

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4828090号

(P4828090)

(45) 発行日 平成23年11月30日(2011.11.30)

(24) 登録日 平成23年9月22日(2011.9.22)

(51) Int.Cl. F I
G O 1 L 3/10 (2006.01)
B 6 2 D 5/04 (2006.01)
 G O 1 L 3/10 3 1 7
 G O 1 L 3/10 3 O 3 A
 B 6 2 D 5/04

請求項の数 4 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2003-284585 (P2003-284585)	(73) 特許権者	597156971
(22) 出願日	平成15年7月31日(2003.7.31)		株式会社アミテック
(65) 公開番号	特開2005-55235 (P2005-55235A)		東京都八王子市東町1番6 橋元 L Kビル
(43) 公開日	平成17年3月3日(2005.3.3)	(74) 代理人	100077539
審査請求日	平成18年7月27日(2006.7.27)		弁理士 飯塚 義仁
審判番号	不服2010-3071 (P2010-3071/J1)	(72) 発明者	後藤 忠敏
審判請求日	平成22年2月11日(2010.2.11)		東京都府中市新町1丁目77番2号
		(72) 発明者	坂元 和也
			東京都羽村市川崎1丁目1番5号、MAC
			羽村コート11-405
		(72) 発明者	坂本 宏
			埼玉県川越市山田896-8

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 相対回転位置検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

相対的に回転可能な第1及び第2の軸の相対的回転位置を検出する相対回転位置検出装置であって、

前記第1の軸の回転位置を非接触的に検出し、検出した回転位置に応じて基準交流信号を位相シフトした第1の出力信号を生ずる第1のセンサと、

前記第2の軸の回転位置を非接触的に検出し、検出した回転位置に応じて基準交流信号を位相シフトした第2の出力信号を生ずる第2のセンサと、

前記第1の出力信号の位相シフト量に対応する第1のタイミング信号と、前記第2の出力信号の位相シフト量に対応する第2のタイミング信号とをそれぞれの出力ラインを介して出力する出力回路と

を具備し、

前記第1のセンサは、基準交流信号によって励磁される複数のコイルのみで構成される第1のコイル部と、第1の磁気応答部材とを含み、該第1のコイル部と第1の磁気応答部材の一方を前記第1の軸に連動して回転するように配置し、他方を静止状態に配置し、前記第1の軸の回転位置に応じて該第1のコイル部と第1の磁気応答部材の相対位置が変位することで磁気結合が変化し、これにより該第1の軸の回転位置に応じたインピーダンスが前記第1のコイル部の各コイルに生じ、該各コイルから生ずる該インピーダンスに応じた出力に基づき前記第1の出力信号を生ずるものであり、

前記第2のセンサは、基準交流信号によって励磁される複数のコイルのみで構成される

10

20

第2のコイル部と、第2の磁気応答部材とを含み、該第2のコイル部と第2の磁気応答部材の一方を前記第2の軸に連動して回転するように配置し、他方を静止状態に配置し、前記第2の軸の回転位置に応じて該第2のコイル部と第2の磁気応答部材の相対位置が変位することで磁気結合が変化し、これにより該第2の軸の回転位置に応じたインピーダンスが前記第2のコイル部の各コイルに生じ、該各コイルから生ずる該インピーダンスに応じた出力に基づき前記第2の出力信号を生ずるものであり、

前記出力回路から出される2本の出力ラインで相対的回転位置検出データを出力し、この相対的回転位置検出データは、該2本の出力ラインに出された前記第1のタイミング信号と第2のタイミング信号の時間差に現われており、

前記第1のセンサと前記第2のセンサと前記出力回路とが1つのケーシング内に収納され、該ケーシングから前記2本の出力ラインが出されており、

前記出力回路からの2つの出力ラインの信号を入力する2つの入力端子を有し、該入力端子に入力される前記第1のタイミング信号と第2のタイミング信号との時間差を測定することで、前記相対的回転位置の測定データを取得する処理を行うコンピュータを更に備えたことを特徴とする相対回転位置検出装置。

【請求項2】

相対的に回転可能な第1及び第2の軸の相対的回転位置を検出する相対回転位置検出装置であって、

前記第1の軸の回転位置を非接触的に検出し、検出した回転位置に応じて基準交流信号を位相シフトした第1の出力信号を生ずる第1のセンサと、

前記第2の軸の回転位置を非接触的に検出し、検出した回転位置に応じて基準交流信号を位相シフトした第2の出力信号を生ずる第2のセンサと、

前記第1の出力信号の位相シフト量に対応する第1のタイミング信号と前記第2の出力信号の位相シフト量に対応する第2のタイミング信号との時間差に対応するパルス幅を持つ可変パルス幅出力信号を出力ラインを介して出力する出力回路とを具備し、

前記第1のセンサは、基準交流信号によって励磁される複数のコイルのみで構成される第1のコイル部と、第1の磁気応答部材とを含み、該第1のコイル部と第1の磁気応答部材の一方を前記第1の軸に連動して回転するように配置し、他方を静止状態に配置し、前記第1の軸の回転位置に応じて該第1のコイル部と第1の磁気応答部材の相対位置が変位することで磁気結合が変化し、これにより該第1の軸の回転位置に応じたインピーダンスが前記第1のコイル部の各コイルに生じ、該各コイルから生ずる該インピーダンスに応じた出力に基づき前記第1の出力信号を生ずるものであり、

前記第2のセンサは、基準交流信号によって励磁される複数のコイルのみで構成される第2のコイル部と、第2の磁気応答部材とを含み、該第2のコイル部と第2の磁気応答部材の一方を前記第2の軸に連動して回転するように配置し、他方を静止状態に配置し、前記第2の軸の回転位置に応じて該第2のコイル部と第2の磁気応答部材の相対位置が変位することで磁気結合が変化し、これにより該第2の軸の回転位置に応じたインピーダンスが前記第2のコイル部の各コイルに生じ、該各コイルから生ずる該インピーダンスに応じた出力に基づき前記第2の出力信号を生ずるものであり、

前記出力回路から出される1本の出力ラインで相対的回転位置検出データを出力し、この相対的回転位置検出データは、該1本の出力ラインに出された前記可変パルス幅出力信号のパルス時間幅に現われており、

前記第1のセンサと前記第2のセンサと前記出力回路とが1つのケーシング内に収納され、該ケーシングから前記1本の出力ラインが出されており、

前記出力回路からの出力ラインの信号を入力する入力端子を有し、該入力端子に入力される前記可変パルス幅出力信号のパルス時間幅を測定することで、前記相対的回転位置の測定データを取得する処理を行うコンピュータを更に備えたことを特徴とする相対回転位置検出装置。

【請求項3】

前記第 1 及び第 2 の軸はトーションバーで連結されており、前記第 1 及び第 2 の軸の間のねじれ量を相対回転位置として検出する請求項 1 又は 2 に記載の相対回転位置検出装置。

【請求項 4】

前記第 1 及び第 2 の軸は自動車のパワーステアリングの入力軸と出力軸である請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の相対回転位置検出装置。

【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装置に関し、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】

相対的に回転可能な 2 軸のねじれ量を検出するやりかたとして、トーションバーを介して結合された入力軸及び出力軸にポテンシオメータあるいはレゾルバ装置のような検出装置を設けることが従来からよく知られている。ポテンシオメータを用いるものにあつては、入力軸に摺動子を設け、出力軸に抵抗を設けることで、摺動子の抵抗に対する接触位置が入力軸と出力軸の相対的回転位置に応じて変化し、これに対応するアナログ電圧を得るようになっている。レゾルバ装置を用いるものにあつては、入力軸と出力軸の両軸にレゾルバ装置を設け、これら両レゾルバ装置からの角度信号に基づいて相対回転量（ねじれ量）を検出する。一方、相対的に回転可能な 2 軸の回転ずれを検出するものとして、誘導コイルを用いたパワーステアリング用非接触トルクセンサも開発されている。

【0003】

【特許文献 1】特開 2000-55610

【特許文献 2】特開 2002-48508

【特許文献 3】特開 2002-107110

【特許文献 4】特開 2002-310816 上記各特許文献に示された発明は、いずれも、上述の先行技術の欠点を改善するために提案されたものであり、コイル部と磁気応答部材（磁性体あるいは導電体）とを用いた非接触式の誘導又は可変磁気結合型のセンサを使用している。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ポテンシオメータを用いるタイプの従来技術にあつては、機械的接触構造を持つため、接触不良や故障の問題が常につきまとう。また、温度変化によって抵抗のインピーダンス変化が起こるため、温度ドリフト補償を適切に行なわねばならない。また、従来の誘導コイルを用いたパワーステアリング用非接触トルクセンサとして知られたような回転ずれ検出装置は、微小な回転ずれに応じて生じるアナログ電圧レベルを測定する構成であり、その検出分解能において劣るものである。また、コイルの温度ドリフト特性を補償する必要があるのみならず、相対回転位置に応じてコイルに対する磁気結合を変化させる磁性体のリラクタンスや導電体の渦電流損にも温度ドリフト特性があり、これを適切に補償する必要がある。また、上述の各特許文献に示された発明における検出装置にあつては、十分に簡素な構成のセンサを構成するには至っていない。

【0005】

この発明は上述の点に鑑みてなされたもので、温度特性の補償性能に優れていながら、簡素な構成からなる相対回転位置検出装置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】

【0006】

本発明の第 1 の観点に従う相対回転位置検出装置は、相対的に回転可能な第 1 及び第 2

10

20

30

40

50

の軸の相対的回転位置を検出する相対回転位置検出装置であって、前記第1の軸の回転位置を非接触的に検出し、検出した回転位置に応じて基準交流信号を位相シフトした第1の出力信号を生ずる第1のセンサと、前記第2の軸の回転位置を非接触的に検出し、検出した回転位置に応じて基準交流信号を位相シフトした第2の出力信号を生ずる第2のセンサと、前記第1の出力信号の位相シフト量に対応する第1のタイミング信号と、前記第2の出力信号の位相シフト量に対応する第2のタイミング信号とをそれぞれの出力ラインを介して出力する出力回路とを具備し、前記第1のセンサは、基準交流信号によって励磁される複数のコイルのみで構成される第1のコイル部と、第1の磁気応答部材とを含み、該第1のコイル部と第1の磁気応答部材の一方を前記第1の軸に連動して回転するように配置し、他方を静止状態に配置し、前記第1の軸の回転位置に応じて該第1のコイル部と第1の磁気応答部材の相対位置が変位することで磁気結合が変化し、これにより該第1の軸の回転位置に応じたインピーダンスが前記第1のコイル部の各コイルに生じ、該各コイルから生ずる該インピーダンスに応じた出力に基づき前記第1の出力信号を生ずるものであり、前記第2のセンサは、基準交流信号によって励磁される複数のコイルのみで構成される第2のコイル部と、第2の磁気応答部材とを含み、該第2のコイル部と第2の磁気応答部材の一方を前記第2の軸に連動して回転するように配置し、他方を静止状態に配置し、前記第2の軸の回転位置に応じて該第2のコイル部と第2の磁気応答部材の相対位置が変位することで磁気結合が変化し、これにより該第2の軸の回転位置に応じたインピーダンスが前記第2のコイル部の各コイルに生じ、該各コイルから生ずる該インピーダンスに応じた出力に基づき前記第2の出力信号を生ずるものであり、前記出力回路から出される2本の出力ラインで相対的回転位置検出データを出力し、この相対的回転位置検出データは、該2本の出力ラインに出された前記第1のタイミング信号と第2のタイミング信号の時間差に現われており、前記第1のセンサと前記第2のセンサと前記出力回路とが1つのケーシング内に収納され、該ケーシングから前記2本の出力ラインが出されており、前記出力回路からの2つの出力ラインの信号を入力する2つの入力端子を有し、該入力端子に入力される前記第1のタイミング信号と第2のタイミング信号との時間差を測定することで、前記相対的回転位置の測定データを取得する処理を行うコンピュータを更に備えたことを特徴とする。

【0007】

本発明に係る相対回転位置検出装置は、前記第1のセンサと前記第2のセンサと前記出力回路とが1つのケーシング内に収納され、該ケーシングから前記2本の出力ラインが出されており、この2本の出力ラインがコンピュータに接続される構成であるため、既存のマイクロコンピュータにおける既存のタイミング信号キャプチャ用の入力ポートを利用できるので、相対的回転位置の測定データを取得する演算処理を容易かつ安価に実現できる。

【0008】

本発明の第2の観点に従う相対回転位置検出装置は、相対的に回転可能な第1及び第2の軸の相対的回転位置を検出する相対回転位置検出装置であって、前記第1の軸の回転位置を非接触的に検出し、検出した回転位置に応じて基準交流信号を位相シフトした第1の出力信号を生ずる第1のセンサと、前記第2の軸の回転位置を非接触的に検出し、検出した回転位置に応じて基準交流信号を位相シフトした第2の出力信号を生ずる第2のセンサと、前記第1の出力信号の位相シフト量に対応する第1のタイミング信号と前記第2の出力信号の位相シフト量に対応する第2のタイミング信号との時間差に対応するパルス幅を持つ可変パルス幅信号を出力ラインを介して出力する出力回路とを具備し、前記第1のセンサは、基準交流信号によって励磁される複数のコイルのみで構成される第1のコイル部と、第1の磁気応答部材とを含み、該第1のコイル部と第1の磁気応答部材の一方を前記第1の軸に連動して回転するように配置し、他方を静止状態に配置し、前記第1の軸の回転位置に応じて該第1のコイル部と第1の磁気応答部材の相対位置が変位することで磁気結合が変化し、これにより該第1の軸の回転位置に応じたインピーダンスが前記第1のコイル部の各コイルに生じ、該各コイルから生ずる該インピーダンスに応じた出力に基づき

前記第1の出力信号を生ずるものであり、前記第2のセンサは、基準交流信号によって励磁される複数のコイルのみで構成される第2のコイル部と、第2の磁気応答部材とを含み、該第2のコイル部と第2の磁気応答部材の一方を前記第2の軸に連動して回転するように配置し、他方を静止状態に配置し、前記第2の軸の回転位置に応じて該第2のコイル部と第2の磁気応答部材の相対位置が変位することで磁気結合が変化し、これにより該第2の軸の回転位置に応じたインピーダンスが前記第2のコイル部の各コイルに生じ、該各コイルから生ずる該インピーダンスに応じた出力に基づき前記第2の出力信号を生ずるものであり、前記出力回路から出される1本の出力ラインで相対的回転位置検出データを出力し、この相対的回転位置検出データは、該1本の出力ラインに出された前記可変パルス幅信号のパルス時間幅に現われており、前記第1のセンサと前記第2のセンサと前記出力回路とが1つのケーシング内に収納され、該ケーシングから前記1本の出力ラインが出されてお

10

【0009】

本発明に係る相対回転位置検出装置は、前記第1のセンサと前記第2のセンサと前記出力回路とが1つのケーシング内に収納され、該ケーシングから前記1本の出力ラインが出されてお

20

【発明の効果】

【0010】

上記第1の観点に従えば、相対回転位置検出装置は、2本の出力ラインで相対的回転位置検出データを出力する構成となるので、回路構成及び端子構成を簡素化することができ、また、第1及び第2のセンサには複雑な構造が要求されないため、その点でも構成が簡素化され、省スペースで、故障の少ない、安価な検出装置を提供することができる。第1及び第2のセンサの出力信号に温度ドリフト誤差が含まれていたとしても、該2本の出力ラインに出された前記第1のタイミング信号と第2の出力信号の時間差に現われてくる相対的回転位置検出データは、そのような温度ドリフト誤差を自動的に相殺したものとなり、温度特性の補償性能に優れている。更に、第1及び第2のセンサのコイル部は、基準交流信号によって励磁される複数のコイルのみで構成されるので、2次コイルが不要であり、コイル構成が簡素化される。

30

【0011】

上記第2の観点に従えば、相対回転位置検出装置は、1本の出力ラインで相対的回転位置検出データを出力する構成となるので、回路構成及び端子構成を簡素化することができ、また、第1及び第2のセンサには複雑な構造が要求されないため、その点でも構成が簡素化され、省スペースで、故障の少ない、安価な検出装置を提供することができる。第1及び第2のセンサの出力信号に温度ドリフト誤差が含まれていたとしても、該1本の出力ラインに出された前記可変パルス幅信号は、第1のタイミング信号と第2の出力信号の時間差に相当するため、そのような温度ドリフト誤差を自動的に相殺したものとなり、温度特性の補償性能に優れている。更に、第1及び第2のセンサのコイル部は、基準交流信号によって励磁される複数のコイルのみで構成されるので、2次コイルが不要であり、コイル構成が簡素化される。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

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、本発明に係る相対回転位置検出装置の一実施例を示す側断面概略図である。この実施例においては、自動車のハンドル（ステアリング）に関連して、異なる2つの機能の検出装置、つまり、ステアリングシャフトのトーションバーにかかるねじれトルク検出

50

機能を有するトルク検出装置 4 A と、ハンドル切れ角（ステアリングシャフト回転）センサとしての機能を有するハンドル角検出装置 4 B とを、インテグレートして円筒形状の外部ケース 4 内に一体的に収納してなる新規な検出システムが示されている。このうち、本発明に係る相対回転位置検出装置の一実施例は、トルク検出装置 4 A である。なお、図 1 に示した実施例では図示の簡略化のために側断面の上半分のみを図示しているが、残りの下半分は図示されたものと対称のものが図 1 下方に現れる。符号 C L は、軸の中心線である。ただし、後述するようなハンドル角検出装置 4 B の複数のギア G 1 ～ G 3 及びステータ部 1 0 0 及びロータ部 2 0 0 等からなるハンドル角検出装置 4 B（図 6 参照）は少なくとも 1 箇所のみで構成してあればよい。勿論、トルク検出装置 4 A とハンドル角検出装置 4 B とを外部ケース 4 内に一体的に構成することに限らず、それぞれを別々に構成するようにしてもよい。また、相対回転位置検出装置（トルク検出装置 4 A）としての本発明の実施にあたっては、ハンドル角検出装置 4 B の存在は必須ではない。

10

【0013】

図 1 に示した相対回転位置検出装置（トルク検出装置 4 A）は、入力軸 1（例えば第 1 の軸）の回転位置を非接触的に検出するための第 1 のセンサ 1 0 と、出力軸 2（例えば第 2 の軸）の回転位置を非接触的に検出するための第 2 のセンサ 2 0 とを具備する。入力軸 1 及び出力軸 2 はトーションバー 3 によって連結されており、該トーションバー 3 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。このようなトーションバー 3 によって連結された 2 軸（入力軸 1 と出力軸 2）の構造は、自動車のパワーステアリング機構において知られるものである。本実施例に係る相対回転位置検出装置（トルク検出装置 4 A）はパワーステアリング機構のトーションバー 3 に負荷されるトルクを検出するためのトルクセンサとして応用されるものとしているが、これに限らず、本発明に係る相対回転位置検出装置は、あらゆる用途の相対回転位置検出において適用することができるのはもちろんである。

20

【0014】

第 1 及び第 2 のセンサ 1 0、2 0 は、検出した回転位置に応じて基準交流信号を位相シフトした出力信号を生ずるタイプのものである。第 1 のセンサ 1 0 の機械的構成の一例を示すと、図 2 のようであり、可変インダクタンス（可変インピーダンス）型若しくは可変磁気抵抗型の誘導式センサからなる。図 2 は軸方向から見た正面図であり、コイルは断面で示してある。第 1 のセンサ 1 0 は、鉄のような磁性体（又は導電体でもよい）からなる複数の突起（又は歯）を有するロータ 1 1 と、円周方向に 90 度の間隔で設けられた 4 つの磁極コアを有するステータ 1 2 とを含んで構成される。第 2 のセンサ 2 0 も同様に、鉄のような磁性体（又は導電体でもよい）からなる複数の突起（又は歯）を有するロータ 2 1 と、円周方向に 90 度の間隔で設けられた 4 つの磁極コアを有するステータ 2 2 とを含んで構成される。入力軸 1 に入力軸センサ取付リング 5 が結合され、この取付リング 5 に第 1 のセンサ 1 0 のロータ 1 1 が取り付けられる。これにより、第 1 のセンサ 1 0 では、ロータ 1 1 が入力軸 1 と一体に回転し、ステータ 1 2 に設けた検出用のコイルによって該ロータ 1 1 つまり入力軸 1 の回転位置を検出する。また、出力軸 2 に出力軸センサ取付リング 6 が結合され、この取付リング 6 に第 2 のセンサ 2 0 のロータ 2 1 が取り付けられる。これにより、第 2 のセンサ 2 0 では、ロータ 2 1 が出力軸 2 と一体に回転し、ステータ 2 2 に設けた検出用のコイルによって該ロータ 2 1 つまり出力軸 2 の回転位置を検出する。

30

40

【0015】

以下、図 2 を参照して第 1 のセンサ 1 0 につき具体的構成例を説明する。第 2 のセンサ 2 0 の構成は、第 1 のセンサ 1 0 と同様であってよいので、詳しい構成例の説明は省略する。

センサ 1 0 において、ステータ 1 2 の各磁極コアにはそれぞれ 1 つのコイル L 1、L 2、L 3、L 4 が嵌め込まれており、各コイル L 1～L 4 は共通の基準交流信号（例えば $\sin \omega t$ とする）で励磁される。ステータ 1 2 の各磁極コアには、ロータ 1 1 の突起（又は歯）のピッチに対応するピッチで凹凸歯が形成される。こうして、交流励磁されるステ

50

ータ12の各磁極コアの凹凸歯は、ロータ11の突起（又は歯）にエアギャップを介して対向し、ロータ11の回転に応じてステータ12の各磁極コアの凹凸歯とロータ11の突起（又は歯）との対応関係が変化し、これに応じて各磁極コアを通る磁気回路の磁気抵抗が変化し、各磁極コアに設けられたコイルL1～L4のインピーダンスが変化する。このインピーダンス変化は、ロータ11の突起（又は歯）の1ピッチに相当する回転変位を1サイクルとして生じる。図示の例では、ロータ11の突起（又は歯）は1円周で29ピッチ形成されており、1ピッチに相当する回転範囲は、 $360^\circ / 29 = \text{約} 12^\circ$ 強である。前述のように、トーションバー3によるねじれ変形の最大角度範囲は約12度であるので、ロータ11の突起（又は歯）の1ピッチの範囲内での回転角度を検出することで、ねじれ量の検出を問題なく行うことができる。

10

【0016】

ステータ12の各磁極コアにおけるロータ11の突起（又は歯）との対応関係は、1/4ピッチづつ順にずれている。これにより、入力軸1の回転位置を該1ピッチ幅（約12度）を360度とする高分解能スケールの角度表現による角度変数 θ を用いて示して、コイルL1に生じる理想的なサイン関数特性のインピーダンス変化 $A(\theta)$ を示すと、

$$A(\theta) = P_0 + P \sin \theta$$
 のような式で等価的に表せる。インピーダンス変化は負の領域に入らないため、上記式で、オフセット値 P_0 は振幅係数 P よりも大きく（ $P_0 \geq P$ ）、「 $P_0 + P \sin \theta$ 」は負の値をとらない。

これに対して、これよりも90度離れた磁極では、更に1/4ピッチの対応ずれがあるため、該磁極に設けられたコイルL2に生じる理想的なインピーダンス変化 $B(\theta)$ は、

$$B(\theta) = P_0 + P \cos \theta$$
 のようなコサイン関数特性の式で等価的に表せる。

20

また、これよりも更に90度離れた磁極では、更に1/4ピッチの対応ずれがあるため、該磁極に設けられたコイルL3に生じる理想的なインピーダンス変化 $C(\theta)$ は、

$$C(\theta) = P_0 - P \sin \theta$$
 のようなマイナスサイン関数特性の式で等価的に表せる。

更にこれよりも90度離れた磁極では、更に1/4ピッチの対応ずれがあるため、該磁極に設けられたコイルL4に生じる理想的なインピーダンス変化 $D(\theta)$ は、

$$D(\theta) = P_0 - P \cos \theta$$
 のようなマイナスコサイン関数特性の式で等価的に表せる。なお、 P は1とみなして省略しても説明上不都合はないので、以下の説明ではこれを省略する。

30

【0017】

図3は、図1に示された相対位置検出装置（トルク検出装置4A）に適用される電気回路例を示す。図3において、各コイルL1～L4は可変インダクタンス要素として等価的に示されている。各コイルL1～L4は、基準交流信号源30から与えられる所定の高周波交流信号（便宜上、これを $E \sin \omega t$ で示す）によって1相で励磁される。各コイルL1～L4に生じる電圧 V_a 、 V_b 、 V_c 、 V_d は、下記のように、検出対象たる回転位置に対応する前記角度変数 θ に応じた上記ステータ各磁極毎のインピーダンス値に応じた大きさを示す。

40

$$V_a = (P_0 + \sin \theta) \sin \omega t$$

$$V_b = (P_0 + \cos \theta) \sin \omega t$$

$$V_c = (P_0 - \sin \theta) \sin \omega t$$

$$V_d = (P_0 - \cos \theta) \sin \omega t$$

【0018】

アナログ演算器31は、下記のように、サイン相に相当するコイルL1の出力電圧 V_a と、これに対して差動変化するマイナスサイン相に相当するコイルL3の出力電圧 V_c との差を求め、角度変数 θ のサイン関数特性の振幅係数を持つ交流出力信号を生成する。

$$\begin{aligned} V_a - V_c &= (P_0 + \sin \theta) \sin \omega t - (P_0 - \sin \theta) \sin \omega t \\ &= 2 \sin \theta \sin \omega t \end{aligned}$$

50

アナログ演算器 32 は、下記のように、コサイン相に相当するコイル L2 の出力電圧 V_b と、それに対して差動変化するマイナスコサイン相に相当するコイル L4 の出力電圧 V_d との差を求め、角度変数 θ のコサイン関数特性の振幅係数を持つ交流出力信号を生成する。

$$V_b - V_d = (P_0 + \cos \theta) \sin \omega t - (P_0 - \cos \theta) \sin \omega t \\ = 2 \cos \theta \sin \omega t$$

【0019】

こうして、検出対象たる相対回転位置に相関する角度変数 θ を含む 2 つの周期的振幅関数 ($\sin \theta$ と $\cos \theta$) によってそれぞれ振幅変調された 2 つの交流出力信号「 $2 \sin \theta \sin \omega t$ 」と「 $2 \cos \theta \sin \omega t$ 」が得られる (以下、係数の「2」は省略する。)。これは、従来からレゾルバとして知られた検出器のサイン相出力信号 $\sin \theta \sin \omega t$ 及びコサイン相出力信号 $\cos \theta \sin \omega t$ と同等のものである。なお、サイン相及びコサイン相という呼び名、及び 2 つの交流出力信号の振幅関数のサイン、コサインの表わし方は便宜的なものであり、一方がサインで他方がコサインでありさえすれば、どちらをサインと言ってもよい。すなわち、 $V_a - V_c = \cos \theta \sin \omega t$ で、 $V_b - V_d = \sin \theta \sin \omega t$ である、と表現してもよい。

【0020】

ここで、温度ドリフト特性の補償について説明すると、温度に応じて各コイル L1 ~ L4 のインピーダンスが変化し、その出力電圧 $V_a \sim V_d$ も変動する。しかし、これらを演算合成したサイン及びコサイン関数特性の交流出力信号 $\sin \theta \sin \omega t$ 及び $\cos \theta \sin \omega t$ においては、「 $V_a - V_c$ 」及び「 $V_b - V_d$ 」の演算によって、コイルの温度ドリフト誤差が補償されるので、温度ドリフトによるコイルインピーダンス変化の影響を受けないものとなる。従って、精度のよい検出が可能である。また、その他の回路部分例えば基準交流信号源 30 での温度ドリフト特性も、後述するように自動的に補償される。

【0021】

本実施例においては、演算器 31、32 から出力される 2 つの交流出力信号 $\sin \theta \sin \omega t$ 及び $\cos \theta \sin \omega t$ に基づき、位相検出方式で回転位置検出を行う。場合の位相検出方式としては、例えば特開平 9-126809 号公報に示された技術を一部用いるとよい。例えば、一方の交流出力信号 $\sin \theta \sin \omega t$ をシフト回路 33 で電氣的に 90 度シフトすることで、交流信号 $\sin \theta \cos \omega t$ を生成し、これと他方の交流出力信号 $\cos \theta \sin \omega t$ をアナログ加算器 34 で加算合成することで、 $\sin(\omega t + \theta)$ なる、 θ に応じて位相シフトされた交流信号 (位相成分 θ を交流位相ずれに変換した信号) を生成する。そして、位相シフトされた交流信号 $\sin(\omega t + \theta)$ のゼロクロスコンパレータ 35 で検出し、ゼロクロス検出パルス L_p を生成する。

第 1 のセンサ 10 について言うと、加算器 34 から出力される信号 $\sin(\omega t + \theta)$ が、検出した入力軸 1 の回転位置 θ に応じて基準交流信号 $\sin \omega t$ を位相シフトした第 1 の出力信号に相当する。以下、入力軸 1 の回転位置 θ を θ_1 で示すものとし、該第 1 の出力信号を $\sin(\omega t + \theta_1)$ で示す。また、コンパレータ 35 から出力されるゼロクロス検出パルス L_p は、該第 1 の出力信号の位相シフト量 θ_1 に対応する第 1 のタイミング信号に相当する。以下、入力軸 1 の回転位置 θ_1 に対応する第 1 のタイミング信号であるゼロクロス検出パルス L_p を L_{p1} で示す。

【0022】

図 3 には、第 2 のセンサ 20 に関する各コイル L1 ~ L4 と、演算器 31₂、32₂、33₂、34₂、コンパレータ 35₂ も図示されており、これらは、第 1 のセンサ 10 に関する上述のものと同様の構成からなっている。第 2 のセンサ 20 が検出する出力軸 2 の回転位置 θ を θ_2 で示すものとする、演算器 34₂ の出力信号 $\sin(\omega t + \theta_2)$ は該第 2 のセンサ 20 が検出した出力軸 2 の回転位置 θ_2 に応じて基準交流信号 $\sin \omega t$ を位相シフトした第 2 の出力信号に相当する。また、コンパレータ 35₂ から出力されるゼロクロス検出パルス L_{p2} は、該第 2 の出力信号の位相シフト量 θ_2 に対応する第 2 のタイミン

10

20

30

40

50

グ信号に相当する。

コンパレータ 35 から出力される第 1 のタイミング信号すなわちゼロクロス検出パルス Lp_1 は、入力軸 1 の回転位置 θ_1 に対応する位相ずれ θ_1 を時間位置で示している。また、コンパレータ 35₂ から出力される第 2 のタイミング信号すなわちゼロクロス検出パルス Lp_2 は、出力軸 2 の回転位置 θ_2 に対応する位相ずれ θ_2 を時間位置で示している。よって、これらの第 1 及び第 2 のタイミング信号（ゼロクロス検出パルス Lp_1 と Lp_2 ）の時間差 Δt には、入力軸 1 の回転位置 θ_1 と出力軸 2 の回転位置 θ_2 の差、つまり両者の相対的回転位置 $\Delta \theta$ 、すなわちトーションバー 3 のねじれ量が現われている。

【0023】

図 3 に示された各回路 30 ~ 35、31₂ ~ 35₂ は 1 つの回路基板上にユニット化して收容されて回路ユニット 7 としてまとめられる。そして、該回路ユニット 7 が、図 1 に示すように、ケース 4 内に収納される。こうして、ケース 4 内にセンサと回路がコンパクトに収められる。図 4 は、ケース 4 内に収納された図 3 に示す実施例に係る検出装置を、その検出出力を利用するためのマイクロコンピュータ 8 に接続してなるシステム構成例を示す。マイクロコンピュータ 8 と図 3 実施例検出装置との間は、少なくとも電源供給ラインと 2 本の出力ライン 7a、7b で接続されるだけでよい。この 2 本の出力ライン 7a、7b には、入力軸 1 の回転位置 θ_1 を基準位相からの位相ずれ θ_1 つまり時間位置で示す第 1 のタイミング信号すなわち第 1 のゼロクロス検出パルス Lp_1 と、出力軸 2 の回転位置 θ_2 を基準位相からの位相ずれ θ_2 つまり時間位置で示す第 2 のタイミング信号すなわち第 2 のゼロクロス検出パルス Lp_2 とが、図 3 の回路から出力される。マイクロコンピュータ 8 は、タイミング信号キャプチャ用の入力ポートを複数有しており、この入力ポートに上記出力ライン 7a、7b をそれぞれ接続する。マイクロコンピュータ 8 は該入力ポートに接続されたライン 7a、7b から与えられる 2 つのタイミング信号（パルス Lp_1 と Lp_2 ）の時間差 Δt をカウントすることで、入力軸 1 と出力軸 2 間の回転位置差 $\Delta \theta$ つまり相対回転位置をデジタル的に測定する。測定した相対回転位置データ $\Delta \theta$ は、トーションバー 3 のねじれ角検出データとして、パワーステアリング制御のために利用される。

【0024】

なお、マイクロコンピュータ 8 では、ライン 7a、7b から与えられる 2 つのタイミング信号（パルス Lp_1 と Lp_2 ）の時間差 Δt をカウントするだけでよく、検出装置で利用されている基準交流信号 $\sin \omega t$ の位相を知る必要がない。よって、コンピュータの側での時間測定のための処理・構成が簡素化される。一方、検出装置では、アナログ発振回路により又はサイン波関数発生器などにより、内部で基準交流信号 $\sin \omega t$ するだけでよく、これを同期化のための参照信号としてマイクロコンピュータ 8 に与える必要がないので、この意味でも外部端子の構成を簡素化できる。

【0025】

ここで、再び温度ドリフト特性の補償について説明する。温度ドリフト特性によって、例えば基準交流信号源 30 で発生する交流信号の周波数や振幅レベルに変動が起きたり、その他の回路要素や信号線路でのインピーダンスが変動した場合、検出する位相成分 θ に温度ドリフト特性による誤差 ε が含まれることになる。これにより、各軸 1、2 の検出位相データ θ_1 、 θ_2 は、誤差 ε をそれぞれ含むものとなる。しかし、この誤差 ε は両位相データ θ_1 、 θ_2 において同値同一方向（同値同一符号）で現われるので、2 つのタイミング信号（パルス Lp_1 と Lp_2 ）の時間差 Δt においては、自動的に誤差 ε が相殺されることになる。従って、温度ドリフトによる回路等のインピーダンス変化の影響を受けず、高精度な検出が可能となる。

【0026】

図 5 は、本発明の別の実施例を示す回路ブロック略図である。この実施例では、回路ユニット 7 において、入力軸 1 の回転位置 θ_1 を基準位相からの位相ずれ θ_1 つまり時間位置で示す第 1 のタイミング信号すなわち第 1 のゼロクロス検出パルス Lp_1 と、出力軸 2 の回転位置 θ_2 を基準位相からの位相ずれ θ_2 つまり時間位置で示す第 2 のタイミング信号すなわち第 2 のゼロクロス検出パルス Lp_2 とのを時間差 Δt に対応するパルス幅を持つ可

変パルス幅信号 PWM 形成する PWM 変換回路 71 が更に設けられている。この PWM 変換回路 71 で形成された該時間差 Δt に対応するパルス幅を持つ可変パルス幅信号 PWM は、1 本の出力ライン 7c を介して出力され、マイクロコンピュータ 8 に入力される。マイクロコンピュータ 8 は、PWM 信号キャプチャ用の入力ポートを有しており、この入力ポートに上記出力ライン 7c を接続する。マイクロコンピュータ 8 は該入力ポートに接続されたライン 7c からの PWM 信号のパルス時間幅 Δt をカウントすることで、入力軸 1 と出力軸 2 間の回転位置差 $\Delta \theta$ つまり相対回転位置をデジタル的に測定する。測定した相対回転位置データ $\Delta \theta$ は、前述と同様に、トーションバー 3 のねじれ角検出データとして、パワーステアリング制御のために利用される。この実施例においては、出力ライン 7c が 1 本で済むので、より一層、構成を簡素化できる。

10

【0027】

図 1 に示した実施例にかかわる検出システムは、パワーステアリング機構のトーションバー 3 に負荷されるトルクを検出するトルク検出装置 4A のみならず、ハンドルの回転操作量に応じたハンドル角と操舵輪との対応関係のずれを補正する等の目的のために、ハンドルの回転位置に応じたハンドル角を検出するハンドル角検出装置 4B の機能も一体的に具備している。

図 1 におけるハンドル角検出装置 4B について説明すると、外部ケース 4 内の所定位置に、複数のギア G1 ~ G3 と、ステータ部 100 と、磁気応答部材 300 を含むロータ部 200 とからなる。複数のギア G1 ~ G3 はハンドルに連結された入力軸 2 の回転を段階的に減少させてロータ部 200 を回転するためのギアリング機構であって、例えば出力軸 2 が 5 回転するとロータ部 200 を 1 回転するなどの比率で出力軸 2 の回転を減少してロータ部 200 に出力軸 2 の回転を伝達し、ハンドル（ステアリングシャフト）の多回転にわたる回転位置を 1 回転型アブソリュートセンサで検出しうるようにしている。

20

【0028】

図 6 はハンドル角検出装置 4B の一実施例を示す概略図であって、ステータ部 100 のコイル C1 ~ C4 とロータ部 200 の表面上に形成された磁気応答部材 300 との物理的配置関係の一例を正面略図によって示したものである。ロータ部 200 の表面上には所定形状の磁気応答部材 300 が形成されており、該磁気応答部材 300 はロータ部 200 の回転に合わせて回転する。ステータ部 100 は検出用コイルとして 4 つのコイル C1 ~ C4（図 6 参照）を含んでおり、各コイル C1 ~ C4 内を通る磁束が軸線方向を指向する。ステータ部 100 とロータ部 200 とは、ステータ部 100 の各コイル C1 ~ C4 のコイルコア（例えば鉄心などの磁性体コア）の端面とロータ部 200 表面上に形成された磁気応答部材 300 とが所定の間隔を空けた状態で、すなわち各コイル C1 ~ C4 のコイルコアの端面とロータ部 200 の磁気応答部材 300 の表面との間に空隙が形成されるようにして互いに対向する位置に配置されており、ロータ部 200 はステータ部 100 に対して非接触で回転する。磁気応答部材 300 と向き合う各コイル C1 ~ C4 のコイルコアの端面の面積がロータ部 200 の回転位置に応じて変化することによって、出力軸 2 の回転角度、つまりハンドル角を検出することができるよう構成されている。

30

【0029】

この実施例に示すハンドル角検出装置 4B は電磁誘導方式の 1 回転型アブソリュート位置検出センサであって、各々が順次に噛み合わされたギア比の異なる複数のギア G1 ~ G3 と、ステータ部 100 と、ロータ部 200 とを含む。複数のギア G1 ~ G3 は、ステアリングシャフトの出力軸 2 の回転を段階的に減少させてロータ部 200 を回転するための減速機構である。ギア G1 は出力軸 2 に結合して同じように回転し、ギア G1 に対して減速用のギア G2 が噛み合わされ、更に、このギア G2 に対して減速用のギア G3 が噛み合わされる。このギア G3 には例えば円盤状に形成されたロータ部 200 が設置されており、ギア G3 が回転することでロータ部 200 が軸中心線 CL を中心として回転するようになっている。このようにして、出力軸 2 の回転を減速してロータ部 200 の回転として伝達する構成となっている。

40

【0030】

50

ロータ部 200 の表面上には所定形状、例えば螺旋リング形状の磁気応答部材 300 が取り付けられる。該磁気応答部材 300 は鉄等の磁性体からなるもの、あるいは銅等の導電体からなるもの、あるいは磁性体と導電体との組み合わせからなるものなど、磁気結合係数を変化させる材質からなるものであればどのようなものであってもよい。一例として、以下では磁気応答部材 300 の材質は鉄のような磁性体からなっているものとして説明を進める。こうしたロータ部 200 に対してスラスト方向に向き合うような形でステータ部 100 が配置される。

【0031】

ステータ部 100 は 4 つのコイル C1～C4 を含んでなり、各コイル C1～C4 はそれぞれコイルコア（例えば鉄心などの磁性体コア）に巻回されており、コイル内を通る磁束が軸方向を指向する。各コイル C1～C4 のコイルコアの端面と、ロータ部 200 表面上の磁気応答部材 300 との間には空隙が形成され、上述したようにロータ部 200 は出力軸 2 の回転に応じてステータ部 100 に対して非接触で回転する。この空隙の距離は、一定に保たれるように、ロータ部 200 とステータ部 100 の相対的配置が図示しない機構を介して定められる。ロータ部 200 上の磁気応答部材 300 の所定の形状、例えば螺旋リング状、の故に、空隙を介して磁気応答部材 300 と向き合う各コイルコアの端面の面積はロータ部 200 の回転位置に応じて変化する。この対向空隙面積の変化によって、各コイルコアを通してコイル C1～C4 を貫く磁束量が変化し、もって、各コイル C1～C4 の自己インダクタンスが変化する。このインダクタンス変化は、各コイル C1～C4 のインピーダンス変化でもある。

【0032】

ロータ部 200 表面上に形成される磁気応答部材 300 の所定の形状は、各コイル C1～C4 から理想的なサイン、コサイン、マイナスサイン、マイナスコサインのカーブが得られるように適切に設計される。例えば、コイル C1 に生じるインピーダンス変化がサイン関数に相当するものとする、コイル C2 に生じるインピーダンス変化はマイナスサイン関数、コイル C3 に生じるインピーダンス変化はコサイン関数、コイル C4 に生じるインピーダンス変化はマイナスコサイン関数に、それぞれ相当するよう、各コイル C1～C4 の配置や磁気応答部材 300 の形状を設定することができる。ロータ部 200 の 1 回転において、コイル C1 のインピーダンスは 0 度から 90 度の範囲にわたるサイン関数で変化し、コイル C2 のインピーダンスは 0 度から 90 度の範囲にわたるマイナスサイン関数で変化し、コイル C3 のインピーダンスは 0 度から 90 度の範囲にわたるコサイン関数で変化し、コイル C4 のインピーダンスは 0 度から 90 度の範囲にわたるマイナスコサイン関数で変化するように設定される。このようにサイン関数及びコサイン関数における 0 度から 90 度の範囲内の関数値変化に略々なぞらえることができるので、よって、ロータ部 200 の 1 回転を、90 度の位相角範囲の変化に換算して測定することができることになる。

【0033】

なお、ロータ部 200 の 1 回転につき 90 度の範囲でのサイン、コサイン、マイナスサイン、マイナスコサインのカーブがそれぞれ得られるようにするには、磁気応答部材 300 の形状としては上記したように螺旋リング形状のものでよいがこれに限らず、コイルやコイルコアの配置や形状等の設計条件に応じて中心部に穴の空いた偏心円盤形状あるいはハート型に類似した形状など、適宜の形状に形成したものであってもよい。この磁気応答部材 300 の形状をいかに設計するかは本発明の目的ではなく、かつ、公知／未公知のこの種の可変磁気抵抗型回転検出器で採用されている磁気応答部材 300 の形状を採用してよいので、磁気応答部材 300 の形状についてのこれ以上の言及は差し控える。

【0034】

この構成によって、コイル C1, C2 の対のインピーダンスが差動的に変化し、両出力の差動合成によってサイン関数 $\sin \theta$ を振幅係数として持つ交流出力信号 $\sin \theta \sin \omega t$ が得られる。また、コイル C3, C4 の対のインピーダンスが差動的に変化し、両出力の差動合成によってコサイン関数 $\cos \theta$ を振幅係数として持つ交流出力信号 $\cos$

$\theta \sin \omega t$ が得られる。このようなレゾルバと同様の出力信号に基づき、 θ 分だけ位相シフトされた交流信号を合成し、その位相シフト値 θ を測定することで、ロータ部 200 の回転位置を検出できる。こうして、多回転（例えば 2.5 ～ 3 回転程度）にわたるハンドルの回転角度が、ロータ部 200 の 1 回転内のアブソリュート回転位置に換算されてアブソリュートで検出される。

【0035】

なお、ハンドル角度検出装置 4B は、上記の構成に限らず、他の適宜の構成を採用してよい。例えば、ギヤ G1 ～ G3 による減速機構を省略し、ロータ部 200 を出力軸 2（又は入力軸 1）に 1 対 1 の回転比で結合するようにしてもよい。その場合は、1 回転未満のハンドル角度をアブソリュートで検出し、1 回転を超えるハンドル角度は回転数カウントによって検出するようにすればよい。あるいは、ハンドル角度検出装置 4B として専用のセンサを設けずに、トルク検出装置 4A 用に設けた第 1 のセンサ 10 又は第 2 のセンサ 20 の出力を利用して、ハンドル角度検出信号を生成するようにしてもよい。

【0036】

なお、上述したトルク検出装置 4A 及び／又はハンドル角検出装置 4B において、磁気応答部材とこれに対応するコイルの配置パターンや、数、サイズ等については、上述したものに限定されるものではなく、種々の配置パターン等が有り得るものであって、要するに、コイル部からサイン相及びコサイン相の 2 相の出力信号を生ぜしめることができるようになっていれば、どのような構成のものであってもよい。勿論、ここで言うサイン相やコサイン相は便宜的な呼称であり、どちらをサイン相またはコサイン相と称してもよい。

また、回転位置検出手段の構成・原理は、上述したものに限らず、どのようなタイプのものであつてもよい。例えば、1 次コイルのみからなるタイプのものに限らず、1 次及び 2 次コイルを有するタイプのものであつてもよく、あるいはレゾルバを用いてもよいし、あるいはサイン・コサインの 2 相交流励磁方式であつてもよい。また、磁気誘導又は磁気結合タイプのセンサに限らず、どのようなタイプのセンサであつてもよい。

また、第 1 及び第 2 のセンサ 10、20 の歯数（1 回転あたりのピッチ数）は、上述例のような 29 ピッチに限らず、如何なる数でもよい。また、多歯タイプに限らず、1 回転あたり 1 ピッチ（1 サイクル）のインピーダンス変化を生ぜしめるようなタイプであつてもよいのは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図 1】本発明に係る相対回転位置検出装置の一実施例を示す側断面略図。

【図 2】図 1 における相対回転位置検出装置（トルク検出装置）の 1 つのセンサの一実施例を示す正面図。

【図 3】同実施例に係る第 1 及び第 2 のセンサに関連する電気回路例を示す図。

【図 4】同実施例に係る相対回転位置検出装置の出力をマイクロコンピュータに接続してなる検出システムの一例を示すブロック図。

【図 5】本に係る相対回転位置検出装置の別の実施例を示すもので、該検出装置の出力をマイクロコンピュータに接続してなる状態を示すブロック図。

【図 6】図 1 におけるハンドル角検出装置の一実施例を示す正面略図。

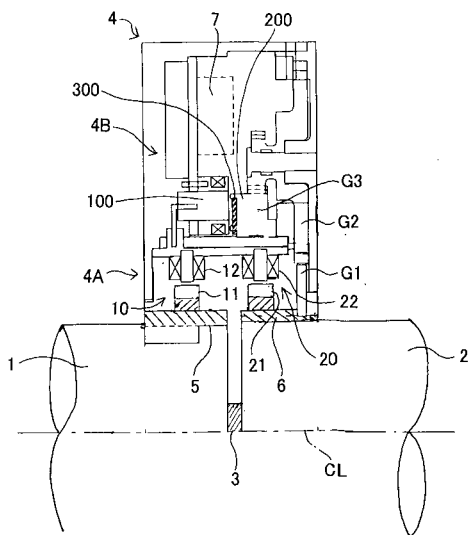
【符号の説明】

【0038】

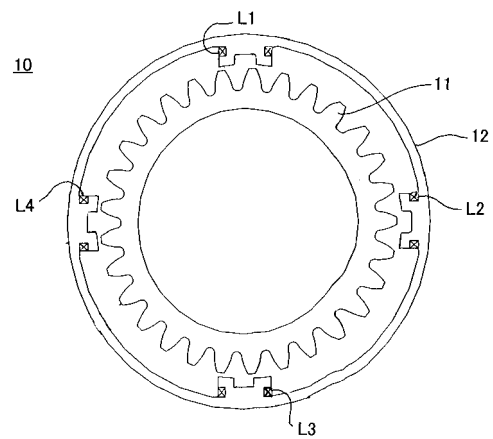
- 1 入力軸
- 2 出力軸
- 3 トーションバー
- 4 外部ケース
- 4A 相対回転位置検出装置（トルク検出装置）
- 4B ハンドル角度検出装置
- 10 第 1 のセンサ
- 20 第 2 のセンサ

1 1, 2 1 ロータ
 1 2, 2 2 ステータ
 L 1 ～ L 4 (C 1 ～ C 4) コイル
 1 0 0 ステータ部
 2 0 0 ロータ部
 G 1 ～ G 3 ギア

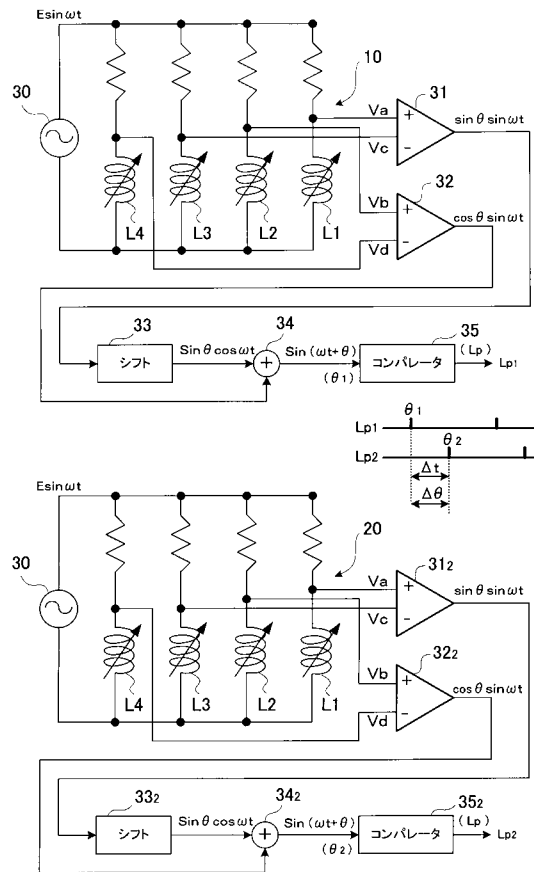
【図 1】



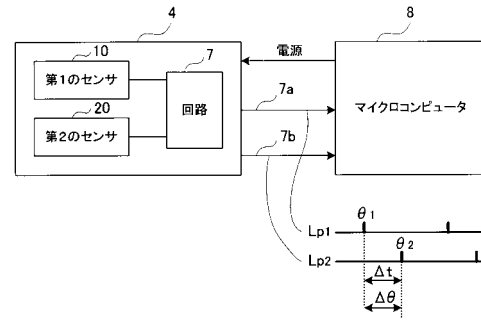
【図 2】



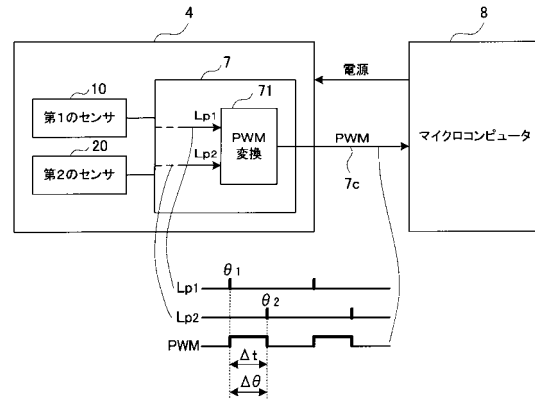
【図 3】



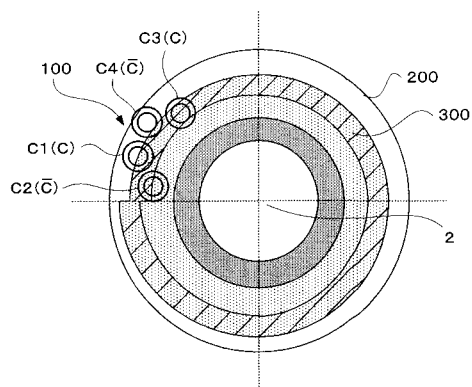
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

合議体

審判長 下中 義之

審判官 大熊 靖夫

審判官 森 雅之

- (56)参考文献 実開昭61-70746 (JP, U)
特開2002-131084 (JP, A)
特開2001-194251 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01L 3/10