

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4581002号  
(P4581002)

(45) 発行日 平成22年11月17日(2010.11.17)

(24) 登録日 平成22年9月3日(2010.9.3)

(51) Int. Cl. F I  
**G O 1 L 3/10 (2006.01)** G O 1 L 3/10 3 O 1 L  
**B 6 2 D 5/04 (2006.01)** B 6 2 D 5/04

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2008-112149 (P2008-112149)	(73) 特許権者	000005326
(22) 出願日	平成20年4月23日 (2008.4.23)		本田技研工業株式会社
(65) 公開番号	特開2009-264812 (P2009-264812A)		東京都港区南青山二丁目1番1号
(43) 公開日	平成21年11月12日 (2009.11.12)	(74) 代理人	100077665
審査請求日	平成21年1月26日 (2009.1.26)		弁理士 千葉 剛宏
		(74) 代理人	100116676
			弁理士 宮寺 利幸
		(74) 代理人	100142066
			弁理士 鹿島 直樹
		(74) 代理人	100126468
			弁理士 田久保 泰夫
		(74) 代理人	100149261
			弁理士 大内 秀治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁歪式トルクセンサ及び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】

電源と、

第1ダンピング用抵抗器と、

シャフトに設けられ、異なる磁気異方性を有する第1及び第2磁歪部と、

前記第1磁歪部に対向配置された第1検出コイルと、

前記第2磁歪部に対向配置された第2検出コイルと、

第2ダンピング用抵抗器と、

スイッチング素子と、

トルク検出部と、を備え、

前記電源と接地との間に、直列に、前記第1ダンピング用抵抗器、前記第1検出コイル、前記第2検出コイル、前記第2ダンピング用抵抗器、及び前記スイッチング素子の順で接続し、

前記トルク検出部は、前記第1検出コイルと前記第2検出コイルの接続点の電位に基づき、前記シャフトに入力されるトルクを検出する

ことを特徴とする磁歪式トルクセンサ。

【請求項2】

請求項1記載の磁歪式トルクセンサにおいて、

さらに、

一端が、前記第1検出コイルと前記第1ダンピング用抵抗器との接続点に接続されると

ともに、前記第2磁歪部に対向配置された第3検出コイルと、  
 一端が、前記第3検出コイルの他端に直列に接続され、他端が前記第2検出コイルと前記第2ダンピング用抵抗器との接続点に接続されるとともに、前記第1磁歪部に対向配置された第4検出コイルと、

故障検出部と、を備え

前記故障検出部は、前記第1検出コイルと前記第2検出コイルの接続点の電位と、前記第3検出コイルと前記第4検出コイルの接続点の電位に基づき、前記磁歪式トルクセンサの故障を検出する

ことを特徴とする磁歪式トルクセンサ。

【請求項3】

請求項1記載の磁歪式トルクセンサにおいて、  
 前記トルク検出部は、  
 前記第1検出コイルと前記第2検出コイルの接続点に接続されるハイインピーダンス入力の第1ボトムホールド回路を

含むことを特徴とする磁歪式トルクセンサ。

【請求項4】

請求項2記載の磁歪式トルクセンサにおいて、  
 前記故障検出部は、  
 前記第1検出コイルと前記第2検出コイルの接続点にコネクタを介して接続されるハイインピーダンス入力の第1ボトムホールド回路と、

前記第3検出コイルと前記第4検出コイルの接続点にコネクタを介して接続されるハイインピーダンス入力の第2ボトムホールド回路と、  
 を含むことを特徴とする磁歪式トルクセンサ。

【請求項5】

請求項1～4のいずれか1項に記載の磁歪式トルクセンサにおいて、  
前記第2ダンピング用抵抗器及び前記スイッチング素子の接続点と前記電源との間に逆回復ダイオードが挿入されている

ことを特徴とする磁歪式トルクセンサ。

【請求項6】

請求項1～5のいずれか1項に記載の磁歪式トルクセンサが操舵トルクを検出し、検出した操舵トルクに基づいて転舵する

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】

【技術分野】

【0001】

この発明は、磁歪に起因する磁気特性の変化に基づいてトルクを検出する磁歪式トルクセンサと、これを備えた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】

非接触式トルクセンサとして、磁歪に起因する磁気特性の変化に基づいてトルクを検出する磁歪式トルクセンサが知られている。磁歪式トルクセンサは、車両用ステアリング装置の操舵トルク検出用などに用いられている（特許文献1参照）。

【0003】

この種の磁歪式トルクセンサは、磁気異方性を異にする2つの磁歪膜を回転シャフトに設けるとともに、各磁歪膜に対向してそれぞれ検出コイルを配置して構成され、回転シャフトにトルク（よじれ）が加えられると磁歪膜の透磁率が変化し、これに応じて検出コイルのインダクタンスが変化する。

【0004】

そこで、磁歪式トルクセンサでは、前記検出コイルをそれぞれスイッチング素子を介して間欠的に一定の励磁期間を設けて励磁し、励磁を解消したとき（励磁期間の終点）の両

10

20

30

40

50

検出コイルの検出出力の差に基づいて前記トルクを間欠的に検出する。なお、隣り合う励磁期間（ある励磁期間の終点と次の励磁期間の始点との間）で、インダクタンスに蓄えられたエネルギーは抵抗を通じて放出するように構成される。

【0005】

1つの検出コイルに対して、具体的な駆動・検出回路は、例えば、図8に示すように構成される。すなわち、電源電圧Eに抵抗Rの抵抗器とインダクタンスLの検出コイルとが直列に接続され、その直列回路にスイッチング用のトランジスタQが接続される。

【0006】

図9Aに示すスイッチング信号 $S_s$ がトランジスタQのベースに供給されると、時点 $t_1 \sim t_2$ 、 $t_3 \sim t_4$ 、 $t_5 \sim t_6$ で検出コイルが励磁される。

10

【0007】

この場合、励磁期間での検出出力 $S_c$ の電圧変化は、次の(1)式で与えられる。

$$V(t) = E \cdot \exp(-Rt/L) \quad \dots (1)$$

【0008】

ここで、Eは励磁するための電源の電圧、 $V(t)$ は、前記励磁期間の終点の時点tにおける電圧である。Rは、回路抵抗（電源Eがこの抵抗Rを通じて検出コイルに印加される。）、Lは検出コイルのインダクタンスである。

【0009】

また、両検出コイルの検出出力の和に基づいて磁歪式トルクセンサの故障を検出することも提案されている（特許文献2参照）。

20

【0010】

さらに、この特許文献2では、さらに2個の検出コイル及び2個のスイッチング素子を付加することで、温度変化及び磁場変化があっても、これらの影響を受けずに前記トルクの検出並びに前記故障の検出を可能とする磁歪式トルクセンサが提案されている。

【0011】

さらにまた、特許文献3には、直列接続された2個の検出コイルを並列接続した4個の検出コイルを設けた磁歪式トルクセンサが提案され、励磁電流（通電電流）が流れる方向を1スイッチング周期毎に切り替えて各2個の検出コイルの両端に電圧を供給するためのスイッチング素子としてFET4個を用いたブリッジ回路が開示されている。

30

【0012】

【特許文献1】特開2005-321316号公報（図4、図10）

【特許文献2】特開2006-64445号公報

【特許文献3】特開2007-309925号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

ところで、特許文献1に係わる図8に示したRL回路により電圧変化（過度応答電圧） $V(t)$ を検出する場合には、トランジスタQのコレクタ端子と電源電圧Eとの間に浮遊抵抗成分が入ったり、該浮遊抵抗成分が変化すると、上記(1)式に基づく検出出力 $S_c$ が、図9Bの実線の実線から破線の実線に変動するので安定してトルク変動を検出することが困難である。實際上、車両用ステアリング装置において、検出コイルは、シャフト側に配置され、トランジスタQや電源電圧Eは、電子回路側に配置されるので、抵抗RとインダクタンスLの直列回路の電源電圧E側及びトランジスタQのコレクタ端子側の両方にコネクタ（カプラ）が介在されることが一般的であり、このコネクタの接触抵抗（上記浮遊抵抗）が変化すると、過度応答電圧の波形が変化してしまうという課題がある。

40

【0014】

すなわち、特許文献1に係る技術では、過度応答電圧の変化が、シャフトを擦ることを原因として発生するインダクタンスの変化に基づく検出しようとする所望の変化であるのか、コネクタの接触抵抗の変化を原因とする誤差分の増加であるのかを切り分けることができないという課題がある。

50

## 【 0 0 1 5 】

これに対して特許文献3では、直列接続された各2個の検出コイルの midpoint に発生する検出電圧  $V$  が、電源電圧  $E$  を各2個の直列に接続された各検出コイルの各インダクタンス  $L$  のインピーダンス  $Z_1$ 、 $Z_2$  の分圧電圧 { (2) 式参照 } で得られるように構成し、各 midpoint に現れる両分圧電圧を差動増幅器により検出する構成としているので、4個の検出コイルと電子回路との間にコネクタが介在されていても、検出電圧 (分圧電圧)  $V$  は、その抵抗分の変動の影響をほとんど受けることがない。

## 【 0 0 1 6 】

しかしながら、この特許文献3に係る技術では、4個の検出コイルを駆動するのに4個の FET からなるブリッジ回路を用いているために、ブリッジ回路が配置される電子回路側と4個の検出コイルとの間の配線数が増加して回路構成が複雑化するという新たな課題が発生する。

$$\text{検出電圧 (分圧電圧)} \quad V = E \times Z_2 / (Z_1 + Z_2) \quad \dots (2)$$

## 【 0 0 1 7 】

この発明は、このような課題を考慮してなされたものであって、簡易な構成で低コストの磁歪式トルクセンサ及び電動パワーステアリング装置を提供することを目的とする。

## 【 0 0 1 8 】

また、この発明は、上記特許文献2に係る技術に関連してなされたものであり、温度変化及び磁場変化があってもこれらの影響を受けない簡易な構成で低コストの磁歪式トルクセンサ及び電動パワーステアリング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】

## 【 0 0 1 9 】

この発明に係る磁歪式トルクセンサは、電源と、第1ダンピング用抵抗器と、シャフトに設けられ、異なる磁気異方性を有する第1及び第2磁歪部と、前記第1磁歪部に対向配置された第1検出コイルと、前記第2磁歪部に対向配置された第2検出コイルと、第2ダンピング用抵抗器と、スイッチング素子と、トルク検出部と、を備え、前記電源と接地との間に、直列に、前記第1ダンピング用抵抗器、前記第1検出コイル、前記第2検出コイル、前記第2ダンピング用抵抗器、及び前記スイッチング素子の順で接続し、前記トルク検出部は、前記第1検出コイルと前記第2検出コイルの接続点の電位に基づき、前記シャフトに入力されるトルクを検出することを特徴とする。

## 【 0 0 2 0 】

この構成によれば、電源とスイッチング素子との間に第1検出コイルと第2検出コイルを直列に接続するという簡易な構成で低コストの磁歪式トルクセンサ及び電動パワーステアリング装置を提供することができる。

## 【 0 0 2 1 】

この場合、例えば、第1及び第2検出コイルに、共通に電源を供給する線 (電源供給線) と、第1及び第2検出コイルの接続点の電位を検出する線 (第1検出出力線) と、スイッチング素子を接続する線 (スイッチング素子線) の3本の線を接続するだけで、トルクを検出することができるので、簡易な構成で低コストの磁歪式トルクセンサ及び電動パワーステアリング装置を実現できる。

## 【 0 0 2 2 】

そして、さらに、一端が、前記第1検出コイルと前記第1ダンピング用抵抗器との接続点に接続されるとともに、前記第2磁歪部に対向配置された第3検出コイルと、一端が、前記第3検出コイルの他端に直列に接続され、他端が前記第2検出コイルと前記第2ダンピング用抵抗器との接続点に接続されるとともに、前記第1磁歪部に対向配置された第4検出コイルと、故障検出部と、を備え、前記故障検出部は、前記第1検出コイルと前記第2検出コイルの接続点の電位と、前記第3検出コイルと前記第4検出コイルの接続点の電位に基づき、前記磁歪式トルクセンサの故障を検出するように構成する。

## 【 0 0 2 3 】

この構成によれば、第1～第4検出コイルでスイッチング素子が共用されるので、構成

10

20

30

40

50

が簡易であり低コストである。そして、例えば、新たに、第3検出コイルと第4検出コイルの接続点の電位を検出する線（第2検出出力線）を設けることのみで、温度変化及び磁場変化があってもこれらの影響を受けない簡易な構成で低コストの磁歪式トルクセンサ及び電動パワーステアリング装置を実現できる。

【0024】

なお、上記検出コイルの接続点の電位を検出する線には、それぞれハイインピーダンス入力のボトムホールド回路を設けることで、線を接続するコネクタのインピーダンス（接触抵抗）の変動の影響を無視することができる。

【発明の効果】

【0025】

この発明によれば、簡易な構成で低コストの磁歪式トルクセンサ及び電動パワーステアリング装置を実現できる。

【0026】

また、この発明によれば、温度変化及び磁場変化があってもこれらの影響を受けない簡易な構成で低コストの磁歪式トルクセンサ及び電動パワーステアリング装置を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、この発明に係る磁歪式トルクセンサとこれを備えた電動パワーステアリング装置の実施例を図面を参照して説明する。

【0028】

図1に示すように、車両用の電動パワーステアリング装置100はステアリング（操舵手段）2に連結されたステアリングシャフト1を備えている。ステアリングシャフト1は、ステアリング2に一体結合されたメインステアリングシャフト3と、ラック&ピニオン機構のピニオン7が設けられたピニオン軸5とが、ユニバーサルジョイント4によって連結されて構成されている。

【0029】

ピニオン軸5はその下部、中間部、上部を軸受6a、6b、6cによって支持されており、ピニオン7はピニオン軸5の下端部に設けられている。ピニオン7は、車幅方向に往復動可能なラック軸8のラック歯8aに噛合し、ラック軸8の両端には、タイロッド9、9を介して転舵輪としての左右の前輪10、10が連結されている。

【0030】

この構成により、ステアリング2の操舵時に通常のラック&ピニオン式の転舵操作が可能であり、前輪10、10を転舵させて車両の向きを変えることができる。ここで、ラック軸8、ラック歯8a、タイロッド9、9は転舵機構を構成する。

【0031】

また、電動パワーステアリング装置100は、ステアリング2による操舵力を軽減するための補助操舵力を供給する電動機11を備えており、この電動機11の出力軸に設けられたウォームギヤ12が、ピニオン軸5において中間部の軸受6bの下側に設けられたウォームホイールギヤ13に噛合している。

【0032】

また、ピニオン軸5において中間部の軸受6bと上部の軸受6cとの間には、磁歪に起因する磁気特性の変化に基づいてトルクを検出する磁歪式トルクセンサ30が配置されている。

【0033】

図2にも示すように、磁歪式トルクセンサ30は、ピニオン軸5の外周面に周方向全周に亘って環状に設けられた第1磁歪膜31および第2磁歪膜32と、第1磁歪膜31に対向配置された第1検出コイル101および第4検出コイル104と、第2磁歪膜32に対向配置された第2検出コイル102および第3検出コイル103と、第1～第4検出コイル101～104にそれぞれ接続された検出部50aを主要構成としている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 4 】

第1、第2磁歪膜31、32は、歪みに対して透磁率の変化が大きい素材からなる金属膜であり、例えば、ピニオン軸5の外周にメッキ法で形成したNi-Fe系の合金膜からなる。

## 【 0 0 3 5 】

第1磁歪膜31は、ピニオン軸5の軸線に対して約45度傾斜した方向に磁気異方性を備えるように構成されており、第2磁歪膜32は、第1磁歪膜31の磁気異方性の方向に対して約90度傾斜した方向に磁気異方性を備えるように構成されている。すなわち、2つの磁歪膜31、32の磁気異方性は互いに約90度位相を異にしている。

## 【 0 0 3 6 】

第1検出コイル101および第4検出コイル104は、第1磁歪膜31の周囲にこれと所定の隙間を有した状態で同軸状に配置されており、ピニオン軸5の軸線方向に互いにずらして配置されている。

## 【 0 0 3 7 】

第2検出コイル102および第3検出コイル103は、第2磁歪膜32の周囲にこれと所定の隙間を有した状態で同軸状に配置されており、ピニオン軸5の軸線方向に互いにずらして配置されている。

## 【 0 0 3 8 】

第1、第2磁歪膜31、32の磁気異方性を前述のように設定したことにより、ピニオン軸5にトルクが作用した状態では、第1、第2磁歪膜31、32の一方に圧縮力が作用し、他方に引っ張り力が作用するようになり、その結果、一方の磁歪膜の透磁率が増加し、他方の磁歪膜の透磁率が減少する。そして、これに応じて一方の磁歪膜の周囲に配置された2つの検出コイルのインダクタンスが増加し、他方の磁歪膜の周囲に配置された2つの検出コイルのインダクタンスが減少する。

## 【 0 0 3 9 】

第1～第4検出コイル101～104のインダクタンス変化は電圧変化に変換されてECU50(電子制御装置)を構成する検出部50aに出力される。

## 【 0 0 4 0 】

ECU50は、検出部50aと制御部50bとを含んで構成される。

## 【 0 0 4 1 】

制御部50bは、検出部50aからの出力電圧 $V_{T1}$ 、 $V_{T2}$ 、 $V_{T3}$ 、 $V_{T4}$ に基づいて、ピニオン軸5に作用する操舵トルクの検出と、磁歪式トルクセンサ30の故障検出を実行する。制御部50bは、また、検出した操舵トルクに基づき電動機11を制御する。

## 【 0 0 4 2 】

図2は、磁歪式トルクセンサ30と検出部50aの詳細な回路結線図を示している。

## 【 0 0 4 3 】

図示しない車載バッテリーからECU50(検出部50a)に供給される電源を安定化した電源電圧Eが、小抵抗{上記(2)式の電圧検出に影響を与えない程度の抵抗値}のダンピング用抵抗である抵抗器42aを通じ、コネクタ203(203a、203b)及び配線を通じて第1検出コイル101の一端101aに供給されるとともに、第3検出コイル103の一端103aに供給される。

## 【 0 0 4 4 】

第1検出コイル101の他端101bは、配線を通じて第2検出コイル102の一端102aに接続されるとともに、配線及びコネクタ201(201a、201b)を通じて検出部50a内のボトムホールド回路36a(第1ボトムホールド回路)の入力端子52aに接続される。

## 【 0 0 4 5 】

この場合、ボトムホールド回路36aの入力端子52aには、磁歪式トルクセンサ30から第1検出信号Sc1が供給される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 6 】

第3検出コイル103の他端103bは、配線を通じて第4検出コイル104の一端104aに接続されるとともに、配線及びコネクタ202(202a、202b)を通じて検出部50a内のボトムホールド回路36b(第2ボトムホールド回路)の入力端子52bに接続される。

## 【 0 0 4 7 】

この場合、ボトムホールド回路36bの入力端子52bには、磁歪式トルクセンサ30から第2検出信号Sc2が供給される。

## 【 0 0 4 8 】

第4検出コイル104の他端104bと第2検出コイル102の他端102bは配線を通じて接続されるとともに、配線及びコネクタ204(204a、204b)を通じて検出部50a内のダンピング用抵抗である抵抗器42bの一端に接続され、抵抗器42bの他端はトランジスタ41のコレクタ端子に接続される。トランジスタ41のコレクタ端子は逆回復ダイオード43を通じて電源電圧Eに接続される。トランジスタ41のエミッタ端子は接地され、トランジスタ41のベース端子には、制御部50b(図1参照)からスイッチング信号Ssが供給されている。ダンピング用抵抗である抵抗器42a、42bは、検出コイル101、102のインピーダンスに比べて十分小さいので回路動作を考慮する上では短絡されているとみなすことができる。

10

## 【 0 0 4 9 】

図3は、ボトムホールド回路36(36aと36bは同一構成)の詳細な回路図を示している。

20

## 【 0 0 5 0 】

第1又は第2検出信号Sc1、Sc2(代表して検出信号Scという。)が供給されるボトムホールド回路36の入力端子52(52a、52b)は、バッファアンプA2の正相入力端子に接続され、バッファアンプA2の出力端子にはダイオードD2のカソード端子が接続される。ダイオードD2のアノード端子は、バッファアンプA2の逆相入力端子に接続されるとともに、A/D変換器56を介してボトムホールド回路36の出力端子54(54a、54b)に接続される。

## 【 0 0 5 1 】

ダイオードD2のアノード端子と電源電圧Eとの間に抵抗器R2とコンデンサC2の並列回路が接続されている。

30

## 【 0 0 5 2 】

ダイオードD2のアノード端子には、検出信号Scのトラックホールド信号Sc'(Sc1'、Sc2')が現れる。ここで、トラックホールド信号Sc'と称したのは、検出信号Scの減少方向では検出信号Scとトラックホールド信号Sc'とが追従する(トラックする)同一波形とされるが、検出信号Scの増加方向では、逆回復ダイオード43の作用下に検出信号Scが上昇するのに対し、トラックホールド信号Sc'では、コンデンサC2が抵抗器R2を通じて放電されて上昇するので、緩やかに上昇するからであり、トラックホールド信号Sc'では一時的にボトムがホールドされて徐々に上昇する波形とされるからである。

40

## 【 0 0 5 3 】

ボトムホールド回路36の出力端子54には、A/D変換器56によってサンプリングされたトラックホールド信号Sc'のボトムがホールドされた出力電圧VT1、VT2が得られる。

## 【 0 0 5 4 】

ここで、検出部50a及びボトムホールド回路36の動作について、図4のタイムチャートに基づいて、詳しく説明する。

## 【 0 0 5 5 】

トランジスタ41は、図4Aに示すスイッチング信号Ssにより所定周期(同一周期)で所定時間(同一時間)オンオフされる。

50

## 【 0 0 5 6 】

時点  $t_1 \sim t_2$ 、時点  $t_3 \sim t_4$ 、時点  $t_5 \sim t_6$  が所定時間のオン期間であり、時点  $t_1 \sim t_3$ 、時点  $t_3 \sim t_5$  等が所定周期である。

## 【 0 0 5 7 】

時点  $t_1$  においてトランジスタ 4 1 がオンされると、第 1 ~ 第 4 検出コイル 1 0 1 ~ 1 0 4 が励磁される。時点  $t_1$  から時点  $t_2$  にかけて上述した ( 2 ) 式に対応する、ピニオン軸 5 の捩れに応じた図 4 B に示す方形波信号の第 1 検出信号  $S_c 1$  と第 2 検出信号  $S_c 2$  が得られる。

## 【 0 0 5 8 】

ボトムホールド回路 3 6 は、バッファアンプ A 2 の正相入力端子に供給される検出信号  $S_c$  ( $S_c 1$ 、 $S_c 2$ ) の電圧が下がると、バッファアンプ A 2 の出力端子の電圧も下がり、ダイオード D 2 が導通して逆相入力端子の電圧も同様に下がる。すなわち、検出信号  $S_c 1$  の電圧の低下中には、バッファアンプ A 2 はボルテージフォロワとして動作し、同一の電圧が逆相入力端子及びボトムホールド回路 3 6 の出力端子 5 4 に現れる。このとき、同時に、コンデンサ C 2 に電荷が充電される。すなわち、検出信号  $S_c$  が低下中には、トラックホールド信号  $S_c'$  が検出信号  $S_c$  に追従する (トラックする。 )。

## 【 0 0 5 9 】

一方、電圧が下がった時点、例えば時点  $t_2$  で検出信号  $S_c 1$  の電圧が上昇すると、ダイオード D 2 が非導通となる。抵抗器 R 2 は放電用の抵抗器である。

## 【 0 0 6 0 】

したがって、このとき、コンデンサ C 2 に充電された電荷によるコンデンサ C 2 の端子間電圧が、ホールドされ、トラックホールド信号  $S_c'$  ( $S_c 1'$ 、 $S_c 2'$ ) が A / D 変換器 5 6 で A / D 変換され、第 1 出力電圧  $V_T 1$  及び第 2 出力電圧  $V_T 2$  が得られる。

## 【 0 0 6 1 】

図 4 C は、トラックホールド信号  $S_c'$  ( $S_c 1'$ 、 $S_c 2'$ ) を A / D 変換器 5 6 で A / D 変換して時点  $t_2$ 、 $t_4$ 、 $t_6$  で得られた第 1 出力電圧  $V_T 1$  及び第 2 出力電圧  $V_T 2$  をそれぞれ補間した第 1 出力電圧  $V_T 1$  と第 2 出力電圧  $V_T 2$  を描いている。

## 【 0 0 6 2 】

第 1 出力電圧  $V_T 1$  と第 2 出力電圧  $V_T 2$  の差信号がアナログ信号処理的に描いた差動増幅器 3 8 によって得られ、差動増幅器 3 8 の出力信号である差信号がトルク検出電圧  $V_T 3$  とされる。

## 【 0 0 6 3 】

また、第 1 出力電圧  $V_T 1$  と第 2 出力電圧  $V_T 2$  の和信号がアナログ信号処理的に描いた加算器 3 9 によって得られ、加算器 3 9 の出力信号である和信号が故障検出電圧  $V_T F$  とされる。

## 【 0 0 6 4 】

図 5 は、各種出力電圧を描いている。

## 【 0 0 6 5 】

第 1 出力電圧  $V_T 1$  と第 2 出力電圧  $V_T 2$  の差信号がトルク検出電圧  $V_T 3$  となり、第 1 出力電圧  $V_T 1$  と第 2 出力電圧  $V_T 2$  の和信号が故障検出電圧  $V_T F$  になることが分かる。なお、このようにトルク検出電圧  $V_T 3$  と故障検出電圧  $V_T F$  が得られることは、特許文献 1 ( 特開 2 0 0 5 - 3 2 1 3 1 6 号公報の図 1 0 ) 等により周知である。

## 【 0 0 6 6 】

ここで、第 1 出力電圧  $V_T 1$  と第 2 出力電圧  $V_T 2$  は、第 1 ~ 第 4 検出コイル 1 0 1 ~ 1 0 4 の 4 つの検出コイルを利用して得ているので、特許文献 2 ( 特開 2 0 0 6 - 6 4 4 4 5 号公報の図 5、図 8、図 1 1 ) に詳細に記載されているように、温度変化及び磁場変化によるオフセットがキャンセルされた電圧となっている。

## 【 0 0 6 7 】

そこで、故障検出電圧  $V_T F$  に対して、図 5 に示すように、制御部 5 0 b は、故障検出閾値範囲  $T_H$  ( 最小閾値電圧  $T_{h1}$  と最大閾値電圧  $T_{h2}$  の範囲 ) を設けることで、故障

10

20

30

40

50

検出電圧  $V_{TF}$  が故障検知閾値範囲  $TH$  の外の値となった場合に、磁歪式トルクセンサ 30 に故障が発生していると検知することができる。

【0068】

なお、温度変化及び磁場変化の少ない環境下でトルクのみを検出する場合、あるいはトルクの検出精度がそれほどには要求されない用途では、図6に示すように、2個の検出コイルと1個のボトムホールド回路を省略した磁歪式トルクセンサ30Aと検出部50aAの簡単な構成を採用することもできる。

【0069】

この図6例の磁歪式トルクセンサ30Aは、シャフトであるピニオン軸5に設けられ、異なる磁気異方性を有する第1及び第2磁歪膜31、32と、一端101aに電源電圧Eが供給され第1磁歪膜31に対向配置された第1検出コイル101と、一端102aが第1検出コイル101の他端101bに直列に接続され第2磁歪膜32に対向配置された第2検出コイル102と、第2検出コイル102の他端102bに直列接続されたスイッチング素子であるトランジスタ41と、第1検出コイル101と第2検出コイル102の接続点(中点)の電位を表す第1検出信号Sc1に基づき、シャフトであるピニオン軸5に入力されるトルクを検出するトルク検出部としての検出部50aAとを備える。

【0070】

このように、2つの第1及び第2検出コイル101、102とスイッチング素子であるトランジスタ41を電源電圧Eと接地間に直列に接続し、第1及び第2検出コイル101、102間の中点電位を検出する構成とすれば、第1及び第2検出コイル101、102に、電源電圧Eを供給するコネクタ203に接続された線(電源線)と、第1及び第2検出コイル101、102の接続点の電位を検出するコネクタ201に接続された線(第1検出出力線)と、スイッチング素子であるトランジスタ41を接続するコネクタ204に接続された線(スイッチング線)の3本の線を接続するだけで、検出部50aAで第1出力電圧 $V_{T1}$ によりトルクを検出することができるので、簡易な構成で低コストの磁歪式トルクセンサ30Aを実現できる。

【0071】

なお、従来技術に係る図8に示した駆動・検出回路に対比して、磁歪式トルクセンサ30Aを簡略化した、図6例の実施形態に係る検出信号Scを得るための駆動・検出回路を図7に示す。検出信号Scの値を表す検出電圧(分圧電圧)Vは、上述した(2)式の $V = E \times Z_2 / (Z_1 + Z_2)$ で得られることが理解される。この構成によれば、電源電圧Eとスイッチング素子であるトランジスタQとの間に第1検出コイル101(インダクタンスL、インピーダンス $Z_1$ )と第2検出コイル102(インダクタンスL、インピーダンス $Z_2$ )を直列に接続するという簡易な構成で低コストの磁歪式トルクセンサ及び電動パワーステアリング装置を構築することができる。

【0072】

そして、図2例の磁歪式トルクセンサ30は、図6例の磁歪式トルクセンサ30Aに対して、さらに、一端103aに電源電圧Eが供給され、第2磁歪膜32に対向配置された第3検出コイル103と、一端104aが第3検出コイル103の他端103bに直列に接続され他端104bが第2検出コイル102の他端102bに接続され第1磁歪膜31に対向配置された第4検出コイル104と、第1検出コイル101と第2検出コイル102の接続点の電位を表す第1検出信号Sc1と、第3検出コイル103と第4検出コイル104の接続点の電位を表す第2検出信号Sc2に基づき、磁歪式トルクセンサ30の故障を検出する検出部50a(故障検出部)と、を備えるように構成する。

【0073】

この構成によれば、図2例の磁歪式トルクセンサ30は、第1~第4検出コイル101~104でスイッチング素子であるトランジスタ41が共用されるので、構成が簡易であり低コスト化が図れる。

【0074】

しかも、図2例の磁歪式トルクセンサ30の配線構成によれば、図6例の磁歪式トルク

10

20

30

40

50

センサ 30 a A の配線構成に対して、第 3 検出コイル 103 と第 4 検出コイル 104 の接続点（中点）の電位を検出するコネクタ 202（図 2 参照）に接続される線（第 2 検出力線）を設けることのみで、温度変化及び磁場変化があってもこれらの影響を受けないトルク検出と故障検出が可能であり、かつ簡易な構成で低コストの磁歪式トルクセンサ 30 及び電動パワーステアリング装置 100 を実現できる。

【0075】

図 6 に示す検出部 50 a A は、第 1 検出コイル 101 と第 2 検出コイル 102 の接続点に接続されるハイインピーダンス入力の第 1 ボトムホールド回路としてのボトムホールド回路 36 a を含んでいるので、配線を接続するコネクタ 201 のインピーダンス（接触抵抗）の変動による検出電圧の変動の影響を無視することができる。

10

【0076】

同様に、図 2 に示す検出部 50 a は、第 3 検出コイル 103 と第 4 検出コイル 104 の接続点に接続されるハイインピーダンス入力の第 2 ボトムホールド回路としてのボトムホールド回路 36 b を含んでいるので、配線を接続するコネクタ 202 のインピーダンス（接触抵抗）の変動の影響を無視することができる。

【0077】

なお、図 2 に示した磁歪式トルクセンサ 30 を用いた電動パワーステアリング装置 100 では、コネクタ 201、202 の他に、第 1 及び第 3 検出コイル 101、103 の各一端 101 a、103 a と電源電圧 E との間に接続されるコネクタ 203 と、第 2 検出コイル 102 の他端 102 b と第 4 検出コイル 104 の他端 104 b との接続点とスイッチング素子であるトランジスタ 41 との間に接続されるコネクタ 204 の 4 組のコネクタ 201 ~ 204 のみを用いて構成しているため、構成が簡単であり、コストを低減することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図 1】この発明の一実施形態にかかる磁歪式トルクセンサを備えた一実施形態に係る電動パワーステアリング装置の構成図である。

【図 2】図 1 中、磁歪式トルクセンサと検出部の詳細構成図である。

【図 3】図 2 中、ボトムホールド回路の回路図である。

【図 4】磁歪式トルクセンサの動作説明に供されるタイムチャートであって、図 4 A は、スイッチング信号の波形図、図 4 B は、検出信号の波形図、図 4 C は、出力電圧の説明図である。

30

【図 5】磁歪式トルクセンサの動作説明に供される特性図である。

【図 6】他の実施形態に係る磁歪式トルクセンサと検出部の詳細構成図である。

【図 7】この発明の一実施例に係る駆動・検出回路図である。

【図 8】従来技術に係る駆動・検出回路図である。

【図 9】図 9 A は、励磁信号に対応するスイッチング信号の波形図、図 9 B は、直列抵抗分が変化した場合の波形変動（電圧変動）の説明図である。

【符号の説明】

【0079】

30、30 A、30 a A ... 磁歪式トルクセンサ

31 ... 第 1 磁歪膜

32 ... 第 2 磁歪膜

36 (36 a、36 b) ... ボトムホールド回路

50 ... ECU

50 a、50 a A ... 検出部

50 b ... 制御部

100 ... 電動パワーステアリング装置

101 ~ 104 ... 第 1 ~ 第 4 検出コイル

40

【 図 1 】

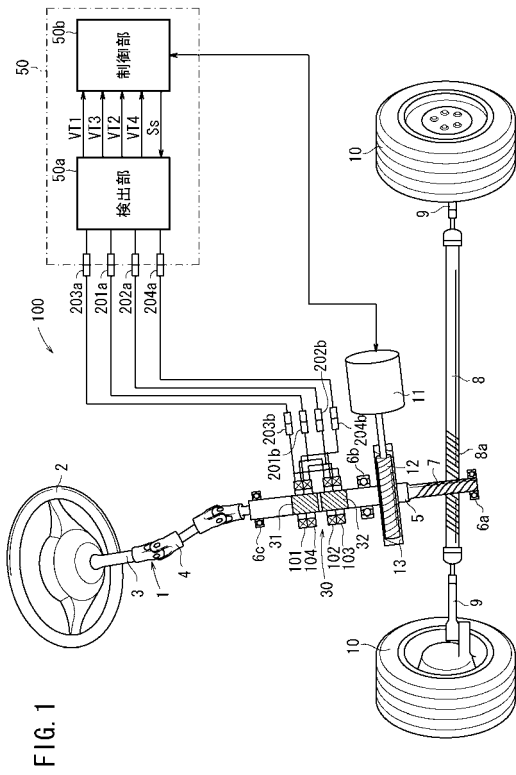


FIG. 1

【 図 3 】

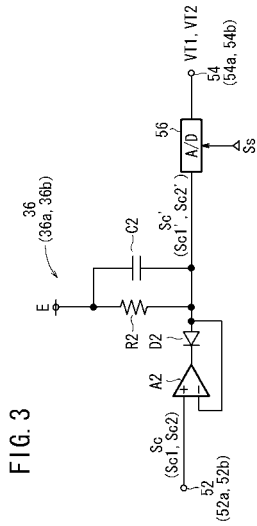


FIG. 3

【 図 2 】

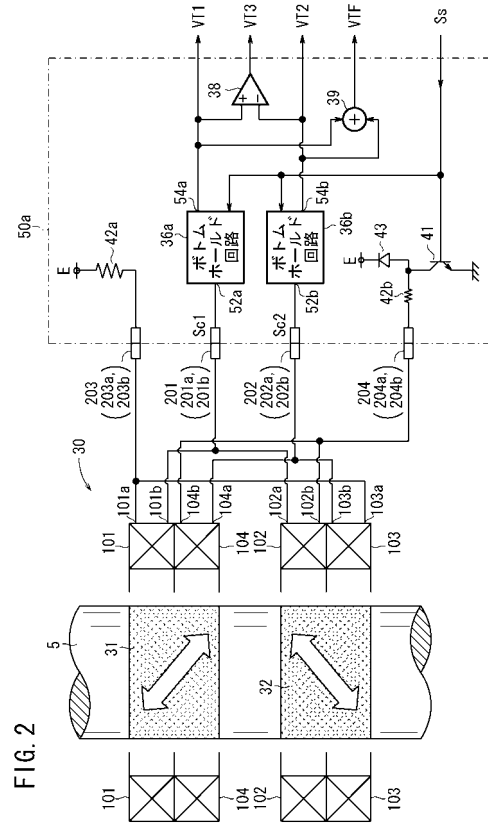


FIG. 2

【 図 4 】

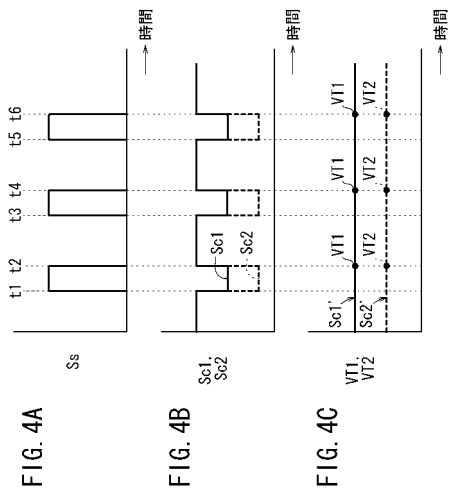
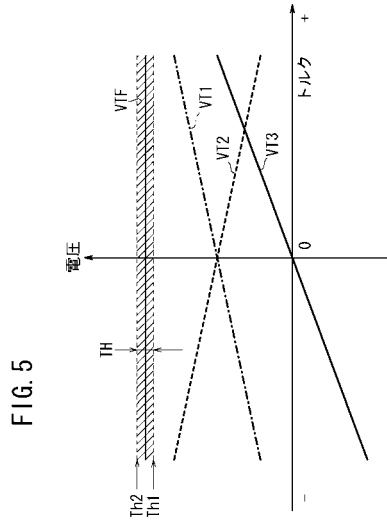


FIG. 4A

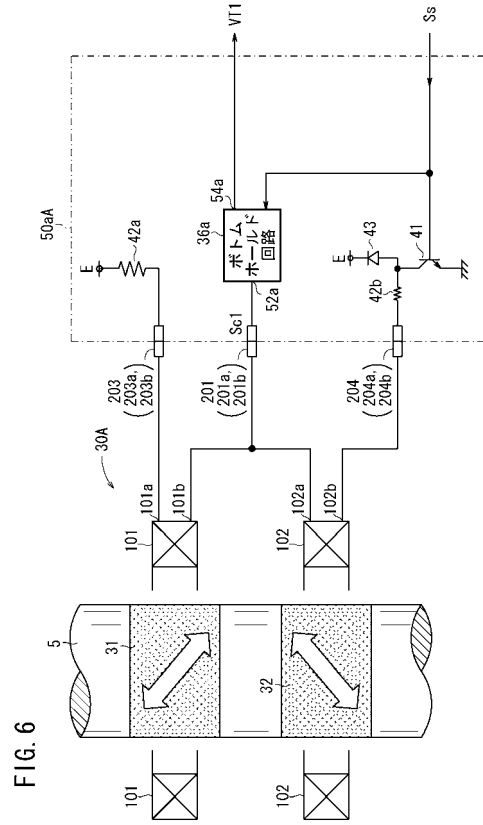
FIG. 4B

FIG. 4C

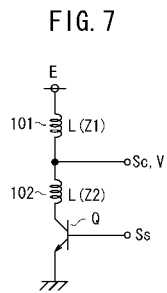
【 図 5 】



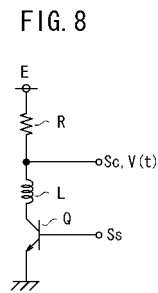
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

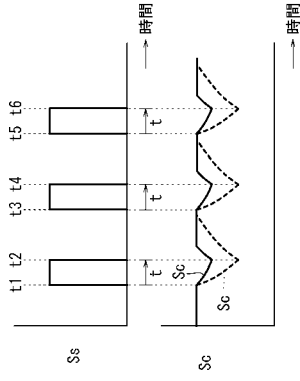


FIG. 9A

FIG. 9B

---

フロントページの続き

- (72)発明者 大庭 吉裕  
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 三好 尚  
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 清水 康夫  
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

審査官 續山 浩二

- (56)参考文献 特開2007-309925(JP,A)  
特開2005-321316(JP,A)  
特開2007-285862(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |         |         |
|---------|---------|
| G 0 1 L | 3 / 1 0 |
| B 6 2 D | 5 / 0 4 |