

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6278629号
(P6278629)

(45) 発行日 平成30年2月14日(2018.2.14)

(24) 登録日 平成30年1月26日(2018.1.26)

(51) Int.Cl.

HO2P 8/14 (2006.01)

F 1

HO2P 8/14

請求項の数 12 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2013-150765 (P2013-150765)
 (22) 出願日 平成25年7月19日 (2013.7.19)
 (65) 公開番号 特開2015-23703 (P2015-23703A)
 (43) 公開日 平成27年2月2日 (2015.2.2)
 審査請求日 平成28年7月15日 (2016.7.15)

(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 山中 智明
 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 上野 力

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ステッピングモータの制御装置、光学機器、ステッピングモータの制御方法、及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ステッピングモータの回転子の回転位置を検出する位置検出センサと、
 前記ステッピングモータに電圧を印加することにより、前記ステッピングモータを駆動
 させる電圧制御部と、

前記ステッピングモータのコイルに流れる励磁電流と、前記回転子の回転位置との位相
 差である進角を制御する進角制御部と、を有し、

前記ステッピングモータの加速駆動において、

前記電圧制御部が前記電圧を第1の電圧に保持している間に前記進角制御部が前記進角
 を増加させ、次に、前記電圧制御部が前記電圧を前記第1の電圧から第2の電圧に増加さ
 せるとともに当該電圧増加の前後で前記ステッピングモータの速度が滑らかに変化するよ
 うに前記進角制御部が前記進角を減少させ、その後、前記電圧制御部が前記電圧を前記第
 2の電圧に保持している間に前記進角制御部が前記進角を増加させることを特徴とするス
 テッピングモータの制御装置。

【請求項 2】

ステッピングモータの回転子の回転位置を検出する位置検出センサと、
 前記ステッピングモータに電圧を印加することにより、前記ステッピングモータを駆動
 させる電圧制御部と、

前記ステッピングモータのコイルに流れる励磁電流と、前記回転子の回転位置との位相
 差である進角を制御する進角制御部と、を有し、

10

20

前記ステッピングモータの減速駆動において、

前記電圧制御部が前記電圧を第1の電圧に保持している間に前記進角制御部が前記進角を減少させ、次に、前記電圧制御部が前記電圧を前記第1の電圧から第2の電圧に減少させるとともに当該電圧減少の前後で前記ステッピングモータの速度が滑らかに変化するよう前記進角制御部が前記進角を増加させ、その後、前記電圧制御部が前記電圧を前記第2の電圧に保持している間に前記進角制御部が前記進角を減少させることを特徴とするステッピングモータの制御装置。

【請求項3】

前記ステッピングモータの消費電力が所定の上限値を超えないように、前記進角制御部は前記進角を制御し、前記電圧制御部は前記電圧を制御することを特徴とする請求項1または2に記載のステッピングモータの制御装置。

10

【請求項4】

前記ステッピングモータの駆動速度と前記消費電力の関係を示すデータを記憶する記憶部をさらに有し、前記消費電力は、前記データと前記駆動速度に基づいて検知されることを特徴とする請求項3に記載のステッピングモータの制御装置。

【請求項5】

前記電圧制御部は、前記電圧のデューティー比を変更することで前記電圧を変化させることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載のステッピングモータの制御装置。

【請求項6】

20

被駆動部材と、

前記被駆動部材を移動させるためのステッピングモータと、

前記ステッピングモータを制御する請求項1乃至5のいずれか1項に記載のステッピングモータの制御装置とを含むことを特徴とする光学機器。

【請求項7】

ステッピングモータに印加する電圧及び、前記ステッピングモータのコイルに流れる励磁電流と前記ステッピングモータの回転子の回転位置との位相差である進角を制御することで、前記ステッピングモータの駆動速度を制御するステッピングモータの制御方法であつて、

前記ステッピングモータを加速駆動する制御において、

30

前記電圧を第1の電圧に保持している間に前記進角を増加させる第1ステップと、

前記電圧を前記第1の電圧から第2の電圧に増加させるとともに前記進角を減少させる第2ステップと、

前記電圧を前記第2の電圧に保持している間に前記進角を増加させる第3ステップと、を有し、

前記第2ステップにおいて、前記第2ステップにおける電圧増加の前後で前記ステッピングモータの速度が滑らかに変化するよう前記進角を減少させることを特徴とするステッピングモータの制御方法。

【請求項8】

40

ステッピングモータに印加する電圧及び、前記ステッピングモータのコイルに流れる励磁電流と前記ステッピングモータの回転子の回転位置との位相差である進角を制御することで、前記ステッピングモータの駆動速度を制御するステッピングモータの制御方法であつて、

前記ステッピングモータを減速駆動する制御において、

前記電圧を第1の電圧に保持している間に前記進角を減少させる第1ステップと、

前記電圧を前記第1の電圧から第2の電圧に減少させるとともに前記進角を増加させる第2ステップと、

前記電圧を前記第2の電圧に保持している間に前記進角を減少させる第3ステップと、を有し、

前記第2ステップにおいて、前記第2ステップにおける電圧減少の前後で前記ステッピングモータの駆動速度を制御するステッピングモータの制御方法。

50

ングモータの速度が滑らかに変化するように前記進角を増加させることを特徴とするステッピングモータの制御方法。

【請求項 9】

前記ステッピングモータの消費電力が所定の上限値を超えないように、前記駆動速度を制御することを特徴とする請求項7または8に記載のステッピングモータの制御方法。

【請求項 10】

ステッピングモータに印加する電圧及び、前記ステッピングモータのコイルに流れる励磁電流と前記ステッピングモータの回転位置との位相差である進角を制御することで、コンピュータにステッピングモータの加速駆動制御を行わせるステッピングモータの制御プログラムであって、

10

前記電圧を第1の電圧に保持している間に前記進角を増加させる第1ステップと、

前記電圧を前記第1の電圧から第2の電圧に増加させるとともに前記進角を減少させる第2ステップと、

前記電圧を前記第2の電圧に保持している間に前記進角を増加させる第3ステップと、を有し、

前記第2ステップにおいて、前記第2ステップにおける電圧増加の前後で前記ステッピングモータの速度が滑らかに変化するように前記進角を減少させることを特徴とするステッピングモータの制御プログラム。

【請求項 11】

ステッピングモータに印加する電圧及び、前記ステッピングモータのコイルに流れる励磁電流と前記ステッピングモータの回転位置との位相差である進角を制御することで、コンピュータにステッピングモータの減速駆動制御を行わせるステッピングモータの制御プログラムであって、

20

前記電圧を第1の電圧に保持している間に前記進角を減少させる第1ステップと、

前記電圧を前記第1の電圧から第2の電圧に減少させるとともに前記進角を増加させる第2ステップと、

前記電圧を前記第2の電圧に保持している間に前記進角を減少させる第3ステップと、を有し、

前記第2ステップにおいて、前記第2ステップにおける電圧減少の前後で前記ステッピングモータの速度が滑らかに変化するように前記進角を増加させることを特徴とするステッピングモータの制御プログラム。

30

【請求項 12】

前記ステッピングモータの消費電力が所定の上限値を超えないように、前記ステッピングモータの駆動速度を制御することを特徴とする請求項10または11に記載のステッピングモータの制御プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ステッピングモータの制御装置、光学機器、ステッピングモータの制御方法、及びプログラムに関し、特に、ロータの位置を検出する位置センサを有するステッピングモータの制御装置に関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

ステッピングモータは、コイルへの通電切り替えによって所定の角度毎に回転可能であるため、位置センサを用いることなく容易に位置制御が可能である、という特徴を有している。そのため、決められた時間間隔に従ってコイルへの通電状態を切り替える、オーブンループ制御による駆動モードが一般的に用いられている。しかし、モータを高速で駆動させるときや、モータに大きな負荷が掛かるときには、コイルへの通電切り替えに対してロータが応答できなくなり、脱調を起こしやすいという問題がある。

【0003】

50

そこで、加速や減速をするときは、ロータの位置を検出する位置センサの出力に応じてコイルへの通電状態を切り替える、フィードバック制御を行うことによって、高速駆動が可能な駆動モードに切り替えることができるステッピングモータが知られている。また、オープンループ制御とフィードバック制御を組み合わせることにより、低速時はオープンループ制御で駆動し、高速時はフィードバック制御で駆動するステッピングモータも知られている。これにより、低速領域及び高速領域において精度よく駆動を制御することができる。

【0004】

また、モータが発生させるトルクとモータの回転速度の関係をT-N特性という。T-N特性はモータに印加される電圧、つまりコイルの端子間電圧により変化し、電圧が高くなると生じるトルクが大きくなり、モータを高速回転させることができる。 10

【0005】

特許文献1には、回転角を検出するためのエンコーダを搭載したステッピングモータの駆動制御装置が記載されている。駆動制御装置の記憶装置に、モータへの印加電圧とモータの回転速度との対応データを予め格納しておくことにより、モータの目標回転速度を実現するために印加すべき電圧の値を容易に知ることができる。この制御装置を用いることで、モータの負荷変動を低減させ、モータの加減速に関する制御を精度よく行うことができる。

【0006】

また、特許文献2には、モータを精度よく、かつ高速に回転させるために、フィードバック制御を行う際には、矩形波状の駆動波形の電流をモータに印加する駆動制御方法が記載されている。 20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開昭62-285695号公報

【特許文献2】特開平10-150798号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

撮像装置等の光学機器にステッピングモータを搭載する場合、光学機器の操作性や機能性を向上させるためには、光学機器を構成する部材を高速に移動させ、また、部材の移動に関する速度変動を抑制する必要がある。 30

【0009】

特許文献1及び2に記載の駆動制御装置は、モータを精度よく、また高速に回転させることを目的としているが、モータの駆動速度の変動に関しては考慮していない。

【0010】

本発明は、速度変動を抑制しながら、ステッピングモータを高速に駆動させることができるようにステッピングモータの制御装置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】

【0011】

本発明のステッピングモータの制御装置は、ステッピングモータの回転子の回転位置を検出する位置検出センサと、前記ステッピングモータに電圧を印加することにより、前記ステッピングモータを駆動させる電圧制御部と、前記ステッピングモータのコイルに流れれる励磁電流と、前記回転子の回転位置との位相差である進角を制御する進角制御部と、を有し、前記ステッピングモータの加速駆動において、前記電圧制御部が前記電圧を第1の電圧に保持している間に前記進角制御部が前記進角を増加させ、次に、前記電圧制御部が前記電圧を前記第1の電圧から第2の電圧に増加させるとともに当該電圧増加の前後で前記ステッピングモータの速度が滑らかに変化するよう前記進角制御部が前記進角を減少させ、その後、前記電圧制御部が前記電圧を前記第2の電圧に保持している間に前記進角 40

50

制御部が前記進角を増加させることを特徴とする。

【0012】

本発明のステッピングモータの制御装置は、ステッピングモータの回転位置を検出する位置検出センサと、前記ステッピングモータに電圧を印加することにより、前記ステッピングモータを駆動させる電圧制御部と、前記ステッピングモータのコイルに流れる励磁電流と、前記回転子の回転位置との位相差である進角を制御する進角制御部と、を有し、前記ステッピングモータの減速駆動において、前記電圧制御部が前記電圧を第1の電圧に保持している間に前記進角制御部が前記進角を減少させ、次に、前記電圧制御部が前記電圧を前記第1の電圧から第2の電圧に減少させるとともに当該電圧減少の前後で前記ステッピングモータの速度が滑らかに変化するよう前記進角制御部が前記進角を増加させ、その後、前記電圧制御部が前記電圧を前記第2の電圧に保持している間に前記進角制御部が前記進角を減少させることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、速度変動を抑制しながら、ステッピングモータを高速に駆動させることができるステッピングモータの制御装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】実施例1に係る撮像装置の構成を示すブロック図

20

【図2】オートフォーカス動作を示すフローチャート

【図3】進角制御を示す概念図

【図4】進角制御を用いた場合のステッピングモータの回転速度の時間変化を示す図

【図5】ステッピングモータの回転速度と消費電流の関係を示す図

【図6】進角と回転速度の関係を示す図

【図7】実施例1の制御装置における、モータの加速時の各パラメータの時間変化を示す図

【図8】実施例1の制御装置における、モータの加速時の速度制御方法を示すフローチャート

【図9】実施例1の制御装置において、モータの速度変動を抑制して加速をする際の各パラメータの時間変化を示す図

30

【図10】実施例1の制御装置における、モータの減速時の速度制御方法を示すフローチャート

【図11】実施例2の制御装置における、進角制御モードと電圧制御モードを組み合わせた速度制御を示すフローチャート

【図12】実施例2の制御装置における、加速期間の各パラメータの時間変化を示す図

【図13】実施例2の制御装置における、減速期間の各パラメータの時間変化を示す図

【図14】実施例3の制御装置における、進角と回転速度の関係を示す特性図

【図15】実施例3の制御装置における、進角制御モードと電圧制御モードを組み合わせた速度制御を示すフローチャート

【図16】ステッピングモータの構成を示す図

40

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下に、本発明の好ましい実施形態を、添付の図面に基づいて詳細に説明する。図1は、エンコーダを有するステッピングモータを備えるレンズ装置と、このレンズ装置が着脱可能なカメラ装置のブロック図を示す。

【0016】

100は、フォーカスレンズ群である。フォーカスレンズ群100は、図1に示す矢印の方向（撮影光学系の光軸方向）に移動することにより、焦点調節を行う。撮影光学系を透過した光束は、不図示の像素子によって光電変換され、電気信号として出力される。

フォーカスレンズ群100は、カム環やガイドバー等から構成されるレンズ保持部122

50

によって保持される。レンズ保持部 122 は光軸方向に移動可能に構成される。

【0017】

109 はカメラ装置との通信やステッピングモータの駆動制御、及びセンサから入力される信号の処理を行うレンズ制御マイコンである。103 は、ギアやリードスクリュー等の駆動伝達ユニットであり、104 は、ステッピングモータ（以降、モータ 104 と記載する）である。モータ 104 の回転軸が回転することで、駆動伝達ユニット 103 を介して、レンズ保持部 122 とフォーカスレンズ群 100 を一体に駆動することができる。

【0018】

モータ 104 を駆動するための制御信号は、レンズ制御マイコン 109 で生成される。レンズ制御マイコン 109 は、モータ 104 の駆動方式に合わせてモータ 104 の各相に 10 対する励磁パターンを生成する。ここで、駆動方式としては、矩形波状の駆動信号を用いた 2 相駆動や 1 - 2 相駆動、及び正弦波状の駆動信号を用いたマイクロステップ駆動等が挙げられる。

【0019】

レンズ制御マイコン 109 には、モータ 104 の目標回転速度を指定する速度指示部が含まれる。また、レンズ制御マイコン 109 には、モータ 104 のコイルに印加される励磁電流と、モータ 104 の回転位置（回転子の回転位置）の位相差である進角を制御する進角制御部と、モータ 104 に印加する電圧を制御する電圧制御部が含まれる。さらに、進角制御部による進角の制御と、電圧制御部による駆動電圧の制御を組み合わせることで、モータ 104 の回転速度（駆動速度）を制御する速度制御部を含んでいる。 20

【0020】

生成された制御信号は、モータドライバ 107 でモータ 104 の駆動に必要な電流、電圧に変換され、モータ 104 に供給される。モータドライバ 107 において必要とされる電力は、カメラ装置に装備されたバッテリー 212 から供給される。電力の供給は、求められる電圧に変換するための電力変換回路 213 を介して行われる。ここで、バッテリー 212 の電圧はバッテリー 212 の残容量によって変化してしまう。したがって、昇圧型や降圧型の D C D C コンバータ（電力変換回路）を用いることで電圧を一定の値に保っている。また、カメラ装置からレンズ装置に電力を供給するため、カメラ装置の電源接点 215 とレンズ装置の電源接点 124 が設けられている。なお、110 はモータドライバ 107 へ供給する電圧値を検出するための電圧検出回路である。検出した電圧に対して A D 变換が行われ、検出した電圧に関する情報はデジタル信号に変換されてレンズ制御マイコン 109 に入力される。 30

【0021】

次にエンコーダ（位置検出センサ）について説明する。モータ 104 の回転軸には、パルス板 105 が装着されている。エンコーダを構成する要素としてフォトインタラプタ 101 が存在する。パルス板 105 の遮光部がフォトインタラプタ 101 を通過することで、フォトインタラプタ 101 の出力が H i g h レベルや L o w レベルに変化し、回転角を検出することができる。また、フォトインタラプタ 101 の出力周期を検出することにより、回転速度を測定することも可能である。なお、複数のフォトインタラプタを用いることで、回転角の検出精度を向上させることができ、さらに回転方向を検出することもできる。本実施例ではエンコーダとして、フォトインタラプタを用いる構成としたが、ホール素子やマグネットを用いてもよい。108 は、信号処理回路であり、フォトインタラプタ 101 の出力を増幅、レベル変換する。これにより、フォトインタラプタ 101 の出力が、レンズ制御マイコン 109 で検出可能な信号レベルに変換される。 40

【0022】

102 は、フォーカスレンズ群 100 の基準位置を検出するためのフォトインタラプタである。フォトインタラプタ 102 の出力は信号処理回路 106 に入力され、レンズ制御マイコン 109 で検出可能な信号レベル（例えば、H i g h / L o w レベル）に変換される。フォトインタラプタ 102 の出力が H i g h レベルから L o w レベルに変化する時点、もしくは L o w レベルから H i g h レベルに変化する時点におけるフォーカスレンズ群 50

100の位置を基準位置として用いる。これにより、フォーカスレンズ群100の絶対位置を検出することができる。

【0023】

123a、123b、123cは通信ラインにおけるレンズ装置側の接点部であり、それぞれクロック信号ライン、カメラ装置からレンズ装置へのデータライン、レンズ装置からカメラ装置へのデータラインの接点部である。本実施例では3線式のシリアル通信を用いているが、調歩同期通信やLVDS（低電圧作動信号）等の通信方式を用いてもよい。レンズ制御マイコン109は、通信ライン123bを介して、カメラ装置からの駆動命令やカメラ識別情報、ステータス、撮影条件等を受信する。また、レンズ制御マイコン109は、通信ライン123cを介して、レンズ識別情報やステータス、フォーカス・絞り・ズームの位置等の情報をカメラ装置に送信する。10

【0024】

レンズ装置にはズーム操作部119、マニュアルフォーカス(MF)操作部120、オートフォーカス(AF)/マニュアルフォーカス(MF)スイッチ121が設けられている。ズーム操作部119により変倍操作を行う。フォーカシングの際に前玉レンズが移動しないインナーフォーカス型のズームレンズの場合、変倍操作に伴って生じる焦点変化を補正するため、フォーカスレンズ群を移動させる必要がある。この際に必要な制御をトラッキング制御といい、フォーカスレンズ群と変倍レンズ群との関係は、トラッキング曲線によって定められる。MF操作部120は、フォーカスボタンやフォーカスリング等によって構成され、MF操作部120をユーザが操作することによって、フォーカスレンズ群100の位置を調整することができる。20

【0025】

次にカメラ装置について説明する。200は、撮影動作や、記録装置への映像の記録等の制御を行うためのカメラ制御マイコンである。カメラ制御マイコン200は、接点部を介し、レンズ装置に対して駆動命令や撮影条件等の情報を送信し、レンズ装置からレンズ装置の状態等の情報を受信する。214a、214b、214cは、それぞれカメラ装置側におけるクロック信号ライン、カメラ装置からレンズ装置へのデータライン、レンズ装置からカメラ装置へのデータラインの接点部である。

【0026】

209は、液晶ディスプレイや有機ELディスプレイ等を用いた表示装置である。表示装置209は、撮影条件の表示や撮影映像の表示を行う。210は、撮影した静止画像や動画像を記憶するための記録装置である。211は、位相差方式のオートフォーカスにおいて、被写体までの距離を測定することで自動的に焦点調節（オートフォーカス）を行うためのAFセンサである。AFは、AFセンサ211を用いた位相差方式に限らず、撮像素子208から得られる画像のコントラスト情報を用いたコントラスト方式によっても実行することができる。30

【0027】

なお、カメラ装置及びレンズ装置の通信ラインと電源ラインは、不図示のマウント部を介して接続されている。カメラ装置とレンズ装置の間で行われる通信は、通信タイミングごとに行ってもよいし、固定の周期で行ってもよい。固定の周期としては、撮像素子208から出力される信号の周期を定める垂直同期信号の周期等が挙げられる。40

【0028】

ここで、ステッピングモータ104の構成について、図16を用いて簡単に説明する。301はマグネットからなるロータ部（回転子）であり、302、303はそれぞれA相及びB相の励磁コイルである。励磁コイルはステータとして機能し、励磁コイルの内部には鉄芯が配置される。励磁コイルに対して流す電流、つまりコイルの端子間に印加する電圧を変化させることで、発生する磁界が変化し、ロータが回転する。304はモータドライバであり、図1のモータドライバ107に該当する。

【0029】

図2は、図1のカメラ装置とレンズ装置を組み合わせた撮像装置におけるフォーカス駆50

動作を示した図である。ここでは A F センサを用いた位相差方式のオートフォーカスの動作に関するフローチャートを示す。図 2 において、「S」は「ステップ」の略であり、図 2 に示すフローチャートは、コンピュータに各ステップの機能を実現させるための制御プログラムとして具現化が可能である。

【0030】

まず、カメラ装置の制御について説明する。カメラ装置における各ステップは、特に断らない限りカメラ制御マイコン 200 によって実行される。

【0031】

S101 では、A F センサ 211 により被写体像を検出し、被写体までの距離を相關演算により測定する。S102 では、検出された距離情報を撮像面におけるデフォーカス量に変換する。S103 では、S102 で求めたデフォーカス量から、撮像面における移動量とフォーカスレンズ群 100 の移動量の関係を示す情報を用いて、フォーカスレンズ群 100 の移動量を算出する。

【0032】

S104 では、S103 で算出した移動量だけフォーカスレンズ群 100 を駆動させるため、レンズ装置に対してフォーカス駆動命令を送信する。このとき、フォーカスレンズ群 100 の移動速度に関する命令も送信する。移動速度は、フォーカスレンズ群 100 の移動量の大きさや、絞り速度やシャッター速度などの撮影条件により異なる。フォーカス駆動命令を送信した後は、S105 のレンズ装置との通信において、レンズ装置側のステータスを確認する。つまり、フォーカスレンズ群 100 が駆動しているか否かを示すステータス情報を、レンズ装置から受信する。ステータス情報を受信した後、S106 ではフォーカスレンズ群 100 が駆動しているか停止しているかを判別する。駆動している場合には、S105 におけるレンズステータスの受信と S106 の駆動中であるかの確認を繰り返す。駆動が停止した場合には、合焦状態であると判断し、処理を終了する。

【0033】

次に、レンズ装置の制御について説明する。レンズ装置における各ステップは、特に断らない限りレンズ制御マイコン 109 によって実行される。

【0034】

まず、S201 において、カメラ装置からのフォーカス駆動命令を受信する。このとき、カメラ装置が指定するフォーカスレンズ群 100 の移動量と移動速度も受信する。S202 では、フォーカスレンズ群 100 の駆動を開始する。つまり、モータ 104 に対する駆動電圧の印加を開始し、フォーカスレンズ群 100 が駆動中であることを示すフラグをセットする。S202 では、フォーカスレンズ群 100 の移動量及び移動速度を、モータ 104 の回転量（回転角）及び回転速度に変換している。

【0035】

S203 では、レンズ装置のステータスをカメラ装置に送信する。ここではフォーカスレンズ群 100 が駆動しているか否かを示す情報を送信する。S204 では、フォーカスレンズ群 100 が、S201 で受信した移動量だけ移動したか否かを判定する。移動が完了していない場合には、S203 において、レンズ装置のステータスを再びカメラ装置に送信し、S204 における判定を繰り返す。S204 にて移動が完了したと判断した場合には、S205 でフォーカスレンズ群 100 の駆動、つまりモータ 104 の回転を停止する。さらに、S206 にてフォーカスレンズ群 100 が駆動中であることを示すフラグをクリアし、S207 にてフォーカスレンズ群 100 の駆動を停止させるため、レンズ装置のステータスをカメラ装置に送信する。

【0036】

次に、エンコーダを備えたステッピングモータ 104 の駆動制御方法について、図 3 を用いて説明する。図 3 は、モータ 104 のコイルに印加される励磁電流の波形を表している。本発明においては、モータ 104 の回転位置を検出するエンコーダの出力に対して進角制御を行うことにより、フィードバック駆動を行っている。つまり、モータ 104 の回転位置を検出するエンコーダの出力を進相させた、励磁波形によってモータ 104 のコイ

10

20

30

40

50

ルに印加する電流を制御している。ここで、モータ104のコイルに印加される励磁電流と、モータ104の回転位置の位相差を進角と記載する。

【0037】

モータ104をオープンループ制御する場合、十分にトルクマージンのある速度で駆動を行う。一方、フィードバック制御の場合、エンコーダで検出したモータ104の回転角あるいは回転速度に応じて、適切な励磁電圧を印加することでモータ104を制御する。

【0038】

一般に、進角とモータ104の回転速度の間には、進角を大きくすれば回転速度が大きくなる関係があるため、進角を調節することにより、モータ104の回転速度をフィードバック制御することができる。

10

【0039】

図3(a)に示すように、エンコーダの出力に関して、High/Lowの切り換えエッジを基準として、所定の励磁相のゼロクロス点と同位相の場合を進角が0°とする。モータ104の回転速度を上げる場合、図3(b)に示すように進角を大きくする。センサ出力のエッジごとに進角を大きくする操作を繰り返すことで、目標とする回転速度まで徐々に速度を上げることができる。

【0040】

一方、モータ104の回転速度を下げる場合、センサ出力のエッジごとに進角を小さくする操作を繰り返すことで、目標とする回転速度まで徐々に減速することができる。また、モータ104の回転速度を一定とする場合は、進角の制御を繰り返し行い、回転速度を収束させる。なお、図3において、センサの出力エッジと励磁波形のゼロクロス点は一致しているが、実際にはエンコーダの出力の位相とモータ104の励磁位相のずれを補正する必要がある。

20

【0041】

次に、進角制御によりモータ104を駆動した例を図4に示す。駆動開始からモータ104の回転が安定するまでの期間は、オープンループ制御による駆動を行っている。また、モータ104の回転を高精度に停止させるため、モータ104を停止させる際に、オープンループ制御による駆動を行う。ここで、モータ104の回転を安定させるために、オープンループ制御による駆動を行っているが、目標速度への到達時間を優先する場合等には、進角制御のみによる駆動を行ってもよい。モータ104の加速期間では、目標速度Stに到達するように進角制御による駆動を行う。減速期間では、目標速度Stからオープンループ制御に切り替える速度まで、進角制御により駆動をし、回転速度を減速させる。

30

【0042】

図5は、モータ104のコイルに流れる消費電流Iとモータ104の回転速度の関係を示している。コイルの端子間に印加する印加電圧をVMとし、コイルの抵抗成分をR、誘導成分をLとしている。印加電圧VMを一定にしてモータ104を回転させると、逆起電力Eが発生する。逆起電力Eは、モータ104の回転速度に比例して増加するため、モータ104の消費電流は、図5の左図のように、モータ104の回転速度が速くなるにつれて減少する。つまり、モータ104の回転速度が速くなるにつれて、モータ104のトルクが減少する。

40

【0043】

ここで図5の左図における上限値とは、モータ104に与えることができる電力の最大値を意味している。バッテリーの定格電流に関する制限や、モータ104に過剰な負荷を与えることを回避するための制限をもとに、電力の上限値が定められる。

【0044】

図6は、モータ104の回転速度と進角の関係(以下、進角特性と記載する)を示している。進角を大きくすることでモータ104の回転速度が速くなり、また、印加電圧VMを変更することで、進角特性が変化する。図6において、印加電圧Pと印加電圧Qの関係はQ>Pとなっており、印加電圧が高いほどモータ104のトルクが大きくなるため、モータ104の回転速度が速くなる。なお、進角特性にはモータ104の回転速度に関する

50

極大値が存在し、進角を大きくしてもモータ104の回転速度が速くならない速度領域が存在する。

【0045】

逆起電力Eを考慮し、消費電力の上限値を超えない範囲で印加電圧VMを大きくすることにより、コイルに流れる電流を大きくすることで、モータ104のトルクが減少することを防止することも考えられる。しかし、図6中の矢印で示すように、印加電圧を大きくすることによっても、モータ104の回転速度が変化してしまうため、印加電圧を頻繁に変化させると、不自然な速度変動が発生する。

【0046】

不自然な速度変動が生じる例を、図7を用いて説明する。図7は、モータ104を加速する際の、モータ104に印加する印加電圧、駆動波形（電圧）、消費電力（電流）、進角、回転速度、それぞれの時間変化を示している。印加電圧は、駆動波形の実効値相当の値であり、時刻Tcは、モータ104に印加する印加電圧を変化させるタイミングを示している。

【0047】

モータ104に印加する印加電圧を変化させるための最も簡単な方法は、モータドライバ107に入力する電圧を増加させることである。他の方法として、モータドライバ107に入力する電圧を一定として、電圧のON・OFFの切り換え比（デューティー比）を変化させることで、印加電圧を変化させることができる。

【0048】

ここで、時刻Tcで印加電圧を増加させたとする。このとき、図7に示すように駆動波形の振幅が大きくなる。なお、駆動波形はマイクロステップ制御における駆動波形を想定している。消費電力に着目すると、モータ104の回転速度が上がるにつれて、逆起電力の影響により消費電力は減少するが、Tcのタイミングで消費電力が急激に増加する。ただし、消費電力の上限値を超えないように制御する必要がある。このときに、進角を断続的に増加させると、モータ104の回転速度は、図7の下段に示すように急激に変化してしまう。

【実施例1】

【0049】

実施例1として、印加電圧の変化に伴い、進角を変化させることでモータ104の回転速度の変動を抑制する制御方法を、図8、図9、図10を用いて説明する。

【0050】

図8は、モータ104の加速制御を行う際の、モータ104の制御方法を示すフローチャートである。図8において、「S」は「ステップ」の略であり、図8に示すフローチャートは、コンピュータに各ステップの機能を実現させるための制御プログラムとして具現化が可能である。各ステップは、特に断らない限りレンズ制御マイコン109によって実行される。

【0051】

進角制御における加速期間で、S301において、進角を大きくすることでモータ104の回転を加速させる。次に、S302において、エンコーダの出力をもとに、モータ104の回転速度を検出する。そして、S303において、検出したモータ104の回転速度と目標速度を比較し、目標速度に到達したか否かを判定する。目標速度に到達していた場合には、モータ104の加速制御を終了する。一方、目標速度に到達していない場合には、S304において、消費電力が閾値以下であるか否かを判定する。ここで、閾値に達しているか否かは、S305における印加電圧の変更を行っても消費電力の上限値を超えないか否か、によって判断される。印加電圧の変更が可能な場合はS305に進み、そうでない場合はS301に戻る。

【0052】

S304の判定に用いられる、消費電力に関する情報は、実際に電圧値や電流値を測定してもよい。しかし、簡素な回路構成を実現するために、モータ104の回転速度と消費

10

20

30

40

50

電力が略比例していることを用いて、検出したモータ104の回転速度から消費電力を推定してもよい。また、消費電力ではなく、モータ104の回転速度の検出結果をもとに、印加電圧の変更が可能か否かを判定してもよい。モータ104の回転速度に基づいて消費電力を検知する場合は、レンズ制御マイコン109に記憶部を設け、モータ104の回転速度と消費電力の対応関係を示すデータを記憶部に格納しておく。

【0053】

S304で、モータ104への印加電圧を変更できると判断された場合には、S305において、モータ104に印加する印加電圧を変更する。モータ104の回転を加速する場合には、印加電圧を大きくする。印加電圧を変更する方法としては、前述したように、モータドライバ107に対する入力電圧を大きくする方法や、モータ104に入力する印加電圧のデューティー比を変更する方法がある。S306では、印加電圧の変更により生じるモータ104の回転速度の変化を打ち消すように、進角をオフセットする。図8のフローチャートでは、説明を分かりやすくするためにS305とS306の処理を別のブロックとして表記した。しかし、実際には、S306における処理は、S305とほぼ同時に行う必要がある。

10

【0054】

図8のフローチャートにおける、各パラメータの時間変化を図9に示す。時刻Tcで印加電圧を増加させたとする。このとき、図9に示すように駆動波形の振幅が大きくなる。消費電力は、モータ104の回転速度が上がるにつれて、逆起電力の影響により減少し、Tcのタイミングで上限値を超えない範囲で増加する。このとき、進角を減少させることで、モータ104の回転速度を滑らかに変化させることができ、モータ104を加速する際の急激な速度変動を抑制することができる。

20

【0055】

図10は、モータ104の減速制御を行う際の、モータ104の制御方法を示すフローチャートである。図10において、「S」は「ステップ」の略であり、図10に示すフローチャートは、コンピュータに各ステップの機能を実現させるための制御プログラムとして具現化が可能である。各ステップは、特に断らない限りレンズ制御マイコン109によって実行される。

【0056】

進角制御における減速期間で、S401において、進角を小さくすることでモータ104の回転を減速させる。次に、S402において、エンコーダの出力をもとに、モータ104の回転速度を検出する。そして、S403において、検出したモータ104の回転速度が、オープンループ制御に切り替える速度（停止速度）に到達したか否かを判定する。ここで、停止速度とは、フィードバック制御からオープンループ制御への切り替えを実施するときのモータ104の回転速度であり、あらかじめ定められた速度である。

30

【0057】

停止速度に到達した場合は、モータ104の減速制御を終了する。一方、停止速度に到達していない場合には、S404において、消費電力が所定の閾値以上であるかを判定する。モータ104の回転を減速させる場合、回転速度が遅くなるにつれて逆起電力が小さくなる。そのため、回転速度が遅くなても印加電圧を保持すると、減速期間中に消費電力の上限値を超てしまうおそれがある。そこで、S404の判定を行うことで、消費電力が上限値を超える前に、印加電圧を小さくするようにしている。

40

【0058】

S404で、モータ104への印加電圧を変更する必要があると判断された場合には、S405において、モータ104に印加する印加電圧を変更する。モータ104の回転を減速する場合には、印加電圧を低下させる。S406では、印加電圧の変更により生じるモータ104の回転速度の変化を打ち消すように、進角をオフセットする。図8における、S305とS306の関係と同様に、S406の処理は、S405とほぼ同時に行う必要がある。

【0059】

50

以上説明したように、エンコーダを備えたステッピングモータを進角制御により駆動する際、モータに印加する電圧と進角を適切に制御することにより、電力を効率的に利用し、モータを高速に回転することができる。さらに、加速中や減速中のモータの速度変動の発生を抑制し、モータの回転速度を滑らかに変化させることができる。

【0060】

本実施例では、カメラ装置にバッテリー212と電力変換回路213が備えられているが、レンズ装置に電力変換回路213が備えられていてもよい。

【実施例2】

【0061】

実施例1では、特定のタイミングで印加電圧を変化させ、印加電圧の変化に伴い、進角を変化させることで、モータ104の回転速度の変動を抑制している。本実施例では、進角を一定にし、印加電圧を変化させる制御（電圧制御モード）と、印加電圧を一定にし、進角を変化させる制御（進角制御モード）を切り替え、モータ104の回転速度の変動を抑制する方法を示す。図11は、本実施例における、モータ104の加速及び減速する動作フローを示している。図11において、「S」は「ステップ」の略であり、図11に示すフローチャートは、コンピュータに各ステップの機能を実現させるための制御プログラムとして具現化が可能である。各ステップは、特に断らない限りレンズ制御マイコン109によって実行される。

【0062】

まず、S501において、制御モードが、電圧制御モードであるか、進角制御モードであるか、を判別する。進角制御モードである場合は、S502において印加電圧を固定する。そして、S503において進角を増減させることで、モータ104の加減速を制御することができる。

【0063】

一方、電圧制御モードである場合は、S504において進角を固定する。そして、S505において印加電圧を増減させることで、モータ104の加減速を制御することができる。なお、図11のフローチャートにおいて、STARTから処理が開始されるとき、制御モードは進角制御モードに設定される。S506では、エンコーダの出力に基づいてモータ104の回転速度が検出される。S507では、モータ104が加速中であるか、減速中であるかの判定を行う。

【0064】

加速中である場合にはS508に移行し、S508において目標速度に到達したか否かの判定を行う。この判定にはS506で検出した回転速度を用いる。目標速度に到達した場合は、処理を終了する。

【0065】

一方、目標速度に到達していない場合には、S510にて消費電力が上限値以上であるか否かの判定を行う。上限値以上である場合には電圧制御モードによる制御を行うことができないため、S514にて制御モードを進角制御モードに設定する。上限値未満の場合には、S512において消費電力が下限値以下であるか否かの判定を行う。下限値以下でない場合には、S516において、現在の制御モードを維持し、S501から再び処理を開始する。消費電力が下限値以下の場合には、S515により、次回の制御モードを電圧制御モードに設定する。

【0066】

S507にて減速中であると判定された場合には、S509において停止速度に到達したか否かの判定を行う。この判定にはS506で検出した回転速度を用いる。停止速度に到達した場合は、処理を終了する。

【0067】

一方、停止速度に到達していない場合には、S511にて消費電力が上限値以上であるか否かの判定を行う。上限値以上である場合には、進角制御モードによる減速を行うことができないため、S518にて制御モードを電圧制御モードに設定する。上限値未満の場

10

20

30

40

50

合には、S513において消費電力が下限値以下であるか否かの判定を行う。下限値以下でない場合には、S516において、現在の制御モードを維持し、S501から再び処理を開始する。消費電力が下限値以下の場合には、S517により、次回の制御モードを進角制御モードに設定する。

【0068】

ここで、消費電力の判別においては、実際に電圧や電流を測定してもよい。しかし、簡素な回路構成を実現するために、モータ104の回転速度と消費電力が略比例していることを用いて、検出したモータ104の回転速度から消費電力を推定してもよい。また、消費電力ではなく、モータ104の回転速度の検出結果をもとに、消費電力を推定してもよい。なお、消費電力の上限値及び下限値は、制御モードの切り替えタイミングを判断するために設けられた値である。消費電力の上限値や下限値を超えた場合でも、ただちにモータ104の回転制御が破たんするものではない。

【0069】

本実施例における加速中の各パラメータの変化を図12に示す。Tc1、Tc2、Tc3...が制御モードの切り替えタイミングである。図12では、まず進角制御モードにより進角を変化させることで、モータ104の回転速度を上げる。回転速度を上げると、逆起電力が発生し、印加電圧を上げることができるようになる。あらかじめ定められた消費電力の下限値に到達すると、電圧制御モードへの切り替えが行われ、印加電圧を変更させることで、モータ104の回転速度が変化する。印加電圧の上昇によりモータ104の回転速度を上げると、消費電力があらかじめ定められた上限値に到達する。このとき、進角制御モードへの切り替えが行われる。このような制御モードの切り替えを順次行うことでのモータ104の速度制御を滑らかに行うことができる。

【0070】

ここで、消費電力の下限値は、制御モードの切り替え間隔に基づいて定められる。切り替えの間隔が短い場合は、消費電力の上限値と下限値の差を小さくすることができ、消費電力を上限値近くの値に保つことができる。一方、切り替え間隔が長い場合は、消費電力の上限値と下限値の差を大きくし、進角と印加電圧の変更により生じる加速度を、制御可能な範囲の値にすることが好ましい。減速中の場合には、進角を大きく変化させると消費電力の上限値を超してしまうおそれがあるが生じる。図13は、本実施例における減速中の各パラメータの変化を示す。

【0071】

本実施例においては、進角を一定にし、印加電圧を変化させる電圧制御モードと、印加電圧を一定にし、進角を変化させる進角制御モードを切り替えながら速度制御を行う方法を示した。ここで、進角を一定に保持する制御には、消費電力が上限値及び下限値を超えない範囲で進角が変化する場合も含むものとする。さらに、電圧を一定に保持する制御には、消費電力が上限値及び下限値を超えない範囲で電圧が変化する場合も含むものとする。

【実施例3】

【0072】

次に、進角をもとに進角制御モードと電圧制御モードを切り替えることにより、モータ104の回転速度の変動を抑制する方法について説明する。

【0073】

図14は、進角とモータ104の回転速度の関係と、印加電圧の値とモータ104の回転速度の関係を示している。モータ104の回転速度は、進角が90°のときに最も速くなる。ここで、進角が90°に近くなると、進角の変化に対して、モータ104の速度変化は一定とならない。一方で、進角を一定としたとき、印加電圧の値とモータ104の回転速度は比例関係にある。そこで、進角が所定値Atよりも小さい場合は進角制御モードでモータ104の駆動を行い、進角が所定値以上となり、印加電圧を変更することができる場合には、電圧制御モードでモータ104の速度制御を行う。

【0074】

10

20

30

40

50

図14に示した動作についてのフローチャートを図15に示す。図15において、「S」は「ステップ」の略であり、図15に示すフローチャートは、コンピュータに各ステップの機能を実現させるための制御プログラムとして具現化が可能である。各ステップは、特に断らない限りレンズ制御マイコン109によって実行される。

【0075】

まず、S601で、エンコーダの出力に基づいてモータ104の回転速度が検出される。このとき、モータ104の回転速度を検出する際の進角も同時に検出することができる。S602では、進角の値を検出し、モータ104の速度制御を実行するために、At以上10の進角を設定する必要がある場合は、S603に移行する。Atより小さな進角の設定が求められる場合は、S605に移行する。S605では、進角を変化させることにより速度制御を行う。

【0076】

S603では、印加電圧を変化させることができるか否かを判定する。図8で説明したように、消費電力に関する情報は、実際に電圧や電流を測定してもよい。しかし、簡素な回路構成を実現するために、モータ104の回転速度と消費電力が略比例していることを用いて、検出したモータ104の回転速度から消費電力を推定してもよい。また、消費電力ではなく、モータ104の回転速度の検出結果をもとに、印加電圧の変更が可能か否かを判定してもよい。

【0077】

印加電圧を変化させることができない場合は、S605に移行する。ここで、進角を変化させてもモータ104の加速を実行できない可能性もあるため、進角がAp以上とならないように制御する必要がある。印加電圧を変化させることができる場合は、S604に移行する。S604では、進角をAtに固定し、モータ104への印加電圧を変化させることで速度制御を行う。図14において、印加電圧Pから印加電圧Qに向けて、電圧を連続的に変化させることで、モータ104の速度制御を行う。このとき、進角制御モードにおける加速度と、電圧制御モードにおける加速度がほぼ同じ値となるように制御を行う。これにより、加速度が一定となり、滑らかな速度制御を実現することができる。

【0078】

上記各実施例においては、本発明を適用可能な光学機器として、レンズ装置と、レンズ装置が着脱可能なカメラ装置を組み合わせた構成について説明をした。ただし、本発明は、レンズ一体型のカメラ装置やビデオカメラ、電子顕微鏡等にも同様に適用することができる。

【0079】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【符号の説明】

【0080】

- 100 フォーカスレンズ群
- 101、102 フォトインターラプタ
- 103 駆動伝達ユニット
- 104 ステッピングモータ
- 105 パルス板
- 106、108 信号処理回路
- 107 モータドライバ
- 109 レンズ制御マイコン
- 110 電圧検出回路
- 119 ズーム操作部
- 120 MF操作部
- 121 AF / MFスイッチ
- 122 レンズ保持部

10

20

30

40

50

1 2 3 a、1 2 3 b、1 2 3 c レンズ側の通信ライン接点

1 2 4 レンズ装置側の電源接点

2 0 0 カメラ制御マイコン

2 0 8 撮像素子

2 0 9 表示装置

2 1 0 記憶装置

2 1 1 A F センサ

2 1 2 バッテリー

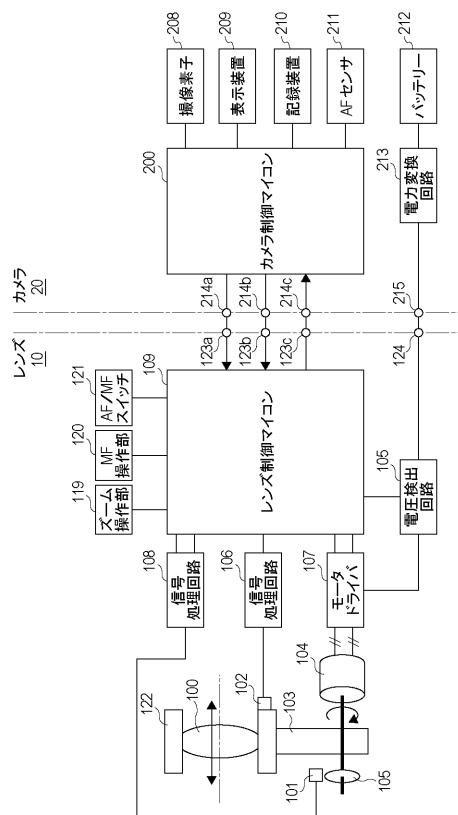
2 1 3 電力変換回路

2 1 4 a、2 1 4 b、2 1 4 c カメラ装置側の通信ライン接点

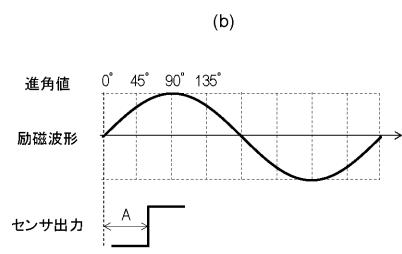
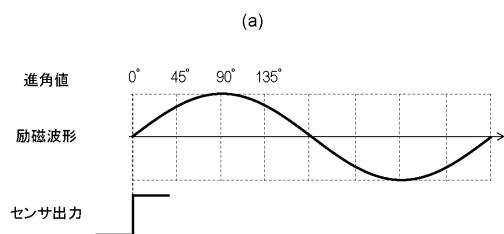
10

2 1 5 カメラ装置側の電源接点

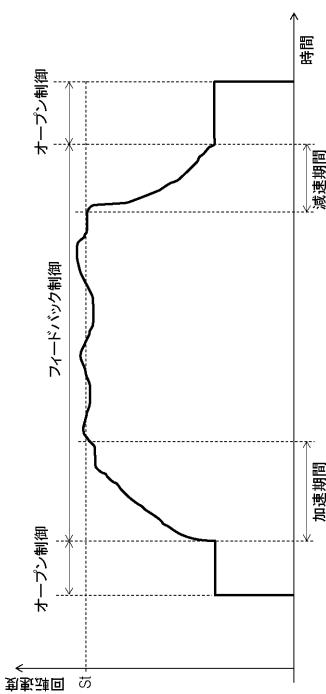
【図1】



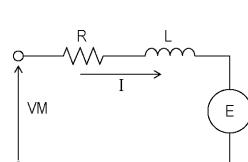
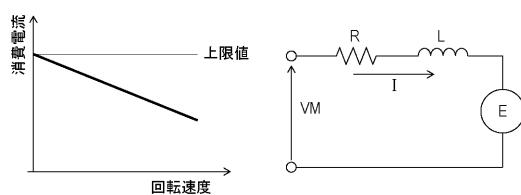
【図3】



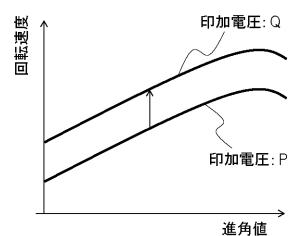
【図4】



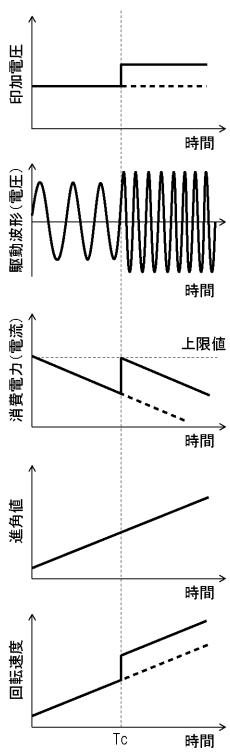
【図5】



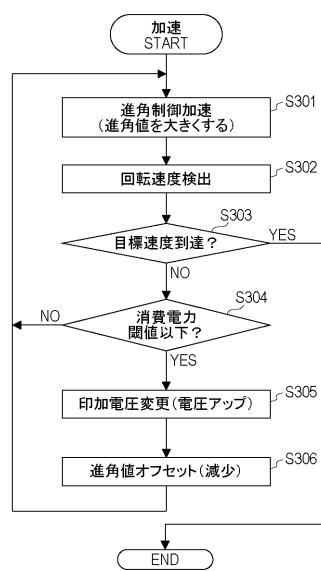
【図6】



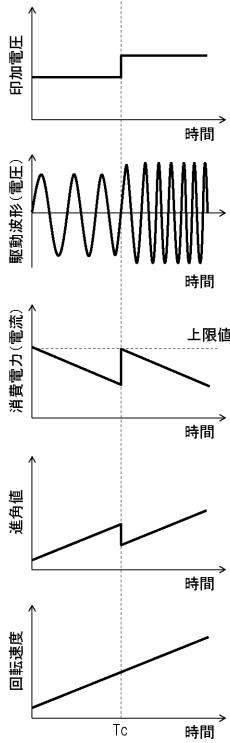
【図7】



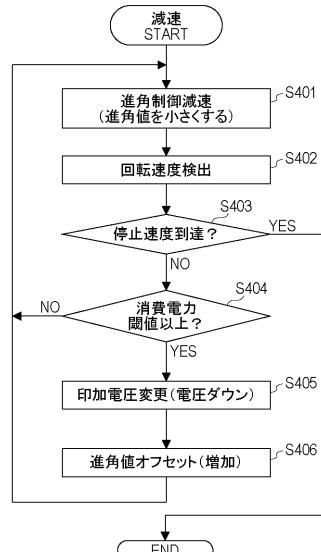
【図8】



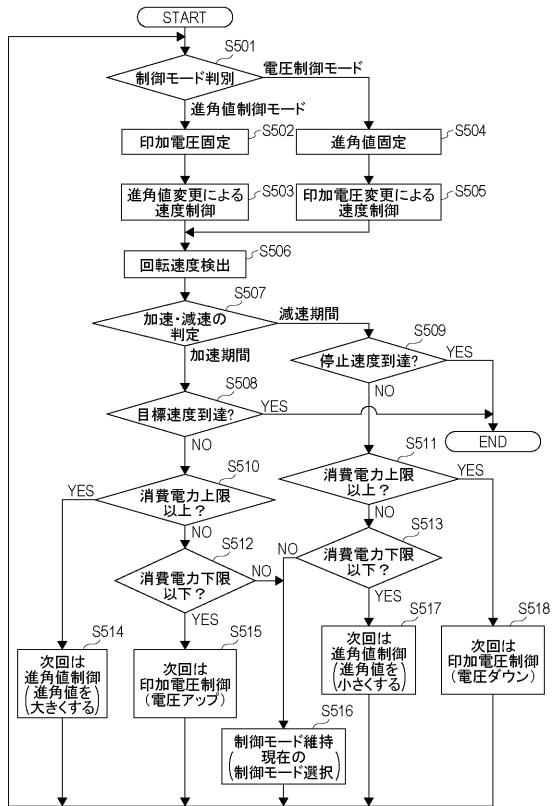
【図9】



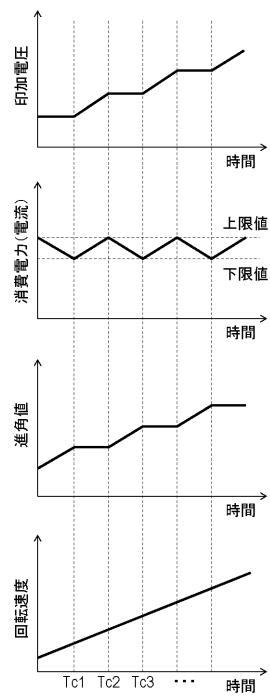
【図10】



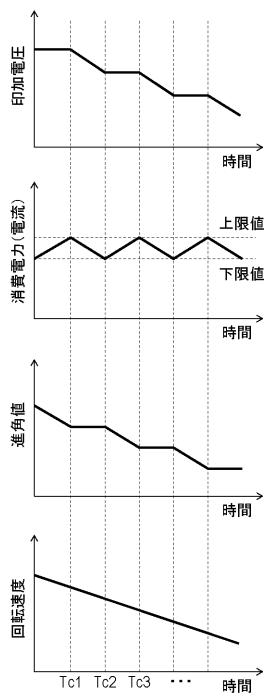
【図11】



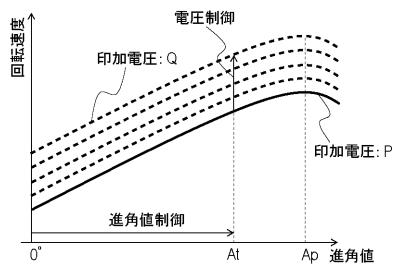
【図12】



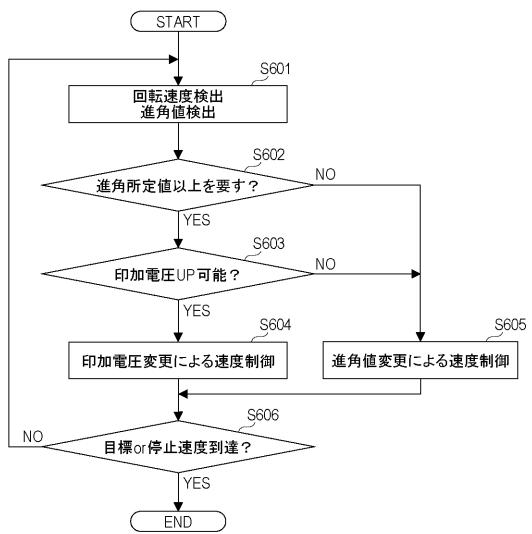
【図13】



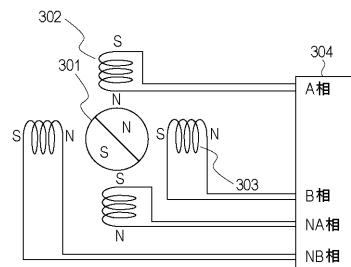
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-050303(JP,A)
特表2008-506349(JP,A)
特開2010-081746(JP,A)
特開2009-207315(JP,A)
特開平08-163891(JP,A)
特開2007-181353(JP,A)
特開2011-101480(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 8/14