

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5506552号
(P5506552)

(45) 発行日 平成26年5月28日(2014.5.28)

(24) 登録日 平成26年3月28日(2014.3.28)

(51) Int.Cl.

H02N 2/00 (2006.01)

F I

H02N 2/00

C

請求項の数 11 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2010-130156 (P2010-130156)
(22) 出願日 平成22年6月7日(2010.6.7)
(65) 公開番号 特開2011-259559 (P2011-259559A)
(43) 公開日 平成23年12月22日(2011.12.22)
審査請求日 平成25年6月5日(2013.6.5)

(73) 特許権者 000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74) 代理人 100126240
弁理士 阿部 琢磨
(74) 代理人 100124442
弁理士 黒岩 創吾
(72) 発明者 工藤 真也
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 松永 謙一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動型アクチュエータの制御装置及び振動型アクチュエータの制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の振動子に共通の交流信号を印加することにより前記複数の振動子の接触部に楕円運動を生じさせ、前記楕円運動により前記接触部に接触する被駆動体を前記複数の振動子に対して相対移動させる振動型アクチュエータの制御装置であって、

前記交流信号の駆動周波数を設定する周波数決定手段を備え、

前記周波数決定手段は、振動子毎に設定された楕円比変更周波数範囲が重複する周波数範囲内で、前記楕円運動の楕円比を変化させる際の前記交流信号の周波数を設定し、

前記楕円比変更周波数範囲は、

前記楕円比を変化させた時の最大の共振周波数を下限値とし、前記下限値よりも高い周波数であり前記被駆動体が相対移動する最大の周波数を上限値とし、前記上限値と前記下限値の間の周波数範囲として前記振動子毎に設定されていることを特徴とする振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項2】

交流信号の駆動周波数を設定する周波数決定手段を備え、

前記交流信号は、振動型アクチュエータの少なくとも第1の振動子と第2の振動子のそれぞれの接触部の楕円運動を生成するための信号であり、

前記第1の振動子は、前記第1の振動子の接触部の楕円運動の楕円比を変更するための第1の周波数範囲を有し、

前記第2の振動子は、前記第2の振動子の接触部の楕円運動の楕円比を変更するための

10

20

第 2 の周波数範囲を有し、

前記周波数決定手段は、前記第 1 の振動子と前記第 2 の振動子のそれぞれの楕円比を変更するように、前記交流信号の周波数を、前記第 1 の周波数範囲と前記第 2 の周波数範囲が重複する範囲内に設定することを特徴とする振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項 3】

前記第 1 の周波数範囲と前記第 2 の周波数範囲それぞれの下限は、前記第 1 の振動子と前記第 2 の振動子のそれぞれの前記楕円比を変化させた時の最大の共振周波数であり、

前記第 1 の周波数範囲と前記第 2 の周波数範囲それぞれの上限は、前記第 1 の振動子と前記第 2 の振動子が相対移動する最大の周波数であることを特徴とする請求項 2 に記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項 4】

前記交流信号は、2 相の交流信号であり、

前記楕円比を設定し、前記 2 相の交流信号の位相差を決定する楕円比決定手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項 5】

更に、振動型アクチュエータの操作量を演算する操作量決定手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項 6】

前記被駆動体の目標値を生成する位置指令生成手段と、

前記被駆動体の位置を検出する位置検出手段と、

前記位置指令生成手段から出力された前記目標値と前記位置検出手段からの出力を比較する比較手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項 7】

複数の振動子に共通の交流信号を印加することにより前記複数の振動子の接触部に楕円運動を生じさせ、前記楕円運動により前記接触部に接触する被駆動体を前記複数の振動子に対して相対移動させる振動型アクチュエータの制御方法であって、

振動子毎に設定された楕円比変更周波数範囲が重複する周波数範囲内で、前記楕円運動の楕円比を変化させる際の前記交流信号の周波数を設定するにあたり、

前記楕円比を変化させた時の最大の共振周波数を下限値とし、前記下限値よりも高い周波数であり前記被駆動体が相対移動する最大の周波数を上限値とし、前記上限値と前記下限値の間の周波数範囲を前記楕円比変更周波数範囲として前記振動子毎に設定することを特徴とする振動型アクチュエータの制御方法。

【請求項 8】

前記振動子毎に前記下限値と前記上限値を検出することにより、前記振動子毎に前記楕円比変更周波数範囲を求める工程を有することを特徴とする請求項 7 に記載の振動型アクチュエータの制御方法。

【請求項 9】

複数の振動子に共通の交流信号を印加することにより前記複数の振動子の接触部に楕円運動を生じさせ、前記楕円運動により前記接触部に接触する被駆動体を前記複数の振動子に対して相対移動させる振動型アクチュエータの制御方法であって、

交流信号の周波数を設定する周波数決定工程を有し、

前記交流信号は、振動型アクチュエータの少なくとも第 1 の振動子と第 2 の振動子のそれぞれの接触部の楕円運動を生成するための信号であり、

前記第 1 の振動子は、前記第 1 の振動子の接触部の楕円運動の楕円比を変更するための第 1 の周波数範囲を有し、

前記第 2 の振動子は、前記第 2 の振動子の接触部の楕円運動の楕円比を変更するための第 2 の周波数範囲を有し、

前記周波数決定工程は、前記第 1 の振動子と前記第 2 の振動子のそれぞれの楕円比を変

10

20

30

40

50

更するように、前記交流信号の周波数を、前記第 1 の周波数範囲と前記第 2 の周波数範囲が重複する範囲内に設定する工程を有することを特徴とする振動型アクチュエータの制御方法。

【請求項 10】

前記第 1 の周波数範囲と前記第 2 の周波数範囲それぞれの下限は、前記第 1 の振動子と前記第 2 の振動子のそれぞれの前記楕円比を変化させた時の最大の共振周波数であり、

前記第 1 の周波数範囲と前記第 2 の周波数範囲それぞれの上限は、前記第 1 の振動子と前記第 2 の振動子が相対移動する最大の周波数であることを特徴とする請求項 9 に記載の振動型アクチュエータの制御方法。

【請求項 11】

前記上限、及び前記下限を設定し、前記上限及び前記下限に基づいて前記第 1 の周波数範囲及び前記第 2 の周波数範囲を演算する工程を有することを特徴とする請求項 10 に記載の振動型アクチュエータの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動型アクチュエータの制御装置及び振動型アクチュエータの制御方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来より、板状の振動子の所定の質点に楕円運動を生じさせ、被駆動体を駆動する振動波アクチュエータの提案がなされている。

板状の振動子を有する振動型アクチュエータの基本的な構成としては、特許文献 1 に示すような構成が知られている。図 8 (a) は、特許文献 1 の振動型アクチュエータの基本的な構成の一例を示す外観斜視図である。

図 8 (a) に示すように、この振動型アクチュエータの振動子は、矩形の板状に形成された金属材料から成る弾性体 4 を備え、弾性体 4 の裏面には圧電素子 (電気 - 機械エネルギー変換素子) 5 が接合されている。弾性体 4 の上面の所定位置には、複数の突起部 6 が設けられている。

この構成によれば、圧電素子 5 に交流電圧を印加することにより、弾性体 4 の長辺方向における 2 次の屈曲振動と、弾性体 4 の短辺方向における 1 次の屈曲振動とが同時に発生し、突起部 6 に楕円運動が励起される。

そして、突起部 6 の上部 (接触部) に被駆動体 7 を加圧接触させることにより、被駆動体 7 を突起部 6 の楕円運動によって直線的に駆動することができるようになっている。つまり、突起部 6 がこの振動子の駆動部として作用する。

【0003】

図 8 (b) は、図 8 (a) に示した振動型アクチュエータにおける圧電素子 5 の分極領域の一例を示す模式図である。

また、図 9 (a) 、 (b) は、弾性体 4 の振動モードを示す斜視図であり、図 9 (c) は、弾性体 4 の突起部 6 に励起する楕円運動を説明するための説明図である。

上記圧電素子 5 は、図 8 (b) に示すように、分極処理されており、2 つの電極 A 1 、 A 2 を備えている。

上記 2 つの電極 A 1 、 A 2 に同相の交流電圧 V 1 、 V 2 を印加することにより、上記矩形の弾性体 4 において長辺方向と平行な方向に延びた 2 本の節を有する 1 次の屈曲振動を励振する。これが図 9 (a) に示す第 1 の振動モードとなる。

また、2 つの電極 A 1 、 A 2 に逆相の交流電圧 V 1 、 V 2 を印加することにより、矩形の弾性体 4 の短辺方向と平行な方向に延びた 3 本の節を有する 2 次の屈曲振動を励振する。これが図 9 (b) に示す第 2 の振動モードとなる。

そして、上記第 1 の振動モードと第 2 の振動モードの組み合わせにより突起部 6 に楕円運動を励振し、このとき、突起部 6 に被駆動体を加圧接触させると、被駆動体を直線的に駆

10

20

30

40

50

動することができるようになっている。

ここで、図9(a)に示す第1の振動モードによって、突起部6には、被駆動体と加圧接触する接触部の面(以下、接触面と記す。)と垂直な方向に変位する振幅(以下、Z軸振幅と記す。)が励起される。

また、図9(b)に示す第2の振動モードによって、突起部6には、接触面と平行な方向に変位する振幅(以下、X軸振幅と記す。)が励起される。

上記第1の振動モードと第2の振動モードの2つの振幅モードを組み合わせることにより、所定の突起部6に図9(c)に示すように楕円運動が励起することができる。以下Z軸振幅とX軸振幅の大きさの比を本明細書では楕円運動の楕円比と記す。

【0004】

図10(a)は、2相の電圧V1、V2の位相差を-180度~180度で変化させたときの第1の振動モード及び第2の振動モードの振幅を説明するためのグラフである。分極された圧電素子5における2つの電極A1、A2に印加する2相の交流電圧V1、V2の位相差を-180度~180度に変化させたときの、第1の振動モードと第2の振動モード(P2)の振幅は、それぞれ図10(a)のP1とP2に示すようになる。同図の横軸が位相差を示し、縦軸が第1の振動モードと第2の振動モードの振幅を示している。

第1の振動モードと第2の振動モードの組み合わせにより突起部6に楕円運動が励起し、印加する交流電圧V1、V2の位相差を変更することにより、所定の突起部6の励起する楕円運動の楕円比を調整することができる。

【0005】

図10(a)の下部に、横軸の位相差に応じた楕円形状を示す。そして、交流電圧V1、V2の位相差の正負の符号を切り替えることにより、直線的に駆動する振動型アクチュエータの駆動方向を切り替えることができる。

さらに、位相差を任意の値から正負の符号を含めて連続的に切り替える(例えば、位相差を正負の符号を含めて90度から-90度まで連続的に変更する)ことにより、駆動方向と速度が連続的に変化させることが可能になる。

駆動速度においては図10(b)に示すように共振周波数を速度のピークとし、共振周波数よりも高周波数側ではなだらかに駆動速度が減少し、かつ低周波数側では急激に速度が減少する現象(以下、崖落ち現象と記す)が生じてしまう。

また、圧電素子に印加する交流電圧の周波数を共振周波数に近づけることにより、速度を速くすることができ、印加する交流電圧の周波数を共振周波数から遠ざけることにより、速度を遅くすることができることが一般的に知られている。

このような振動型アクチュエータにおいて、振動子を複数用いることにより駆動力を高めた装置を構成することが可能である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2004-320846号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、複数の振動子を用いて被駆動体を駆動するように振動型アクチュエータを構成する場合、つぎのような課題が生じる。

振動型アクチュエータの制御装置の回路構成を簡単にするため、複数のそれぞれの振動子に共通の周波数を印加する場合、各々の振動子の共振周波数にズレがあると、動作が不安定になる。このため、不安定な部分を使用せずに駆動することが必要がある。

【0008】

本発明は、上記課題に鑑み、複数の振動子を用いて被駆動体を駆動するように構成するに当たり、それぞれの振動子の共振周波数にズレがあっても、安定して駆動することが可

10

20

30

40

50

能となる振動型アクチュエータの制御装置及び制御方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、つぎのように構成した振動型アクチュエータの制御装置及び振動型アクチュエータの制御方法を提供するものである。

本発明の振動型アクチュエータの制御装置は、複数の振動子に共通の交流信号を印加することにより前記複数の振動子の接触部に楕円運動を生じさせ、前記楕円運動により前記接触部に接触する被駆動体を前記複数の振動子に対して相対移動させる振動型アクチュエータの制御装置であって、

前記交流信号の駆動周波数を設定する周波数決定手段を備え、

10

前記周波数決定手段は、振動子毎に設定された楕円比変更周波数範囲が重複する周波数範囲内で、前記楕円運動の楕円比を変化させる際の前記交流信号の周波数を設定し、

前記楕円比変更周波数範囲は、

前記楕円比を変化させた時の最大の共振周波数を下限値とし、前記下限値よりも高い周波数であり前記被駆動体が相対移動する最大の周波数を上限値とし、前記上限値と前記下限値の間の周波数範囲として前記振動子毎に設定されていることを特徴とする。

また、本発明の振動型アクチュエータの制御装置は、交流信号の駆動周波数を設定する周波数決定手段を備え、

前記交流信号は、振動型アクチュエータの少なくとも第1の振動子と第2の振動子のそれぞれの接触部の楕円運動を生成するための信号であり、

20

前記第1の振動子は、前記第1の振動子の接触部の楕円運動の楕円比を変更するための第1の周波数範囲を有し、

前記第2の振動子は、前記第2の振動子の接触部の楕円運動の楕円比を変更するための第2の周波数範囲を有し、

前記周波数決定手段は、前記第1の振動子と前記第2の振動子のそれぞれの楕円比を変更するように、前記交流信号の周波数を、前記第1の周波数範囲と前記第2の周波数範囲が重複する範囲内に設定することを特徴とする。

また、本発明の振動型アクチュエータの制御方法は、複数の振動子に共通の交流信号を印加することにより前記複数の振動子の接触部に楕円運動を生じさせ、前記楕円運動により前記接触部に接触する被駆動体を前記複数の振動子に対して相対移動させる振動型アクチュエータの制御方法であって、

30

振動子毎に設定された楕円比変更周波数範囲が重複する周波数範囲内で、前記楕円運動の楕円比を変化させる際の前記交流信号の周波数を設定するにあたり、

前記楕円比を変化させた時の最大の共振周波数を下限値とし、前記下限値よりも高い周波数であり前記被駆動体が相対移動する最大の周波数を上限値とし、前記上限値と前記下限値の間の周波数範囲を前記楕円比変更周波数範囲として前記振動子毎に設定することを特徴とする。

また、本発明の振動型アクチュエータの制御方法は、複数の振動子に共通の交流信号を印加することにより前記複数の振動子の接触部に楕円運動を生じさせ、前記楕円運動により前記接触部に接触する被駆動体を前記複数の振動子に対して相対移動させる振動型アクチュエータの制御方法であって、

40

交流信号の周波数を設定する周波数決定工程を有し、

前記交流信号は、振動型アクチュエータの少なくとも第1の振動子と第2の振動子のそれぞれの接触部の楕円運動を生成するための信号であり、

前記第1の振動子は、前記第1の振動子の接触部の楕円運動の楕円比を変更するための第1の周波数範囲を有し、

前記第2の振動子は、前記第2の振動子の接触部の楕円運動の楕円比を変更するための第2の周波数範囲を有し、

前記周波数決定工程は、前記第1の振動子と前記第2の振動子のそれぞれの楕円比を変更するように、前記交流信号の周波数を、前記第1の周波数範囲と前記第2の周波数範囲

50

が重複する範囲内に設定する工程を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、複数の振動子を用いて被駆動体を駆動する装置を構成するに当たり、それぞれの振動子の共振周波数にズレがあっても、安定して駆動することが可能となる振動型アクチュエータの制御装置及び制御方法を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の第1の実施形態における振動型アクチュエータの構成を示す外観斜視図である。

10

【図2】振動型アクチュエータの振動子の駆動周波数と駆動速度の関係を示すグラフである。

【図3】本発明の第1の実施形態の振動型アクチュエータの制御装置の構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の第1の実施形態の振動型アクチュエータにおける楕円比決定手段と周波数決定手段の詳細を示すブロック図である。

【図5】本発明の第1の実施形態の振動型アクチュエータにおける振動子の駆動周波数と駆動速度の関係を示すグラフである。

【図6】本発明の第2の実施形態の振動型アクチュエータにおけるフローチャートを示す図である。

20

【図7】本発明の第3の実施形態の振動型アクチュエータの構成を示す図である。

【図8】(a)は従来例の振動型アクチュエータの基本的な構成の一例を示す外観斜視図である。(b)は(a)に示した振動型アクチュエータにおける圧電素子の分極領域の一例を示す模式図である。

【図9】(a)、(b)は従来例の振動型アクチュエータにおける弾性体の振動モードを示す斜視図である。(c)はその弾性体の突起部に励起する楕円運動を説明するための説明図である。

【図10】(a)は第1の振動モード及び第2の振動モードの振幅を説明するためのグラフである。(b)は振動子の周波数と速度の関係を示すグラフである。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0012】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

[第1の実施形態]

本発明の第1の実施形態における振動型アクチュエータの制御装置の構成を、図1を用いて説明する。

本実施形態の振動型アクチュエータは、少なくとも電気-機械エネルギー変換素子と弾性体とを有する振動子を複数備えている。

そして、前記複数の振動子におけるそれぞれの前記電気-機械エネルギー変換素子に対し共通の駆動周波数による交流信号を印加することによって、前記複数の振動子の接触部を介して接触している被駆動体を駆動するように構成されている。

40

図1は、2つの振動子により1つの被駆動体を相対駆動させる振動型アクチュエータであり、直線状に延びる被駆動体の長手方向に被駆動体を相対移動させるよう構成されている。これらの2つの振動子により、2倍の推力を発生させることができる。

図1に示す振動子8aと振動子8bは不図示のホルダにより一体となって被駆動体3と相対移動する構成とされている。

図1に示すように、この振動型アクチュエータの振動子8aは、矩形の板状に形成された金属材料から成る弾性体4aを備え、弾性体4aの裏面には圧電素子(電気-機械エネルギー変換素子)5aが接合されている。

弾性体4aの上面の所定位置には、2つの突起部6aが設けられている。

図1に示す振動子は突起部に楕円運動を生じさせ、突起部の上部(接触部)に摩擦接触す

50

る被駆動体を駆動する。同様に振動子 8 b は、弾性体 4 b には圧電素子 5 b が接合されており、弾性体 4 b の所定位置には 2 つの突起 6 b が設けられている。

【 0 0 1 3 】

図 1 に示す、圧電素子 5 a、5 b には図 8 (b) に示す 2 群の電極 A 1、A 2 が設けられており、圧電素子 5 a、5 b は図 8 (b) の紙面方向に分極処理されている。

この構成による振動子は印加する 2 相の交流電圧 (交流信号) の位相差を変更することにより、図 1 に示す突起部 6 a、6 b に励起する楕円運動の楕円比を変更することができる。

【 0 0 1 4 】

図 1 に示す振動子は、図 1 0 (b) に示すように、振動子の圧電素子に印加する交流電圧の駆動周波数を共振周波数に近づけることにより、速度を速くすることができる。

また、印加する交流電圧の周波数を共振周波数から遠ざけることにより、速度を遅くすることができる。

また、共振周波数を速度のピークとし、共振周波数よりも高周波数側ではなだらかに駆動速度が減少し、且つ低周波数側では急激に駆動速度が減少するような特性となる。

また、突起部 6 a、6 b に励起する楕円運動の X 軸振幅を大きくすることにより、被駆動体の移動速度を速くすることができる。

また、X 軸振幅を小さくすると共に、Z 軸振幅を所定の振幅に保つことにより、被駆動体の移動速度を安定的に遅くすることができる。

また、2 相の交流電圧の位相差を切り替えることにより、被駆動体の相対移動の向きを切り替えることができる。

【 0 0 1 5 】

上記図 8 (b) に示す、圧電素子 5 の電極 V 1、V 2 に対して印加する交流電圧の位相差を - 1 8 0 度 ~ 1 8 0 度で変化させたとき所定の突起部 6 a、6 b に励起する楕円運動の楕円比を調整することができる。

図 1 0 (a) の下部に、横軸の位相差に応じた楕円形状を示す。

位相差を正負の符号を含めて 9 0 度から - 9 0 度まで連続的に変更することにより、駆動方向と速度が連続的に変化させることが可能になる。

上記の構成によって、図 1 の振動子 8 a、および 8 b それぞれに振動を励振することにより、被駆動体 (スライダ) 3 を駆動することが可能となる。

また、本発明の振動子は、上記形態に限られず、突起部に Z 軸振幅を励起する振動モードの振動と、突起部に X 軸振幅を励起する振動モードの振動と、の組み合わせにより突起部に楕円運動を生じさせる振動子であればよい。具体的には、上記形態の他に、振動子の長手方向の伸縮振動と曲げ振動とを組み合わせる突起部に楕円運動を生じさせる形態でもよい。

【 0 0 1 6 】

次に、図 1 に示す 1 つの振動子の駆動特性について説明する。

図 2 は、1 つの振動子と 1 つの被駆動体で駆動した場合の、電極 A 1 と電極 A 2 (図 8 (b) 参照) に印加する交流電圧の位相差と駆動周波数と駆動速度の関係を示すグラフである。例えば、図 2 に示すように、位相差が 9 0 度から 0 度に近づくほど、第 2 の振幅モードの振幅が小さくなることにより駆動速度が小さくなる。また、位相差が 9 0 度から 0 度に近づくほど、共振周波数が高くなる。

ここで位相差を変更する際の駆動特性を説明する。

例えば、位相差 6 0 度のときの共振周波数に値に駆動周波数を設定し、位相差を 9 0 度から低位相差側にシフトした場合、位相差 9 0 度から位相差 6 0 度までは共振周波数よりも高周波側で駆動しているため崖落ち現象は生じない。ところが、位相差を 6 0 度よりも小さくシフトさせると、突然崖落ち現象が発生することになる。つまり、位相差 6 0 度のときの共振周波数の値に駆動周波数を設定し、位相差を変更する際は位相差 6 0 度より低位相差側は不安定な動作となる。

しかしながら、位相差 1 0 度のときの共振周波数の値に駆動周波数を設定し、位相差を 9

10

20

30

40

50

0度から低位相差側にシフトした場合、位相差90度から位相差10度までは位相差10度の共振周波数よりも高周波数側で駆動しているため崖落ち現象は生じない。

つまり、駆動周波数を固定して位相差を変更して駆動する場合、位相差が低い値の場合の共振周波数より高周波数側で駆動することが崖落ち現象の発生を少なくすることができる。

上述の位相差が0度の時の共振周波数24が最も高い共振周波数となるので、この周波数を位相差を変化させる制御を行う際の下限值とする。

【0017】

つぎに、周波数を変更した際の駆動特性を説明する。

例えば、位相差を90度に設定した状態で、共振周波数より高周波数側に駆動周波数をスイープアップすると駆動速度が徐々に小さくなり、突然、駆動速度が下がり動作しなくなる部分23がある。このように、下限値よりも高周波数側であって、被駆動体が相対移動しなくなる周波数を、位相差制御の際の上限値とする。また、上限値としては、上記したスイープアップした際に被駆動体が動作しなくなる部分23ではなく、共振周波数より十分に高周波数側から駆動周波数をスイープダウンした場合に速度が急激に立ち上がる部分の周波数を上限値としても良い。つまり、本発明においては、スイープダウン又はスイープアップの際に、下限値よりも高周波数側であって被駆動体が相対移動しなくなる周波数を上限値に設定すればよい。

上述の周波数の上限値と下限値の間の周波数範囲を図2に示す楕円比変更周波数範囲と設定する。この楕円比変更の周波数範囲内で楕円比を変更することにより、崖落ち現象や駆動速度が下がり動作しなくなる部分を避けて駆動することができる。

【0018】

図3のブロック図を用いて、本実施形態における振動型アクチュエータの制御装置の構成について説明する。

この制御装置は、被駆動体の目標値を生成する位置指令生成手段17を有し、その出力側には、比較手段18を介して操作量決定手段22が接続されている。

比較手段18は、位置指令生成手段17から出力された目標値と、位置検出手段16から出力された被駆動体の現在位置とを比較する。

操作量決定手段22は、比較手段18の比較結果から、振動型アクチュエータの操作量eを演算する。

操作量決定手段22はP I制御器、またはP I D制御器で構成されている。位置検出手段16は、被駆動体3の位置を検出するものであり、例えば、リニアスケールやエンコーダにて構成される。

振動子8aは、上記図1に示した構成の振動子であり、矩形の板状に形成された金属材料から成る弾性体4aの裏面に圧電素子5aが接合され、弾性体4aの表面に複数の突起部6aが設けられた振動子を備えている。

同様に、振動子8bは図1に示した構成の振動子であり、矩形の板状に形成された金属材料から成る弾性体4bの裏面に圧電素子5bが接合され、弾性体4bの表面に駆動部としての複数の突起部6bが設けられた振動子を備えている。

被駆動体3は、図1に示す被駆動体3であり、振動子8a及び振動子8bの出力側に被駆動体3が接続されている。

操作量決定手段22の出力側には、上記した楕円運動における楕円の比率を設定する楕円比決定手段19と、交流信号の周波数を設定する周波数決定手段20が接続されている。

【0019】

楕円比決定手段19は、操作量決定手段22の出力から、振動子8a、振動子8bの突起部に生成する楕円運動のX軸振幅とZ軸振幅の比率を設定し、その比率を実現する位相差を設定可能に構成されている。

駆動周波数決定手段20は操作量決定手段22の出力から、振動子8a、振動子8bに印加する交流電圧の駆動周波数を設定可能に構成されている。

さらに、楕円比決定手段19及び駆動周波数決定手段20の出力側が駆動信号生成手段2

10

20

30

40

50

1 に接続されている。

駆動信号生成手段 2 1 は、周波数決定手段 2 0 で決定された周波数で、かつ楕円比決定手段 1 9 で決定された位相差を有する 2 相の交流信号を生成する。

駆動信号生成手段 2 1 の出力側には昇圧回路 2 5 が接続されている。昇圧回路 2 5 は駆動信号生成手段 2 1 で生成された 2 相の交流信号を昇圧し、昇圧された 2 相の交流信号は振動子 8 a、8 b の圧電素子に印加する。

昇圧回路 2 5 は、電力増幅器、スイッチング素子、D C / D C 回路、またはトランス回路で構成されてもよい。

【 0 0 2 0 】

図 4 を用いて、本実施形態における楕円比決定手段 1 9 及び駆動周波数決定手段 2 0 の機能を説明する。

図 4 の中のグラフにおいて、横軸が操作量 e であり、縦軸がそれぞれ位相差、駆動周波数 f_r を表わしている。

操作量決定手段 2 2 から出力された操作量 e を楕円比決定手段 1 9 の入力値とする。

そして、この入力値により、楕円比決定手段 1 9 がグラフで表された設定に基づいて楕円比を決定する。

駆動周波数決定手段 2 0 にも操作量決定手段 2 2 から出力された操作量 e が入力されており、グラフで表された設定に基づいて駆動周波数 f_r を決定する。

図 4 のグラフで示したように、操作量 e の絶対値が小さい時は楕円比決定手段 1 9 で決定される位相差が変化し、操作量 e の絶対値が大きい時は周波数決定手段 2 0 で決定される周波数が変化する。

このとき、周波数が変化する時には位相差が変化せず、位相差が変化する時は周波数が変化しないように、周波数、位相差が一定となる領域が設けられている。位相差が変化する時に固定される周波数を楕円比制御時周波数 (f_e) と記すことにする。

【 0 0 2 1 】

つぎに、本発明における最も重要である複数の共振周波数がズレた振動子で共通の駆動周波数により駆動を行う場合の楕円比制御時周波数 (f_e) の設定について説明する。

図 5 は、共振周波数のズレている 2 つの振動子の 1 つの振動子と 1 つの被駆動体で駆動した場合の駆動周波数、位相差、駆動速度の関係を表している。

この図 5 は図 8 (b) に示す圧電素子に印加する 2 相の電圧 V_1 と V_2 の位相差を変更した場合の駆動速度を示すグラフである。

振動子 8 a の位相差を $90 \sim 10$ 度と変更したときの駆動周波数対駆動速度は図 5 に示す 90 度 a ~ 10 度 a である。

振動子 8 a の位相差 0 度の共振周波数は図 5 に示す位相差 0 度の共振周波数 24 a である。同様に、振動子 8 b の位相差を $90 \sim 10$ 度と変更したときの駆動周波数対駆動速度は図 5 に示す 90 度 b ~ 10 度 b である。振動子 8 b の位相差 0 度の共振周波数は図 5 に示す位相差 0 度の共振周波数 24 b である。また、振動子 8 a で被駆動体を相対移動させる際に、被駆動体が相対移動しなくなる最大の周波数が 23 a であり、振動子 8 b で被駆動体を相対移動させる際に、被駆動体が相対移動しなくなる最大の周波数が 23 b である。

【 0 0 2 2 】

本実施形態においては、周波数決定手段によって前記複数の振動子のそれぞれの特性に基づいて設定された駆動周波数範囲である楕円比変更周波数範囲 a は、つぎのようにして決定される。

すなわち、楕円比変更周波数範囲 a は、前述したように、位相差を 0 度にしたときの共振周波数を下限値 (楕円比決定手段により楕円比を変更した際に最大となる共振周波数を下限値) としている。

また、下限値よりも高い駆動周波数で被駆動体を駆動する際に該被駆動体を駆動することができる最大の駆動周波数を上限値としている。

楕円比変更周波数範囲 a は、このようにして決定された下限値と上限値との間の周波数範囲である。

10

20

30

40

50

同様に、楕円比変更周波数範囲 b は、振動子 8 b の特性に基づいて決定した範囲である。ここで、振動子 8 a と振動子 8 b により 1 つの被駆動体を駆動する場合について説明する。

例えば、振動子 8 a と振動子 8 b により 1 つの被駆動体を駆動する場合、振動子 8 a の 30 度の共振周波数において振動子 8 b は位相差を変更しても崖落ち現象が発生しない。ところが、振動子 8 a の位相差を 90 度から低位相差側に変更した場合、崖落ち現象が発生してしまう。

これにより、振動子 8 a の駆動速度が急激に減少し振動子 8 b の駆動速度にブレーキをかける状態となる。

また、駆動速度が不安定な状態に陥る。この状態を避けて駆動することが前述した本発明で課題としていることである。

つまり、楕円比変更周波数範囲 c より下側の周波数で駆動した場合、複数の振動子の内で比較する共振周波数の高い振動子が崖落ち現象が発生する可能性がある。

逆に、楕円比変更周波数範囲 c より上側の周波数で駆動した場合、複数の振動子の内の共振周波数の低い振動子の駆動速度が下がり動作しなくなる部分を超えてしまう可能性がある。

【 0 0 2 3 】

これに対して、本実施形態によれば、楕円比決定手段は、周波数決定手段によって前記複数の振動子のそれぞれの特性に基づいて設定された楕円比変更周波数範囲において、それぞれの楕円比変更周波数範囲の重複する駆動周波数の範囲で楕円比が変更可能（制御可能）に構成されている。

具体的には、図 4 に示す楕円比制御時周波数（ f_e ）は 2 つの振動子の楕円比変更範囲の重複する範囲である楕円比変更周波数範囲 c となるように設定する。

これにより、1 つの被駆動体を相対駆動し複数の振動子に共通の周波数を印加する場合、駆動速度が不安定な状態を避けて駆動することが可能となる。

【 0 0 2 4 】

[第 2 の実施形態]

第 2 の実施形態として、振動型アクチュエータの駆動に用いる周波数帯域のうち、最も高周波となる楕円比変更周波数上限と最も低周波となる楕円比変更周波数下限を設定する構成例について説明する。

本実施形態では、複数の振動子により 1 つの被駆動体を駆動させる振動型アクチュエータの制御方法において、複数の振動子の各々の特性を特性検出装置において各々に特性検出を行う。

そして、その各々の振動子の特性の検出結果に基づいて、複数の振動子により 1 つの被駆動体を駆動させる際の周波数帯域のうち、最も高周波となる楕円比変更周波数の上限値と最も低周波となる楕円比変更周波数の下限値を設定する。

なお、本実施形態における複数の振動子により 1 つの被駆動体を駆動させる振動型アクチュエータの制御装置の構成は、第 1 の実施形態の構成と同様であり説明は省略する。

【 0 0 2 5 】

つぎに、図 6 のフローチャートを用いて、本実施形態における各々の振動子の出力特性の検出について、具体的に説明する。

まず、STEP 1 では図 1 に示す振動子 8 a と振動子 8 b により 1 つの被駆動体 3 を駆動させる振動型アクチュエータの振動子 8 a を不図示の特性検出装置にセットする。

不図示の特性検出装置は図 8（ a ）に示すような振動子 1 つと被駆動体 1 つとで構成された状態で駆動特性を検知するセンサ等を含む装置である。

次に、STEP 2 において、振動子 8 a へ印加する周波数を予め決められた十分高い周波数に設定する。

次に、STEP 3 において、振動子 8 a の位相差を 90 度に設定する。

ここで設定する位相差は位相差を変化させた時に振動型アクチュエータの駆動速度が最大になる位相差である。

10

20

30

40

50

次に、STEP 4において、STEP 2、3で設定された周波数と位相差を振動子 8 a に印加して駆動を開始する。

次に、STEP 5において、速度検出を行う。ここで検出される速度は振動子 8 a と被駆動体の相対駆動の速度である。

【0026】

次に、STEP 6において、STEP 5で検出した速度が 0 以上であるか比較を行う。検出された速度が、ゼロと比較して大きい場合はSTEP 8に進む。

また、STEP 5で検出した速度がゼロの場合は、被駆動体と振動子が相対移動しない状態と判断してSTEP 7に進む。

次に、STEP 7において、周波数を下げてSTEP 5に進む。

10

ここで、被駆動体と振動子が相対移動しない状態である場合は、STEP 5～STEP 7の動作を繰り返している。

次に、STEP 8において、振動子 8 a に印加している周波数を楕円比変更周波数上限値として不図示のメモリに記憶する。

次に、STEP 9においては、振動子に印加する位相差を 1 度にセットする。

これは振動子の共振周波数が位相差を 90 度から低位相差側にシフトすると共振周波数が大きくなることから、なるべく小さい位相差で共振周波数を検知するためである。

ここでは、十分小さい位相差である 1 度にセットする。

続くSTEP 10において、駆動速度が急激に低下する崖落ち現象が起きているかを検出する。ここで崖落ちしていない場合はSTEP 11に進み、崖落ちしている場合はSTEP 12に進む。

20

STEP 11では周波数を下げる。ここで、崖落ちが検出されない場合は、STEP 10～STEP 11の動作を繰り返している。

STEP 12において、振動子 8 a に印加している周波数を不図示のメモリの楕円比変更周波数下限値に記憶する。

次に、STEP 13において、特性検出装置にセットしている振動子を振動子 a から振動子 b に変更している。その後STEP 2に進み前述の動作を繰り返している。この動作により、振動子 8 a の出力特性を検出した後に振動子 8 b の出力特性を検出できる。

STEP 1～STEP 14の方法において、振動子 8 a の出力特性を検出した後に、振動子 8 b の出力特性を検出することで、図 5 に示すような、各々の振動子の出力特性を検出することができる。

30

次に、STEP 15において、STEP 1～STEP 14で検出された、振動子 8 a を特性検出装置にセットした場合の上限値と下限値との間の周波数範囲である楕円比変更周波数範囲を求める。また、振動子 8 b を特性検出装置にセットした場合の上限値と下限値との間の周波数範囲である楕円比変更周波数範囲を求める。そして、それぞれの楕円比変更周波数範囲が重複する範囲（共通範囲）を算出する。

これらにより、第 1 の実施形態に示す振動子毎の楕円比変更周波数範囲 a , b が重複する楕円比変更周波数範囲 c を算出することができる。

次に、STEP 16において、図 1 に示す 2 つの振動子により 1 つの被駆動体を相対駆動する振動型アクチュエータに振動子 8 a と振動子 8 b を組み込み、STEP 15で算出された値に基づいて第 1 の実施形態と同様に制御駆動することができる。

40

【0027】

本実施形態では、複数の振動子により 1 つの被駆動体を相対駆動し複数の振動子に共通の周波数を印加する場合、予め各々の振動子を出力特性検出装置に各々に取り付け楕円比変更周波数範囲を検出する。

これにより、各々の楕円比変更周波数範囲の重なりあう部分から楕円比変更周波数範囲 c を設定することができる。

これにより、複数の振動子により 1 つの被駆動体を相対駆動する場合、予め各々の振動子の楕円比変更周波数範囲を検出することにより、容易に複数の振動子により 1 つの被駆動体を相対駆動する際の楕円比変更周波数範囲を設定することができる。

50

【 0 0 2 8 】

[第 3 の実施形態]

第 3 の実施形態として、3 つの振動子によりリング形状の被駆動体を回転駆動させるようにした構成例について、図 7 を用いて説明する。

第 1 及び第 2 の実施形態では、2 つの振動子により 1 つの被駆動体を相対駆動させる振動型アクチュエータを例にあげて説明を行った。

本実施形態では、図 7 に示すように、3 つの振動子によりリング形状の被駆動体を回転駆動可能に構成されている。

リング形状の被駆動体は不図示のガイドで回転以外の動作はできないようになっている。この構成において、第 1 の実施形態と同様な方法で各々の楕円被変更周波数範囲の重複する部分で駆動することにより、駆動速度が不安定な状態を避けて駆動することができる。

10

【 0 0 2 9 】

本実施形態では、図 7 に示すように、振動子 8 c、8 d、8 e により 1 つの被駆動体 2 を相対駆動し振動子 8 c、8 d、8 e に共通の周波数を印加する場合、各々の楕円被変更周波数範囲である楕円比変更周波数範囲 8 c、8 d、8 e の重複する楕円比変更周波数範囲において駆動することで、駆動速度が不安定な状態を避けて駆動するように構成されている。

また、第 2 の実施形態と同様な方法で、最も高周波となる楕円比変更周波数上限値と最も低周波となる楕円比変更周波数下限値を設定することができる。

具体的には、各々の特性を別の特性検出装置において各々に特性検出を行う。

20

そして、その各々の振動子の特性結果に基づいて振動子 8 c、8 d、8 e の振動子により 1 つの被駆動体 2 を駆動させる振動型アクチュエータの駆動に用いる周波数帯域のうち、楕円比変更周波数における最も高周波となる上限値と下限値を設定する。

これにより、複数の振動子により 1 つの被駆動体を相対駆動する場合、予め各々の振動子の楕円比変更周波数範囲を検出することにより、容易に複数の振動子により 1 つの被駆動体を相対駆動する際の楕円比変更周波数範囲を設定することができる。

【 0 0 3 0 】

以上に説明したように、本発明の各実施形態の構成によれば、複数の振動子により 1 つの被駆動体を駆動し、複数の振動子に共通の周波数を印加する場合、安定して駆動することができる。

30

すなわち、各々の振動子の共振周波数にズレがあっても、各々の振動子の楕円比変更周波数範囲の重複した部分で駆動することにより安定して駆動することができる。

また、各々の出力特性から楕円比変更周波数範囲を調整することにより安定して駆動することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 1 】

3 : 被駆動体

4 a、4 b : 弾性体

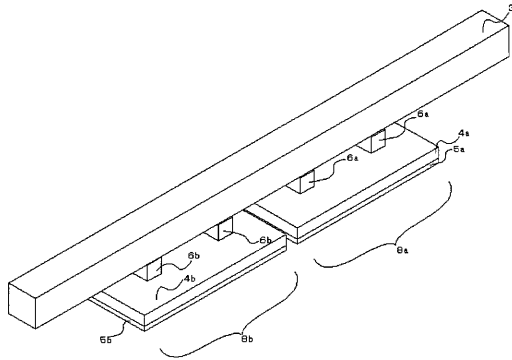
5 a、5 b : 圧電素子

6 a、6 b : 突起部

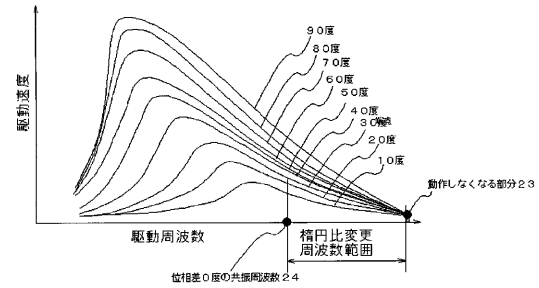
8 a、8 b : 振動子

40

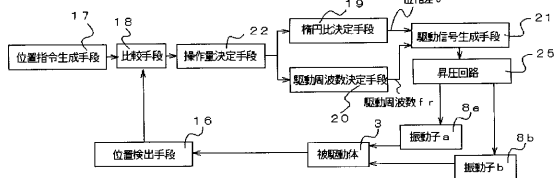
【図 1】



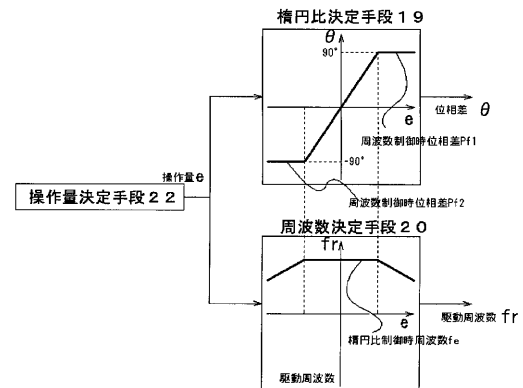
【図 2】



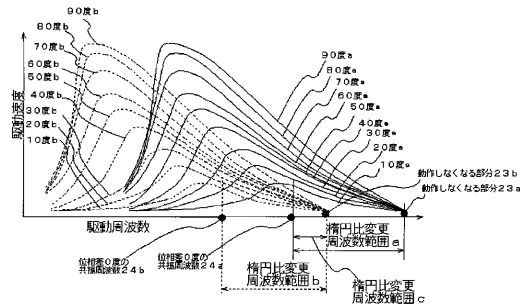
【図 3】



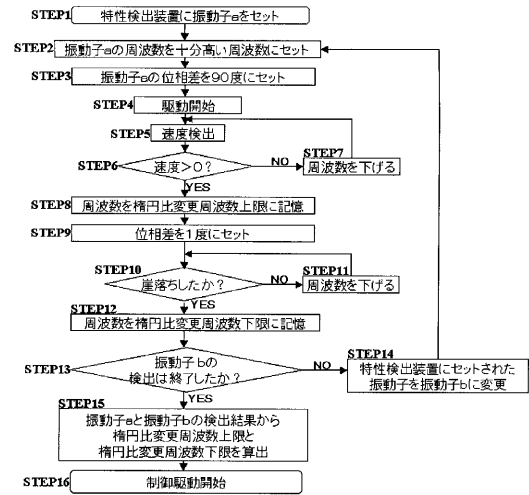
【図 4】



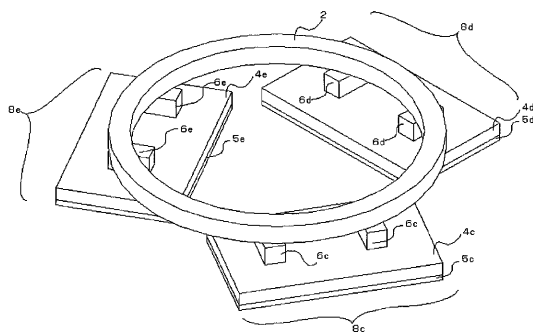
【図 5】



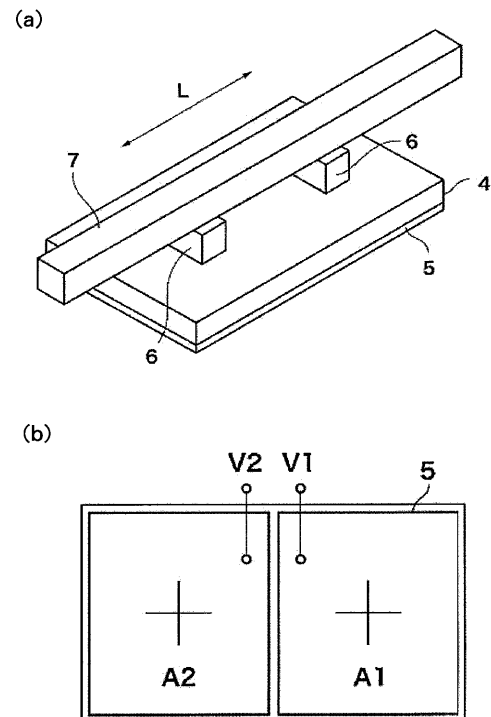
【図 6】



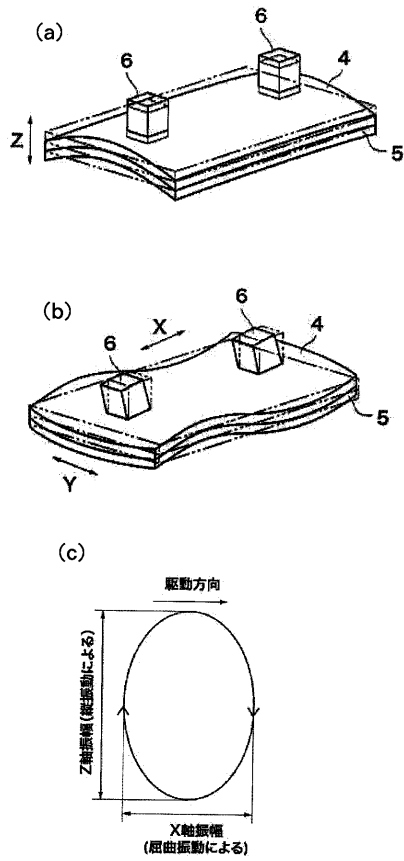
【図 7】



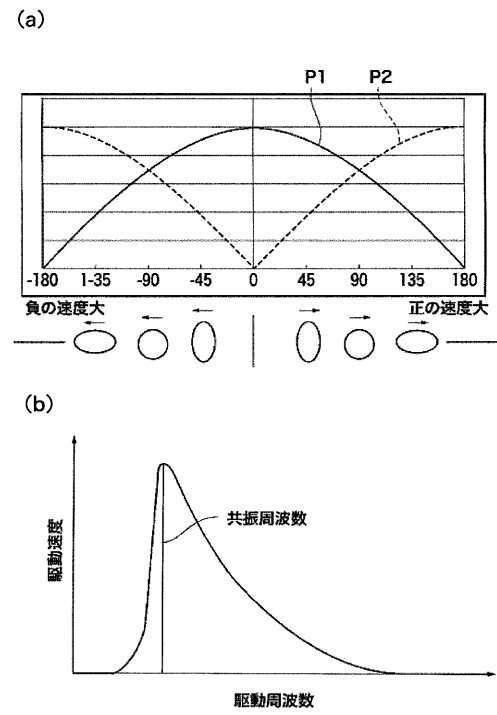
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2008-278712(JP,A)
特開2009-89586(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02N 2/00