

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4987302号
(P4987302)

(45) 発行日 平成24年7月25日(2012.7.25)

(24) 登録日 平成24年5月11日(2012.5.11)

(51) Int.Cl. F1
H02P 8/14 (2006.01) H02P 8/00 304A

請求項の数 2 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2006-1967 (P2006-1967)	(73) 特許権者	000103792
(22) 出願日	平成18年1月10日 (2006.1.10)		オリエンタルモーター株式会社
(65) 公開番号	特開2007-185052 (P2007-185052A)		東京都台東区小島2丁目21番11号
(43) 公開日	平成19年7月19日 (2007.7.19)	(74) 代理人	100099623
審査請求日	平成20年12月10日 (2008.12.10)		弁理士 奥山 尚一
		(74) 代理人	100096769
			弁理士 有原 幸一
		(74) 代理人	100107319
			弁理士 松島 鉄男
		(72) 発明者	染谷 雅行
			千葉県柏市篠籠田1400 オリエンタル モーター株式会社内
		審査官	森山 拓哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ステッピングモータの駆動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

運転速度プロファイルを生成し、この運転速度プロファイルに基づきモータ駆動回路を制御してステッピングモータを駆動するステッピングモータの駆動方法において、運転速度プロファイル生成機能に移動量の他に負荷情報を入力して、運転速度プロファイルを作成し、この運転速度プロファイルに基づきリアルタイムに変化する位置情報からモータ駆動回路を制御してステッピングモータを駆動するとともに、

運転速度プロファイル生成機能のシステムは

代表的な速度〔V〕、設定電流〔I〕、入力電圧〔Vin〕におけるモータトルク情報を予め記憶装置に所有し、

位置決め運転の実行指令を検出すると、運転開始前に速度プロファイルに関する各値を計算し、

指定された設定電流に対する定格トルクTQ[n]を速度-トルク特性から速度区間V[n]について計算するステップと、

計算された定格トルクTQ[n]と負荷情報から加速時間TA[n]、減速時間TD[n]を計算するステップと、

区間nにおける加速時と減速時の移動量を求め、これを加算して累積移動量を算出するステップと、

上記3ステップを1速度区間とし、それを終える毎に累積移動量と指令移動量を比較するステップと、

累積移動量が指令移動量を超えない場合は区間nをインクリメントして次の速度区間について同じ3ステップを繰り返すステップと、

累積移動量が指令移動量を上回った場合は速度区間を1つ戻し、その速度から三角駆動で残りの移動量を満たすようなピーク速度、加速時間、減速時間を再計算するステップと、

によりプロファイル形状を完成し、

生成した配列を用いて定期処理で指令速度、指令位置をリアルタイムに計算し、モータ駆動回路へ指令位置情報をリアルタイムに伝達して、

加速中、減速中に加速度を切り替えながら加減速することを特徴とするステッピングモータの駆動方法。

10

【請求項2】

前記負荷情報として慣性、摩擦、重力を用いることを特徴とする請求項1に記載のステッピングモータの駆動方法。

【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駆動方法に関し、さらに詳しくはステッピングモータの速度プロファイルを生成し、この速度プロファイルに基づきステッピングモータを駆動するステッピングモータの駆動方法に関する。

【背景技術】

20

【0002】

従来、この種のステッピングモータの駆動装置としては、例えば、特許文献1がある。

この特許文献1に記載されたステッピングモータの駆動装置は、ステッピングモータを励磁するための電気信号を送出する駆動回路と、ステッピングモータの駆動に係る負荷トルクを検知する負荷トルク検知手段と、負荷トルク検知手段が検知する負荷トルクに応じた駆動指令値を送出することによって前記駆動回路における電気信号を定める制御回路とで構成されている。

【0003】

また、図9が、ステッピングモータの一般的な位置決め運転速度プロファイルである。起動からいきなり運転速度を指令せず時間をかけて直線状に加速して運転速度に到達、運転速度から時間をかけて直線状に減速し停止する、いわゆる「台形駆動」と呼ばれる速度プロファイルを形成する。ステッピングモータの駆動においては時間をかけて変速することで加速度、すなわち加減速時の必要トルクを抑え、モータの同期が失われる（以下、脱調）のを防ぐ。従来では運転プロファイル生成機能への入力には移動量または目標位置情報の他に起動速度、運転速度、加速時間、減速時間など速度プロファイルの台形形状に関わる情報を入力する。

30

【特許文献1】特開平1-218392号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

40

一般に運転速度プロファイルはユーザが負荷情報とモータトルク情報に基づいて決定（設計）する。

しかしながら、このような従来のステッピングモータの運転速度プロファイル生成方法にあっては、負荷慣性、摩擦、重力から決まる必要トルクが図10の速度-トルク特性及びトルクマージンより決まるモータトルク（図中、使用可能なトルク）以下に収まるように加減速時間や運転速度を決定しなければならないため、設計の手間が多いという問題点があった。

【0005】

また多くのステッピングモータでは高速になるにつれてモータトルクが低下する。

しかし台形駆動では加速度一定で直線状に加速するため、図11のように最もモータト

50

ルクが低くなる、運転速度最大時のモータトルク 1 点によって全体の加減速トルク（すなわち加速時間、減速時間）が決定される場合がほとんどである。その場合、低速時の大きなモータトルクは使われないことになり、その分、位置決め時間が短縮できてないという問題点があった。

【 0 0 0 6 】

本発明は、前記課題を解決し、指定された負荷情報及びモータ出力トルクの利用率（トルクマージン）に基づいて加減速プロファイルを生成することにより、負荷情報と移動量入力だけで位置決め運転を行うことができ、効率の高い最短位置決めが生成できるステッピングモータの駆動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】

【 0 0 0 7 】

本発明は、前記課題を解決するため、運転速度プロファイルを生成し、この運転速度プロファイルに基づきモータ駆動回路を制御してステッピングモータを駆動するステッピングモータの駆動方法において、運転速度プロファイル生成機能に移動量の他に負荷情報を入力して、運転速度プロファイルを作成し、この運転速度プロファイルに基づきリアルタイムに変化する位置情報からモータ駆動回路を制御してステッピングモータを駆動するとともに、運転速度プロファイル生成機能のシステムは、

代表的な速度〔V〕、設定電流〔I〕、入力電圧〔V_{in}〕におけるモータトルク情報を予め記憶装置に所有し、

位置決め運転の実行指令を検出すると、運転開始前に速度プロファイルに関する各値を計算し、

指定された設定電流に対する定格トルク T_Q[n]を速度-トルク特性から速度区間 V[n]について計算するステップと、

計算された定格トルク T_Q[n]と負荷情報から加速時間 T_A[n]、減速時間 T_D[n]を計算するステップと、

区間 n における加速時と減速時の移動量を求め、これを加算して累積移動量を算出するステップと、

上記 3 ステップを 1 速度区間とし、それを終える毎に累積移動量と指令移動量を比較するステップと、

累積移動量が指令移動量を超えない場合は区間 n をインクリメントして次の速度区間について同じ 3 ステップを繰り返すステップと、

累積移動量が指令移動量を上回った場合は速度区間を 1 つ戻し、その速度から三角駆動で残りの移動量を満たすようなピーク速度、加速時間、減速時間を再計算するステップと

によりプロファイル形状を完成し、

生成した配列を用いて定期処理で指令速度、指令位置をリアルタイムに計算し、モータ駆動回路へ指令位置情報をリアルタイムに伝達して、加速中、減速中に加速度を切り替えながら加減速することにある。

また、本発明は、前記負荷情報として慣性、摩擦、重力を用いることにある。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本発明によれば、以下に列挙する効果が得られる。

運転速度プロファイルを生成し、この運転速度プロファイルに基づきモータ駆動回路を制御してステッピングモータを駆動するステッピングモータの駆動方法において、運転速度プロファイル生成機能に移動量の他に負荷情報を入力して、運転速度プロファイルを作成し、この運転速度プロファイルに基づきリアルタイムに変化する位置情報からモータ駆動回路を制御してステッピングモータを駆動するとともに、運転速度プロファイル生成機能のシステムは、代表的な速度〔V〕、設定電流〔I〕、入力電圧〔V_{in}〕におけるモータトルク情報を予め記憶装置に所有し、位置決め運転の実行指令を検出すると、運転開始前に速度プロファイルに関する各値を計算し、指定された設定電流に対する定格トルク

10

20

30

40

50

TQ[n]を速度-トルク特性から速度区間V[n]について計算するステップと、計算された定格トルクTQ[n]と負荷情報から加速時間TA[n]、減速時間TD[n]を計算するステップと、区間nにおける加速時と減速時の移動量を求め、これを加算して累積移動量を算出するステップと、上記3ステップを1速度区間とし、それを終える毎に累積移動量と指令移動量を比較するステップと、累積移動量が指令移動量を超えない場合は区間nをインクリメントして次の速度区間について同じ3ステップを繰り返すステップと、累積移動量が指令移動量を上回った場合は速度区間を1つ戻し、その速度から三角駆動で残りの移動量を満たすようなピーク速度、加速時間、減速時間を再計算するステップと、によりプロファイル形状を完成し、生成した配列を用いて定期処理で指令速度、指令位置をリアルタイムに計算し、モータ駆動回路へ指令位置情報をリアルタイムに伝達して、加速中、減速中に加速度を切り替えながら加減速するので、負荷情報と移動量入力だけで位置決め運転ができるようになり、効率の高い最短位置決めが自動生成できる。また、フィードバックシステムでないため（開ループ）応答がばらつかない、繰り返し性がよい。

10

運転速度プロファイル生成機能のシステムはモータトルク情報を内部に持ち、指定された負荷情報を元に速度別に使用可能なトルクから加速度を計算し、加速中、減速中に加速度を切り替えながら加減速するので、前記運転速度プロファイルに、指定された負荷情報及びモータ出力トルクの利用率に基づいて加減速プロファイルを生成することから、トルクマージンを一定に保ち最適効率で運転されるため脱調の不安が低減する。

前記負荷情報として慣性、摩擦、重力を用いるので、機器の応答、負担に応じてトルクマージンの指定により運転全体のアグレッシブ度を容易に変更できる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、図示の実施の形態を図面を参照しながら詳細に説明する。

【0010】

図1は、本発明のステッピングモータの駆動方法に適用する駆動装置を示したもので、1はステッピングモータであり、2はステッピングモータ1を駆動するモータ駆動回路である。

3は、運転速度プロファイル生成装置で、この運転速度プロファイル生成装置3は、運転速度プロファイルに基づきモータ駆動回路2を制御するものである。この運転速度プロファイル生成装置3には、運転速度プロファイル生成機能に指令移動量または目標位置と、負荷情報を運転前に入力して、運転速度プロファイルを作成するものである。前記負荷情報としては慣性、摩擦、重力及びトルクマージンなどが採用される。

30

【0011】

運転速度プロファイル生成装置3で生成された運転速度プロファイルは、リアルタイム指令位置生成装置4に入力されるもので、このリアルタイム指令位置生成装置4は、予め定められた処理フローに従い、生成した配列を用いて0.1ms間隔などの定期処理で指令速度、指令位置をリアルタイムに計算し、モータ駆動回路2へ指令位置情報をリアルタイムに伝達するものである。モータ駆動回路2はリアルタイム指令位置生成装置4からの指令位置情報に基づきステッピングモータ1を駆動するものである。

【0012】

次に、ステッピングモータの駆動方法を説明する。

運転プロファイル生成機能において、システムは、図2に示すように、代表的な速度〔V〕、設定電流〔I〕、入力電圧〔Vin〕におけるモータトルク情報を予めメモリなどの記憶装置に所有する。

【0013】

図2のデータテーブルの配列構成を以下に示す。

- ・速度〔RPS〕〔1, 2, 3.2, 5, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 32, 40, 50, 70, 90〕
- ・電流〔定格値(I)に対する比率〔%〕〕〔25, 50, 75, 100〕
- ・ドライバ電圧〔V〕〔12, 24, 36, 48〕

位置決め運転の実行指令を検出すると、運転開始前に図3に示すような速度プロファイル

50

に関する各値を計算する。図 4 はその計算手順を示す処理フローである。

【 0 0 1 4 】

以下手順について処理フローに従って説明する。

(1) . 指定された設定電流に対する定格トルク $TQ[n]$ を速度-トルク特性から速度区
間 $V[n]$ について計算する (ステップ S 1) 。 n を 0 から始め、 1 ずつインクリメントし
ていく。

(n は速度区間数、本例では $n = 15$)

(2) . 計算された定格トルク $TQ[n]$ とトルク利用率 TU 、慣性 LI 、摩擦 LF 、重力
 LG などの負荷情報から加速時間 $TA[n]$ 、減速時間 $TD[n]$ を計算する (ステップ S 2
)。加速時間 $TA[n]$ 、減速時間 $TD[n]$ は次式によって求める。 10

【 0 0 1 5 】

【数 1】

$$TA[n] = \frac{2\pi * LI * (V[n+1] - V[n])}{TQ[n] * \frac{TU}{100} - |LG * (DIR) + LF|}$$

$TA[n]$: 区間 n の加速時間 [S]

$V[n]$: 区間 n の最低速度 [RPS] 20

LI : 慣性負荷 [kgm^2]

LG : 重力負荷 [Nm]

$TQ[n]$: 区間 n の定格トルク [Nm]

【 0 0 1 6 】

【数 2】

$$TD[n] = \frac{TA[n] * (TQ[n] * \frac{TU}{100} - |LG * (DIR) + LF|)}{TQ[n] * \frac{TU}{100} + |LG * (DIR) + LF|}$$

$TD[n]$: 区間 n の減速時間 [S]

$V[n+1]$: 区間 n の最高速度 [RPS]

LF : 摩擦負荷 [Nm]

TU : トルク利用率 [%]

n : 速度-定格トルクデータのポインタ、区間数 40

【 0 0 1 7 】

(3) . 区間 n における加速時と減速時の移動量 PA , PD を次式 3 , 4 により計算、こ
れを加算して累積移動量を算出する (ステップ S 3) 。

【 0 0 1 8 】

【数 3】

$$PA = PA + \frac{TA[n] * (V[n+1] + V[n])}{2}$$

PA[n] : 起動から区間 n までの加速間に移動する量

【0019】

【数 4】

$$PD = PD + \frac{TD[n] * (V[n+1] + V[n])}{2}$$

PD[n] : 区間 n から停止までの減速間に移動する量

【0020】

累積移動量は加速側と減速側の移動量を低速から高速へ向かって積み上げた値となる。

【0021】

以上の3ステップを1速度区間とし、それを終える毎に累積移動量と指令移動量を比較し (ステップS4)、累積移動量が指令移動量を超えない場合は区間nをインクリメントして次の速度区間について同じ3ステップを繰り返す (ステップS5)。

【0022】

累積移動量が指令移動量を上回った場合は速度区間を1つ戻し (V[n] V[n-1])、V[n-1]の速度から三角駆動で残りの移動量を満たすようなピーク速度、加速時間、減速時間を再計算して (ステップS6)、プロファイル形状を完成する。

プロファイル形状が完成したら、図5に示す処理フローに従い生成した配列を用いて定期処理で指令速度、指令位置をリアルタイムに計算し、図1に示すモータ駆動回路2へ指令位置情報をリアルタイムに伝達する。

【0023】

図5の処理フローは、ステップS10からステップS27にて構成され、自動運転速度プロファイルを作成する (ステップS10)。

まず、ステップS11で、運転開始をしたか (YES)、否か (NO) を判定し、NOならばステップS11で確認する。YESならばステップS12に行き、運転前計算を行う。

【0024】

そして、n = 0 (ステップS13) ならば、t = 0、T = TA[n]、V = V[n+1] (ステップS14) に基づき加速時速度、位置計算 (定期処理) (ステップS15) を行う。

【0025】

次に、t = Tを判定し (ステップS16)、YESならば指令速度 = ピーク速度を判定する (ステップS17)。

【0026】

NOならばn = n+1 (ステップS17₁) としてステップ14に戻る。また、YESならばステップS18に行き、等速時速度、位置計算をし、次のステップS19で指令位置 > 減速開始位置を判定する。これがNOならばステップS18に戻り、YESならばステップS20に行く。ステップS20では、t = 0、T = t_d[n]、V = v[n+1] に基づき、減速時速度、位置計算 (定期処理) を行う (ステップS21)。

【0027】

そして、t = T? を判定し (ステップS22)、NOならば、ステップS21に戻り、YESならばステップS23に行く。そして、指令位置 = 指令移動量? を判定し、NOなら

10

20

30

40

50

ば、 $n = 0$? (ステップ S 2 4) を判定し、YES ならばステップ S 2 1 に戻る。NO ならばステップ S 2 5 に行き、 $n = n - 1$ としてステップ S 2 0 に戻る。

【 0 0 2 8 】

指令位置 = 指令移動量 ? の判定 (ステップ S 2 3) が YES ならばステップ S 2 6 に行き、指令位置 = 指令移動量として終了する (ステップ S 2 7)。

【 0 0 2 9 】

各速度区間の加速は直線加速とし、加速、減速によって速度区間が切り替わるときは参照配列要素[n]を切り替えることで指令加速度をリアルタイムに切り替えていく。

【 0 0 3 0 】

図 5 中、ステップ S 1 5 , ステップ S 1 8 , ステップ S 2 1 の処理は指令速度、指令位置の更新であるがこれらは従来と同じ直線加速の方法である。

10

【 0 0 3 1 】

次に、上記の実施例の作用を説明する。

図 6 に直線加速との比較を示す。左の図 6 (a) が本発明による自動運転速度プロファイルの応答例、右の図 6 (b) が直線加速の応答例である。

波形：上から指令速度 5 0 [R P S / 2 d i v]、指令トルク 1 [N m / 2 d i v]、実速度 3 2 . 0 5 [R P S / d i v]、時間軸 1 0 0 [m s e c / d i v]

図 6 (a) の自動速度プロファイルでは脱調することなく位置決めできている。図 6 (b) の直線加速ではそれと同じ加減速時間になるように指令したが追従できず、脱調してしまったことが示されている。

20

【 0 0 3 2 】

図 7 に本発明により慣性負荷を変更した場合の速度応答を示す。図 7 (a) に対して図 7 (b) は慣性負荷を大きくしている。図 7 (a) は慣性負荷 1 5 4 2 [g c m²]の応答例、図 7 (b) は慣性負荷 2 9 9 4 [g c m²]の応答例である。

波形：上から指令速度 3 0 [R P S / 2 d i v]、指令トルク 1 [N m / 2 d i v]、実速度 1 2 . 8 2 [R P S / d i v]、時間軸 5 0 [m s e c / d i v]

慣性負荷が大きくなるにつれて加減速が緩やかになることが分かる。

【 0 0 3 3 】

図 8 に摩擦負荷を変更した場合の速度応答を示す。図 8 (a) に対して図 8 (b) は、摩擦負荷を大きく設定している。図 8 (a) は摩擦負荷 0 . 0 8 [N m]の応答例、図 8 (b) は摩擦負荷 0 . 2 [N m]の応答例である。

30

波形：上から指令速度 3 0 [R P S / 2 d i v]、指令トルク 1 [N m / 2 d i v]、実速度 1 2 . 8 2 [R P S / d i v]、時間軸 5 0 [m s e c / d i v]

摩擦負荷があるときは摩擦が減速時のブレーキトルクになり減速時間が短縮されることがわかる。

【 0 0 3 4 】

これらのプロファイルが負荷情報の指定だけで運転ごとに自動生成できることが本発明の特徴である。

【 0 0 3 5 】

上記実施の形態によれば、システムはモータトルク情報を内部に持ち、指定された負荷情報を元に速度別に加速トルクから加速度を計算し、加速中、減速中に加速度を切り替えながら加減速する。その結果、運転速度プロファイルは移動量と負荷情報の指定によってシステムが決定する。

40

このように、本発明は、負荷情報と移動量入力だけで位置決め運転ができるようになり、効率の高い最短位置決めが自動生成できる。

トルクマージンを一定に保ち最適効率で運転されるため脱調の不安が低減する。

機器の応答、負担に応じてトルクマージンの指定により運転全体のアグレッシブ度を容易に変更できる。

フィードバックシステムでないため (開ループ) 応答がばらつかない、繰り返し性がよい。

50

【 0 0 3 6 】

なお、本発明は上記実施の形態のみに限定されるものではなく、本発明の要旨を変更しない範囲内で適宜変更して実施し得ることは言うまでもない。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 7 】

【 図 1 】 本発明のステッピングモータの駆動装置を示すブロック図である。

【 図 2 】 本発明においてシステムが所有するモータトルク情報の一例を示す特性図である。

【 図 3 】 本発明において運転前に計算されるデータの一例を示す特性図である。

【 図 4 】 本発明の駆動方法におけるプロファイルデータの生成手順を示すフローチャートである。 10

【 図 5 】 本発明の駆動方法におけるリアルタイムに変化する位置情報の出力処理を示すフローチャートである。

【 図 6 】 図 6 (a) (b) は、本発明の自動運転プロファイルと直線加速との特性図を比較して示す図である。

【 図 7 】 図 7 (a) (b) は、本発明の自動運転プロファイルにおける慣性負荷の違いに対するプロファイルを示す特性図である。

【 図 8 】 図 8 (a) (b) は、本発明の自動運転プロファイルにおける摩擦負荷の違いに対するプロファイルを示す特性図である。

【 図 9 】 従来のステッピングモータの駆動方法におけるステッピングモータの一般的な位置決め運転速度プロファイルを示す図である。 20

【 図 1 0 】 従来のステッピングモータの速度 - トルク特性と使用可能なトルクの関係を示す特性図である。

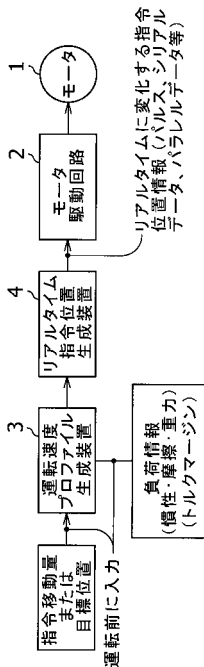
【 図 1 1 】 図 1 0 における直線加速では使用できないトルク領域を示す特性図である。

【 符号の説明 】

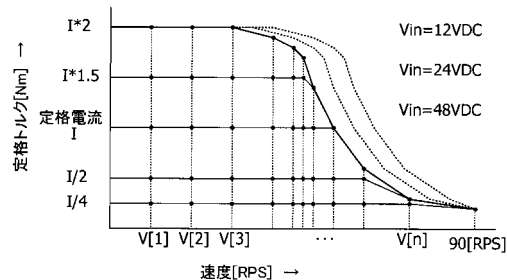
【 0 0 3 8 】

- 1 ステッピングモータ
- 2 モータ駆動回路
- 3 運転速度プロファイル生成装置
- 4 リアルタイム指令位置生成装置

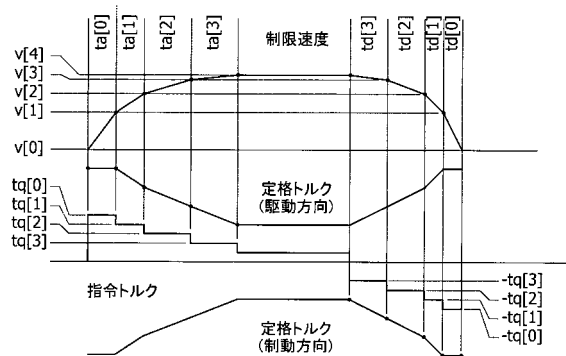
【図1】



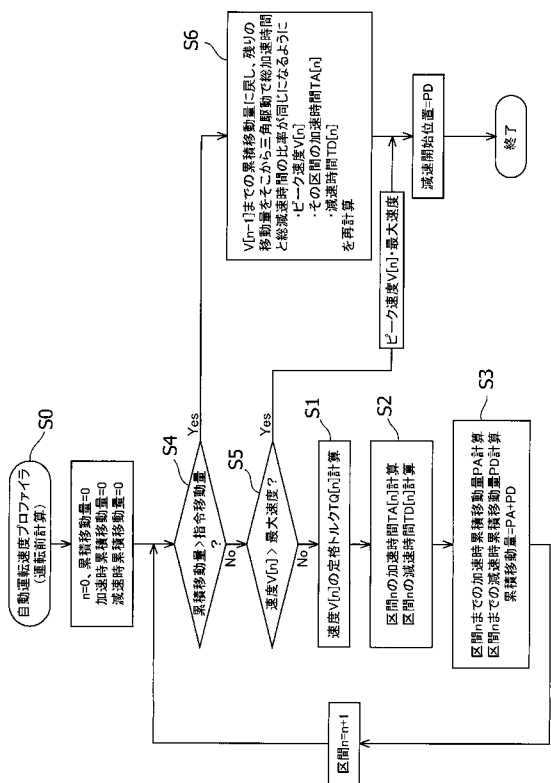
【図2】



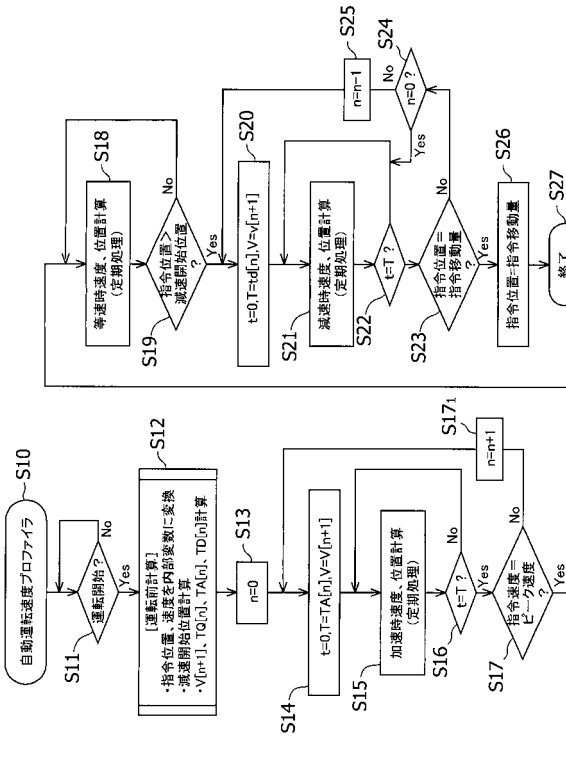
【図3】



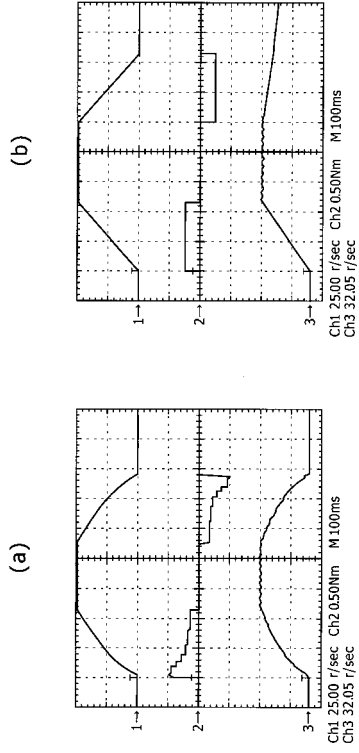
【図4】



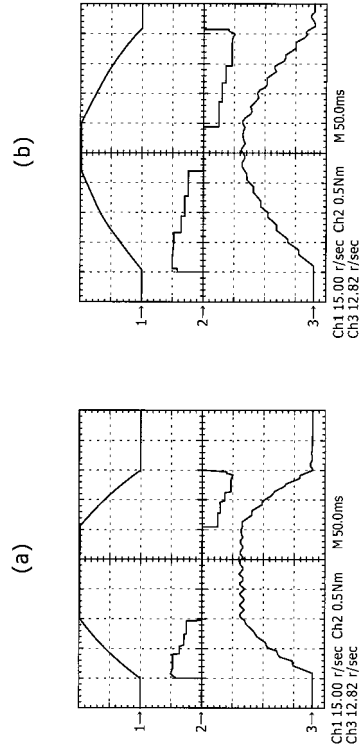
【図5】



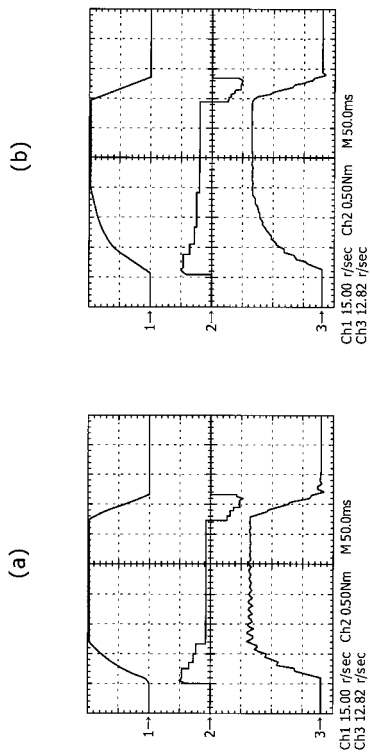
【 図 6 】



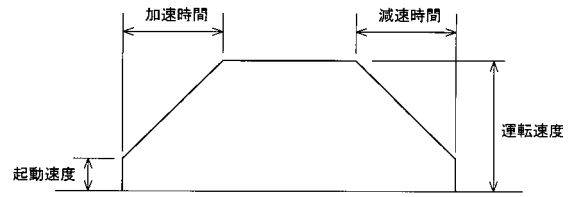
【 図 7 】



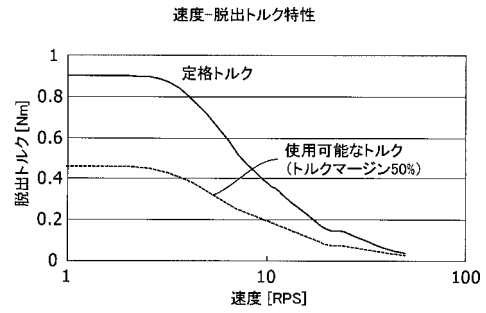
【 図 8 】



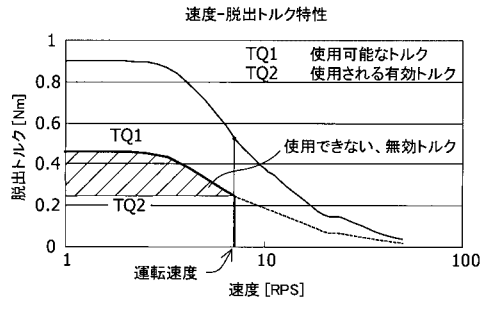
【 図 9 】



【 図 10 】



【図 11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-078387(JP,A)
特開2000-175494(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02P 8/00 - 8/42