゆっくり小さくステアリングホイールを切る場合などでは、電動機に弱め界磁電流が流れることを防ぎ、無駄に電流を流すことがなく、省燃費効果を低下させることなく、電動機を大型にすることなく、必要な場合には電動機の回転速度を高め、滑らかな操舵フィーリングが得られる電動パワーステアリング装置を実現することができる。

10

【0060】

本発明の請求項2の発明は、電動機電流が小さい時のみ電動機の界磁を減少させ、電動機の回転速度を高めるようにしたので、これ以上回転速度が上昇しない場合に、さらに要求トルクを高めて回転速度上限を逆に下げるとなると矛盾した動作の発生を防止して、電動機を大型にすることなく、必要な場合には電動機の回転速度を高め、滑らかな操舵フィーリングが得られる電動パワーステアリング装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る実施の形態の電動パワーステアリング装置の構成図。

【図2】本発明に係る実施の形態の制御装置のブロック図。

20

【図3】本発明に係る実施の形態のd軸補正電流設定手段の機能ブロック図。

【図4】本発明に係る実施の形態のq軸指令電圧対応マップ処理部の処理マップを示す図。

【図5】本発明に係る実施の形態のq軸実電流対応マップ処理部の処理マップを示す図。

【図6】本発明に係る実施の形態の電動機回転速度対応マップ処理部の処理マップを示す図。

【図7】従来の電動機の特性を示すグラフ。

【図8】従来の電動機の特性を示すグラフ。

【図9】従来の電動機の特性を示すグラフ。

【図10】従来例での電動機の特性を示すグラフ。

30

【図11】従来例での電動機の特性を示すグラフ。

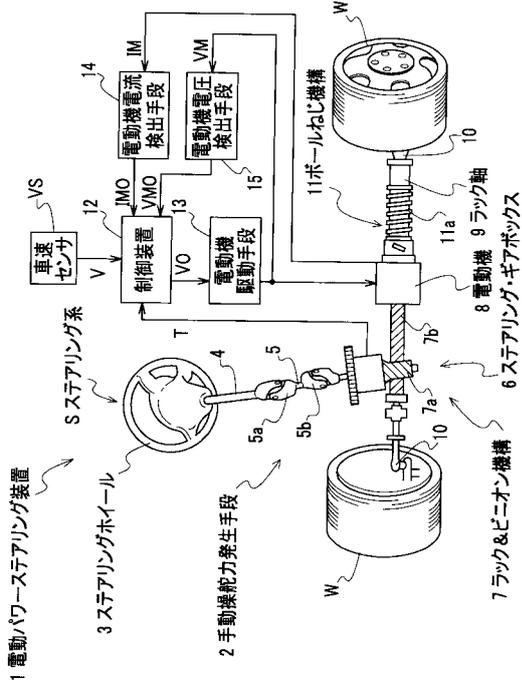
【図12】従来例での制御装置のブロック図。

【符号の説明】

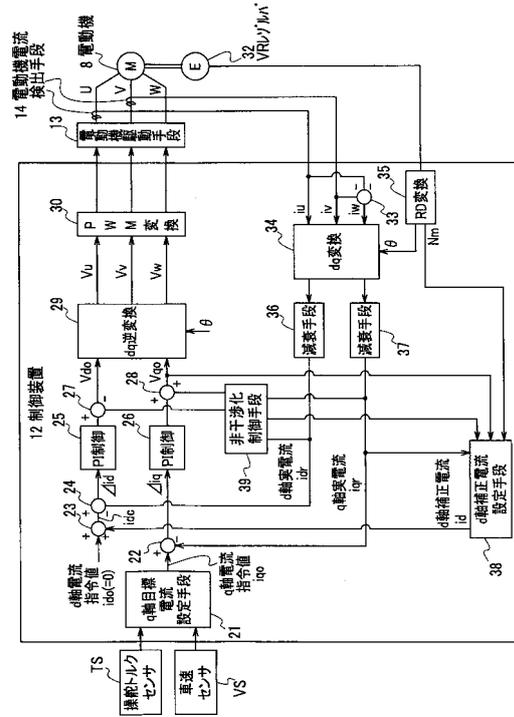
1 ... 電動パワーステアリング装置、2 ... 手動操舵力発生手段、3 ... ステアリングホイール、4 ... ステアリング軸、5 ... 連結軸、5 a、5 b ... 自在継ぎ手、6 ... ステアリング・ギアボックス、7 ... ラック&ピニオン機構、7 a ... ピニオン、8 ... 電動機、9 ... ラック軸、10 ... タイロッド、11 ... ボールねじ機構、12 ... 制御装置、13 ... 電動機駆動手段、14 ... 電動機電流検出手段、15 ... 電動機電圧検出手段、21 ... q軸目標電流設定手段、22、23、24、27、28、33 ... 加算器、25、26 ... PI制御ブロック、29 ... dq逆変換ブロック、30 ... PWM変換ブロック、32 ... VRレゾルバ、34 ... dq変換ブロック、35 ... RD変換ブロック、36、37 ... 減衰手段、38 ... d軸補正電流設定手段、S ... ステアリング系、TS ... 操舵トルクセンサ、VS ... 車速センサ、W ... 前輪

40

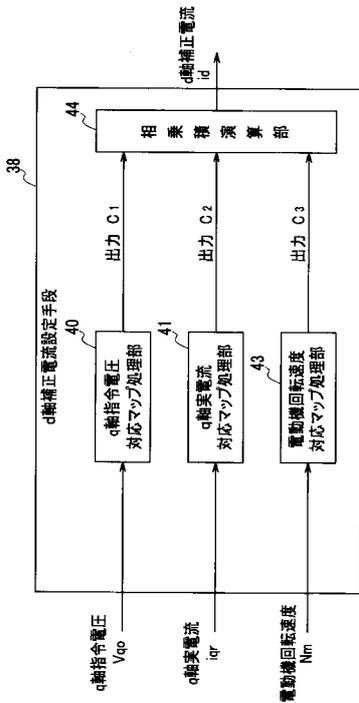
【図1】



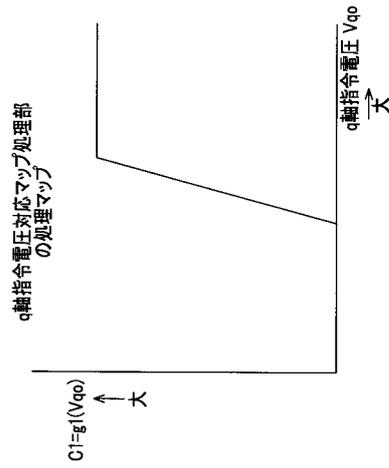
【図2】



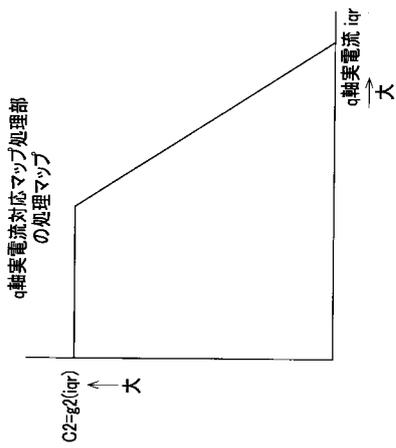
【図3】



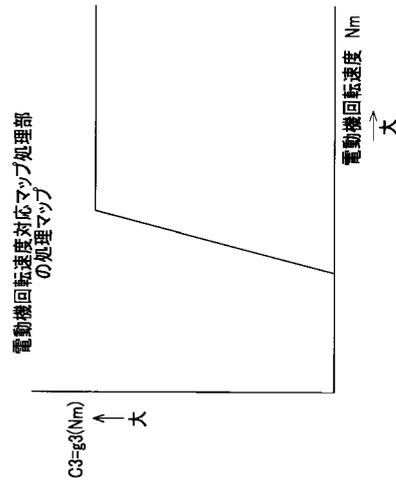
【図4】



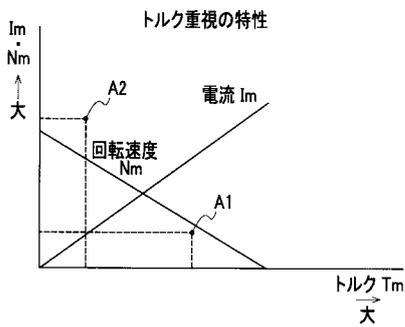
【 図 5 】



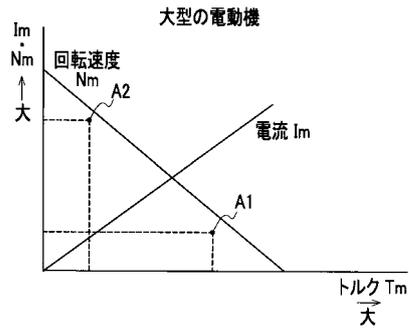
【 図 6 】



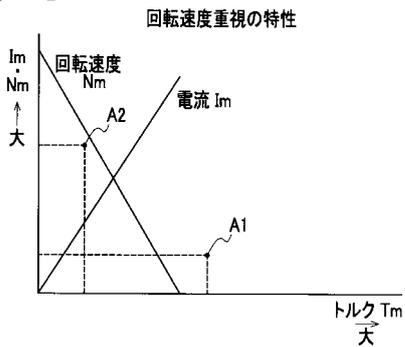
【 図 7 】



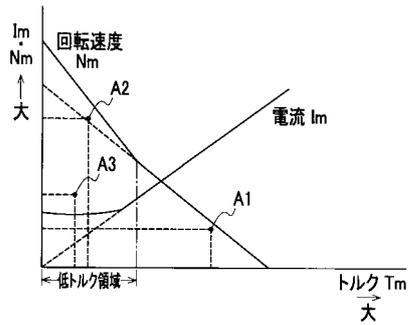
【 図 9 】



【 図 8 】



【 図 10 】





---

フロントページの続き

審査官 天坂 康種

(56)参考文献 特開2001-018822(JP,A)  
特開平05-030774(JP,A)  
特開2000-278982(JP,A)  
特開平08-275599(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 6/08

B62D 5/04

H02P 21/00

H02P 27/04