

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003 年 12 月 4 日 (04.12.2003)

PCT

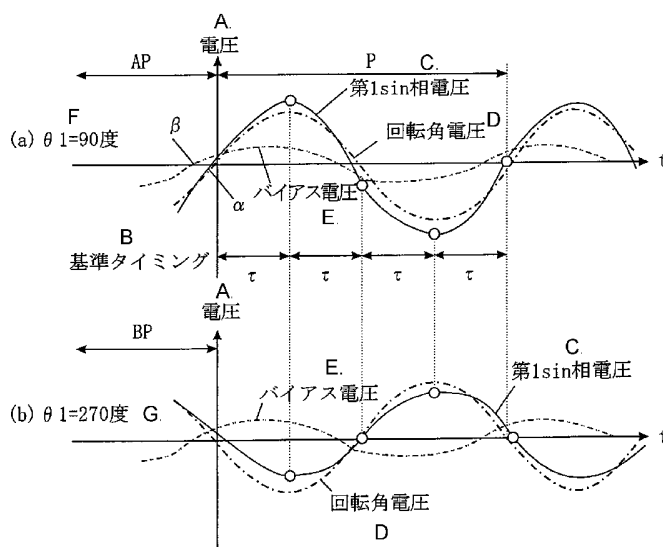
(10) 国際公開番号  
WO 03/100353 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G01D 5/245 [JP/JP]; 〒448-8652 愛知県 刈谷市 朝日町 1 丁目 1 番地 Aichi (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/06630
- (22) 国際出願日: 2003 年 5 月 28 日 (28.05.2003) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 裏 則 岳 (URA, Noritake) [JP/JP]; 〒448-8652 愛知県 刈谷市 朝日町 1 丁目 1 番地 豊田工機株式会社内 Aichi (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2002-155651 2002 年 5 月 29 日 (29.05.2002) JP (74) 代理人: 小林 脩 (KOBAYASHI, Osamu); 〒456-0002 愛知県 名古屋市 熱田区 金山町一丁目 1 9 番 1 3 号 川島ビル 2 階 Aichi (JP).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 豊田工機株式会社 (TOYODA KOKI KABUSHIKI KAISHA) (81) 指定国 (国内): US.

[続葉有]

(54) Title: ROTATIONAL ANGLE DETECTOR AND ITS TEMPERATURE CORRECTING METHOD

(54) 発明の名称: 回転角検出装置とその温度補正方法



A...VOLTAGE  
B...REFERENCE TIMING  
C...FIRST SIN PHASE VOLTAGE  
D...ROTATIONAL ANGLE VOLTAGE  
E...BIAS VOLTAGE  
F...90 DEGREES  
G...270 DEGREES

(57) Abstract: A first sin phase voltage representative of the rotational angle of a resolver is derived from the sum of a rotational angle voltage having a temperature element and a bias voltage. The rotational angle voltage and the bias voltage are determined by subtracting or adding the values of rotational angle of a rotor at the maximum peak point ( $\theta=90^\circ$ ) and the maximum bottom point ( $\theta=270^\circ$ ). The transformer efficiency  $K(T)$  and the phase difference  $\alpha(T)$  of the rotational angle voltage having a temperature element, and the impedance  $R(T)$  and the phase difference  $\beta(T)$  of the common earth line of the bias voltage having a temperature element are then determined. The rotational angle is determined by substituting them into an expression for determining the first sin phase voltage. According to the arrangement, rotational angle of the rotor can be detected with high accuracy without being affected by temperature variation.

(57) 要約: レゾルバの回転角を表わす第1sin相電圧は温度要素を持った回転角電圧とバイアス電圧の和で導かれる。この回転角電圧とバイアス電圧はロータの回転角の最大ピーク点( $\theta=90^\circ$ )と最大ボトム点( $\theta=270^\circ$ )の値を求め、それぞれを減算又は加算することにより求められる。そして回転角電圧の中で温度要素を持ったトランス効率 $K(T)$ 、位相差 $\alpha(T)$ 及びバイ

アス電圧の中で温度要素を持った共通アース線のインピーダンス $R(T)$ 、位相差 $\beta(T)$ を求める。これらを第1sin相電圧を求める式に代入することにより回転角が求められる。これにより、温度変化の影響を

[続葉有]

WO 03/100353 A1



(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

## 明 細 書

## 回転角検出装置とその温度補正方法

## 技術分野

本発明は、回転角検出装置とその温度補正方法、特にその導出方法に関するものである。

## 背景技術

従来のレゾルバを用いて回転角を検出する回転角検出装置としては、例えば特願2002-127173号公報（以下、従来例と称す）に記載されているものがある。従来例には、第5図に示す様に、励磁コイル122とcos相コイル128と、sin相コイル130を共通のアース線146を用いてアースした場合、sin相コイル130の端子136には、振幅がロータの回転角 $\theta$ のsin値に依存して増減する交流の回転角電圧に加えて、アース線146のインピーダンス144と励磁電流に起因する交流のバイアス電圧が重畳された電圧が出力されることが記述されている。この結果、sin相コイル130の端子136から出力される電圧から得られるロータ122の回転角の検出精度が低下してしまうという問題が生じる。この課題を解決するために従来例では以下の回転角検出装置が開示されている。まずハンドルをゆっくり1回転させsin相電圧をサンプリングしてRAMに格納する。次にRAMに格納したデータから最大ピーク値（ハンドル角で90度）付近のデータと最大ボトム値（ハンドル角で270度）付近のデータをsin相電圧1周期で4点選択し、それらを順次加算する。そしてこれらの加算データ群の値のそれぞれを2で割ると、バイアス電圧のみを導出することができる。sin相電圧からこのバイアス電圧を減算すると回転角電圧が求まる。そしてこの回転角電圧より回転角が導出できる。

しかしながら、上記従来例にあつては、時々刻々変化する温度変化に対しては十分な考慮がなされていなかった。例えば、インピーダンス144の抵抗値が周囲温度の変化により温度ドリフトし、その結果、sin相コイル130の端子136

から出力される電圧もドリフトしてしまうため、高精度な回転角を検出でき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時々刻々変化する温度変化による回転角誤差をなくし、高精度な回転角検出装置を提供することを目的としている。

## 発明の開示

第1の発明は、回転するロータと、ロータに固定されており、一端に交流の励磁電流が印加され、他端にアース線が接続されている励磁コイルと、ロータの周囲に固定されており、一端から出力電圧が取り出され、他端に前記アース線が接続されており、振幅がロータの回転角に依存して増減する交流の回転角電圧に、アース線のインピーダンスと励磁電流に起因する交流バイアス電圧が重畳した電圧を出力するステータコイルを有する回転角検出装置において、基準タイミングからの経過時間との関係で、温度に依存する要素の値を算出するのに必要なデータを記憶している記憶手段と、前記記憶手段に記憶されるデータを減算する減算手段によって前記交流の回転角電圧を求める回転角電圧検出手段と、前記記憶手段に記憶されるデータを加算する加算手段によって前記交流バイアス電圧を求めるバイアス検出手段と、前記回転角電圧検出手段と前記バイアス検出手段とから、少なくとも異なった2点以上でサンプリングした値で交流回転角電圧の振幅値と交流回転角電圧の基準タイミングに対する位相差、および交流バイアス電圧の振幅値と交流バイアス電圧の基準タイミングに対する位相差を求める手段を備えた回転角検出装置である。

第1の発明によれば、ロータがステータコイルに対して回転すると、ステータコイルの一端に、振幅がロータの回転角に依存して増減する交流の回転角電圧に、アース線のインピーダンスと励磁電流に起因する交流バイアス電圧が重畳した出力電圧が発生する。温度に依存する要素の値を算出するのに必要なデータを記憶しているデータ記憶手段は、基準タイミングからの経過時間との関係で、交流回転角電圧と交流バイアス電圧を算出するのに必要なデータを記憶している。データ記憶手段は、ロータが回転したときの出力電圧を順次サンプリングして記憶

する。回転角電圧検出手段は、記憶手段に記憶されたデータの基準タイミングからの経過時間が等しい第1出力電圧と第2出力電圧を減算手段によって減算して交流の回転角電圧を求める。バイアス検出手段は、記憶手段に記憶されたデータの基準タイミングからの経過時間が等しい第1出力電圧と第2出力電圧を加算手段によって加算して交流バイアス電圧を求める。少なくとも異なった2点以上でサンプリングした値で回転角電圧検出手段とバイアス検出手段とによって演算した交流回転角電圧の振幅値と、交流回転角電圧の基準タイミングに対する位相差および交流バイアス電圧の振幅値と、交流バイアス電圧の基準タイミングに対する位相差を求める。これらの交流回転角電圧の振幅値と、交流回転角電圧の基準タイミングに対する位相差および交流バイアス電圧の振幅値と、交流バイアス電圧の基準タイミングに対する位相差を使用することによって、時々刻々変化する温度変化に影響されない高精度な回転角を検出することができる。

第2の発明は、上述の第1の発明に係る回転角検出装置において、ロータが回転したときの前記出力電圧を順次サンプリングして記憶する手段と、記憶された出力電圧群の中で最大ピーク値を含む少なくとも1周期分の第1出力電圧群を特定する手段と、記憶された出力電圧群の中で最大ボトム値を含む少なくとも1周期分の第2出力電圧群を特定する手段と、特定された前記第1出力電圧群と前記第2出力電圧群について、基準タイミングからの経過時間が等しい第1出力電圧と第2出力電圧を順次減算する手段および加算する手段を備えたことである。

第2の発明によれば、回転角電圧にバイアス電圧が重畳した出力電圧がピーク値となる電気角では、回転角電圧もピーク値となり、ボトム値となる電気角では、回転角電圧もボトム値となるので、記憶された出力電圧群の中で最大ピーク値を含む少なくとも1周期分の第1出力電圧群を特定し、記憶された出力電圧群の中で最大ボトム値を含む少なくとも1周期分の第2出力電圧群を特定し、基準タイミングからの経過時間が等しい第1出力電圧と第2出力電圧を順次減算および加算して交流の回転角電圧および交流バイアス電圧を求めている。

また、第3の発明は、振幅がロータの回転角に依存して増減する交流の回転角電圧に、アース線のインピーダンスと励磁電流に起因する交流バイアス電圧が重畳した電圧を出力する回転角検出装置の出力電圧に影響を与える温度に対する温

度補正方法であって、ロータを回転させながら前記出力電圧を順次サンプリングする第1工程と、サンプリングした出力電圧群の中で最大ピーク値を含む少なくとも回転角の1周期分の第1出力電圧群を特定する第2工程と、サンプリングした出力電圧群の中で最大ボトム値を含む少なくとも回転角の1周期分の第2出力電圧群を特定する第3工程と、特定された前記第1出力電圧群と前記第2出力電圧群について、基準タイミングからの経過時間が等しい前記第1出力電圧と前記第2出力電圧を順次減算して交流回転角電圧を求める第4工程と、基準タイミングからの経過時間が等しい前記第1出力電圧と前記第2出力電圧を順次加算して交流バイアス電圧を求める第5工程と、前記第4工程と、前記第5工程から少なくとも異なった2点以上でサンプリングした値で前記交流回転角電圧の振幅値と、前記交流回転角電圧の基準タイミングに対する位相差および前記交流バイアス電圧の振幅値と、前記交流バイアス電圧の基準タイミングに対する位相差を求める第6工程と、を有する温度補正方法である。

第3の発明に係る温度補正方法によれば、ロータを回転させながら出力電圧を順次サンプリングすることで、サンプリングした出力電圧群の中で最大ピーク値を含む少なくとも1周期分の第1出力電圧群を特定することができる。また、サンプリングした出力電圧群の中で最大ボトム値を含む少なくとも1周期分の第2出力電圧群も特定することができる。この特定された第1出力電圧群と第2出力電圧群について、基準タイミングからの経過時間が等しい第1出力電圧と第2出力電圧を順次減算して交流回転角電圧を求めることができる。また、基準タイミングからの経過時間が等しい第1出力電圧と第2出力電圧を順次加算して交流バイアス電圧を求めることができる。交流回転角電圧と交流バイアス電圧から少なくとも異なった2点以上でサンプリングした値で交流回転角電圧の振幅値と、交流回転角電圧の基準タイミングに対する位相差および交流バイアス電圧の振幅値と、交流バイアス電圧の基準タイミングに対する位相差を求めることができる。この求められた交流回転角電圧の振幅値と位相差および交流バイアス電圧の振幅値と位相差を使用することにより、時々刻々変化する温度変化に影響されない高精度な回転角検出装置が得られる。

## 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の実施の形態に係るトルク検出装置が適用された電動パワーステアリングシステム構成図であり、第2図は、トルク検出装置のブロック図であり、第3図は、ロータの電気角360度回転時の出力電圧のグラフ図であり、第4図は、最大ピーク値及び最大ボトム値と各電圧波形を示す図であり、第5図は、従来の回転角検出装置のブロック図である。

## 発明を実施するための最良の形態

第1図に本発明が適用される電動パワーステアリングシステム10の構成を示す。このシステム10は、主にECU20と第1レゾルバ15sで構成される第1回転角検出装置と、ECU20と第2レゾルバ16sで構成される第2回転角検出装置からなる。また、これらのECU20、第1レゾルバ15sおよび第2レゾルバ16sによって運転者のハンドル操舵をトルク値に変換して検出するトルク検出装置が構成されている。この電動パワーステアリングシステム10では、ハンドル11がハンドル軸12の一端側が接続されており、ハンドル軸12の他端側には、トーションバー14の一端側に接続されている。トーションバー14の他端側には、出力軸を介してピニオン軸13が接続されている。ピニオン軸13のピニオンはラック19と噛合っている。ラック19とラックハウジング18Hによってラック機構18が構成されている。ラック機構18によって、ラック19はラックハウジング18H内を軸方向に往復動するようになっている。ラック機構18の両端には、タイロッド21の一端が装着されている。タイロッド21の他端には、ナックルアーム22の一端が連結されている。ナックルアーム22の他端には車輪23が連結されている。

上記したハンドル軸12の下端側の周囲には、第1レゾルバ15sが設けられている。第1レゾルバ15sはハンドル軸12の第1回転角 $\theta_1$ を検出する第1回転角の検出部として機能する。トーションバー14の下端側の周囲には、第2レゾルバ16sが設けられている。第2レゾルバ16sはピニオン13の第2回転角 $\theta_2$ を検出する第2回転角の検出部として機能する。第1レゾルバ15sと第2レゾルバ16sはECU20に電氣的に接続されている。ECU20、第1レゾルバ

15s および第2レゾルバ16sによってトルク検出装置30が構成されている。トルク検出装置を構成する ECU20は第1レゾルバ15sで検出した第1回転角 $\theta_1$ と第2レゾルバ16sで検出した第2回転角 $\theta_2$ から運転者がハンドル11を操舵することで発生した操舵トルク値 $T = K_T (\theta_1 - \theta_2)$ を演算する。尚 $K_T$ はトーションバー14のバネ定数である。ECU20はモータMに接続されており、演算したトルク値Tを所定のトルク／電流値変換のマップにより指令電流に変換し、電流制御部を通してPWM（パルス幅変調）制御する。トルク検出装置30、15s、16sのより具体的な構成については後述する。モータMは発生したアシストトルクを減速機17を経由してラック機構18に伝達する。

この電動パワーステアリングシステム10の動作を説明する。まず、運転者がハンドル11を操舵すると、ハンドル軸12が回転する。ハンドル軸12が回転するとトーションバー14を介してピニオン軸13も回転する。ピニオン軸13が回転するとそのピニオンと噛合ったラック19が軸方向に動き、タイロッド21とナックルアーム22を介して車輪23の走向方向が変化する。運転者がハンドル11を操舵することで発生したトルクは、トルク検出装置30、15s、16sによって検出される。トルク検出装置を構成する ECU20はこのトルクに基づいてモータMを制御する。

トルク検出装置30が検出した操舵トルクが小さいと、ECU20はモータMに小さなアシストトルクを発生させるように制御する。トルク検出装置30が検出した操舵トルクが大きいと、ECU20はモータMに大きなアシストトルクを発生させるように制御する。モータMで発生したアシストトルクはラック機構18に伝達され、ラック19の動きを補助する。従って運転者は軽い力でハンドル11を操舵することができる。

第2図にトルク検出装置30のブロック図を示す。トルク検出装置30は、上述したように ECU20と第1レゾルバ15sで構成される第1回転角検出装置と、ECU20と第2レゾルバ16sで構成される第2回転角検出装置を含む。ECU20はCPU52と、CPU52と内部バス53を介して接続されたROM56、RAM58およびEEPROM（電氣的消去可能ROM）59で構成されている。CPU52は入力ポート52b～52eや出力ポート52a等のポートを有している。入力ポート52b～52

eはCPU 5 2の内部でA/D変換器に接続され、アナログ信号がデジタル信号に変換されCPU 5 2で処理される。また出力ポート5 2aはCPU 5 2の内部でD/A変換器に接続され、デジタル信号がアナログ信号に変換され、第1レゾルバ1 5sや第2レゾルバ1 6sおよびモータMに出力される。ROM 5 6には、後述する温度補正の導出処理を行なうためのプログラムやトルク算出のためのプログラム等が格納されている。

第1レゾルバ1 5sは第1ロータ3 1と、第1励磁コイル3 2と、第1sin相コイル（ステータコイル）3 4と、第1cos相コイル（ステータコイル）3 6等を備えている。第2レゾルバ1 6sは第2ロータ4 1と、第2励磁コイル4 2と、第2sin相コイル（ステータコイル）4 3と、第2cos相コイル（ステータコイル）4 4等を備えている。第1ロータ3 1は第1励磁コイル3 2を有する。第1ロータ3 1の回転に伴って第1励磁コイル3 2も回転する。本実施例では具体的な図示は省略するが、回転角検出精度を高めるため、第1ロータ3 1の機械的な回転角に対して、電気角が4倍となるようにロータコイル群が配置されている。電気角を4倍とするため、N極とS極の対が4つ構成され、一般的にはギアなどで機械的に行なう増速を電気的に行なっており、回転角の分解能は4倍となる。なお、以下で「回転角」というときは特に断りがない限りこの電気角を意味するものとする。

第1レゾルバ1 5sの第1励磁コイル3 2は、第1ロータ3 1のスロットに巻かれている。この第1励磁コイル3 2は、一端側ではCPU 5 2の出力ポート5 2aから交流の励磁電圧（後述する式（1））が印加され、他端には共通アース線4 6が接続されている。また、第2レゾルバ1 6sの第2励磁コイル4 2は、第2ロータ4 1のスロットに巻かれている。この第2励磁コイル4 2にも一端側ではCPU 5 2の出力ポート5 2aから交流の励磁電圧（後述する式（1））が印加され、他端には共通アース線4 6が接続されている。従って、共通アース線4 6には、第1励磁コイル3 2に流れる第1励磁電流と、第2励磁コイル4 2に流れる第2励磁電流を合計した電流が流れる。以下では、この第1励磁電流と第2励磁電流を合計した電流を単に「励磁電流」という。励磁コイル3 2、4 2はロータ3 1、4 1に内蔵されている図示しないコイルと相俟って変圧器を構成する。その図示

しないコイルに発生する電圧によって、励磁コイル群 3 2、4 2 に励磁電圧が印加される。本実施例では外部から第 1 ロータ 3 1 および第 2 ロータ 4 1 の励磁コイル群 3 2、4 2 に励磁電圧を印加する方法として非接触式の変圧器を記述したが、接触式のブラシを用いてもよい。

励磁電圧は式 (1) で表わされる。

$$V_e = E \sin \omega t \quad (1)$$

励磁電流は式 (2) で表わされる。

$$I_e = I \sin (\omega t + \beta) \quad (2)$$

ここで、 $E$  : 励磁電圧の振幅 (volt)、 $\omega$  : 励磁電圧の角速度 (rad/s)

$I$  : 励磁電流の振幅 (amp)、 $\beta$  : 励磁電流の励磁電圧に対する位相差 (rad) である。なお、励磁電圧の角速度  $\omega$  には  $\omega = 2\pi/P$  の関係があり、この時の  $P$  は周期 (s) である。本実施例では  $P = 200 \mu s$  に設定されている。

第 1 レゾルバ 1 5 s の第 1 cos 相コイル 3 6 は第 1 ロータ 3 1 と同心上で第 1 ロータ 3 1 の周囲に固定されているステータのスロット内に巻かれている。この第 1 cos 相コイル 3 6 は、一端に生じた第 1 cos 相電圧が CPU 5 2 の入力ポート 5 2 b に入力され、他端には共通アース線 4 6 が接続されている。第 1 cos 相電圧(後述する式 (5)) は、振幅が第 1 ロータ 3 1 の回転角  $\theta 1$  の cos 値に依存して増減する交流の回転角電圧(後述する式 (3)) に、共通アース線 4 6 のインピーダンス 4 8 と励磁電流に起因する交流のバイアス電圧(後述する式 (4)) が重畳した電圧である。

第 1 cos 相電圧の回転角電圧は式 (3) で表わされる。

$$V_{cos1} = EK(T) \sin (\omega t + \alpha(T)) \cos (\theta 1) \quad (3)$$

バイアス電圧は式 (4) で表わされる。

$$V_{bias} = R(T) I \sin (\omega t + \beta(T)) \quad (4)$$

第 1 cos 相電圧は式 (3) と式 (4) を加算した式 (5) で表わされる。

$$V_{cos1T} = EK(T) \sin (\omega t + \alpha(T)) \cos (\theta 1) + R(T) I \sin (\omega t + \beta(T)) \quad (5)$$

ここで、 $K(T)$  : トランス効率 (無単位)、 $\alpha(T)$  : 第 1 cos 相電圧の励磁電圧に対する位相差 (rad)、 $\theta 1$  : 第 1 ロータの第 1 回転角 (rad)、 $R(T)$  : 共

通アース線のインピーダンス ( $\Omega$ ) である。また記号の後ろに (T) が付加されているものは、その状態が温度に依存することを示している。

次に、第1レゾルバ15sの第1sin相コイル34は第1ロータ31と同心上で第1ロータ31の周囲に固定されているステータのスロット内に先に記述した第1cos相コイル36と電気角で90度の位相差を持って巻かれている。この第1sin相コイル34は、一端に生じた第1sin相電圧がCPU52の入力ポート52cに入力され、他端には共通アース線46が接続されている。第1sin相電圧（後述する式(7)）は、振幅が第1ロータ31の回転角 $\theta_1$ のsin値に依存して増減する交流の回転角電圧（後述する式(6)）に、共通アース線46のインピーダンス48と励磁電流に起因する交流のバイアス電圧（前述した式(4)）が重畳した電圧である。

第1sin相電圧の回転角電圧は式(6)で表わされる。

$$V_{sin1} = E_K(T) \sin(\omega t + \alpha(T)) \sin(\theta_1) \quad (6)$$

第1sin相電圧は式(6)と式(4)を加算した式(7)で表わされる。

$$V_{sin1T} = E_K(T) \sin(\omega t + \alpha(T)) \sin(\theta_1) + R(T) I_{sin}(\omega t + \beta(T)) \quad (7)$$

ここで、使用した記号は式(1)～式(5)で説明したものと同様である。

第2レゾルバ16sの第2cos相コイル44、第2sin相コイル43も、共通のアース線46に接続されている。その他の基本的な構成についても第1レゾルバ15sと同様であるため、説明を省略する。

またこのように、第1レゾルバ15sの第1励磁コイル31、第1cos相コイル36、第1sin相コイル34と、第2レゾルバ16sの第2励磁コイル42、第2cos相コイル44、第2sin相コイル43は共通のアース線46に接続されてアースされているので、別々の6本のアース線に接続する場合に比べて配線数を大幅に減少できる。

次に、本実施例のトルク検出装置30を用いて温度の影響を補正する処理内容を説明する。本実施例では補正処理をリアルタイムに実施する例を示すが、補正処理はある時間間隔で実施しても、また温度補正処理開始のトリガ等がかかったときに実施しても勿論よい。

まず、励磁電圧の印加開始後に、運転者が第1図に示すハンドル11を回転させて、第1ロータ31の電気角 $\theta_1$ を0～360度まで回転させたとする。この回転動作が行なわれると回転動作中、CPU52は50 $\mu$ sのサンプリング間隔で第1レゾルバ15sの第1sin相電圧をサンプリングして、そのデータをRAM58に格納する。

サンプリングした第1sin相電圧データ群を横軸を回転角 $\theta_1$ とし、縦軸を電圧値としてプロットすると第3図に示す様に振幅が $\sin(\theta_1)$ に依存して増減する交流波形となる。但し、実際には第3図に示す波形より波長の非常に短い波形である。例えば励磁電圧の回転周波数を5kHzとすると第1sin相電圧の周期は200 $\mu$ sとなり実際に回転させられるハンドルが電気角1回転に1秒かかったとするとハンドル1周期に5000パルスの波形が含まれることになる。

CPU52は、第1sin相電圧データ群のうち、最大ピーク値を含む電圧データ群を検出する処理を行なう。回転角電圧にバイアス電圧が重畳した出力電圧がピーク値となる電気角では、回転角電圧もピーク値となる。回転角電圧がピーク値となるのは $\sin(\theta_1) = 1$ 、即ち電気角 $\theta_1 = 90$ 度のときである。本実施例では、電気角 $\theta_1$ が89.5度～90.5度の範囲(1度)に含まれる電圧データ群をサンプリングする。イメージ的には第3図の範囲L1のデータをサンプリングする。またCPU52は、第1sin相電圧データ群のうち、最大ボトム値を含む電圧データ群を検出する処理を行なう。回転角電圧にバイアス電圧が重畳した出力電圧がボトム値となる電気角では、回転角電圧もボトム値となる。回転角電圧がボトム値となるのは $\sin(\theta_1) = -1$ 、即ち電気角 $\theta_1 = 270$ 度のときである。本実施例では、電気角 $\theta_1$ が269.5度～270.5度の範囲(1度)に含まれる電圧データ群をサンプリングする。イメージ的には第3図の範囲L2のデータをサンプリングする。

第4図(a)、(b)は横軸を時間とし、縦軸を電圧としたグラフである。第4図(a)は最大ピーク値付近の第1sin相電圧データ群と、これを構成する回転角電圧およびバイアス電圧を示す。第4図(b)は最大ボトム値付近の第1sin相電圧データ群と、これを構成する回転角電圧およびバイアス電圧を示す。第4図(a)、(b)は、それぞれ第3図の範囲L1と範囲L2の時間軸を拡大して示したもので

ある。第4図のPは第1 sin 相電圧の周期であり、本実施例では200  $\mu$ sである。第4図の $\tau$ はCPU 52による第1 sin 相電圧のサンプリング間隔であり、本実施例では50  $\mu$ sである。

上記のようにして最大ピーク値を含む何周期分かの第1 sin 相電圧データ群と、同じく最大ボトム値を含む何周期分かの第1 sin 相電圧データ群をサンプリングした後、基準タイミングからの経過時間が等しいデータ同士を順次減算する。本実施例では基準タイミングを励磁電圧の印加開始時からの時間経過が周期Pの整数倍のタイミングになるようにしている。上記減算値を2で割ることにより温度要素を含んだ回転角電圧が算出される。

次に上記と同じく最大ピーク値を含む何周期分かの第1 sin 相電圧データ群と、同じく最大ボトム値を含む何周期分かの第1 sin 相電圧データ群をサンプリングした後、基準タイミングからの経過時間が等しいデータ同士を順次加算する。上記加算値を2で割ることにより温度要素を含んだバイアス電圧が算出される。

上記手段により算出された回転角電圧を構成している回転角速度にかかる時間を2点とり、その時の回転角電圧値を読み取る。すると回転角電圧を構成している温度要素を含んだ2つのパラメータの値が求まる。また同じく上記手段により算出されたバイアス電圧を構成している回転角速度にかかる時間を2点とり、その時のバイアス電圧値を読み取る。するとバイアス電圧を構成している温度要素を含んだ2つのパラメータの値が求まる。以上求められた温度要素を含んだ4つのパラメータを使用することによって、いかなる時間に読み込んだ回転角も実時間の温度変化の影響を受けない高精度な角度情報となる。

上記の内容を一般式で説明すると次のようになる。最大ピーク値の第1 sin 相電圧データ群の一般式(8)と、最大ボトム値の第1 sin 相電圧データ群の一般式(9)は次の式で表わされる。

$$V_{sinlmax} = EK(T) \sin(\omega t + \alpha(T)) \sin(90 \text{ 度}) + R(T) I \sin(\omega t + \beta(T)) \quad (8)$$

$$V_{sinlmin} = EK(T) \sin(\omega t + \alpha(T)) \sin(270 \text{ 度}) + R(T) I \sin(\omega t + \beta(T)) \quad (9)$$

式(8)から式(9)を減算して2で割ると、

$(V_{sinlmax} - V_{sinlmin}) / 2 = E_K(T) \sin(\omega t + \alpha(T))$  が、即ち温度要素を含んだ回転角電圧が求まり、時間  $t$  を変えて最低 2 点を測定すれば、 $K(T)$ 、 $\alpha(T)$  が求まる。また、式 (8) と式 (9) を加算して 2 で割ると、

$(V_{sinlmax} + V_{sinlmin}) / 2 = R(T) I \sin(\omega t + \beta(T))$  が、即ち温度要素を含んだバイアス電圧が求まり、時間  $t$  を変えて最低 2 点を測定すれば、 $R(T)$ 、 $\beta(T)$  が求まる。

前述した式 (7) について、 $V_{sinlT}$  は第 1 sin 相電圧として入力ポートを介して CPU 5 2 に取り込まれる値である。また  $E$ 、 $\omega$ 、 $I$  は EEPROM 6 2 に記憶されている値であり、温度に依存する要素  $K(T)$ 、 $\alpha(T)$ 、 $R(T)$ 、 $\beta(T)$  も前述の演算で算出されている。それらを使って式 (7) を変形すると、

$$\sin(\theta_1) = \{ V_{sinlT} - R(T) I \sin(\omega t + \beta(T)) \} / E_K(T) \sin(\omega t + \alpha(T))$$

となり温度変化に影響されない  $\theta_1$  を求めることが出来る。

以上、本発明の具体例を詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、特許請求の範囲を限定するものではない。特許請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。

(1) 上記実施例では、回転角検出装置を 2 つ備えたトルク検出装置に本発明を適用した例を説明したが、トルク検出装置ではない回転角検出装置に適用しても勿論よい。

(2) 本レゾルバは励磁コイルが回転子側に 1 本あり、出力コイルが固定子側に 2 本ある構成を示したが、励磁コイルが固定子側に 2 本あり出力コイルが回転子側に 1 本または 2 本ある構成のレゾルバに適用しても勿論よい。

#### 産業上の利用可能性

本発明に係る回転角検出装置とその温度補正方法は、運転者によるステアリングホイールの回転をラックピニオン機構によってラック軸の軸動に変換し、該ラック軸の軸動を電気モータにより操舵力を増幅して補助し、タイロッド及びナックルアームを介して車輪を偏向する自動車用の電気式動力操舵装置に使用するのに適している。

## 請 求 の 範 囲

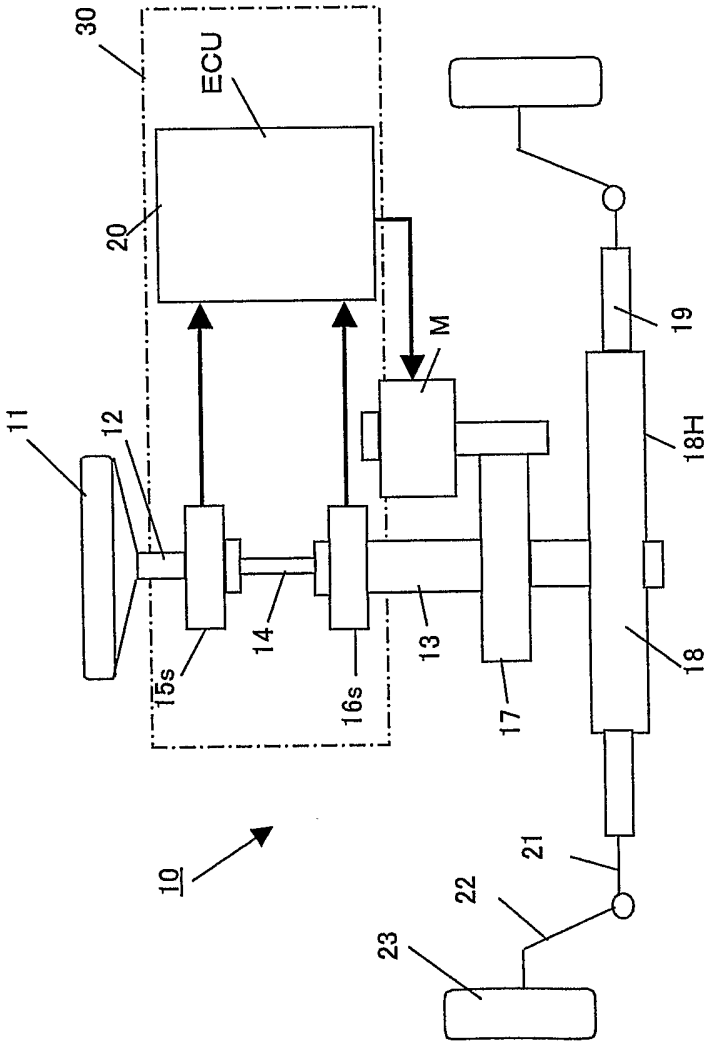
1. 回転するロータと、ロータに固定されており、一端に交流の励磁電流が印加され、他端にアース線が接続されている励磁コイルと、ロータの周囲に固定されており、一端から出力電圧が取り出され、他端に前記アース線が接続されており、振幅がロータの回転角に依存して増減する交流の回転角電圧に、アース線のインピーダンスと励磁電流に起因する交流バイアス電圧が重畳した電圧を出力するステータコイルを有する回転角検出装置において、基準タイミングからの経過時間との関係で、温度に依存する要素の値を算出するのに必要なデータを記憶している記憶手段と、前記記憶手段に記憶されるデータを減算する減算手段によって前記交流の回転角電圧を求める回転角電圧検出手段と、前記記憶手段に記憶されるデータを加算する加算手段によって前記交流バイアス電圧を求めるバイアス検出手段と、前記回転角電圧検出手段と前記バイアス検出手段とから、少なくとも異なった2点以上でサンプリングした値で交流回転角電圧の振幅値と交流回転角電圧の基準タイミングに対する位相差、および交流バイアス電圧の振幅値と交流バイアス電圧の基準タイミングに対する位相差を求める手段を備えた回転角検出装置。

2. ロータが回転したときの前記出力電圧を順次サンプリングして記憶する手段と、記憶された出力電圧群の中で最大ピーク値を含む少なくとも1周期分の第1出力電圧群を特定する手段と、記憶された出力電圧群の中で最大ボトム値を含む少なくとも1周期分の第2出力電圧群を特定する手段と、特定された前記第1出力電圧群と前記第2出力電圧群について、基準タイミングからの経過時間が等しい第1出力電圧と第2出力電圧を順次減算する手段および加算する手段を備えたことを特徴とする請求項1に記載の回転角検出装置。

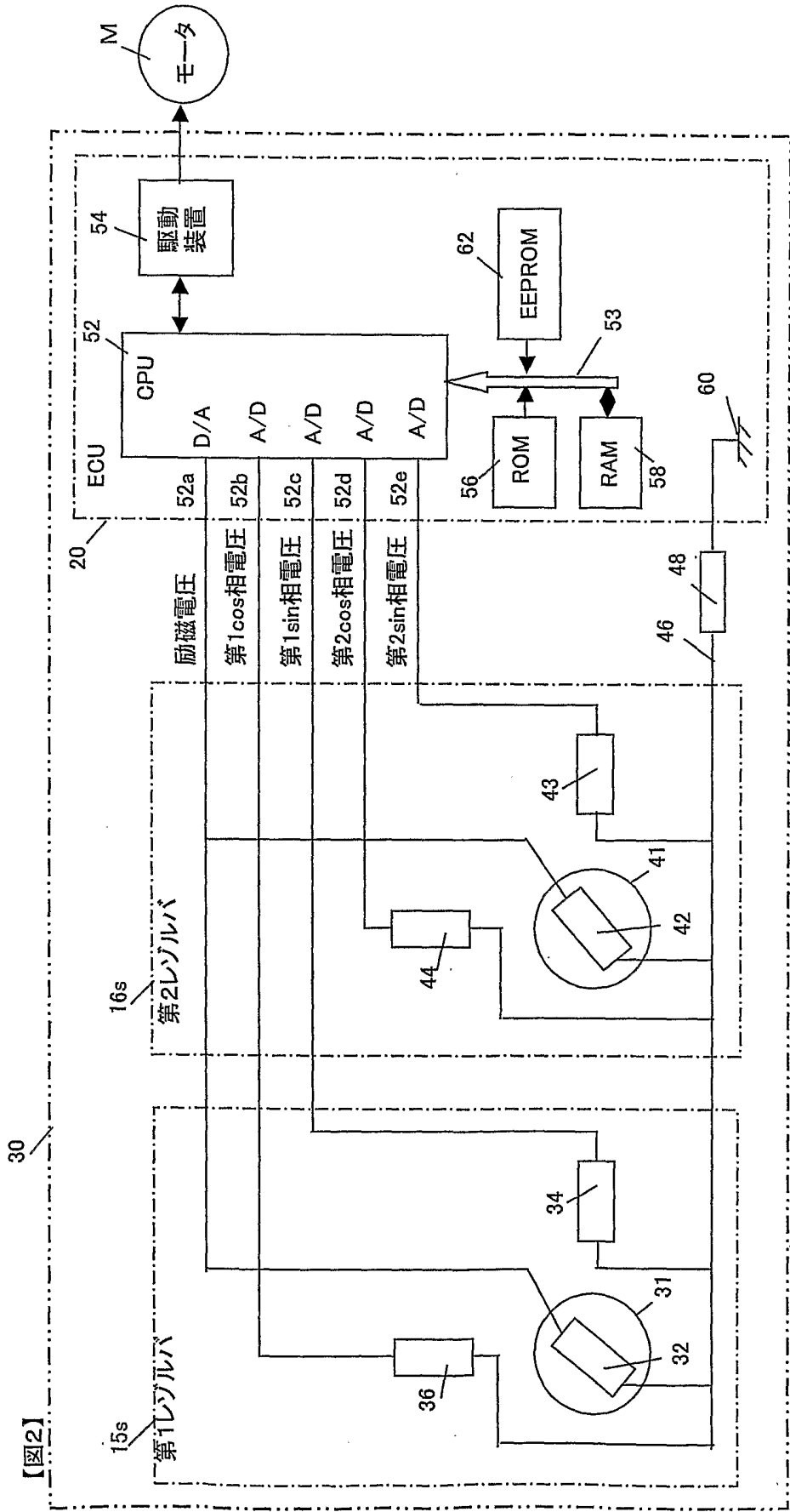
3. 振幅がロータの回転角に依存して増減する交流の回転角電圧に、アース線のインピーダンスと励磁電流に起因する交流バイアス電圧が重畳した電圧を出力する回転角検出装置の出力電圧に影響を与える温度に対する温度補正方法であって、ロータを回転させながら前記出力電圧を順次サンプリングする第1工程と、サンプリングした出力電圧群の中で最大ピーク値を含む少なくとも回転角の1周期

分の第1出力電圧群を特定する第2工程と、サンプリングした出力電圧群の中で最大ボトム値を含む少なくとも回転角の1周期分の第2出力電圧群を特定する第3工程と、特定された前記第1出力電圧群と前記第2出力電圧群について、基準タイミングからの経過時間が等しい前記第1出力電圧と前記第2出力電圧を順次減算して交流回転角電圧を求める第4工程と、基準タイミングからの経過時間が等しい前記第1出力電圧と前記第2出力電圧を順次加算して交流バイアス電圧を求める第5工程と、前記第4工程と、前記第5工程から少なくとも異なった2点以上でサンプリングした値で前記交流回転角電圧の振幅値と、前記交流回転角電圧の基準タイミングに対する位相差および前記交流バイアス電圧の振幅値と、前記交流バイアス電圧の基準タイミングに対する位相差を求める第6工程と、を有する温度補正方法。

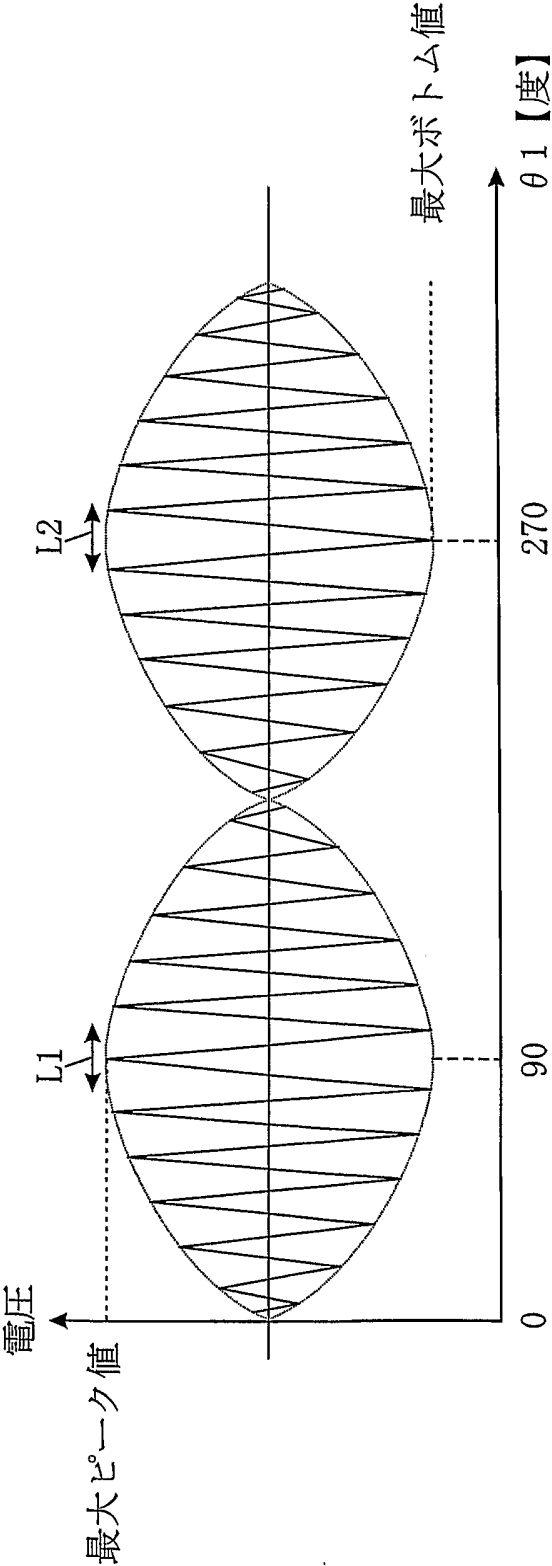
第1図



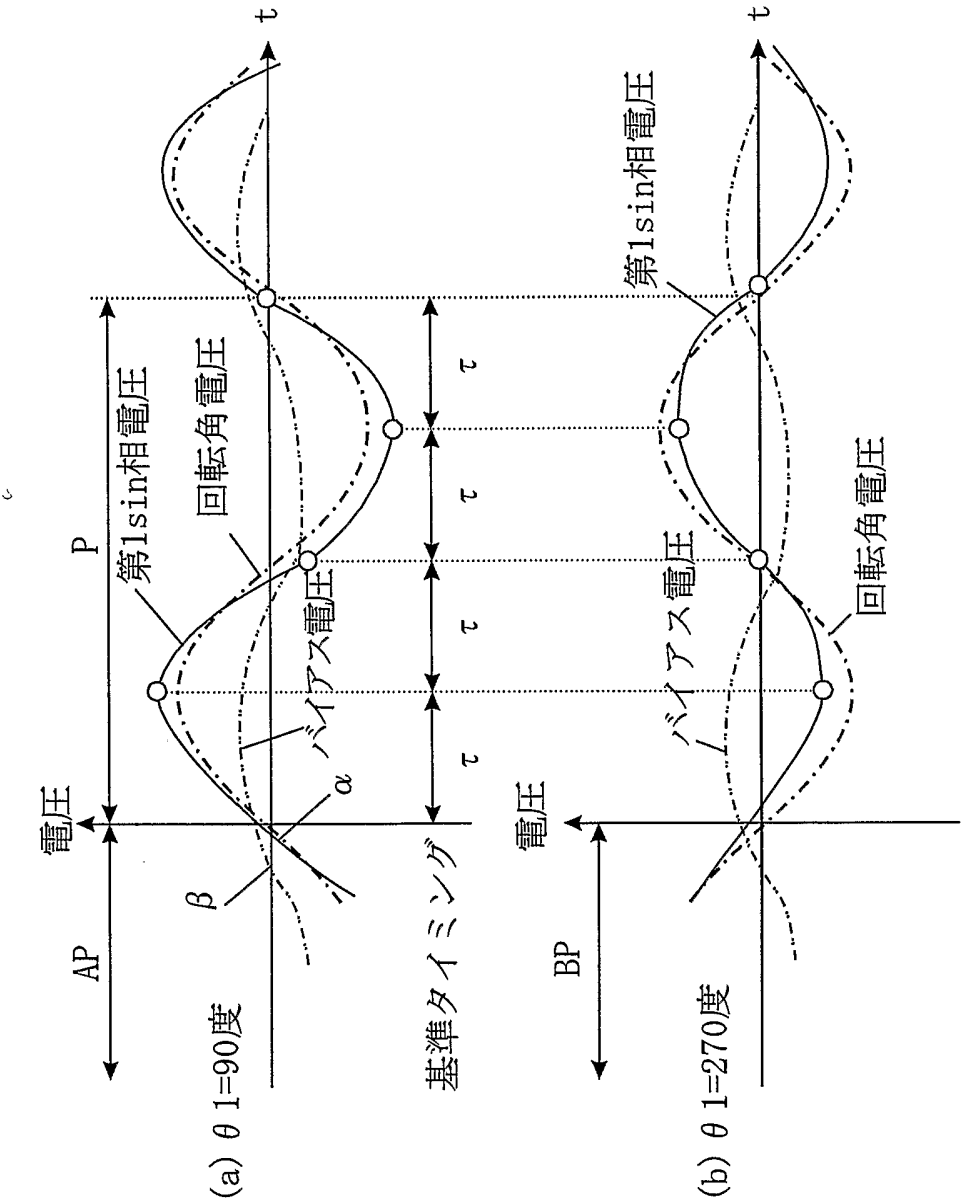
第2図



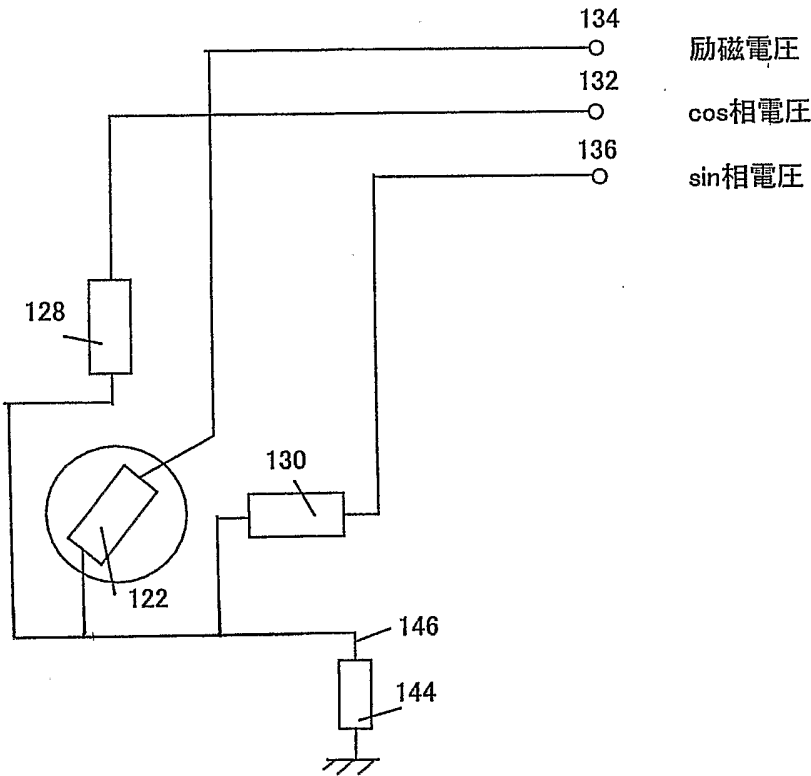
第3図



第4図



第 5 図



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP03/06630

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> G01D5/245

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> G01D5/245

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                         | Relevant to claim No. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | EP 1054238 A (Atsutoshi GOTO),<br>22 November, 2000 (22.11.00),<br>Full text; all drawings<br>& JP 2000-329505 A                           | 1-3                   |
| A         | JP 2000-283861 A (Toyoda Machine Works, Ltd.),<br>13 October, 2000 (13.10.00),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)                | 1-3                   |
| A         | EP 1090699 A (MURATA KIKAI KABUSHIKI KAISHA),<br>11 April, 2001 (11.04.01),<br>Full text; all drawings<br>& CN 1292309 A & JP 2001-74408 A | 1-3                   |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| *<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier document but published on or after the international filing date<br>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art<br>"&" document member of the same patent family |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Date of the actual completion of the international search  
17 July, 2003 (17.07.03)

Date of mailing of the international search report  
05 August, 2003 (05.08.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup>G01D5/245

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup>G01D5/245

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2003年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2003年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2003年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| A               | EP 1054238 A (Goto Atsutoshi) 2000. 11. 22, 全文, 全図& JP 2000-329505 A                             | 1-3              |
| A               | JP 2000-283861 A (豊田工機株式会社) 2000. 10. 13, 全文, 全図 (ファミリーなし)                                       | 1-3              |
| A               | EP 1090699 A (MURATA KIKAI KABUSHIKI KAISHA) 2001. 04. 11, 全文, 全図& CN 1292309 A& JP 2001-74408 A | 1-3              |

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日  
17. 07. 03国際調査報告の発送日  
05.08.03

国際調査機関の名称及びあて先  
日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
井上 昌宏  
電話番号 03-3581-1101 内線 3216

