

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5173962号  
(P5173962)

(45) 発行日 平成25年4月3日(2013.4.3)

(24) 登録日 平成25年1月11日(2013.1.11)

(51) Int.Cl. F I  
**GO1D 5/20 (2006.01)** GO1D 5/20 I1OQ

請求項の数 7 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2009-183216 (P2009-183216)	(73) 特許権者	000006013 三菱電機株式会社
(22) 出願日	平成21年8月6日(2009.8.6)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(65) 公開番号	特開2011-33602 (P2011-33602A)	(74) 代理人	100094916 弁理士 村上 啓吾
(43) 公開日	平成23年2月17日(2011.2.17)	(74) 代理人	100073759 弁理士 大岩 増雄
審査請求日	平成24年1月23日(2012.1.23)	(74) 代理人	100093562 弁理士 児玉 俊英
		(74) 代理人	100088199 弁理士 竹中 考生
		(72) 発明者	石塚 充 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レゾルバ/デジタル変換装置およびレゾルバ/デジタル変換方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転機器に取り付けられたレゾルバを所定の周波数で励磁する励磁信号を発生する励磁信号発生回路と、前記レゾルバが出力する電圧信号を所定の周波数でのサンプリングタイミングでサンプリングするとともに、デジタル信号に変換するアナログ/デジタル変換器と、前記デジタル信号に基づいて前記サンプリングタイミングの補正を行う位相補正回路とが設けられたレゾルバ/デジタル変換装置において、

前記位相補正回路は、前記サンプリングタイミングで得られた前記アナログ/デジタル変換器が出力するデジタル信号に対して、前記励磁信号の周波数の1周期のうち4回サンプリングを行い、そのうちゼロとなるタイミングでのデータの振幅レベルに基づいて前記サンプリングタイミングの位相のずれを判別して前記位相の補正を行い、前記位相の補正によって前記サンプリングタイミングを補正し、前記アナログ/デジタル変換器は該補正後のサンプリングタイミングを入力して前記レゾルバの電圧信号をサンプリングすることを特徴とするレゾルバ/デジタル変換装置。

【請求項2】

回転機器に取り付けられたレゾルバを所定の周波数で励磁する励磁信号を発生する励磁信号発生回路と、前記レゾルバが出力する電圧信号を所定の周波数でのサンプリングタイミングでサンプリングするとともに、デジタル信号に変換するアナログ/デジタル変換器と、基準となるクロックで動作する基準カウンタと、前記デジタル信号および前記基準カウンタの出力に基づいて前記サンプリングタイミングの補正を行う位相補正回路とが設けら

れたレゾルバ/デジタル変換装置において、

前記位相補正回路は、前記サンプリングタイミングで得られた前記アナログ/デジタル変換器が出力するデジタル信号に対して、前記励磁信号の周波数の1周期のうち4回サンプリングを行い、そのうちゼロとなるタイミングでのデータの振幅レベルおよび前記基準カウンタの出力に基づいて前記サンプリングタイミングの位相の補正を行い、前記位相の補正によって前記サンプリングタイミングを補正し、前記励磁信号発生回路は、該補正後のサンプリングタイミングに合致するように前記励磁信号の出力タイミングを制御することを特徴とするレゾルバ/デジタル変換装置。

【請求項3】

前記位相補正回路は、前記アナログ/デジタル変換器の出力する各相毎のデジタル信号に対して、前記励磁信号の周波数の1周期のうち4回サンプリングを行い、そのうちゼロとなるタイミングでのデータのそれぞれの振幅レベルに基づいて前記サンプリングタイミングの位相のずれを判別して、それぞれのサンプリングタイミングの位相の補正を行うことを特徴とする請求項1に記載のレゾルバ/デジタル変換装置。

10

【請求項4】

前記レゾルバが出力する電圧信号は、2相以上の信号であることを特徴とする請求項1、請求項2のいずれか1項に記載のレゾルバ/デジタル変換装置。

【請求項5】

前記サンプリングタイミングの所定の周波数は、前記レゾルバを励磁する周波数の4の整数倍であることを特徴とする請求項1、請求項2のいずれか1項に記載のレゾルバ/デジタル変換装置。

20

【請求項6】

回転機器に取り付けられたレゾルバを所定の周波数で励磁し、前記レゾルバが出力する電圧信号を所定の周波数でのサンプリングタイミングでサンプリングするとともにデジタル信号に変換し、前記サンプリングタイミングで得られた前記デジタル信号に対して、励磁信号の周波数の1周期のうち4回サンプリングを行い、そのうちゼロとなるタイミングでのデータの振幅レベルに基づいて前記サンプリングタイミングの位相のずれを判別して前記位相の補正を行い、この補正後のサンプリングタイミングでもって前記レゾルバの電圧信号をサンプリングすることを特徴とするレゾルバ/デジタル変換方法。

【請求項7】

前記レゾルバが出力するレゾルバの電圧信号は、2相以上の信号であることを特徴とする請求項6に記載のレゾルバ/デジタル変換方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、回転電機や内燃機関など回転機器の回転角度を検出するレゾルバの出力信号から、該レゾルバのデジタル回転角度信号に変換するレゾルバ/デジタル変換装置およびレゾルバ/デジタル変換方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来より自動車のパワーステアリングや工作機器のサーボモータ等に各種の回転機が使用されているが、回転機における回転子の回転角度を検出するために回転角度センサが用いられる。回転角度を検出するセンサとしては、交流励磁を利用する2相のレゾルバ、または正弦波状に着磁した回転子と2個の半導体磁気センサからなる回転角度センサ等が使用される。レゾルバは、回転子と固定子の間のリアクタンスが回転子の位置により変化し、その変化に応じた交流信号を出力するものである。具体的には、固定子に互いに直交する2相巻線を有し、回転子に単相巻線あるいは直交する2相巻線を有する制御変圧器を構成しており、1相励磁/2相出力形や2相励磁/1相出力形などの形式がある。レゾルバから得られる角度検出信号は、位相が90°異なる余弦波と正弦波の2相のアナログ信号となり、その検出信号は、レゾルバ/デジタル変換器(RDC: Resolver Digital Conve

40

50

ter、以下RDCと略記)を用いることにより処理される。

【0003】

RDCは、レゾルバからの角度検出信号に基づいて回転子の回転角度位置をデジタルデータである角度情報データに変換して出力するものである。RDCとしては、アナログ電気回路により角度情報データを得るものと、角度検出信号をA/D(Analog/Digital)コンバータで変換して得られたデジタルデータに基づいて、演算回路により角度情報データを算出するものがある。レゾルバとRDCの組み合わせによる回転子角度の検出時には様々な誤差が発生する。例えば、レゾルバの感度差やRDC内の増幅度の差により振幅に差が発生し、また、増幅回路やA/Dコンバータによるオフセット誤差、あるいは経時変化による周期変動やインピーダンスの変動によるサンプリングのタイミング誤差等が加わる。

10

【0004】

このような検出誤差を補正して検出精度を高めたりするために、種々の工夫がなされている。例えば、オフセット誤差に対する対策として、特許文献1に開示されているように、A/Dコンバータで変換して得られたデジタルデータのうち連続する2サンプルのデータを引き算することによって、直流成分を取り除くようにしているものがある。また、特許文献2に開示されているように、基準となる励磁信号のゼロクロス位置に基づいて、その1周期前のゼロクロス位置との時間差を計算し、レゾルバ信号をA/D変換するサンプリングタイミングを補正しているものもある。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2002-162255号公報

【特許文献2】特開2007-315856号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記の特許文献1に記載の構成では、A/D変換器によるサンプリングを行った連続2回のデータを引き算することにより、データに含まれるオフセット成分を除去して、この例では、レゾルバの出力信号をA/D変換器にて取込んでおり、A/D変換時に生じる直流成分誤差や増幅器のオフセット成分含んでA/D変換された誤差を含むデジタル値の誤差に対しては有効である。しかし、回転機にて動作しているレゾルバの温度上昇や経時変化によって信号線のインピーダンスなどが変化し、その結果発生するレゾルバ信号の伝達遅延時間の変動には対応することができない。つまり、サンプリングのタイミングそのものの誤差には対応することができないという問題点がある。

30

【0007】

また、上記の特許文献2に記載の構成においても、励磁するための基準交流信号のゼロクロスに基づいてA/D変換のサンプリングのタイミングを決めているが、発振回路の基準交流信号を正しいタイミングとして利用しているため、回転機にて動作しているレゾルバの温度上昇や経時変化によって信号線のインピーダンスなどが変化し、その結果発生するレゾルバ信号の伝達遅延時間の変動に対応することができない。つまり、レゾルバ入力の基準交流信号の変動に対応しているが、それ以降に発生すると思われるレゾルバに誘起された電圧信号に含まれる時間的誤差成分を除去することはできないという問題点がある。

40

【0008】

この発明は上記のような課題を解決するためになされたものであって、レゾルバの温度上昇や信号線のインピーダンス変化に対して、レゾルバ信号の伝達遅延時間の変動に対応可能なレゾルバ/デジタル変換装置およびレゾルバ/デジタル変換方法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】

50

## 【 0 0 0 9 】

第1の発明に係るレゾルバ/デジタル変換装置は、回転機器に取り付けられたレゾルバを所定の周波数で励磁する励磁信号を発生する励磁信号発生回路と、レゾルバが出力する電圧信号を所定の周波数でのサンプリングタイミングでサンプリングするとともに、デジタル信号に変換するアナログ/デジタル変換器と、デジタル信号に基づいて前記サンプリングタイミングの補正を行う位相補正回路とが設けられており、

位相補正回路は、前記サンプリングタイミングで得られたアナログ/デジタル変換器が出力するデジタル信号に対して、前記励磁信号の周波数の1周期のうち4回サンプリングを行い、そのうちゼロとなるタイミングでのデータの振幅レベルに基づいて前記サンプリングタイミングの位相のずれを判別して前記位相の補正を行い、前記位相の補正によって前記サンプリングタイミングを補正し、アナログ/デジタル変換器は該補正後のサンプリングタイミングを入力してレゾルバの電圧信号をサンプリングするものである。

10

## 【 0 0 1 0 】

第2の発明に係るレゾルバ/デジタル変換方法は、回転機器に取り付けられたレゾルバを所定の周波数で励磁し、前記レゾルバが出力する電圧信号を所定の周波数でのサンプリングタイミングでサンプリングするとともにデジタル信号に変換し、前記サンプリングタイミングで得られた前記デジタル信号に対して、励磁信号の周波数の1周期のうち4回サンプリングを行い、そのうちゼロとなるタイミングでのデータの振幅レベルに基づいてサンプリングタイミングの位相のずれを判別して位相の補正を行い、この補正後のサンプリングタイミングでもってレゾルバの電圧信号をサンプリングするものである。

20

## 【発明の効果】

## 【 0 0 1 1 】

第1の発明に係るレゾルバ/デジタル変換装置は、前記のような構成を備えているので、レゾルバの温度上昇や信号線のインピーダンス変化や経時変化等に伴って、サンプリングのタイミングがずれたとしても、常に正確な位相でのサンプリングを行うことができ、正確な角度情報を得ることができるという効果がある。

また第2の発明に係るレゾルバ/デジタル変換方法においても、上記第1の発明と同様の効果を得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 1 2 】

【図1】実施の形態1のレゾルバ/デジタル変換装置の構成を示すブロック図である。

【図2】実施の形態1によるサンプリングのタイミングを示すタイムチャートである。

【図3】実施の形態1によるサンプリングのタイミングを示すタイムチャートである。

【図4】実施の形態1によるサンプリングのタイミングを示すタイムチャートである。

【図5】図1における位相補正回路5の構成を示す詳細ブロック図である。

【図6】図1における角度演算回路4の構成を示す詳細ブロック図である。

【図7】実施の形態2のレゾルバ/デジタル変換装置の構成を示すブロック図である。

【図8】実施の形態3のレゾルバ/デジタル変換装置の構成を示すブロック図である。

【図9】実施の形態4のレゾルバ/デジタル変換方法を示すフローチャートである。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 1 3 】

実施の形態1 .

以下、この発明の実施の形態1を図に基づいて説明する。

回転機器に取り付けられたレゾルバにはその巻線の方式によって各種の方式があり、回転子巻線にスリップリングとブラシが接続されているものや、回転変圧器が接続されているもの等がある。本発明の対象とするレゾルバは1相励磁/2相以上の出力方式のレゾルバであれば、いずれの構成であっても適用可能である。

図1は、実施の形態1によるレゾルバ/デジタル変換装置100の構成を示すブロック図である。図1において、図示省略した回転機に取り付けられたレゾルバ1は、回転子の回転位置に従って誘起された2相の電圧信号をレゾルバ信号として出力する。このレゾル

30

40

50

パ 1 に誘起された 2 相の電圧信号は、それぞれアナログ / デジタル変換器（以下、A D 変換器と称す）2, 3 でデジタルデータに変換され、その際、励磁周波数（後述する基準正弦波の周波数）の 4 の整数倍の周波数で離散化処理が行われる。角度演算回路 4 は A D 変換器 2, 3 でサンプリングされたデータを演算することにより、回転子の角度情報を求める。位相補正回路 5 は A D 変換器 2, 3 でサンプリングされたデータを演算することによって、A D 変換器 2, 3 のサンプリングのタイミングを計算し、A D 変換器 2, 3 へサンプリングパルスを出力する。

基準カウンタ 6 はシステム全体の基準となる基準クロックで動作する。励磁信号発生回路 7 は基準カウンタ 6 から出力された基準クロックに基づいてレゾルバ 1 を励磁するための基準正弦波を励磁信号として出力する。増幅回路 8 はレゾルバ 1 を励磁する基準正弦波を増幅する。出力端子 9 は角度演算回路 4 で求められた回転子の角度情報のデジタル値を出力する。

【 0 0 1 4 】

次に動作について説明する。

レゾルバ 1 では、回転子に励磁用の一定周波数の基準正弦波（励磁信号）が印加され励磁される。その結果、固定子に設けられて互いに直交した 2 つの巻線に電圧が誘起され、その電圧の値は回転子の角度によって変化しながら出力される。すなわち、励磁信号の角速度を  $[ \text{rad} / \text{s} ]$ 、励磁信号の角度を  $T [ \text{rad} ]$ 、回転子の角度を  $N [ \text{rad} ]$  とし、印加された交流電圧から得られる誘起電圧の振幅比を  $K$  とすると、レゾルバ 1 に誘起される 2 相の電圧信号はそれぞれ  $V \sin$ 、 $V \cos$  とすると、

$$V \sin = K \sin N\theta \sin \omega T \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (1)$$

$$V \cos = K \cos N\theta \sin \omega T \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (2)$$

となる。レゾルバ / デジタル変換装置 1 0 0 は、この回転子の角度  $N$  をデジタル値として求める機能を有するものであり、式 ( 1 )、式 ( 2 ) を変形して、

$$N\theta = \text{arcTan}\left(\frac{V \sin}{V \cos}\right) = \text{arcTan}\left(\frac{K \sin N\theta \sin \omega T}{K \cos N\theta \sin \omega T}\right) = \text{arcTan}\left(\frac{\sin N\theta}{\cos N\theta}\right) \cdot \cdot \cdot \quad (3)$$

として求めることができる。なお、正確に角度  $N$  を計算して求めるためには、 $\sin T = 1$ 、あるいは  $\sin T = -1$  となる位相でサンプリングする必要がある。レゾルバ 1 の出力するこの電圧信号  $V \sin$ 、および  $V \cos$  が、A D 変換器 2、3 に入力されている。

角度演算回路 4 は、A D 変換器 2、3 の出力に対して、上記 ( 3 ) 式のような演算を行うことにより  $N$  を求める。なお、レゾルバ 1 からの電圧信号は、回転子の角度に基づく正弦波を励磁信号で振幅変調された波形と見ることができるので、例えば同期検波による復調を行うことによって  $\sin T$  による変調成分を除去することも可能である。 $\sin T$  を除けば、( 3 ) 式により  $N$  を求めることができる。

【 0 0 1 5 】

位相補正回路 5 は、A D 変換器 2, 3 のサンプリングのタイミングを  $\sin T = 1$ 、かつ  $\sin T = -1$  となるタイミングになるように位相補正する。励磁周波数の 4 倍の周波数でサンプリングを行う場合、 $T = 0$ 、 $\pi / 2$ 、 $\pi$ 、 $3\pi / 2$  の 4 点でサンプリングを行うことが必要である。その場合、図 2 ( a ) に示すように、 $a 1$ 、 $b 1$ 、 $a 2$ 、 $b 2$  の位相のデータを得ることができ、サンプリング位相にずれがなければ、 $a 1 = 0$ 、 $a 2 = 0$  となるデータが得られる。 $b 1$ 、 $b 2$  の値は角度を計算するために用いられる。ここで、図 2 ( b ) に示すようにサンプリング位相が遅れる方向にずれた場合、 $a 1$  はゼロでなく正の値をとり、 $a 2$  は負の値をとる。一方、 $b 1$ 、 $b 2$  においても  $\pi / 2$ 、 $3\pi / 2$  の正しい位相からずれたタイミングでサンプリングされる。したがって、 $a 1$ 、 $a 2$  の符号を調べることによりサンプリング位相の前後のずれが判別でき、また、その振幅値が

ら計算すればずれた位相量を知ることができる。図3(a)に正常な動作のケース、図3(b)にサンプリング位相が遅れているケース、図3(c)にサンプリング位相が進んでいるケースの3つの例を示す。ここで図3(b)のサンプリング位相が遅れているときは、図2(b)に示したケースと同じであり、a1が正のデータ、a2が負のデータとなる。逆にサンプリング位相が進んでいるときは、図3(c)に示すようにa1が負のデータ、a2が正のデータとなる。

#### 【0016】

本発明においては、 $T = 0$ 、の位相の信号がサンプリング位相の調整に必要であるため、4倍、8倍、12倍など励磁周波数の4の整数倍の周波数でサンプリングを行うことにより、前述したようなサンプリング位相の調整を行うことが可能となる機能を備えている。

10

#### 【0017】

ここで、サンプリング位相をできる限り正確に補正するには、励磁周波数よりもはるかに高い周波数のクロックを基準クロックとして用いる必要がある。一方、レゾルバ/デジタル変換処理では、励磁周波数の1周期を基本単位として角度を計算するが多い。したがって、回路構成においては、内部の信号処理用には高い周波数のシステムクロックを用いて行い、角度演算結果のみ励磁信号の周波数で出力するような構成をとる。AD変換のサンプリング位相の補正は、このシステムクロックに基づいて行う。

図1における基準カウンタ6は上記したシステムクロック単位で動作する基準カウンタである。システムクロックは、一般的には、数MHz～数十MHzの周波数となる。とくに周波数が高い場合は、百MHzを超える場合もある。

20

励磁信号発生回路7は、レゾルバ1を励磁するための正弦波を発生する回路である。一般的には、ROM(Read Only Memory)を用いてデジタル的に正弦波を生成するケースが多く、出力したデジタルデータはデジタル/アナログ変換器(DA変換器)でアナログ波形に変換される。なお、マイコン等から矩形波を出力し、外部のフィルタを使って正弦波に波形整形する方法も可能である。

増幅回路8は、レゾルバ1を励磁するための正弦波の駆動回路となる。出力端子9は角度演算回路4で計算した角度情報のデジタル値が出力され、少なくとも励磁周波数の1周期に1回出力される。

#### 【0018】

30

図4はAD変換器2,3のサンプリング位相の補正を行うタイミングの例を示した図である。この図では、システムクロックの3クロック分の補正を行っている一例である。補正前では、基準カウンタ6が $n + 8$ の値を出力したときに、AD変換用のサンプリングパルスを出力しているが、3クロック分の補正を行った結果、基準カウンタ6の値が $n + 3$ の値を出力したときにサンプリングパルスを出力するように制御される。なお、クロックの補正量はAD変換のダイナミックレンジとも関連する。次に、具体的に得られた振幅値から位相のずれ量に換算する一例を説明する。

#### 【0019】

例えば、励磁周波数を10KHz、システムクロックを20MHzとし、AD変換のbit数を12bit(4096: -2048 ~ +2047)、電圧の最大値がAD変換のフルスケールと一致しているとする。このとき、励磁周波数の1周期は、

40

$$20\text{MHz} / 10\text{KHz} = 2000$$

となり、システムクロック2000カウントが1周期となる。サンプリングしたデータにおいて、本来出力がゼロの値となる  $T =$  / 2のタイミングで、出力の値が+20の値となったとすると、角度がゼロに近いところでは、

$$N\theta \cong \sin N\theta$$

の近似が成り立つので、位相のずれ量は、約  $20 / 2048$  [rad] となる。この位相のずれ量は、以下のように3クロック分に相当する。

50

$$2000 * \frac{20}{2048} * \frac{1}{2 * 3.14} = 3.1$$

従って、振幅レベルで±20の誤差があったケースでは、基準カウンタ6において3クロック分の補正を前後に行うことによりタイミングを調整することが可能となる。なお、このような近似を用いた計算方法はあくまで一例であり、他の計算方法を用いて位相のずれ量を求めても良い。

また、レゾルバ1の励磁周波数に対して4倍の周波数でサンプリングを行う場合、励磁周波数の1周期のうちに4回のパルスを出力することになるので、各パルス出力のタイミングがそれぞれ3クロック分補正される。例えば、上記の例では、1周期2000のカウンタとなるので、補正なしの状態では0、500、1000、1500の位置で立ち上がり得られるように制御されたとすると、3クロック分の補正の結果、497、997、1497、1997の位置で立ち上がり得られるように制御される。なお、タイミングの補正処理は、励磁信号の1周期と同期するので、サンプリングの4回目のパルスが出力された後に補正値を出力してタイミングの更新を行い、次の励磁の周期でその値が反映されたサンプリングパルスが出力されるよう制御される。

励磁信号の周波数と基準カウンタ6のクロック周波数の関係で位相の誤差を完全にゼロとすることは出来ないが、最終的には0度と180度の位相におけるレゾルバ信号の振幅がある一定の値以下となる基準として、

$$\begin{aligned} \sin(\theta + \Delta\theta) &< \\ \sin(\theta - \Delta\theta) &< \end{aligned}$$

となるように位相量 [rad] による補正を行う。

#### 【0020】

次に、位相補正回路5の動作について説明する。

図5は、図1における位相補正回路5の詳細なブロック図である。入力端子10は基準カウンタ6によるカウンタ出力値が入力される。入力端子11、12はそれぞれレゾルバ1の2相の電圧信号のデジタル値が入力される。出力端子13はAD変換器2、3のためのサンプリングパルスを出力する。遅延回路14、15はAD変換器2、3のサンプリングパルスを基準としたサンプリングパルスの2パルス分の遅延を行う遅延回路であり、補正量計算回路16は、入力端子10からの入力、および入力端子11、12の入力、および遅延回路14、15の出力からサンプリング用パルスの正しい出力タイミングを計算して補正量を出力する。比較回路17は基準カウンタ6のカウンタ値と補正量計算回路16の出力を比較する。

#### 【0021】

次に、補正量計算回路16の動作について説明する。補正量計算回路16は、前述したような計算に基づいてサンプリングされた振幅値から位相の補正量を計算する。入力端子10から入力される基準カウンタ6の値は、 $T = \pi/2$ 、 $3\pi/2$ のタイミングを区別するために用いられ、遅延回路14、15は $T = \pi/2$ 、 $3\pi/2$ における正負の値を同時に処理するために用いられる。つまり、遅延回路14、15の出力は、ちょうど位相がだけ遅れたデータであり、これによりb1、b2の値を同時に処理することが可能となる。この例では、正負の値やレゾルバ1の電圧信号が2相分入力されているが、これは正確な結果を求めるために2相分のデータから補正量の計算を行うように構成しているためである。回路を簡素化する目的で、1相分のみの結果から補正量を計算してもよい。また、ノイズなどによる誤差成分を除去する目的で、データ信号に低域通過フィルタなどを挿入することも可能である。

#### 【0022】

なお、本実施の形態1では、基準カウンタ6に対するサンプリングタイミングの補正量は定常的に一定として次の励磁周期で補正するように構成しているが、補正量が周期的に変化する場合への対応も考えられる。例えば、回転子の機械角の位置によって周期的にサ

10

20

30

40

50

ンプリングタイミングがずれたり、ばらつくような場合には、あらかじめその機械角の位置や周期を記憶しておき、その機械角の位置に応じて補正量を調整することもできる。すなわち、レゾルバ信号の振幅から補正量を計算すると同時に、その機械角の位置や周期に応じた補正量を記憶して出力するような構成によって実現することができる。

また、回転周波数や回転周波数の変化の割合に応じてサンプリングタイミングの補正量を切り替えることも可能である。サンプリング位相の補正量が回転周波数に依存するような場合は、その値と組み合わせて補正することも可能である。また、加減速など回転周波数が急激に変化する場合は、その変化量に応じて補正量を調整するような構成も考えられる。変化量に応じてどの程度補正が必要かを積分・記憶しておき、その加減速の変化量に応じたサンプリングタイミングの補正を実施する。

10

#### 【0023】

図6は、図1における角度演算回路4の詳細なブロック図の一例である。ここでは、同期検波を用いたAM復調処理を行って角度を求める例を示している。入力端子18、19は2相のレゾルバ信号のデジタル値が入力される。入力端子20は基準カウンタ6のカウント値が入力される。出力端子21は計算された角度情報のデジタル値が出力される。変調波生成回路22はAM復調するために、変調波と同じ周波数でかつ同じ位相となる正弦波を発生する。乗算回路23、24は変調波生成回路22から出力された正弦波とレゾルバ信号との乗算を行う。乗算回路23、24の出力は低域通過フィルタ25、26を介し、逆正接( $\arctan$ )の演算を行う関数回路27に入力される。同期検波によるAM復調では、変調波と同じ正弦波を乗算し、その結果から高調波成分を除去することにより元の信号を得るものである。低域通過フィルタ25、26の出力が、 $\sin N$ 、 $\cos N$ の値となるので、この結果の比( $\sin N / \cos N$ )に対して逆正接( $\arctan$ )演算を行うことにより $N$ を求める。なお、角度演算回路4の出力となる角度情報は励磁周波数の1周期ごとに出力される。なお、角度演算の計算方法は、この方法に限定するのではなく他の演算方法を適用してもよい。

20

#### 【0024】

以上説明したように、この実施の形態1によれば、レゾルバ信号に対して励磁信号の周波数の1周期のうち4回サンプリングを行い、そのうちゼロとなるべきタイミングでのデータの振幅レベルを利用して位相のずれを補正するように構成したので、温度や経時変化によってサンプリングのタイミングがずれたとしても、常に正確な位相でのサンプリングを行うことができ、長期の使用が可能となり、かつ正確な角度情報を得ることが可能である。

30

また、機械角の位置によるバラツキや回転周波数の変化によってサンプリングタイミングがずれたとしても、常に正確な位相でのサンプリングを行うことができ、その結果正確な角度情報を計算することが可能である。

#### 【0025】

実施の形態2

次に実施の形態2を図に基づいて説明する。

図7は実施の形態2によるレゾルバ/デジタル変換装置100を示すブロック図である。この実施の形態2と前述した実施の形態1との相違は、AD変換のサンプリング位相を2相とも共通に制御するのではなく、各々個別に制御可能とする点である。図7において、図1と同じ動作を行うものについては同じ番号を付しており、それらの説明は省略してそれ以外の部分について説明する。サンプリングパルスを2相出力する位相補正回路28は、基準カウンタ6の出力とAD変換器2の出力とによって2相のうち一方の相のサンプリングパルスの位相の補正量を計算し、基準カウンタ6の出力とAD変換器3の出力とによって2相のうち他方の相のサンプリングパルスの位相の補正量を計算する。この実施の形態2では、AD変換器2とAD変換器3のサンプリングのタイミング補正量が異なる場合でも対応できるように構成しており、前述した計算方法に基づいて補正量を決定し独立にタイミングを補正している。

40

このようにこの実施の形態2では、2相のレゾルバにおいて、温度や経時変化によって

50



アナログ/デジタル変換器 2, 3 のサンプリングのタイミングがずれた場合においても、レゾルバ 1 に出力する励磁信号の出力タイミングを調整することによって相対的にサンプリング位相の調整を行い、常に正確な位相でのサンプリングを可能として、その結果正確な角度情報を計算することが可能である。

【 0 0 2 6 】

実施の形態 3 .

次に実施の形態 3 を図に基づいて説明する。

図 8 は実施の形態 3 によるレゾルバ/デジタル変換装置 1 0 0 を示すブロック図である。この実施の形態 3 と前述した実施の形態 1 との相違は、A D 変換器 2、3 のサンプリングの位相を制御するのではなく、励磁信号の出力タイミングを制御する点である。図 8 において、図 1 と同じ動作を行うものについては同じ番号を付しており、それらの説明は省略してそれ以外の部分について説明する。サンプリングパルスを出力するとともに励磁信号の位相制御信号を出力する位相補正回路 2 9 の出力は、励磁信号発生回路 3 0 に入力される。位相補正回路 2 9 は、基準カウンタ 6 からの出力と A D 変換器 2、3 の出力からタイミングの補正量を計算する。実施の形態 1 においては、サンプリングのタイミングを補正するよう制御していたが、この実施の形態 3 ではサンプリングのタイミングに合うように励磁信号の出力タイミングを調整している。位相のずれ量の計算方法は実施の形態 1 と同様である。励磁信号発生回路 3 0 は、位相補正回路 2 9 からの入力に基づいて励磁信号を出力するタイミングを調整して出力する。

このようにこの実施の形態 3 では、また 2 相のレゾルバにおいて、2 つの相の信号の伝播遅延時間がそれぞれ異なるように変動したとしても、常に正確な位相でのサンプリングを行うことができ、その結果正確な角度情報を計算することが可能である。

【 0 0 2 7 】

実施の形態 4 .

次に実施の形態 4 について説明する。

図 9 は、本発明の実施の形態 4 によるレゾルバ/デジタル変換方法を示すフローチャートである。この実施の形態 4 と第 1 の実施の形態 1 との相違は、ソフトウェアで処理する点である。レゾルバ/デジタル変換処理を行う場合、マイクロコンピュータや D S P (Digital Signal Processor) などを用いることが可能であるが、その場合の制御フローチャートを図 9 に示す。図 9 において、S 1 は A D 変換された 2 相のレゾルバ信号のデジタル値を入力する入力ステップ、S 2 はシステムクロックで動作する基準カウンタの出力をゼロに設定するリセット動作のステップ、S 3 はシステムクロックで動作する基準カウンタに + 1 の加算を行うインクリメントのステップ、S 4 はサンプリングのタイミングの補正量を計算するステップ、S 5、S 6 は同期検波処理等によって 2 相のレゾルバ信号から角度に基づく正弦波と余弦波を抽出する A M 復調のステップ、S 7 はサンプリングの出力タイミングを決定するためにカウンタ値との比較を行うステップ、S 8 は逆正接 ( a r c T a n ) の関数演算を行うステップ、S 9 はレゾルバへの励磁信号を出力するステップ、S 1 0 は A D 変換器 2、3 へのサンプリングパルスを出力するステップ、S 1 1 はデジタル角度情報を出力するステップである。

【 0 0 2 8 】

次に動作について説明する。

マイクロコンピュータ等によるソフトウェアで処理を行う場合、計算処理の基本単位はシステムクロックのような高速のクロックに基づいて行われる。図 9 は、レゾルバの信号を角度情報に変換して出力するフローチャートであるが、励磁正弦波出力のステップ S 9、およびサンプリングパルス出力のステップ S 1 0、および角度情報出力のステップ S 1 1 の実行周期は異なっている。角度情報出力のステップ S 1 1 は、励磁周波数の 1 周期毎に実行されて角度情報が出力され、また、サンプリングパルス出力のステップ S 1 0 は、励磁周波数の 1 周期のうちに 4 回実行されサンプリングパルスが出力される。励磁正弦波出力のステップ S 9 は、システムクロックを基準としたある周期毎に実行される。

【 0 0 2 9 】

10

20

30

40

50

ステップS 1では、A/D変換してデジタル化された2相のレゾルバ信号が励磁信号の1周期のうちに4回取り込まれる。このフローチャートの処理の基本となる周期は励磁信号の1周期を想定しているため、最初に基準カウンタのリセットとしてステップS 2を行い、基準カウンタが励磁信号の1周期の値に進むまでに各処理を実行する。なお、ハードウェア的に自動的にリセットがかかるような構成では、ステップS 2は不要である。ステップS 3は基準カウンタのインクリメントを行うステップであり自動的にカウンタが進む場合は、このステップも不要である。ステップS 4では入力されたレゾルバのデータからサンプリングタイミングの補正量の計算を行う。計算方法は前述した方法と同じである。ステップS 4で補正すべきタイミングが求められれば、ステップS 7に補正値を渡す。ステップS 7は、ステップS 4から渡された値を保持し、次の周期の実行からその値を反映してサンプリングパルス出力タイミングの制御を行う。ステップS 7は、基準カウンタ6が所望の値になったときに、ステップS 10にサンプリングパルス出力するように動作し、励磁周波数の4倍の周波数でA/D変換を行う場合では、ステップS 10では、励磁1周期に4回パルス出力する。

10

ステップS 5、S 6は同期検波によるAM復調のステップである。ステップS 8は、ステップS 5、S 6で求めた結果を用い、逆正接( $\arctan$ )の関数計算に基づいてNを求めるステップである。ステップS 9は、励磁信号を出力するステップであり、一般的にはROMを用いて正弦波波形に変換することが多い。出力するタイミングは処理可能な速度に依存する。とくに処理速度が早い場合では、システムクロックと同期して出力できるが、システムクロックの2分の1や4分の1等の低速度でも励磁信号の出力として動作可能である。ステップS 10はサンプリングパルス出力するステップでありA/D変換用のパルス出力し、ステップS 11は計算したデジタル角度情報を出力する。

20

**【0030】**

このようにこの実施の形態4によるレゾルバ/デジタル変換方法は、前記した実施の形態1と同様の効果を奏する。

**【0031】**

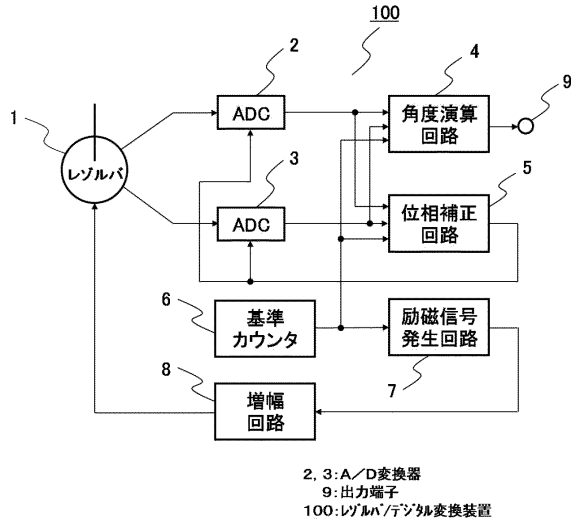
なお、前記実施の形態1~4では、レゾルバは2相のレゾルバ信号を出力する例を示したが、これに限らず2相以上を出力する場合であってもよい。

**【符号の説明】****【0032】**

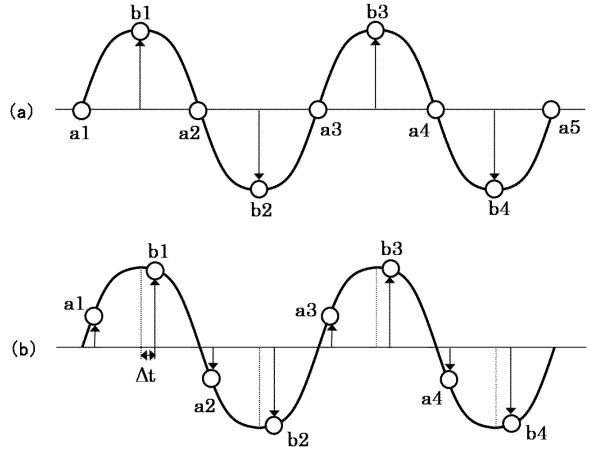
1 レゾルバ、2, 3 A/D変換器、4 角度演算回路、5 位相補正回路、  
6 基準カウンタ、7 励磁信号発生回路、100 レゾルバ/デジタル変換装置。

30

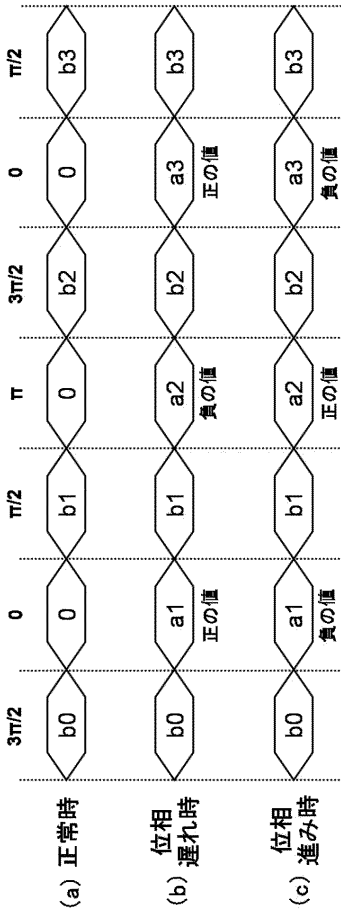
【図1】



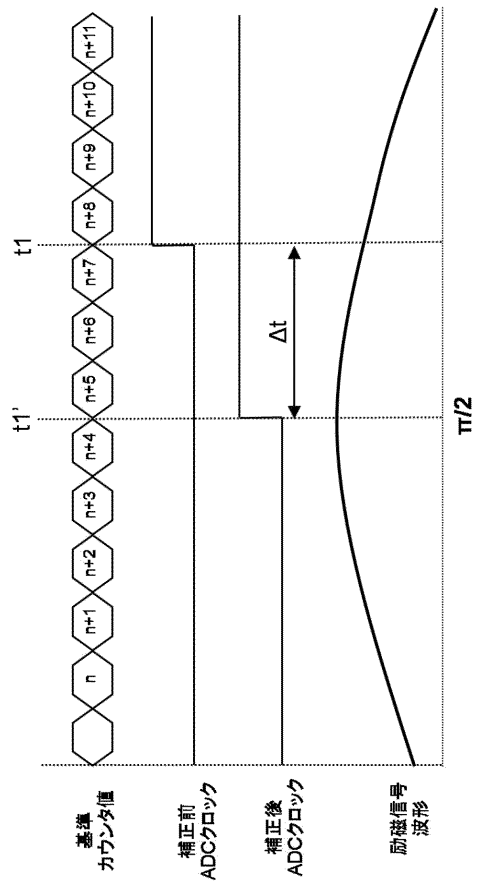
【図2】



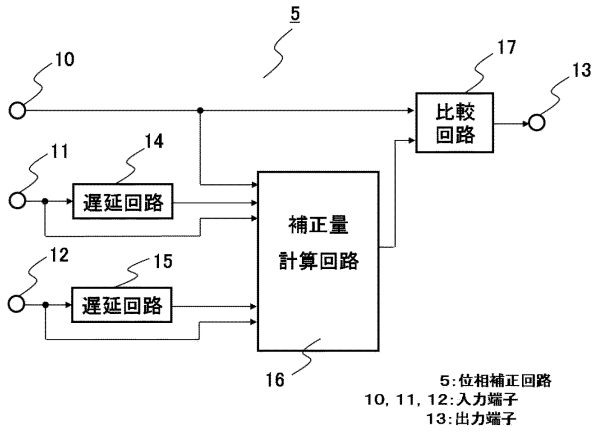
【図3】



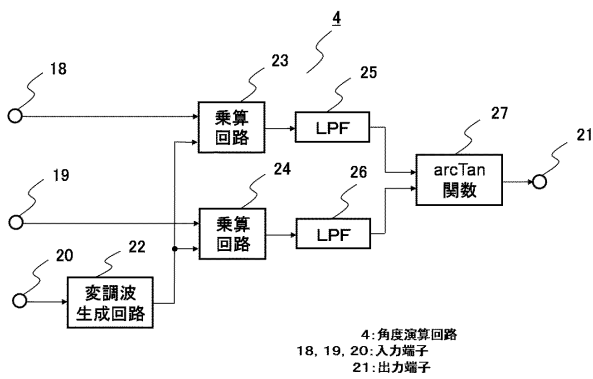
【図4】



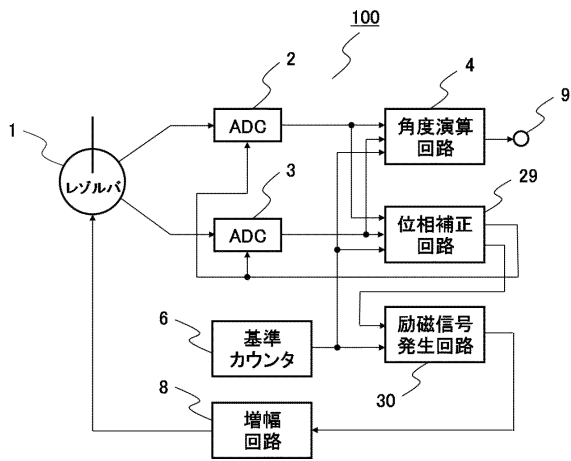
【図5】



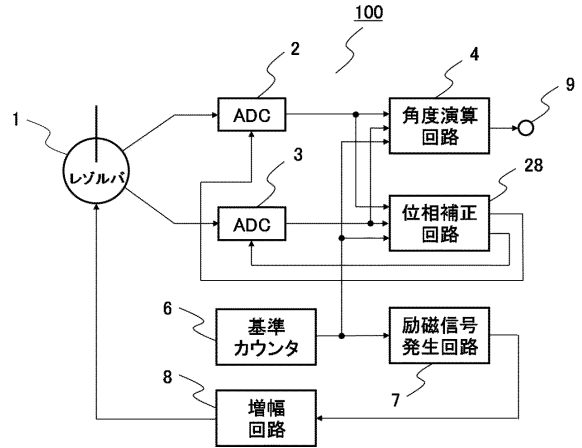
【図6】



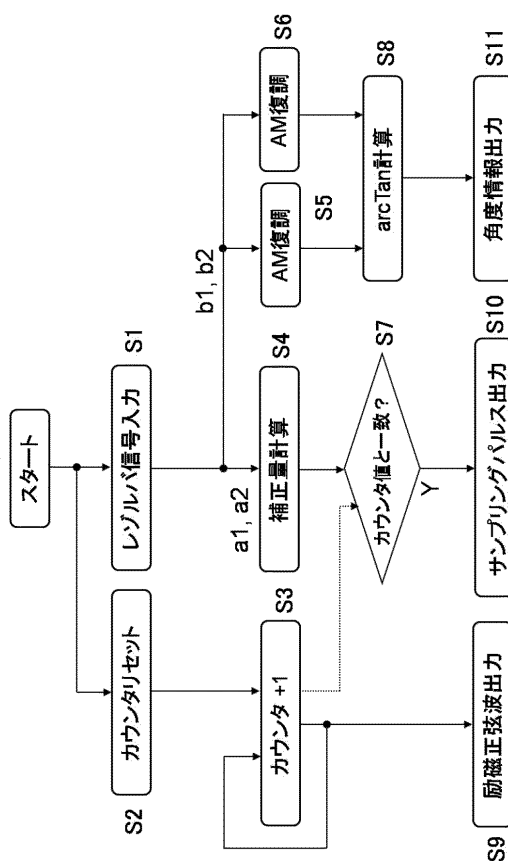
【図8】



【図7】



【図9】



---

フロントページの続き

(72)発明者 末竹 成規  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 井上 昌宏

(56)参考文献 特開2007-248246(JP,A)  
特開2007-206018(JP,A)  
特開2008-116350(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01D5/00~5/252、5/39~5/62  
G01B7/00~7/34