

(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2004-166324  
(P2004-166324A)

(43) 公開日 平成16年6月10日(2004.6.10)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
H02N 2/00

F I  
H02N 2/00 C

テーマコード(参考)  
5H680

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2002-325991 (P2002-325991)	(71) 出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22) 出願日	平成14年11月8日(2002.11.8)	(74) 代理人	100079083 弁理士 木下 實三
		(74) 代理人	100094075 弁理士 中山 寛二
		(74) 代理人	100106390 弁理士 石崎 剛
		(72) 発明者	橋本 泰治 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		Fターム(参考)	5H680 AA06 AA10 BB04 CC02 DD01 DD15 DD23 DD53 DD65 DD82 EE23 FF23 FF25 FF30 FF33 FF36 FF38

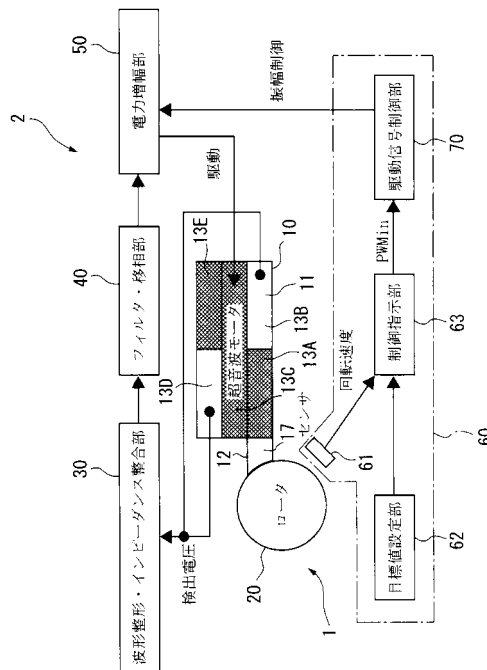
(54) 【発明の名称】 超音波モータ駆動回路および電子機器

(57) 【要約】

【課題】回路構成を簡易にでき、かつ駆動速度の制御を安定して行うことができる超音波モータの駆動回路を提供すること。

【解決手段】駆動回路2は、超音波モータ1の振動を検出する振動検出手段と、この検出信号の位相を変化させるフィルタ・移相部40と、フィルタ・移相部40からの信号を増幅して超音波モータ1に駆動信号を出力する電力増幅部50と、駆動信号を制御して超音波モータ1の回転速度を調整する速度調整手段60とを備える。フィルタ・移相部40は、検出信号を平均化する信号平均化部を備え、かつ前記駆動信号が超音波モータ1のほぼ共振周波数となるように位相を変化させる。速度調整手段60は、駆動信号のパルス幅またはパルス振幅の少なくとも一方を制御する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

圧電素子を有する超音波モータを駆動する駆動回路であって、  
前記超音波モータの振動を検出する振動検出手段と、この振動検出手段からの信号の位相を変化させる移相手段と、この移相手段からの信号を増幅して前記超音波モータに駆動信号を出力する増幅手段と、前記駆動信号を制御して超音波モータの回転速度を調整する速度調整手段とを備え、  
前記移相手段は、前記振動検出手段からの信号を平均化する信号平均化部を備え、かつ前記増幅手段から超音波モータに出力される駆動信号がほぼ超音波モータの共振周波数となるように位相を変化させ、  
前記速度調整手段は、前記駆動信号のパルス幅またはパルス振幅の少なくとも一方を制御することを特徴とする超音波モータ駆動回路。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の超音波モータ駆動回路において、  
前記超音波モータは、縦振動および屈曲振動を発生するように構成され、  
前記移相手段は、前記超音波モータの縦振動および屈曲振動の各共振周波数のうち、高い周波数に前記各周波数の差を加えた上限周波数および低い周波数に前記各周波数の差を引いた下限周波数の範囲内に、前記駆動信号の周波数を制御することを特徴とする超音波モータ駆動回路。

20

## 【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の超音波モータ駆動回路において、  
前記超音波モータは、前記増幅手段からの駆動信号により振動する圧電素子と、この圧電素子の振動によって駆動する駆動体とを備えて構成され、  
前記速度調整手段は、前記駆動体の駆動速度を検出するセンサと、駆動体の目標駆動速度を設定する目標値設定部と、前記センサで検出された駆動速度および前記目標値の差に基づく制御信号を出力する制御指示部と、制御指示部からの制御信号に基づいて前記駆動信号のパルス幅または振幅の少なくとも一方を制御する駆動信号制御部とを備え、  
前記駆動信号制御部は、制御指示部からの制御信号に応じて前記増幅手段からの駆動信号のパルス幅またはパルス振幅の少なくとも一方を変更した際に、そのパルス幅または振幅を圧電素子の発振が停止しない大きさに制限することを特徴とする超音波モータ駆動回路。

30

## 【請求項 4】

請求項 3 に記載の超音波モータ駆動回路において、  
前記増幅手段は、逆位相で動作する 2 つのトランジスタと出力側抵抗で構成されたプッシュプル回路を備え、  
前記駆動信号制御部は、前記プッシュプル回路を駆動する正電源および負電源の一方と、前記プッシュプル回路との間に配置され、かつ互いに並列に接続されたバイパス用スイッチおよび振幅制限用抵抗を備え、前記バイパス用スイッチを切断した際には前記電源とプッシュプル回路とが前記振幅制限用抵抗を介して接続されてプッシュプル回路から出力される駆動信号のパルス振幅が小さくなるように、前記出力側抵抗と振幅制限用抵抗との比率が設定されていることを特徴とする超音波モータ駆動回路。

40

## 【請求項 5】

請求項 3 または請求項 4 に記載の超音波モータ駆動回路において、  
前記駆動体は、前記圧電素子の振動によって回転するロータであり、  
前記センサは、前記ロータの回転速度を検出し、前記制御指示部は、前記センサで検出された回転速度および前記目標値の差に基づく制御信号を出力することを特徴とする超音波モータ駆動回路。

## 【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の超音波モータ駆動回路において、  
前記移相手段は、積分回路およびハイパスフィルタを備えて構成され、前記信号平均化部

50

は前記積分回路で構成されていることを特徴とする超音波モータ駆動回路。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の超音波モータ駆動回路において、前記速度調整手段は、前記駆動信号のパルス振幅を制御する振幅制御部のみを備えることを特徴とする超音波モータ駆動回路。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の超音波モータ駆動回路と、この超音波モータ駆動回路で駆動される超音波モータとを備えることを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

本発明は、超音波モータの駆動回路および超音波モータを用いた電子機器に関する。

【0002】

【背景技術】

従来より、超音波モータの駆動回路として、簡単な自励発振回路を利用したもの（例えば、特許文献 1 参照）や、PWM 制御回路を利用したもの（例えば、特許文献 2, 3 参照）が知られている。

【0003】

【特許文献 1】

特開昭 63-202278

20

【特許文献 2】

特開平 1-234073

【特許文献 3】

特開平 6-237581

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

特許文献 1 の駆動回路は、自励発振回路であるため、回路構成は簡単である。この自励発振回路で速度制御が実現できれば構成が簡単になり、コスト、信頼性の面からメリットが大きい。特許文献 1 にも速度制御の記載が無いように、実際には下記の理由で困難である。

30

すなわち、自励発振回路で速度制御を行った場合、速度の指令値がある一定値以下になると発振が停止してしまう。一度発振が停止すると、発振の開始には数～数百波のパルス信号（駆動信号）を入力しなければならず、その分の再起動時間が必要で、その間は駆動が不安定となり、速度制御を行うことができない。

【0005】

一方、特許文献 2, 3 に示すように、PWM 制御回路を利用した場合には超音波モータの駆動速度を制御することができるが、発信源（VCO）や位相比較回路が必要なため、回路構成が複雑でコストが高い。

また、特許文献 3 に示すように、PWM 等により駆動速度を制御しようとする、発振周波数の制御が不安定になる傾向があり、速度制御と発振周波数制御の両立は一般的に困難である。

40

【0006】

本発明の目的は、回路構成を簡易にでき、かつ駆動速度の制御を安定して行うことができる超音波モータの駆動回路および電子機器を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明は、圧電素子を有する超音波モータを駆動する駆動回路であって、前記超音波モータの振動を検出する振動検出手段と、この振動検出手段からの信号の位相を変化させる移相手段と、この移相手段からの信号を増幅して前記超音波モータに駆動信号を出力する増幅手段と、前記駆動信号を制御して超音波モータの回転速度を調整する速度調整手段とを

50

備え、前記移相手段は、前記振動検出手段からの信号を平均化する信号平均化部を備え、かつ前記増幅手段から超音波モータに出力される駆動信号がほぼ超音波モータの共振周波数となるように位相を変化させ、前記速度調整手段は、前記駆動信号のパルス幅またはパルス振幅の少なくとも一方を制御することを特徴とするものである。

ここで、速度調整手段は、駆動信号のパルス幅のみを制御してもよいし、パルス振幅のみを制御してもよいし、パルス幅およびパルス振幅の両方を制御してもよく、少なくともパルス幅またはパルス振幅の一方を制御できればよい。

#### 【0008】

この本発明によれば、振動検出手段で超音波モータの振動を検出した信号を、移相手段、増幅手段を介して超音波モータに戻しており、前記移相手段において信号の位相を変化させているので、増幅手段からの駆動信号を超音波モータのほぼ共振周波数で入力することができる。このため、超音波モータを自励発振させることができ、発信源や位相比較回路等を不要にできて回路構成を簡易化でき、コストも低減できる。

また、移相手段は検出信号を平均化する信号平均化部を備えているので、速度制御等によって検出信号にノイズや急激な変動が生じて、その影響を吸収でき、速度制御時の急峻な変動や不安定な挙動を防止できる。このため、駆動速度の制御を安定して行うことができる。

さらに、速度調整手段は、駆動信号のパルス幅またはパルス振幅の少なくとも一方を制御するようにしたので、速度調整時に超音波モータの発振が停止することを防止できる。このため、再起動に伴う速度制御不能状態を回避でき、安定してかつ迅速な速度制御を行うことができる。

#### 【0009】

なお、本発明では、移相手段は、駆動信号が「ほぼ超音波モータの共振周波数」となるように位相を変化させればよい。「超音波モータのほぼ共振周波数」とは、駆動信号の周波数を超音波モータの共振周波数に設定する場合だけでなく、共振周波数の近傍の周波数に設定してもよいことを意味する。これは、通常は超音波モータの共振周波数に設定すれば振動の振幅も大きくなってモータとしての効率も向上できるが、超音波モータの取付構造等によっては、超音波モータの共振周波数から多少ずらした駆動信号を与えたほうがよい場合もあるためである。すなわち、駆動信号は、超音波モータにおいて所定の振動振幅が得られ、モータとして機能できるような周波数の信号であればよく、そのような特性が得られる超音波モータの共振周波数およびその近傍の周波数を含む概念として「ほぼ超音波モータの共振周波数」と表現している。

#### 【0010】

ここで、前記超音波モータは、縦振動および屈曲振動を発生するように構成され、前記移相手段は、前記超音波モータの縦振動および屈曲振動の各共振周波数のうち、高い周波数に前記各周波数の差を加えた上限周波数および低い周波数に前記各周波数の差を引いた下限周波数の範囲内に、前記駆動信号の周波数を制御することが好ましい。

超音波モータが縦振動および屈曲振動（二次振動）の2つの振動モードを有し、楕円運動を行う場合には、各振動モード毎に多少共振周波数が異なる。ここで、縦振動および屈曲振動の各共振周波数のうち、周波数が高いほうの共振周波数を  $f_H$ 、低いほうの共振周波数を  $f_L$ 、各共振周波数の差を  $f = f_H - f_L$  とした場合、駆動信号の周波数  $f$  は、 $f_H + f$ 、 $f$ 、 $f_L - f$  の範囲とすることが好ましい。駆動信号の周波数を、このような周波数範囲に設定すれば、縦振動および屈曲振動の2つの振動モードを有する場合に、各振動モードの振幅を適切な大きさにできて超音波モータの駆動効率を向上できる。

特に、駆動信号の周波数は、縦振動および屈曲振動の各共振周波数のうち、低い共振周波数以上でかつ高い共振周波数以下（ $f_H - f$ 、 $f$ 、 $f_L$ ）であることが好ましい。この場合には、各振動モードの共振周波数に近い駆動信号を入力できるため、超音波モータの駆動効率をより一層向上できる。

但し、超音波モータの固定構造等の影響により、 $f_H$ 、 $f$ 、 $f_L$  の範囲に無くても超音波モータとして駆動できる場合も多い。従って、通常は、前記各共振周波数範囲（ $f_H$ 、 $f$ 、 $f_L$ ）

10

20

30

40

50

$f_L$ ) から各共振周波数の差分  $f$  だけ広がった範囲 ( $f_H + f - f_L - f$ ) に設定すれば超音波モータとして利用が可能である。

【0011】

ここで、前記超音波モータは、前記増幅手段からの駆動信号により振動する圧電素子と、この圧電素子の振動によって駆動する駆動体とを備えて構成され、前記速度調整手段は、前記駆動体の駆動速度を検出するセンサと、駆動体の目標駆動速度を設定する目標値設定部と、前記センサで検出された駆動速度および前記目標値の差に基づく制御信号を出力する制御指示部と、制御指示部からの制御信号に基づいて前記駆動信号のパルス幅または振幅の少なくとも一方を制御する駆動信号制御部とを備え、前記駆動信号制御部は、制御指示部からの制御信号に応じて前記増幅手段からの駆動信号のパルス幅または振幅の少なくとも一方を変更した際に、そのパルス幅または振幅を圧電素子の発振が停止しない大きさに制限することが好ましい。

10

【0012】

この本発明によれば、センサで検出した駆動速度および目標値に基づいて制御指示部から制御信号が出力される。このため、目標値を自動または手動で設定すれば、超音波モータで駆動される駆動体を自動的に目標速度に調整することができる。また、駆動信号制御部は、前記制御信号に応じて駆動信号制御部で駆動信号のパルス幅および振幅を同時に制御しているため、回路構成をより一層簡素化でき、コストを低減できる。

【0013】

ここで、前記増幅手段は、逆位相で動作する2つのトランジスタと出力側抵抗で構成されたプッシュプル回路を備え、前記駆動信号制御部は、前記プッシュプル回路を駆動する正電源および負電源の一方と、前記プッシュプル回路との間に配置され、かつ互いに並列に接続されたバイパス用スイッチおよび振幅制限用抵抗を備え、前記バイパス用スイッチを切断した際には前記電源とプッシュプル回路とが前記振幅制限用抵抗を介して接続されてプッシュプル回路から出力される駆動信号のパルス振幅が小さくなるように、前記出力側抵抗と振幅制限用抵抗との比率が設定されていることが好ましい。

20

【0014】

この本発明によれば、プッシュプル回路と電源との間に、バイパス用スイッチおよび振幅制限用抵抗の並列回路を設けているので、前記バイパス用スイッチのオン、オフを制御するだけで、プッシュプル回路の平均的な出力インピーダンスを変化させることができる。

30

このため、駆動信号の振幅を制御でき、速度調整が実現できる。従って、回路構成が非常に簡易になり、コストも低減できる。その上、駆動信号の振幅の変動量は、前記プッシュプル回路の出力側抵抗と前記振幅制限用抵抗との比率で制御できるため、その設定を容易にかつ細かく行うことができる。このため、超音波モータの発振が停止しない限界近くまで駆動信号の振幅(電圧)を制限でき、その分、速度調整幅を大きくでき、超音波モータの駆動速度の制御も迅速に行うことができる。

【0015】

ここで、前記駆動体は、前記圧電素子の振動によって回転するロータであり、前記センサは、前記ロータの回転速度を検出し、前記制御指示部は、前記センサで検出された回転速度および前記目標値の差に基づく制御信号を出力することが好ましい。

40

本発明の駆動回路は、リニアモータや回転モータのいずれの超音波モータにも適用できるが、特に回転モータつまり超音波モータがロータを備えている場合には、超音波モータをより一層小型化でき、腕時計、携帯電話等の様々な小型電子機器に組み込むことができる。

【0016】

ここで、前記移相手段は、積分回路およびハイパスフィルタを備えて構成され、前記信号平均化部は前記積分回路で構成されていることが好ましい。

信号平均化部を積分回路で構成すれば、積分回路はローパス特性を持つため、別途ハイパスフィルタのみを追加するだけで、移相手段をバンドパス特性にすることができる。このため、信号平均化部を構成する回路の他に、ローパスフィルタを別途設ける場合に比べて

50

、回路構成を簡易化できてコストを低減できる。

【0017】

ここで、前記速度調整手段は、前記駆動信号のパルス振幅を制御する振幅制御部のみを備えるものでもよい。速度調整手段が、パルス振幅のみを制御するものであれば、回路構成を簡単にでき、位相制御も容易に行える利点がある。

【0018】

本発明の電子機器は、前述した超音波モータ駆動回路と、この超音波モータ駆動回路で駆動される超音波モータとを備えることを特徴とするものである。

このような電子機器によれば、回路構成が簡易で低コストにでき、かつ超音波モータの速度制御を安定して行うことができる。さらに、圧電素子を用いた超音波モータで構成しているため、小型化が容易であり、腕時計、携帯電話、ハードディスクやCDドライブ等の各種アクチュエータとして利用できる。

10

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図示例と共に説明する。

図1は本実施形態に係る超音波モータおよびその駆動回路の構成を示すブロック図である。

超音波モータ1は、圧電素子11を備えた振動体10と、この振動体10の振動によって回転される駆動体としてのロータ20とを備えて構成されている。

振動体10は、補強板12およびこの補強板12を挟んで配置された圧電素子11を積層して構成されている。補強板12は、例えば、ステンレス鋼等により略矩形平板状に形成され、振動体10全体を補強する。補強板12には、長手方向の一端側に突起部(接触部)17が一体的に形成されている。また、補強板12は、図示しない支持部を介して筐体に取り付けられている。この際、前記支持部にばね性を持たせることなどで、突起部17がロータ20の外周面に所定の付勢力で当接するように設けることが好ましい。

20

【0020】

圧電素子11は、所定の電圧が印加されることで圧電効果により、印加される電界の方向と一致する方向または直行する方向に変位する。各圧電素子11は、補強板12と略同一形状で形成され、補強板12の上下面にそれぞれ接着されている。

これら圧電素子11の表面は、例えば、蒸着等によりニッケルめっき層および金めっき層が形成され、電圧を印加するための電極が設けられている。また、各圧電素子11の表面は、該圧電素子11を幅方向に略三等分するように二本の溝が形成されている。さらに、これらの溝で分割された三つの領域のうち、両側の領域では長手方向を略二等分するように溝が形成されている。

30

このため、電極は、互いに電氣的に絶縁された五つの電極13A, 13B, 13C, 13D, 13Eで構成される。そして、本実施形態では、幅方向中心の電極13Cと、この電極13Cを挟んで対角線状に配置された2つの電極13A, 13Eとで超音波モータ1の駆動電極が構成されている。一方、残りの2つの電極13B, 13Dで振動検出用電極が構成されている。

なお、図2の回路図に示すように、補強板12を挟んで設けられた他方の圧電素子11に設けられた電極(Co1)13Fは、前記のように区分けされておらず、駆動電極(DR1)に対応するものと振動検出用電極(Pi1)に対応するものとが共通化されて接地(GND、グランド)されている。

40

【0021】

このように構成された振動体10では、振動体10の圧電素子11に駆動信号を加えることで突起部17は楕円軌道を描く。すなわち、各電極13A, 13C, 13Eに駆動信号を印加すると、各電極に対応する圧電素子11はそれぞれ長手方向に伸縮運動(縦振動)する。この際、電極13Cの伸縮量に対して電極13A, 13Eの部分の伸縮量は小さいため、振動体10には、幅方向に捻るモーメントが発生する。そして、このモーメントにより、振動体10の幅方向に揺動する屈曲運動(屈曲振動)が誘発される。このため、振

50

動体 10 の突起部 17 は、前記縦振動および屈曲運動により楕円軌道を描いて運動する。ここで、超音波モータ 1 つまり振動体 10 の共振周波数は、振動体 10 の形状等によって設定される。例えば、本実施形態では、縦振動の共振周波数は 295 kHz、屈曲振動の共振周波数は 300 kHz とされている。

#### 【0022】

一方、振動体 10 の縦振動および屈曲振動に応じて電極 13B, 13D に対応する圧電素子 11 も振動し、その振動によって発電する。従って、振動検出用電極 13B, 13D からは振動に対応して信号（交流電流）が出力される。従って、これらの振動検出用電極 13B, 13D により、超音波モータ 1 の振動を検出する振動検出手段が構成されている。なお、この振動は、振動体 10 の振動状態によって変化し、例えば、振動体 10 が共振状態の場合、駆動信号に対して振動検出信号はその電圧が 10 倍程度になるように設定することもできる。従って、振動検出信号の位相を振動体 10 が共振するように適宜移相して駆動電極に戻せば、振動体 10 を自励発振させることができる。

10

振動体 10 の突起部 17 が楕円軌道を描くと、突起部 17 が接触するロータ 20 に円周方向の分力が働き、ロータ 20 が回転する。このロータ 20 の回転速度は、前記振動体 10 の振動周波数や振動量（変位量）によって調整することができる。

#### 【0023】

次に、超音波モータ 1 の駆動回路 2 について詳述する。駆動回路 2 は、大別して、波形整形・インピーダンス整合部 30、フィルタ・移相部 40、電力増幅部 50、速度調整手段 60 を備えて構成されている。

20

速度調整手段 60 は、前記ロータ 20 の回転速度を検出するセンサ 61 と、ロータの目標回転速度を設定する目標値設定部 62 と、前記センサ 61 で検出された回転速度および前記目標値の差に基づく制御信号を出力する CPU からなる制御指示部 63 と、駆動信号制御部 70 とを備えている。

#### 【0024】

この駆動回路 2 の具体的な回路構成の一例を図 2 の回路図に示す。

なお、図 2 において、Vcc は正電源の電位を、Vdd は負電源の電位を示している。また、駆動信号制御部 70 の Vc1 は制御指示部 63 の正電源の電位を示している。

#### 【0025】

波形整形・インピーダンス整合部 30 は、図 2 の回路図に示すように、保護ダイオード 31, 32 と、抵抗 33, 34 と、電界効果トランジスタ (FET) 35 と、カップリングコンデンサ 36 とを備えて構成されている。波形整形・インピーダンス整合部 30 の回路入力端子 (Cin) 37 は、超音波モータ 1 に設けられた振動検出用電極 13B, 13D に接続されている。

30

超音波モータ 1 の振動検出用電極 13B, 13D から得られた検出信号は、出力インピーダンスが非常に高い。また、駆動条件によっては電源電位 Vcc よりも高い電位や Vdd よりも低い電位が出力される場合もある。このため、検出信号は、保護ダイオード 31, 32 を介して、FET 35 に入力されている。この信号は、FET 35 で増幅され、次段のフィルタ・移相部 40 に信号を伝達するのに十分な電流が得られる。

#### 【0026】

40

FET 35 で増幅された信号はカップリングコンデンサ 36 を介して出力され、フィルタ・移相部 40 に入力される。ここで、波形整形・インピーダンス整合部 30 の回路入力端子 37 に入力される検出信号の波形を図 3 (B) に示す。また、波形整形・インピーダンス整合部 30 の出力信号（カップリングコンデンサ 36 の出力信号であり、図 2 の点 A で測定される信号）の波形を図 3 (C) に示す。

#### 【0027】

フィルタ・移相部 40 は、図 2 に示すように、可変抵抗 41 とコンデンサ 42、抵抗 43 とコンデンサ 44、抵抗 45 とコンデンサ 46 で構成される積分回路 40A と、コンデンサ 47 と抵抗 48 で構成されるハイパスフィルタ 40B とを備えて構成されている。

フィルタ・移相部 40 の積分回路 40A は、波形整形・インピーダンス整合部 30 からの

50

入力信号を積分し、検出信号の急激な変動を吸収している。従って、積分回路40Aによって信号平均化部が構成されている。

また、ハイパスフィルタ40Bは、検出信号の不要な低周波成分を除去する。ここで、積分回路40Aはローパス特性を持つので、フィルタ・移相部40全体としてはバンドパス特性となる。

#### 【0028】

フィルタ・移相部40の出力信号(図2の点Bで測定される信号)の波形を図3(D)に示す。フィルタ・移相部40は、図3(B)に示す検出信号の位相を、超音波モータ1の共振周波数付近で図3(D)の様に所定角度変化させる。このフィルタ・移相部40により本発明の移相手段が構成されている。

フィルタ・移相部40で変化させる位相の所定角度は、具体的には各超音波モータ1に応じて設定される。例えば、超音波モータ1における縦振動の共振周波数が295kHz、屈曲振動の共振周波数が300kHzの場合、超音波モータ1の駆動信号の周波数が、前記各周波数範囲295~300kHzを、各周波数の差(300-295=5kHz)だけ拡大した範囲、つまり290~305kHzの範囲内となるように制御すればよい。さらに、より好ましいのは、駆動信号の周波数が各周波数範囲295~300kHz内となるように制御することである。超音波モータ1の振動体10は、各周波数範囲295~300kHzの駆動信号を入力すると最も効率的に振動し、モータ1の駆動効率も向上する。また、前記範囲から僅かに、例えば各周波数の差分程度外れていても、多少効率は低下するが超音波モータ1として駆動可能である。一方、前記範囲(290~305kHz)を外れると、振動体10の振動振幅が非常に小さくなり、超音波モータ1としての利用が困難になる。なお、最も効率的に駆動できる周波数は、振動体10の形状、固定構造などによって相違するため、超音波モータ1の設計時に適宜設定すればよい。

#### 【0029】

電力増幅部50は、図2に示すように、演算増幅器51と、抵抗52, 53, 54と、FET56, 57で構成されるプッシュプル回路55と、出力側抵抗58と、回路出力端子59とを備えて構成されている。

フィルタ・移相部40から出力された信号は、演算増幅器51で電圧増幅された後、プッシュプル回路55で電流増幅され、抵抗58を介して回路出力端子59から駆動信号として出力される。この駆動信号は、超音波モータ1の駆動電極13A, 13C, 13Eに入力される。従って、電力増幅部50によって本発明の増幅手段が構成されている。演算増幅器51の出力信号(図2の点Cで測定される信号)を図3(E)に示し、回路出力端子(Cout)59の駆動信号を図3(F)に示す。

#### 【0030】

一方、図1に示すように、速度調整手段60のセンサ61は、ロータ20つまりは超音波モータ1の回転状態を検出して所定のパルス信号を出力するものなどが利用できる。具体的には、公知のフォトフレクタ、フォトインタラプタ、MRセンサ等の各種の回転エンコーダ等が利用できる。

センサ61からの検出信号は、制御指示部63に送られ、ロータ20の回転速度が検出される。また、制御指示部63には、ロータ20の目標回転速度を設定する目標値設定部62からの目標値も入力される。この目標値設定部62で設定される目標値は、利用者が手動で設定してもよいし、ロータ20で駆動される機器の状態に応じて自動的に設定されるものでもよい。

#### 【0031】

制御指示部63は、目標値設定部62から入力された目標値と、センサ61から入力された現在の回転速度とを比較し、その差を無くするための制御信号(パルス信号)を駆動信号制御部70に出力する。制御信号PWM<sub>in</sub>は、例えば、3kHzのパルス信号が利用でき、このパルス信号のデューティ比を前記目標値および実際の回転速度の差に応じて可変することで、ブレーキオフ状態(本実施形態では制御信号PWM<sub>in</sub>がHレベル信号の状態)、ブレーキオン状態(本実施形態では制御信号PWM<sub>in</sub>がHレベル信号の状態)の

10

20

30

40

50

割合を変えて超音波モータ1の速度を制御する。従って、この制御信号PWM<sub>in</sub>はいわゆるパルス幅制御を行う信号であり、超音波モータ1は基本的にパルス幅制御によって調速されている。

#### 【0032】

駆動信号制御部70は、図2に示すように、前記FET57および負電源V<sub>dd</sub>間に直列に接続された振幅制限用抵抗71と、この振幅制限用抵抗71に並列に接続されたバイパス用スイッチであるFET72と、このFET72のオン、オフを制御する切替回路73とを備えている。切替回路73は、3つの抵抗731, 732, 733および2つのFET734, 735を備えて構成されている。なお、切替回路73は、制御指示部63の電源V<sub>cl</sub>により駆動され、かつ制御指示部63から入力される制御信号PWM<sub>in</sub>によって前記FET72をオン、オフするように構成されている。

10

#### 【0033】

ここで、振幅制限用抵抗71は、抵抗58に対して適正な抵抗値、例えば50~10万倍程度の抵抗値に設定されている。

また、フィルタ・移相部40の可変抵抗41と抵抗43の抵抗値の和( $R_{41} + R_{43}$ )や、抵抗45の抵抗値( $R_{45}$ )は、振幅制限用抵抗71の抵抗値( $R_{71}$ )よりも大きくされている。

なお、フィルタ・移相部40での移相量は、約30度から240度とされている。

#### 【0034】

このような構成の超音波モータ1の作用について説明する。

20

超音波モータ1の停止状態から所定のスイッチを接続するなどして駆動すると、回路出力端子59から駆動信号が超音波モータ1の駆動電極13A, 13C, 13Eに入力される。この入力に伴い、前記振動体10が振動し、その振動に応じた検出信号が振動検出用電極13B, 13Dから回路入力端子37に入力される。この検出信号は、波形整形・インピーダンス整合部30、フィルタ・移相部40、電力増幅部50を介して超音波モータ1の駆動電極に入力される。この信号のループで電圧ゲイン1以上の条件を満たせば、この回路は正帰還となり、ループの位相差が360度の整数倍になる周波数で発振が継続し、自励発振回路となる。

#### 【0035】

ロータ20の回転速度は、センサ61で検出されて制御指示部63に入力される。制御指示部63は、目標値設定部62で設定された目標値と前記回転速度とを比較し、その速度差に応じた制御信号PWM<sub>in</sub>を出力する。本実施形態では、図3(A)に示すように、制御指示部63から出力される制御信号PWM<sub>in</sub>は、前記振動体10にブレーキを掛けて速度を抑える場合にローレベル信号となり、ブレーキを解除する場合にハイレベル信号となるように設定されている。従って、制御指示部63は、超音波モータ1を減速する場合には、ブレーキオン制御となるローレベル信号の割合を多くし、増速する場合にはハイレベル信号の割合が多くなるように、制御信号PWM<sub>in</sub>のデューティ比を制御する。

30

#### 【0036】

振動検出用電極13B, 13Dから出力された検出信号は、波形整形・インピーダンス整合部30で増幅、波形整形される。この際、図3(B)に示すように制御信号PWM<sub>in</sub>がハイレベルおよびローレベル間で切り替わると、そのノイズも増幅される。

40

波形整形・インピーダンス整合部30で増幅、整形された信号は、フィルタ・移相部40で積分され、不要な高周波成分および低周波成分が除去される。入力信号が積分されることで、図3(D)に示すように、前記切替時のノイズも除去される。さらに、超音波モータ1の共振周波数付近で回路30, 40, 50および超音波モータ1で構成されるループの位相遅れが360度の整数倍となるように、信号の位相が変更される。

この信号は、電力増幅部50の演算増幅器51で増幅、整形され、図3(E)に示す略矩形波状のパルス信号とされる。このパルス信号により、プッシュプル回路55のFET5

50

6, 57が交互に作動して、回路出力端子59からの駆動信号を正電位Vccおよび負電位Vdd間で切り替え、出力電流が増幅される。この駆動信号が超音波モータ1の駆動電極13A, 13C, 13Eに入力されることで、自励発振状態が継続する。

【0037】

一方、ロータ20の速度調整は以下の手順で行われる。

まず、制御指示部63は、センサ61で検出した回転速度および目標値設定部62の目標値の差に基づく制御信号PWMinを駆動信号制御部70に出力する。

駆動信号制御部70では、制御信号PWMinがハイレベル信号の場合、FET72が切替回路73によってオンされる。このため、FET57は負電源Vddに直結し、回路出力端子59からの駆動信号は、図3(F)に示すように、正電位Vccおよび負電位Vdd間で変動する。 10

一方、駆動信号制御部70では、制御信号PWMinがローレベル信号の場合、FET72が切替回路73によってオフされる。このため、FET57は振幅制限用抵抗71を介して負電源Vddに接続する。ここで、振幅制限用抵抗71の抵抗値が抵抗58に比べて非常に大きいため、回路出力端子59からの駆動信号(パルス信号)は負電位Vddまで低下することができず、正電位から僅かに降下した電圧(振幅)となる。そして、駆動信号は変位(振幅)は小さいがその電圧値は僅かに変化しているため、圧電素子11も僅かに伸縮し、振動を継続する。すなわち、抵抗58と振幅制限用抵抗71との抵抗比を適切に設定すれば、FET56がオンされた場合と、FET57がオンされた場合とで駆動信号の電圧変位を前記振動体10が停止しない程度まで小さくできる。このため、前記振動体10は発振を継続し、かつ振動変位が小さくなるためにロータ20の回転速度が低減、つまりブレーキを掛けることができる。従って、ロータ20の速度調整と発振継続とを両立することができる。 20

【0038】

以上に説明したように、本実施形態では、駆動信号制御部70によって駆動信号のパルス振幅が制御されているため、駆動信号制御部70により振幅制御部が構成されている。

【0039】

このような本実施形態によれば、次の効果を奏することができる。

(1)自励発振回路を利用しながらも、速度調整が行えるため、発信源や位相比較回路などが不要となり、超音波モータ1の駆動回路2の構成を簡易にできる。このため、コストを低減でき、かつ回路構成が簡易になることで、部品の故障発生の確率も低減できて信頼性も向上できる。 30

【0040】

(2)制御信号がローレベルとなっているブレーキオン状態でも、駆動信号は正電位Vccとその電位から僅かに低下した電位との間で変動するため、前記振動体10の発振停止状態を防止できる。このため、振動体10の発振停止に伴う駆動速度制御不能状態に陥らず、振動体10を再度発振させるための再起動操作も不要となる。このため、速度制御ができない発振の再起動状態が無くなり、超音波モータ1の制御性を格段に向上することができる。 40

【0041】

(3)波形整形・インピーダンス整合部30、フィルタ・移相部40、電力増幅部50を設けたので、速度制御と並行して駆動周波数を追尾することができる。このため、常に最適な周波数の駆動信号を超音波モータ1に供給することができ、モータ1の効率および駆動品質を共に向上することができる。

【0042】

(4)フィルタ・移相部40に積分回路40Aを設けたので、制御信号PWMinの切替時のノイズ等の入力信号の急激な変動を吸収でき、不安定な挙動を防止できて、駆動信号の周波数を超音波モータ1の状態に合わせて常に供給することができる。

【0043】

なお、本発明は各実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲で 50

の変形、改良等は、本発明に含まれるものである。

例えば、波形整形・インピーダンス整合部 30、フィルタ・移相部 40、電力増幅部 50、駆動信号制御部 70等の具体的な回路構成は、前記実施形態に記載されたものに限らず、他の構成を採用してもよい。

【0044】

前記実施形態では、フィルタ・移相部 40において信号平均化部を積分回路で構成していたが、他の回路で構成してもよく、要するに、検出信号の急激な変動を吸収できるものであればよい。

【0045】

また、駆動信号制御部 70は、FET 56と正電源 Vccとの間に配置されていてもよい。さらに、駆動信号制御部 70は、振幅制限用抵抗 71および FET 72が並列配置されたものに限らず、電力増幅部 50から出力される駆動信号の振幅を制御できるものであればよい。

【0046】

また、駆動信号制御部 70は、超音波モータ 1の駆動信号のパルス幅を制御するように構成してもよい。例えば、制御指示部 63から出力される制御信号 PWM<sub>in</sub>を利用して駆動信号のデューティ比を制御して超音波モータ 1の回転速度をコントロールしてもよい。

さらに、駆動信号制御部 70は、駆動信号のパルス幅および振幅の両方を制御するものでもよい。この場合には、より効率的な速度制御を行うことができる。要するに、駆動信号制御部 70つまり速度調整手段 60は、駆動信号のパルス幅および振幅の少なくとも一方を制御できればよく、特に、ブレーキ制御する際に、その駆動信号の振幅を僅かに変動させるなどで振動が停止しない状態に維持できるものであればよい。

但し、前記実施形態のように、振幅のみを制御するように構成すれば、駆動信号制御部 70等の回路構成を簡易にできてコストを低減できる利点がある。

【0047】

さらに、電力増幅部 50の構成も、プッシュプル回路を用いたものに限らず、公知の増幅回路を利用してもよい。

【0048】

超音波モータ 1としても、前記実施形態に記載されたものに限らず、他の構成を採用してもよい。例えば、前記実施形態の振動体 10は、ロータ 20を一方向のみに回転させるように構成されていたが、例えば、駆動電極 13A, 13Eと、検出用電極 13B, 13Dとを交互に切り替えるように構成し、突起部 17を正逆両方向に楕円軌道を描くように構成することで、ロータ 20の回転方向を切り替えることができるように構成してもよい。さらに、本発明の駆動回路は、前記実施形態のような薄板状の振動体 10を用いた超音波モータ 1の駆動回路に限らず、リング状の超音波モータや円筒状の超音波モータ、リニアモータ等の公知の各種超音波モータの駆動回路として広く利用することができる。従って、駆動体としては、ロータ 20に限らず、リニア駆動されるもの等でもよく、各種超音波モータに応じて設定すればよい。また、圧電素子は、駆動体側に取り付けられていてもよく、要するに駆動体およびこの駆動体をガイドする案内部材の一方に設けられていればよい。

【0049】

フィルタ・移相部 40で変化させる位相角度は、前述したように、駆動信号の周波数が、超音波モータ 1のほぼ共振周波数、すなわち共振周波数またはその近傍の周波数となるように設定すればよい。なお、実際には、振動体 10の形状、構造等も影響するため、共振周波数を中心に駆動信号の周波数を変更し、ピックアップ(振動検出用電極)のゲイン等で判断して最も良好な周波数を選択すればよい。

【0050】

また、本発明の駆動回路を利用した超音波モータ 1の用途としては、安定かつ迅速な速度制御が可能であるため、ハードディスクや CD等のスピンドルモータや、ヘッド移動用の

10

20

30

40

50

リニアモータ、時計のムーブメント等、小型でかつ速度制御が必要な各種アクチュエータとして利用することができる。

【0051】

【発明の効果】

以上、説明したように本発明によれば、超音波モータの駆動回路の回路構成を簡易にでき、かつ駆動速度の制御を安定して行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態の構成を示すブロック図である。

【図2】前記実施形態の駆動回路の構成を示す回路図である。

【図3】前記実施形態の駆動回路における各信号波形を示す波形図である。

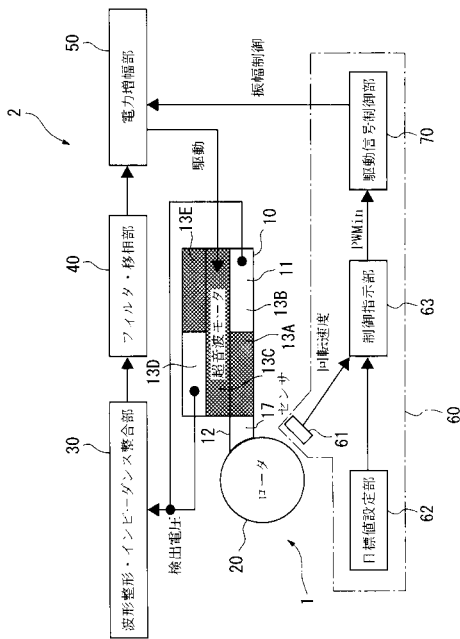
10

【符号の説明】

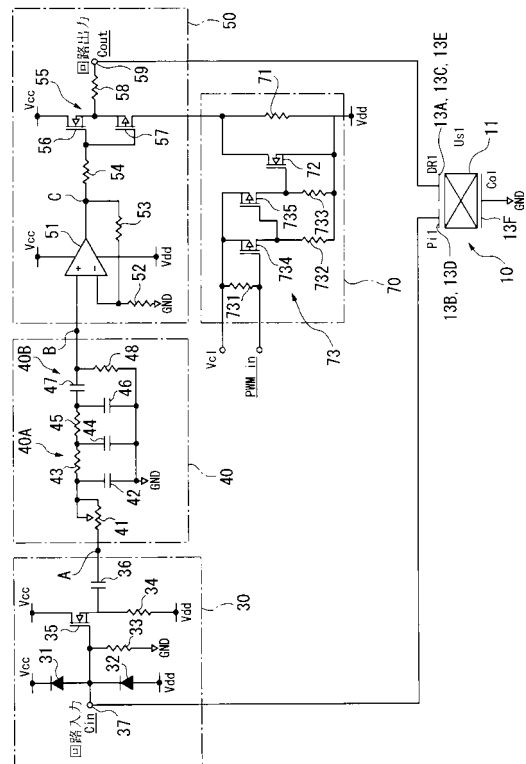
1 ... 超音波モータ、2 ... 駆動回路、10 ... 振動体、11 ... 圧電素子、13A, 13C, 13E ... 駆動電極、13B, 13D ... 振動検出用電極、20 ... ロータ(駆動体)、30 ... 波形整形・インピーダンス整合部、37 ... 回路入力端子、40 ... フィルタ・移相部(移相手段)、40A ... 積分回路(信号平均化部)、40B ... ハイパスフィルタ、50 ... 電力増幅部(増幅手段)、51 ... 演算増幅器、55 ... プッシュプル回路、56, 57 ... FET(電界効果トランジスタ)、58 ... 出力側抵抗、59 ... 回路出力端子、60 ... 速度調整手段、61 ... センサ、62 ... 目標値設定部、63 ... 制御指示部、70 ... 駆動信号制御部(パルス幅制御部、振幅制御部)、71 ... 振幅制限用抵抗、72 ... FET(バイパス用スイッチ)、73 ... 切替回路、Vcc ... 正電源、Vdd ... 負電源。

20

【図1】



【図2】



【 図 3 】

