

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6980555号
(P6980555)

(45) 発行日 令和3年12月15日 (2021. 12. 15)

(24) 登録日 令和3年11月19日 (2021. 11. 19)

(51) Int. Cl.

F I

HO 2 P 21/05 (2006. 01)

HO 2 P 21/24 (2016. 01)

HO 2 P 21/05

HO 2 P 21/24

請求項の数 8 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2018-26352 (P2018-26352)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成30年2月16日 (2018. 2. 16)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2019-146308 (P2019-146308A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	令和1年8月29日 (2019. 8. 29)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	令和3年1月15日 (2021. 1. 15)		弁理士 阿部 琢磨
		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	高津 潤弥
			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	池田 貴俊
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 モータ制御装置、シート搬送装置及び画像形成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

モータの巻線に流れる駆動電流を検出する検出手段と、
前記モータの回転子の回転によって前記巻線に誘起される誘起電圧の大きさを、前記検出手段によって検出された駆動電流に基づいて決定する誘起電圧決定手段と、
前記誘起電圧決定手段によって決定された誘起電圧の大きさに基づいて、前記回転子の回転位相を決定する位相決定手段と、
前記回転子の目標位相を表す指令位相を生成する生成手段と、
前記生成手段によって生成された前記指令位相と前記位相決定手段によって決定された前記回転位相との偏差が小さくなるように、前記位相決定手段によって決定された回転位相に基づく回転座標系において表される電流成分であって前記回転子にトルクを発生させる電流成分であるトルク電流成分に基づいて、前記巻線に流れる駆動電流を制御する第1制御モードと、前記生成手段によって生成された前記指令位相と予め決められた大きさの電流とに基づいて前記駆動電流を制御する第2制御モードと、を備える制御手段と、
を有し、
前記位相決定手段は、前記第2制御モードの実行中においても、前記回転位相を決定し、
前記生成手段は、前記制御手段により前記モータが加速されている加速期間に前記駆動電流を制御する制御モードが前記第2制御モードから前記第1制御モードに切り替わった場合の当該第1制御モードにおける前記指令位相を、前記加速期間における前記第2制御

10

20

モードにおいて前記位相決定手段によって決定された前記回転位相に基づいて生成し、

前記生成手段は、前記制御手段により前記モータが減速されている減速期間に前記制御モードが前記第1制御モードから前記第2制御モードに切り替わった場合の当該第2制御モードにおける前記指令位相を、前記加速期間における前記第2制御モードにおいて前記位相決定手段によって決定された前記回転位相と前記加速期間における前記第2制御モードにおいて前記生成手段によって生成された指令位相とに基づいて生成することを特徴とするモータ制御装置。

【請求項2】

前記生成手段は、前記加速期間における前記第2制御モードにおいて前記位相決定手段によって決定された前記回転位相と前記加速期間における前記第2制御モードにおいて前記生成手段によって生成された指令位相との差分値を格納する格納手段を備え、

10

前記生成手段は、前記減速期間に前記制御モードが前記第1制御モードから前記第2制御モードに切り替わった場合の当該第2制御モードにおける前記指令位相を、前記格納手段に格納された前記差分値に基づいて生成することを特徴とする請求項1に記載のモータ制御装置。

【請求項3】

前記制御モードが前記加速期間に前記第2制御モードから前記第1制御モードに切り替わった場合の前記第1制御モードにおける前記指令位相の初期位相は、前記加速期間における前記第2制御モードにおいて前記位相決定手段によって決定された前記回転位相に基づいて設定されることを特徴とする請求項1又は2に記載のモータ制御装置。

20

【請求項4】

前記モータ制御装置は、パルス列を生成するパルス生成手段を有し、

前記生成手段は、パルス生成手段から出力される前記パルス列の各パルスが入力される毎に前記指令位相に所定の変化量を加算することによって前記指令位相を更新することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一項に記載のモータ制御装置。

【請求項5】

前記制御手段は、前記パルス生成手段から出力される前記パルス列の周波数に基づいて前記回転子の目標速度に対応する回転速度を決定する速度決定手段を有し、

前記制御手段は、前記速度決定手段によって決定される前記回転速度が所定値より大きい値になった場合に、前記制御モードを前記第2制御モードから前記第1制御モードに切り替えることを特徴とする請求項4に記載のモータ制御装置。

30

【請求項6】

前記速度決定手段は、前記パルス生成手段から前記パルス列の各パルスが入力される毎に前記目標速度に対応する回転速度を決定することを特徴とする請求項5に記載のモータ制御装置。

【請求項7】

シートを搬送する搬送ローラと、

前記搬送ローラを駆動するモータと、

請求項1乃至6のいずれか一項に記載のモータ制御装置と、

を有し、

40

前記モータ制御装置は、前記搬送ローラを駆動するモータの駆動を制御することを特徴とするシート搬送装置。

【請求項8】

記録媒体に画像を形成する画像形成装置であって、

負荷を駆動するモータと、

請求項1乃至6のいずれか一項に記載のモータ制御装置と、

を有し、

前記モータ制御装置は、前記負荷を駆動するモータの駆動を制御することを特徴とする画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータ制御装置、シート搬送装置及び画像形成装置におけるモータの制御に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、モータを制御する方法として、モータの回転子の回転位相を基準とした回転座標系における電流値を制御することによってモータを制御するベクトル制御と称される制御方法が知られている。具体的には、回転子の指令位相と回転位相との偏差が小さくなるように回転座標系における電流値を制御する位相フィードバック制御を行うことによってモータを制御する制御方法が知られている。なお、回転子の指令速度と回転速度との偏差が小さくなるように回転座標系における電流値を制御する速度フィードバック制御を行うことによってモータを制御する制御方法も知られている。

10

【0003】

ベクトル制御において、モータの巻線に流れる駆動電流は、回転子が回転するためのトルクを発生させる電流成分である q 軸成分（トルク電流成分）と、モータの巻線を貫く磁束の強度に影響する電流成分である d 軸成分（励磁電流成分）とにより表される。回転子にかかる負荷トルクの変化に応じてトルク電流成分の値が制御されることによって、回転に必要なトルクが効率的に発生する。この結果、余剰トルクに起因したモータ音の増大や消費電力の増大が抑制される。また、回転子にかかる負荷トルクがモータの巻線に供給された駆動電流に対応した出力トルクを超えることに起因して回転子が入力信号に同期しなくなり、モータが制御不能な状態（脱調状態）になってしまうことを抑制することができる。

20

【0004】

ベクトル制御では、回転子の回転位相を決定する構成が必要となる。特許文献1では、回転子が回転することによってモータの各相の巻線に発生する誘起電圧に基づいて回転子の回転位相を決定する構成が述べられている。

【0005】

巻線に発生する誘起電圧の大きさは、回転子の回転速度が小さいほど小さくなる。巻線に発生する誘起電圧の大きさが、回転子の回転位相が決定されるために十分な大きさでない場合は、回転位相が精度良く決定されない可能性がある。即ち、回転子の回転速度が小さいほど、回転子の回転位相を決定する精度が悪くなってしまう可能性がある。

30

【0006】

そこで、特許文献2では、回転子の指令速度が所定の回転速度よりも小さい場合は、モータの巻線に予め決められた電流を供給することによってモータを制御する定電流制御が用いられる構成が述べられている。なお、定電流制御においては、位相フィードバック制御と速度フィードバック制御とのいずれも行われたい。特許文献2には、更に、回転子の指令速度が所定の回転速度以上の場合は、ベクトル制御が用いられる構成が述べられている。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特表2012-509056号公報

【特許文献2】特開2005-39955号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

図12は、指令位相と回転子の回転位相との関係の一例を示す図である。図12の実線はモータに対する指令位相を示し、破線は回転子の回転位相を示す。なお、図12では、回転子が一定速度で回転している状態における指令位相と回転子の回転位相との関係が示

50

されている。

【 0 0 0 9 】

図 1 2 に示すように、定電流制御においては、指令位相と回転子の回転位相との位相差が当該回転子のかかる負荷トルクに応じた位相差である状態で、回転子が回転する。一方、ベクトル制御においては、指令位相と回転子の回転位相との偏差が小さくなるようにモータが制御されることに起因して、指令位相と回転子の回転位相との位相差が定電流制御における位相差よりも小さい状態で回転子が回転する。

【 0 0 1 0 】

モータの制御が定電流制御からベクトル制御に切り替わる際には、瞬間的にモータの回転速度が変動する可能性がある。具体的には、図 1 2 に示すように、モータの制御が定電流制御からベクトル制御に切り替わる際には、指令位相と回転子の回転位相との位相差が減少することに起因して、モータの回転速度が変動する可能性がある。

10

【 0 0 1 1 】

また、モータの制御がベクトル制御から定電流制御に切り替わる際には、瞬間的にモータの回転速度が変動する可能性がある。具体的には、図 1 2 に示すように、モータの制御がベクトル制御から定電流制御に切り替わる際には、指令位相と回転子の回転位相との位相差が増大することに起因して、モータの回転速度が変動する可能性がある。

【 0 0 1 2 】

このように、モータの制御がベクトル制御と定電流制御との間で切り替わる際にモータの回転速度が変動すると、モータの制御が不安定になってしまう可能性がある。

20

【 0 0 1 3 】

上記課題に鑑み、本発明は、モータの巻線に流れる駆動電流を制御する制御モードが切り替わる際にモータの制御が不安定になることを抑制することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 4 】

上記課題を解決するために、本発明にかかるモータ制御装置は、
モータの巻線に流れる駆動電流を検出する検出手段と、
前記モータの回転子の回転によって前記巻線に誘起される誘起電圧の大きさを、前記検出手段によって検出された駆動電流に基づいて決定する誘起電圧決定手段と、
前記誘起電圧決定手段によって決定された誘起電圧の大きさに基づいて、前記回転子の回転位相を決定する位相決定手段と、
前記回転子の目標位相を表す指令位相を生成する生成手段と、
前記生成手段によって生成された前記指令位相と前記位相決定手段によって決定された前記回転位相との偏差が小さくなるように、前記位相決定手段によって決定された回転位相に基づく回転座標系において表される電流成分であって前記回転子にトルクを発生させる電流成分であるトルク電流成分に基づいて、前記巻線に流れる駆動電流を制御する第 1 制御モードと、前記生成手段によって生成された前記指令位相と予め決められた大きさの電流とに基づいて前記駆動電流を制御する第 2 制御モードと、を備える制御手段と、
を有し、

30

前記位相決定手段は、前記第 2 制御モードの実行中においても、前記回転位相を決定し

40

、
前記生成手段は、前記制御手段により前記モータが加速されている加速期間に前記駆動電流を制御する制御モードが前記第 2 制御モードから前記第 1 制御モードに切り替わった場合の当該第 1 制御モードにおける前記指令位相を、前記加速期間における前記第 2 制御モードにおいて前記位相決定手段によって決定された前記回転位相に基づいて生成し、

前記生成手段は、前記制御手段により前記モータが減速されている減速期間に前記制御モードが前記第 1 制御モードから前記第 2 制御モードに切り替わった場合の当該第 2 制御モードにおける前記指令位相を、前記加速期間における前記第 2 制御モードにおいて前記位相決定手段によって決定された前記回転位相と前記加速期間における前記第 2 制御モードにおいて前記生成手段によって生成された指令位相とに基づいて生成することを特徴と

50

する。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、モータの巻線に流れる駆動電流を制御する制御モードが切り替わる際にモータの制御が不安定になることを抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】画像形成装置を説明する断面図である。

【図2】前記画像形成装置の制御構成を示すブロック図である。

【図3】A相及びB相から成る2相のモータと、d軸及びq軸によって表される回転座標系との関係を示す図である。

10

【図4】第1実施形態に係るモータ制御装置の構成を示すブロック図である。

【図5】指令生成器の構成を示すブロック図である。

【図6】マイクロステップ駆動方式を行う方法の例を示す図である。

【図7】回転速度 ω_{ref} と閾値 θ_{th} との関係及び切替信号を示す図である。

【図8】第1実施形態におけるモータの制御切替時の処理方法を説明する図である。

【図9】第1実施形態に係るモータ制御装置によるモータの制御方法を示すフローチャートである。

【図10】第2実施形態におけるモータ制御装置157の構成の例を示すブロック図である。

20

【図11】第2実施形態におけるモータの制御切替時の処理方法を説明する図である。

【図12】モータの制御切替時の回転位相の様子を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下に図面を参照して、本発明の好適な実施の形態を説明する。ただし、この実施の形態に記載されている構成部品の形状及びそれらの相対配置などは、この発明が適用される装置の構成や各種条件により適宜変更されるべきものであり、この発明の範囲が以下の実施の形態に限定される趣旨のものではない。なお、以下の説明においては、モータ制御装置が画像形成装置に設けられる場合について説明するが、モータ制御装置が設けられるのは画像形成装置に限定されるわけではない。例えば、記録媒体や原稿等のシートを搬送するシート搬送装置等にも用いられる。

30

【0018】

〔第1実施形態〕

〔画像形成装置〕

図1は、本実施形態で用いられるシート搬送装置を有するモノクロの電子写真方式の複写機（以下、画像形成装置と称する）100の構成を示す断面図である。なお、画像形成装置は複写機に限定されず、例えば、ファクシミリ装置、印刷機、プリンタ等であっても良い。また、記録方式は、電子写真方式に限らず、例えば、インクジェット等であっても良い。更に、画像形成装置の形式はモノクロ及びカラーのいずれの形式であっても良い。

【0019】

40

以下に、図1を用いて、画像形成装置100の構成および機能について説明する。図1に示すように、画像形成装置100は、原稿給送装置201、読取装置202及び画像印刷装置301を有する。

【0020】

原稿給送装置201の原稿積載部203に積載された原稿は、給紙ローラ204によって給送され、搬送ガイド206に沿って読取装置202の原稿ガラス台214上に搬送される。更に、原稿は、搬送ベルト208によって搬送されて、排紙ローラ205によって不図示の排紙トレイへ排紙される。読取装置202の読取位置において照明209によって照明された原稿画像からの反射光は、反射ミラー210、211、212からなる光学系によって画像読取部111に導かれ、画像読取部111によって画像信号に変換される

50

。画像読取部 1 1 1 は、レンズ、光電変換素子である C C D、C C D の駆動回路等で構成される。画像読取部 1 1 1 から出力された画像信号は、A S I C 等のハードウェアデバイスで構成される画像処理部 1 1 2 によって各種補正処理が行われた後、画像印刷装置 3 0 1 へ出力される。前述の如くして、原稿の読取が行われる。即ち、原稿給送装置 2 0 1 及び読取装置 2 0 2 は、原稿読取装置として機能する。

【 0 0 2 1 】

また、原稿の読取モードとして、第 1 読取モードと第 2 読取モードがある。第 1 読取モードは、一定速度で搬送される原稿の画像を、所定の位置に固定された照明系 2 0 9 及び光学系によって読み取るモードである。第 2 読取モードは、読取装置 2 0 2 の原稿ガラス 2 1 4 上に載置された原稿の画像を、一定速度で移動する照明系 2 0 9 及び光学系によ

10

【 0 0 2 2 】

画像印刷装置 3 0 1 の内部には、シート収納トレイ 3 0 2、3 0 4 が設けられている。シート収納トレイ 3 0 2、3 0 4 には、それぞれ異なる種類の記録媒体を収納することができる。例えば、シート収納トレイ 3 0 2 には A 4 サイズの普通紙が収納され、シート収納トレイ 3 0 4 には A 4 サイズの厚紙が収納される。なお、記録媒体とは、画像形成装置によって画像が形成されるものであって、例えば、用紙、樹脂シート、布、O H P シート、ラベル等は記録媒体に含まれる。

【 0 0 2 3 】

シート収納トレイ 3 0 2 に収納された記録媒体は、ピックアップローラ 3 0 3 によって給送されて、搬送ローラ 3 0 6 によってレジストレーションローラ 3 0 8 へ送り出される。また、シート収納トレイ 3 0 4 に収納された記録媒体は、ピックアップローラ 3 0 5 によって給送されて、搬送ローラ 3 0 7 及び 3 0 6 によってレジストレーションローラ 3 0 8 へ送り出される。

20

【 0 0 2 4 】

読取装置 2 0 2 から出力された画像信号は、半導体レーザ及びポリゴンミラーを含む光走査装置 3 1 1 に入力される。また、感光ドラム 3 0 9 は、帯電器 3 1 0 によって外周面が帯電される。感光ドラム 3 0 9 の外周面が帯電された後、読取装置 2 0 2 から光走査装置 3 1 1 に入力された画像信号に応じたレーザ光が、光走査装置 3 1 1 からポリゴンミ

30

【 0 0 2 5 】

続いて、静電潜像が現像器 3 1 4 内のトナーによって現像され、感光ドラム 3 0 9 の外周面にトナー像が形成される。感光ドラム 3 0 9 に形成されたトナー像は、感光ドラム 3 0 9 と対向する位置（転写位置）に設けられた転写帯電器 3 1 5 によって記録媒体に転写される。この転写タイミングに合わせて、レジストレーションローラ 3 0 8 は記録媒体を転写位置へ送り込む。

【 0 0 2 6 】

前述の如くして、トナー像が転写された記録媒体は、搬送ベルト 3 1 7 によって定着器 3 1 8 へ送り込まれ、定着器 3 1 8 によって加熱加圧されて、トナー像が記録媒体に定着される。このようにして、画像形成装置 1 0 0 によって記録媒体に画像が形成される。

40

【 0 0 2 7 】

片面印刷モードで画像形成が行われる場合は、定着器 3 1 8 を通過した記録媒体は、排紙ローラ 3 1 9、3 2 4 によって、不図示の排紙トレイへ排紙される。また、両面印刷モードで画像形成が行われる場合は、定着器 3 1 8 によって記録媒体の第 1 面に定着処理が行われた後に、記録媒体は、排紙ローラ 3 1 9、搬送ローラ 3 2 0、及び反転ローラ 3 2 1 によって、反転パス 3 2 5 へと搬送される。その後、記録媒体は、搬送ローラ 3 2 2、3 2 3 によって再度レジストレーションローラ 3 0 8 へと搬送され、前述した方法で記録媒体の第 2 面に画像が形成される。その後、記録媒体は、排紙ローラ 3 1 9、3 2 4 によ

50

って不図示の排紙トレイへ排紙される。

【0028】

また、第1面に画像形成された記録媒体がフェースダウンで画像形成装置100の外部へ排紙される場合は、定着器318を通過した記録媒体は、排紙ローラ319を通過して搬送ローラ320へ向かう方向へ搬送される。その後、記録媒体の後端が搬送ローラ320のニップ部を通過する直前に搬送ローラ320の回転が反転することによって、記録媒体の第1面が下向きになった状態で、記録媒体が排紙ローラ324を経由して、画像形成装置100の外部へ排出される。

【0029】

以上が画像形成装置100の構成および機能についての説明である。なお、本実施形態における負荷とはモータによって駆動される対象物である。例えば、給紙ローラ204、303、305、レジストレーションローラ308及び排紙ローラ319等の各種ローラ（搬送ローラ）は本実施形態における負荷に対応する。本実施形態のモータ制御装置は、これら負荷を駆動するモータに適用することができる。

【0030】

図2は、画像形成装置100の制御構成の例を示すブロック図である。システムコントローラ151は、図2に示すように、CPU151a、ROM151b、RAM151cを備えている。また、システムコントローラ151は、画像処理部112、操作部152、アナログ・デジタル（A/D）変換器153、高圧制御部155、モータ制御装置157、センサ類159、ACドライバ160と接続されている。システムコントローラ151は、接続された各ユニットとの間でデータやコマンドの送受信をすることが可能である。

【0031】

CPU151aは、ROM151bに格納された各種プログラムを読み出して実行することによって、予め定められた画像形成シーケンスに関連する各種シーケンスを実行する。

【0032】

RAM151cは記憶デバイスである。RAM151cには、例えば、高圧制御部155に対する設定値、モータ制御装置157に対する指令値及び操作部152から受信される情報等の各種データが記憶される。

【0033】

システムコントローラ151は、画像処理部112における画像処理に必要となる、画像形成装置100の内部に設けられた各種装置の設定値データを画像処理部112に送信する。更に、システムコントローラ151は、センサ類159からの信号を受信して、受信した信号に基づいて高圧制御部155の設定値を設定する。

【0034】

高圧制御部155は、システムコントローラ151によって設定された設定値に応じて、高圧ユニット156（帯電器310、現像器314、転写帯電器315等）に必要な電圧を供給する。

【0035】

モータ制御装置157は、CPU151aから出力された指令に応じて、負荷を駆動するモータ509を制御する。なお、図2においては、画像形成装置のモータとしてモータ509のみが記載されているが、実際には、画像形成装置には2個以上のモータが設けられている。また、1個のモータ制御装置が複数個のモータを制御する構成であっても良い。更に、図2においては、モータ制御装置が1個しか設けられていないが、実際には、2個以上のモータ制御装置が画像形成装置に設けられている。

【0036】

A/D変換器153は、定着ヒータ161の温度を検出するためのサーミスタ154が検出した検出信号を受信し、検出信号をアナログ信号からデジタル信号に変換してシステムコントローラ151に送信する。システムコントローラ151は、A/D変換器153

10

20

30

40

50

から受信したデジタル信号に基づいてACドライバ160の制御を行う。ACドライバ160は、定着ヒータ161の温度が定着処理を行うために必要な温度となるように定着ヒータ161を制御する。なお、定着ヒータ161は、定着処理に用いられるヒータであり、定着器318に含まれる。

【0037】

システムコントローラ151は、使用する記録媒体の種類（以下、紙種と称する）等の設定をユーザが行うための操作画面を、操作部152に設けられた表示部に表示するように、操作部152を制御する。システムコントローラ151は、ユーザが設定した情報を操作部152から受信し、ユーザが設定した情報に基づいて画像形成装置100の動作シーケンスを制御する。また、システムコントローラ151は、画像形成装置の状態を示す情報を操作部152に送信する。なお、画像形成装置の状態を示す情報とは、例えば、画像形成枚数、画像形成動作の進行状況、原稿読取装置201及び画像印刷装置301におけるシート材のジャムや重送等に関する情報である。操作部152は、システムコントローラ151から受信した情報を表示部に表示する。

10

【0038】

前述の如くして、システムコントローラ151は画像形成装置100の動作シーケンスを制御する。

【0039】

[モータ制御装置]

次に、本実施形態におけるモータ制御装置157について説明する。本実施形態におけるモータ制御装置157は、第1制御モードとしてのベクトル制御と第2制御モードとしての定電流制御とのいずれの制御方法でもモータを制御することができる。なお、以下の説明においては、電気角としての回転位相、指令位相 θ_{ref} 及び電流の位相等に基づいて以下の制御が行われるが、例えば、電気角が機械角に変換され、当該機械角に基づいて以下の制御が行われてもよい。

20

【0040】

<ベクトル制御>

まず、図3及び図4を用いて、本実施形態におけるモータ制御装置157がベクトル制御を行う方法について説明する。なお、以下の説明におけるモータには、モータの回転子の回転位相を検出するためのロータリエンコーダなどのセンサは設けられていない。

30

【0041】

図3は、A相（第1相）とB相（第2相）との2相から成るステッピングモータ（以下、モータと称する）509と、d軸及びq軸によって表される回転座標系との関係を示す図である。図3では、静止座標系において、A相の巻線に対応した軸である θ 軸と、B相の巻線に対応した軸である $\theta + 90^\circ$ 軸とが定義されている。また、図3では、回転子402に用いられている永久磁石の磁極によって作られる磁束の方向に沿ってd軸が定義され、d軸から反時計回りに90度進んだ方向（d軸に直交する方向）に沿ってq軸が定義されている。 θ 軸とd軸との成す角度は θ と定義され、回転子402の回転位相は角度 θ によって表される。ベクトル制御では、回転子402の回転位相 θ を基準とした回転座標系が用いられる。具体的には、ベクトル制御では、巻線に流れる駆動電流に対応する電流ベクトルの、回転座標系における電流成分であって、回転子にトルクを発生させるq軸成分（トルク電流成分）と巻線を貫く磁束の強度に影響するd軸成分（励磁電流成分）とが用いられる。

40

【0042】

ベクトル制御とは、回転子の目標位相を表す指令位相と実際の回転位相との偏差が小さくなるようにトルク電流成分の値と励磁電流成分の値とを制御する位相フィードバック制御を行うことによってモータを制御する制御方法である。また、回転子の目標速度を表す指令速度と実際の回転速度との偏差が小さくなるようにトルク電流成分の値と励磁電流成分の値とを制御する速度フィードバック制御を行うことによってモータを制御する方法もある。

50

【 0 0 4 3 】

図 4 は、モータ 5 0 9 を制御するモータ制御装置 1 5 7 の構成の例を示すブロック図である。なお、モータ制御装置 1 5 7 は、少なくとも 1 つの A S I C で構成されており、以下に説明する各機能を実行する。

【 0 0 4 4 】

図 4 に示すように、モータ制御装置 1 5 7 は、定電流制御を行う定電流制御器 5 1 7 、ベクトル制御を行うベクトル制御器 5 1 8 を有する。

【 0 0 4 5 】

モータ制御装置 1 5 7 は、ベクトル制御を行う回路として、位相制御器 5 0 2 、電流制御器 5 0 3 、座標逆変換器 5 0 5 、座標変換器 5 1 1 、モータの巻線に駆動電流を供給する P W M インバータ 5 0 6 等を有する。座標変換器 5 1 1 は、モータ 5 0 9 の A 相及び B 相の巻線に流れる駆動電流に対応する電流ベクトルを、 α 軸及び β 軸で表される静止座標系から q 軸及び d 軸で表される回転座標系に座標変換する。この結果、巻線に流れる駆動電流は、回転座標系における電流値である q 軸成分の電流値 (q 軸電流) と d 軸成分の電流値 (d 軸電流) とによって表される。なお、 q 軸電流は、モータ 5 0 9 の回転子 4 0 2 にトルクを発生させるトルク電流に相当する。また、 d 軸電流は、モータ 5 0 9 の巻線を貫く磁束の強度に影響する励磁電流に相当し、回転子 4 0 2 のトルクの発生には寄与しない。モータ制御装置 1 5 7 は、 q 軸電流及び d 軸電流をそれぞれ独立に制御することができる。この結果、モータ制御装置 1 5 7 は、回転子 4 0 2 にかかる負荷トルクに応じて q 軸電流を制御することによって、回転子 4 0 2 が回転するために必要なトルクを効率的に発生させることができる。即ち、ベクトル制御においては、図 3 に示す電流ベクトルの大きさは、回転子 4 0 2 にかかる負荷トルクに応じて変化する。

【 0 0 4 6 】

モータ制御装置 1 5 7 は、モータ 5 0 9 の回転子 4 0 2 の回転位相 θ を後述する方法により決定し、その決定結果に基づいてベクトル制御を行う。C P U 1 5 1 a は、モータ 5 0 9 の動作シーケンスに基づいて、指令生成器 5 0 0 にモータを駆動する指令として駆動パルスを出力する。なお、モータの動作シーケンス (モータの駆動パターン) は、例えば、R O M 1 5 1 b に格納されており、C P U 1 5 1 a は、R O M 1 5 1 b に格納された動作シーケンスに基づいて、パルス列としての駆動パルスを出力する。

【 0 0 4 7 】

指令生成器 5 0 0 は、C P U 1 5 1 a から出力される駆動パルスに基づいて、回転子 4 0 2 の目標位相を表す指令位相 θ_{ref} を生成して出力する。なお、指令生成器 5 0 0 の構成については後述する。

【 0 0 4 8 】

減算器 1 0 1 は、モータ 5 0 9 の回転子 4 0 2 の回転位相 θ と指令位相 θ_{ref} との偏差を演算して出力する。

【 0 0 4 9 】

位相制御器 5 0 2 は、偏差 e を周期 T (例えば、 $200 \mu s$) で取得する。位相制御器 5 0 2 は、比例制御 (P)、積分制御 (I)、微分制御 (D) に基づいて、減算器 1 0 1 から出力される偏差が小さくなるように、 q 軸電流指令値 i_{q_ref} 及び d 軸電流指令値 i_{d_ref} を生成して出力する。具体的には、位相制御器 5 0 2 は、 P 制御、 I 制御、 D 制御に基づいて減算器 1 0 1 から出力される偏差が 0 になるように、 q 軸電流指令値 i_{q_ref} 及び d 軸電流指令値 i_{d_ref} を生成して出力する。なお、 P 制御とは、制御する対象の値を指令値と推定値との偏差に比例する値に基づいて制御する制御方法である。また、 I 制御とは、制御する対象の値を指令値と推定値との偏差の時間積分に比例する値に基づいて制御する制御方法である。また、 D 制御とは、制御する対象の値を指令値と推定値との偏差の時間変化に比例する値に基づいて制御する制御方法である。本実施形態における位相制御器 5 0 2 は、 $P I D$ 制御に基づいて q 軸電流指令値 i_{q_ref} 及び d 軸電流指令値 i_{d_ref} を生成しているが、これに限定されるものではない。例えば、位相制御器 5 0 2 は、 $P I$ 制御に基づいて q 軸電流指令値 i_{q_ref} 及び d 軸電

流指令値 i_{d_ref} を生成しても良い。なお、回転子 402 に永久磁石を用いる場合、通常は巻線を貫く磁束の強度に影響する d 軸電流指令値 i_{d_ref} は 0 に設定されるが、これに限定されるものではない。

【0050】

モータ 509 の A 相の巻線に流れる駆動電流は、電流検出器 507 によって検出され、その後、A/D 変換器 510 によってアナログ値からデジタル値へと変換される。また、モータ 509 の B 相の巻線に流れる駆動電流は、電流検出器 508 によって検出され、その後、A/D 変換器 510 によってアナログ値からデジタル値へと変換される。なお、電流検出器 507、508 が電流を検出する周期（所定周期）は、例えば、位相制御器 502 が偏差 を取得する周期 T 以下の周期（例えば、 $25\ \mu s$ ）である。

10

【0051】

A/D 変換器 510 によってアナログ値からデジタル値へと変換された駆動電流の電流値は、静止座標系における電流値 i 及び i として、図 3 に示す電流ベクトルの位相 e を用いて次式によって表される。なお、電流ベクトルの位相 e は、 θ 軸と電流ベクトルとの成す角度と定義される。また、 I は電流ベクトルの大きさを示す。

$$i = I * \cos e \quad (1)$$

$$i = I * \sin e \quad (2)$$

【0052】

これらの電流値 i 及び i は、座標変換器 511 と誘起電圧決定器 512 とに入力される。

20

【0053】

座標変換器 511 は、静止座標系における電流値 i 及び i を、次式によって、回転座標系における q 軸電流の電流値 i_q 及び d 軸電流の電流値 i_d に変換する。

$$i_d = \cos \theta * i + \sin \theta * i \quad (3)$$

$$i_q = -\sin \theta * i + \cos \theta * i \quad (4)$$

【0054】

減算器 102 には、位相制御器 502 から出力された q 軸電流指令値 i_{q_ref} と座標変換器 511 から出力された電流値 i_q とが入力される。減算器 102 は、q 軸電流指令値 i_{q_ref} と電流値 i_q との偏差を演算し、該偏差を電流制御器 503 に出力する。

30

【0055】

また、減算器 103 には、位相制御器 502 から出力された d 軸電流指令値 i_{d_ref} と座標変換器 511 から出力された電流値 i_d とが入力される。減算器 103 は、d 軸電流指令値 i_{d_ref} と電流値 i_d との偏差を演算し、該偏差を電流制御器 503 に出力する。

【0056】

電流制御器 503 は、PID 制御に基づいて、減算器 102 から出力される偏差が小さくなるように駆動電圧 V_q を生成する。具体的には、電流制御器 503 は、減算器 102 から出力される偏差が 0 になるように駆動電圧 V_q を生成して座標逆変換器 505 に出力する。

40

【0057】

また、電流制御器 503 は、PID 制御に基づいて、減算器 103 から出力される偏差が小さくなるように駆動電圧 V_d を生成する。具体的には、電流制御器 503 は、減算器 103 から出力される偏差が 0 になるように駆動電圧 V_d を生成して座標逆変換器 505 に出力する。

【0058】

なお、本実施形態における電流制御器 503 は、PID 制御に基づいて駆動電圧 V_q 及び V_d を生成しているが、これに限定されるものではない。例えば、電流制御器 503 は、PI 制御に基づいて駆動電圧 V_q 及び V_d を生成しても良い。

【0059】

50

座標逆変換器 505 は、電流制御器 503 から出力された回転座標系における駆動電圧 V_q 及び V_d を、次式によって、静止座標系における駆動電圧 V 及び V に逆変換する。

$$V = \cos \theta * V_d - \sin \theta * V_q \quad (5)$$

$$V = \sin \theta * V_d + \cos \theta * V_q \quad (6)$$

【0060】

座標逆変換器 505 は、逆変換された駆動電圧 V 及び V を誘起電圧決定器 512 及び PWM インバータ 506 に出力する。

【0061】

PWM インバータ 506 は、フルブリッジ回路を有する。フルブリッジ回路は座標逆変換器 505 から入力された駆動電圧 V 及び V に基づく PWM 信号によって駆動される。その結果、PWM インバータ 506 は、駆動電圧 V 及び V に応じた駆動電流 i 及び i を生成し、駆動電流 i 及び i をモータ 509 の各相の巻線に供給することによって、モータ 509 を駆動させる。即ち、PWM インバータ 506 は、モータ 509 の各相の巻線に電流を供給する供給手段として機能する。なお、本実施形態においては、PWM インバータはフルブリッジ回路を有しているが、PWM インバータはハーフブリッジ回路等であっても良い。

【0062】

次に、回転位相 θ を決定する構成について説明する。回転子 402 の回転位相 θ の決定には、回転子 402 の回転によってモータ 509 の A 相及び B 相の巻線に誘起される誘起電圧 E 及び E の値が用いられる。誘起電圧の値は誘起電圧決定器 512 によって決定（算出）される。具体的には、誘起電圧 E 及び E は、A/D 変換器 510 から誘起電圧決定器 512 に入力された電流値 i 及び i と、座標逆変換器 505 から誘起電圧決定器 512 に入力された駆動電圧 V 及び V とから、次式によって決定される。

$$E = V - R * i - L * di / dt \quad (7)$$

$$E = V - R * i - L * di / dt \quad (8)$$

【0063】

ここで、 R は巻線レジスタンス、 L は巻線インダクタンスである。巻線レジスタンス R 及び巻線インダクタンス L の値は使用されているモータ 509 に固有の値であり、ROM 151b 又はモータ制御装置 157 に設けられたメモリ（不図示）等に予め格納されている。

【0064】

誘起電圧決定器 512 によって決定された誘起電圧 E 及び E は位相決定器 513 に出力される。

【0065】

位相決定器 513 は、誘起電圧決定器 512 から出力された誘起電圧 E と誘起電圧 E との比に基づいて、次式によってモータ 509 の回転子 402 の回転位相 θ を決定する。

$$\theta = \tan^{-1} (-E / E) \quad (9)$$

【0066】

なお、本実施形態においては、位相決定器 513 は、式 (9) に基づく演算を行うことによって回転位相 θ を決定したが、この限りではない。例えば、位相決定器 513 は、ROM 151b 等に記憶されている、誘起電圧 E 及び誘起電圧 E と誘起電圧 E 及び誘起電圧 E とに対応する回転位相 θ の関係を示すテーブルを参照することによって回転位相 θ を決定してもよい。

【0067】

前述の如くして得られた回転子 402 の回転位相 θ は、減算器 101、指令生成器 500、座標逆変換器 505 及び座標変換器 511 に入力される。

【0068】

モータ制御装置 157 は、ベクトル制御を行う場合は、上述の制御を繰り返し行う。

10

20

30

40

50

【0069】

以上のように、本実施形態におけるモータ制御装置157は、指令位相 θ_{ref} と回転位相 θ との偏差が小さくなるように回転座標系における電流値を制御する位相フィードバック制御を用いたベクトル制御を行う。ベクトル制御を行うことによって、モータが脱調状態となることや、余剰トルクに起因してモータ音が増大すること及び消費電力が増大することを抑制することができる。また、位相フィードバック制御を行うことによって、回転子の回転位相が所望の位相になるように回転子の回転位相を制御することができる。したがって、画像形成装置において、回転子の回転位相を精度よく制御する必要がある負荷（レジストレーションローラ等）を駆動するモータに位相フィードバック制御によるベクトル制御が適用されることによって、記録媒体への画像形成を適切に行うことができる。

10

【0070】

< 定電流制御 >

次に、本実施形態における定電流制御について説明する。

【0071】

定電流制御においては、予め決められた電流がモータの巻線に供給されることによって、巻線に流れる駆動電流が制御される。具体的には、定電流制御では、回転子にかかる負荷トルクの変動が起こったとしてもモータが脱調しないように、回転子の回転に必要と想定されるトルクに所定のマージンが加算されたトルクに対応する大きさ（振幅）を持った駆動電流が巻線に供給される。これは、定電流制御では、決定（推定）された回転位相や回転速度に基づいて駆動電流の大きさが制御される構成は用いられない（フィードバック制御が行われない）ので、回転子にかかる負荷トルクに応じて駆動電流を調整できないからである。なお、電流の大きさが大きいほど回転子に与えるトルクは大きくなる。また、振幅は電流ベクトルの大きさに対応する。

20

【0072】

以下の説明では、定電流制御中は、予め決められた所定の大きさの電流がモータの巻線に供給されることによってモータが制御されるが、この限りではない。例えば、定電流制御中は、モータの加速中及び減速中のそれぞれに応じて予め決められた大きさの電流がモータの巻線に供給されることによってモータが制御されてもよい。

【0073】

図4において、指令生成器500は、CPU151aから出力された駆動パルスに基づいて、定電流制御器517に指令位相 θ_{ref} を出力する。定電流制御器517は、指令生成器500から出力された指令位相 θ_{ref} に対応した、静止座標系における電流の指令値 $i_{u,ref}$ 及び $i_{v,ref}$ を生成して出力する。なお、本実施形態においては、静止座標系における電流の指令値 $i_{u,ref}$ 及び $i_{v,ref}$ に対応する電流ベクトルの大きさは常に一定である。

30

【0074】

モータ509のA相及びB相の巻線に流れる駆動電流は、電流検出器507、508によって検出される。検出された駆動電流は、前述したように、A/D変換器510によってアナログ値からデジタル値へと変換される。

40

【0075】

減算器102には、A/D変換器510から出力された電流値 i_u と定電流制御器517から出力された電流指令値 $i_{u,ref}$ とが入力される。減算器102は、電流指令値 $i_{u,ref}$ と電流値 i_u との偏差を演算し、該偏差を電流制御器503に出力する。

【0076】

また、減算器103には、A/D変換器510から出力された電流値 i_v と定電流制御器517から出力された電流指令値 $i_{v,ref}$ とが入力される。減算器103は、電流指令値 $i_{v,ref}$ と電流値 i_v との偏差を演算し、該偏差を電流制御器503に出力する。

【0077】

50

電流制御器 503 は、入力される偏差が小さくなるように、PID 制御に基づいて駆動電圧 V 及び V を出力する。具体的には、電流制御器 503 は、入力される偏差が 0 に近づくように駆動電圧 V 及び V を出力する。

【0078】

PWM インバータ 506 は前述した方法で、入力された駆動電圧 V 及び V に基づいて、モータ 509 の各相の巻線に駆動電流を供給してモータ 509 を駆動させる。

【0079】

このように、本実施形態における定電流制御では、位相フィードバック制御と速度フィードバック制御とのいずれも行われなない。即ち、本実施形態における定電流制御では、巻線に供給する駆動電流が回転子の回転状況に応じて調整されない。したがって、定電流制御では、モータが脱調状態にならないように、回転子を回転させるために必要な電流に所定のマージンが加算された電流が巻線に供給される。具体的には、静止座標系における電流の指令値 i_{ref} 及び i_{ref} には、回転子を回転させるために必要な電流値と所定のマージンに対応する電流値とが含まれる。

【0080】

< 指令生成器 >

図 5 は、本実施形態における指令生成器 500 の構成を示すブロック図である。図 5 に示すように、指令生成器 500 は、指令速度の代わりとなる回転速度 ω_{ref} を生成する速度決定手段としての速度生成器 500a 及び CPU 151a から出力された駆動パルスに基づいて指令位相 θ_{ref} を生成する指令値生成器 500b を有する。

【0081】

速度生成器 500a は、連続する駆動パルスの立ち下がりエッジの時間間隔に基づいて回転速度 ω_{ref} を生成して出力する。即ち、回転速度 ω_{ref} は、駆動パルスの周期に対応する周期で変化する。

【0082】

指令値生成器 500b は、CPU 151a から出力される駆動パルスに基づいて、以下の式 (10) のようにして指令位相 θ_{ref} を生成して出力する。

$$\theta_{\text{ref}} = \theta_{\text{ini}} + \text{step} * n \quad (10)$$

【0083】

なお、 θ_{ini} はモータの駆動が開始されときの回転子の位相 (初期位相) である。また、 step は、駆動パルス 1 個当たりの θ_{ref} の増加量 (変化量) である。また、 n は指令値生成器 500b に入力されるパルスの個数である。

【0084】

{ マイクロステップ駆動方式 }

本実施形態では、定電流制御において、マイクロステップ駆動方式が用いられる。なお、定電流制御において用いられる駆動方式は、マイクロステップ駆動方式に限定されるわけではなく、例えば、フルステップ駆動方式等の駆動方式であってもよい。

【0085】

図 6 は、マイクロステップ駆動方式を行う方法の例を示す図である。図 6 には、CPU 151a から出力される駆動パルス、指令値生成器 500b によって生成される指令位相 θ_{ref} 、A 相及び B 相の巻線に流れる電流が示されている。

【0086】

以下に、図 5 及び図 6 を用いて、本実施形態におけるマイクロステップ駆動を行う方法について説明する。なお、図 6 に示す駆動パルス及び指令位相は、回転子が一定速度で回転している状態を示す。

【0087】

マイクロステップ駆動方式における指令位相 θ_{ref} の進み量は、フルステップ駆動方式における指令位相 θ_{ref} の進み量である 90° が $1/N$ (N は正の整数) に分割された量 ($90^\circ / N$) である。この結果、電流波形は図 6 に示すように正弦波状に滑らかに変化し、その結果、回転子の回転位相 θ をより細かく制御することができる。

【0088】

マイクロステップ駆動が行われる場合、指令値生成器500bは、CPU151aから出力された駆動パルスに基づいて、以下の式(11)のようにして指令位相 θ_{ref} を生成して出力する。

$$\theta_{ref} = 45^\circ + 90 / N^\circ * n \quad (11)$$

【0089】

このように、指令値生成器500bは、駆動パルスが1個入力されると、指令位相 θ_{ref} に $90 / N^\circ$ を加算することによって指令位相 θ_{ref} を更新する。即ち、CPU151aから出力される駆動パルスの個数は、指令位相に対応する。なお、CPU151aから出力される駆動パルスの周期(周波数)は、モータ509の目標速度(指令速度)に対応する。

【0090】

<ベクトル制御と定電流制御との切り替え>

次に、ベクトル制御と定電流制御との切り替え方法について説明する。図4に示すように、本実施形態におけるモータ制御装置157は、定電流制御とベクトル制御とを切り替える構成を有する。具体的には、モータ制御装置157は、制御切替器515、切替スイッチ516a、516b、遅延回路519を有する。なお、定電流制御が行われている期間中、ベクトル制御を行う回路は稼働している。また、ベクトル制御が行われている期間中、定電流制御を行う回路は稼働していても良いし、停止していてもよい。

【0091】

図5に示すように、制御切替器515には、速度生成器500aから出力された回転速度 ω_{ref}' が入力される。制御切替器515は、回転速度 ω_{ref}' と所定値としての閾値 ω_{th} とを比較し、比較結果に基づいて、定電流制御とベクトル制御との切り替えを行うための切替信号を出力する。

【0092】

図7は、回転速度 ω_{ref}' と閾値 ω_{th} との関係及び切替信号を示す図である。なお、図7に示す時刻 t_{c1} は、回転速度 ω_{ref}' が閾値 ω_{th} より小さい値から閾値 ω_{th} より大きい値へと変化するタイミングを示す。また、図7に示す時刻 t_{c2} は、回転速度 ω_{ref}' が閾値 ω_{th} より大きい値から閾値 ω_{th} より小さい値へと変化するタイミングを示す。本実施形態における閾値 ω_{th} は、回転位相が精度よく決定される回転速度のうち最も小さい回転速度に設定されるが、この限りではない。例えば、閾値 ω_{th} は、回転位相が精度よく決定される回転速度のうち最も小さい回転速度以上の値に設定されてもよい。また、閾値 ω_{th} は、例えば、制御切替器515に設けられたメモリ515aに予め記憶されている。

【0093】

図7に示すように、制御切替器515は、定電流制御が行われる場合は切替信号を 'H' にし、ベクトル制御が行われる場合は、切替信号を 'L' にする。制御切替器515から出力された切替信号は、図4に示すように、指令生成器500と遅延回路519とに入力される。なお、制御切替器515は、例えば、回転速度 ω_{ref}' が入力される周期と同じ周期で切替信号を出力している。

【0094】

遅延回路519は、切替信号が制御切替器515から出力されてから所定の遅延時間後に、入力された当該切替信号を出力する。なお、所定の遅延時間は、切替信号が制御切替器515から出力されてから指令生成器500が当該切替信号に応じて指令位相 θ_{ref} を出力するまでの時間よりも長い時間である。位相制御器502が切替信号に応じて指令位相 θ_{ref} を出力する構成については後述する。

【0095】

定電流制御器517による制御中において、回転速度 ω_{ref}' が閾値 ω_{th} 以上 ($\omega_{ref}' \geq \omega_{th}$) になると、制御切替器515は、モータ509を制御する制御器を切り替える。即ち、制御切替器515は、モータ509を制御する制御器を定電流制御

器 5 1 7 からベクトル制御器 5 1 8 に切り替えるように、切替信号を ' H ' から ' L ' に切り替えて出力する。遅延回路 5 1 9 は、制御切替器 5 1 5 から切替信号が出力されてから所定の遅延時間後に、入力された当該切替信号を切替スイッチ 5 1 6 a、5 1 6 b に出力する。その結果、切替信号に応じて切替スイッチ 5 1 6 a、5 1 6 b 及び 5 1 6 c の状態が切り替わり、ベクトル制御器 5 1 8 によるベクトル制御が行われる。

【 0 0 9 6 】

また、定電流制御器 5 1 7 による制御中において、回転速度 ω_{ref} が閾値 t_h より小さい ($\omega_{ref} < t_h$) 場合は、制御切替器 5 1 5 は、モータ 5 0 9 を制御する制御器を切り替えない。即ち、制御切替器 5 1 5 は、モータ 5 0 9 が定電流制御器 5 1 7 によって制御される状態を維持するように、切替信号 ' H ' を出力する。遅延回路 5 1 9 は、制御切替器 5 1 5 から切替信号が出力されてから所定の遅延時間後に、入力された当該切替信号を切替スイッチ 5 1 6 a、5 1 6 b に出力する。その結果、切替スイッチ 5 1 6 a、5 1 6 b 及び 5 1 6 c の状態が維持され、定電流制御器 5 1 7 による定電流制御が継続される。

【 0 0 9 7 】

ベクトル制御器 5 1 8 による制御中において、回転速度 ω_{ref} が閾値 t_h より小さくなると ($\omega_{ref} < t_h$)、制御切替器 5 1 5 は、モータ 5 0 9 を制御する制御器を切り替える。即ち、制御切替器 5 1 5 は、モータ 5 0 9 を制御する制御器をベクトル制御器 5 1 8 から定電流制御器 5 1 7 に切り替えるように切替信号を ' L ' から ' H ' に切り替えて出力する。遅延回路 5 1 9 は、制御切替器 5 1 5 から切替信号が出力されてから所定の遅延時間後に、入力された当該切替信号を切替スイッチ 5 1 6 a、5 1 6 b に出力する。その結果、切替スイッチ 5 1 6 a、5 1 6 b 及び 5 1 6 c の状態が切り替わり、定電流制御器 5 1 7 による定電流制御が行われる。

【 0 0 9 8 】

また、ベクトル制御器 5 1 8 による制御中において、回転速度 ω_{ref} が閾値 t_h 以上 ($\omega_{ref} \geq t_h$) の場合は、制御切替器 5 1 5 は、モータ 5 0 9 を制御する制御器を切り替えない。即ち、制御切替器 5 1 5 は、モータ 5 0 9 がベクトル制御器 5 1 8 によって制御される状態を維持するように、切替信号 ' L ' を出力する。遅延回路 5 1 9 は、制御切替器 5 1 5 から切替信号が出力されてから所定の遅延時間後に、入力された当該切替信号を切替スイッチ 5 1 6 a、5 1 6 b に出力する。その結果、切替スイッチ 5 1 6 a、5 1 6 b 及び 5 1 6 c の状態が維持され、ベクトル制御器 5 1 8 によるベクトル制御が継続される。

【 0 0 9 9 】

< 制御切替時の処理 >

次に、モータの制御方法が切り替わる際にモータ制御装置 1 5 7 が行う処理について説明する。本実施形態では、以下の構成が適用されることによって、モータを制御する制御モードが切り替わる際にモータの制御が不安定になることを抑制する。

【 0 1 0 0 】

図 8 は、本実施形態におけるモータの制御切替時の処理方法を説明する図である。図 8 の実線はモータの指令位相 θ_{ref} を示し、破線は回転子の回転位相 θ を示す。

【 0 1 0 1 】

図 8 に示すように、定電流制御においては、指令位相と回転子の回転位相との位相差が当該回転子のかかる負荷トルクに応じた位相差である状態で、回転子が回転する。一方、ベクトル制御においては、指令位相と回転子の回転位相との偏差が小さくなるようにモータが制御されることに起因して、指令位相と回転子の回転位相との位相差が定電流制御における位相差よりも小さい状態で回転子が回転する。具体的には、ベクトル制御においては、指令位相と回転子の回転位相との偏差が小さくなるようにモータが制御されることに起因して、指令位相と回転子の回転位相との位相差が略 0 である状態で回転子が回転する。

【 0 1 0 2 】

図4に示すように、本実施形態では、位相決定器513によって決定された回転位相は指令生成器500に出力される。本実施形態では、指令生成器500は、モータの制御方法が定電流制御からベクトル制御に切り替わる際に、出力する指令位相 θ_{ref} を調整する。具体的には、指令生成器500（指令値生成器500b）は、制御切替器515から入力される切替信号が‘H’から‘L’に切り替わると、当該切替信号が‘H’から‘L’に切り替わる前の最後に入力された回転位相 θ_{ref} を指令位相 θ_{ref} として出力する。その後、指令値生成器500bは、当該回転位相 θ_{ref} を初期値として、CPU151aから入力される駆動パルスに基づいて指令位相 θ_{ref} を生成して出力する。なお、指令値生成器500bは、出力した指令位相 θ_{ref} をメモリ500cに記憶しており、指令位相 θ_{ref} を出力する度に、メモリ500cに記憶されている指令位相 θ_{ref} を新たに出力した指令位相 θ_{ref} に更新する。

10

【0103】

指令値生成器500bは、切替信号が‘H’から‘L’に切り替わる前の最後に入力された回転位相 θ_{ref} と切替信号が‘H’から‘L’に切り替わる前の最後に出力した（メモリ500cに記憶されている）指令位相 θ_{ref} との位相差 $\Delta\theta$ をメモリ500cに記憶する。位相差（負荷角）は、モータの回転子にかかる負荷トルクに対応する値であり、当該負荷トルクが大きいほど大きくなる。

【0104】

また、本実施形態では、指令生成器500は、モータの制御方法がベクトル制御から定電流制御に切り替わる際に、指令位相 θ_{ref} を調整する。具体的には、指令値生成器500bは、切替信号が‘L’から‘H’に切り替わる前の最後に出力した（メモリ500cに記憶されている）指令位相 θ_{ref} に、メモリ500cに記憶されている位相差 $\Delta\theta$ を加算した位相を指令位相 θ_{ref} として出力する。なお、位相差 $\Delta\theta$ は、モータの制御方法が定電流制御からベクトル制御に切り替わる際にメモリ500cに記憶された位相差である。その後、指令値生成器500bは、当該指令位相 θ_{ref} を初期値として、CPU151aから入力される駆動パルスに基づいて指令位相 θ_{ref} を生成して出力する。

20

【0105】

なお、切替信号が制御切替器515から出力されてから、遅延回路519が当該切替信号を遅延させる所定の遅延時間は、指令値生成器500bが上述の処理を行う時間より長く、切替信号が制御切替器515から出力される周期より短い時間である。

30

【0106】

図9は、モータ制御装置157によるモータの制御方法を示すフローチャートである。以下に、図9を用いて、本実施形態におけるモータ509の制御について説明する。このフローチャートの処理は、CPU151aからの指示を受けたモータ制御装置157によって実行される。なお、このフローチャートの処理が実行されている期間中、指令生成器500は、位相決定器513が回転位相 θ_{ref} を出力する周期に対応した周期で当該回転位相 θ_{ref} を取得している。

【0107】

まず、CPU151aからモータ制御装置157にenable信号‘H’が出力されると、モータ制御装置157はCPU151aから出力される指令に基づいてモータ509の駆動を開始する。enable信号とは、モータ制御装置157の稼働を許可又は禁止する信号である。enable信号が‘L（ローレベル）’である場合は、CPU151aはモータ制御装置157の稼働を禁止する。即ち、モータ制御装置157によるモータ509の制御は終了される。また、enable信号が‘H（ハイレベル）’である場合は、CPU151aはモータ制御装置157の稼働を許可して、モータ制御装置157はCPU151aから出力される指令に基づいてモータ509の制御を行う。

40

【0108】

次に、S1001において、制御切替器515は、モータ509の駆動が定電流制御器517によって制御される状態になるように切替信号‘H’を出力する。その結果、定電

50

流制御器 517 による定電流制御が行われる。

【0109】

その後、S1002において、CPU151aからモータ制御装置157にenable信号‘L’が出力された場合は、モータ制御装置157はモータ509の駆動を終了する。

【0110】

また、S1002において、CPU151aからモータ制御装置157にenable信号‘H’が出力されている場合は、モータ制御装置157は処理をS1003に進める。

【0111】

次に、S1003において、回転速度 ω_{ref} が閾値 ω_{th} 未満である場合は、処理は再びS1001に戻る。即ち、定電流制御器517による定電流制御が維持される。

10

【0112】

また、S1003において、回転速度 ω_{ref} が閾値 ω_{th} 以上である場合は、S1004において、制御切替器515は、切替信号を‘H’から‘L’に切り替えて出力する。

【0113】

その後、S1005において、指令値生成器500cは、切替信号が‘H’から‘L’に切り替わる前の最後に入力された回転位相 θ_{ref} を指令位相 θ_{ref} として出力する。

【0114】

そして、S1006において、所定の遅延時間が経過すると、S1007において、遅延回路519から切替スイッチ516a、516b及び516cに切替信号‘L’が出力される。この結果、ベクトル制御器518によるベクトル制御が行われる。

20

【0115】

S1008において、回転速度 ω_{ref} が閾値 ω_{th} 以上である場合は、処理は再びS1007に戻り、ベクトル制御器518によるベクトル制御が続行される。

【0116】

また、S1008において、回転速度 ω_{ref} が閾値 ω_{th} より小さい場合は、S1009において、切替信号が‘L’から‘H’に切り替わる前の最後に出た指令位相 θ_{ref} に、位相差 $\Delta\theta$ を加算した位相を指令位相 θ_{ref} として出力する。

【0117】

30

その後、処理は再びS1001に戻り、制御切替器515は、モータ509の駆動を制御する制御器を切り替える。即ち、制御切替器515は、モータ509を制御する制御器をベクトル制御器518から定電流制御器517に切り替えるように切替信号を‘L’から‘H’に切り替えて出力する。遅延回路519は、制御切替器515から切替信号が出力されてから所定の遅延時間後に、入力された当該切替信号を切替スイッチ516a、516b、516cに出力する。その結果、切替スイッチ516a、516b、516cの状態が切り替わり、定電流制御器517による定電流制御が行われる。

【0118】

以降、CPU151aがモータ制御装置157にenable信号‘L’を出力するまで、モータ制御装置157は上述の制御を繰り返し行う。なお、ベクトル制御中であっても、CPU151aがモータ制御装置157にenable信号‘L’を出力した場合は、モータ制御装置157はモータの制御を中止する。

40

【0119】

以上のように、本実施形態では、指令生成器500は、モータの制御方法が定電流制御からベクトル制御に切り替わる際に、出力する指令位相 θ_{ref} を調整する。具体的には、指令生成器500（指令値生成器500b）は、制御切替器515から入力される切替信号が‘H’から‘L’に切り替わると、当該切替信号が‘H’から‘L’に切り替わる前の最後に入力された回転位相 θ_{ref} を指令位相 θ_{ref} として出力する。この結果、モータの制御が定電流制御からベクトル制御に切り替わる際に指令位相と回転子の回転位相との位相差が減少することに起因してモータの回転速度が変動してしまうことを抑制する

50

ことができる。即ち、モータを制御する制御モードが切り替わる際にモータの制御が不安定になることを抑制することができる。

【0120】

また、指令生成器500は、モータの制御方法がベクトル制御から定電流制御に切り替わる際に、指令位相 θ_{ref} を調整する。具体的には、指令値生成器500bは、切替信号が‘L’から‘H’に切り替わる前の最後に出力した指令位相 θ_{ref} に、位相差を加算した位相を指令位相 θ_{ref} として出力する。この結果、モータの制御がベクトル制御から定電流制御に切り替わる際に指令位相と回転子の回転位相との位相差が増大することに起因してモータの回転速度が変動してしまうことを抑制することができる。即ち、モータを制御する制御モードが切り替わる際にモータの制御が不安定になることを抑制することができる。

10

【0121】

なお、本実施形態では、指令生成器500は、モータの制御方法がベクトル制御から定電流制御に切り替わる際に、指令位相 θ_{ref} を以下のようにして調整した。具体的には、指令生成器500は、切替信号が‘L’から‘H’に切り替わる前の最後に出力した指令位相 θ_{ref} に、メモリ500cに記憶されている位相差を加算した位相を指令位相 θ_{ref} として出力したが、この限りではない。例えば、指令生成器500は、切替信号が‘L’から‘H’に切り替わる前の最後に座標変換器511によって変換された電流値 i_q と位相決定器513によって決定された回転位相 θ に基づいて、指令位相 θ_{ref} を生成してもよい。具体的には、例えば、指令位相 θ_{ref} と回転位相 θ の位相差（負荷角）と電流値 i_q との関係を示すテーブルがROM151bに格納されており、指令生成器500は、当該テーブルと電流値 i_q とに基づいて負荷角を決定する。そして、指令生成器500は、当該負荷角を回転位相 θ に加算することによって指令位相 θ_{ref} を生成して出力してもよい。また、指令生成器500は、予め実験等で決定された位相 θ_0 を、切替信号が‘L’から‘H’に切り替わる前の最後に生成した指令位相 θ_{ref} に加算することによって指令位相 θ_{ref} を生成して出力してもよい。なお、位相 θ_0 は、例えば、定電流制御の実行中に回転子にかかる負荷トルクに基づいて設定されても良いし、ベクトル制御の実行中に回転子にかかる負荷トルクに基づいて設定されても良い。

20

【0122】

〔第2実施形態〕

画像形成装置及びモータ制御装置の構成が第1実施形態と同様である部分については、説明を省略する。

30

【0123】

第1実施形態において説明したように、位相差（負荷角）はモータの回転子にかかる負荷トルクに対応する値であり、当該負荷トルクが大きいほど大きくなる。例えば、時刻 t_{c2} における負荷トルクが時刻 t_{c1} における負荷トルクよりも大きい場合、時刻 t_{c2} における位相差 θ は時刻 t_{c1} における位相差 θ よりも大きい。

【0124】

制御方法が定電流制御からベクトル制御に切り替わる際にメモリ500cに記憶された位相差 θ が、制御方法がベクトル制御から定電流制御に切り替わる際の指令位相 θ_{ref} の調整量として用いられる場合、以下のことが起こる可能性がある。具体的には、例えば、時刻 t_{c2} における負荷トルクが時刻 t_{c1} における負荷トルクよりも大きいと、制御方法がベクトル制御から定電流制御に切り替わった直後の負荷角に対応するトルクが負荷トルクに比べて小さいことに起因してモータの制御が不安定になってしまう可能性がある。そこで、本実施形態では、以下の構成が適用されることによって、モータを制御する制御モードが切り替わる際にモータの制御が不安定になることを抑制する。

40

【0125】

図10は、本実施形態におけるモータ制御装置157の構成の例を示すブロック図である。本実施形態では、図10に示すように、座標変換器511から出力された電流値 i_q

50

は指令生成器 500 に入力される。

【0126】

図 11 は、本実施形態におけるモータの制御切替時の処理方法を説明する図である。図 11 の実線はモータの指令位相 θ_{ref} を示し、破線は回転子の回転位相 θ を示す。

【0127】

本実施形態では、指令値生成器 500b は、切替信号が 'H' から 'L' に切り替わると、当該切替信号が 'H' から 'L' に切り替わる前の最後に入力された回転位相 θ を指令位相 θ_{ref} として出力する。なお、指令値生成器 500b は、切替信号が 'H' から 'L' に切り替わる前の最後に入力された回転位相 θ と切替信号が 'H' から 'L' に切り替わる前の最後に出力した指令位相 θ_{ref} との位相差 $\Delta\theta$ をメモリ 500c に記憶する。更に、指令値生成器 500b は、切替信号が 'H' から 'L' に切り替わると、当該切替信号が 'H' から 'L' に切り替わる前の最後に入力された電流値 i_q を電流値 i_{q1} としてメモリ 500c に記憶する。

10

【0128】

切替信号が 'L' から 'H' に切り替わると、指令値生成器 500b は、メモリ 500c に記憶されている位相差 $\Delta\theta$ 及び電流値 i_{q1} と切替信号が 'L' から 'H' に切り替わる前の最後に入力された電流値 i_{q2} とに基づいて、位相 θ' を生成する。そして、指令値生成器 500b は、切替信号が 'L' から 'H' に切り替わる前の最後に出力した指令位相 θ_{ref} に位相 θ' を加算した位相を指令位相 θ_{ref} として出力する。なお、指令値生成器 500b は、以下の式 (12) に基づいて、位相 θ' を生成する。

20

$$\theta' = \Delta\theta * i_{q2} / i_{q1} \quad (12)$$

【0129】

その後、指令値生成器 500b は、位相 θ' が加算された指令位相 θ_{ref} を初期値として、パルス生成器 500b から入力されるパルス信号に基づいて指令位相 θ_{ref} を生成して出力する。

【0130】

なお、切替信号が制御切替器 515 から出力されてから、遅延回路 519 が当該切替信号を遅延させる所定の遅延時間は、指令値生成器 500b が上述の処理を行う時間より長く、切替信号が制御切替器 515 から出力される周期より短い時間である。

【0131】

30

以上のように、本実施形態では、指令値生成器 500b は、電流値 i_{q1} 、電流値 i_{q2} 及び位相差 $\Delta\theta$ に基づいて、指令位相 θ_{ref} の調整量 (位相 θ') を決定する。具体的には、指令値生成器 500b は、電流値 i_{q1} に対する電流値 i_{q2} の比率を位相差 $\Delta\theta$ に乗算することによって得られる位相 θ' を指令位相 θ_{ref} に加算することによって指令位相 θ_{ref} を調整する。この結果、時刻 t_{c2} における負荷トルクが時刻 t_{c1} における負荷トルクよりも大きい場合であっても、制御方法がベクトル制御から定電流制御に切り替わる際にモータの制御が不安定になってしまうことを抑制することができる。即ち、モータを制御する制御モードが切り替わる際にモータの制御が不安定になることを抑制することができる。

【0132】

40

なお、第 1 実施形態及び第 2 実施形態では、制御方法が定電流制御からベクトル制御に切り替わる際に、指令値生成器 500b は、切替信号が 'H' から 'L' に切り替わる前の最後に入力された回転位相 θ を指令位相 θ_{ref} として出力したが、この限りではない。例えば、指令値生成器 500b は、切替信号が 'H' から 'L' に切り替わる前の最後に入力した指令位相 θ_{ref} よりも遅れた位相且つ切替信号が 'H' から 'L' に切り替わる前の最後に入力された回転位相 θ よりも進んだ位相を指令位相 θ_{ref} として出力してもよい。このとき出力される指令位相 θ_{ref} は、例えば、切替信号が 'H' から 'L' に切り替わる前の最後に入力された回転位相 θ よりも所定量進んだ位相になるように、入力される回転位相 θ に基づいて決定される。

【0133】

50

また、指令値生成器 500b は、切替信号が 'H' から 'L' に切り替わる前の最後に検出された駆動電流のトルク電流成分（電流値 i_q ）に基づいて、出力する指令位相 θ_{ref} を生成して出力してもよい。具体的には、例えば、指令値生成器 500b は、ROM 151 に格納された、指令位相 θ_{ref} と回転位相 θ との位相差（負荷角）と電流値 i_q との関係を示すテーブル及び電流値 i_q に基づいて、出力する指令位相 θ_{ref} を生成して出力してもよい。

【0134】

また、指令値生成器 500b は、以下の式（13）に基づいて指令位相 θ_{ref} を補正し、補正後の位相 θ_{ref}' を指令位相 θ_{ref} として出力してもよい。

$$\theta_{ref}' = \theta_{ref} - c \quad (13)$$

10

【0135】

なお、補正值 c は、例えば、モータが駆動する負荷に起因して当該モータの回転子にかかる負荷トルクに基づいて予め設定される値であり、ROM 151b に予め格納されている値である。補正值 c は、例えば、補正後の位相 θ_{ref}' が、切替信号が 'H' から 'L' に切り替わる前の最後に出力した指令位相 θ_{ref} よりも遅れた位相且つ切替信号が 'H' から 'L' に切り替わる前の最後に入力された回転位相 θ よりも進んだ位相になるように設定される。

【0136】

また、第1実施形態及び第2実施形態においては、連続する駆動パルスの立ち下がりエッジの時間間隔に基づいて速度生成器 500a が回転速度 ω_{ref}' を生成したがこの限りではない。例えば、CPU 151a が、予め決められたモータの動作シーケンスに基づいて回転速度 ω_{ref}' を生成し、当該回転速度 ω_{ref}' を制御切替器 515 に所定の周期で出力する構成でもよい。

20

【0137】

また、第1実施形態及び第2実施形態において、ベクトル制御器 518 を用いてモータ 509 の駆動を制御する回路は本発明における第1の制御回路に相当する。更に、第1実施形態及び第2実施形態において、定電流制御器 517 を用いてモータ 509 の駆動を制御する回路は本発明における第2の制御回路に相当する。

【0138】

また、第1実施形態及び第2実施形態においては、負荷を駆動するモータとしてステッピングモータが用いられているが、DCモータ等の他のモータであっても良い。また、モータは2相モータである場合に限らず、3相モータ等の他のモータであっても第1実施形態、第2実施形態を適用することができる。

30

【0139】

また、第1実施形態及び第2実施形態においては、回転子として永久磁石が用いられているが、これに限定されるものではない。

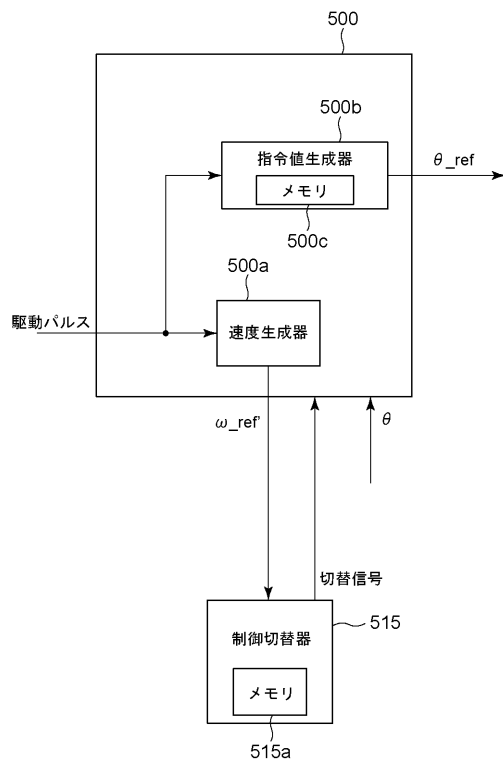
【符号の説明】

【0140】

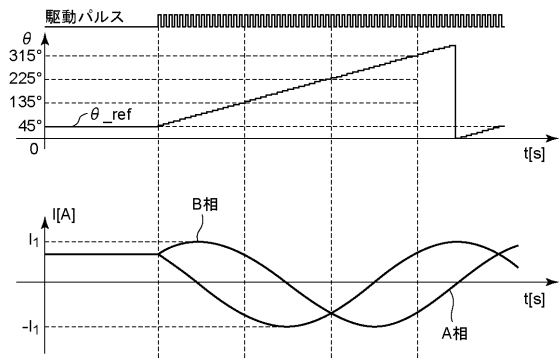
- 151a CPU
- 157 モータ制御装置
- 402 回転子
- 500 指令生成器
- 502 位相制御器
- 507, 508 電流検出器
- 509 ステッピングモータ
- 513 位相決定器
- 517 定電流制御器
- 518 ベクトル制御器

40

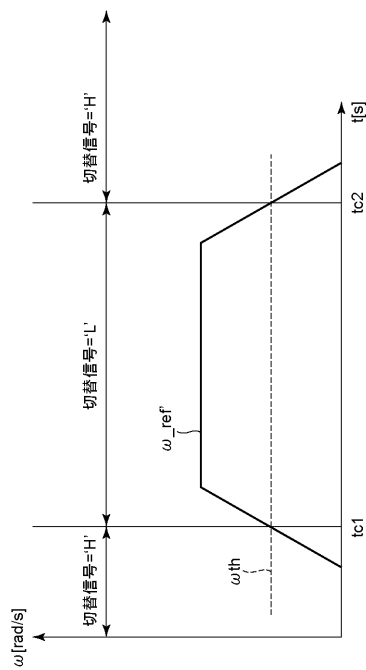
【図 5】



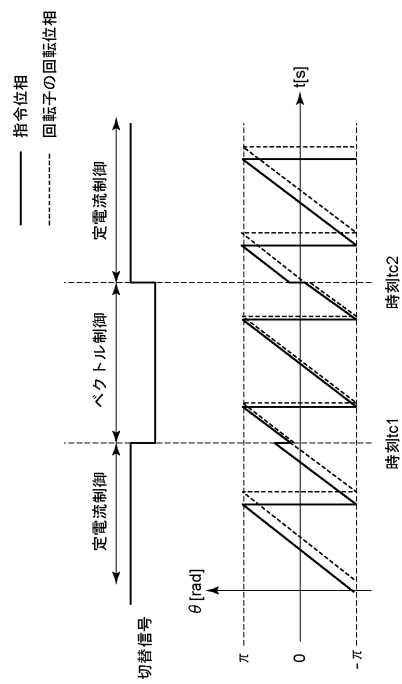
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2017-189091(JP,A)
特開平11-212650(JP,A)
特開2018-007505(JP,A)
特開2018-019510(JP,A)
特開2000-166007(JP,A)
特開2010-028949(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02P 21/05
H02P 21/24