

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4665083号
(P4665083)

(45) 発行日 平成23年4月6日 (2011.4.6)

(24) 登録日 平成23年1月21日 (2011.1.21)

(51) Int. Cl.

F I

H02P 8/14 (2006.01)
G02B 7/08 (2006.01)
G02B 21/24 (2006.01)
H02P 8/40 (2006.01)

H02P 8/00 304A
G02B 7/08 B
G02B 7/08 C
G02B 21/24
H02P 8/00 306

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-560520 (P2001-560520)
(86) (22) 出願日 平成13年2月15日 (2001.2.15)
(65) 公表番号 特表2003-523712 (P2003-523712A)
(43) 公表日 平成15年8月5日 (2003.8.5)
(86) 国際出願番号 PCT/EP2001/001662
(87) 国際公開番号 W02001/061836
(87) 国際公開日 平成13年8月23日 (2001.8.23)
審査請求日 平成19年11月19日 (2007.11.19)
(31) 優先権主張番号 100 07 212.7
(32) 優先日 平成12年2月17日 (2000.2.17)
(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 506254352
カール ツアイス マイクロイメージング
ゲゼルシャフト ミット ベシュレンク
テル ハフツング
ドイツ国 07745 イエナ カール
ツアイス プロムナーデ 10
(74) 代理人 100071098
弁理士 松田 省躬
(72) 発明者 トビアス カウフホルト
ドイツ国 07749 イエナ フックス
ツルムペーグ 15
(72) 発明者 ラルフ ヨラム
ドイツ国 91058 エルランゲン ド
レスデン ストラッセ 50

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ステップモータによるポジショニングシステムの位置調整移動における加速方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

— まず、各ポジショニングステップに対して許容制御周波数 f_{zul} が割り当てられていること、

— 特定のポジショニングステップに対する制御周波数 f_{zul} の割り当て内容が、データレコードとして記憶装置に呼び出し可能な状態で保存されていること、

— ポジショニングシステムの作動中、各ポジショニングステップ毎に当該実制御周波数 f_{ist} が、次に来るポジショニングステップの許容制御周波数 f_{zul} と比較されること、および

— 比較結果が、 $f_{ist} < f_{zul}$ であれば、次に来るポジショニングステップの制御周波数 f は高められ、比較結果が、 $f_{ist} = f_{zul}$ であれば、次に来るポジショニングステップの制御周波数 f はそのまま維持され、比較結果が、 $f_{ist} > f_{zul}$ であれば、次に来るステップの制御周波数 f は引き下げられる

ことを特徴とする、

少なくとも一つのステップモータが可変型制御周波数 f により駆動され、位置移動速度が制御周波数 f に依存していて、制御周波数 f の周期毎にそれぞれ位置調整移動としてのポジショニングステップが誘起され、その場合、相隣接して連なるポジショニングステップの総数が位置調整領域 1 の長さに相当し、それぞれのポジショニングステップに対しては位置調整領域 1 内で一定のポジションが割り当てられているという、ポジショニングシステムの位置調整移動における加速方法。

【請求項 2】

特にスタートポジション（１）、停止ポジション（２）および／または転向ポジション（３）などの極限ポジションが位置調整領域１内に定められていて、位置調整領域１内の各ポジショニングステップに対する許容制御周波数 f_{zul} が、それぞれいずれかの極限ポジションまでの距離に依存して決定されることを特徴とする、請求項１に記載の方法。

【請求項 3】

位置調整領域１内で一様な位置調整移動の行われる区分において、許容制御周波数 f_{zul} が、技術的に可能な最大のステップモータ制御周波数 f_{max} に一致するように決定されることを特徴とする、請求項１または２に記載の方法。

【請求項 4】

ポジショニングシステムに複数のステップモータが組み込まれていて、このステップモータの各々に別々な位置調整領域１が割り当てられ、各ステップモータが別々な制御接続部と連結していることを特徴とする、請求項１、２または３に記載の方法。

【請求項 5】

ステップモータが、それぞれ、回転運動から線運動への変換に用いられるスピンドルシステムを通じて、ズームレンズのポジション可変型光学構成群と結合していることを特徴とする、請求項１、２、３または４に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、少なくとも一つのステップモータが可変型周波数 f により制御され、位置移動速度が制御周波数 f に依存していて、制御周波数 f の周期毎にそれぞれ位置調整移動としてのポジショニングステップが誘起されるポジショニングシステムの位置調整移動における加速方法に関するものである。

但し、本発明方法では、相隣接して連なるポジショニングステップの総数が位置調整領域の長さに相当し、それぞれのポジショニングステップに対しては位置調整領域内で一定のポジションが割り当てられているものとする。

【０００２】

【従来の技術】

各ステップモータについて、定義付けの上プリセットしたステップ角を線運動の増分として変換すること、およびこれを基礎に、機器構成群の位置調整領域または軌道を辿っての移動を極めて正確に行うポジショニングシステムを駆動させることは公知の事項である。ステップモータのコイルや位相制御器に然るべき開閉器が装備されている場合には、ステップ角を小さく設定することで鋭敏な制御およびそれに伴う回転運動が実現可能となる。例えば、顕微鏡内のズーム装置のような光学精密機器の場合でも、ステップ角を小さく設定することにより、結像鮮鋭度を維持したままで、拡大率を変更する際に必要であるズームレンズ群の正確なポジショニングが達成される。

【０００３】

現在の開発状況では、ステップ角は永久励起ステップモータで 3.75° 、ハイブリッドステップモータで 1.8° およびリラクタンstypeステップモータで 1° が通例となっている。回転運動から線運動への転換には通常スピンドルシステムが利用される。

【０００４】

ステップモータによるポジショニングシステムの構成で常に注意すべき問題として、蛇行形状のモータコイルにおける電流増加速度に限界があるため、利用可能な回転モーメントがステップ周波数の増大と共に低下するということがある。回転モーメントの一部は外部素子、例えば、移動対象であるズーム装置群の加速に用いられるので、スタートおよび停止に向けられる制御周波数領域は負荷慣性モーメントの増大と共に小さくなる。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】

ステップモータがスタートおよび停止周波数の領域内において制御周波数で駆動されてい

10

20

30

40

50

る限り、ステップモータはステップ損失を発生することなく何時でも停止できる。それに対し、スタート上限周波数および駆動限界周波数の部類に入る加速周波数の領域内ではステップモータをステップ損失の発生なく停止させるのは不可能である。

【0006】

したがって、ポジショニングにおけるズレの回避および所与の負荷モーメント下における短時間での位置調整移動の達成には、スタート周波数領域および加速周波数領域を越えて駆動周波数領域に到るまで、制御周波数を連続的に高めることが必要である。すなわち、駆動限界周波数による制御の場合、最大限可能な速度に達するまで徐々に加速していかなければならない。逆に、移動対象の構成群が目標ポジションに到達する前では、制御周波数は既に停止周波数領域の方向に引き下げられ、それに伴ってステップモータは減速しなければならない。

10

【0007】

ほとんどの場合では、位置調整をできる限り迅速に行って、当該構成群をプリセットしたポジションに迅速に移動させることが肝要である。その達成のために、専門業界では加速ランプまたは減速ランプと称されて公知となっている、曲線形状を取る加速、減速関数がプリセットされる。

【0008】

ステップモータは、そのような加速ランプの経過に従って加速されるが、制御周波数の増加によって最高回転数にまで達する。その場合、制御周波数を徐々に上げていく可能性は、それぞれのステップモータの技術特性および性能のほか付随する負荷にも依存する。

20

【0009】

そのことから、直線的加速関数は、ステップ周波数／回転モーメント特性線が、近似的に直線関数を有しているという回転数領域を対象としてプリセットされる。より高い回転数領域では加速関数は指数関数の形態が基礎になっている。それは、当形態の場合ステップ周波数／回転モーメント特性線の経過に非常によく適合させ得るからである。

【0010】

例えば、直線軌道の方法に延びる位置調整領域を（以下ではポジションステップと称する）、大多数がステップ角に比例する個々の増分に分割すれば、構成群の移動が明確にプリセットされた移動経路を辿って行われる位置調整領域の中にスタートポジション、停止ポジションおよび転向ポジションなどの極限ポジションを設定することができる。但し、後

30

二者においては構成群の移動方向は逆向きである。
構成群が移動により停止ポジションまたは転向ポジションに近づけば、遅滞なく適時に、制御周波数を停止周波数領域に下げる必要がある。

実際、位置調整領域内のそれぞれ任意のポジションにおいて、位置調整速度およびポジショニング精度に関して最適の作動状態を実現するために、移動方向での制御周波数をそれ以降上げるべきか、維持すべきかあるいは下げるべきかの指示が極限ポジションへの距離に依存して行うことができるようになっている。

【0011】

従来技術に基づく公知のステップモータ制御方法の場合、この目的には位置調整移動のあいだは常にその時点で中断可能なポジションと目的の極限ポジションとを比較し、中断可能ポジションと極限ポジションとが合致すれば制御周波数の引き下げにより制動過程に入ることになる。しかし、この方法の場合、比較的大きな記憶容量と計算容量の必要なことが欠点である。

40

【0012】

それに対して、また別な公知方法では、極限ポジションを保存しておき、位置調整移動のあいだ各ポジショニングステップ毎に、実速度が許容領域内にあるかどうかを予め計算するという形が取られる。次に、その結果にしたがって速度を加速すべきか、維持すべきか、または減速すべきか、の決定がなされる。しかしこの方法でも所要の記憶容量および計算時間を大きく減らすことはできない。

【0013】

50

様々な構成群の調整移動用に複数のステップモータを有するポジショニングシステムの場合では、上記の欠点が特に浮き彫りになってくる。この関連では例えば、WO 99/0436に、「立体顕微鏡ズームシステムの移動における直接的制御のための装置」という記述があるが、それによれば、光学ズーム装置のポジショニング用として別途制御ステップモータが装備されている。

【0014】

従来技術ではこの種制御の場合、すべての移動経過において極限ポジションが保存され、既述したように、個別のポジショニングステップ毎に実速度が許容領域内にあるかどうか前もって計算されるが、そのために上記の欠点を伴うことになる。

【0015】

【課題を解決するための手段】

以上の状況を踏まえて、本発明では上記種類の方法をさらに改良して、高いポジショニング精度を維持しつつ、技術的コストを削減し、しかも最大限迅速な位置移動を達成することを課題としている。

本発明によれば、ポジショニングシステム内の位置調整移動促進のためのこのような方法においては、まず位置調整領域内の各ポジショニングステップに対して許容制御周波数 f_{zul} が割り当てられる。制御周波数 f_{zul} およびポジショニングステップの割り当て内容はデータレコードとして記憶装置に呼び出し可能な状態で保存される。位置調整移動のあいだ、各ポジショニングステップ毎に当該制御周波数 f_{ist} が移動方向における次のポジショニングステップの許容制御周波数 f_{zul} と比較され、その比較結果に基づき、 $f_{ist} < f_{zul}$ であれば、次に来るステップの制御周波数 f は高められ、比較結果が、 $f_{ist} = f_{zul}$ であれば、次に来るステップの制御周波数 f はそのまま維持され、比較結果が、 $f_{ist} > f_{zul}$ であれば、次に来るステップの制御周波数 f は引き下げられる。

【0016】

ポジショニングステップおよび許容最大制御周波数 f_{zul} の割り当てにより位置調整領域全体に亘って速度ベクトルが得られる。それは、各軌道素子または各ポジショニングステップ毎に見たシステム全体の許容速度を含んでおり、位置調整領域についての許容速度包絡線を表わしたものである。

【0017】

本発明に基づく方法を適用した場合、実速度の判定および速度上昇余地の有無に対する判断では、次のポジショニングステップに対する許容制御周波数 f_{zul} が実制御周波数 f_{ist} より大きいかどうかをチェックするだけでよい。実際に f_{zul} の方が大きければ、制御周波数 f の引き上げにより位置調整移動が加速される。

【0018】

次に来るポジショニングステップに割り当てられる許容制御周波数 f_{zul} が、実制御周波数 f_{ist} と全く同じである場合や、 f_{zul} のほうが f_{ist} より小さい場合も、上記のことがそれ相応に準用される。

【0019】

前者の場合では、制御周波数 f を変えずにそのまま移動を続けるが、後者の場合では、制御周波数 f を引き下げる。既述したように制御周波数 f は位置調整移動速度に比例するので、それにより位置調整移動速度も維持されたままか、あるいは低下する。

【0020】

以上より、計算容量は、実制御周波数 f_{ist} と、次に来るポジショニングステップの許容制御周波数 f_{zul} との比較にのみ必要になるだけであって有利である。したがって、計算コストは現状技術と比較して大幅に削減される。記憶装置の必要性は減り、すべての位置調整移動をそれぞれのポジショニングシステムに適合した可能な最大の速度で行うことが、このようにして実現できる。

【0021】

位置調整領域全体を通して可能な最大限の速度に適合させることができるかどうかは、使

10

20

30

40

50

用するステップモータそれぞれの技術特性および移動対象物の、例えば重量にも依存する。この関係は、それぞれのポジショニングステップについて許容速度を決定する際に判断基準として考慮される。

【0022】

ポジショニングシステムは、オートマチック駆動、手動制御のどちらも可能である。手動方式では位置移動速度を任意に高めることができないようになっている。なぜならば、各軌道素子または各ポジショニングステップに対する制御周波数 f_{zul} は、制御接続部に記憶されており、過剰な増加は阻止されるからである。

【0023】

本発明の特に有利な態様では、なかでもスタートポジション、転向ポジションおよび停止ポジションなどの極限ポジションが、位置調整領域内または軌道内で定められていて、各ポジショニングステップに対する許容周波数 f_{zul} が、それぞれいずれかの極限ポジションまでの距離に依存して決定されるようになっている。

10

【0024】

このようにして、加速過程または減速過程の制御中に、いわゆるランプを考慮することが可能である。加速曲線の領域では、実制御周波数 f_{ist} は、移動方向で、次に来るポジショニングステップに対する許容制御周波数 f_{zul} より常に小さくなる。それに対して減速曲線の領域では、実制御周波数 f_{ist} は、移動方向で、次に来るポジショニングステップに対する許容制御周波数 f_{zul} よりも常に大きい。

【0025】

しかも、例えば、当該ステップモータの限界駆動周波数に相当する最大許容制御周波数 f_{max} にプリセットすることも可能なので、モータに対する過剰制御は起こらない。最大速度で位置調整または移動配置の行える軌道区間では、最大許容制御周波数 f_{max} と許容制御周波数 f_{zul} とが一致していると有利である。

20

【0026】

以上のほか本発明の有利な態様として、位置調整領域全体に亘ってそれぞれ異なった最大許容制御周波数 f_{max} およびそれに伴いそれぞれ異なった、可能な最大の位置調整速度をプリセットすることができる。例えば、位置調整領域の第一区間については比較的高速度での粗調整のための最大許容制御周波数 f_{grob} を、他の区間については比較的低速度での微調整のための最大許容制御周波数 f_{fein} をプリセットすることが可能である。

30

【0027】

【発明の実施の形態】

以下では実施例を基にして本発明をより詳しく説明する。

図1に基づくグラフの位置調整領域1に関しては、横座標にポジショニングステップが、縦座標には位置調整領域1全体に亘って位置調整速度に比例している制御周波数 f が描かれている。正の移動方向には限界値として $+f_{max}$ が、その逆の負の移動方向には限界値として $-f_{max}$ が設定される。

【0028】

ステップモータに対する制御接続部に、制御周波数 $+f_{max}$ または $-f_{max}$ がプリセットされれば、それぞれの方向に最大速度で位置調整のための移動が起きる。

40

【0029】

図1では、書き込まれた多数の（基準外）ポジショニングステップに対して三つの極限ポジション、つまりスタートポジション1、転向ポジション2および停止ポジション3が割り振られている。

【0030】

本発明に基づけば、位置調整領域の各ポジショニングステップにはそれぞれ許容制御周波数 f_{zul} が割り当てられている。位置調整領域1の区分aおよびdでは加速曲線4および6が現われる。これらの区分では隣接するポジショニングステップの許容制御周波数 f_{zul} は異なっている。同様のことは減速曲線5および7を持つ区分cおよびfにも当て

50

はまる。この場合も隣接するポジショニングステップに対する許容制御周波数 f_{zu1} はそれぞれ異なっている。位置調整速度が一樣な経過を辿る区分 b および e では隣接するポジショニングステップに対する許容制御周波数 f_{zu1} は同じである。

【0031】

図1から認められるように、いずれのポジショニングステップの場合もその許容制御周波数 f_{zu1} は速度曲線に「包み込まれて」いる。当曲線は、正方向の移動の場合ではスタートポジション1に始まり、加速曲線4、区間bおよび減速曲線5を経由して転向ポジション2にまで到っている。負方向の移動ではこの包絡線は転向ポジション2からスタートし、加速曲線6、移動速度一樣の区間eおよび減速曲線7を経由して停止ポジション3にまで到っている。

10

【0032】

ポジショニングステップおよび許容位置調整速度の上記割り当ては、本発明ではデータレコードに収納され、速度制御のための包絡線として制御接続部に保存される。

例えばスタート信号により所定の位置調整が誘起されれば、加速曲線4に相当する均等加速によりスタートポジション1から移動が始まる。その場合、本発明では、それぞれのポジショニングステップにおける実制御周波数 f_{ist} を、次に来る隣接ポジショニングステップに対する制御周波数 f_{zu1} と比較する。

【0033】

ポジショニングステップが区間aにある限り、この比較結果は、常に $f_{ist} < f_{zu1}$ となるので、実制御周波数 f_{ist} は、次に来るポジショニングステップに対する許容制御周波数 f_{zu1} に引き上げられる。

20

【0034】

これは、例えば、制御周波数 f_{1zu1} が割り当てられるポジショニングステップ S_1 と、制御周波数 f_{2zu1} が割り当てられるポジショニングステップ S_2 との比較から明らかになる。ポジショニングステップ S_1 の実行の前に、制御接続部により、制御周波数が f_{1zu1} に高められるので、実際には $f_{1zu1} = f_{1ist}$ である。ポジショニングステップ S_1 のあいだ、実制御周波数 f_{ist} は、ポジショニングステップ S_2 に割り当てられる制御周波数 f_{2zu1} と比較される。比較結果は $f_{1ist} < f_{2zu1}$ となるので、制御周波数 f_{1ist} も f_{2zu1} に高められて、位置調整移動が加速されるということになる。加速進行するポジショニングステップ S_2 のあいだに制御周波数 f_{2zu1} が f_{2ist} となり、 f_{2ist} が、次に来るポジショニングステップ f_{zu1} との比較基礎になる。

30

【0035】

ポジショニングステップは加速曲線4を通り抜ければ区間bに到る。その区間では相連続する二つのポジショニングステップ間に常に $f_{ist} = f_{zu1} = f_{max}$ が成立していて、次に来るポジショニングステップには、実ポジショニングステップと同じ制御周波数 f がプリセットされるので、その結果位置調整移動速度は維持されたままである。減速曲線5を持つ区間cにおける相連続するポジショニングステップ S_3 、 S_4 については（この区間では他のすべてのポジショニングステップにも当てはまるように） $f_{3ist} > f_{4zu1}$ が成立するので、制御周波数 f が減少し、それと共に位置調整速度が低下する。

40

【0036】

転向ポジション2通過後の区間d、即ち、加速曲線6の区間では、制御周波数 f は同じ原理に基づき再びステップ毎に増大して f_{max} に到る。

本発明によればこのように、常に実制御周波数と許容制御周波数 f との比較にわずかな労力をつぎ込むだけで、常にシステム最高の速度で位置調整の移動が実現できる。

【0037】

図2のグラフでは、例えば、個々の区分 a' 、 b' 、 c' 、 d' 、 e' に対してそれぞれ異なった最大制御周波数 f_{grob} および f_{fein} が割り当てられている。それにより、高い方の最大許容制御周波数 f_{grob} による区分、即ち、粗調整区分では比較的高い調整速度が達成されるが、一方低い方の最大許容制御周波数 f_{fein} による区分、即ち、微

50

調整区分では比較的低い速度にしか達しない。

【0038】

図2では見やすくするために、例として正方向の移動だけが描かれている。この場合でも、本発明によれば各ポジショニングステップについてそれぞれ許容制御周波数 f_{zul} が記憶されている。位置調整移動においては、図1に基づく上記説明の場合と同じように、各ポジショニングステップ毎に、実制御周波数 f_{ist} が、それぞれ、移動方向で次に来るポジショニングステップの許容制御周波数 f_{zul} に比べて低いか、同じかまたは高いかが、およびそれに依存して制御周波数 f を上げるか、維持するかまたは下げるかが決定される。但し最大許容制御周波数 f_{glob} および f_{fein} を越えないものとする。

【0039】

以上のように、ここでも少ない技術的手段によって、各区分 a' 、 b' 、 c' 、 d' 、 e' それぞれにおける位置調整を常に最大速度で実施することが可能である。

本発明による方法には、以上のほかにも長所があるが、それは要約すれば、所要記憶容量および加速速度監視に要する計算時間が最小限に抑えられること、スタートポジション、停止ポジションおよび転向ポジションが何時でも大きな労力なしに変更できること、さらにはステップモータの数およびそれぞれのステップモータに一つずつ割り当てられる移動用軌道の数に任意に増やせるということである。

【0040】

さらに、本発明に基づく方法は、器械のハードウェアには殆ど依存せず、そのことから種々様々な適用例に対応することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 スタートポジション、停止ポジション、転向ポジションをそれぞれ一つずつ持つ位置調整領域における加速経過の原理図

【図2】 ポジションの粗調整、微調整速度に対応する二つの限界制御周波数 f_{glob} および f_{fein} を持つ位置調整領域における加速経過の原理図

【符号の説明】

- 1 スタートポジション
- 2 転向ポジション
- 3 停止ポジション
- 4, 6 加速曲線
- 5, 7 減速曲線
- 1 位置調整領域
- f 制御周波数

10

20

30

フロントページの続き

審査官 森山 拓哉

(56)参考文献 特開昭62-110497 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 8/00-8/42