

時間エタロンと自動制御方式による電気クロノメーター

高橋 喜久雄*

(1954年5月19日受理)

On Chronometric Etalons and Self-recording Electric Chronometer.

Kikuo TAKAHASHI

(Received May 19, 1954)

ABSTRACT: Meeting the frequent requirement of the necessity for realization of the modern technique of an automatic recording device for the purpose of measuring short time intervals, without the aid of a troublesome and costly oscillograph, a simple electric chronometer has been constructed making use of an aperiodic phenomenon.

The principle and the outline of this meter can easily be seen from Fig. 2, where R_1, R_2, \dots and C constitute a series of "chronometric etalons,"—the concept of this word is defined by the formula (8)—in which $RC = 3.476 \times 10^n$ sec and n are simple whole numbers as 1, 0, -1, -2 and so on. J the output current passing through the bridge AB, is a simple function of the observed time interval.

The calibration formula for t is now expressed as

$$t = t_1 \frac{\ln(1-mJ/A)}{\ln(1-m)}$$

where

$$t_1 = 10^n \text{ sec},$$

and A is a calibration constant of the meter, and the parameter m denotes the constant ratio of two fixed potentials E_1 and E_2 . (cf. Tab. 2, calibration table).

The newly constructed chronometer has the following merits :

- 1) Superiority of the technique of observation in speed and in low cost to any other recording chronometers.
- 2) No photographic film, no development and no counting.
- 3) Excellent behavior in good memory of recording without delay of observation. The reading of J is kept unchanged until we discharge the etalon condenser.
- 4) No need of skill,—independent of personal equation.
- 5) No influence upon the observation owing to the unexpected variation of potential E_2 .

The accuracy of observation inherent to this chronometer is estimated to be $\pm 1\%$ or so. (cf. Tab. 3).

Three examples of application of this instrument will be given. They are :

- 1) Demonstration experiments of the synchronism of an "electronic synchronous timer" (Fig. 6) (Step characters : cf. Fig. 10 and 11.).

* 村川研究室

- 2) Observation of time of breaking off of fuse wires when overloaded. (cf. Fig. 12).
- 3) Rapid and automatic indication of high electric resistances up to $10^{10}\Omega$. (cf. Fig. 14 and Tab. 5).

It is also applicable to the measurement of time of completion of any transient phenomena, for instance contact time of collision of metallic bodies and lapse of time between two consecutive signals as in the case of impulse of super sonic and its echo. (Conversion of signals can be carried out by means of a modification of a multivibrator, cf. Fig. 13).

1. 序 説

時間の観測と云えば通常は何等か適當な長さの周期をもち、且つそれが安定で外界から影響を受けない周期現象と組み合わせて、オッショグラフ及び写真法により観測される。精巧な原子時計¹⁾や水晶時計をはじめ各種の標準周波発振器から振子時計に至るまで、共に同じ範疇に属している。之に反し非周期的現象を時間観測に応用することは従来、確かに忘れられていた一面である。

茲に述べようとする非周期法は時間の観測値を直読しうる新らしい自動計器の創造原理を与え、今回は如何なる手段によれば回路の諸定数や電源などに影響されぬ観測値が得られるかの理論的根據を指摘する。本法では全操作が完全に自動化されて居り、オッショグラフと写真法の如く、現像処理及び計算の煩わしい手数及び熟練と設備及び写真材料に関する高額の実験費を要せず、時間の観測値は現象完了と同時に指示される高能率のクロノメーターを提供することを目的とする。

2. 非周期性電気クロノメーター

時間の進行と共に非周期的に発達してゆく一つの量 p を支配する法則

$$p=f(m, t), \quad m \text{ はパラメーター}$$

が比較的単純であると共に、時間に対して單調な経過を辿り且つそれが進行する過程の任意の所で停止せしめる場合には、その逆函数

$$t=f^{-1}(m, p)$$

を以て時間測定の方程式とすることが可能で、たゞ p として撰ぶべき量及びパラメーター m の撰択が重要な問題となる。茲では電気的な諸量の中で時間の次元をもつ量 RC 又は L/R を以て時間の標準器を実現して行く考をとり、製作の容易さ

と安定度の高いものとして前者を撰び数個の時間エタロン (chronometric etalons) を製作した。これらは流れ去る時間と異なり、固定された具体的な数個の時間標準器である。

[I] パラメーター m

観測値を支配するパラメーターとして2種の定電圧 E_1 及び E_2 をとりその比を

$$m=E_1/E_2 \quad (1)$$

と定め、そのうち E_1 を更正電圧、 E_2 を測定用電源電圧とする。後に述べる如く、時間の観測値はこのパラメーターの値に支配される外は他の量に無関係である。 (m) の安定化に対する処置については本節 [V] 参照)。

[II] 測定原理

標準蓄電器 C を標準抵抗 R を通じて、電圧 E_2 につなぎ、限定された時間 t の間充電しつづければ、蓄電器の端子電圧 V は

$$V=E_2 \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{t}{RC} \right) \right\} \quad (2)$$

を獲得するから時間は

$$\left. \begin{aligned} t &= -RC \ln(1-p) \\ p &= V/E_2 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

と与えられる。いま同じ蓄電器を標準時の t_1 の間同じ電源から充電して

$$(V)_{t=t_1}=E_1 \quad (4)$$

となるようにした場合

$$t_1 = -RC \ln(1-m) \quad (5)$$

が得られるから、直ちに t は

$$t = t_1 \frac{\ln(1-p)}{\ln(1-m)} \quad (6)$$

となる。こゝで t_1 を

$$\left. \begin{aligned} t_1 &= 10^n \text{ sec} \\ n &= +1, 0, -1, -2, \dots \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

の如く撰べば、観測される時間 t は唯 1 つのパラメーター m にのみ支配され、且つ 10^{n-1} より 10^n までの時間観測の精度はすべての n につき一致する。(第3図参照)

[III] 時間エタロンの定数 Θ

標準抵抗 R 及び標準蓄電器 C が (5) 及び (7) 式を満足する場合、時間エタロンの時定数は

$$(RC)_{t_1} = -\frac{10^n}{\ln(1-m)} \quad (8)$$

と定まり、後に述べる理由(本節(V))により m を特に 0.25 と撰んで時間エタロンの大きさ Θ を次の如く定めることを便利とする。

$$\left. \begin{array}{l} \Theta = 3.476 \times 10^n \text{ sec} \\ n=1, 0, -1, -2, \dots \end{array} \right\} \quad (9)$$

この Θ をエタロン定数 (constants of the chronometric etalons) とし、指數 n は上記の如く簡単な整数で之を固有値 (logarithmic merit) と呼んでおこう。

[IV] 出力観測用電位計

蓄電器の与える電圧 V を観測するために、直線指示を与える真空管電位計を採用することとし、もし更正電圧 $V=E_1$ に対し電位計の出力が $(J)_{E_1}=A$ を与えるようにその電圧感度を調整したとき出力計上の電流の強さ J の各に対応する時間は

$$t = t_1 \frac{\ln(1-mJ/A)}{\ln(1-m)} \quad (10)$$

で与えられる。茲に A を時間更正定数 (calibration constant) と呼ぶ。なおこの値は標準時間 t_1 に対して得られる出力電流と一致する。即ち

$$(J)_{t=t_1} = (J)_{V=E_1} = A \quad (11)$$

である。

[V] m の選定

第1図はパラメーター m を種々に変更した場合に得られる κ と t の関係を与える。茲に注目すべきことは κ が n の固有値には関係しないこと及び t_1 に対して $\kappa=m$ を与えることである。

m の値が大きい程、同じ時間に対する出力 κ は大きくなるが、それと同時に更正曲線の曲り方が増加し、補間法の精度が低下する。

又 m の過小値は出力電圧の低下となり、電位計の感度を高めなければならぬ。そのほか、電圧比

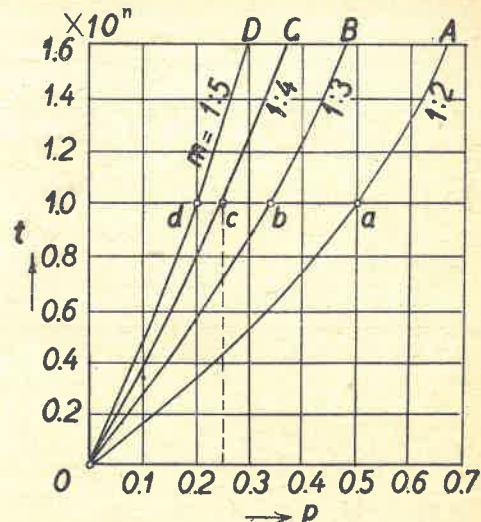


Fig. 1 Relation existing between t and p

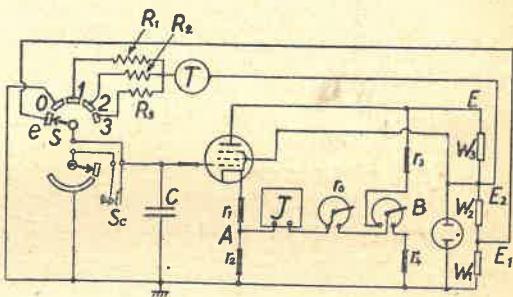


Fig. 2 Connection diagram of electric chronometer

T : Timer or signal converter

J : Output micro-ammeter calibrated in seconds

Constants of etalons $\Theta = 3.476 \times 10^n \text{ sec}$.

Ratio of standard resistances $W_2:W_1 = 3:1$

m の安定化をはかるために実際に 2 種の抵抗 W_1 と W_2 (第2図) を直列にして居り、同質の材料 (マンガニン抵抗) で等しい構造と値をもつ標準抵抗を数本用いて之に同じ強さの電流を流して、 E_1/E_2 を一定に保つことが理想であるからこの抵抗体の数をなるべく少くする意味もあつて m を簡単な整数の比とし、最適値を $1:4$ とし

$$m = 0.25 \pm 0.0001 \quad (12)$$

を実現させる。この方法に従えば、標準抵抗体の温度に変化があつても、その個々の温度上昇の状況が等しいから m の値に変化を来す虞はない。パラメーターを(12)の如く定めたときの出力 κ は第1表に与えた如くなる。

【註】 E_1 を用ひず E_2 のみで出力計を更正する

Table 1 Characteristic of the Electric Chronometer. ($m=0.25$)

t	p	J	t	p	J
sec	%	μA	sec	%	μA
0.05	1.43	4.29	0.8	20.55	61.65
0.1	2.84	8.52	0.9	22.83	68.49
0.2	5.60	16.80	1.0	25.00	75.00
0.3	8.27	24.81	1.1	27.13	81.42
0.4	10.87	32.61	1.2	29.20	87.60
0.5	13.40	40.20	1.3	31.20	93.60
0.6	15.85	47.65	1.4	33.22	99.66
0.7	18.24	54.72	1.5	35.02	105.60

Note: Cf. the curve OcC of Fig. 1.

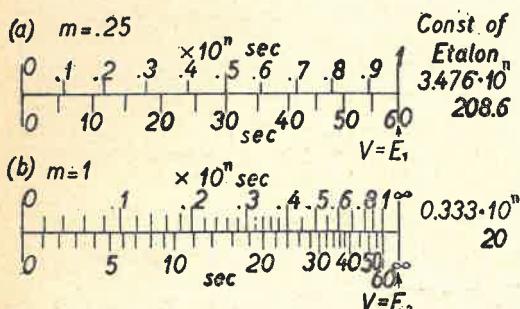


Fig. 3 Chronometer Scales

- (a) when E_1 is used
- (b) when E_1 is not used

方法を探ると、出力計上の時間目盛の右端は常に $t=\text{Inf.}$ となる(第3図(b)). この様に目盛の上に不要に大きい時間を出すことは無益であり、また目盛の精度は場所により極度に異なる不便を来す。之に反し本機の如く E_1 を用いると E_1 の位置が使用時間 t_1 に相当し、不要の目盛は除かれ、且つ更正電圧を観測時間の範囲の中にとり入れうる特色をあらわす。

3. 真空管電位計の特性

[I] 回路の諸定数 第2図の各部要素の定数は、

$$r_1 = 300 \text{ k}\Omega \quad r_2 = 50 \text{ k}\Omega$$

$$r_3 = 500 \text{ k}\Omega \quad r_4 = 5 \text{ k}\Omega \text{ 可変} + 1 \text{ k}\Omega \text{ 固定}$$

$$r_0 = 50 \text{ k}\Omega \text{ 可変}$$

$$C = 2\mu\text{F} \text{ (油入蓄電器耐圧 } 5000 \text{ V, 絶縁抵抗 } 9500 \text{ M}\Omega \text{ 以上)}$$

を必要とする。測定後の記憶作用⁴⁾を支持するものはグリッド部分の絶縁力にある。

$$R_1 = 10R_2 = 100R_3 = 1.738 \times 10^6 \Omega$$

$$E_1 = 25 \text{ V}, \quad E_2 = 100 \text{ V}, \quad E = 250 \text{ V}$$

$$W_1 = 5000 \Omega \text{ マンガニン},$$

$$W_2 = 5000 \Omega \times 3 \text{ マンガニン},$$

$$W_3 = 30 \text{ k}\Omega$$

$$\text{スクリーニングリッド電圧 } E_{SG} = E_2$$

である。上記表中 R_1, R_2, R_3 は個別的には精確な絶対値は入用でなく、常に C と組み合わせた数値として厳密に(1)式を満足して居ることが大切である。

[II] 電橋の平衡 出力計 J を時間で更正するため開閉器 S をタップ 0 におき S_C を閉じて、グリッドを地電位に保つ。ここで電橋の右端にある B 点の摺動子を動かして $J=0$ とする。

[III] 感度更正 出力計の感度を $V=E_1$ に対し $J=A \mu\text{A}$ とするために、 S_C を開き C の短絡を除き S_1 を e のタップに移した後 J の指示を A に等しからめる、

[IV] 時間測定 S_1 を 1, 2, 3 等のタップの一つに移した後 S_C を一瞬として C の電圧が 0 であることを確めた後現象の観測と同時に T を動作せしめるならば出力計 J の指示は直ちに(12)により時間に変換され、本機の場合には $m=0.25, A=75 \mu\text{A}$ をとるから、時間の換算式は

$$t = 8.00 \times 10^{-11} \log \left(1 - \frac{1}{300} J \right) \quad (13)$$

である。(第2表参照)

[V] 真空管電位計の性質の吟味 第4図は r_1 及び電橋 AB に流れる電流 i_1 及び J の値を、入力電圧 V の函数として観測した結果で両者の傾斜は少し異なるが共に直線性を示す。次に二三の計算を試みよう。

まず [II] の操作で電橋が平衡すれば、真空管の内部抵抗を ρ_0 として

$$\rho_0 + r_1 : r_2 = r_3 : r_4 \quad (14)$$

が成立する。

次に [III] の操作又は [IV] の操作で真空管の入力グリッド電位が 0 と異れば、電橋の平衡は崩れて、 r_1 上の電流の一部が J に流れ込み

$$\frac{J}{i_1} = \frac{-r_4(\rho - \rho_0)}{r_0(r_3 + r_4) + r_3(r_2 + r_4)}, \quad (\rho < \rho_0) \quad (15)$$

茲に ρ はグリッドが地電位より V だけ高いときの真空管の内部抵抗を意味する。

グリッドの電位は陰極に対し、一般に

$$e_g = V - i_1(r_1 + r_2) + J r_2 \quad (16)$$

Table 2 Calibration Table of t and J
parameter $m=0.25$, and Constant of Calibration $A=75 \mu\text{A}$

$J \mu\text{A}$	t (sec)									
	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
0	0.0000	0.0117	0.0234	0.0351	0.0468	0.0583	0.0702	0.0821	0.0940	0.1059
10	0.1178	0.1300	0.1420	0.1517	0.1663	0.1768	0.1899	0.2024	0.2149	0.2274
20	0.2399	0.2524	0.2649	0.2774	0.2899	0.3024	0.3152	0.3280	0.3409	0.3537
30	0.3665	0.3795	0.3925	0.4055	0.4185	0.4315	0.4398	0.4482	0.4565	0.4649
40	0.4732	0.5109	0.5245	0.5380	0.5517	0.5654	0.5792	0.5929	0.6067	0.6204
50	0.6342	0.6466	0.6589	0.6713	0.6836	0.6960	0.7120	0.7281	0.7441	0.7602
60	0.7762	0.7908	0.8053	0.8199	0.8344	0.8490	0.8638	0.8789	0.8935	0.9084
70	0.9232	0.9386	0.9539	0.9693	0.9846	1.0000	1.016	1.031	1.047	1.062
80	1.078	1.094	1.110	1.126	1.142	1.158	1.174	1.191	1.207	1.224
90	1.240	1.257	1.273	1.290	1.306	1.323	1.340	1.357	1.374	1.390
100	1.407	1.424	1.440	1.457	1.473	1.490	1.507	1.524	1.540	1.557

Note: For tap 1 the observed time is given from the figure directly in sec.

For tap 2 multiply the value by 0.1

For tap 3 , , , by 0.01 and so on.

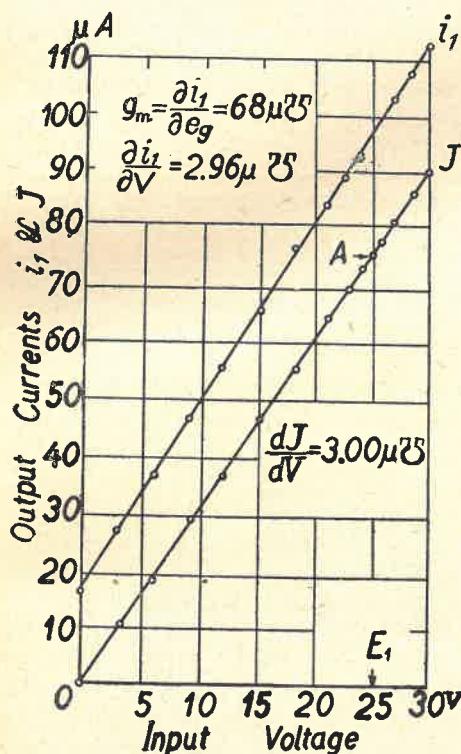


Fig. 4 Characteristics of the valve-voltmeter,
 i_1 : elect. current on the resistor r_1
 J : output current of the bridge AB .

と与えられ、上式に観測された i_1 及び J を入れてみると到る所 $e_g < 0$ であることがわかる、又 V の 30 V の上昇に対し e_g の変化は僅かに 1.3 V の上昇にすぎぬ。このような強度の饋還作用のもとでは真空管の相互コンダクタンス g_m は一定で

ある。

いま $V=0$ 、従つて $J=0$ の場合に得られる e_g を $(e_g)_0$ と記号し

$$\Delta e_g = e_g - (e_g)_0$$

を求める

$$\Delta e_g = \frac{V + J r_2}{1 + g_m(r_1 + r_2)} \quad (17)$$

但し

$$g_m = \frac{\Delta i_1}{\Delta e_g} = \frac{i_1 - (i_1)_0}{e_g - (e_g)_0}$$

いま本計器の出力が第4図の如く

$$J = \kappa V \quad (18)$$

を満足するならば

$$\Delta e_g = \frac{1 + \kappa r_2}{1 + g_m(r_1 + r_2)} \cdot V \quad (19)$$

で、実測値 $\kappa = 3 \times 10^{-6}$ 、 $g_m = 68 \mu\text{S}$ を入れて V の係数は

$$\frac{1 + \kappa r_2}{1 + g_m(r_1 + r_2)} = 0.046$$

である。

[VI] 時間更正用ノモグラム 又第5図のノモグラフは各々のエタロン K, L, M……等が夫々受持ちうる時間の領域を展望するに役立ち、(1) (2) は J と κ 、(3) はエタロン定数 Θ をまた(4) は可能な観測時間 t を与える。此の図より明らかな如く理論的には各エタロンは 10^n と 10^{n-1} sec の間を受持つわけであるが、出力計に A を超える目盛を僅か追加するだけで、観測範囲の上限を若干(約50%)拡大して便利なものとなしうる。故に第1表及び

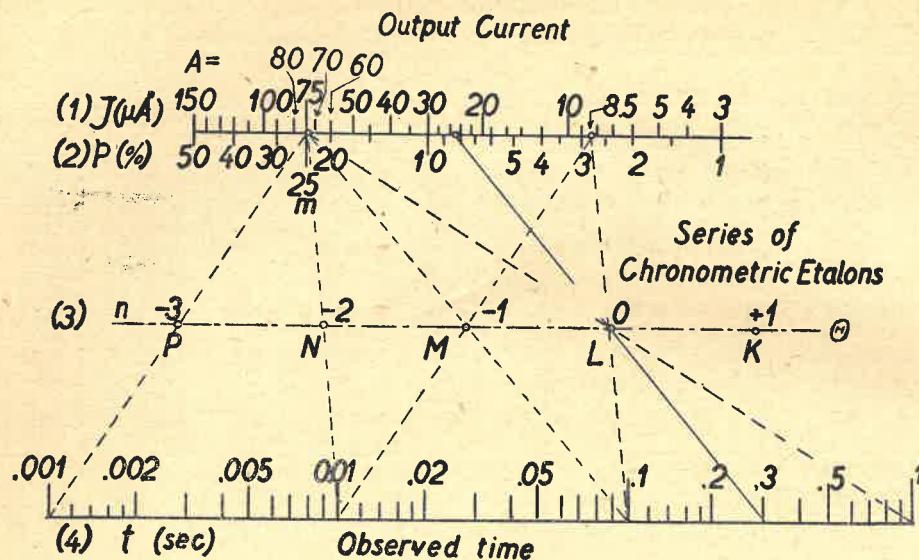


Fig. 5 Nomogram of the electric chronometer.

Table 3 Calibration of the Chronometric Etalons in absolute Unit, with respect to the Time Signal of Tokyo Astronomical Observatory, University of Tokyo (JJY STD FREQ TIME SIGS, 8 Mc.)

No.	Oscillogr. Observ. time sec	with electric Chro.		relative error (%)
		J (A)	t (sec)	
Tap 1	1	0.201	17.0	+0.5
	2	0.405	33.0	+0.3
	3	0.808	62.0	-0.3
	4	1.026	66.7	0.0
	5	1.460	104.4	+1.3
Tap 2	1	0.021**	17.6	0.0
	2	0.040**	33.0	(+1.5)
	3	0.080	61.0	-0.1
	4	0.101	75.6	0.0
	5	0.148	103.0	-1.4

Note: This is the final results of the comparison of Constants of Etalons to the STD Time Signal, we can conclude from these data that the accuracy of the chronometer depends now only upon that of the micro-ammeter used.

第2表の更正時間もその意味でその分だけ拡張して与えてある。又ノモグラフからも分る如くエタロンの切換を行つても基本目盛(第3図(a))は共通で時間の観測値の精度は変わらないことが特色である。通常のストップウォッチやサイクルカウンターにはこのような広範囲のレンジ拡大はできない。

[VII] 絶対更正 実際に作られた時定数の値が期待値(1)を満足するか否かを吟味する目的を以て、日本中央標準時の報時信号JJY(8 Mc)と

組み合せ、オッショグラフによる観測を試みた。第3表はエタロンを調整して到達し得た最後の結果を表わし、同一時間をオッショグラフで観測したものとの相対誤差を最右欄に与えてある。その誤差分布が観測に伴う偶然誤差の限度に近いこと及正負の誤差の出現がほぼ公平で最早計器自身には固有誤差は残っていないものと断定して差支ない程度になつている。事実報時信号に含まれる1000~の波は秒信号のあらわれる都度その部分で中断されて居り、1秒前後の時間を観測するときには

不正確となるから、その場合に限り交流の周波数を中介として観測し、1000㎐波を以て交流の波を更正する間接法をとつた。1秒未満の時間に対しでは勿論1000㎐の波と直接比較した。表中**印のものはオッショグラフの上に記録される波数が不足のために見掛け精度が低く出たに過ぎぬので相対誤差に括弧を施したのである。

4. 電気クロメーターの特色

以上を総合して本機は観測の迅速性に於ては遙かにオッショグラフその他の記録計器を凌ぎ、又精度に於てもオッショグラフに対して遜色を見ぬ。茲にその特色を列記すると

1. 各エタロンは固有の観測時間領域を受持ち凡そ $500\ \mu\text{sec}$ より 15 sec に亘る広い測定範囲が夫々の受持ちのレンジに於て同じ精度で得られる。
2. 1個の連続したパルスは直接に、また相次いで到来する2個のシグナルは変換器を通じて1個の連続シグナルに転換して観測可能となる(第7節参照)。
3. 測定直後に時間が指示計器上に与えられ、オッショの如く現像等の処理を必要としない。
4. 時間エタロンは時間負荷後電圧を保持するので第2図の測定方法に従えば出力計は記憶型となし得られ、長時間に亘りその時間指示を残すから観測値の統みとりを急ぐ必要はない。

5. 全操作が機械化されているから観測上の熟練を要しないと共にサイバーポチックスの要素として使用できる。

ことである。

次に本機の簡単な応用例を挙げてみよう。

5. 応用例 1

シンクロ・タイマーの階段特性

前述の電気クロメーターを使って最新の試作真空管タイマーの階段特性をしらべ、併せて本機の時間計測能力の一端を示そう。

試験に供したシンクロ・タイマーは工学土木清氏との共同労作で完成した新型の純交流タイマーで、下記の実測結果により証明される如く極度

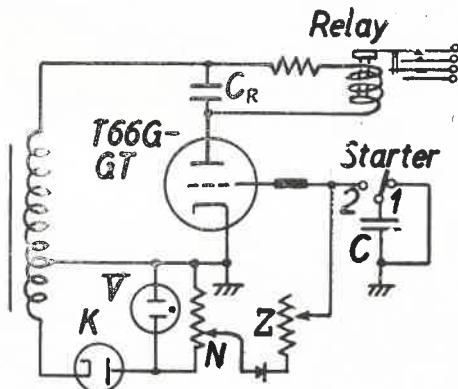


Fig. 6 Electronic Synchronous Timer
(A. C. Type)

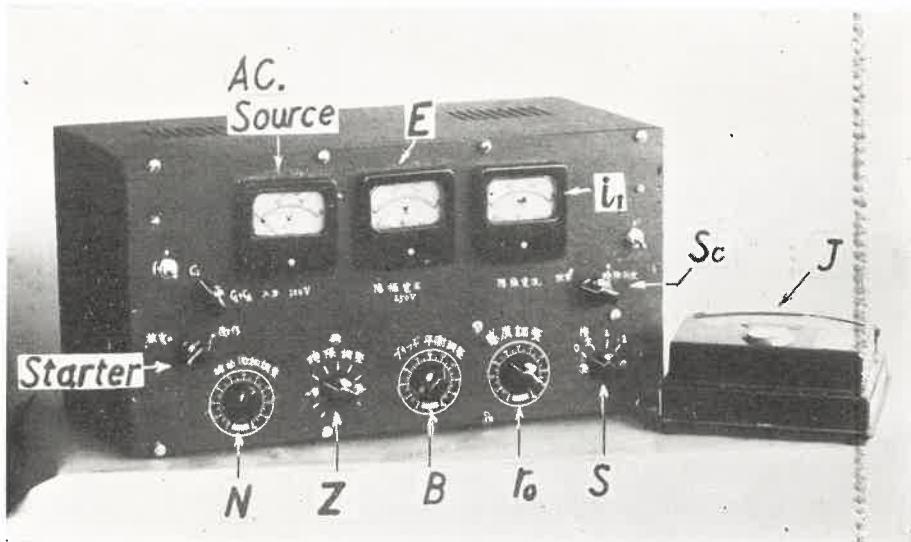


Fig. 7 Electric Chronometer and Synchronous Timer constituted in a common cabinet.

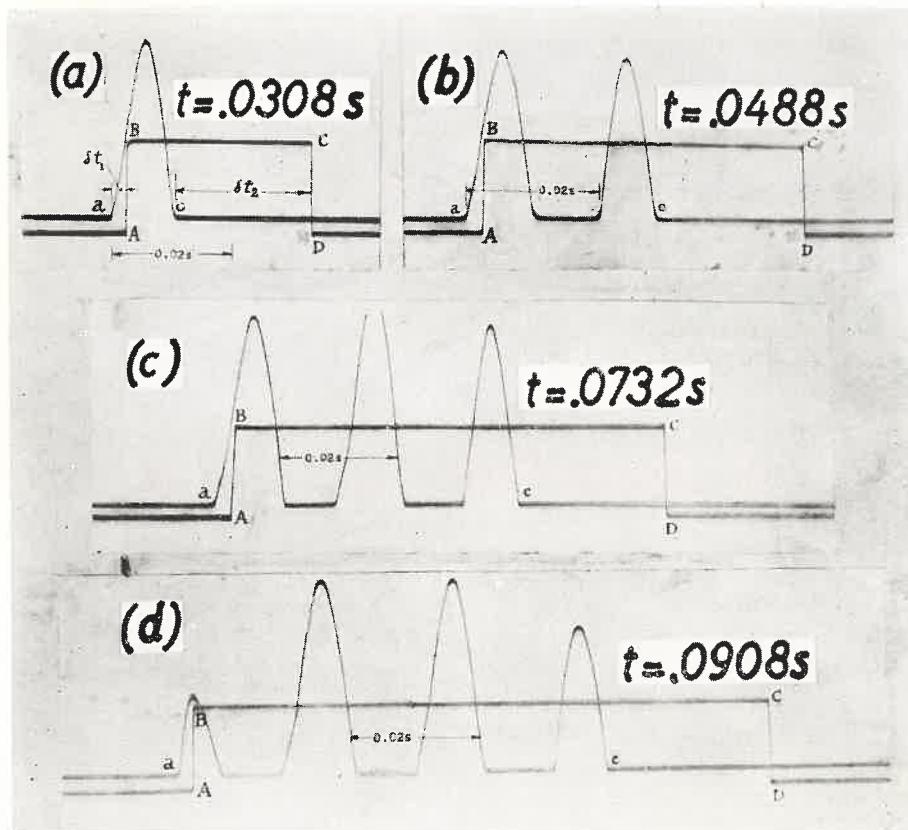
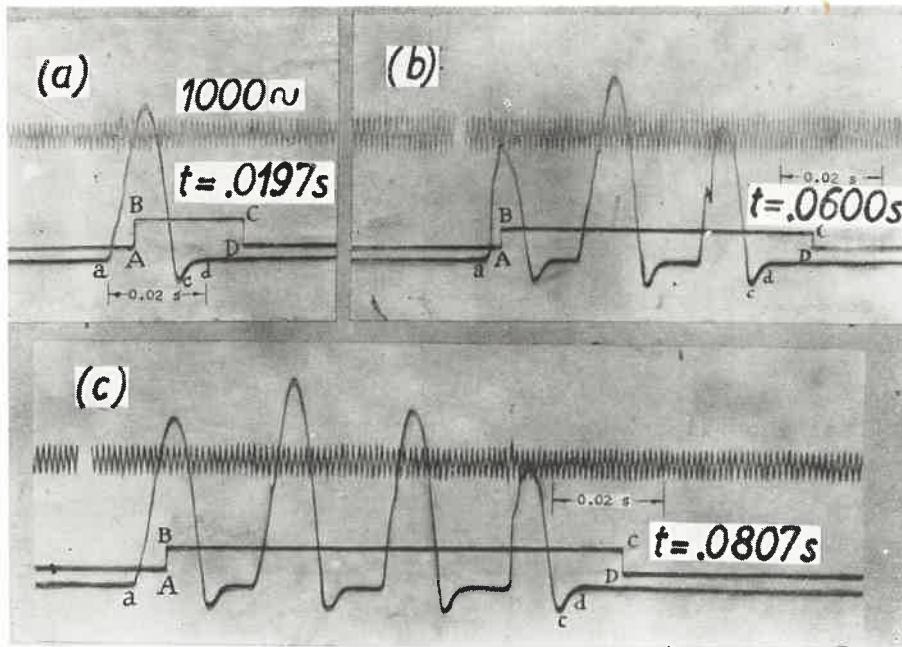
(I) when C_R is used.(II) when C_R is not used.

Fig. 8 Oscillographic examination of the character of the Synchronous Timer (Fig. 6). Rectangular waves represent the contact signal. Triangular waves in (I) represent the tube current passed and waves containing back current in (II) represent the relay current.

Table 4 Synchronism of the Electronic Synchronous Timer.

without relay condenser C_R			with relay condenser C_R		
No. of waves n	Observ. time	$t - 0.02n$	No. of waves n	Observ. time	$t - 0.02n$
1	sec 0.0308	sec 0.0108	1	sec 0.0197	sec -0.0003
2	0.0488	0.0088	3	0.0600	0.0000
3	0.0732	0.0132	4	0.0807	+0.0007
4	0.0908	0.0108			
mean		+0.0109	mean		+0.0001

に高いシンクロニズムを示す。本機の動作原理は頗る簡単であるからここでは略述するにとどめるが、グリッドには交流の負電圧 N が加えられ、平素は深いグリッドの偏奇電圧のため、サイラトロンは放電し得ぬが、蓄電器 C を 1 より 2 につなぎかえるとき、グリッドの偏奇が不足してサイラトロンは点火し、その後次第に負電荷が C に階段的に蓄積して行くので或る所でサイラトロンは放電不能に陥る。それまでの時間を動作時間とする定電圧放電管 V を交流に用いたことは、容量 C の充電電圧波形を負の矩形波に近からしめるためである。この際 N には蓄電器を併用しない方が次の階段特性を得るに有利である。

過去の各種のタイマー⁵⁾ と異なる特色は 1 個のサイラトロンがリレーの開閉両動作を司ることにあり、更に固定容量 C_R を加減して、発生時間を厳密に

$$t = 0.02n \pm 0.0001, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

なる階段としうることである。即ち第 8 図 (I) 及び (II) のオッショグラムにより分る如く C_R の効果はリレー電流に逆位相の電流が追加されて来てリレー線輪に残る磁気を早期に打消し、図の (I) の場合よりも接点の解放動作を活潑にし、第 4 表にみる如く $t - 0.02n$ の値を縮少させ得たためと判定して差支ない。このような明確な階段特性(第 11 図参照)が得られたのは主に陽極電圧の脈搏性と共にグリッドに加えられる偏奇電圧の階段的上昇によるもので、負電圧 N の与えるインパルス毎に C に入つてゆく電荷が定比化されたことに基づく。平均値的な陽極特性(第 9 図)は上向きに凹んだ上昇曲線を与えているが、之は exponential でサイラトロンの点火に必要なグリッド電圧(放電開始電圧)が陽極電圧に比例して低下すること

から証明される。第 9 図の横軸にグリッドの電位を重ねてとり、グリッド電位が徐々に負電源の最大値 N に近接するとき、その途中に陽極電圧 P_1 及び P_2 を(夫々例えれば 75 V と 150 V に)とつたしよう。陽極電圧 P_1 及び P_2 に対して夫々放電開始グリッド電位 N_1 及び N_2 を対応せしめると、この電圧でタイマーの接点は開き以後再び閉じることはない、従つて第 9 図の 3 曲線は平均値的な意味で第 1 図の蓄電器 C の充電曲線と類似の負荷特性が出てくる筈である。

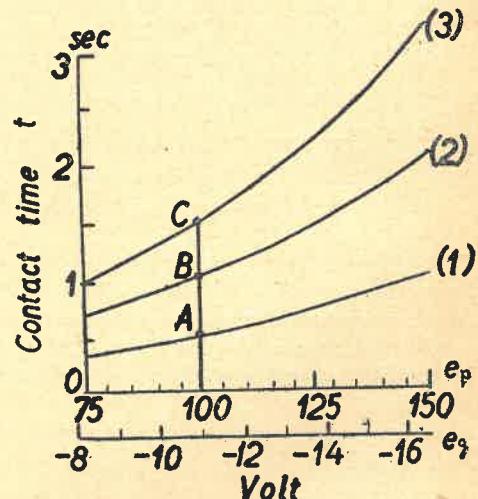


Fig. 9 Anode and Grid characters of the Timer.

Based, at A ($t = 0.5$ sec., $ZC = 340 \text{ k}\Omega \times 4\mu\text{F}$)
B ($t = 1.0$ sec., $ZC = 650 \text{ k}\Omega \times 4\mu\text{F}$)
C ($t = 1.5$ sec., $ZC = 960 \text{ k}\Omega \times 4\mu\text{F}$)

次にグリッド回路の時定数 ZC を変更した場合の特性は前記のシンクロ化が強度に行われる結果些少の Z の調整不足及び調整過度は発生する時間に何等影響がなく第 10 図及び第 11 図の如く時限抵抗 Z の連続的変化に対しリレー動作時間が階段状に与えられてくる。之は本タイマーはその調

整が容易で発生される時間の安定性が大きいことを物語るものに外ならぬ。電気クロノメーターによつて之等の特性を求める実験はほゞ1分に1~2回の割合で自動観測ができた。

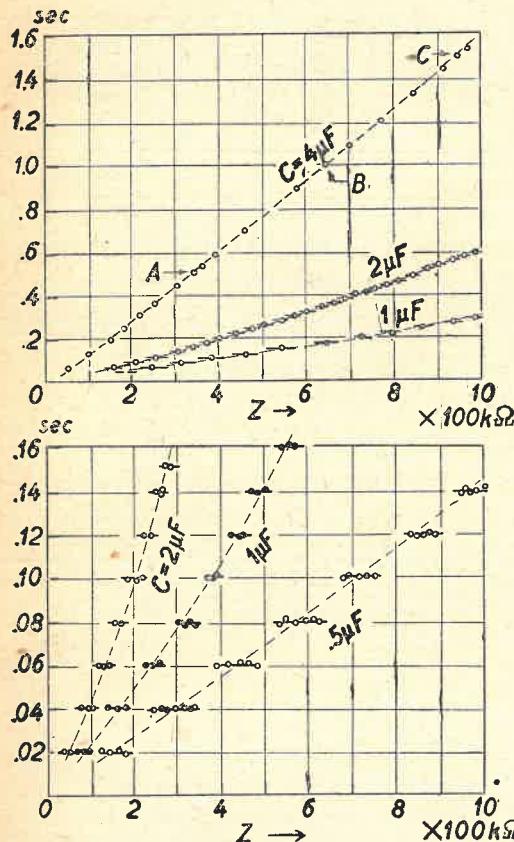


Fig. 10 and Fig. 11 Synchronization controlled varying Z and C .

Notice discontinuous excitation of time and the stability of generated time interval which is independent upon the small misadjustment of Z .

6. 応用例 2

フューズ熔断時間の観測と熔断特性の判別 [定常状態、非断熱及び断熱的熔断]

過負荷時に於けるフューズ熔断時間の真値を求める問題はこの電気クロノメーターの応用に好適な実例の一つで、過負荷の瞬間からフューズ熔断^④に至る正味の時間と負荷電流の関係を示す第12図の熔断特性上で電流の比較的小さいStationaryな性質 ($A \rightarrow \infty$) から電流が比較的大くて熱の散逸が少い断熱的な性質 (BC の部分は直線的) に移行する状況が容易に分別観察される。

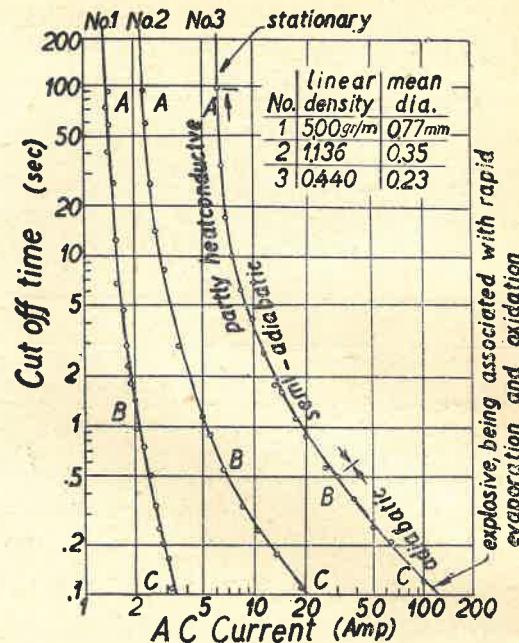


Fig. 12 Observations of cutoff time of fuse wires with the electric chronometer.

7. シグナル変換器

以上の2種の例は共に連続した短い時間の観測の場合であるが、もし2つのシグナル A , B が短い時間的間隔を以て相次いで到来する場合、その時間的間隔 t を測定するにはそれと等しい1つの連続するシグナルに変換して電気クロノメーターに伝達しなければならぬ、第13図はその目的に

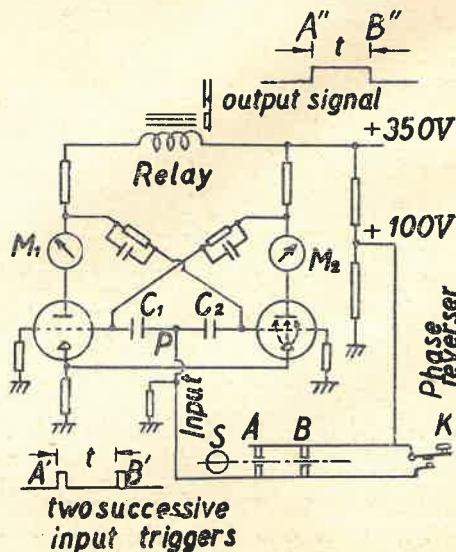


Fig. 13 An example of signal converter.

Table 5 Calibration Table of Resistance and Current J

J (μA)	W ($\text{M}\Omega$)									
	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
0		148.50	74.27	49.52	37.14	29.81	24.76	21.17	18.49	16.41
10	14.75	13.37	12.24	11.06	10.45	9.83	9.15	8.59	8.09	7.64
20	7.25	6.89	6.56	6.27	6.05	5.75	5.51	5.30	5.10	4.91
30	4.74	4.58	4.43	4.29	4.15	4.03	3.95	3.88	3.81	3.74
40	3.67	3.40	3.31	3.23	3.15	3.07	3.00	2.93	2.87	2.80
50	2.74	2.69	2.64	2.59	2.54	2.50	2.44	2.39	2.34	2.29
60	2.24	2.20	2.16	2.12	2.08	2.05	2.01	1.98	1.95	1.91
70	1.88	1.85	1.82	1.79	1.77	1.74	1.71	1.69	1.66	1.64
80	1.61	1.59	1.57	1.54	1.52	1.50	1.48	1.46	1.44	1.42
90	1.40	1.38	1.37	1.35	1.33	1.31	1.30	1.28	1.27	1.25
100	1.24	1.22	1.21	1.19	1.18	1.17	1.15	1.14	1.13	1.12

- Note: 1) Above values of W hold good for $T=1 \text{ sec.}$ and $R=1.378 \text{ M}\Omega$.
 2) If the output of J gives small values less than $10 \mu\text{A}$ (or 0.12 sec.), it becomes effective to take a longer time $T=10 \text{ sec.}$, then the reading of W has to be multiplied by 10.
 3) Still more accurate observations are expected for higher resistances up to $10^{10} \Omega$ introducing a galvanometer G with a μA meter J as in the Fig. 14 (c).

計測する一つのモデルで球 S が溝(断面 V 字形)の斜面を転がつてゆき順次に A, B に接触して進むときに生ずる trigger couple A'B' をマルチバイブルレーターにより、連続する 1 個のシグナル A''B'' に変換してゆくものである。球の代りに適当な受信装置を用い 2 個の相次ぐ信号の時間的間隔を観測しうる。

8. 応用例 3

高抵抗の自動測定法

薄膜を用いた高抵抗又は絶縁物の表面漏洩抵抗 W を測る目的に電気クロノメーターを応用してみよう。 $10^6 \sim 10^{10} \Omega$ の範囲にある薄い被膜を使用

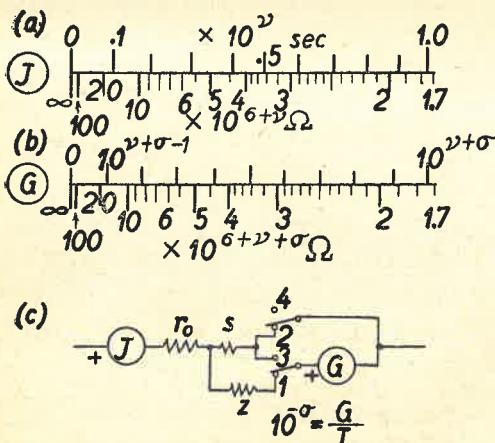


Fig. 14 Automatic Resistancemeter.

する抵抗体はその不安定性と測定の厄介なことで実験者の頭痛の種であるので、簡易な測定法があれば生産にも益する面が多いだろう、第5表は本計器を抵抗観測に用いるときの更正表である。電気クロノメーターをタップ 1 ($R=1.378 \text{ M}\Omega$) に調整し、 $T=10^\nu \text{ sec}$ 間(通常 $\nu=1$ が便利)電源 E_2 より W を通じてエタロン蓄電器 C を充電すれば出力計 J 上の時間指示 t (第14図(a)) から抵抗値として

$$W = \frac{T}{t} R = 10^\nu \frac{R}{t} \quad (20)$$

が得られる。又補助の蓄電器 $C_1 = 10^{-\kappa} C$ ($\kappa=1$ 及び 2 が適當) を用いて

$$W = \frac{T}{t} \frac{C}{C'} R = \frac{10^{\nu+\kappa}}{t} R \quad (21)$$

となしろが C' を過小にすることは本計器の特色である記憶作用を減少せしめる虞があるので、むしろ必要に応じ J に対し第14図(c)の接続による検流計 G を併用して感度を高め J を検出することが有利である(第14図(b))。この方法により $10^{10} \Omega$ 未満の漏洩抵抗の測定は著しく簡易化される。(10 $^{10} \Omega$ 以上の観測は別報告とする。)

9. 結びの言葉

本機の特色については既に第4節に之をのべたから、茲では今回の研究がとつている立場を稍広い角度から眺めてみよう。自動制御は工場など

の製造條件を一定に保つこと等から始まつて次第に観測技術の分野に入り込み Mechanics と Electronics の巧な結合は Cybernetics⁷⁾ の分野を開拓しつゝある。これにはある目的に向つて方向づけられた順序正しい動作と人間の思考力にも似た判定機構を具備すべきことが結論される。最近国内で磯部教授の等電位線描写機⁸⁾ や高橋秀俊助教授の抵抗測定機⁹⁾ など興味深いものが生れ我々は之を見て非常に参考になる。此の度の電気クロノメーターの研究は従来のオッショグラフ法の繁雑極まる実験操作を完全に駆逐し得たことと突発的に起る急速な過度現象を機械自身が刻々待ちうけて、時機の到来と共に測定を開始し観測結果を記憶指示⁴⁾ するという点で新分野を開拓するものであることを確信する。

本研究に際し、研究主任理学博士村川梨教授より絶えざる激励と多くの有益な助言を戴いたこと設計、工作及び調整に際し、工学士水木清氏、工学士中村堅一氏、辻清雄氏、吉田彌平氏並びに田中誠司氏の協力を戴いたことを附記し併せて上記の諸氏に厚く感謝の意を表す。

文 献 (其他)

- 1) Meyding, L.: Phys. Bl. 6, 561 (1950); 其他

- 2) 高橋喜久雄, 水木清, 中村堅一: 日本物理学会第 8 回年会講演予稿 10, 78 (1953). An Absolute Electronic Time Measuring System.
- 3) 高橋喜久雄, 水木清, 中村堅一: X 線管協議会報告, 資料 No. 47-6 (1954)
- 4) 高橋喜久雄: 応用物理, Vol. 23, No. 3, 112 (1954)
- 5) Liechti, A.: Röntgen Physik, S. 149, Abb. 102, Electrischer Zeitschalter. Springer, (1939).
- Pohlmann, M.: Röntgen-Praxis, 6, H. 2, (1934); Siemens Zeitschrift, 12, H. 4 (1932).
- 高橋喜久雄: X 線物理実験法 106 頁図 120. 三極管リレー, 丸善(1941).
- 6) 電気工作物規程, 第 1 章第 2 節第 18 條, フューゲに関する規格
- 7) N. Wiener: Cybernetics or Control and Communication in the animal and the Machine; (1949), The Technology Press of M. I.T., Cambridge.
- 8) 磯部 孝: 第 3 回物理測定懇談会席で公開実演 (Oct. 1953).
- 9) 高橋秀俊, 山田博, 後藤英一: 電気三学会支部連合大会講演 83 (1953).
- 高橋秀俊, 青木正直: 春季応用物理学連合講演, 懇稿 II. 38 ページ (1954).