

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5000325号
(P5000325)

(45) 発行日 平成24年8月15日 (2012. 8. 15)

(24) 登録日 平成24年5月25日 (2012. 5. 25)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 D 5/244 (2006. 01)

G O 1 D 5/244 J

G O 1 D 5/20 (2006. 01)

G O 1 D 5/20 1 1 O Q

請求項の数 8 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2007-30386 (P2007-30386)
(22) 出願日 平成19年2月9日 (2007. 2. 9)
(65) 公開番号 特開2008-196888 (P2008-196888A)
(43) 公開日 平成20年8月28日 (2008. 8. 28)
審査請求日 平成22年2月3日 (2010. 2. 3)

(73) 特許権者 000003458
東芝機械株式会社
東京都千代田区内幸町2丁目2番2号
(74) 代理人 100094053
弁理士 佐藤 隆久
(72) 発明者 佐藤 庄一
静岡県沼津市大岡2068の3 東芝機械
株式会社内
審査官 井上 昌宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位相差検出装置及び回転位置検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定対象の回転位置に応じた、基準信号と検出信号との位相差を検出する位相差検出装置であって、

所定の第1クロックパルスに同期してカウントを行い、前記基準信号の位相が所定の基準位相となったときにリセットされる基準カウンタと、

前記測定対象の回転速度を特定可能な速度情報を取得する速度検出部と、

前記速度情報に基づいて特定される、前記基準カウンタの1カウントに相当する角度を前記測定対象が回転するのに要する時間を、パルス間隔として、第2クロックパルスを出力するパルス変換部と、

前記検出信号の位相が前記基準位相となる毎に前記基準カウンタのカウントしているカウント値をラッチし、前記検出信号の位相が前記基準位相となつてからの前記第2クロックパルスのパルス数をカウントし、ラッチしたカウント値とカウントしたパルス数との和及び差の少なくとも一方を出力可能な位相カウンタ部と、

を有する位相差検出装置。

【請求項 2】

前記位相カウンタ部は、前記検出信号の位相が前記基準位相となる毎に前記基準カウンタのカウントしているカウント値が初期値に設定され、前記第2クロックパルスに同期してカウントを行う位相カウンタを有する

請求項1に記載の位相差検出装置。

【請求項 3】

前記位相カウンタは、前記基準カウンタがカウントするカウント値の範囲と同一の範囲で繰り返しカウント可能である

請求項 2 に記載の位相差検出装置。

【請求項 4】

前記速度検出部は、前記測定対象の回転方向を特定可能な回転方向情報を取得し、

前記位相カウンタ部は、前記回転方向情報に応じて、前記ラッチしたカウント値とカウントしたパルス数との和又は差のいずれか一方を選択的に出力する

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の位相差検出装置。

【請求項 5】

前記速度検出部は、前記基準信号における所定の基準位相範囲に相当する第 1 時間長さに対する、前記検出信号における前記基準位相範囲に相当する第 2 時間長さの変動分に相当する、前記第 1 クロックパルスのパルス数を計測し、

前記パルス変換部は、前記速度検出部の計測した前記変動分に相当する前記第 1 クロックパルスのパルス数に基づいて特定される、前記第 2 時間長さを前記変動分に相当する前記第 1 クロックパルスのパルス数で割った値を、前記パルス間隔として、前記第 2 クロックパルスを出力する

請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の位相差検出装置。

【請求項 6】

前記速度検出部は、前記第 1 時間長さに相当する前記第 1 クロックパルスのパルス数を初期値とし、前記検出信号の前記基準位相範囲において前記第 1 クロックパルスに同期したカウントダウンを行うことにより、前記変動分に相当する前記第 1 クロックパルスのパルス数を計測するダウンカウンタを有する

請求項 5 に記載の位相差検出装置。

【請求項 7】

前記基準位相範囲は、前記基準位相間の範囲であり、

前記パルス変換部は、順次到来する前記検出信号の前記基準位相範囲のそれぞれにおいて、直前の前記基準位相範囲において前記速度検出部の計測した前記変動分に相当する前記第 1 クロックパルスのパルス数に基づいて特定される前記パルス間隔で、前記第 2 クロックパルスを出力する

請求項 5 又は 6 に記載の位相差検出装置。

【請求項 8】

入力された励磁信号に対して測定対象の回転位置に応じた位相差となる検出信号を出力するレゾルバと、

前記レゾルバに前記励磁信号を入力する励磁回路と、

前記励磁信号と前記検出信号との前記位相差を検出する位相差検出装置と、

を有し、

前記位相差検出装置は、

所定の第 1 クロックパルスに同期してカウントを行い、前記励磁信号の位相が所定の基準位相となったときにリセットされる基準カウンタと、

前記測定対象の回転速度を特定可能な速度情報を取得する速度検出部と、

前記速度情報に基づいて特定される、前記基準カウンタの 1 カウントに相当する角度を前記測定対象が回転するのに要する時間を、パルス間隔として、第 2 クロックパルスを出力するパルス変換部と、

前記検出信号の位相が前記基準位相となる毎に前記基準カウンタのカウントしているカウント値をラッチし、前記検出信号の位相が前記基準位相となつてからの前記第 2 クロックパルスのパルス数をカウントし、ラッチしたカウント値とカウントしたパルス数との和及び差の少なくとも一方を出力可能な位相カウンタ部と、

を有する回転位置検出装置。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、基準信号に対して測定対象の回転位置に応じた位相差で出力される検出信号の前記位相差を検出する位相差検出装置及び回転位置検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

基準信号の位相を測定対象の回転位置に応じた位相差でシフトさせて検出信号を出力し、基準信号と検出信号との位相差を検出することにより、測定対象の回転位置を測定する技術が知られている。

【0003】

10

例えば、特許文献1では、2相入力1相出力のレゾルバの位相検出装置が開示されている。レゾルバには、信号レベルが $\sin(\omega t)$ 、 $\cos(\omega t)$ で変動する2つの励磁信号が入力される。励磁信号は、基準信号又は基準信号と同位相の信号である。レゾルバは、入力された励磁信号の一つをレゾルバ軸の回転角 θ だけシフトした(位相変調した)検出信号を出力する。すなわち、レゾルバは、信号レベルが $\sin(\omega t + \theta)$ で変動する検出信号を出力する。

【0004】

また、特許文献1の従来技術の欄では、励磁信号 $\sin(\omega t)$ をデジタル化した信号の立ち上がりエッジ($t = 0$ のとき)においてカウントアップを開始するカウンタと、検出信号 $\sin(\omega t + \theta)$ をデジタル化した信号の立ち上がりエッジにおいて前記のカウ

20

ンタの値をラッチするラッチ回路とを備えることにより、励磁信号(基準信号)と検出信号との位相差 θ を検出する技術が開示されている。

しかし、上記のようなカウンタとラッチ回路との組み合わせでは、以下に例示するような不都合が生じる。測定対象が回転しているときには、検出信号の周期は、励磁信号の周期に対して変動し、検出信号の周期が励磁信号の周期よりも長くなることがある。変動量は、測定対象の回転速度が速いほど大きくなる。従って、回転速度が速い場合に、励磁信号の一の立ち上がりエッジ($t = 0$)に対応する検出信号の立ち上がりエッジが検出される前に、励磁信号の次の立ち上がりエッジ($t = 2\pi/\omega$)が到来してしまうことがある。この場合、上記のようなカウンタとラッチ回路との組み合わせでは、励磁信号の前記一

30

の立ち上がりエッジ($t = 0$)に対する検出信号の位相差を示すカウント値がラッチされる前に、カウンタがリセットされ、励磁信号の次の立ち上がりエッジ($t = 2\pi/\omega$)に対する検出信号の位相差の測定を開始してしまう。このようなことを防止するためには、励磁信号の周波数を高くせざるを得ない。

そこで、2つのカウンタを設ける技術が知られている。この技術では、各カウンタは、励磁信号の2周期毎に、かつ、互いに1周期ずれてリセットされる。すなわち、一のカウンタにより励磁信号の2周期毎に一の位相差を検出し、2つのカウンタにより1周期毎に交互に位相差の計測を開始することにより、1周期毎に一の位相差を検出している。これにより、検出信号の周期が長くてもカウント値がラッチされる前にリセットされてしまう

40

ことを抑制し、励磁信号の周波数を低くすることを可能としている(なお、当該技術については、図4(a)を参照して後述する。)

また、上記のような励磁信号に同期してリセットされるカウンタによる位相差計測を行わない技術も知られている。例えば、検出信号の周期を測定し、その周期から測定対象の回転速度に関する情報を取得し、測定対象の回転速度を積算していくことにより、測定対象の回転位置を検出する技術が知られている。

【特許文献1】特開昭61-137010号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 0 8 】

しかし、2つのカウンタを使用する位相差検出装置では、基準信号の2周期中のいずれかの時点において検出信号の立ち上がりエッジが生じ、位相差が検出される一方で、その検出された位相差は、基準信号の2周期の終了時点においてCPUに出力されるから、位相差の検出と、検出された位相差の出力との間には、最大で1.5周期程度の遅れ時間が生じるとともに、その遅れ時間にはばらつきが生じる。すなわち、位相差が出力されたときには、既にある実際の位相差は、出力された位相差に対して大きく変化しているとともに、その変化量がばらつくことになるから、位相検出の精度が低いことになる。また、測定対象の回転速度を積算して位相差を検出する装置では、ノイズ等により回転速度を誤検出した場合には、以後の位相差は誤差を含んだものとなる。

10

【 0 0 0 9 】

本発明の目的は、高精度に位相を検出できる位相差検出装置及び回転位置検出装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本発明の位相差検出装置は、測定対象の回転位置に応じた、基準信号と検出信号との位相差を検出する位相差検出装置であって、所定の第1クロックパルスに同期してカウントを行い、前記基準信号の位相が所定の基準位相となったときにリセットされる基準カウンタと、前記測定対象の回転速度を特定可能な速度情報を取得する速度検出部と、前記速度情報に基づいて特定される、前記基準カウンタの1カウントに相当する角度を前記測定対象が回転するのに要する時間を、パルス間隔として、第2クロックパルスを入力するパルス変換部と、前記検出信号の位相が前記基準位相となる毎に前記基準カウンタのカウントしているカウント値をラッチし、前記検出信号の位相が前記基準位相となつてからの前記第2クロックパルスのパルス数をカウントし、ラッチしたカウント値とカウントしたパルス数との和及び差の少なくとも一方を出力可能な位相カウンタ部と、を有する。

20

【 0 0 1 1 】

好適には、前記位相カウンタ部は、前記検出信号の位相が前記基準位相となる毎に前記基準カウンタのカウントしているカウント値が初期値に設定され、前記第2クロックパルスに同期してカウントを行う位相カウンタを有する。

【 0 0 1 2 】

好適には、前記位相カウンタは、前記基準カウンタがカウントするカウント値の範囲と同一の範囲で繰り返しカウント可能である。

30

【 0 0 1 3 】

好適には、前記速度検出部は、前記測定対象の回転方向を特定可能な回転方向情報を取得し、前記位相カウンタ部は、前記回転方向情報に応じて、前記ラッチしたカウント値とカウントしたパルス数との和又は差のいずれか一方を選択的に出力する。

【 0 0 1 4 】

好適には、前記速度検出部は、前記基準信号における所定の基準位相範囲に相当する第1時間長さに対する、前記検出信号における前記基準位相範囲に相当する第2時間長さの変動分に相当する、前記第1クロックパルスのパルス数を計測し、前記パルス変換部は、前記速度検出部の計測した前記変動分に相当する前記第1クロックパルスのパルス数に基づいて特定される、前記第2時間長さを前記変動分に相当する前記第1クロックパルスのパルス数で割った値を、前記パルス間隔として、前記第2クロックパルスを入力する。

40

【 0 0 1 5 】

好適には、前記速度検出部は、前記第1時間長さに相当する前記第1クロックパルスのパルス数を初期値とし、前記検出信号の前記基準位相範囲において前記第1クロックパルスに同期したカウントダウンを行うことにより、前記変動分に相当する前記第1クロックパルスのパルス数を計測するダウンカウンタを有する。

【 0 0 1 6 】

好適には、前記基準位相範囲は、前記基準位相間の範囲であり、前記パルス変換部は、

50

順次到来する前記検出信号の前記基準位相範囲のそれぞれにおいて、直前の前記基準位相範囲において前記速度検出部の計測した前記変動分に相当する前記第1クロックパルスのパルス数に基づいて特定される前記パルス間隔で、前記第2クロックパルスを出力する。

【0017】

本発明の回転位置検出装置は、入力された励磁信号に対して測定対象の回転位置に応じた位相差となる検出信号を出力するレゾルバと、前記レゾルバに前記励磁信号を入力する励磁回路と、前記励磁信号と前記検出信号との前記位相差を検出する位相差検出装置と、を有し、前記位相差検出装置は、所定の第1クロックパルスに同期してカウントを行い、前記励磁信号の位相が所定の基準位相となったときにリセットされる基準カウンタと、前記測定対象の回転速度を特定可能な速度情報を取得する速度検出部と、前記速度情報に基づいて特定される、前記基準カウンタの1カウントに相当する角度を前記測定対象が回転するのに要する時間を、パルス間隔として、第2クロックパルスを出力するパルス変換部と、前記検出信号の位相が前記基準位相となる毎に前記基準カウンタのカウントしているカウント値をラッチし、前記検出信号の位相が前記基準位相となつてからの前記第2クロックパルスのパルス数をカウントし、ラッチしたカウント値とカウントしたパルス数との和及び差の少なくとも一方を出力可能な位相カウンタ部と、を有する。

10

【発明の効果】

【0018】

本発明よれば、高精度に位相を検出できる。

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0019】

図1は、本発明の実施形態に係る回転位置検出装置1の全体構成の概要を示すブロック図である。回転位置検出装置1は、測定対象の回転体101の回転位置(位相) θ を検出する装置として構成されている。回転体101は、例えば、モータのロータ、内燃機関のクランク軸である。回転位置検出装置1は、検出した回転位置 θ に応じた信号を位相差信号 S_h として出力する。位相差信号 S_h は、例えば、コンピュータに含まれるCPU103に出力され、回転体101の回転制御やモニタに供される。

【0020】

回転位置検出装置1は、回転体101に連結されたレゾルバ2と、レゾルバ2に励磁信号 S_s 及び S_c を入力する励磁回路3と、基準信号としての励磁信号 S_s 又は S_c とレゾルバ2から出力された第1検出信号 S_o との位相差を検出する位相差検出装置4とを有している。なお、励磁信号 S_s 及び S_c は、いずれも基準信号になり得るものであるが、以下では、励磁信号 S_s を基準信号として説明する。

30

【0021】

レゾルバ2は、例えば、2相入力1相出力の位相変調型のレゾルバとして構成されている。レゾルバ2は、例えば、特に図示しないが、ステータと、ステータに対して回転可能に且つ偏心して設けられたレゾルバ軸と、ステータに設けられた2つの励磁コイル及び1つの検出コイルとを有している。レゾルバ軸は、回転体101に連結されている。

【0022】

励磁回路3の出力する励磁信号 S_s 、 S_c は、レゾルバ2の励磁コイルに入力される。励磁信号 S_s 、 S_c は、その信号レベルの変動が所定の周期の正弦波($\sin(\omega t)$)及び余弦波($\cos(\omega t)$)により表されるアナログ式の信号である。レゾルバ2の検出コイルからは、励磁信号 S_s をレゾルバ軸の回転位置 θ だけシフトさせたアナログ式の第1検出信号 S_o が出力される。すなわち、検出信号 S_o の信号レベルの変動は、 $\sin(\omega t + \theta)$ により表される。従って、励磁信号 S_s と、第1検出信号 S_o との位相差を検出することにより、回転体101の回転位置 θ が検出される。なお、回転体101等の回転方向と θ の正負の定義等により、位相差と回転位置との正負は異なるが、以下では、位相差の正負と回転位置の正負とは一致するものとして説明する。

40

【0023】

位相差検出装置4は、第1検出信号 S_o のゼロクロス点毎に、励磁信号 S_c と第1検出

50

信号 S_o との位相差を測定可能に、クロック 11、基準カウンタ 13、A/D変換部 15、及び、エッジ検出部 17を有している。さらに、位相差検出装置 4は、第1検出信号 S_o のゼロクロス点が検出された後における位相差の変動を考慮可能に、速度検出部 19、パルス変換部 21、及び、位相カウンタ 23を有している。なお、位相差検出装置 4は、上記以外にも、フィルタ回路等の適宜な回路を有していてもよい。

【0024】

クロック 11は、所定の周波数で第1クロックパルス CLK 1を出力する。例えば、クロック 11は、水晶やセラミック等により形成された発振子の振動をパルスに変換して出力する。クロック 11の周波数は、適宜に設定されてよい。クロック 11の周波数は、例えば、後述する n の値と周期 T_s とに基づいて決定される。クロック 11の周波数は、例えば、200MHzである。なお、図1では、第1クロックパルス CLK 1は、基準カウンタ 13及び速度検出部 19への入力経路のみが図示されているが、A/D変換部 15、エッジ検出部 17、パルス変換部 21、位相カウンタ 23等に直接に又は分周器を介して入力されて利用されてよい。

10

【0025】

基準カウンタ 13は、第1クロックパルス CLK 1に同期してカウントを行う。なお、カウントは、カウントアップでもカウントダウンでもよいが、以下では、カウントアップを行うものとして説明する。基準カウンタ 13のカウント値と、励磁信号 S_s 及び S_c の位相とは対応付けられている。すなわち、励磁信号 S_s 及び S_c の位相は、基準カウンタ 13のカウント値から特定可能である。基準カウンタ 13は、励磁信号 S_s の周期 T_s と同一の周期でリセットされる。

20

【0026】

図1では、基準カウンタ 13のカウント値が、励磁信号 S_s 及び S_c の生成にも利用されている場合を例示している。例えば、基準カウンタ 13は、 n 進カウンタにより構成されており、 $0 \sim n-1$ の範囲で繰り返しカウントを行う。基準カウンタ 13のカウントしているカウント値 i は、カウント信号 S_t として励磁回路 3に入力される。励磁回路 3は、励磁信号 S_s 、 S_c の信号レベルが、 $V_o \times \sin(2\pi/n \times i + \varepsilon)$ 、 $V_o \times \cos(2\pi/n \times i + \varepsilon)$ (V_o 、 ε はそれぞれ一定) となるように励磁信号 S_s 、 S_c を生成する。なお、 ε は適宜に設定されてよいが、以下では、 $\varepsilon = \pi$ として、すなわち、 $i = 0$ のときに励磁信号 S_s がゼロダウncロスするものとして説明する。

30

【0027】

A/D変換部 15は、レゾルバ 2からの第1検出信号 S_o を2値のデジタル形式の第2検出信号 S_d に変換して出力する。すなわち、A/D変換部は、第1検出信号 S_o の信号レベルが所定の基準レベルに対して高いときには信号レベルが所定のローレベル（ハイレベルでもよい）で一定となる信号を、第1検出信号 S_o の信号レベルが所定の基準レベルに対して低いときには信号レベルが所定のハイレベル（ローレベルでもよい）で一定となる信号を出力する。

【0028】

エッジ検出部 17は、A/D変換部 15からの第2検出信号 S_d のエッジを検出する。エッジ検出部 17により検出されるエッジは、立ち上がりエッジ及び立ち下がりエッジのうち、いずれであってもよいし、双方であってもよいが、以下では、立ち下がりエッジが検出されるものとして説明する。

40

【0029】

エッジ検出部 17は、立ち下がりエッジを検出したときに、エッジ検出信号 S_e を出力する。例えば、エッジ検出部 17は、立ち下がりエッジが検出されていないときは、ローレベル（0、偽）の信号を出力し、立ち下がりエッジが検出されたときは、エッジ検出信号 S_e としてのハイレベル（1、真）の信号をクロック 11の1クロックの長さだけ出力する。

【0030】

速度検出部 19は、励磁信号 S_s の周期 T_s に対する第2検出信号 S_d （第1検出信号

50

S o) の周期 T_d の変動分 ΔT を計測し、変動分 ΔT の絶対値を示す情報を速度信号 S_v としてパルス変換部 21 に出力するとともに、変動分 ΔT の正負 (増減) を示す情報を正負信号 S_p として位相カウンタ 23 に出力する。

【0031】

例えば、速度検出部 19 は、第 1 クロックパルスに同期してカウントダウンを行うダウンカウンタ 27 を有している。ダウンカウンタ 27 は、エッジ検出部 17 からエッジ検出信号 S_e が入力される毎にカウント値が初期値にリセットされる。ダウンカウンタ 27 の初期値は、基準カウンタ 13 の最大値 $n - 1$ に設定されている。換言すれば、ダウンカウンタ 27 の初期値は、励磁信号 S_s (基準信号) の 1 周期において基準カウンタ 13 によりカウントされる第 1 クロックパルスのパルス数に設定されている。

10

【0032】

図 2 は、ダウンカウンタ 27 の動作を説明する図である。

【0033】

図 2 (a) に示すように、ダウンカウンタ 27 は、第 2 検出信号 S_d の立ち下がりエッジが検出された時点 t_0 において、初期値 $n - 1$ にリセットされ、カウントダウンを開始する。図 2 (c) に示すように、第 2 検出信号 S_d の周期 T_d が、励磁信号 S_s の周期 T_s と等しい場合 ($T_d = T_s$ 、 $\Delta T = 0$ の場合)、すなわち、回転体 101 が停止している場合には、図 2 (a) に示すように、第 2 検出信号 S_d の次の立ち下がりエッジが検出される時点 t_1 においてリセットされる直前の、ダウンカウンタ 27 のカウント値は 0 となる。

20

【0034】

一方、図 2 (b) に示すように、第 2 検出信号 S_d の周期 T_d が励磁信号 S_s の周期 T_s よりも短い場合には、すなわち、回転体 101 が一方方向 (本実施形態では θ の負方向) に回転している場合には、図 2 (a) に示すように、第 2 検出信号 S_d の次の立ち下がりエッジが検出される時点 t_2 においてリセットされる直前の、ダウンカウンタ 27 のカウント値は正の値 k となる。 k は、変動分 ΔT に相当する、第 1 クロックパルス CLK_1 のパルス数となっている。

【0035】

同様に、図 2 (d) に示すように、第 2 検出信号 S_d の周期 T_d が励磁信号 S_s の周期 T_s よりも長い場合には、すなわち、回転体 101 が他方向 (本実施形態では θ の正方向) に回転している場合には、図 2 (a) に示すように、第 2 検出信号 S_d の次の立ち下がりエッジが検出される時点 t_3 においてリセットされる直前の、ダウンカウンタ 27 のカウント値は負の値 k となる。 k の絶対値は、変動分 ΔT に相当する、第 1 クロックパルス CLK_1 のパルス数となっている。

30

【0036】

なお、回転体 101 が θ の正方向に回転したときに k の値が正に、回転体 101 が θ の負方向に回転したときに k の値が負になるように、励磁信号 S_s の式や θ の正負等を設定してもよい。

【0037】

図 1 に示すように、速度検出部 19 は、ダウンカウンタ 27 のリセットされる直前のカウント値 k の絶対値 $|k|$ を速度信号 S_v としてパルス変換部 21 に出力する。例えば、特に図示しないが、速度検出部 19 は、第 1 クロックパルス CLK_1 に同期してダウンカウンタ 27 のカウント値をラッチするラッチ回路を有し、当該ラッチ回路によりダウンカウンタ 27 の 1 クロック前のカウント値を保持する。そして、エッジ検出部 17 からエッジ検出信号 S_e が検出されたときに、ラッチ回路に保持されているカウント値の絶対値 $|k|$ を速度信号 S_v としてパルス変換部 21 へ出力する。

40

【0038】

また、速度検出部 19 は、ダウンカウンタ 27 のリセットされる直前のカウント値 k の正負を示す正負信号 S_p を位相カウンタ 23 に出力する。例えば、エッジ検出部 17 からエッジ検出信号 S_e が検出されたときに、上記の不図示のラッチ回路により保持されてい

50

るカウント値の正負を正負信号 S_p として出力する。

【 0 0 3 9 】

パルス変換部 2 1 は、第 2 検出信号 S_d の周期 T_d を変動分 ΔT に相当するパルス数の絶対値 $|k|$ で除した $T_d / |k|$ をパルス間隔 T_p として、第 2 クロックパルス CLK_2 を出力する。なお、 $k = 0$ である場合には、パルス間隔 T_p は無限大に設定される。すなわち、 $k = 0$ である場合には、パルス変換部 2 1 は第 2 クロックパルス CLK_2 を出力しない。第 2 検出信号 S_d の周期 T_d は、適宜な方法によって特定されてよいが、例えば、パルス変換部 2 1 が、励磁信号 S_s の周期 T_s に対して、第 1 クロックパルス CLK_1 のパルス間隔にカウント値 k を乗じた値を減算することにより算出される。励磁信号 S_s の周期 T_s は、例えば、予め記憶されており、あるいは、第 1 クロックパルス CLK_1 のパルス間隔に基準カウンタ 1 3 の最大値 $n - 1$ を乗じて算出される。

10

【 0 0 4 0 】

位相カウンタ 2 3 は、例えば、プリセット機能及びアップ・ダウン切替機能を有する n 進カウンタにより構成されている。位相カウンタ 2 3 は、エッジ検出部 1 7 からエッジ検出信号 S_e が入力されたときに、基準カウンタ 1 3 のカウント値 i を初期値に設定する（カウント値 i をラッチする。）。そして、第 2 クロックパルス CLK_2 に同期してカウントを行う。カウントは、正負信号 S_p に応じてカウントアップ又はカウントダウンのいずれかに切り替えられる。例えば、上述のように、回転位置 θ が増加するときに基準カウンタ 1 3 のカウント値 i が増加するように、回転位置 θ とカウント値 i とが対応付けられている場合には、正負信号 S_p が示す変動分 ΔT の符号が正のとき、すなわち、回転体 1 0 1 が θ の負方向に回転しているときには、カウントダウンが行われ、正負信号 S_p が示す変動分 ΔT の符号が負のとき、すなわち、回転体 1 0 1 が θ の正方向に回転しているときには、カウントアップが行われる。

20

【 0 0 4 1 】

図 3 は、位相差検出装置 4 の動作を説明するためのタイミングチャートである。図 3 (a) は、基準カウンタ 1 3 のカウントしているカウント値を示し、図 3 (b) は、励磁回路 3 の出力する励磁信号 S_s の信号レベルを示し、図 3 (c) は、レゾルバ 2 の出力する第 1 検出信号 S_o の信号レベルを示し、図 3 (d) は、A / D 変換部 1 5 の出力する第 2 検出信号 S_d の信号レベルを示し、図 3 (e) は、ダウンカウンタ 2 7 のカウントしているカウント値を示し、図 3 (f) は、パルス変換部 2 1 の出力する第 2 クロックパルス CLK_2 を示し、図 3 (g) は、位相カウンタ 2 3 のカウントしているカウント値を示している。

30

【 0 0 4 2 】

図 3 (a) に示すように、基準カウンタ 1 3 は、 $0 \sim n - 1$ の範囲のカウントを一定の周期 T_s で繰り返し行う。図 3 (b) に示すように、励磁信号 S_s は、基準カウンタ 1 3 の周期 T_s と同一の周期 T_s の波形で表される。なお、上述のように、本実施形態では、基準カウンタのカウント値 i に対して励磁信号 $S_s = V_o \times \sin(2\pi / n \times i + \pi)$ が生成されると仮定しているから、基準カウンタ 1 3 のリセット時に励磁信号 S_s はゼロダウncロスする。

【 0 0 4 3 】

40

図 3 (c) に示すように、第 1 検出信号 S_o は、励磁信号 S_s を回転体 1 0 1 の回転位置 θ だけ位相をシフトさせた波形で表される。ただし、第 1 検出信号 S_o の周期 T_d は、回転体 1 0 1 の回転している場合には、励磁信号 S_s の周期 T_s に対して変動する。図 3 (c) では、第 1 検出信号 S_o のゼロダウncロス時に θ_1 、 θ_2 、 θ_3 の位相差が生じた場合を例示するとともに、回転体 1 0 1 が θ の正方向に回転しており、第 1 検出信号 S_o の周期 T_d が励磁信号 S_s の周期 T_s よりも長くなっている場合を例示している。

【 0 0 4 4 】

図 3 (d) に示すように、第 2 検出信号 S_d は、第 1 検出信号 S_o と位相が同一の方形波で表される。第 2 検出信号 S_d の立ち上がりは第 1 検出信号 S_o のゼロアップクロスに対応し、第 2 検出信号 S_d の立ち下がりは第 1 検出信号 S_o のゼロダウncロスに対応し

50

ている。

【 0 0 4 5 】

図 3 (e) に示すように、ダウンカウンタ 2 7 は、 $n - 1$ を初期値として、第 2 検出信号 S_d の立ち下がりから、第 1 クロックパルス CLK_1 に同期して、カウントダウンを開始する。図 3 (a) 及び図 3 (b) に示されるように、第 1 クロックパルスに同期した $0 \sim n - 1$ のカウントは励磁信号 S_s の周期 T_s に相当するから、ダウンカウンタ 2 7 により、次の立ち下がりまでにカウントされたカウント値 k は、励磁信号 S_s の周期 T_s に対する第 2 検出信号 S_d の変動分 ΔT に相当する。なお、図 3 (e) では、第 2 検出信号 S_d の周期 T_d が励磁信号 S_s の周期 T_s よりも長く、変動分 ΔT_1 、 ΔT_2 、 ΔT_3 に対応して負のカウント値 k_1 、 k_2 、 k_3 がカウントされた場合を例示している。

10

【 0 0 4 6 】

図 3 (f) に示されるように、パルス変換部 2 1 は、第 2 検出信号 S_d の周期 T_d を、カウント値 k の絶対値 $|k|$ で除した $T_d / |k|$ をパルス間隔 T_p として第 2 クロックパルス CLK_2 を出力する。パルス変換部 2 1 は、例えば、第 2 検出信号 S_d の立ち下がり毎にパルス間隔 T_p を算出し、その立ち下がり直後から次の立ち下がりまで、その算出したパルス間隔 T_p で第 2 クロックパルス CLK_2 を出力する。すなわち、パルス変換部 2 1 は、パルス間隔 T_p を第 2 検出信号 S_d の 1 周期毎に算出し、その算出対象となった周期の次の周期において、その算出したパルス間隔 T_p で第 2 クロックパルス CLK_2 を出力する。

【 0 0 4 7 】

20

図 3 (g) に示されるように、位相カウンタ 2 3 は、第 2 検出信号 S_d の立ち下がりにおいて、基準カウンタ 1 3 のカウント値 i をラッチする。図 3 (g) では、カウント値 i_1 、 i_2 、 i_3 がラッチされた場合を示している。ラッチされたカウント値 i は、ラッチ時における励磁信号 S_s と第 2 検出信号 S_d との位相差 θ に対応している。すなわち、ラッチ時において、 $\theta = 2\pi / n \times i$ であり、カウント値 i_1 、 i_2 、 i_3 から θ_1 、 θ_2 、 θ_3 を特定可能である。

【 0 0 4 8 】

カウント値 i をラッチした後、位相カウンタ 2 3 は、ラッチしたカウント値 i を初期値として、第 2 クロックパルス CLK_2 に同期してカウントを行う。なお、図 3 (g) では、図 3 (e) において k の符号が負であることに対応して、カウントアップが行われる場合を例示している。

30

【 0 0 4 9 】

ここで、励磁信号 S_s の周期 T_s と第 2 検出信号 S_d の周期 T_d との間に変動分 ΔT が生じたことは、周期 T_d の間に、励磁信号 S_s と第 2 検出信号 S_d との位相差 θ が変動分 ΔT に相当する角度だけ変動したことを意味する。すなわち、回転体 1 0 1 は、周期 T_d の間に、位相差 θ の変動分 $2\pi / n \times |k|$ だけ回転する。そして、パルス間隔 $T_p = T_d / |k|$ は、基準カウンタ 1 3 の 1 カウントに相当する角度 ($2\pi / n$) を回転体 1 0 1 が回転するのに要する時間を意味する。

【 0 0 5 0 】

従って、第 2 クロックパルス CLK_2 に同期してカウントを行うことは、回転体 1 0 1 が回転していることによる位相差 θ の変動に応じて、基準カウンタ 1 3 においてラッチされるべきカウント値をカウントしていることになる。

40

【 0 0 5 1 】

例えば、図 3 (g) では、カウント値 i_1 がラッチされ、パルス間隔 $T_p = \Delta T_1 / |k_1|$ で出力されるクロックパルス CLK_2 に同期してカウントアップが行われることにより、位相カウンタ 2 3 のカウントするカウント値 $i_1 + j$ は、次にラッチされるカウント値 i_2 に近づいていく。

【 0 0 5 2 】

なお、回転体 1 0 1 の回転速度が大きくなれば、ダウンカウンタのカウント値の絶対値 $|k|$ が大きくなり、パルス間隔 T_p は小さくなり、位相カウンタ 2 3 のカウント値 $i +$

50

j の勾配は大きくなる。また、回転体 1 0 1 の加速度が小さいほど（回転速度が一定であるほど）、位相カウンタ 2 3 のカウントするカウント値は、次にラッチされる基準カウンタ 1 3 のカウント値により正確に近づく。

【 0 0 5 3 】

位相カウンタ 2 3 は、図 3 (g) において、カウント値 i 2 とカウント値 i 3 との間において例示するように、カウントアップによってカウント値 $i + j$ が $n - 1$ に到達すると、0 にリセットされる。また、カウントダウンによってカウント値 $i - j$ が 0 に到達すると、 $n - 1$ にリセットされる。すなわち、位相カウンタ 2 3 は、基準カウンタ 1 3 と同一の範囲 ($0 \sim n - 1$) で繰り返しカウント可能である。換言すれば、位相カウンタ 2 3 のカウント値の範囲は、回転体 1 0 1 の回転位置 θ の範囲 $0 \sim 2\pi$ に対応している。

10

【 0 0 5 4 】

以上のとおり、本実施形態では、基準カウンタ 1 3 のカウント値をラッチしてから次にラッチするまでの間に、位相カウンタ 2 3 により、基準カウンタ 1 3 においてラッチされるべきカウント値をカウントすることから、位相検出のタイミングが第 2 検出信号 S_d の立ち下がりエッジに限定されない。すなわち、常時、又は、任意のタイミングで位相を検出できる。

【 0 0 5 5 】

図 4 は、本実施形態の効果を説明するタイミングチャートである。図 4 (a) は、従来技術におけるタイミングチャートを、図 4 (b) は、本実施形態におけるタイミングチャートを示している。

20

【 0 0 5 6 】

図 4 (a) では、第 1 カウンタ、第 2 カウンタにより位相差の検出が行われている。具体的には、各カウンタにおいては、基準信号の立ち下がりエッジからカウントを開始し、検出信号の立ち下がりエッジが検出されるとカウントしている値が位相差としてラッチされる。各カウンタは、励磁信号の 2 周期毎に、かつ、互いに 1 周期ずれてリセットされる。

【 0 0 5 7 】

位相差検出装置に接続された CPU は、励磁信号の立ち上がりエッジにおいて、直前の立ち下がりエッジよりも 1 周期前の立ち下がりエッジから計測が開始された位相を読み出している。このため、カウンタにより位相が検出されてから、CPU に読み出されるまでは、最大で 1 . 5 周期、最小で 0 . 5 周期の遅れ時間 t_d が生じている。また、遅れ時間 t_d は、位相差の変動に伴って変動している。

30

【 0 0 5 8 】

一方、図 4 (b) に示すように、本実施形態では、位相カウンタにより常時位相が検出されている。従って、位相カウンタにより位相が検出されてから CPU に読み出されるまでに遅れ時間は生じない。あるいは、各回路の特性により生じる一定の遅れ時間しか生じない。また、適宜に一定の遅れ時間を設定することもできる。

【 0 0 5 9 】

また、本実施形態によれば、第 2 検出信号 S_d の立ち下がりエッジ毎に位相カウンタ 2 3 をリセットしていることから、検出信号等にノイズが混入して位相カウンタ 2 3 のカウント値に誤差が生じてても、リセットにより誤差は消去される。従って、従来の速度を積算して位相を算出する方法に比較してノイズの影響が少ない。

40

【 0 0 6 0 】

励磁信号 S_s の周期 T_s に相当する第 1 クロックパルス CLK 1 のパルス数を初期値とし、第 2 検出信号 S_d の周期 T_d において第 1 クロックパルス CLK 1 に同期したカウントダウンを行うダウンカウンタ 2 7 を用いて周期 T_s に対する周期 T_d の変動分 ΔT を計測していることから、速度検出部 1 9 やパルス変換部 2 1 の構成が簡素である。

【 0 0 6 1 】

第 2 検出信号 S_d の各周期 T_d において、直前の周期 T_d から特定されたパルス間隔 T_p を用いて第 2 クロックパルス CLK 2 を出力することから、逐次速度が更新されること

50

になり、回転体 101 の加速度が大きいような場合であっても高精度に位相差 θ を検出することができる。

【0062】

なお、以上の実施形態において、励磁信号 S_s は基準信号の一例であり、第 1 検出信号 S_o 及び第 2 検出信号 S_d は本発明の検出信号の一例であり、ゼロダウクロスや立ち下がリエッジが生じるときの位相 (π) は基準位相の一例であり、1 周期に対応する位相範囲 (2π) は基準位相範囲の一例であり、周期 T_s は第 1 時間長さの一例であり、周期 T_d は第 2 時間長さの一例であり、ダウンカウンタ 27 のカウント値の絶対値 $|k|$ は速度情報の一例であり、そのカウント値 k の正負は回転方向情報の一例である。また、位相カウンタ 23 により本発明の位相カウンタ部が構成されている。

10

【0063】

本発明は、以上の実施形態に限定されず、種々の態様で実施されてよい。

【0064】

位相差検出装置は、レゾルバの励磁信号と検出信号との位相差を検出するものに限定されない。また、レゾルバは、2 相入力 1 相出力のものに限定されない。基準信号に対して測定対象の回転位置に応じた位相差で検出信号を出力する位相変調型のレゾルバであればよい。例えば、2 相入力 2 相出力のレゾルバであってもよい。基準信号及び検出信号は、アナログ式であってもよいし、デジタル式であってもよい。

【0065】

基準カウンタは、そのカウント値が基準信号 (励磁信号) の生成に供されるものに限定されない。基準信号のゼロクロス検出やエッジ検出に基づいてカウントを開始するなど、基準信号に基づいてカウントを行うものであってもよい。

20

【0066】

基準カウンタのカウント値の範囲は、基準信号の基準位相から次の基準位相までにおいて、カウント値から位相を特定可能に設定されていけばよい。基準位相は、適宜な位相に設定されてよく、ゼロクロスする位相やエッジが生じる位相に限定されない。また、基準位相は、1 周期を既定する位相でなくてもよい。従って、例えば、カウント値 0 が位相 0 以外の適宜な位相に対応していてもよい。

【0067】

また、例えば、基準信号のゼロアップクロスする位相とゼロダウクロスする位相との双方の位相を基準位相としてもよい。すなわち、基準信号の半周期毎に基準位相を設定してもよい。この場合、基準信号の半周期毎に位相カウンタ (位相カウンタ部) がリセットされるから、ノイズによって生じた誤差の影響範囲が狭くなる。また、基準位相範囲も半周期であれば、検出信号の半周期の変動分が計測され、半周期毎に第 2 クロックパルスのパルス間隔が更新されるから、加速度が大きいとき等に高精度に位相差を検出することができる。

30

【0068】

また、例えば、基準信号の複数周期毎に基準位相が設定されてもよい。例えば、4 サイクルエンジンのクランク軸の回転位置を検出する場合に、基準カウンタのカウント値の範囲 $0 \sim n - 1$ を位相 $0 \sim 4\pi$ に対応させ、基準信号の 2 周期毎に基準カウンタがリセットされるようにし、いずれの工程であるか特定可能としてもよい。

40

【0069】

位相カウンタ部は、基準カウンタのカウント値を初期値としてラッチするプリセット機能付きの位相カウンタを有するもの、換言すれば、常時、基準カウンタにおいてラッチされるべきカウント値を保持しているものに限定されない。例えば、位相カウンタ部は、検出信号の基準位相において基準カウンタのカウント値をラッチするラッチ回路と、そのラッチ時に 0 にリセットされるカウンタと、適宜なタイミングで、ラッチ回路のラッチしているカウント値とカウンタのカウントしているカウント値との和又は差を出力する加算 (減算) 回路とを有して構成されてもよい。ただし、基準カウンタのカウント値を初期値としてラッチするプリセット機能付きの位相カウンタを用いたほうが構成が簡素である。

50

【 0 0 7 0 】

位相カウンタは、カウントアップとカウントダウンとを切替可能なものでなくてもよい。換言すれば、位相カウンタ部は、回転体の回転方向に応じて、ラッチした基準カウンタのカウント値とカウントした第2クロックパルスのパルス数との和又は差のいずれかを選択的に出力可能でなくてもよい。自動二輪車のクランク軸のように、回転体が一方向にのみしか回転しないのであれば、カウントアップ又はカウントダウンのいずれか一方の機能を有しているだけでよい。

【 0 0 7 1 】

速度検出部は、適宜な方法によって測定対象の回転速度を特定可能な情報を取得してよく、基準信号の基準位相範囲に相当する第1時間長さ（例えば T_s ）に対する検出信号の基準位相範囲に相当する第2時間長さ（例えば T_d ）の変動分（例えば ΔT ）を計測するものに限定されない。例えば、測定対象の回転速度の変化が緩やかであるのであれば、検出信号の基準位相において基準カウンタのカウント値をラッチして得られる、複数回分の位相差（ θ ）から位相差の変化を算出することによって、速度を特定することができる。また、変動分（例えば ΔT ）を計測する方法も、第1クロックパルスに同期したダウンカウンタを用いる方法に限定されない。例えば、別のクロックパルスに同期してアップカウンタを用いることもできる。

10

【 0 0 7 2 】

基準信号の時間長さと検出信号の時間長さとを比較する対象となる基準位相範囲は、基準位相間の範囲でなくてもよい。基準位相範囲と基準位相間の範囲とが、位相がずれて設定されていてもよいし、範囲の広さが互いに異なってもよい。例えば、基準位相はゼロアップクロスする位相に設定され、基準位相範囲は、ゼロダウンクロスする位相間に設定され、パルス変換部が、基準位相範囲を対象とした時間長さの変動分に基づいて算出したパルス間隔を、その基準位相範囲から半周期ずれた基準位相間において使用してもよい。この場合、変動分の検出から、その変動分に基づくパルス間隔で第2クロックパルスを出力するまでに半周期の余裕ができるから、パルス変換部等に遅延時間が生じてもよいことになり、回路の設計条件が緩やかになる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 7 3 】

【図1】本発明の実施形態に係る回転位置検出装置の全体構成の概略を示すブロック図。
【図2】図1の回転位置検出装置のダウンカウンタの動作を説明するタイミングチャート。

30

【図3】図1の回転位置検出装置の動作を説明するタイミングチャート。

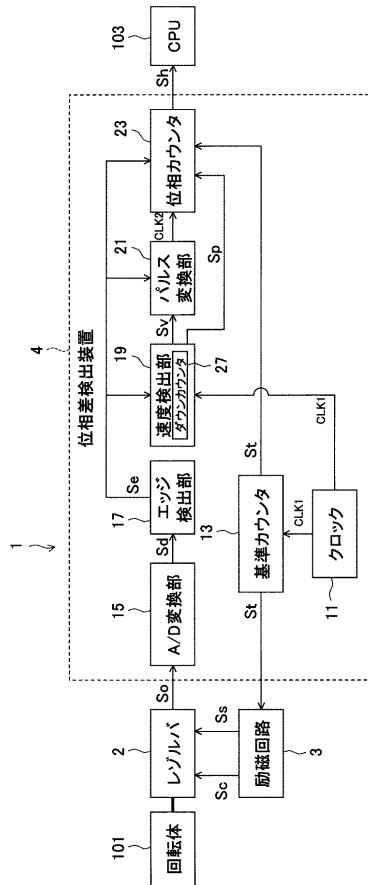
【図4】図1の回転位置検出装置の効果を説明するタイミングチャート。

【符号の説明】

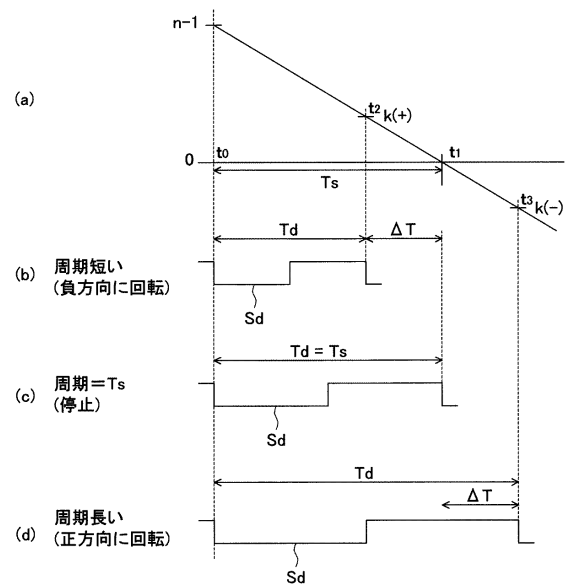
【 0 0 7 4 】

S_s ... 励磁信号（基準信号）、101 ... 回転体（測定対象）、 S_d ... 検出信号、4 ... 位相差検出装置、CLK1 ... 第1クロックパルス、13 ... 基準カウンタ、19 ... 速度検出部、CLK2 ... 第2クロックパルス、21 ... パルス変換部、23 ... 位相カウンタ。

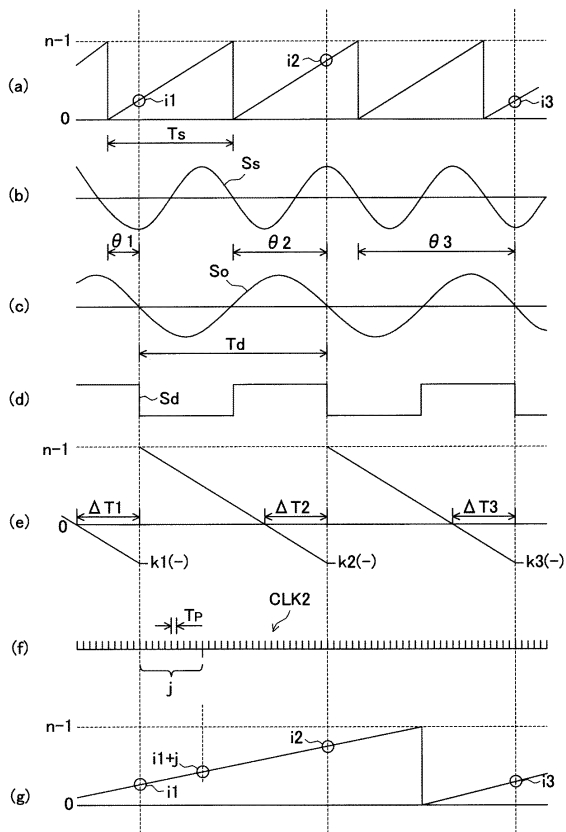
【 図 1 】



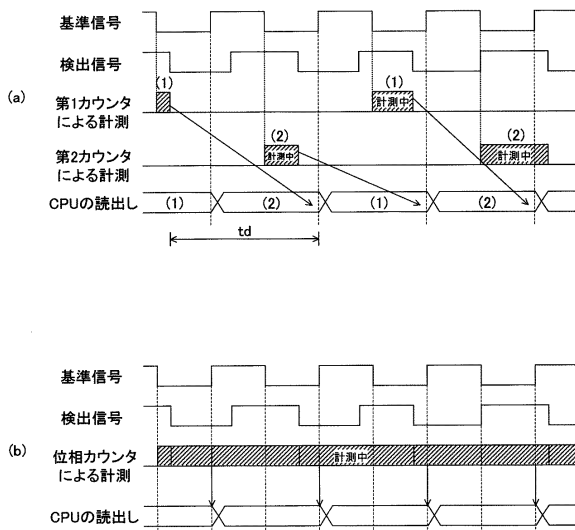
【 図 2 】



【圖 3】



【圖 4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 5 - 1 3 3 7 6 4 (J P , A)
特開平 5 - 2 7 6 7 7 6 (J P , A)
特開昭 6 3 - 2 0 6 6 1 2 (J P , A)
特開平 3 - 3 1 7 1 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 1 D 5 / 0 0 ~ 5 / 6 2