

(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2018-74761
(P2018-74761A)

(43) 公開日 平成30年5月10日(2018.5.10)

(51) Int.Cl.
H02P 6/18 (2016.01)

F I
H02P 6/18

テーマコード(参考)
5H560

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2016-212248 (P2016-212248)
(22) 出願日 平成28年10月28日(2016.10.28)

(71) 出願人 000001270
コニカミノルタ株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(74) 代理人 100086933
弁理士 久保 幸雄
(74) 代理人 100125117
弁理士 坂田 泰弘
(72) 発明者 小出 恭宏
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コ
ニカミノルタ株式会社内
(72) 発明者 橘 優太
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コ
ニカミノルタ株式会社内

最終頁に続く

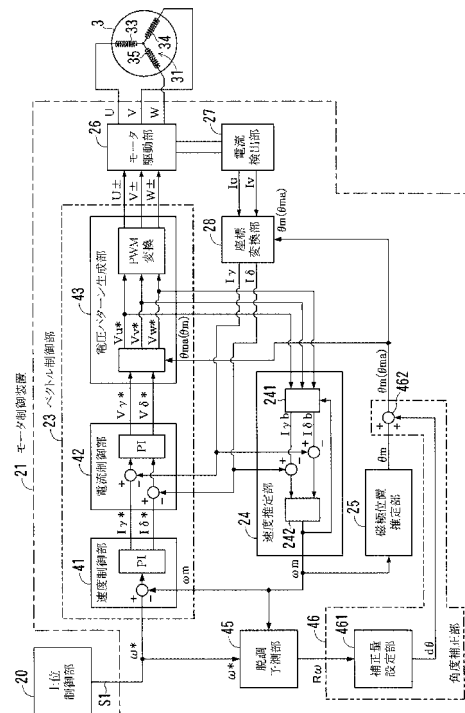
(54) 【発明の名称】 永久磁石同期電動機の制御装置、制御方法、および画像形成装置

(57) 【要約】

【課題】 磁極の実際の位置と推定した位置とのずれに起因する脱調を防ぐ。

【解決手段】 永久磁石同期電動機 3 の制御装置 2 1 は、電機子 3 1 に電流を流して回転子を駆動する駆動部 2 6 と、電機子 3 1 に流れる電流に基づいて回転子の回転速度を推定する速度推定部と、推定された回転速度である推定速度に基づいて回転子の磁極位置を推定する磁極位置推定部 2 4 と、磁極位置推定部 2 4 から出力される磁極位置の推定値である推定角度 m に基づいて、入力された速度指令 $S 1$ の示す目標速度 ω^* で回転する回転磁界が生成されるよう駆動部 2 6 を制御する制御部 2 3 と、目標速度 ω^* および推定速度 m に基づいて脱調が起るか否かを予測する脱調予測部 4 5 と、脱調予測部 4 5 により脱調が起ると予測された場合に、推定角度 m を補正する補正部 4 6 と、を有する。

【選択図】 図 4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電機子に流れる電流による回転磁界によって永久磁石を用いた回転子が回転する永久磁石同期電動機の制御装置であって、

前記電機子に電流を流して前記回転子を駆動する駆動部と、

前記電機子に流れる電流に基づいて前記回転子の回転速度を推定する速度推定部と、

推定された前記回転速度である推定速度に基づいて前記回転子の磁極位置を推定する磁極位置推定部と、

前記磁極位置推定部から出力される前記磁極位置の推定値である推定角度に基づいて、入力された速度指令の示す目標速度で回転する前記回転磁界が生成されるよう前記駆動部を制御する制御部と、

前記目標速度および前記推定速度に基づいて脱調が起こるか否かを予測する脱調予測部と、

前記脱調予測部により脱調が起こると予測された場合に、前記推定角度を補正する補正部と、を有し、

前記制御部は、前記補正部により前記推定角度が補正された場合に、補正された前記推定角度である補正済推定角度に基づいて、前記目標速度に応じた前記回転磁界が生成されるよう前記駆動部を制御する

ことを特徴とする永久磁石同期電動機の制御装置。

【請求項 2】

前記補正部は、前記磁極位置推定部から出力された前記推定角度を前記補正済推定角度に補正する、

請求項 1 記載の永久磁石同期電動機の制御装置。

【請求項 3】

前記補正部は、前記磁極位置推定部から前記推定角度として前記補正済推定角度が出力されるように、前記速度推定部から前記磁極位置推定部に入力される前記推定速度を補正する、

請求項 1 記載の永久磁石同期電動機の制御装置。

【請求項 4】

前記脱調予測部は、前記目標速度と前記推定速度との差である速度ずれ量が、前記目標速度とあらかじめ定められた許容下限速度との差であるしきい値よりも大きい場合に、脱調が起こると予測する、

請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の永久磁石同期電動機の制御装置。

【請求項 5】

前記許容下限速度は、前記電機子に流れる電流の値を決める電流設定値と前記永久磁石同期電動機の負荷とに応じて定められている、

請求項 4 記載の永久磁石同期電動機の制御装置。

【請求項 6】

前記脱調予測部は、前記電機子に流れる電流が設定可能範囲の上限となるよう前記駆動部が制御されている状態において前記推定速度が低下した場合に、脱調が起こると予測する、

請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の永久磁石同期電動機の制御装置。

【請求項 7】

前記補正部は、前記推定角度を補正する処理として、前記目標速度に対する前記推定速度の比率に応じた補正角度を前記推定角度に加算する演算またはそれに相当する処理を行う、

請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の永久磁石同期電動機の制御装置。

【請求項 8】

用紙に画像を形成する画像形成装置であって、

電機子に流れる電流による回転磁界によって永久磁石を用いた回転子が回転する永久磁

10

20

30

40

50

石同期電動機と、

前記永久磁石同期電動機により回転駆動されて前記用紙を搬送する搬送ローラと、

前記永久磁石同期電動機を制御する制御装置と、

前記制御装置に速度指令を入力する速度指令部と、を有しており、

前記制御装置は、

前記電機子に電流を流して前記回転子を駆動する駆動部と、

前記電機子に流れる電流に基づいて前記回転子の回転速度を推定する速度推定部と、

推定された前記回転速度である推定速度に基づいて前記回転子の磁極位置を推定する磁極位置推定部と、

前記磁極位置推定部から出力される前記磁極位置の推定値である推定角度に基づいて、
入力された前記速度指令の示す目標速度で回転する前記回転磁界が生成されるよう前記駆動部を制御する制御部と、

前記目標速度および前記推定速度に基づいて脱調が起こるか否かを予測する脱調予測部と、

前記脱調予測部により脱調が起こると予測された場合に、前記推定角度を補正する補正部と、を有し、

前記制御部は、前記補正部により前記推定角度が補正された場合に、補正後の当該推定角度である補正済推定角度に基づいて、前記目標速度に応じた前記回転磁界が生成されるよう前記駆動部を制御する

ことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 9】

電機子に流れる電流による回転磁界によって永久磁石を用いた回転子が回転する永久磁石同期電動機の制御方法であって、

前記目標速度および前記回転子の回転速度の推定値である推定速度に基づいて脱調が起こるか否かを予測し、

前記脱調予測部により脱調が起こると予測された場合に、前記回転子の磁極位置の推定値である推定角度を補正し、

補正後の前記推定角度である補正済推定角度に基づいて、前記目標速度で回転する前記回転磁界が生成されるよう前記駆動部を制御する

ことを特徴とする永久磁石同期電動機の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、永久磁石同期電動機の制御装置、制御方法、および画像形成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、永久磁石同期電動機（PMSM：Permanent Magnet Synchronous Motor）は、捲線を有する固定子と永久磁石を用いた回転子とを有し、捲線に交流電流を流して回転磁界を発生させることにより、回転子をそれに同期して回転させる。交流電流を d - q 座標系のベクトルの成分として制御を行うベクトル制御によると、効率よく滑らかに回転させることができる。

【0003】

近年、センサレス型の永久磁石同期電動機が広く用いられている。センサレス型は、磁極位置を検出するための磁気センサやエンコーダを有していない。このため、センサレス型の永久磁石同期電動機のベクトル制御には、捲線に流れる電流または電圧に基づいて、d - q 軸モデルの式などの所定の演算式により回転子の回転速度（角速度）および磁極位置（角度）を推定する方法が用いられる。一般に、回転速度に基づく積分演算により磁極位置が推定される。

【0004】

10

20

30

40

50

回転速度の推定値（推定速度）は、捲線に流れる電流の大きさを決める電流指令値の設定のために用いられる。すなわち、推定速度が目標速度に近づくように、推定速度が目標速度よりも小さいときには電流指令値を増やし、推定速度が目標速度よりも大きくなると電流指令値を減らすという設定が一般に行われる。このような設定に関して、例えば特許文献 1 には、磁束方向の d 軸電流を零とした駆動状態において、推定速度が所定の速度制限範囲を逸脱するときに、回転駆動のトルクを発生させる q 軸電流の電流指令値を増減することが記載されている。

【0005】

磁極位置の推定値（推定角度）は、設定した電流指令値に基づいて永久磁石同期電動機に与える制御信号を生成するための座標変換演算、および捲線に流れる電流の測定値をベクトル制御にフィードバックするための座標変換演算などに一般に用いられる。

10

【0006】

磁極位置の推定の精度を高めるための先行技術として、特許文献 2 に記載の技術がある。特許文献 2 には、モータにより駆動されるアクチュエータから入力される位置検出信号 S_a に基づいて回転速度の実際値を算出し、この実際値と推定速度との差分に基づいて推定角度を補正することが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献 1】特開 2012 - 062909 号公報

20

【特許文献 2】特開 2015 - 133872 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

従来、永久磁石同期電動機の制御においては脱調を起こすことがあり、特に回転を加速させる起動時において脱調を起こしやすいという問題があった。

【0009】

回転が加速しているときには、回転速度を推定してから推定値が駆動に反映されるまでに回転速度が増大する。つまり、回転速度の推定が回転速度の変化に対して遅れる。回転速度の推定の遅れは、推定速度に基づく磁極位置の推定において積算される。このため、磁極位置の推定値である推定角度には大きな遅れが生じやすい。

30

【0010】

起動時において、推定角度の遅れが大きくなると、回転子の実際の磁極位置に対してはトルクが減少する。このため、回転速度が低下して脱調が起こる可能性が高くなる。

【0011】

トルクの減少を補う方法として、捲線に流す電流を大きくする方法がある。しかし、電流の大きさを駆動回路の仕様で決まる設定可能範囲の上限に設定している場合には、それ以上に電流を大きくできない。一般に起動時には、設定可能範囲の上限近くに設定されるので、それ以上に電流を大きくすることはできない。駆動回路の部品を変更して設定可能範囲の上限の高くすると、駆動回路の製造コストが上昇してしまう。

40

【0012】

上に述べた特許文献 2 の技術は、永久磁石同期電動機の外部に設けたセンサから回転子の角度位置に応じた位置検出信号 S_a を取得して推定角度を補正するものである。つまり、永久磁石同期電動機はセンサレス型であっても、永久磁石同期電動機の制御装置は、回転子の位置を検出するセンサを有することになり、センサレス型の永久磁石同期電動機を用いるコスト削減効果が損なわれる。

【0013】

なお、脱調を起こす他の要因として、回転速度および磁極位置を推定するための演算に用いる複数のパラメータ値（モータ定数）と実際のパラメータ値とのずれが考えられる。パラメータとして、捲線の抵抗値、捲線のインダクタンス、および誘起電圧定数などがあ

50

る。永久磁石同期電動機の駆動または周囲温度の変化により巻線や永久磁石の温度が変化すると、推定のためにあらかじめ設定しておいたパラメータ値と実際のパラメータ値とにずれが生じる。そのため、磁極位置および回転速度の推定が正しくできなくなることがある。

【0014】

パラメータ値のずれに関しては、例えば起動毎に各パラメータ値を測定して演算に用いるパラメータ値を更新する方法がある。ただし、この場合には、各回の起動に要する時間が長くなり、起動指令に対する応答性が低下する。

【0015】

本発明は、上述の問題に鑑みてなされたもので、磁極の実際の位置と推定した位置とのずれに起因する脱調を防ぐことのできる制御装置および制御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】

【0016】

本発明の実施形態に係る制御装置は、電機子に流れる電流による回転磁界によって永久磁石を用いた回転子が回転する永久磁石同期電動機の制御装置であって、前記電機子に電流を流して前記回転子を駆動する駆動部と、前記電機子に流れる電流に基づいて前記回転子の回転速度を推定する速度推定部と、推定された前記回転速度である推定速度に基づいて前記回転子の磁極位置を推定する磁極位置推定部と、前記磁極位置推定部から出力される前記磁極位置の推定値である推定角度に基づいて、入力された速度指令の示す目標速度で回転する前記回転磁界が生成されるよう前記駆動部を制御する制御部と、前記目標速度および前記推定速度に基づいて脱調が起こるか否かを予測する脱調予測部と、前記脱調予測部により脱調が起こると予測された場合に、前記推定角度を補正する補正部と、を有し、前記制御部は、前記補正部により前記推定角度が補正された場合に、補正された前記推定角度である補正済推定角度に基づいて、前記目標速度に応じた前記回転磁界が生成されるよう前記駆動部を制御する。

【発明の効果】

【0017】

本発明によると、磁極の実際の位置と推定した位置とのずれに起因する脱調を防ぐことのできる制御装置および制御方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の一実施形態に係るモータ制御装置を備えた画像形成装置の構成の概要を示す図である。

【図2】ブラシレスモータの構成を模式的に示す図である。

【図3】ブラシレスモータのd-q軸モデルを示す図である。

【図4】モータ制御装置の機能的構成の一例を示す図である。

【図5】モータ制御装置の機能的構成の変形例を示す図である。

【図6】モータ駆動部および電流検出部の構成の例を示す図である。

【図7】ブラシレスモータの運転パターンの例を示す図である。

【図8】推定角度のずれと駆動トルクとの関係を示す図である。

【図9】脱調の予測に用いるしきい値の設定の例を示す図である。

【図10】推定角度の遅れ量の上限の設定の例を示す図である。

【図11】目標速度に応じたしきい値を示すテーブルの例を示す図である。

【図12】推定角度の推移の例を示す図である。

【図13】速度比に応じた補正角度を示すテーブルの例を示す図である。

【図14】速度比に応じた補正速度を示すテーブルの例を示す図である。

【図15】推定角度の推移の他の例を示す図である。

【図16】モータ制御装置における処理の流れを示す図である。

【図17】脱調予測の処理の流れの例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 18】脱調予測の処理の流れの例を示す図である。

【図 19】角度補正の処理の流れの例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

図 1 には本発明の一実施形態に係るモータ制御装置 21 を備えた画像形成装置 1 の構成の概要が、図 2 にはブラシレスモータ 3 の構成が模式的に示されている。

【0020】

図 1 において、画像形成装置 1 は、電子写真式のプリンタエンジン 1A を備えたカラープリンタである。プリンタエンジン 1A は 4 個のイメージングステーション 11, 12, 13, 14 を有しており、イエロー (Y)、マゼンダ (M)、シアン (C) およびブラック (K) の 4 色のトナー像を並行して形成する。イメージングステーション 11, 12, 13, 14 のそれぞれは、筒状の感光体、帯電チャージャ、現像器、クリーナ、および露光用の光源などを有している。

10

【0021】

4 色のトナー像は中間転写ベルト 16 に一次転写され、用紙カセット 10 から給紙ローラ 15A によって引き出されてレジストローラ対 15B を経て搬送されてきた用紙 9 に二次転写される。二次転写の後、用紙 9 は定着器 17 の内部を通過して上部の排紙トレイ 18 へ送り出される。定着器 17 を通過するとき、加熱および加圧によってトナー像が用紙 9 に定着する。

【0022】

20

画像形成装置 1 は、定着器 17、中間転写ベルト 16、給紙ローラ 15A、レジストローラ 15B、感光体、および現像器のローラなどの回転体を回転させる駆動源として、ブラシレスモータ 3 を含む複数のブラシレスモータを用いる。つまり、プリンタエンジン 1A は、これらのブラシレスモータにより回転駆動される回転体を用いて用紙 9 を搬送して当該用紙 9 に画像を形成する。

【0023】

ブラシレスモータ 3 は、例えばイメージングステーション 14 の近傍に配置されて、レジストローラ対 15B を回転駆動する。このブラシレスモータ 3 は、モータ制御装置 21 またはモータ制御装置 21b により制御される。

【0024】

30

図 2 において、ブラシレスモータ 3 は、センサレス型の永久磁石同期電動機 (PMSM: Permanent Magnet Synchronous Motor) である。ブラシレスモータ 3 は、回転磁界を発生させる電機子としての固定子 31 と、永久磁石を用いた回転子 32 とを備えている。固定子 31 は、120 度間隔で配置された U 相、V 相、W 相のコア 36, 37, 38、および Y 結線された 3 つの巻線 (コイル) 33, 34, 35 を有している。U 相、V 相および W 相の 3 相交流電流を巻線 33 ~ 35 に流してコア 36, 37, 38 を順に励磁することによって回転磁界が生じる。回転子 32 は、この回転磁界に同期して回転する。

【0025】

図 2 に示す例では回転子 32 の磁極数は 2 である。ただし、回転子 32 の磁極数は 2 に限らず、4、6 またはそれ以上であってもよい。回転子 32 は、アウター式でもよく、インナー式でもよい。また、固定子 31 のスロット数は 3 に限らない。いずれにしても、ブラシレスモータ 3 に対して、d-q 座標系を基本とした制御モデルを用いて磁極位置および回転速度の推定を行うベクトル制御 (センサレスベクトル制御) が、モータ制御装置 21, 21b により行われる。

40

【0026】

なお、以下において、回転子 32 の S 極および N 極のうちの黒丸で示す N 極の回転角度位置を、回転子 32 の「磁極位置 PS」ということがある。

【0027】

図 3 にはブラシレスモータ 3 の d-q 軸モデルが示されている。ブラシレスモータ 3 のベクトル制御では、ブラシレスモータ 3 の巻線 33 ~ 35 に流れる 3 相の交流電流を、回

50

転子 3 2 である永久磁石と同期して回転している 2 相の巻線に流す直流電流に変換して制御を簡単化する。

【 0 0 2 8 】

永久磁石の磁束方向 (N 極の方向) を d 軸 (無効電流軸) とし、d 軸から電気角で $\theta / 2$ [rad] (90°) 進んだ方向を q 軸 (有効電流軸) とする。d 軸および q 軸はモデル軸である。U 相の巻線 3 3 を基準とし、これに対する d 軸の進み角を θ と定義する。この角度 θ は、U 相の巻線 3 3 に対する磁極の角度位置 (磁極位置 P S) を示す。d - q 座標系は、U 相の巻線 3 3 を基準としてこれより角度 θ だけ進んだ位置にある。

【 0 0 2 9 】

ブラシレスモータ 3 は回転子 3 2 の角度位置 (磁極位置) を検出する位置センサを有していないので、モータ制御装置 2 1 において回転子 3 2 の磁極位置 P S を推定する必要がある。その推定した磁極位置を示す推定角度 θ_m に対応して θ 軸を定め、 θ 軸よりも電気角で $\theta / 2$ 進んだ位置を θ 軸に定める。 θ - 座標系は、U 相の巻線 3 3 を基準としてこれより推定角度 θ_m だけ進んだ位置にある。角度 θ に対する推定角度 θ_m の遅れ量を、 θ と定義する。遅れ量 θ_m が零のときは、 θ - 座標系は d - q 座標系と一致する。

10

【 0 0 3 0 】

図 4 にはモータ制御装置 2 1 の機能的構成の一例が、図 5 にはモータ制御装置 2 1 の機能的構成の変形例が、図 6 にはモータ制御装置 2 1 , 2 1 b におけるモータ駆動部 2 6 および電流検出部 2 7 の構成の例が、それぞれ示されている。

【 0 0 3 1 】

図 4 に示すように、モータ制御装置 2 1 は、モータ駆動部 2 6 、電流検出部 2 7 、ベクトル制御部 2 3 、速度推定部 2 4 、磁極位置推定部 2 5 、座標変換部 2 8 、脱調予測部 4 5 、および角度補正部 4 6 などをも有している。これらの要素のうち、脱調予測部 4 5 および角度補正部 4 6 は、加速時の脱調を防ぐための処理に関わる。

20

【 0 0 3 2 】

モータ駆動部 2 6 は、ブラシレスモータ 3 の巻線 3 3 ~ 3 5 に電流を流して回転子 3 2 を駆動するためのインバータ回路である。図 6 のように、モータ駆動部 2 6 は、3 つのデュアル素子 2 6 1 , 2 6 2 , 2 6 3 、およびブリドライブ回路 2 6 5 などをも有する。

【 0 0 3 3 】

各デュアル素子 2 6 1 ~ 2 6 3 は、特性の揃った 2 つのトランジスタ (例えば、電界効果トランジスタ : F E T) を直列接続してパッケージに収めた回路部品である。

30

【 0 0 3 4 】

デュアル素子 2 6 1 ~ 2 6 3 によって、直流電源ライン 2 1 1 から接地ラインへ巻線 3 3 ~ 3 5 を介して流れる電流 I が制御される。詳しくは、デュアル素子 2 6 1 のトランジスタ Q_1 , Q_2 によって、巻線 3 3 を流れる電流 I_u が制御され、デュアル素子 2 6 2 のトランジスタ Q_3 , Q_4 によって、巻線 3 4 を流れる電流 I_v が制御される。そして、デュアル素子 2 6 3 のトランジスタ Q_5 , Q_6 によって、巻線 3 5 を流れる電流 I_w が制御される。

【 0 0 3 5 】

図 6 において、ブリドライブ回路 2 6 5 は、ベクトル制御部 2 3 から入力される制御信号 U_+ , U_- , V_+ , V_- , W_+ , W_- を、各トランジスタ Q_1 ~ Q_6 に適した電圧レベルに変換する。変換後の制御信号 U_+ , U_- , V_+ , V_- , W_+ , W_- が、トランジスタ Q_1 ~ Q_6 の制御端子 (ゲート) に入力される。

40

【 0 0 3 6 】

電流検出部 2 7 は、U 相電流検出部 2 7 1 および V 相電流検出部 2 7 2 を有し、巻線 3 3 , 3 4 に流れる電流 I_u , I_v を検出する。 $I_u + I_v + I_w = 0$ であるので、検出した電流 I_u , I_v の値から計算によって電流 I_w を求めることができる。なお、W 相電流検出部を有してもよい。

【 0 0 3 7 】

U 相電流検出部 2 7 1 および V 相電流検出部 2 7 2 は、電流 I_u , I_v の流路に挿入さ

50

れている抵抗値が小さい値（ $1/10$ オーダー）のシャント抵抗による電圧降下を増幅してA/D変換し、電流 I_u 、 I_v の検出値として出力する。すなわち、2シャント方式の検出を行う。

【0038】

なお、モータ駆動部26と電流検出部27とを一体化した回路部品を用いてモータ制御装置21を構成することができる。

【0039】

図4に戻って、ベクトル制御部23は、上位制御部20からの速度指令 S_1 の示す目標速度（速度指令値） v^* に応じて、モータ駆動部26を制御する。上位制御部20は、画像形成装置1の全体の制御を受け持つコントローラであり、画像形成装置1をウォームアップするとき、プリントジョブを実行するとき、節電モードに移行するときなどに速度指令 S_1 を発する。

10

【0040】

回転駆動の開始を指令する場合に、上位制御部20は、起動指令を含む速度指令 S_1 をベクトル制御部23に与える。その後、後に述べる運転パターンに従って加速するよう速度指令 S_1 の示す目標速度 v^* を増大させる。ただし、上位制御部20が起動指令と最終目標速度とをベクトル制御部23に与え、ベクトル制御部23において運転パターンに従う加速のための目標速度 v^* を生成するようにしてもよい。

【0041】

ベクトル制御部23は、磁極位置推定部25から出力される磁極位置 PS の推定値である推定角度 θ_m またはそれを補正した補正済推定角度 θ_{ma} に基づいて、入力された速度指令 S_1 の示す目標速度 v^* で回転する回転磁界が生成されるようモータ駆動部26を制御する。

20

【0042】

ベクトル制御部23は、速度制御部41、電流制御部42、および電圧パターン生成部43を有する。

【0043】

速度制御部41は、上位制御部20からの目標速度 v^* と速度推定部24からの推定速度 m との差を零に近づける比例積分制御（PI制御）のための演算を行い、 d -座標系の電流指令値 I_u^* 、 I_v^* を決定する。推定速度 m は周期的に座標系の電流指令値 I_u^* 、 I_v^* を決定する。

30

【0044】

電流制御部42は、電流指令値 I_u^* 、 I_v^* と座標変換部28から入力される推定電流値 I_a 、 I_b との差を零に近づける比例積分制御のための演算を行い、 d -座標系の電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* を決定する。

【0045】

電圧パターン生成部43は、角度補正部46から入力される推定角度 θ_m または補正済推定角度 θ_{ma} に基づいて、電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* をU相、V相、およびW相の電圧指令値 V_{u^*} 、 V_{v^*} 、 V_{w^*} に変換する。そして、電圧指令値 V_{u^*} 、 V_{v^*} 、 V_{w^*} に基づいて制御信号 U_+ 、 U_- 、 V_+ 、 V_- 、 W_+ 、 W_- のパターンを生成し、モータ駆動部26へ出力する。

40

【0046】

速度推定部24は、第1演算部241および第2演算部242などを有し、回転子32の巻線33~35に流れる電流 I_u 、 I_v 、 I_w に基づいて回転子32の回転速度を推定する。

【0047】

第1演算部241は、電圧パターン生成部43により決定された電圧指令値 V_{u^*} 、 V_{v^*} 、 V_{w^*} に基づいて、 d -座標系の電流値 I_a 、 I_b を算出する。変形として、電流制御部42により決定された電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* に基づいて電流指令値 I_u^* 、 I_v^* を算出する。

50

b , I_b を算出してもよい。いずれにしても、電流指令値 I_b , I_b の算出に際して、第 2 演算部 2 4 2 による前回の推定で得られた推定速度 m を用いる。

【 0 0 4 8 】

第 2 演算部 2 4 2 は、座標変換部 2 8 からの推定電流値 I , I と第 1 演算部 2 4 1 による電流値 I_b , I_b との差に基づいて、いわゆる電圧電流方程式に従って推定速度 (速度推定値) m を求める。推定速度 m は、回転子 3 2 の回転速度 の推定値の例である。推定速度 m は、速度制御部 4 1、磁極位置推定部 2 5、および脱調予測部 4 5 に入力される。

【 0 0 4 9 】

磁極位置推定部 2 5 は、推定速度 m に基づいて回転子 3 2 の磁極位置 PS を推定する。すなわち、推定速度 m を積分することにより磁極位置 PS の推定値として推定角度 m を算出する。

10

【 0 0 5 0 】

座標変換部 2 8 は、電流検出部 2 7 により検出された U 相の電流 I_u および V 相の電流 I_v の各値から W 相の電流 I_w の値を算出する。そして、推定角度 m または補正済推定角度 m_a と 3 相の電流 I_u , I_v , I_w の値とに基づいて、座標系の推定電流値 I , I を算出する。つまり、電流について 3 相から 2 相への変換を行う。

【 0 0 5 1 】

脱調予測部 4 5 は、目標速度 * および推定速度 m に基づいて脱調が起こるか否かを予測する。予測の方法について後に詳述する。

20

【 0 0 5 2 】

角度補正部 4 6 は、補正量設定部 4 6 1 と加算部 4 6 2 とを有し、脱調予測部 4 5 により脱調が起こると予測された場合に、磁極位置推定部 2 5 から出力された推定角度 m を補正済推定角度 m_a に補正する。脱調が起こらないと予測された場合には、推定角度 m を補正しない。

【 0 0 5 3 】

角度補正部 4 6 は、補正量設定部 4 6 1 により設定した補正角度 d を加算部 4 6 2 により推定角度 m に加算することによって補正済推定角度 m_a を出力する。補正角度 d の値が「0」のとき、加算部 4 6 2 は入力された推定角度 m をそのまま出力する。

【 0 0 5 4 】

図 5 に示すモータ制御装置 2 1 b は、図 4 のモータ制御装置 2 1 における角度補正部 4 6 および速度推定部 2 4 に代わって、角度補正部 4 6 b および速度推定部 2 4 b を有している。この点を除いて、モータ制御装置 2 1 b の構成は、モータ制御装置 2 1 の構成と同様である。

30

【 0 0 5 5 】

図 5 の角度補正部 4 6 b は、脱調予測部 4 5 により脱調が起こると予測された場合に、磁極位置推定部 2 5 から推定角度 m として補正済推定角度 m_a が出力されるように、速度推定部 2 4 b から磁極位置推定部 2 5 に入力される推定速度 m を補正済推定速度 m_a に補正する。補正速度 d の値が「0」のとき、加算部 4 6 2 b は入力された推定速度 m をそのまま出力する。

40

【 0 0 5 6 】

角度補正部 4 6 b は、補正量設定部 4 6 1 b と加算部 4 6 2 b とを有し、補正量設定部 4 6 1 b により設定した補正速度 d を加算部 4 6 2 b において推定速度 m に加算する。これにより、角度補正部 4 6 b は、補正済推定速度 m_a を算出して磁極位置推定部 2 5 に与える。

【 0 0 5 7 】

速度推定部 2 4 b は、図 4 の速度推定部 2 4 と同様に、第 1 演算部 2 4 1 および第 2 演算部 2 4 2 などをも有する。速度推定部 2 4 b においては、角度補正部 4 6 b から出力される推定速度 m_a または補正済推定速度 m_a が第 1 演算部 2 4 1 に入力される。

【 0 0 5 8 】

50

さて、本実施形態のモータ制御装置 21, 21b は、磁極位置の実際の角度 θ と推定角度 $\hat{\theta}$ とのずれに起因する脱調を防ぐ機能を有している。以下、この機能を中心にモータ制御装置 21, 21b の構成および動作をさらに説明する。

【0059】

図7にはブラシレスモータ3の運転パターンの例が示されている。時点 t_0 に起動指令がモータ制御装置 21, 21b に与えられる。起動指令は、最終目標速度 v_1 までの加速を指令する速度指令 S_1 である。時点 t_0 の以前においてブラシレスモータ3は停止しているものとする。

【0060】

時点 t_0 から時点 t_1 までの期間に回転速度 ω を0から最終目標速度 v_1 まで増大させる加速制御を行う。このとき、速度指令 S_1 により与えられる目標速度（速度指令値） v^* は、例えば一定の割合で増加するように刻々と更新される。

【0061】

回転速度 ω が最終目標速度 v_1 になると、回転速度 ω を最終目標速度 v_1 に保つ定速制御を行う。このときの目標速度 v^* は、最終目標速度 v_1 である。時点 t_2 において停止指令が与えられると、回転子32を停止させる停止制御を行う。例えば、ベクトル制御により回転速度 ω を低下させ、磁極位置 PS の推定が可能な下限速度 v_3 まで回転速度 ω が低下した時点 t_3 で、磁極位置 PS を停止位置に引き込む固定励磁に切り替えて、時点 t_4 までに停止させる。

【0062】

図8には推定角度 $\hat{\theta}$ の遅れ量 $\Delta\theta$ と駆動トルク T_1 との関係が示されている。

【0063】

起動時のように回転速度 ω を大きく増大させる加速制御では、図8に示すように、推定角度 $\hat{\theta}$ によって決定される軸方向またはそれに近い方向の磁界電流ベクトル I_{θ} を定める。磁界ベクトル I_{θ} を定めることは、磁界ベクトル I_{θ} と同じ向きの電流ベクトル I_{θ} を定めることに相当する。電流ベクトル I_{θ} は、回転子32を回転させる磁界を生成するために巻線33~35に流すべき電流を表わす。電流ベクトル I_{θ} の大きさは磁界ベクトル I_{θ} の大きさと比例する。図8では、図示を簡略化するため、磁界ベクトル I_{θ} と電流ベクトル I_{θ} とが同じ大きさのベクトルとして示されている。

【0064】

電流ベクトル I_{θ} を定めることは、モータ駆動部26を制御するための実際の処理の上では、電流ベクトル I_{θ} の向きと大きさを設定することである。電流ベクトル I_{θ} の向きとして、推定角度 $\hat{\theta}$ に対して電気角で $\theta/2$ 進んだ角度の方向（つまり、軸方向）を設定する。そして、電流ベクトル I_{θ} の大きさとして、電流ベクトル I_{θ} の軸成分（電流指令値 I_{θ}^* ）および軸成分（電流指令値 I_{θ}^* ）を設定する。このとき、駆動トルク T_1 をできるだけ大きくして加速期間を短くするため、ブラシレスモータ3に流す電流 I がモータ駆動部26の仕様で決まる設定可能範囲の上限または上限より少し小さい値になるよう電流指令値 I_{θ}^* , I_{θ}^* を設定する。なお、図8のように電流ベクトル I_{θ} の向きを軸方向とする場合には、電流指令値 I_{θ}^* の値は零（「0」）である。

【0065】

図8(A)のように、推定角度 $\hat{\theta}$ と実際の磁極位置 PS に対応する角度 θ とが等しいときには、電流ベクトル I_{θ} により発生可能な範囲内で最も大きい駆動トルク T_1 が回転子32に作用する。

【0066】

しかし、図8(B)および(C)のように推定角度 $\hat{\theta}$ と角度 θ との遅れ量 $\Delta\theta$ が $0 \sim \theta/2$ の範囲で大きくなるにつれて、駆動トルク T_1 が小さくなってしまふ。遅れ量 $\Delta\theta$ が $\theta/2$ になると駆動トルク T_1 は零になる。この場合にはほぼ確実に脱調が起こる。

【0067】

加速時には、回転速度 ω を推定してから推定速度 v_m が駆動に反映されるまでに回転速度 ω が増大するので、回転速度 ω の推定が回転速度 ω の変化に対して遅れる。回転速度

10

20

30

40

50

の推定の遅れは、推定速度 m に基づく推定角度 m の算出において積算される。したがって、加速時においては、定速制御時と比べて、遅れ量 θ が増大しやすい。

【0068】

駆動トルク T_1 が低下すると、回転速度 ω が低下する。上に述べたようにベクトル制御では、目標速度 ω^* と推定速度 m との差が小さくなるように電流指令値 I^* , I^* を決定する。しかし、回転速度 ω が大幅に低下すると、電流指令値 I^* , I^* の設定を変更しても、回転速度 ω の低下を抑えることができなくなり、脱調の起こるおそれが大きくなる。

【0069】

そこで、モータ制御装置 21 , 21b は、目標速度 ω^* および推定速度 m に基づいて脱調が起こると予測した場合に、推定角度 m を補正する。

10

【0070】

図9には脱調の予測に用いるしきい値 H の設定の例が、図10には推定角度 m の遅れ量 θ の上限 z の設定の例が、図11には目標速度 ω^* に応じたしきい値 H を示すテーブル71の例が、それぞれ示されている。

【0071】

図9(A)のように、目標速度 ω^* が増大する加速時について、想定脱調速度 Z および許容下限速度 k を定めておく。

【0072】

想定脱調速度 Z は、加速時において、回転子 32 に作用する回転駆動力が零になるような遅れ量 θ が生じたときとみなす回転速度 ω である。回転駆動力が零になるとは、図10に示すように、駆動トルク T_1 の大きさの絶対値が、回転を抑えるように作用する負荷トルク T_2 の大きさの絶対値と等しくなることである。負荷トルク T_2 には、抵抗負荷と慣性負荷とが関わる。駆動トルク T_1 の大きさの絶対値(出力設定値)を DT_1 とし、負荷トルク T_2 の大きさの絶対値(負荷想定値)を DT_2 とすると、 $DT_1 = DT_2$ となるときの遅れ量 θ である限界遅れ量 z は、(1)式で表わされる。

20

【0073】

$$z = -\arccos(DT_2 / DT_1) \quad [rad] \quad \dots (1)$$

なお、出力設定値 DT_1 は、電機子としての固定子 31 に流れる電流の値を決める電流設定値の例である。

30

【0074】

が「0」の状態のまま360度(2π [rad])で1周する場合の回転速度 ω_x に対する、 θ が z であるときの回転速度 ω_z の比率である限界速度比 R_z は、(2)式で表わされる。

【0075】

$$R_z = \omega_z / \omega_x = (2\pi - z) / 2\pi \quad \dots (2)$$

想定脱調速度 Z は、この限界速度比 R_z と目標速度 ω^* とを用いて、(3)式で表わされる。

【0076】

$$Z = \omega^* \cdot R_z \quad \dots (3)$$

40

例えば、出力設定値 DT_1 を「1」とし、負荷想定値 DT_2 を「0.5」とした場合には、(1)式により、

$$z = -\arccos(0.5 / 1) = -1.0472 [rad] \quad (\text{約} -60 \text{度})$$

となる。

【0077】

限界速度比 R_z は、(2)式により、

$$R_z = (2\pi - 1.0472) / 2\pi = 0.838$$

となる。

【0078】

そして、加速中のある時点の目標速度 ω^* を例えば「500」とすると、想定脱調速度

50

Zは、(3)式により、

$$Z = 500 \times 0.838 = 419$$

となる。

【0079】

図9(A)に示す許容下限速度 k は、想定脱調速度 Z に余裕値(マージン)を加えた値であり、脱調が起こる時点より前に脱調が起こると予測するために定められている。想定脱調速度 Z が負荷想定値 $DT2$ に基づいて算出されるので、許容下限速度 k は、ブラシレスモータ3の負荷に応じて定められていることになる。

【0080】

例えば、負荷想定値 $DT2$ を大きめにして余裕値を定めることができる。目標速度 $*$ の取り得る値ごとに、想定脱調速度 Z よりも例えば5~15%程度大きい値を許容下限速度 k とすることができる。

10

【0081】

図9(B)に示すように、加速時の各時点の目標速度 $*$ と許容下限速度 k との差をしきい値 H として定める。そして、図11に示すように、テーブル71により目標速度 $*$ としきい値 H とを対応づけて記憶しておく。

【0082】

図12には推定角度 m の推移の例が、図13には速度比 R に応じた補正角度 d を示すテーブル72の例が、図14には速度比 R に応じた補正速度 d を示すテーブル72bの例が、それぞれ示されている。

20

【0083】

図4、5をも参照して、脱調予測部45は、最新の推定速度 m が入力されると、そのときの目標速度 $*$ に対応するしきい値 H をテーブル71から読み出す。そして、目標速度 $*$ と推定速度 m との差である速度ずれ量を算出し、速度ずれ量がしきい値 H よりも大きい場合に、脱調が起こると予測する。この予測は、推定速度 m が許容下限速度 k よりも小さい場合に脱調が起こると予測することに相当する。詳しくは、次の通りである。

【0084】

図12(A)において、時点 $t0$ から加速が始まる。時点 $t0$ から時点 $t11$ まで、推定速度 m は目標速度 $*$ の増加に追従している。時点 $t11$ から推定速度 m が目標速度 $*$ よりも小さくなり始めている。

30

【0085】

時点 $t11$ より後の時点 $t12$ において、目標速度 $*$ ($t12$) と推定速度 m ($t12$) とに速度ずれ量 ($t12$) のずれが生じている。この速度ずれ量 ($t12$) は目標速度 $*$ ($t12$) に対応するしきい値 H ($t12$) よりも小さいので、脱調予測部45は、脱調が起こらないと予測する。この場合には、角度補正部46, 46bによる補正は行われない。

【0086】

図12(B)において、時点 $t12$ より後の時点 $t13$ において、目標速度 $*$ ($t13$) と推定速度 m ($t13$) とに速度ずれ量 ($t13$) のずれが生じている。この速度ずれ量 ($t13$) は目標速度 $*$ ($t13$) に対応するしきい値 H ($t13$) よりも大きい。したがって、脱調予測部45は、脱調が起こると予測する。

40

【0087】

脱調が起こると予測されたので、推定角度 m の補正が角度補正部46, 46bにより行われる。角度補正部46, 46bには、補正指令と共に速度比 R が脱調予測部45から入力される。

【0088】

速度比 R は、目標速度 $*$ に対する推定速度 m の比率であり、(4)式で表わされる。

【0089】

50

$$R = m / * \dots (4)$$

図4に示した角度補正部46の補正量設定部461は、入力された速度比Rに対応する補正角度dを、図13に示すテーブル72から読み出して加算部462に送る。加算部462は、推定角度mと補正角度dとを和を補正済推定角度maとして出力する。

【0090】

テーブル72は、あらかじめ作成されて補正量設定部461によるアクセスが可能な不揮発性メモリにより記憶されている。テーブル72において、速度比Rの取り得る複数の値ごとに補正角度dが対応づけられている。

【0091】

補正角度dは、推定角度mの遅れに対応する補正量であり、速度比Rを用いて(5)式で表わされる。

【0092】

$$d = 2 - (2 \cdot R) \text{ [rad]} \dots (5)$$

例えば、目標速度*が「1000」であるときに推定速度mが「900」であったとすると、速度比Rは、(4)式により、 $R = 900 / 1000 = 0.90$ である。補正角度dは、(5)式により、 $d = 2 - (2 \cdot 0.90) = 0.6283 \text{ [rad]}$ 36.0度である。

【0093】

補正角度dを加算することにより推定角度mは、磁極の実際の角度またはそれに近い値に補正される。つまり、推定角度mを補正済推定角度maに補正することにより、補正前と比べて電流ベクトル95による駆動トルクT1が補正前よりも大きい状態(図8(A)参照)に回復する。したがって、実際の回転速度が大きくなり、それに伴って図12(B)に一点鎖線で示すように、推定速度mが増加する。図12(B)では、運転パターンで想定された時点t1より後の時点t14で推定速度mが最終目標速度1になっている。

【0094】

なお、脱調予測部45から入力された速度比Rの値と一致する速度比Rの値がテーブル72に無い場合には、テーブル72に示される速度比Rの値のうち、入力された速度比Rの値に最も近い値に対応づけられている補正角度dを読み出すようにすればよい。(5)式の演算、または入力された速度比Rの値に近い複数の値に基づく補間演算により補正角度dを算出してもよい。

【0095】

図5に示した角度補正部46bの補正量設定部461bは、入力された速度比Rに対応する補正速度dを、図14に示すテーブル72bから読み出して加算部462bに送る。加算部462bは、推定速度mと補正速度dとを和を補正済推定速度maとして磁極位置推定部25に入力する。

【0096】

これにより、上に述べたように、磁極位置推定部25から補正済推定角度maが出力される。つまり、角度補正部46bは、推定角度mを補正する処理として、目標速度*に対する推定速度mの比率Rに応じた補正角度dを推定角度mに加算する演算に相当する処理を行う。

【0097】

テーブル72bは、あらかじめ作成されて補正量設定部461bによるアクセスが可能な不揮発性メモリによりが可能に記憶されている。テーブル72bにおいて、速度比Rの取り得る複数の値ごとに補正速度dが対応づけられている。補正速度dの値は、補正角度dに対応するよう定められている。

【0098】

次に、脱調予測部45による予測の方法の他の例を図15を参照して説明する。図15には推定角度mの推移の他の例が示されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 9 】

脱調予測部 4 5 は、加速制御時のように固定子 3 1 の捲線 3 3 ~ 3 5 に流れる電流 I が設定可能範囲の上限となるようモータ駆動部 2 6 が制御されている状態において、推定速度 m が低下した場合に、脱調が起これると予測する。設定可能範囲は、モータ駆動部 2 6 の仕様で決まる。

【 0 1 0 0 】

図 1 5 において、時点 t_{21} から推定速度 m が目標速度 $*$ よりも小さくなり始めている。しかし、時点 t_{22} まで、推定速度 m は増加している。時点 t_{22} より後の時点 t_{23} では、推定速度 $m(t_{23})$ が時点 t_{22} の推定速度 $m(t_{22})$ よりも小さい。

10

【 0 1 0 1 】

脱調予測部 4 5 は、最新の推定速度 m が入力されるごとに、以前に入力された推定速度 m と比較する。最新の推定速度 m が前回の推定速度 m よりも小さいことが所定回数以上にわたって続いた場合に、または以前の推定速度 m の最大値よりも今回の値が小さくかつこれらの差がしきい値以上であった場合に、脱調予測部 4 5 は、脱調が起これると予測する。

【 0 1 0 2 】

図 1 5 に示す例では、時点 t_{23} において、脱調が起これると予測され、角度補正部 4 6 b による推定角度 m の補正が行われている。推定角度 m の補正が行われたことにより、一点鎖線で示すように推定速度 m が減少から増加に転じ、時点 t_{24} で最終目標速度 1 になっている。

20

【 0 1 0 3 】

図 1 6 にはモータ制御装置 2 1 , 2 1 b における処理の流れが、図 1 7 および図 1 8 には脱調予測の処理の流れの例が、図 1 9 には角度補正の処理の流れの例が、それぞれ示されている。

【 0 1 0 4 】

図 1 6 に示すように、起動指令が上位制御部 2 0 から与えられるのを待つ (# 1 0 1) 。起動指令は、回転子 3 2 が停止している状態、または停止制御中に発せられる。

【 0 1 0 5 】

起動指令が与えられると (# 1 0 1 で YES) 、次第に増加する目標速度 $*$ に回転を追従させる加速制御を開始し (# 1 0 2) 、加速中に脱調予測の処理を実行する (# 1 0 3) 。

30

【 0 1 0 6 】

脱調が起これると予測した場合にのみ (# 1 0 4 で YES) 、角度補正の処理を実行する (# 1 0 5) 。加速が完了していない間は (# 1 0 6 で NO) 、加速制御を続行するとともに、脱調予測の処理を実行する (# 1 0 2 、 # 1 0 3) 。そして、脱調が起これると予測した場合には、再び角度補正の処理を実行する (# 1 0 4 、 # 1 0 5) 。

【 0 1 0 7 】

加速が完了すると、すなわち推定速度 m が加速時の最終目標速度 1 に達すると (# 1 0 6 で YES) 、加速制御を終了して定速制御を行う (# 1 0 7) 。

40

【 0 1 0 8 】

その後は、停止指令が上位制御部 2 0 から与えられるのを待つ (# 1 0 8) 。停止指令が与えられると (# 1 0 8 で YES) 、停止制御を実行する (# 1 0 9) 。

【 0 1 0 9 】

図 1 7 に示すように、脱調予測の処理として、最新の目標速度 $*$ および推定速度 m を取得し (# 3 1 1) 、速度ずれ量 を算出する (# 3 1 2) 。

【 0 1 1 0 】

続いて、速度ずれ量 が目標速度 $*$ に対応するしきい値 H 以上であるか否かを判定する (# 3 1 3) 。速度ずれ量 がしきい値 H 以上であると判定した場合には (# 3 1 3 で YES) 、脱調が起これると予測する (# 3 1 4) 。つまり、予測の結果として「

50

脱調が起こる」を記憶する。速度ずれ量 がしきい値 H 以上ではないと判定した場合には（# 3 1 3 で NO ）、脱調が起こらないと予測する（# 3 1 5）。

【0 1 1 1】

または、図 1 8 に示すように、脱調予測の処理として、最新の推定速度 m を取得し（# 3 2 1）、以前に取得した推定速度 m と比較する（# 3 2 2）。

【0 1 1 2】

続いて、比較の結果に基づいて、推定速度 m が低下したか否かを判定する（# 3 2 3）。推定速度 m が低下したと判定した場合には（# 3 2 3 で YES ）、脱調が起こると予測する（# 3 2 4）。推定速度 m が低下していないと判定した場合には（# 3 2 3 で NO ）、脱調が起こらないと予測する（# 3 2 5）。

10

【0 1 1 3】

図 1 9 に示すように、角度補正の処理として、速度比 R を算出する（# 5 0 1）。算出した速度比 R に応じて、補正量として補正角度 d または補正速度 d を設定する（# 5 0 2）。そして、推定角度 m に補正角度 d を加算することにより、または推定角度 m の推定に用いる推定速度 m に補正速度 d を加算することにより、推定角度 m を補正する。

【0 1 1 4】

以上の実施形態によると、磁極の実際の位置と推定した位置とのずれに起因する脱調を防ぐことのできる制御装置および制御方法を提供することができる。例えば、停止状態から定速回転状態に移行させる起動時の加速段階での脱調を防ぐことができる。

20

【0 1 1 5】

上に述べた実施形態においては、補正角度 d を推定角度 m に加算した。しかし、これに限らず、補正角度 d を係数として設定し、推定角度 m と補正角度 d との積を補正済推定補正角度 m_a として算出してもよい。同様に、補正速度 d を係数として設定し、推定速度 m と補正速度 d との積を補正済推定補正速度 m_a として算出して推定角度 m を補正してもよい。

【0 1 1 6】

上に述べた実施形態において、テーブル 7 1 , 7 2 , 7 2 b の構成およびデータ値などは例を示すものであり、図に示した以外の種々の構成またはデータ値とすることができる。

30

【0 1 1 7】

その他、画像形成装置 1 およびモータ制御装置 2 1 のそれぞれの全体または各部の構成、処理の内容、順序、またはタイミングなどは、本発明の趣旨に沿って適宜変更することができる。

【符号の説明】

【0 1 1 8】

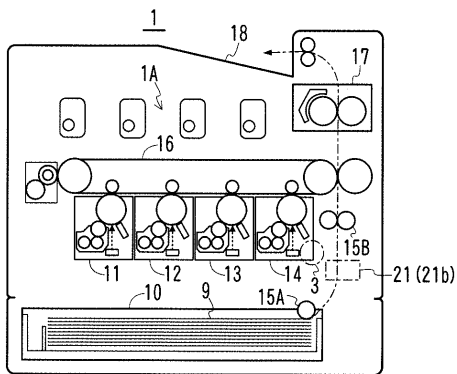
- 1 画像形成装置
- 3 ブラシレスモータ（永久磁石同期電動機）
- 9 用紙
- 15 B レジストローラ対（搬送ローラ）
- 20 上位制御部（速度指令部）
- 21 モータ制御装置（制御装置）
- 23 ベクトル制御部（制御部）
- 24 , 24 b 速度推定部
- 25 磁極位置推定部
- 26 モータ駆動部（駆動部）
- 31 固定子（電機子）
- 32 回転子
- 45 脱調予測部
- 46 , 46 b 角度補正部（補正部）

40

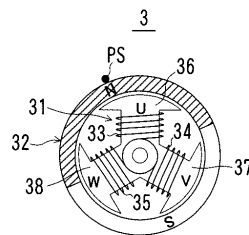
50

- d 補正角度
- D T 1 出力設定値 (電流設定値)
- D T 2 負荷想定値 (負荷)
- H しきい値
- I 電流
- I_u, I_v, I_w 電流
- P S 磁極位置
- R 速度比 (比率)
- S 1 速度指令
- m 推定角度
- m a 補正済推定角度
- 回 轉 速 度
- * 目標速度
- m 推定速度
- k 許容下限速度
- 速度ずれ量

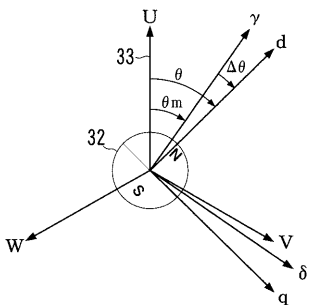
【 図 1 】



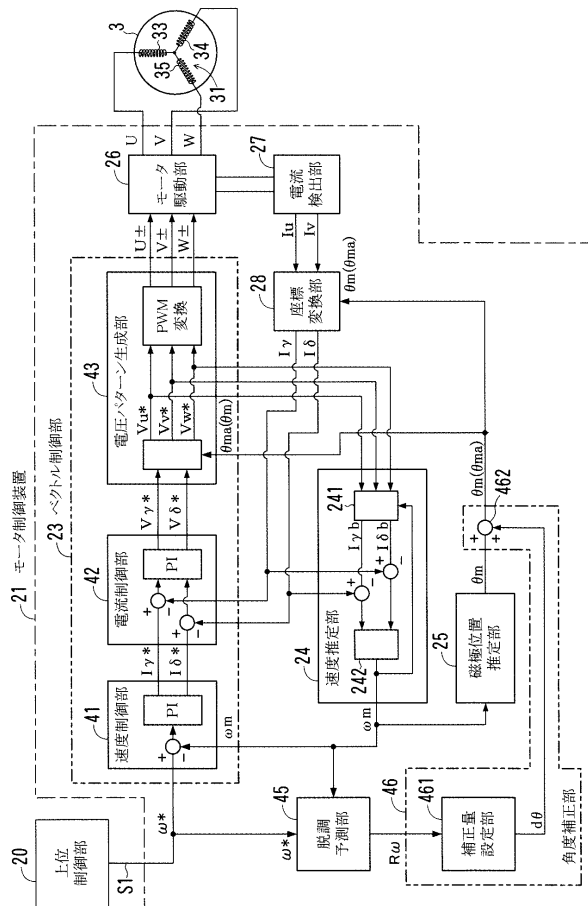
【 図 2 】



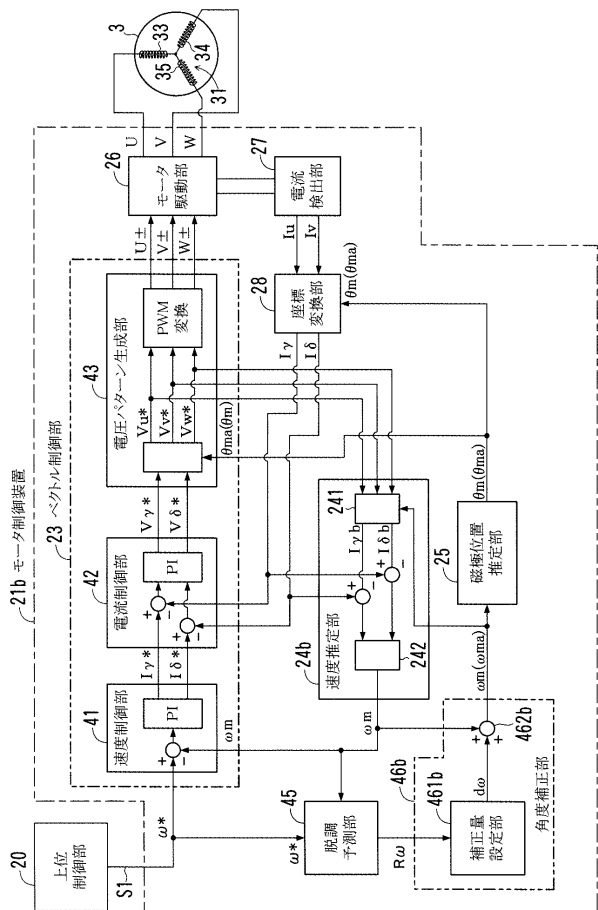
【図3】



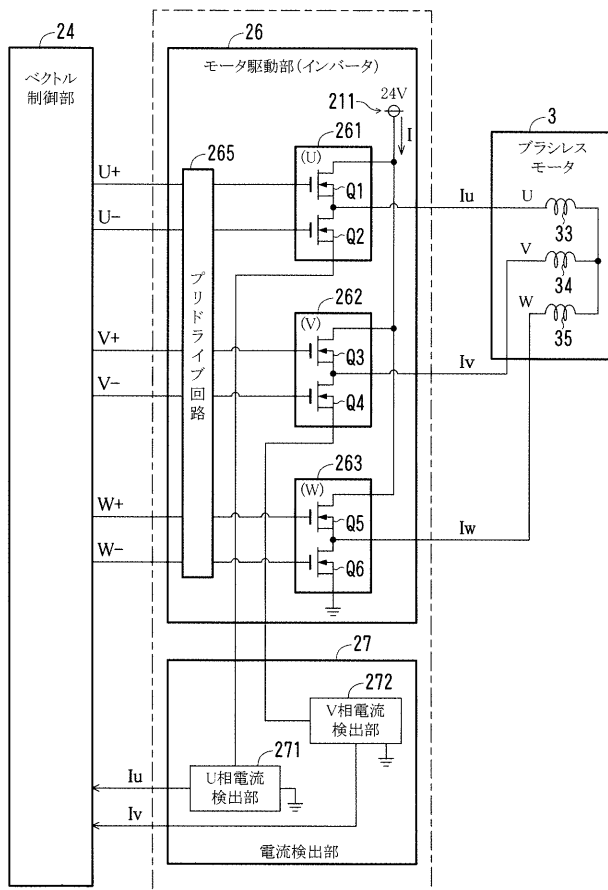
【図4】



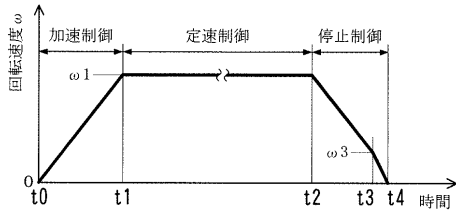
【図5】



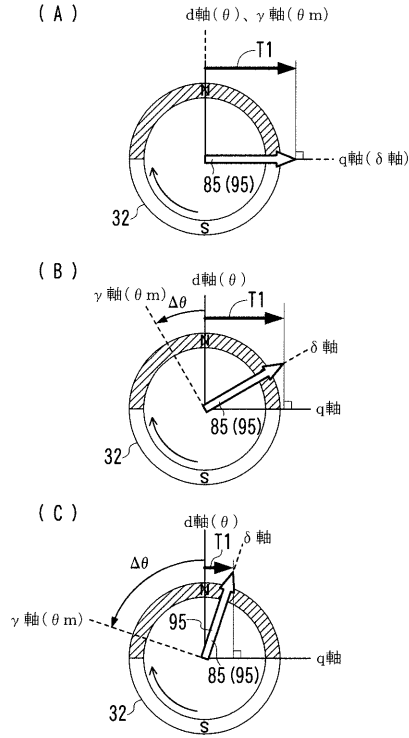
【図6】



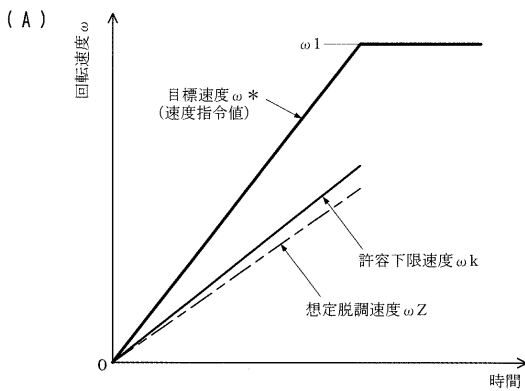
【 図 7 】



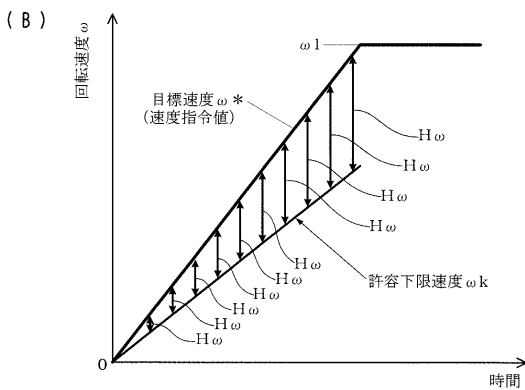
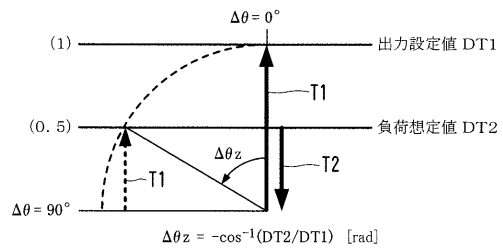
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】

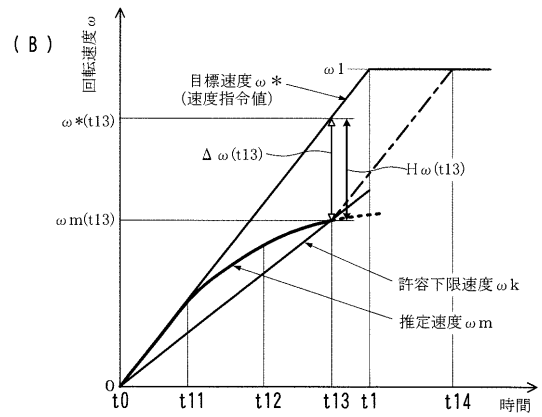
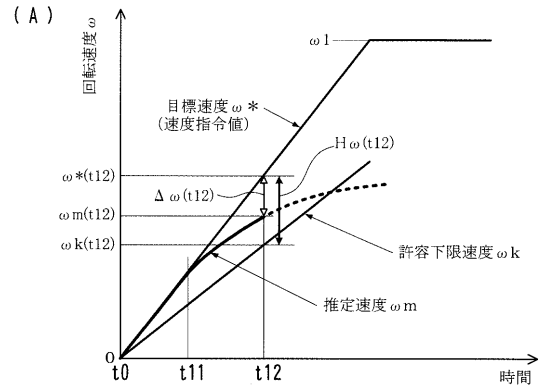


【 図 1 1 】

71

目標速度 ω^* (速度指令値)	しきい値 $H\omega$
$\omega 001$	$H\omega 1$
$\omega 002$	$H\omega 2$
$\omega 003$	$H\omega 3$
$\omega 004$	$H\omega 4$
$\omega 005$	$H\omega 5$
⋮	⋮

【 図 1 2 】



【 図 1 3 】

72

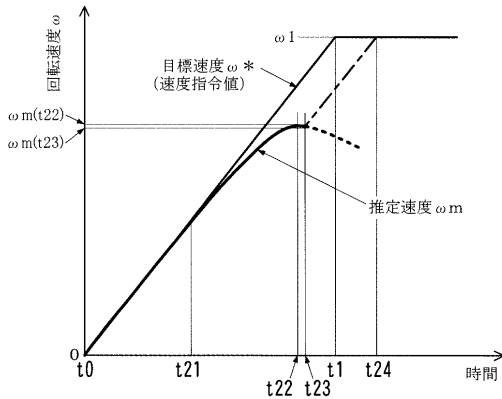
速度比 $R\omega$	補正角度 $d\theta$ [rad] (度)
0.99	0.0628 (3.6)
0.98	0.1257 (7.2)
0.97	0.1885 (10.8)
⋮	⋮
0.90	0.6283 (36.0)
⋮	⋮
0.76	1.5079 (86.4)
0.75	1.5707 (90.0)

【 図 1 4 】

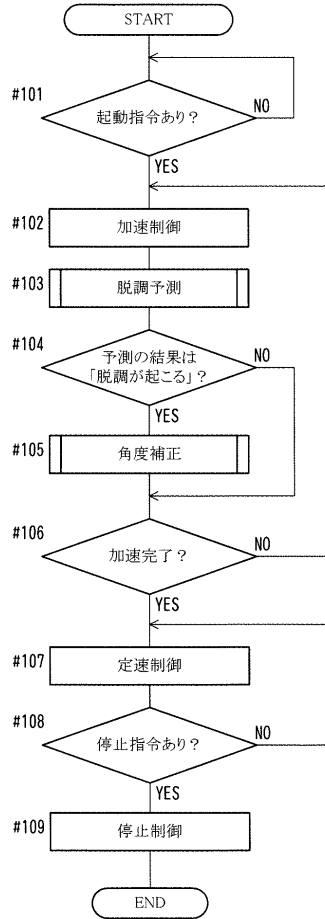
72b

速度比 $R\omega$	補正速度 $d\omega$
0.99	$d\omega 1$
0.98	$d\omega 2$
0.97	$d\omega 3$
⋮	⋮
0.90	$d\omega 10$
⋮	⋮
0.76	$d\omega 23$
0.75	$d\omega 24$

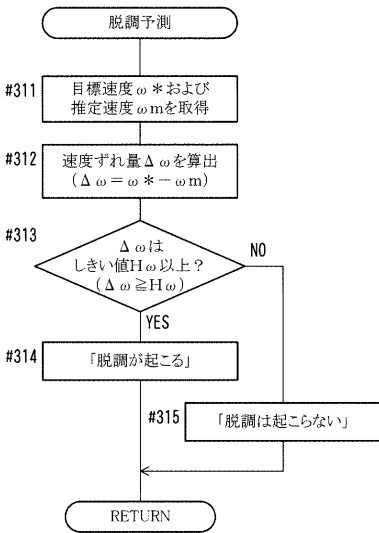
【 図 1 5 】



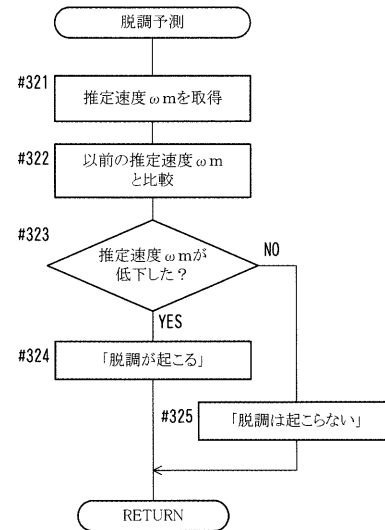
【 図 1 6 】



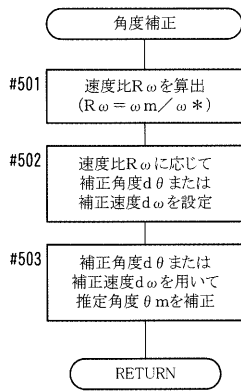
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 大地

東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内

(72)発明者 吉川 博之

東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内

Fターム(参考) 5H560 AA10 BB04 BB12 DA14 DB14 DC12 EB01 RR10 TT11 UA05
XA02 XA04 XA12 XA13