(昭和 30 年 5 月 造船協会春季講演会に於て講演)

新 型 速 度 計

正員 工学博士 志 波 久 光*

Abstract.

A Speed Meter of New Type.

By Hisamitsu Shiba, *Kogakuhakushi, Member.*

The author lighted upon the fact that the phenomenon of Kármán vortex was applicable to the speed meter by theoretical study and various experiments, the details of which were already described in the Report of Ship Experiment Tank in Tokyo, No. 6.

Then the author tried to realize the above principle actually upon the ship speed meter, the details of the mechanisms of which, and also its test results with an actual ship, are described here in this paper.

I. 主要原理の簡単な紹介

筆者は流体中を進行する物体の背後に生ずるカルマン渦の単位時間の発生数を計測することにより、その物体の進行速度を知り得ることを研究の結果確めこの原理を速度計に応用する道を開いた。此処にその概要を述べると次の如くである。

物体の幅 B 、速度 V 、渦の発生数 (又は振動数) n との間には一般に次の関係があることを無次元論より求めることが出来る。但し R はレイノルズ数である。

$$\frac{nB}{V} = f(R)$$

研究の結果により物体の形状を適当に選定すれば、一般船舶の実用速度範囲ではレイノルズ数の影響を全く無視して差支えないことを知った。従つて此の場合には振動数は速度に正比例する。今一例として一辺が 4.5 寸の正三角柱 (但し頂点は円形) に対する水槽試験結果を示すと第 1 図の如くである。この様に検定曲線が常に原点を通る直線であり且つ柱体の形状寸法に変化ない限り常に不変であつて一般計器に介入し勝の温度の変化、摩擦、摩擦耗の増減による悪影響を蒙らないことは、その検定と使用に兎角神経を勞し勝の製作者および使用者にとつて頗る満足すべき性質を有するものと云い得る。

II. 試作器および一号器に対する簡単な説明

1. 試 作 器

試作器の機構は大体第 2 図に示す通りである。即ち速度計本体に発生する振動電圧を増幅器により略々一定の矩形波に改めると共に電力増幅して機械的継電機を作働のせしめ、これにより一定電圧の乾電池により絶えず充電される一定容量のコンデンサの放電を行わしめ、実際の充電電流を平滑として回路中の K. R. 1 記録器に作用せしめるものである。

本試作器を山内君が日聖丸に持参して使用した結果は既報の如くに第 1 回試験としては略々満足すべきものであつたが次の欠点を露呈し不便の点が多かつた。即ち

Fig. 1

* 運輸技術研究所

Fig. 4

Fig. 5

III. 二 号 器

1. 考案試作理由

一号器は上記の経過を辿り今や全く実用に供し得る段階に到達したものであるが更に慾を云えば次の諸点に尚考慮の余地がある。即ち

- a) 増幅器には較正装置を有するにしても定電圧装置を内蔵するところに不満の点あり、且つこの為複雑さと重量を一段と増加している。
- b) 真空管の本数が多いために結線が頗る複雑であるから一旦故障の際には素人では処置に窮するであろう。
- c) 消費電力が比較的に高い。(約 300 W)
- d) 重量が比較的大(約 50 斤)であるから運搬に不便である。
- e) 電源が直流の場合には変換器を別に必要とする。
- f) 製作費が高価である。

従つて増幅器に就て次の諸点即ち

- イ) 定電圧装置の撤去とこれに伴つて生ずる電源電圧変動の誘起する悪影響の簡単な除去策
- ロ) 継電機の廃止
- ハ) 真空管数の減少と結線の簡易化
- ニ) 電源として交直両用(交流 100 V, 直流 220 V)
- ホ) 消費電力の低減
- ヘ) 重量の軽減
- ト) 製作費の低減

Fig. 6

等を考慮して工夫の結果全く新しい型の二号器を自作することに成功したので以下これに就て述べる。

2. 構造結線図等

(1) 速度計本体：——

渦の発生数取出し機構は元来本質的には左程問題ではなく現在の所電磁式、ピエゾ式、接点式、歪線式等種々考えられるのであるが所詮は波形を略々矩形波に改める点より考えて今回は一応接点式を採用した。第6図は構造の概略を、第7図は振動部分の詳細構造を、第8図はこれが外観を示す。

Fig. 7

Fig. 8

(2) 曳 索：——

一応一号器の折製作せしめたものをその儘使用することとした。蓋し該品は安全の爲更に強度にゆとりを持たせたい点以外には欠点がないからである。

(3) 増 幅 器：——

実際に最も苦心したものであり種々工夫の結果最後に変圧器の鉄心に特種の性質を持った材料（第9図参照）を用いると云う極めて簡単な方法を案出し、これに依り渦の周波数増減による影響および電源電圧変動のもたらす悪影響等を完全に除去し得ると共に、継電機の省略が可能となり問題の一切を解決することが出来た。この点は本増幅器の生命であり特長であつて他に利用の道も考えられるので若干の説明を加えると次の通りである。

即ち一次線輪の電流 i によつて誘起される鉄心の磁束密度 ϕ が電流 i の小値で飽和を来し、且つ飽和に達するまでは i に比例するとすればその比例係数を k と置くと今一次側に $i = I \sin \omega t$ なる電流を通ずると二次側の電流 i' は次式の形となる。但し簡単のため線輪のリアクタンスの影響等を無視する。

$$i' = n \frac{d\phi}{dt} = k n I \omega \cos \omega t$$

但し	$\left\{ \begin{array}{l} n \cdots \cdots \text{二次線輪巻数} \\ I \cdots \cdots \text{電流最大振幅} \\ \omega \cdots \cdots \text{周波数} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \phi_0 \cdots \cdots \text{飽和磁束密度} \\ i_0 \cdots \cdots \phi_0 \text{ に対応する電流} \\ T_0 \cdots \cdots i \text{ が } 0 \text{ より } i_0 \text{ に達する迄の時間} \end{array} \right.$
----	--	--

従つて i_0 と T_0 が非常に小さい場合には二次側の電流は矩形波となる。尚電流量は一波に対し次の如くなる。

Fig. 9

Fig. 10

Fig. 11

Fig. 12

Fig. 13

$$Q = \int_0^{T_0} i dt = kni_0$$

即ち電流量は周波数 w の変動も電圧変動の影響も蒙らない。但し実際には材料の磁気特性は周波数によつて変化するから静的特性が上述のものであると共に、その動的特性も良好であることが必要である。これらの条件適にする材料としてセンドルタ・コアを挙げ得る。

上記の原理を応用して製作した本増幅器の結線図を第 10 図に、その外観を第 11 図に示す。

第 12 図は CR1 発振器を入力とする場合の振動数と電流量の関係を示すもので、これより両者が全く直線の関係にあることを確認し得る。又振動数を一定に保ち電源電圧を 70~120 V の広範囲に変化せしめた時の電流量と電圧の関係を示せば第 13 図の如くなり、電源電圧の変動影響が全く存在しないことを知り得る。

Fig. 14

本増幅器はその真空管の本数が補足回路及び計数回路等のものを加算しても総計 10 本に過ぎず、その全重量は約 20 匁、消費電力は交流 100 V の場合 80 W 直流 220 V の場合 60 W 程度に過ぎない。本器は全く自作組立である。

尚補足回路、計数装置、較正装置の説明はこれを省略する。

(4) 記録器：—

計器は一般に小型且つ軽量であることが望ましい。この点前記の ER 型は重量約 40 匁体積約 10×10^4 立方匁であつて不便の点が多い。従つて K. R. 1 型(第 14 図参照)を常用することとした。

蓋し K. R. 1 型は元来 5 級品ではあるが取扱いに十分注意すれば 1% 以内の精度で使用出来ることを確め得たからである。

3. 水槽試験結果

この様にして製作した速度計本体、増幅器、K. R. 1 記録器を一組とした水槽試験結果を第 15 図に示す。即ち本図より渦による振動数の対水速度に正比例すると云う実際の現象が本二号を介しても確かに保持されているこ

とを認め得る。

4. 実 地 試 験

主な実地試験順序即ち日 聖丸長期試験, 青函連絡船シー・マージン試験, 彌生丸の船体推進器汚損試験, 商船大学の汐路丸試験と順を逐つて実験結果を提示しこれを説明すべきであるが紙数の都合上割愛し此処では単に最後の汐路丸に対する実験の一例を第 16 図に示すに止める。本試験は商船大学御当局の御厚意と特に野原, 中島両教官の一方ならぬ御尽力により該船の清水より東京回航の際を利用したものである。

Fig. 15

IV. 結 論

船舶速度計のうち曳索式も船底式も共に一長一短あり, それ本来はそれぞれ高精度のものを製作し得たとしても船舶にはその二者を備えるのが理想的である。即ち船舶の対水速度を正確に計測するためには船体の影響を蒙らない遠い位置の水を対象とすべきでありこの点に曳索式の特長があり, 本曳索式を規準として船底式を載貨状態およびトリムの変化又は船底汚損の程度等に即応して, 随時検定し得る限り常時は船底式を使用の方が便利である。在来の如く特定の一試運転状態を以て船底式を検定する方法は載貨状態の常に変動する貨物船にとつては甚しく不合理であり, 標柱間潮流影響を考慮しても思い半ばを過ぎるであろう。

此処に筆者は上記の両式に應用し得る比較的高精度の速度計の原理を考案し, 先ず差当つて必要な曳索式速度計に應用完成したに就て報告したのであるが, 勿論その増幅器は同原理応用の船底式にも切替スイッチに依り使用出来るものである。而して本速度計原理を船底式に應用する場合には曳索式より頗る簡単となり, 単に簡単な

Fig. 16

柱を体船底に突出せしめることにより事足りるものである。
終りにこれが完成に協力された同僚特に山内、松本、西村の諸君に感謝の意を表する。