

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5935960号
(P5935960)

(45) 発行日 平成28年6月15日(2016.6.15)

(24) 登録日 平成28年5月20日(2016.5.20)

(51) Int. Cl.	F I
B 6 2 D 6/00 (2006.01)	B 6 2 D 6/00
H O 2 P 23/00 (2016.01)	H O 2 P 7/36 3 O 3 S
B 6 2 D 5/04 (2006.01)	B 6 2 D 5/04
B 6 2 D 113/00 (2006.01)	B 6 2 D 113:00
B 6 2 D 125/00 (2006.01)	B 6 2 D 125:00

請求項の数 5 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2016-503881 (P2016-503881)	(73) 特許権者	000004204
(86) (22) 出願日	平成27年2月23日 (2015.2.23)		日本精工株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/000870		東京都品川区大崎1丁目6番3号
(87) 国際公開番号	W02015/145962	(74) 代理人	100075579
(87) 国際公開日	平成27年10月1日 (2015.10.1)		弁理士 内藤 嘉昭
審査請求日	平成28年1月27日 (2016.1.27)	(74) 代理人	100116012
(31) 優先権主張番号	特願2014-62552 (P2014-62552)		弁理士 宮坂 徹
(32) 優先日	平成26年3月25日 (2014.3.25)	(74) 代理人	100175259
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 尾林 章
早期審査対象出願		(72) 発明者	菅原 孝義
			東京都品川区大崎一丁目6番3号 日本精工株式会社内
		(72) 発明者	今村 洋介
			群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式会社内

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】

車両の操舵系に設けられたトーションバーで連結した入力軸及び出力軸の回転角を個別に検出する入力軸回転角検出手段及び出力軸回転角検出手段を有するトルク検出手段と、該トルク検出手段で検出したトルク検出値に基づいて制御され、前記出力軸に対して操舵補助力を発生する電動モータとを備えた電動パワーステアリング装置であって、

前記電動モータのモータ回転角を検出するモータ回転角検出手段と、

前記出力軸回転角検出手段で検出した出力軸回転角信号に対して、前記モータ回転角検出手段で検出したモータ回転角を使用してノイズ低減を行うノイズ抑制手段とを備え、

前記ノイズ抑制手段は、前記出力軸回転角検出手段で検出した出力軸回転角信号に対して、低周波数の伝達ゲインに対する高周波数の伝達ゲインが相対的に低いフィルタ処理を行う第1のフィルタ手段と、前記モータ回転角検出手段で検出したモータ回転角に対して、当該モータの角加速度演算処理を行う第2のフィルタ手段とを備え、前記第1のフィルタ手段のフィルタ出力と前記第2のフィルタ手段のフィルタ出力とを加算した値をノイズ低減出力軸回転角信号とし、

前記第2のフィルタ手段は、高域通過フィルタ及び高域強調特性を有するフィルタの少なくとも何れか一方を2つ有し、該2つのフィルタを用いてモータ回転角を二階微分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】

前記トルク検出手段は、入力軸回転角検出手段で検出した入力軸回転角信号から前記ノ

イズ低減出力軸回転角を減算した値に前記トーションバーレートを乗算して操舵トルクを算出するように構成されている請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 3】

前記第 1 のフィルタ手段は、低域通過フィルタ及び信号平滑特性を有するフィルタの何れか一方で構成されている請求項 1 又は 2 に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 5】

前記信号平滑特性を有するフィルタ及び前記高域強調特性を有するフィルタの周波数特性が対の特性に設定されていることを特徴とする請求項 3 に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 6】

前記電動モータは、減速ギヤ機構を介して前記出力軸に連結されていることを特徴とする請求項 1 ~ 3 及び 5 の何れか 1 項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、車両の操舵系に電動モータによる操舵補助力を付与するようにした電動パワーステアリング装置に関し、特にトーションバーで連結した入力軸及び出力軸の回転角差を検出してトルクを検出するトルク検出手段を備えた電動パワーステアリング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

自動車のステアリング装置を電動モータの回転力で操舵補助力を付与する電動パワーステアリング装置は、電動モータで発生する操舵補助力を、減速機を介してステアリングシャフト等の操舵系に付与するようにしている。

従来、電動パワーステアリング装置では、操舵トルクセンサで検出した操舵トルク信号にはノイズが含まれていることから、その対策としてノイズ除去手段を設ける必要がある。

【0003】

このため、従来の電動パワーステアリング装置におけるノイズ除去手段としては、例えば、電動パワーステアリング装置内の各種アナログ信号の A/D 変換時に生じた量子化誤差を平滑するために、平滑フィルタを適切に設けることにより、量子化誤差を平滑化して量子化誤差に起因するトルクリップルを抑制するようにしている（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2008 - 87727 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記特許文献 1 に記載の従来例にあつては、量子化誤差に起因するトルクリップルを抑制するために、平滑フィルタを設けるようにしているが、デジタルフィルタ処理による位相遅れを補償するため、様々な状況に応じた平滑フィルタのオン・オフ切換えが必要となるとともに、平滑フィルタのオフ時にはトルクリップルの抑制効果が得られないという未解決の課題がある。

そこで、本発明は上記従来例の未解決の課題に着目してなされたものであり、様々な状況にかかわらず、操舵トルク信号のノイズ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目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

10

20

30

40

50

上記目的を達成するために、本発明に係る電動パワーステアリング装置のある態様は、車両の操舵系に設けられたトーションバーで連結した入力軸及び出力軸の回転角を個別に検出する入力軸回転角検出手段及び出力軸回転角検出手段を有するトルク検出手段と、該トルク検出手段で検出したトルク検出値に基づいて制御され、上記出力軸に対して操舵補助力を発生する電動モータとを備えた電動パワーステアリング装置であって、上記電動モータのモータ回転角を検出するモータ回転角検出手段と、上記出力軸回転角検出手段で検出した出力軸回転角に対して、上記モータ回転角検出手段で検出したモータ回転角を使用してノイズ低減を行うノイズ抑制手段とを備え、上記ノイズ抑制手段は、上記出力軸回転角検出手段で検出した出力軸回転角信号に対して、低周波数の伝達ゲインに対する高周波数の伝達ゲインが相対的に低いフィルタ処理を行う第1のフィルタ手段と、上記モータ回転角検出手段で検出したモータ回転角に対して、当該モータの角加速度演算処理を行う第2のフィルタ手段とを備えている。

10

【0007】

この構成によると、ノイズ抑制手段で、モータ回転角検出手段で検出したモータ回転角を使用して出力軸回転角検出手段で検出した出力軸回転角に対してノイズ低減を行うので、フィルタのオン・オフ切換えを行う必要がなく、様々な状況で有効にノイズ低減を行うことができ、低コストで且つ変動のない滑らかな操舵フィーリングを得ることができる。

【0008】

また、この構成によると、例えば出力軸回転角検出手段で検出した出力軸回転角信号に対して例えば低域通過フィルタ処理を行って、高周波領域の角度信号が減衰してしまったときに、モータ回転角検出手段で検出したモータ回転角に対して、当該モータの角加速度を加算して、高周波領域の角度信号の減衰を補償することができる。

20

【0009】

また、上記電動パワーステアリング装置においては、上記ノイズ抑制手段が、上記第1のフィルタ手段のフィルタ出力と上記第2のフィルタ手段のフィルタ出力とを加算した値をノイズ低減出力軸回転角とし、上記トルク検出手段は、入力軸回転角検出手段で検出した入力軸回転角から上記ノイズ低減出力軸回転角を減算した値に上記トーションバーレートを乗算して操舵トルクを算出するように構成されていることが好ましい。

この構成によると、ノイズ抑制手段で、第1のフィルタ手段のフィルタ出力と、第2のフィルタ手段のフィルタ出力とを加算することにより、ノイズ低減出力軸回転角を形成し、入力軸回転角検出手段で検出した入力軸回転角からノイズ低減出力軸回転角を減算することにより、トーションバーの捩じれによる回転角差を算出ことができ、この回転角差にトーションバーレートを乗算することにより操舵トルクを算出することができる。

30

【0010】

また、上記電動パワーステアリング装置においては、上記第1のフィルタ手段が、低域通過フィルタ及び信号平滑特性を有するフィルタの何れか一方で構成されていることが好ましい。

この構成によると、第1のフィルタ手段を低域通過フィルタまたは信号平滑特性を有する低域強調フィルタで構成することにより、高周波ノイズを抑制した出力軸回転角信号を得ることができる。

40

【0011】

また、上記電動パワーステアリング装置においては、上記第2のフィルタが、高域通過フィルタ及び高域強調特性を有するフィルタの少なくとも何れか一方を2つ有して構成されていることが好ましい。

この構成によると、第2のフィルタ手段を高域通過フィルタ及び高域強調特性を有するフィルタの少なくとも何れか一方を2つ有して構成することにより、高周波の出力軸回転角が減衰された場合に、この減衰分をモータ回転角のフィルタ出力で補償することができる。

【0012】

また、上記電動パワーステアリング装置においては、上記信号平滑特性を有するフィル

50

タ及び上記高域強調特性を有するフィルタの周波数特性が対の特性に設定されていることが好ましい。

この構成によると、信号平滑特性を有するフィルタと高域強調特性を有するフィルタの周波数特性を対とすることにより、低域側と高域側との切り分けを正確に行い、滑らかなノイズ抑制出力軸回転角を得ることができる。

【0013】

また、上記電動パワーステアリング装置においては、上記電動モータが、減速ギヤ機構を介して上記出力軸に連結されていることが好ましい。

この構成によると、電動モータのモータ回転角と出力軸の出力軸回転角とが相関関係を有し、出力軸回転角をフィルタ処理したときの出力にモータ回転角をフィルタ処理した出力を加算することにより、出力軸回転角の高域成分が減衰したときに、減衰した高域成分を正確に補償することができる。

【発明の効果】

【0014】

本発明の一態様によれば、様々な状況にかかわらず、操舵トルク信号のノイズ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ができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】電動パワーステアリング装置を示す構成図である。

【図2】操舵補助制御装置を示すブロック図である。

【図3】操舵補助制御装置の演算処理装置の操舵トルク検出部を示す機能ブロックである。

【図4】演算処理装置で実行する操舵トルク検出処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図5】演算処理装置で実行する操舵補助制御処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図6】操舵補助電流指令値算出マップを示す特性線図である。

【図7】出力軸回転角検出信号及びモータ回転角検出信号の波形図である。

【図8】低域通過フィルタ出力、高域通過フィルタ出力及び両者を加算した出力を示す波形図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下の詳細な説明では、本発明の実施形態の完全な理解を提供するように多くの特定の細部について記載される。しかしながら、かかる特定の細部がなくても1つ以上の実施態様が実施できることは明らかであろう。他にも、図面を簡潔にするために、周知の構造及び装置が略図で示されている。

【0017】

図1は、本発明による電動パワーステアリング装置の一実施形態を示す全体構成図であって、図中、1は、ステアリングホイールであり、このステアリングホイール1がステアリングシャフト2の車両後方側先端に取付けられている。このステアリングシャフト2は、運転者から作用される操舵力がステアリングホイール1を介して伝達される入力軸2aと、この入力軸2aにトーションバー2bを介して連結された出力軸2cとを備えている。

【0018】

そして、出力軸2cに伝達された操舵力は、ユニバーサルジョイント4を介してロアシャフト5に伝達され、さらに、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機構8を介してタイロッド9に伝達され、図示しない転舵輪を転舵させる。ここで、ステアリングギヤ機構8は、ピニオンシャフト7に連結されたピニオン8aとこのピニオン8aに噛合するラック8b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8aに伝達され

10

20

30

40

50

た回転運動をラック 8 b で直進運動に変換している。

ステアリングシャフト 2 の出力軸 2 c には、操舵補助力を出力軸 2 c に伝達する操舵補助機構 1 0 が連結されている。この操舵補助機構 1 0 は、出力軸 2 c に連結した減速ギヤ機構 1 1 と、この減速ギヤ機構 1 1 に連結されて操舵補助力を発生する例えばブラシレスモータで構成される電動モータ 1 2 とを備えている。

【 0 0 1 9 】

そして、入力軸 2 a 及び出力軸 2 c 間に配設されたトーションバー 2 b の捩れ角変位を検出して操舵トルクを検出するトルク検出手段としてのトルクセンサ 1 4 が設けられている。

トルクセンサ 1 4 は、図 1 に示すように、入力軸 2 a の回転角を検出する例えばロータリエンコーダで構成される入力軸回転角検出手段としての入力軸回転角センサ 1 5 と、出力軸 2 c の回転角を検出する例えばロータリエンコーダで構成される出力軸回転角検出手段としての出力軸回転角センサ 1 6 とを備えている。入力軸回転角センサ 1 5 は、入力軸 2 a の回転角を検出して入力軸回転角検出値 1 を出力する。また、出力軸回転角センサ 1 6 は出力軸 2 c の回転角を検出して第 1 の出力軸回転角検出値 2 を出力する。

10

【 0 0 2 0 】

また、出力軸 2 c に減速ギヤ機構 1 1 を介して連結された電動モータ 1 2 のモータ回転角がレゾルバ 1 7 によって検出される。このレゾルバ 1 7 では、正弦波の励磁信号 $s i n t$ を入力することにより、下記 (1) 式及び (2) 式で表される正弦波信号 $V s i n$ 及び余弦波信号 $V c o s$ を出力する。

20

$$V s i n = A s i n t \cdot s i n m \dots\dots\dots (1)$$

$$V c o s = A s i n t \cdot c o s m \dots\dots\dots (2)$$

【 0 0 2 1 】

そして、トルクセンサ 1 4 を構成する入力軸回転角センサ 1 5 で検出した入力軸回転角検出値 1、出力軸回転角センサ 1 6 で検出した第 1 の出力軸回転角検出値 2、及びレゾルバ 1 7 で検出した正弦波信号 $V s i n$ 及び余弦波信号 $V c o s$ が操舵補助制御装置 2 0 に供給される。この操舵補助制御装置 2 0 には、車速センサ 1 8 で検出した車速検出値 $V s$ も入力されている。

【 0 0 2 2 】

この操舵補助制御装置 2 0 は、第 1 の出力軸回転角検出値 2 に対して、モータ回転角信号 m を利用してノイズ低減処理を行うノイズ抑制手段 2 0 a を備えている。

30

操舵補助制御装置 2 0 の具体的構成は、図 2 に示すように、レゾルバ 1 7 から出力され正弦波信号 $V s i n$ 、余弦波信号 $V c o s$ が入力されてレゾルバ信号をデジタル値のモータ回転角信号 m に変換するレゾルバ/デジタル信号変換回路 R D C を備えている。

【 0 0 2 3 】

また、操舵補助制御装置 2 0 は、入力軸回転角センサ 1 5 で検出した入力軸回転角検出値 1、出力軸回転角センサ 1 6 で検出した第 1 の出力軸回転角検出値 2 及びモータ回転角信号 m と、モータ電流検出回路 2 3 で検出されるモータ電流検出値 $I u d \sim I w d$ とが入力されるマイクロコンピュータ、マイクロコントロールユニット等で構成される演算処理装置 2 1 と、この演算処理装置 2 1 から出力されるパルス幅変調信号が入力されて電動モータ 1 2 を回転駆動するモータ駆動回路 2 2 とを備えている。

40

【 0 0 2 4 】

演算処理装置 2 1 は、図 3 の機能ブロック図及び図 4 のフローチャートで表される操舵トルク検出処理と、図 5 に示す操舵補助制御処理とを実行して、モータ駆動回路 2 2 に対するゲート駆動信号 $G 1 \sim G 6$ を生成し、生成したゲート駆動信号 $G 1 \sim G 6$ をモータ駆動回路 2 2 に出力する。

図 3 の機能ブロック図は、操舵トルク検出部 2 9 を示しており、この操舵トルク検出部 2 9 は、ノイズ抑制手段 2 0 a に対応するノイズ抑制部 3 0 を有する。

このノイズ抑制部 3 0 は、出力軸回転角センサ 1 6 で検出された第 1 の出力軸回転角検出値 2 を低域通過フィルタ (ローパスフィルタ) 3 1 に入力して高周波数のノイズ成分

50

を除去し、そのフィルタ出力であるノイズ成分を除去した第2の出力軸回転角検出値 2 aを加算器32に供給する。

【0025】

また、ノイズ抑制部30は、レゾルバ/デジタル信号変換回路RDCから入力されるモータ回転角信号 mに乗算器33で、ギヤ比設定器34で設定された減速ギヤ機構11のギヤ比を乗算して、第3の出力軸回転角検出値 2 bに変換する。そして、この第3の出力軸回転角検出値 2 bを角加速度演算処理部35に供給し、高周波数域を強調した第4の出力軸回転角加速度信号 2 cを得る。

ここで、この角加速度演算処理部35は、第3の出力軸回転角検出値 2 bを出力軸回転角加速度信号に変換(二階微分演算処理)するものであれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択される。例えば、角加速度演算処理部35としては、2つの高域通過フィルタ(ハイパスフィルタ)が挙げられる。

【0026】

その後、この角加速度演算処理部35から出力される高周波数域を強調した第4の出力軸回転角加速度信号 2 cを前述した加算器32に供給して低域通過フィルタ31から出力される第2の出力軸回転角信号 2 aに加算して高周波数領域の出力軸回転角信号を補償した第5の出力軸回転角信号 2 dを算出する。

【0027】

そして、操舵トルク検出部29は、ノイズ抑制部30から出力される第5の出力軸回転角検出値 2 dを入力軸回転角センサ15から入力される入力軸回転角検出値 1が入力された減算器36に供給して、入力軸回転角検出値 1から第5の出力軸回転角検出値 2 dを減算してトーシヨンバー2bの回転角差 ($= 1 - 2 d$)を算出する。

【0028】

また、操舵トルク検出部29は、トーシヨンバーの回転角差 を、トーシヨンバーバネレート設定器37で設定されたトーシヨンバー2bのトーシヨンバーバネレートKが入力された乗算器38に供給して、トーシヨンバーバネレートKを乗算して、操舵トルクT ($= K \cdot$)を算出する。

【0029】

また、演算処理装置21では、図3の機能ブロック図に対応する図4に示す操舵トルク検出処理を実行する。この操舵トルク検出処理は、所定時間(例えば1 msec)毎のタイマ割込処理として実行され、先ず、ステップS1で、入力軸回転角検出値 1、第1の出力軸回転角検出値 2及びモータ回転角信号 mを読込んでからステップS2に移行する。

このステップS2では、第1の出力軸回転角検出値 2に対して低域通過フィルタ処理を施して、高周波のノイズ成分を除去した第2の出力軸回転角検出値 2 aを算出し、次いでステップS3に移行して、ステップS1で読込んだモータ回転角信号 mにギヤ比Grを乗算して第3の出力軸回転角検出値 2 bを算出する。

【0030】

次いで、ステップS4に移行して、第3の出力軸回転角検出値 2 bに対して高域通過フィルタ処理を二回行って、高域成分を強調した第4の出力軸回転角加速度検出値 2 cを算出し、次いで、ステップS5に移行して、ステップS2で算出した第2の出力軸回転角検出値 2 aにステップS4で算出した高域成分を強調した第4の出力軸回転角加速度検出値 2 cを加算してノイズ成分を低減し、第2の出力軸回転角検出値 2 aの高周波成分を補償した第5の出力軸回転角検出値 2 dを算出する。

【0031】

次いで、ステップS6に移行して、ステップS1で読込んだ入力軸回転角検出値 2からステップS5で算出した第5の出力軸回転角検出値 2 dを減算してトーシヨンバー2bの入力軸側及び出力軸側の回転角差 を算出する。

【0032】

次いで、ステップS7に移行して、算出した回転角差 に予め設定されたトーシヨン

10

20

30

40

50

パー 2 b の トーションバーバネレート K を乗算して操舵トルク T ($= K \cdot \quad$) を算出し、次いでステップ S 8 に移行して、算出した操舵トルク T を RAM 等のメモリに形成した操舵トルク記憶領域に更新記憶してからタイマ割込処理を終了して所定のメインプログラムに復帰する。

この図 4 の処理が操舵トルク検出部に対応し、ステップ S 1 ~ S 5 の処理がノイズ抑制部 30 に対応している。

【 0 0 3 3 】

さらに、演算処理装置 21 は、図 5 に示す操舵補助制御処理を実行する。この操舵補助制御処理はメインプログラムとして実行され、先ず、ステップ S 11 で、車速センサ 18、モータ電流検出回路 23、レゾルバ/デジタル信号変換回路 RDC 等の各種センサの検出値とメモリの操舵トルク記憶領域に記憶されている操舵トルク T とを読み込み、次いでステップ S 2 に移行して、操舵トルク T 及び車速検出値 V_s をもとに図 6 に示す操舵補助電流指令値算出マップを参照して操舵補助電流指令値 I_{ref} を算出してからステップ S 13 に移行する。

【 0 0 3 4 】

この操舵補助電流指令値算出マップは、図 6 に示すように、横軸に操舵トルク T をとり、縦軸に操舵補助電流指令値 I_{ref} をとると共に、車速検出値 V_s 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電流指令値 I_{ref} 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電流指令値 I_{ref} 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電流指令値 I_{ref} 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。

【 0 0 3 5 】

ステップ S 13 では、モータ回転角信号 θ_m を微分してモータ角速度 ω_m を算出し、次いでステップ S 14 に移行して、モータ回転角信号 θ_m 及びモータ角速度 ω_m を使用して操舵補助電流指令値 I_{ref} に対して d - q 軸指令値演算処理を実行して d 軸目標電流 I_{dref} 及び q 軸目標電流 I_{qref} を算出する。

【 0 0 3 6 】

次いで、ステップ S 15 に移行して d 軸目標電流 I_{dref} 及び q 軸目標電流 I_{qref} を 3 相モータ電流指令値 I_{uref} 、 I_{vref} 及び I_{wref} に変換する 2 相 / 3 相変換処理を行って 3 相モータ電流指令値 I_{uref} 、 I_{vref} 及び I_{wref} を算出してからステップ S 16 に移行する。

このステップ S 16 では、モータ電流指令値 I_{uref} 、 I_{vref} 及び I_{wref} からモータ電流検出値 I_{ud} 、 I_{vd} 及び I_{wd} を減算して電流偏差 I_u 、 I_v 及び I_w を算出し、次いでステップ S 17 に移行して、電流偏差 I_u 、 I_v 及び I_w について PI 制御処理を行って電圧指令値 V_{uref} 、 V_{vref} 及び V_{wref} を算出する。

【 0 0 3 7 】

次いで、ステップ S 18 に移行して、算出した電圧指令値 V_{uref} 、 V_{vref} 及び V_{wref} をパルス幅変調処理してモータ駆動回路 22 を構成するインバータのゲート駆動信号 $G_1 \sim G_6$ を生成し、次いでステップ S 19 に移行して生成したゲート駆動信号 $G_1 \sim G_6$ をモータ駆動回路 22 に出力してから操舵補助制御処理を終了して所定のメインプログラムに復帰する。

【 0 0 3 8 】

次に、上記実施形態の動作を説明する。

今、操舵補助制御装置 20 の演算処理装置 21 で、入力軸回転角センサ 15 で検出した入力軸回転角検出値 θ_1 及び出力軸回転角センサ 16 で検出した第 1 の出力軸回転角検出値 θ_2 を読み込むとともに、レゾルバ 17 で検出した正弦波信号 V_{sin} 及び余弦波信号 V_{cos} をレゾルバ/デジタル信号変換回路 RDC に供給してモータ回転角信号 θ_m を算出

10

20

30

40

50

し、算出したモータ回転角信号 m にギヤ比 G_r を乗算して第 2 の出力軸回転角検出値 $2b$ を算出する。

このとき、出力軸回転角センサ 16 で検出される第 1 の出力軸回転角検出値 2 は、図 7 (a) において特性曲線 L 1 で示す角度信号成分と特性線 L 2 で示す例えば 25 dB 以下のノイズ成分とが重畳されている。

【 0 0 3 9 】

一方、レゾルバ 17 で検出される正弦波信号 $V \sin$ 及び余弦波信号 $V \cos$ に基づく第 2 の出力軸回転角検出値 $2b$ は、図 7 (b) において特性曲線 L 3 で示す角度信号成分と特性線 L 4 で示す例えば 10 dB 以下のノイズ成分とが重畳されている。

これら出力軸回転角センサ 16 で検出した第 1 の出力軸回転角検出値 2 及びレゾルバ 17 の検出信号に基づく第 2 の出力軸回転角検出値 $2b$ のそれぞれにおいて、角度信号成分がノイズ成分を超えている場合には、角度情報として使用することができるが、角度信号成分がノイズ成分以下であるときには角度信号がノイズにかき消されてしまい、角度情報としては使用することができない。

【 0 0 4 0 】

このため、第 1 の出力軸回転角検出値 2 については、約 2 [Hz] 以上の高周波成分がノイズ成分を下回ることになるので、前述したように低域通過フィルタ 31 に供給して、低域通過フィルタ処理を行う。この低域通過フィルタ処理を行った結果を表す第 3 の出力軸回転角検出値 $2a$ は、図 8 (a) に示すようになり、ノイズ成分は特性曲線 L 5 に示すように 0.1 [Hz] から徐々に減衰して約 32 [Hz] で“ 0 ”となる。ところが、第 1 の出力軸回転角検出値 2 についても元々の特性曲線 L 1 で示す特性に対して特性曲線 L 6 で示すように約 0.2 [Hz] 程度からノイズ成分と同等に減衰してしまい、約 1.2 [Hz] 以上の第 2 の出力軸回転角検出値 $2a$ を角度信号として使用することができなくなる。

【 0 0 4 1 】

そこで、第 1 の出力軸回転角検出値 2 と同等でノイズ成分のレベルが低いレゾルバ 17 の検出信号に基づく第 2 の出力軸回転角検出値 $2b$ を前述したように角加速度演算処理部 35 に供給して高域通過フィルタ処理を行う。この高域通過フィルタ処理を行った結果を表す第 4 の出力軸回転角加速度検出値 $2c$ は、図 8 (b) に示すように、ノイズ成分は特性曲線 L 7 で示すように、周波数が 100 [Hz] から低下するに応じて徐々に低下して約 1 [Hz] で“ 0 ”となり、第 4 の出力軸回転角検出値 $2c$ も特性曲線 L 8 で示すように周波数が 100 [Hz] から単調減少して 0.1 [Hz] で略“ 0 ”となる。

【 0 0 4 2 】

したがって、加算器 32 で、第 3 の出力軸回転角検出値 $2a$ と、第 4 の出力軸回転角加速度検出値 $2c$ とを加算して、第 5 の出力軸回転角検出値 $2d$ を得ることにより、この第 5 の出力軸回転角検出値 $2d$ は、図 8 (c) の特性曲線 L 9 で示すように、低域通過フィルタ処理した第 3 の出力軸回転角信号 $2a$ の約 2 [Hz] 以上の高周波数域での減衰を高域通過フィルタ処理した第 4 の出力軸回転角加速度検出値 $2c$ で補償した信号となり、低周波数域の 0.1 [Hz] から高周波数域の約 100 [Hz] までの間で、特性曲線 L 10 で示すノイズ成分を上回ることになり、角度情報として使用可能な範囲を大幅に拡張することができる。なお、角加速度は位相が 90 度だけ角速度よりも進んでおり、図 8 (c) の 1 [Hz] ~ 10 [Hz] におけるエネルギーの低下は問題にならない。むしろ、システムの安定性が向上するので、好ましい結果を得やすい。

【 0 0 4 3 】

そして、加算器 32 から出力される第 5 の出力軸回転角検出値 $2d$ を減算器 36 に供給して、入力軸回転角センサ 15 の検出信号に基づく入力軸回転角信号 1 から第 5 の出力軸回転角信号 $2d$ を減算して回転角差 θ を算出し、算出した回転角差 θ にトーションバーバネレート K を乗算することにより、正確な操舵トルク $T (= K \cdot \theta)$ を算出することができ、この操舵トルク T をメモリの操舵トルク記憶領域に更新記憶する。

【 0 0 4 4 】

10

20

30

40

50

一方、演算処理装置 21 では、図 5 に示す操舵補助制御処理を実行しており、メモリの操舵トルク記憶領域に更新記憶された操舵トルク T を読みむとともに、車速センサ 18 で検出した車速検出値 V_s 、レゾルバ 17 の検出信号に基づくモータ回転角信号 m 等を読み込み（ステップ S11）、これら操舵トルク T 及び車速検出値 V_s に基づいて図 6 に示す操舵補助電流指令値算出マップを参照して操舵補助電流指令値 I_{ref} を算出する（ステップ S12）。

【0045】

このとき、車両が停車状態にあって、運転者がステアリングホイール 1 を操舵していない非操舵状態である場合には、操舵トルク T が“0”であり、車両が停車して車速検出値 V_s も“0”であるので、図 6 の制御マップを参照して算出される操舵補助電流指令値 I_{ref} も“0”となり、電動モータ 12 が停止しているため、レゾルバ 17 で検出される正弦波信号 V_{sin} 及び余弦波信号 V_{cos} に基づいてレゾルバ/デジタル信号変換回路 RDC でモータ回転角信号 m が算出されるが、モータ角速度は“0”となる。“0”の操舵補助電流指令値 I_{ref} が d-q 軸電流指令値演算処理されて、モータ回転角信号 m 及びモータ角速度に基づいて d-q 軸座標系での指令値演算が行われて、d 軸目標電流 I_{dref} 及び q 軸目標電流 I_{qref} が算出され、これら d 軸目標電流 I_{dref} 及び q 軸目標電流 I_{qref} が 2 相/3 相変換されて夫々“0”の 3 相モータ電流指令値 $I_{uref} \sim I_{wref}$ に変換される。

【0046】

一方、モータ駆動回路 22 が停止されているので、モータ電流検出回路 23 で検出される検出電流 $I_{ud} \sim I_{wd}$ も“0”であることから、3 相モータ電流指令値 $I_{uref} \sim I_{wref}$ とモータ電流検出値 $I_u \sim I_w$ との電流偏差 $I_u \sim I_w$ も“0”となり、PI 電流制御処理で算出される電圧指令値 $V_{uref} \sim V_{wref}$ も“0”となって、これら電圧指令値 $V_{uref} \sim V_{wref}$ のパルス幅変調したゲート駆動信号 $G1 \sim G6$ もオフ状態となる。このゲート駆動信号 $G1 \sim G6$ がモータ駆動回路 22 を構成するインバータのスイッチング素子に出力されることになり、このモータ駆動回路 22 から出力されるモータ駆動電流 $I_{mu} \sim I_{mw}$ も“0”となって、電動モータ 12 が停止状態を継続する。

【0047】

この電動モータ 12 の停止状態で、ステアリングホイール 1 を右切り（又は左切り）操舵する所謂据え切りを行うと、前述したように操舵トルク検出処理が行われて操舵トルク T が算出されてメモリの操舵トルク記憶領域に更新記憶される。このため、演算処理装置 21 で実行する図 5 の操舵補助制御処理で、車速検出値 V_s が“0”であるので、一番内側の特性曲線が選択されて操舵トルク T の増大に応じて早めに大きな値となる操舵補助電流指令値 I_{ref} が算出される。また、操舵により電動モータ 12 が回転されてモータ角速度が算出される。

このため、操舵補助電流指令値 I_{ref} に基づいて d 軸電流指令値 I_{dref} 及び q 軸電流指令値 I_{qref} が算出され、これら d 軸電流指令値 I_{dref} 及び q 軸電流指令値 I_{qref} が 2 相/3 相変換されて 3 相モータ電流指令値 $I_{uref} \sim I_{wref}$ が算出される。

【0048】

このとき、モータ電流検出回路 23 で検出されるモータ電流検出値 $I_{ud} \sim I_{wd}$ が“0”であるので、電流偏差 $I_u \sim I_w$ は電流指令値 $I_{uref} \sim I_{wref}$ の値となり、これを PI 制御処理することにより電圧指令値 $V_{uref} \sim V_{wref}$ が算出され、これら電圧指令値 $V_{uref} \sim V_{wref}$ をパルス幅変調することによりゲート駆動信号 $G1 \sim G6$ が算出され、これらゲート駆動信号 $G1 \sim G6$ がモータ駆動回路 22 に出力される。

【0049】

このため、モータ駆動回路 22 を構成するインバータの各スイッチング素子にゲート駆動信号 $G1 \sim G6$ が供給されることにより、モータ駆動回路 22 から所定値のモータ電流

10

20

30

40

50

$I_{m u} \sim I_{m w}$ が出力されて電動モータ12が回転駆動されて、操舵トルク T に応じた操舵補助トルクが発生され、これが減速ギヤ機構11を介してステアリングシャフト2の出力軸2cに伝達されるので、据え切り状態での操舵を軽く行うことができる。

【0050】

その後、車両を発進させると、車速センサ18で検出される車速検出値 V_s が増加することにより、走行中にステアリングホイール1を操舵したときに、操舵補助制御処理で算出される操舵補助電流指令値 $I_{r e f}$ は図6のマップで車速検出値 V_s が速くなるほど外側の特性曲線が選択されることになるので、操舵トルク T の増加に対応する操舵補助電流指令値 $I_{r e f}$ の増加量が少なくなることにより、電動モータ12で発生される操舵補助トルクも据え切り時に比較して小さい値となり、車速検出値 V_s に応じた最適の操舵補助トルクを発生させることができる。

10

【0051】

このように、上記実施形態によると、出力軸回転角センサ16で検出した第1の出力軸回転角検出値2を低域通過フィルタ処理するとともに、レゾルバ17で検出した正弦波信号 $V_{s i n}$ 及び余弦波信号 $V_{c o s}$ に基づく第3の出力軸回転角検出値2bを高域通過フィルタ処理し、両フィルタ処理結果を加算するだけで角度信号成分に対してノイズ成分を減衰させることができる。

このため、前述した従来例のようにデジタルフィルタ処理による位相遅れを補償するために、様々な状況に応じてフィルタのオン/オフ切換えが必要となるとともに、フィルタのオフ時にはフィルタ効果が得られないという問題点はなく、低コストで変動のない滑らかな操舵フィーリングを得ることができる。

20

【0052】

また、上記実施形態によれば、角加速度信号のより高い振動成分(50Hz~100Hz)でも位相遅れが少なくなるため、従来ではフィードバックできなかった領域においても安定した操舵制御を行うことができる。

【0053】

なお、上記実施形態においては、第1の出力軸回転角検出値2に対して低域通過フィルタ31で低域通過フィルタ処理を行い、第3の出力軸回転角検出値2bに対して2つの高域通過フィルタを備えた角加速度演算処理部35で高域通過フィルタ処理を行う場合について説明したが、これに限定されるものではなく、低域通過フィルタ31に代えて信号平滑特性を有するフィルタ(例えば低周波領域に対して高周波領域の伝達ゲインが相対的に低いフィルタ)を適用し、角加速度演算処理部35に代えて高域強調特性を有するフィルタ(例えば、低周波領域に対して高周波領域の伝達ゲインが相対的に高いフィルタ)を適用するようにしてもよい。信号平滑特性を有するフィルタとしては第1の出力軸回転角検出値2に、この第1の出力軸回転角検出値2の低域通過フィルタ処理したフィルタ出力を加算するようによればよく、高域強調特性を有するフィルタとしては第3の出力軸回転角検出値2bに、この第3の出力軸回転角検出値2bの高域通過フィルタ処理したフィルタ出力を加算するようによればよい。ここで、信号平滑特性を有するフィルタと高域強調特性を有するフィルタとは対の特性となるように設定することが好ましい。

30

【0054】

また、上記実施形態においては、レゾルバ17の検出信号をレゾルバ/デジタル信号変換回路RDCでデジタル信号に変換してから演算処理装置21に入力する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、レゾルバ17の検出信号を演算処理装置21のA/D変換入力端子に供給し、演算処理装置21でレゾルバ/デジタル信号変換処理を行うようにしてもよい。

40

【0055】

また、上記実施形態においては、トルクセンサを構成する入力軸回転角センサ15及び出力軸回転角センサ16をロータリエンコーダで構成する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、ロータリポテンショメータやレゾルバ等の他の回転角センサを適用することができる。

50

【0056】

さらに、上記実施形態においては、本発明をコラム式の電動パワーステアリング装置に適用した場合について説明したが、これに限定されるものではなく、ラックアンドピニオン式ステアリングギヤ機構のピニオン軸に操舵補助力を伝達するピニオン式の電動パワーステアリング装置やラック軸に操舵補助力を伝達するラック式の電動パワーステアリング装置にも本発明を適用することができる。これらの場合には、ユニバーサルジョイント6とピニオンシャフト7との間にトーションバーを配置してトーションバーを挟むユニバーサルジョイント6とピニオンシャフト7との回転角差から操舵トルクTを算出すればよい。

【0057】

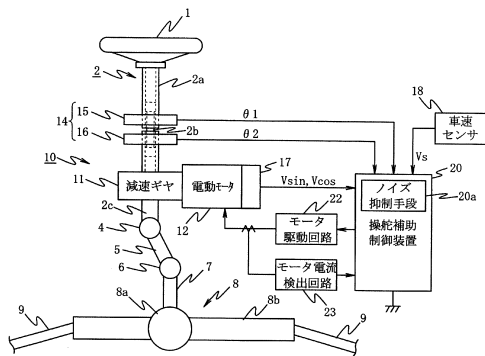
以上で、特定の実施形態を参照して本発明を説明したが、これら説明によって発明を限定することを意図するものではない。本発明の説明を参照することにより、当業者には、開示された実施形態の種々の変形例とともに本発明の別の実施形態も明らかである。従って、特許請求の範囲は、本発明の範囲及び要旨に含まれるこれらの変形例または実施形態も網羅すると解すべきである。

【符号の説明】

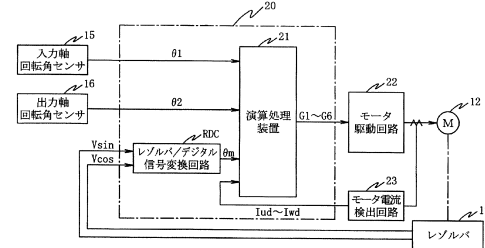
【0058】

1...ステアリングホイール、2...ステアリングシャフト、2a...入力軸、2b...トーションバー、2c...出力軸、8...ステアリングギヤ機構、10...操舵補助機構、11...減速ギヤ機構、12...電動モータ、14...トルクセンサ、15...入力軸回転角センサ、16...出力軸回転角センサ、17...レゾルバ、18...車速センサ、20...操舵補助制御装置、RDC...レゾルバ/デジタル信号変換回路、21...演算処理装置、22...モータ駆動回路、23...モータ電流検出回路、31...低域通過フィルタ、32...加算器、33...乗算器、34...ギヤ比設定器、35...角加速度演算処理部、36...減算器、37...トーションバーバネレート設定器、38...乗算器

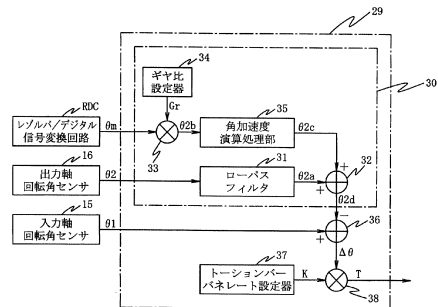
【図1】



【図2】



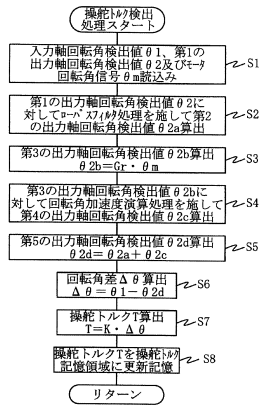
【図3】



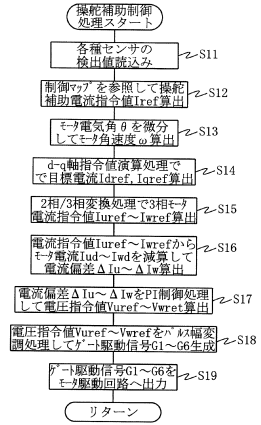
10

20

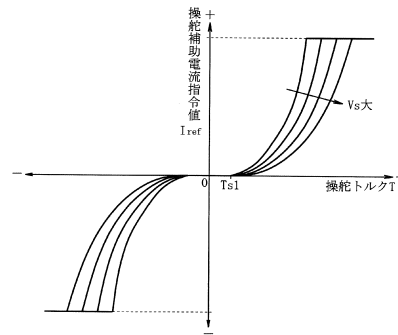
【図4】



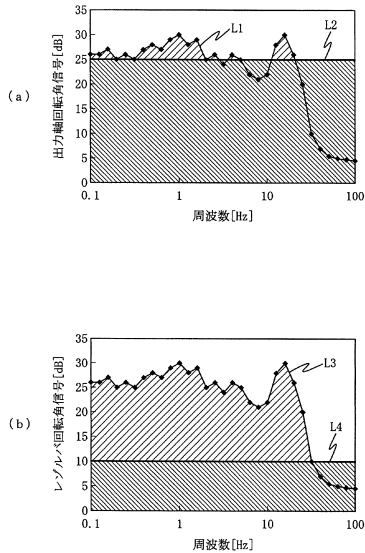
【図5】



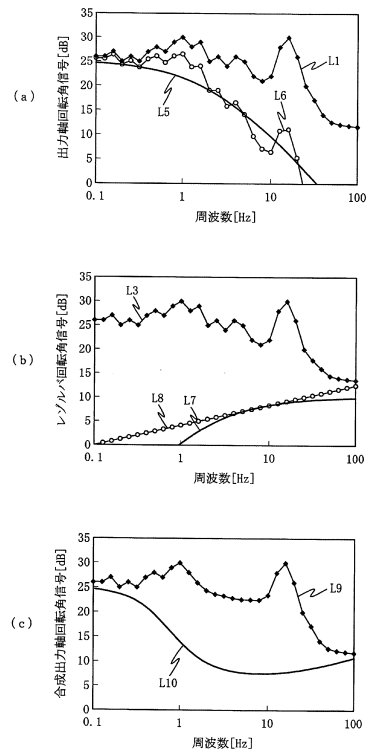
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 6 2 D 137/00 (2006.01) B 6 2 D 137:00

(72)発明者 前田 将宏
群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式会社内

審査官 三宅 龍平

(56)参考文献 特開2012-116291(JP,A)
特開2002-362394(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B 6 2 D 6 / 0 0
H 0 2 P 2 3 / 0 0
B 6 2 D 5 / 0 4
B 6 2 D 1 1 3 / 0 0
B 6 2 D 1 2 5 / 0 0
B 6 2 D 1 3 7 / 0 0