

(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2017-223562

(P2017-223562A)

(43) 公開日 平成29年12月21日(2017.12.21)

(5) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
GO1D	5/244	(2006.01)	GO1D	5/244	H	2F077		
GO1D	5/245	(2006.01)	GO1D	5/245	H	5H501		
HO2P	29/00	(2016.01)	HO2P	29/00				

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2016-119533 (P2016-119533)	(71) 出願人	000114215 ミネベアミツミ株式会社 長野県北佐久郡御代田町大字御代田4106-73
(22) 出願日	平成28年6月16日 (2016.6.16)	(74) 代理人	110001771 特許業務法人虎ノ門知的財産事務所
		(72) 発明者	永井 雅明 長野県北佐久郡御代田町大字御代田4106-73 ミネベア株式会社内
		(72) 発明者	杉田 優作 長野県北佐久郡御代田町大字御代田4106-73 ミネベア株式会社内

最終頁に続く

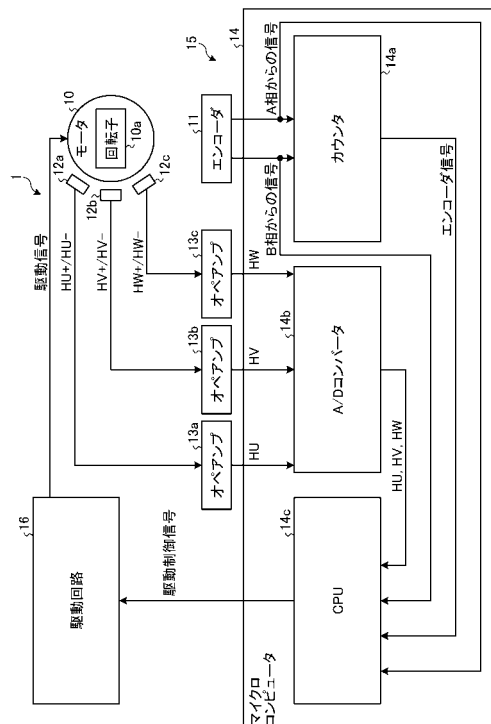
(54) 【発明の名称】 回転検出装置、モータ装置及び回転検出方法

(57) 【要約】

【課題】 エンコーダを改良することなく、高い分解能で回転角度を検出すること。

【解決手段】 回転体の回転角度のうち間欠的な回転角度を検出するエンコーダと、前記回転体の回転角度を検出する検出部と、を備え、前記検出部は、前記エンコーダにより回転角度が検出された第1のタイミングにおける前記回転体の回転に応じた信号の第1の値と、当該第1のタイミングよりも後の第2のタイミングであって前記エンコーダにより回転角度が検出された第2のタイミングにおける前記回転体の回転に応じた信号の第2の値と、前記第2のタイミングよりも後の第3のタイミングにおける前記回転体の回転に応じた信号の第3の値と、前記第1の値と前記第2の値との差を示す第1の差分に対応する第1の回転角度とに基づいて、前記第3のタイミングにおける前記回転体の回転角度を検出する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

回転体の回転角度のうち間欠的な回転角度を検出するエンコーダと、
前記回転体の回転角度を検出する検出部と、を備え、
前記検出部は、前記エンコーダにより回転角度が検出された第 1 のタイミングにおける前記回転体の回転に応じた信号の第 1 の値と、当該第 1 のタイミングよりも後の第 2 のタイミングであって前記エンコーダにより回転角度が検出された第 2 のタイミングにおける前記回転体の回転に応じた信号の第 2 の値と、前記第 2 のタイミングよりも後の第 3 のタイミングにおける前記回転体の回転に応じた信号の第 3 の値と、前記第 1 の値と前記第 2 の値との差を示す第 1 の差分に対応する第 1 の回転角度とに基づいて、前記第 3 のタイミングにおける前記回転体の回転角度を検出する、
回転検出装置。

10

【請求項 2】

前記検出部は、前記第 1 の差分と、前記第 2 の値と前記第 3 の値との差を示す第 2 の差分と、前記第 1 の回転角度とに基づいて、前記第 3 のタイミングにおける前記回転体の回転角度を検出する、請求項 1 に記載の回転検出装置。

【請求項 3】

前記検出部は、前記第 1 の差分と前記第 2 の差分との比率に基づいて、前記第 1 の回転角度から前記第 2 の差分に対応する第 2 の回転角度を算出し、算出した前記第 2 の回転角度と前記第 2 のタイミングにおける前記回転体の回転角度との和を、前記第 3 のタイミングにおける前記回転角度として検出する、請求項 2 に記載の回転検出装置。

20

【請求項 4】

前記検出部は、前記信号のうち、傾きの絶対値が他の部分と比して大きい部分における、前記第 1 の差分と前記第 2 の差分とに基づいて、前記第 3 のタイミングにおける前記回転体の回転角度を検出する、請求項 2 又は 3 に記載の回転検出装置。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の回転検出装置と、
前記回転体を回転子として備えるモータと、
を含むモータ装置。

【請求項 6】

回転体の回転角度のうち間欠的な回転角度を検出するエンコーダにより回転角度が検出された第 1 のタイミングにおける前記回転体の回転に応じた信号の第 1 の値と、当該第 1 のタイミングよりも後の第 2 のタイミングであって前記エンコーダにより回転角度が検出された第 2 のタイミングにおける前記信号の第 2 の値と、前記第 2 のタイミングよりも後の第 3 のタイミングにおける前記信号の第 3 の値と、前記第 1 の値と前記第 2 の値との差を示す第 1 の差分に対応する第 1 の回転角度とに基づいて、前記第 3 のタイミングにおける前記回転体の回転角度を検出する、
回転検出方法。

30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

40

【0001】

本発明は、回転検出装置、モータ装置及び回転検出方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、光学式エンコーダを用いて、モータの回転角度（回転位置）を検出し、検出した結果を用いて、モータの回転を制御するモータ装置がある。

【0003】

光学式エンコーダは、複数のスリットが形成されたホイールを有し、スリットの数が多いほど分解能が高くなる。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2015-90309号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ここで、分解能を高くするために、ホイールに、より多くのスリットを形成するような改良を行うことが考えられる。より多くのスリットをホイールに形成するためには、1つのスリットのサイズを小さくして、微小のスリットにする必要がある。しかしながら、微小のスリットを多く形成しようとする、コストが高くなってしまふという問題がある。

10

【0006】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、エンコーダを改良することなく、高い分解能で回転角度を検出することができる回転検出装置、モータ装置及び回転検出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】

【0007】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の一態様に係る回転検出装置は、回転体の回転角度のうち間欠的な回転角度を検出するエンコーダと、前記回転体の回転角度を検出する検出部と、を備え、前記検出部は、前記エンコーダにより回転角度が検出された第1のタイミングにおける前記回転体の回転に応じた信号の第1の値と、当該第1のタイミングよりも後の第2のタイミングであつて前記エンコーダにより回転角度が検出された第2のタイミングにおける前記回転体の回転に応じた信号の第2の値と、前記第2のタイミングよりも後の第3のタイミングにおける前記回転体の回転に応じた信号の第3の値と、前記第1の値と前記第2の値との差を示す第1の差分に対応する第1の回転角度とに基づいて、前記第3のタイミングにおける前記回転体の回転角度を検出する。

20

【発明の効果】

【0008】

本発明の一態様によれば、エンコーダを改良することなく、高い分解能で回転角度を検出することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【0009】

【図1】図1は、実施形態に係るモータ装置の構成の一例を示す図である。

【図2】図2は、高分解能検出処理において用いられる信号の一例を示す図である。

【図3】図3は、実施形態に係る高分解能検出処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図4】図4は、高分解能検出処理を説明するための図である。

【図5】図5は、高分解能検出処理におけるステップS102の処理を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

40

以下、実施形態に係る回転検出装置、モータ装置及び回転検出方法について図面を参照して説明する。

【0011】

(実施形態)

図1は、実施形態に係るモータ装置の構成の一例を示す図である。図1の例に示すように、モータ装置1は、モータ10と、回転検出装置15と、駆動回路16とを含む。

【0012】

モータ10は、事務作業等の業務を自動化、効率化する際に用いられる装置(例えば、コピー機やパソコン等)に組み込まれたり、工場の様々な作業や工程を自動化する際に用いられる機械等に組み込まれたりする。以下、モータ10が、インナーロータ型の三相の

50

ブラシレスDC (direct-current) モータである場合について説明するが、モータ10の種類はこれに限られない。モータ10は、駆動回路16からの後述する駆動信号により回転する。

【0013】

モータ10は、回転子10aを含む。モータ10は、回転子10aが回転することにより回転する。回転子10aは、回転体の一例である。

【0014】

回転検出装置15は、エンコーダ11と、磁気センサ12a, 12b, 12cと、オペアンプ(演算増幅器)13a, 13b, 13cと、マイクロコンピュータ14とを含む。

【0015】

エンコーダ11は、モータ10(回転子10a)の回転角度(回転位置)を検出する。エンコーダ11は、モータ10(回転子10a)の回転に応じた信号を出力する。例えば、エンコーダ11は、モータ10(回転子10a)の回転に応じて、A相からの信号と、B相からの信号とを後述するカウンタ14aに出力する。以下、エンコーダ11が、400P/R(Pulse per Round)の分解能を有する場合について説明するが、エンコーダ11の分解能はこれに限られない。この場合、エンコーダ11は、モータ10(回転子10a)の回転角度のうち、0.9(360/400)度ごとの間欠的な回転角度を検出する。

【0016】

磁気センサ12a, 12b, 12cは、例えば、ホール素子が用いられる。磁気センサ12a, 12b, 12cは、回転子10aの近傍の所定位置に固定配置される。磁気センサ12a, 12b, 12cは、回転子10aの磁界に応じて変化するU相、V相、W相の差動信号HU+/HU-, HV+/HV-, HW+/HW-をそれぞれ出力する。なお、U相、V相、W相の差動信号HU+/HU-, HV+/HV-, HW+/HW-は、互いに120度の位相差を有するアナログ信号である。

【0017】

オペアンプ13aは、HU+とHU-の差動信号からA/D(Analog to Digital)コンバータ14bに入力可能なホール信号HUを出力する。オペアンプ13bはHV+とHV-の差動信号からA/Dコンバータ14bに入力可能なホール信号HVを出力する。オペアンプ13cはHW+とHW-の差動信号からA/Dコンバータ14bに入力可能なホール信号HWを出力する。ホール信号HU, HV, HWは、モータ10(回転子10a)の回転に応じた信号である。

【0018】

なお、本実施形態では、マイクロコンピュータ14は、カウンタ14aと、A/Dコンバータ14bと、CPU(Central Processing Unit)14cとを含むが、カウンタ14aと、A/Dコンバータ14bはマイクロコンピュータ14の外部に配置されても良い。

【0019】

カウンタ14aは、エンコーダ11から出力されたA相からの信号の立ち上がり位置/立ち下がり位置と、B相からの信号の立ち上がり位置/立ち下がり位置とをカウントすることで、エンコーダ信号を出力する。

【0020】

A/Dコンバータ14bは、オペアンプ13a, 13b, 13cから出力されたホール信号HU, HV, HWをデジタル信号に変換して出力する。なお、これ以降、実際にはこれらの信号はデジタル数値として処理が行われるが、動作説明の便宜上HU, HV, HWを電圧と表現して説明を進める。

【0021】

CPU14cは、外部装置である速度指令信号生成部(図示しない)と接続される。CPU14cは、速度指令信号生成部から入力された速度指令信号により、最終的に駆動制御信号を生成する。速度指令信号は、速度指令信号生成部により生成される信号であり、

10

20

30

40

50

モータ10の目標回転速度を指定する指令情報である。具体的には、速度指令信号は、パルス数が回転ステップ数となり、単位時間当たりのパルス数が回転速度となるパルス信号である。速度指令信号生成部は、例えば、パルス周波数変調(Pulse Frequency Modulation: PFM)により、目標回転速度に応じた周波数のクロック信号を速度指令信号として生成し、CPU14cに出力する。CPU14cは、例えば、パルス幅変調(Pulse Width Modulation: PWM)により、速度指令信号に対応する回転速度でモータ10を回転させるためのPWM信号を生成する。

【0022】

CPU14cは、速度指令信号とともに、カウンタ14aが出力するエンコーダ信号に基づいて、PWM信号を生成する。例えば、CPU14cは、速度指令信号の入力により、モータ10が回転している間、速度指令信号のカウント数と、エンコーダ信号のカウント数とを比較する。カウント数が異なる場合、CPU14cは、カウント数が一致するように、デューティ比を変更したPWM信号を生成する。なお、CPU14cは、モータ10が回転している間、カウンタ14aが出力するエンコーダ信号の代わりに、ホール信号HU, HV, HWを用いて、モータ10の回転速度を維持する制御を行っても良い。

10

【0023】

CPU14cは、生成したPWM信号による制御に基づいて、後述する駆動回路16のインバータ回路を駆動するための駆動制御信号を生成し、インバータ回路に出力する。駆動制御信号としては、例えば、インバータ回路の各スイッチ素子に対応する6種類のスイッチング信号が出力される。これらの駆動制御信号が出力されることで、それぞれの駆動制御信号に対応するスイッチ素子がオン、オフ動作を行い、モータ10に駆動信号が出力されてモータ10の各相に電力が供給され、モータ10が回転する。

20

【0024】

また、CPU14cは、ホール信号HU, HV, HWに基づいて、インバータ回路の各スイッチ素子のオン、オフ動作を切り替えるタイミングを調整する。

【0025】

駆動回路16は、直流電源(図示しない)に接続され、CPU14cが生成した駆動制御信号により、駆動信号を生成してモータ10に出力する。例えば、駆動回路16は、インバータ回路を含む。インバータ回路は、CPU14cから出力された駆動制御信号に基づいてモータ10に駆動信号を出力し、モータ10が備える3つの電機子コイルに通電する。インバータ回路は、例えば、直流電源の両端に設けられた2つのスイッチ素子の直列回路の対が、3つの電機子コイルの各相(U相、V相、W相)に対してそれぞれ配置されて構成される。2つのスイッチ素子の各対において、スイッチ素子同士の接続点に、モータ10の各相の端子が接続される。

30

【0026】

また、本実施形態に係るCPU14cは、高分解能検出処理を実行することにより、高分解能でモータ10(回転子10a)の回転角度を検出する。

【0027】

図2は、高分解能検出処理において用いられる信号の一例を示す図である。図2の例には、高分解能検出処理において用いられる信号であるエンコーダ11から出力されたA相からの信号21、B相からの信号22、A/Dコンバータ14bから出力されたホール信号HU, HV, HWが示されている。なお、図2の例において、横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示す。

40

【0028】

A相からの信号21とB相からの信号22とは、90度の位相差を有する。A相からの信号21及びB相からの信号22は、立ち上がりエッジ及び立ち下がりエッジを有するパルスが形成される信号である。以下、立ち上がりエッジ及び立ち下がりエッジを区別することなく説明を行う場合には、「立ち上がりエッジ及び立ち下がりエッジ」を、単に「エッジ」と表記する。エンコーダ11が、例えば400P/Rの分解能を有する場合、A相からの信号21とB相からの信号22のエッジ間はモータ10(回転子10a)が0.9

50

(360/400)度回転する事を意味する。すなわち、A相からの信号21及びB相からの信号22は、モータ10(回転子10a)の回転角度が、間欠的な複数の特定の回転角度のうちいずれかの特定の回転角度となる度にエッジを有する信号である。

【0029】

ホール信号HU, HV, HWは、回転子10aの磁界に応じて変化する信号である。すなわち、ホール信号HU, HV, HWは、モータ10(回転子10a)の回転に応じた信号である。ホール信号HU, HV, HWは、互いに120度の位相差を有する。

【0030】

図3は、実施形態に係る高分解能検出処理の流れの一例を示すフローチャートである。高分解能検出処理は、A相からの信号21及びB相からの信号22のエッジのタイミング以外のタイミング(以下、タイミングT3)で、モータ10(回転子10a)の回転角度を検出する際にCPU14cにより実行される。すなわち、タイミングT3は、エンコーダ11により回転角度が検出されるタイミングとは異なるタイミングである。高分解能検出処理を実行するCPU14cは、検出部の一例であり、タイミングT3における回転角度を検出する。また、タイミングT3は、第3のタイミングの一例である。

10

【0031】

図3の例に示すように、CPU14cは、まず、タイミングT3の指定を待つ(ステップS101)。CPU14cは、指定されるまで(ステップS101:No)はA相からの信号21又はB相からの信号22のエッジを待ち(ステップS102)、エッジが発生したら(ステップS102:Yes)、前回のタイミングT2における電圧をタイミングT1における電圧として特定し(ステップS103)、その後、タイミングT2における電圧を特定し(ステップS104)、ステップS102に戻る。ここで、タイミングT2は、タイミングT3よりも時間的に前のタイミングであって、A相からの信号21のエッジ及びB相からの信号22のエッジの複数のタイミングのうち、タイミングT3に時間的に最も近いタイミングである。また、タイミングT1は、タイミングT2よりも時間的に前のタイミングであって、A相からの信号21のエッジ並びにB相からの信号22のエッジの複数のタイミングのうち、タイミングT2に時間的に最も近いタイミングである。CPU14cは、一つのエッジタイミング毎に、この動作をホール信号HU, HV, HWの全てについて行う。また動作から判るようにタイミングT3の指定に先立ちタイミングT2、T1における両方の電圧を特定しておくためには少なくとも2回以上の処理が必要となる。

20

30

【0032】

そして、CPU14cは、タイミングT3が指定されたら(ステップS101:Yes)、ホール信号の電圧を特定する(ステップS105)。なお、CPU14cは、この動作をホール信号HU, HV, HWの全てについて行う。その後、CPU14cは、タイミングT2、T1における電圧から、ホール信号HU, HV, HWのうち、傾き(変化の割合)の絶対値が他の部分と比して大きい、好ましくは、傾きの絶対値が最も大きいホール信号を選択する(ステップS106)。図4は、高分解能検出処理を説明するための図である。図4では、タイミングT3までのホール信号HU, HV, HW、A相からの信号21、及び、B相からの信号22が上側に示されている。また、図4には、タイミングT3から微小時間T4だけ前のタイミングから、タイミングT3までの時間の範囲におけるホール信号HU、A相からの信号21及びB相からの信号22の一部を抜粋した拡大図が下側に示されている。例えば、図4においては、CPU14cは、ホール信号HU, HV, HWのそれぞれについて、タイミングT3における傾きの絶対値を算出し、傾きの絶対値が最も大きいホール信号HUを選択する。

40

【0033】

図5は、高分解能検出処理におけるステップS106の処理を説明するための図である。例えば、図5の例において、タイミングT3が、時間T11以上時間T12未満の範囲内のタイミングである場合には、CPU14cは、傾きの絶対値が最も大きいホール信号HWを選択する。また、タイミングT3が、時間T12以上時間T13未満の範囲内のタ

50

イミングである場合には、CPU 14cは、傾きの絶対値が最も大きいホール信号HVを選択する。また、タイミングT3が、時間T13以上時間T14未満の範囲内のタイミングである場合には、CPU 14cは、傾きの絶対値が最も大きいホール信号HUを選択する。また、タイミングT3が、時間T14以上時間T15未満の範囲内のタイミングである場合には、CPU 14cは、傾きの絶対値が最も大きいホール信号HWを選択する。また、タイミングT3が、時間T15以上時間T16未満の範囲内のタイミングである場合には、CPU 14cは、傾きの絶対値が最も大きいホール信号HVを選択する。また、タイミングT3が、時間T16以上時間T17未満の範囲内のタイミングである場合には、CPU 14cは、傾きの絶対値が最も大きいホール信号HUを選択する。タイミングT3が上述した時間の範囲以外の他の時間の範囲内のタイミングであっても同様である。

10

【0034】

すなわち、ステップS106では、CPU 14cは、タイミングT3において、信号の形状が最も直線（リニア）に近くなるホール信号を選択する。よって、本実施形態では、CPU 14cは、ホール信号HU, HV, HWのうち傾きの絶対値が最も大きいホール信号を選択するという簡易な処理で、タイミングT3において、信号の形状が最も直線に近くなるホール信号を選択することができる。したがって、本実施形態によれば、簡易に、信号の形状が最も直線に近くなるホール信号を選択することができる。

【0035】

また、タイミングT3がどのようなタイミングであっても、先の図5を参照して説明したように、信号の形状が最も直線に近くなるホール信号が存在する。このため、CPU 14cは、タイミングT3がどのようなタイミングであっても、信号の形状が最も直線に近くなるホール信号を選択することができる。

20

【0036】

なお、図5の例に示すように、結果的に、ステップS106において、CPU 14cは、タイミングT3において、ホール信号HU, HV, HWの交点によって定まる範囲R内に含まれるホール信号を選択することとなる。なお、磁気センサ12a, 12b, 12cの個体差や環境条件などにより、ホール信号HU, HV, HWの波形が変化し、各交点の箇所も変動することがあるため、必ずしも範囲Rは一定とはならない場合も考えられるが、上記の方法により最も直線に近くなるホール信号を随時選択する事が可能となる。

【0037】

なお、上述したタイミングT2は、ここではすでに特定されていることになる（ステップS102～S104）。

30

【0038】

図4は、上述したように、先のステップS106においてCPU 14cがタイミングT3においてホール信号HUを選択した場合を示す。例えば、図4における上述した拡大図に示すように、ステップS103～104において、CPU 14cは、タイミングT3よりも時間的に前のタイミングであって、B相からの信号22の立ち下がりエッジのタイミングであるタイミングT2を特定する。タイミングT2は、第2のタイミングの一例であり、エンコーダ11によりモータ10（回転子10a）の回転角度が検出されたタイミングである。

40

【0039】

また、上述したタイミングT1も、ここではすでに特定されていることになる（ステップS102～104）。

【0040】

例えば、図4における上述した拡大図に示すように、ステップS102～104において、CPU 14cは、タイミングT2よりも時間的に前のタイミングであって、A相からの信号21の立ち下がりエッジのタイミングであるタイミングT1を特定する。タイミングT1は、第1のタイミングの一例であり、エンコーダ11によりモータ10（回転子10a）の回転角度が検出されたタイミングである。

【0041】

50

このように、CPU 14cは、ステップS 105で、選択したホール信号において、タイミングT 3における電圧V 3を特定し、ステップS 102～104で、タイミングT 2における電圧V 2と、タイミングT 1における電圧V 1を特定する。なお、タイミングT 1における電圧V 1は、第1の値の一例であり、タイミングT 2における電圧V 2は、第2の値の一例であり、タイミングT 3における電圧V 3は、第3の値の一例である。

【0042】

例えば、図4における上述した拡大図に示すように、CPU 14cは、選択したホール信号HUにおいて、ステップS 105で、タイミングT 3における電圧V 3を特定し、ステップS 102～104で、タイミングT 2における電圧V 2と、タイミングT 1における電圧V 1とを特定する。

10

【0043】

そして、CPU 14cは、タイミングT 1における電圧V 1とタイミングT 2における電圧V 2との差を示す電圧差（以下、第1の差分V d 1と称する）を算出し（ステップS 107）、タイミングT 2における電圧V 2とタイミングT 3における電圧V 3との差を示す電圧差（以下、第2の差分V d 2と称する）を算出する（ステップS 108）。

【0044】

例えば、図4における上述した拡大図の例では、CPU 14cは、ステップS 107で、 $(V 2 - V 1)$ を第1の差分V d 1として算出し、ステップS 108で、 $(V 3 - V 2)$ を第2の差分V d 2として算出する。

【0045】

すなわち、CPU 14cは、A相からの信号2 1又はB相からの信号2 2のエッジのタイミングT 1における、選択したホール信号（ホール信号HU、HV又はHW）の電圧V 1と、タイミングT 1よりも後のタイミングであってA相からの信号2 1又はB相からの信号2 2のエッジのタイミングであるタイミングT 2における選択したホール信号の電圧V 2との差を示す第1の差分V d 1を算出する。また、CPU 14cは、電圧V 2とタイミングT 2よりも後のタイミングであってA相からの信号2 1又はB相からの信号2 2のエッジのタイミングであるタイミングT 3における選択したホール信号の電圧V 3との差を示す第2の差分V d 2を算出する。

20

【0046】

そして、CPU 14cは、第1の差分V d 1を、所定値 で除した、 $(V d 1 / \quad)$ を算出する（ステップS 109）。所定値 は、回転角度の検出分解能を何倍にするかを示す値であり、ユーザにより設定される。例えば、所定値 が「25」である場合には、高分解能検出処理により、検出される回転角度の分解能が25倍となる。なお、この算出された $(V d 1 / \quad)$ の値が1より小さかった場合は、要求される分解能を満足していないことになるため、分解能を見直すか、A/Dコンバータ14bの性能を再検討すればよい。

30

【0047】

そして、CPU 14cは、第2の差分V d 2が $(V d 1 / \quad)$ の何倍であるのかを算出する（ステップS 110）。例えば、CPU 14cは、第2の差分V d 2を $(V d 1 / \quad)$ で除して $(\quad \cdot V d 2 / V d 1)$ を算出することにより、第2の差分V d 2が $(V d 1 / \quad)$ の何倍であるのかを算出する。すなわち、第2の差分V d 2は、 $(V d 1 / \quad)$ の $(\quad \cdot V d 2 / V d 1)$ 倍である。

40

【0048】

なお、CPU 14cは、 $(\quad \cdot V d 2 / V d 1)$ が、自然数にならずに、小数点以下の数値を含む場合には、 $(\quad \cdot V d 2 / V d 1)$ の小数第1位を四捨五入した値を用いればよい。以下の説明において、 $(\quad \cdot V d 2 / V d 1)$ の小数第1位を四捨五入した値も $(\quad \cdot V d 2 / V d 1)$ と表記する。

【0049】

そして、CPU 14cは、下記の式(1)にしたがって、タイミングT 3におけるモータ10（回転子10a）の回転角度 τ_3 を算出し（ステップS 111）、高分解能検出

50

処理を終了する。

【0050】

$$T_3 = T_2 + \text{div} \times (\cdot V d 2 / V d 1) \quad (1)$$

【0051】

式(1)における T_2 について説明する。 T_2 は、タイミング T_2 におけるモータ 10 (回転子 10 a) の回転角度である。CPU 14 c は、エンコーダ信号のパルスを計数することにより T_2 を算出する。

【0052】

また、式(1)における $\text{div} \times (\cdot V d 2 / V d 1)$ の項は、タイミング T_2 におけるモータ 10 (回転子 10 a) の回転角度からタイミング T_3 における回転角度までの変化量を指す。式(1)における div は、第 1 の差分 $V d 1$ に対応する回転角度 (第 1 の回転角度) を所定値 で除した回転角度であり、ステップ $S 109$ で算出された ($V d 1 /$) に対応する回転角度である。なお、第 1 の差分 $V d 1$ に対応する回転角度とは、タイミング T_1 におけるモータ 10 (回転子 10 a) の回転角度からタイミング T_2 における回転角度までの変化量を指す。

10

【0053】

例えば、エンコーダ 11 が $400 P / R$ の分解能を有し、所定値 が「25」である場合には、 $0.036 (360 / (400 \times 25))$ 度が、($V d 1 /$) に対応する回転角度であり、 div である。この場合、式(1)を見れば分かるように、検出可能な回転角度の分解能が 0.036 度である。一方、エンコーダ 11 が $400 P / R$ の分解能である場合には、検出可能な回転角度の分解能が $0.9 (360 / 400)$ 度である。よって、検出可能な回転角度の分解能が 0.9 度から 0.036 度に 25 倍大きくなる。すなわち、本実施形態に係る回転検出装置 15 及びモータ装置 1 によれば、エンコーダ 11 自体が $400 P / R$ の分解能であっても、 $400 P / R$ の 25 倍の分解能 ($10000 P / R$) で回転角度を検出することができる。

20

【0054】

以上のことから、CPU 14 c は、ステップ $S 102 \sim 104$ で特定されたタイミング T_1 における電圧と、タイミング T_2 における電圧と、ステップ $S 105$ で特定されたタイミング T_3 における電圧と、第 1 の差分 $V d 1$ に対応する第 1 の回転角度とに基づいて、タイミング T_3 におけるモータ 10 (回転子 10 a) の回転角度を検出する。

30

【0055】

また、CPU 14 c は、第 1 の差分 $V d 1$ と、第 2 の差分 $V d 2$ と、第 1 の差分 $V d 1$ に対応する第 1 の回転角度とに基づいて、タイミング T_3 におけるモータ 10 (回転子 10 a) の回転角度を検出する。

【0056】

また、CPU 14 c は、式(1)を用いて、第 1 の差分 $V d 1$ と第 2 の差分 $V d 2$ との比率に基づいて、第 1 の差分 $V d 1$ に対応する第 1 の回転角度から第 2 の差分 $V d 2$ に対応する第 2 の回転角度 $\text{div} \times (\cdot V d 2 / V d 1)$ を算出する。そして、CPU 14 c は、算出した第 2 の回転角度 $\text{div} \times (\cdot V d 2 / V d 1)$ とタイミング T_2 におけるモータ 10 (回転子 10 a) の回転角度 T_2 との和を、タイミング T_3 における回転角度として検出する。

40

【0057】

以上のことから、本実施形態に係る回転検出装置 15 及びモータ装置 1 によれば、エンコーダを改良することなく、高い分解能で回転角度を検出することができる。

【0058】

また、タイミング T_3 に最も近い 2 つのエッジのタイミングの電圧 (値) を用いて、回転角度を検出するので、誤差がなく、精度良く回転角度を検出することができる。

【0059】

高い分解能で検出された回転角度は、様々な制御に用いられる。例えば、モータ装置 1 が、モータ 10 が回転駆動することにより、ボールねじを回転させて直線的に移動させる

50

制御を行う場合には、高い分解能で回転角度を検出することができることから、ボールねじを停止させる所定の位置に、高い精度で停止させることができる。

【0060】

また、上述した実施形態では、磁気センサ12a, 12b, 12cからのホール信号HU, HV, HWを用いて高分解能検出処理を行う場合について例示したが、モータ10の回転に伴って波形が変化する信号であれば、どのような信号を用いてもよい。例えば、モータ10の逆起電力の信号を用いて、高分解能検出処理を行ってもよい。

【0061】

また、CPU14cは、第1の差分Vd1の値が大きく取れて指定の分解能が確実に満足される条件の場合、下記の式(2)にしたがって、タイミングT3におけるモータ10(回転子10a)の回転角度 τ_3 を算出してもよい。

10

【0062】

$$\tau_3 = \tau_2 + v_{d1} \times (V_{d2} / V_{d1}) \quad (2)$$

【0063】

ここで、式(2)における v_{d1} は、第1の差分Vd1に対応する第1の回転角度である。回転角度 τ_3 を算出するという観点では、式(1)と式(2)は、実質的に同一の式であるが、式(1)は、要求される分解能が考慮された式である。

【0064】

CPU14cは、式(2)にしたがって、第1の差分Vd1と、第2の差分Vd2と、第1の差分Vd1に対応する第1の回転角度 v_{d1} とに基づいて、タイミングT3におけるモータ10(回転子10a)の回転角度を検出する。

20

【0065】

また、CPU14cは、式(2)にしたがって、第1の差分Vd1と第2の差分Vd2との比率に基づいて、第1の差分Vd1に対応する第1の回転角度 v_{d1} から第2の差分Vd2に対応する第2の回転角度 $v_{d1} \times (V_{d2} / V_{d1})$ を算出する。そして、CPU14cは、算出した第2の回転角度 $v_{d1} \times (V_{d2} / V_{d1})$ とタイミングT2におけるモータ10(回転子10a)の回転角度 τ_2 との和を、タイミングT3における回転角度として検出する。

【0066】

以上のことから、式(2)を用いた場合であっても、本実施形態に係る回転検出装置15及びモータ装置1によれば、エンコーダを改良することなく、高い分解能で回転角度を検出することができる。

30

【0067】

ここで、本実施形態に係る回転検出装置15についての時間軸要素の一例について説明する。例えば、A/Dコンバータ14bが、アナログ信号である1つのチャンネルのホール信号HU、HV又はHWをデジタル信号に変換する際に1 μ sの時間がかかり、その変換準備時間に2 μ sの時間がかかる場合には、変換準備時間を含めると1つのチャンネルのホール信号HU、HV又はHWをアナログ信号からデジタル信号に変換する際には3 μ sの時間がかかる。A/Dコンバータ14bは、3つのチャンネルのホール信号HU、HV、HWをアナログ信号からデジタル信号に変換するので、A/Dコンバータ14bの全体の変換時間としては9 μ s(3(μ s)×3)の時間がかかる。

40

【0068】

そして、分解能を25倍にする場合には、モータ10(回転子10a)が1回転するのに、9(μ s)×25×400(パルス)=90msの時間がかかる。そして、処理限界回転数は、(1000/90)×60=666.7min⁻¹となる。よって、上述した各種の条件で動作する回転検出装置15は、約667min⁻¹で利用可能と考えられる。

【0069】

また、本実施形態に係る回転検出装置15についての振幅軸要素の一例について説明する。A/Dコンバータ14bのフルスケール電圧が5000mVであり、フルスケールデ

50

ータが4095であり、上述した第1の電圧差Vd1が120mVである場合について説明する。ここで、A相からの信号21のエッジ及びB相からの信号22のエッジの複数のエッジについて、時間的に隣接する2つのエッジを1パルスとする。この場合には、1パルス分の電圧が120mVとなる。また、1パルス分のデータは、 $(120 / 5000) \times 4095 = 98.28$ となる。

【0070】

そして、分解能を25倍にする場合には、分解能あたりのデータ値は、 $98.25 / 25 = 3.93$ となる。よって、3デジット程度の誤差マージンが見込まれる。

【0071】

なお、上記実施の形態により本発明が限定されるものではない。上述した各構成素を適宜組み合わせる構成したものも本発明に含まれる。また、さらなる効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。よって、本発明のより広範な態様は、上記の実施の形態に限定されるものではなく、様々な変更が可能である。

10

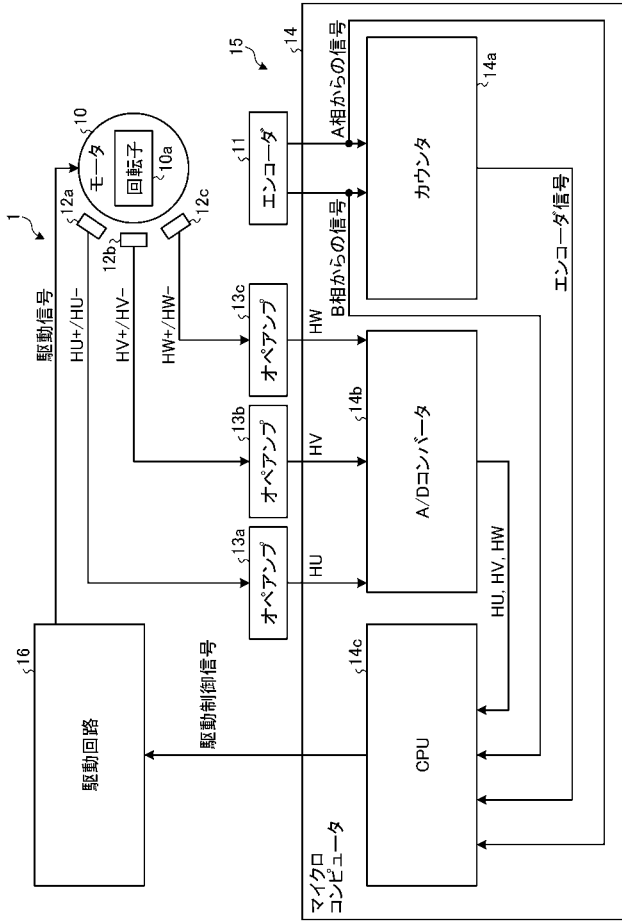
【符号の説明】

【0072】

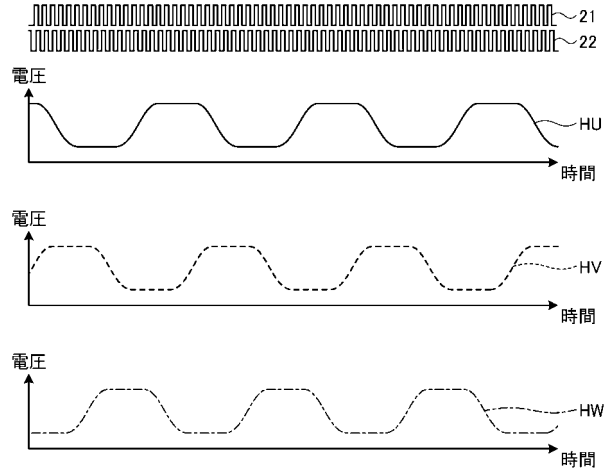
- 1 モータ装置
- 10 モータ
- 10a 回転子
- 11 エンコーダ
- 12a、12b、12c 磁気センサ
- 13a、13b、13c オペアンプ（演算増幅器）
- 14 マイクロコンピュータ
- 14a カウンタ
- 14b A/Dコンバータ
- 14c CPU（検出部）
- 15 回転検出装置
- 16 駆動回路

20

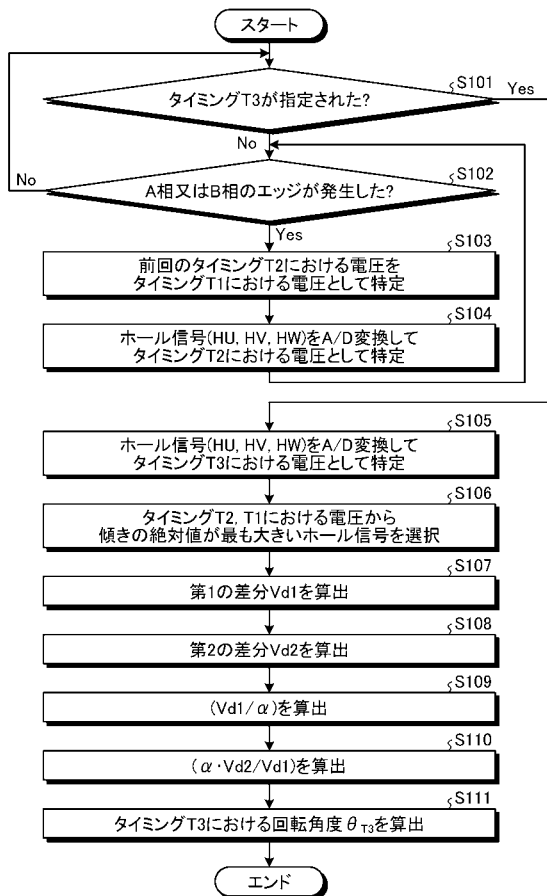
【 図 1 】



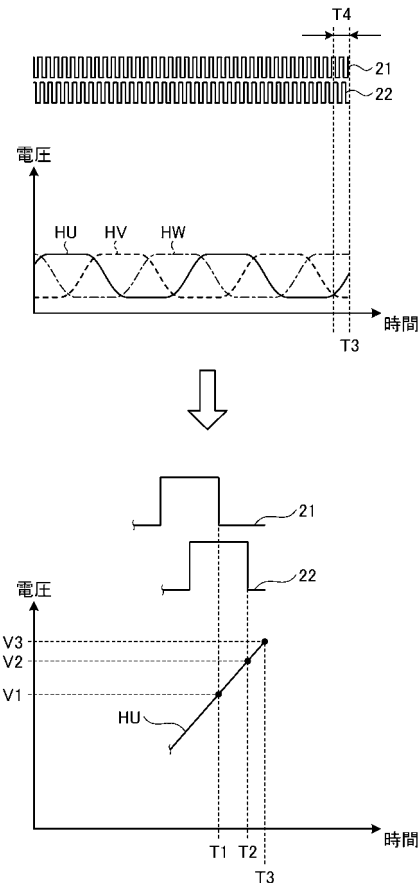
【 図 2 】



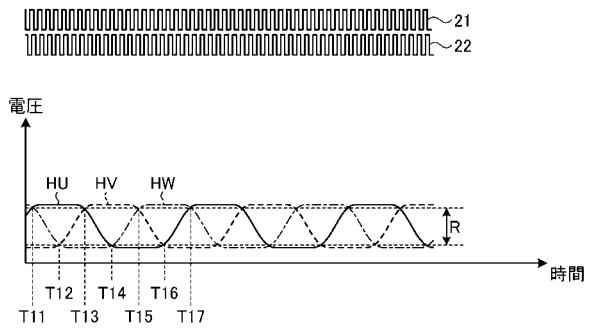
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F077 AA25 CC09 NN07 NN16 NN27 PP12 PP19 QQ03 QQ07 QQ10
QQ17 TT21 TT23 TT33 TT44 TT72 TT75 UU10
5H501 DD01 DD08 GG03 HB16 JJ03 JJ12 JJ16 LL07 LL10 LL35