

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4026247号  
(P4026247)

(45) 発行日 平成19年12月26日(2007.12.26)

(24) 登録日 平成19年10月19日(2007.10.19)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>G O 1 L</b>	<b>3/10</b>	<b>(2006.01)</b>	G O 1 L 3/10 3 O 3 A
<b>B 6 2 D</b>	<b>5/04</b>	<b>(2006.01)</b>	B 6 2 D 5/04
<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>119/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B 6 2 D 119:00

請求項の数 1 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願平10-292765	(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
(22) 出願日	平成10年10月1日(1998.10.1)	(74) 代理人	100074170 弁理士 秋山 修
(65) 公開番号	特開2000-111428(P2000-111428A)	(72) 発明者	佐藤 浩一 群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式会社内
(43) 公開日	平成12年4月21日(2000.4.21)	(72) 発明者	力石 一穂 群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式会社内
審査請求日	平成17年9月27日(2005.9.27)	(72) 発明者	鬼塚 利行 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】 トルクセンサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転軸に生じたトルクに応じて互いに逆方向にインピーダンスが変化するようにしている一対のコイルのそれぞれと、一対の電気抵抗とを個別に直列に接続し、前記コイルと前記電気抵抗との各接続部に発生する過渡電圧に基づいて前記トルクを検出するようにしているトルクセンサにおいて、

前記過渡電圧を発生させるためのスイッチング手段を、前記一対のコイルのそれぞれに個別に対応して設けるとともに、前記トルクを検出しないタイミングで前記スイッチング手段のいずれか一方を動作させることにより、前記一対のコイルの異常を検出するようにしていることを特徴とするトルクセンサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、回転軸に発生するトルクを検出するトルクセンサに関し、特に、発生するトルクに応じて互いに逆方向にインピーダンスが変化する一対のコイルと、一対の電気抵抗とからなるブリッジ回路を備え、ブリッジ回路のコイルと電気抵抗との接続部に発生する過渡電圧に基づいてトルクを検出するようにしているトルクセンサにおいて、一対のコイル同士が短絡した異常をも検出できるようにしたものである。

【0002】

【従来の技術】

従来のトルクセンサとしては、本出願人が先に提案した特開平10-38715号公報に開示されたものがある。即ち、上記公報に開示された従来のトルクセンサにあつては、一对のコイル及び電気抵抗でブリッジ回路を形成し、一对のコイル同士の接続部を、コイル駆動回路を介して電源に接続している。そして、そのコイル駆動回路は、一对のコイルに共通のスイッチング素子であるトランジスタを有して、そのトランジスタのベースに方形波状に変化する制御電圧を供給し、そのときのコイル及び電気抵抗の接続部に表れる出力電圧（過渡電圧）の差を差動アンプで検出し、その差動アンプの出力に基づいてトルクを検出するようになっていた。

#### 【0003】

そして、上記公報の[0060]欄以降に記載された第3の実施の形態にあつては、ブリッジ回路の一方の出力電圧に基づいて異常を検出する異常監視部を設けている。つまり、その異常監視部は、ブリッジ回路の一方の出力電圧の瞬時値が適正な範囲内にあるか否かに基づいて差動アンプの中立電圧を調整することにより、その差動アンプの出力電圧を制御するようになっている。その結果、上記公報の[0062]欄に記載されるように、差動アンプの出力電圧が供給されるコントローラにおいては、一对のコイルの両方が短絡又は断線した異常を検出することができた。さらには、上記公報の[0063]欄に記載されるように、上記第3の実施の形態のコントローラは、差動アンプの出力電圧に基づいて、一对のコイルの一方が短絡又は断線した異常を検出するようにもなっていた。なお、ここで言うコイルの短絡とは、コイルと接地との間が通じてしまう現象のことである。

#### 【0004】

そして、上記公報の実施の形態に開示されたトルクセンサは、車両の電動パワーステアリング装置に適用されたものであり、上記のような異常が検出された場合には、コントローラは、操舵補助トルクを発生させる制御を停止し、不要な操舵補助トルクが発生するようなことを防止できる、というものであった。

#### 【0005】

##### 【発明が解決しようとする課題】

確かに、上記公報に開示されたトルクセンサによれば、一对のコイルの両方が短絡又は断線した異常や、一对のコイルの一方が短絡又は断線した異常を検出することができる。

#### 【0006】

しかしながら、本発明者等が鋭意検討したところ、上記公報に開示されたようなトルクセンサであっても、検出できない異常があることが判った。検出できない異常とは、上記一对のコイル同士が短絡した異常である。つまり、一对のコイル同士が短絡してしまっても、ブリッジ回路の出力電圧が接地電圧や電源電圧に固定されるようなことはないし、ブリッジ回路の両方の出力の差が極端に大きくなるようなことがないため、上記公報に開示された構成では、一对のコイル同士が短絡した異常を検出することができないのである。

#### 【0007】

そして、そのような異常をコントローラが認識できなければ、例えばトルクセンサを車両の電動パワーステアリング装置に適用した場合であれば、異常が発生しているにも関わらず、操舵補助トルク発生用の電動モータと操舵系との間を接続しているクラッチをオフにして完全なマニュアルステアリング状態に移行することはできないし、また、異常が発生したことをアラーム表示等によって運転者に知らしめることもできない、という不具合がある。

#### 【0008】

本発明は、このような従来の技術が有する未解決の課題に着目してなされたものであって、一对のコイル同士が短絡した異常をも検出できるトルクセンサを提供することを目的としている。

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、回転軸に生じたトルクに応じて互いに逆方向にインピーダンスが変化するようにしている一对のコイルのそれぞれと、一对の電気抵抗と

10

20

30

40

50

を個別に直列に接続し、前記コイルと前記電気抵抗との各接続部に発生する過渡電圧に基づいて前記トルクを検出するようになっているトルクセンサにおいて、前記過渡電圧を発生させるためのスイッチング手段を、前記一对のコイルのそれぞれに個別に対応して設けるとともに、前記トルクを検出しないタイミングで前記スイッチング手段のいずれか一方を動作させることにより、前記一对のコイルの異常を検出するようにした。

#### 【0010】

なお、本発明のトルクセンサのより具体的な構成としては、同軸に配設された第1及び第2の回転軸をトーションバーを介して連結するとともに、導電性で且つ非磁性の材料からなる円筒部材を、前記第1の回転軸の外周面を包囲するように、前記第2の回転軸と回転方向に一体とし、前記第1の回転軸の少なくとも前記円筒部材に包囲された被包囲部を磁性材料で形成し、前記被包囲部には軸方向に延びる溝を形成し、前記円筒部材には前記第1の回転軸との相対回転位置に応じて前記溝との重なり具合が互いに逆方向に変化するよう二列の窓を形成し、前記円筒部材の前記窓が形成されたそれぞれの部分を包囲するように一对のコイルを配設し、それら一对のコイルのそれぞれと、一对の電気抵抗とを個別に直列に接続し、一对のコイルのそれぞれに個別に対応してスイッチング素子を設け、そのスイッチング素子を方形波状の電圧で駆動した際に前記コイルと電気抵抗との間に発生する過渡電圧に基づいて、前記第1及び第2の回転軸に発生するトルクを検出するようにした構成が考えられる。

10

#### 【0011】

ここで、非磁性材料とは、常磁性体及び一部の反磁性体のことであり、磁性材料とは、強磁性体のことである。そして、非磁性材料の透磁率は、空気と同程度であり、磁性体の透磁率に比べて小さい。また、過渡電圧とは、方形波状に変化する電圧が供給されることにより変化している電圧のことである。そして、コイルを方形波状に変化する電圧で駆動するようになっているから、その方形波状の電圧の供給間隔は、トルクセンサの出力が供給されるコントローラ側のサンプリング・クロックに同期していればよい。このため、実際にコイルに電流が流れている時間が大幅に短くなり、消費電流が少なくなって発熱量も低減する。また、方形波は、正弦波に比べて少ない電子部品でも容易に高精度に発生させることができる。なお、コイルと電気抵抗との間に発生する過渡電圧を保持するためのサンプルホールド回路を設ければ、過渡電圧が極短い間に消えてしまっても、トルクを検出することが可能となる。

20

30

#### 【0012】

そして、一对のコイルの異常を検出する具体的な構成としては、例えば、トルクを検出しないタイミング（上記トルクセンサの具体的な構成例であれば、トルク検出のために両スイッチング素子を方形波状の電圧で駆動させるタイミングの合間）で、スイッチング手段の一方を動作させ、そのときにスイッチング手段の他方が対応するコイルと電気抵抗との間に発生する出力電圧に基づき、一对のコイル同士の短絡を判断することができる。つまり、一对のコイル同士が短絡していない状態であれば、スイッチング手段の一方を動作させても、スイッチング手段の他方が対応するコイルには電流は流れないから、そのコイルと電気抵抗との間の電圧は電源電圧の筈である。しかし、一对のコイル同士が短絡している状態であれば、スイッチング手段の一方を動作させると、スイッチング手段の他方が対応するコイルにも電流は流れ、そのコイルと電気抵抗との間の電圧が電源電圧よりも低くなる。

40

#### 【0013】

##### 【発明の実施の形態】

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乃至図3は本発明の第1の実施の形態の構成を示す図であって、これは、本発明に係るトルクセンサを、車両用の電動パワーステアリング装置に適用した例である。

#### 【0014】

先ず、構成を説明すると、電動パワーステアリング装置全体の断面図である図1に示すように、ハウジング1内には、トーションバー4を介して連結された入力軸2及び出力軸3

50

が、軸受 5 a 及び 5 b によって回転自在に支持されている。これら入力軸 2 , 出力軸 3 及びトーショナルバー 4 は、同軸に配置されていて、入力軸 2 及びトーショナルバー 4 間は、それら各端部がスプライン結合されるスリーブ 2 A を介して連結され、トーショナルバー 4 の他端側は出力軸 3 内の深く入り込んだ位置にスプライン結合されている。また、入力軸 2 及び出力軸 3 は、鉄等の磁性材料から形成されている。

**【 0 0 1 5 】**

そして、入力軸 2 の図示しない図 1 右端側には、ステアリングホイールが回転方向に一体に取り付けられており、また、出力軸 3 の図示しない図 1 左端側には、例えば公知のラックアンドピニオン式ステアリング装置を構成するピニオン軸が連結されている。従って、操縦者がステアリングホイールを操舵することによって発生した操舵力は、入力軸 2 , トーショナルバー 4 , 出力軸 3 及びラックアンドピニオン式ステアリング装置を介して、図示しない転舵輪に伝達する。

10

**【 0 0 1 6 】**

入力軸 2 端部に固定されたスリーブ 2 A は、出力軸 3 端部外周面を包囲するような長さを有している。そして、そのスリーブ 2 A の出力軸 3 端部外周面を包囲する部分の内周面には軸方向に長い複数の凸部 2 a が形成され、これら凸部 2 a に対向する出力軸 3 の外周面には軸方向に長い複数の（凸部 2 a と同数）の溝 3 a が形成され、それら凸部 2 a 及び溝 3 a は周方向に余裕を持って嵌め合わされていて、これにより、入力軸 2 及び出力軸 3 間の所定範囲（例えば ± 5 度程度）以上の相対回転を防止している。

**【 0 0 1 7 】**

そして、出力軸 3 には、これと同軸且つ一体に回転するウォームホイール 6 が外嵌し、このウォームホイール 6 の樹脂製の嚙合部 6 a と、電動モータ 7 の出力軸 7 a 外周面に形成されたウォーム 7 b とが噛み合っている。従って、電動モータ 7 の回転力は、その出力軸 7 a , ウォーム 7 b 及びウォームホイール 6 を介して出力軸 3 に伝達されるようになっており、電動モータ 7 の回転方向を適宜切り換えることにより、出力軸 3 に任意の方向の操舵補助トルクが付与されるようになっている。

20

**【 0 0 1 8 】**

さらに、入力軸 2 と一体となっているスリーブ 2 A には、出力軸 3 の外周面に近接してこれを包囲するように、肉薄の円筒部材 8 が回転方向に一体に固定されている。

**【 0 0 1 9 】**

即ち、円筒部材 8 は導電性で且つ非磁性の材料（例えば、アルミニウム）から形成されていて、この円筒部材 8 及びその周囲の斜視図である図 2 にも示すように、円筒部材 8 の出力軸 3 を包囲する部分のうち、スリーブ 2 A に近い側には、周方向に等間隔離隔した長方形の複数の（この実施例では、九つ）の窓 8 a , ... , 8 a が形成され、スリーブ 2 A から遠い側には、窓 8 a , ... , 8 a と位相が 180 度ずれるように周方向に等間隔離隔した長方形（窓 8 a と同形状）の複数の（この実施例では、九つ）の窓 8 b , ... , 8 b が形成されている。

30

**【 0 0 2 0 】**

また、出力軸 3 の円筒部材 8 に包囲された部分の外周面には、軸方向に延びる横断面略長方形の複数の（窓 8 a , 8 b と同数、従ってこの例では九つ）の溝 3 A が形成されている。

40

**【 0 0 2 1 】**

より具体的には、円筒部材 8 の周面を周方向に N（この例では N = 9）等分した角度を一周期角度（ $= 360 / N$  , この例では  $= 40$  度）とし、円筒部材 8 の出力軸 3 から遠い側の部分では一周期角度の一方の端から所定角度の部分が窓 8 a , ... , 8 a となり、残りの部分が塞がっており、また、窓 8 a , ... , 8 a との位相が半周期（ $/ 2$ ）ずれるように、円筒部材 8 の出力軸 3 に近い側の部分では一周期角度の他方の端から所定角度の部分が窓 8 b , ... , 8 b となり、残りの部分が塞がっている。

**【 0 0 2 2 】**

ただし、トーショナルバー 4 に擦れが生じていないとき（操舵トルクが零のとき）に、窓 8 a の周方向幅中央部と、溝 2 A の周方向の一方の端部とが重なり、窓 8 b の周方向幅中

50

央部と、溝 2 A の周方向の他方の端部とが重なり合うようになっている。従って、窓 8 a 及び溝 2 A の重なり状態と、窓 8 b 及び溝 2 A の重なり状態とは、周方向で逆になっており、窓 8 a , 8 b の周方向幅中央部と溝 2 A の周方向幅中央部とはそれぞれ / 4 ずつずれている。

【 0 0 2 3 】

そして、円筒部材 8 は、同一規格のコイル 1 0 及び 1 1 が巻き付けられたヨーク 9 で包囲されている。即ち、コイル 1 0 及び 1 1 は、円筒部材 8 と同軸に配置されていて、コイル 1 0 は窓 8 a , ... , 8 a が形成された部分を包囲するようにヨーク 9 に巻き付けられ、コイル 1 1 は窓 8 b , ... , 8 b が形成された部分を包囲するようにヨーク 9 に巻き付けられていて、ヨーク 9 はハウジング 1 に固定されている。なお、ハウジング 1 内のウォームホイール 6 が配設されている空間とヨーク 9 が配設されている空間との間は、オイルシール 1 2 によって隔離されていて、これによりウォームホイール 6 及びウォーム 7 の噛み合い部分に供給される潤滑油がヨーク 9 側に入り込まないようにしている。

10

【 0 0 2 4 】

そして、コイル 1 0 及び 1 1 は、センサケース 1 3 内の制御基板 1 4 上に構成されているモータ制御回路に接続されている。

モータ制御回路は、図 3 に示すように、コイル 1 0 , 1 1 と直列に接続された電気抵抗値の等しい二つの電気抵抗  $R_0$  を有し、それらコイル 1 0 , 1 1 及び電気抵抗  $R_0$  によってブリッジ回路を形成している。このブリッジ回路のうち、電気抵抗  $R_0$  同士の接続部は電源  $V_{DD}$  に接続されており、一方のコイル 1 0 の電気抵抗  $R_0$  とは逆側の端部は、NPN 型のトランジスタ  $T_1$  を介して接地に接続可能となっており、他方のコイル 1 1 の電気抵抗  $R_0$  とは逆側の端部は、NPN 型のトランジスタ  $T_2$  を介して接地に接続可能となっている。つまり、トランジスタ  $T_1$  ,  $T_2$  がオン/オフすることにより、コイル 1 0 及び 1 1 のそれぞれが独立に接地側に接続又は接地との間が遮断されるようになっている。なお、いわゆるフライホイールダイオードについてはその図示は省略している。

20

【 0 0 2 5 】

トランジスタ  $T_1$  及び  $T_2$  のベースには、図示しないマイクロプロセッサや A / D 変換器 , D / A 変換器等のインタフェース回路等を含んで構成されたコントローラ 2 5 から、制御電圧  $V_1$  ,  $V_2$  が個別に供給されるようになっている。

【 0 0 2 6 】

制御電圧  $V_1$  ,  $V_2$  は、図 4 に示すように方形波状に変化する電圧であって、その方形波の出力間隔はコントローラ 2 5 のサンプリング・クロックに同期するようになっている。また、制御電圧  $V_1$  ,  $V_2$  は、トランジスタ  $T_1$  ,  $T_2$  が NPN 型であるため、そのトランジスタ  $T_1$  ,  $T_2$  をオンとするタイミングで論理値 “ 0 ” から “ 1 ” に立ち上がり、トランジスタ  $T_1$  ,  $T_2$  をオフとするタイミングで論理値 “ 1 ” から “ 0 ” に立ち下がる、いわゆる正論理の電圧となっている。

30

【 0 0 2 7 】

さらに、コイル 1 0 及び電気抵抗  $R_0$  間の電圧であるブリッジ回路の一方の出力電圧  $V_3$  と、コイル 1 1 及び電気抵抗  $R_0$  間の電圧であるブリッジ回路の他方の出力電圧  $V_4$  とが、差動アンプ 2 2 に入力されるようになっている。

40

【 0 0 2 8 】

なお、差動アンプ 2 2 には、コントローラ 2 5 から供給される制御電圧  $V_R$  に応じて中立電圧  $V_r$  を生成する中立電圧生成部 2 2 A からその中立電圧  $V_r$  も供給されるようになっており、差動アンプ 2 2 は、下記の ( 1 ) 式で表されるような出力電圧  $V_5$  を出力するようになっている。なお、下記式中の G はアンプゲインである。

【 0 0 2 9 】

$$V_5 = G \times ( V_3 - V_4 ) + V_r \quad \dots \dots ( 1 )$$

例えば、中立電圧  $V_r$  を 2 . 5 V とすれば、出力電圧  $V_5$  は、2 . 5 V を中心に出力電圧  $V_3$  及び  $V_4$  の差に応じた振幅で変化するようになる。

【 0 0 3 0 】

50

差動アンプ 22 の出力電圧  $V_5$  は、サンプルホールド回路 23 によってホールドされることにより、所定のサンプリング時における出力電圧  $V_0$  としてコントローラ 25 に供給されるようになっている。

【0031】

コントローラ 25 は、サンプルホールド回路 23 に、制御電圧  $V_1$ 、 $V_2$  の立ち上がりと同時に立ち上がるとともに、それから所定時間経過後に立ち下がる図 5 (c) に示すような短いパルス状の電圧でなるホールド信号  $V_5$  を、サンプルホールド回路 23 に供給するようになっている。サンプルホールド回路 23 は、そのホールド信号  $V_5$  の立ち下がり時点における出力電圧  $V_5$  を出力電圧  $V_0$  としてホールドするようになっている。

【0032】

なお、ホールド信号  $V_5$  の立ち下がりタイミングは、過渡状態（変化している状態）にある出力電圧  $V_3$  及び  $V_4$  が差動アンプ 22 に供給されている最中とする。より具体的には、制御電圧  $V_1$  の立ち上がり時点から、コイル 10、11 のインダクタンスと電気抵抗  $R_0$  とで決まる時定数だけ経過した時刻を、ホールド信号  $V_5$  を立ち下げるタイミングとする。時定数を用いるのは、出力電圧  $V_3$  及び  $V_4$  に差がある場合に、その差が最も大きくなる時点で出力電圧  $V_5$  をホールドするためである。

【0033】

一方、出力電圧  $V_5$  は、サンプルホールド回路 23 に供給される他に、アンプ 24 に供給されるようになっている。そのアンプ 24 で増幅されてコントローラ 25 に入力されるようになっている。

【0034】

そして、コントローラ 25 は、アンプ 24 で増幅された出力電圧  $V_5$  を、操舵トルクの検出タイミングで出力された制御電圧  $V_1$ 、 $V_2$  の立ち下がりに同期して A/D 変換して読み込むようになっており、その読み込んだ出力電圧  $V_5$  に基づき、入力軸 2 及び円筒部材 8 の相対回転変位の方向及び大きさを演算しその結果に所定の比例定数を乗じて操舵系に発生している操舵トルクを求め、その演算結果に基づいて操舵トルクを軽減する操舵補助トルクが発生する駆動電流  $I$  が電動モータ 7 に供給されるように、図示しないパワートランジスタ等から構成されるモータ駆動部 26 を制御するようになっている。

【0035】

なお、コントローラ 25 には、図示しない車速センサから車速検出信号が供給されるようになっている。その車速検出信号に基づいて車両が高速走行中であるか否かを判定し、高速走行中には操舵補助トルクは不要であると判断して、モータ駆動部 26 に対する制御を禁止するようになっている。また、コントローラ 25 には、図示しないが、電動モータ 7 の電流をフィードバック制御するための電流検出信号も供給されるようになっている。

【0036】

さらに、コントローラ 25 には、ブリッジ回路の一方の出力電圧  $V_3$  も直接供給されるようになっている。コントローラ 25 は、任意のタイミングで、その出力電圧  $V_3$  を A/D 変換して読み込むようになっている。

【0037】

ここで、方形波状の制御電圧  $V_1$ 、 $V_2$  は、操舵トルクを検出するタイミングで、同時にコントローラ 25 から各トランジスタ  $T_1$ 、 $T_2$  に出力されるのであるが、その制御電圧  $V_1$ 、 $V_2$  の出力タイミングの間隔は、図 6 (a) に示すように、比較的広がっており、全体としては、トルクを検出しない時間帯（非トルク検出タイミング）が比較的長くなっている。なお、制御電圧  $V_1$ 、 $V_2$  の方形波の幅は、数十  $\mu$  秒である。

【0038】

そして、コントローラ 25 は、図 6 (a) に実線で示すように、方形波状の制御電圧  $V_1$ 、 $V_2$  の立ち下がりに同期したタイミング  $t_1$  において、A/D 変換を行って出力電圧  $V_5$  を読み込み、上述したような操舵補助トルクの生成制御を実行するようになっている。

【0039】

さらに、コントローラ 25 は、上記のように比較的長い時間帯である非トルク検出タイミ

10

20

30

40

50

ングにおいて、種々の異常検出処理を実行するようになっている。

異常検出処理として、本実施の形態では、その実行タイミングが異なる三種類の処理を設定してある。

#### 【0040】

第1の異常検出処理は、図6(c)に示すように、制御電圧 $V_1$ 及び $V_2$ のいずれも出力せずサンプルホールドだけを行った直後のタイミング $t_2$ に同期して実行される処理であって、その具体的な内容は、タイミング $t_2$ でA/D変換を行って出力電圧 $V_3$ 、 $V_0$ 、 $V_5$ をそれぞれ読み込み、その出力電圧 $V_3$ に基づいた(このときの出力電圧 $V_3$ の正常値は、電源 $V_{DD}$ の電圧)異常確認処理(コイル10、11の接地側への短絡検出、トランジスタ $T_1$ 、 $T_2$ の導通確認、出力電圧 $V_3$ 用のA/D変換器の異常確認)と、その出力電圧 $V_0$ とその初期記憶値とを比較することによる異常確認処理(差動アンプ22の異常確認、中立電圧生成部22Aの異常確認、出力電圧 $V_0$ 用のA/D変換器の異常確認)と、その出力電圧 $V_5$ とその初期記憶値とを比較することによる異常検出処理(アンプ24の異常確認、中立電圧生成部22Aの異常確認、出力電圧 $V_5$ 用のA/D変換器の異常確認)と、を行うようになっている。

10

#### 【0041】

第2の異常検出処理は、図6(c)に示すように、サンプルホールド回路23をホールド状態にしたままのタイミング $t_3 \sim t_5$ に同期して実行される処理であって、その具体的な内容は、タイミング $t_3$ で中立電圧 $V_r$ を通常のトルク検出タイミングとは異なる値に切り換え、次いで、タイミング $t_4$ で各A/D変換を行って出力電圧 $V_0$ 及び出力電圧 $V_5$ を読み込み、そして、その出力電圧 $V_0$ とタイミング $t_2$ で読み込んだ出力電圧 $V_0$ とを比較することによる異常検出処理(サンプルホールド回路23の異常確認)と、その出力電圧 $V_5$ とその初期記憶値及び中立電圧 $V_r$ の切り換え分のオフセット電圧の和とを比較することによる異常検出処理(中立電圧生成部22Aの異常確認)と、を行い、さらに、タイミング $t_5$ において中立電圧 $V_r$ を通常のトルク検出タイミングにおける値に戻すようになっている。

20

#### 【0042】

そして、第3の異常検出処理は、図6(c)に示すタイミング $t_6$ 、 $t_7$ に同期して実行される処理であって、その具体的な内容は、タイミング $t_6$ において図6(a)に破線で示すように一方の方形波状の制御電圧 $V_2$ のみを出力するとともに、その制御電圧 $V_2$ の立ち下がりに同期したタイミング $t_7$ において出力電圧 $V_3$ をA/D変換して読み込み、そして、その出力電圧 $V_3$ が電源電圧 $V_{DD}$ に等しいか否かに基づいて、コイル10、11同士の短絡を検出するようになっている。

30

#### 【0043】

なお、これら第1～3の異常検出処理は、一回の非トルク検出タイミング内において全て実行してもよいし、或いは、複数回の非トルク検出タイミングに分けて実行してもよい。また、非トルク検出タイミングの度に第1～3の異常検出処理の全て又はいずれかを実行してもよいし、或いは、第1～3の異常検出処理の全て又はいずれかを実行する非トルク検出タイミングと、第1～3の異常検出処理を全く実行しない非トルク検出タイミングとが所定の周期で繰り返すようにしてもよい。

40

#### 【0044】

次に、本実施の形態の動作を説明する。

今、操舵系が直進状態にあり、操舵トルクが零であるものとする。入力軸2及び出力軸3間には相対回転は生じない。従って、出力軸3と円筒部材8との間にも、相対回転は生じない。

#### 【0045】

一方、ステアリングホイールを操舵して入力軸2に回転力が生じると、その回転力は、トーションバー4を介して出力軸3に伝達される。このとき、出力軸3には、転舵輪及び路面間の摩擦力や出力軸3の図示しない左端側に構成されたラックアンドピニオン式ステアリング装置のギアの噛み合い等の摩擦力に応じた抵抗力が生じるため、入力軸2及び出力

50

軸 3 間には、トーシヨンバー 4 が捩じれることによって出力軸 3 が遅れる相対回転が発生し、出力軸 3 及び円筒部材 8 間にも相対回転が生じる。

【 0 0 4 6 】

円筒部材 8 に窓がない状態では、円筒部材 8 は導電性で且つ非磁性の材料からなるから、コイルに交流電流を流してコイル内部に交番磁界を生じさせると、円筒部材 8 の外周面にコイル電流と反対方向の渦電流が発生する。

【 0 0 4 7 】

この渦電流による磁界とコイルによる磁界とを重ね合わせると、円筒部材 8 の内側の磁界は相殺される。

円筒部材 8 に窓 8 a , 8 b を設けた場合、円筒部材 8 の外周面に生じた渦電流は、窓 8 a , 8 b によって外周面を周回できないため、窓 8 a , 8 b の端面に沿って円筒部材 8 の内周面側に回り込み、内周面をコイル電流と同方向に流れ、また隣の窓 8 a , 8 b の端面に沿って外周面側に戻り、ループを形成する。

【 0 0 4 8 】

つまり、コイルの内側に、渦電流のループを周方向に周期的に ( $= 360 / N$ ) に配置した状態となる。

コイル電流と渦電流の作る磁界は重ね合わされ、円筒部材 8 の内外には、周方向に周期的な磁界の強弱と、更に中心に向かうほど小さくなる勾配を持った磁界が形成される。周方向の磁界の強弱は、隣り合う渦電流の影響を強く受ける窓 8 a , 8 b の中心部分で強く、そこから半周期 ( $/ 2$ ) ずれたところで弱い。

【 0 0 4 9 】

円筒部材 8 の内側には、磁性材料からなる軸 3 が同軸に配設され、その軸 3 には凸部 3 A , 凹部 3 B が窓 8 a , 8 b と同じ周期を持って形成されている。

磁界中に置かれた磁性体は磁化して、自発磁化 (磁束) を発するがその量は飽和に至るまでは磁界の強さに応じて大きくなる。

【 0 0 5 0 】

このため、円筒部材 8 によって作られる周方向に周期的な強弱と半径方向に勾配を持つ磁界によって、軸 3 の自発磁化は、円筒部材 8 との相対的な位相によって増減する。

【 0 0 5 1 】

自発磁化が最大となる位相は、窓 8 a , 8 b の中心と凸部の中心とが一致した状態であり、自発磁化の増減に応じて、コイルのインダクタンスも増減する。その変化は、ほぼ正弦波状となる。

【 0 0 5 2 】

トルクが作用しない状態においては、自発磁化 (インダクタンス) が最大となる位相に対して  $1 / 4$  周期 ( $/ 4$ ) ずれた状態となっており、更にスリーブ 2 A に近い側の窓列と他方の窓列との位相は前述のように  $1 / 2$  周期 ( $/ 2$ ) の位相差としてある。

【 0 0 5 3 】

このため、トルクにより円筒部材 8 と軸 3 に位相差が生じると、二つのコイル 1 0 , 1 1 のインダクタンスは一方は増加し、他方は同じ割合で減少する。

ここで、操舵系が中立位置にあって操舵トルク零の場合には、コイル 1 0 , 1 1 のインダクタンスは等しいから、それらコイル 1 0 , 1 1 のインピーダンスには差は生じず、従ってコイル 1 0 及び 1 1 の自己誘導起電力は等しい。

【 0 0 5 4 】

この状態で、コントローラ 2 5 からトランジスタ  $T_1$  ,  $T_2$  に図 4 に実線で示す制御電圧  $V_1$  ,  $V_2$  が供給されると、ブリッジ回路の出力電圧  $V_3$  及び  $V_4$  は、図 5 ( 1 ) ( a ) に示すように、その過渡時の値も等しくなる。

【 0 0 5 5 】

すると、差動アンプ 2 2 の出力電圧  $V_5$  は、図 5 ( 1 ) ( b ) に示すように中立電圧  $V_r$  を維持する。また、図 5 ( 1 ) ( d ) に示すように、サンプルホールド回路 2 3 の出力電圧  $V_0$  も中立電圧  $V_r$  のままである。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 5 6 】

この結果、コントローラ 2 5 は操舵系の操舵トルクが零であることを検出するから、モータ駆動部 2 6 からは特に駆動電流  $I$  は出力されず、操舵系には不要な操舵補助トルクは発生しない。

## 【 0 0 5 7 】

一方、右操舵トルク発生時には、操舵トルク零の場合に比べて、右操舵トルクが増大するに従ってコイル 1 0 のインダクタンスは増大、コイル 1 1 のインダクタンスは減少する。逆に、左操舵トルクが増大するに従って、コイル 1 0 のインダクタンスは減少、コイル 1 1 のインダクタンスは増大する。

## 【 0 0 5 8 】

そして、コイル 1 0 , 1 1 のインダクタンスが上記のように変化すれば、コイル 1 0 及び 1 1 のインピーダンスも同様の傾向で変化するし、コイル 1 0 及び 1 1 の自己誘導起電力も同様の傾向で変化する。

## 【 0 0 5 9 】

このため、右操舵トルク発生時には、図 5 ( 2 ) ( a ) に示すように、出力電圧  $V_3$  は出力電圧  $V_4$  よりも素早く立ち下がるため、出力電圧  $V_3$  及び  $V_4$  の過渡期にはそれらに差が生じることになり、その差は発生する操舵トルクが大きい程、大きくなる。逆に、左操舵トルク発生時には、図 5 ( 3 ) ( a ) に示すように、出力電圧  $V_4$  は出力電圧  $V_3$  よりも素早く立ち下がるため、出力電圧  $V_3$  及び  $V_4$  の過渡期にはそれらに差が生じることになり、その差は発生する操舵トルクが大きい程、大きくなる。

## 【 0 0 6 0 】

以上から、図 5 ( 2 ) ( b ) , ( 3 ) ( b ) に示すように、差動アンプ 2 2 の出力電圧  $V_5$  は、発生した操舵トルクの方向及び大きさに従って、中立電圧  $V_r$  から大きく変化するようになる。なお、温度等の外乱による自己インダクタンスの同相成分の変化も差動アンプ 2 2 においてキャンセルされる。

## 【 0 0 6 1 】

そして、コントローラ 2 5 は、アンプ 2 4 を介して供給される出力電圧  $V_5$  と中立電圧  $V_r$  との差に比例定数を乗じて操舵トルクを求め、その結果をモータ駆動部 2 6 に供給し、モータ駆動部 2 6 は、操舵トルクの方向及び大きさに応じた駆動電流  $I$  を電動モータ 7 に供給する。

## 【 0 0 6 2 】

すると、電動モータ 7 には、操舵系に発生している操舵トルクの方向及び大きさに応じた回転力が発生し、その回転力がウォームギア等を介して出力軸 3 に伝達されるから、出力軸 3 に操舵補助トルクが付与されたことになり、操舵トルクが減少し、操縦者の負担が軽減される。

## 【 0 0 6 3 】

このように、本実施の形態のようにコイル 1 0 , 1 1 に対して方形波状に変化する制御電圧  $V_1$  、  $V_2$  を供給する構成であっても、出力電圧  $V_3$  及び  $V_4$  の過渡電圧の差が表れたタイミングで出力電圧  $V_5$  を A / D 変換してそれを読み込むようにしているから、操舵系に発生している操舵トルクの方向及び大きさを把握し、それに応じた操舵補助トルクを発生させることができる。

## 【 0 0 6 4 】

そして、コイル 1 0 , 1 1 を方形波状に変化する制御電圧  $V_1$  、  $V_2$  で駆動する構成であると、コイル 1 0 , 1 1 に電流が流れるのはその制御電圧  $V_1$  、  $V_2$  が立ち上がっている間だけであるから、制御電圧  $V_1$  、  $V_2$  の波形のデューティ比を十分に小さくすれば、消費電流を大幅に低減することができる。そこで、本実施の形態の構成であると、操舵トルクの検出に必要なのは、過渡期において出力電圧  $V_3$  及び  $V_4$  の差が十分に生じた際の出力電圧  $V_5$  であり、そのためには制御電圧  $V_1$  、  $V_2$  を立ち上げた時点から時定数だけ経過するまでその制御電圧  $V_1$  、  $V_2$  が立ち上がっていればよい。従って、安全率を見込んで、時定数 よりも若干長い時間だけトランジスタ  $T_1$  、  $T_2$  をオンにすればよいが

10

20

30

40

50

ら、制御電圧 $V_1$ 、 $V_2$ のデューティ比を極小さく(例えば5%程度まで低減)することができる。その結果、コイル10、11に電流が流れる時間が極短くなるから、消費電力が小さくなって経済的であるし、発熱量も低減される。発熱量が低減されれば、故障発生率の低減等も期待できるようになる。

【0065】

また、コントローラ25でオン・オフ制御される制御電圧 $V_1$ 、 $V_2$ をトランジスタ $T_1$ 、 $T_2$ に供給するだけで、コイル10、11を方形波状に変化する電圧で駆動させることができるから、正弦波駆動の場合と比較して必要な電子部品数も少なくなるし、個々の電子部品に要求される精度も低くて済む。このため、コスト低減も期待できる。

【0066】

さらに、本実施の形態では、上述したような第1、第2及び第3の異常検出処理を適宜実行するようになっているから、モータ制御回路を構成する各部の異常を検出することができ、その異常が検出された場合には、電動モータ7に対する制御を禁止し電動パワーステアリング装置そのものを停止状態にするとともに、運転席前面等に備えられた警告ランプを点灯させて異常発生を運転者に認識させることができる。

【0067】

特に、本実施の形態では、コイル10、11のそれぞれに個別に対応してトランジスタ $T_1$ 、 $T_2$ を設けるとともに、上述した第3の異常検出処理において、その一方のトランジスタ $T_2$ (トランジスタ $T_1$ でもよい)を駆動させ、そのときの出力電圧 $V_3$ (トランジスタ $T_1$ を駆動させた場合には、出力電圧 $V_4$ )に基づいた異常検出処理を実行するようにしているから、コイル10、11同士の短絡異常をも検出することが可能になっている。

【0068】

つまり、コイル10、11同士が短絡した状態で、例えば一方のトランジスタ $T_2$ のみを駆動させてコイル11にのみ電流を供給させると、トランジスタ $T_1$ はオフ状態であるにも関わらず、コイル10にも電流が流れ、出力電圧 $V_3$ が電源電圧 $V_{DD}$ よりも低下してしまうから、そのときの出力電圧 $V_3$ に基づけば、コイル10、11同士に短絡異常が発生しているか否かを判断することができるのである。

【0069】

ちなみに、コイル10、11を共通のトランジスタで駆動させる構成では、そのコイル10、11の一方のみを駆動させることは不可能であるから、上記のようなコイル10、11同士の短絡異常を検出することはできない。

【0070】

よって、本実施の形態の構成であれば、電動パワーステアリング装置の信頼性を、さらに向上することができるのである。

ここで、本実施の形態では、トランジスタ $T_1$ 、 $T_2$ がスイッチング手段に対応する。

【0071】

なお、上記実施の形態では、本発明にかかるトルクセンサを車両用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、本発明の適用対象はこれに限定されるものではない。

【0072】

また、上記実施の形態では、第3の異常検出処理の他に、第1及び第2の異常検出処理を実行するようになっているが、モータ制御回路の構成を上記公報の例えばの第3の実施の形態と同様の構成とすることにより、種々の異常検出を可能とすれば、第1及び第2の異常検出処理を省略するようにしてもよい。但し、コイル10、11同士の短絡異常を検出することは、上記公報に開示された各実施の形態の構成でも不可能であるから、第3の異常検出処理は省略しない。

【0073】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明にあつては、一对のコイルに過渡電圧を発生させるためのス

10

20

30

40

50

スイッチング手段を、一対のコイルのそれぞれに個別に対応して設けるとともに、トルクを検出しないタイミングでスイッチング手段のいずれか一方を動作させることにより、一対のコイルの異常を検出するようにしたため、コイル同士の短絡異常を検出することができ、トルクセンサの信頼性をさらに向上できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施の形態の構成を示す正断面図である。

【図 2】実施の形態の要部の斜視図である。

【図 3】実施の形態のモータ制御回路の回路図である。

【図 4】コントローラからコイルに供給される電圧の波形図である。

【図 5】実施の形態のモータ制御回路内の各電圧の波形図である。

【図 6】異常検出処理の実行タイミングを説明する波形図である。

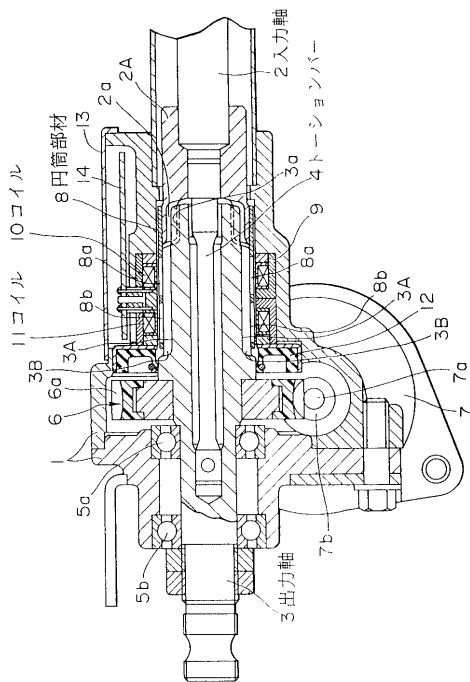
【符号の説明】

- 2 入力軸
- 3 出力軸
- 3 A 溝
- 3 B 凸部
- 4 トーションバー
- 8 円筒部材
- 8 a , 8 b 窓
- 10 , 11 コイル
- 2 2 差動アンプ
- 2 3 サンプルホールド回路
- 2 5 コントローラ
- 2 6 モータ駆動部
- T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub> トランジスタ（スイッチング手段）

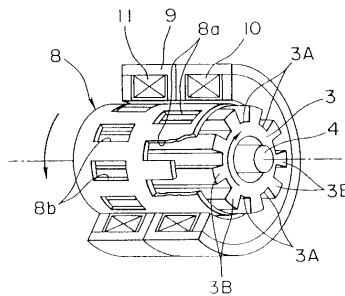
10

20

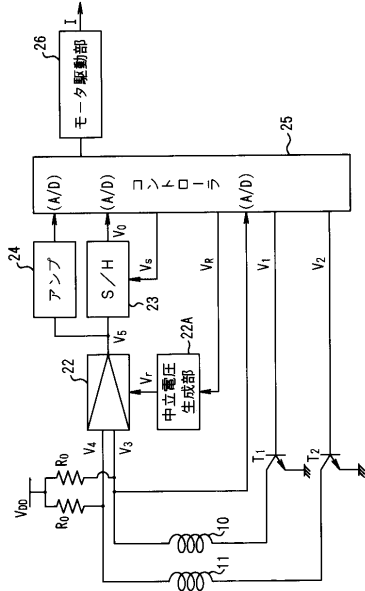
【図 1】



【図 2】



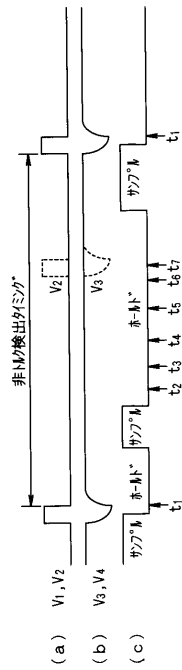
【 図 3 】



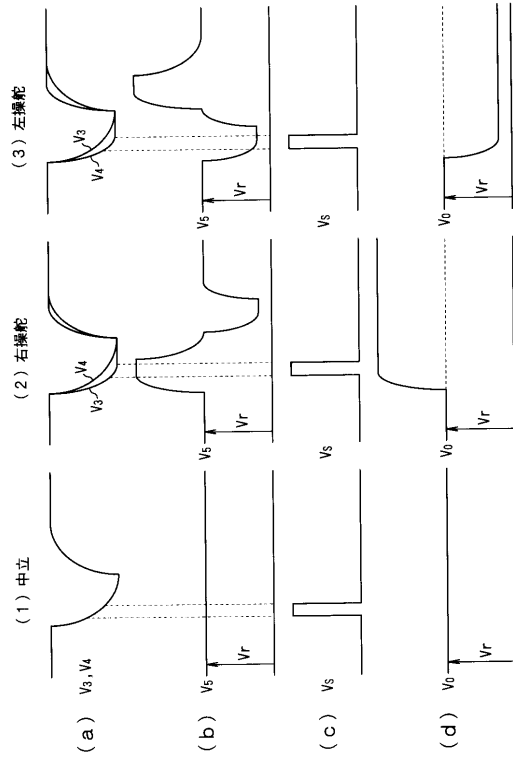
【 図 4 】



【 図 6 】



【 図 5 】



フロントページの続き

審査官 松浦 久夫

(56)参考文献 特開平10-38715(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01L 3/10