

(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2012-80617

(P2012-80617A)

(43) 公開日 平成24年4月19日(2012.4.19)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
 H O 2 P 7/06 (2006.01) H O 2 P 5/06 X 5 H 5 7 1

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2010-221040 (P2010-221040)
 (22) 出願日 平成22年9月30日 (2010.9.30)

(71) 出願人 000005267
 ブラザー工業株式会社
 愛知県名古屋市瑞穂区苗代町15番1号
 (74) 代理人 110000578
 名古屋国際特許業務法人
 (72) 発明者 家▲崎▼ 健一
 愛知県名古屋市瑞穂区苗代町15番1号
 ブラザー工業株式会社内
 Fターム(参考) 5H571 AA06 AA13 BB09 GG02 JJ03
 JJ04 JJ22 JJ25 JJ28 KK08
 LL07 LL22

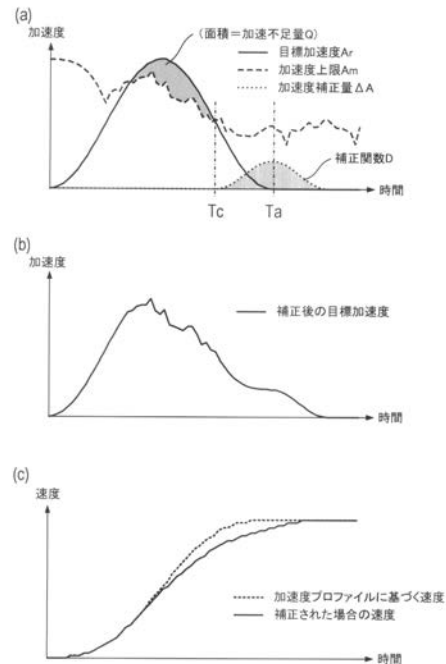
(54) 【発明の名称】 モータ制御装置

(57) 【要約】

【課題】目標加速度を加速度上限以下に制限する場合でも、モータを適切に所定速度まで加速させることが可能な技術を提供する。

【解決手段】モータ制御ユニットは、加速度プロファイルに従う目標加速度 A_r を算出する一方、逆起電力や外乱による加速度低下分を加味してモータの加速度上限 A_m を推定し、目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間では、目標加速度 A_r を加速度上限 A_m に補正する。また、目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間の加速度減少分 ($A_r - A_m$) の時間積分を、加速不足量 Q として算出する。そして、当該期間の終了後には、時間積分が加速不足量 Q と一致するような補正関数 D を求めて、補正関数 D に従う補正量 ΔA を目標加速度 A_r に加算し、加速不足を補うように目標加速度を補正する。これにより、加速終了時の速度が、目標とする速度に到達するようにする。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

モータ制御装置であって、

制御対象のモータにて実現可能な加速度の上限を推定する加速度上限推定手段と、

所定速度までの前記モータの目標加速度軌跡を表す加速度プロファイルに従って、各時点の目標加速度を設定する一方、前記加速度プロファイルに従う目標加速度が前記加速度上限推定手段により推定された前記加速度の上限を超える期間では、前記各時点の目標加速度を、前記加速度上限推定手段により推定された前記加速度の上限以下に補正して設定する目標加速度設定手段と、

前記モータに対する制御入力を、前記目標加速度設定手段により設定された目標加速度に基づき決定し、前記モータを制御するモータ制御手段と、

前記加速度プロファイルに従う目標加速度が前記加速度の上限を超える場合には、前記加速度プロファイルに従う目標加速度が前記加速度の上限を超える期間の各時点において設定された前記目標加速度の前記加速度プロファイルに従う目標加速度との差の時間積分を、前記期間での加速不足量として算出する不足量算出手段と、

を備え、

前記目標加速度設定手段は、前記不足量算出手段により算出された前記加速不足量に基づき、前記期間の終了後には、前記加速度の上限を超えない範囲で、前記加速不足量に対応する量、前記加速度プロファイルに従う目標加速度を補正して、各時点の目標加速度を設定すること

を特徴とするモータ制御装置。

【請求項 2】

前記目標加速度設定手段は、補正量の時間積分が前記加速不足量に一致し且つ前記加速度プロファイルに従う目標加速度がゼロとなる時点で前記補正量が最大となる関数であって前記補正量を出力変数とする所定関数に従って、前記期間の終了後から、前記補正量を徐々に大きくして前記加速度プロファイルに従う目標加速度を補正し、前記目標加速度プロファイルに従う目標加速度がゼロとなった後には、前記補正量を徐々に小さくして前記目標加速度を補正することで、前記加速不足量に対応する量、前記加速度プロファイルに従う目標加速度を補正して、前記各時点の目標加速度を設定すること

を特徴とする請求項 1 記載のモータ制御装置。

【請求項 3】

前記目標加速度設定手段は、三角関数により定められた前記所定関数に従って、前記目標加速度を補正すること

を特徴とする請求項 2 記載のモータ制御装置。

【請求項 4】

前記モータに対する制御入力及び前記制御入力に対する制御出力に基づいて外乱を推定する外乱オブザーバ

を備え、

前記加速度上限推定手段は、前記外乱オブザーバにより推定された外乱に基づき、前記モータの加速度の上限を推定すること

を特徴とする請求項 1～請求項 3 のいずれか一項記載のモータ制御装置。

【請求項 5】

前記加速度上限推定手段は、逆起電力に起因する加速度の上限の低下分、及び、外乱に起因する加速度の上限の低下分を加味して前記モータの加速度の上限を推定する構成にされ、前記逆起電力に起因する加速度の上限の低下分を、計測器から得られる前記モータの回転速度に基づき推定し、前記外乱に起因する加速度の上限の低下分を、前記外乱オブザーバにより推定された外乱に基づき推定すること

を特徴とする請求項 4 記載のモータ制御装置。

【請求項 6】

前記モータ制御手段は、前記目標加速度設定手段により設定された目標加速度から導出

10

20

30

40

50

される目標速度と、計測器により計測された前記モータの回転速度との偏差に基づき、前記モータに対する制御入力を決定し、前記モータを制御する手段であること

を特徴とする請求項 1 ~ 請求項 5 のいずれか一項記載のモータ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータ制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、モータ制御装置としては、目標加速度に対応した駆動電流と外乱オブザーバにより推定された外乱に対応する外乱補償電流との加算値を、モータに入力することによって、ロバスト加速度制御を行う装置が知られている。更に、この種のモータ制御装置としては、目標加速度をリミッタにより一定範囲に制限する装置が知られている（特許文献 1 参照）。

10

【0003】

周知のようにモータでは、限界点でトルク飽和が生じる。このため、目標加速度がトルク飽和による加速度上限を超えてしまう場合には何らかの制限をしないと、目標加速度に対応するトルクが生じないことが原因で制御が不安定になる問題が生じる。従来では、このような制限を行うことで、上記問題に対処している。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2008 - 217405 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、上述の従来手法では、目標加速度が加速度上限を超える場合には、図 4 (a) に示すように、目標加速度を補正するため、当初目標とした加速度が得られないことになる。よって、予め定められた目標プロファイルに従って、モータを所定速度まで加速させる制御プロセスにおいて上記技術を適用すると、図 4 (b) に示すように、モータを目標とする速度まで加速させることができず、当初の目的を達成することができなくなってしまう。尚、図 4 (a) は、モータを所定速度まで加速させる制御プロセスにおける目標加速度の軌跡であって、目標加速度が加速度上限に補正されたときの目標加速度の軌跡を実線で表し、仮に補正されなかったときの目標加速度の軌跡を点線で表した図である。また、図 4 (b) は、目標加速度が加速度上限に補正されたときのモータの速度軌跡を実線で表し、目標加速度が仮に補正されなかったときのモータの速度軌跡を一点鎖線で表した図である。

30

【0006】

本発明は、こうした問題に鑑みなされたものであり、目標プロファイルに従ってモータを所定速度まで加速させるモータ制御装置であって、トルク飽和が生じる場合には目標加速度を補正するモータ制御装置において、補正を加えてもモータを適切に目標とする速度まで加速させることが可能な技術を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

かかる目的を達成するためになされた本発明のモータ制御装置は、加速度上限推定手段と、目標加速度設定手段と、モータ制御手段と、不足量算出手段と、を備える。このモータ制御装置が備える加速度上限推定手段は、制御対象のモータにて実現可能な加速度の上限を推定する。目標加速度設定手段は、所定速度までのモータの目標加速度軌跡を表す加速度プロファイルに従って、各時点の目標加速度を設定する一方、加速度プロファイルに従う目標加速度が加速度上限推定手段により推定された加速度上限を超える期間では、各

50

時点の目標加速度を、加速度上限推定手段により推定された加速度上限以下に補正して設定する。

【0008】

この他、モータ制御手段は、モータに対する制御入力を、目標加速度設定手段により設定された目標加速度に基づき決定してモータを制御し、不足量算出手段は、加速度プロファイルに従う目標加速度が加速度上限を超える場合には、加速度プロファイルに従う目標加速度が加速度上限を超える期間の各時点において設定された目標加速度の加速度プロファイルに従う目標加速度との差の時間積分を、当該期間での加速不足量として算出する。

【0009】

更に、上記目標加速度設定手段は、不足量算出手段により算出された加速不足量に基づき、上記期間の終了後には、上記加速度の上限を超えない範囲で、加速不足量に対応する量、加速度プロファイルに従う目標加速度を補正して各時点の目標加速度を設定する（請求項1）。

10

【0010】

尚、このモータ制御装置は、モータに対する制御入力及び制御入力に対する制御出力に基づいて外乱を推定する外乱オブザーバを備え、加速度上限推定手段が、外乱オブザーバにより推定された外乱に基づき、モータの加速度上限を推定する構成にすることができる（請求項4）。更に言えば、加速度上限推定手段は、逆起電力に起因する加速度上限の低下分、及び、外乱に起因する加速度上限の低下分を加味してモータの加速度上限を推定する構成にすることができる。具体的には、逆起電力に起因する加速度上限の低下分を、計測器から得られるモータの回転速度に基づき推定し、外乱に起因する加速度上限の低下分を、外乱オブザーバにより推定された外乱に基づき推定する構成にすることができる（請求項5）。

20

【0011】

本発明では、トルク飽和による加速度上限を推定し、加速度プロファイルに従う目標加速度が推定した加速度上限を超える場合には、目標加速度を抑えることで、加速度上限を超える目標加速度が設定されることによって制御が不安定になるのを抑える。そして、目標加速度を抑えることで生じた加速不足を、加速度プロファイルに従う目標加速度が加速度上限を超える期間の終了後に、目標加速度を、加速度上限を超えない範囲で補正することで解消する。

30

【0012】

従って、本発明によれば、目標加速度を制限することによって、目標とする速度まで加速できなくなる問題を解消することができ、トルク飽和に起因して制御が不安定になるのを回避して適切にモータを目標とする速度まで加速することができる。

【0013】

ところで、目標加速度設定手段は、補正量の時間積分が上記加速不足量に一致し、加速度プロファイルに従う目標加速度がゼロとなる時点で補正量が最大となる関数であって上記補正量を出力変数とする関数に従って、加速度プロファイルに従う目標加速度が加速度上限を超える期間の終了後から、上記補正量を徐々に大きくして加速度プロファイルに従う目標加速度を補正し、目標加速度プロファイルに従う目標加速度がゼロとなった後には、補正量を徐々に小さくして目標加速度を補正し、これによって、加速不足量に対応する量、加速度プロファイルに従う目標加速度を補正して、各時点の目標加速度を設定する構成にすることができる（請求項2）。

40

【0014】

本発明は、モータを所定速度まで加速させるものであるので、目標加速度は、加速初期において上昇し、所定速度に近づくにつれて減少し、所定速度で加速度ゼロとなるように設定される。そして、加速度上限との関係で目標加速度が補正される期間は、加速度プロファイルに従う目標加速度が最大となる周辺に限定され、上記加速不足量は、目標プロファイルの設定が適切であれば、それほど大きい値となるものではない。このため、加速度プロファイルに従う目標加速度がゼロとなる時点で補正量が最大となるような関数により

50

補正を加える手法を採用すれば、補正後の目標加速度が加速度上限を超えないような関数を容易に定めて、上記補正を実現することができる。

【0015】

即ち、本発明によれば、加速度プロファイルに従う目標加速度が加速度上限を超える期間の終了後から、補正後の目標加速度が加速度上限を超えないようにして、加速度プロファイルに従う目標加速度を補正する操作を容易に実現することができる。

【0016】

具体的に、上記関数としては、三角関数を用いることができる（請求項3）。三角関数によれば、加速度プロファイルに従う目標加速度が加速度上限を超える期間の終了後から、緩やかに補正量を上げて目標加速度を補正することができるので、補正後の目標加速度が加速度上限を超えないような関数を容易に設定し、適切に目標加速度を補正することができる。

10

【0017】

尚、上述した発明は、モータ制御手段が、目標加速度設定手段により設定された目標加速度から導出される目標速度と、計測器により計測されたモータの回転速度との偏差に基づき、モータに対する制御入力を決定し、モータを制御する構成されたモータ制御装置に適用することができる（請求項6）。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】制御システム1の構成を表すブロック図である。

20

【図2】目標加速度Arの補正に関する説明図である。

【図3】目標指令生成部61が実行する加速制御処理を表すフローチャートである。

【図4】従来技術に関する説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下に本発明の実施例について図面と共に説明する。

本実施例の制御システム1は、図1に示すように、駆動対象10を駆動するモータ（直流モータ）20と、モータドライバ30と、モータ20の回転軸に接続されたロータリエンコーダ40と、ロータリエンコーダ40の出力信号に基づき、モータの回転速度を検出する速度検出器50と、モータ20に対する制御入力（操作量）を算出するモータ制御ユニット60と、を備える。

30

【0020】

この制御システム1は、画像形成装置や画像読取装置等の電氣的装置に組み込まれ、電氣的装置の制御ユニット（メインマイコン等）から入力される指令に従ってモータ制御を行う。電氣的装置がインクジェットプリンタに代表されるような記録ヘッドを主走査方向に搬送し用紙を副走査方向に搬送して用紙に画像を形成するタイプの画像形成装置である場合、駆動対象10としては、記録ヘッドを搭載するキャリッジの搬送機構や用紙搬送機構等を挙げることができる。また、電氣的装置がラインセンサを搬送してプラテン上の原稿を読み取るフラットベッド型の画像読取装置である場合には、駆動対象10としてラインセンサの搬送機構を挙げることができ、電氣的装置がオートドキュメントフィーダ（ADF）型の画像読取装置である場合には、駆動対象10として読取対象の原稿を搬送する原稿搬送機構を挙げることができる。

40

【0021】

この制御システム1が備えるモータドライバ30は、モータ制御ユニット60から入力される電流指令値Uに基づき、電流指令値Uに対応する駆動電流をモータ20に入力してモータ20を駆動する。この電流指令値Uは、上述したモータ20に対する制御入力に対応する。

【0022】

一方、ロータリエンコーダ40は、周知のものと同様に構成され、モータ20が所定量回転する度にパルス信号を出力する。具体的に、ロータリエンコーダ40は、パルス信号

50

として、位相が $\pi/2$ 異なる A 相信号及び B 相信号を出力する構成にされている。速度検出器 50 は、このロータリエンコーダ 40 から出力される A 相信号及び B 相信号に基づき、モータ 20 の回転速度 ω を検出し、これをモータ制御ユニット 60 に入力する。

【0023】

この他、モータ制御ユニット 60 は、目標指令生成部 61、フィードバック制御器 63、及び、外乱オブザーバ 65 を備えた構成にされている。

目標指令生成部 61 は、予め設定された加速度プロファイルに従って、各時刻の目標加速度を設定し、更に目標加速度に対応する各時刻の目標速度 v_r を設定して、この目標速度 v_r をフィードバック制御器 63 に入力するものである。

【0024】

フィードバック制御器 63 は、この目標指令生成部 61 から入力される目標速度 v_r と、速度検出器 50 から入力されるモータ 20 の回転速度 ω とに基づき、目標速度 v_r と回転速度 ω との偏差 $e = v_r - \omega$ を算出し、この偏差 e に対応する電流指令値 U を算出する。即ち、偏差 e を、プラントの特性に応じて設計段階で定められた所定の伝達関数に入力して、電流指令値 U を算出する。

【0025】

また、外乱オブザーバ 65 は、フィードバック制御器 63 から出力される電流指令値 U と、速度検出器 50 から入力されるモータ 20 の回転速度 ω とに基づき、外乱を推定し、外乱推定値として負荷電流 I_c (外乱による負荷トルクとモータトルクが釣り合う点でのモータ電流) の情報を出力する。尚、外乱オブザーバ 65 の上記機能は、一般的なものであるので、ここでは、その詳細な説明を省略する。

【0026】

目標指令生成部 61 には、この外乱オブザーバ 65 から出力される負荷電流 I_c の情報と、速度検出器 50 から出力されるモータ 20 の回転速度 ω の情報とが入力される。そして、本実施例の目標指令生成部 61 は、これらの情報に基づき、モータ 20 の加速度上限 A_m を推定する。この加速度上限 A_m については、モータ 20 の回転速度 ω 及び負荷電流 I_c を用いて次式により推定することができる。

【0027】

【数 1】

$$A_m = \frac{K_t}{J_n \cdot R_n} (V_m - R_n I_c - K_e \omega) \quad \dots(1)$$

K_t はモータ 20 のトルク定数、 J_n は負荷イナーシャ、 R_n は電機子抵抗を表す。この他、 V_m はモータ 20 の定格電圧、 K_e は逆起電力定数を表す。 K_t 、 J_n 、 R_n 、 V_m 、 K_e については、予め設計段階で導出され、目標指令生成部 61 に設定される。即ち、目標指令生成部 61 は、予め設定された K_t 、 J_n 、 R_n 、 V_m 、 K_e と、時間変動する負荷電流 I_c 及びモータ 20 の回転速度 ω の情報と、に基づき、式 (1) に従って、加速度上限 A_m を推定する。

【0028】

尚、式 (1) の第一項 $K_t \cdot V_m / (J_n \cdot R_n)$ は、定格電圧 V_m による加速度上限を表し、第二項 $K_t \cdot I_c / J_n$ は、負荷電流 I_c による加速度上限の低下分を表し、第三項 $K_t \cdot K_e \cdot \omega / (J_n \cdot R_n)$ は、逆起電力による電流低下を原因とする加速度上限の低下分を表す。

【0029】

続いて、加速度上限 A_m を推定する上記目標指令生成部 61 の詳細構成を説明する。

目標指令生成部 61 は、外部 (電氣的装置のメインマイコン等) から加速指令が入力されると、加速指令と共に指定された速度 f 及び加速時間 T_a の情報に基づき、図 1 下段及び図 2 (a) に実線で示すような速度ゼロから速度 f までの目標加速度軌跡を表す加速度プロファイルを生成 (設定) する。ここで、速度 f は、加速終了時の速度のことで

10

20

30

40

50

あり、加速時間 T_a は、速度ゼロから速度 f まで加速時間のことである。

【0030】

上記加速度プロファイルは、目標加速度の時系列データ又は入力変数を時刻 t とし出力変数を目標加速度 A_r とする関数として生成される。加速度プロファイルとして関数を生成する場合、目標指令生成部 61 は、例えば、設計変数が未決定の所定関数（例えば三角関数）の当該設計変数を、加速指令と共に指定された速度 f 及び加速時間 T_a の情報に基づき決定することで、速度 f 及び加速時間 T_a に適合した目標加速度軌跡を表す関数を生成（設定）する。具体的に本実施例では、時刻 $t = 0$ 及び時刻 $t = T_a$ での加速度 A_r の時間微分がゼロを示し、時刻 $t = T_a / 2$ で加速度 A_r が最大値を示し、時刻 $t = 0$ から時刻 $t = T_a / 2$ までは加速度 A_r が単調増加し、時刻 $t = T_a / 2$ から時刻 $t = T_a$ までは加速度が単調減少するような単峰性の目標加速度軌跡を表す加速度プロファイルを生成する。

10

【0031】

また、本実施例の目標指令生成部 61 は、加速度プロファイルに基づくモータ 20 の制御時、上述の式（1）に従って加速度上限 A_m を算出し、目標加速度 A_r を補正する。図 2（a）は、加速度プロファイルに従う各時刻 t の目標加速度 A_r を実線で表し、加速度上限 A_m の例を破線で表したグラフである。図 2（a）に示す例によれば、加速度プロファイルに従う目標加速度 A_r が最大となる点の周辺で、目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超えている。このとき、目標指令生成部 61 は、図 2（b）に示すように、目標加速度 A_r を加速度上限 A_m に補正する。図 2（b）は、補正後の目標加速度を表すグラフである。即ち、本実施例では、加速度プロファイルに従う目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間では、補正後の目標加速度 $A_c = A_m$ に基づきモータ制御を行う。

20

【0032】

但し、加速度プロファイルに従う目標加速度 A_r を加速度上限 A_m に制限すると、図 4（b）に示すように、加速プロファイルによって定まる加速終了時の速度 f までモータ 20 を加速させることができなくなってしまう。そこで、目標指令生成部 61 は、加速度プロファイルに従う目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間の終了後には、加速度プロファイルに従う目標加速度 A_r を、当該期間の終了時に設定した補正関数 $D(t)$ に従って補正することで、目標加速度 A_r を加速度上限 A_m に制限したことを原因とする加速不足を補って、加速終了後のモータ 20 の回転速度が、速度 f に到達するようにする。図 2（a）に示す点線は、補正関数 $D(t)$ によって定められる補正量 A の軌跡である。

30

【0033】

具体的に、本実施例では、補正関数 $D(t)$ の時間積分（図 2（a）の塗り潰し領域）が、目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間の目標加速度 A_r と加速度上限 A_m との差 $(A_r - A_m)$ の時間積分に一致するように、補正関数 $D(t)$ を設定すると共に、この際には、加速度プロファイルが示す当初の加速終了時刻 $t = T_a$ で補正量 A が最大となり、加速度プロファイルに従う目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間の終了時刻 $t = T_c$ から時刻 $t = T_a$ までは、補正量 A が単調増加し、時刻 $t = T_a$ から補正終了時までには、補正量 A が単調減少するような上記補正関数 $D(t)$ を設定する。これによって、補正量 A による補正後の目標加速度 $A_c = A_r + A$ が加速度上限 A_m を超えないようにする。

40

【0034】

例えば、目標指令生成部 61 は、加速度プロファイルに従う目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間の目標加速度 A_r と加速度上限 A_m との差 $(A_r - A_m)$ の時間積分である加速不足量 Q の情報と、上記時刻 T_a 、 T_c の情報と、に基づき、次式に示す補正関数 $D(t)$ を設定する。

【0035】

【数 2】

$$\Delta A = D(t) = -\frac{Q}{2(T_a - T_c)} \cos\left\{\frac{\pi}{T_a - T_c}(t - T_c)\right\} + \frac{Q}{2(T_a - T_c)} \quad \dots(2)$$

但し、ここでは、補正関数 $D(t)$ を、時刻 $T_c \leq t \leq T_c + 2 \cdot (T_a - T_c)$ の区間に限って設定する。即ち、他の時間帯については、補正関数 $D(t) = 0$ であるものとして取り扱う。

【0036】

本実施例では、加速度プロファイルに従う目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間の終了後において、目標指令生成部 61 が、上記式 (2) に従い加速度プロファイルに従う目標加速度 A_r を、 $A_r + \Delta A$ に補正し、フィードバック制御器 63 が、この補正後の目標加速度 $A_c = A_r + \Delta A$ に基づいて、モータ制御を行うことで、加速終了後のモータ 20 の回転速度 f が、速度 f に到達するようにする。

【0037】

尚、式 (2) で表される補正関数 $D(t)$ は、補正後の目標加速度 A_c が加速度上限 A_m を超えないことを理論的に保証するものではない。しかしながら、加速不足は、加速度プロファイルの設定が不適切なものではない限り、大きく発生するものではないので、実質的には、式 (2) に従う補正関数 $D(t)$ による補正で、補正後の目標加速度 A_c が加速度上限 A_m を超えることはない。加速度プロファイルを、式 (2) と同様に、コサイン関数で定めれば尚更である。

【0038】

図 2 (c) は、目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超えなかったときのモータ 20 の速度軌跡を点線で表し、目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超えることで上記補正が行われた場合のモータ 20 の速度軌跡を表すグラフである。本実施例のモータ制御ユニット 60 は、このようなモータ制御を行うことにより、目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超えるような状況でも、目標加速度 A_r を適切に補正して、加速終了時の速度が当初指定された速度 f となるようにする。

【0039】

続いて、図 3 を用いて、目標指令生成部 61 が実行する処理について説明する。目標指令生成部 61 は、加速指令が入力されると、上述したように、加速指令にて指定された速度 f 及び加速時間 T_a に基づき、速度 f までの目標加速度軌跡を表す上記加速度プロファイルを生成 (設定) する。その後、図 3 に示す加速制御処理を実行する。

【0040】

図 3 に示す加速制御処理を開始すると、目標指令生成部 61 は、フラグ F 及びフラグ G をゼロに初期化した後 (S100)、S110 に移行し、上記加速度プロファイルに基づき、現在時刻 t に対応する目標加速度 A_r を設定する。更に、速度検出器 50 から入力された現在時刻 t のモータ 20 の回転速度 f 及び外乱オブザーバ 65 から入力された現在時刻の負荷電流 I_c に基づき、上述の式 (1) に従って、加速度上限 A_m を推定する (S120)。

【0041】

その後、目標指令生成部 61 は、現在時刻 t の目標加速度 A_r が加速度上限 A_m 以下であるか否かを判断し (S130)、加速度上限 A_m 以下である場合には (S130 で Yes)、フラグ F が値 0 であるか否かを判断する (S140)。尚、フラグ F は、加速度プロファイルに基づく目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超えた時点で値 1 に更新されるものである (S180 参照)。

【0042】

従って、加速初期において、目標指令生成部 61 は、フラグ F が値 0 であると判断し (S140 で Yes)、S110 で設定した目標加速度 A_r に基づき、目標加速度 A_r に対

10

20

30

40

50

応した目標速度 r を算出する。更に、この目標速度 r をフィードバック制御器 63 に入力する (S150)。

【0043】

具体的に、制御周期 (目標速度 r の算出周期) が T である場合には、前回の目標速度 0 に $A_r \cdot T$ 加算した値を、今回の目標加速度 A_r に対応した目標速度 r として算出する。即ち、加速制御開始時からの目標加速度の時間積分を目標速度 r として算出する。

【0044】

フィードバック制御器 63 は、このようにして算出される目標速度 r と、速度検出器 50 から入力されるモータ 20 の回転速度 ω との偏差 e に基づき、電流指令値 U を算出する。そして、モータドライバ 30 は、フィードバック制御器 63 から入力されるこの電流指令値 U に基づき、モータ 20 を駆動する。この動作により、本実施例の制御システム 1 では、モータ 20 の回転速度 ω が目標速度 r を追従するようにモータ 20 を制御する。

10

【0045】

目標指令生成部 61 は、S150 の処理後、加速制御の終了条件が満足されたか否かを判断し (S240 で Yes)、終了条件が満足されていない場合には (S240 で No)、図示しないタイマ等による時間に基づいて制御周期 T に対応する時間待機する (S250)。これにより、次の制御タイミングが到来するまで待機する。

【0046】

そして、次の制御タイミングが到来すると (S250 で Yes)、S110 に移行し、現在時刻 t に対応する目標加速度 A_r を算出する一方、速度検出器 50 から入力される最新の回転速度 ω 及び外乱オブザーバ 65 から入力される最新の負荷電流 I_c に基づき、現在時刻 t に対応する加速度上限 A_m を推定し (S120)、これらの結果に基づいて S130 以降の処理を実行する。

20

【0047】

そして、加速度プロファイルに基づく目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超えると (S130 で No)、目標加速度 A_r を加速度上限 A_m に補正して、補正後の目標加速度 $A_c = A_m$ に対応した目標速度 r を算出し、当該算出した目標速度 r をフィードバック制御器 63 に入力する (S160)。目標加速度 A_c から目標速度 r を算出する方法については、S150 で説明した通りである。

30

【0048】

ところで、目標加速度を加速度上限 A_m に制限する場合には、加速不足が生じる。このため、本実施例では、続く S170 にて、目標加速度 A_r と加速度上限 A_m との差 $E_a = A_r - A_m$ を算出し、この差 E_a に基づき、加速不足量 Q を更新する。具体的に、S170 では、加速不足量 Q を、前回値から $(A_r - A_m) \cdot T$ 加算した値に更新する。このような動作によって、本実施例では、加速不足量 Q として、目標加速度 A_r を加速度上限 A_m に補正した期間の上記差 E_a の時間積分を算出する。その後、目標指令生成部 61 は、フラグ F 及びフラグ G を値 1 に更新する (S180)。

【0049】

更に、S180 の処理後には、加速制御の終了条件が満足されたか否かを判断し、終了条件が満足されていない場合には (S240 で No)。制御周期 T に対応する時間が経過するのを待って (S250)、S110 に移行し、上述した処理を実行する。そして、目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間が終了すると (S130 で Yes)、フラグ $F = 1$ に設定されているため、S140 で否定判断して、S190 に移行する。

40

【0050】

S190 に移行すると、目標指令生成部 61 は、フラグ G が値 1 であるか否かを判断する。尚、フラグ G は、S200 ~ S210 の処理を、目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間の終了後、一度のみ実行するためのフラグであり、S200 ~ S210 に対応する処理の実行後に、値 0 に初期化される (S220 参照)。

【0051】

50

即ち、目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間の終了後、初回の S 1 9 0 において、目標指令生成部 6 1 は、フラグ G が値 1 であると肯定判断し、S 2 0 0 に移行する。

また、S 2 0 0 に移行すると、目標指令生成部 6 1 は、目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間の終了時刻である加速度制限終了時刻 T_c を、現在時刻 t に対応した値に設定し、その後、加速度制限終了時刻 T_c 及び加速終了時刻 T_a 、及び、この時点での加速不足量 Q に基づき、上述の式 (2) に従う補正関数 $D (t)$ を設定する (S 2 1 0)。その後、S 2 2 0 に移行して、フラグ G を値 0 にリセットする。

【 0 0 5 2 】

その後、目標指令生成部 6 1 は、目標加速度 A_r を、補正関数 $D (t)$ から算出される現在時刻 t の補正量 A に基づき、当該補正量 A 加算した値 $(A_r + A)$ に補正する。そして、補正後の目標加速度 $A_c = A_r + A$ に対応する目標速度 v を算出し、これをフィードバック制御器 6 3 に入力する (S 2 3 0)。尚、目標加速度 A_c から目標速度 v を算出する方法は上述した通りである。

10

【 0 0 5 3 】

このようにして、本実施例では、目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間の終了時刻 $t = T_c$ から、加速度プロファイルに従う目標加速度 A_r を、加速度が大きくなる方向に補正し、目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間において生じた加速不足を補うように、モータ 2 0 を制御する。

【 0 0 5 4 】

即ち、S 2 3 0 の処理を終了すると、目標指令生成部 6 1 は、加速制御の終了条件が満足されたか否かを判断し、終了条件が満足されていない場合には (S 2 4 0 で N o)。制御周期 T に対応する時間が経過するのを待って (S 2 5 0)、S 1 1 0 に移行する。そして、この後の処理では、S 1 3 0 で肯定判断し、S 1 4 0 で否定判断し、S 1 9 0 では否定判断して S 2 3 0 に移行し、目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間の終了直後に S 2 1 0 で設定した補正関数 $D (t)$ に従って、目標加速度 A_r を補正し、補正後の目標加速度 $A_c = A_r + A$ に対応する目標速度 v をフィードバック制御器 6 3 に入力する処理を行う。そして、加速制御の終了条件が満足されると (S 2 4 0 で Y e s)、当該加速制御処理を終了する。

20

【 0 0 5 5 】

ここで、S 2 4 0 の処理について詳細を述べると、フラグ $F = 0$ の場合には、目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超えなかったことを示しているので、図示しないタイマ等による時間に基づいて、加速度プロファイルに従う加速終了時刻 $t = T_a$ が到来した時点で加速制御の終了条件が満足されたと判断し (S 2 4 0 で Y e s)、当該加速制御処理を終了する。一方、フラグ $F = 1$ の場合には、目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超えたことを示しているので、補正関数 $D (t)$ に基づく目標加速度 A_r の補正終了時刻 $t = T_c + 2 \cdot (T_a - T_c)$ が到来した時点で加速制御の終了条件が満足されたと判断し (S 2 4 0 で Y e s)、当該加速制御処理を終了する。

30

【 0 0 5 6 】

以上、本実施例の制御システム 1 の構成について説明したが、本実施例によれば、加速度プロファイルに従う目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間では、各時刻の目標加速度 A_r を加速度上限 A_m に補正し、加速度プロファイルに従う目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間の各時刻において設定された目標加速度 A_c の加速度プロファイルに従う目標加速度 A_r との差の時間積分を、加速不足量 Q として算出する。そして、加速度プロファイルに従う目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間の終了後には、加速不足量 Q に対応する量、目標加速度 A_r を補正して各時刻の目標加速度 A_c を設定する。

40

【 0 0 5 7 】

従って、本実施例の制御システム 1 によれば、加速度上限 A_m を超える目標加速度 A_r が設定されることによって制御が不安定になるのを抑えることができ、更に、目標加速度を加速度上限 A_m に制限することによって、モータ 2 0 を目標とする速度 v_f まで加速で

50

きなくなる問題を解消することができる。即ち、本実施例によれば、トルク飽和に起因して制御が不安定になるのを回避して適切にモータ20を目標とする速度 f まで加速することができる。

【0058】

この結果、制御システム1を、例えば用紙搬送機構を制御するシステムに適用すれば、目標加速度 A_r を加速度上限 A_m に抑えることで生じた加速不足によって用紙搬送のスループットが低下するのを防止することができ、当該制御システム1を、キャリッジ搬送機構を制御するシステムに適用すれば、加速後に適切に目的の速度 f でキャリッジを定速搬送することができる。

【0059】

特に、本実施例によれば、加速度上限 A_m を、逆起電力による加速度上限の低下分と、外乱による加速度上限の低下分とを加味して推定するので、加速度上限 A_m を高精度に推定することができ、制御が不安定になるのを抑えて、高精度なモータ制御を実現することができる。

【0060】

また、本実施例によれば、加速度プロファイルに従う目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間の終了後、加速度プロファイルに従う目標加速度 A_r がゼロとなる時点で補正量 A が最大となる上述の式(2)に示す関数 $D(t)$ に従って、目標加速度 A_r を補正するので、実質的に、補正後の目標加速度 A_c が加速度上限 A_m を超えず、補正量 A の時間積分が加速不足量 Q に一致するような補正を行うことができ、適切に加速不足を補って、モータ20を指定の速度 f まで加速させることができる。

【0061】

以上、本発明の実施例について説明したが、本実施例の目標指令生成部61が実行するS120の処理は、本発明の加速度上限推定手段によって実現される処理の一例に対応し、目標指令生成部61が実行するS110, S130, S140, S150, S160, S180, S190~S230, S240, S250によって実現される処理は、本発明の目標加速度設定手段によって実現される処理の一例に対応する。

【0062】

この他、目標指令生成部61が目標加速度 A_r , A_c に基づき、目標速度 r を設定して(S150, S160, S230)、フィードバック制御器63が、この目標速度 r に基づく電流指令値 U を算出する動作は、本発明のモータ制御手段が、モータに対する制御入力を、目標加速度設定手段により設定された目標加速度に基づき決定する動作の一例に対応し、目標指令生成部61が実行するS170の処理は、本発明の不足量算出手段によって実現される処理の一例に対応する。

【0063】

また、本発明は、上記実施例に限定されるものではなく、種々の態様を採ることができる。例えば、上記制御システム1は、画像形成装置や画像読取装置以外の種々の電氣的装置に適用可能である。即ち、本発明は、モータ20を所定速度 f まで加速させる際の制御に特徴を有するものであり、この種の制御に用いる限りにおいて様々な分野に適用することが可能である。

【0064】

尚、本実施例において、外乱オブザーバ65から出力される負荷電流 I_c の情報と、速度検出器50から出力されるモータ20の回転速度 ω の情報と予め設定されたパラメータに基づいて加速度上限 A_m が推定される構成を説明したが、負荷電流 I_c による加速度上限の低下分や逆起電力による電流低下分を直接検出する検出器の値に基づいて、加速度上限 A_m が推定されても良い。

【0065】

また、補正関数 $D(t)$ は、本実施例のように設定される限りではなく、目標加速度 A_r が加速度上限を越える期間の終了時刻 T_c 及び加速度プロファイルが示す当初の加速終了時刻 T_a とは無関係な関数で設定してももちろん良い。また、補正関数 $D(t)$ による

10

20

30

40

50

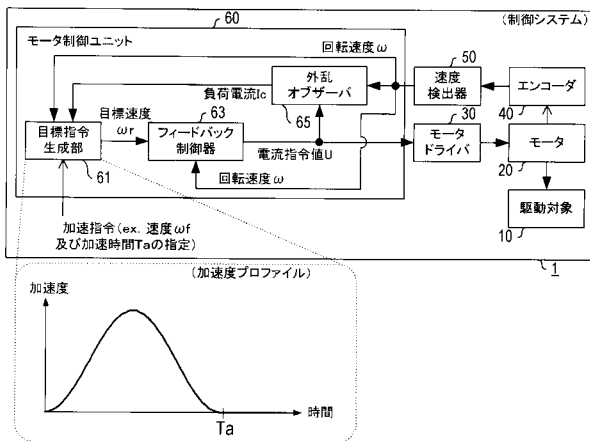
目標加速度の補正は、目標加速度 A_r が加速度上限 A_m を超える期間が終了した後であればよい。

【符号の説明】

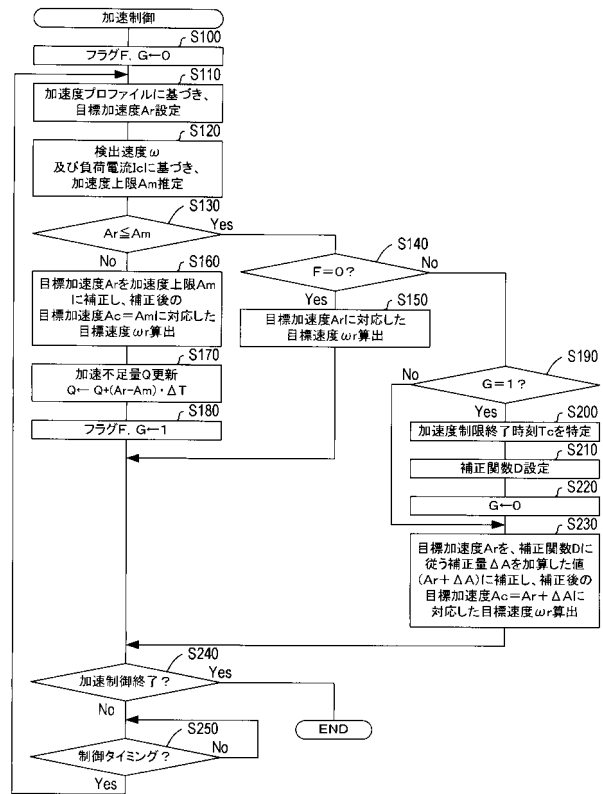
【0066】

1...制御システム、10...駆動対象、20...モータ、30...モータドライバ、40...ロータリエンコーダ、50...速度検出器、60...モータ制御ユニット、61...目標指令生成部、63...フィードバック制御器、65...外乱オブザーバ

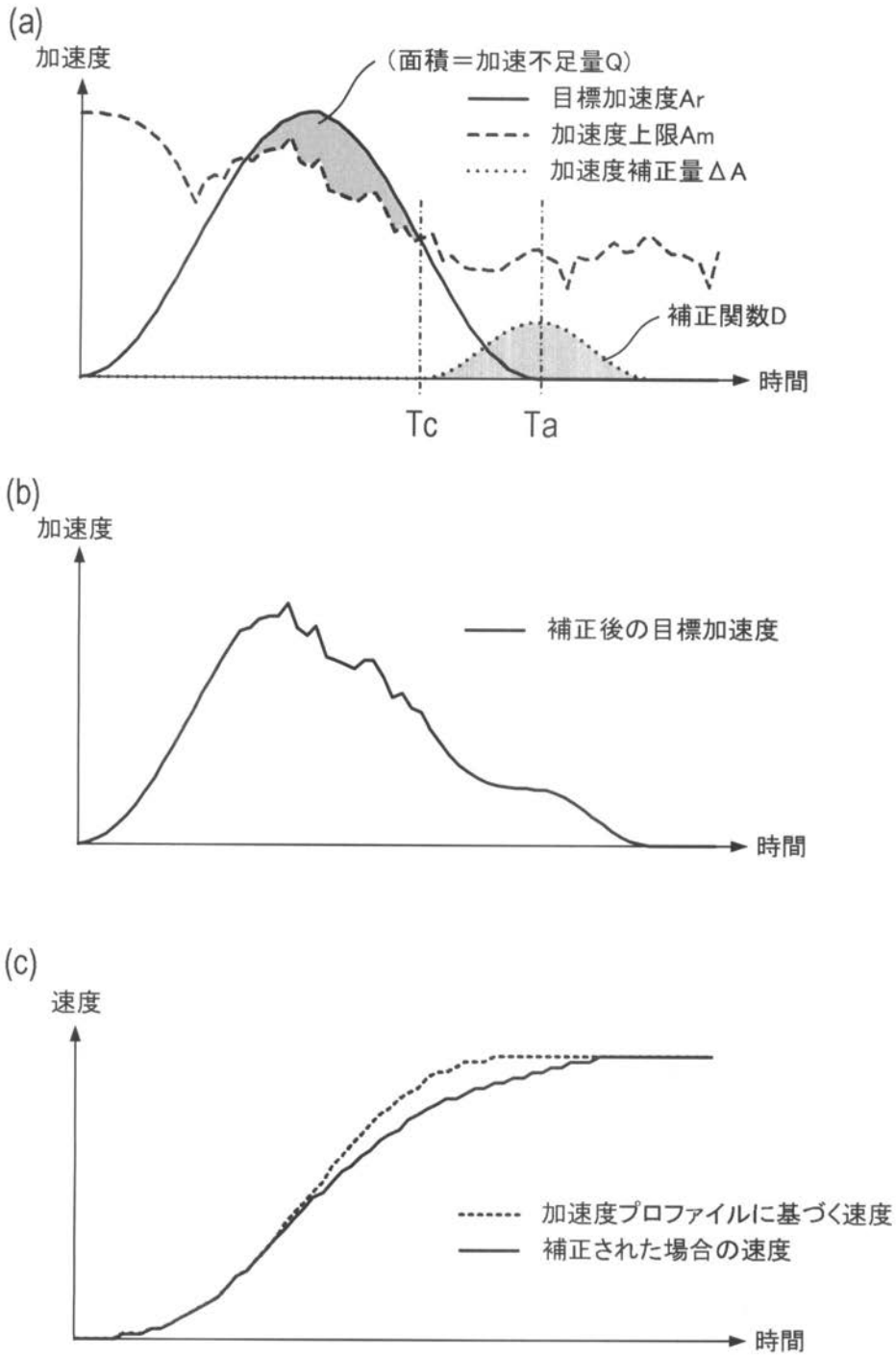
【図1】



【図3】



【 図 2 】



【 図 4 】

