

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5110826号
(P5110826)

(45) 発行日 平成24年12月26日(2012.12.26)

(24) 登録日 平成24年10月19日(2012.10.19)

(51) Int.Cl.

HO2N 2/00 (2006.01)

F 1

HO2N 2/00

C

請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2006-229439 (P2006-229439)
 (22) 出願日 平成18年8月25日 (2006.8.25)
 (65) 公開番号 特開2008-54448 (P2008-54448A)
 (43) 公開日 平成20年3月6日 (2008.3.6)
 審査請求日 平成21年8月7日 (2009.8.7)

(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 100125254
 弁理士 別役 重尚
 (72) 発明者 田中 秀哉
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ャノン株式会社内

審査官 松本 泰典

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】振動波モータ制御装置、振動波モータ制御方法、及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧電素子と移動体を有し、前記圧電素子に複数相の駆動電圧を印加することで発生させた振動波によって前記移動体を駆動する振動波モータを制御する振動波モータ制御装置において、

前記複数相の駆動電圧の周波数を設定する周波数制御手段と、

前記振動波モータの移動体の駆動速度を検出する検出手段と、

前記検出手段が検出した前記駆動速度と、前記周波数と前記駆動速度の関係を示す予め格納された関数とに基づいて、推定周波数を求める推定手段と、

前記周波数制御手段が設定した前記駆動電圧の周波数と、前記推定手段にて求められた推定周波数の間の周波数差を算出する算出手段と、を有し、

前記周波数制御手段は、前記算出された周波数差に基づいて前記駆動電圧の周波数を変更することを特徴とする振動波モータ制御装置。

【請求項 2】

前記複数相の駆動電圧の位相差を設定する位相差制御手段を有し、

前記推定手段は、前記位相差制御手段が設定した位相差と、前記検出手段にて検出された駆動速度と、前記予め格納された関数とに基づいて、前記推定周波数を求めることを特徴とする請求項 1 に記載の振動波制御装置。

【請求項 3】

前記推定手段は、前記位相差制御手段が設定した位相差と前記検出手段にて検出された

10

20

駆動速度から、前記位相差制御手段が前記位相差を所定の位相差に設定した場合の第2の駆動速度を求め、前記第2の駆動速度と前記予め格納された関数とに基づいて、前記推定周波数を求ることを特徴とする請求項2に記載の振動波モータ制御装置。

【請求項4】

前記位相差制御手段は、前記移動体の目標位置と前記移動体の移動位置の差に基づいて、前記位相差を設定することを特徴とする請求項2または3に記載の振動波モータ制御装置。

【請求項5】

前記周波数制御手段は、前記駆動電圧の周波数を前記算出された周波数差だけ変更することを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の振動波モータ制御装置。

10

【請求項6】

圧電素子と移動体を有し、前記圧電素子に複数相の駆動電圧を印加することで発生させた振動波によって前記移動体を駆動する振動波モータを制御する振動波モータ制御方法において、

前記複数相の駆動電圧の周波数を設定する周波数制御工程と、

前記振動波モータの移動体の駆動速度を検出する検出工程と、

前記検出工程が検出した前記駆動速度と、前記周波数と前記駆動速度の関係を示す予め格納された関数とに基づいて、推定周波数を求める推定工程と、

前記周波数制御工程が設定した前記駆動電圧の周波数と、前記推定工程にて求められた推定周波数の間の周波数差を算出する算出工程と、

20

前記算出された周波数差に基づいて前記駆動電圧の周波数を変更する変更工程と、を含むことを特徴とする振動波モータ制御方法。

【請求項7】

請求項6に記載の振動波モータ制御方法をコンピュータに実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動波モータ制御装置、振動波モータ制御方法、及びプログラムに関し、特に、予め設定された設定周波数の電圧により駆動される振動波モータを制御する振動波モータ制御装置、振動波モータ制御方法、及びプログラムに関する。

30

【背景技術】

【0002】

振動波モータは、電圧を印加すると振動する圧電素子としての弾性体に振動波を生じさせ、この振動体に接触する移動体を摩擦力により相対移動させるものである。

【0003】

このような圧電素子の共振点（共振周波数）は、温度、湿度、負荷等の環境条件に応じて変動する。したがって、圧電素子を安定に動作させるためには、圧電素子を駆動するために印加される電圧の周波数（以下、「駆動周波数」という）の値が圧電素子の共振周波数の値よりも常に大きくなるように駆動周波数の値を制御する必要がある。

【0004】

40

そこで、上記駆動周波数の値を制御するために、振動波モータの一例である超音波モータの弾性体の振動状態をモニタするために設けた他の圧電素子、即ちモニタ用圧電素子を用いることが提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【特許文献1】特開平05-252765号公報（図1）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上述したモニタ用圧電素子は、駆動周波数の値を制御するためだけに設けられたものであるので、モニタ用圧電素子の分だけコストがかかる。また、この場合には、モニタ用圧電素子からの出力信号を処理するためのモニタ信号処理回路をも設ける必

50

要があるので、振動波モータを制御する回路を含む回路基板が大型化すると共にその分だけコストがかかる。さらには、該モニタ信号処理回路からの信号をマイクロコンピュータ（マイコン）へ入力するためのマイコン入力ピン等をマイコンに割り当てる操作、即ちリソース割当を行う必要があるので、ユーザの手間がかかり、人件費がコストアップする。

【0006】

本発明の目的は、コストダウンを図ることができる振動波モータ制御装置、振動波モータ制御方法、及びプログラムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明は、圧電素子と移動体を有し、前記圧電素子に複数相の駆動電圧を印加することで発生させた振動波によって前記移動体を駆動する振動波モータを制御する振動波モータ制御装置において、前記複数相の駆動電圧の周波数を設定する周波数制御手段と、前記振動波モータの移動体の駆動速度を検出する検出手段と、前記検出手段が検出した前記駆動速度と、前記周波数と前記駆動速度の関係を示す予め格納された関数とに基づいて、推定周波数を求める推定手段と、前記周波数制御手段が設定した前記駆動電圧の周波数と、前記推定手段にて求められた推定周波数の間の周波数差を算出する算出手段と、を有し、前記周波数制御手段は、前記算出された周波数差に基づいて前記駆動電圧の周波数を変更することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、振動波モータの移動体の駆動速度と、周波数と駆動速度の関係を示す予め格納された関数とに基づいて、推定周波数を求める、設定した駆動電圧の周波数と、求められた推定周波数の間の周波数差を算出し、算出された周波数差に基づいて駆動電圧の周波数を変更する。これにより、従来のように駆動周波数の値を制御するためにモニタ用圧電素子を設ける必要がなくなる。その結果、コストダウンを図ることができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【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詳細に説明する。

【0013】

図1は、本発明の実施の形態に係る振動波モータ制御装置を備える撮影装置の構成を概略的に示すブロック図である。

30

【0014】

図1において、撮影装置10は、被写体撮影用のレンズ100と、後述する振動波モータ111を用いてレンズ100の位置を制御するレンズ位置制御部110と、振動波モータを駆動すべき電圧の駆動周波数を制御する駆動周波数制御部120とを備える。

【0015】

レンズ位置制御部110は、レンズ100を駆動する振動波モータ111と、振動波モータ111に駆動電圧を印加することにより振動波モータ111を駆動するドライバ112とを含む。

【0016】

振動波モータ111は、2つの電極で構成された弾性体111aと、弾性体111aに接触する移動体111bとから構成されている。弾性体111aは、ドライバ112から印加された駆動電圧に応じて振動し、これにより振動波が発生する。したがって、弾性体111aは、電気-機械エネルギー変換素子の一例である圧電素子として機能する。移動体111bは、レンズ100と直接的に又は所定の部材を介して間接的に連結されており、レンズ100は、移動体111bの移動に応じて変位する。

40

【0017】

また、レンズ位置制御部110は、目標位置発生部113、演算器114、補償器115、2相パルス発生部116と、駆動周波数設定部117と、移動体111bの位置を検出するエンコーダ119とを備える。目標位置発生部113、演算器114、補償器11

50

5、及び2相パルス発生部116は、図1に示すように、ドライバ112に向かって直列に接続されている。駆動周波数設定部117は、2相パルス発生部116に接続されている。エンコーダ119は、演算器114に接続されている。

【0018】

駆動周波数制御部120は、補償器115及びエンコーダ119に接続されたオブザーバ121と、オブザーバ121に接続された演算器122と、演算器122に接続された駆動周波数補正部123と、スイッチ124とを備える。スイッチ124は、一端が駆動周波数補正部123に接続されており、他端が駆動周波数設定部117に接続されている。また、演算器122は、2相パルス発生部116にも接続されている。

【0019】

次に、図1におけるレンズ位置制御部110によって実行されるレンズ位置制御処理を説明する。

【0020】

レンズ位置制御処理では、まず、目標位置発生部113が、移動体111bを移動すべき目標位置を発生して演算器114に入力し、一方、エンコーダ119が、移動体111bの位置を検出して演算器114に入力する。続いて、演算器114は、目標位置発生部113が発生した目標位置と、エンコーダ119から入力された移動体111bの位置の間の差、即ち移動体111bを目標位置にまで移動させるために必要な駆動距離を算出して補償器115に入力する。

【0021】

その後、補償器115は、演算器114から入力された駆動距離に基づいて後述する位相差の値を算出して2相パルス発生部116に入力する。2相パルス発生部116は、図2を用いて後述する2種類のパルス信号、即ち第1パルス信号及び第2パルス信号を発生してドライバ112に入力する。駆動周波数設定部117は、2相パルス発生部116が発生すべき2種類のパルス信号の駆動周波数の値を設定周波数Fとして2相パルス発生部116に設定する。

【0022】

図2は、図1における2相パルス発生部116が発生する2種類のパルス信号のタイミングチャートである。

【0023】

図2に示すように、2相パルス発生部116が発生する第1パルス信号及び第2パルス信号は、パルスの周期が同一であり、この周期は、駆動周波数設定部117が設定した設定周波数Fに対応する。ここで、設定周波数Fの初期値である基準駆動周波数F_rの値、例えば175kHzは、後述する図3を用いて予め設定される。

【0024】

また、第1パルス信号及び第2パルス信号のパルス間の位相差は、補償器115から入力されたものに該当する。パルスの1周期を360度とすると、位相差の90度は1/4周期に該当する。位相差の値は-90度から+90度までの範囲内で設定すればよい。

【0025】

図1において、ドライバ112は、2相パルス発生部116から入力された2種類のパルス信号に応じて不図示の電源をスイッチングすることにより2相の駆動電圧を生成する。これらの駆動電圧が、弾性体111aを構成する2つの電極に印加されると、該電極の電圧値が上昇する。弾性体111aは、2相の駆動電圧が印加されると振動し、これにより振動波が発生する。弾性体111aに接触している移動体111bは、振動中の弾性体111aとの間の摩擦力により相対的に移動する。エンコーダ119は、移動体111bの位置を検出して演算器114に入力する。

【0026】

このようにして、レンズ位置制御部110は、エンコーダ119が検出した移動体111bの位置を演算器114にフィードバックすることにより、設計通りに即ち所望の一巡

10

20

30

40

50

伝達特性に従って移動体 111b ひいてはレンズ 100 の位置を制御する。なお、この一巡伝達特性とは、レンズ位置制御部 110 を形成するフィードバックループが所望の一巡伝達関数 (open loop transfer function) に従ってレンズ位置制御部 110 が動作するような特性を指す。

【0027】

一方、図 1 における駆動周波数制御部 120 は、その各部が以下のように動作することにより、後述する図 5 の振動波モータ駆動制御処理を実行する。

【0028】

オブザーバ 121 は、エンコーダ 119 が検出した移動体 111b の位置 (位相) に基づいて、振動波モータ 111 の弾性体 111a が実際に発生した振動波の周波数の値を推定周波数 F' として算出して演算器 122 に入力する。したがって、推定周波数 F' は、設定周波数 F の実効周波数を示している。実効周波数の値は、設定周波数 F (駆動周波数) に期待される以上に高い周波数の振動波を振動波モータ 111 が発生した場合には、設定周波数 F の値よりも高くなる。

【0029】

演算器 122 は、オブザーバ 121 から入力された推定周波数 F' と、2 相パルス発生部 116 に設定されている設定周波数 F の間の周波数差 F の値を算出し、駆動周波数補正部 123 に入力する。

【0030】

駆動周波数補正部 123 は、周波数差 F に基づいて補正值 C を算出し、この補正值 C を 2 相パルス発生部 116 に設定されている設定周波数 F に加算する。これにより、駆動周波数設定部 117 に入力すべき設定周波数 F の値 (以下、「更新値」という) が算出される。

【0031】

スイッチ 124 は、その ON / OFF が所定のタイミングでスイッチングされるように構成されている (タイミング設定手段)。したがって、スイッチ 124 が ON であるときに、駆動周波数補正部 123 が算出した設定周波数 F の更新値が駆動周波数設定部 117 に入力される。

【0032】

これに応じて、レンズ位置制御部 110 の駆動周波数設定部 117 は、2 相パルス発生部 116 に設定されている設定周波数 F の値を入力された更新値で更新する。

【0033】

このように、駆動周波数制御部 120 は、振動波モータ 111 に印加すべき駆動電圧に対して設定されている設定周波数 F の値を制御するように構成されている。

【0034】

次に、レンズ位置制御部 110 のドライバ 112 によって駆動される移動体 111b の速度について説明する。

【0035】

図 3 は、図 1 における振動波モータ 111 の移動体 111b が移動するときの速度 u と弾性体 111a が発生する周波数 x の間の関係を示す図である。

【0036】

図 3 において、横軸は、弾性体 111a が発生する振動波の周波数 x (Hz) を示しており、縦軸は、移動体 111b の速度 u を示している。なお、速度 u の単位としては、任意のものを用いることができる。

【0037】

図 3 の線 300a は、振動波モータ 111 の弾性体 111a に周波数 x の振動波が発生したときに移動する移動体 111b の最大速度 u を示しており、最大速度 u は、下記式 1 に示すように周波数 x の関数で表される。

【0038】

$$u = f(x) \quad \dots \dots (1)$$

10

20

30

40

50

図3に示すように、線300a上の共振点P₀では、最大速度uの値が最大値V_{max}を呈する。また、線300aにおいて、周波数xの値が共振点P₀に対応する共振周波数F₀の値よりも大きくなるほど、最大速度uの値は最大値V_{max}よりも低下する。したがって、この関数は、図3に示すような傾きを係数とした一次関数とみなすことができる。また、駆動周波数設定部117が設定する設定周波数Fの値は、弾性体111aの共振周波数F₀よりも大きい値となるように設定される。これにより、弾性体111aの共振点F₀の値が環境条件に応じて変動した場合であっても弾性体111aを安定に動作させることができる。

【0039】

なお、図3の一次関数の傾きは、弾性体111aに固有の値であり、例えば-0.01である。このとき、設定周波数Fの初期値である基準駆動周波数F_rの値として、例えば175kHzを設定したときに移動体111bの速度uの値が100であった場合、線300aに対応する一次関数は、下記式2のように表される。

【0040】

$$u = (175000 - x) / 100 + 100 \quad \dots \dots (2)$$

図3に示すような線300a又は線300aを表す関数(式1, 2)は、基準駆動周波数F_rの値を設定するために用いた検量線として、補償器115に格納される。設定周波数Fの値とその実効周波数の値がほぼ等しい場合、この検量線に設定周波数Fの値を代入することにより、設定周波数Fに対応する移動体111bの最大速度uを迅速に算出することができる。

【0041】

なお、図3に示すような線300a又は線300aを表す関数(式1, 2)に対応する検量線をオブザーバ121や駆動周波数補正部123にも格納することが好ましい。

【0042】

図4は、図2に示す位相差と移動体111bの速度uの間の関係を示す図である。

【0043】

図4において、横軸は、図2の第1パルス信号及び第2パルス信号のパルス間の位相差(度)を示し、縦軸は、移動体111bの速度uを示している。

【0044】

図4の線400は、設定周波数Fの値が基準駆動周波数F_rで一定である場合において、位相差の値を-90度から+90度までの180度に亘って変化させたときの移動体111bの速度uの値を示している。

【0045】

図4に示すように、線400においては、位相差の値が+90度であるとき、即ち第1パルス信号のパルスに対して第2パルス信号のパルスが1/4周期だけ進行しているときに、移動体111bの速度uの値が最大値V_{max}を呈する。このとき、移動体111bは、所定の方向(以下、「+方向」という)に移動する。

【0046】

また、位相差の値が-90度であるとき、即ち第1パルス信号のパルスに対して第2パルス信号のパルスが1/4周期だけ後退(遅延)しているときにも、速度uの値が最大値V_{max}を呈する。このとき、移動体111bは、+方向とは逆の方向(-方向)に移動する。

【0047】

また、線400において、位相差の値が0度であるときには、速度uの値が0となり、これは、移動体111bが停止していることを意味する。

【0048】

なお、上述した最大値V_{max}は、図3における基準駆動周波数F_rに対応する基準速度V_rの値に一致する。すなわち、図3の線300は、図4において位相差の絶対値が90度であるときの最大速度と周波数の間の関係を示している。

【0049】

10

20

30

40

50

また、図4から分かるように、速度uは位相差の関数 $u = f(\theta)$ で表すことができる。ここで、線400を表す関数は、図4に示すような傾きを係数とした一次関数とみなすことができ、下記式3のように表される。

【0050】

$$u = V_{max} \times (\theta / 90) \quad \dots \dots (3)$$

図4の線400又は線400を表す関数(式3)は、検量線として、例えば補償器115に格納される。このように格納した検量線に位相差の値を代入することにより、位相差に対応する移動体111bの速度u、更には位相差の絶対値が90度であるときの移動体111bの最大速度uを迅速に算出することができる。換言すれば、移動体111bの速度uの値は、設定周波数Fの値が基準駆動周波数F_rで固定されているときに、図4に示すような既知の範囲内で変動する。

10

【0051】

これを利用することにより、補償器115は、位相差の値を変更して移動体111bの速度uの値を変更するように構成されている。例えば、第1パルス信号に対する第2パルス信号のパルスの進行方向が反転するように位相差の値を変更することによって、移動体111bの移動方向を反転させることができる。また、位相差の値を0にすることによって移動体111bを停止させることができる。このようにして、レンズ位置制御部110は、振動波モータ111の移動体111bひいてはレンズ100の位置を制御している。

【0052】

20

なお、図4の線400又は線400を表す関数(式3)に対応する検量線をオブザーバ121にも格納することが好ましい。

【0053】

また、図3及び図4によれば、速度uは、周波数x及び位相差の関数で表すことができる。ここで、図3の線300a及び図4の線400は、レンズ位置制御部110が所望の一巡伝達特性に従って動作するように補償器115の応答特性を設計するための前提(基準)となっている。換言すれば、線300aを用いて設定した基準駆動周波数F_rで振動波モータ111が動作している限りは、レンズ位置制御部110は、補償器115が図4の線400に基づいて算出した位相差の値に基づいてレンズ100の位置を制御することが可能となる。

30

【0054】

一方、駆動周波数制御部120のオブザーバ121は、図1に示したように、補償器115及びエンコーダ119に接続されている。これにより、駆動周波数制御部120では、環境条件の変動に応じて発生した弾性体111aの共振周波数F₀の変動の大きさを推定することが可能となる。

【0055】

具体的には、オブザーバ121は、まず、エンコーダ119から入力された移動体111bの位置の所定の時間(以下、「サンプリング時間」という)内における変位量Lに基づいて、移動体111の実測速度V₁(即ち、L/サンプリング時間)を算出する。なお、上記サンプリング時間は、スイッチ124によるON/OFFのスイッチングの間隔に応じて設定されることが好ましい。

40

【0056】

また、このとき、オブザーバ121は、補償器115から入力された位相差に基づいて、実測速度V₁から移動体111bの最大速度V₂を算出する。

【0057】

$$V_2 = V_1 \div (\theta / 90) \quad \dots \dots (4)$$

なお、設定周波数Fの値が基準駆動周波数F_rのときは、基準速度V_rが最大速度V_{max}に該当する。

【0058】

ここで、変位量Lは、サンプリング時間の前後にエンコーダ119が検出した移動体

50

111bの2つの位置間の距離、即ちサンプリング時間内における移動体111bの移動距離を示す。

【0059】

次に、オブザーバ121は、最大速度 V_2 と最大速度 V_{max} とを比較する。この比較の結果、最大速度 V_2 が最大速度 V_{max} よりも低い場合には、実効周波数（推定周波数） F' が設定周波数 F よりも実質的に高いことが推測される。実効周波数が設定周波数 F よりも高くなる理由は、図7を用いて後述するように、環境条件の変動に応じて共振点 P_0 が低周波数側にずれたためである。一方、最大速度 V_2 が最大速度 V_{max} よりも高い場合には、図8を用いて後述するように、環境条件の変動に応じて共振点 P_0 が高周波数側にずれたために、実効周波数 F' が設定周波数 F よりも実質的に低いことが推測される。

10

【0060】

上述したような推定が成り立つことを利用して、本発明では、オブザーバ121で推定周波数 F' の値を算出し、算出される推定周波数 F' の値に基づいて演算器122及び駆動周波数補正部123が設定周波数 F の更新値を自動的に算出している。これらの処理を含む振動波モータ駆動制御処理を説明する。

【0061】

図5は、図1の撮影装置10の駆動周波数制御部120が実行する振動波モータ駆動制御処理のフローチャートである。本処理は、振動波モータ111の電源がONであるとき、即ちレンズ位置制御部110が作動しているときに実行される。

20

【0062】

図5において、まず、スイッチ124に設定された所定タイミングになったときは（ステップS101でYES）、オブザーバ121は、推定周波数 F' の値を算出する（ステップS102）。具体的には、図3に対応する検量線を表す関数 $u = f(x)$ の逆関数 $x = f^{-1}(u)$ に、移動体111bの位置の変位量 L から算出した実測速度 V_1 を用いて算出した最大速度 V_2 を代入することにより推定周波数 F' の値を算出する（即ち、 $F' = f^{-1}(V_2)$ ）。

【0063】

続くステップS103では、演算器122は、設定周波数 F に対する推定周波数 F' の偏差を示す周波数差 F を算出する（即ち、 $F = F' - F$ ）。ここで、周波数差 F の符号に基づいて、設定周波数 F の値と推定周波数 F' の値とを比較することができる。この比較により、オブザーバ121は、弾性体111aの共振点 F_0 が環境条件に応じて高周波数側に変動したか又は低周波数側に変動したかを判別している。次に、駆動周波数補正部123は、周波数差 F に対して補正ゲイン（-1）を乗算することにより補正值 C を取得する（即ち、 $C = -F$ ）（ステップS104）。

30

【0064】

続いて、ステップS105では、駆動周波数補正部123は、設定周波数 F の値175kHzに式7の補正量 C の値-5kHzを加算することにより、これらの和（ $F + C$ ）を算出する。続いて、ステップS106では、駆動周波数設定部123は、ステップS105で算出した値を設定周波数 F の更新値としてレンズ位置制御部110に設定すべく、スイッチ124を介して駆動周波数設定部117に入力して、本処理を終了する。

40

【0065】

これに応じて、駆動周波数設定部117は、設定周波数 F の値、例えば基準駆動周波数 F_r の値175kHzを、駆動周波数設定部123が入力した更新値で更新することにより、設定周波数 F の補正を完了する。

【0066】

図5の処理によれば、駆動周波数設定部117が2相パルス発生部116に設定すべき設定周波数 F の更新値を駆動周波数制御部120が自動的に算出する。この結果、レンズ位置制御部110は、共振点がずれても、補償器115の応答特性で即ち設計通りの一巡伝達特性に従って、安定な状態で動作することができる。換言すれば、駆動周波数制御部120は、レンズ位置制御部110では補償できない共振点のずれを補償することが

50

できる。

【0067】

以下、図5の処理の具体例を説明する。

【0068】

図6は、図5の処理によって補正される設定周波数Fの値の変化の一例を示すタイミングチャートである。なお、図6には、図5の処理において算出される移動体111bの速度x、弾性体111aの推定周波数F'、及び設定周波数Fに対する補正量Cの各値の変化も示されている。

【0069】

図6に示すように、設定周波数Fの値は、駆動周波数制御部120が図5の処理を実行することにより、所定のタイミング、具体的には時刻T₁、T₂、T₃で補正される。

10

【0070】

一方、時刻T₀における設定周波数Fの値は、駆動周波数設定部117によって設定された設定周波数Fの初期値、即ち基準駆動周波数F_rである。なお、電源投入後から予め設定された時刻T₁までの時間が経過するまでは、駆動周波数制御部120は、設定周波数Fの補正動作を行わないように構成されている。

【0071】

また、図6に示す例では、時刻T₀～T₁において、移動体111bの速度xの値が徐々に低下しており、これは、図7を用いて後述するように、共振点P₀が環境条件に応じて徐々に低周波数側にある共振点P_bへ変動したことを示している。また、時刻T₁～T₂間や時刻T₂～T₃では、移動体111bの速度xの値が徐々に上昇しており、これは、共振点P₀が環境条件に応じて高周波数側にある共振点、例えば図8を用いて後述するように共振点P_cへ変動したことを示している。

20

【0072】

図6における時刻T₀においては、駆動周波数制御部120が設定周波数F_aの補正動作を開始していないので、設定周波数F_a（基準駆動周波数F_r）として例えば175kHzが設定されている。このとき、この基準駆動周波数F_rの値を上記式2に代入すれば分かるように、位相差の値が90度で速度uの値は100である。

【0073】

図6における時刻T₁では、設定周波数F_aが175kHzで一定であるにも拘わらず、位相差の値が90度で速度uの値が50に低下している。このときに実行される図5の処理を図7を用いて説明する。

30

【0074】

図7は、図6の時刻T₁における弾性体111aの周波数x(Hz)と移動体111bの速度uの間の関係を示す図である。なお、図7には、図6の時刻T₀に対応する図3と同一の検量線300aも破線で示されている。

【0075】

図7に示すように、図6の時刻T₁における実測速度から算出した最大速度V_bは、時刻T₀において設定された設定周波数F_aに対応する最大速度V_aよりも低い。また、線300a上においては、最大速度V_bに対応する推定周波数F'、即ち実効周波数は設定周波数F_aの値よりも高くなっている。

40

【0076】

このように、所定時間内に、設定周波数F_aの値が不变であるにも拘わらず、移動体111bの速度uが低下して実効周波数が高くなった場合には、オブザーバ121は、弾性体111aの共振点が図7に示すようにP₀からP_bへ低周波数側にずれたと推測する。これに応じて、駆動周波数制御部120は、補償器115の応答特性の基準となる検量線300aを共振点のずれに合わせて並行移動させ、これにより取得した図7の共振点P_bを含む線300b上で速度uの値がV_aとなるように、図5の処理を実行する。

【0077】

具体的には、図6の時刻T₁において、オブザーバ121は、まず、移動体111bの

50

最大速度 V_b の値が 50 であることから、このときの線 300a 上における周波数 \times の値 180 kHz を推定周波数 F' の値として取得する。続いて、この取得した推定周波数 F' の値から、時刻 T_0 における設定周波数 F_a の値、ここでは基準駆動周波数 F_r の値 175 kHz を減算した値である周波数差 F の値 + 5 kHz を算出する。

【0078】

オブザーバ 121 は、算出した周波数差 F の値に応じて線 300a を並行移動させるべく、補正量 C の値として -5 kHz を算出する。これにより、並行移動後の線 300b を表す関数は、下記式 5 のように表される。

【0079】

$$u = (170000 - x) / 100 + 100 \quad \dots \dots (5)$$

10

この並行移動は、図 5 のステップ S105 において、時刻 T_0 における設定周波数 F_a の値 175 kHz に時刻 T_1 で算出した補正量 C の値 -5 kHz を加算することに等しい。これにより、設定周波数 F_a の更新値である 170 kHz が設定周波数 F_b として算出される。ここで、この周波数 \times として設定周波数 F_b の値を上記式 5 に代入すれば分かるように速度 u の値を 100 にすることができる。

【0080】

このようにして算出した補正後の設定周波数 F_b の値を、駆動周波数制御部 120 から、上記式 2 に応じて動作するレンズ位置制御部 110 に入力することにより、移動体 111b の速度 u の値を 100 に戻すことができる。

【0081】

20

図 6 における時刻 T_2 では、設定周波数 F_a が 170 kHz で一定であり且つ基準駆動周波数 F_r の値が 175 kHz であるにも拘わらず、位相差 θ の値が 90 度で速度 u の値が 150 に上昇している。このときにも図 5 の処理を実行することにより、設定周波数 F_a の値が補正される。なお、図 5 の処理では検量線 300a を基準として補正量 C の値を算出しているので、時刻 T_2 では補正量 C の値は 0 Hz と算出される。この結果、時刻 T_2 では、時刻 T_0 のときと同様に基準駆動周波数 F_r が設定され、これに応じて、移動体 111b の速度 u の値は 100 に戻る。

【0082】

図 6 における時刻 T_3 では、設定周波数 F_a が 175 kHz で一定であるにも拘わらず、位相差 θ の値が 90 度で速度 u の値が 150 に上昇している。このときに実行される図 5 の処理を説明する。

30

【0083】

図 8 は、図 6 の時刻 T_3 における弾性体 111a の周波数 \times (Hz) と移動体 111b の速度 u の間の関係を示す図である。なお、図 8 には、図 6 の時刻 T_0 に対応する図 3 と同一の検量線 300a も破線で示されている。

【0084】

図 8 に示すように、図 6 の時刻 T_3 における実測速度から算出した最大速度 V_c は、時刻 T_2 において設定された設定周波数 F_a に対応する最大速度 V_a よりも高い。また、線 300a 上においては、最大速度 V_c に対応する推定周波数 F'' 即ち実効周波数は設定周波数 F_a の値よりも低くなっている。

40

【0085】

このように、所定時間内に、設定周波数 F_a の値が不变であるにも拘わらず、移動体 111b の速度 u が低下して実効周波数が高くなった場合には、オブザーバ 121 は、弾性体 111a の共振点が図 8 に示すように P_0 から P_c へ高周波数側にずれたと推測する。これに応じて、駆動周波数制御部 120 は、補償器 115 の応答特性の基準となる検量線 300a を共振点のずれに合わせて並行移動させ、これにより取得した図 8 の共振点 P_c を含む線 300c 上で速度 u の値が V_a となるように、図 5 の処理を実行する。

【0086】

具体的には、図 6 の時刻 T_3 において、オブザーバ 121 は、まず、移動体 111b の最大速度 V_c の値が 150 であることから、このときの線 300a 上における周波数 \times の

50

値、即ち推定周波数 F'' の値 170 kHz を取得する。続いて、この取得した推定周波数 F'' の値から、時刻 T_2 における設定周波数 F_a の値、ここでは基準駆動周波数 F_r の値 175 kHz を減算した値である周波数差 F の値 - 5 kHz を算出する。

【0087】

オブザーバ 121 は、算出した周波数差 F の値に応じて線 300a を並行移動させるべく、補正量 C の値として +5 kHz を算出する。これにより、並行移動後の線 300c を表す関数は、下記式 6 のように表される。

【0088】

$$u = (180000 - x) / 100 + 100 \quad \dots \dots (6)$$

この並行移動は、図 5 のステップ S105 において、時刻 T_2 における設定周波数 F_a の値 175 kHz に時刻 T_3 で算出した補正量 C の値 +5 kHz を加算することに等しい。これにより、補正後の設定周波数 F_c の値である 180 kHz が算出される。ここで、この周波数 x の値を上記式 6 に代入すれば分かるように速度 u の値を 100 にすることができる。

【0089】

このようにして算出した補正後の設定周波数 F_c の値を、駆動周波数制御部 120 から、上記式 2 に応じて動作するレンズ位置制御部 110 に入力することにより、移動体 111b の速度 u の値を 100 に戻すことができる。

【0090】

上述したように、本実施の形態によれば、図 1 の撮影装置 10 は、設定周波数 F_a から設定周波数 F_b 又は F_c となるように設定周波数 F_a の補正動作を行う駆動周波数制御部 120 を備える。これにより、振動波モータ 111 の弾性体 111a の共振点 P_0 が低周波数側及び高周波数側のいずれに変動した場合であっても、移動体 111b ひいてはレンズ 100 の位置を確実に制御することができる。換言すれば、レンズ位置制御部 110 に、駆動周波数制御部 120 のような簡単な構成を追加するだけで、レンズ位置制御部 110 を設計通りの一巡伝達特性に従って動作、即ち基準駆動周波数 F_r で振動波モータ 111 を駆動させることができる。

【0091】

この結果、補償器 115 の応答特性を変更する必要がないので、検量線 300a 及び線 400 に対する設計変更を行うをなくすことができ、もって、コストアップを最小限に抑えることができる。

【0092】

また、設定周波数（駆動周波数）を制御するためだけに必要なモニタ用圧電素子及びそのモニタ信号処理回路を設ける必要がないので、従来技術に比較してコストダウンを図ることができる。また、駆動周波数制御部 120 は、図 1 に示すように非常に簡単な構成であるので、従来技術に比較して回路基板の小型化を図ることができるだけでなく、また、従来技術のように手間のかかるリソース割当を行う必要をなくすことができる。

【0093】

なお、上記実施の形態では、移動体 111b の位置を検出するエンコーダ 119 を用いたが、エンコーダ 119 に代えて、移動体 111b の速度を検出するセンサを用いてもよい。

【0094】

なお、上述した実施の形態において実行される逆関数化では、設定周波数と移動体 111b の速度の間の関係を示す関数を予め実験的に求めることにより同定又は近似した関数を用いればよい。なお、実験的に求める関数は、基準周波数を中心とした高周波数側と低周波数側で位相差の絶対値が 90 度までの移動体 111b の速度と設定周波数の間の関係を求めることが好ましい。さらには、電源投入直後において温度上昇が進行する前に、上記移動体 111b の速度と設定周波数の間の関係を示す関数を補正してもよい。この補正を停止したい場合にはスイッチ 124 を OFF にすればよい。

【0095】

10

20

30

40

50

また、上記実施の形態において、振動波モータ111は、被写体を撮影する撮影装置10のレンズ100を駆動するとしたが、このレンズ100は、ズームレンズ、フォーカスレンズ、及び振れ補正レンズから選択された少なくとも1つのレンズであればいかなるものであってもよい。また、振動波モータ111の駆動対象は、レンズ100などの光学部材に限られることはなく、撮影装置10の絞りや減光フィルタなどの他の部材であってもよい。さらに、振動波モータ111による光学部材の駆動方向は、水平パンニング方向又は垂直チルティング方向であることが好ましい。

【0096】

また、上記実施の形態では、本発明を撮影装置に適用したが、撮影装置に限られることはなく、予め設定された設定周波数の電圧により駆動される振動波モータを備える装置であればいかなる装置であっても適用することが可能である。

10

【0097】

また、本発明の目的は、以下の処理を実行することによって達成される。即ち、上述した実施の形態及びその変形例の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録した記憶媒体を、システム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（又はC P UやM P Uなど）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出す処理である。

【0098】

この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自身が上記実施の形態及びその変形例の機能を実現することになり、そのプログラムコード及び該プログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。

20

【0099】

また、プログラムコードを供給するための記憶媒体としては、次のものを用いることができる。例えば、フロッピー（登録商標）ディスク、ハードディスク、光磁気ディスク、C D - R、C D - R W、D V D - R O M、D V D - R A M、D V D - R W、D V D + R W等の光ディスク、磁気テープ、不揮発性のメモリカード、R O Mなどである。または、プログラムコードをネットワークを介してダウンロードしてもよい。

【0100】

また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、上記実施の形態及びその変形例の機能が実現される場合も本発明に含まれる。加えて、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼動しているO S（オペレーティングシステム）などが実際の処理の一部又は全部を行い、その処理によって前述した実施の形態及びその変形例の機能が実現される場合も含まれる。

30

【0101】

さらに、前述した実施の形態及びその変形例の機能が以下の処理によって実現される場合も本発明に含まれる。即ち、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書込まれる。その後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わるC P Uなどが実際の処理の一部又は全部を行う場合である。

40

【図面の簡単な説明】

【0102】

【図1】本発明の実施の形態に係る振動波モータ制御装置を備える撮影装置の構成を概略的に示すブロック図である。

【図2】図1における2相パルス発生部が発生する2種類のパルス信号のタイミングチャートである。

【図3】図1における振動波モータの移動体が移動するときの速度と弾性体が発生する周波数の間の関係を示す図である。

【図4】図2に示す位相差と移動体の速度の間の関係を示す図である。

【図5】図1の撮影装置の駆動周波数制御部が実行する振動波モータ駆動制御処理のフロ

50

ーチャートである。

【図6】図5の処理によって補正される設定周波数の値の変化の一例を示すタイミングチャートである。

【図7】図6の時刻 T_1 における弾性体の周波数と移動体の速度の間の関係を示す図である。

【図8】図6の時刻 T_3 における弾性体の周波数と移動体の速度の間の関係を示す図である。

【符号の説明】

【0103】

10 撮影装置

10

100 レンズ

110 レンズ位置制御部

111 振動波モータ

111a 弾性体

111b 移動体

112 ドライバ

115 補償器

116 2相パルス発生部

119 エンコーダ

120 駆動周波数制御部

20

121 オブザーバ

122 演算器

123 駆動周波数補正部

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

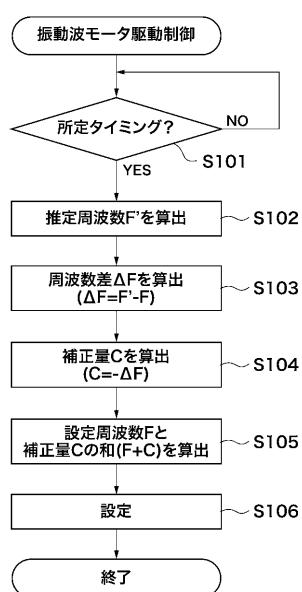
381

382

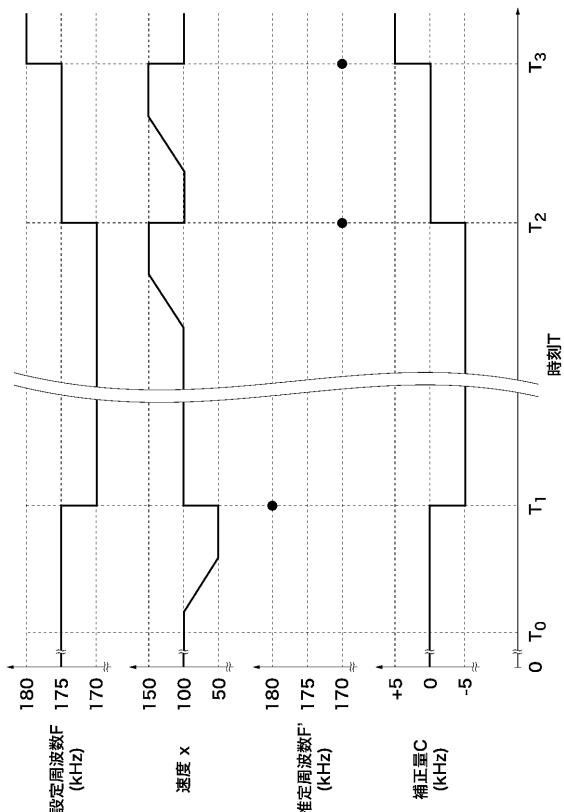
383

</

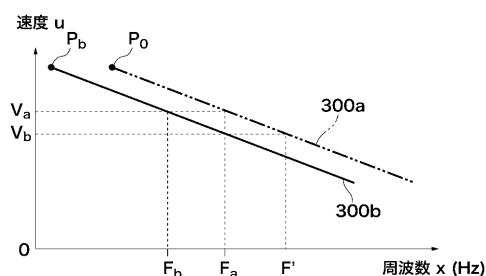
【図5】



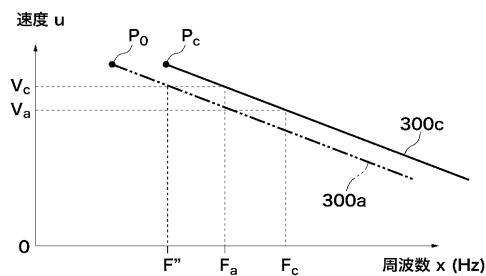
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平06-197565(JP,A)
特開平05-328757(JP,A)
特開2002-199758(JP,A)
特開平05-252765(JP,A)
特開2008-026790(JP,A)
特開2006-136179(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02N 2/00