

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6207223号
(P6207223)

(45) 発行日 平成29年10月4日(2017. 10. 4)

(24) 登録日 平成29年9月15日(2017. 9. 15)

(51) Int.Cl.

H02P 8/18 (2006.01)

F I

H02P 8/18

請求項の数 14 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2013-96522 (P2013-96522)
 (22) 出願日 平成25年5月1日(2013. 5. 1)
 (65) 公開番号 特開2014-220868 (P2014-220868A)
 (43) 公開日 平成26年11月20日(2014. 11. 20)
 審査請求日 平成28年4月28日(2016. 4. 28)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 水尾 佳弘
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ
 ノン株式会社内

審査官 ▲桑▼原 恭雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータ駆動装置およびその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コイルに通電することでロータを回転させるモータを駆動するモータ駆動装置であって、

周期的に変化する駆動信号を前記コイルに供給する駆動手段と、
 前記ロータの回転に対応して出力信号が変化する信号出力手段と、
 前記駆動手段を制御する制御手段と、を有し、
 前記制御手段は、

前記駆動信号に対して前記ロータの追従遅れがない場合に前記出力信号が所定の変化をするタイミングにおける前記駆動信号の第1の位相状態を記憶するとともに、前記出力信号が前記所定の変化をするタイミングにおける前記駆動信号の第2の位相状態と前記第1の位相状態の差分を求め、

前記差分に基づいて、前記駆動手段が前記コイルに供給する前記駆動信号の振幅を制御することを特徴とするモータ駆動装置。

【請求項 2】

前記制御手段は、前記駆動信号に対して前記ロータの追従遅れがある場合に前記出力信号が変化する度に、前記差分を求めることを特徴とする請求項1記載のモータ駆動装置。

【請求項 3】

前記モータが1回転する間に前記出力信号が変化する回数は、前記モータが1回転する間に前記駆動信号の状態が変化する回数より少ないことを特徴とする請求項1または2記

10

20

載のモータ駆動装置。

【請求項 4】

前記出力信号の波形は矩形波であり、
前記駆動信号の波形は \sin 波または \cos 波であることを特徴とする請求項 3 項に記載のモータ駆動装置。

【請求項 5】

前記制御手段は、前記差分が所定値よりも小さいときには、前記駆動手段が前記コイルに供給する前記駆動信号の振幅が小さくなるように制御することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のモータ駆動装置。

【請求項 6】

前記制御手段は、前記差分が所定値よりも大きいときには、前記駆動手段が前記コイルに供給する前記駆動信号の振幅が大きくなるように制御することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のモータ駆動装置。

【請求項 7】

前記制御手段は、前記差分が電気角で 90° より小さいときは前記ロータの回転速度を低下させ、

前記差分が電気角で 90° より大きいときは前記ロータの回転速度を上昇させることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載のモータ駆動装置。

【請求項 8】

前記駆動手段は、複数の前記コイルそれぞれに周期的に変化する駆動信号を供給することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のモータ駆動装置。

【請求項 9】

前記信号出力手段は、前記ロータの回転に伴って回転する回転板の回転を検出して信号を出力することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のモータ駆動装置。

【請求項 10】

前記回転板はスリットを有し、前記信号出力手段は、前記スリットおよびフォトインタラプタにより当該回転板の回転を検出することを特徴とする請求項 9 に記載のモータ駆動装置。

【請求項 11】

前記モータはステッピングモータであることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のモータ駆動装置。

【請求項 12】

コイルに通電することでロータを回転させるモータと、周期的に変化する駆動信号を前記コイルに供給する駆動手段と、前記ロータの回転に対応して出力信号が変化する信号出力手段と、前記駆動手段を制御する制御手段と、を有するモータ駆動装置の制御方法であって、

前記駆動信号に対して前記ロータの追従遅れがない場合に前記出力信号が変化するタイミングにおける前記駆動信号の状態と、前記駆動信号に対して前記ロータの追従遅れがある場合に前記出力信号が変化するタイミングにおける前記駆動信号の状態との差分を求め、

前記差分に基づいて前記コイルに供給する振幅を制御することを特徴とするモータ駆動装置の制御方法。

【請求項 13】

前記駆動信号に対して前記ロータの追従遅れがある場合に前記出力信号が変化する度に、前記差分を求めることを特徴とする請求項 12 に記載の制御方法。

【請求項 14】

前記モータはステッピングモータであることを特徴とする請求項 12 または 13 に記載の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、ステッピングモータの駆動装置およびその制御方法に関し、特に駆動装置の消費電力を低減させる技術に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

ステッピングモータは小型、高トルク、高寿命という特徴を有し、開ループ制御により容易にデジタル的な位置決め動作を実現することができるため、カメラや光ディスク装置等の情報家電、或いは、プリンタやプロジェクタ等のOA機器等に広く用いられている。

【 0 0 0 3 】

ステッピングモータの回転速度変化またはモータ電流変化によりステッピングモータの脱調を検出し、ステッピングモータが脱調しない範囲でステッピングモータの駆動電圧を低く設定することが知られている（特許文献 1 参照）

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特開平 2 - 1 5 1 2 9 8 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

しかしながら、高精度なロータリーエンコーダは高価であるため、ステッピングモータの大幅なコストアップを招く。

20

【 0 0 0 6 】

また、モータ電流変化にて脱調を高精度に検出する場合には、例えばステッピングモータの個体等を考慮して脱調判定基準を設定しなければならず、大幅なコストアップを招くという課題があった。

【 0 0 0 7 】

本発明は、大幅なコストアップを招くことなく、ステッピングモータを駆動する際の消費電力を低減させることを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

30

本発明に係るモータ駆動装置は、コイルに通電することでロータを回転させるモータを駆動するモータ駆動装置であって、周期的に変化する駆動信号を前記コイルに供給する駆動手段と、前記ロータの回転に対応して出力信号が変化する信号出力手段と、前記駆動手段を制御する制御手段と、を有し、前記制御手段は、前記駆動信号に対して前記ロータの追従遅れがない場合に前記出力信号が所定の変化をするタイミングにおける前記駆動信号の第 1 の位相状態を記憶するとともに、前記出力信号が前記所定の変化をするタイミングにおける前記駆動信号の第 2 の位相状態と前記第 1 の位相状態の差分を求め、前記差分に基づいて、前記駆動手段が前記コイルに供給する前記駆動信号の振幅を制御することを特徴とする。

【 発明の効果 】

40

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、大幅なコストアップを招くことなく、ロータマグネットの回転位置を高精度に検出することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 本発明の実施形態に係るモータユニットの外観構成を示す斜視図である。

【 図 2 】 図 1 のモータユニットを駆動するモータ制御部の構成を説明するブロック図である。

【 図 3 】 図 1 のモータユニットが備えるステッピングモータの構成と、ステッピングモータが備えるロータ、c h 0 フォトインタラプタ、c h 1 フォトインタラプタ、スリット回

50

転板およびステータの物理的な位置関係を示す図である。

【図４】モータドライバの動作を説明する図である。

【図５】正弦波発生器に格納されるテーブル番号を説明する図である。

【図６】ロータを正転方向／逆転方向にそれぞれ回転させるためにコイルに印加される電圧信号を示す図である。

【図７】ロータをN極とS極とが1極ずつの構成にモデル化した図である。

【図８】ロータを正転方向に回転させた際にロータの電気角と回転位置との関係を説明する図である。

【図９】ロータを正転方向に回転させた際の各コイルに印加する電圧信号、ロータの回転位置、各フォトインタラプタからの出力の関係を説明する図である。

10

【図１０】ロータを逆転方向に回転させた際にロータの電気角と回転位置との関係を説明する図である。

【図１１】ロータを逆転方向に回転させた際の各コイルに印加する電圧信号、ロータの回転位置、各フォトインタラプタからの出力の関係を説明する図である。

【図１２】ステッピングモータの駆動方法を示す第１のフローチャートである。

【図１３】ステッピングモータの駆動方法を示す第２のフローチャートである。

【図１４】変数D i f f C n tに格納される値とA相用コイルおよびB相用コイルに印加する駆動電圧との関係を説明するグラフである。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

20

以下、本発明の実施形態について添付図面を参照して詳細に説明する。図１は、本発明の実施形態に係るモータ駆動ユニット１００の外観構成を示す斜視図である。モータ駆動ユニット１００は、ステッピングモータ１０１、ロータ軸１０２、c h 0フォトインタラプタ１０３、c h 1フォトインタラプタ１０４およびスリット回転板１０５を備える。

【００１２】

モータ駆動ユニット１００において、スリット回転板１０５は、ロータ軸１０２に取り付けられており、明領域と暗領域との角度比率が５０：５０となるように設計されている。ステッピングモータ１０１を駆動すると、スリット回転板１０５が回転し、c h 0フォトインタラプタ１０３とc h 1フォトインタラプタ１０４の出力信号は、後述の通りに変化する。

30

【００１３】

図２は、モータ駆動ユニット１００の構成を説明するブロック図である。図２に示す符号１０１～１０５は、図１に示す符号１０１～１０５に対応する。ステッピングモータ１０１は、A相用コイル１１３、B相用コイル１１４、A相＋側ステータ１１５、A相－側ステータ１１６、B相＋側ステータ１１７、B相－側ステータ１１８およびロータマグネット１１９（以下「ロータ１１９」という）を備える。A相用コイル１１３またはB相用コイル１１４に通電することで、ロータ１１９は回転する。なお、以下の説明において、A相＋側ステータ１１５、A相－側ステータ１１６、B相＋側ステータ１１７およびB相－側ステータ１１８を総じて、適宜、ステータと称する。

【００１４】

40

コンパレータ１０６は、c h 0フォトインタラプタ１０３とc h 1フォトインタラプタ１０４から出力されるアナログ信号を受信し、予め設定された閾値電圧によって２値化された信号を後段のエンコーダ回路１０７へ出力する。本実施形態では、ステッピングモータ１０１を回転ムラなく一定の回転速度で回転させたときに、コンパレータ１０６の出力におけるH i g hとL o wの比率が５０：５０となるように、閾値電圧が予め設定されている。以下、c h 0フォトインタラプタ１０３の信号を２値化した信号をE N C 0信号と称し、c h 1フォトインタラプタ１０４の信号を２値化した信号をE N C 1信号と称する。本実施形態では、c h 0フォトインタラプタ１０３、c h 1フォトインタラプタ１０４、スリット回転板１０５、コンパレータ１０６およびエンコーダ回路１０７が信号出力手段に対応する。また、c h 0フォトインタラプタ１０３およびc h 1フォトインタラ

50

プタ104の分解能は、前述の通りに、コンパレータ106による2値化が可能な範囲で、正弦波発生器109の分解能よりも低いものを用いる。

【0015】

エンコーダ回路107は、ENC0信号とENC1信号の出力タイミングの取得と、信号による位置カウントと、信号周期カウントとを行う。エンコーダ回路107は、ENC0信号のLowからHighへの変化およびHighからLowの変化と、ENC1信号のLowからHighへの変化およびHighからLowの変化との4種の信号出力タイミングを取得可能である。CPU108は、エンコーダ回路107の4種の信号出力タイミングに合わせて割り込み処理をかけることができる。その際に、CPU108は割り込み要因の4つの信号種別を判別する。

10

【0016】

CPU108は、予め保存されているプログラムを実行する機能を備え、また、CPU108は、バス110を介してエンコーダ回路107、PWM発生器111に対してアクセスすることができる。

【0017】

正弦波発生器109は、正弦波を発生させるものであって、発生させる正弦波1周期を512分割したテーブルを備えている。正弦波発生器109は、0から511までのテーブル番号に対応するPWM値をPWM発生器111に送る、PWM発生器111は、PWM信号をモータドライバ112に出力する。モータドライバ112は入力されたPWM信号を増幅させてステッピングモータ101のコイル(A相用コイル113およびB相用コイル114)に供給する。

20

【0018】

正弦波発生器109からステッピングモータ101への駆動信号の供給に関して、図4および図5を参照して詳細に説明する。図4は、モータドライバ112の動作を説明する図である。図4(a)には、スイッチ401~404を介して、A相用コイル113が接続されている状態が示されている。PWM発生器111から出力されるA相用のPWM信号がHigh信号である場合、スイッチ401とスイッチ404が閉じられ、図4(b)の状態となる。この状態では、A相用コイル113の両端にはA側を高電位としてモータドライバ112に供給されている電圧Vcc分の電位差が生じる。このとき、A相用コイル113のB側に対するA側の電位は、図4(f)に図示するように、+Vccとなる。また、このとき、A相用コイル113を流れる電流は、図4(i)に図示するように、+Iになる。

30

【0019】

一方、PWM発生器111から出力されるA相用のPWM信号がLow信号である場合、スイッチ402とスイッチ403が閉じられ、図4(c)の状態となる。このとき、A相用コイル113の両端にはB側を高電位としてモータドライバ112に供給されている電圧Vcc分の電位差が生じる。このとき、A相用コイル113のB側に対するA側の電位は、図4(g)に図示するように、-Vccになる。また、このとき、A相用コイル113に流れる電流は、図4(j)に図示するように、-Iになる。

【0020】

40

図4(d),(e)は、図4(b),(c)の状態を短時間で繰り返した場合を示している。図4(h)は、図4(d),(e)の状態におけるA相用コイル113のB側に対するA側の電位を示す図である。図4(k)は、図4(d),(e)の状態におけるA相用コイル113を流れる電流を示す図である。図4(d),(e)の状態を等しい時間間隔で繰り返すと、図4(h)に示されるように、-Vccと+Vccの2値の矩形波状の電圧信号が発生する。この矩形波状の電圧信号がA相用コイル113に印加されると、コイルの電流遅れ成分により、電圧信号が平滑化された形で電流波形が現れ、-Vccと+Vccとがそれぞれ50%の場合には、電流が実効的に0(ゼロ)となる。従って、PWM信号のHigh信号率(以下、DUTY比率という)が50%のときに出力が0Vの定常電圧、100%のときに+Vccの定常電圧、75%のときに+Vcc/2の定常電圧

50

が掛かっているのと等価として扱うことができる。

【 0 0 2 1 】

そこで、正弦波発生器 1 0 9 には、5 1 2 個のテーブル番号のそれぞれに P W M 信号の D U T Y 比率 (%) の値が格納されている。図 5 は、正弦波発生器 1 0 9 に格納される 0 から 5 1 1 までのテーブル番号を説明する図である。図 5 に図示するように、正弦波の 0 ° (度) 位相にテーブル番号 0、正弦波の 1 8 0 ° 位相にテーブル番号 2 5 6 が対応する。テーブル番号 0 および 2 5 6 には、D U T Y 比率 5 0 % の値が格納され、その後のテーブル番号には正弦波の位相に応じて P W M 信号の D U T Y 比率の値が格納されている。図 5 に図示するように、本実施形態では、N 極励磁のピークとなるテーブル番号 1 2 8 に D U T Y 比率 1 0 0 % より小さな値を格納し、S 極励磁のピークとなるテーブル番号 3 8 4 に D U T Y 比率 0 % より大きな値を格納している。もし、N 極励磁のピークとなるテーブル番号 1 2 8 に D U T Y 比率 1 0 0 % の値を格納すると、正弦波発生器 1 0 9 がテーブル番号 1 2 8 を出力するときには、P W M 発生器 1 1 1 に + V c c の値を出力することになり、正弦波のゲインを変更することができない。このような点を考慮して、本実施形態では、N 極励磁のピークとなるテーブル番号 1 2 8 は D U T Y 比率 1 0 0 % より小さな値に設定している。

10

【 0 0 2 2 】

図 4 および図 5 にて説明したように、ステッピングモータ 1 0 1 のコイル (A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4) に正弦波状の電圧信号を印加することができる。すなわち、本実施形態では、ステッピングモータ 1 0 1 をマイクロステップ駆動している。以下の説明では、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加される電圧信号は正弦波であるとする。

20

【 0 0 2 3 】

本実施形態では、正弦波発生器 1 0 9、P W M 発生器 1 1 1 およびモータドライバ 1 1 2 が駆動手段に対応し、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加される正弦波状の電圧信号が周期的に変化する駆動信号に対応する。また、本実施形態では、正弦波発生器 1 0 9 が正弦波 1 周期を 5 1 2 分割しているので、ステッピングモータ 1 0 1 が 1 回転する間に A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加される正弦波状の電圧信号の状態が 5 1 2 回変化する。すなわち、ステッピングモータ 1 0 1 が 1 回転する間にコンパレータ 1 0 6 が E N C 0 信号および E N C 1 信号を出力する回数は、ステッピングモータ 1 0 1 が 1 回転する間に A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加される正弦波状の電圧信号の状態が変化する回数よりも少ない。

30

【 0 0 2 4 】

図 2 の説明に戻る。A 相用コイル 1 1 3 は、正弦波状の電圧信号を受けて、A 相 + 側ステータ 1 1 5 および A 相 - 側ステータ 1 1 6 に磁極をそれぞれ励磁する。同様に、B 相用コイル 1 1 4 は、正弦波状の電圧信号を受けて、B 相 + 側ステータ 1 1 7 および B 相 - 側ステータ 1 1 8 に磁極をそれぞれ励磁する。A 相用コイル 1 1 3 に印加される電圧信号と B 相用コイル 1 1 4 に印加される電圧は互いに位相が異なっている。図 3 および図 6 を参照して、A 相用コイル 1 1 3 に印加される正弦波状の電圧信号、B 相用コイル 1 1 4 に印加される正弦波状の電圧信号、ステータに励磁される磁極、ロータ 1 1 9 の停止位置およびスリット回転板 1 0 5 の位置の関係について説明する。

40

【 0 0 2 5 】

図 3 (a) は、ステッピングモータ 1 0 1 の構成を説明する図である。ロータ 1 1 9 は、自由に回転可能であり、ロータ 1 1 9 の周囲には物理角で 1 8 ° 毎にステータ (A 相 + 側ステータ 1 1 5、A 相 - 側ステータ 1 1 6、B 相 + 側ステータ 1 1 7 および B 相 - 側ステータ 1 1 8) が、図 3 (a) に示す通りに配置されている。

【 0 0 2 6 】

A 相用コイル 1 1 3 に印加される電圧信号が正弦波形の正の領域にあるときには、A 相 + 側ステータ 1 1 5 に N 極が励磁され、A 相 - 側ステータ 1 1 6 に S 極が励磁される。A 相用コイル 1 1 3 に印加される電圧信号が正弦波形の負の領域にあるときには、A 相 + 側

50

ステータ 1 1 5 に S 極が励磁され、A 相 - 側ステータ 1 1 6 に N 極が励磁される。

【 0 0 2 7 】

B 相用コイル 1 1 4 に印加される電圧信号が正弦波形の正の領域にあるときには、B 相 + 側ステータ 1 1 7 に N 極が励磁され、B 相 - 側ステータ 1 1 8 に S 極が励磁される。B 相用コイル 1 1 4 に印加される電圧信号が正弦波形の負の領域にあるときには、B 相 + 側ステータ 1 1 7 に S 極が励磁され、B 相 - 側ステータ 1 1 8 に N 極が励磁される。

【 0 0 2 8 】

図 6 (a) は、ロータ 1 1 9 を正転方向に回転させるために A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加する正弦波状の電圧信号を示す図である。また、図 6 (b) は、ロータ 1 1 9 を正転方向とは逆の逆転方向に回転させるために A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加する正弦波状の電圧信号を示す図である。なお、図 6 では、正弦波形の正領域に N 極、負領域に S 極と書かれているが、これは A 相 + 側ステータ 1 1 5 および B 相 + 側ステータ 1 1 7 に励磁される磁極を示している。このとき、A 相 - 側ステータ 1 1 6 に励磁される磁極は A 相 + 側ステータ 1 1 5 の反対の磁極になり、B 相 - 側ステータ 1 1 8 に励磁される磁極は B 相 + 側ステータ 1 1 7 の反対の磁極になる。

【 0 0 2 9 】

ロータ 1 1 9 を正転方向に回転させる際に、正弦波発生器 1 0 9 は、テーブル番号を正方向に進めて駆動信号を生成する。ロータ 1 1 9 を逆転方向に回転させる際に、正弦波発生器 1 0 9 は、テーブル番号を逆方向に進めて駆動信号を生成する。また、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 への出力は、ロータ 1 1 9 を正転方向に回転させる際には、A 相用コイル 1 1 3 への出力が \sin 波、B 相用コイル 1 1 4 への出力が \cos 波となる。このとき、B 相用コイル 1 1 4 への出力は A 相用コイル 1 1 3 への出力に対して 90° 進む。ロータ 1 1 9 を逆転方向に回転させる際には、B 相用コイル 1 1 4 への出力は A 相用コイル 1 1 3 への出力に対して 90° 遅れる。図 3 (b) , (c) は、ロータ 1 1 9、c h 0 フォトインタラプタ 1 0 3、c h 1 フォトインタラプタ 1 0 4、スリット回転板 1 0 5、A 相 + 側ステータ 1 1 5 および B 相 + 側ステータ 1 1 7 の物理的な位置関係を示す図である。なお、本実施形態では、ステップモータ 1 0 1 は、図 3 (a) に示すように 2 0 個のステータを備えるが、図 3 (b) , (c) では、A 相 + 側ステータ 1 1 5 および B 相 + 側ステータ 1 1 7 の位置で代表させている。

【 0 0 3 0 】

図 3 (b) は、ロータ 1 1 9 の着磁位相とスリット回転板 1 0 5 とが基準位置関係にある状態を示している。ここで、基準位置関係とは、ロータ 1 1 9 の N 極領域とスリット回転板 1 0 5 の明領域とが一致する位置関係である。すなわち、スリット回転板 1 0 5 が基準位置関係でロータ 1 1 9 に取り付けられていれば、ロータ 1 1 9 の N 極領域とスリット回転板 1 0 5 の明領域とが一致する。

【 0 0 3 1 】

図 3 (c) は、図 3 (b) に示す基準位置関係からスリット回転板 1 0 5 が逆転方向に電気角で 180° だけずれた位置でロータ 1 1 9 に取り付けられた状態を示している。ここで、電気角とは、コイルに印加する駆動信号が 1 周期分変化したときに、ロータが 360° 回転すると定義したものである。よって、本実施形態の場合、スリット回転板 1 0 5 とロータ 1 1 9 の物理角度 72° が電気角 360° に相当する。

【 0 0 3 2 】

図 3 (a) に示すように、A 相 + 側ステータ 1 1 5 から逆転方向に物理角 18° だけ離れた位置に B 相 + 側ステータ 1 1 7 が配置される。本実施形態では、c h 0 フォトインタラプタ 1 0 3 が B 相 + 側ステータ 1 1 7 と同じ位置に配置され、c h 1 フォトインタラプタ 1 0 4 が A 相 + 側ステータ 1 1 5 と同じ位置に設置されている。これによって、ロータ 1 1 9 と共に回転するスリット回転板 1 0 5 の回転に対応して、c h 0 フォトインタラプタ 1 0 3 と c h 1 フォトインタラプタ 1 0 4 はそれぞれ、ロータ 1 1 9 の着磁位相に対応した信号を出力する。すなわち、ロータ 1 1 9 の回転に対応して、c h 0 フォトインタラプタ 1 0 3 または c h 1 フォトインタラプタ 1 0 4 から出力される信号が変化する。

【 0 0 3 3 】

図 7 は、図 3 に示すように N 極と S 極とを 5 極ずつ備えるロータ 1 1 9 を、N 極と S 極とを 1 極ずつ備える構成にモデル化した図である。このようなモデル化を行うことにより、電気角と物理角とを一致させることができる。以後の説明は、このモデルを用いて行う。

【 0 0 3 4 】

図 7 (a) の左側図は、ロータ 1 1 9 の着磁位相とスリット回転板 1 0 5 の明暗位相とが基準位置関係にある状態を示している。また、図 7 (a) の右側図 (グラフ) は、図 7 (a) の左側図の状態からロータ 1 1 9 を正転方向に θ 回転させた場合の E N C 0 信号と E N C 1 信号の出力変化を示している。なお、図 7 にある E N C 0 信号は c h 0 フォト
10
インタラプタ 1 0 3 の出力を 2 値化した信号であり、E N C 1 信号は c h 1 フォトインタラプタ 1 0 4 の出力を 2 値化した信号である。

【 0 0 3 5 】

図 7 (b) の左側図は、図 7 (a) の左側図の状態に対してスリット回転板 1 0 5 が電気角で θ だけ逆転方向にずれた状態を示している。図 7 (b) の右側図 (グラフ) は、図 7 (b) の左側図の状態からロータ 1 1 9 を正転方向に θ 回転させた場合の E N C 0 信号と E N C 1 信号の出力変化を示している。図 7 (b) の状態では、図 7 (a) の状態と比較して、E N C 0 信号と E N C 1 信号が電気角で θ だけ遅れて出力される。ロータ
20
1 1 9 を逆転方向に回転させた場合、E N C 0 信号と E N C 1 信号は、電気角 θ だけ進んで出力される。なお、スリット回転板 1 0 5 の取り付け位置のずれ角度 (θ) は、モータ駆動ユニット 1 0 0 の製造時に特定されている。

【 0 0 3 6 】

図 8 は、ロータ 1 1 9 を正転方向に回転させた際に、ロータ 1 1 9 の電気角とロータ 1 1 9 の回転位置との関係を説明する図である。図 8 (a) は、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加する正弦波状の電圧信号に対してロータ 1 1 9 の追従遅れが生じていない場合を示している。図 8 (b) は、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加する正弦波状の電圧信号に対してロータ 1 1 9 の追従遅れが生じている場合を示している。図 8 (a) および (b) には、ロータ 1 1 9 の電気角が 0° , 90° , 180° , 270° となる状態がそれぞれ示されている。図 8 (a) および (b) に図示されるロータ 1 1 9 の電気角が 0° では、A 相 + 側ステータ 1 1 5 に S 極が励磁され、B 相 +
30
側ステータ 1 1 7 には N 極も S 極も励磁されていない。図 8 (a) および (b) に図示されるロータ 1 1 9 の電気角が 90° では、A 相 + 側ステータ 1 1 5 には N 極も S 極も励磁されず、B 相 + 側ステータ 1 1 7 に N 極が励磁される。図 8 (a) および (b) に図示されるロータ 1 1 9 の電気角 180° のときには A 相 + 側ステータ 1 1 5 に N 極が励磁され、B 相 + 側ステータ 1 1 7 には N 極も S 極も励磁されていない。図 8 (a) および (b) に図示されるロータ 1 1 9 の電気角 270° のときには A 相 + 側ステータ 1 1 5 には N 極も S 極も励磁されず、B 相 + 側ステータ 1 1 7 に S 極が励磁される。図 8 (a) でも、図 8 (b) でも、それぞれの状態で A 相 + 側ステータ 1 1 5 および B 相 + 側ステータ 1 1 7 に励磁される磁極は同じであるが、図 8 (b) では、ロータ 1 1 9 の追従遅れ 80° が生じている。
40

【 0 0 3 7 】

図 9 は、ロータ 1 1 9 を正転方向に回転させた際の、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加する電圧信号と、ロータ 1 1 9 の回転位置と、c h 0 フォトインタラプタ 1 0 3 および c h 1 フォトインタラプタ 1 0 4 の出力との関係を示している。

【 0 0 3 8 】

図 9 (a) は、A 相用コイル 1 1 3 に印加される正弦波状の電圧信号を示し、図 9 (b) は、B 相用コイル 1 1 4 に印加される正弦波状の電圧信号を示す図である。図 9 (a) にて、A 相用コイル 1 1 3 に印加される正弦波状の電圧信号が正の領域となるときの、A 相 + 側ステータ 1 1 5 には N 極が励磁され、A 相用コイル 1 1 3 に印加される正弦波状の電圧信号が負の領域となるときの、A 相 + 側ステータ 1 1 5 には S 極が励磁される。図 9 (b)
50

）にて、B相用コイル114に印加される正弦波状の電圧信号が正の領域となると、B相+側ステータ117にはN極が励磁され、B相用コイル114に印加される正弦波状の電圧信号が負の領域となると、B相+側ステータ117にはS極が励磁される。

【0039】

図8(a)および(b)に示す電気角 0° 、 90° 、 180° 、 270° の状態は、図9に示す電気角 0° 、 90° 、 180° 、 270° の状態に対応している。すなわち、A相用コイル113に図9(a)に図示される正弦波状の電圧信号を印加し、B相用コイル114に、図9(b)に図示される正弦波状の電圧信号を印加すると、ロータ119は図8(a)または(b)のように回転する。

【0040】

図9(d)は、A相用コイル113に印加される正弦波状の電圧信号に基づいて正弦波発生器109から出力されるテーブル番号の変化を示す図である。A相用コイル113に印加される正弦波状の電圧信号1周期で、正弦波発生器109から出力されるテーブル番号は0から512まで変化する。正弦波発生器109から出力されるテーブル番号を検出することで、A相用コイル113に印加される電圧信号の位相(状態)を検出することができる。また、A相用コイル113に印加される電圧信号とB相用コイル114に印加される電圧信号の位相差は 90° であることが分かっているので、正弦波発生器109から出力されるテーブル番号を検出することで、B相用コイル114に印加される電圧信号の位相(状態)も検出することができる。

【0041】

図9(c)は、正弦波発生器109から出力されるテーブル番号を積算した値である。この値は、ロータ119が1回転すると512増加する。本実施形態では、ロータ119の電気角が最初に 0° になると、テーブル番号の積算値は1408となり、ロータ119が1回転してロータ119の電気角が再度 0° になると、テーブル番号の積算値は1920となる。

【0042】

図9(e)および(f)は、図8(a)に図示したようにA相用コイル113およびB相用コイル114に印加する電圧信号に対してロータ119の追従遅れが生じていない場合におけるロータ119の位置を示している。

【0043】

図9(e)にて破線で描かれるように、A相+側ステータ115にロータ119のN極が接近しているときに正の領域となり、A相+側ステータ115にロータ119のS極が接近しているときに負の領域となる。

【0044】

図9(e)にてロータ119の電気角が 0° となる状態は、図8(a)にてロータ119の電気角が 0° となる状態に対応している。図8(a)にてロータ119の電気角が 0° となる状態では、A相+側ステータ115にロータ119のN極の中心が向かい合っている。したがって、図9(e)にて破線で描かれる正弦波は、ロータ119の電気角が 0° となる状態にて、最大になる。

【0045】

図9(f)にて破線で描かれるように、B相+側ステータ117にロータ119のN極が接近しているときに正の領域となり、B相+側ステータ117にロータ119のS極が接近しているときに負の領域となる。

【0046】

図9(f)にてロータ119の電気角が 270° となる状態は、図8(a)にてロータ119の電気角が 270° となる状態に対応している。図8(a)にてロータ119の電気角が 270° となる状態では、B相+側ステータ117にロータ119のN極の中心が向かい合っている。したがって、図9(f)にて破線で描かれる正弦波は、ロータ119の電気角が 270° となる状態にて、最大になる。

【0047】

10

20

30

40

50

図9 (g) は、図8 (a) に図示したようにA相用コイル113およびB相用コイル114に印加する電圧信号に対してロータ119の追従遅れが生じていない場合におけるch0フォトインタラプタ103およびch1フォトインタラプタ104の出力を示している。すなわち、ロータ119のそれぞれの電気角におけるENC0信号(ch0フォトインタラプタ103の出力を2値化)とENC1信号(ch1フォトインタラプタ104の出力を2値化)を示している。図9 (g) では、図7で説明したスリット回転板105の取り付け位置のずれ角度 θ を反映しており、ENC0信号、ENC1信号が θ だけ遅れてHigh/Lowで変化する様子を示している。

【0048】

図9 (h) および (i) は、図8 (b) に図示したようにA相用コイル113およびB相用コイル114に印加する電圧信号に対してロータ119の追従遅れが生じている場合におけるロータ119の位置を示している。図8 (b) に図示されるロータ119の追従遅れ801は、図9の追従遅れ量925に対応する。

【0049】

図9 (h) にて破線で描かれるように、A相+側ステータ115にロータ119のN極が接近しているときに正の領域となり、A相+側ステータ115にロータ119のS極が接近しているときに負の領域となる。図9 (h) にて破線で描かれる正弦波は、図9 (e) にて破線で描かれる正弦波に対して追従遅れ量925だけ遅れる。

【0050】

図9 (h) にてロータ119の電気角が 0° から 90° となる状態は、図8 (b) にてロータ119の電気角が 0° から 90° となる状態に対応している。図8 (b) にてロータ119の電気角が 0° から 90° までの間の状態で、A相+側ステータ115にロータ119のN極の中心が向かい合う。したがって、図9 (e) にて破線で描かれる正弦波は、ロータ119の電気角が 0° から 90° までの間の状態で、最大になる。

【0051】

図9 (i) にて破線で描かれるように、B相+側ステータ117にロータ119のN極が接近しているときに正の領域となり、B相+側ステータ117にロータ119のS極が接近しているときに負の領域となる。図9 (i) にて破線で描かれる正弦波は、図9 (f) にて破線で描かれる正弦波に対して追従遅れ量925だけ遅れる。

【0052】

図9 (i) にてロータ119の電気角が 270° から 0° となる状態は、図8 (b) にてロータ119の電気角が 270° から 0° となる状態に対応している。図8 (b) にてロータ119の電気角が 270° から 0° までの間の状態で、B相+側ステータ117にロータ119のN極の中心が向かい合う。したがって、図9 (i) にて破線で描かれる正弦波は、ロータ119の電気角が 270° から 0° までの間の状態で、最大になる。

【0053】

図9 (j) は、図8 (b) に図示したようにA相用コイル113およびB相用コイル114に印加する電圧信号に対してロータ119の追従遅れが生じている場合におけるch0フォトインタラプタ103およびch1フォトインタラプタ104の出力を示している。すなわち、ロータ119のそれぞれの電気角におけるENC0信号(ch0フォトインタラプタ103の出力を2値化したもの)とENC1信号(ch1フォトインタラプタ104の出力を2値化したもの)を示している。ENC0信号とENC1信号も、図9 (g) の信号変化位置から追従遅れ量925の分だけ遅れてHigh/Lowが変化する。図9 (g) の追従遅れ量925は図8 (b) の追従遅れ801に対応している。

【0054】

図10は、ロータ119を逆転方向に回転させた際に、ロータ119の電気角とロータ119の回転位置との関係を説明する図である。図8では、ロータ119の回転方向が正転方向であったのに対して、図10では、ロータ119の回転方向が逆転方向である。図10 (a) は、A相用コイル113およびB相用コイル114に印加する正弦波状の電圧信号に対してロータ119の追従遅れが生じていない状態を示している。図10 (b) は、

10

20

30

40

50

A相用コイル113およびB相用コイル114に印加する正弦波状の電圧信号に対してロータ119の追従遅れが生じている状態を示している。すなわち、図10(b)では、ロータ119の追従遅れ1001が生じている。図10についての詳細な説明は、図8と同様であるため省略する。図10(b)に図示されるロータ119の追従遅れ1001は、図11の追従遅れ量1125に対応する。

【0055】

図11は、ロータ119を逆転方向に回転させた際の、A相用コイル113およびB相用コイル114に印加する電圧信号と、ロータ119の回転位置と、c h 0フォトインタラプタ103およびc h 1フォトインタラプタ104の出力信号との関係を示している。

【0056】

図11(a)~(j)についての詳細な説明は、図9(a)~(j)と同様であるため省略する。

【0057】

ロータ119を正転方向に回転させた場合とロータ119を逆転方向に回転させた場合での相違点を説明する。ロータ119を逆転方向に回転させた場合には、図11(d)に示すように正弦波発生器109から出力されるテーブル番号が小さくなっていく。したがって、正弦波発生器109から出力されるテーブル番号を積算した値も小さくなり、ロータ119が1回転すると512減少する。また、図11(g)および(j)に示すように、スリット回転板105の取り付け位置のずれ角度 θ の影響が進み方向に出る。すなわち、ロータ119を逆転方向に回転させた場合には、ENC0信号およびENC1信号が θ だけ進んでHigh/Lowで変化する。

【0058】

図12および図13は、ロータ119の位置検出処理を含む、ステッピングモータ101の駆動方法を示すフローチャートである。ステップS1200にて、CPU108は、モータドライバ112がA相用コイル113およびB相用コイル114に印加する駆動電圧V0を3.5Vに設定する。ステップS1201にて、CPU108は、c h 0フォトインタラプタ103およびc h 1フォトインタラプタ104の変化タイミングの基準位置設定を行う。ここでは、ロータ119の追従遅れがない場合にてENC0信号のHigh/Lowが変化するタイミングに対応するテーブル番号と、ENC1信号のHigh/Lowが変化するタイミングに対応するテーブル番号と、を基準位置として設定する。

【0059】

ロータ119を正転方向に回転させる際の基準位置設定方法について、図9を参照して具体的に説明する。図9(g)に図示されるように、ENC1信号がHighからLowに変化するタイミングがE1(E5)である。ENC0信号がLowからHighに変化するタイミングがE2(E6)である。ENC1信号がLowからHighに変化するタイミングがE3である。ENC0信号がHighからLowに変化するタイミングがE4である。ENC1信号がHighからLowに変化するタイミングE1(E5)では、テーブル番号0に θ だけ加算した位置905(913)を基準位置として設定する。ENC0信号がLowからHighに変化するタイミングE2(E6)では、テーブル番号128に θ だけ加算した位置907(915)を基準位置として設定する。ENC1信号がLowからHighに変化するタイミングE3では、テーブル番号256に θ だけ加算した位置909を基準位置として設定する。ENC0信号がHighからLowに変化するタイミングE4では、テーブル番号384に θ だけ加算した位置911を基準位置として設定する。このときの θ は、図7で説明したスリット回転板105の取り付け位置ズレ θ を、正弦波1周期を512のテーブル番号に換算したものである。

【0060】

ロータ119を逆転方向に回転させる際の基準位置設定について、図11を参照して具体的に説明する。図11(g)に図示されるように、ENC1信号がLowからHighに変化するタイミングがE1(E5)である。ENC0信号がLowからHighに変化するタイミングがE2(E6)である。ENC1信号がHighからLowに変化するタ

10

20

30

40

50

イミングがE3である。ENC0信号がHighからLowに変化するタイミングがE4である。ENC1信号がLowからHighに変化するタイミングがE1(E5)では、テーブル番号0にだけ加算した位置1105(1113)を基準位置として設定する。ENC0信号がLowからHighに変化するタイミングE2(E6)では、テーブル番号384にだけ加算した位置1107を基準位置として設定する。また、ENC1信号がHighからLowに変化するタイミングE3では、テーブル番号256にだけ加算した位置1109を基準位置として設定する。ENC0信号がHighからLowに変化するタイミングE4では、テーブル番号128にだけ加算した位置1111を基準位置として設定する。

【0061】

このように、ステップS1201では、ロータ119が正転方向に回転する場合と逆転方向に回転する場合にて、ENC0信号とENC1信号のHigh/Lowが変化するタイミングに対応するテーブル番号を適当な変数領域に格納する。なお、ステップS1201で設定される基準位置は、A相用コイル113およびB相用コイル114に印加される電圧信号に対して、ロータ119の追従遅れが生じない場合の基準位置である。

【0062】

ステップS1202において、CPU108は、ステップS1201で設定した8個の値の中に512を超えるものがないかを判定する。もし、設定した値の中に512を超える値があれば、その値から512を減算して、基準位置として設定する。ステップS1202の処理は、テーブル番号の最大値が511であるので、0~511の間の値に正規化するための処理である。

【0063】

CPU108は、ステップS1205において、ステッピングモータ101に対する駆動開始命令が発生しているかを判定する。CPU108は、駆動開始命令が発生している場合(S1205でYES)、処理をステップS1206へ進め、駆動開始命令が発生していない場合(S1205でNO)、ステップS1205の処理を繰り返す。

【0064】

ステップS1206において、CPU108は、駆動開始命令と共に送られてきた回転方向、速度、目標停止位置の指令値を設定する。そして、ステップS1207において、CPU108は、ステップS1201で設定した基準位置と、実際にENC0信号およびENC1信号のHigh/Lowが変化するタイミングに対応するテーブル番号との差分を格納する変数DiffCntにゼロ(0)を設定する。そして、CPU108は、駆動信号の位相(状態)に対するテーブル番号を設定値に応じた条件でステッピングモータ101の駆動を開始する。

【0065】

ステップS1208において、CPU108は、ENC0信号またはENC1信号のHigh/Low変化が発生したかどうかを判定する。ENC0信号またはENC1信号のHigh/Low変化が発生した場合(S1208でYES)、CPU108は、処理をステップS1209へ進める。ENC0信号またはENC1信号のHigh/Low変化が発生しない場合(S1208でNO)、CPU108は、処理をステップS1230へ進める。

【0066】

ステップS1209では、CPU108が、駆動開始命令と共に送られてきた回転方向の情報に基づいて、ロータ119を正転方向に回転させるのか、逆転方向に回転させるのかを判定する。ロータ119を正転方向に回転させる場合(S1209でYES)には、処理をステップS1210へ進める。ロータ119を逆転方向に回転させる場合(S1209でNO)には、処理をステップS1211へ進める。

【0067】

ステップS1210では、ステップS1208で発生したENC0信号またはENC1信号のHigh/Low変化がENC0信号のHigh/Low変化なのか否かをCPU

10

20

30

40

50

108が判定する。ENC0信号のHigh/Low変化であると判定される場合(S1210でYES)、処理をステップS1212へ進める。ENC0信号のHigh/Low変化でないと判定される場合(S1210でNO)、処理をステップS1213へ進める。

【0068】

ステップS1212では、ENC0信号がLowからHighに変化しているのか否かをCPU108が判定する。ENC0信号がLowからHighに変化していると判定される場合(ステップS1212でYES)には、処理をステップS1216へ進める。ENC0信号がLowからHighに変化していないと判定される場合(ステップS1212でNO)には、処理をステップS1217へ進める。

10

【0069】

ステップS1216では、ENC0信号がLowからHighに変化したタイミングに対応するテーブル番号を取得し、ステップS1201にて基準位置として設定した位置907(915)との差分を変数DiffCntに格納する。変数DiffCntに格納される値は、A相用コイル113およびB相用コイル114に印加する正弦波状の電圧信号に対するロータ119の追従遅れ量をテーブル番号で表わしたものとなる。

【0070】

図9(d)および(j)を参照して、ステップS1216の処理を具体的に説明する。ステップS1216を実行するのは、ENC0信号がLowからHighに変化するタイミングE8(E12)である。ENC0信号がLowからHighに変化するタイミングE8(E12)に対応するテーブル番号は位置908(916)である。このとき、差分918(922)が変数DiffCntに格納される。差分918(922)がA相用コイル113およびB相用コイル114に印加する正弦波状の電圧信号に対するロータ119の追従遅れ量に対応する。

20

【0071】

ステップS1212にて、ENC0信号がLowからHighに変化していないと判定される場合には、ENC0信号がHighからLowに変化したことになり、処理をステップS1217へ進める。

【0072】

ステップS1217では、ENC0信号がHighからLowに変化したタイミングに対応するテーブル番号を取得し、ステップS1201にて基準位置として設定した位置911との差分を変数DiffCntに格納する。変数DiffCntに格納される値は、A相用コイル113およびB相用コイル114に印加する正弦波状の電圧信号に対するロータ119の追従遅れ量をテーブル番号で表わしたものとなる。

30

【0073】

図9(d)および(j)を参照して、ステップS1217の処理を具体的に説明する。ステップS1217を実行するのは、ENC0信号がHighからLowに変化するタイミングE10である。ENC0信号がHighからLowに変化するタイミングE10に対応するテーブル番号は位置912である。このとき、差分920が変数DiffCntに格納される。

40

【0074】

ステップS1210にて、ENC0信号のHigh/Low変化でないと判定される場合には、ステップS1208でENC1信号のHigh/Low変化が発生したことになり、処理をステップS1213へ進める。

【0075】

ステップS1213では、ENC1信号がLowからHighに変化しているのか否かをCPU108が判定する。ENC1信号がLowからHighに変化していると判定される場合(ステップS1213でYES)には、処理をステップS1218へ進める。ENC1信号がLowからHighに変化していないと判定される場合(ステップS1213でNO)には、処理をステップS1219へ進める。

50

【 0 0 7 6 】

ステップ S 1 2 1 8 では、E N C 1 信号が L o w から H i g h に変化したタイミングに対応するテーブル番号を取得し、ステップ S 1 2 0 1 にて基準位置として設定した位置 9 0 9 との差分を変数 D i f f C n t に格納する。変数 D i f f C n t に格納される値は、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加する正弦波状の電圧信号に対するロータ 1 1 9 の追従遅れ量をテーブル番号で表わしたものとなる。

【 0 0 7 7 】

図 9 (d) および (j) を参照して、ステップ S 1 2 1 8 の処理を具体的に説明する。ステップ S 1 2 1 8 を実行するのは、E N C 1 信号が L o w から H i g h に変化するタイミング E 9 である。E N C 1 信号が L o w から H i g h に変化するタイミング E 9 に対応するテーブル番号は位置 9 1 0 である。このとき、差分 9 1 9 が変数 D i f f C n t に格納される。

10

【 0 0 7 8 】

ステップ S 1 2 1 3 にて、E N C 1 信号が L o w から H i g h に変化していないと判定される場合には、E N C 1 信号が H i g h から L o w に変化したことになり、処理をステップ S 1 2 1 9 へ進める。

【 0 0 7 9 】

ステップ S 1 2 1 9 では、E N C 1 信号が H i g h から L o w に変化したタイミングに対応するテーブル番号を取得し、ステップ S 1 2 0 1 にて基準位置として設定した位置 9 0 5 (9 1 3) との差分を変数 D i f f C n t に格納する。変数 D i f f C n t に格納される値は、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加する正弦波状の電圧信号に対するロータ 1 1 9 の追従遅れ量をテーブル番号で表わしたものとなる。

20

【 0 0 8 0 】

図 9 (d) および (j) を参照して、ステップ S 1 2 1 9 の処理を具体的に説明する。ステップ S 1 2 1 9 を実行するのは、E N C 1 信号が H i g h から L o w に変化するタイミング E 7 (E 1 1) である。E N C 1 信号が H i g h から L o w に変化するタイミング E 7 (E 1 1) に対応するテーブル番号は位置 9 0 6 (9 1 4) である。このとき、差分 9 1 7 (9 2 1) が変数 D i f f C n t に格納される。

【 0 0 8 1 】

ステップ S 1 2 1 6 ~ S 1 2 1 9 にて、変数 D i f f C n t に格納される差分 9 1 7 ~ 9 2 2 は、テーブル番号の値に換算されて変数 D i f f C n t に格納される。ロータ 1 1 9 を正転方向に回転させる場合、変数 D i f f C n t に格納される差分 9 1 7 ~ 9 2 2 は、正の値となる。

30

【 0 0 8 2 】

ステップ S 1 2 0 9 にて、ロータ 1 1 9 を逆転方向に回転させると判定される場合には、処理をステップ S 1 2 1 1 へ進める。ステップ S 1 2 1 1 の処理は、ステップ S 1 2 1 0 と同じである。ステップ S 1 2 0 8 で発生した E N C 0 信号または E N C 1 信号の H i g h / L o w 変化が E N C 0 信号の H i g h / L o w 変化であれば、処理をステップ S 1 2 1 4 へ進め、そうでなければ処理をステップ S 1 2 1 5 へ進める。

【 0 0 8 3 】

ステップ S 1 2 1 4 の処理は、ステップ S 1 2 1 2 と同じである。E N C 0 信号が L o w から H i g h に変化していれば、処理をステップ S 1 2 2 0 へ進め、そうでなければ処理をステップ S 1 2 2 1 へ進める。

40

【 0 0 8 4 】

ステップ S 1 2 1 5 の処理は、ステップ S 1 2 1 3 と同じである。E N C 1 信号が L o w から H i g h に変化していれば、処理をステップ S 1 2 2 2 へ進め、そうでなければ処理をステップ S 1 2 2 3 へ進める。

【 0 0 8 5 】

図 1 1 (d) および (j) を参照して、ステップ S 1 2 2 0 ~ S 1 2 2 3 の処理を具体的に説明する。

50

【 0 0 8 6 】

ステップ S 1 2 2 0 を実行するのは、E N C 0 信号が L o w から H i g h に変化するタイミング E 8 (E 1 2) である。E N C 0 信号が L o w から H i g h に変化するタイミング E 8 (E 1 2) に対応するテーブル番号は位置 1 1 0 8 (1 1 1 6) である。このとき、差分 1 1 1 8 (1 1 2 2) が変数 D i f f C n t に格納される。変数 D i f f C n t に格納される値は、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加する正弦波状の電圧信号に対するロータ 1 1 9 の追従遅れ量をテーブル番号で表わしたものとなる。

【 0 0 8 7 】

ステップ S 1 2 2 1 を実行するのは、E N C 0 信号が H i g h から L o w に変化するタイミング E 1 0 である。E N C 0 信号が H i g h から L o w に変化するタイミング E 1 0 に対応するテーブル番号は位置 1 1 1 2 である。このとき、差分 1 1 2 0 が変数 D i f f C n t に格納される。変数 D i f f C n t に格納される値は、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加する正弦波状の電圧信号に対するロータ 1 1 9 の追従遅れ量をテーブル番号で表わしたものとなる。

【 0 0 8 8 】

ステップ S 1 2 2 2 を実行するのは、E N C 1 信号が L o w から H i g h に変化するタイミング E 9 である。E N C 1 信号が L o w から H i g h に変化するタイミング E 9 に対応するテーブル番号は位置 1 1 1 0 である。このとき、差分 1 1 1 9 が変数 D i f f C n t に格納される。変数 D i f f C n t に格納される値は、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加する正弦波状の電圧信号に対するロータ 1 1 9 の追従遅れ量をテーブル番号で表わしたものとなる。

【 0 0 8 9 】

ステップ S 1 2 2 3 を実行するのは、E N C 1 信号が H i g h から L o w に変化するタイミング E 7 (E 1 1) である。E N C 1 信号が H i g h から L o w に変化するタイミング E 7 (E 1 1) に対応するテーブル番号は位置 1 1 0 6 (1 1 1 4) である。このとき、差分 1 1 1 7 (1 1 2 1) が変数 D i f f C n t に格納される。変数 D i f f C n t に格納される値は、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加する正弦波状の電圧信号に対するロータ 1 1 9 の追従遅れ量をテーブル番号で表わしたものとなる。

【 0 0 9 0 】

ステップ S 1 2 2 0 ~ S 1 2 2 3 にて、変数 D i f f C n t に格納される差分 1 1 1 7 ~ 1 1 2 2 は、テーブル番号の値に換算されて変数 D i f f C n t に格納される。ロータ 1 1 9 を逆転方向に回転させる場合、変数 D i f f C n t に格納される差分 1 1 1 7 ~ 1 1 2 2 は、負の値となる。

【 0 0 9 1 】

ステップ S 1 2 1 6 ~ S 1 2 2 3 のいずれかの処理の実行後のステップ S 1 2 2 4 にて、C P U 1 0 8 は、変数 D i f f C n t に格納される値が 2 5 6 より大きいかな否かを判定する。C P U 1 0 8 は、変数 D i f f C n t に格納される値が 2 5 6 より大きい場合 (S 1 2 2 4 で Y E S)、処理をステップ S 1 2 2 5 へ進め、変数 D i f f C n t に格納される値が 2 5 6 より大きくない場合 (S 1 2 2 4 で N O)、処理をステップ S 1 2 2 6 へ進める。ステップ S 1 2 2 5 にて、C P U 1 0 8 は、変数 D i f f C n t に格納される値から 5 1 2 を引いた値を再度、変数 D i f f C n t に格納し、その後、処理をステップ S 1 2 2 6 へ進める。

【 0 0 9 2 】

ステップ S 1 2 2 6 にて、C P U 1 0 8 は、変数 D i f f C n t に格納される値が - 2 5 6 以下かな否かを判定する。C P U 1 0 8 は、変数 D i f f C n t に格納される値が - 2 5 6 以下である場合 (S 1 2 2 6 で Y E S)、処理をステップ S 1 2 2 7 へ進め、変数 D i f f C n t に格納される値が - 2 5 6 以下でない場合 (S 1 2 2 6 で N O)、処理をステップ S 1 2 2 8 へ進める。C P U 1 0 8 は、ステップ S 1 2 2 7 において、変数 D i f f C n t に格納される値に 5 1 2 を加算した値を再度、変数 D i f f C n t に格納し、その後、処理をステップ S 1 2 2 8 へ進める。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 3 】

ステップ S 1 2 2 4 ~ S 1 2 2 7 の処理は、ステップ S 1 2 1 6 ~ S 1 2 2 3 の処理において差分を算出するための 2 つの値がテーブル番号 0 を跨いでいる場合（例えば、差分 1 1 1 7、1 1 2 1 の場合）を補正するための処理である。

【 0 0 9 4 】

ステップ S 1 2 2 8 ~ S 1 2 3 3 の処理は、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加される電圧を制御するための動作である。

【 0 0 9 5 】

本実施形態のモータ駆動ユニット 1 0 0 は、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加する電圧信号に対するロータ 1 1 9 の追従遅れが、ロータ 1 1 9 の電気角で 9 0 ° となる状態が最もトルクが大きくなる。したがって、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加する正弦波状の電圧信号に対するロータ 1 1 9 の追従遅れが、ロータ 1 1 9 の電気角で 9 0 ° より小さい場合には、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加される電圧を低くする。これによって、ロータ 1 1 9 の回転速度が落ち、ロータ 1 1 9 の追従遅れが増加する。一方、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加する正弦波状の電圧信号に対するロータ 1 1 9 の追従遅れが、ロータ 1 1 9 の電気角で 9 0 ° より大きい場合には、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加される電圧を高くする。これによって、ロータ 1 1 9 の回転速度が上がり、ロータ 1 1 9 の追従遅れが減少する。

【 0 0 9 6 】

本実施形態では、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加される信号に対するロータ 1 1 9 の追従遅れが、所望の状態となるように、ロータ 1 1 9 の追従遅れ量に応じて A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加される電圧を制御している。

【 0 0 9 7 】

上述したように、本実施形態では、変数 D i f f C n t に格納される値が、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加する正弦波状の電圧信号に対するロータ 1 1 9 の追従遅れ量をテーブル番号で表わしたものとなっている。変数 D i f f C n t に格納される値が 1 2 8 より大きい小さいかを判定することで、ロータ 1 1 9 の追従遅れが 9 0 ° より大きい小さいかを判定している。

【 0 0 9 8 】

ステップ S 1 2 2 8 において、C P U 1 0 8 は、予め設定した電圧制御周期時間が経過したか否かを判断する。予め設定した電圧制御周期時間が経過していれば、処理をステップ S 1 2 2 9 に進め、予め設定した電圧制御周期時間が経過していなければ、処理をステップ S 1 2 3 4 に進める。これによって、本実施形態では、ロータ 1 1 9 の回転速度に関わらず予め設定した時間間隔で、A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加される電圧を制御することができる。

【 0 0 9 9 】

ステップ S 1 2 2 9 にて、C P U 1 0 8 は、変数 D i f f C n t に格納される値が 1 2 8 より小さいか否かを判定する。変数 D i f f C n t に格納される値が 1 2 8 より小さい場合には、処理をステップ S 1 2 3 0 に進め、変数 D i f f C n t に格納される値が 1 2 8 より小さくない場合には、処理をステップ S 1 2 3 1 に進める。

【 0 1 0 0 】

ステップ S 1 2 3 0 にて、C P U 1 0 8 は、図 1 4 に示す関係にしたがってモータドライバ 1 1 2 が A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加する駆動電圧 V 0 を低減させる。図 1 4 は、変数 D i f f C n t に格納される値と A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加する駆動電圧 V 0 との関係を示すグラフである。C P U 1 0 8 は、図 1 4 に示すグラフにしたがって駆動電圧 V 0 を設定することで、モータドライバ 1 1 2 が A 相用コイル 1 1 3 および B 相用コイル 1 1 4 に印加する駆動電圧 V 0 を低減させる。

【 0 1 0 1 】

ステップS 1 2 3 1にて、CPU 1 0 8は、変数D i f f C n tに格納される値が1 2 8より大きいか否かを判定する。変数D i f f C n tに格納される値が1 2 8より大きい場合には、処理をステップS 1 2 3 2に進め、変数D i f f C n tに格納される値が1 2 8より大きい場合には、処理をステップS 1 2 3 3に進める。なお、ステップS 1 2 3 1にて、変数D i f f C n tに格納される値が1 2 8より大きい場合と判定される場合には、変数D i f f C n tに格納される値が1 2 8となっている場合である。すなわち、ロータ1 1 9の追従遅れが9 0 °となっている場合である。

【 0 1 0 2 】

ステップS 1 2 3 2にて、CPU 1 0 8は、モータドライバ1 1 2がA相用コイル1 1 3およびB相用コイル1 1 4に印加する駆動電圧V 0を増加させる。CPU 1 0 8は、図 1 4に示すグラフにしたがって駆動電圧V 0を設定することで、モータドライバ1 1 2がA相用コイル1 1 3およびB相用コイル1 1 4に印加する駆動電圧V 0を増加させる。

【 0 1 0 3 】

ステップS 1 2 3 3にて、CPU 1 0 8は、モータドライバ1 1 2がA相用コイル1 1 3およびB相用コイル1 1 4に印加する駆動電圧V 0を変更しない。すなわち、現在の駆動電圧V 0を維持する。

【 0 1 0 4 】

次に、ステップS 1 2 3 4において、CPU 1 0 8は、ロータ1 1 9が目標停止位置に到達しているか否かを判定する。CPU 1 0 8は、ロータ1 1 9が目標停止位置に到達している場合(S 1 2 3 4でY E S)、処理をステップS 1 2 3 5へ進め、ロータ1 1 9が目標停止位置に到達していない場合(S 1 2 3 4でN O)、処理をステップS 1 2 0 5へ戻す。ステップS 1 2 3 5において、CPU 1 0 8は、正弦波発生器1 0 9によるテーブル番号の進行を停止する。その後、CPU 1 0 8は、処理をステップS 1 2 0 5へ戻す。

【 0 1 0 5 】

本実施形態では、予め設定した電圧制御周期時間が経過していれば、ENC 0信号またはENC 1信号のH i g h / L o w変化が発生する度に、変数D i f f C n tに格納される値が変化する。すなわち、c h 0フォトインタラプタ1 0 3またはc h 1フォトインタラプタ1 0 4の出力が変化する度に、ロータ1 1 9の追従遅れ量が更新され、A相用コイルおよびB相用コイルに印加する駆動電圧が設定される。

【 0 1 0 6 】

なお、PID制御や位相補償フィルタなどを用いて、ロータ1 1 9の追従遅れ量(変数D i f f C n tに格納される値)からA相用コイルおよびB相用コイルに印加する駆動電圧を設定しても、同様の作用効果を奏することができる。

【 0 1 0 7 】

以上の処理により、ロータの追従遅れがない場合に信号出力手段から信号が出力されるタイミングにおける駆動信号の状態と、ロータの追従遅れがある場合に信号出力手段から信号が出力されるタイミングにおける駆動信号の状態との差分からロータの追従遅れ量を求めることができる。そして、求めた追従遅れ量に基づいてA相用コイルおよびB相用コイルに印加する駆動電圧を制御することができる。

【 0 1 0 8 】

以上、本発明をその好適な実施形態に基づいて詳述してきたが、本発明はこれら特定の実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の様々な形態も本発明に含まれる。さらに、上述した各実施形態は本発明の一実施形態を示すものにすぎず、各実施形態を適宜組み合わせることも可能である。

【 0 1 0 9 】

本発明は以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア(プログラム)をネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ(又はCPUやMPU等)がプログラムコードを読み出して実行する処理である。この場合、そのプログラム、および該プログラムを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。

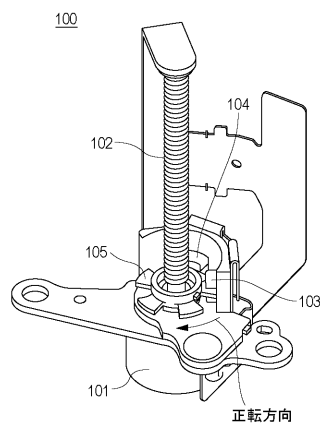
【符号の説明】

【 0 1 1 0 】

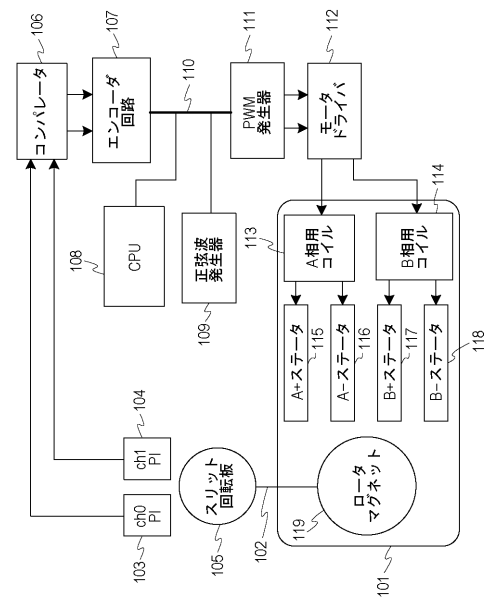
- 1 0 0 モータユニット
- 1 0 1 ステッピングモータ
- 1 0 2 ロータ軸
- 1 0 3 c h 0 フォトインタラプタ
- 1 0 4 c h 1 フォトインタラプタ
- 1 0 5 スリット回転板
- 1 0 8 C P U
- 1 0 9 正弦波発生器
- 1 1 3 A相用コイル
- 1 1 4 B相用コイル
- 1 1 5 A相 + 側ステータ
- 1 1 6 A相 - 側ステータ
- 1 1 7 B相 + 側ステータ
- 1 1 8 B相 - 側ステータ
- 1 1 9 ロータマグネット (ロータ)

10

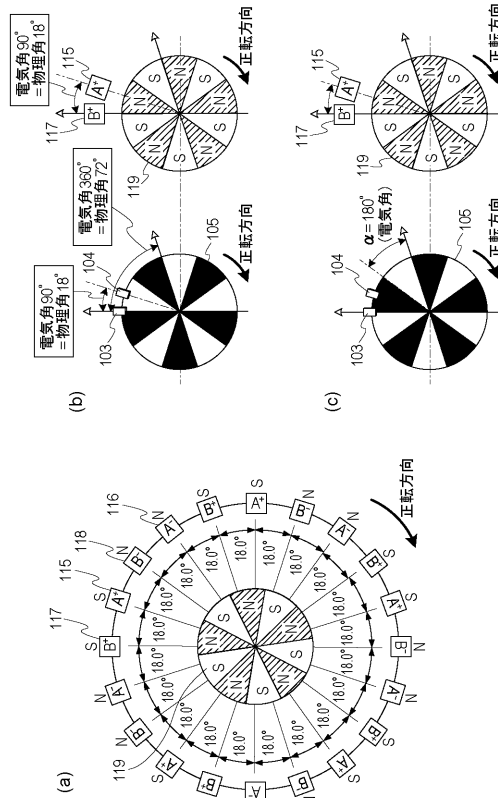
【 図 1 】



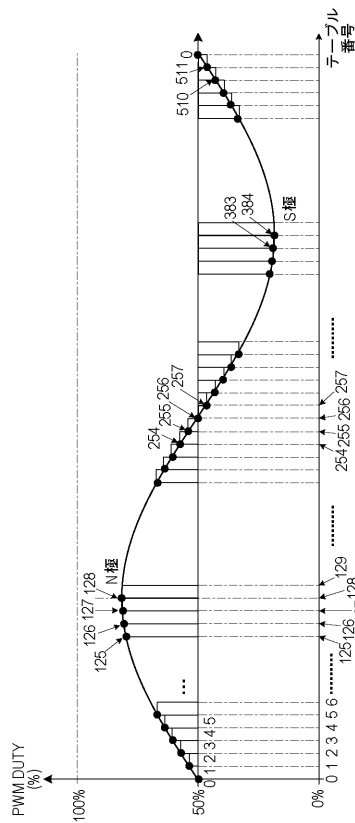
【 図 2 】



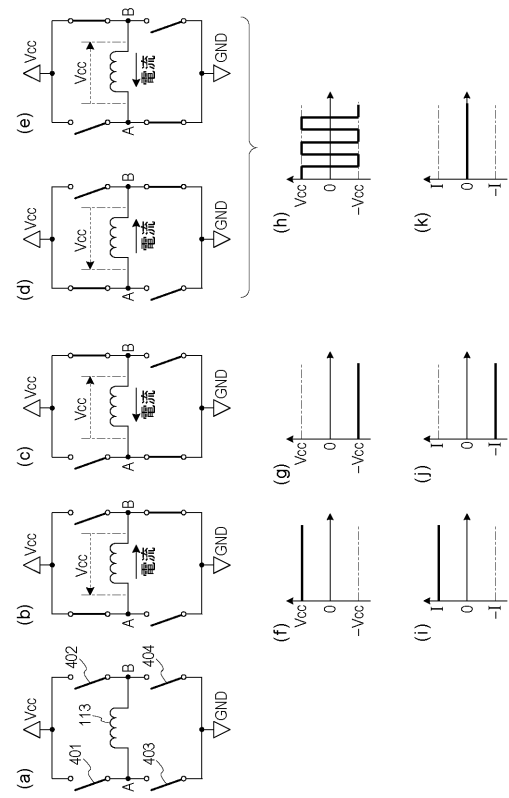
【図 3】



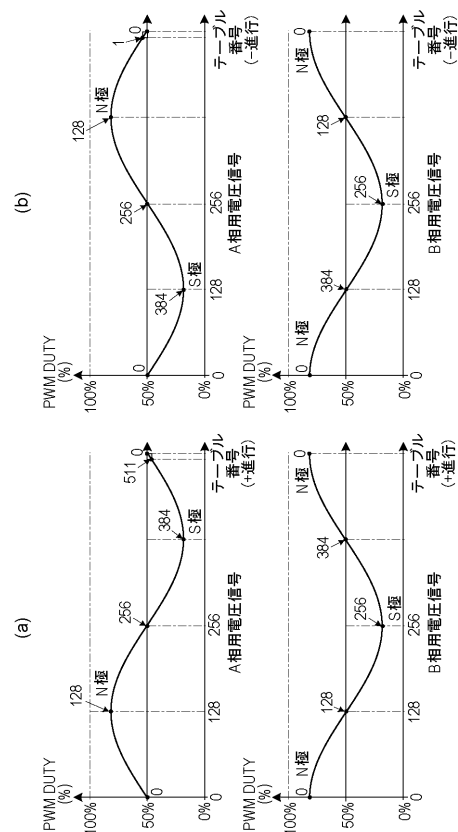
【図 5】



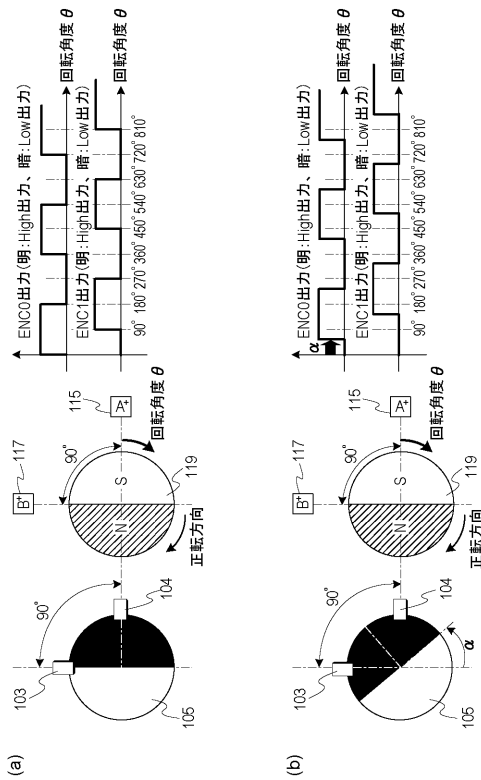
【図 4】



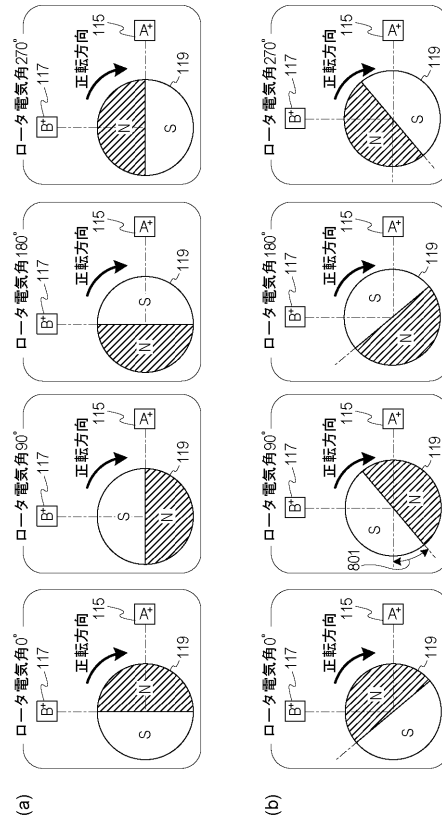
【図 6】



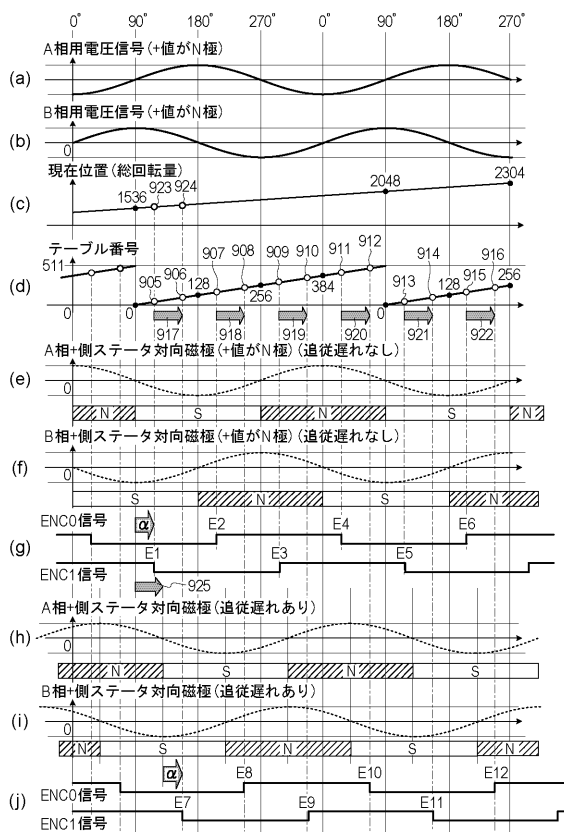
【図 7】



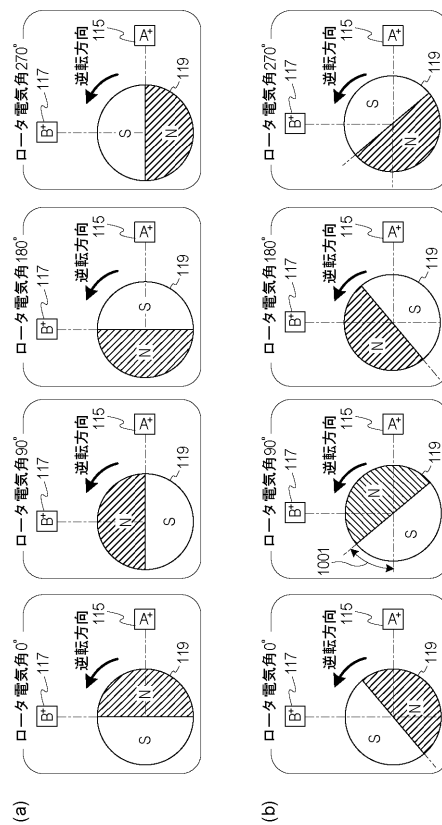
【図 8】



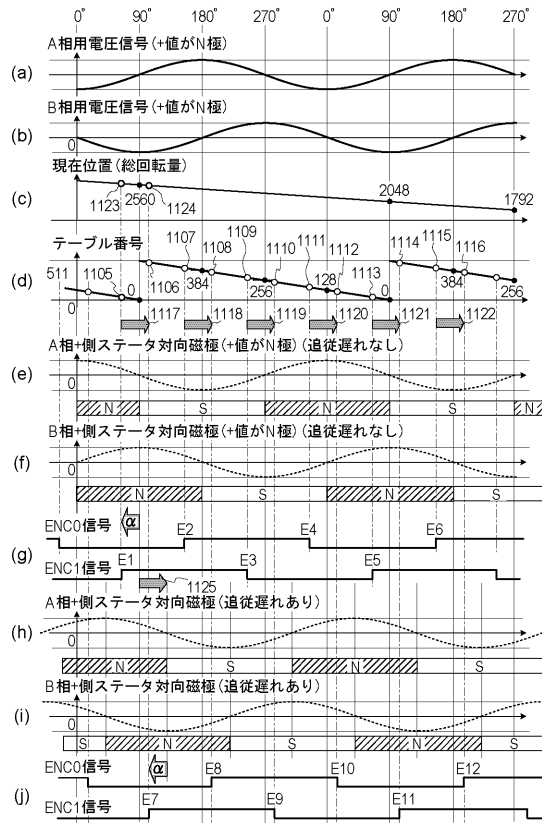
【図 9】



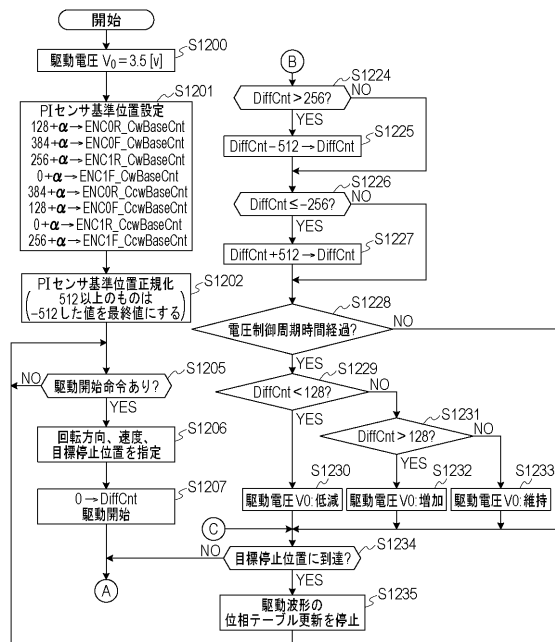
【図 10】



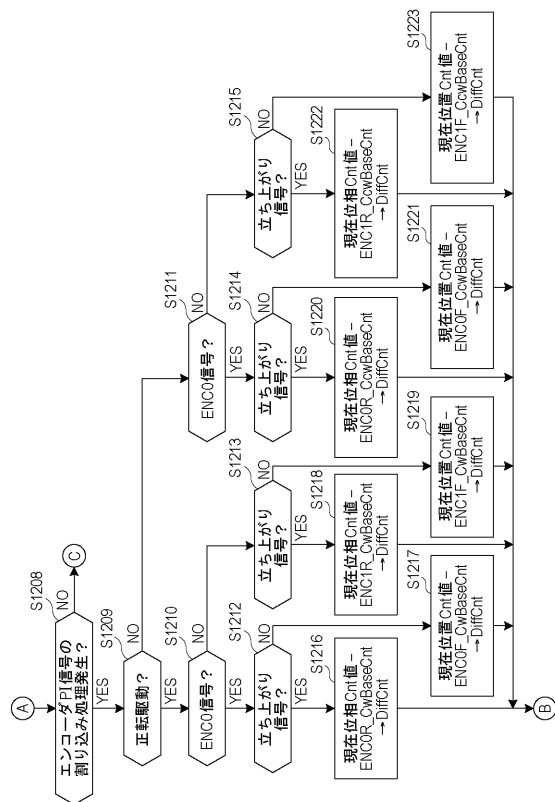
【図 1 1】



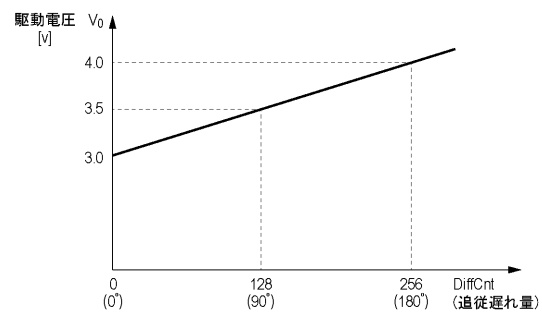
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 3 - 0 3 4 3 3 7 (J P , A)
特開平 0 6 - 0 7 5 6 3 6 (J P , A)
特開平 0 1 - 3 1 5 2 9 9 (J P , A)
特開平 0 9 - 1 8 2 4 9 7 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 2 1 5 8 7 0 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 0 5 9 6 0 5 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 0 7 / 0 0 4 0 5 2 9 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 2 P 8 / 1 8