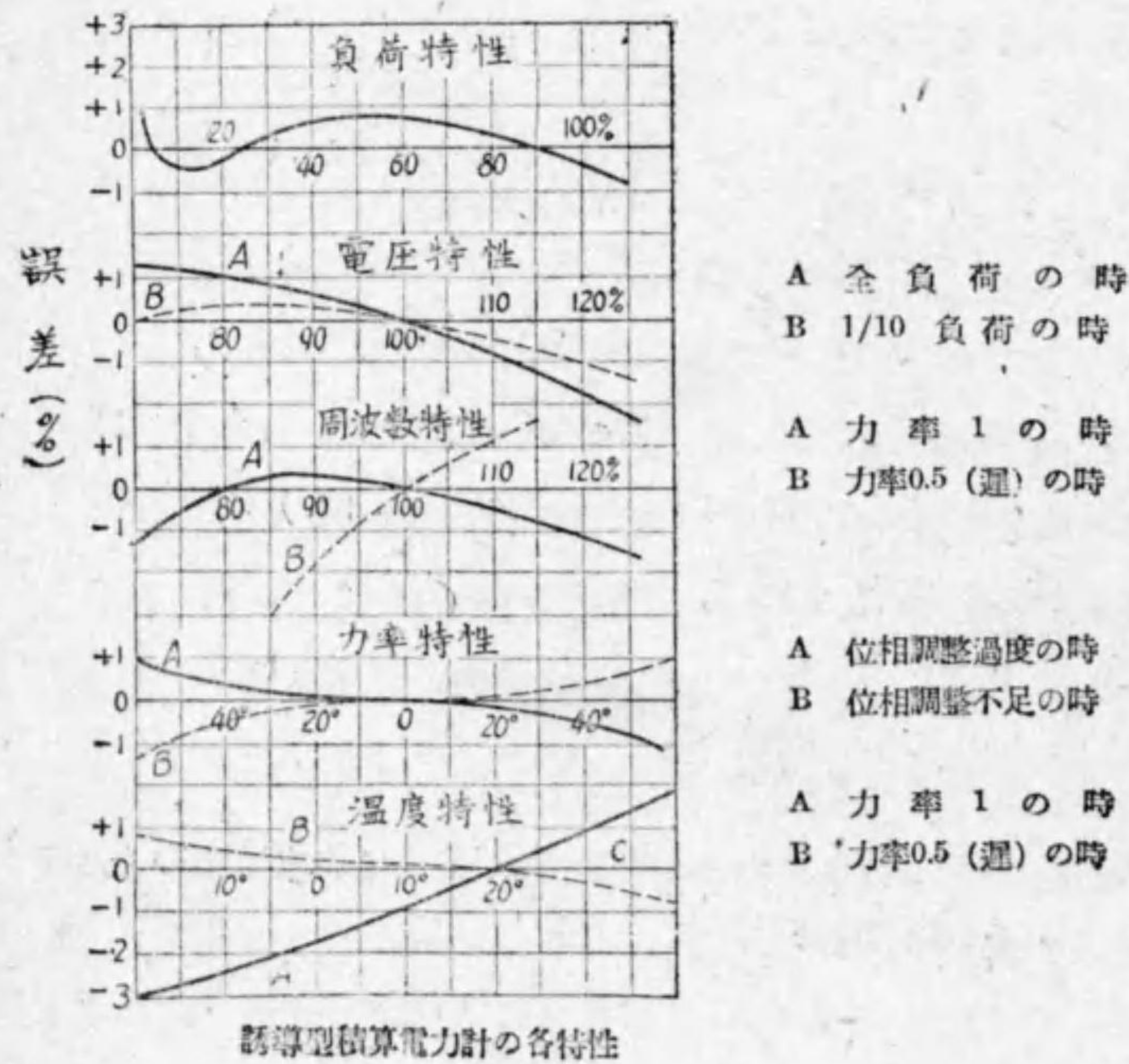


5. 誘導型積算電力計の特性 誘導型積算電力計では、一般に電流、電圧、周波数、力率、温度の變化により誤差を生ずる。誤差と電流、電圧、周波数、力率、温度との關係を夫々**負荷特性**、**電圧特性**、**周波数特性**、**力率特性**、**温度特性**と稱する。第9・6圖は普通の誘導型積算電力計の各特性曲線の例を示すものである。

第9・6圖



誘導型積算電力計の各特性

計器は定格電壓、定格周波数及び力率1の下に定格電流からその10%に至る間の任意の負荷電流で誤差±3%を超過せず、且つ定格電流の5%の負荷電流でも誤差僅少で變動の少ないこと。又計器は定格電壓、定格電流、定格周波数及び遅力率0.5で誤差±3%を超過しないこと及び變成器と共に用ひる時は合成誤差が前各項の規定限度を超過しないこと。之は初特性として日本電氣工業委員會で決定した規定の拔萃であるが、其他負荷、力率、電壓、周波数、温度の各特性での誤差變化の限度を拔萃すれば第9.1表の様である。

第9・1表 各種特性に於ける誤差の限度

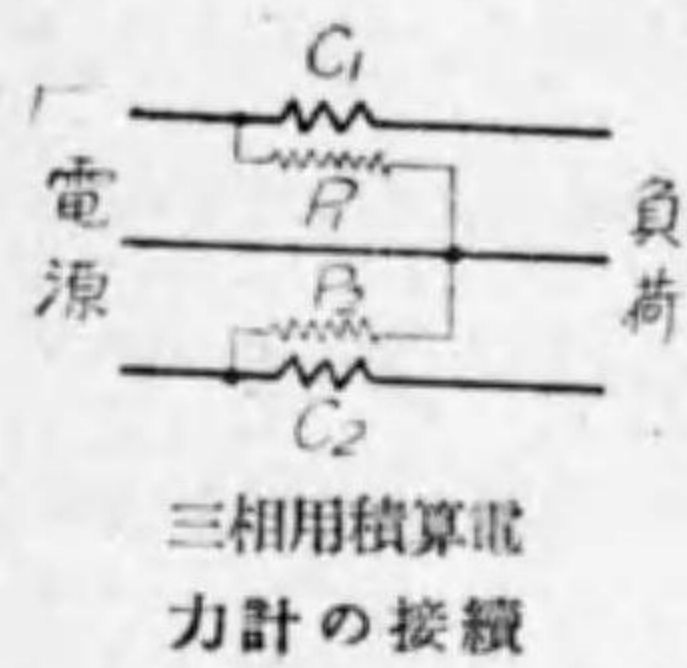
特性の種類	試験範圍	條 件	誤差變化の限度
負荷特性	定格電流の100~10%	電壓、周波数は定格	2%
力率特性	力率1~0.5(遅力率)	定格電流の時 10%定格電流の時	2% 3%
電壓特性	定格電壓の±10%	定格電流の時 10%定格電流の時	1% 1.5%
周波数特性	定格周波数の±5%	力率1の時 力率0.5(遅)の時	1.5% 2.5%
温度特性	温度10Cの變化に對し	力率1の時 力率0.5(遅)の時	0.12% 0.15%

尙ほ我國では電氣の取引に用ひる電氣計器は電氣試験所の檢定に合格したものであることを要する規定になつて居る(電氣測定法、並に電氣計器規則參照)。

6. 三相用積算電力計 三相用積算電力計は二電力計法の原理に基づき作られる。即ち單相積算電力計の素子二組を上



第 9・7 圖



下に装置し、電氣的接続は第 9・7 圖の様に二電力計法の接続で、上下の各圓板を同一軸に取付ける。さうすると上部の素子によるトルクと下部の素子によるトルクとが共通軸に代數的和として働くから、軸に働く驅動トルクは三相電力に比例し、従つて計

量装置には三相の電力量を計量する事になる。

高電壓回路用としては積算電力計に計器用變成器を併用する事は指示電力計の場合と同様で、其の接続圖は指示電力計の場合の接続と同様である。

### 7. 積算電力計の試験

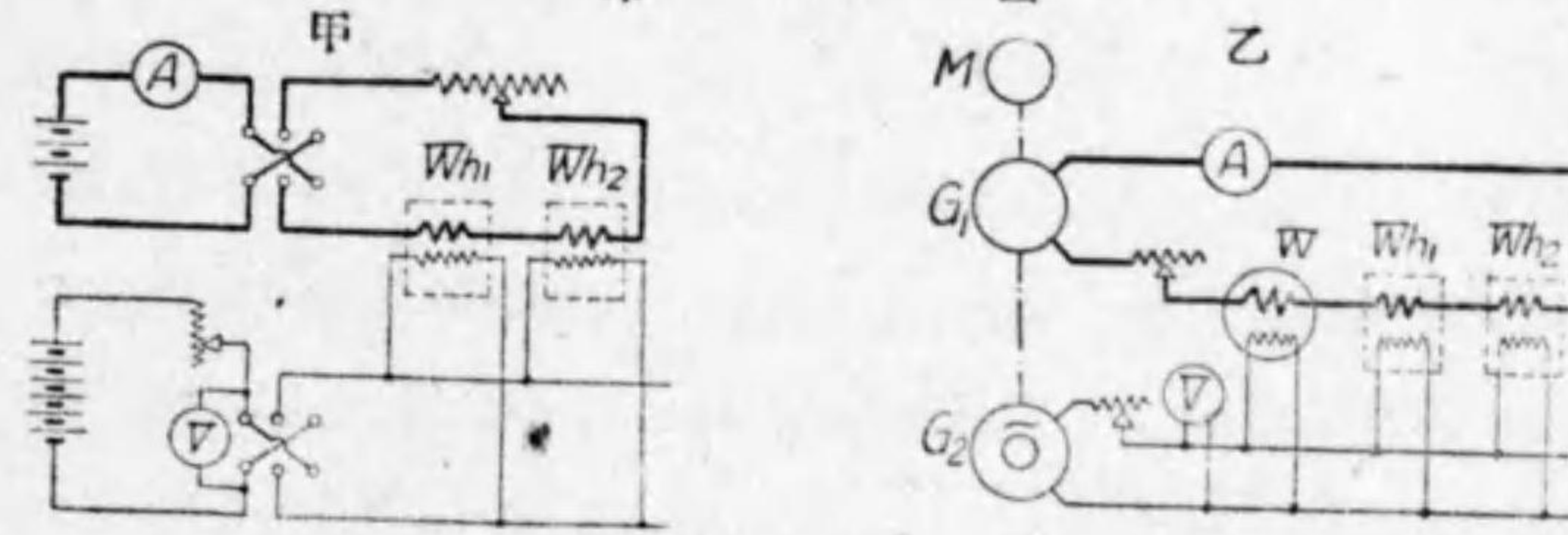
積算電力計の良否を判断するには、誤差試験、計量装置試験、始動電流試験及び潜動試験等による。

(イ) 積算電力計の試験装置 積算電力計の試験に際し、實負荷法と虚負荷法とある。

**虚負荷法**は二箇の電源を備へて、計器の電壓回路に所要の電壓及び電流を與えて、小電力で實際に負荷した時と同様の状態で試験を行ふものである。此の方法は同一容量の多數の計器を行ふ場合に特に便利である。第 9・8 圖は此の虚負荷法の例である。

第 9・8 圖甲は直流積算電力計の試験の場合の接続圖で、各ワット時計  $Wh_1$ ,  $Wh_2$  等の電流線輪を直列に接続して電流用電源から同一電流を通じ、又各の電壓線輪は皆並列にして電壓用電源から同一電壓を與へるのでやる。

第 9・8 圖



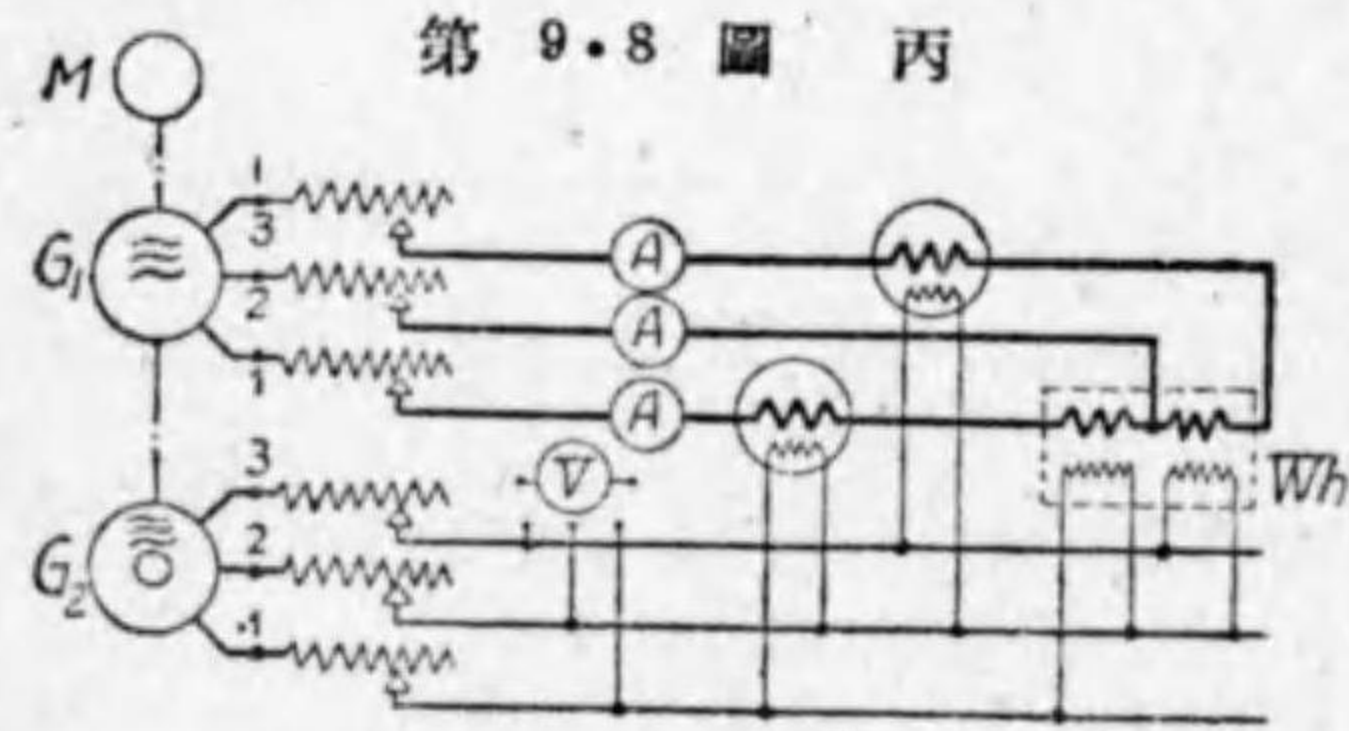
直流積算電力計の試験装置

交流積算電力計の試験装置

第 9・8 圖乙は交流積電力計の試験の場合の接続圖で、電流用交流發電機  $G_1$  と電壓用交流發電機  $G_2$  とは同一周波數なる事を要する必要上、兩發電機は同一軸に直結せられ、他の電動機  $M$  により一定速度で運轉されるのである。一般には交流計器は種々の周波數又は力率の下に試験するのである。周波數を變へるには電動機を速度を加減すればよい。又力率を變へる爲に電壓用交流機  $G_2$  の固定子を電流用交流機  $G_1$  の固定子に對する相互位置を變へ得る様に  $G_2$  の固定子をウオーム・ギアにより少し宛回轉し得る装置になつて居る。例へば力率 1 及び  $\frac{1}{2}$  の條件を得るには、電壓電流の規定値に調整し、 $G_2$  の固定子を



少し宛廻はして電圧の位相を変へ、電力計  $W$  の讀が最大になつた場合は力率 1 の場合で、更に  $G_2$  の固定子を廻はして電圧の位相を変へて、前と同一電圧電流で電力計  $W$  の讀が最大指示の  $\frac{1}{2}$  となつた場合は力率  $\frac{1}{2}$  の場合である。第 9・8 圖丙は三相計器  $Wh$  の場合の接続で、指示電力計  $W_1, W_2$  は二電力計法の



三相積算電力計の試験接続圖

の接続である。此の場合には、各相の電圧及び電流を規定の値に調整し、 $G_2$  の固定子を廻はし電圧の位相を変へて二個の電力計  $W_1$  及び  $W_2$  が相等しい指示を示した場合には力率 1 の場合で、更に電圧の位相を調整し、何れかの電力計の指示が零になつた場合は力率  $\frac{1}{2}$  の場合である。

實際の負荷を用ひて試験する場合には、白熱電燈の様な無誘導負荷の場合を力率 1 とし、其の他の誘導負荷を得るには可變リアクタンス線輪（例へば鐵心を抜挿する事の出来る様にした線輪）を用ふればよい。

以上説明した事は交流指示電力計試験の際にも適用されるのである。

(□) 誤差試験 誤差試験は計器の回轉子に就いての誤差

の試験である。電氣計器檢定規則によれば、交流積算電力計の誤差試験は次の各號の點で之を行ふのである。

(一) 規定電壓、規定周波數及力率 1 に於て規定電流並に其の二分の一及十分の一の三點

(二) 規定電壓、規定電流及規定周波數に於て遅電流に於ける力率二分の一の點

此の試験法には秒時計法、標準積算電力計法、マスターメーター法等があるが、茲には確度の高い秒時計法を説明する。一般は計器が 1 キロワット時の電力量に對する圓板回轉數を計器定數と稱し、之を  $K$  (回轉/kWh) とし、計器に電力  $P$  ワットを與へて回轉子  $N$  回轉に要する時間  $t$  (秒) を秒時計で測定する。此の際、計器に加はる電力を常に  $P$  ワットである様に標準電力計を見ながら調整する。此の場合計器の誤差は次の様に計算される。

$$\begin{aligned} \text{實際に計器に供給した電力量 } W_0 &= Pt \text{ ワット秒} \\ \text{回轉子が } N \text{ 回轉で計量した電力量 } W_m &= \frac{1000 \times 3600}{K} N \text{ ワット秒} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{誤差 } \epsilon &= \frac{W_m - W_0}{W_0} \times 100 = \frac{\frac{1000 \times 3600}{K} N - Pt}{Pt} \times 100 \\ &= \frac{1000 \times 3600}{PK} N - t \times 100 (\%) \end{aligned}$$



上式で  $\frac{1000 \times 3600}{PK} N$  は、電力  $P$  に對し  $N$  回轉に要する時間 (秒) で、此の値は計器定數  $K$ 、電力  $P$  及び回轉數  $N$  がわかれば豫め算出し得る時間で、之を算定時間と云ひ、之を  $T$  で表せば、誤差は次式で表される。

$$\epsilon = \frac{T-t}{t} \times 100 (\%)$$

標準積算電力計の更正率が  $a\%$  で、あつたならば、

此の時の誤差は次式で計算する。

$$\epsilon = \frac{T-t}{t} \times 100 - a (\%)$$

(ハ) 計量装置試験 之は計量装置の齒車の組合せの正否及び咬合ひの良否を調べる試験である。標準積算電力計と被試験計器とを接続し、計器装置の最小位指針又は數字車が適當な丈け回轉をする間、連續して電流を通した後、指針又は數字車の指示の比較により試験する。

(ニ) 始動電流試験 之は、被試験計器に定格電壓、定格周波數、力率 1 に於て計器が始動し且つ其の回轉を持続し得る最小電流を測定する。 $J.E.C-50$  に依ると普通級計器はこの電流が定格電流の 1%、精密級計器に對しては電格電流の 0.5% より小でなくてはならない事が規定されて居る。

(ホ) 潜動試験 之は、計器が無負荷で電壓だけ供給して回轉するか否かを試験するのである。 $J.E.C-50$  によれば無負荷で定格周波數で定格電壓の 110% の電壓を加へても回轉子が

1 回以上の回轉をしないものと規定されて居る。

例 100 ボルト、10 アンペアの單相交流積算電力計を定格電壓、定格電流及び力率 0.5 で試験したるに圓板の回轉數 20 に對して 57 秒を要したと云ふ。此の場合の誤差幾パーセントなりや。但し計器定數は

1 kWh = 2400 回轉なりとす。

解 實際に計器に供給した電力量  $W_0 = Pt = (100 \times 10 \times 0.5) \times 57$

$$= 28500 \text{ ワット秒}$$

回轉子が 20 回轉で計量した電力量  $W_m = \frac{1000 \times 3600}{K} N$

$$\frac{1000 \times 3600}{2400} \times 20 = 30000 \text{ ワット秒}$$

$$\text{誤差 } \epsilon = \frac{30000 - 28500}{28500} \times 100\% = +5.26\%$$

又は次の様に算出してもよい。

$$\text{算定時間 } T = \frac{1000 \times 3600}{PK} N = \frac{1000 \times 3600}{100 \times 10 \times 0.5 \times 2400} \times 57 = 60 \text{ 秒}$$

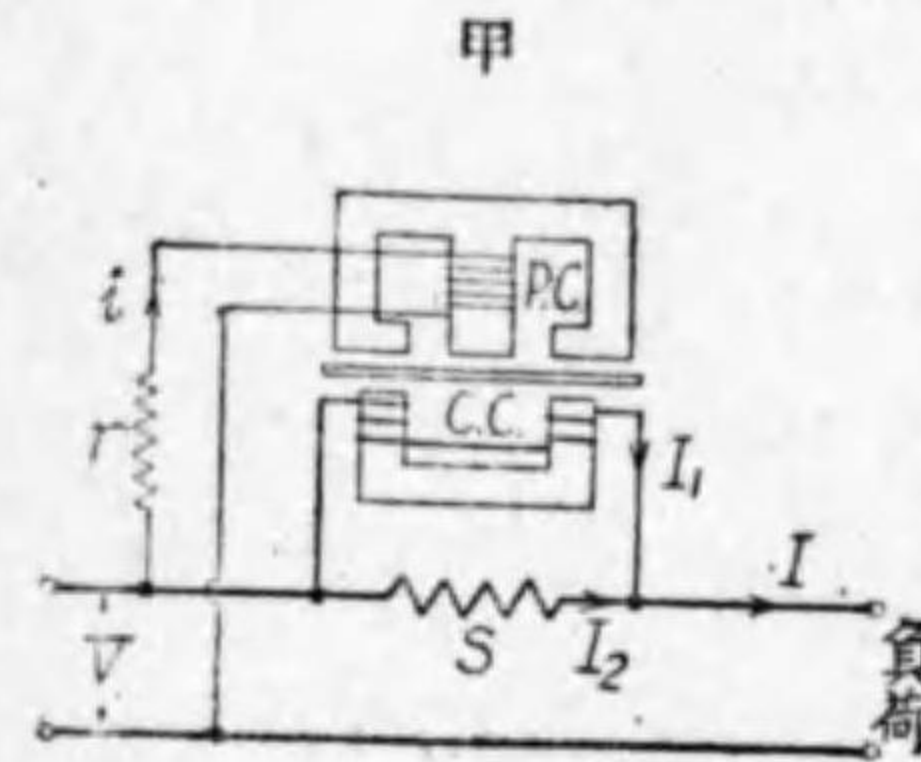
$$\therefore \text{誤差 } \epsilon = \frac{T-t}{t} \times 100\% = \frac{60-57}{57} \times 100\% = +5.26\%$$

8. 積算無効電力計 同一の電力量を使用するに當つて力率の低い場合は力率の高い場合よりも大きな kVA の發送電設備を必要とする。従つて電力料金を徴するに力率を加味した料金制がある。その一例に電力量の外に無効電力量も測定して料金を徴する料金制がある。此の場合に無効電力量を測定するのが積算無効電力計である。その單位としてはキロバール時 (kVarh) が用ひられる。此の積算計器も誘導型である。

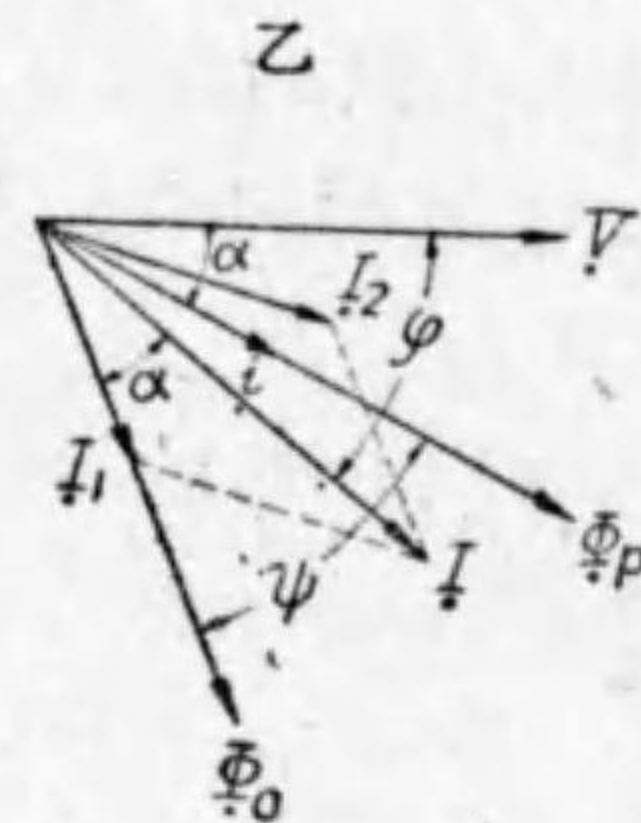


第 9・9 圖甲は单相積算無効電力計の原理圖である。電流線

第 9・9 圖



甲



乙

輪 C.C. に並列に抵抗 S を接続し、C.C. の電流  $I_1$  を負荷電流  $I$  より遅れさせる（此の相違を  $\alpha$  と

積算無効電力計

する）。電圧線輪 P.C. には直列抵抗  $r$  を接続し、その電流  $i$  を電圧  $V$  より遅れること  $\alpha$  である様に作られてある。乙圖は電圧電流及び P.C. により生ずる電圧磁束  $\phi_p$ 、C.C. により生ずる電流磁束  $\phi_c$  間の関係を示すベクトル圖である。誘導型計器で圓板に作用する駆動トルク  $T_d$  は、 $\phi_p$ 、 $\phi_c$  の相違を  $\psi$  とすれば次式の通りである。

$$T_d = K \phi_p \phi_c \sin \psi$$

然るに乙圖から明かな通り  $\psi = \alpha + \phi$  となる。

又  $\phi_p \propto V$ ,  $\phi_c \propto I_1 \cos \alpha$  である故

$$T_d = K' VI \sin \phi$$

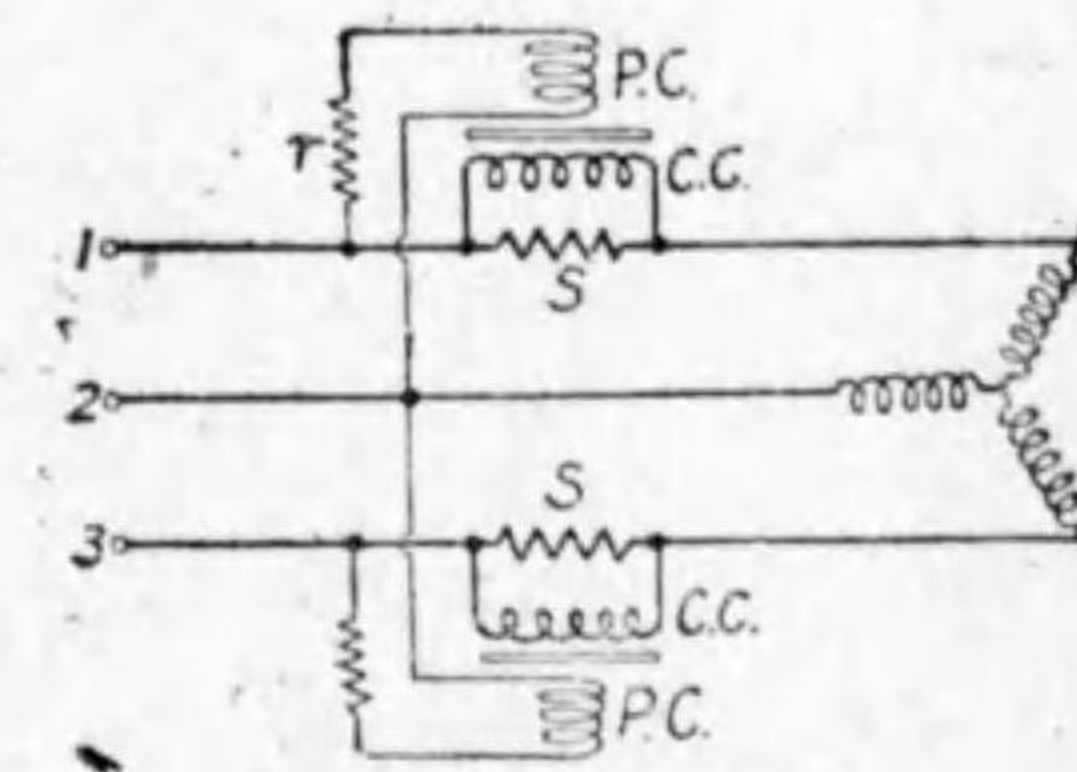
即ち此の計器の駆動トルクは無効電力 ( $VI \sin \phi$ ) に比例する。

仍て計量装置に無効電力量を計量させ得る。

三相用積算無効電力計は单相積算無効電力計の二素子を第 9・

10圖の様に接続したものである。上下の圓板に作用する合成トルクにより計量装置に回転を傳へる。合成トルクは三相無効電力に比例するので計量装置によつて三相無効電力量を測定し得る。

第 9・10 圖



三相積算無効電力計

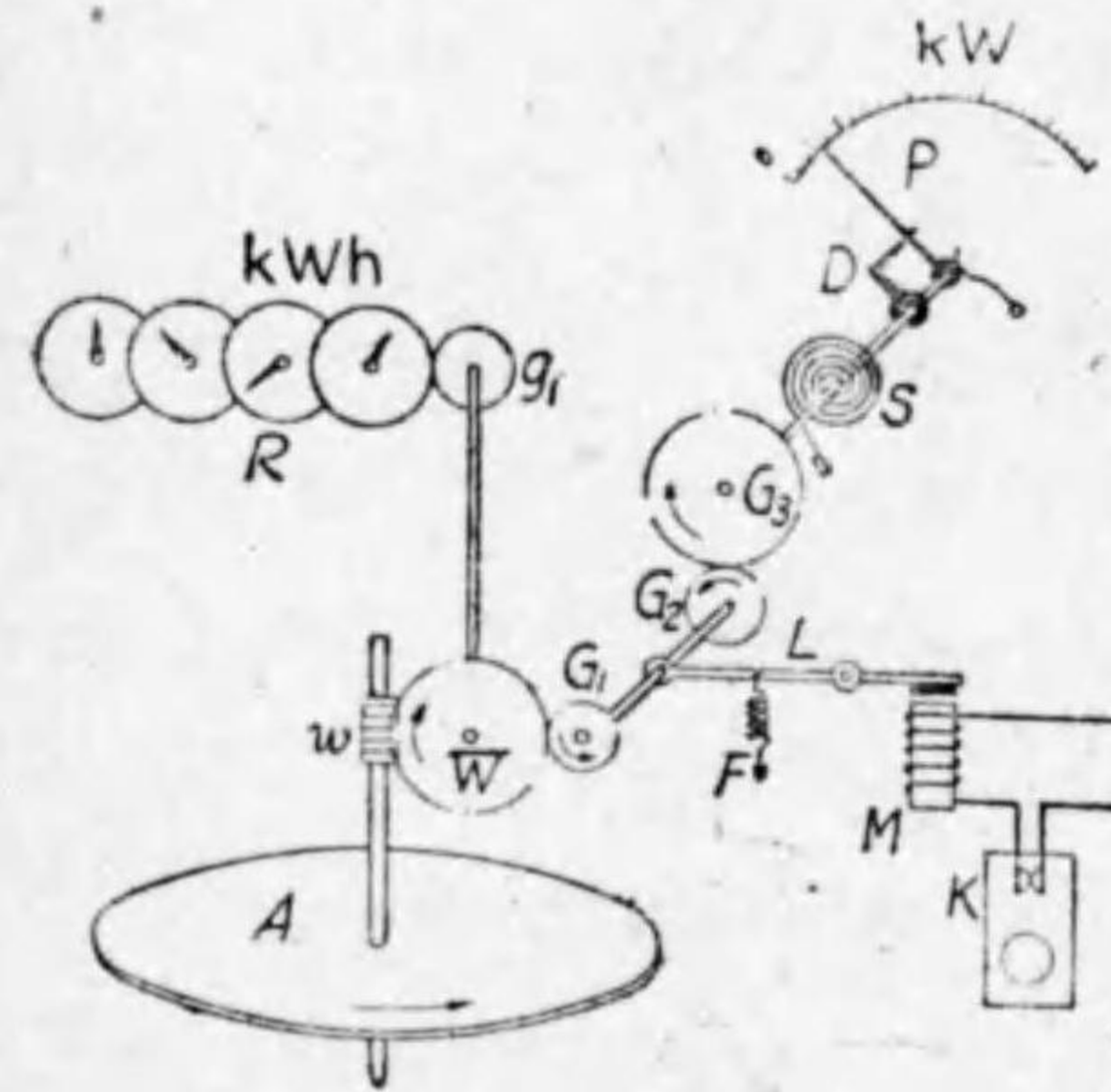
### 9. 最大需用表示器付積算電力計 一ヶ月間の使用電

力量の相等しい甲乙二軒の需用家があつて、甲は大容量の機械を取付けて一日僅かの時間運轉し（従つてその最大需用電力は大で）、乙は小容量の機械を取付けて一日中連續して居るとすると、甲に對しては乙より大きな發送電設備を必要とするから、甲に對しては準備費が餘計かゝるから乙よりも高い料金を課すべきである。最大需用表示器（一名最大負荷表示器）は或る期間中の最大需用電力を表示する装置である。

第 9・11 圖は最大需用表示器の原理を示す。積算電力計の回轉圓板 A の回轉は齒車  $W, g_1$  を經て計量装置 R に傳へられる。又 W は齒車  $G_1, G_2, G_3$  を經て押腕 D に傳へられ、表示器指針 P を推進める。一方時計装置により一定時限 15 分毎



第 9・11 圖



最大需要表示器

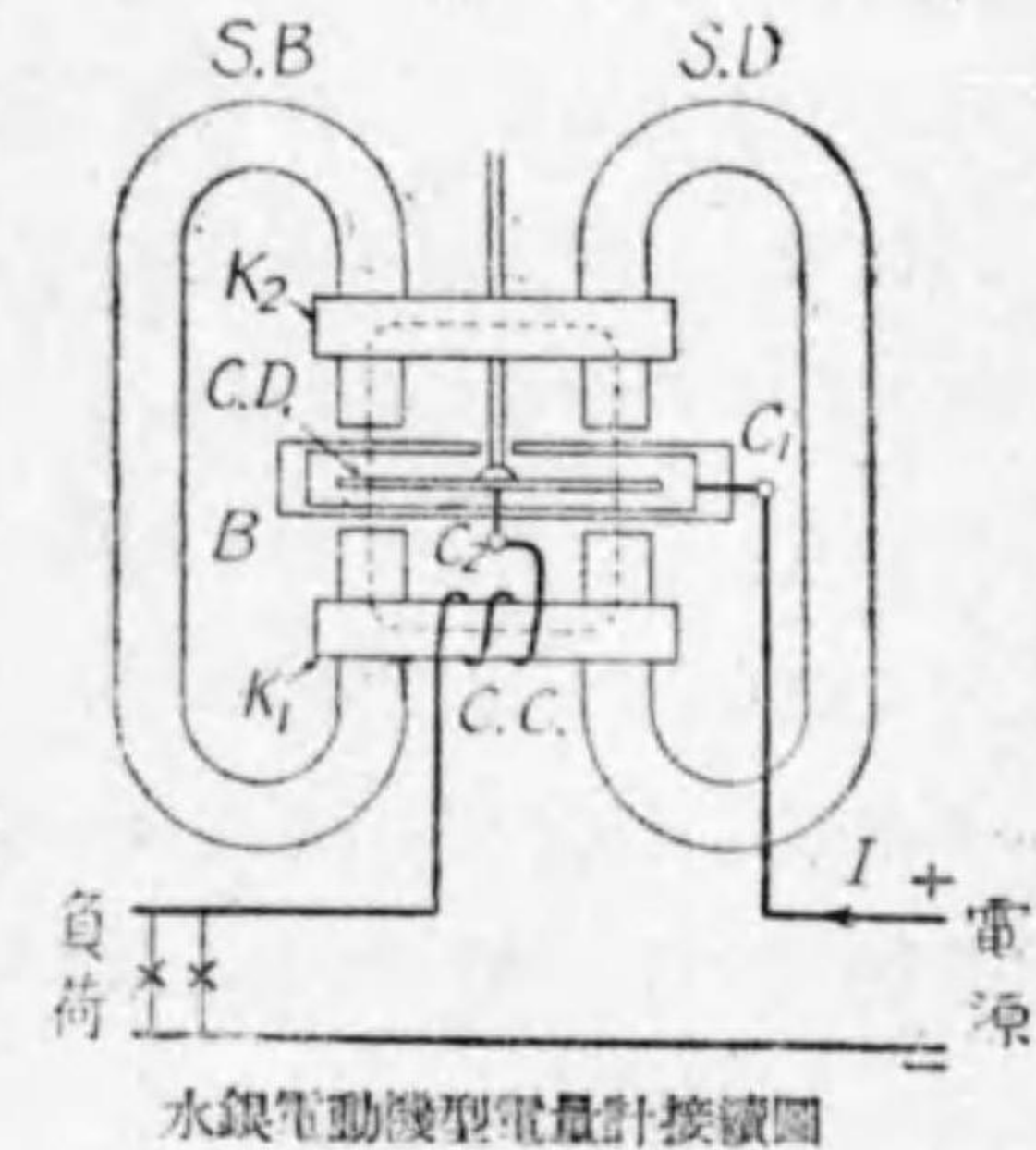
に接触子  $K$  が接触して電磁石  $M$  を一瞬勵磁し、積干  $L$  を回轉して齒車  $WG_1$  の連絡を絶つ。ために押腕  $D$  は渦狀バネ  $S$  により零位に復歸されるが、指針  $P$  は摩擦のため元の偏れた位置に残る従つて指針  $P$  は此の一定時限 15 分間の電力量

の最大なる場合即ち平均最大電力の場合に應じた位置に残る譯である。結局指針  $\bar{P}$  は一ヶ月中に使用された電力量中で15分毎に平均された電力の最大負荷を示す事になる。

水銀電動機型電量計を説明しよう。圖は原理を示す略圖である。 $C.D.$  は銅製圓板で水銀槽内に裝置され、 $C.D.$  の周邊と下面の軸の周りを白金メッキしてある外悉く絶縁塗料を施してある水銀槽  $B$  はニッケルメッキ眞鍮板及びファイバ環から成り、眞鍮板内面には絶縁紙を貼付してある。 $C_1$  及び  $C_2$  は端子である。 $S.D.$  及び  $S.B.$  は永久磁石である。

今電流  $I$  は端子  $C_1$  から水銀を経て圓板  $C.D.$  の端よりその中央部を経て端子  $C_2$  に出る。此の板の電流と永久磁石  $S.D.$

第 9・12 圖



水銀電動機型電量計接續圖

の作る磁界との電磁力作用により圓板に驅動トルクを生じ圓板を回轉させる。圓板が廻れば之が  $S.B.$  及び  $S.D.$  の磁界を切るために圓板に渦流を誘起し制御トルクを生ずる。驅動トルクは  $S.D.$  の磁界が一定であるから電流に比例し又制御トルクは圓板の回轉速度  $n$  に比例する。

$$\text{驅動トルク } T_d = k_1 I, \text{ 制御トルク } T_c = k_2 n$$

$$\therefore n = \frac{k_1}{k_2} I = KI$$

即ち摩擦による逆トルクを無視又は之を次に述べる様に補償すれば、回轉速度と電流とが比例するから、或る期間の間の計量は圓板の總回轉數に比例する。計量装置にはキロアンペア時を示す様にして置く。

實際には軸受及び計量装置での摩擦及び水銀と圓板間の液體摩擦がある。軸受での摩擦は水銀の浮力により實用上補償されるし、又計量装置での摩擦もその影響は大した事はなく、之等の摩擦は圓板速度に無關係に殆ど一定であるが、水銀の液體摩擦は圓板の速度の略ぼ自乗(従つて電流の略ぼ自乗)に比例し、その大きさも前二者に比し大である。故に電流が大きくな程此の液

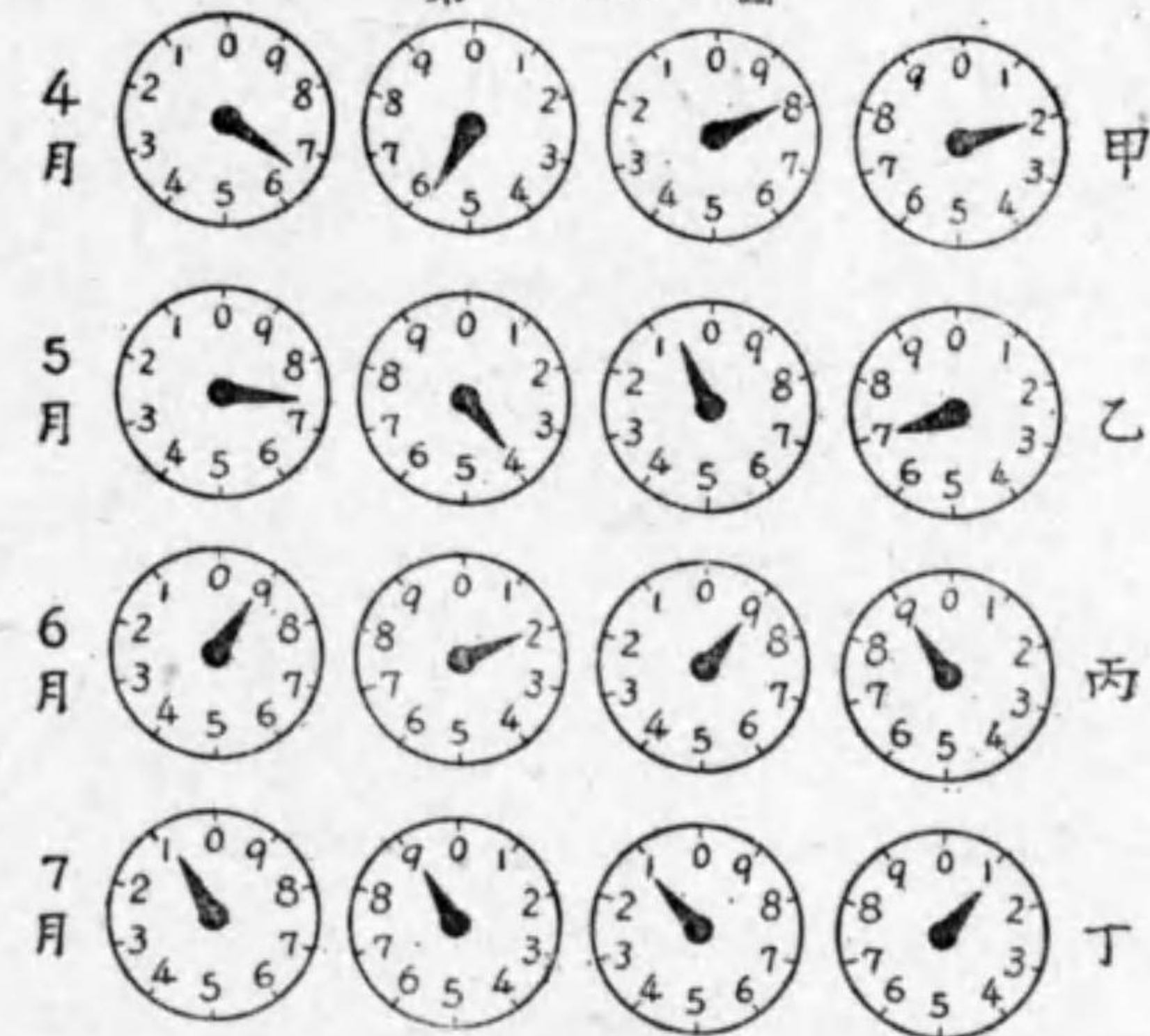


體摩擦は大になるから、之を補償する装置が必要である。 $C.C.$ は此の補償用線輪で圖に示す様に二つの永久磁石  $S.B.$ ,  $S.D.$ の前面に之等と連絡して軟鐵片  $K_1$ ,  $K_2$  を装置し、 $K_1$  に圖の様な  $C.C.$  の線輪が巻かれ、之に負荷電流を通ずる様にしたものである。 $C.C.$  のアンペア回数によつて點線で示す様に磁路を生ずるから、之により圓板を貫く磁界の強さは電流に比例し、従つて圓板には電流の自乗に比例する補償トルクを生ずる。 $C.C.$  の巻数を適當に選ぶ事によつて此の補償が液體摩擦の逆トルクと相殺する事が出来る。而して此の  $C.C.$  による磁界は  $S.B.$  及び  $S.D.$  の空隙で値は等しく方向が反對であるから、此の  $C.C.$  の磁界に依つては制御トルクには何等の變化を及ぼさないのである。

### 複 習 問 題 IX

1. 積算計器とは如何なるものか。且つ其の種類を示せ。
2. 積算計器の構成要素を示せ。
3. 計量装置の計器盤の二種を擧げ、其の優劣を示せ。
4. 4月の初めの計器盤は 9・13 圖甲の様で、5月の初めは同圖乙、6月の初めは同圖丙、7月初めの読みは丁の様であつたとすれば4月及び5月の使用量は何程であるか。
5. 直流に使ふことが出来る積算電力計の一種につき、其の構造及び動作を略述せよ。

第 9・13 圖



9. 積算電力計で摩擦を無視すれば圓板の回轉數で電力量を讀とる事が出来る事を證明せよ。
7. 整流子電動機型積算電力計で軸受其の他の摩擦を補償する方法を問ふ。之は何と言はれるか。
8. 積算計器の潜動とは如何。之は何故に發生するか及び之を防止する方法を述べ、取引計器としてはどの程度まで許されるか。
9. 誘導型積算電力計の一種に就き其の構造及び原理を説明せよ。
10. 同上の輕負荷調整装置の目的及び作用を示せ。
11. 同上の位相調整装置を説明せよ。
12. 誘導型積算電力計では力率の小なる程位相調整による誤差が大となる事を示せ力率 0.9 に於ける誤差が 0.5% ならば、力率 0.6 に於ける誤差はどの位になるか。



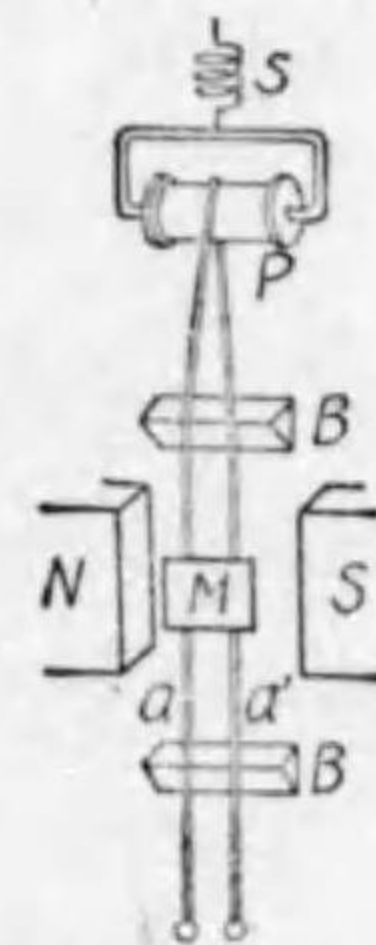
13. 積算電力計の虚負荷試験法とは如何、之が實負荷法に對し如何なる優劣があるか。
14. 100 ボルト 20 アンペア用单相積算電力計を電壓 100 ボルト電流 20 アンペア力率 1.0 の負荷で試験したところ圓板回轉數 40 に對し 37.6 秒を要したと言ふ。この場合の算定時間及び誤差如何。但し計器の定數は 1kwh に 2000 回轉とする。
15. 100 ボルト 5 アンペア用单相交流積算電力計を電壓 100 ボルト、電流 5 アンペア力率 0.5 で試験し、圓板回轉 20 に對し 62 秒を要したと言ふ。この場合の誤差如何。但し計器定數は圓板一回轉につき 750 ワット秒であるとする。
16. 計器定數が圓板一回轉につき  $W$  ワット秒ならば 1 kwh では幾回轉するか、 $W=750$  の場合の數値如何。
17. 100 ボルト 20 アンペア用单相積算電力計に或る負荷を加へた時圓板の回轉數 20 に對し 40.3 秒を要したと言ふ。若しこの計器のこの場合の誤差が 2% だとすれば、この負荷の電力如何、但しこの計器の定數は 1 kwh に付 1000 回轉とす
18. 200 ボルト 10 アンペア用三相積算電力計の二素子の電流線輪を直列に、電壓線輪を並列に接続し、190 ボルト 8 アンペアを流し力率 1 に調節した場合、誤差が 3% 以内であるためには圓板 10 回轉が何秒ならば良いか。但し計器定數は 1kwh に 640 回轉とする。
19. 積算無効電力計の原理を説明せよ。
20. 積算無効電力計と積算電力計とは構造及び原理に如何なる差違があるか。
21. 最大電用表示器につき説明せよ。

## 第十章 オシログラフ

1. **オシログラフの種類** オシログラフ (oscillograph) とは、時間と共に變化する電壓又は電流の瞬時値を觀測又は記録する装置であつて、電壓電流の波形分析又は過渡現象の研究等に廣く用ひられる。現今使用されて居るものは**電磁型**、**靜電型**、**陰極線型**の三種で、そのうち最も廣く使われて居るのは**電磁型オシログラフ**と**陰極線オシログラフ**とである。

2. **電磁オシログラフ** 電磁オシログラフは電磁力を利用したもので、第 10・1 圖はその主要部分の構造である。

第 10・1 圖



電磁オシログラフ

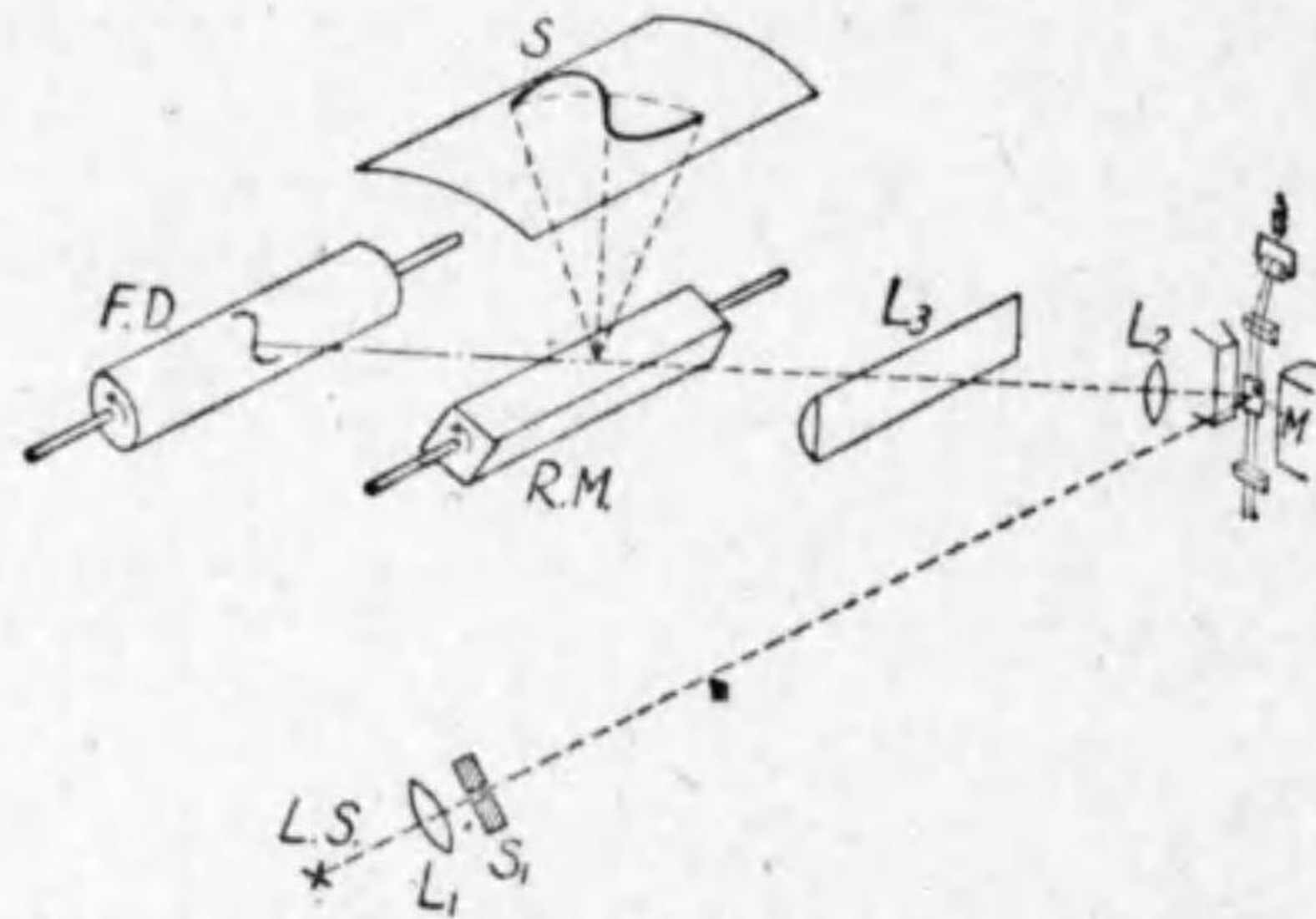
用したもので、第 10・1 圖はその主要部分の構造である。磁石  $NS$  の作る磁界中に細い磷青銅線  $aa'$  を平行に滑車  $P$  を通してバネ  $S$  により適當な張力で引張つて居る。 $aa'$  に小鏡  $M$  を貼り付けてある。 $BB'$  は細線  $aa'$  の運動を限定する象牙製の支特物である。細線  $aa'$  に電流を通すると、磁界との作用により  $aa'$  の中央部從つて  $M$  は電流の方向により右又は左に偏れ、その偏れは電流の瞬時値に比例する。此の細線  $aa'$  を振動子と云ふ。振動子



は極めて軽く慣性能率が小さく且つ制御力が大きいのでその固有振動数は極めて高く、普通 2000 乃至 20000 サイクル/秒位である。尚ほ振動子は適当な粘さの制動油の中に浸してその制動を臨界制動状態に近くしてある。電流を観測するには振動子に分流器を並列に、又電圧観測には倍率器を接続して用ひる。

第 10・2 圖は波形観測及び撮影装置を示す。光源  $L.S$  からの

第 10・2 圖



光を細隙  $S_1$  で光の幅を制限し振動子の鏡  $M$  に當てる。振動子が電流の変化により左右に振動すると反射回轉鏡  $R.M$  上に光帯を作る。 $L_1L_2$  は集光用レンズ、 $L_3$  は圓錐型レンズで光の高さを制限する。回轉鏡  $R.M$  を同期電動機で回轉すれば、 $R.M$  上に入射する光線の入射角が變化するから、その反射光線を  $S$  なる半透明ガラス上には光線の互に直角な二運動の合成である波形を生ずる。波形の寫眞撮影には  $R.M$  を取外し、圖の様に

回轉ヒルム  $F.D$  を使用する。此撮影された波形をオシログラム (oscillogram) と云ふ。尚ほ一箇の装置内に振動子を多數設けた多素子オシログラフもある。之は數多の電壓、電流を同時に同一畫面に現はし得て便利である。

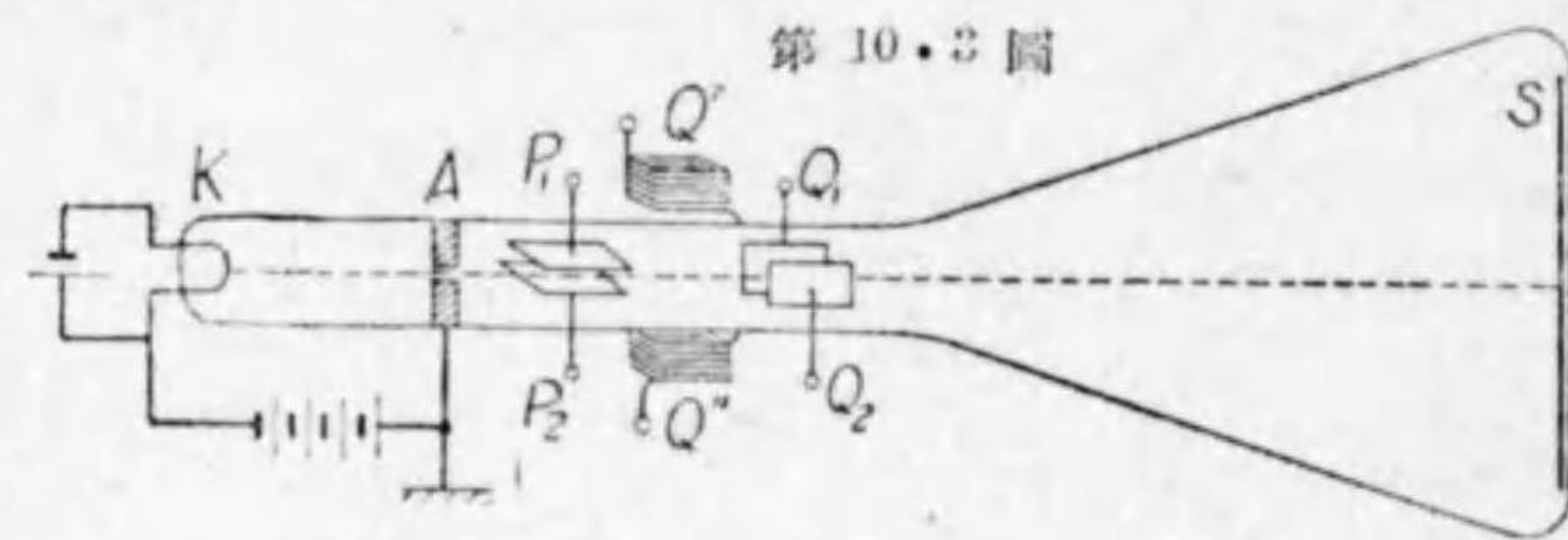
可動部分の偏位を電流の瞬時値に正確に即應させる爲めには可動部分の慣性を零にすればよい。然し慣性が零なる物はないから出来る限り軽くして慣性を小にする。従つて電磁オシログラフの振動子は零でないため被測電流の周波數が高い程オシログラフには誤差を伴ふ。普通電磁オシログラフは數千サイクル迄は使用して差支へない。更に高周波の研究用には慣性の殆どない位軽い電子を利用した陰極線オシログラフを使ふ。

3. 陰極線オシログラフ 排氣したガラス管内に陰陽兩極を設け之に直流高電壓を加へると、陰極から陽極に向つて電子が連続して放射される。此電子流を陰極線と云ふ。陰極線は、之を珪酸亞鉛かタンゲステン酸カルシウム等の様な螢光物質を塗つた螢光板に當てると、陰極線の衝突した點は螢光を發して明るい光點を生ずる。又陰極線を寫眞乾板に當てると感光する。又陰極線は電子流であるから電界及び磁界の影響を受けその進路が曲げられ、その曲げられた偏れの大きさは電界又は磁界の強さに比例する。陰極線の之等の性質を利用してオシログラフと



した装置をブラウン管オシログラフ又は陰極線オシログラフと云ふ。陰陽兩電極間に加ふる直流電圧（之を加速電圧と云ふ）の高低によつて高圧用と低圧用とに大別される。普通數百ボルトの加速電圧のものをブラウン管と云ひ、數万ボルトの加速電圧のものを陰極線オシログラフと云つて居る。ブラウン管には熱陰極が使用され、高壓陰極線オシログラフには冷陰極が使用される。

第10・3圖はブラウン管の主要部を示す。加熱陰極  $K$ 、陽極  $A$ 、互に直角に置かれた2組の平行板  $P_1P_2$ 、及び  $Q_1Q_2$ （之等を



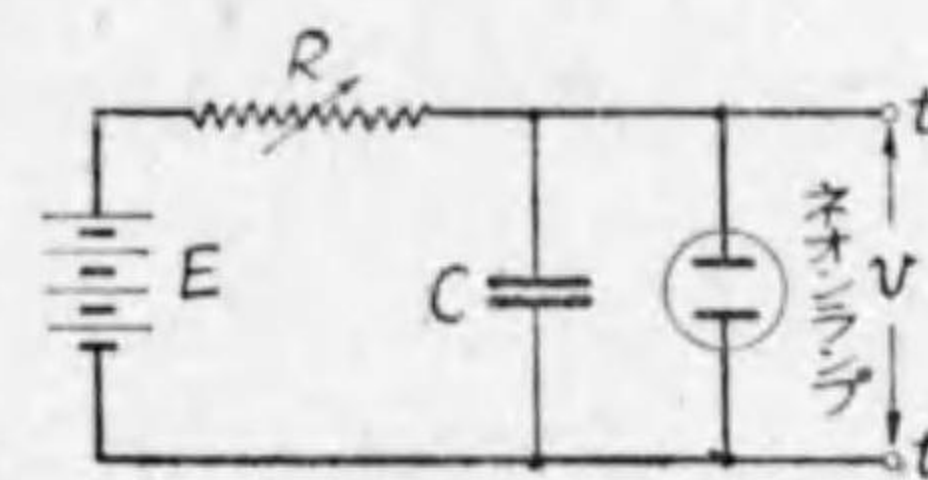
ブラウン管

偏光板と云ふ)、\* 螢光板  $S$  を封入したガラス管である。 $K$ 、 $A$  間に加速電圧を加へると、 $K$  から飛出した電子群は  $A$  の中心の小孔を通過し  $S$  に達して螢光を發する。若し偏向板  $P_1P_2$  間に  $P_1$  を  $+$ 、 $P_2$  を  $-$  として直流電圧を加へると  $S$  板上で螢光點は中心より上方に偏れ、その偏位は  $PP$  間の電圧に比例する。若し  $P_1P_2$  間に交番電圧を加へると  $S$  上の螢光點は垂直線となつて現はれる。同様に偏板  $Q_1Q_2$  に交番電圧を與へると  $S$  上

の螢光點は水平線となつて現はれる。若し  $P_1P_2$  に被測交番電圧を加へ  $Q_1Q_2$  に陰極線を直角に移動させる時間偏位を生ずべき適當な電圧を與へると  $S$  上に被測電圧の波形が現はれる。

陰極線を偏れさすには又磁界を利用する事も出来る。即ち  $Q_1Q_2$  の代りに  $Q'Q''$  の線輪を設け、之に時間と共に適當に變化する電流を通じて時間偏位を與へても同様な結果が得られる。 $Q'Q''$  を偏位線輪と云ふ。 $Q'Q''$  と直角に他の一組の偏位線輪を設けておき、被測電流を之に通じ、 $Q'Q''$  に時間變位を與へても  $S$  上に被測電流の波形が現はれる。

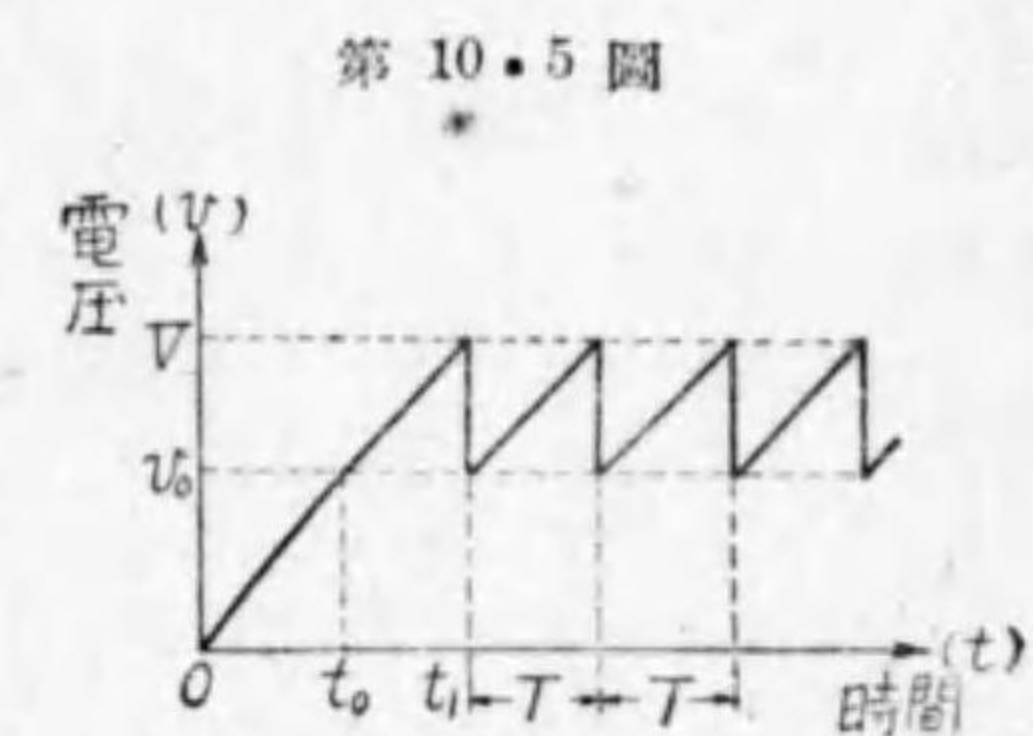
第10・4圖



鋸齒状電壓發生裝置

第10・4圖は時間偏位を與へる一方法で鋸齒状電壓發生裝置を示す。圖の様に直流電源  $E$ 、抵抗  $R$ 、容量  $C$  及びネオンランプ  $N$  を用ひると、端子  $tt$  間には第10

・5圖の様な、 $N$  の點火電壓  $V$  と滅火電壓  $v_0$  との差を振幅とする鋸齒状電圧が發生する。周期  $T$  は  $R$ 、 $C$  を變化して調整する事が出来る。端子  $tt$  をブラウン管の偏向板  $Q_1Q_2$  に接続し、偏向



鋸齒状波

板  $P_1P_2$  に加へた被測交番電圧の周期に鋸齒状電圧の周期を一



致せしめると、螢光板上に被測電壓の波形が現はれる。ネオンランプの代りにサイラトロン放電管も用ひられるが、鋸齒状電壓の周波数が 10kC 以上になるとネオンランプやサイラトロンの代りに真空管を用ひる方式がある。

尙ほ詳しい説明は省くが、電気機器、材料等の電流電圧特性やヒステリシス曲線等を観測することも出来る。それには試材に與へた電圧電流を、互に直角偏位を生ずべき偏向板又は偏位線輪に加へればよいのである。

ブラウン管オシログラフは測定器として最も用途の広いもので、波形の測定、周波数の測定、鐵の磁氣履歴損の測定、誘電體損の測定、コロナ損の測定、其他高周波工學方面の測定等種の用途がある。

### 復習問題 X

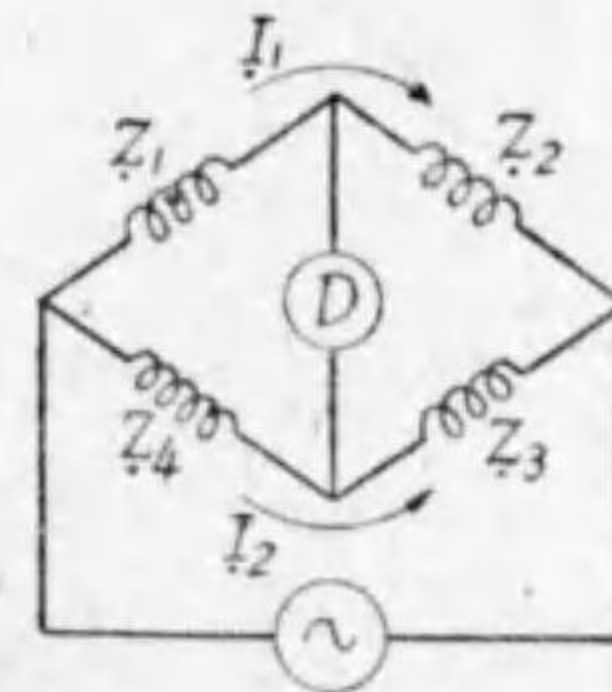
1. オシログラフとは如何なるものか。どんな種類が現在使用されて居るか。
2. 電磁オシログラフの原理を示し、且つ其の主要部分の名稱を示せ。
3. オシログラムとは何か。
4. ブラウン管を圖示し、其の主要部の名稱を示せ。
5. 陰極線とは如何なるものか。
6. 陰極線オシログラフの原理を述べよ。
7. 陰極線オシログラフで直角座標の波形を描かせる方法を述べよ。

## 第十一章 誘導係數及び靜電容量の測定

1. 交流ブリッチ法 誘導係數及び靜電容量等は之を使用する交流の周波數によりその値が異なるものであるが、1000 サイクル程度の可聴周波數以下に使用するものは之を交流ブリッチ法で測定する。

第 11・1 圖は交流ブリッチ法の根本原理を示すものである。

第 11・1 圖



之はホイートストン・ブリッチと同様であるが、電源に交流を用ひるために、檢電器  $D$  には、周波數が 50 乃至 60 サイクルの商用周波數ならば振動檢流計を、又周波數が 1000 サイクル程度のものならば受話器を

用ひる。 $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  は複素數で表はされたインピーダンスで、若し之等の値が適當に調整されて、檢電器  $D$  に交流が通らず即ちブリッチが平衡した場合は各邊には、圖に示す様に交流  $I_1, I_2$  が通ずる故、

$$I_1 Z_1 = I_2 Z_4$$

$$I_1 Z_2 = I_2 Z_3$$

兩式から  $I_1, I_2$  を消去すれば



$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_4}{Z_3}$$

$$\text{又は, } Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4 \quad (11.1)$$

の関係が成立する。之がブリッジの平衡条件である。故に $Z_1$ が被测インピーダンスであると之は $Z_2, Z_3, Z_4$ で算出して求められる。被测誘導係数(又は容量)を含むインピーダンスを $Z_1$ とすれば $Z_1$ には標準の誘導(又は容量)を含むインピーダンス, $Z_2, Z_3$ には夫々無誘導抵抗を使用するのである。例へば、交流の角周波数を $\omega$ とし、

$$Z_1 = R_1 + j\omega L_1, \quad Z_4 = R_4 + j\omega L_4, \quad Z_2 = R_2, \quad Z_3 = R_3 \quad \text{とすれば,}$$

平衡条件は、

$$(R_1 + j\omega L_1)R_3 = R_2(R_4 + j\omega L_4) \quad (11.2)$$

$$\therefore R_1 + j\omega L_1 = \frac{R_2}{R_3}R_4 + j\omega \frac{L_4 R_2}{R_3}$$

$$\text{實部から, } R_1 = \frac{R_2 R_4}{R_3} \quad \text{虚部から, } L_1 = \frac{R_2}{R_3} L_4 \quad (11.3)$$

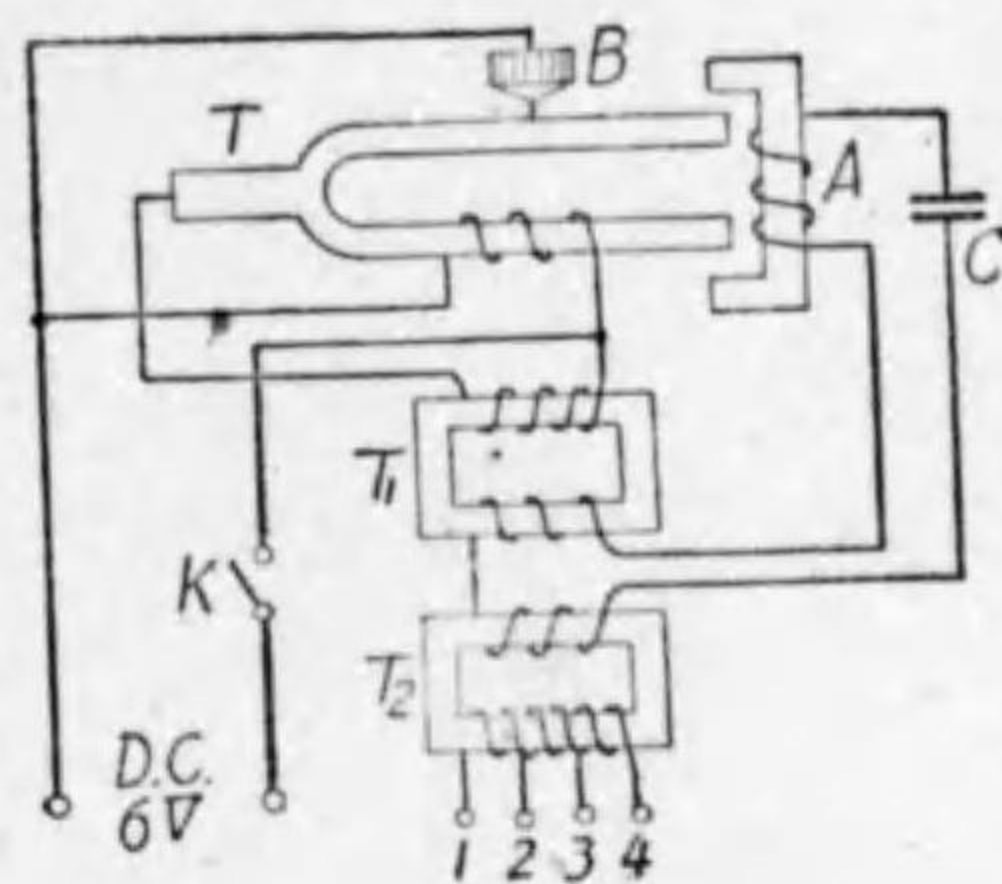
で被测インダクタンス $L_1$ 及び被测抵抗 $R_1$ が算出されるのである。茲で注意すべきことは、上の二式から次の二条件が必要であることが判る。

$$\frac{L_1}{L_4} = \frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R_3} \quad (11.4)$$

2. 測定用器具概説 (1) 交流電源 交流ブリッジ法に使用する電源としては周波数が安定で、波形が純正弦波に近い

く、且つ取扱が簡単なものが望ましい。現今広く使用されるものは、固定周波電源としてはブザ、音叉発振器、又可變周波電

第 11・2 圖



音叉発振器

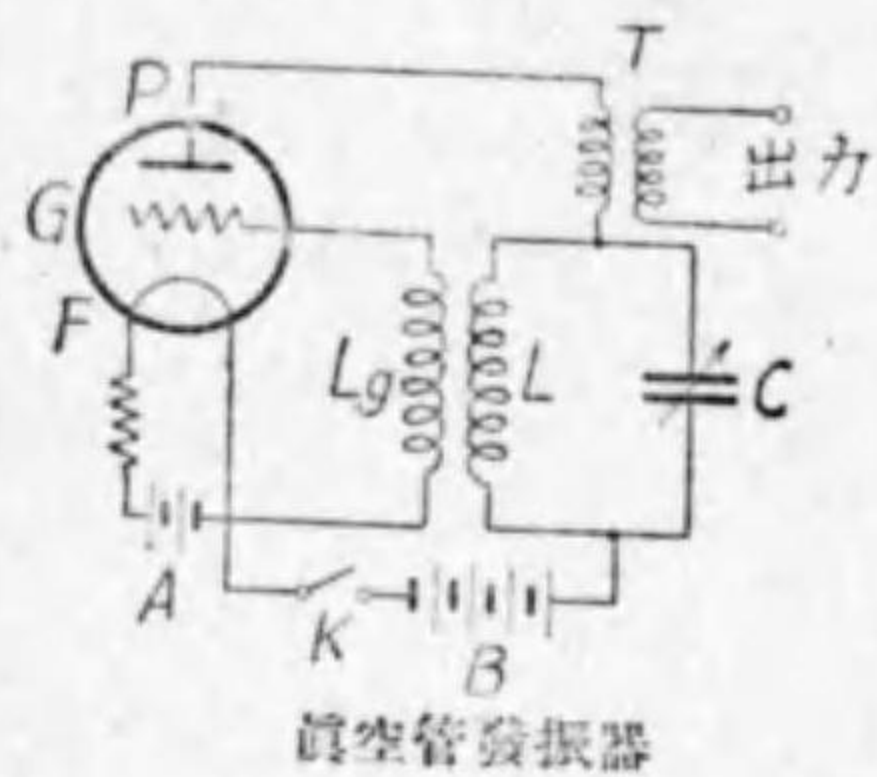
源としては真空管発振器である。第 11・2 圖は音叉発振器の一例である。之は音叉 $T$ の振動とマイクロホンボタンと稱する炭素粒を詰めた抵抗器 $B$ の抵抗変化とにより持続発振する様にしたものである。

$T_1$ は入力變壓器, $T_2$ は出力變壓器, $A$ は接極子である。 $D, C$ 端子に直流 6V を加へると、音叉はその固有振動数に従つて振動し、 $B$ の抵抗変化のため、 $T_1$ の一次線輪に交流を生じ、その二次電圧を $A$ の線輪と $T_2$ の一次に加へて音叉 $T$ と $A$ に通ずる電流とによつて音叉の振動を持続させ、 $T_2$ の二次側に一定周波数の交流電圧を發生する。出力變壓器の二次側にはタップが三つあり、測定回路に應じて何れかを選ぶ、即ち一例では 1-2 間は 0.5V, 80mA; 1-3 間は 1.5V, 30mA; 1-4 間は 5V, 8mA である。音叉は發生周波数を一定値(1000 サイクル標準)にするために用ひるもので波形は正弦波に近い。

第 11・3 圖は真空管発振器の最も簡単な接続を示すもので、



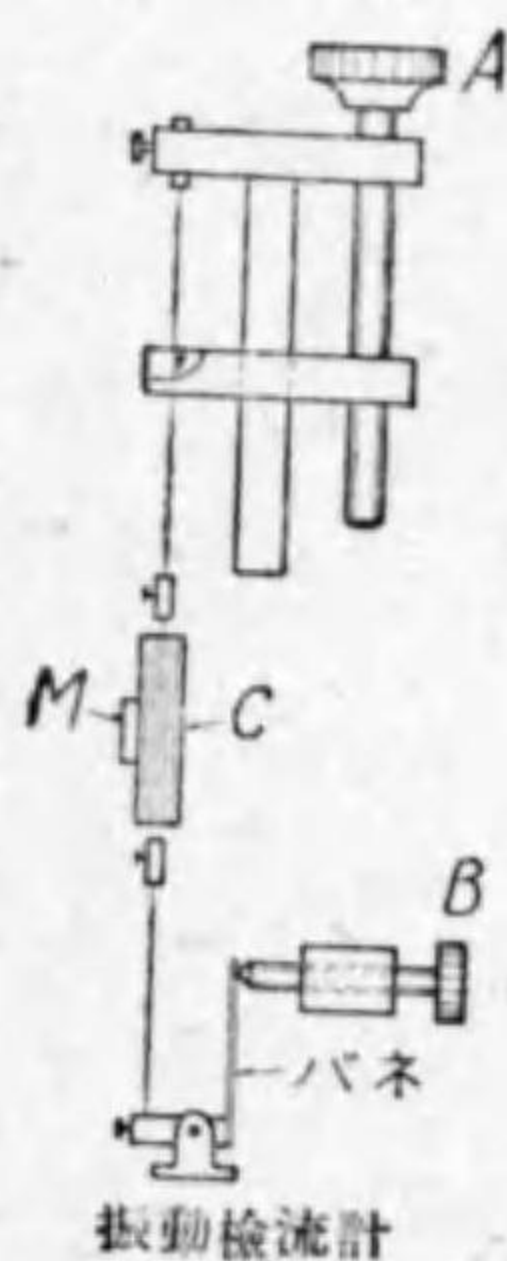
第 11・3 圖



真空管発振器  
陽極回路の電鍵  $K$  を押すと陽極回路に電流通じ、インダクタンス  $L$  及び容量  $C$  により決定される周波数 ( $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LU}}$  サイクル) の振動電流を生じ  $L$  に適當に結合した  $Lg$  に起電力を誘起し、 $G$  なる格子の電位の微小変化により陽極  $P$  の電位変化を促し陽極電流の持続振動を保つ譯けで、従つて  $T$  なる變成器でその二次側に交流起電力を生ずる。

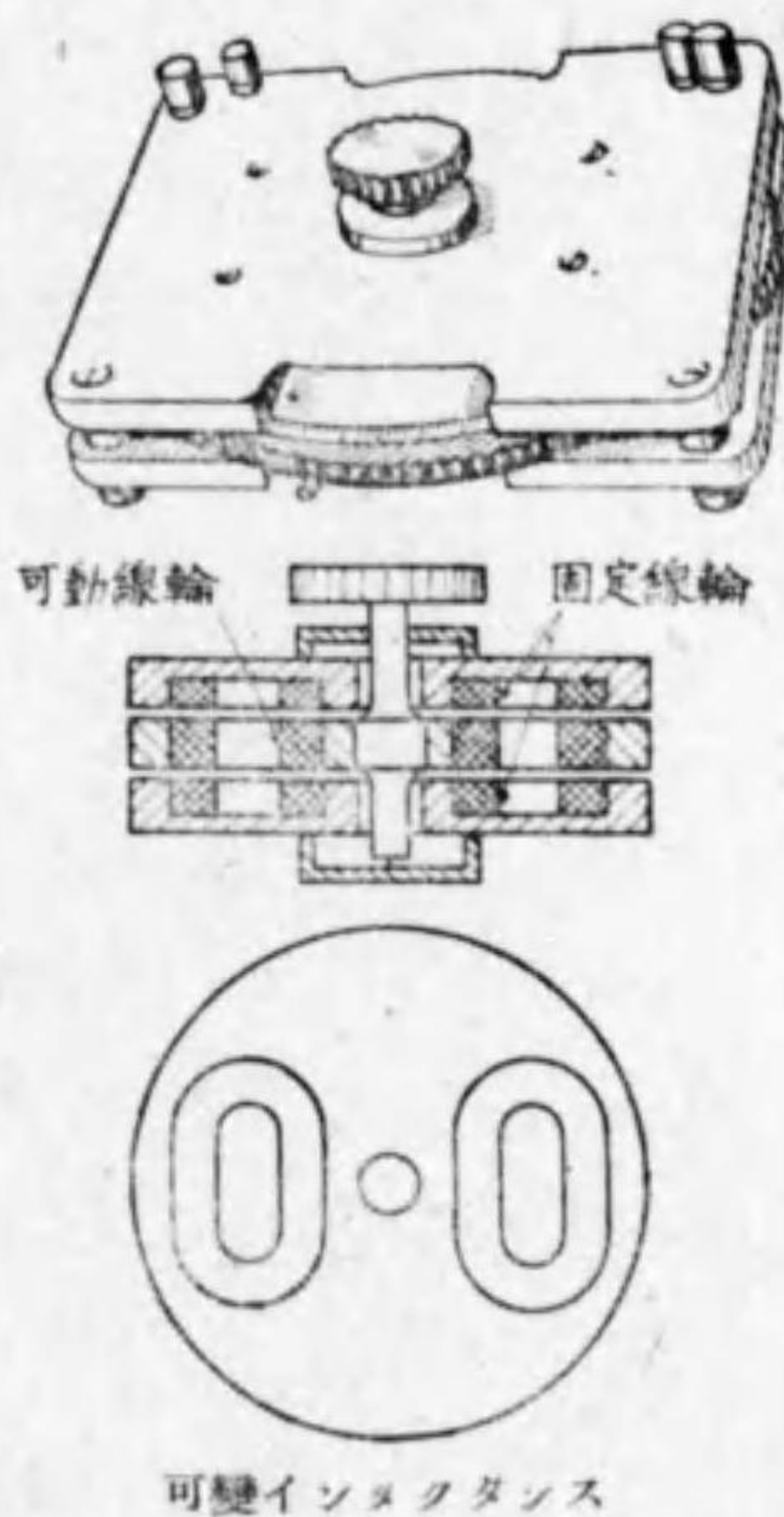
(□) 振動檢流計 振動檢流計には可動部分の構造により可動線輪型と可動鐵片型とある。之は電磁オシログラフと根本の原理は似て居るが、振動檢流計ではその可動部分の固有振動數

第 11・4 圖



を電源周波數に同調させて使用するのである。第 11・4 圖は可動線輪型振動檢流計の一例を示す。永久磁石の作る磁界内に小可動線輪を吊つたもので、その固有振動數はつまみ  $A$  の調整により可動部分の支へられた長さを加減する事と  $B$  の調整により可動部分の張力の加減とにより變化する事が出来る。之を使用するには直流の檢流計と同様に小鏡  $M$  に光

第 11・5 圖



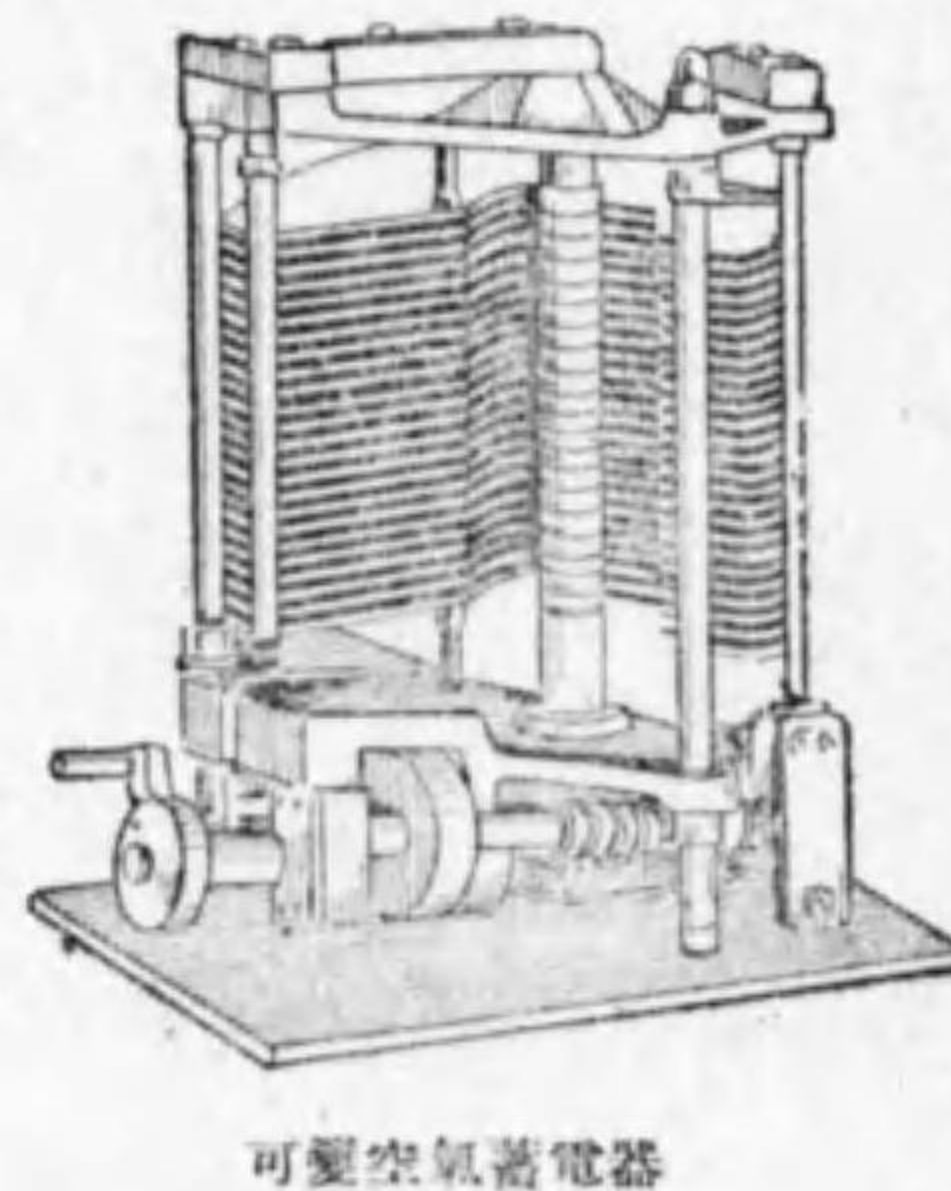
數 (可動線輪と固定線輪とを直列に接續して使用) を示す。之は又固定、可動兩線輪別にして相互の標準として使用出来る。

交流ブリッジに使用する容量としては誘電體の種類によつて空氣蓄電器、雲母蓄電器、紙蓄電器、ガラス蓄電器等がある。

を當てその反射光線を尺度上に反射させると光帶となりその光帶の幅は可動線輪に通ずる交流の最大値に比例するのである。

(ハ) 自己誘導係數及び容量の標準 交流ブリッジ法に使用する標準誘導係數としては周波によつて誘導係數並に實效抵抗の變化が出来るだけ小なる事が必要である。第 11・5 圖は可變標準自己誘導係

第 11・6 圖

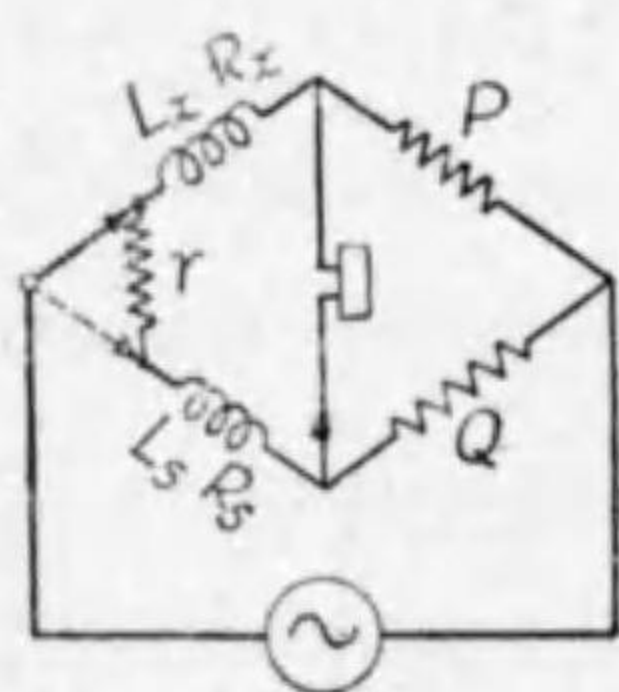




静電容量として具備すべき条件は、(1) 容量が周波数や温度の影響を受けないこと、(2) 誘電体損失の小なること、(3) 絶縁抵抗が大で高圧に耐へ、温度や外界の影響を受けないこと等である。第10・6圖は標準可變空氣蓄電器を示す。

3. 自己誘導係数の測定 第11・7圖は線輪の自己誘導

第11・7圖



係数  $L_x$  を測定する交流ブリッジの接続圖である。その根本原理は既に述べた通りである。P, Qは無誘導抵抗から成る比例邊で、 $L_x$  は測定すべき線輪の自己誘導係数  $L_s$  は、標準自己誘導係数、 $R_x, R_s$  は夫々  $L_x, L_s$

の抵抗、 $r$  は平衡用無誘導抵抗で、 $R_x, R_s$  何れにも接続し得る。今 P, Q,  $r$  及び  $L_s$  を調整してブリッジが實線で示す様な場合に平衡したならば、

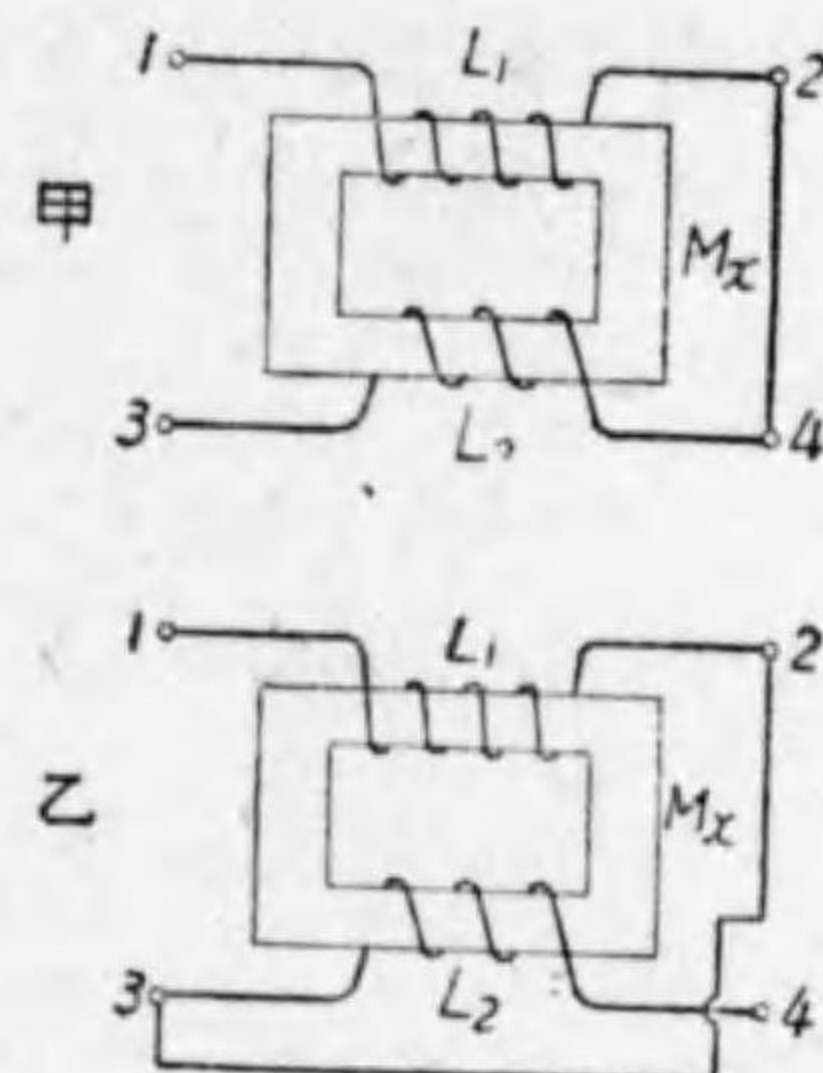
$$\frac{L_x}{L_s} = \frac{R_x}{R_s + r} = \frac{P}{Q} \quad \therefore L_x = \frac{P}{Q} L_s \quad (11.5)$$

之より  $L_x$  を計算して測定し得る。

4. 相互誘導係数 此處には自己誘導係数測定より計算する方法を述べる。此方法は未知相互誘導回路の一次  $L_1$  及び二次  $L_2$  を直列に二度接続し換へ夫等の合成自己誘導係数を自

己誘導測定法により測定して相互誘導係数  $M$  を算出する方法

第11・8圖



である。即ち第11・8圖甲に示す様に一次  $L_1$  二次  $L_2$  の2, 4端子を接続して1, 3間の合成自己誘導係数を前節の方法で測定してその値を  $L'$  とすれば、之は

$$L' = L_1 + L_2 + 2M_x$$

次に乙圖に示す様に2, 3端子を接続して、1, 4間の合成

自己誘導係数を測定してその値を  $L''$  とせば、之は

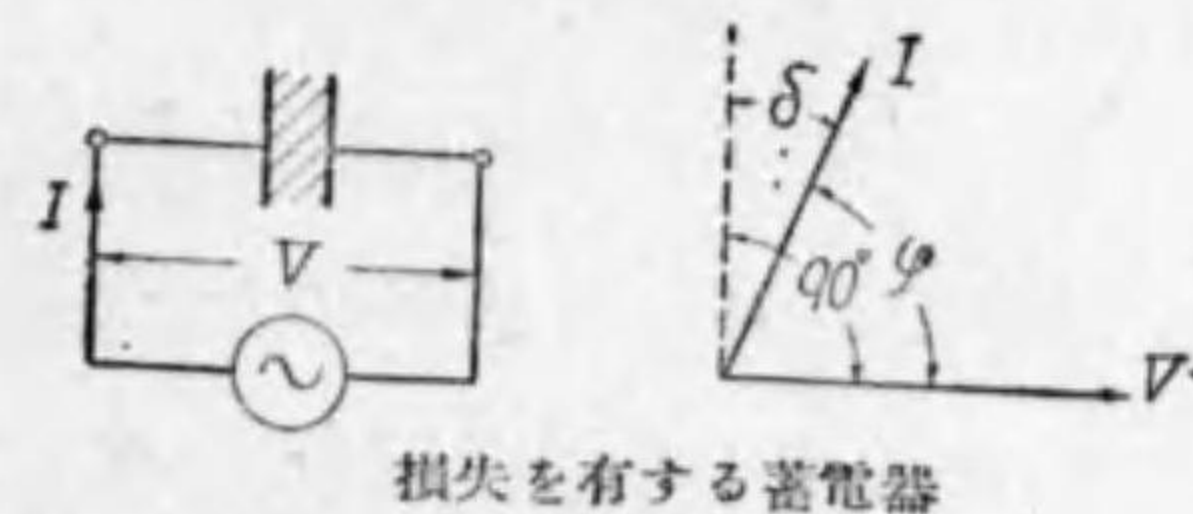
$$L'' = L_1 + L_2 - 2M_x$$

なる故、此兩式から未知相互誘導係数  $M_x$  は次式で算出される。

$$M_x = \frac{L' - L''}{4} \quad (11.6)$$

5. 誘電体損 固体又は液体を誘電体として用ひる蓄電器

第11・9圖



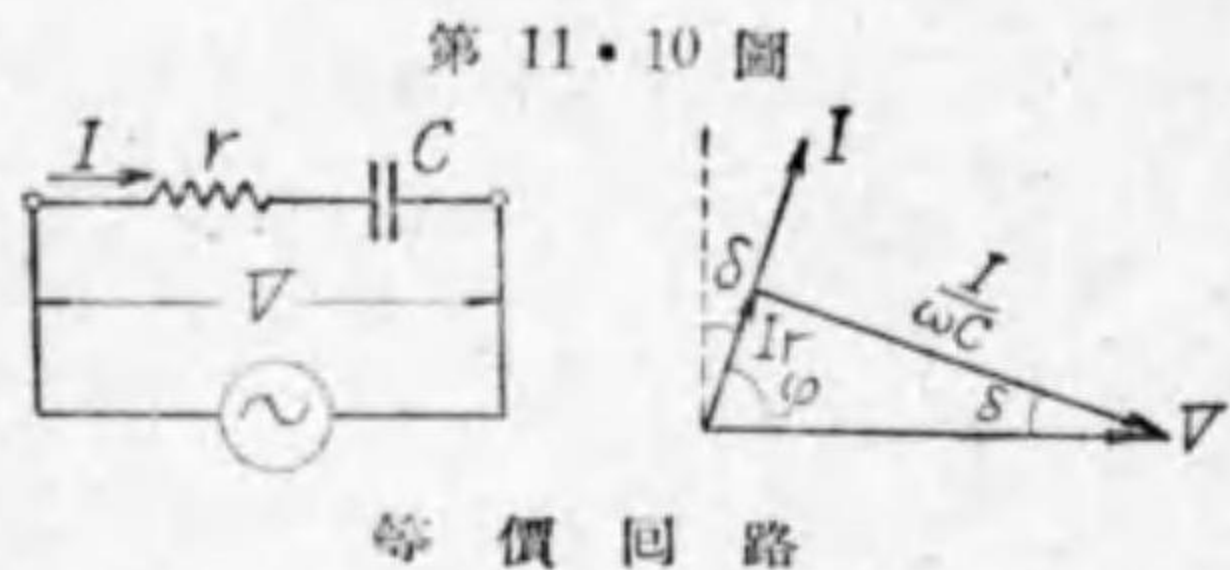
損失を有する蓄電器

は第11・9圖に示す様に  $V$  なる交番電圧を蓄電器に與へた場合、誘電体の中で損失があるために

電流は  $90^\circ$  進んで流れず、ベクトル圖に示す様に  $\phi$  だけ進み



90° より  $\delta$  だけ少くなる。即ち  $VI\cos\varphi = VI\sin\delta$  だけの損失がある。此  $\varphi$  を位相角,  $\delta$  を損失角と稱する。斯かる損失を



第 11.10 圖

等 價 回 路

有する蓄電器は之を第 11.10 圖の様に容量  $C$  と抵抗  $r$  との直列なる等價回路で表はすこと

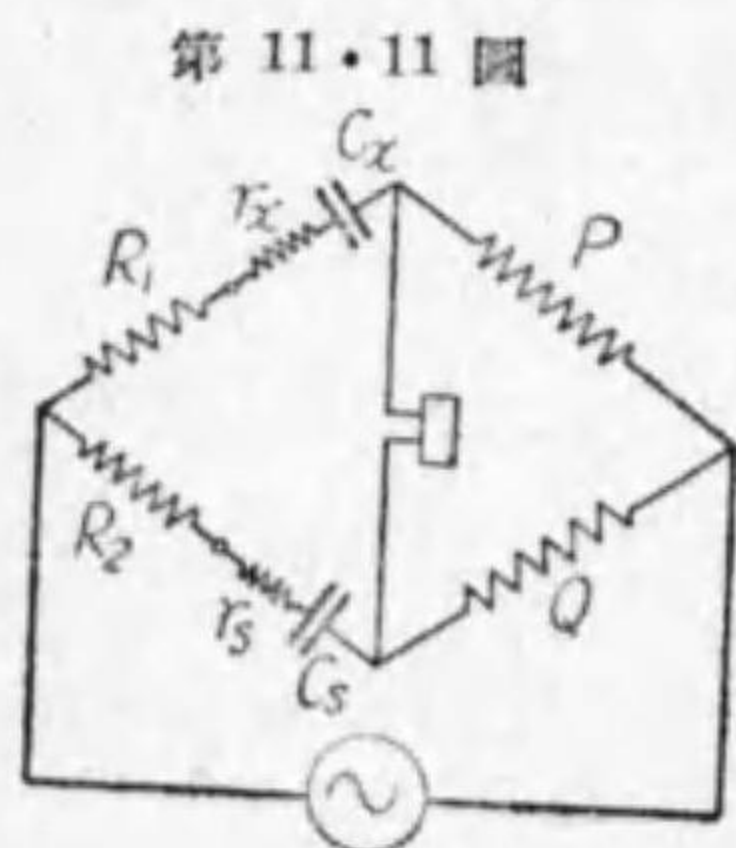
が出来。交流の角周波数を  $\omega$  とすれば, ベクトル圖から次の關係がある。

$$\tan \delta = \frac{Ir}{I} = \omega Cr \quad (11.7)$$

普通  $\delta$  は非常に小であるから,  $\tan \delta \approx \sin \delta \approx \delta$  (但  $\delta$  はラヂアン) であるから力率は次の様にしても良い。

$$\cos \varphi = \sin \delta = \delta = \omega Cr \quad (11.8)$$

$\delta$  が零なる従つて  $r$  が零なる蓄電器を完全蓄電器と稱する。空氣蓄電器は完全蓄電器に近いものである。



第 11.11 圖

### 6. 容量の測定 第 11.11 圖

圖で,  $P, Q$  は可變無誘導抵抗の比例邊,  $R_1, R_2$  は蓄電器と直列に接續する可變無誘導抵抗器,  $C_x$  は被測容量,  $C_0$  は標準可變

容量,  $r_x, r_0$  は夫々被測蓄電器, 標準蓄電器の誘電體損失に對する實效抵抗を表はす。今可變量を調整してブリッジの平衡を得たとすれば, ブリッジの平衡條件から次式が成立する。

$$\left(R_1 + r_x + \frac{1}{j\omega C_x}\right)Q = P\left(R_2 + r_0 + \frac{1}{j\omega C_0}\right) \quad (11.9)$$

實部から,  $(R_1 + r_x)Q = P(R_2 + r_0)$

虚部から,  $\frac{Q}{C_x} = \frac{P}{C_0}$

故に,  $r_x = \frac{P}{Q}(R_2 + r_0) - R_1 \quad (11.10)$

$$C_x = \frac{Q}{P}C_0$$

被測蓄電器及び標準蓄電器の損失角を夫々  $\delta_x, \delta_0$  とすれば,  $\tan \delta_x = \omega C_x r_x, \tan \delta_0 = \omega C_0 r_0$  なる故, 上記の値を代入して

$$\begin{aligned} \tan \delta_x &= \omega C_x r_x = \omega C_x \left[ \frac{P}{Q}(R_2 + r_0) - R_1 \right] \\ &= \tan \delta_0 + \omega C_x \left( R_2 - \frac{Q}{P}R_1 \right) \end{aligned}$$

若し, 標準蓄電器に無損失のもの(即ち  $r_0 = 0, \delta_0 = 0$ ) を用ひ, 且つ  $R_1$  を使用せずブリッジが平衡したならば,  $R_1 = 0$  とおき,

$$\tan \delta_x = \omega C_x R_2 \quad (11.11)$$

となる。

7. 誘電率の測定 ガラス, 紙, 雲母, ペークライト等の誘電體の誘電率を測定するには, 先づ之等を誘電體とする一箇



の平行板蓄電器を作り、その蓄電器の静電容量を前節に述べた交流ブリッジ法で測定して、その容量  $C$  を求めれば、蓄電器の寸法から誘電率が求められる。即ち蓄電器極板の面積を  $A \text{ cm}^2$ 、誘電体の厚さ  $t \text{ cm}$ 、その誘電率を  $K$  とすれば容量  $C$  は、

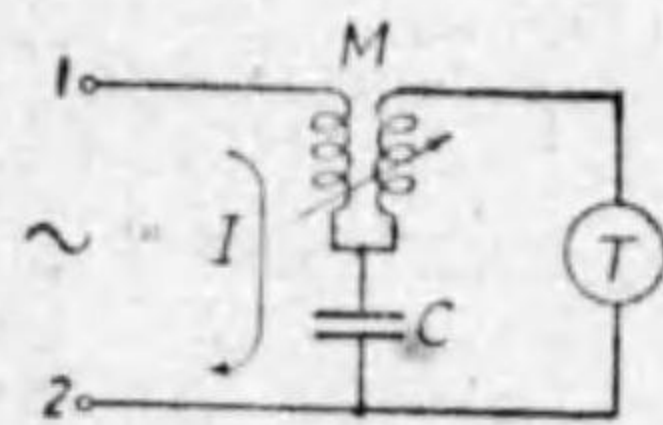
$$C = \frac{KA}{4\pi t} \times \frac{1}{9 \times 10^{11}} \text{ フラド}$$

$$\therefore K = \frac{36\pi t C}{A} \times 10^{11} \quad (11.12)$$

即ち  $t, A, C$  を測り上式から  $K$  は計算される。

8. 周波数ブリッジ 交流ブリッジを應用して可聴周波数を測定することが出来る。之を周波数ブリッジと稱する。周波数ブリッジにも種々あるが、此處に一例を説明する。第11・12圖は可變相互誘導係数  $M$  及び容量  $C$  と受話器  $T$  を接続し、

第11・12圖



端子 1, 2 を設けた簡単な周波数ブリッジを示す。今周波数  $f$  を測らんとする交流電圧を端子 1, 2 間に與へ、受話器  $T$  が聞こえなくなる迄  $M$  を調整すれば交流  $I$  が  $M$  の一次及び  $C$  に通じ、 $M$  の二次電圧  $\omega MI$  と  $C$  の電圧  $\frac{I}{\omega C}$  とが等しくして反方向なるために、受話器に電流が通じない場合であるから、

$$\omega MI = \frac{I}{\omega C} \quad (11.13)$$

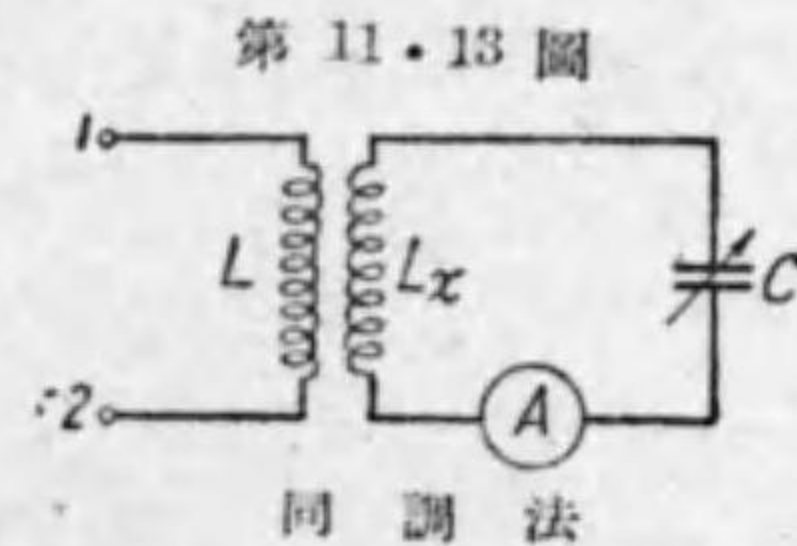
$$\therefore \omega^2 = \frac{1}{MC}$$

$$\therefore \omega = 2\pi f = \frac{1}{\sqrt{MC}}$$

$$\therefore f = \frac{1}{2\pi\sqrt{MC}} \quad (11.14)$$

9. 高周波に於ける誘導係数の測定 高周波に於ける測定に交流ブリッジ法を應用した一部の例もあるが、ブリッジ法は多く可聴周波以下に用ひられる。高周波ではブリッジ法は誤差が多くなるのである。茲に共振即ち同調の原理を應用した高周波に於ける測定法を一二述べる。

第11・13圖は相當大なる自己誘導係数  $L_x$  を測定するに適



同調法

する同調法を示す。 $L_x$  は被测誘導線輪で、端子 1, 2 を高周波電源に接続して線輪  $L$  に電流を通じ、之に  $L_x$  を疎結合する。

$C$  は同調用の可變標準蓄電器で、 $A$  は高周波電流計である。 $C$  を調整して電流計の指示が最大になつた同調状態を求める。此の場合には次の関係がある。

$$\omega L_x = \frac{1}{\omega C}$$

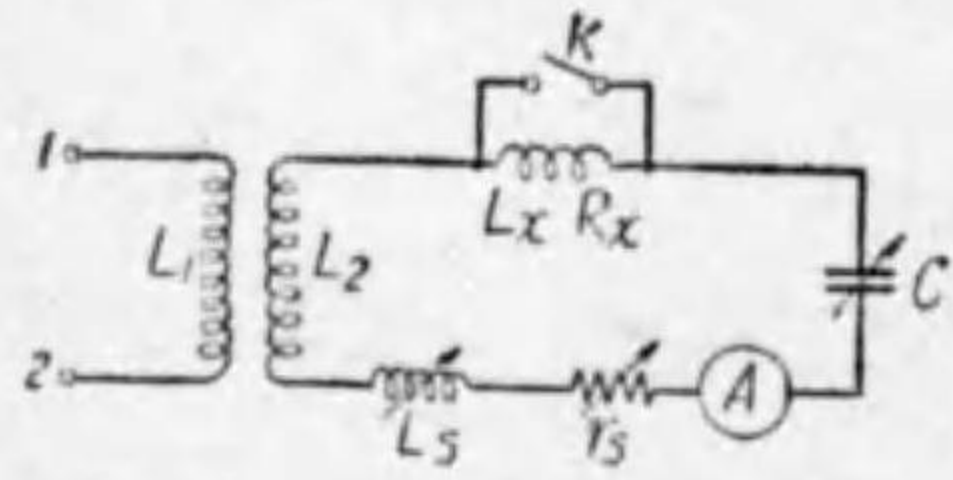
$$\therefore L_x = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} \quad (11.15)$$



即ち電源周波数  $f$  及び容量  $C$  の値から  $L_x$  が決定される。

第 11・14 圖は小なる誘導係数を測定するに適する方法であ

第 11・14 圖



る。圖で  $L_x, R_x$  は被测誘導線輪の自己誘導係数及び抵抗、 $L_s$  は可變標準自己誘導係数、 $r_s$  は可變無誘導抵抗、 $C$  は可變蓄電器で、線輪  $L_2$  とで同調

回路を作る。電源を 1, 2 に接続し、線輪  $L_1, L_2$  を疎結合する。先づ開閉器  $K$  を開き、 $C$  を加減して電流計の最大指示即ち同調を求め、此時の  $L_s$  の値を  $L_{s1}$ 、 $r_s$  の値を  $r_{s1}$  とする。次に開閉器  $K$  を閉ち  $R_x, L_x$  を短絡する。此時  $C$  を前の値に保ち置き、 $L_s$  を増加して同調を求め、 $r_s$  を増加して前の電流計の指示と同値にする。此の場合の  $L_s, r_s$  の値を読み之を夫々  $L_{s2}, r_{s2}$  とすれば、

$$L_x = L_{s2} - L_{s1}, \quad R_x = r_{s2} - r_{s1} \quad (11.16)$$

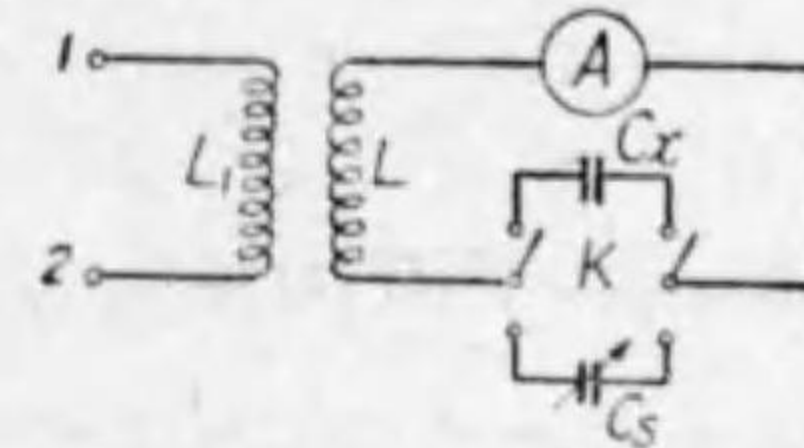
として求めることが出来る。

10. 高周波に於ける容量の測定 高周波に於ける容量を測定するには、之と適當な線輪とを組合せて同調回路を作り、或る周波数に同調させて標準蓄電器と比較して測定する。

第 11・15 圖は被容量  $C_x$  が無損失のもので而も標準容量  $C_s$

と殆ど同値の場合の測定法を示す。端子 1, 2 を電源に接続し

第 11・15 圖

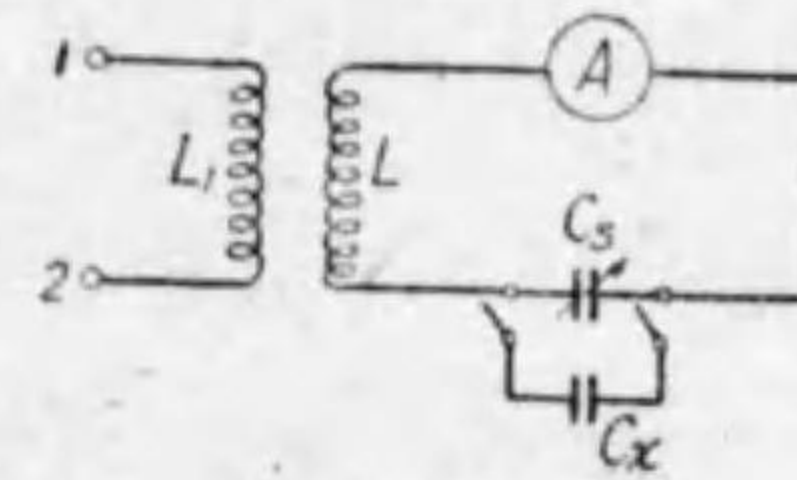


線輪  $L_1$  に電流を通じ、之に線輪  $L_2$  を疎結合する。開閉器  $K$  を上に閉ち、電源の周波数を變化して同調即ち高周波電流計の

最大指示を求める。次に電源の周波をそのまま一定として開閉器  $K$  を下に閉ち  $C_x$  を加減して同調を求めればその時の  $C_s$  の値が求める  $C_x$  の値に等しい。

被测容量  $C_x$  が小なる場合は第 11・16 圖の様に、被测容量

第 11・16 圖



$C_x$  を  $C_s$  と並列にして同調を求め、此場合の  $C_s$  の読み  $C_{s1}$  を求め、次に  $C_x$  を開閉器により取除き  $C_s$  を増加して前と同一周波数に同調させ、此の場合の  $C_s$  の読み  $C_{s2}$  を

求めると、

$$C_x = C_{s2} - C_{s1} \quad (11.17)$$

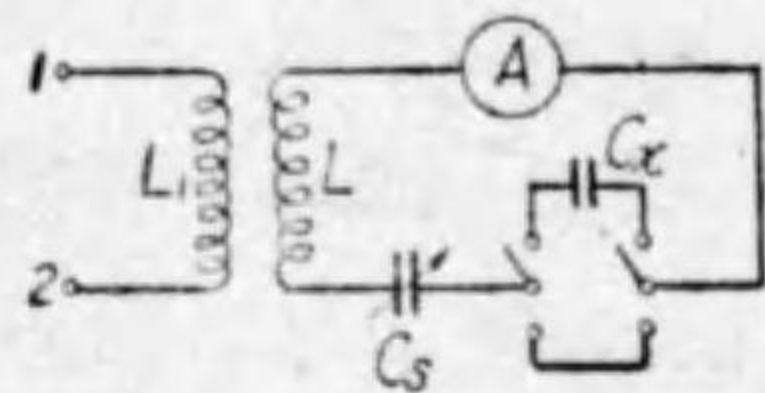
故に標準蓄電器の二回の読みの差から  $C_x$  が求められる。

被测容量  $C_x$  が標準蓄電器の容量  $C_s$  より大なる場合は、第 11・17 圖の様に開閉器を上閉ちて、 $C_x$  と  $C_s$  とを直列にして同調を求め、此時の  $C_s$  の読みを  $C_{s1}$  とする。次に開閉器を下閉ちて  $C_x$  を除き  $C_s$  を減じて前と同一周波数で同調させる。



此時の  $C_x$  の読みを  $C_{e2}$  とすると次の関係がある。

第 11・17 圖



$$C_{e2} = \frac{1}{\frac{1}{C_x} + \frac{1}{C_{e1}}}$$

$$\therefore C_x = \frac{C_{e1} C_{e2}}{C_{e1} - C_{e2}} \quad (11.18)$$

### 復習問題 XI

1. 交流ブリッジ法の原理を述べよ。
2. 交流ブリッジ法に使用する交流電源及び検電器に就き述べよ。
3. 可動線輪型振動検流計の大略の構造を示し、使用法に就き直流用検流計又は電磁オシログラフと異なる点を示せ。
4. 自己誘導係数及び容量の標準として必要な条件を列挙せよ。
5. 自己誘導係数の測定の一方法を示せ。
6. 相互誘導係数を測定する一方法を示せ。
7. 第 11・8 圖の測定で、甲圖の場合の測定値 0.216 mH、乙圖の場合の測定値 0.164 mH であつた。其相互誘導係数は何程か。
8. 損失角とは何ぞや。完全蓄電器との關係如何。
9. 容量測定の一方法を示せ。
10. 絶縁物の誘電率を測定する一方法を記せ。
11. 周波数ブリッジとは何ぞや。其の一例を説明せよ。
12. 高周波に於ける誘導係数測定法にて比較的大なる値に適する方法と小さな値に適する方法とを示せ。
13. 高周波に於ける容量の測定法の一を述べよ。
14. 第 11・8 式を説明せよ。

## 第十二章 磁氣測定

1. 磁氣測定 鐵材其他の磁性材料の磁氣的試験法には種々あるが、その中で工業上必要な測定の主なものは磁化力、磁束密度、鐵損（即ちヒステリシス損と渦流損）であつて、磁化曲線、ヒステリシス環線、導磁率等は磁化力と磁束密度とを測定する事により決定出来る。

2. 彈動檢流計 線輪に瞬間的に生ずる誘導電流の様な極めて短時間だけ通ずる電流の全電氣量を測定するには彈動檢流計を使用する。彈動檢流計は普通の檢流計と似て居るが、その異なる點は可動部分を重くして慣性能率を大にし固有振動の周期を長くしたものである。之も可動線輪型が多く使用される。

今、可動線輪に瞬間的に電流が通ずると此の電流が通過した後に可動線輪が動き出し、通過全電氣量に比例する最大の偏れをして後は減幅振動し遂に靜止する。此最初の最大の偏れを彈動偏れ又はキックと稱する。線輪を通過した電氣量を  $Q$  とし、此時のキックを  $\theta$  とすれば次の關係がある。

$$Q = K_0 \theta$$

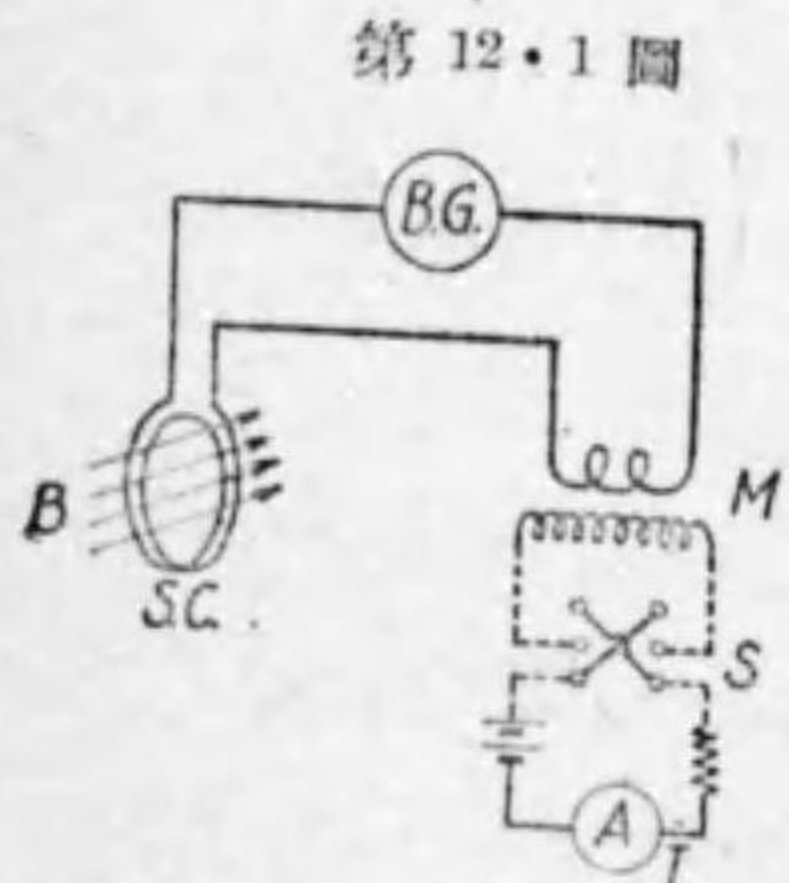
比例定數  $K_0$  を彈動定數と稱する。彈動定數  $K_0$  を決定してお



けばキックを測る事により電氣量が知れる譯である。

3. 弾動檢流計による磁界の測定

第 12.1 圖の様に  $B$  なる被测磁界内に磁界と直角に線輪  $S, C$  [之を搜索線輪と稱する] を置き、之を相互誘導器  $M$  の二次と直列にして弾動



第 12.1 圖

檢流計  $B.G$  に接續する。今搜索線輪  $S, C$  を急に  $180^\circ$  回轉して磁束變化を興へると、起電力が誘起し弾動檢流計  $B.G$  に瞬時的の電流が通過しキックを生ずる。此キックを  $\theta$  とすれば、磁界  $B$  は次式で計算される。

$$B = \frac{RK_b \theta}{2AN} \times 10^3 \text{ ガウス} \quad (12.1)$$

但し  $A$  は  $S, C$  の斷面積、 $N$  はその巻數、 $R$  は二次回路の全抵抗、 $K_b$  は弾動定數である。

弾動定數  $K_b$  を決定するには、 $B$  の測定前に、圖の點線で示す様に  $M$  の一次測に電流  $I$  を通じおき切替開閉器  $S$  によりその方向を急に反對にした時の  $B.G$  のキック  $\theta_0$  を得たとすれば、 $K_b$  は次式から求められる。

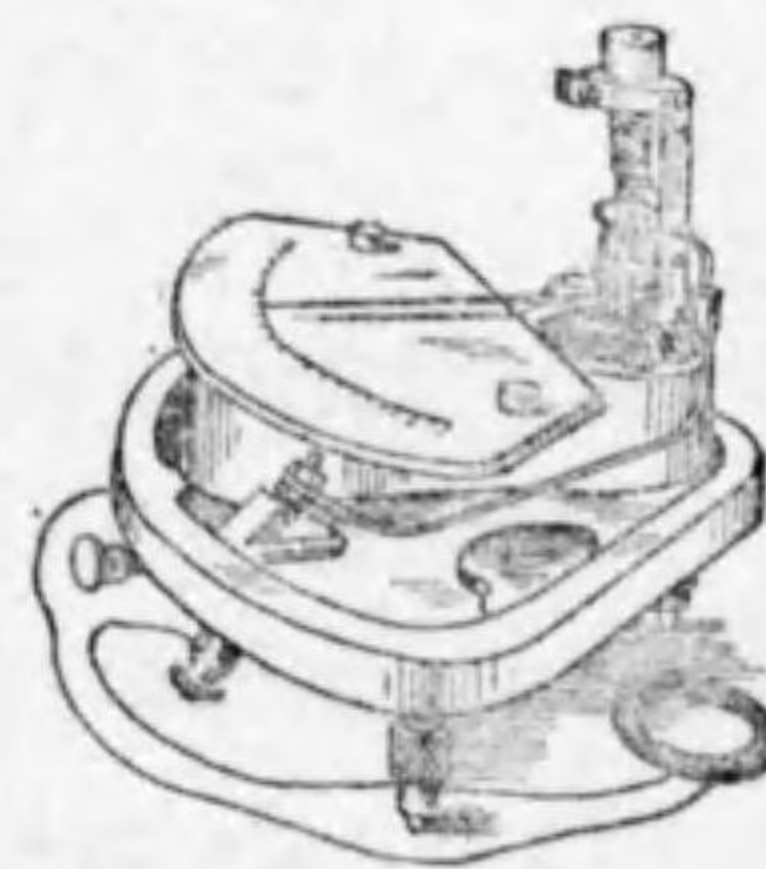
$$K_b = \frac{2MI}{R\theta_0} \quad (12.2)$$

4. 磁束計

弾動檢流計に依る測定は檢流計の靜止する

のに時間を要する。之を改良して磁束測定に便にした磁束計がある。第 12.2 圖は磁束計と搜索線輪とを示す。磁束計は弾動檢流計と大體同様な構造であるが、吊線に絹糸を使用して制御トルクを零に近くしたもので、その可動線輪偏れ  $\theta$  は搜索線輪が磁束を切る速度に無關係である。可動部分に指針を備へ目盛盤上には、搜索線輪に與へた磁束變化  $\phi$  と搜索線輪の巻數  $N$  との積  $N\phi$  マクスウエル・ターンを示す様に出來て居る。搜索線輪で磁束を切つた時、磁束計の偏れを  $\theta$ 、讀みを  $F$  マクスウエル・ターンとすれば次の關係がある。

第 12.2 圖



磁 束 計

從つて搜索線輪の面積を  $A$  とすれば磁束  $\phi$  及び磁束密度  $B$  は次式で求められる。

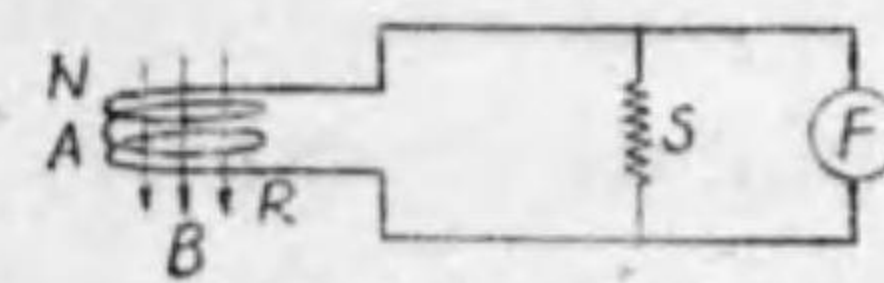
$$N\phi = K_f \theta = F \quad K_f: \text{磁束計の定數} \quad (12.3)$$

從つて搜索線輪の面積を  $A$  とすれば磁束  $\phi$  及び磁束密度  $B$  は次式で求められる。

$$\left. \begin{aligned} \phi &= \frac{F}{N} \text{ マクスウエル} \\ B &= \frac{\phi}{A} = \frac{F}{NA} \text{ ガウス} \end{aligned} \right\} (12.4)$$

第 12.3 圖

若し被测磁束密度  $B$  が非常に大ならば、第 12.3 圖に示す様に磁束計  $F$  に分流器  $S$  を併用する。此の場合



高磁束密度の測定



合は  $R$  を搜索線輪の抵抗とすれば次の関係がある。

$$S \cdot N \phi = (R + S) K_1 \theta$$

$$\therefore N \phi = \left(1 + \frac{R}{S}\right) K_1 \theta$$

従つて磁束密度  $B$  は、磁束計の読みを  $NA$  で割つた値を  $\left(1 + \frac{R}{S}\right)$  倍した値となるのである。

### 5. 蒼鉛渦條による磁界の測定

蒼鉛を磁界中に置くと、その電気抵抗が磁界の強さにより變化する。従つて磁界に置いた時の抵抗増加率と磁界  $B$  との関係を豫め決定したものを表又はグラフにして置けば、磁界内においた時の抵抗をホイートストンブリッジ法

で測定する事により、グラフを使用して磁界

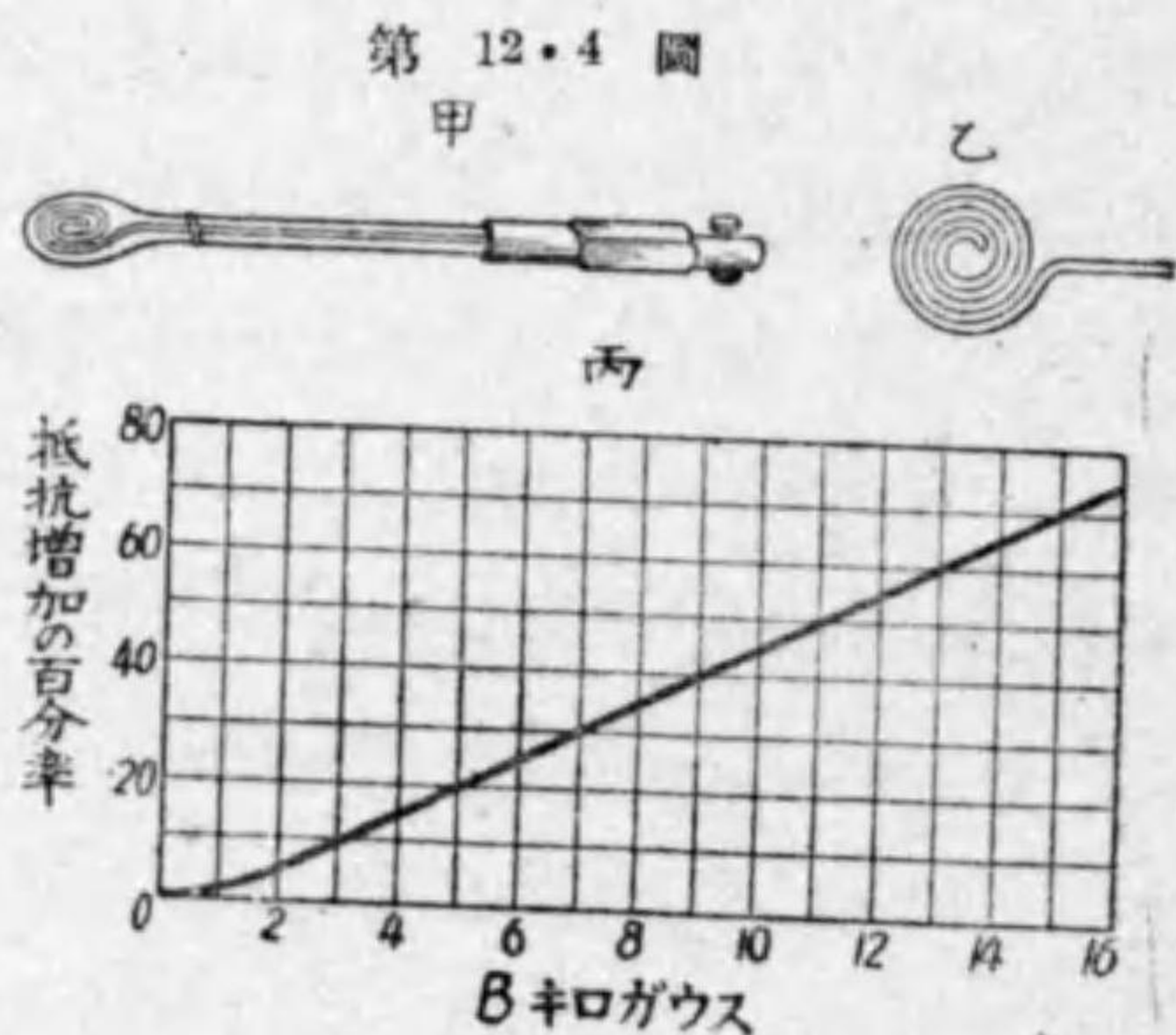
$B$  を求める事が出来る。

第 12.4 圖甲は蒼鉛渦條の外観圖で、之は乙

圖に示す様に無誘導巻

の渦狀の蒼鉛線を雲母

板で保護したものである。丙圖は磁界  $B$  と抵抗増加率との關係を表はすグラフを示す。蒼鉛の抵抗の溫度係數は大なるため、測定時の溫度に注意し、小電流で短時間に抵抗を測定する事が



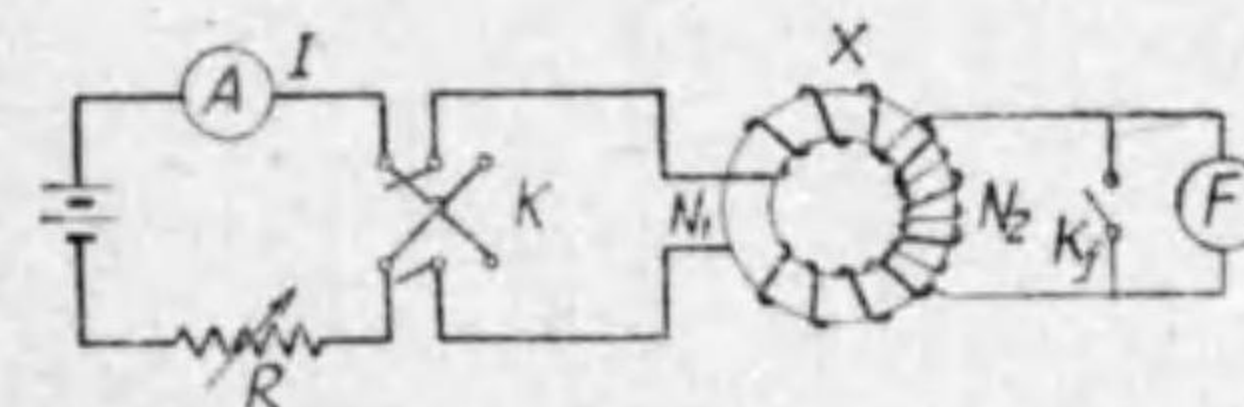
肝要である。蒼鉛渦條は薄いから電気機械等の狭い空隙の磁束密度を測定するのに重寶である。

### 6. 鐵の磁化曲線、ヒステリシス環線の決定法

鐵の磁化曲線及びヒステリシス環線を決定する方法には環狀法と繼鐵法とがあるが根本原理は同じものであるから茲には環狀法を説明しやう。之は試験せんとする鐵板を環狀に打抜いて成層した資材を用ひる。

(イ) 磁化曲線の決定 第 12.5 圖に示す様に環狀資材  $X$

第 12.5 圖



磁化曲線決定法

に一次線輪  $N_1$ 、二次線輪

$N_2$  を巻き、一次には直流電

源、加減抵抗  $R$ 、電流計  $A$ 、

切換開閉器  $K$  を備へ、二

次には磁束計  $F$  (又は彈動

檢流計) を接続し、之には短絡用開閉器を備へる。實驗に先立

ち、鐵の減磁を行ふのである。即ち  $F$  を短絡しおき、 $K$  を左

右に毎秒 1 回の割合で交互に切替へながら  $R$  を調整して大電

流から次第に零に減少する。之で減磁が出来た。次に  $F$  を短

絡のまま一次電流  $I$  を小なる一定値にしておき、 $K$  を數回切換

へて交番磁化状態にした後、 $K_1$  を開き  $K$  を轉極して  $F$  の讀

みを取り之を  $F$  マクスウエル・ターンとする。然らば、磁化力



$H$  及び磁束密度  $B$  は次式で算出される。

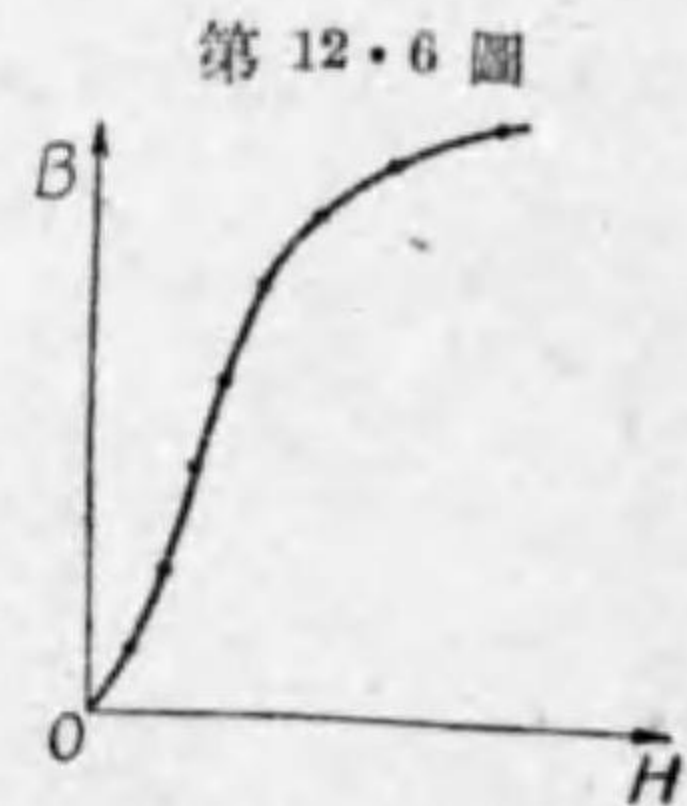
$$H = \frac{4\pi IN_1}{10l} \text{ エルステッド, 但 } l \text{ は環状磁路の平均長さ (cm)}$$

$$B = \frac{F}{2N_2A} \text{ ガウス, 但 } A \text{ は環状鐵心の有効断面積 (cm}^2\text{)}$$

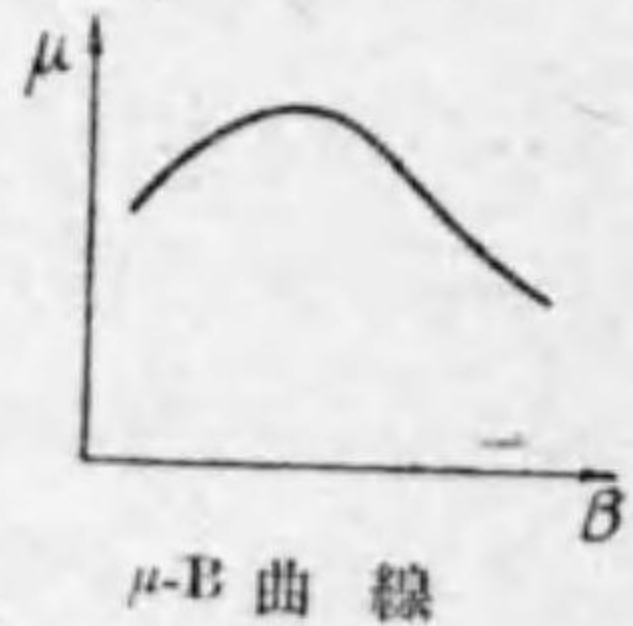
(若し弾動檢流計ならばそのキックを  $\theta$  とせば,  $B = \frac{K_b \theta R_2}{2N_2A} \times 10$  ガウス, 但し  $R_2$  は檢流計回路の全抵抗である)。

一次電流  $I$  の値を種々に増し, 以上述べた操作を繰返へし,  $H$  と  $B$  との値を測定すれば, 第 12.6 圖の様な  $B-H$  曲線即ち磁化曲線を決定することが出来る。又鐵の導磁率  $\mu$  は  $\mu = \frac{B}{H}$  であるから,  $\mu$  を計算しておけば, 第 12.6 圖の様な  $\mu-B$  曲線を畫く事も出来る。

(ロ) ヒステリシス環線の決定 此の場合も先づ前述と同様に試料を減磁してから實驗に移る。第 12.8 圖は, 第 12.9 圖の様なヒステリシス環線  $abcdefa$  を決定する場合の接續圖を示す。  $K'$  を圖に示す様に右に閉ち置く。  $L$  を閉ちておいて,  $K$  を左に閉ち,  $R$  の調整により一次電流を最大  $I_m$  にして磁化力



第 12.6 圖  
磁化曲線

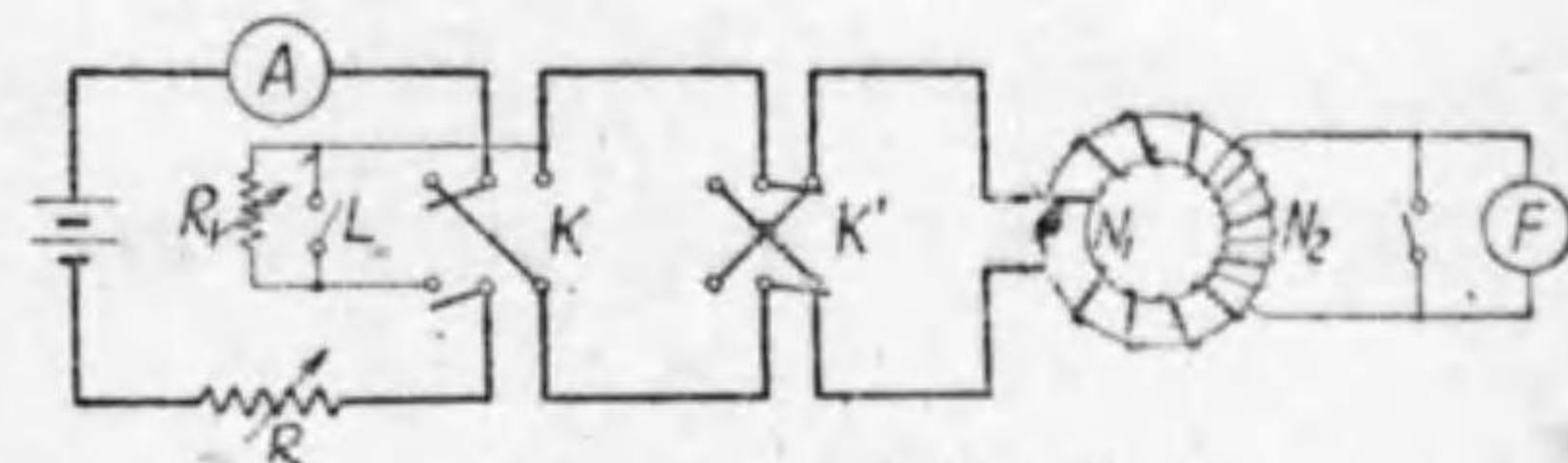


第 12.7 圖  
mu-B 曲線

$H_m$  になる様にする。 ( $H_m = \frac{4\pi I_m N_1}{10l}$ )。  $L$  を開き  $R_1$  を直列にして,  $R_1$  を適當に調整して, 磁化力が  $H_1 = \frac{4\pi I_1 N_1}{10l}$  なる様な電流  $I_1$  にする。

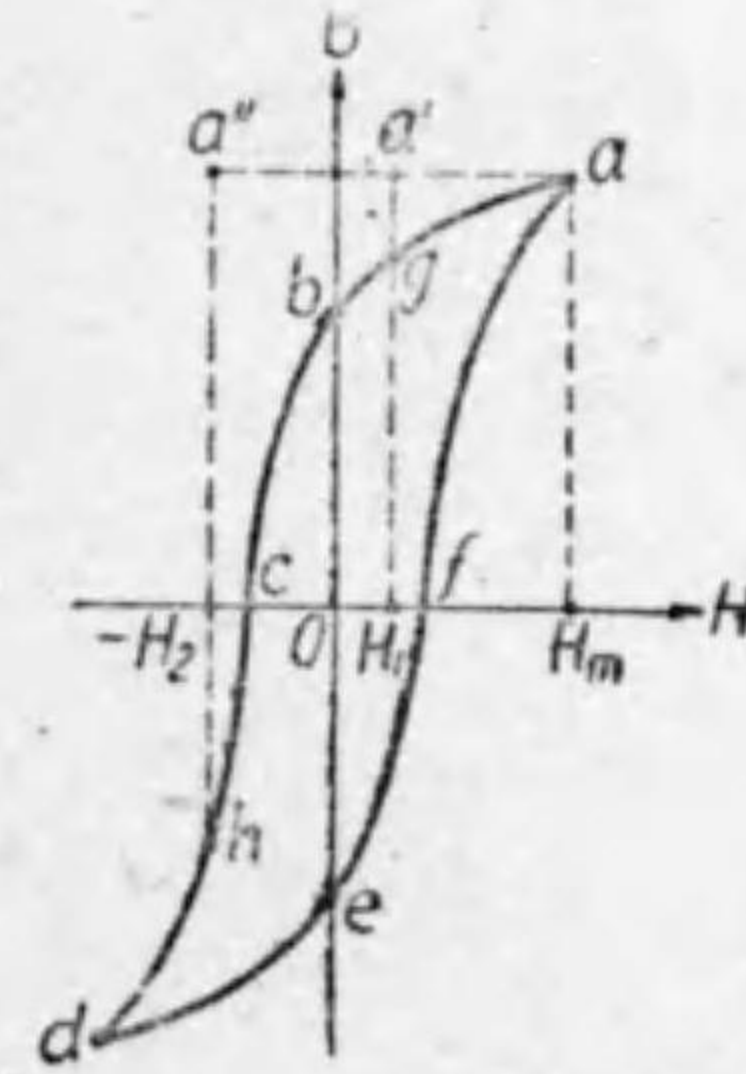
第 12.8 圖

$F$  は短絡しおき,  $L$  を閉ちておき,  $K$  を數回切換して左に閉ち  $a$  の状態



ヒステリシス環線決定法

第 12.9 圖



ヒステリシス環線

におく。  $L$  を開き (電流を  $I_m$  から  $I_1$  に減少して), 磁束計  $F$  を讀む。之から得た磁束密度の値 ( $\frac{F}{N_2 A}$ ) は丁度圖の  $a'g$  に當る。

$R_1$  を増しては (電流を零まで減じ) 以上の操作を繰返へせば  $H$  の正の  $agb$  なる曲線が得られる。

次に  $H$  の負の方向の  $bc d$  なる曲線を得るには,  $K'$  を圖と反對に左に閉ちて置いて實驗する。  $R_1$  を調整し, 磁化力が  $H_2$  なる様な電流にする。  $L$  を閉ち (勿論  $F$  を短絡す),  $K$  を數回切換へて之を右に閉ちる。 (此時は  $a$  の状態にある)。  $L$  を開いて,  $K$  を右より左に閉ち  $F$  を讀む。此磁束計の讀から算出した磁束



密度は  $d'h$  になる。 $R_1$  を變へて電流を増しては上述の操作を繰返へせば  $bcd$  曲線が得られる。

斯く曲線  $abcd$  が得られた。即ち之は  $a$  状態を常に基準にして實驗したのである。次に曲線  $defa$  を得るには以上と對稱に  $d$  状態を基準にして實驗すればよいが、之は曲線  $abcd$  と對稱であるから、 $abcd$  から對稱に畫けばよい。

**7. 鐵損の測定** 磁性體を交番磁界中に置けば、ヒステリシス損及び渦流損を生じ此兩者を合せて鐵損と稱する。電氣薄鐵板の鐵損測定法にも種々の方法があるが茲にエプスタイン装置に依る電力計法を説明しよう。

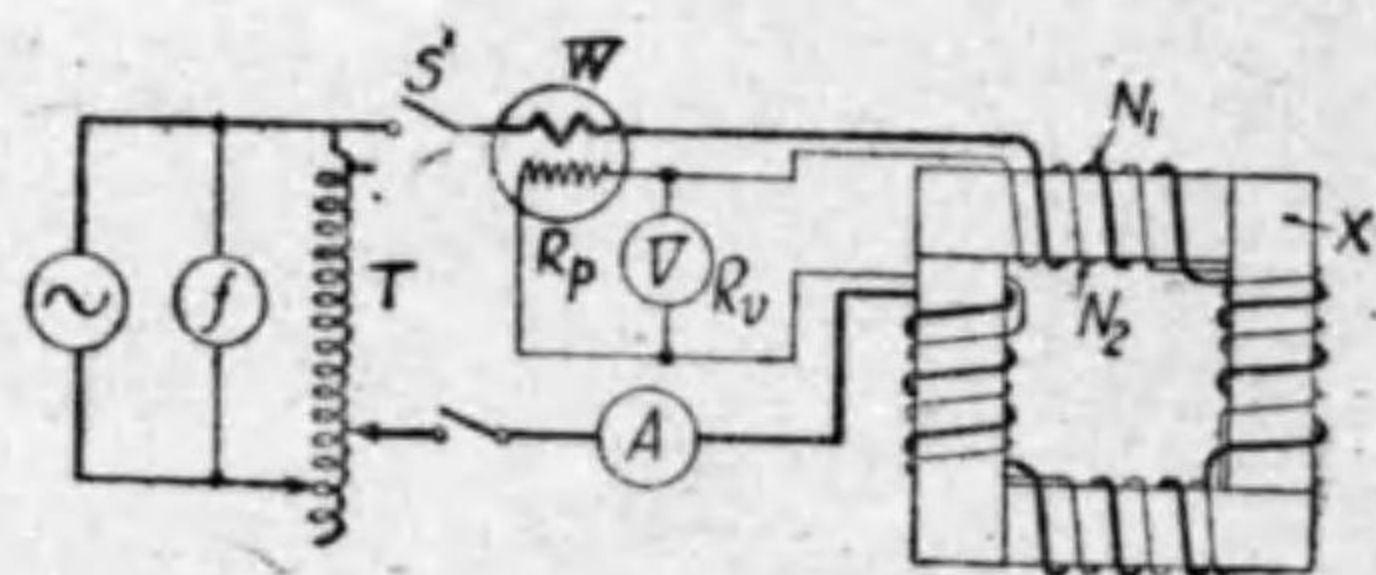
第 12・10 圖中  $X$  で示す様に試料を長さ 50cm 幅 3cm の短冊形の鐵板に切取り、

第 12・10 圖

全重量 10kg のものを四等分し四箇の束を作り之を四邊とする正方形の磁路を作る。全體

の内半分は鐵板の輻延

の方向に他の半分は之と直角の方向に切取つたものを用ひる。圖はその接續圖を示す。 $N_1$  は一次線輪、 $N_2$  は二次線輪で巻數は何れも 600 回になつて居る。一次側には電流計  $A$  と電力計



エプスタイン装置

$W$  の電流線輪とを直列に接續し、二次側には電壓計  $V$  と電力計の電壓線輪とを並列に接續する。 $f$  は周波計で、 $T$  なる單卷變壓器を用ひて電壓調整に便なる様にする。

開閉器  $S$  を閉ちてエプスタイン装置の一次に交番起電力を與へると、その二次に誘起する起電力  $E$  は殆ど電壓計の讀みで、之は變壓器の原理により次式で表はされる。

$$E = 4.44 f N_2 B_m A \times 10^{-8} \text{ ボルト}$$

但し、 $f$  は周波數、 $B_m$  は鐵の最大磁束密度、 $A$  は鐵の有効斷面積で、鐵の重量  $W$  瓦、磁路の長さ  $l$  (cm)、比重  $d$  より次式で算出する。

$$A = \frac{W}{ld}$$

比重  $d$  は低硅素鋼ならば 7.7、高硅素鋼ならば 7.5 とする。

上式から最大磁束密度  $B_m$  は次式で算出される。

$$B_m = \frac{E \times 10^8}{4.44 f N_2 A} \text{ ガウス}$$

電力計  $W$  の讀み  $P$  は、鐵損  $P_1$  の外、電壓計の抵抗  $R_v$  及び電力計の電壓線輪の抵抗  $R_p$  の銅損を含むから次式の關係がある。

$$P = P_1 \frac{N_2}{N_1} + \left( \frac{E^2}{R_v} + \frac{E^2}{R_p} \right) \frac{N_2}{N_1}$$

従つて之から鐵損  $P_1$  は次式で算出される。

$$P_1 = P \frac{N_1}{N_2} - \frac{(R_v + R_p) E^2}{R_v R_p}$$



尙ほエプスタイン装置では  $N_1=N_2=600$  であるから、

$$P_1 = P - \frac{(R_v + R_p) E^2}{R_v R_p}$$

尙ほエプスタイン装置が無ければ、鐵板を環狀に打抜いた試材に同圖の如く接続して上述の方法で鐵損を測定すればよい譯である。

8. 鐵損の分離法      ヒステリシス損と渦流損  $P_e$  との和が鐵損  $P_1$  である。測定では鐵損が測れるが、此鐵損をヒステリシス損と渦流損とに分離する原理を説明しやう。その原理は、正弦波電壓の場合には、同一磁束密度ではヒステリシス損  $P_h$  は周波數  $f$  に比例し、渦流損  $P_e$  は周波數の自乗  $f^2$  に比例すると云ふ原理を利用する。即ち式で示せば、

$$P_h = hf, \quad P_e = cf^2 \quad h, c \text{ は定數}$$

$$\therefore P_1 = hf + cf^2$$

故に一定磁束密度で周波數  $f_1$  及び  $f_2$  サイクルでの鐵損  $P_{11}$ ,  $P_{12}$  を測定すれば、

$$P_{11} = hf_1 + cf_1^2$$

$$P_{12} = hf_2 + cf_2^2$$

此聯立方程式から定數  $h, c$  を求めると、

$$h = \frac{P_{11} f_2^2 - P_{12} f_1^2}{f_1 f_2^2 - f_2 f_1^2}$$

$$c = \frac{P_{12} f_1 - P_{11} f_2}{f_1 f_2^2 - f_2 f_1^2}$$

従つて此  $h, c$  の値を  $P_h, P_e$  の式に代入してヒステリシス損と渦流損とが算出される。例へば  $f_1$  サイクルに於けるヒステリシス損、渦流損は夫々次の様になる。

$$P_h = \frac{P_{11} f_2^2 - P_{12} f_1^2}{f_1 f_2^2 - f_2 f_1^2} f_1$$

$$P_e = \frac{P_{12} f_1 - P_{11} f_2}{f_1 f_2^2 - f_2 f_1^2} f_1^2$$

## 復 習 問 題 XII

1. 彈動檢流計が構造及び用途で普通の檢流計と異なる點を説明せよ。
2. 彈動定數とは何ぞや、之を求めるには如何にすべきか。
3. 彈動檢流計に依る磁界の測定を述べよ。
4. 第 12・1 式を證明せよ。
5. 第 12・2 式を證明せよ。
6. 磁束計の原理を説明せよ。
7. 蒼鉛渦條による磁界の測定を述べよ。
8. 鐵の磁化曲線を決定する方法を説明せよ。
9. ヒステリシス環線を求める方法を示せ。
10. エプスタイン装置を説明せよ。
11. 鐵損のヒステリシス損と渦流損とを分離する方法の一を示せ。



## 第十三章 遠 隔 測 定

1. 遠隔測定 被測量を遠隔の地に於て測定を行ふことを遠隔測定と云ひ、此の測定に用ひる電気計器を遠隔電気計器と稱する。遠隔測定は水力発電所の水位の監視とか、火力発電所の熱經濟の合理的管理とか、電力送電網の合理的統制等のために多く使用される。

遠隔測定は一般に被測量を送る送量装置及び之を受ける受量装置と此の兩装置を連絡する傳送回路とから成るので、その具備すべき條件としては次の如き事項が挙げられる。

- (イ) 出来る丈傳送距離に制限を受けないこと
- (ロ) 傳送回路の導體抵抗、絶縁抵抗、電磁的及び靜電的影響を受けないこと
- (ハ) 補助電源を必要としないこと、若し必要とする場合は補助電源の變動によつて被測量に影響を及ぼさないこと
- (ニ) 被測量の急變に應じ得られること
- (ホ) 確度の高いこと

遠隔測定法には種々の方法があり、その分類法も如何様にもなるが、大體次の四方式に大別することが出来る。

(イ) 電壓電流式, (ロ) 平衡式, (ハ) 衝流式,

(ニ) 高周波式

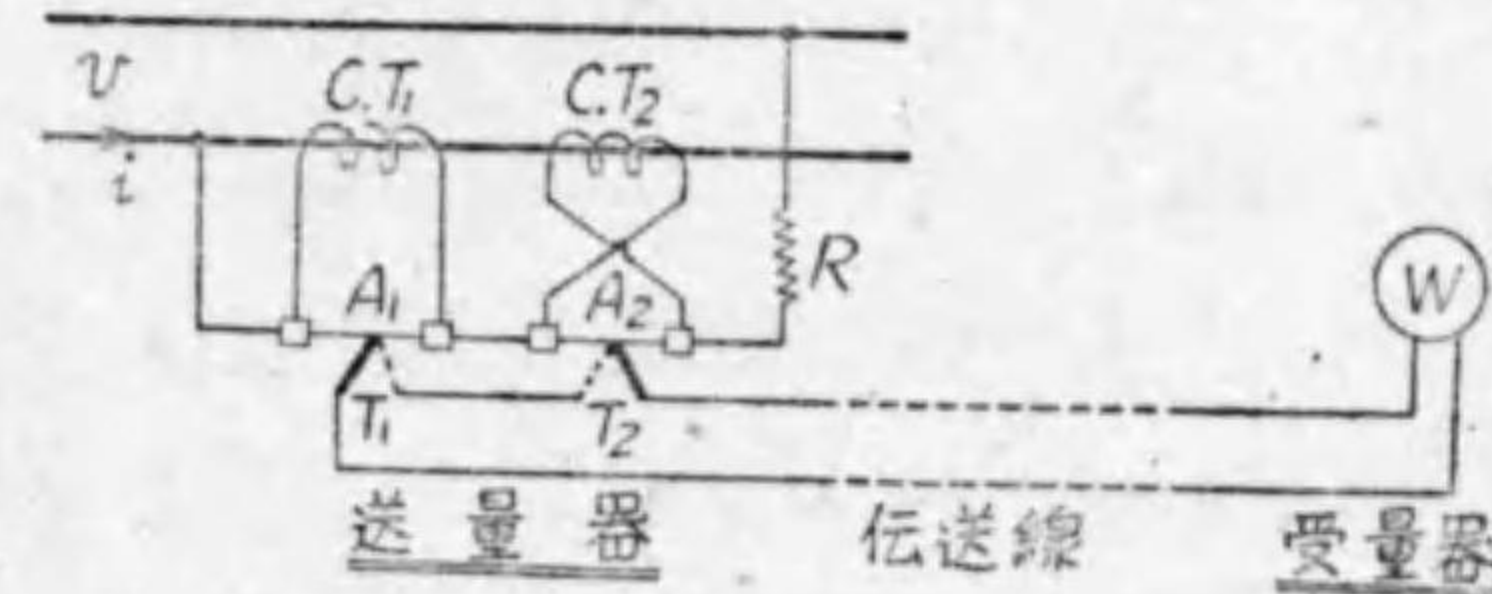
之等各方式中にも亦細別すれば種々の方法があるが、茲では各方式中の一方法だけを概説する。

2. 電壓電流式遠隔計器 此方式は被測量に比例する電壓又は電流を傳送する方式で、その装置が比較的簡單で綜合計量が容易なることが長所であるが、傳送距離が短いことと確度が低いことが缺點である。

第 13.1 圖は此方式中の熱起電力法と稱する方法で、電力の遠隔測定装置の原理を示すものである。圖に於て熱電對  $T_1, T_2$

の加熱器  $A_1, A_2$  は變流器  $C.T_1, C.T_2$  の二次側に接続され負荷電流  $i$  が流れて居り、而も  $A_1$  と  $A_2$  には互に反方向に電流が流れる様に變流器が接続されて居る。更に之に抵抗  $R$  を經て負荷電壓  $v$  に比例する電流  $\frac{v}{R}$  が加はつて流れて居る。故に  $A_1, A_2$  の熱は夫々  $(\frac{v}{R} + i)^2, (\frac{v}{R} - i)^2$  に比例するから、熱電對  $T_1, T_2$  の熱起電力

第 13.1 圖





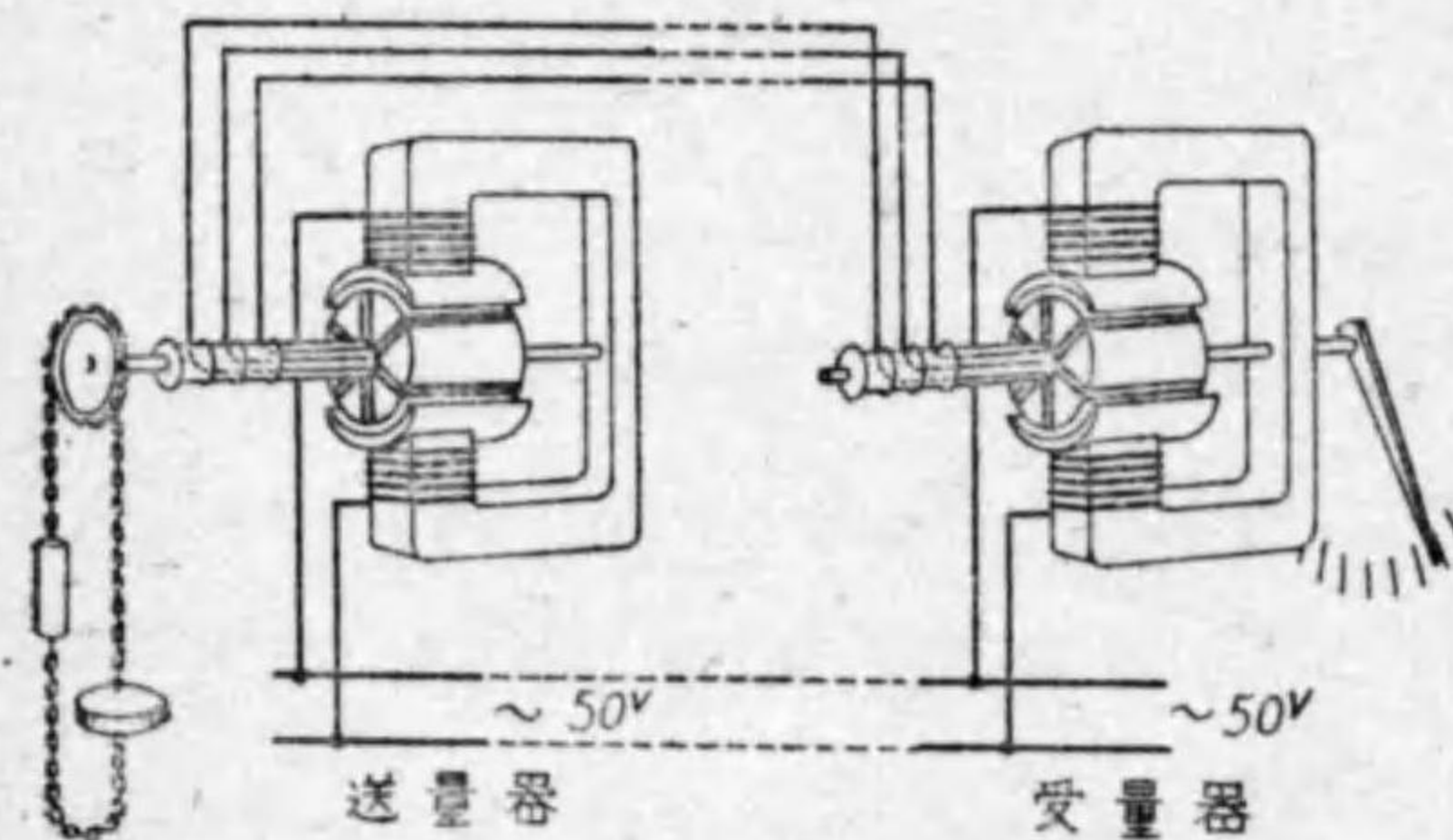
も夫々 $\left(\frac{v}{R}+i\right)^2$ ,  $\left(\frac{v}{R}-i\right)^2$  に比例する。従つて兩熱起電力の合成はその差で之を  $E$  とすれば

$$E=K \left\{ \left(\frac{v}{R}+i\right)^2 - \left(\frac{v}{R}-i\right)^2 \right\} = \frac{4K}{R} vi$$

即ち  $E$  は電力  $vi$  に比例する。之を傳送線を経てミリボルト計  $W$  に接続すれば、 $W$  の指示から電力を読むことが出来る。

**3. 平衡式遠隔計器** 此の方式は送量側と受量側とを電氣的に平衡させる方式のもので、之に屬する種々の方法中、位置平衡法と稱する方法中の回轉磁界法（又は自動同期法）と

第 13・2 圖



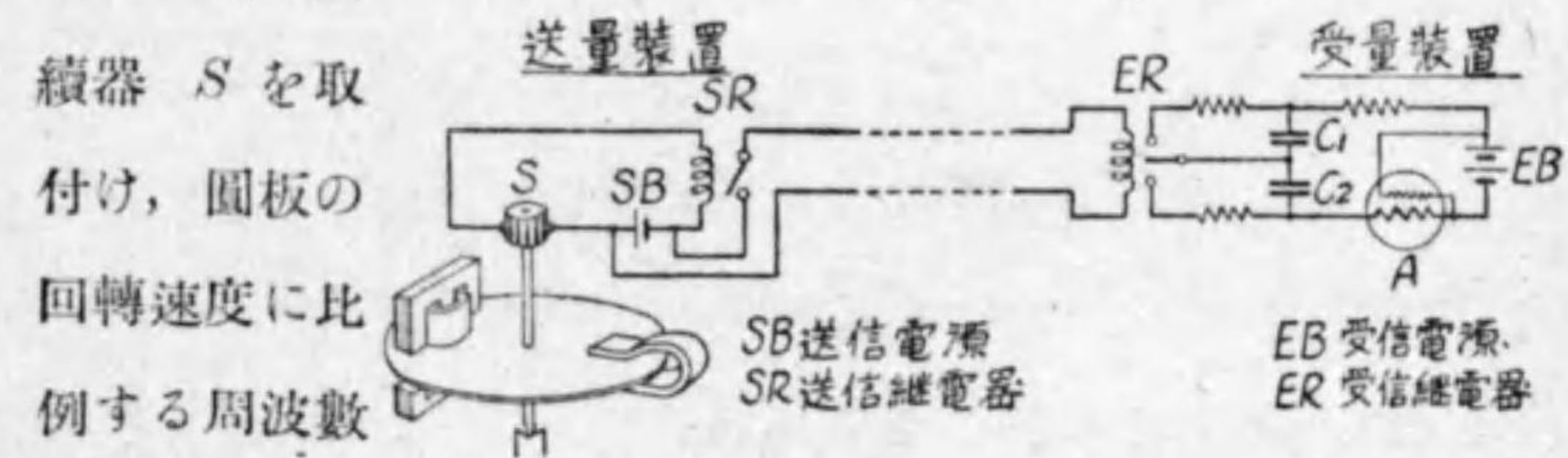
勵磁された固定子と多相巻の回轉子とが有る。

受量器の回轉子は、送受兩回轉子に誘起する電壓の大き及びその位相が一致する様な位置で平衡する。若し送量側の回轉子を或る角度だけ移動すれば電氣的の平衡が破れて受量側の回轉

稱する方法を第 13・2 圖に示す。送量器、受量器共に全く同一構造の交流電動機を用ひ、同一交流電源によつて

子も同一方向に回轉し送量側回轉子の移動した角度だけ回轉して平衡を取戻すのである。圖は水位の遠隔測定に之を應用した場合を示すものである。

**4. 衝流式遠隔計器** 此の方式は傳送距離に制限がなく又傳送回路及び補助電源の影響が少ない特徴がある。茲に此方式中の蓄電器充放電法を説明する。第 13・3 圖は此の方法の原理を示す。送量側には積算電力計の回轉軸に數箇のセグメントから成る斷



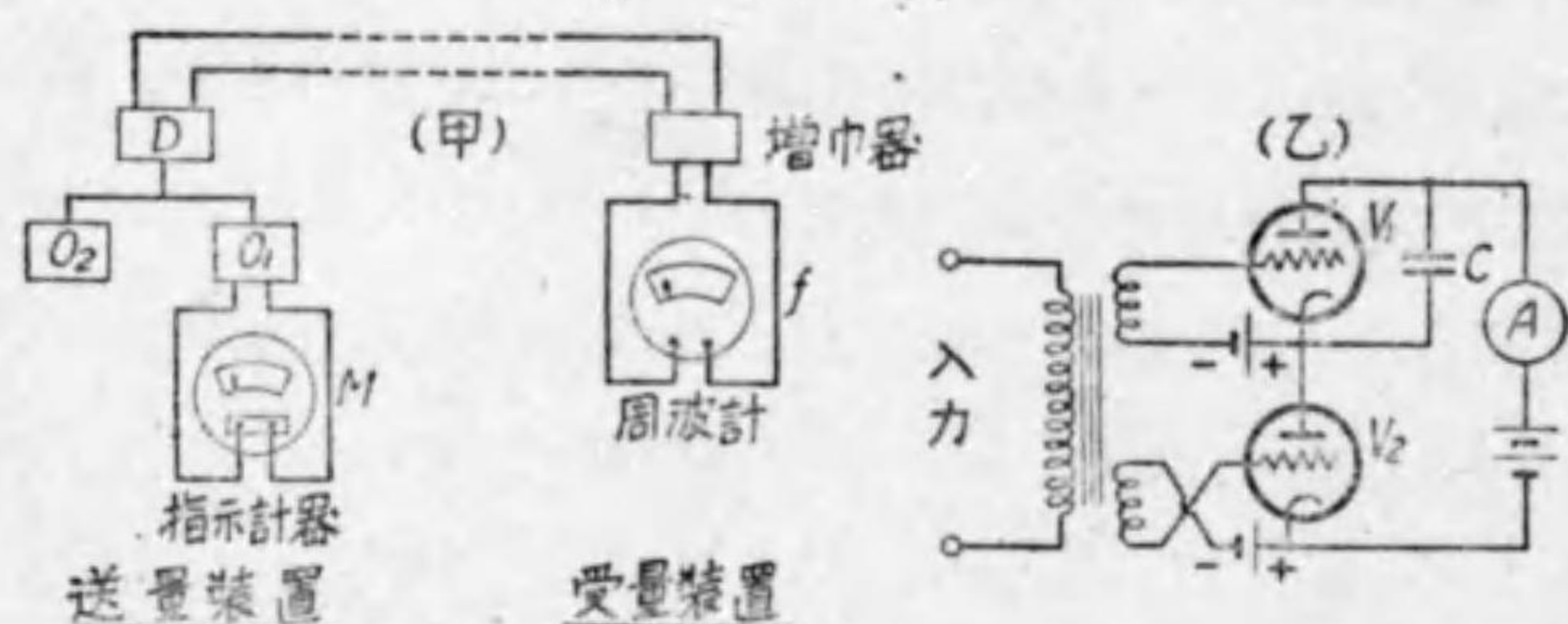
續器  $S$  を取付け、圓板の回轉速度に比例する周波數の衝流を發生せしめる。受量側には此の衝流によつて働作する繼電器  $ER$  が備へられて居て、蓄電器  $C_1, C_2$  を交互に充放電せしめる。従つて直流電流計  $A$  の指示は放電々流の平均値を示すこととなる。電池電壓及び蓄電器の容量を一定にしておけば、此電流の平均値は衝流の周波數に比例する。従つて電流計  $A$  の指示は衝流の周波數従つて圓板の回轉速度従つて被測電力に比例するから、電流計の目盛を電力で目盛つて置けばよい。尙ほ此電流計は電源電壓の變動による影響を避けるため抵抗計



と同様の構造の比率計を使用する。

5. 高周波式遠隔計器 此方式も伝送距離に制限が無く伝送回路及び補助電源の影響が少ない特徴がある。第13・4圖

第 13・4 圖



甲は此方式に属する一例で唸り、周波数法の原理を示すものである。送量側の指示計器  $M$  の回転軸には可変蓄電器が取付けられ、指針の偏れに従つて蓄電器の容量が變るやうに作られて居る。此の蓄電器は可變周波發振器  $O_1$  の振動回路に接続されてあるから周波数が容量變化に應じて變る。その出力は定周波發振器  $O_2$  の出力と合成されて、兩發振器の周波数の差即ち唸り周波数を生ずる。此唸り周波数は指示計器  $M$  の偏れに關係するから、之を唸り檢出器  $D$  を經て傳送回路に送り、受量側の増幅器付周波計  $f$  で受け、周波計の讀みから送量側の指示計器の偏れを測定するのである。周波計としては乙圖の如き真空管周波計を用ひる。之は三極真空管  $V_1$ ,  $V_2$  と直流電流計  $A$  を

組合せて蓄電器  $C$  の充放電を利用した周波計である。唸り周波数の電壓を、 $V_1$ ,  $V_2$  に負偏倚電壓を與へる電源電壓と重疊して入力側に供給する。 $V_1$ ,  $V_2$  は交互に導電状態になり蓄電器  $C$  が充放電を繰返へし、此充放電電流の平均値により直流計器  $A$  は動作するから、此電流計  $A$  の指示は唸り周波数に比例する。従つて電流計  $A$  の讀みで送量側の指示計器  $M$  の偏れを測定する譯である。

### 復 習 問 題 XIII

1. 遠隔測定とは何か。
2. 遠隔測定の三主要部を述べよ。
3. 遠隔測定に具備すべき條件を述べよ。
4. 電壓電流式遠隔計器を説明せよ。
5. 平衡式遠隔測定器を説明せよ。
6. 衝流式遠隔測定器を説明せよ。
7. 高周波式遠隔測定器を説明せよ。



17592

---

電氣磁氣測定 定價 220圓

---

昭和二十三年十二月十五日 印刷  
昭和二十三年十二月廿五日 發行

不許複製

編集兼 發行者	財團電機學園 法人
代表者	服部 碩彦
印刷者	井 關 好 彦
印刷所	大同印刷株式會社 東京都千代田區神田錦町3ノ1
發行所	財團電機學園 法人 東京都千代田區神田錦町2ノ3 (振替口座東京13184) 電話神田(25)1121-3

特約販賣店

オーム社 東京都千代田區神田錦町3ノ1  
京都・西條河原町西入上ル

---



541.5-D582ウ



1200500746073

終