

顯微鏡式振動計 S. I. P. Type

松 田 正 彦*

Microscope Type Vibrograph

By Masahiko Matsuda
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

At present, there are vibrographs of many kinds for measuring vibration, amplified optically, mechanically or electrically.

We made a sensitive vibrograph of microscope type which is simple to measure the amplitude and form of vibration portable being small and light, for the object of the measurement of field balancing, vibration of rotating machine.

The author carried out the experiment on the fundamental characteristics of the vibrograph and obtained satisfactory results for measure of vibration on rotating machine.

〔I〕 緒 言

現在各種の振動計があるが、重量が大きく取扱いに不便であつたり又複雑な機構のため不安定になる等色々取扱う上に不便を感じる事が多い。之等の缺點を除いた主として回轉體の振動を測定するための振動計を作つたので茲に報告する次第である。

振動計主要要目

型 式 顯微鏡直讀式
重 量 750 gr
大 小 160×65×60 mm
測定範圍、振巾 0.003~0.3 mm
振動數 10 サイクル~100 サイクル

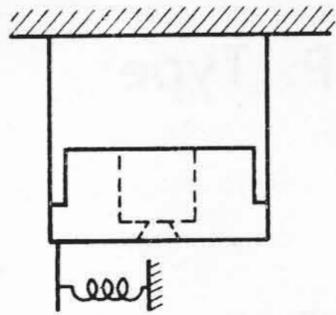
〔II〕 振動計の機構

この振動計は2枚の板バネにより重錘を吊り水平振子

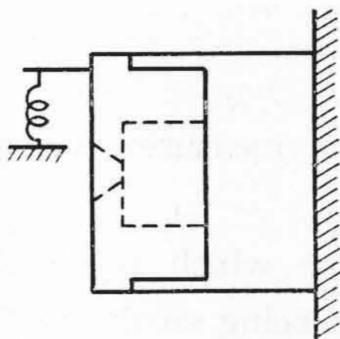
* 日立製作所日立工場



第1圖 顯微鏡式振動計
Fig. 1 Microscope Type Vibrograph.



第 2 圖 振動計の水平振子機構圖
Fig. 2 Mechanism of Horizontal Pendulum of the Vibrograph.



第 3 圖 上下動振子機構圖
Fig. 3 Mechanism of Vertical Pendulum.

を形成している。この振子を上下動振子として使用する場合は補助バネにより重錘をさしえて上下動振子を形成する。重錘の下部には鍍銀した硝子を取付ける。この硝子に 0.15 mm の間隔に 10 数本の巾約 1.5 μ の細いスリットが刻み込んであつてその下に光源を置いて振子の振れをこの振動計のケースに取付けられた顕微鏡で読みとる。

顕微鏡の接眼部には目盛板と細隙を通してくる光のイメージを吸収するためのフィルターが取付けられている振動計本體を振動體につけると振動によつて振子が相對運動を起しスリットの細い光の線が振幅に相當する光帯となつて見えるからこの光帯の幅を接眼部の目盛で読み取ると振幅が測定出来る。

〔III〕 振動計の特性

振動計の特性はこの振子の固有振動と振子の減衰作用とによつて決まるものであるが、機械的な振動計の如く固體摩擦のあるとき或は減衰器として金屬摩擦を利用するときにはこの固體摩擦の影響を考慮に入れねばならない。固體摩擦のある場合の振動計の運動方程式は次式に

よつて與えられる。

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 2\varepsilon \frac{dy}{dt} + n^2(y \pm \rho) = X_m \omega^2 \cos(\omega t + \delta) \dots (1)$$

y — 振動計の振幅

ρ — 固體摩擦

ε, κ — 振動計により決まる常數

この定常状態に於ける解は

$$y_0 = \frac{x_m}{\sqrt{\left\{ (\mu^2 - 1)A_1 + 2huB_1 \right\}^2 + \left\{ -(u^2 - 1)B_1 + 2huA_1 + \frac{4u^2}{\pi} \frac{\rho}{y_0} \right\}^2}}$$

$$\tan \delta = \frac{-(u^2 - 1)B_1 + 2huA_1 + \frac{4u^2}{\pi} \frac{\rho}{y_0}}{(u^2 - 1)A_1 + 2huB_1} \dots (2)$$

となる⁽¹⁾。

茲に h = ε/n.....減衰係數

u = n/ω ... 振動周期と振動計の固有周期との比

$$A_1 = 1 + S_A \frac{\rho}{y_0} \quad B_1 = S_B \frac{\rho}{y_0}$$

$$S_A = \frac{4u^2}{\pi} \cdot 2hu \sum_{N=1}^{\infty} \frac{1}{\{u^2 - (2N+1)^2\}^2 + 4h^2u^2(2N+1)^2}$$

$$S_B = -\frac{4u^2}{\pi} \sum_{N=1}^{\infty} \frac{u^2 - (2N+1)^2}{\{u^2 - (2N+1)^2\}^2 + 4h^2u^2(2N+1)^2}$$

(2) 式を變形すると

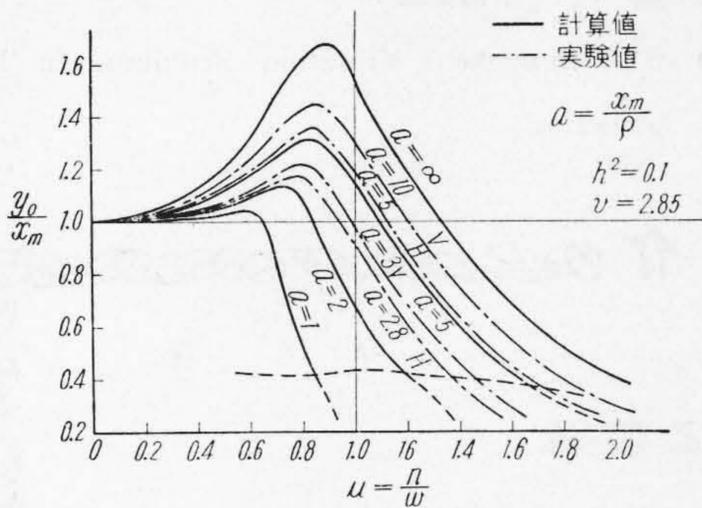
$$\left\{ (u^2 - 1)^2 + 4h^2u^2 \right\} \left(\frac{y_0}{x_m} \right)^2 + 2 \left\{ (u^2 - 1)X + 2huY \right\} \frac{\rho}{x_m} \frac{y_0}{x_m} + (X^2 + Y^2) \left(\frac{\rho}{x_m} \right)^2 - 1 = 0 \dots (3)$$

$$X = (u^2 - 1)S_A + 2huS_B$$

$$Y = 2huS_A - (u^2 - 1)S_B + \frac{4u^2}{\pi}$$

$$\tan \delta = \frac{Y \frac{\rho}{x_m} + 2hu \frac{y_0}{x_m}}{X \frac{\rho}{x_m} + (u^2 - 1) \frac{y_0}{x_m}}$$

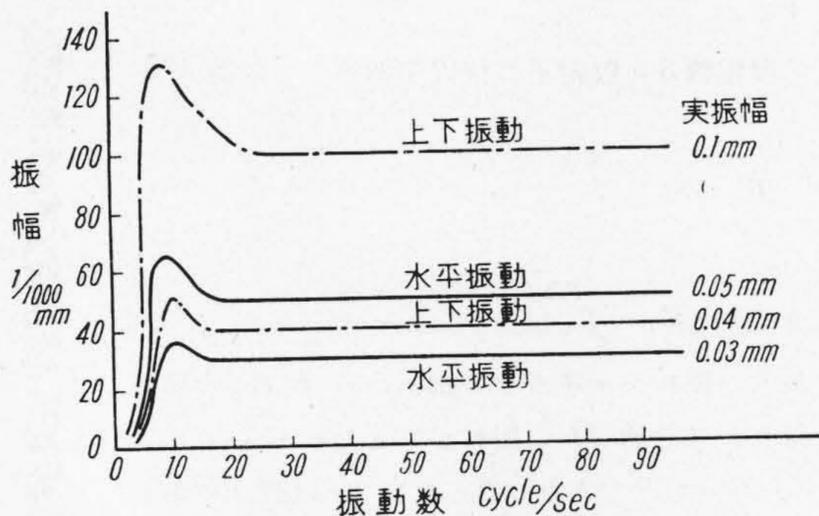
依つてこの式は y/x_m の二次方程式と見做して正根をとれば、y/x_m が u, h 及び ρ/y の函數として與えられる。即ちこの様に固體摩擦のある場合は、振動計の振子が共振する周期附近の倍率及び位相差は u と h の他に振幅 x_m の函數となる。



第4圖 Y_0/X_m と μ との関係
Fig. 4 Relation between Y_0/X_m and μ .

又固体摩擦がある場合振子の全く不動になる限界は、(1)式に於て $t=+0$ のとき振子が直ちに動き出さない条件を求めればよい。この場合 $d^2y/dt^2, dy/dt$ は共に 0 であるから $n^2(y \pm \rho) = x_m w^2 \cos \delta$ が求める限界となる。

次にこの振動計に金属摩擦を利用した減衰器を使用した場合の特性を調べてみる。この振動計振子の自由振動の減衰比より減衰係数 $h^2=0.1$ なる如くし、又この場合の金属摩擦 $\rho=0.01$ mm 程度になる如くねじにより摩擦を調整し、振動臺によつて 5 サイクルより 100 サイクル迄の特性を調べた結果第4圖に示す如く倍率 y_0/x_m は計算値と略一致した値が得られた。图中的点線は不動限界値を示すものであるが、實測値はこれより小さい値を示しているのは、自由振動より ρ を測定したときの相異によるものと思われる。



第5圖 振動計の振幅と振動数の関係
Fig. 5 Relation between the Number of Oscillations and Amplitude of Vibrograph.

この振動計に金属摩擦の影響を減少させるために板バネにゴムを併用して特性を振動臺により調べた結果第5圖の如き特性を得た。この場合のゴムによる減衰作用は、流体摩擦を使用した時の如く ρ の値が小さく、倍率係数及び位相差は u と h の函数となり、振動による影響は無視出来るため、振動計の共振附近の振動に對して單純なる特性曲線にて現わす事が出来る。

又應用例としてこの振子を水平面に對して自由度を持たせ、振子に取付けられた鍍銀した硝子面に光點を設けると、この點の軌跡は振動體の振動の軌跡を現わし、橢圓振動等の振動の軌跡を直視する事が出来て、接眼目盛によりたゞちに任意の振動方向の振幅のコンポーネントの測定を行う事が出来る。

この振動計は振子と振動體との相對變位を直接顯微鏡で読み取るため感度よく、又規則振動或はホワーリングホイッピング等の現象がある場合は光帶の濃薄によつて容易に單弦振動を區別する事が出来て、回轉體のフィールドバランスの振幅法による測定試験等に應用するに便利な振動計である。

〔IV〕 結 論

以上述べた如く振動計に固体摩擦が存在する場合は、共振附近の倍率係数は振幅により變り、第4圖に示す如く振幅が大きく周期が小さい場合は、固体摩擦の影響は小さくなる傾向をもつものである。この振動計の減衰器に金属摩擦を利用したときは、共振時の倍率は一般の振幅 $3/100$ mm \sim $10/100$ mm の測定範圍に於て約 30% 程度の開きが認められるが、ゴムを減衰器として利用したときは約 5% 程度になりこの開きを少なくする事が出来た。

尙この振動計は主として回轉體の振動を測定するために作られたもので現場に於てフィールドバランス作業等に使用して充分満足なる實績をおさめている。

終りに臨み終始御指導賜つた水戸工場精機課牧野氏に厚く感謝する次第である。

参 考 文 献

(1) 萩 原: 振動測定

(2) 萩 原: 震研彙報

(3) S. Timosenko: Vibration Problems in Engineering

特 許 紹 介

特許第 157085 號

今 尾 隆

回 轉 體 平 衡 測 定 装 置

回轉子 1 の不平衡重量を軸受 A 側及び B 側端面に於けるベクトルとして表わしたものを \dot{W}_A, \dot{W}_B とし、軸受 A 及び B の振動に對應する電壓を發生する振動計型ピックアップ P_1 及び P_2 の誘起電壓を \dot{E}_A, \dot{E}_B なるベクトルで表わせば、

$$\dot{E}_A = \alpha \dot{W}_A + \beta \dot{W}_B \dots\dots\dots(1)$$

$$\dot{E}_B = \gamma \dot{W}_A + \delta \dot{W}_B \dots\dots\dots(2)$$

但し $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ は回轉子、軸受、ピックアップを含む一連の機構に固有な常數ベクトルとする。次に回轉子 1 の軸受 A 側端面に試し重量 w_a を附加した場合には

$$\dot{E}'_A = \alpha(\dot{W}_A + \dot{w}_a) + \beta \dot{W}_B \dots\dots\dots(3)$$

$$\dot{E}'_B = \gamma(\dot{W}_A + \dot{w}_a) + \delta \dot{W}_B \dots\dots\dots(4)$$

又 B 側端面に試し重量 w_b を附加した場合には

$$\dot{E}''_A = \alpha \dot{W}_A + \beta(\dot{W}_B + \dot{w}_b) \dots\dots\dots(5)$$

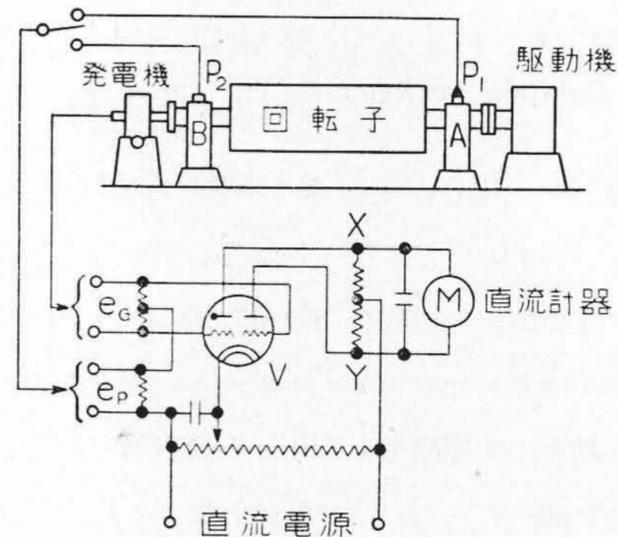
$$\dot{E}''_B = \gamma \dot{W}_A + \delta(\dot{W}_B + \dot{w}_b) \dots\dots\dots(6)$$

以上 (1) 乃至 (6) 式から $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ の各係數を消去すれば

$$W_A = \frac{\dot{E}_A \dot{E}''_B - \dot{E}''_A \dot{E}_B}{\dot{E}_A (\dot{E}'_B - \dot{E}''_B) + \dot{E}'_A (\dot{E}''_B - \dot{E}_B) + \dot{E}''_A (\dot{E}_B - \dot{E}'_B)} \times \dot{w}_a \dots\dots\dots(7)$$

$$W_B = \frac{\dot{E}'_A \dot{E}_B - \dot{E}_A \dot{E}'_B}{\dot{E}_A (\dot{E}'_B - \dot{E}''_B) + \dot{E}'_A (\dot{E}''_B - \dot{E}_B) + \dot{E}''_A (\dot{E}_B - \dot{E}'_B)} \times \dot{w}_b \dots\dots\dots(8)$$

この發明は以上の原理によりピックアップ P_1, P_2 の電壓を測定して W_A 及び W_B の値を決定しようとするもので、今ピックアップ P_1 又は P_2 の電壓を $e_p = E_p \sin(\omega t - \theta_1)$ 、發電機 3 の電壓を $e_G = E_G \sin(\omega t - \theta_2)$ とすれば双 3 極



管の一方の V のグリッドには $(e_p + 1/2 e_G)$ 、他方のグリッドには $(e_p - 1/2 e_G)$ が加えられるから 3 極管 V のグリッド電壓プレート電流特性の變曲部即ち 2 乗曲線部分で動作させるようにしておけば、出力端子 XY 間の電壓は $(e_p + 1/2 e_G)^2 - (e_p - 1/2 e_G)^2 = 2e_p e_G$ に比例する。 $\frac{1}{T} \int_0^T 2e_p e_G dt = E_p E_G \cos(\theta_1 - \theta_2) \dots\dots(9)$ であるから直流計器 M の指示は (9) 式に比例する。

發電機 3 の固定子の位置を調整して計器 M が

最大の振れを示すときの指示から $E_p E_G$ の値が得られ又計器 M の振れが零となるときは $\theta_2 - \theta_1 = \pi/2$ であり、 E_G 及び θ_1 は既知であるから E_p 及び θ_2 の値が求められるのである。
(原 田)