

(19)日本国特許庁 ( J P )

(12) 特 許 公 報 ( B 2 )

(11)特許番号

特許第3482464号  
(P3482464)

(45)発行日 平成15年12月22日(2003.12.22)

(24)登録日 平成15年10月17日(2003.10.17)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

G 0 1 G 9/00

G 0 1 G 9/00

請求項の数1(全 4 頁)

(21)出願番号 特願2001-15251(P2001-15251)  
(22)出願日 平成13年1月24日(2001.1.24)  
(65)公開番号 特開2002-214025(P2002-214025A)  
(43)公開日 平成14年7月31日(2002.7.31)  
審査請求日 平成13年1月24日(2001.1.24)

特許法第30条第1項適用申請有り 社団法人日本機械学会が2000年7月31日に発行した、2000年度年次大会講演論文集V o 1. I I 「3430リレー制御系の自励振動を利用した質量測定」第515、516頁により刊行物発表された。

(73)特許権者 391012338  
埼玉大学長  
埼玉県さいたま市桜区下大久保255  
(72)発明者 水野 毅  
東京都稲城市向陽台6-19-1-504  
(74)代理人 100072051  
弁理士 杉村 興作

審査官 森 雅之

(56)参考文献 特開 平8-43185 ( J P , A )  
特開 平11-94807 ( J P , A )  
実開 平5-3940 ( J P , U )

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B名)  
G01G 9/00  
G01G 23/01

(54)【発明の名称】 質量測定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 測定対象物を一定の駆動力で往復運動させる駆動部と、前記測定対象物の速度を検出する速度検出部と、前記速度検出部で測定した前記測定対象物の速度の方向に応じて正負いずれかの信号を出力する、ヒステリシス特性を有するリレー要素部と、前記リレー要素部から出力された信号を前記駆動部にフィードバックさせ、この信号によって前記駆動部が前記測定対象物を往復運動させる周期を規定するフィードバック回路を有する制御部とを具え、前記駆動部における駆動力、前記測定対象物の速度および前記駆動部が前記測定対象物を往復運動させる周期より、前記測定対象物の質量を求めることを特徴とする質量測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、種々の物体の質量を精密に測定する質量測定装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】かかる精密な質量測定装置として、例えば水晶振動子や弾性表面波素子を利用した振動式の電子天秤がある。この電子天秤は、水晶振動子や弾性表面波素子が振動する際の周波数と、これら素子に加わる荷重との関係を用いて質量を測定するものであり、比較的消費電力で動作し、測定精度も高いという利点を有している。

【0003】しかしながら、こうした電子天秤には、周囲の温度変化によって水晶振動子や弾性表面波素子の特性が変化してしまうことにより誤差が発生する、船上や

車中などのような、揺動等により常時外乱にさらされている環境下では測定が非常に困難であり、また測定対象からの荷重に基づいて測定を行うため、無重力状態で測定できないという問題がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、上記の問題点を解決し、簡単な構成で、温度変化等の周囲の環境の変化や外乱に測定精度が影響されず、また無重力状態でも測定ができる質量測定装置を提案するものである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明による質量測定装置は、測定対象物を一定の駆動力で往復運動させる駆動部と、前記測定対象物の速度を検出する速度検出部と、前記速度検出部で測定した前記測定対象物の速度の方向に応じて正負いずれかの信号を出力する、ヒステリシス特性を有するリレー要素部と、前記リレー要素部から出力された信号を前記駆動部にフィードバックさせ、この信号によって前記駆動部が前記測定対象物を往復運動させる周期を規定するフィードバック回路を有する制御部とを具備し、前記駆動部における駆動力、前記測定対象物の速度および前記駆動部が前記測定対象物を往復運動させる周期より、前記測定対象物の質量を求めることを特徴とするものである。

【0006】ヒステリシス特性を有するリレー要素を含むフィードバック系は、その定常状態において自励振動（リミットサイクル）を生じる場合がある。中でも速度制御に、このようなフィードバック系を用いた場合、制御対象となる可動物体の質量によって、自励振動の周期が変化するという特徴がある。本発明による質量測定装置は、この現象を利用して測定を行うものである。

【0007】本発明による質量測定装置においては、測定対象となる物体を往復運動させる駆動部、測定対象の速度を検出する速度検出部、入力された信号（検出した速度の方向）に対応して正または負の信号を出力する、ヒステリシス特性を有するリレー要素により、フィードバック系を形成している。本発明による質量測定装置は、このフィードバック系における自励振動の周期、すなわち、駆動部が測定対象を往復運動させる周期が測定対象の質量によって変化することを利用して、測定対象となる物体の質量の測定を行う。

【0008】それゆえ、温度変化や外部からの振動と言った周囲の環境の変化に影響されることなく、高い精度で質量の測定を行うことができ、また、測定対象物からの荷重に基づいて測定を行うものではないため、無重力下でも測定を行うことが可能である。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の好適な実施形態について説明する。

【0010】図1は、本発明による質量測定装置の構成

を概略示すブロック図である。本装置10は、測定対象物11を往復動させるアクチュエータ12、測定対象物11が往復動する速度を検出する速度センサ13、速度センサ13で検出した測定対象物11の速度方向（正または負）に対応して正または負のいずれかの信号を出力するようなヒステリシス特性を有するリレー要素14および、リレー要素14から出力される信号に基づいてアクチュエータ12を駆動するコントローラ（アンプ）15を具備し、これらによってフィードバック系が形成されている。

【0011】次に、本装置10による質量測定の原理について説明する。

【0012】図2に示すように、本装置10において、アクチュエータ12が駆動力 $+F_0$ で測定対象物11を駆動し、その速度が $+v_0$ に達すると、駆動力を $-F_0$ に切り換える。その後測定対象物11の速度が減少して $-v_0$ に達すると、今度は駆動力を $+F_0$ に切り換える。なお、以後の記載では、測定対象物11の速度 $v_0$ を、アクチュエータ12の駆動力の方向を切り換える際の実速度として「切り換え速度」と呼ぶ。

【0013】ここで、測定対象物11に $+F_0$ の力が作用しているときの測定対象物11の運動方程式は、測定対象物11の質量を $m$ として、

【数1】

$$m \frac{dv}{dt} = F_0$$

であるから、このときの周期 $T_1$ は、

【数2】

$$m \frac{2v_0}{T_1} = F_0 \quad \therefore T_1 = m \frac{2v_0}{F_0}$$

より求められる。

【0014】次に、測定対象物11に $-F_0$ の力が作用しているときの測定対象物11の運動方程式より、このときの周期 $T_2$ は

【数3】

$$T_2 = m \frac{2v_0}{F_0}$$

より求められる。

【0015】上の2式より、測定対象物11の往復動の周期 $T$ は

【数4】

$$T = T_1 + T_2 = m \frac{4v_0}{F_0}$$

となる。

【0016】これより、測定対象物11の質量 $m$ は、周期 $T$ を測定することにより、式

【数5】

$$m = T \frac{F_0}{4v_0}$$

から求めることができる。なお、駆動力 $F_0$ および切り換え速度 $v_0$ の値は、予め設定した値、または測定した値のいずれかをを用いれば良い。

【0017】さて、本装置10において、リレー要素14は速度センサ13で検出した測定対象物11の速度 $v$ に応じて $+A_0$ または $-A_0$ の信号を出力する。測定対象物11の速度 $v$ が切り換え速度 $v_0$ に達した時、リレー要素14は $-A_0$ の信号を出力し、一方測定対象物11の速度が切り換え速度 $-v_0$ に達した時、リレー要素14は $+A_0$ の信号を出力するように設定する。

【0018】アクチュエータ12は、コントローラ15を通してリレー要素14から $+A_0$ の信号を受けた時には、測定対象物11を $+F_0$ の駆動力で駆動し、一方の $-A_0$ 信号を受けた時には $-F_0$ の駆動力で駆動する。

【0019】このとき、前述の周期 $T$ は、本装置10において形成されているフィードバック系の自励振動の周期に他ならず、この周期は上の式から、測定対象物11の質量に比例していることが理解されよう。それゆえ、前述のように測定対象物11の質量を測定することが可能となる。また、上述した原理からも明らかなように、測定対象物からの荷重に基づいて質量を求めるものではない、換言すれば重力を利用しないで測定を行うものであることから、無重力下においても質量測定が可能である。

【0020】次に、本装置10に外乱が加わった場合を考える。外乱の例として、装置10全体が水平方向に加速度 $a$ で移動していると仮定する。このとき、測定対象物には $-ma$ の慣性力が作用することとなるので、先の周期 $T_1$ 、 $T_2$ は、それぞれ次式で求められる。

【数6】

$$m \frac{2v_0}{T_1} = F_0 - ma \quad \therefore T_1 = m \frac{2v_0}{F_0 - ma}$$

$$-m \frac{2v_0}{T_2} = -F_0 - ma \quad \therefore T_2 = m \frac{2v_0}{F_0 + ma}$$

【0021】上の2式から $T_1$ 、 $T_2$ それぞれの逆数の和を求めると次式のようになる。

【数7】

$$\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} = \frac{F_0}{2mv_0}$$

【0022】したがって、測定対象物11の質量 $m$ は、次式により求められることとなる。

【数8】

$$m = \frac{F_0}{2v_0 \left( \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right)}$$

【0023】上の式から明らかなように、本装置は、加速度 $a$ の影響、換言すれば外乱の影響を受けることなく、測定対象物の質量を測定することが可能であることが理解される。したがって、本装置は車輦内や船舶上と言った揺動環境下においても質量測定が可能であることが示される。

【0024】図3~図5は、それぞれ本装置による測定実験の結果を示すグラフである。まず、図3は、アクチュエータ12(図1参照)の駆動力を一定として、測定対象物11(図1参照)の異なる切り換え速度に対する、アクチュエータ12の往復動周期と、測定対象物11の測定質量との関係を示すものである。図より、周期と質量との良好な相関(直線性)が得られていることが理解されるが、特に、測定対象物11の切り換え速度、すなわちリレー要素14のヒステリシス特性の幅を大きくし、アクチュエータ12の往復動周期を長くすることで、より良好な相関が得られることがわかる。

【0025】図4は、測定対象物11の切り換え速度を一定とした場合の、アクチュエータ12の異なる駆動力に対する、アクチュエータ12の往復動周期と、測定対象物11の測定質量との関係を示すものである。この図からも、周期と質量との良好な相関が得られていることが理解されるが、特に、アクチュエータ12の駆動力を小さくすると共に往復動周期を長くすることで、より良好な相関が得られることがわかる。

【0026】図5は、本装置における測定対象物11の測定質量と、実際の質量との関係を示すものである。図より、本装置により良好な質量測定結果が得られることが理解されよう。

【0027】以上説明したように、本発明による質量測定装置は、構成が単純であり、また周囲の環境の変化や外乱に影響されることなく質量測定を行うことが可能である。それゆえ、船上や車輦内と言った測定系に外乱が入りやすい場所での測定が可能であり、また従来の電子天秤のように測定対象物の重量、すなわち荷重に基づいて測定を行うものではないため、無重力状態での測定も可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による質量測定装置の構成を概略示すブロック図である。

【図2】 本装置における、測定対象物の速度変化および測定対象物の駆動力の変化をそれぞれ示すグラフである。

【図3】 本装置における、測定対象物の異なる切り換え速度に対する、測定対象物の質量と往復動周期との関係を示すグラフである。

【図4】 本装置における、測定対象物の異なる駆動力に対する、測定対象物の質量と往復動周期との関係を示すグラフである。

【図5】 本装置における、測定対象物の測定質量と実

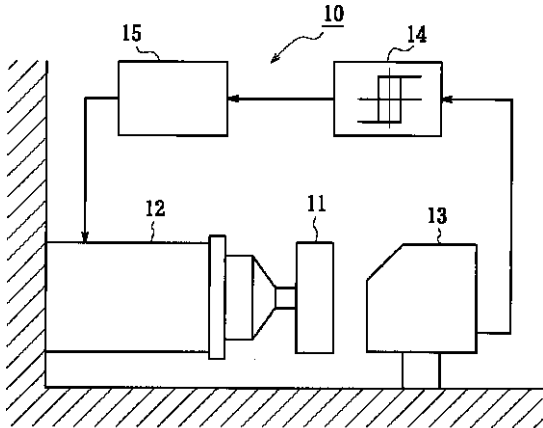
際の質量との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

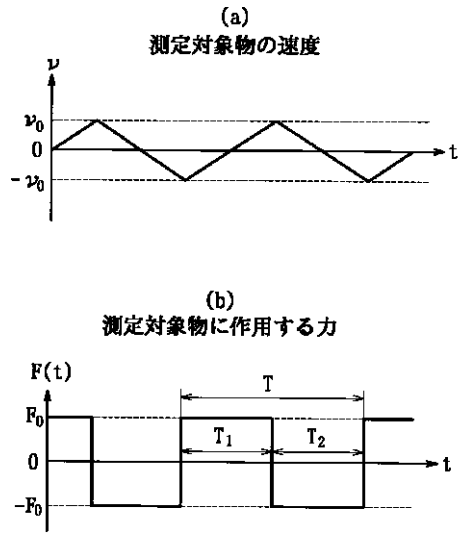
- 10 質量測定装置
- 11 測定対象物

- 12 アクチュエータ
- 13 速度センサ
- 14 リレー要素
- 15 コントローラ(アンプ)

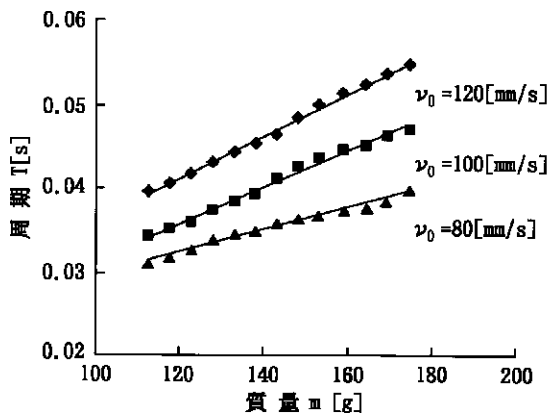
【図1】



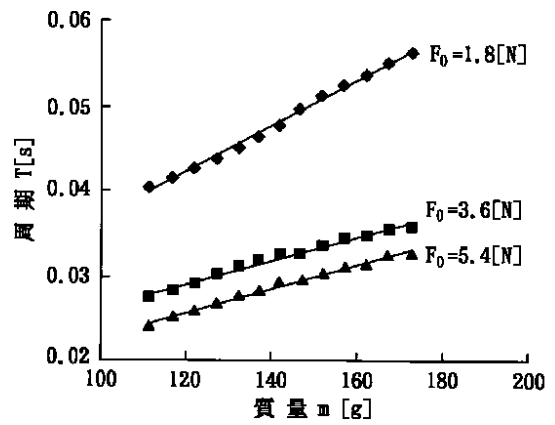
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

