

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-103003  
(P2012-103003A)

(43) 公開日 平成24年5月31日(2012.5.31)

(51) Int.Cl.  
G01L 3/10 (2006.01)

F I  
G01L 3/10 303A

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2010-247387 (P2010-247387)  
 (22) 出願日 平成22年11月4日 (2010.11.4)  
 (31) 優先権主張番号 特願2010-233056 (P2010-233056)  
 (32) 優先日 平成22年10月15日 (2010.10.15)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 597156971  
株式会社アミテック  
東京都八王子市東町1番6 橋元L Kビル  
 (74) 代理人 100077539  
弁理士 飯塚 義仁  
 (74) 代理人 100114742  
弁理士 林 秀男  
 (74) 代理人 100125265  
弁理士 貝塚 亮平  
 (72) 発明者 後藤 忠敏  
東京都府中市新町1丁目77番2号  
 (72) 発明者 湯浅 康弘  
東京都府中市是政5丁目19番1号、2-721

最終頁に続く

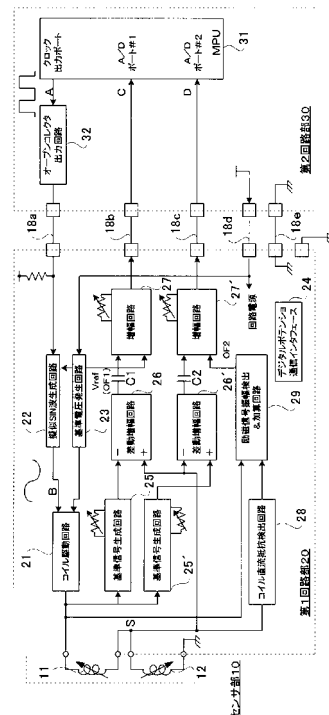
(54) 【発明の名称】 トルクセンサ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】簡素な構成でありながら、温度ドリフトの補償性能にも優れ、故障診断機能も具備したトルクセンサを提供する。

【解決手段】所定の励磁用交流信号を直流接続された2つのコイル11、12に印加し、該2つのコイルから生じる1つのコイル出力交流信号を、コイル等の故障若しくは異常にตอบสนองする直流電圧によりオフセットすることで、故障情報をコイル出力信号中の直流電圧成分に含める。この直流電圧成分を検出し、故障診断用のオフセット電圧として生成する。また、励磁用交流信号のピークレベルをチェックするために、該ピークレベルに相当する直流電圧をオフセット電圧に含めてよい。コイル検出出力交流電圧成分と基準交流電圧成分との差を求める回路において、求めた差信号を前記オフセット電圧でオフセットした出力を生じる。こうして、故障情報としてのオフセット電圧を含む差信号がトルク検出信号としてトルク測定用の回路に伝送される。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

トーションバーを介して連結された第 1 及び第 2 の回転軸に発生するトルクを検出するトルクセンサであって、

直列接続された 2 つのコイル、前記第 1 の回転軸に連結された第 1 の磁気応答部材、前記第 2 の回転軸に連結された第 2 の磁気応答部材を含み、前記第 1 及び第 2 の回転軸の相対的回転位置に应答してインピーダンス変化を該コイルに生じさせるように前記第 1 及び第 2 の磁気応答部材を構成したセンサ部と、ここで、該センサ部は前記直列接続された 2 つのコイルから 1 つのコイル出力交流信号を生じるものであり、

所定の励磁用交流信号を前記コイルに印加するコイル駆動回路と、

前記コイル出力交流信号に含まれる検出出力交流電圧成分と前記励磁用交流信号に基づく基準交流電圧成分との差を求める第 1 回路と、

前記コイル出力交流信号に含まれる検出出力交流電圧成分と前記励磁用交流信号に基づく基準交流電圧成分との差を、前記第 1 回路における差演算とは逆極性で、求める第 2 回路と、

前記コイル出力交流信号に含まれる直流電圧成分及び前記励磁用交流信号のピーク振幅値に相当する直流電圧の少なくとも一方に対応する電圧を、故障診断用のオフセット電圧として生成するオフセット電圧生成回路と、

前記第 1 回路の出力を第 1 の直流電圧でオフセットしてメイントルク検出信号を出力し、前記第 2 回路の出力を第 2 の直流電圧でオフセットしてサブトルク検出信号を出力する第 1 及び第 2 の増幅回路と、ここで、前記第 1 の直流電圧及び第 2 の直流電圧の少なくとも一方が前記オフセット電圧生成回路から生成された前記オフセット電圧であり、

前記メイントルク検出信号又はサブトルク検出信号に含まれる交流成分の振れ幅を検出することにより、前記コイルの前記インピーダンス変化に应答する検出データをトルク検出データとして取得するトルク検出部と、

前記オフセット電圧でオフセットされた前記メイントルク検出信号又はサブトルク検出信号に関して、該信号中の交流成分の振れの中心に相当する電圧を前記オフセット電圧として抽出するオフセット電圧抽出部と、

前記抽出したオフセット電圧に基づいて、前記コイル出力交流信号に含まれる直流電圧成分及び前記励磁用交流信号のピーク振幅値に相当する直流電圧の少なくとも一方に関する故障の有無を判定する故障診断部と

を具備することを特徴とするトルクセンサ。

## 【請求項 2】

前記センサ部は、前記直列接続された 2 つのコイルの midpoint から前記コイル出力交流信号を出力することを特徴とする請求項 1 に記載のトルクセンサ。

## 【請求項 3】

前記オフセット電圧生成回路は、前記コイルの出力に含まれる直流電圧成分と前記励磁用交流信号のピーク振幅値に相当する直流電圧との加算電圧に対応する電圧を前記オフセット電圧として生成する、請求項 1 又は 2 に記載のトルクセンサ。

## 【請求項 4】

前記第 2 の増幅回路は、前記第 2 の直流電圧として前記オフセット電圧生成回路から生成された前記オフセット電圧を使用して、前記第 2 回路の出力をオフセットして前記サブトルク検出信号を出力することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のトルクセンサ。

## 【請求項 5】

前記故障診断部は、前記抽出したオフセット電圧が所定範囲内であるとき正常と判定し、所定範囲外るとき異常と判定することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載のトルクセンサ。

## 【請求項 6】

前記第 1 の直流電圧及び第 2 の直流電圧の一方が所定の基準直流電圧であり、他方が前

10

20

30

40

50

記オフセット電圧生成回路から生成された前記オフセット電圧であり、

前記オフセット電圧生成回路は、正常時の前記オフセット電圧として前記所定の基準直流電圧に対応する電圧を生成し、

前記オフセット電圧抽出部は、前記メイントルク検出信号から前記第1の直流電圧に対応する電圧を抽出し、前記サブトルク検出信号から前記第2の直流電圧に対応する電圧を抽出し、該抽出した電圧の一方が前記オフセット電圧に対応しており、

前記故障診断部は、前記抽出した第1及び第2の直流電圧に対応する電圧の差が所定範囲内であるとき正常と判定し、所定範囲外るとき異常と判定することを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載のトルクセンサ。

【請求項7】

前記トルク検出部は、前記メイントルク検出信号に含まれる交流成分の振れ幅を検出することにより第1のトルク検出データを取得し、前記サブトルク検出信号に含まれる交流成分の振れ幅を検出することにより前記第1のトルク検出データとは逆特性の第2のトルク検出データを取得し、

前記故障診断部は、さらに、前記第1及び第2のトルク検出データの加算値に基づき異常の有無を判定することを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載のトルクセンサ。

【請求項8】

前記トルク検出部は、

所定のクロック信号の整数倍周期で正振幅領域に対応する第1のサンプリングタイミング信号と負振幅領域に対応する第2のサンプリングタイミング信号とを生成し、

前記差動増幅回路が出力する差信号の振幅値を前記第1及び第2のサンプリングタイミング信号でそれぞれサンプリングし、サンプリングした振幅値の差を求めることで前記トルク検出データを取得する、ことを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載のトルクセンサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は2軸間の相対的回転位置を検出するトルクセンサに関し、例えば自動車のパワーステアリング軸に負荷されるねじり負荷を検出するためのトルクセンサとしての用途に適したものである。

【背景技術】

【0002】

トーションバーを介して連結された入力軸及び出力軸に発生するトルクを、該入力軸及び出力軸間のねじれ量(相対回転位置)として検出するトルクセンサが公知である。例えば、下記特許文献1では、円周方向に複数の開口窓を2列で設けたアルミニウム製の円筒体をそれぞれ入力軸及び出力軸に取り付け、両円筒体における2列の開口窓列が互いに重なり合うように配置し、各開口窓列に対応して検出コイルをそれぞれ配置し、ねじれ量(相対回転位置)に応じた各列における開口窓の重なりの変化を検出コイルで検出するようにしている。しかし、特許文献1のトルクセンサは、コイルを含むセンサ構成部品の温度ドリフト特性補償対策が不十分であるため、検出精度を出しにくく、また、検出出力信号のダイナミックレンジを大きくとることもできず、更に、センサ構成部品の故障時の対策も不十分であった。

【0003】

下記特許文献2においては、トルクセンサにおいて温度補償用抵抗(サーミスタ等)を検出コイルに直列に設けることで検出コイルの温度ドリフト特性補償を行うようにしたことが示されている。また、検出コイルの出力交流電圧と励磁用交流電圧の位相を合わせた上でその差を差動増幅回路で求め、その差電圧をピーク位置でサンプルホールドすることにより、検出したトルクに応じたアナログ直流電圧を得るようにしたことが示されている。しかし、これでも検出出力信号のダイナミックレンジを十分に大きくとることができず、限界があった。例えば、差動増幅回路の増幅率を上げることで見掛け上ダイナミックレ

10

20

30

40

50

ンジを大きくしようとした場合、S/N比が問題となるので好ましくない。また、サンプルホールド制御用のサンプリングパルスを生成するためのサンプリングパルス発生回路は励磁用交流電圧をアナログ処理するように構成されているので、そのアナログ回路部分で温度ドリフト特性を持ってしまい、検出精度に悪影響を与えるおそれがあった。

【0004】

一方、下記特許文献3～5においては、故障診断機能を備えたトルクセンサが示されている。これらの従来技術においては、検出コイルの出力交流信号の位相あるいはその直流成分のいずれか一方から、断線、半断線等の故障、異常等を検出するようにしている。しかし、検出コイルの出力交流信号の位相及びその直流成分の両方を考慮した総合的な故障診断機能を簡便な構成で具備することが望まれている。

10

【0005】

しかし、従来技術においては、各種のタイプの故障診断が個別の診断用回路を用いて行われていたため、極端な場合は、個々のタイプの故障検知信号別に、個別の配線を介して診断結果を中央の制御装置（例えば自動車におけるECU）に通知しなければならず、配線数が増してしまう。例えば、検出コイルの出力交流信号の直流成分を考慮した故障診断にあっては、従来技術では、出力交流信号をローパスフィルタすることでその直流電圧成分を取り出し、取り出した直流電圧成分を評価するようにしていた。そのため、センサ部から中央の制御装置に対する出力ラインとして、出力交流信号ラインとは別に、ローパスフィルタから出力した直流電圧成分のラインを設ける必要があり、伝送線の配線数が増す、という問題があった。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平8-114518号

【特許文献2】特許第3588684号

【特許文献3】特許第3589053号

【特許文献4】特許第3649057号

【特許文献5】特許第4043116号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0007】

この発明は上述の点に鑑みてなされたもので、簡素な構成でありながら、温度ドリフトの補償性能にも優れ、故障診断機能も具備したトルクセンサを提供しようとするものである。また、直流電圧成分に基づき精度のよい故障診断を行えるトルクセンサを提供しようとするものであり、特に、直流電圧成分に基づく故障診断情報あるいは励磁信号振幅異常に基づく故障診断情報を少ない伝送線数で実現できるトルクセンサを提供しようとするものである。更に、検出出力信号のダイナミックレンジを大きくとれるように構成することで検出精度を向上させた、トルクセンサを提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

40

本発明に係るトルクセンサは、トーシヨンバーを介して連結された第1及び第2の回転軸に発生するトルクを検出するトルクセンサであって、直列接続された2つのコイル、前記第1の回転軸に連結された第1の磁気応答部材、前記第2の回転軸に連結された第2の磁気応答部材を含み、前記第1及び第2の回転軸の相対的回転位置に应答してインピーダンス変化を該コイルに生じさせるように前記第1及び第2の磁気応答部材を構成したセンサ部と、ここで、該センサ部は前記直列接続された2つのコイルから1つのコイル出力交流信号を生じるものであり、所定の励磁用交流信号を前記コイルに印加するコイル駆動回路と、前記コイル出力交流信号に含まれる検出出力交流電圧成分と前記励磁用交流信号に基づく基準交流電圧成分との差を求める第1回路と、前記コイル出力交流信号に含まれる検出出力交流電圧成分と前記励磁用交流信号に基づく基準交流電圧成分との差を、前記第

50

1回路における差演算とは逆極性で、求める第2回路と、前記コイル出力交流信号に含まれる直流電圧成分及び前記励磁用交流信号のピーク振幅値に相当する直流電圧の少なくとも一方に対応する電圧を、故障診断用のオフセット電圧として生成するオフセット電圧生成回路と、前記第1回路の出力を第1の直流電圧でオフセットしてメイントルク検出信号を出力し、前記第2回路の出力を第2の直流電圧でオフセットしてサブトルク検出信号を出力する第1及び第2の増幅回路と、ここで、前記第1の直流電圧及び第2の直流電圧の少なくとも一方が前記オフセット電圧生成回路から生成された前記オフセット電圧であり、前記メイントルク検出信号又はサブトルク検出信号に含まれる交流成分の振れ幅を検出することにより、前記コイルの前記インピーダンス変化に応答する検出データをトルク検出データとして取得するトルク検出部と、前記オフセット電圧でオフセットされた前記メイントルク検出信号又はサブトルク検出信号に関して、該信号中の交流成分の振れの中心に相当する電圧を前記オフセット電圧として抽出するオフセット電圧抽出部と、前記抽出したオフセット電圧に基づいて、前記コイル出力交流信号に含まれる直流電圧成分及び前記励磁用交流信号のピーク振幅値に相当する直流電圧の少なくとも一方に関する故障の有無を判定する故障診断部とを具備することを特徴とする。

10

20

30

40

50

#### 【0009】

本発明によれば、所定の励磁用交流信号を直列接続された2つのコイルに印加し、該直列接続された2つのコイルから生じる1つのコイル出力交流信号を、コイルの断線、半断線等の故障若しくは異常等に応答する直流電圧（オフセット電圧）によりオフセットして、トルク検出信号（メイントルク検出信号又はサブトルク検出信号）として出力する。例えば、コイルの断線、半断線等の故障がなければ、コイル出力交流信号中の直流電圧成分は変動が生じないが、断線、半断線等の故障が起きた場合は、それに応じてコイル出力交流信号中の直流電圧成分は変動する。オフセット電圧生成回路において、そのようなコイルの出力に含まれる直流電圧成分を、故障診断用のオフセット電圧として生成することで、該オフセット電圧によってコイルの断線、半断線等の故障を知らせることができる。一方、励磁用交流信号のレベル（ピーク振幅値）の変動をチェックすることも、故障診断にとっては重要である。従って、オフセット電圧生成回路において、励磁用交流信号のピーク振幅値に相当する直流電圧を、故障診断用のオフセット電圧に含めて生成することで、該オフセット電圧によって励磁用交流信号のレベル（ピーク振幅値）の変動として顕在化する故障を知らせることができる。

#### 【0010】

一方、コイル出力交流信号に含まれる検出出力交流電圧成分と励磁用交流信号に基づく基準交流電圧成分との差を求めることで、トルク検出信号のダイナミックレンジを拡張することは既に公知である。本発明においても、そのように有利な第1回路及び第2回路を使用して、メインとサブそれぞれのトルク検出信号を得るようにしている。その場合において、本発明が特徴とするところは、上記のように生成した故障診断用のオフセット電圧を、第1回路及び第2回路で求めた検出出力交流電圧成分と基準交流電圧成分との差信号に組み込む、つまり、該差信号をオフセット電圧でオフセットした点にある。こうして得られる差信号（メイントルク検出信号及びサブトルク検出信号の一方）は1つの信号でありながら、交流成分の振幅レベル（ピーク振幅値）成分において検出対象たるトルクを示す情報を含んでおり、かつ、オフセット電圧成分において上述した故障情報を含んでいる。

#### 【0011】

かくして、本発明によれば、第1又は第2回路から出力される1つの差信号（メイントルク検出信号及びサブトルク検出信号の一方）の中に、トルク検出情報と、直流成分の変動として顕在化する故障情報とを含ませることができる。従って、トルク検出情報と故障情報を含むトルク検出信号を伝送できることになり、極めて簡素化された配線構成からなるものでありながら、高度の故障診断機能を持つトルクセンサを提供することができる、という優れた効果を奏する。しかも、上述のように、第1又は第2回路はダイナミックレンジを拡張したトルク検出信号を提供するので、検出精度を向上させたトルクセンサを提

供することができる。かつ、直列接続された2つのコイルから1つのコイル出力交流信号を生じさせる(2つのコイルの midpoint からコイル出力交流信号を出力する)ことで、温度ドリフト補償したコイル出力信号を生成することができ、これによっても、検出精度を向上させたトルクセンサを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明に係るトルクセンサの一実施例を示す回路図。

【0013】

【図2】図1におけるセンサ部の機構の一例を示す一部断面側面図。

【0014】

【図3】トルク検出処理及び故障診断処理の動作例を説明するためのタイムチャート。

【0015】

【図4】図1におけるマイクロコンピュータが実行するトルク検出処理の一例を示すフローチャート。

【0016】

【図5】第1(メイン)及び第2(サブ)のトルク検出データの値と検出トルク(相対回転位置)との間の相関関係の一例を示すグラフ。

【0017】

【図6】図1におけるマイクロコンピュータが実行するオフセット電圧抽出処理の一例を示すフローチャート。

【0018】

【図7】図1におけるマイクロコンピュータが実行する故障診断処理の一例を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、添付図面を参照してこの発明の実施の形態を詳細に説明する。

図1は、本発明に係るトルクセンサの一実施例を示す回路図である。トルクセンサは、センサ部10と、該センサ部10に近接配置された第1回路部20と、これらのセンサ部10及び第1回路部20から離隔して配置される第2回路部30とで構成される。

【0020】

図2は、センサ部10の機構の一例を示す一部断面側面図である。この実施例に係るトルクセンサは、自動車のステアリングシャフトのトーションバーに負荷されるねじれトルクを検出する。公知のように、ステアリングシャフトにおいては入力軸(第1の回転軸)1と出力軸(第2の回転軸)2とがトーションバー(図示せず)を介して連結されている。入力軸1及び出力軸2はトーションバーによるねじれ変形の許す限りの限られた角度範囲(例えば最大でも+6度~-6度程度の範囲)で相対的に回転しうる。センサ部10は、トーションバーの周囲に設置される。センサ部10は、第1のコイル11、第2のコイル12、入力軸(第1の回転軸)1に連結された第1の磁気応答部材3、出力軸(第2の回転軸)2に連結された第2の磁気応答部材4を含む。第1及び第2の磁気応答部材3,4は、例えば、円筒形状を成した良導電性かつ非磁性(反磁性)の材質(例えば、アルミニウムあるいは銅など)からなり、それぞれ、円周方向に沿って所定ピッチ(角度)で複数の開口窓3a,3b,4a,4bを2列備えている。

【0021】

図示のよう組み立てられた状態において、第1の磁気応答部材3の円筒と第2の磁気応答部材4の円筒とが重なり合い、該円筒の重なり合いの内側にトーションバー(図示せず)が位置する。第1の磁気応答部材3の開口窓3aの列と第2の磁気応答部材4の開口窓4aの列とが重複し、その周りに第1のコイル11が配置される。また、第1の磁気応答部材3の開口窓3bの列と第2の磁気応答部材4の開口窓4bの列とが重複し、その周りに第2のコイル12が配置される。第1の磁気応答部材3の円筒と第2の磁気応答部材4の円筒との相対的回転位置つまりトーションバーのねじれ角に応じて、各列における開口

10

20

30

40

50

窓 3 a , 4 a , 3 b , 4 b の重なり具合が変化する。開口窓 3 a と 4 a (又は 3 b と 4 b) が全く重なっていない状態では、コイル 1 1 (又は 1 2) の内周はすべて磁気応答部材 3 (又は 4) の円筒材質で覆われ、渦電流損失が最大となり、該コイル 1 1 (又は 1 2) のインダクタンス (インピーダンス) は最小となる。逆に、開口窓 3 a と 4 a (又は 3 b と 4 b) が完全に重なっている状態では、コイル 1 1 (又は 1 2) の内周を覆う磁気応答部材 3 (又は 4) の円筒材質の面積は最小となるので渦電流損失が最小となり、かつ、該重なった開口の空間を介して内側のトーションバー (磁性体) に対する磁気結合が最大となるので、該コイル 1 1 (又は 1 2) のインダクタンス (インピーダンス) は最大となる。

#### 【 0 0 2 2 】

一方、各列における開口窓 3 a , 4 a , 3 b , 4 b の重なり具合の変化は互いに逆特性となるように、開口窓の配置を適切にずらして設定している。例えば、第 1 の磁気応答部材 3 においては、開口窓 3 a の列 (第 1 の列) と、開口窓 3 b の列 (第 2 の列) とは、開口窓の繰り返しサイクルに関して、丁度の 1 / 2 サイクルの位相ずれを持つように開口窓列を形成 (配置) する。その場合、第 2 の磁気応答部材 4 においては、開口窓 4 a の列 (第 1 の列) と、開口窓 4 b の列 (第 2 の列) とは、開口窓の繰り返しサイクルに関して、丁度、同相となるように開口窓列を形成 (配置) する。また、トーションバーのねじれ角が 0 の状態において、図示例のように、第 1 の列における開口窓 3 a , 4 a の重なり具合は丁度半分となり、第 2 の列における開口窓 3 b , 4 b の重なり具合も丁度半分となるように、各開口窓列を形成 (配置) する。ねじれ角が 0 の状態から、時計方向にねじれ角が生じると、例えば、第 1 の列における開口窓 3 a , 4 a の重なり具合が増大してそれに対応する第 1 のコイル 1 1 のインダクタンス (インピーダンス) が増加するのに対して、第 2 の列における開口窓 3 b , 4 b の重なり具合が減少してそれに対応する第 2 のコイル 1 2 のインダクタンス (インピーダンス) が減少する。また、ねじれ角が 0 の状態から、反時計方向にねじれ角が生じると、第 1 の列における開口窓 3 a , 4 a の重なり具合が減少してそれに対応する第 1 のコイル 1 1 のインダクタンス (インピーダンス) が減少するのに対して、第 2 の列における開口窓 3 b , 4 b の重なり具合が増加してそれに対応する第 2 のコイル 1 2 のインダクタンス (インピーダンス) が増加する。

#### 【 0 0 2 3 】

このように、センサ部 1 0 においては、入出力軸 (第 1 及び第 2 の回転軸) 1 , 2 の相対的回転位置に応答して互いに逆特性のインピーダンス変化を該第 1 及び第 2 のコイル 1 1 , 1 2 に生じさせるように、第 1 及び第 2 の磁気応答部材 3 , 4 を構成しかつ該第 1 及び第 2 のコイル 1 1 , 1 2 を配置している。なお、このようなセンサ部 1 0 の構成それ自体は、特開平 8 - 1 1 4 5 1 8 号その他で公知である。よって、センサ部 1 0 の具体的構成は、図示の例に限らず、検出すべきトルク (ねじれ角) に対して逆特性の 2 つの出力を生じさせることのできる構成であれば、どのような構成であってもよい。

#### 【 0 0 2 4 】

図 1 に戻り、センサ部 1 0 内において、前記第 1 のコイル 1 1 と第 2 のコイル 1 2 とは直列接続されており、第 1 のコイル 1 1 と第 2 のコイル 1 2 との接続点 S (中点) からコイル出力交流電圧を取り出すようになっている。また、第 1 のコイル 1 1 と第 2 のコイル 1 2 とは近接して配置されて互いが同じ温度環境におかれるため、コイル 1 1 , 1 2 それぞれで生じうる温度ドリフトによるインピーダンス変化特性は同じとなる。直列接続されたコイル 1 1 , 1 2 のインピーダンスの分圧比に応じて取り出されるコイル出力交流電圧においては、分圧比の分子と分母に温度ドリフトによるインピーダンス変化分がそれぞれ含まれるので該温度ドリフトによるインピーダンス変化分が相殺又は除去されることになる。このように、センサ部 1 0 は簡単な構成であるにも関わらず、コイル 1 1 , 1 2 の温度ドリフト特性を補償するのに都合がよいものとなっている。図 2 において、第 1 回路部 2 0 内の各回路を搭載した回路基板がセンサ部 1 0 のケーシング 1 6 内の基板収納スペース 1 5 内に収納され、合成樹脂によってモールドされている。センサ部 1 0 と検出回路部 2 0 との間を接続する電気配線を着脱するために、センサ部 1 0 のケーシング 1 6 にはコ

10

20

30

40

50

ネクタ 17 が設けられている。

【0025】

ケーシング 16 の側（センサ部 10 及び第 1 回路部 20 の側）と第 2 回路部 30 との間を接続する伝送線（電気配線）は、コイル励磁用交流信号供給ライン 18 a、メイン検出出力ライン 18 b、サブ検出出力ライン 18 c、直流電源ライン 18 d、アースライン 18 e からなる。

【0026】

第 2 回路部 30 は、自動車の ECU（電子制御装置）に相当し、ECU のプリント回路基板上に搭載されたマイクロコンピュータ 31 と周辺回路素子とを含んでいる。マイクロコンピュータ 31 は、内部クロックに基づき所定の交流周波数の信号波形 A をデジタル的に発生するように構成されている。一例として、マイクロコンピュータ 31 が持つクロック発生機能を使用して、センサ部 10 のコイル 11、12 を励磁するための交流信号の所望周波数に等しいクロック信号（例えばデューティ比 50%）を信号波形 A として発生し、出力ポートから出力する。クロック信号波形 A はオープンコレクタ出力回路 32 及びコイル励磁用交流信号供給ライン 18 a を介して第 1 回路部 20 内の疑似 SIN 波生成回路 22 に供給される。疑似 SIN 波生成回路 22 は、供給されたクロック信号波形 A に基づき、所定の直流電圧が加算された疑似 SIN 波励磁用交流信号 B を生成する。疑似 SIN 波生成回路 22 は、矩形波を疑似 SIN 波に変換するアナログ回路と電圧加算回路とで構成することができる。なお、励磁用交流信号を生成するための回路 22 としては、疑似 SIN 波生成回路に限らず、三角波状の交流信号を生成するもの、あるいはより精密な SIN 波を生成するものなど、如何なる構成のものであってもよい。

【0027】

なお、マイクロコンピュータ 31 は、自動車における ECU 内に搭載されている既存のマイクロコンピュータを使用する形態に限らず、本発明に係るトルクセンサのために専用のものを用意してもよい。勿論、マイクロコンピュータ 31 に代えて、本発明を実施するために必要な制御・演算性能と同等の機能を達成するように構成した専用デジタル回路（クロック発生器、論理回路、計算回路、メモリ等を含むディスクリート回路若しくは IC あるいは DSP など）を用いてもよい。マイクロコンピュータ及び専用デジタル回路を総称してデジタル処理装置という。

【0028】

交流信号生成回路 22 で生成した励磁用交流信号 B はコイル駆動回路 21 に供給される。コイル駆動回路 21 は、直流バイアスされているコイル励磁用交流信号をコイル 11、12 の直列回路に印加する。基準電圧発生回路 23 は、第 2 回路部 30 から直流電源ライン 18 d を介して供給される所定の直流電圧に基づいて、第 1 回路部 20 内において所定の交流電圧を直流バイアスするための任意の電圧値の直流電圧を発生する。

【0029】

第 1 のコイル 11 と第 2 のコイル 12 との接続点 S（中点）から取り出されたコイル出力交流電圧は、第 1 の差動増幅回路 26（第 1 の回路に相当）の「+入力」に入力される。第 1 の基準信号生成回路 25 はコイル駆動回路 21 から出力されたコイル励磁用交流信号を入力し、該コイル励磁用交流信号のオフセットレベル（トルク 0 のときの振幅レベル）を調節し、該オフセットレベル調節された基準交流電圧を出力する。第 1 の基準信号生成回路 25 から出力された基準交流電圧は、第 1 の差動増幅回路 26 の「-入力」に入力される。第 1 の差動増幅回路 26 では、コイル出力交流電圧（+入力）とコイル励磁用交流信号に基づく基準交流電圧（-入力）との差信号を求める。このように差動増幅演算を行う理由は、コイル出力交流電圧から検出トルクに起因する成分を抽出し、トルク検出のダイナミックレンジを大きくとる（感度を上げる）ことができるようにするためである。第 1 の差動増幅回路 26 から出力されるトルク検出信号（交流信号）はコンデンサ C1 を介して第 1 の増幅回路 27 に入力され、基準電圧発生回路 23 から与えられる所定の基準直流電圧  $V_{ref}$ （オフセット電圧 OF1）と加算されることで、直流バイアスされ、正電圧側にオフセットされる。すなわち、第 1 の差動増幅回路 26 から出力される差信号は

10

20

30

40

50

、オフセット電圧OF1の加算(オフセット)によって、正電圧の領域でのみ振動するものとなる。第1の増幅回路27から出力される直流バイアスされたトルク検出信号(交流信号)は、メイントルク検出信号Cとしてメイン検出出力ライン18bを介して第2回路部30に伝送され、マイクロコンピュータ31のA/Dポート(アナログ/デジタル変換入力ポート)#1に入力される。これにより、トルク検出値のサンプリングを行う際に、正の値でのみトルク検出値のサンプリング値が得られるようにすることを可能にする。

【0030】

また、第1のコイル11と第2のコイル12との接続点S(中点)から取り出されたコイル出力交流電圧は、第2の差動増幅回路26'の「-入力」にも入力される。第2の基準信号生成回路25'はコイル駆動回路21から出力されたコイル励磁用交流信号を入力し、該コイル励磁用交流信号のオフセットレベル(トルク0のときの振幅レベル)を調節し、該オフセットレベル調節された基準交流電圧を出力する。第2の基準信号生成回路25'から出力された基準交流電圧は、第2の差動増幅回路26'(第2の回路に相当)の「+入力」に入力される。第2の差動増幅回路26'では、コイル出力交流電圧(-入力)とコイル励磁用交流信号に基づく基準交流電圧(+入力)との差信号を求める。第2の差動増幅回路26'から出力されるトルク検出信号(交流信号)はコンデンサC2を介して第2の増幅回路27'に入力され、直流電圧(オフセット電圧OF2)と加算されることで、直流バイアスされる。

10

【0031】

コイル直流抵抗検出回路28は、第1のコイル11と第2のコイル12との接続点S(中点)から取り出されたコイル出力交流電圧に含まれる直流電圧成分を抽出する。ここで抽出される直流電圧成分は、コイル11又は12に断線、半断線等の故障がなければ、コイル駆動回路21によりバイアスされた所定の直流電圧に対応するものとなり、変動が生じないが、断線、半断線等の故障が起きた場合は、それに応じて変動したレベルを持つものとなる。すなわち、コイル11又は12に関する断線、半断線等に関する故障情報を含んでいる。

20

【0032】

励磁信号振幅検出&加算回路29は、コイル駆動回路21から出力されたコイル励磁用交流信号の交流成分のみを整流し、該励磁用交流信号のピーク振幅値に相当する直流電圧を抽出する。ここで抽出される直流電圧は、励磁用交流信号に異常がなければ所定レベルを維持しているが、励磁用交流信号供給ライン18aのコネクタの外れや接触不良、断線、半断線など、なんらかの異常があれば、それに応じて変動したレベルを持つものとなる。すなわち、励磁用交流信号の供給系統に関する故障情報を含んでいる。

30

【0033】

そして、励磁信号振幅検出&加算回路29は、コイル直流抵抗検出回路28によって抽出したコイル出力交流電圧に含まれる直流電圧成分と、コイル励磁用交流信号の交流成分のみを整流して抽出した直流電圧とを加算した直流電圧(オフセット電圧OF2)を生成する。これにより、オフセット電圧OF2は、コイル11又は12に関する断線、半断線等に関する故障情報と励磁用交流信号の供給系統に関する故障情報の両方を含むものとなる。ただし、こうした故障が生じていない場合、オフセット電圧OF2は基準電圧発生回路23から第1の増幅回路27に対して与えられる所定の基準直流電圧Vref(オフセット電圧OF1)と同じ電圧値となるように調節される。これらのコイル直流抵抗検出回路28,励磁信号振幅検出&加算回路29は、オフセット電圧生成回路に該当する。

40

【0034】

第2の増幅回路27'では、前記オフセット電圧OF2を前記差信号に加算し、該差信号をオフセット電圧OF2によって正側にオフセットする。すなわち、第2の差動増幅回路26'から出力される差信号は、オフセット電圧OF2の加算(オフセット)によって、正電圧の領域でのみ振動するものとなり、かつ、該オフセット電圧OF2が持つ上記故障情報を含むものとなる。第2の増幅回路27'から出力される直流バイアスされたトルク検出信号(交流信号)は、サブトルク検出信号としてサブ検出出力ライン18cを介し

50

て第2回路部30に伝送され、マイクロコンピュータ31のA/Dポート(アナログ/デジタル変換入力ポート)#2に入力される。これによって、1本のサブ検出出力ライン18cで伝送されるサブトルク検出信号D中に、トルク検出情報と故障情報を含ませることができる。なお、メイントルク検出信号Cを求めるための第1の差動増幅回路26と、サブトルク検出信号Dを求めるための第2の差動増幅回路26'の間では、その+入力及び-入力に入力されるコイル出力交流電圧と基準交流電圧の関係が逆(逆極性)になっているので、検出対象トルクに対するメイントルク検出信号Cとサブトルク検出信号Dの特性が互いに逆特性となるようにされている。例えば、トルクの漸次増大に伴って、メイントルク検出信号Cのトルク検出値が漸次増大するとすると、サブトルク検出信号Dのトルク検出値は漸次減少するような関係(逆特性)となるようにされている。

10

#### 【0035】

なお、第1又は第2の基準信号生成回路25, 25'及び第1又は第2の増幅回路27, 27'に付随して設けられている可変抵抗器として、デジタルポテンショ(デジタル制御可能な可変抵抗器)が用いられており、デジタルポテンショ通信インターフェース24を介して、マイクロコンピュータ31からの制御に従いこれらの抵抗値が可変調整されるようになっており、これにより、第1又は第2の基準信号生成回路25, 25'に対するコイル励磁用交流信号のオフセットレベル(トルク0のときの振幅レベル)調整及び第1又は第2の増幅回路27, 27'に対するゲイン調節を行うことができる。

#### 【0036】

図3はトルク検出処理及び故障診断処理の動作例を説明するためのタイムチャートであり、横軸が時間軸である。図3において、Aはマイクロコンピュータ31が発生する所定の交流周波数の信号波形(クロック信号)Aを示し、Bは該信号波形Aに応じて疑似SIN波生成回路22が発生する励磁用交流信号Bを示し、疑似SIN波からなり、所定の直流電圧が加算されている。

20

#### 【0037】

CKsは、マイクロコンピュータ31内で発生されるサンプリングクロックを示し、クロック信号Aと同一周期であって、クロック信号Aの立ち上がり時から時間Ts経過した時に発生される。図中、時間Tgは、励磁用交流信号Bの疑似SIN波における最小値から最大値までの時間を示し、通常、クロック信号Aの半周期の時間である。また、サンプリングクロックCKmは、クロック信号Aと同一周期であって、サンプリングクロックCKsの発生タイミングから時間Tg後に発生される。すなわち、サンプリングクロックCKsとCKmは、半周期の位相ずれを持つ2相クロックである。

30

#### 【0038】

図3において、Cは、第1の増幅回路27からメイン検出出力ライン18bを経てマイクロコンピュータ31のA/Dポート#1に入力されるメイントルク検出信号Cの一例を示す。Dは、第2の増幅回路27'からサブ検出出力ライン18cを経てマイクロコンピュータ31のA/Dポート#2に入力されるサブトルク検出信号Dの一例を示す。なお、サンプリングクロックCKsは、クロック信号Aと同一周期に限らず、クロック信号Aの2倍周期等であってもよく、要するに整数倍の周期であればよい。

#### 【0039】

概して、検出したトルクに対応するコイルのインピーダンスを検出するためには、その出力交流電圧のピーク値のレベルを検出する。一方、特定の位相タイミングでサンプリングを行う場合は、必ずしも、ピーク値のタイミングでサンプリングを行わなくてもインピーダンス検出は可能であり、要は、常に同じ位相タイミングでサンプリングを行えばよい。例えば、サンプリングクロックCKsは、コイル出力交流電圧のピーク値の近傍に対応して前記差信号をサンプリングするように、サンプリングタイミングを設定している。

40

#### 【0040】

サンプリングクロックCKsは、検出出力交流電圧C, Dの正のピークの近傍で発生し、該検出出力交流電圧C, Dの正(上)のピークの近傍の値をサンプリングするために使用される。サンプリングクロックCKmは、前記検出出力交流電圧C, Dの負のピークの

50

近傍で発生し、該検出出力交流電圧 C, D の負 (下) のピークの近傍の値をサンプリングするために使用される。

【0041】

図4は、マイクロコンピュータ31が実行するトルク検出処理の一例を示す。ステップS1では、上サンプリングクロックCKsの発生タイミングかを判定する。上サンプリングクロックCKsのタイミングであれば、ステップS2では、A/Dポート#1, #2からの前記各トルク検出信号C, Dのデジタルデータをサンプリングし、サンプリングした各データを上ピークのホールド値U1, U2として所定のレジスタ内にホールドする。次に、ステップS3では、下サンプリングクロックCKmの発生タイミングかを判定する。下サンプリングクロックCKmのタイミングであれば、ステップS4では、A/Dポート#1, #2からの前記各トルク検出信号C, Dのデジタルデータをサンプリングし、サンプリングした各データを下ピークのホールド値D1, D2として所定のレジスタ内にホールドする。ステップS5では、それぞれ、第1のコイル11に関する上ピークのホールド値U1と下ピークのホールド値D1の差 $U1 - D1$ と、第2のコイル12に関する上ピークのホールド値U2と下ピークのホールド値D2の差 $U2 - D2$ を演算し、メイントルク検出信号Cに関する第1(メイン)のトルク検出データTDD1とサブトルク検出信号Dに関する第2(サブ)のトルク検出データTDD2を得る。次のステップS6では、第1(メイン)のトルク検出データTDD1をトルク検出データとして出力する。第2(サブ)のトルク検出データTDD2は、後述の故障診断に際して利用される。なお、各トルク検出信号C又はDにはオフセット電圧OF1又はOF2が含まれているが、上述のように、上ピークと下ピークの差を演算することによりトルク検出データTDD1又はTDD2を得ているので、オフセット電圧OF1又はOF2が自動的に相殺される。なお、ステップS6において、第2(サブ)のトルク検出データTDD2をトルク検出データとして出力するようにしてもよい。

【0042】

例えば、図3に示されたCの例では、サンプリングクロックCKsの発生タイミングにおけるメイントルク検出信号Cのデジタル値がL1であり、この値L1が上ピークのホールド値U1としてレジスタ内にホールドされる。また、サンプリングクロックCKmの発生タイミングにおけるメイントルク検出信号Cのデジタル値がL2であり、この値L2が下ピークのホールド値D1としてレジスタ内にホールドされる。そして、上ピークのホールド値U1と下ピークのホールド値D1の差 $U1 - D1$ は、「L1 - L2」であり、これが第1のトルク検出データTDD1としてホールドされ、出力される。

【0043】

例えば、第1のトルク検出データTDD1のとりうる最小値は、上ピークのホールド値U1のとりうる最小値(例えば略OF1)と下ピークのホールド値D1のとりうる最大値(例えば略OF1)との差であるから略0であり(例えば $U1 - D1 = \text{略OF1} - \text{略OF1} = 0$ )、一方、トルク検出データTDD1のとりうる最大値は、U1のとりうる最大値とD1のとりうる最小値との差であるから、差Dのとりうる所定の最大値に近いものとなる。従って、ダイナミックレンジが拡大されていることが理解できる。従って、高感度でトルク検出を行うことができる。

【0044】

なお、図3に示されたDの例では、サンプリングクロックCKsの発生タイミングにおけるサブトルク検出信号Dのデジタル値がL2であり、この値L2が上ピークのホールド値U2としてレジスタ内にホールドされる。また、サンプリングクロックCKmの発生タイミングにおけるサブトルク検出信号Dのデジタル値がL1であり、この値L1が下ピークのホールド値D2としてレジスタ内にホールドされる。そして、上ピークのホールド値U2と下ピークのホールド値D2の差 $U2 - D2$ は、「L2 - L1」であり、これが第2のトルク検出データTDD2としてホールドされ、出力される。

【0045】

図5は、第1(メイン)及び第2(サブ)のトルク検出データTDD1, TDD2の値

と検出トルク（相対回転位置）との間の相関関係の一例を示すグラフである。このように、第1（メイン）のトルク検出データTDD1の関数と第2（サブ）のトルク検出データTDD2の関数とは、検出トルク（相対回転位置）に関して逆特性を示し、正常であれば、両者を加算した値TCは常に略一定値となる。なお、横軸において、「0」の位置はトルク0の位置を示し、その右側の「+」で記した領域は例えば時計方向のねじれに応じた領域を示し、左側の「-」で記した領域は例えば反時計方向のねじれに応じた領域を示す。図5では、トルク検出データTDD1, TDD2の値と検出トルク（相対回転位置）との間の相関関係は、リニア特性を示しているが、これに限らず、非リニア特性であってもよい。

#### 【0046】

図6は、マイクロコンピュータ31が実行するオフセット電圧抽出処理の一例を示す。ステップS7では、前記ステップS2及びS4でホールドしたデータを用い、交流成分の振れの中心に相当する電圧を抽出するための、

$$OF2 = \{ (U2 - D2) / 2 \} + D2$$

なる式に従い、第2（サブ）のオフセット電圧OF2を抽出する。つまり、第2（サブ）の検出データ（サブトルク検出信号D）の上ピークホールド値U2から下ピークのホールド値D2を引き、それを2で割り、D2を加算することにより、オフセット電圧OF2を抽出する。なお、本実施例においては故障判定処理に当たってオフセット電圧OF2のみを用いているので図6の電圧抽出処理においてはオフセット電圧OF2のみを抽出するようにしているが、オフセット電圧OF1も使用する実施形態を採用する場合は、

$$OF1 = \{ (U1 - D1) / 2 \} + D1$$

なる式に従い、第1（メイン）のオフセット電圧OF1を抽出する処理ステップを追加するようにすればよい。

#### 【0047】

図7は、マイクロコンピュータ31が実行する故障診断処理の一例を示すものである。ステップS10は、第1（メイン）のトルク検出データTDD1と第2（サブ）のトルク検出データTDD2との加算値TC（=TDD1+TDD2）が所定の正常値の範囲内であるか否かを判定する。前述の通り、正常であれば該加算値TCは常に略一定の正常値を示すので、該ステップS10がNOの場合は、コイルが異常である旨の警報信号を出力する（ステップS15）。

#### 【0048】

ステップS11～S14では、上記抽出したオフセット電圧OF2に基づき故障診断を行う。前述の通り、コイル内の断線、半断線（切れかかり）、あるいはショートなどが生じている場合、あるいはコイル接続端子部分での接触不良、接続外れ、接続コネクタの異常、接続ケーブルの異常などが生じている場合などには、サブトルク検出信号D中の直流成分に異常が生じる。このようなサブトルク検出信号D中の直流成分の異常を検出するために、オフセット電圧OF2がトルク検出信号D中に含まれるようになっており、これは図6のルーチンで抽出される。従って、ステップS11～S14において、抽出したオフセット電圧OF2に基づきこれらの異常検出を容易に行うことができる。

#### 【0049】

ステップS11では、サブトルク検出信号Dから抽出したオフセット電圧OF2が所定の上限値OFmaxより大きいかを判定する。ステップS12では、オフセット電圧OF2が所定の下限値OFminより小さいかを判定する。オフセット電圧OF2が所定の上限値OFmaxと下限値OFminの範囲内に収まっていれば、サブトルク検出信号Dに含まれる直流成分が異常ではないことを意味する。ステップS11とS12が共にNOであれば、検出用コイル11, 12の直流成分に異常がないことを意味する。その場合は、ステップS13でコイル11, 12が正常である旨の判定を行う。一方、ステップS11又はS12がYESであれば、検出用コイル11, 12の直流成分に異常があることを意味する。その場合は、ステップS14でコイルの直流成分が異常である旨の判定を下し、その旨の警報信号を出力する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 0 】

なお、オフセット電圧 OF 1 及び OF 2 の両方を用いてコイル直流成分に関連する故障判定を行うことも可能である。その場合は、ステップ S 1 1 ~ S 1 4 に代えて、例えば OF 1 = OF 2 が成立するか否かの判定を行い、YES である場合には正常と判定し、NO である場合には異常であると判定する。すなわち、正常であれば OF 2 が OF 1 ( 所定の基準直流電圧 V r e f ) と同じであるはずであるからである。なお、その場合、OF 1 = OF 2 が成立するとは、両者の値が完全に一致していることのみを意味するのではなく、所定の許容範囲内で両者の値が略一致している場合をも含む。すなわち、 $|OF 1 - OF 2|$  ( OF 1 と OF 2 の差の絶対値 ) が所定範囲 ( 許容範囲 ) 内であるときを正常と判定し、所定範囲外であるときを異常と判定するようにしてもよい。

10

## 【 0 0 5 1 】

なお、励磁信号振幅検出 & 加算回路 2 9 から出力される、コイル 1 1 又は 1 2 に関する断線、半断線等に関する故障情報と励磁用交流信号の供給系統に関する故障情報の両方を含むオフセット電圧 OF 2 を第 1 の増幅回路 2 7 に入力するようにしてもよく、その場合は、該第 1 の増幅回路 2 7 では該オフセット電圧 OF 2 を前記第 1 の差動増幅回路 2 6 からの差信号に加算し、該第 1 の増幅回路 2 7 から出力されるメイントルク検出信号 C にトルク検出情報と故障情報とが含まれることになる。なお、その場合、第 2 の増幅回路 2 7 ' に入力するオフセット電圧としては OF 2 に代えて OF 1 を用いるようにしてよい。あるいは、前記オフセット電圧 OF 2 を第 1 の増幅回路 2 7 と第 2 の増幅回路 2 7 ' の両方に入力するようにしてもよく、その場合はメイントルク検出信号 C 及びサブトルク検出信号 D の両方にトルク検出情報と故障情報とが含まれることになる。すなわち、メイントルク検出信号 C 又はサブトルク検出信号 D の少なくとも一方にトルク検出情報と故障情報とが含まれていればよい。その場合、トルク検出情報と故障情報との双方を含むトルク検出信号 ( メイントルク検出信号 C 又はサブトルク検出信号 D ) から抽出したオフセット電圧 ( OF 2 ) に基づいて故障判定を行えばよい。

20

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 5 2 】

- 1 ... 入力軸
- 2 ... 出力軸
- 3 , 4 ... 磁気応答部材
- 3 a , 3 b , 4 a , 4 b ... 開口窓
- 1 0 ... センサ部
- 1 1 , 1 2 ... コイル
- 1 5 ... 基板収納スペース
- 1 6 ... ケーシング
- 1 7 ... コネクタ
- 1 8 a ... コイル励磁用交流信号供給ライン
- 1 8 b ... メイン検出出力ライン
- 1 8 c ... サブ検出出力ライン
- 1 8 d ... 直流電源ライン
- 1 8 e ... アースライン
- 2 0 ... 第 1 回路部
- 2 1 ... コイル駆動回路
- 2 2 ... 疑似SIN波生成回路
- 2 3 ... 基準電圧発生回路
- 2 4 ... デジタルポテンショ通信インターフェース
- 2 5 ... 第 1 の基準信号生成回路
- 2 5 ' ... 第 2 の基準信号生成回路
- 2 6 ... 第 1 の差動増幅回路
- 2 6 ' ... 第 2 の差動増幅回路

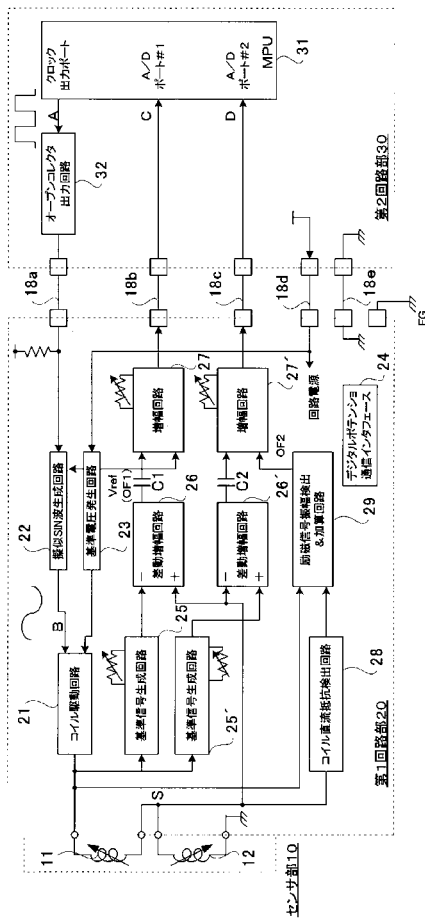
30

40

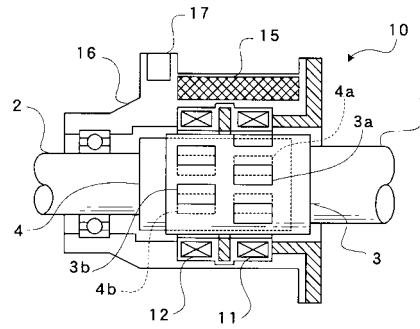
50

- 27 ... 第1の増幅回路
- 27' ... 第2の増幅回路
- 28 ... コイル直流抵抗検出回路
- 29 ... 励磁信号振幅検出 & 加算回路
- 30 ... 第2回路部
- 31 ... マイクロコンピュータ
- 32 ... オープンコレクタ回路

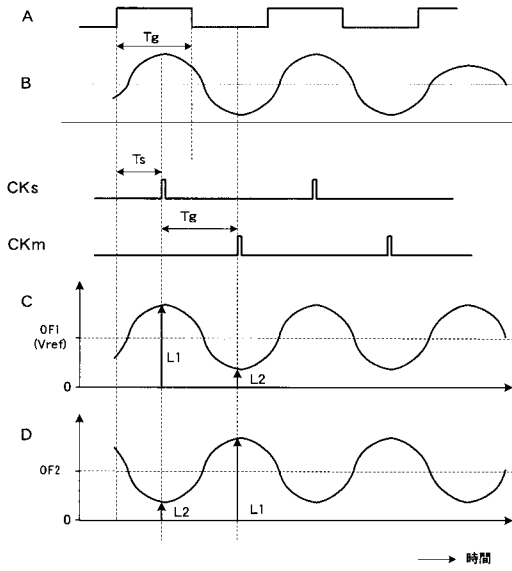
【図1】



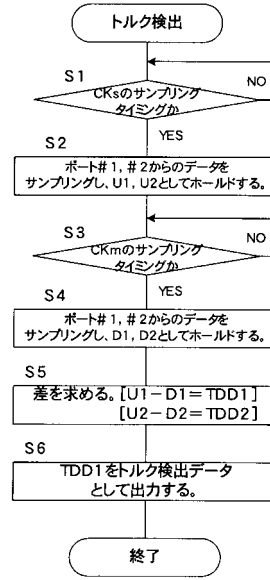
【図2】



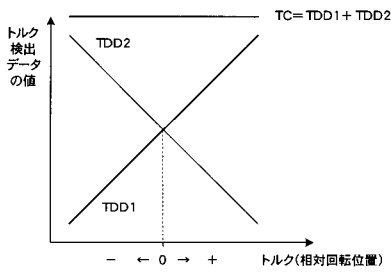
【 図 3 】



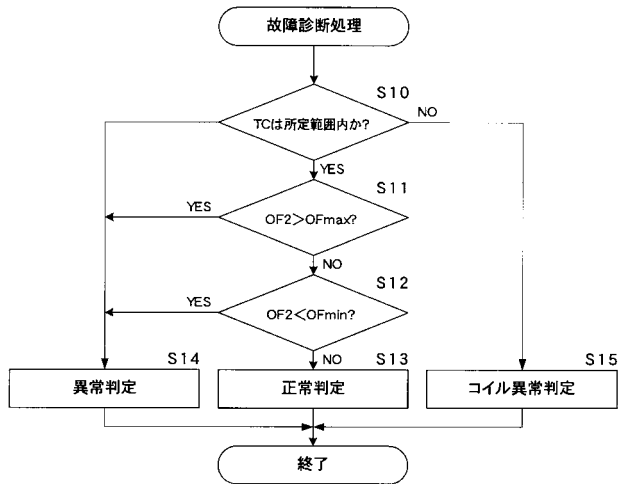
【 図 4 】



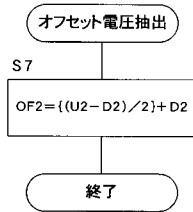
【 図 5 】



【 図 7 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 坂本 宏

埼玉県川越市山田896-8

(72)発明者 後藤 太輔

東京都小平市上水本町5丁目20番2号、124号