

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5109452号  
(P5109452)

(45) 発行日 平成24年12月26日 (2012.12.26)

(24) 登録日 平成24年10月19日 (2012.10.19)

(51) Int. Cl.

F 1

<b>B 6 2 D</b>	<b>6/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B 6 2 D	6/00
<b>B 6 2 D</b>	<b>5/04</b>	<b>(2006.01)</b>	B 6 2 D	5/04
B 6 2 D	101/00	(2006.01)	B 6 2 D	101:00
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

請求項の数 2 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2007-103441 (P2007-103441)
(22) 出願日	平成19年4月11日 (2007.4.11)
(65) 公開番号	特開2008-260357 (P2008-260357A)
(43) 公開日	平成20年10月30日 (2008.10.30)
審査請求日	平成22年2月9日 (2010.2.9)

(73) 特許権者	000004204 日本精工株式会社 東京都品川区大崎1丁目6番3号
(74) 代理人	100075579 弁理士 内藤 嘉昭
(72) 発明者	北條 正章 群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式会社内
審査官	梶本 直樹

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】

操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、少なくとも前記操舵トルク検出手段で検出した操舵トルクに基づいて電流指令値を演算する電流指令値演算手段と、操舵系に付与する操舵補助トルクを発生する電動モータと、該電動モータのモータ駆動電流を検出する駆動電流検出手段と、前記電流指令値と前記モータ駆動電流との偏差に基づいて前記電動モータを帰還制御するモータ制御手段とを備えた電動パワーステアリング装置であって、ステアリングホイールが保舵状態にあるか否かを判定する保舵状態判定手段と、前記偏差に対して保舵振動の周波数帯域の信号を低減するローパスフィルタ処理を施すフィルタ処理手段とを備え、前記モータ制御手段は、前記保舵状態判定手段で前記ステアリングホイールが保舵状態にあると判定したとき、前記フィルタ処理手段でフィルタ処理された前記偏差に基づいて、前記保舵状態判定手段で前記ステアリングホイールが保舵状態にないと判定したときと同じ制御応答性で前記電動モータを帰還制御することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 2】

車速を検出する車速検出手段、前記電動モータのモータ回転角を検出する回転角検出手段及び前記電動モータのモータ角速度検出手段の少なくとも1つを有し、前記保舵状態判定手段は、前記操舵トルク検出手段で検出した操舵トルク、前記電流指令値演算手段で演算した電流指令値、前記車速検出手段で検出した車速、前記回転角検出手段で検出したモータ回転角及び前記角速度検出手段で検出したモータ角速度の少なくとも1つに基づいて

10

20

、前記ステアリングホイールが保舵状態にあるか否かを判定することを特徴とする請求項1に記載の電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、操舵系に付与する操舵補助トルクを発生する電動モータを備える電動パワーステアリング装置に関し、特に保舵時の振動や異音を低減することができる電動パワーステアリング装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来の電動パワーステアリング装置として、ステアリングシャフトに発生する操舵トルクに基づいて操舵力を補うモータと、操舵トルクに基づいて決定する電流指令値とモータに流れるモータ電流との偏差に基づいて当該モータを帰還制御するモータ制御手段とを備え、ステアリングホイールの回転速度に対応して前記モータ制御手段の帰還応答特性を変更するというものが知られている（例えば、特許文献1参照）。これにより、走行時の急操舵において遅れることなく操舵力をアシストし、停車時の微速操舵や保舵においてはステアリングホイールの振動やモータのうなり音を抑制している。

【0003】

また、操舵トルクの時間変化量であるトルク微分値に基づいて、操舵手段が保舵状態であるか操舵状態であるかを判別し、その判別結果に基づいて、電動モータの制御ゲインを変更する電動パワーステアリング装置が知られている（例えば、特許文献2参照）。

さらに、電動機を電流フィードバック制御により駆動制御する電動機制御手段を有する電動パワーステアリング装置として、電流フィードバックループの一巡伝達関数における交差周波数を、電動機の回転系の1次の固有振動数以上に設定することで、ハンドル保舵時の電流振動による操舵感悪化とハンドル高速回転時の機械系振動による騒音とを低減するというものが知られている（例えば、特許文献3参照）。

【0004】

また、操舵トルクに基づいて操舵系に対する操舵アシスト力を発生させる制御信号を電動モータに出力する制御手段を有する電動パワーステアリング装置として、電動モータの回転方向が反転し、且つモータ電流が所定の第1電流閾値以下であると判断した場合には、前記制御手段の比例ゲインを減少させるというものが知られている（例えば、特許文献4参照）。

【特許文献1】特開2001-239947号公報

【特許文献2】特開2001-253358号公報

【特許文献3】特開2002-59860号公報

【特許文献4】特開2004-358985号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記各特許文献に記載の電動パワーステアリング装置にあっては、電流指令値に対する応答性を低下させることで保舵時の振動や異音の発生を低減しているため、保舵状態から転舵状態へ移行するとき、電流指令値に対する応答性が不連続となり、操舵感に不連続感が生じてしまう。

また、保舵時に制御ゲインを下げることで電流検出値の振動の影響を低減させ、これにより保舵振動を低減させており、この場合、電流検出値と一緒に電流指令値の変化量も低減することになる。したがって、制御ゲインを下げすぎると、電流指令値に対する応答性を低下させてしまい、背反として転舵開始時に固着感やリップル感が生じてしまう。

【0006】

そこで、本発明は、操舵感を損ねるような電流指令値に対する応答性の低下を行うことなく、保舵振動を低減することができる電動パワーステアリング装置を提供することを課

10

20

30

40

50

題としている。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、請求項1に係る電動パワーステアリング装置は、操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、少なくとも前記操舵トルク検出手段で検出した操舵トルクに基づいて電流指令値を演算する電流指令値演算手段と、操舵系に付与する操舵補助トルクを発生する電動モータと、該電動モータのモータ駆動電流を検出する駆動電流検出手段と、前記電流指令値と前記モータ駆動電流との偏差に基づいて前記電動モータを帰還制御するモータ制御手段とを備えた電動パワーステアリング装置であって、

ステアリングホイールが保舵状態にあるか否かを判定する保舵状態判定手段と、前記偏差に対して保舵振動の周波数帯域の信号を低減するローパスフィルタ処理を施すフィルタ処理手段とを備え、前記モータ制御手段は、前記保舵状態判定手段で前記ステアリングホイールが保舵状態にあると判定したとき、前記フィルタ処理手段でフィルタ処理された前記偏差に基づいて、前記保舵状態判定手段で前記ステアリングホイールが保舵状態にないと判定したときと同じ制御応答性で前記電動モータを帰還制御することを特徴としている。

10

【0009】

さらに、請求項2に係る電動パワーステアリング装置は、請求項1に係る発明において、車速を検出する車速検出手段、前記電動モータのモータ回転角を検出する回転角検出手段及び前記電動モータのモータ角速度検出手段の少なくとも1つを有し、前記保舵状態判定手段は、前記操舵トルク検出手段で検出した操舵トルク、前記電流指令値演算手段で演算した電流指令値、前記車速検出手段で検出した車速、前記回転角検出手段で検出したモータ回転角及び前記角速度検出手段で検出したモータ角速度の少なくとも1つに基づいて、前記ステアリングホイールが保舵状態にあるか否かを判定することを特徴としている。

20

【発明の効果】

【0012】

本発明に係る電動パワーステアリング装置によれば、ステアリングホイールが保舵状態にあると判定したときに、電流指令値と電流検出値との偏差に対してフィルタ処理を施し、フィルタ処理後の偏差に基づいて電動モータを帰還制御するので、電流検出値や操舵トルクセンサのA/D変換による量子化誤差の影響を低減することができ、電流指令値に対する応答性を低下させることなく保舵振動を低減させることができ、操舵感を向上させることができるという効果が得られる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

図1は、本発明に係る電動パワーステアリング装置の一実施形態を示す概略構成図である。

図中、符号SMはステアリング機構である。このステアリング機構SMは、ステアリングホイール1に運転者から作用される操舵力が伝達される入力軸2aとこの入力軸2aに図示しないトーションバーを介して連結された出力軸2bとを有するステアリングシャフト2を備えている。このステアリングシャフト2は、ステアリングコラム3に回転自在に内装され、入力軸2aの一端がステアリングホイール1に連結され、他端は図示しないトーションバーに連結されている。

40

【0014】

そして、出力軸2bに伝達された操舵力は、2つのヨーク4a, 4bとこれらを連結する十字連結部4cとで構成されるユニバーサルジョイント4を介して中間シャフト5に伝達され、さらに、2つのヨーク6a, 6bとこれらを連結する十字連結部6cとで構成されるユニバーサルジョイント6を介してピニオンシャフト7に伝達される。

このピニオンシャフト7に伝達された操舵力はステアリングギヤ8を介して左右のタイロッド9に伝達され、これらタイロッド9によって図示しない転舵輪を転舵させる。ここ

50

で、ステアリングギヤ 8 は、ギヤハウジング 8 a 内に、ピニオンシャフト 7 に連結されたピニオン 8 b とこのピニオン 8 b に噛合するラック軸 8 c とを有するラックアンドピニオン形式に構成され、ピニオン 8 b に伝達された回転運動をラック軸 8 c で直進運動に変換している。

#### 【0015】

ステアリングシャフト 2 の出力軸 2 b には、操舵補助力を出力軸 2 b に伝達する操舵補助機構 10 が連結されている。この操舵補助機構 10 は、出力軸 2 b に連結した減速ギヤ 11 と、この減速ギヤ 11 に連結された操舵補助力を発生する電動機としての例えばブラシレスモータで構成される電動モータ 12 とを備えている。

また、減速ギヤ 11 のステアリングホイール 1 側に接続されたハウジング 13 内に操舵トルクセンサ 14 が配設されている。この操舵トルクセンサ 14 は、ステアリングホイール 1 に付与されて入力軸 2 a に伝達された操舵トルクを検出するもので、例えば、操舵トルクを入力軸 2 a 及び出力軸 2 b 間に介挿した図示しないトーションバーの捩れ角変位に変換し、この捩れ角変位を非接触の磁気センサで検出するように構成されている。

#### 【0016】

そして、操舵トルクセンサ 14 から出力される操舵トルク検出値  $T$  は、図 2 に示すように、コントローラ 15 に入力される。このコントローラ 15 には、トルク検出値  $T$  の他に車速センサ 16 で検出した車速検出値  $V$ 、電動モータ 12 に流れるモータ電流  $I$  及びレゾルバ、エンコーダ等で構成される回転角検出部 17 で検出した電動モータ 12 の回転角も入力され、入力されるトルク検出値  $T$  及び車速検出値  $V$  に応じた操舵補助力を電動モータ 12 で発生させる操舵補助トルク指令値  $I_M^*$  を算出し、算出した操舵補助トルク指令値  $I_M^*$  に対して、回転角  $\theta$  をもとに算出するモータ角速度  $\omega$  及びモータ角加速度  $\alpha$  に基づいて各種補償処理を行って電流指令値  $I_t$  を算出する。そして、電流指令値  $I_t$  とモータ電流  $I$  とに基づいて電動モータ 12 に供給する駆動電流をフィードバック処理し、電動モータ 12 を駆動制御するモータ電流  $I$  を出力する。

#### 【0017】

すなわち、コントローラ 15 は、操舵トルク  $T$  及び車速  $V$  に基づいて操舵補助トルク指令値  $I_M^*$  を演算する操舵補助トルク指令値演算部 21 と、算出された操舵補助トルク指令値  $I_M^*$  を補償する指令値補償部 22 と、この指令値補償部 22 で補償された電流指令値  $I_t$  に基づいてモータ電流  $I$  を生成するモータ電流制御部 23 とを備えている。

また、コントローラ 15 は、操舵トルク  $T$  に基づいて操舵トルク微分値  $T'$  を演算する微分算出部 51 と、操舵トルク微分値  $T'$ 、車速  $V$ 、モータ回転角  $\theta$ 、モータ角速度  $\omega$  及び電流指令値  $I_t$  に基づいて、ステアリングホイール 1 が保舵状態にあるか否かを判定し、信号  $S$  を出力する保舵状態判定部 52 とを備えている。

#### 【0018】

ここで、保舵状態判定部 52 から出力される信号  $S$  は、後述するフィルタ処理部 61 に出力され、後述するスイッチ 61 a の切り替えが行われるようになっている。

操舵補助トルク指令値演算部 21 では、先ず、トルク指令値演算部 41 で、操舵トルク  $T$  及び車速  $V$  をもとに図 3 に示す操舵補助トルク指令値算出マップを参照して操舵補助トルク指令値  $I_M^*$  を算出する。

#### 【0019】

この操舵補助トルク指令値算出マップは、図 3 に示すように、横軸に操舵トルク  $T$  をとり、縦軸に操舵補助トルク指令値  $I_M^*$  をとると共に、車速  $V$  をパラメータとした放物線状の曲線で表される特性線図で構成され、操舵トルク  $T$  が “0” からその近傍の設定値  $T_{s1}$  までの間は操舵補助トルク指令値  $I_M^*$  が “0” を維持し、操舵トルク  $T$  が設定値  $T_{s1}$  を超えると最初は操舵補助トルク指令値  $I_M^*$  が操舵トルク  $T$  の増加に対して比較的緩やかに増加するが、さらに操舵トルク  $T$  が増加すると、その増加に対して操舵補助トルク指令値  $I_M^*$  が急峻に増加するように設定され、この特性曲線が車速の増加に従って傾きが小さくなるように設定されている。

#### 【0020】

そして、位相補償部 4 2 で、上記操舵補助トルク指令値  $I_M^*$  に対して位相補償を行い、位相補償後の操舵補助トルク指令値  $I_M^*$  を後述する加算器 3 6 に出力する。また、微分補償部 4 3 では、操舵トルク  $T$  を微分した操舵トルク微分値  $T'$  をもとに操舵トルク  $T$  に対して補償を行い、これを後述する加算器 3 6 に出力する。

指令値補償部 2 2 は、回転角検出部 1 7 で検出されるモータ回転角 を微分してモータ角速度 を算出する角速度演算部 3 1 と、この角速度演算部 3 1 で算出されたモータ角速度 を微分してモータ角加速度 を算出する角加速度演算部 3 2 と、角速度演算部 3 1 で算出されたモータ角速度 及び車速  $V$  に基づいてヨーレートの収斂性を補償する収斂性補償部 3 3 と、角加速度演算部 3 2 で算出されたモータ角加速度 及び車速  $V$  に基づいて電動モータ 1 2 の慣性により発生するトルク相当分を補償して慣性感又は制御応答性の悪化を防止する慣性補償部 3 4 とを少なくとも有する。

10

#### 【 0 0 2 1 】

そして、減算器 3 5 で、収斂性補償部 3 3 から算出される収斂性補償値  $I_c$  が慣性補償部 3 4 から算出される慣性補償値  $I_i$  から減算されて指令補償値  $I_{com}$  が算出され、この指令補償値  $I_{com}$  が操舵補助トルク指令値演算部 2 1 から出力される操舵補助トルク指令値  $I_M^*$  に加算器 3 6 で加算されて電流指令値  $I_t$  が算出される。

また、モータ電流制御部 2 3 は、電動モータ 1 2 に供給されるモータ電流  $I$  を検出するモータ電流検出部 6 0 と、保舵状態判定部 5 2 から入力される信号  $S$  に応じてモータ電流  $I$  にフィルタ処理を施してモータ電流  $I'$  を出力するフィルタ処理部 6 1 と、電流指令値  $I_t$  からモータ電流  $I'$  を減算して電流偏差  $I$  を求める減算器 6 2 と、電流偏差  $I$  に対して比例積分制御を行って電圧指令値  $V_t$  を算出する  $PI$  制御部 6 3 と、電圧指令値  $V_t$  に基づいてデューティ演算を行ってデューティ比を算出し、そのデューティ比に基づいてパルス幅変調を行ってパルス幅変調信号を出力する  $PWM$  制御部 6 4 と、このパルス幅変調信号に基づいてモータ電流  $I$  を電動モータ 1 2 に出力するインバータ 6 5 とを備えている。

20

#### 【 0 0 2 2 】

フィルタ処理部 6 1 には、保舵状態判定部 5 2 から出力される信号  $S$  が入力される。そして、スイッチ 6 1 a は、ステアリングホイール 1 が保舵状態にないことを意味する論理値 “ 0 ” の信号  $S$  が入力されているときには、実線で示す状態となっており、ステアリングホイール 1 が保舵状態となっていることを意味する論理値 “ 1 ” の信号  $S$  が入力されているときには、破線で示す状態へ切り替わるようになっている。

30

#### 【 0 0 2 3 】

このような構成により、フィルタ処理部 6 1 は、論理値 “ 0 ” の信号  $S$  が入力されているときには、モータ電流検出部 6 0 で検出したモータ電流  $I$  をそのままモータ電流  $I'$  として出力する。

一方、フィルタ処理部 6 1 は、論理値 “ 1 ” の信号  $S$  が入力されているときには、モータ電流検出部 6 0 で検出したモータ電流  $I$  に対してフィルタ処理を施すフィルタ 6 1 b からの出力値をモータ電流  $I'$  として出力する。

#### 【 0 0 2 4 】

ここで、本実施形態では、フィルタ 6 1 b は、 $II R$  ローパスフィルタとする。

40

また、微分算出部 5 1 は、操舵トルクセンサ 1 4 で検出した操舵トルク  $T$  を微分して、操舵トルク微分値（時間変化量） $T'$  を算出し、これを保舵状態判定部 5 2 へ出力する。

保舵状態判定部 5 2 は、操舵トルク微分値  $T'$ 、車速  $V$ 、モータ回転角、モータ角速度 及び電流指令値  $I_t$  がそれぞれ入力されて、後述する保舵状態判定処理を実行し、ステアリングホイール 1 が保舵状態にあるか否かを示す信号  $S$  を出力する。

#### 【 0 0 2 5 】

図 4 は、保舵状態判定部 5 2 で実行される保舵状態判定処理手順を示すフローチャートである。まず、ステップ  $S 1$  で、操舵トルク微分値  $T'$ 、車速  $V$ 、モータ回転角、モータ角速度 及び電流指令値  $I_t$  の各種データを読み込み、ステップ  $S 2$  に移行する。

ステップ  $S 2$  では、以下の保舵状態判定条件が成立するか否か、即ちステアリングホイ

50

ール 1 の操舵状態が、通常操舵状態から保舵状態に切り替わったか否かを判定する。具体的には、操舵トルク微分値  $T'$  が操舵トルク微分閾値  $T_{TH}'$ （例えば、操舵トルク 2 m s 間の変化量で 4 L S B）より小さいか否か、車速  $V$  が車速閾値  $V_{TH}$ （例えば、8 km/h）より小さいか否か、モータ回転数  $N_m$  がモータ回転数閾値  $N_{m_{TH}}$  より小さいか否か、モータ角速度  $\omega$  がモータ角速度閾値  $\omega_{TH}$  より小さいか否か、及び電流指令値  $I_t$  が電流指令値閾値  $I_{t_{TH}}$ （例えば、2 A）より大きいかなかをそれぞれ判定する。

【0026】

そして、 $T' < T_{TH}'$ 、且つ  $V < V_{TH}$ 、且つ  $N_m < N_{m_{TH}}$ 、且つ  $\omega < \omega_{TH}$ 、且つ  $I_t > I_{t_{TH}}$  であるときには、ステアリングホイール 1 が保舵状態にあると判断してステップ S3 に移行し、それ以外ときには、ステアリングホイール 1 が非保舵状態であると判断してステップ S4 に移行する。

10

このように、車速  $V$  が大きいときは、走行時の操舵性能を確保するため、フィルタ処理部 61 によるフィルタ機能をオフして通常操舵時の電流制御状態を確保するようにする。

【0027】

なお、保舵状態判定条件として、上記各条件に、操舵トルク  $T$  が所定範囲に属するか否か（ $T_1 < T < T_2$  か否か）等の条件も加えることもできる。

そして、ステップ S3 では、論理値 “1” の信号  $S$  をフィルタ処理部 61 に対して出力してから保舵状態判定処理を終了し、ステップ S4 では、論理値 “0” の信号  $S$  をフィルタ処理部 61 に対して出力してから保舵状態判定処理を終了する。

【0028】

20

なお、図 2 において、操舵トルクセンサ 14 が操舵トルク検出手段に対応し、車速センサ 16 が車速検出手段に対応し、操舵補助トルク指令値演算部 21 及び指令値補償部 22 が電流指令値演算手段に対応し、モータ電流制御部 23 がモータ制御手段に対応し、保舵状態判定部 52 が保舵状態判定手段に対応し、回転角検出部 17 が回転角検出手段に対応し、角速度演算部 31 が角速度検出手段に対応し、モータ電流検出部 60 が駆動電流検出手段に対応し、フィルタ処理部 61 がフィルタ処理手段に対応している。

【0029】

次に、本発明の第 1 の実施形態における動作について説明する。

今、車両の走行を開始するために、イグニッションスイッチ  $IG$  をオン状態としたものとする、コントローラ 15 に電源が投入されて操舵補助制御処理が実行開始され、操舵トルクセンサ 14 で検出した操舵トルク  $T$ 、車速センサ 16 で検出した車速  $V$ 、モータ電流検出部 60 で検出したモータ電流  $I$ 、回転角検出部 17 で検出したモータ回転角  $\theta$  がコントローラ 15 に供給される。

30

【0030】

したがって、操舵補助トルク指令値演算部 21 で、操舵トルク  $T$  と車速  $V$  とに基づいて図 3 に示す操舵補助指令値算出マップを参照して操舵補助トルク指令値  $I_M^*$  を算出する。一方、回転角検出部 17 で検出したモータ回転角  $\theta$  が角速度演算部 31 に入力されてモータ角速度  $\omega$  が算出され、このモータ角速度  $\omega$  が角加速度演算部 32 に入力されてモータ角加速度  $\alpha$  が算出される。

【0031】

40

そして、収斂性補償部 33 でモータ角速度  $\omega$  に基づいて収斂性補償値  $I_c$  が算出され、慣性補償部 34 でモータ角加速度  $\alpha$  に基づいて慣性補償値  $I_i$  が算出され、これらが減算器 35 に入力されて指令値補償値  $I_{com}$  が算出され、これが加算器 36 で操舵補助トルク指令値  $I_M^*$  に加算されて電流指令値  $I_t$  が算出される。

このとき、車両が走行状態にある場合には、操舵トルクセンサ 14 で検出される操舵トルク  $T$  及び車速センサ 16 で検出される車速  $V$  に基づいた操舵補助トルク指令値  $I_M^*$  が算出される。そして、指令値補償部 22 で算出される各補償値によって操舵補助トルク指令値  $I_M^*$  に対する補償が行われ、電流指令値  $I_t$  が演算される。

【0032】

ここで、車両がカーブ路に進入し、操舵トルク微分値  $T'$  が操舵トルク微分閾値  $T_{TH}'$

50

以上となっているものとする、保舵状態判定部 52 において、図 4 のステップ S2 で N o と判定されるため、ステップ S4 に移行してステアリングホイール 1 が非保舵状態にあるとして論理値 “ 0 ” の信号 S がフィルタ処理部 61 に出力される。したがって、モータ電流 I にフィルタ処理が施されることなく、モータ駆動電流検出部 60 で検出されたモータ電流 I と上記電流指令値 I t とに基づいた電流フィードバック制御により電動モータ 12 が駆動制御される。これにより、運転者の操舵負担を軽減するような操舵補助力が発生される。

#### 【 0 0 3 3 】

この状態から、車両が直進路に進入するなどにより、ステアリングホイール 1 が保舵状態となると、保舵状態判定部 52 は、図 4 のステップ S2 で Y e s と判定してステップ S3 に移行し、論理値 “ 1 ” の信号 S をフィルタ処理部 61 に出力する。そのため、フィルタ処理部 61 は、モータ電流 I に対してフィルタ処理を施したモータ電流 I ' と上記電流指令値 I t とに基づいた電流フィードバック制御により電動モータ 12 が駆動制御される。

10

#### 【 0 0 3 4 】

ところで、図 5 に示すように、電動モータ 100 の駆動制御方式として、電流検出値を用いたフィードバック制御を採用している場合、電流検出値が振動していると、P I 制御器 110 からの出力（デューティ指令値）もその影響を受けて振動してしまう。

保舵振動は、A / D 量子化によるリミットサイクル振動で起こっており、A / D 量子化は、電流検出信号とトルク信号との 2 箇所で行われることがわかっている。

20

#### 【 0 0 3 5 】

そこで、双方が対策できるよう、図 6 に示すように、P I 制御器 110 の前段に L S B フィルタ 120 と保舵ゲイン 130 とを設けることで、リミットサイクルの影響を低減することが考えられている。ここでは、保舵ゲインを下げることで、信号の変化量を小さくし、電流検出値の振動の影響を低減している。なお、L S B フィルタ 120 は、保舵ゲイン 130 の前に設けることで、信号の分解能を向上させる役割を担っており、モータ回転数が所定回転数より低い低回転時にフィルタ機能がオンするように構成されている。

#### 【 0 0 3 6 】

この対策により、保舵振動は低減するが、電流検出値と一緒に電流指令値の変化量も低減されてしまうため、保舵ゲインを下げすぎると電流指令値に対するデューティ指令値の応答性が低下してしまい、背反として転舵開始時における固着感が発生してしまう。

30

例えば、エンジン仕様車では、エンジンが常時回り、常に振動があるため、比較的高い保舵ゲインで保舵振動性能を達成でき、固着感との両立を図ることができる。しかし、ハイブリッド仕様車のようにエンジン O F F 状態がある静音性の高い車両では、エンジン仕様車と同じ保舵ゲインでは保舵振動性能を達成することができず、保舵ゲインを比較的低い値まで下げる必要があるが、その保舵ゲインでは固着感が発生してしまう。このように、従来の車両では保舵振動性能と固着感との両立が困難であった。

#### 【 0 0 3 7 】

ところで、電流検出値をフィードバックさせないフィードフォワード制御における保舵振動とフィードバック制御における保舵振動とを比較すると、図 7 に示すように、電流検出値の振動の影響を受けないフィードフォワード制御の方が、保舵振動が小さくなることわかる。すなわち、保舵振動におけるリミットサイクルの影響は、電流検出信号が支配的であり、この電流検出信号の振動を低減すれば保舵振動が低減することがわかる。

40

#### 【 0 0 3 8 】

そこで、本実施形態のように、保舵時において、電流検出値をローパスフィルタ処理することにより、電流検出値の振動を低減させ、その結果、電流指令値に対する応答性を低下させることなく、保舵時の振動、異音を低減させることができる。つまり、保舵ゲインを固着感が発生しない範囲に設定しても、保舵振動を低減させることができ、保舵振動性能と固着感との両立を図ることができる。

#### 【 0 0 3 9 】

50

ここで、本実施形態で使用するフィルタとして、ＩＩＲローパスフィルタを採用している。保舵振動を低減するには、信号に含まれる保舵振動の周波数帯域（２５０Ｈｚ周辺）が低減できればよいと推測される。したがって、上記保舵振動の周波数帯域の信号が低減されるように上記フィルタを設計する。

図８は、本実施形態で使用するフィルタの周波数特性を示す図である。この図８のＡに示すように、保舵振動の周波数帯域である２５０Ｈｚで、信号が十分に低減されて保舵振動性能が達成されていることがわかる。

#### 【００４０】

このように、ステアリングホイール１が保舵状態にある場合には、電流検出値に対して上記のように設計されたＩＩＲローパスフィルタによるフィルタ処理を施すことにより、保舵振動を効果的に低減することができる。

10

ところで、ステアリングホイールの保舵判定は、モータ回転数に基づいて行われるのが一般的である。しかしながら、モータ回転数のみに基づいて保舵判定を行うと、急反転時など、瞬間的にモータ回転数が０となる場合に、ステアリングホイールが保舵状態にあると判断されることになる。

#### 【００４１】

保舵状態と判断されると、保舵状態判定部５２から論理値“１”の信号Ｓがフィルタ処理部６１に対して出力され、フィルタ機能がＯＮとなる。フィルタは応答性が低いため、急反転時に保舵状態と判断されてフィルタがＯＮになった瞬間、図９に示すように、電流検出値が不連続となり、異音が発生するおそれがある。

20

そこで、本実施形態では、ステアリングホイールの保舵判定に操舵トルク微分値Ｔ'を用い、急反転時は転舵保舵状態に遷移するときに比べて操舵トルクの変動量が大きいことを考慮し、操舵トルクの変化量が閾値以上である場合には、保舵状態と判定しないようにしている。

#### 【００４２】

これにより、急反転時において保舵状態と判定されることを防止することができるので、異音の発生を防止することができる。

このように、上記第１の実施形態では、ステアリングホイールが保舵状態にあると判定したとき、電流検出値に対してフィルタ処理を施し、フィルタ処理後の電流検出値と電流指令値との偏差に基づいて電動モータを帰還制御するので、電流検出値のＡ／Ｄ変換による量子化誤差の影響を回避することができ、保舵時の振動や異音を低減して操舵感を向上させることができる。また、このとき、電流指令値に対する応答性を低下させることがないため、例えば、転舵開始時における固着感の発生を防止することができる。

30

#### 【００４３】

また、操舵トルク、電流指令値、車速、モータ回転角及びモータ角速度の少なくとも１つに基づいて、ステアリングホイールの保舵判定を行うので、確実にステアリングホイールの保舵状態を判定することができる。また、操舵トルクの変化量が所定値以上である場合には保舵状態と判定しないようにすることで、急反転時など、瞬間的にモータ回転数が０となる場合であっても、保舵状態と判定されることを回避することができる。その結果、フィルタ機能がＯＮされることに起因して電流検出値が不連続となることを回避することができ、異音の発生を防止することができる。

40

#### 【００４４】

さらに、フィルタ処理として、ＩＩＲローパスフィルタによるフィルタ処理を採用するので、保舵振動の低減と固着感の低減とを実現することができる。

次に、本発明における第２の実施形態について説明する。

この第２の実施形態は、前述した第１の実施形態において、ステアリングホイール１が保舵状態にあると判定したとき、電流検出値に対してフィルタ処理を施しているのに対し、電流指令値と電流検出値との偏差に対してフィルタ処理を施すようにしたものである。

#### 【００４５】

すなわち、第２の実施形態におけるコントローラの構成を図１０に示すように、図２に

50



おけるフィルタ処理部 6 1 を削除し、P I 制御部 6 3 の前段にフィルタ処理部 6 6 を追加し、保舵状態判定部 5 2 から出力される信号 S を上記フィルタ処理部 6 6 に入力するようにしたことを除いては、図 2 と同様の構成を有するため、構成の異なる部分を中心に説明する。

【 0 0 4 6 】

フィルタ処理部 6 6 には、保舵状態判定部 5 2 から出力される信号 S が入力される。そして、スイッチ 6 6 a は、ステアリングホイール 1 が保舵状態にないことを意味する論理値 “ 0 ” の信号 S が入力されているときには、実線で示す状態となっており、ステアリングホイール 1 が保舵状態となっていることを意味する論理値 “ 1 ” の信号 S が入力されているときには、破線で示す状態へ切り替わるようになっている。

10

【 0 0 4 7 】

したがって、フィルタ処理部 6 6 は、論理値 “ 0 ” の信号 S が入力されているときには、減算器 6 2 で算出した電流偏差  $I$  をそのまま電流偏差  $I'$  として出力する。

一方、フィルタ処理部 6 6 は、論理値 “ 1 ” の信号 S が入力されているときには、減算器 6 2 で算出した電流偏差  $I$  に対してフィルタ処理を施すフィルタ 6 6 b からの出力値を電流偏差  $I'$  として出力する。

【 0 0 4 8 】

ここで、フィルタ 6 6 b は、前述した第 1 の実施形態と同様に設計された I I R ローパスフィルタとする。

このような構成により、ステアリングホイール 1 が通常操舵状態から保舵状態となると、保舵状態判定部 5 2 は、図 4 のステップ S 2 で Y e s と判定してステップ S 3 に移行し、論理値 “ 1 ” の信号 S をフィルタ処理部 6 6 に出力する。そのため、フィルタ処理部 6 6 は、電流偏差  $I$  に対してフィルタ処理を施した電流偏差  $I'$  を P I 制御部 6 3 に出力する。そして、フィルタ処理が施された電流偏差  $I'$  に基づいた電流フィードバック制御により電動モータ 1 2 が駆動制御される。

20

【 0 0 4 9 】

前述したように、保舵振動は、A / D 量子化によるリミットサイクル振動で起こっており、その A / D 量子化は電流検出信号とトルク信号との 2 箇所で行われる。したがって、電流指令値  $I_t$  とモータ電流  $I$  との偏差  $I$  に対してフィルタ処理を施すことで、電流検出値及び操舵トルクセンサの A / D 変換による量子化誤差の影響を回避することができる。

30

このように、上記第 2 の実施形態では、ステアリングホイールが保舵状態にあると判定したとき、電流指令値と電流検出値との偏差に対してフィルタ処理を施し、フィルタ処理後の偏差に基づいて電動モータを帰還制御するので、電流検出値や操舵トルクセンサの A / D 変換による量子化誤差の影響を回避することができ、保舵振動におけるリミットサイクルの影響を低減して、より効果的に保舵時の振動や異音を低減し、操舵感を向上させることができる。

【 0 0 5 0 】

なお、上記各実施形態においては、電動モータ 1 2 は、単相モータであっても、3 相モータであっても、さらに、3 相モータの場合は、モータの電流制御が 3 相制御であっても d q 制御であっても、本発明の効果が得られることは言うまでもない。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 1 】

【図 1】本発明の実施形態における電動パワーステアリング装置の概略構成図である。

【図 2】第 1 の実施形態におけるコントローラの構成を示すブロック図である。

【図 3】操舵補助トルク指令値算出マップである。

【図 4】保舵状態判定部で実行される保舵状態判定処理手順を示すフローチャートである。

【図 5】電流フィードバック制御の構成を示すブロック図である。

【図 6】既存の保舵振動対策機能を示すブロック図である。

【図 7】フィードフォワード制御における保舵振動とフィードバック制御における保舵振

50

動とを比較した図である。

【図 8】本実施形態で使用するフィルタの周波数特性を示す図である。

【図 9】急反転時における電流検出値の変化を示す図である。

【図 10】第 2 の実施形態におけるコントローラの構成を示すブロック図である。

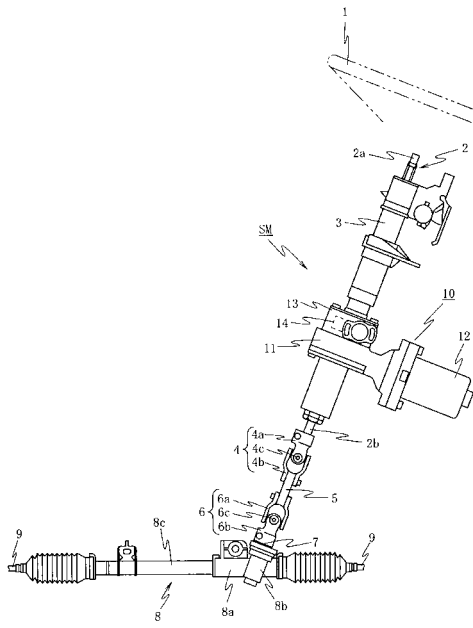
【符号の説明】

【0052】

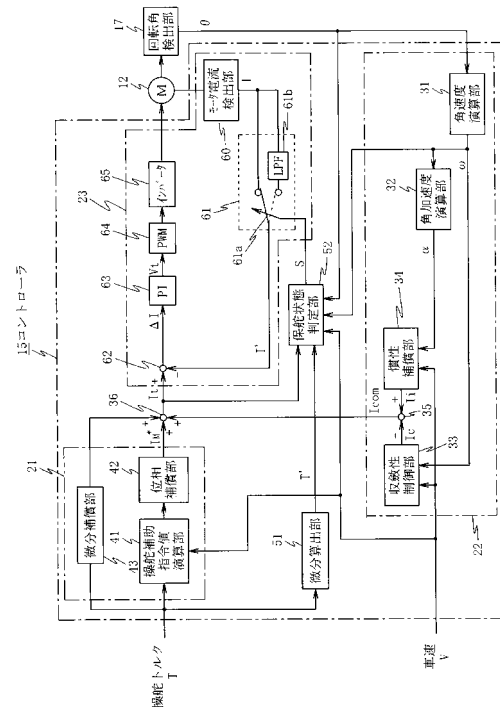
S M...ステアリング機構、1...ステアリングホイール、2...ステアリングシャフト、3...ステアリングコラム、4, 6...ユニバーサルジョイント、5...中間シャフト、8...ステアリングギヤ、10...操舵補助機構、11...減速ギヤ、12...電動モータ、14...操舵トルクセンサ、15...コントローラ、16...車速センサ、17...回転角検出部、21...操舵補助トルク指令値演算部、22...指令値補償部、23...モータ電流制御部、51...微分算出部、52...保舵状態判定部、61...フィルタ処理部

10

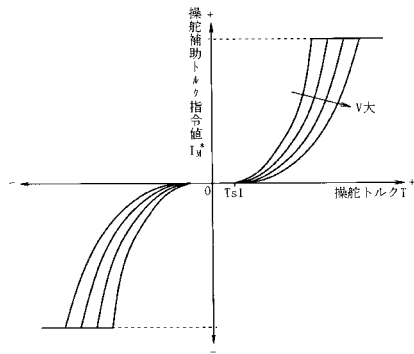
【図 1】



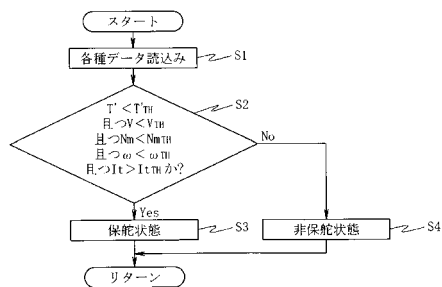
【図 2】



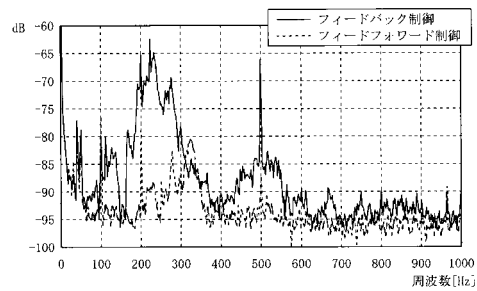
【図 3】



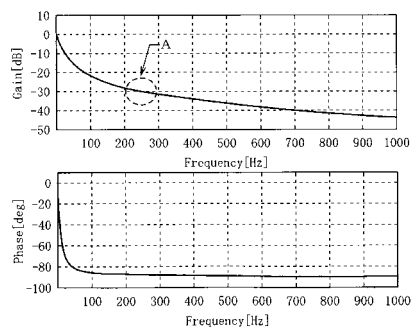
【図 4】



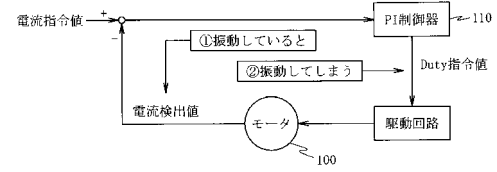
【図 7】



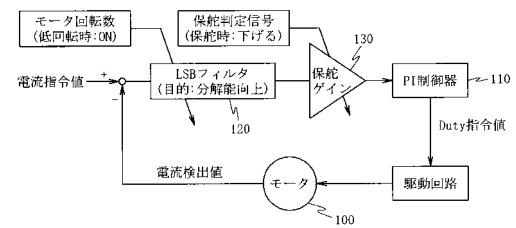
【図 8】



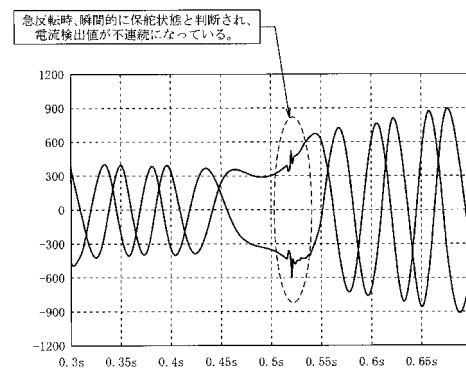
【図 5】



【図 6】



【図 9】





---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-240479(JP,A)  
特開平03-182873(JP,A)  
特開平08-020350(JP,A)  
特開2006-036078(JP,A)  
特開2004-338696(JP,A)  
特開2006-168649(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B62D 6/00

B62D 5/04