表面の高さが変動する液の 比重の遠隔測定*

(昭和27年11月4日受理) 会 員 河 田 末 吉**
伊 丹 皓***

→ 摘 要 ←

研 究 目 的

表面の高さがある範囲内で常に上下している液の比重の遠隔測定、目記記録あるいは制御を行うに適する比重計を作ることを目的としてこの研究を行った。

研 究 結 果

上端を固定した蔓巻はねの下に圧鉄粉心をつけ、その下に硬い針金、さらにその下に錘りをつけ、錘りを全部液の中に浸し、電気振動回路の一部になつて固定した鉛直コイルの中で鉄心が自由に動くような装置を作つた。こうして液の比重の変化を、順次、錘りに対する浮力の変化、はねの伸び、鉄心の移動、電気振動回路のインダクタンス、真空管の陽極電流の変化にもつて行くことによつて、液面の高さに殆んど無関係に 0.001の比重の変化を遠隔測定することも可能となつた。

表面の高さがある範囲内で徐々に上下している液の比重の遠隔測定、あるいは目記記録に適する比重計が、方々で求められていることを知つたので、これを作ることを試みた。

液面が動くことの対策として初めに試みたのは、常に表面に浮んでいる鈍感な浮子と敏感に浮き沈みする浮子とを同心的に組み合わせ、その間に持たせたインダクタンスまたは容量によつて、相対変位を電気的に見出す方法であつたが、第2の浮子が液のために引きつけられて自由に動かないのでこの方法をやめ、次に述べるはね秤りの方法を採つた。すなわち第1図のように上端を固定した蔓巻はねの下に、液の比重、液面の高さの変化の程度に応じて、適当な長さの硬い針金に適当な寸法と重さとの錘りをつけたものを吊るし、針金の一部と錘りの全部とをいつも液の中に浸すようにしておく。液の比重が変われば錘りに対する浮力が変わり、はねが伸縮する。錘りについては針金の液の中にある部分の体積は、液面の高さの変化によつて変わるが、この体積の変化は普通錘りの体積に比べて遙かに小さいもの(例えば数十分

(第1図)

の一とか万分の一とかの程度)にすることが出来るから、液面の高さが変わつても、比重の測定には殆ど影響しないようにすることが出来る。次は、はねの下端の微小な変位の測定の問題になる。微小変位の拡大には機械的、光学的及び電気的方法があるが、ここでは問題の性質から考えて電気的方法を用いた。それで、はねの下端に圧鉄粉心の、長さ1.5cm、直径1cm位の円柱状のものを取り付け、これを真空管による電気振動回路中の固定した鉛直コイルの中に入れる(第1図)。

こゝに用いた電気回路は井上均氏(第4回日本工学会大会電気部会予稿、昭和15年)による微小容量変化測定回路を応用したものである。第2図において、真空管Vの遮蔽格子に、高周波発振器の発する一定周波数の電圧を加え、別に測定しようとする容量C₂を含む調回路(C₂, L₂)を作つてそれをV管の制御

* Remote measurement of specific gravity of a liquid of varying surface level 昭和27年5月23日、日本繊維機械学会、第5次年次大会で講演

** S. Kawata, Member. 京都大学工学部応用物理学教室

*** A. Itami,

(第 2 図)

格子に接続し、これらの二つの格子間の静電容量 C_0 を通して同調回路 (C_2, L_2) に高周波電圧を加えると、容量 C_2 の変化に対応して、同調回路の高周波電圧位相及び振幅が変わり、 V 管の陽極電流が変わる。すなわち (C_2, L_2) 回路が発振器の周波数 ω にほぼ同調しているとすれば、 C_2 が $\omega = 1/\sqrt{L_2(C_0 + C_2)}$ で与えられる C_A の値をとる点から V 管の中に陽極電流が通り、これはさらに C_2 の増加につれて第 3 図の A が示すように急

(第 3 図)

に増加し、やがて飽和状態になる。また C_2 が $\omega = 1/\sqrt{L_2\{C_B + (2\mu + 1)C_0\}}$ (μ は V 管の増巾率を表わす) で与えられる C_B から減少するにつれて、曲線 B の変化が起こる。これらの容量対陽極電流の曲線における急な変化を利用すれば容量の微小変化を測ることができる。容量の代りにインダクタンスを用いてもよい。

第 4 図は今の目的に適するように作った実際に用いた回路を示すものである。主要真空管 V_1 には相互コンダクタンスの大きい 6AC7 管を用い、この遮蔽格子に、水晶発振器とビームパワー管 6V6 とを用いてえられる、安定で強力な高周波電圧を加える。この高周波電圧はさらに V_1 管の制御格子に結合した (C_2, L_2) の同調回

(第 4 図)

路に加えられることになる。そこで蔓巻ばねにつけた鉄心が固定された L_2 のコイルの中で上下すれば、この回路の固有振動数が変わり、 V_1 管の陽極電流が変わる。しかしこのまゝでは、接続導線に対する周囲のものゝ電気的影響が大きく、遠隔測定を不安定なものにする。それで、別に C_8, L_8 から成る同調回路を作り、(C_2, L_2) と (C_8, L_8) とをシールド線でリンク結合し、 L_8 の中で鉄心を動かした。これによって回路は安定になり、遠隔測定に好都合になった。この実験では、手近にえられた 4.368 メガサイクルの水晶振動板を用いたが、1 メガサイクル位のものを用いた方が安定で高い精度が期待せられる。記録装置や継電器の必要があれば図の出力の位置に入れる。

井上氏の回路は鋭感であるが安定度がよくないといわれている (同氏の目的にはそれで差支えなかつたのであろう)。それで安定度の検査をしたのに、スイッチを入れてから 30 分間は陽極電流は相当ひどく変動するが、1 時間もたつと充分落ちつき、以後 5, 6 時間もよく注意して見ていたのに、陽極電流の変動は 0.1mA の内にとまっていた (次の実験の数値を参照せられたい)。

この実験に用いた錘りは、体積およそ 145cm³、質量およそ 300g のもので、それをピアノ線を介して、次の (1) 及び (2) の例で示すばね I または II で吊るして、錘りをすつかり水の中に浸し、ピアノ線に小さい皿をつけ、その上にいろいろの分銅をのせて、加重対陽極電流の関係をしらべた。

(1) 第 5 図は強いばね I を用いた場合のもので、ばねの伸びは 30g で 1.38mm すなわち 0.016mm/g である。10—45g の加重では、加重と mA の読みとが直線関係を保っている。この間での電流の変化は 4.8mA である。陽極電流を測るミリアンメータはフルスケール 10mA の携帯用のもので、1 目が 0.1mA であり、測定の精

(第 5 図)

度は半目ならばまず確実と思われるが、1 目に対するはねの伸びは 0.034mm (すなわちこの僅かな伸びが確実に測れるわけである)、1 目に対する比重の変化は 0.005 となる。そうしてこの範囲での比重の全変化は 0.24 である。直線部分からいくらか外れてもよいとして、加重 $0\text{--}80\text{g}$ の範囲に拡げて考えれば、比重の変化の測られる範囲は 0.56 となる。

(2) 第 6 図は感度を上げる目的で前よりも弱いばねⅡを用いた場合の結果を示す。はねの感度は 0.18mm/g である。加重 $2\text{--}9\text{g}$ の、加重対陽極電流に直線関係の成り立つところでは、陽極電流の変化は 4.6mA で、メータの 1 目に対するはねの伸びは 0.027mm 、比重の変化は 0.001 、この直線関係の成り立つ比重の変化の範囲は 0.048 である。そうして曲線の両端まで使えば比重の全変化 0.124 が測定できるが、両端の感度の悪いところでは、メータの 1 目に対する比重の変化は 0.002 となる。

(1)(2) どちらの場合においても、加重に対する陽

(第 6 図)

極電流の値は、繰返して実験してみて再現性のよいことを確かめた。

測定の感度は、最も簡単にはばねの強さまたは錘りの寸法によつて加減すればよいが、その他、鉄心の材料、形、コイルとの相対位置(上の二つの例でメータの 1 目に対するはねの伸びが違っているのはこのためである)、回路の調整などで調節できる。

液の動揺の影響を見るために、錘りから 10cm 位離れたところにゴム管の口を置いて、毎分 1.5l 位の割合で注水したのに、はねⅡのときには陽極電流がいくらか(1 目の程度)動揺したが、はねⅠのときには半目以下にすぎなかつた。なお注水による錘りの動揺は、これを円筒形の網でよく囲むことによつて余程小さくすることができるであろう。

最後にこの実験に助力せられた戸川秀夫、森英一郎の両君に厚く感謝する。