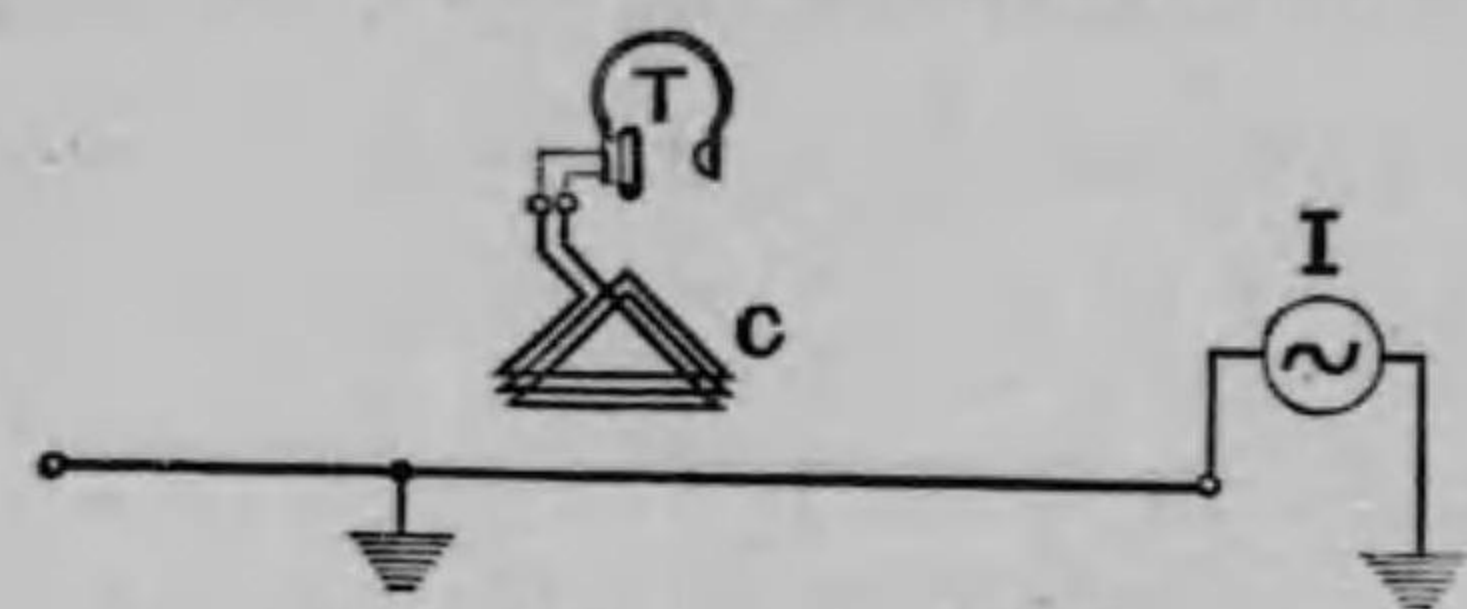


## 第四項 誘導法に依る接地點檢出法

## 232. 搜索線輪 (Exploring coil) を用ふる方法

地中に埋設せる電線等の接地點檢出に適當なる方法にして、第四百二十八圖に示すが如く、發電機 I の一端を接地し、接地點を通じて線路と大地とに交流を通じ置き、別

第四百二十八圖



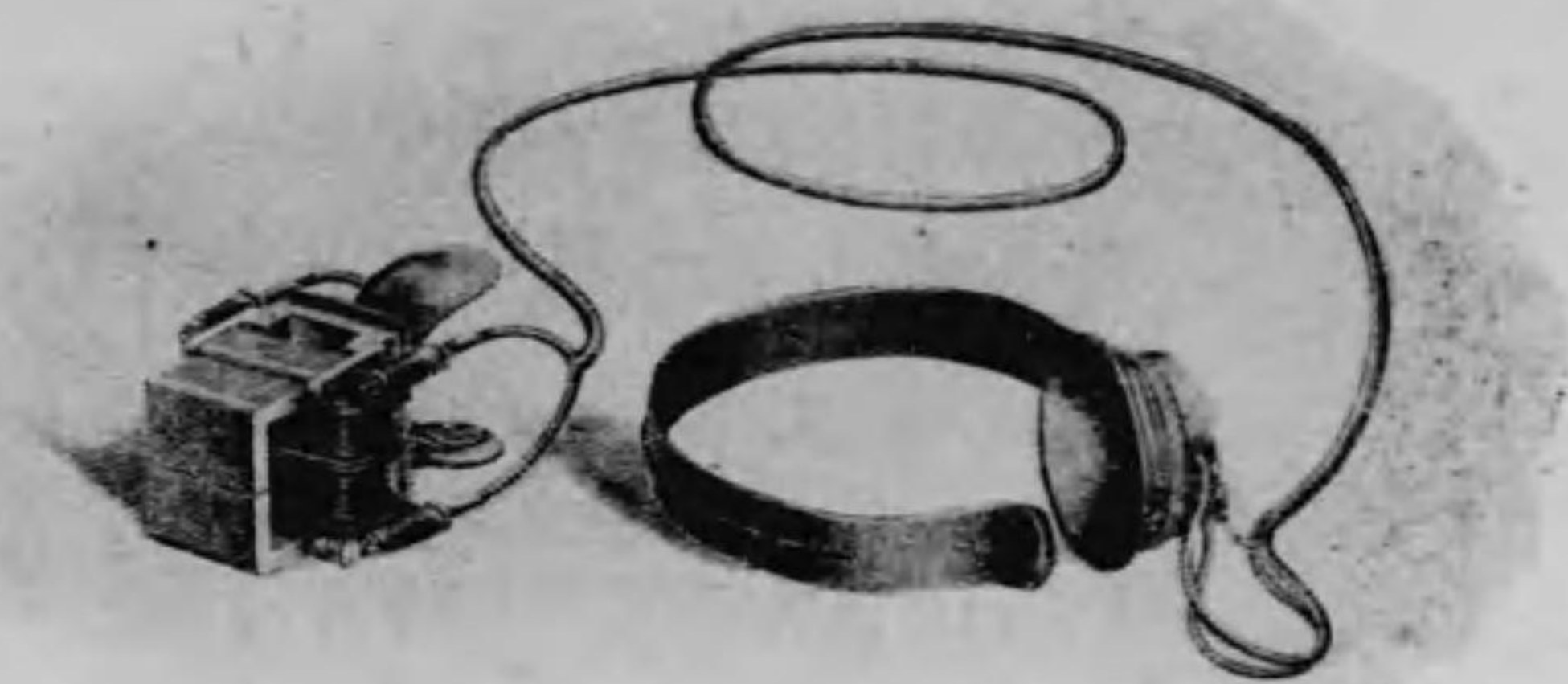
誘導法に依る接地點檢出法

に多數の捲線を有する搜索線輪 C を用ひ、線路に添ふて之を置き、其内に起電力を誘發せしめ、其兩端に接續せる電話受話器 T に感ずる音又は電流計の讀みに依り、此電流の存在を知るなり。故に線路に沿ひて進行し此電流無き點を發見せば、此點に於て接地ある事明かなり。電源が直流なる時には適當なる斷續器を用ひ、線路中の電流を絶へず斷續せしめ、其に依りて生ずる音響を聞き取るものとす。猶ほ附近に他の電線路ある場合又は其電線に鉛被等ある時には音の全く絶ゆると云ふ事無く、接地點を精密に檢出する事困難なり。故に多くの場合には特殊の高周波電流を發生する發電機を用ふるか、或は誘導線輪の如きものを用ひ、特殊の音響を發せしむるを便とすべし。

## 233. 變流器を用ふる方法 デイツェー (Dietze)

の考案にして、電流の測定に使用する變流器の鐵心の一邊を開き得る様に爲し、其中に電線を入れ二次線に電流を誘發せしめ、其を電話受話器にて聞き取る方法にして、第四百二十九圖に示すはハートマン、ブラウンの製作に

第四百二十九圖



變流器を用ふる接地點檢出法

係るものにして、鐵心は矩形を爲し、蝶番に依り其一片を開き得る構造を有す。線路の各所にて之を使用し、音の有無に依り接地點を檢出するものなり。

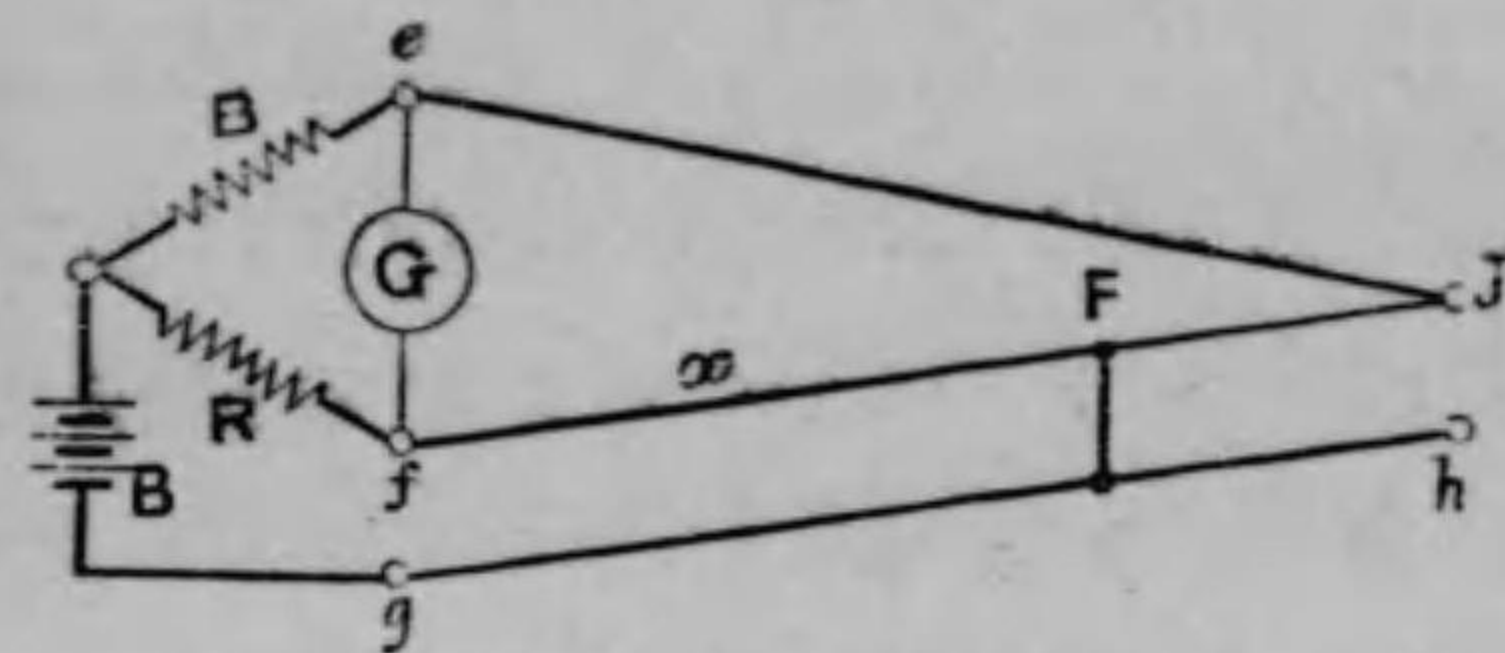
## 第五項 混線點及斷線點檢出法

234. 混線點檢出法 混線の場合にも、混線せる線の外他に完全なる竝行線ある時には、接地の時と殆ど同様にして試験を行ふ事を得べく、唯此場合には電池の一極を接地せず、第四百三十圖に示すが如く、之を混線せる他の線  $gh$  に接續するものとす。斯くすれば大地の代



りに電線を用ふる事の外、前の場合と全く同一なるを以て、前と同一の手續に依りて混線點を發見する事を得べし。

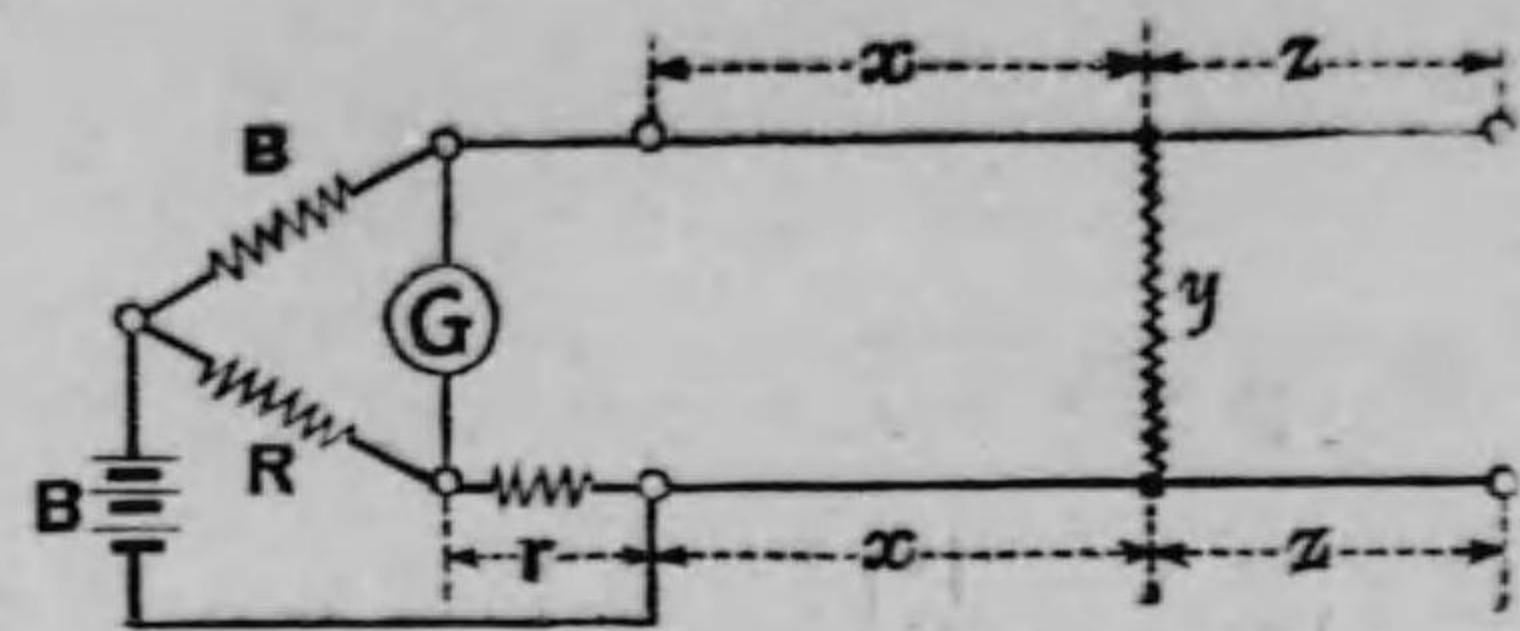
第四百三十圖



混線點檢出法

次に混線の場合にて混線せる二線以外に完全線なき場合には、次の如き方法に依り測定する事を得べし。第四百三十一圖に於て先づ線の一

第四百三十一圖



混線點檢出法

於て既知抵抗  $r$  を接続し、 $B, R$  を變じて平衡を得たりとせば、

$$2x + y = \frac{B}{R} r (= R_1 \text{ とせよ})$$

次に他端に於て試験し、

$$2z + y = \frac{B'}{R'} r' (= R_2 \text{ とせよ})$$

を得たりとせば、

$$2(x - z) = R_1 - R_2$$

一線の全抵抗を  $R_t$  とせば、

て、前と同一の手續に依りて混線點を發見する事を得べし。

次に混線の場合にて混線せる二線

$$z = R_t - x$$

$$\therefore x = \frac{R_1 - R_2 + 2R_t}{4}$$

より  $x$  の値を求むる事を得べし。

或は一端のみより試験を行ふ場合には、先づ他端を開き置き測定し、次に之を閉ぢて試験するものとす。然る時は第一の場合には、

$$2x + y = \frac{B}{R} r = R_1$$

第二の場合には、

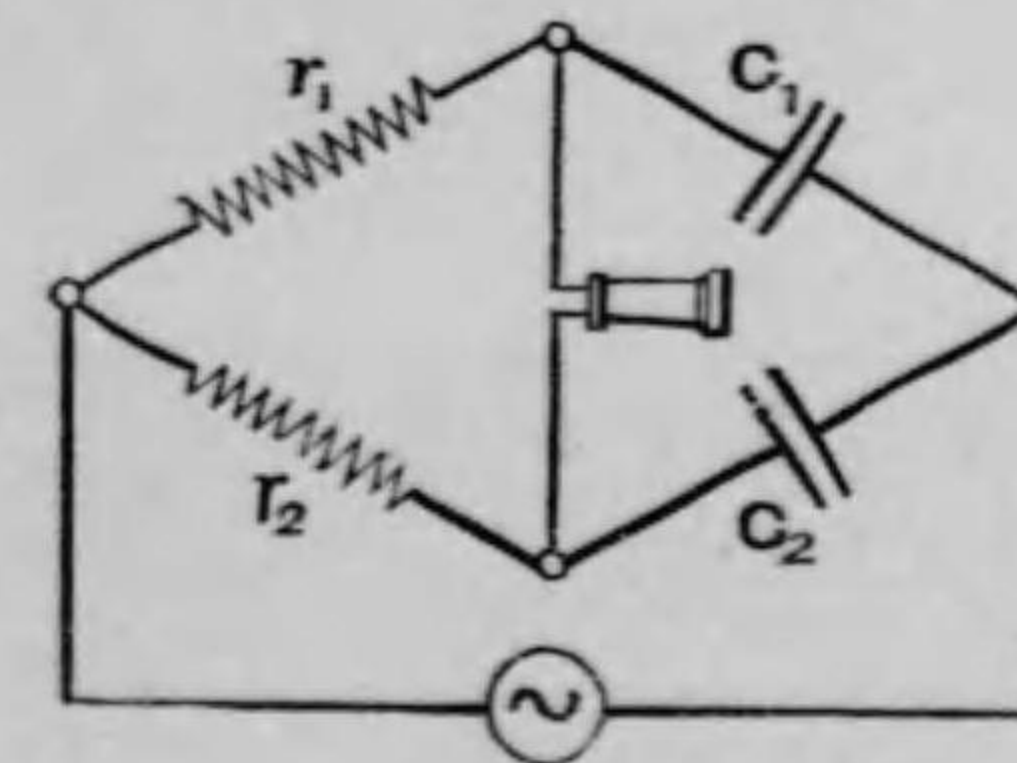
$$2z + \frac{2xy}{2z + y} = \frac{B'}{R'} r' = R_2$$

$$\therefore x = R - \sqrt{(R_1 - R_2)(R_t - R_2)}$$

### 235. 斷線點檢出法

線路の一點に於て斷線を生じ其接地せざる場合には、上記の何れの方法に依るも其故障點を發見する事困難なり。斯の如き場合に利用し得るは線路の靜電容量の測定なり。即ち線路は凡て

第四百三十二圖



容量測定法

大地及び他の導體に對して一定の容量を有し、其値は大略長さに比例すべきものなるを以て、其性質を利用して斷線點を發見するなり。容量の測定法に關しては、後に至り詳細記述する所あるべ

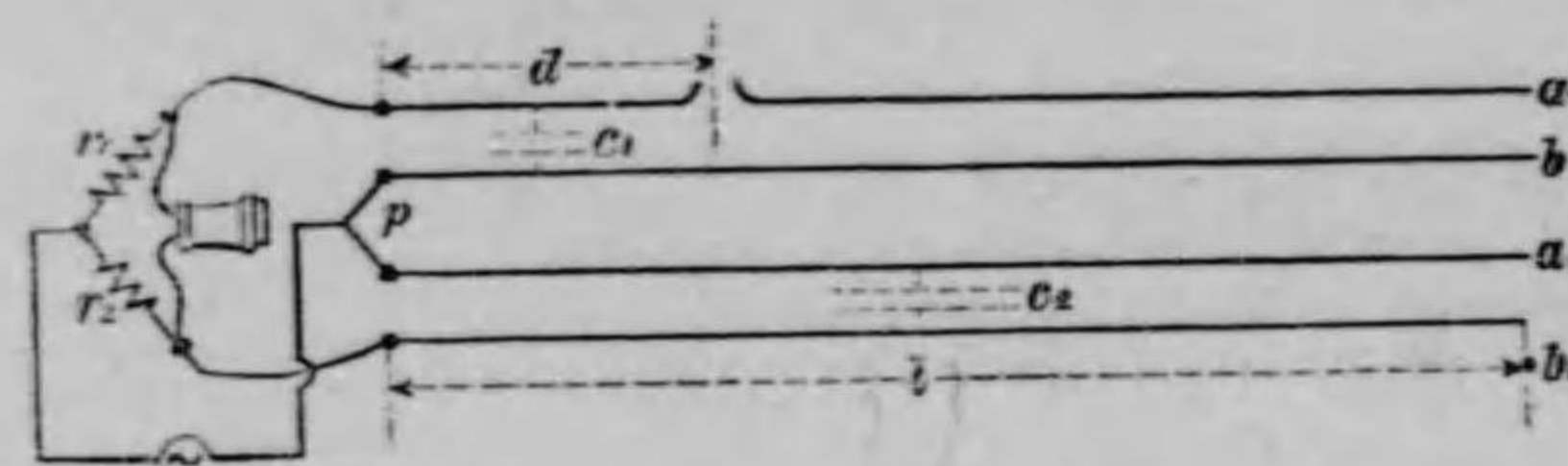


きも、其最も簡單なる一法は第四百三十二圖に於けるが如き、ホキートストーン、ブリッヂの二邊に二つの容量をつなぎ、他の二邊に二箇の抵抗をつなぎ、電源には交流を使用し、検測器として受話器を使用するにあり。若し  $r_1, r_2$  及び  $C_1, C_2$  の間に次の如き關係成立せば、受話器は無音となるべし。

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{C_2}{C_1}$$

此關係を斷線點の發見に利用せんとするには、先づ線路に平行せる他の完全なる線路の存在する場合とせよ。第四百三十三圖に於けるが如く、斷線のある  $a$  線と完全

第四百三十三圖



斷線點檢出法

線  $b$  との間の容量と完全なる二線  $a_1, b_1$  間の容量とを前記の如くホキートストーン、ブリッヂに接続し、 $r_1, r_2$  を變じて平衡を得れば、

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{C_2}{C_1}$$

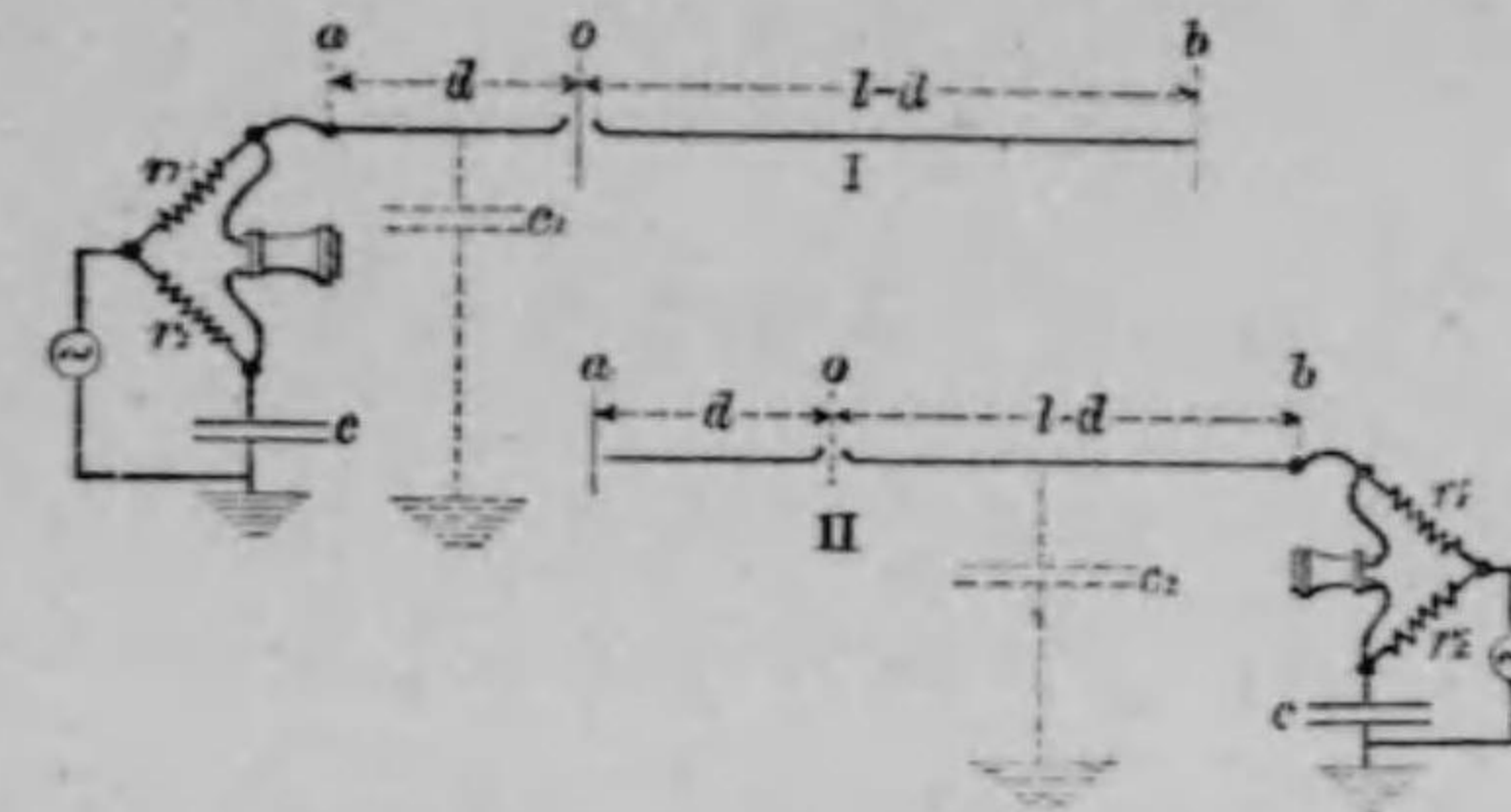
$d$  を斷線點迄の距離、 $l$  を全線の長さとするれば、

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{l}{d}$$

$$\therefore d = \frac{r_2 l}{r_1}$$

次に完全なる線無く斷線せる一線のみなる時は、第四百三十四圖に示す如く既知容量の蓄電器を用ひ、之を線

第四百三十四圖



斷線點檢出法

と大地との間に接続し、線路の兩端に於て測定を行ふ。即ち一端に於て  $C$  を既知容量、 $C_1$  を線路の容量として

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{C}{C_1}$$

又他端に於て、

$$\frac{r_1'}{r_2'} = \frac{C}{C_2}$$

なるを發見せば、 $d$  を  $a$  端よりの距離、全長を  $l$  として、

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{C}{C_1} = \frac{C}{Kd}$$

$$\frac{r_1'}{r_2'} = \frac{C}{C_2} = \frac{C}{K(l-d)}$$

$K$  は常數なり。

$$\therefore \frac{r_1 r_2'}{r_2 r_1'} = \frac{l-d}{d}$$

$$\frac{r_1 r_2' + r_2 r_1'}{r_2 r_1'} = \frac{l}{d}$$

$$\therefore d = \frac{r_2 r_1'}{r_1 r_2' + r_2 r_1'} l$$



## 第六節

## 直讀抵抗測定器及携帶用試験装置

## 第一項 直讀抵抗測定器

236. 總説 以上各節に述べたる方法は多くは複雑なる装置を要し、且つ測定に時間を要す。故に實用上の目的に於て大なる精密度を必要とせざる場合に於ては、指針の偏れに依り直ちに抵抗の値を知る所謂直讀抵抗測定器の便利なるに如かざるなり。次に重なる直讀抵抗測定器に就きて記さん。

237. オームメーター (Ohmmeter) オームメーターの名稱の下に市場に販賣せらるゝものに數種あり。

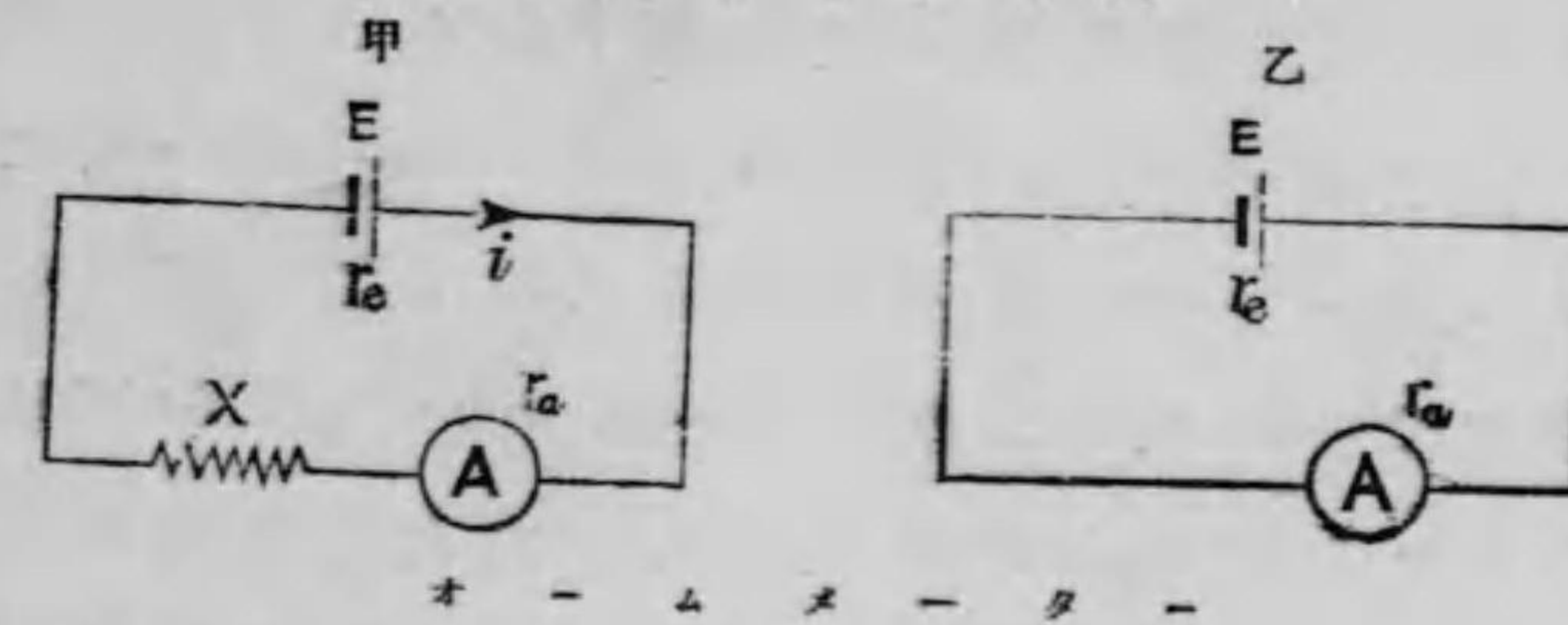
摺動ブリッジの原理に依るオームメーター 摺動ブリッジの目盛を直接オームにて盛り、検測器の零位を示す場合に於ける摺動子の位置より、直接オームにて抵抗を表はす測定器にして、例へば前に述べたるセージ、オームメーター、リーツ、オームメーターの如き是れなり。然れ共此種のもは零位法に依りて測定するものにして、本項に記する他の種類の如き偏れの大きさに依り抵抗を表はすものにはあらざるなり。

直偏法の原理に依るオームメーター 直偏法の原理

を應用し直接測定器の指針の偏れに依り抵抗を測定するものにして、中位抵抗の測定に對しては數箇の電池を電源として使用し、絶縁抵抗の如き高抵抗に對しては線路の電壓を用ふるか、或は特別の磁石發電機を用ふるものとす。前者に屬するものは獨逸シーメンス (Siemens) 製オームメーター、同國アルゲマイネ、エレクトリチテツ、ゲゼルシャフト (Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft) 製オームメーター、米國ウエストン (Weston) 製オームメーター、英國ポール (Paul) 製抵抗計 (Resistance meter) 等にして、後者に屬するはシーメンス、メガオームメーター (Megohm meter) ポール製絶縁計 (Insulation meter) アルゲマイネ製絶縁計 (Isolationsmesser) 等なり。

(一) 中位抵抗用オームメーター 第四百三十五圖甲に示すが如く測定すべき抵抗  $X$  を抵抗  $r_a$  なる一箇の電

第四百三十五圖



流測定器 A と直列に電壓  $E$ 、抵抗  $r_e$  なる電源に接続したる時、電流測定器の偏れ  $a$  なりとせば、 $C$  を其測定器の定

數として、
$$X = \frac{E}{i} - (r_a + r_e) = \frac{E}{Ca} - (r_a + r_e)$$



次に同圖乙に示すが加くXを取除き、Eを直接電流測定器の兩端に加へたときの偏れ $\alpha_0$ なりとせば、

$$0 = \frac{E}{C\alpha_0} - (r_a + r_e)$$

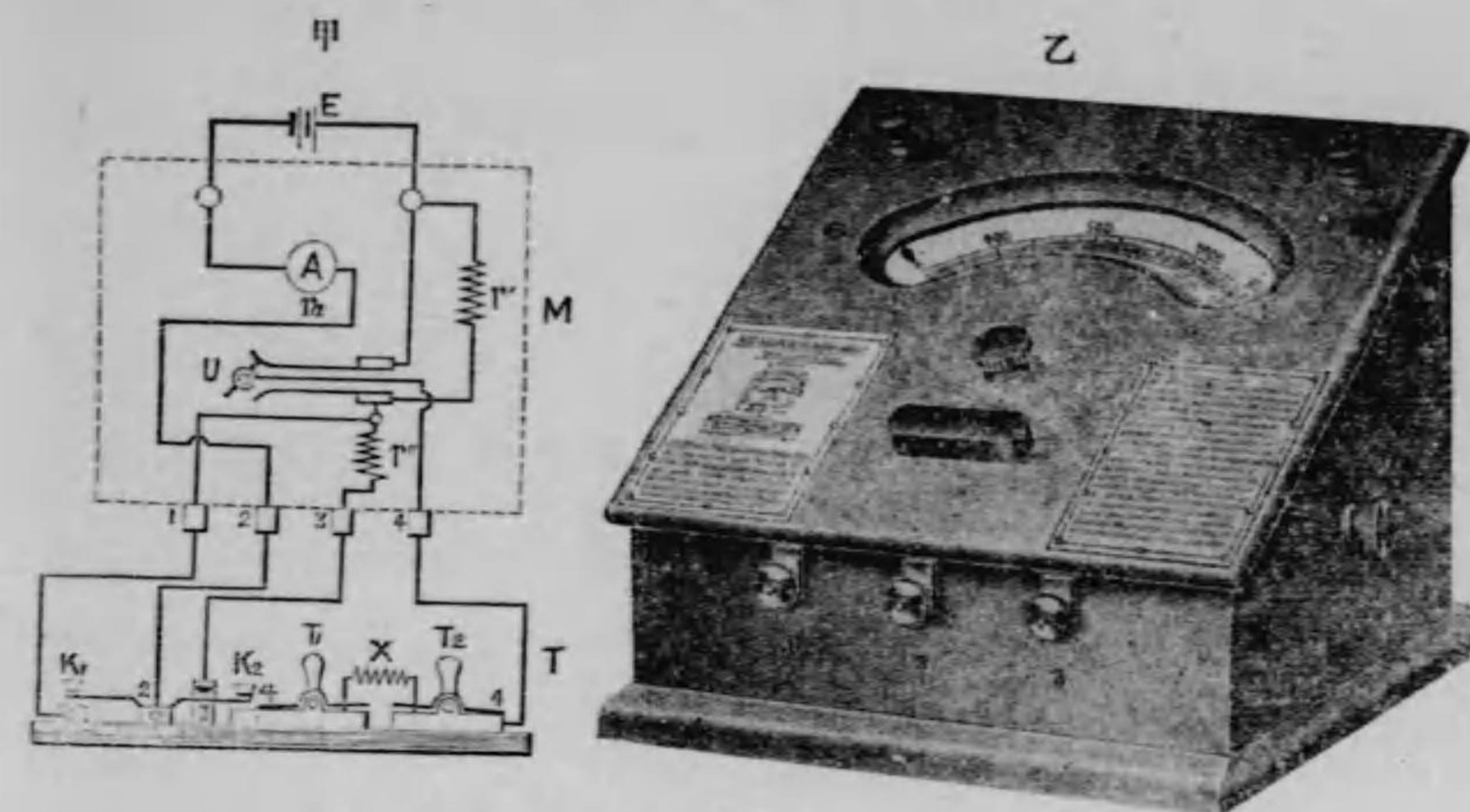
二つの関係より

$$X = \frac{E}{C} \left( \frac{1}{\alpha} - \frac{1}{\alpha_0} \right)$$

E一定にして電源及び電流測定器の抵抗一定ならば、 $\alpha_0$ は一定にして、且つCも固より定數なるを以て、此關係に依り直接 $\alpha$ を以てXの値を決定する事を得べく、電流測定器の電流の目盛の代りに直接オームの目盛を施し、指針の位置より直ちに抵抗の値を測定する事を得る理なり。而して電源の電壓がEより變化する場合にも $\frac{E}{C}$ を一定に保つ爲には、可動線輪型測定器を用ひ其磁界に磁氣分路を作り、之を變化して $X=0$ の時指針が $\alpha_0$ (即ちオーム目盛にて零點)を指す様調整するものとす。第四百三十六圖甲に示すは此種オームメーターの一種なるシメンス、オームメーターの接續にして、測定器Mの外、別に接續盤Tを置き、其二箇のターミナル $T_1, T_2$ の間に測定すべき抵抗を接續し、電鍵 $K_2$ を押し之を測定器に接續するものとす。今先づ電鍵 $K_1$ を閉づれば、測定器の抵抗は $r_a + r'$ に等しく、其時指針は零を指す、若し然らざる時には磁氣分路を變化して零を指さしむるものとす。次に電鍵 $K_2$ を押し、Xを測定器に接續し、且つ切換開閉器Uを

Tの接點に接する時には、電流測定器の抵抗は前と同一なるを以て、測定器の指示は直ちに抵抗を表はす。次に大なる抵抗の測定を爲さむとするにはUを上の方の接點に接するものとす。然る時には回路の抵抗は前の時より

第四百三十六圖



シメンス、オームメーター

更に $r'$ だけ減ずる事となり、而して $r'$ はUを下方の接點に置きたる時に測定し得べきXの最大値に等しき様選擇るゝを以て、此場合に於ては目盛の零點は $r'$ に相當し、其れより目盛の數に従ひ、更に大なる抵抗を測定し得べき理なり。猶ほ $r''$ なる抵抗は測定し得べきXの最大値に等しき値を有し、 $K_2$ を開くと同時に測定器回路に入り、従つて指針の急に偏れるを防ぐ用を爲す。第四百三十六圖乙は此測定器及び接續盤の全形を示す。



(二) 高抵抗用オームメータ (一)と類似の構造なれど、測定すべき抵抗の絶縁抵抗の如き高抵抗なる爲め、測定器には抵抗大なる電圧計を使用す。例へば今或線と大地との間の絶縁抵抗を測定するに當りては、第三節に述べたるが如き方法にて、先づ其線と大地間の電圧を測定し、次に電源の電圧を測定し、其値夫々  $E_1$  及び  $E$  なりとし、電圧計の抵抗  $R_v$  なる時には、絶縁抵抗  $X$  は、

$$X = R_v \left( \frac{E}{E_1} - 1 \right)$$

故に  $E$  及び  $R_v$  一定ならば、單に  $E$  を測定して  $X$  を決定する事を得べし。故に電圧計に電圧の目盛の外、抵抗の目盛を設け、偏れより直接に  $X$  を測定する事を得るなり。シメンス、メガオームメータにては  $R_v = 30000$  オーム、 $60000$  オーム、 $120000$  オームの三種あり。30000 オームのものは回路の電圧百十ヴォルトに對して使用するものにして、従つて二百二十ヴォルトに對しては  $60000$  オーム、四百四十ヴォルトに對しては  $120000$  オームのものを使用す。而して  $30000$  オームのものにては、

$$X = 30000 \left( \frac{110}{E_1} - 1 \right)$$

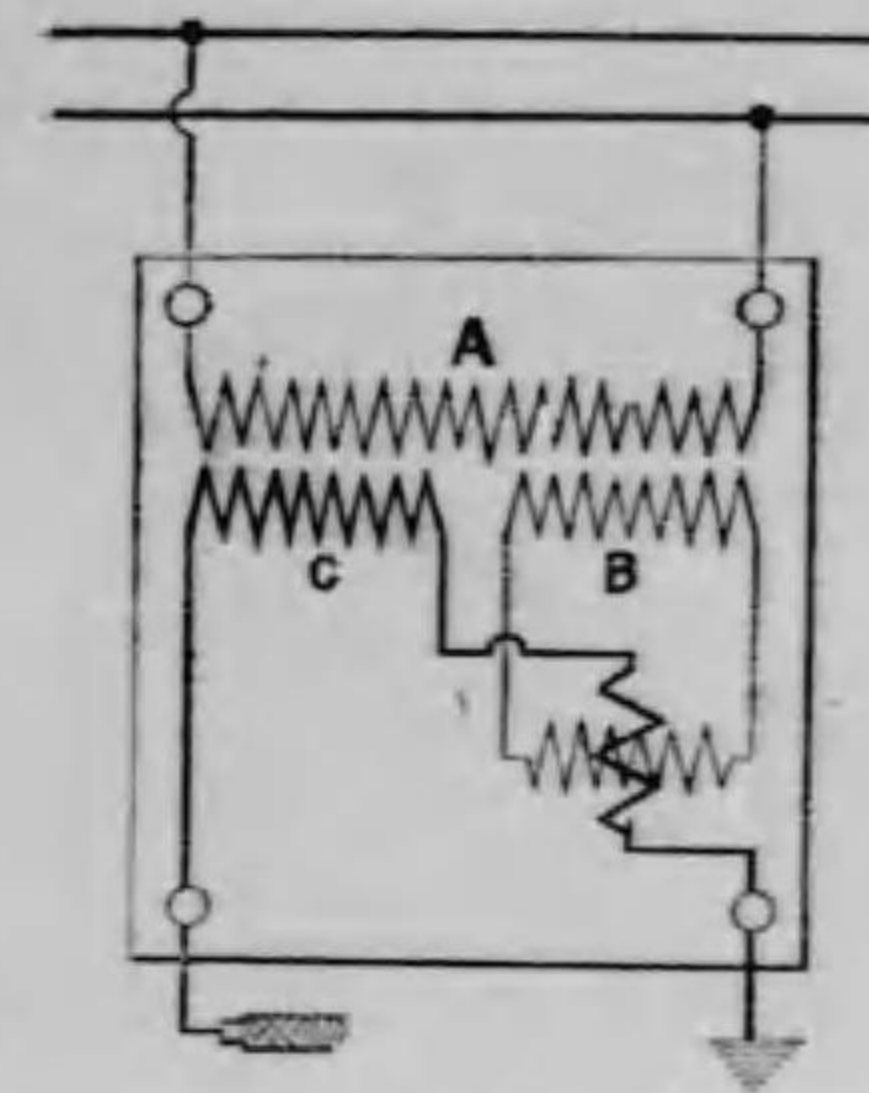
$E_1$  は最小 〇.五ヴォルト迄測定し得るを以て、

$$X = 16.5 \text{ メガオーム}$$

迄測定し得べし。而して電圧目盛より同時に測定する  $E$  の値、規定の値より異なる場合には、磁氣分路を變化し

て更正するものにして、回路の電圧の實際の値に關せず指針が正確に 110, 220 等を指示する様に爲せば可なり。ボールのものは抵抗を 40000 オームとし、百ヴォルトより六百ヴォルト迄四種あり。電源に對しては回路の電圧又は小磁石發電機よりの電圧を使用す。アルゲマイネのものは電流力計型電圧計を使用し交流回路にも使用し得るものにして、第四百三十七圖に示すが如き變壓器を

第四百三十七圖



アルゲマイネ絶縁計

使用し、其一次線  $A$  を回路に接続するものとす。二次線は二組あり、一組  $B$  は電流力計の固定線輪に接続せられ、他組  $C$  は可動線輪を直列にして、絶縁抵抗を測定すべき線路及び大地に接続せらる。二次線  $C$  は一次線と同一捲数を有するを以て、線路は供給電圧と同一の電圧を受くる事となるなり。固定線輪を  $B$  に接続したるは、之を可動線輪と直列に接続する時よりも大なる感度を得べきを以てなり。

可動線輪型オームメータ 獨逸ハートマン、ブラウン (Hartmann & Braun) 製オームメータは、前法と全く異りたる原理に依る可動線輪型オームメータなり。永久磁石の空隙内に第四百三十八圖甲に示すが如き交叉せる二箇の可動線輪を一箇の軸にて支持し、其一方  $C_1$  に



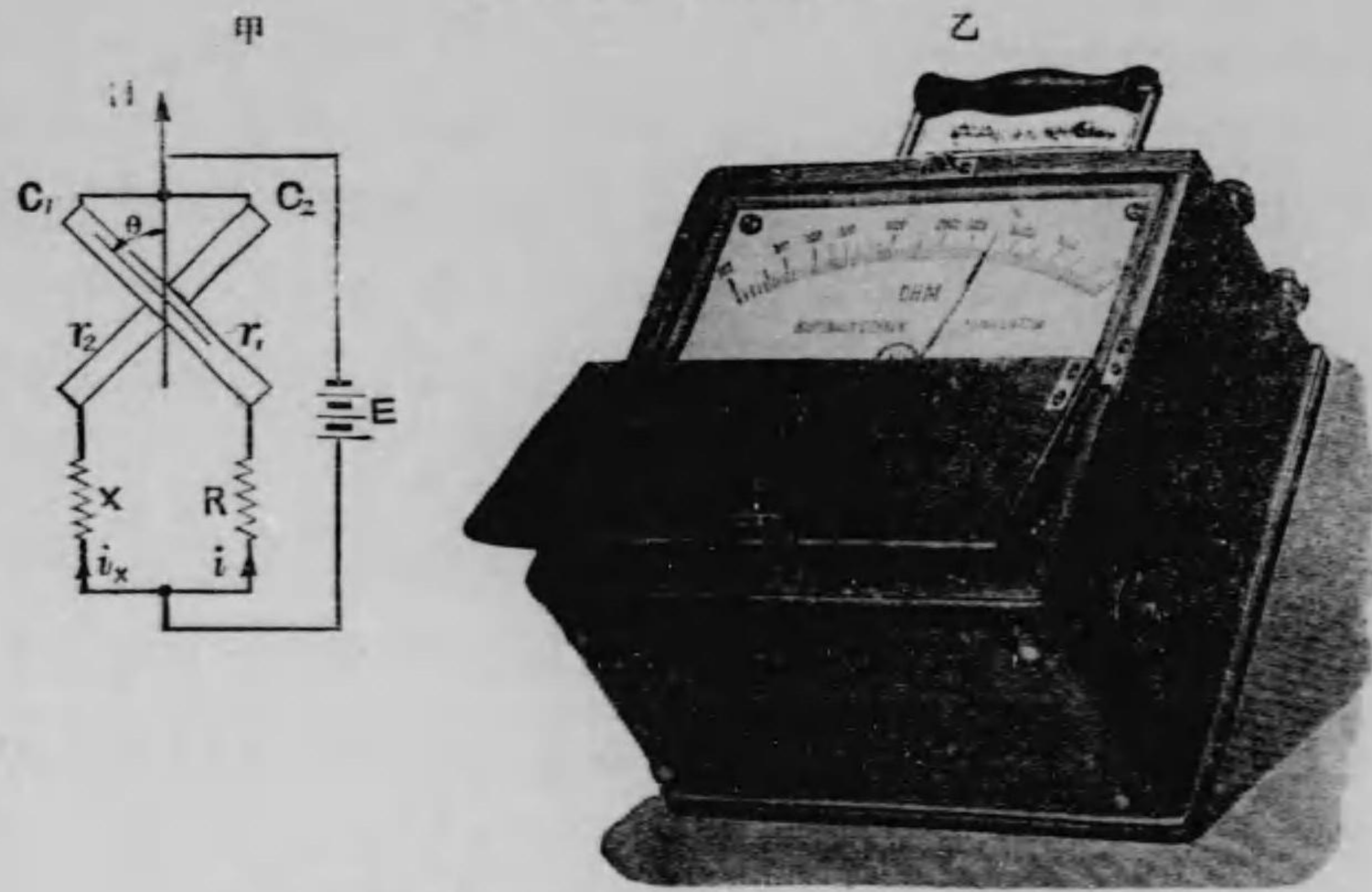
はRなる一定抵抗を、他方C<sub>2</sub>には測定すべき抵抗Xを直列に接続したる上、兩方を電源Eに對し並列に接続す。然る時には兩線輪中の電流はr<sub>1</sub>, r<sub>2</sub>を兩線輪の抵抗とすれば、

$$i = \frac{E}{R+r_1}$$

$$i_x = \frac{E}{X+r_2}$$

なり。線輪には別に制御装置なく、各線輪の電流は別々

第四百三十八圖



ハートマン、オームメーター

に磁界に働き廻轉力を受くるを以て、兩線輪に働く廻轉力を互に相反せしむる様装置すれば、可動線輪は兩廻轉力全く平均したる位置にて止るべし。而して兩線輪に働く磁界一定にしてHの値を有すとせば、θをC<sub>1</sub>がHの

方向より傾きたる角として、C<sub>1</sub>に働く廻轉力は、

$$D = KH i \cos \theta = \frac{KHE \cos \theta}{R+r_1}$$

Kは常數なり。又C<sub>2</sub>に働く廻轉力は、

$$D_x = KH i_x \sin \theta = \frac{KHE \sin \theta}{X+r_2}$$

二つの平均したる時には、

$$\frac{KHE \cos \theta}{R+r_1} = \frac{KHE \sin \theta}{X+r_2}$$

$$\frac{X+r_2}{R+r_1} = \tan \theta$$

$$\therefore X = (R+r_1) \tan \theta - r_2$$

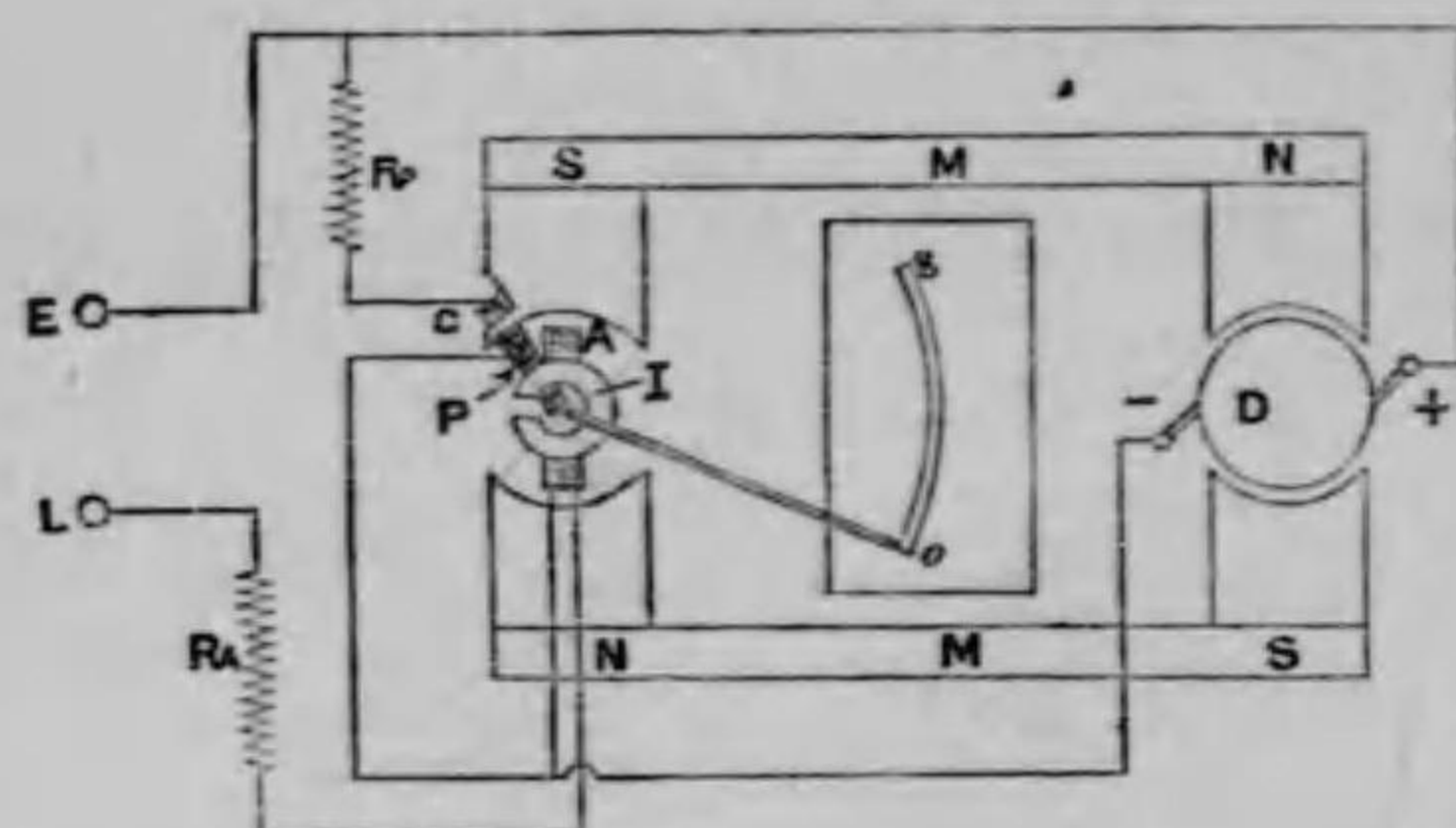
即ちXの値はθに依りて表はさるべく、可動線輪に附したる指針の偏れより直ちに抵抗の値を求め得べきなり。而して其關係はEの値には關係なきを以て、電源の電壓に多少の變動あるも差支なく、通常小磁石發電機よりの電壓を用ふ。實際の場合には線輪の中に鐵心を置き、又適當なる形の磁極片を用ひ、出來得る丈け目盛を均一ならしむ。通常目盛は一より百迄(例へば十オームより千オーム迄)あるを普通とすれども、更にC<sub>2</sub>に  $\frac{R}{9}$  に相當する分流抵抗を入れ、十分の一迄範圍を擴ぐる事を得。(例へば一オームより千オーム迄) 同圖乙は其全形を示す。

238. **メッガー** (Megger) メッガーとは英國エバーシェッド、エンド、ヴィグノールス (Evershed & Vignoles) の製作する直讀高抵抗測定器にして、測定器(所謂オームメー



ター)と、電源に使用する磁石発電機とを同一函内に蔵め、携帯に便ならしむ。第四百三十九圖に示すは其内部の接続にして、M, M は二箇の永久磁石にして、各磁石の兩端に極片を附し、二箇の空隙を生ぜしめ、其一方には發電機の發電子 D を装置し、他方には測定器の可動部分を置く。即ち永久磁石は發電機及び測定器に對して共通の磁界を作るものとす。測定器に對する空隙中には C 字形をなせる鐵心を取付け、之と磁石の極片との間の空隙

第四百三十九圖



メッガー接続

に可動線輪 A を置き、A は其軸の廻りに廻轉し得る構造を有す。又 A の線輪と一定角度を爲して別に P, C なる二箇の線輪を置き、A と同じ軸に取付く。P は鐵心 I を貫きて動き、C は其外方に取付けられ、其運動の妨げられざる様、極片の一部は圖の如く切り込みあり。而して A は電流線輪 (Current coil) と名づけられ、直列抵抗  $R_A$  及び測定すべき抵抗と共に電源に直列に接続せられ、又 P は電壓線輪 (Pressure coil) と名づけられ、C なる補償線輪 (Compensating coil) 及び直列抵抗  $R_r$  を經て電源に並列に接続せらる。P と C とは其相隣れる邊が磁束に對して、同一の廻轉力を以て働

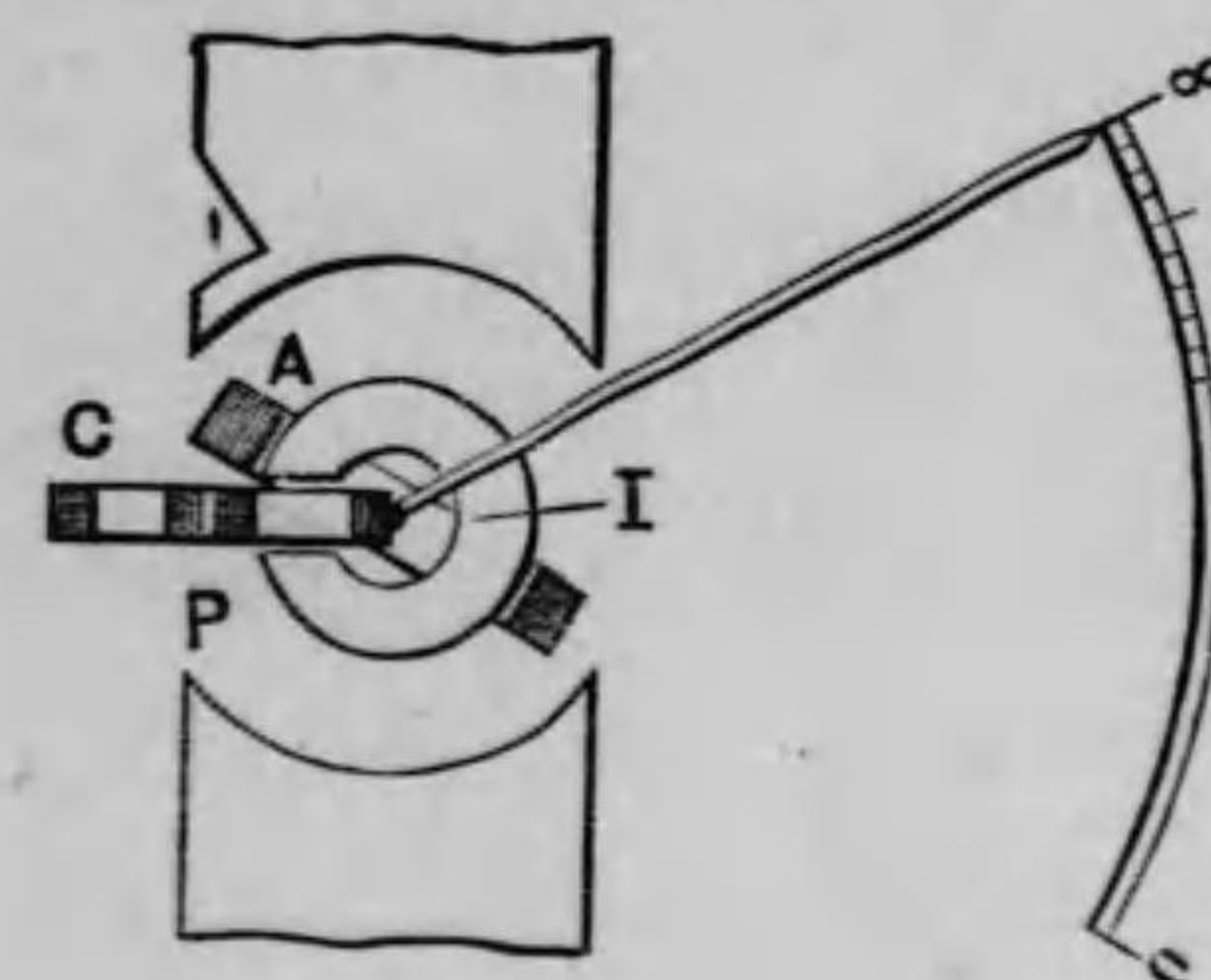
き、A は其軸の廻りに廻轉し得る構造を有す。又 A の線輪と一定角度を爲して別に P, C なる二箇の線輪を置き、

く様、互に反對の方向に捲かる。今斯の如き構造を有する可動部分の運動を考ふるに、A は一定の強さを有する向心磁界中を運動するが爲め、其受くる廻轉力  $D_1$  は單に線輪中の電流の大きさのみに關係し位置に關せず。即ち電流を  $i$  とし、 $K_1$  を常數とせば、

$$D_1 = K_1 i$$

なり。然るに P 及び C に働く磁界は其位置に依りて異なり、第四百四十圖に示すが如く P が恰も鐵心 I の空隙の上に来る時には磁界最小にして、夫れより左右何れの方

第四百四十圖



メッガー主要部分

以て C 及び P の線輪が磁界最小なる位置より廻轉したる角度とすれば、其位置に於て P 及び C の受くる廻轉力 (P 及び C に働く力は主として其相隣れる二邊に働くものにして、他の二邊に働く力は極めて

小なり)  $D_2$  は  $K_2$  を他の常數とし、E を電源の電壓として、

$$D_2 = K_2 E f(\theta)$$

$f(\theta)$  は  $\theta$  に關する或函數なり。而して A の回路の開かれ、 $i=0$  なる時には  $D_1=0$  なるを以て、可動線輪は P 及び C が最小の廻轉力を受くべき位置に止まる。次に高抵



抗を以てAの回路を閉ぢ、漸次其抵抗を減じ行く時には、 $i$ は漸次増加し、従つて廻轉力増加し、電流の方向と磁界の方向とに依り定まる方向に廻轉す。(圖の場合には廻轉力が右廻りの方向に働く様定めらる)。然るにP及びCの受くる廻轉力も廻轉と同時に漸次増加し、其方向はAの廻轉力の方向と反對なる様に定めらるゝを以て、結局或點に於て兩廻轉力平衡し、全體の可動部分は其處に靜止すべし。即ち其場合に於ては、

$$K_1 i = K_2 E f(\theta)$$

$$\therefore \frac{E}{i} \propto \frac{1}{f(\theta)}$$

然るに

$$\frac{E}{i} = X$$

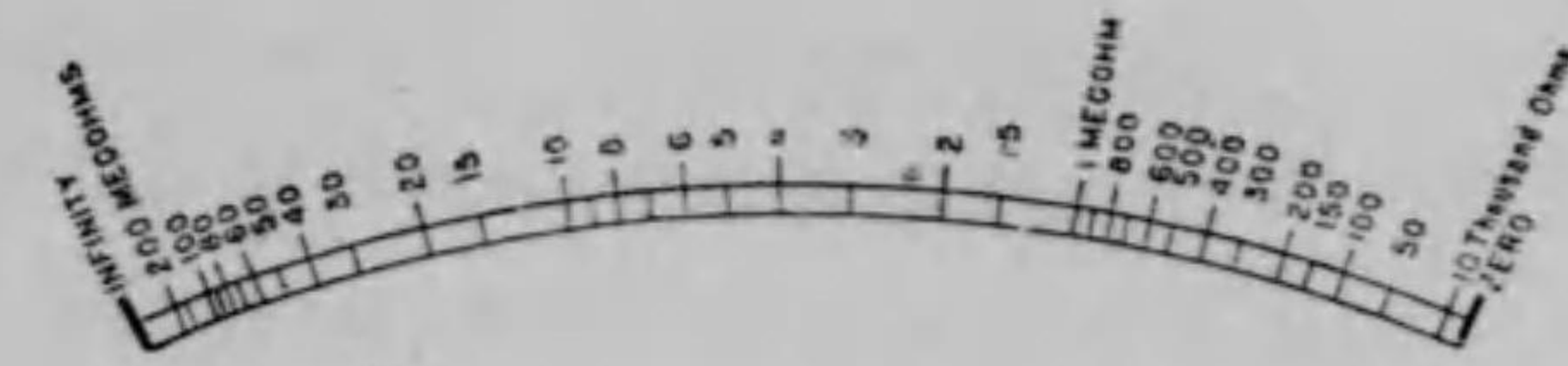
Xは測定すべき抵抗(直列抵抗 $R_A$ をも含む)とす。

$$\therefore X \propto \frac{1}{f(\theta)}$$

即ち測定すべき抵抗X(直列抵抗 $R_A$ 共)は可動部分の廻轉したる角度に依りて定まり、角の増加する程Xの小となる事明かなり。故に此可動部分の軸に指針を附し、適當なる目盛を盛りたる目盛板上を動かしむれば、指針の位置に依り直ちにXの値を決定し得べきなり。而して此目盛は極片及び鐵心の形を適當にし、又Cの線輪の捲數等を適當に選ぶ事に依り、第四百四十一圖に示すが如く殆ど對數目盛と爲したるを以て、目盛の各部分に於ける百分率誤差は全目盛に對して殆ど一定なり。而して

補償線輪を置きたる目的は、一は目盛を改善し、又同時に

第四百四十一圖



メガ目盛

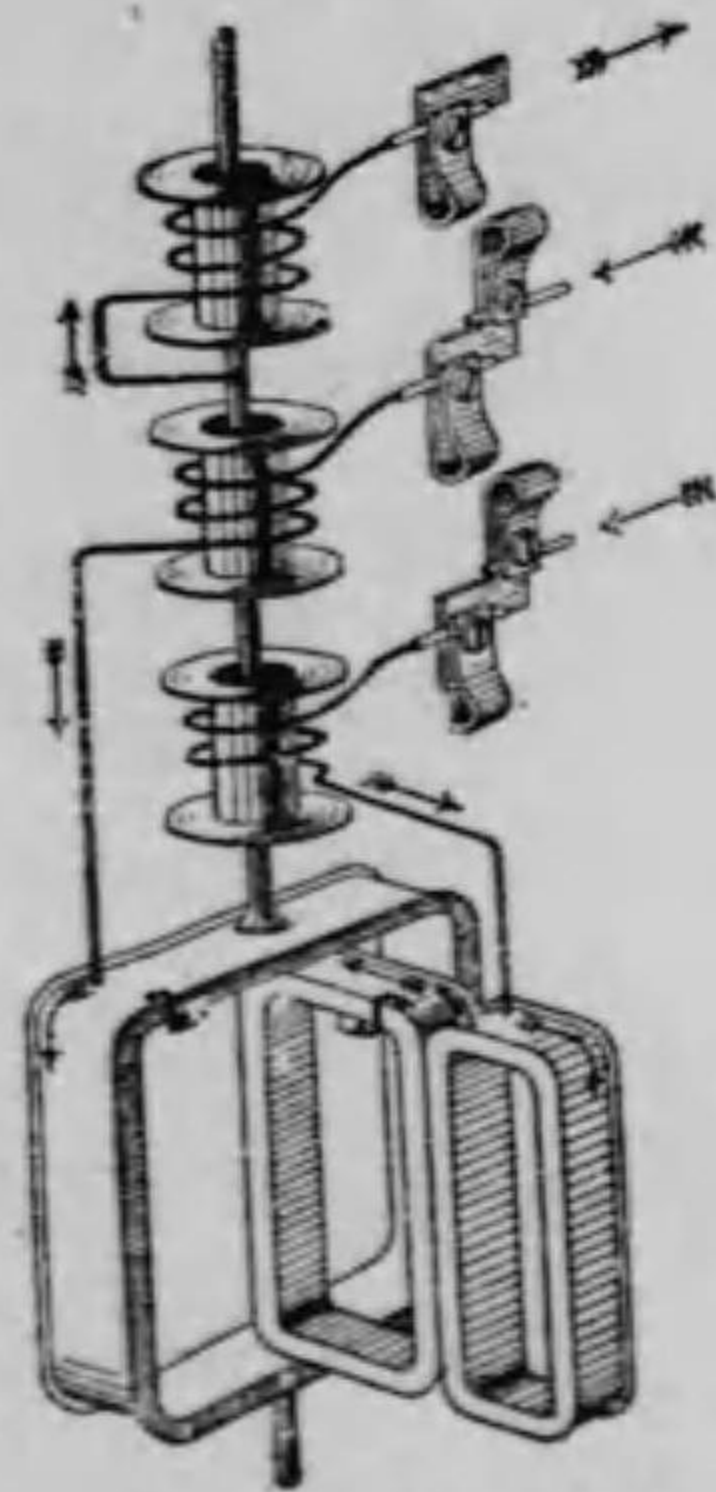
其電流方向をPに對して反對に爲す事に依り、全體として可動部分を無定位ならしめ、外部磁界の影響を避くるにあり。又此測定器の指示は電源の電壓の變化には全く關係なし。何となれば電壓Eの變化する時にはA及びP、Cの受くる廻轉力は常に同じ割合を以て變化し、従つて其廻轉力の比は一定となるを以て、指針の位置は電壓の變化には全く關係なき事となるなり。故に磁石發電機の廻轉速度は、指示には關係なく、唯だ適當なる電壓の値を得る爲に、一定の廻轉數(把手の廻轉數一分間約百回)を得れば可なり。然れ共長き電線の絶縁試験に於けるが如く、測定すべき抵抗が大なる容量(通常一マイクロフランド以上)を含む場合には、メガの廻轉速度變化し従つて電壓の値一定せざる時には、充電々流の變化の爲め、指針に一定の偏れを得る事困難となるを以て、此場合には所謂不變電壓發電機(Constant pressure generator)を用ふるを可とすべし。此發電機に於ては把手の廻轉數が或一定數(一分間百二十回)以上に達すれば、摩擦繼手



(Friction clutch) 外れて把手と發電子との縁絶へ、發電子は惰性に依り暫時一定速度の廻轉を爲すものなるを以て、試験の場合には常に把手を上記の速度以上に廻し、一定速度の状態を得たる後測定を爲すものとす。又此測定器は上記の磁界の生ずる廻轉力の外、別に制御力を必要とせざるものなるを以て、線輪に電流を出入せしむる爲の螺旋には極めて弾力少なき細線を用ひ、其制御力は電壓線輪の廻轉力の四百分の一以下ならしめあり。従つて、此螺旋の爲め指示に影響を生ずるが如き事なし。第四百四十二圖は各線輪の配置及び電流出入用螺旋導線を示す。

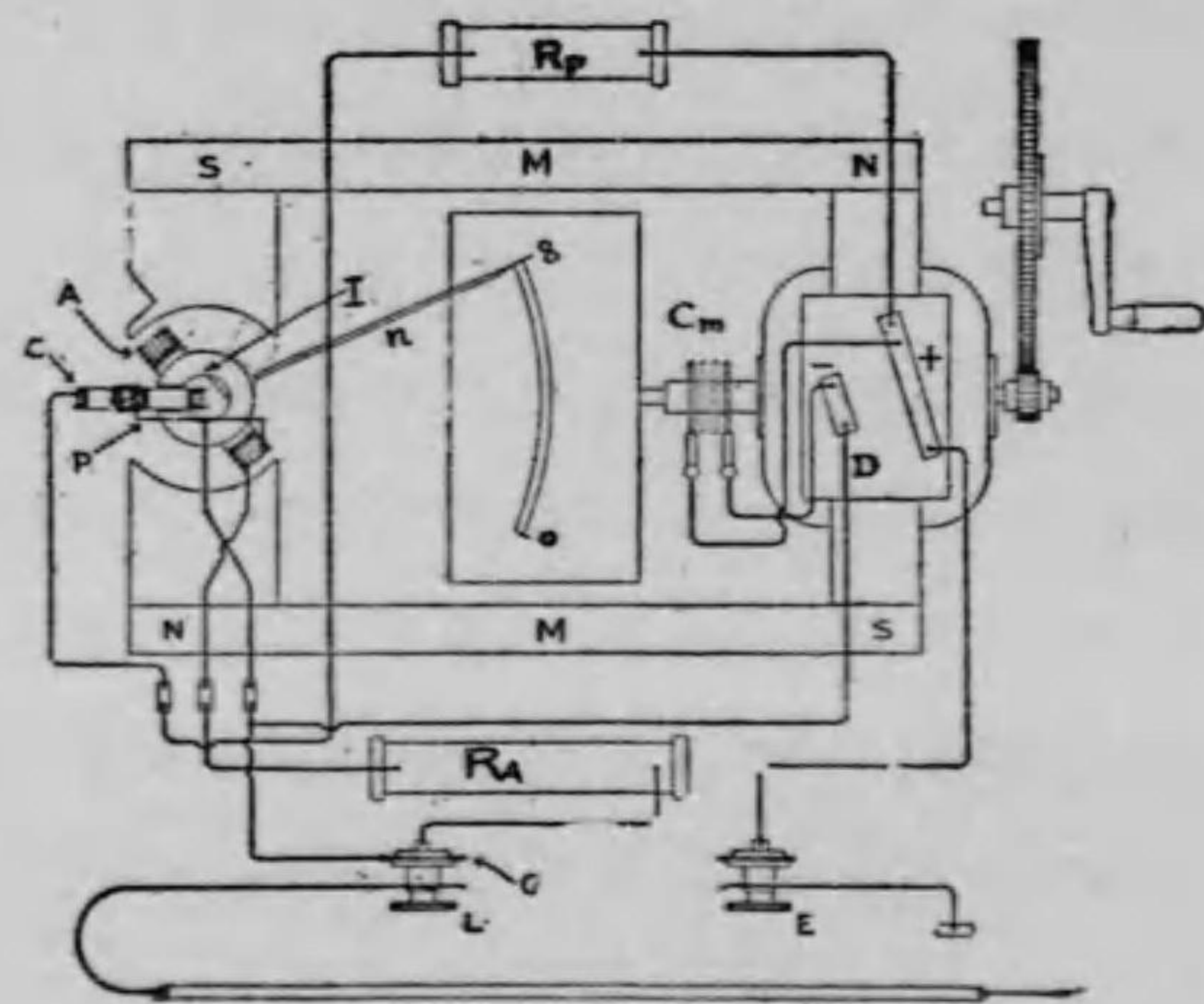
第四百四十三圖は此測定器の全接続圖にして、各部の

第四百四十二圖



メーガー線輪

第四百四十三圖



メーガー全接続圖

符號は第四百三十九圖と同一なり。測定すべき抵抗はターミナル E と L との間に接続し、其抵抗が導體と大地との間の絶縁抵抗なる場合には L を導體に、E を接地するものとす。又絶縁物の表面漏洩の影響を避くる爲めに保護線 (Guard wire, 602 頁参照) を用ふる場合には其端を L のターミナルの底部にある板 (Guard Plate) G に接続す。然る時は G は電流線輪を越へて其他端に接続せらるゝを以て、表面漏洩電流の電流線輪を通過する事なし。又 G は E のターミナルと共に發電機の電壓の測定及びメーガーの目盛試験に使用せらる。即ち電壓の測定に對しては E と G との間に電壓計を挿入すれば直接發電機の兩端の電壓を測定する事を得。又目盛試験に對しては多くの場合メーガーの全目盛に對する高抵抗を備ふる事困難なるを以て、小なる標準高抵抗を用ひて大なる目盛の試験を爲すものとす。其爲には先づ E, L の間に標準高抵抗を入れ之を變化して適當なる目盛に對する値を知り、次に其値を  $\frac{1}{n}$  に變じ別に G, L の間に適當なる可變抵抗を接続す。然る時には G, L 間の抵抗は電流線輪に對して分流器を形成し、従つて電流線輪中の電流を減少し、指針は E, L 間の同一抵抗に對し大なる指示を爲すべきを以て、今此分路抵抗を加減して前記の如く L, E を  $\frac{1}{n}$  に變じたる時指針が前と同一の目盛丈け偏れる様に爲せば、次に分路抵抗の値を其儘とし、L, E 間に或値の高抵

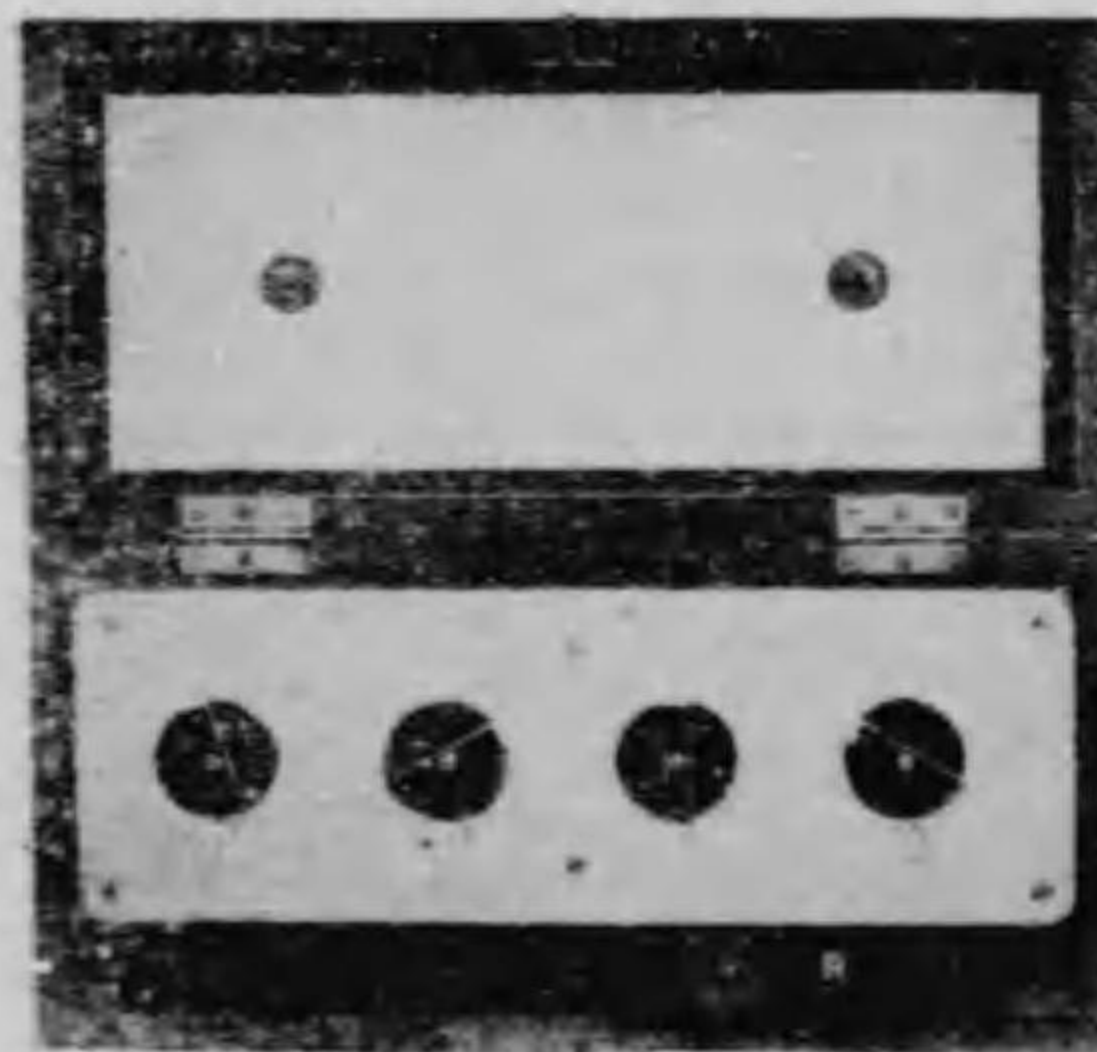


抗を接続したる場合に指針は恰も L, E 間に實際接続せる抵抗の n 倍の抵抗あるが如き目盛を指示すべし。故に n 及び高抵抗の値を適當に選び、小なる抵抗を以て大なる目盛の校正試験を爲し得べきなり。

發電機は數箇の線輪を有する球形發電子を有し、各線輪の端は數箇の環狀整流子 C<sub>m</sub> に接続せられ、振動性直流電壓を發生し、其電壓は測定すべき抵抗の大きさに依りて異り百ヴォルト以上千ヴォルト迄各種あり。又測定し得べき抵抗も二千メガオームに達す。

**239. ブリッジ、メッガー (Bridge-Megger)** ブリッジ、メッガーと稱するは、上記のメッガーに同時にホキートストーン、ブリッジ装置を附屬せしめ、高抵抗の外普通導體抵抗の測定にも適し得る様改造したるものなり。其目的の爲にメッガーに一箇の切換開閉器 (Change over switch) 比例轉換器 (Ratio switch) 及び導體抵抗並にブリッ

第四百四十四圖

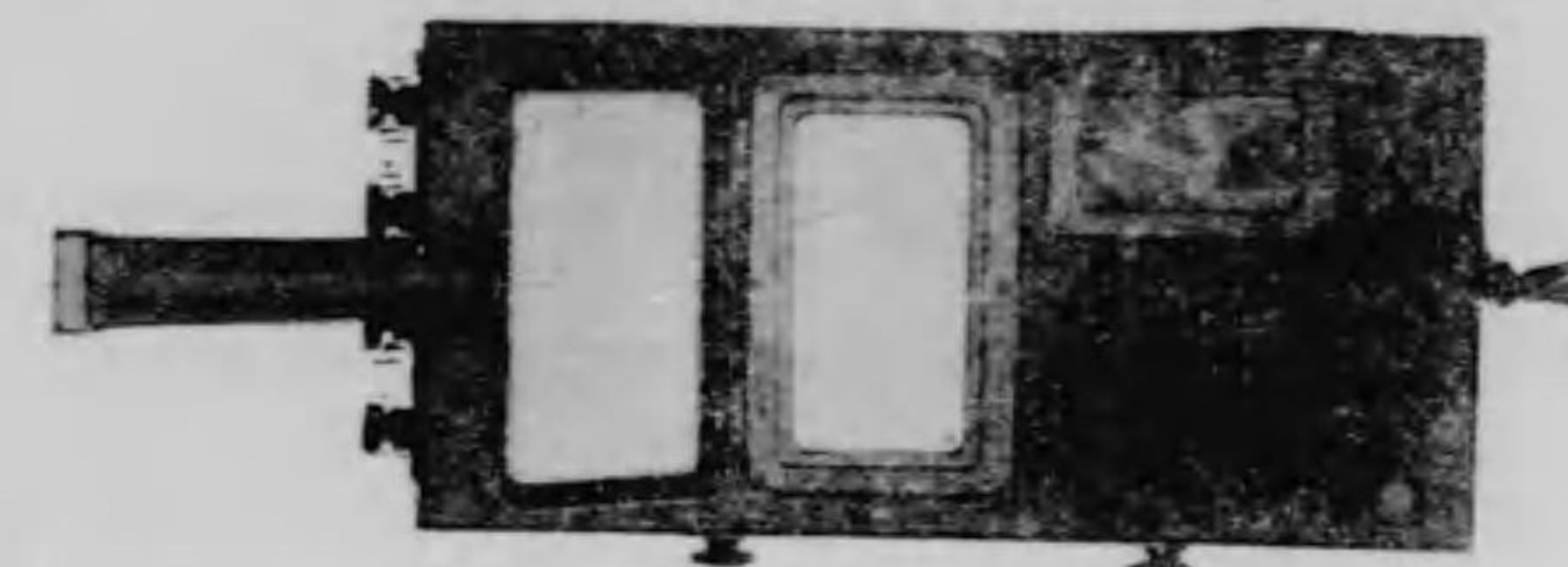


ブリッジ、メッガー用抵抗函

ヂ抵抗接続用ターミナルを備へ、又別にブリッジ用可變抵抗器を備ふ。ブリッジ用抵抗器は四組の十進法接觸子型抵抗器を有し、各抵抗器は夫々一オーム、十オーム、百オーム、及び千オーム九箇宛より成り、接觸子の把手を動

かし九千九百九十九オーム迄任意の抵抗を與ふるものとす。而して其の使用中の抵抗の値は第四百四十四圖に示すが如く、把手の傍にある圓孔より表はるゝ數字に依りて直ちに讀み取る事を得るものとす。此測定器をメッガーとして使用する場合には、第四百四十五圖に於ける全形圖に示す切換開閉器の指示子を Megger と記し

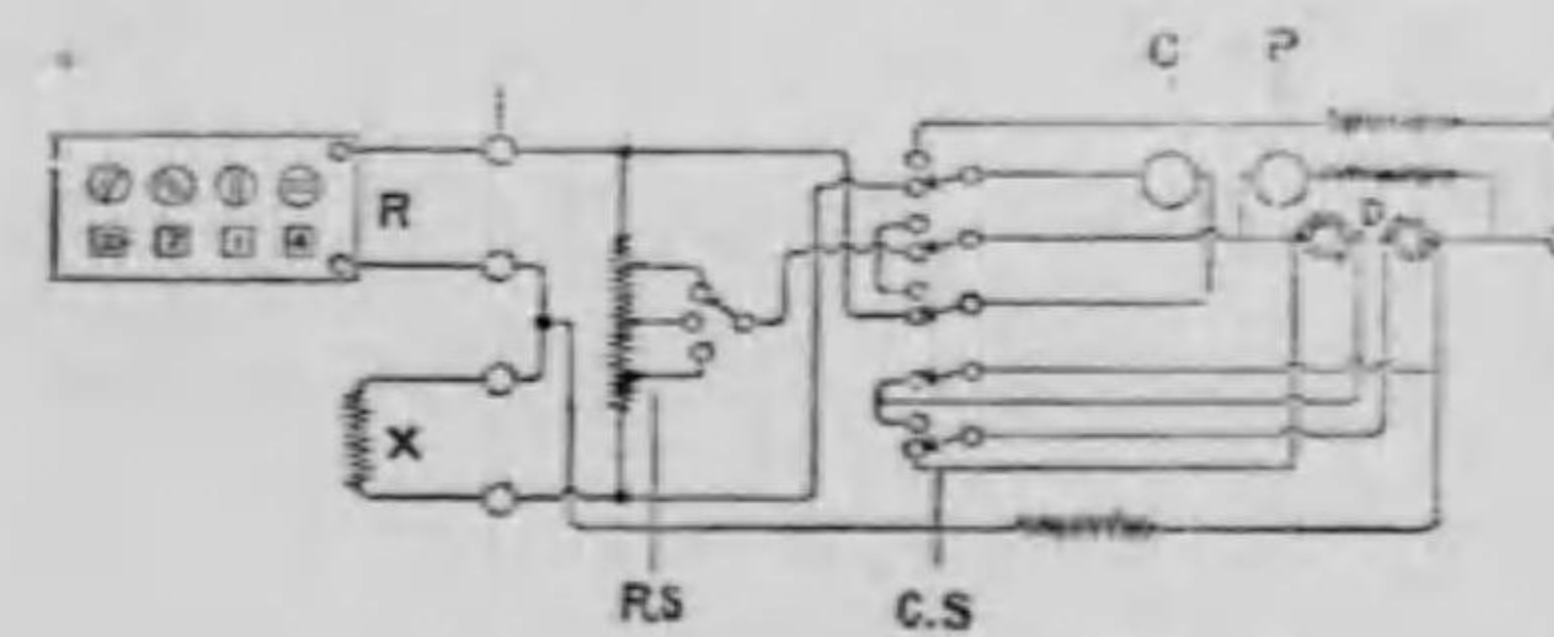
第四百四十五圖



ブリッジ、メッガー全形圖

たる方に向け、普通の方法に依り測定を爲すものにして、之をブリッジに使用するには指示子を Bridge と記したる方に移すものとす。然る時には第四百四十六圖甲の全接続圖及び同圖乙の略解圖に依りて明かなるが如く、發電機 D の二組の捲線は並列に接続せられて使用電流

第四百四十六圖 甲

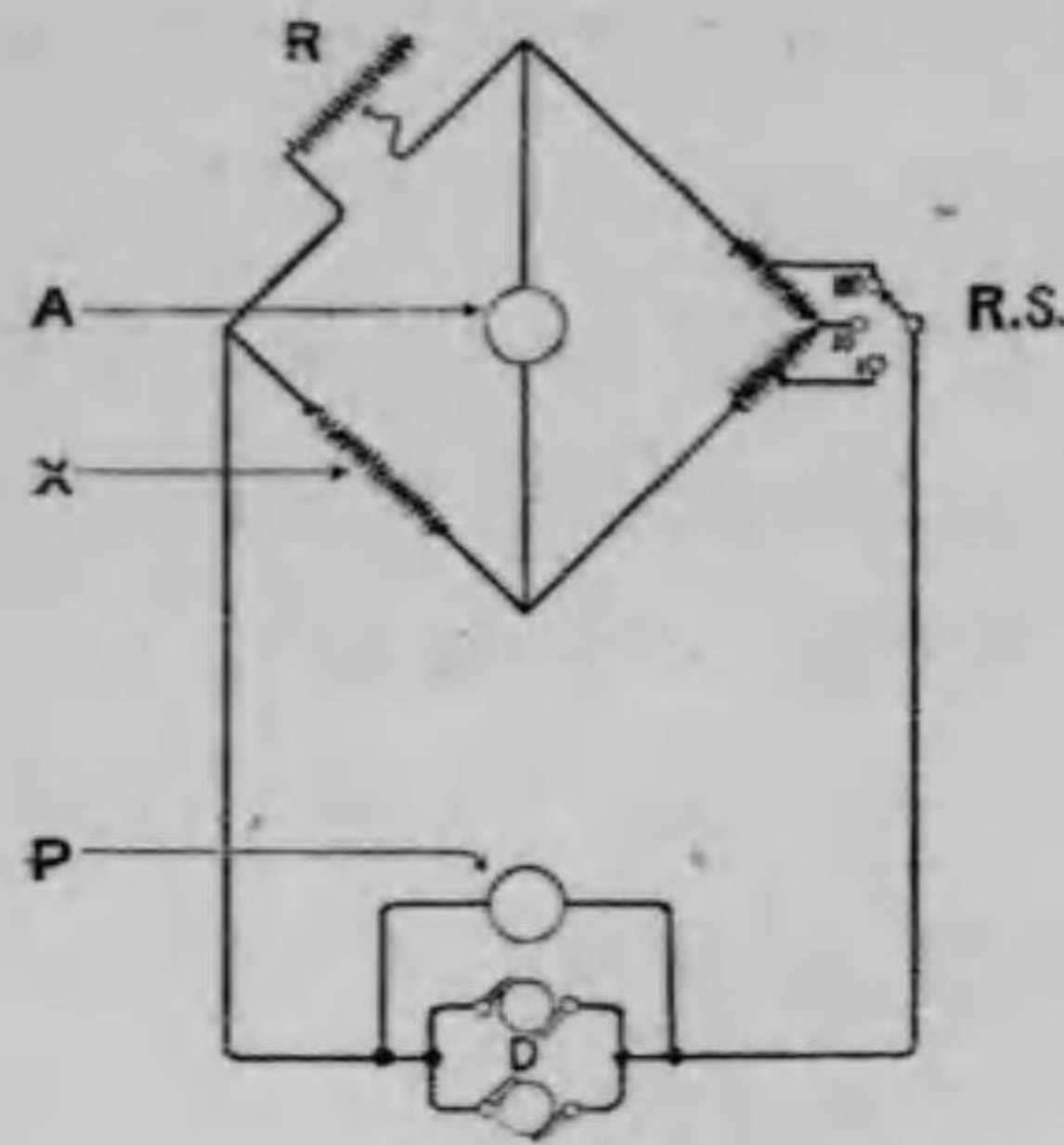


ブリッジ、メッガー接続

を増加し、其電極の一方は直列抵抗を経てブリッジ抵抗 R と測定抵抗 X との接続點に、又他方は比例轉換器 R.S.



第四百四十六圖乙



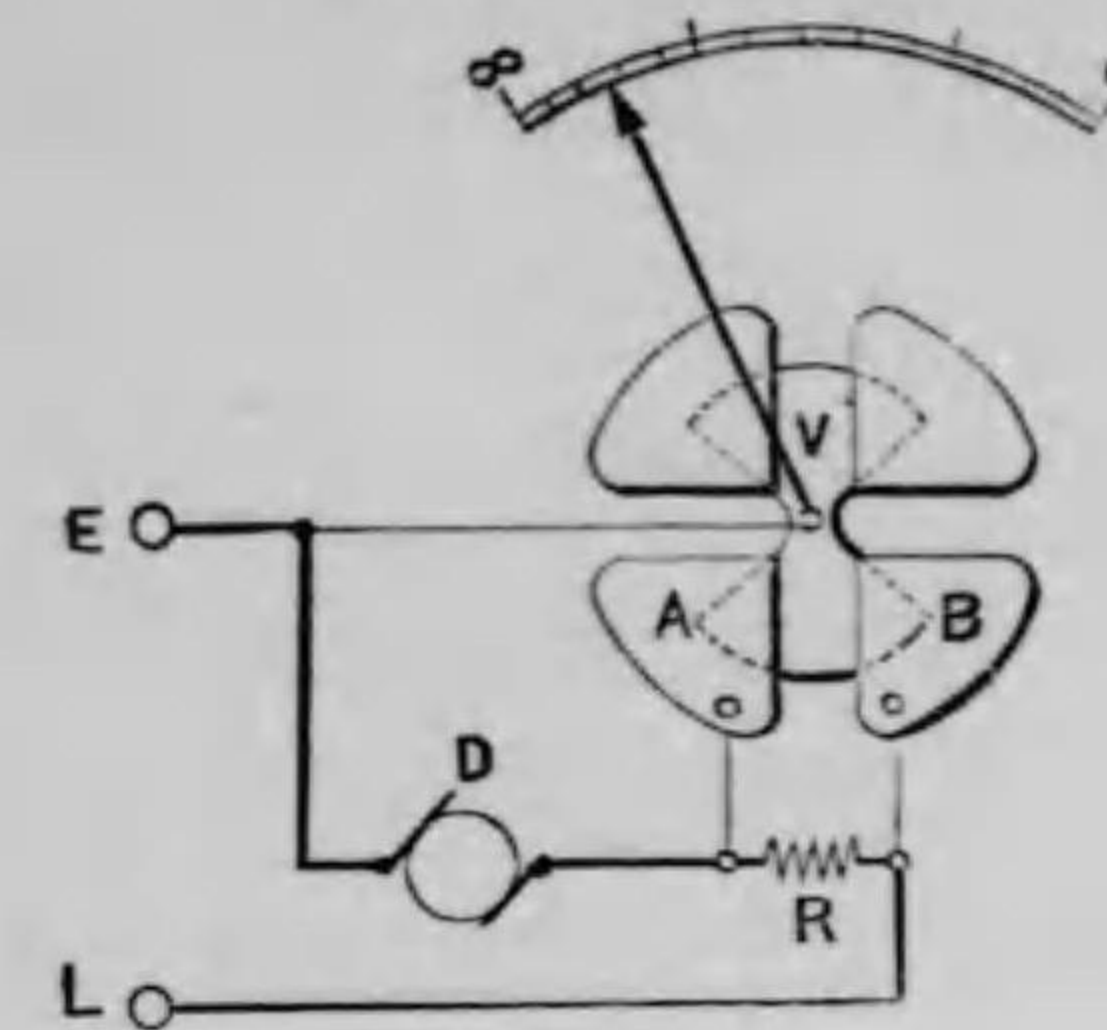
ブリッジ、メガガー接続圖

に接続せらる。同時に電壓線輪 P は直列抵抗と共に發電機の兩極の間に並列に接続せられて電壓の調整作用を爲す。又電流線輪 A の直列抵抗は切り放され、其線輪のみガルバノメーターの働きを爲し、乙圖の如き位置に接続せらる。又別に測定器内に装置せる比例抵抗はブリッジの二邊に接続せられ、斯くして完全なるホキートストーン、ブリッジを形成す。故に今比例轉換器の接觸子の位置を變へて 1, 10, 100 三種の比の何れかを使用し、又ブリッジ抵抗器の抵抗の値を適當に選ひ、ガルバノメーターの零位(目盛に INFINITY とある點)を指す場合にはホキートストーン、ブリッジの理論に依り、容易に抵抗の測定を爲す事を得べし。而して測定すべき抵抗の範圍を更に大にするには、測定抵抗とブリッジ抵抗との位置を換ふれば可なり。現在製作する普通型にてはメガガーは五千オーム以上、四十メガオーム迄測定し得る五百ヴォルト不變電壓發電機型にして、ブリッジは 0.01 オームより十萬オーム迄測定し得るものなり。

240. オーマー (Ohmer) 英國ナルダー、ブラザー

(Nalder Brothers & Co.) 製のオーマーと稱するは、靜電電壓計を用ひて絶縁抵抗を測定する方法に依るものにして、第四百四十七圖の如き接続に依り、磁石發電機 D の回路に R なる抵抗を接続し、其兩端を多房靜電電壓計の兩象

第四百四十七圖



ナルダーオーマー

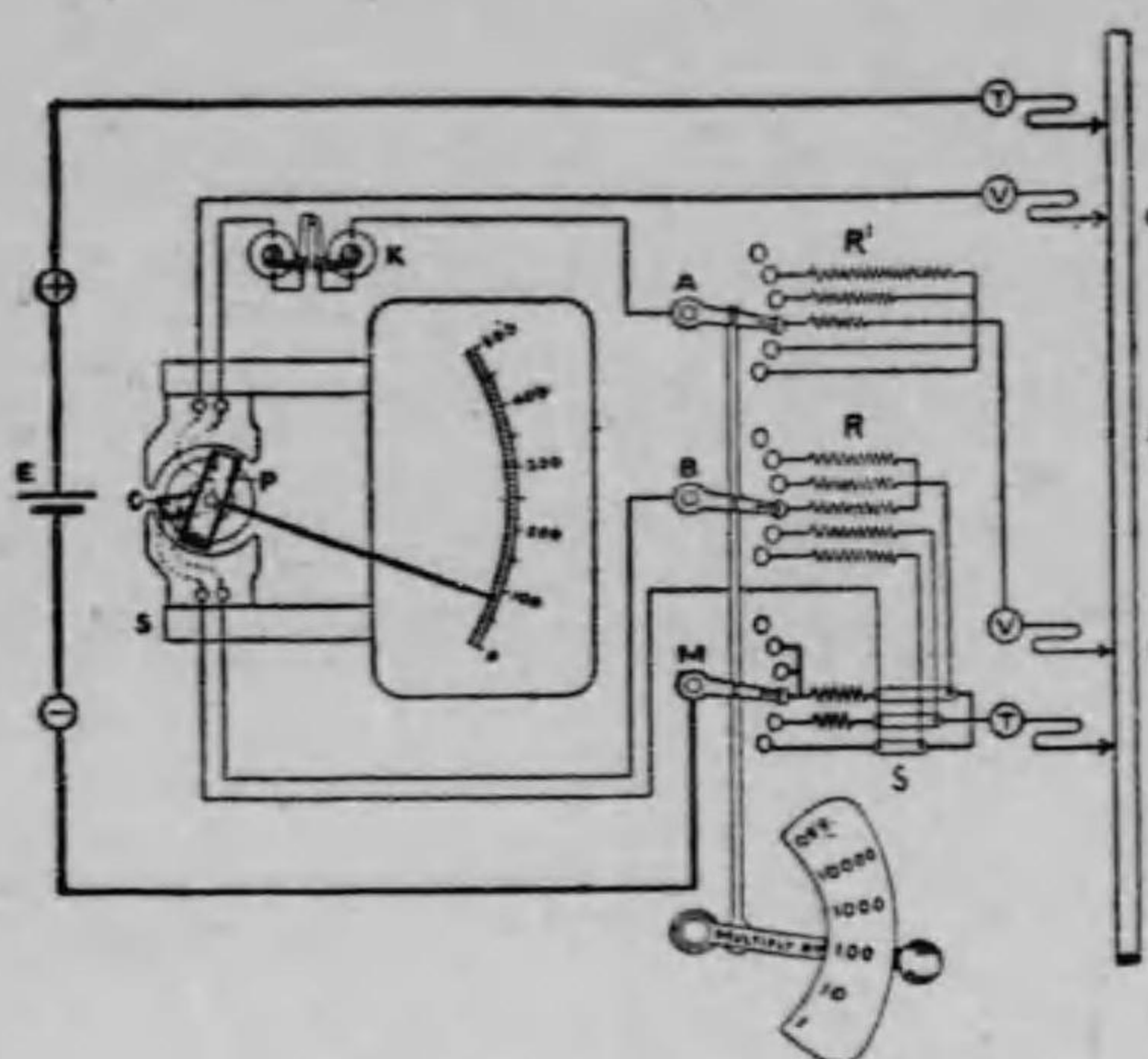
限 A 及び B に、又發電機の一極は可動片 V に接続するものとす。E を接地し L を線路に接続し、磁石發電機を發電すれば、若し E, L の間の抵抗無窮大ならば、R の兩端の電位等しく、従つて A, B は同電位にあるを以て、V は動かず、其指針は  $\infty$  の點を指す。然るに E, L 間の抵抗減ずる時には R 中に電流を生じ、R の兩端に於て電位の差生ずる爲め、従つて A, B 間に電位の差を生じ、V は一方に動き、指針は或値を指すべし。而して此電位の差は全く R 中の電流に依つて起るものなるを以て、指針の指示は E, L 間の抵抗の大きさを表はすべし。猶、發電機の電壓變動せば同時に V, A 及び V, B 間の電壓を變化すべきを以て、結局電壓の變動は目盛に影響せざる事となるべし。

241. ダクター (Ducter) ダクターと稱するは英國エバーシェットの製造に係る直讀抵抗測定器にして、低抵抗の測定に使用せらるるものなり。其構造はメガ



と極めて類似したりと雖も、電源としては発電機を用ふる必要なく、数箇の蓄電池を用ふ。第四百四十八圖は其接続圖にして、Pは電圧線輪、Cは電流線輪と稱せられ、Pは鐵心と極片との間の空隙に、又Cは鐵心を貫きて装置せられ、兩線輪は一定の角度に於て指針を附したる共通の軸に取付けらるゝ事、メーガ-の場合と同様なり。而してCは測定すべき低抵抗Xと共に電源に直列に接続せられたる分流器Sの兩端に接続せらるるを以て、C中の電流はX中の電流に比例し、又PはXの兩端に接続せる爲め、其電流はXの電壓降下に比例す。R及びR'は各線輪につなげる直列抵抗なり。Pは均一なる強さを有する向心磁界中を動くを以て、其受くる廻轉力は電流に比例し、換言すればXの電壓降下に比例し、其方向は電流の方向を適當にし左廻りと爲す。之に反してCの廻轉力は右廻りにして、其値は磁界の強さと共に右へ廻轉する程大となる。故に今上記の如き

第四百四十八圖



ダクター接続

次に、極めて類似したりと雖も、電源としては発電機を用ふる必要なく、数箇の蓄電池を用ふ。第四百四十八圖は其接続圖にして、Pは電圧線輪、Cは電流線輪と稱せられ、Pは鐵心と極片との間の空隙に、又Cは鐵心を貫きて装置せられ、兩線輪は一定の角度に於て指針を附したる共通の軸に取付けらるゝ事、メーガ-の場合と同様なり。而してCは測定すべき低抵抗Xと共に電源に直列に接続せられたる分流器Sの兩端に接続せらるるを以て、C中の電流はX中の電流に比例し、又PはXの兩端に接続せる爲め、其電流はXの電壓降下に比例す。R及びR'は各線輪につなげる直列抵抗なり。Pは均一なる強さを有する向心磁界中を動くを以て、其受くる廻轉力は電流に比例し、換言すればXの電壓降下に比例し、其方向は電流の方向を適當にし左廻りと爲す。之に反してCの廻轉力は右廻りにして、其値は磁界の強さと共に右へ廻轉する程大となる。故に今上記の如き

次の方法を用ふれば、Pの廻轉力  $D_1$  は E を X の電壓降下、 $K_1$  を常數として、

$$D_1 = K_1 E$$

にして、又  $i$  を X 中の電流、 $K_2$  を他の常數とせば、C に働く廻轉力  $D_2$  は其最小なる位置、即ち其線輪面の磁界に直角なる位置より  $\theta$  だけ廻轉したる場合に、

$$D_2 = K_2 i f(\theta)$$

なり。茲に  $f(\theta)$  は  $\theta$  に関する或函數なり。故に二つの廻轉力が平均し、可動部分の靜止したる場合には、

$$K_1 E = K_2 i f(\theta)$$

或は

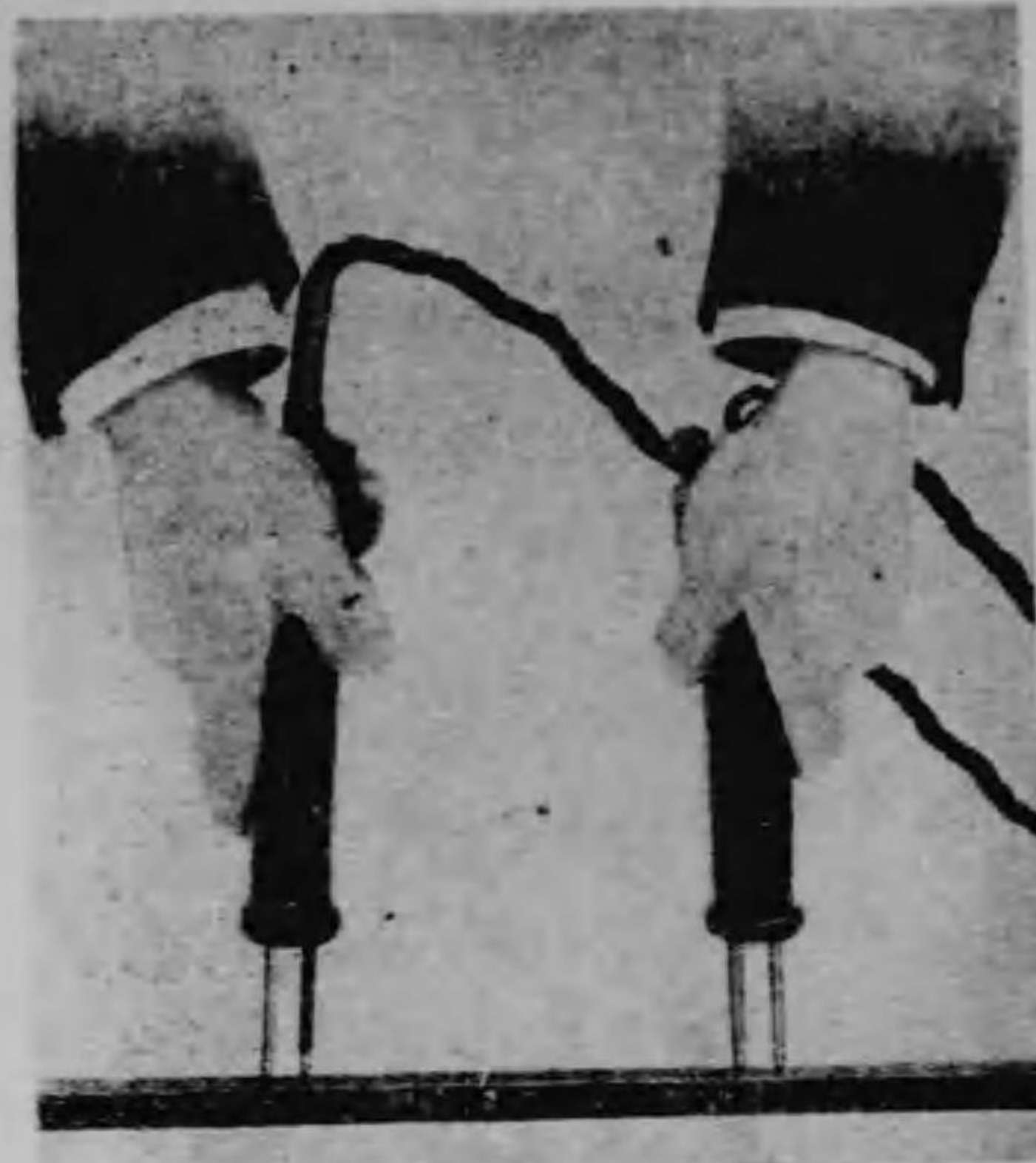
$$X = \frac{E}{i} \propto f(\theta)$$

即ち X の抵抗は可動部分の廻轉したる角度に關係し、角度の犬なる程抵抗の値も大となる。故に可動線輪に附したる指針に依りて目盛板の上に直接抵抗の値を指示せしむる事を得。而して極片、鐵心等の形を適當にしたる爲め、目盛は殆ど均一的なり。又一箇の測定器に依り數種の測定範圍に用ふる爲めに S, R, R' を同時に切換ふる開閉器 A, B 及び M を置き、是等の値を同時に變化す。即ち第一の位置に於ては一目盛は十マイクロームに當り、最後の位置にては 0.1 オームに當るものとす。

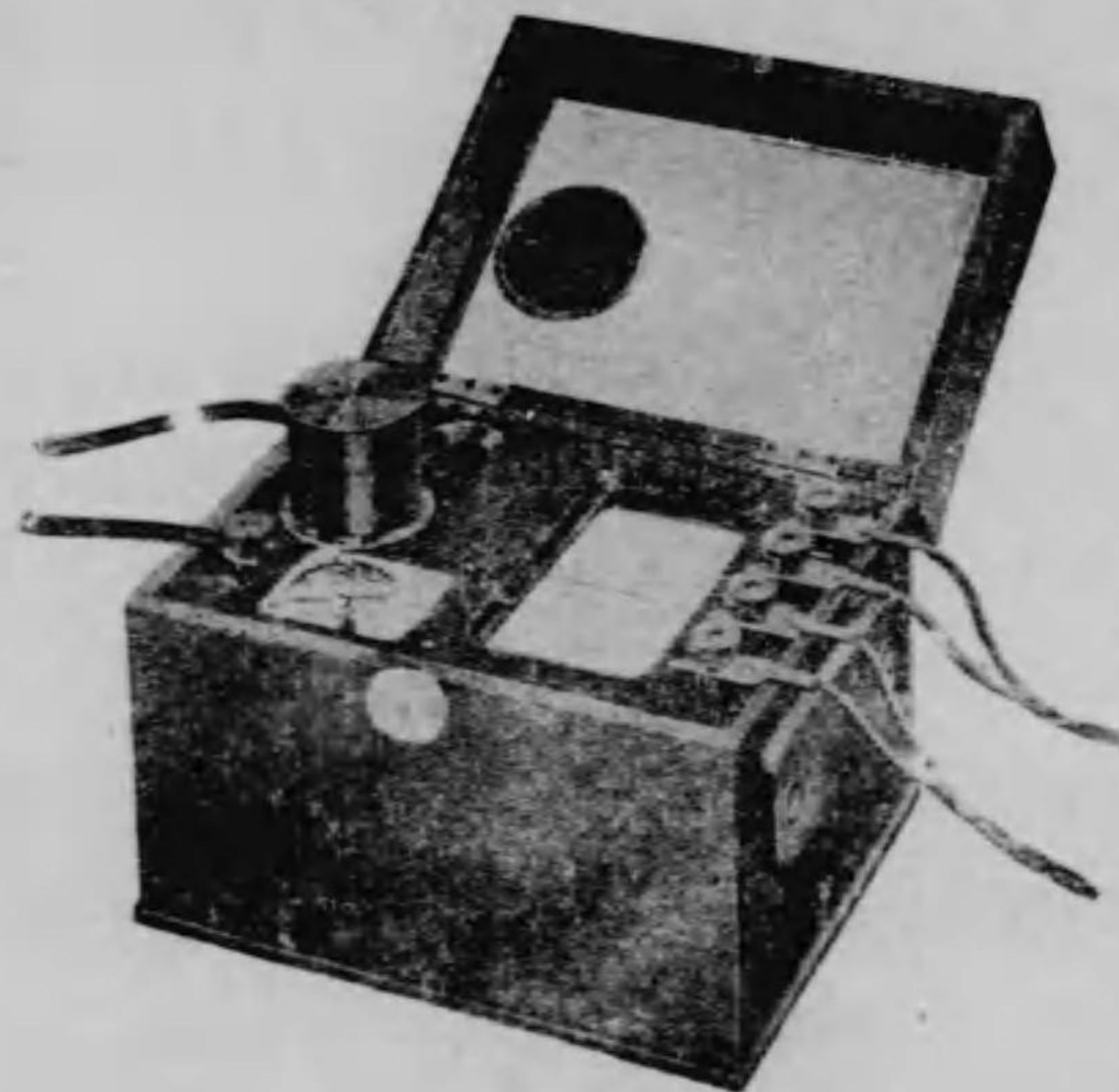
測定すべき抵抗に電流を出入せしめ、又電壓降下を測定する爲には第四百四十九圖に示すが如き釘 (Spike) を用ひ、其尖端を測定すべき抵抗に押し付くるものとす。



第四百四十九圖



ダクター用釘  
第四百五十圖



ダクター全形圖

通常電圧電流兩線輪に對する二本の釘を一本の筒の中に入れてるものを使用す。又測定回路の抵抗豫定以上に大なる時、又は導體中に切斷箇所ある場合には電圧線輪に加はる電圧急に大となり、之を燒損する事あるを以て、其回路に前圖のKなる電流遮斷器を置き、直ちに回路を切斷する方法を取る。此の遮斷器は又電流の方向の反對なる時にも動作するものとす。第四百五十圖は此の測定器の全形を示す。

## 第二項 携帶用試験装置

**242. 總說** 各種抵抗の測定は單に實驗室内のみならずして、屢々其物質の所在地に於て之を行ふべき必要あり。斯の如き目的に對して測定用装置、電源、檢測器等を一纏にし、之を携帶用に爲したる装置を名づけて携帶用試験装置 (Portable testing set) と云ふ。而して其重なるものは次の各種なり。

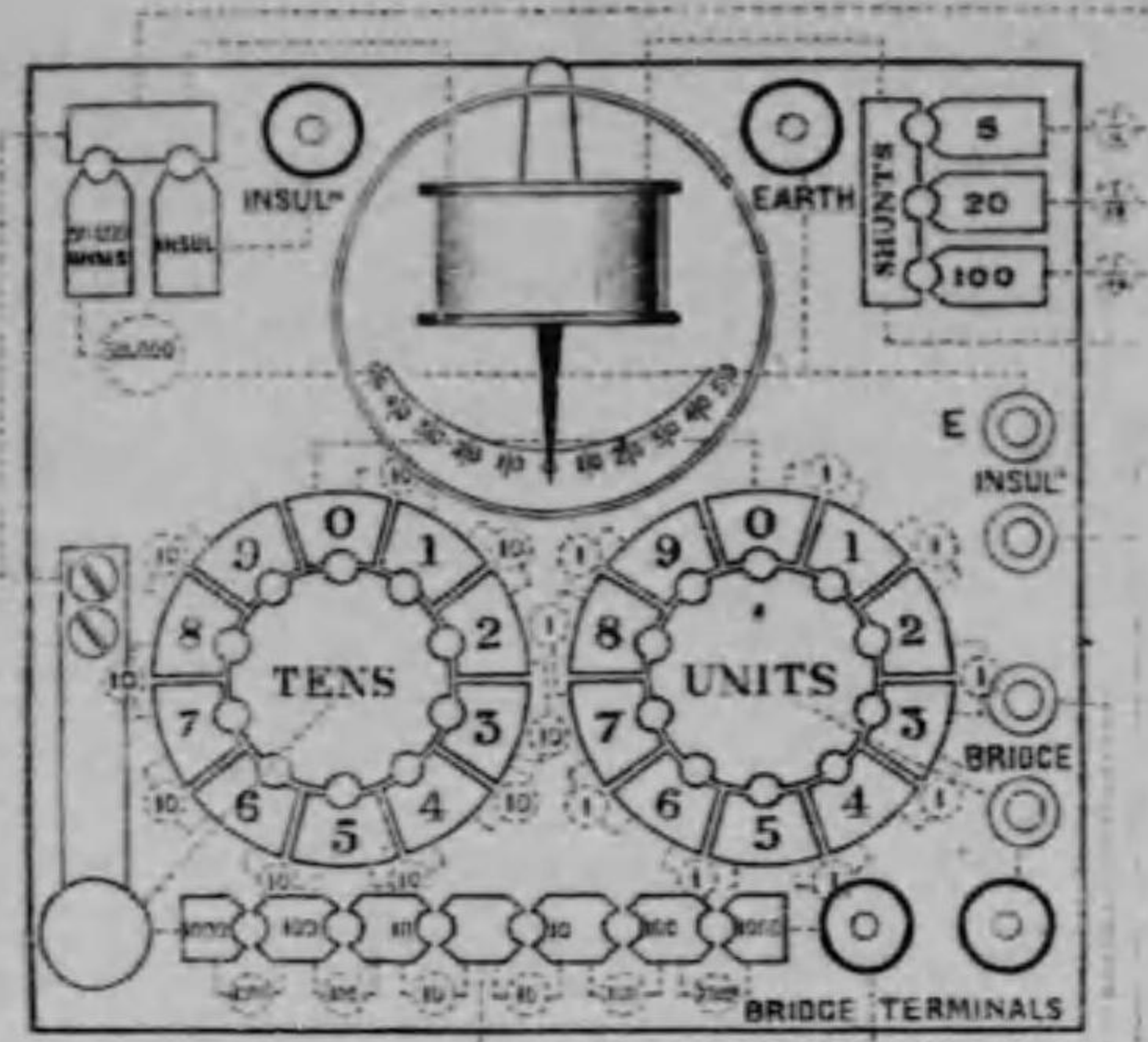
- (一) 導體抵抗及び絶縁抵抗の測定に適する試験装置。
- (二) 導體抵抗及び地板抵抗の測定に適する試験装置。
- (三) 電纜の故障點檢出用試験装置。
- (四) 電纜の故障點檢出と同時に電纜に關する各種の測定を爲し得る電纜試験装置。

次に其代表的と認むべき各種の試験装置の構造を説明せん。

**243. シルバートウン試験装置 (Silvertown testing set)** 英國シルバートウンなるインディヤラッパ、ガッタパーチャー、エンド、テレグラフ、ウォークス、コムバニー (India Rubber, Gutta Percha and Telegraph Works Co.) の製作するシルバートウン試験装置は導體抵抗及び絶縁抵抗の測定に使用するものにして、其接續圖は第四百五十一圖に示すが如し。導體抵抗測定に對する可變抵抗は一オーム九箇、十オーム九箇あり、十進法配置の栓型抵



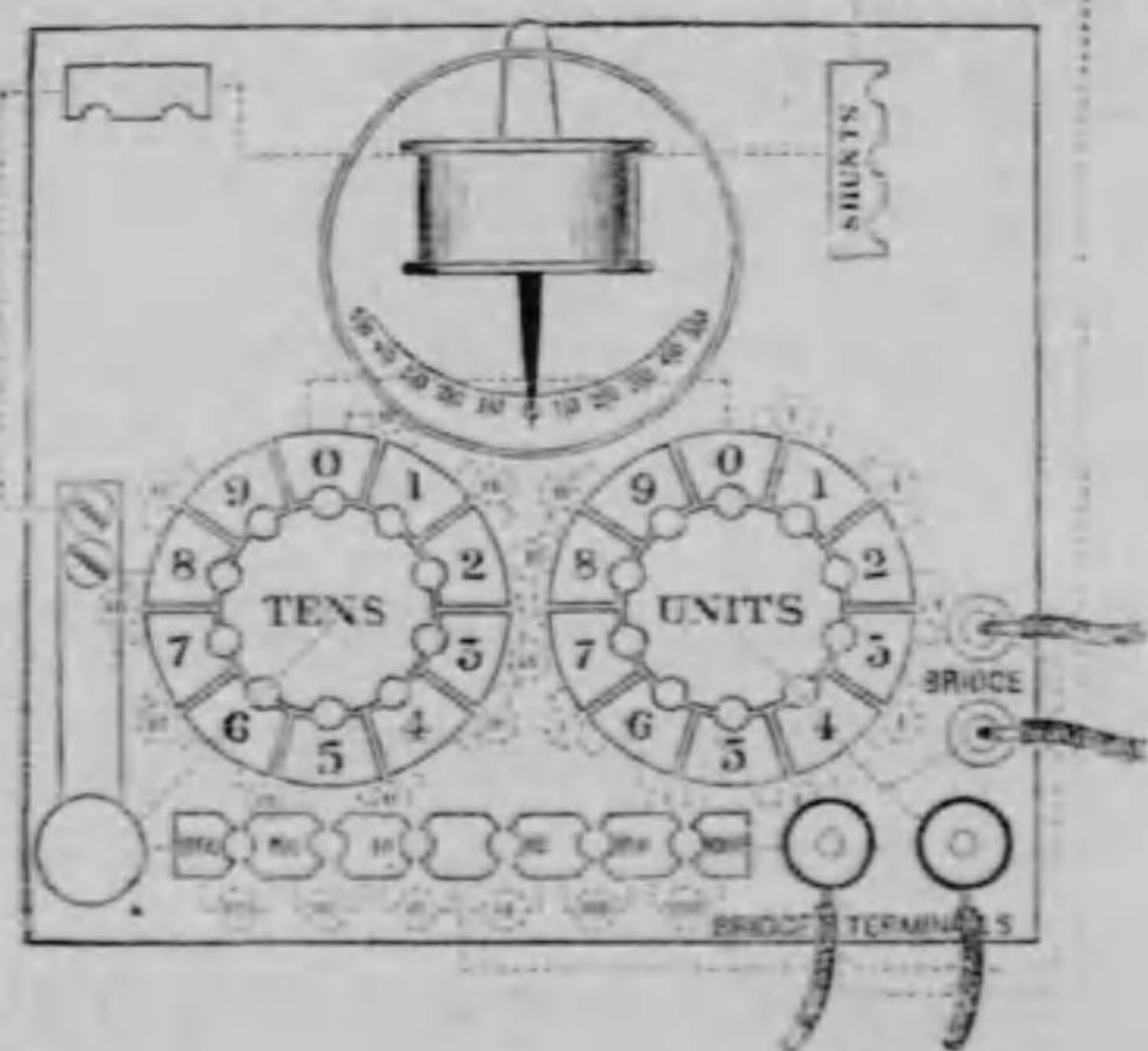
第四百五十一圖



シルバータウン試験装置

之を用ひて抵抗の測定を爲す場合の接続は第四百五十二圖甲に示すが如くにして、BRIDGEと記せるターミナルに電池、BRIDGE TERMINALSと記せるターミナルに

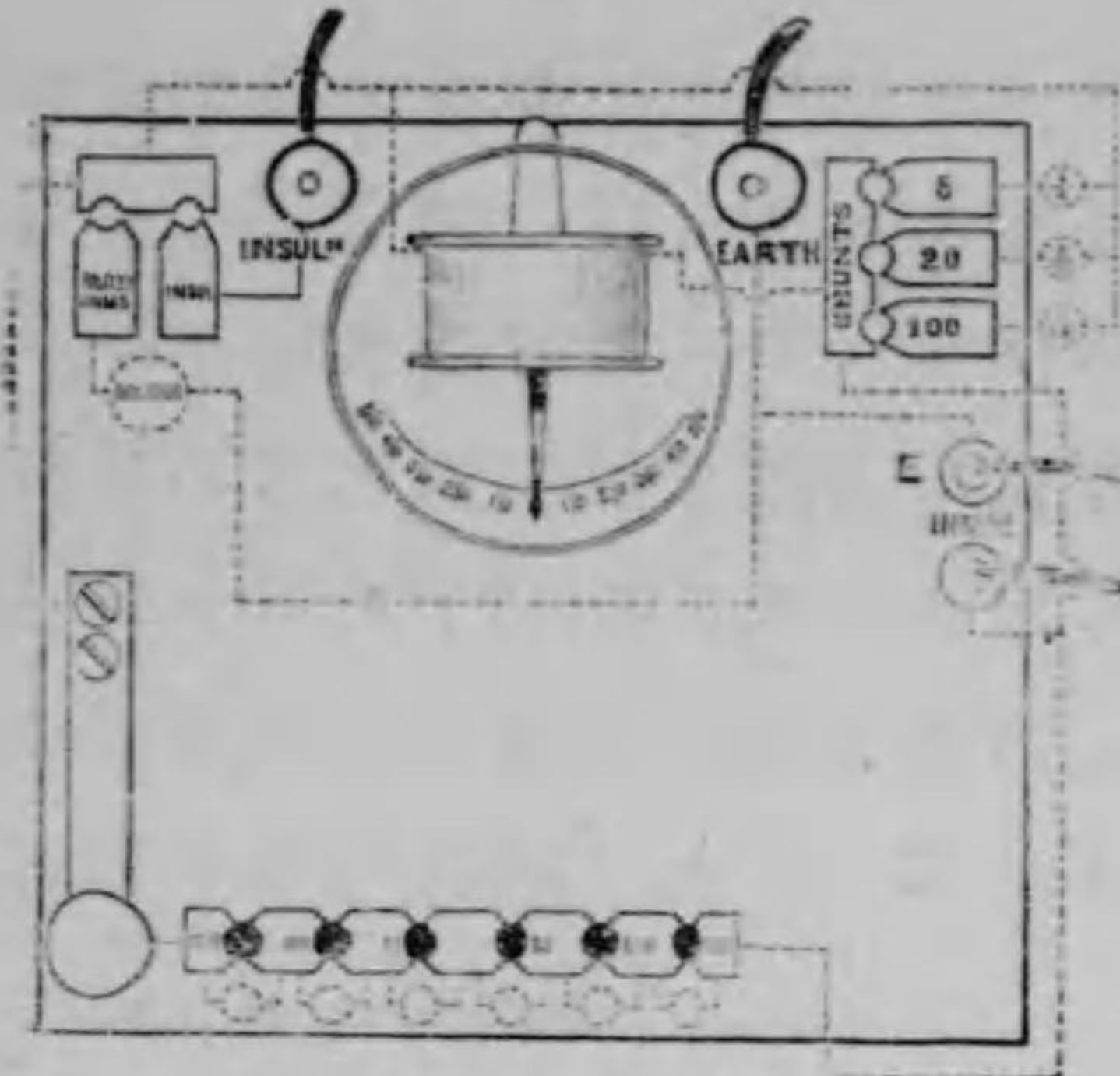
第四百五十二圖 甲



抗器より成る。比例邊には十オーム、百オーム、千オームの栓型抵抗二箇宛あり。ガルバノメーターは可動磁針型指針ガルバノメーターにして、試験装置の内に取付けらる。

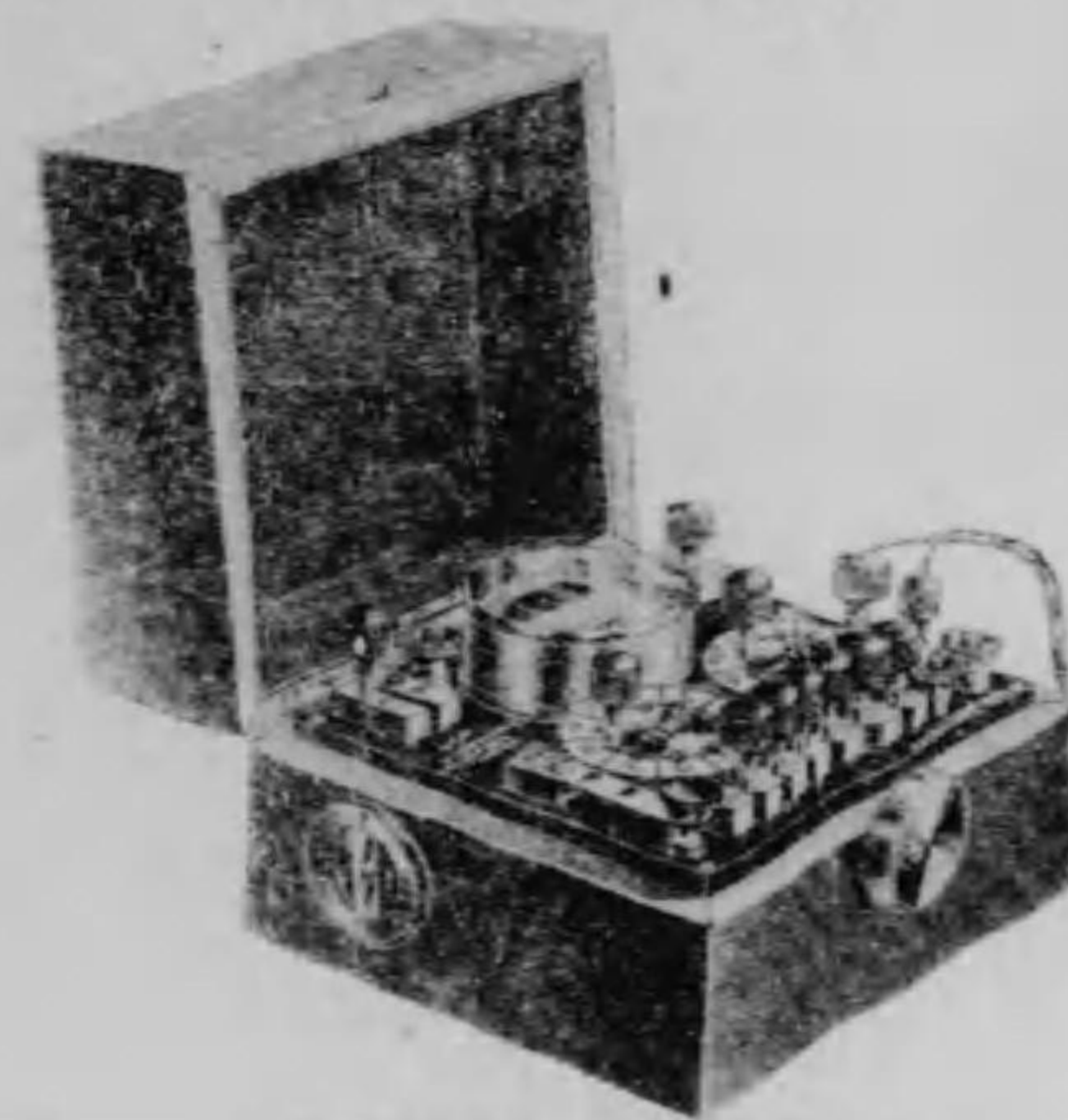
測定すべき抵抗を接続し、ホキートンブリッジ法に依りガルバノメーターの零位を見て抵抗の測定を爲す。次に絶縁抵抗を測定するには同圖乙の接続圖に依り左方のINSULと記

乙



シルバータウン試験装置

第四百五十三圖



シルバータウン試験装置

爲に分流器(SHUNTSと記す)の孔の何れかに栓を挿入。第四百五十三圖は其全形を示す。

244. シーメンス、ユニバーサル、ガルバノ

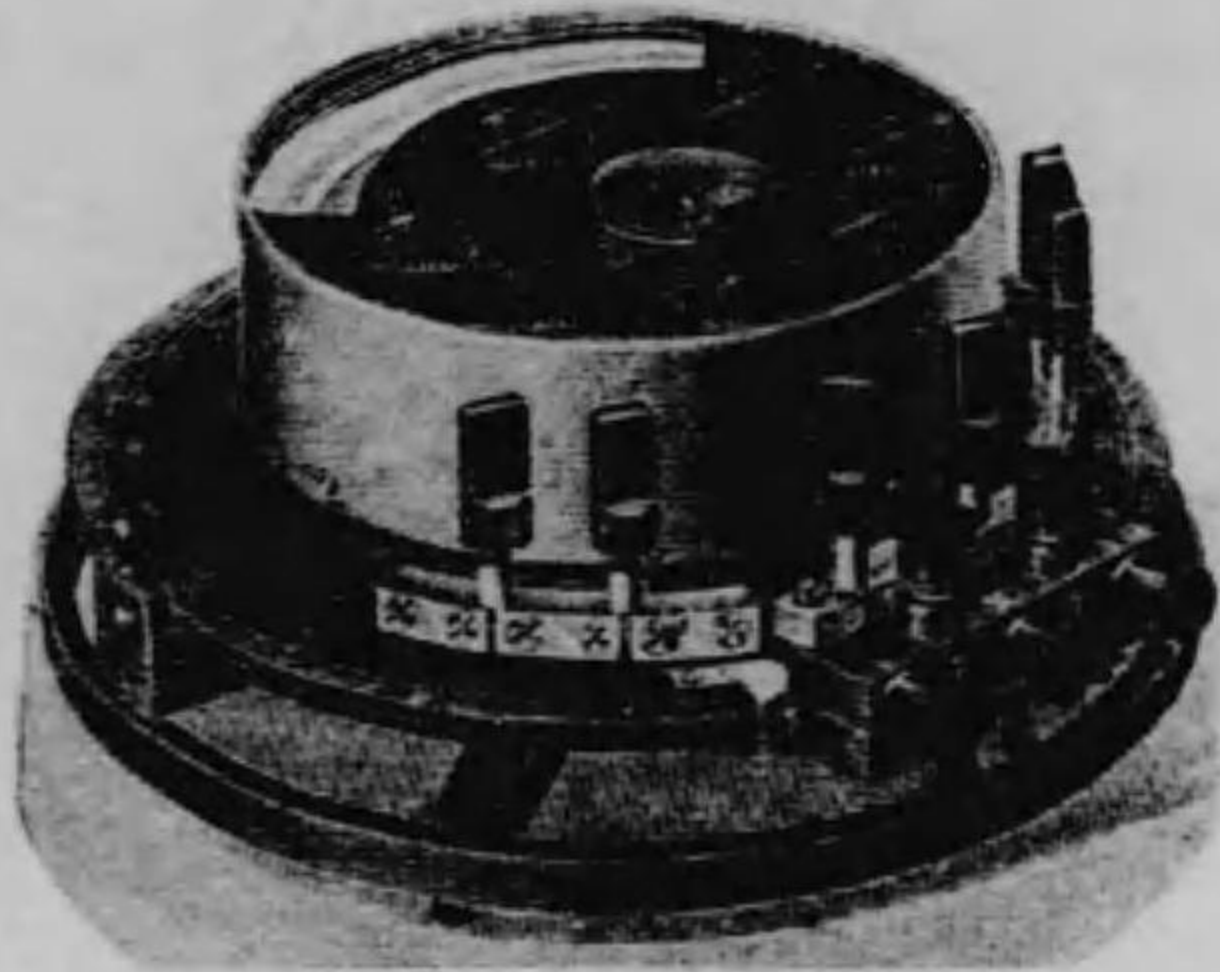
せるターミナルを絶縁電線に、EARTHを大地に、右のINSULを電圧高き電源に接続し、比例邊は凡て短絡す。此時50,000 OHMSの栓を挿せば、五萬オームの抵抗ガルバノメーターに直列

に入るを以て、之にてガルバノメーターの定数を定め置き、次に之を抜きてINSULの栓を挿せば、直偏法に依りガルバノメーターの偏れより、絶縁抵抗を測定することを得るなり。而してガルバノメーターの偏れを充分大ならしむる



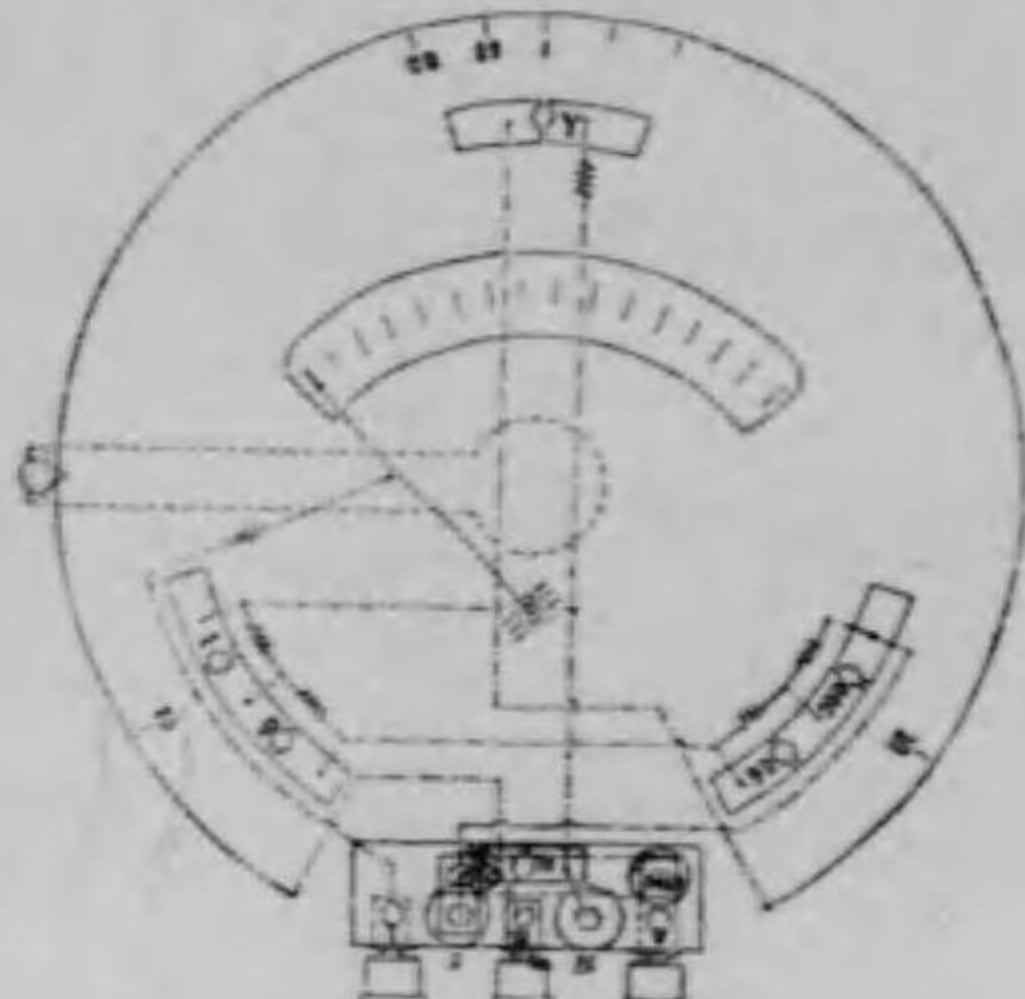
メーター (Siemens Universal-galvanometer) シーメ  
 ンス、ユニバーサル、ガルバノメーターは導體抵抗、絶縁抵  
 抗、地板抵抗の測定の外、電流及び電壓の測定にも使用し  
 得るものにして、ガルバノメーターは可動線輪型ガルバ  
 ノメーターにして、其容器の周圍に摺動線を圓形に張り、  
 之に摺動子を接觸せしむる事第四百五十四圖全形圖に  
 依りて明かなるべし。第四百五十五圖は其接續圖にし  
 て、比例抵抗は一、九、九十、九百オームの四箇の栓型抵抗よ

第四百五十四圖



シーメンス、ユニバーサル、  
 ガルバノメーター接續

第四百五十五圖

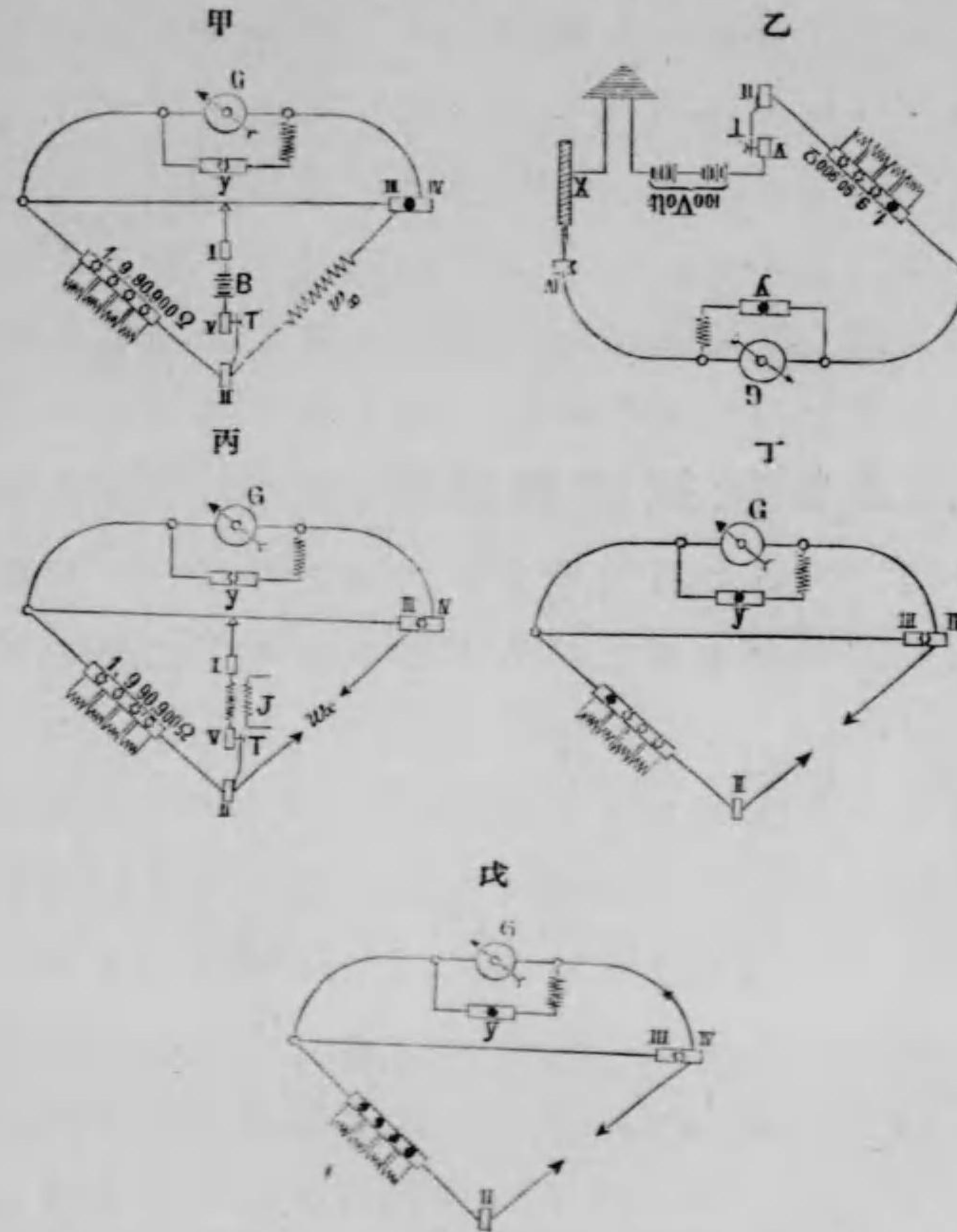


シーメンス、ユニバーサル、  
 ガルバノメーター

り成り、栓に依りて一、十、百、千オームの抵抗を得べし。測  
 定すべき抵抗及び電源に對して I, II, III, IV, V の五箇の  
 ターミナルあり。而して III, IV の間に短絡用栓、又ガル  
 バノメーターの兩端の間に分流器を接續する爲の栓 Y  
 あり。此測定器を用ひて導體抵抗の測定をなす場合の  
 接續は第四百五十六圖甲の如く、III, IV の間に栓を入れ

I, V の間に電池 B、II, III の間に測定すべき抵抗  $w_x$  を  
 接續す。絶縁抵抗の測定に對しては同圖乙の接續に依  
 り、IV に電線を、V に電池の一極を接續し、電池の他極は  
 接地す。ガルバノメーターには分流器を置き、比例抵抗  
 はガルバノメーター定數を定むる爲に使用せらる。地

第四百五十六圖



シーメンス、ユニバーサル、カルバノメーター使用法



板抵抗の測定には同圖丙の接続に依り I, V の間に誘導線輪を接続し、III, IV の間の栓を取りガルバノメーターを外し、III と抵抗 1 の端との間に電話受話器をつなく。電流の測定に對しては同圖丁の接続に依り比例抵抗は凡て短絡し、ガルバノメーターに分流器を置き、II, IV を測定すべき電流の回路に入る。○一五アムペア迄は直接に讀む事を得、其以上に對しては分流器を用ふ。電壓の測定に對しては、同圖戊の接続に依りガルバノメーターには分流器を置き、II IV の間に測定すべき電壓をつなく。百五十ヴォルト迄は直接に讀まれ、其以上には直列抵抗を置く。而して電流、電壓の測定に對しては摺動線の要なきを以て III, IV 間の栓を抜き置くものとす。

**245. 地板抵抗試験装置** 避雷針其他の地板の抵抗を測定するを目的とする試験装置にして、同時に導體抵抗の測定をも爲し得るものもあり。二三の例を擧げん。

**ニッポルト電話ブリッジ** (Nippoldt Telephone bridge) ニッポルト電話ブリッジに於ては、受話器の外函に圓形の摺動線を置き、受話器を耳に當てながら摺動子を動かしてブリッジの平衡を得る方法を用ふ。第四百五十七圖に示すは其受話器にして、外函の表面に摺動線の目盛を盛り、中央の部分を廻せば摺動子は動き、指針に依りて其位置を知り得るものとす。目盛は直ちにオームにて表はさる。

第四百五十八圖に示すは其接続にして T は受話器、AB は摺動線、r は既知抵抗にして一オーム、十オームの二種

第四百五十七圖



ニッポルト電話ブリッジ

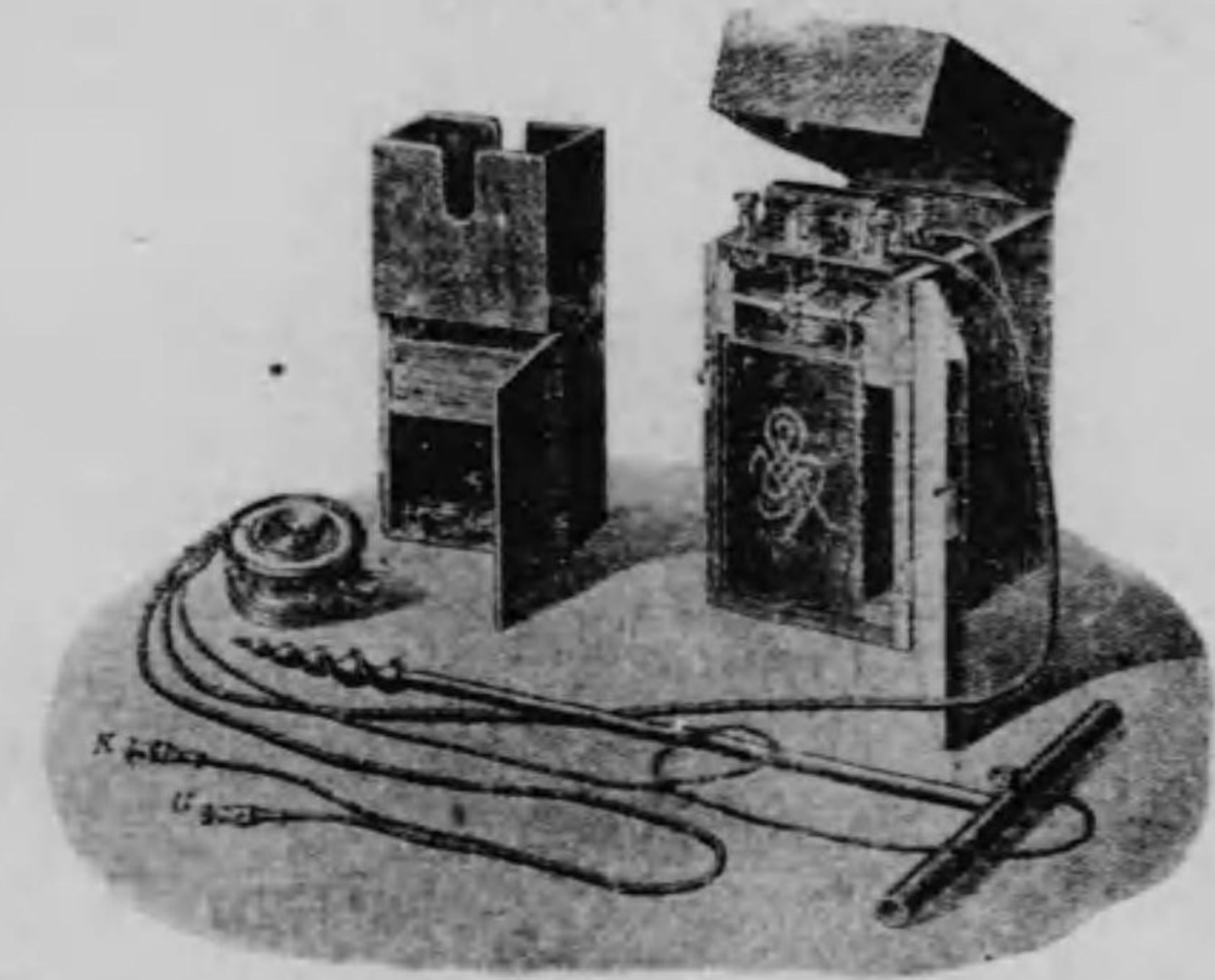
第四百五十八圖



ニッポルト電話ブリッジ接続

あり。切換開閉器に依り切り換ふるものとす。従つて摺動線の目盛は二種に盛らる。I は誘導線輪なり。之を普通の方法にて、三箇の地板ある時の測定法に用ふるには、開閉器 U を I の方に置き、ヴェーヘルトの法に使用する時には、II の方に切り換ふるものとす。此ブリッジにて 0.01 オームより千オーム迄の抵抗を測定する事を得。又此ブリッジに於

第四百五十九圖



ニッポルト電話ブリッジ全形



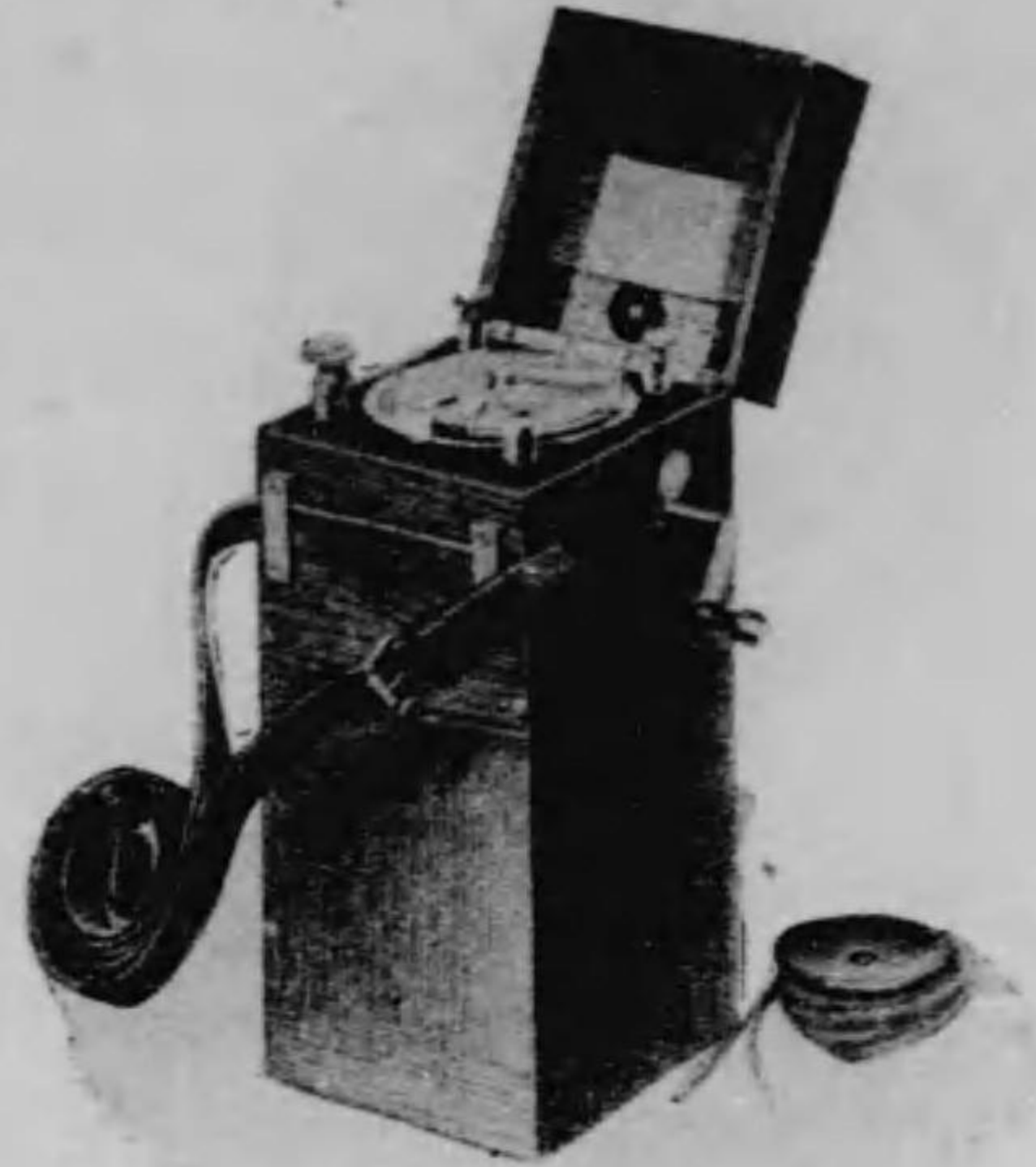
てIの代りに電池を置き、 $g_1, g_2$ の間にガルバノメーターを入れ、Tを切り放せば導体の抵抗測定にも用ひ得べきなり。第四百五十九圖は此ブリッジ、誘導線輪及ヴェーヘルト法用接地装置を示す。

第四百六十圖

## シエンス電話ブリッジ

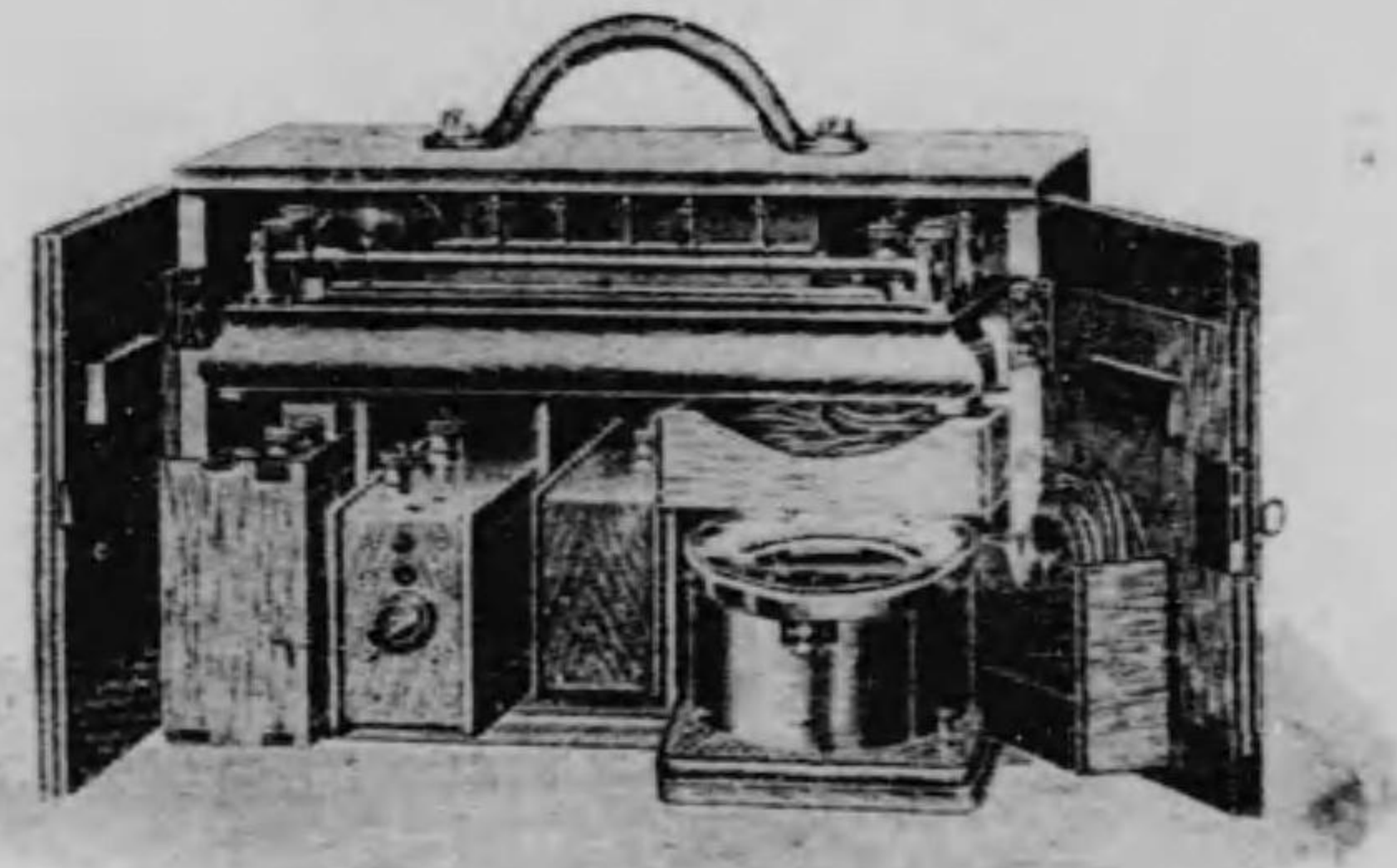
(Siemens Telephone bridge)

第四百六十圖に示すが如き圓形の摺動線を有し、零乃至五百オームの抵抗の測定に適す。切換に依りヴェーヘルトの接続にも用ひられ、又電話をガルバノメーターに換へ、導体抵抗の測定にも用ひらる。



シエンス電話ブリッジ

第四百六十一圖

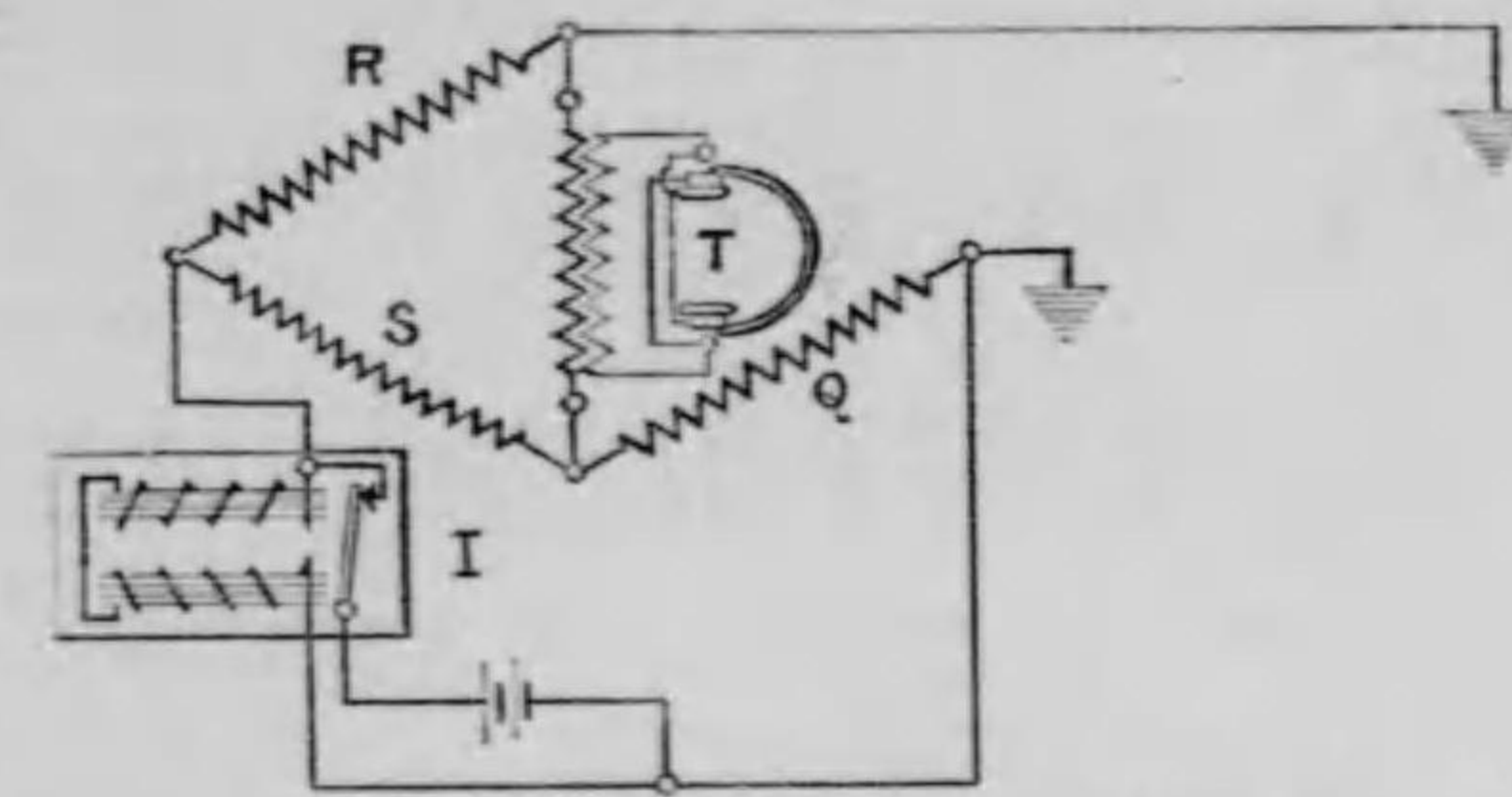


ハートマン携帯用ユニバーサルブリッジ

ハートマン、ユニバーサルブリッジ (Hartmann & Brawn Universal bridge) リーズ、オームメーター (Leeds Ohmmeter) 及セージ、オームメーター (Sage Ohmmeter) 前に述べたるユニバーサルブリッジ及びオームメーターも同じ目的に使用せられ、ユニバーサルブリッジには携帯に便なる様、第四百六十一圖の如き外函中に全部の装置を藏めたるものあり。

ベル電話會社電話ブリッジ (Bell Telephone Co. Telephone bridge) 第四百六十二圖に示すは米國ベル電話會社の使用する電話ブリッジにして、Iは發音用バザー(二箇の

第四百六十二圖



ベル電話會社電話ブリッジ

乾電池共)、Tは受話器(中繼線輪共)にして、兩耳に對して二箇の受話器を置く。比例邊R、Sは各五百オームの抵抗を有し、別に摺動線を用ひず、可變抵抗Qを使用して一オームより千オーム迄の地板抵抗を測定する事を得。

## 246. 故障點檢出器 (Fault finder) 及電纜試驗



**装置**(Cable testing set) 絶縁電線の抵抗容量の測定、各種の故障点検出法、地板抵抗の測定等を容易に行ひ得る様、特殊の配置を有する携帯用試験装置は種々なる製造者に依りて製造せらる。其重なる種類を挙げれば米國リーズ、エンド、ノースラップ製故障点検出器(Leeds and Northrup Fault finder)。同會社製電力線用故障点検出器(Bridge for locating faults in power circuit)。同會社製フィッシャー電纜試験装置(Fisher Portable cable testing set)。獨逸シエメンス製電纜試験装置(Siemens cable testing set)。同國ハートマン、ブラウン製故障点検出装置(Hartmann & Brawn Apparate zur Fehlerortsbestimmung an Kabeln)。英國ポール製萬能試験装置(Paul Universal testing set)等なり。其構造何れも類似にして前に述べたる各種の測定方法を容易に行ひ得る様に爲したるに過ぎざるを以て、今茲に一々之を記述せず。詳細を知らんとせば、須らく各社の型録を参照すべきなり。

## 第七章 電力測定法

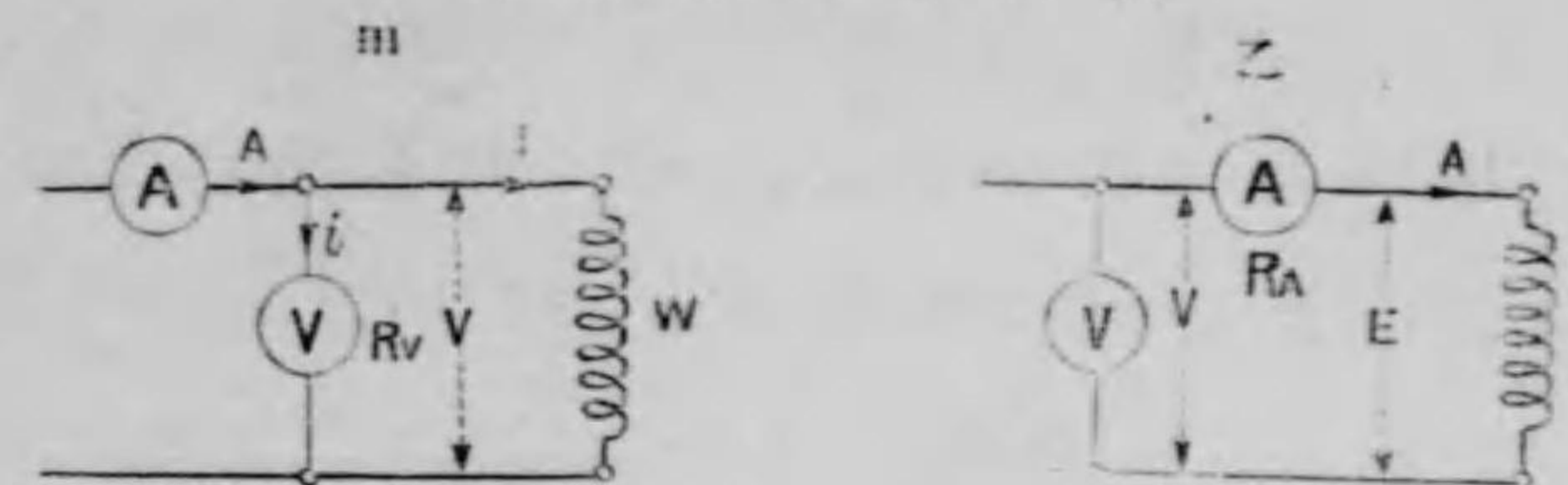
### 第一節 直流及單相交流電力測定法

#### 第一項 直流電力測定法

#### 247. 電流計及電壓計を用ふる直流電力測定法

直流回路に於ける電力は其回路の電流と電壓と

第四百六十三圖



電流計及電壓計を用ふる直流電力測定法

の積なり。従つて電流計を用ひて電流を測定し、又電壓計を用ひて電壓を測定すれば、其積より直ちに電力を決定し得べきなり。今第四百六十三圖甲に於て、 $W$ を負荷の電力、 $V$ を静電電圧計にて測定せる電圧の値、 $A$ を電流計にて測定せる電流の値とすれば、電力 $W$ は簡単に其積より

$$W = VA$$

として決定する事を得べし。次に電壓計として静電電



電圧計の代りに他の種類の電圧計を使用したりとせば、上記の結果に若干の修正を必要とすべし。何となれば電圧計が静電電圧計以外の場合には、常に其内に若干の電流流入するが爲め、上記の接続に於て電流計の読み  $A$  は負荷中の電流  $I$  と同一にあらずして、之に電圧計中の電流  $i$  の加はりたるものなるを以てなり。即ち

$$A = I + i$$

なり。故に

$$\begin{aligned} VA &= V(I + i) \\ &= VI + Vi \\ &= VI + \frac{V^2}{R_v} \end{aligned}$$

茲に  $R_v$  は電圧計の抵抗を表はす。即ち電圧計の読みと電流計の読みとの積は、眞の電力  $VI$  にあらずして之に電圧計中の損失  $\frac{V^2}{R_v}$  の加はりたるものとなるなり。而して通常電圧計の損失は極めて小なるを以て、稍大なる電力の測定に當りては此修正を行はざるとも大なる誤差を生ずる事なけれど、測定すべき電力の小なる場合には必ず之を行はざるべからず。次に第四百六十三圖乙に於けるが如き接続に依れば、測定電力中には甲圖に於けるが如き電圧計損失の加算せらるゝ事なきも、此場合に於ては電圧計の測定する電圧は、負荷の電圧に電流捲線の電圧降下の加はりたるものにして、 $E$  を負荷の電圧、 $R_A$  を電流計の抵抗とせば、

$$V = E + AR_A$$

となるべきを以て、結局

$$VA = EA + A^2R_A$$

となり、 $VA$  の中には眞の電力  $EA$  の外電流計内の損失  $A^2R_A$  の加算せらるべく、此場合にも測定電力の小なる時には、電流計損失に對する修正を必要とする事明かなり。而して二つの場合を比較するに、修正を無視する時には甲圖の接続の方低壓大電力の測定に適し、乙圖の接続は高壓小電力に適すべし。又普通の大きさの電力に於ては、一般に電流計損失の方電圧計損失より小なるを以て、乙圖の接続を用ふるを可とすべし。猶ほ修正を行ふ場合に於ては甲圖の方精確なり。何となれば電流計の抵抗は極めて小なる爲め、接続部分の抵抗等混入し來り、抵抗の正確なる値を知り難きを以てなり。

#### 248. 電位差計を用ふる直流電力測定法

電位差計を用ひ、電圧と電流とを別々に測定し、其積より電力を決定する方法に關しては、第五節(449頁)中に之を述べたり。此場合に於ては、電位差計中には電流の流入なきを以て上記の修正を必要とせざる事明かなり。此方法は多く電力計の較正試験に用ひらる。

#### 249. 電力計を用ふる直流電力測定法

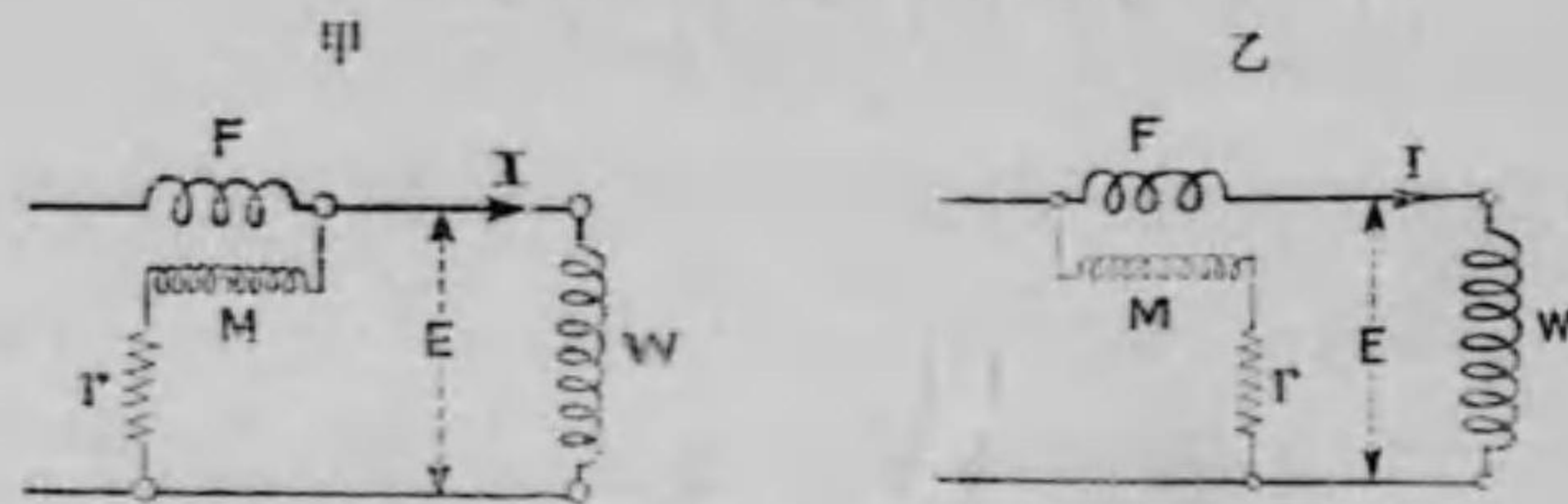
電力計 (Wattmeter) と稱するは、直接電力を指示する測定器にして、其直流回路の電力の測定に使用し得べきものに、電



流力計型、静電型、熱線型等あり。然れども其最も普通に用ひらるゝは電流力計型なるを以て、次に電流力計型電力計を用ふる方法を述べん。猶電流力計型以外の電力計を用ふる方法及び電流力計型電力計の構造特性等に関しては第三節に於て之を述べん。

電流力計型測定器の構造に関しては、第三章中にも詳述したる如くにして、動作部分は可動線輪と固定線輪とより成り、電流又は電圧の測定器に於ては之を直列又は並列に接続するものなるが、電力の測定に當りては第四百六十四圖甲に示す如く之を分離して、可動線輪Mは細

第四百六十四圖



電力計を用ふる直流電力測定法

線を捲きて作り、直列抵抗 $r$ と共に之を負荷に並列に、又固定線輪Fは太き線にて捲き、之を負荷に直列に接続するものとす。従つて可動線輪には負荷の電圧に比例する電流流れ、固定線輪には負荷の電流流るべきを以て、前者を電圧線輪 (Pressure coil) 後者を電流線輪 (Current coil) と名づく。或は其接続方法より夫々並列線輪 (Shunt coil) 及び直列線輪 (Series coil) とも名づけらる。而して可動

線輪の受くる廻轉力Dは、一般に可動固定兩線輪中の電流 $i$ 及びIの積に比例するものにして、大體に於てKを常數として

$$D = KIi$$

の關係にあり。尤も指針型電流力計の場合にはKは可動線輪の位置に依りて變化し、定數にあらざる事前に述べたる所の如し。上記の關係に於て可動線輪中の電流 $i$ は其回路の抵抗一定ならば、負荷の電圧に比例すべきを以て、Eを電壓、Wを電力、 $K_1$ を他の常數として、

$$D = K_1 IE$$

$$= K_1 W$$

となり、廻轉力は大體に於て電力に比例する事となるべく、之に適當なる制御装置を備へ、此廻轉力に反抗せしむれば、可動線輪の廻轉したる角度が直ちに電力の値を指示する事となるべし。例へば螺旋制御を使用する場合に於ては、其制御廻轉力Tは可動線輪の廻轉角 $\theta$ に比例すべきを以て、 $K_2$ を他の常數として

$$T = K_2 \theta$$

故に可動線輪の靜止する場合には、

$$D = T$$

或は

$$K_1 W = K_2 \theta$$

$$\therefore W \propto \theta$$

にして、電力の値は直接 $\theta$ に依りて表はさるゝを知る。



即ち斯の如き測定器を用ふれば、直接可動線輪の廻轉角より電力を測定する事を得るなり。

此場合に於ても電圧計及び電流計を用ふる場合と類似の理由に依り、電力計の指示は眞の電力とならずして之に對して多少の更正を必要とするなり。即ち上圖の接續に於ては電力計の指示する電力  $W$  は、 $EI$  を負荷電力、 $i$  を可動線輪中の電流とすれば、

$$\begin{aligned} W &= (I+i)E \\ &= EI + Ei = EI + \frac{E^2}{R_M} \end{aligned}$$

茲に  $R_M$  は可動線輪の抵抗(直列抵抗共)なり。即ち電力計の指示は實際の負荷よりも可動線輪回路中の損失所謂分路損失(Shunt loss) 丈け大なり。又第四百六十四圖乙の如き接續に於ては  $R_F$  を固定線輪の抵抗として、

$$\begin{aligned} W &= I(E + IR_F) \\ &= IE + I^2 R_F \end{aligned}$$

$W$  は固定線輪の損失所謂直列損失(Series loss) 丈過大なり。是等の損失は通常其値小なるを以て、測定すべき電力の大なる場合には之を無視して可なるも、電力の小なる時には指示に對して更正を行はざるべからず。而して二つの場合を比較するに、更正を無視する時には甲圖の接續の方低壓大電力の測定に適し、之に反して乙圖の接續は高壓小電力に適すべし。又普通の大きさの電力に於ては一般に分路損失の方直列損失より大なるを以て、

乙圖の接續を用ふるを可とすべし。猶ほ更正を行ふ場合に於ては、甲圖の方精確なり。何となれば電流線輪の抵抗は極めて小なる爲め、接續部分の抵抗等混入し來り、抵抗の正確なる値を知り難きを以てなり。

## 第二項 單相交流電力測定法

**250. 電流計電圧計及力率計を用ふる單相交流電力測定法** 單相交流負荷の實効電圧  $V$ 、實効電流  $A$  にして、力率  $n$  なりとせば電力  $W$  は、

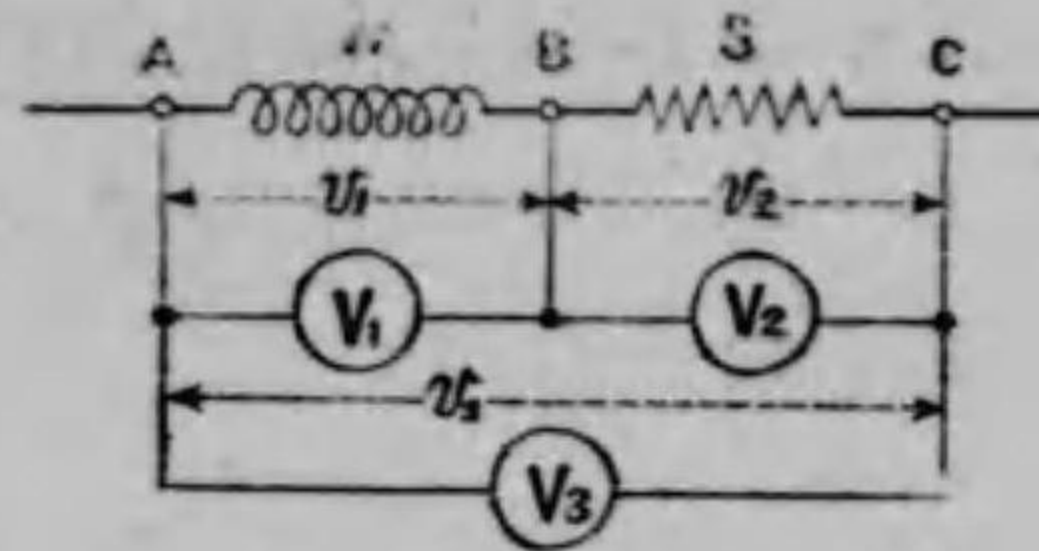
$$W = VAn$$

を以て表示せらるべきものなるを以て、 $V$  を電圧計にて、 $A$  を電流計にて、又  $n$  を力率計にて測定すれば、電力は計算に依りて求めらるべし。而して此場合に於ても、直流電力の測定に於て述べたると同様の理由に依り、接續方法の區別に従ひ電流計、電圧計又は力率計の損失が測定電力中に加算せらるべきを以て、小電力測定の場合には之に對して更正を必要とする事明かなり。

**251. 三電圧計法 (Three voltmeter method)** エヤトン(Ayrton)及びソムプナー(Sumpner)の初めて行ひたる方法にして、三箇の電圧計の読みより、單相交流回路の電力を決定する方法なり。第四百六十五圖に於て  $AB$  を電力  $W$  なる負荷とし、之に直列に値  $S$  なる無誘導抵抗  $BC$  を接續し、 $AB$ 、 $BC$  及び  $AC$  間に各一箇の交流電圧計



第四百六十五圖



三電圧計法に依る電力測定法

を接続したりとせよ。今或瞬間に於て AB, BC 及び AC 間の電圧の瞬時値を各  $v_1, v_2$  及び  $v_3$  とし、其時の負荷中の電流の瞬時値を  $i$  なりとせば、

$$v_3 = v_1 + v_2$$

$$\therefore v_3^2 = v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2$$

然るに

$$v_2 = Si$$

$$\therefore \frac{1}{2S}(v_3^2 - v_1^2 - v_2^2) = v_1i$$

各項に  $dt$  を乗じ、其値を一周期  $T$  の間積算し之を  $T$  にて除すれば、

$$\frac{1}{T} \int_0^T v_1 i dt = \frac{1}{2S} \left( \frac{1}{T} \int_0^T v_3^2 dt - \frac{1}{T} \int_0^T v_1^2 dt - \frac{1}{T} \int_0^T v_2^2 dt \right)$$

となる。而して上式の左項は平均電力に等しく、右項中  $\frac{1}{T} \int_0^T v_3^2 dt$ ,  $\frac{1}{T} \int_0^T v_1^2 dt$  及び  $\frac{1}{T} \int_0^T v_2^2 dt$  は夫々電圧の實効値の二乗に等しきを以て、是等の値を夫々  $W, V_3, V_1$  及び  $V_2$  とせば、

$$W = \frac{1}{2S}(V_3^2 - V_1^2 - V_2^2)$$

交流電圧計は通常電圧の實効値を指示する構造を有するを以て、 $V_1, V_2$  及び  $V_3$  は即ち此場合に於ける電圧計の讀みに相當す。即ち上記の關係に依り三箇の電圧計の讀みに依り、電力の測定を爲し得るを見るべし。

猶ほ此場合に於て  $R$  の値知れざる時には、別に回路に一箇の電流計を接続し、其讀み  $A$  を同時に取りれば、次の式より電力を測定し得る事明かなり。

$$W = \frac{A}{2V_3}(V_3^2 - V_1^2 - V_2^2)$$

此方法を實行するに當りては、電圧計としては靜電電圧計を用ひざるべからず。若し靜電電圧計以外の電圧計を用ふれば、其中に流るゝ電流の爲め、上記の結果に多少の更正を施さざるべからざる事明かなり。又電圧計は必ずしも三箇を要せず、一箇の電圧計を用ひて切換に依り三箇所の電圧を測定するも可なり。

此方法の缺點の一は負荷に直列に抵抗を接続せざるべからざる事にして、其爲め電源として負荷に必要な電圧よりも高き電圧を要し、殊に後に述ぶるが如く此方法は  $V_1 = V_2$  の時に最も精密なる結果を與ふべきを以て、其條件を充す爲には電源として負荷の電圧の二倍の電圧を必要とするなり。猶ほ直列抵抗ある爲め、起電力の波形を變化する事も免れざる所にして、抵抗中に大なる勢力を損失する事も此方法の缺點なり。

此方法の他の缺點は、電圧の測定に於ける誤差が電力に及ぼす誤差の極めて大なる事にして、次に其誤差の程度及び如何なる場合に於て其最小なるかを示さん。

第一章(89頁)に於て

$$Z = f(z_1, z_2, z_3)$$



なる場合に於て、 $z_1, z_2, z_3$ 等の測定に於ける誤差  $r_1, r_2, r_3$ 等の爲に  $W$  に生ずる誤差  $R$  は次の式より計算し得べきを説きたり。

$$R^2 = \left(\frac{df}{dz_1}\right)^2 r_1^2 + \left(\frac{df}{dz_2}\right)^2 r_2^2 + \dots$$

今の場合に之を應用する爲に、

$$W = \frac{1}{2S} (V_3^2 - V_2^2 - V_1^2)$$

に於て  $V_1, V_2, V_3$  の誤差  $r_1, r_2, r_3$  の爲めに  $W$  に生ずる誤差を  $R$  とせば、

$$R^2 = \left[ \frac{d\left\{\frac{1}{2S}(V_3^2 - V_2^2 - V_1^2)\right\}}{dV_1} \right]^2 r_1^2 + \left[ \frac{d\left\{\frac{1}{2S}(V_3^2 - V_2^2 - V_1^2)\right\}}{dV_2} \right]^2 r_2^2 + \left[ \frac{d\left\{\frac{1}{2S}(V_3^2 - V_2^2 - V_1^2)\right\}}{dV_3} \right]^2 r_3^2$$

$$= \frac{V_1^2}{S^2} r_1^2 + \frac{V_2^2}{S^2} r_2^2 + \frac{V_3^2}{S^2} r_3^2$$

今  $r_1\%, r_2\%, r_3\%$  を夫々  $V_1, V_2, V_3$  の測定に於ける百分率誤差とせば、

$$r_1\% = \frac{r_1}{V_1}, \quad r_2\% = \frac{r_2}{V_2}, \quad r_3\% = \frac{r_3}{V_3}$$

$$\therefore R^2 = \frac{V_1^4}{S^2} (r_1\%)^2 + \frac{V_2^4}{S^2} (r_2\%)^2 + \frac{V_3^4}{S^2} (r_3\%)^2$$

今簡単に  $r_1\% = r_2\% = r_3\% (= r\%)$  とせば

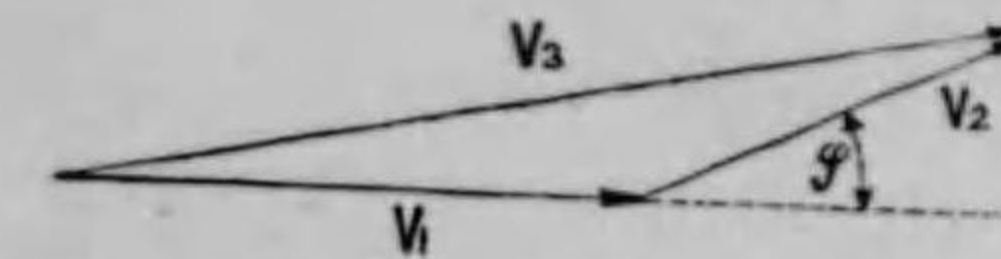
$$R^2 = \frac{(r\%)^2}{S^2} (V_1^4 + V_2^4 + V_3^4)$$

故に  $R\%$  を  $W$  の百分率誤差とせば、

$$(R\%)^2 = \frac{R^2}{\left\{ \frac{1}{2S} (V_3^2 - V_2^2 - V_1^2) \right\}^2}$$

$$= 4(r\%)^2 \frac{V_1^4 + V_2^4 + V_3^4}{(V_3^2 - V_2^2 - V_1^2)^2}$$

第四百六十六圖



三電壓計法に依る電力測定法

次に此の關係より  $r\%$  の一定なる時、 $R\%$  をして最小ならしむるが如き條件を求むるに、 $V_1, V_2, V_3$  の間の關係は明かに第四

百六十六圖に示すが如くなるを以て、

$$V_3^2 = V_2^2 + V_1^2 + 2V_1V_2\cos\phi$$

なり。今假に、

$$V_2 = xV_1 \quad \text{と置けば}$$

$$(R\%)^2 = (r\%)^2 \frac{(1+x^2+2x\cos\phi)^2 + 1+x^4}{x^2\cos^2\phi}$$

$\cos\phi$  は  $x$  には關係なきを以て、上式を  $x$  に就き微分を行ひ、之を零と置けば、

$$\frac{d(R\%)^2}{dx} = \frac{(r\%)^2}{\cos^2\phi} \cdot \frac{d\left\{ \frac{(1+x^2+2x\cos\phi)^2 + 1+x^4}{x^2} \right\}}{dx} = 0$$

$$\left(\frac{1}{x} + x + 2\cos\phi\right) \left(-\frac{1}{x^2} + 1\right) - \frac{1}{x^3} + x = 0$$

$$\left(1 - \frac{1}{x^2}\right) \left(\frac{1}{x} + x + \cos\phi\right) = 0$$

$$\therefore \frac{1}{x^2} - 1 = 0$$

$$\text{或は} \quad x = 1$$



即ち  $V_2=V_1$  なる様  $S$  を選びたる時、誤差最小なりと云ふ結果に到達す。而して此場合に於ては、

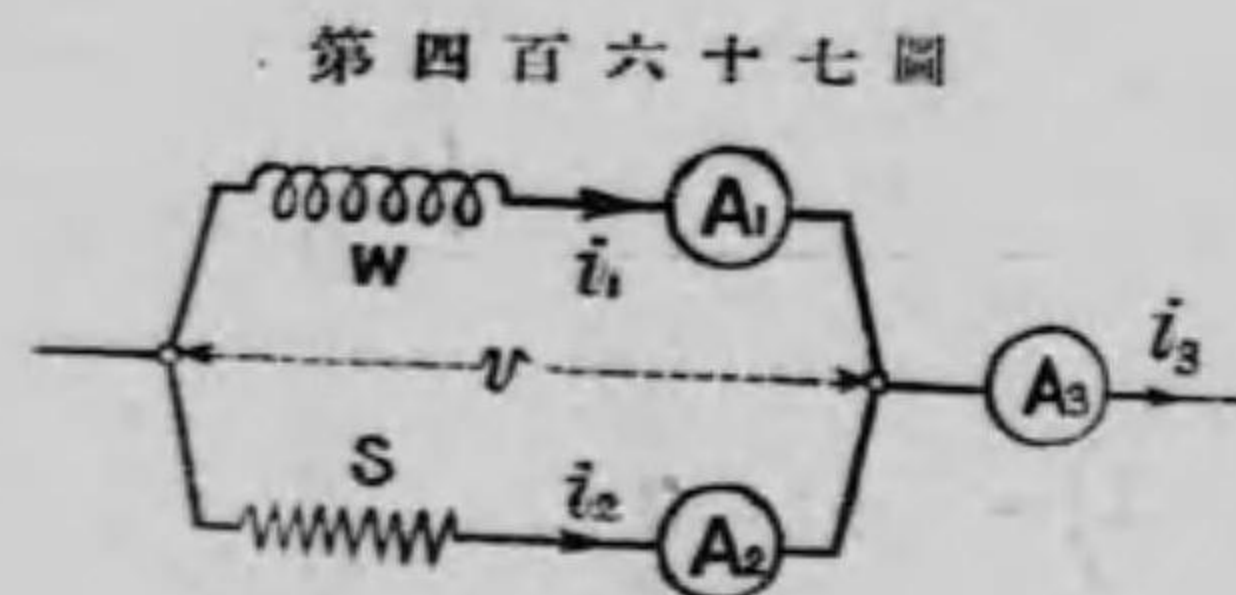
$$R\% = r\% \frac{\sqrt{2+4(1+\cos\phi)^2}}{\cos\phi}$$

なるを以て、例へば力率  $\cos\phi=0.75$  の如き場合には、

$$R\% = 5r\%$$

となり、電圧の測定に於ける一パーセントの誤差は電力に於ては五パーセントとなりて現はるべく、其誤差は  $\cos\phi$  の小なる程増加し、即ち負荷の力率小なる程誤差大となるものなるを以て、小力率の負荷に對して此方法を用ふる時は大なる誤差を生ずべし。

**252. 三電流計法 (Three ammeter method)** 上記の方法に於て、負荷の電圧よりも高き電圧の電源を得る事困難なる場合には、電圧計の代りに三箇の電流計を用ふる方法あり。フレミング (Fleming) の三電流計法是れ



三電流計法に依る電力測定法

今  $i_1, i_2, i_3$  及び  $v$  を以て電流及び電圧の瞬時値とせば、

$$i_3 = i_1 + i_2$$

$$i_3^2 = i_1^2 + i_2^2 + 2i_1i_2$$

なり。此場合には無誘導抵抗  $S$  は之を負荷に並列に接続し、第四百六十七圖に示すが如く三箇の電流計を接続するものとす。

然るに

$$i_3 = \frac{v}{S}$$

$$\therefore \frac{S}{2}(i_3^2 - i_1^2 - i_2^2) = vi_1$$

一周期中の平均を取りて

$$\frac{1}{T} \int_0^T vi_1 dt = \frac{S}{2} \left( \frac{1}{T} \int_0^T i_3^2 dt - \frac{1}{T} \int_0^T i_1^2 dt - \frac{1}{T} \int_0^T i_2^2 dt \right)$$

$$\therefore W = \frac{S}{2} (A_3^2 - A_1^2 - A_2^2)$$

$A_1, A_2,$  及び  $A_3$  は三箇の電流計の読みなり。此場合に於て電圧計を用ひ、直接  $V$  を測定したりとせば、

$$W = \frac{S}{2} \left\{ A_3^2 - A_1^2 - \left( \frac{V}{S} \right)^2 \right\}$$

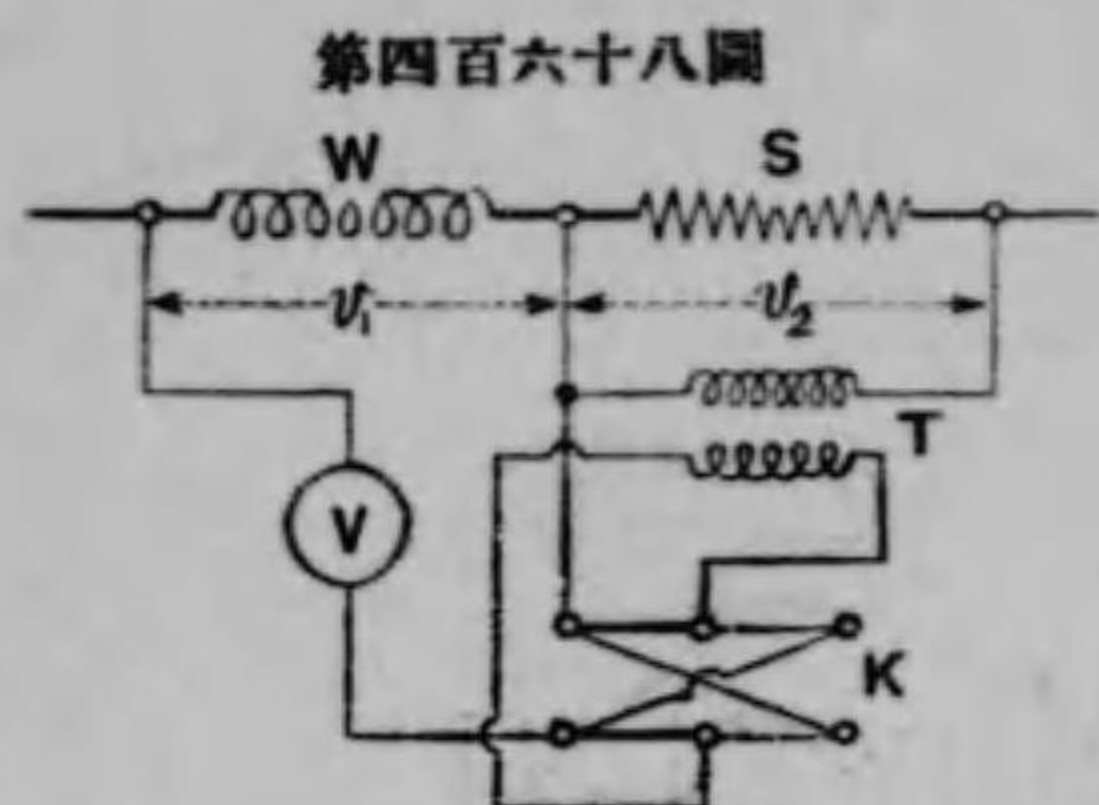
よりも  $W$  を測定する事を得べし。而して三電流計法に於ても、電流の測定に於ける誤差は電力の測定に大なる誤差を生じ、其誤差は力率の小なる程大なり。而して  $S$  の値を適當にし、

$$A_1 = A_2$$

なるが如く爲したる時、誤差最も小なる事は三電圧計の場合に於けると同様にして證明する事を得べし。

**253. 一箇の電圧計を用ふる單相交流電力測定法** キャンベル (Campbell) は一箇の電圧計と一箇の變壓器を用ひて電力を測定する方法を考案せり。第四百六十八圖に於て  $W$  を負荷、 $S$  を之に直列に接続せる無誘導抵抗とし、 $S$  の兩端に一箇の變壓器  $T$  の一次線を





一箇の電圧計を用ふる電力測定法

接続し、第二次線に一箇の切換開閉器Kを置き、之に依り二様の接続を得せしめ、電圧計Vに依り二回の測定を爲すものとす。例へばKをして實線の接続を爲さしむれば、電圧計に加はる電圧は  $v_1$  と  $v_2$  (變壓器の一次二次電圧の相差正確に百八十度にして變壓比は一なりと假定す)との和となり、Kをして點線の接続を爲さしむれば、反對に  $v_1$  と  $v_2$  との差となる事明かなり。故に二つの場合の電圧の値を夫々  $v_s$  及び  $v_d$  とせば、

$$\begin{aligned} v_s &= v_1 + v_2 \\ v_s^2 &= v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2 \\ v_d &= v_1 - v_2 \\ v_d^2 &= v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \\ \therefore v_s^2 - v_d^2 &= 4v_1v_2 \end{aligned}$$

然るに負荷中の電流を  $i$  とせば、

$$\begin{aligned} v_2 &= Si \\ \therefore \frac{v_s^2 - v_d^2}{4S} &= Vi \end{aligned}$$

故に平均を取りて、

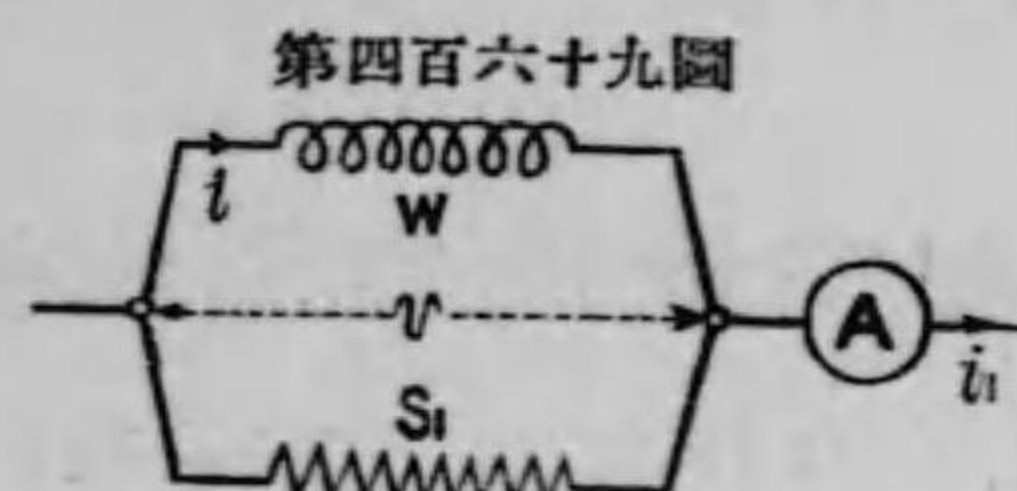
$$\frac{1}{T} \int_0^T v_1 i dt = \frac{1}{4S} \left( \frac{1}{T} \int_0^T v_s^2 dt - \frac{1}{T} \int_0^T v_d^2 dt \right)$$

接続し、第二次線に一箇の切換開閉器Kを置き、之に依り二様の接続を得せしめ、電圧計Vに依り二回の測定を爲すものとす。例へばKをして實線の接続を爲さしむれば、

$$W = \frac{1}{4S} (V_s^2 - V_d^2)$$

即ち電圧計の二回の読みより電力を測定する事を得べし。此場合にも力率小なる時には大なる誤差を生ずる事前と同様なれど、變壓器の變壓比を一とせず、適當に選ぶ時には三電圧計の場合の如くSを大と爲す必要なくして、 $v_2$ を大ならしむる事を得る利益あり。

254. 一箇の電流計を用ふる單相交流電力測定法



一箇の電流計を用ふる電力測定法

二箇の無誘導抵抗を用ふるものにして、第四百六十九圖に示すが如く、先づ抵抗の一箇を負荷に竝列に接続したりとせば、

$i_1, i$  及び  $v$  を電流及び電圧の瞬時値として、

$$\begin{aligned} i_1 &= i + \frac{v}{S_1} \\ i_1^2 &= i^2 + \frac{v^2}{S_1^2} + \frac{2vi}{S_1} \end{aligned}$$

平均を取りて、

$$A_1^2 = A^2 + \frac{V^2}{S_1^2} + \frac{2W}{S_1}$$

次に  $S_1$  の代りに  $S_2$  を用ひたりとせば、同様にして

$$A_2^2 = A^2 + \frac{V^2}{S_2^2} + \frac{2W}{S_2}$$

$$\therefore W = b(A_1^2 - A_2^2) - aV^2$$



茲に

$$a = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} \right)$$

$$b = \frac{1}{2} \left( \frac{S_1 S_2}{S_2 - S_1} \right)$$

$S_2$  が無窮大なる場合には、

$$W = \frac{S_1}{2} (A_1^2 - A_2^2) - \frac{V^2}{2S_1}$$

此方法にも前と同様の誤差あり、力率低き負荷の測定には不適當なり。又高き無誘導抵抗を接続する爲め電壓の波形を變化する缺點あり。

### 255. 電力計を用ふる単相交流電力測定法

交流電力の最も普通の測定法は、電力計に依る方法なり。而して電力計には電流計型の外、靜電型、電熱型、誘導型等各種ありと雖も、其詳細なる記述は之を第三節に譲り、茲には専ら電流計型電力計に依る測定法を述ぶるに止めん。電流計型電力計の構造は、前項直流電力の測定に使用したるものと全く同一なり。即ち前にも述べたるが如く、其可動線輪を負荷に並列に、固定線輪を之に直列に接続する時には其可動線輪の受くる廻轉力は、兩線輪中の電流の積に等しく、交流の場合に於ては廻轉力の瞬時値  $d$  は、

$$d = K i i'$$

の関係にあるものなり。茲に  $K$  は線輪の廻轉角に依り

多少變化するも、大體に於て一箇の常數と看做し得るものにして、 $i$  及び  $i'$  は夫々固定線輪及び可動線輪に通ずる電流の瞬時値なり。今可動線輪回路の誘導、其抵抗に比して極めて小にして、之を閉却し得べしと考ふれば其抵抗を  $r$  とし、負荷の電壓の瞬時値を  $e$  とし、

$$i' = \frac{e}{r}$$

$$\therefore d = \frac{K}{r} e i$$

となる。故に一周期中に於ける平均を取り、平均廻轉力を  $D$  とせば、

$$D = \frac{K}{r} \frac{1}{T} \int_0^T e i dt$$

而して  $\frac{1}{T} \int_0^T e i dt$  は即ち交流の電力なるを以て、之を  $W$  とせば、

$$D = \frac{K}{r} W$$

若し電壓電流共、其波形正弦波なりとし、其實効値夫々  $V$  及び  $A$  にして其相差  $\varphi$  なりとせば

$$e = \sqrt{2} V \sin \omega t$$

$$i = \sqrt{2} A \sin (\omega t - \varphi)$$

$$\begin{aligned} \therefore W &= \frac{1}{T} \int_0^T e i dt = \frac{2VA}{T} \int_0^T \sin \omega t \sin (\omega t - \varphi) dt \\ &= VA \cos \varphi \end{aligned}$$

となり、



$$D = \frac{K}{r} W = \frac{K}{r} VA \cos \varphi$$

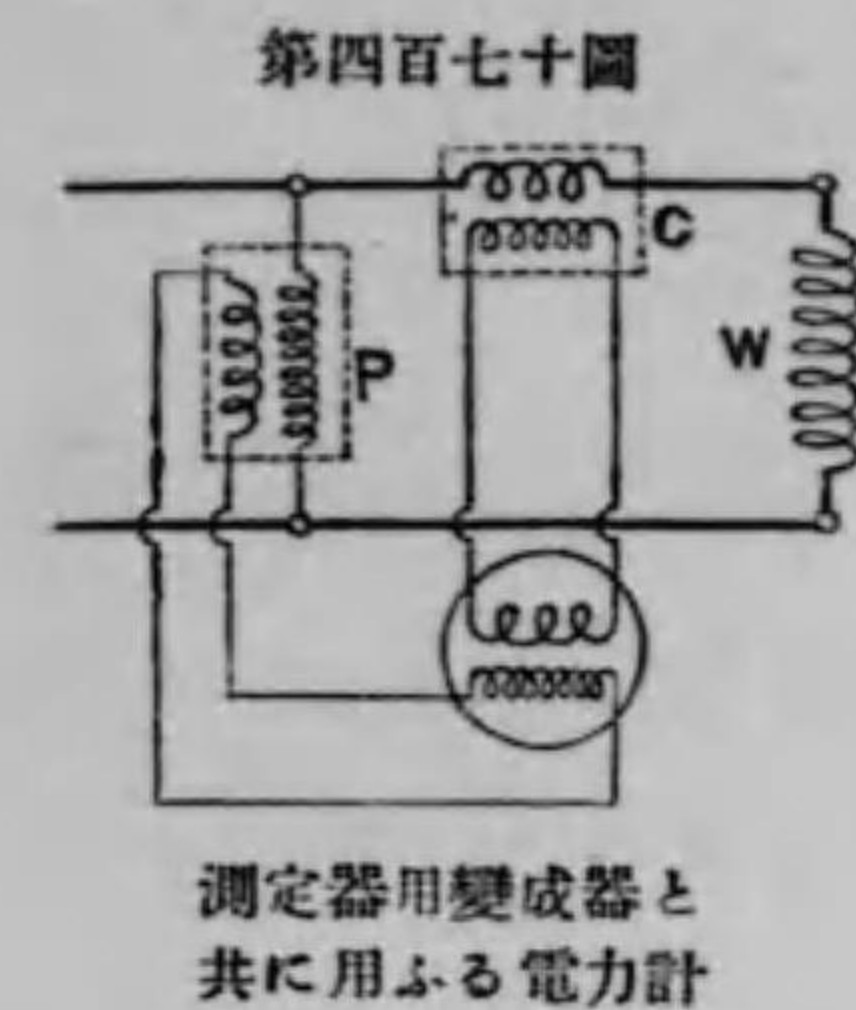
となる事明かにして、平均廻轉力は直接電力に比例するを見る。故に之に對して適當なる制御装置を置き、其制御廻轉力が可動線輪の廻轉角  $\theta$  に比例するが如きものならば、兩廻轉力の平均したる場合に於て、

$$W \propto \theta$$

となる事直流の場合と全く同一なり。故に斯の如き構造を有する電力計を用ふれば、可動線輪の廻轉角より直接電力の測定を爲し得べき事明かなり。猶ほ實際の電力計に於ては、多くの場合此の理論は嚴密に應用せらるゝものにあらずして、其指示に若干の更正を必要とするものなり。其更正方法に就きては第三節中に之を述べん。

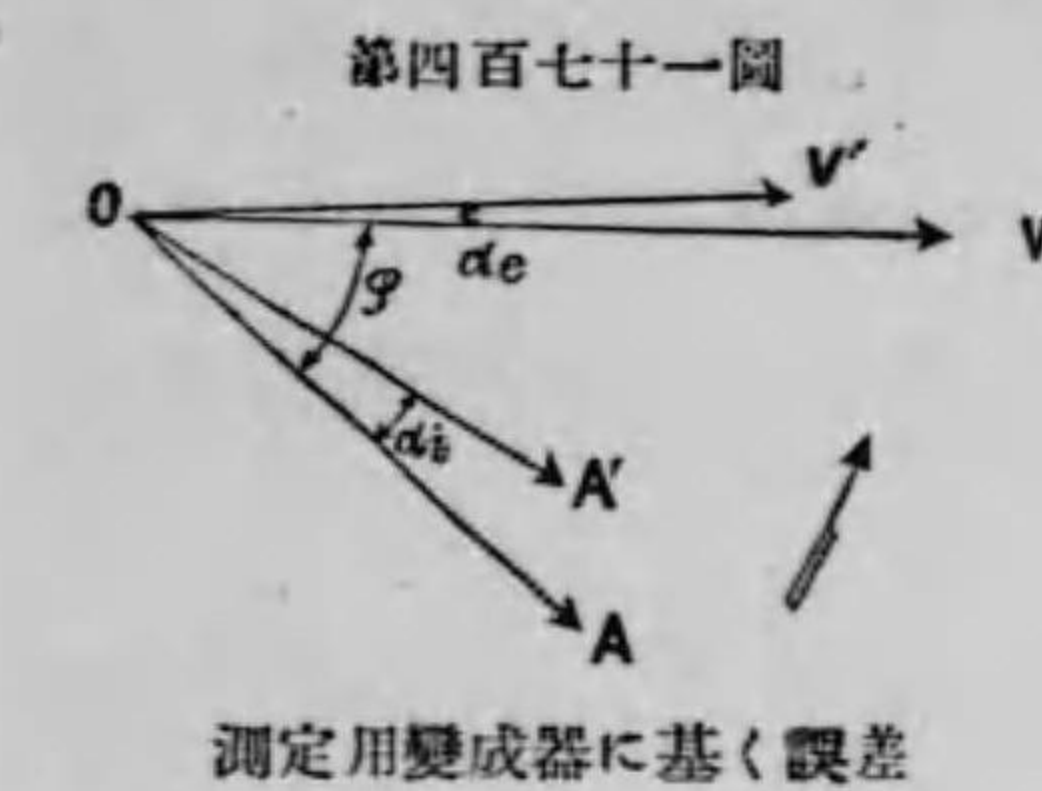
此種電力計を回路に接続する場合に於ては、直流の場合と同様其接続方法に従ひ電圧線輪又は電流線輪の損失が指示電力の中に加算せらるゝを以て、之に對して更正を必要とす。而して其更正方法に關しては、直流電力測定法中に述べたると全く同一なるを以て、茲に再説の必要なかるべし。

**256. 測定器用變成器及電力計を用ふる單相交流電力測定法** 高壓又は強電流回路の電力の測定に對しては、多くの場合變壓器及び變流器を用ひ、變



成したる電力を電力計にて測定する方法を用ふ。此場合に於ては第四百八十圖に示すが如く電圧線輪を變壓器 P の二次線、又電流捲線を變流器 C の二次線に接続し、各變成器の一次線を負荷 W に接続するものとす。若し此時變成器の二次線

間の相差精密に百八十度にあらずして、其間に所謂位相角ある場合には、電力計の指示する電力に其變成比を乗じたるものが、正確に負荷の電力に等しと云ふ事能はず



して若干の誤差ある事明かなり。第四百七十一圖に於て V 及び A を一次線の電圧及び電流の實効値を表はすものとし、V' 及び A' を二次線の電圧電流を逆にしたるものとせば、第一章に述べたるが如く、V, V' の間及び A, A' の間には位相角と名づくる小角あり。例へば V, V' の間の角を  $\alpha_e$ 、A, A' の間の角を  $\alpha_i$  とせよ。而して V' 及び A' は V, A より進み、或は之より遅るゝものなるを以て、 $\alpha_e, \alpha_i$  には ± の符號を附する必要あり。上記の如き場合に A の V より遅るゝ角を  $\varphi$  とせば、實際の電力

$$W = VA \cos \varphi$$



電力計の指示より得らるゝ電力  $W'$  は  $n, n'$  を変成器の變成比とせば、

$$\begin{aligned} W' &= m' V' A' \cos(\varphi \pm \alpha_e \pm \alpha_i) \\ &= VA \cos(\varphi \pm \alpha_e \pm \alpha_i) \end{aligned}$$

故に此變成器を用ひたる爲に生ずる百分率誤差は、

$$\varepsilon = \frac{\cos(\varphi \pm \alpha_e \pm \alpha_i) - \cos \varphi}{\cos \varphi} \times 100 \text{ パーセント}$$

$\alpha_e$  及び  $\alpha_i$  は小角なるを以て、 $\cos(\pm \alpha_e \pm \alpha_i) = 1$ ,  $\sin(\pm \alpha_e \pm \alpha_i) = \pm \alpha_e \pm \alpha_i$  と看做せば

$$\varepsilon = (\pm \alpha_e \pm \alpha_i) \tan \varphi \times 100 \text{ パーセント}$$

$\alpha_e, \alpha_i$  を分にて測定したる位相角とせば、

$$\varepsilon = (\pm \alpha_e \pm \alpha_i) \frac{\pi \times \tan \varphi}{108} \text{ パーセント}$$

通常  $\alpha_e$  は極めて小にして無視するも大差なし。又  $\alpha_i$  は多く  $A'$  が  $A$  より進む角なるを以て、誘導負荷にて  $A$  が  $V$  より遅るゝ場合には、

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{\cos(\varphi - \alpha_i) - \cos \varphi}{\cos \varphi} \times 100 \text{ パーセント} \\ &= \alpha_i \tan \varphi \times 100 \text{ パーセント} \end{aligned}$$

或は  $\alpha_i$  を分にて表はせば、

$$\varepsilon = \alpha_i \times \frac{\pi \times \tan \varphi}{108} \text{ パーセント}$$

此場合には電力計の指示は常に實際の電力より大となるべし。

例へば  $\alpha_i = 30$  分なる場合に於て力率 0.5 の時、即ち

$\cos \varphi = 0.5$  或は  $\tan \varphi = 1.732$  なる時の誤差、

$$\varepsilon = \frac{30 \times 3.1416 \times 1.732}{108} = +1.51\%$$

なるが如し。即ち變成器を使用したる爲に、是丈の誤差を増したるなり。猶ほ此角及び變成比は負荷の大きさに依り變化するを以て、各負荷に於ける變成比及び位相角を測り其誤差を計算せざるべからざる事勿論なり。而して電力計の指示より實際の電力を得るには、指示に對して此誤差に相當する丈の修正を行はざるべからず。

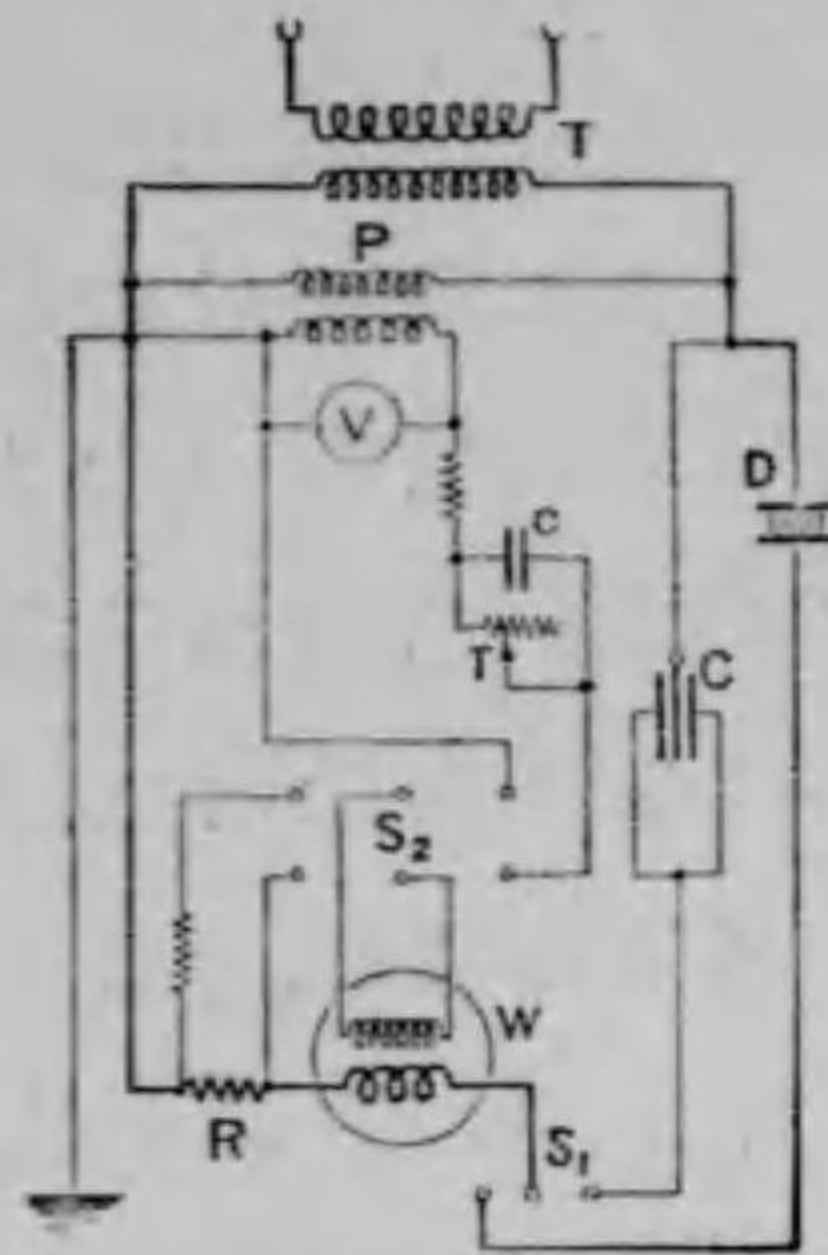
### 257. 力率極めて小なる小電力測定法 誘電

體損失を測定する場合に於けるが如く、力率極めて小にして屢々 0.01 以下に達し、且つ其電力極めて小なる場合には、上記の如き電流計型電力計を用ひては、電壓線輪の誘導電力計内の損失、測定器用變成器の位相角等の影響として、正確なる結果を得る事不可能なり。従つて之に對して特殊の方法を用ふるものとす。次に誘電體損失測定法の二三を述べん。

補償電流計型電力計 (Compensated dynamometer wattmeter) を用ふる方法 シャンクリン (Shanklin) の行ひたる方法にして、電壓線輪の誘導及び測定器用變成器の位相角等に基づく誤差に補償する爲め、電壓線輪回路に蓄電器及び可變抵抗器を直列に接続したり。而して其補償の完全なりや否やを確むる爲に、同じ電力計を無損失なる空氣蓄電器に切換接続し、其偏れの零なるか否かを見



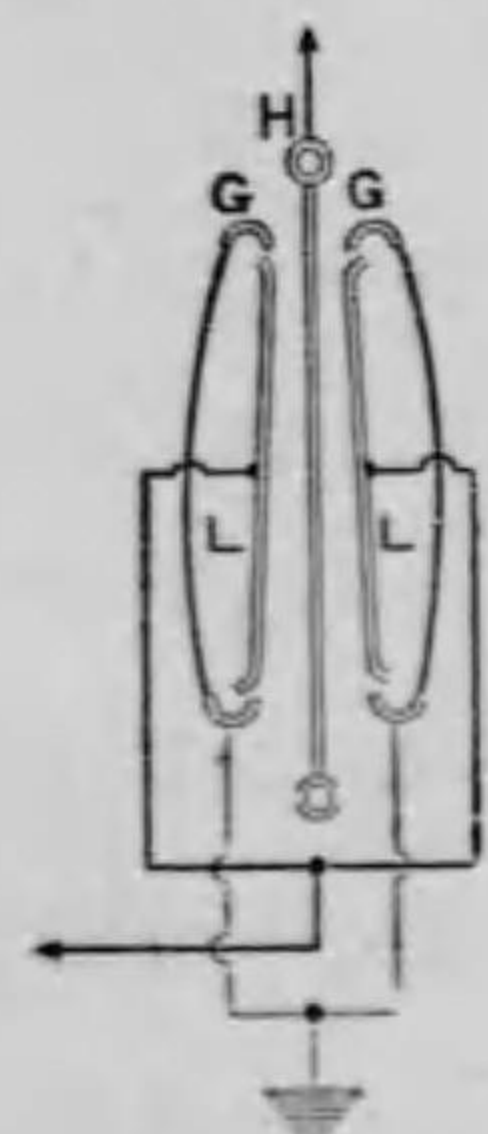
第四百七十二圖



補償電力計型電力計を用ふる誘電体損失測定法

るものとす。若し偏れ零とならざれば、可變抵抗を更に調整すれば可なり。第四百七十二圖に示すは此方法の接続圖にして、Tは試験用變壓器、Dは試験すべき誘電体を適當なる電極の間に置きたるもの、Wは電力計にして切換開閉器 $S_2$ を右の方に置けば、其電壓線輪は測定器用變壓器Pの二次線に接続せらる。其時線輪の誘導及び變壓器の位相角に補償する爲め $r$ なる可變抵抗器及び $c$ なる蓄電器を接続す。而して其補償の完全なりや否やを知る爲には、切換開閉器 $S_1$ を右の方に置き、蓄電器Cを電力計に接続するものとす。次にD中の損失を測定する爲には、 $S_1$ を左へ移し電力計の指示を取る。又力率を測定する爲には、 $S_2$ を左へ移し電壓線輪をRなる低抵抗に並列に接続し、電力計を電流計に變形して電流を測定し、又Vなる電壓計にて電壓を測定するものとす。此試験に用ひたるCの空氣蓄電器は、第四百七十三圖の切斷面に示すが如き、三枚の矩形板より成る空氣蓄電器にして、中央板Hを高壓電極に、兩側

第四百七十一圖



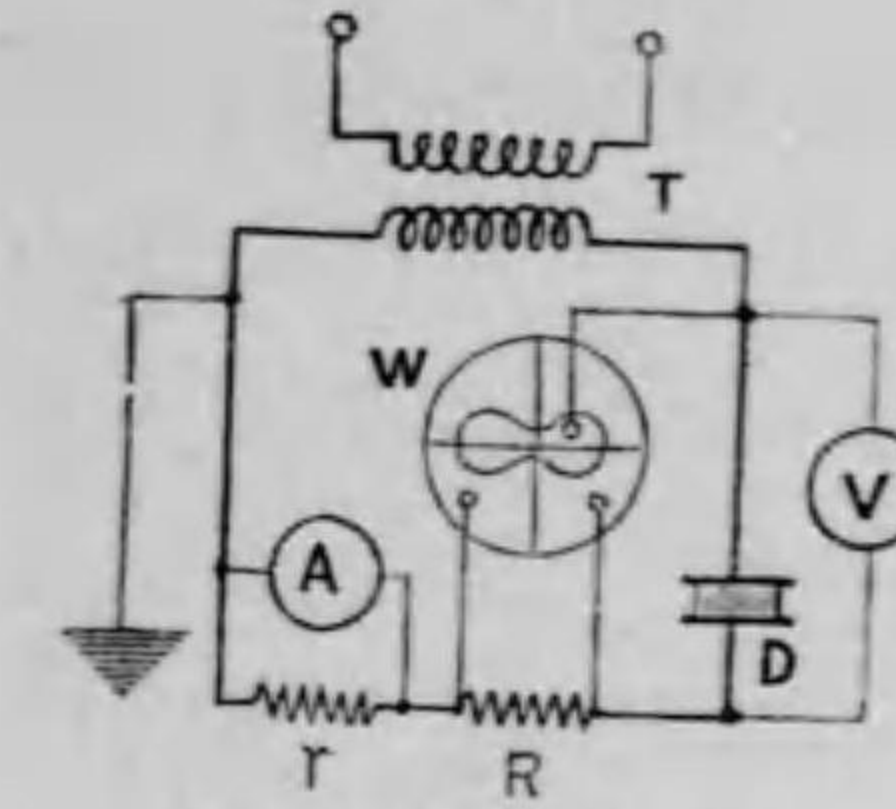
空氣蓄電器

板L,Lを低壓電極に接続するものとす。低壓板の周圍には保護環Gを置き、之を大地に接続し、又其側面には金網を張りたり。

靜電電力計を用ふる方法 靜電電力計を用ひて電力を測定する方法に關しては、第三節中に之を述ぶる所あるべきも、要するに象限電位計の兩象限を負荷と直列に接続せる低抵抗の兩端に、又可動片を負荷の他極に接続して可動片の偏れより電力を測定するものなり。

第四百七十四圖に示すはスキナー (Skinner) の用ひ

第四百七十四圖



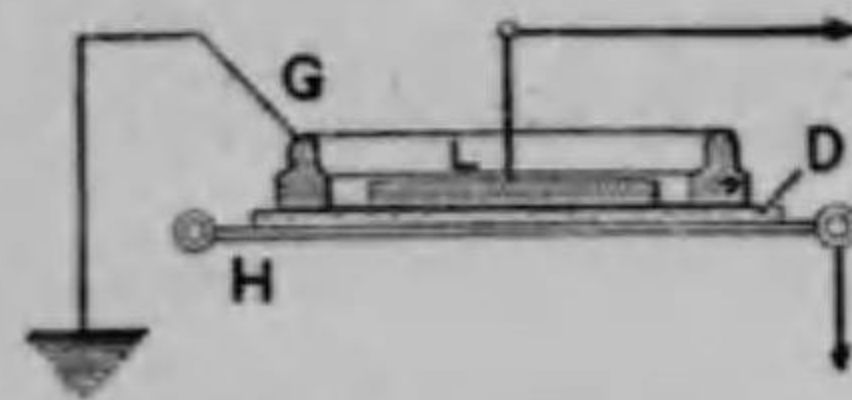
靜電電力計を用ふる誘電体損失測定法

たる方法にして、Dは試験すべき誘電体にして、試験用變壓器Tの二次線の兩極の間に一方は直接に、他方は電流計用分流器 $r$ 及び電力計用低抵抗Rを経て接続せらる。Wは靜電電力計、Vは靜電電壓計、Aは電流計なり。斯の如き接続に依れば、Wの偏れは後に述ぶるが如く、D中の電力損失とR中の電力損失との和を指示すべきを以て、Aの指示及びRの値よりR中の損失を計算し、之を電力計の指示より差引けばD中の電力損失を求むる事を得べし。此方法に依れば電流計の場合の如き線輪の誘導に基づく誤差なく、電力計を正確に較正爲し置けば、簡単に誘電体損失を測定する事を得べし。而して誘電体D

た



第四百七十五圖



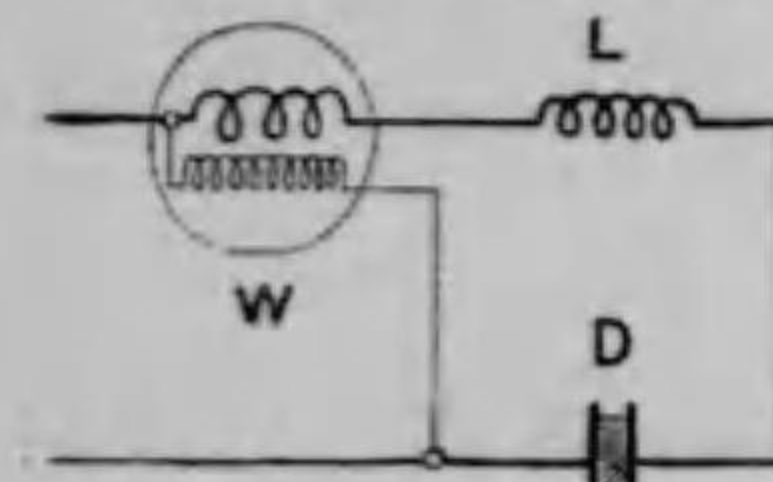
静電電力計を用ふる  
誘電体損失測定法

は第二百七十五圖に示すが如く鋼板Hの上に置かれ、之を一方の電極(高壓極)として用ひ、他極(低壓極)は誘電體の上に載せたる圓形鐵塊物Lに接続す。猶ほLの周圍には保護環として、環狀金屬Gを置き適當なる抵抗を通じて大地に接続し、保護環と低壓極との電位を同一にし、コロナの發生を防ぐものとす。猶ほ高壓極の周圍にも眞鍮管を附し銳角部を避けたり。

陰極線管(Cathode ray tube)を用ふる方法 ライアン(Ryan)及びミントン(Minton)は類似の方法に依りて陰極線管を用ひ、誘電體損失を測定し、其装置に對してライアンは陰極線管電力表示器(Cathode ray power indicator)又ミントンはサイクログラフ(Cyclograph)の名を與へたり。其原理は陰極線管の周圍に互に直角に二組の電極を置き、其一組には負荷の電壓を、他方には其と直列に接続せる蓄電器の兩端の電壓を加へ、陰極線をしてスクリーンの上に一の圓形を書かしむ。然る時には蓄電器端の電壓は其内の電流、即ち負荷の電流に比例すべきを以て、結局圓形の面積は電力を指示する事となるものなり。猶ほ此方法に關しては、第十章陰極線管オシログラフの項中にて記述せん。

合調法(Resonance method) ロゼー(Rosa)及びスミス

第四百七十六圖



合調法に依る誘電體損失測定法

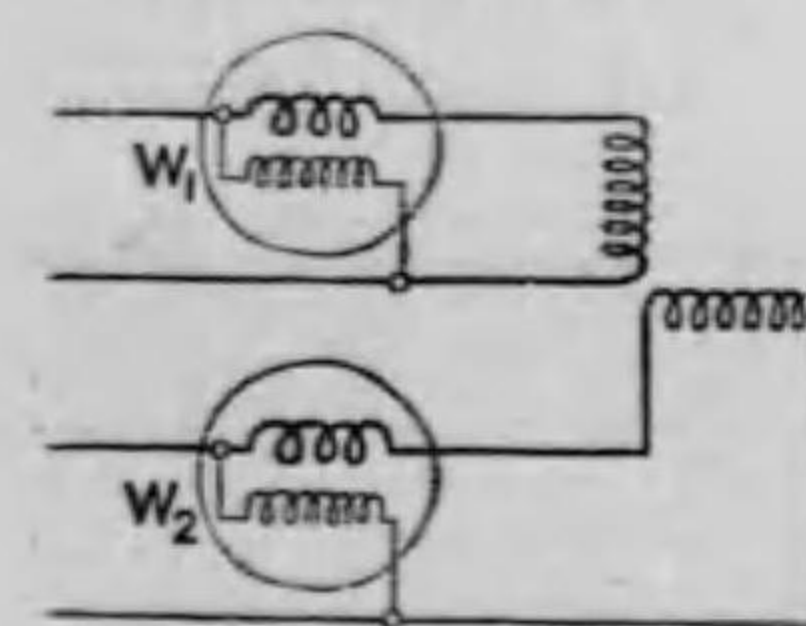
(Smith)の方法にして、第四百七十六圖に示すが如く、誘電體Dに直列に誘導抵抗Lを接続し、其全體の電力損失をWなる電流計型電力計にて測定するものとす。而して此際Lを適當に調整し、回路の周波數に對し、Dの容量と合調せしむれば、Dに對して電源電壓の二三十倍の電壓を加ふる事を得、且つ回路の力率一となるべきを以て、電力計線輪の誘導に基づく誤差を除く事を得べし。故に其結果よりL中の電力 $A^2R$ を差引けば、D中の電力損失となるべし。茲にAは回路の電流、RはL中の抵抗を示す。

## 第二節 多相交流電力測定法

### 第一項 二相交流電力測定法

#### 258. 二相四線式回路の電力測定法

第四百七十七圖



二相四線式電力測定法

二相四線式の場合には單相式の二回線あると同一なるを以て、各相に一箇の單相交流用電力計を接続し、其指示の和より容易に全電力を計算する事を得べし。即ち第四百七十七圖に於けるが如く接続せる二箇の



電力計の読みを夫々  $W_1$  及  $W_2$  なりとせば、全電力  $W$  は、

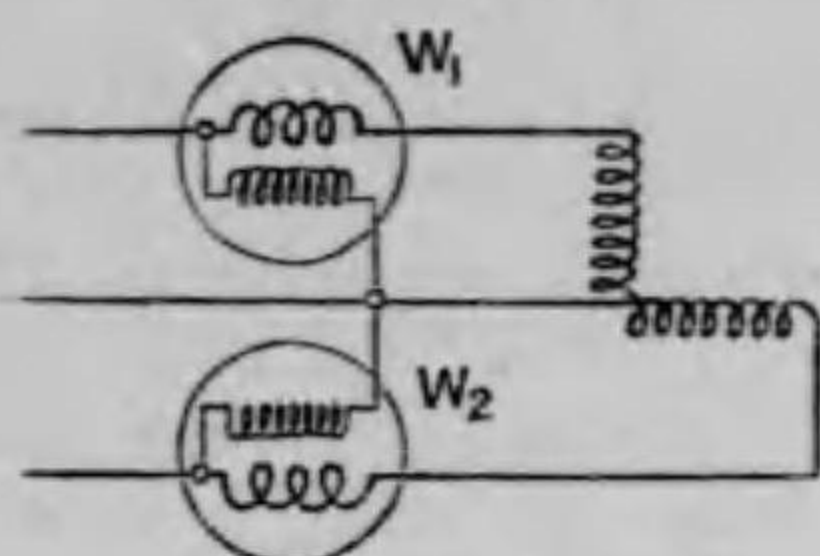
$$W = W_1 + W_2$$

として計算し得る事明かなり。

**259. 二相三線式回路の電力測定法** 二相

三線式の場合に於ては第四百七十八圖に示すが如く、二

第四百七十八圖

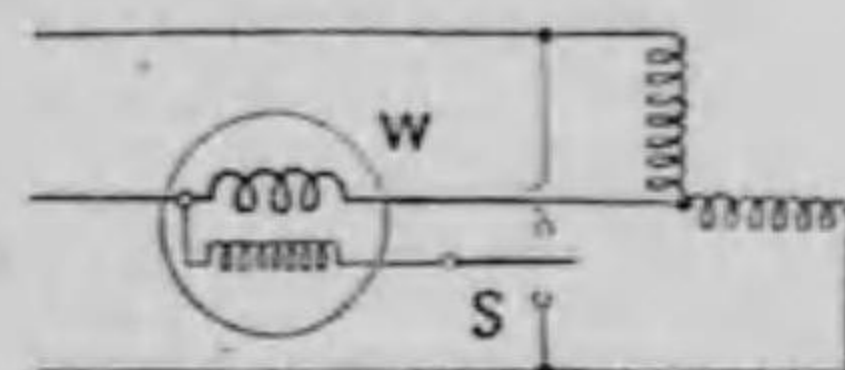


二相三線式電力測定法

箇の電力計  $W_1$  及  $W_2$  の電流線輪を一箇宛外側線に、其電圧線輪を外側線と中性線との間に接続すれば可なり。此場合に於ても前と同様二箇の電力計の指示の和

が全電力となるべし。此場合電流線輪を中性線に接続し、又は電圧線輪を兩外側線間に接続する時には、誤りたる値の電力を得べき事勿論なり。猶二相の負荷平衡し、且つ外側線間に負荷無き場合には第四百七十九圖に示

第四百七十九圖

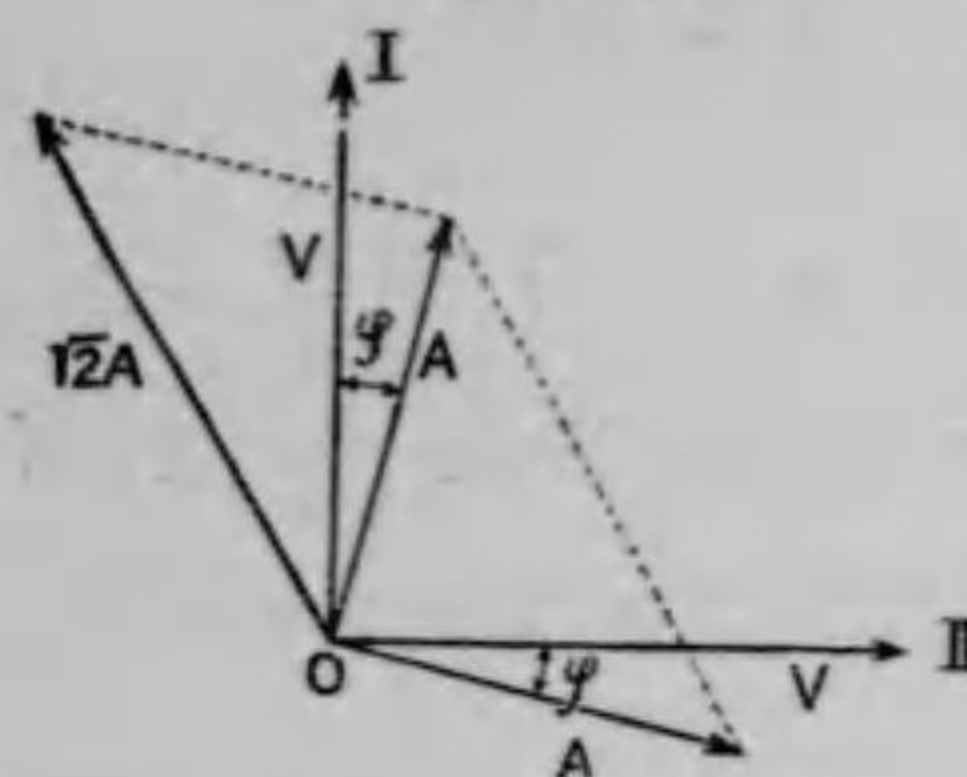


二相三線式平衡負荷回路電力測定法

すが如く、一箇の電力計  $W$  を使用し、其電流線輪を中性線に接続し、電圧線輪は切換開閉器  $S$  に依り、是と外側線の各線との間に交互に接続して得たる二回の指示の

和より二相電力を決定する事を得べし。何となれば第四百八十圖のベクトル、ダイアグラムに於て電流線輪は中性線に接続せらるゝを以て、其電流は外側線の電流の  $\sqrt{2}$  倍に等しく其等と四十五度の相差を有す。而し

第四百八十圖



二相三線式平衡負荷回路電力測定法

て電圧は交互に  $OI$  及び  $OII$  の電圧を用ふるを以て、 $V$  及び  $A$  を負荷の電圧及び電流の實効値とせば、二回の指示は夫々

$$W_1 = \sqrt{2} VA \cos(\varphi - 45^\circ)$$

$$W_2 = \sqrt{2} VA \cos(\varphi + 45^\circ)$$

を與ふべし。故に、

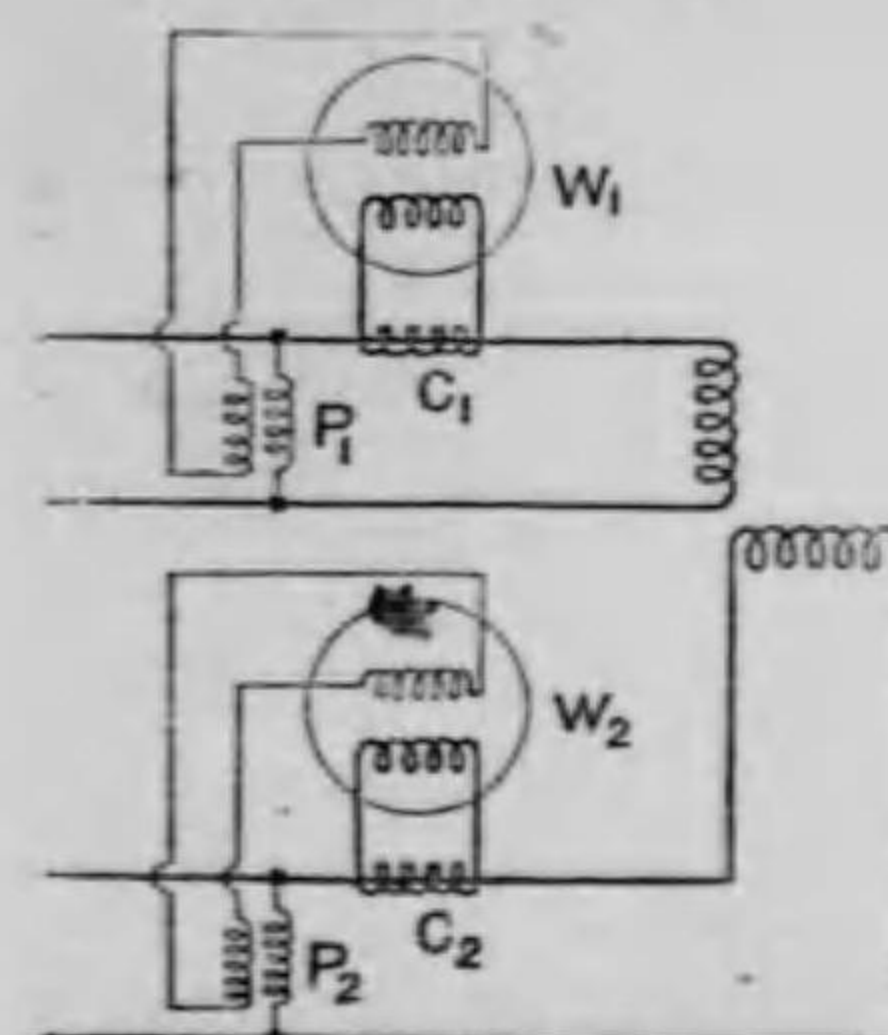
$$\begin{aligned} W_1 + W_2 &= \sqrt{2} VA \cos(\varphi - 45^\circ) + \sqrt{2} VA \cos(\varphi + 45^\circ) \\ &= 2VA \cos\varphi \end{aligned}$$

となり、即ち二回の指示の和が二相電力となるを見るべし。

**260. 測定器用變成器及電力計を用ふる二**

**相交流電力測定法** 高壓又は強電流回路の電力を測定するには、單相電力の時と全く同様にして、第四百八十一圖に示す如く測定器用變成器  $P_1, P_2, C_1, C_2$  を使用して、其二次線の電力を電力計  $W_1, W_2$  に加ふるものとす。此場合位相角に基く誤差として、各電力計の指示に對して更正を施さ

第四百八十一圖



測定器用變成器を用ふる二相電力測定法

るべからざる事前に述べたると同様なり。

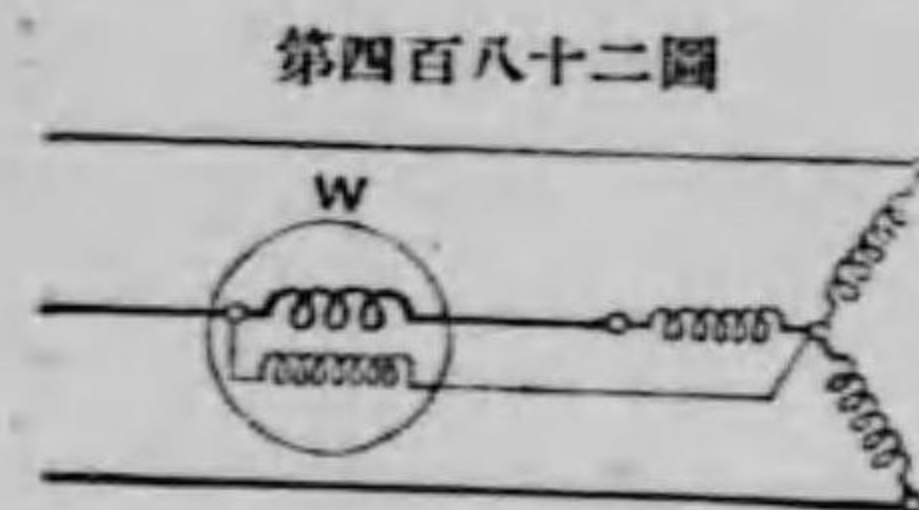


第二項 三相交流電力測定法

261. 三相式平衡負荷回路の電力測定法

三相式回路にて負荷の全く平衡せる場合に於ては唯だ一箇の電力計を使用して電力の測定を爲す事を得べし。而して其三線式なると四線式(又は三線式にて中性點の近づき得る場合)なるとにて接続方法を異にす。

三相四線式(又は三線式にて中性點の近づき得る場合)平衡負荷回路の電力測定法



第四百八十二圖  
三相四線式平衡負荷回路電力測定法

Y形結線にして其中性線をも配電に使用せる場合若くは三線式配電にては中性點の近づき得る場合に於ては、第四百八十二圖に示すが如く、一箇の電力計の電流線輪を回路の一

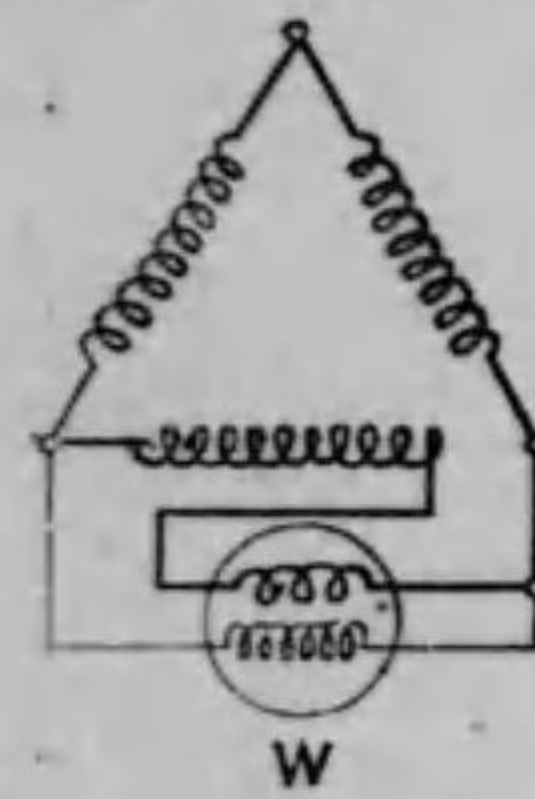
線に、其電壓線輪を此線と中性線又は中性點との間に接続すれば可なり。此場合其電力計の読み  $W_1$  ならば三相式の全電力  $W$  は、

$$W = 3W_1$$

なり。

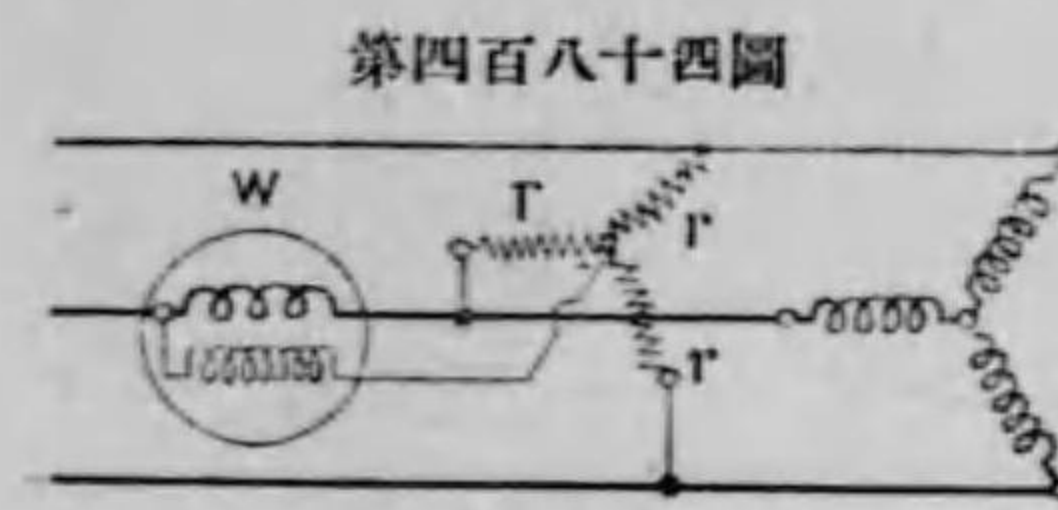
三相三線式(中性點の近づき能はざる場合)平衡負荷回路の電力測定法 三相三線式△結線の負荷に於て其負荷の一邊を開き得る場合には第四百八十三圖に示すが如く、之に直列に電流線輪を接続し、同じ相に電壓線輪を接

第四百八十三圖

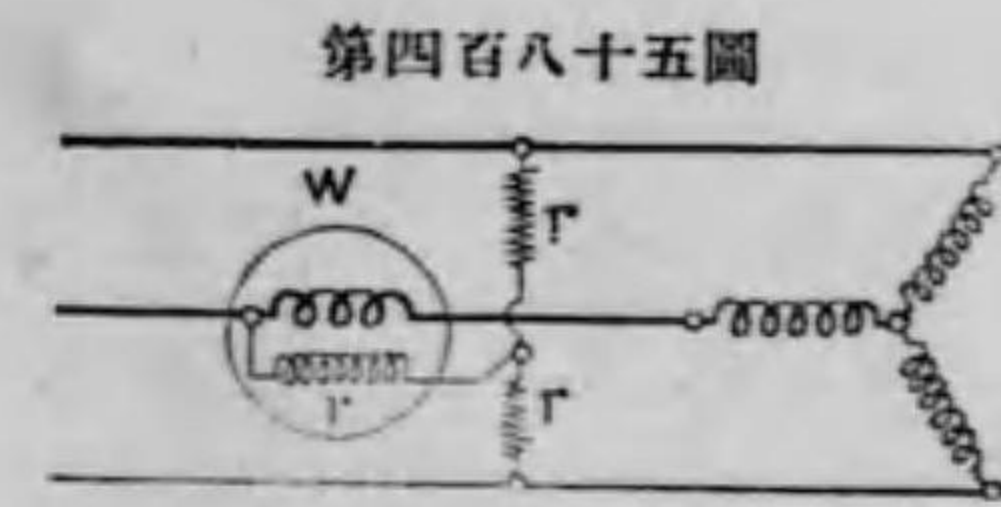


三相三線式平衡負荷回路電力測定法

續すれば、電流線輪を接続したるが爲め負荷の平衡を害せざるが如き場合には、簡単に其電力計の讀みの三倍を以て全電力と看做す事を得べし。又負荷回路の開き得ざる△結線又は中性點の近づき得ざるY結線負荷に於ては、電流線輪を其一線に接続し、電壓線輪を其線と人工的中性點との間に接続するか、或はTレクタンス線輪の中央に接続す。而して人工的中性點を作るには第



第四百八十四圖  
星函を用ふる場合



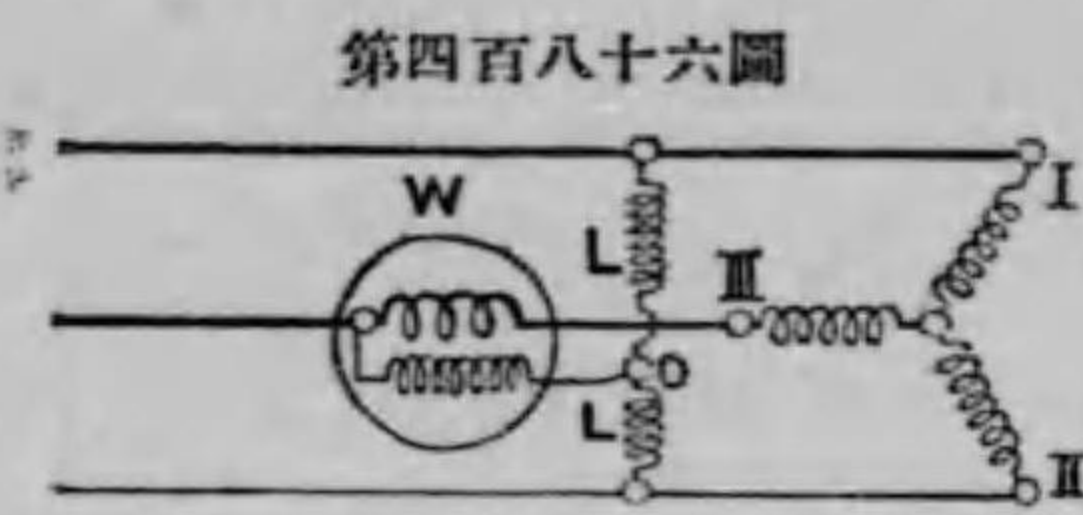
第四百八十五圖  
Y函を用ふる場合

四百八十四圖に示す如く、三線間に同一の値を有する抵抗  $r$  を接続し、其合點を中性點とする所謂星函 (Star box) を用ふるか、或は第四百八十五圖に示すが如く、二線に接続する二箇の抵抗  $r$  の値を電壓線輪回路の抵抗と同一に選び、其中點を中性點に用ふる所謂Y函 (Y box) を用ふるものにして、是等の場合には全電力は常に電力計の指示の三倍となる。而して星函の場合には、三抵抗は無誘導にして且つ電壓線輪に流るゝ電流の爲め、中性點の電位を攪亂せられざる様、抵抗の値を線輪の抵抗より著しく小ならしめざるべからず。又Y函の場合に於て電力計が誘導型電力計



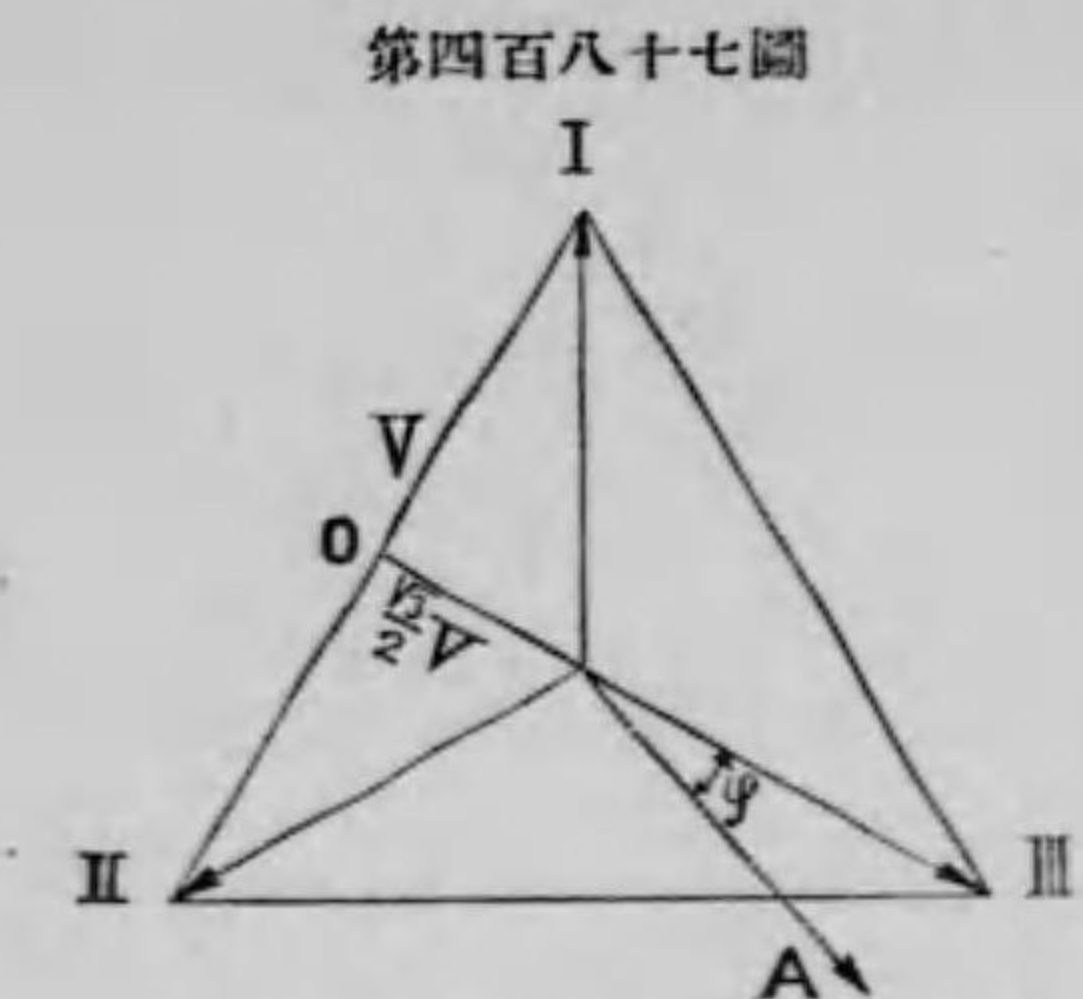
の如き、誘導大なる電圧線輪を有するものなる時には、單に抵抗の等しきを以て足れりとせず、其リアクタンスをも線輪と同一と爲す爲め、誘導性抵抗を用ひざるべからざるなり。斯の如き目的に使用する Y 函は屢々中性點チョーカー (Neutral point choker) と名づけらる。

T レアクタンス線輪 (T reactance box) を用ふる場合の接



第四百八十六圖

T レアクタンス線輪を用ふる場合



第四百八十七圖

T レアクタンス線輪を用ふる場合

續は、第四百八十六圖の如くにして、二箇の等しき誘導性抵抗 L を二線間に接続し、其合點 O に電圧線輪の一端を接続するものとす。此場合に於ては第四百八十七圖のヴェクトル、ダイヤグラムに明かなる如く、前記抵抗の中點は O に相當し、従つて電圧線輪に加はる電壓は、III O の電壓となるべく其値は  $\frac{\sqrt{3}}{2}V$  に等しくなり、電流線輪中の電流は III の線より取るを以て之を A とし、力率を  $\cos\phi$  とせば電力計の読み、

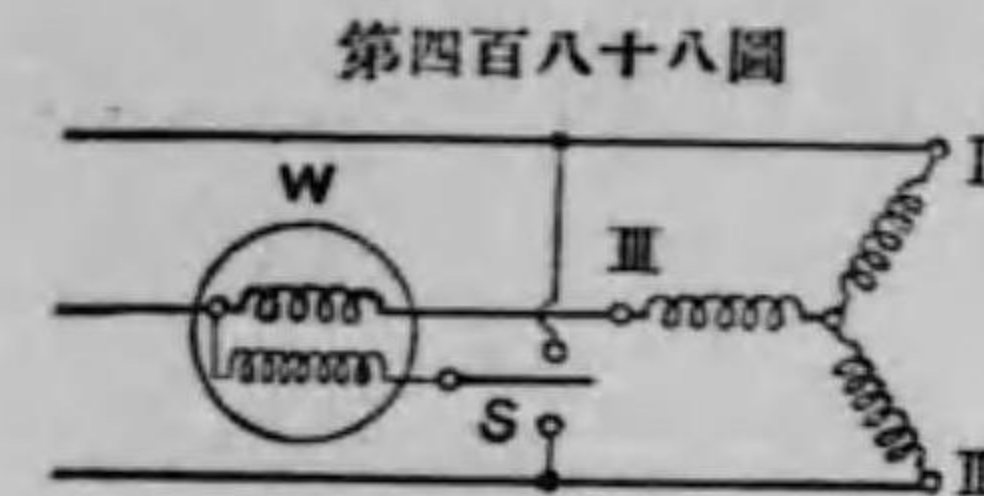
$$W_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} VA \cos\phi$$

となり。従つて全電力 W は、

$$W = \sqrt{3} VA \cos\phi = 2W_1$$

となるべし。此場合に於て抵抗の値を電圧線輪に比し

て小にせざれば中性點の電位を攪亂せらるゝ虞あるべし。猶ほ平衡負荷の場合に於ては、後に述ぶる二電力計法の特別の場合として一箇の電力計を使用し、二回の読みを取り、其値より三相式電力を測定する事を得べし。



第四百八十八圖

電圧線輪を切換ふる場合

即ち第四百八十八圖に示すが

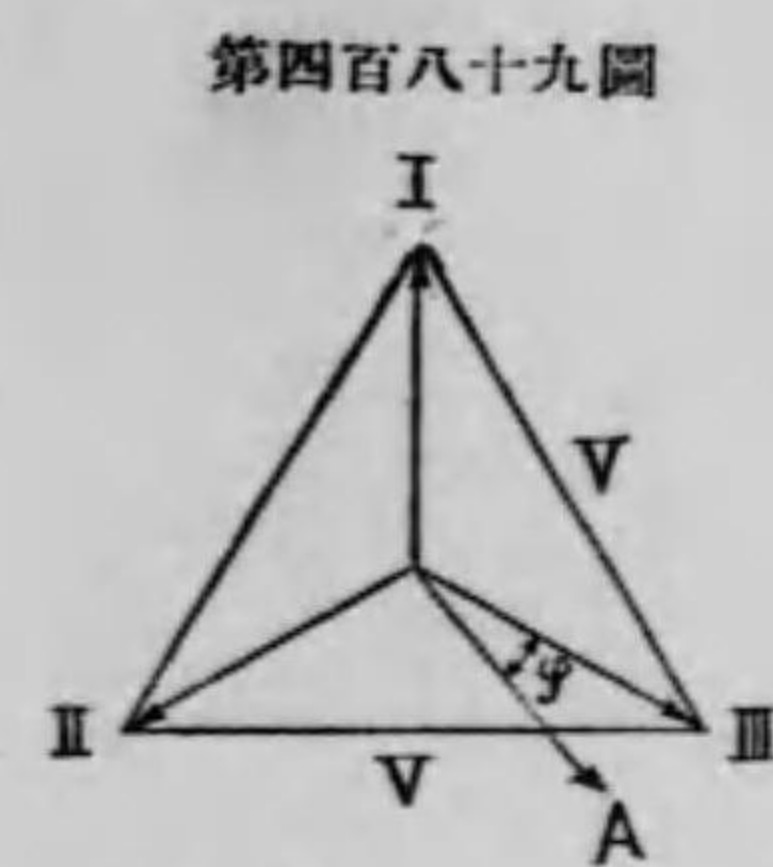
如く、其電流線輪を回路の一線

に接続し、電圧線輪の一端は其

線に、又他端は切換開閉器 S に

依り、他の二線に交互に接続し、二回の電力計の読みを取るものとす。其値夫々  $W_1$  及び  $W_2$  なりとせば、全電力 W は

$$W = W_1 + W_2$$



第四百八十九圖

電圧線輪を切換ふる場合

に等し。何となれば第四百八十

九圖のヴェクトル、ダイヤグラムに

於て、電流線輪は III の線に接続

し、電圧線輪には交互に III, I 及

び III, II の電壓を加ふるを以て

各々の場合に於ける電力計の指

示  $W_1$  及び  $W_2$  は夫々、

$$W_1 = VA \cos(\phi - 30^\circ)$$

$$W_2 = VA \cos(\phi + 30^\circ)$$

となる事明かなり。V 及び A は線路の電壓及び電流、 $\cos\phi$  は力率を示す。故に



$$\begin{aligned} W_1 + W_2 &= VA \cos(\varphi - 30^\circ) + VA \cos(\varphi + 30^\circ) \\ &= \sqrt{3} VA \cos\varphi \end{aligned}$$

となり、二回の電力計の読みの和が三相全電力となるなり。

**262. 三相三線式不平衡負荷回路の電力測定法** 三相三線式回路に於て、負荷の平衡せざる場合には必ず二箇以上の单相用電力計を必要とするなり。

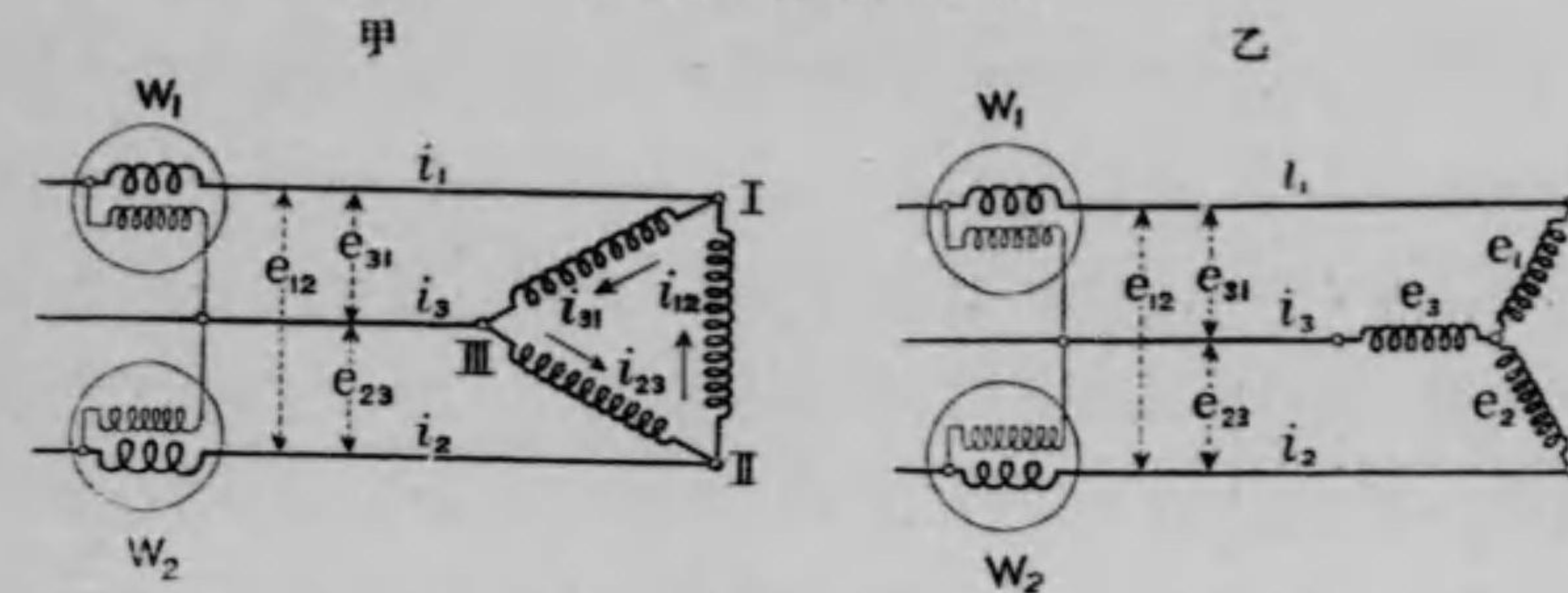
**二箇の電力計を用ふる方法** 三相三線式不平衡負荷回路の電力は、二箇の单相用電力計に依りて測定する事を得べく、其方法を名づけて二電力計法(Two wattmeter method)と云ふ。二電力計法に於ては電力計の電流線輪を一箇宛三相式の二線に接続し、電圧線輪は之を其二線と第三線との間に接続するものにして、兩電力計の指示の和が三相式電力を表はすものなり。尤も力率〇・五以下の場合には後に記すが如く、一方の電力計の指示反対の方向に起るものなるを以て、此場合には電圧線輪の接続を反対にして得たる指示を、他の電力計の指示より差引きたるものが三相電力となるものなり。

今先づ第四百九十圖甲に示す如く負荷は△に接続せられたりとせよ。然る時には各部の電流及び電壓の瞬時値を圖の如く定めたりとせば、

$$e_{12} + e_{23} + e_{31} = 0$$

$$i_1 = i_{12} - i_{31}$$

第四百九十圖



二電力計法に依る三相電力測定法

$$i_2 = i_{23} - i_{12}$$

$$i_3 = i_{31} - i_{23}$$

電力の瞬時値を  $w$  とすれば、

$$\begin{aligned} w &= e_{12}i_{12} + e_{23}i_{23} + e_{31}i_{31} \\ &= e_{12}(i_1 + i_{31}) + e_{23}(i_2 + i_{12}) - (e_{12} + e_{23})i_{31} \\ &= e_{12}i_1 + e_{23}i_2 + e_{23}i_1 \\ &= e_{23}i_2 - e_{31}i_1 \end{aligned}$$

故に一周期中の平均を取れば三相電力、

$$W = W_1 - W_2$$

$$\text{茲に } W_1 = \frac{1}{T} \int_0^T e_{23}i_2 dt, \quad W_2 = \frac{1}{T} \int_0^T e_{31}i_1 dt$$

今各線輪の接続方向を圖の如く定めたりとせば、 $W_2$  の符號反対となり、

$$W = W_1 + W_2$$

即ち三相電力は斯の如き接続を爲せる二箇の電力計の指示の和となるなり。而して此關係は電流及び電壓の



値に何等の制限なくして成立するものなるを以て、即ち負荷に如何なる不平衡あるも、此測定方法に誤謬なき事明かなり。

次に Y 接続の場合に就きて考ふるに、第四百九十圖乙に示すが如く、

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

$$e_{12} = e_1 - e_2$$

$$e_{23} = e_2 - e_3$$

$$e_{31} = e_3 - e_1$$

而して

$$w = e_1 i_1 + e_2 i_2 + e_3 i_3$$

$$= e_1 i_1 + (e_{23} + e_3) i_2 - e_3 (i_1 + i_2)$$

$$= e_1 i_1 + e_{23} i_2 - e_3 i_1$$

$$= e_{23} i_2 - e_{31} i_1$$

故に平均を取りて、

$$W = W_1 - W_2$$

$$\text{茲に } W_1 = \frac{1}{T} \int_0^T e_2 i_2 dt, \quad W_2 = \frac{1}{T} \int_0^T e_{31} i_1 dt$$

此場合に於ても前と同一の接続方向を用ふれば、三相電力は二箇の電力計の指示の和に依りて求められ、負荷の不平衡には関係なきなり。

二電力計法に依り三相電力を測定する場合に於て回路の力率が小なる場合には、上記の接続方向にある一方の電力計の指示は反対となるべし。此場合には前にも述べたるが如く、其電力計の線輪の一方の接続方向を反

對にして(電壓線輪の方向を變ふる方一般に容易なり)其時の指示を他の電力計の指示より差引くものとす。其理由を次に説明せん。

今簡單の爲め、平衡負荷の場合に就きて考ふるに、Y 接続の場合に於て各電流及び電壓が正弦波形を有するものと假定し、 $V_0$  及び  $A$  を各相の電壓及び電流の實効値とし、

$$e_1 = \sqrt{2} V_0 \sin \omega t$$

$$e_2 = \sqrt{2} V_0 \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_3 = \sqrt{2} V_0 \sin(\omega t - 240^\circ)$$

の關係にあるものとせよ。然る時は、

$$e_{23} = e_2 - e_3 = \sqrt{2} V_0 \sin(\omega t - 120^\circ) - \sqrt{2} V_0 \sin(\omega t - 240^\circ)$$

$$e_{31} = e_3 - e_1 = \sqrt{2} V_0 \sin(\omega t - 240^\circ) - \sqrt{2} V_0 \sin \omega t$$

相差を  $\varphi$  とせば

$$i_1 = \sqrt{2} A \sin(\omega t - \varphi)$$

$$i_2 = \sqrt{2} A \sin(\omega t - 120^\circ - \varphi)$$

$$\begin{aligned} \therefore W_1 &= \frac{1}{T} \int_0^T e_{23} i_2 dt \\ &= \frac{1}{T} \int_0^T 2V_0 A \{ \sin(\omega t - 120^\circ) - \sin(\omega t - 240^\circ) \} \sin(\omega t - 120^\circ - \varphi) dt \\ &= \sqrt{3} V_0 A \cos(\varphi - 30^\circ) \\ &= VA \cos \varphi - 30^\circ \end{aligned}$$

茲に  $V$  は線路の電壓の實効値を示す。

$$W_2 = \frac{1}{T} \int_0^T e_{31} i_1 dt$$

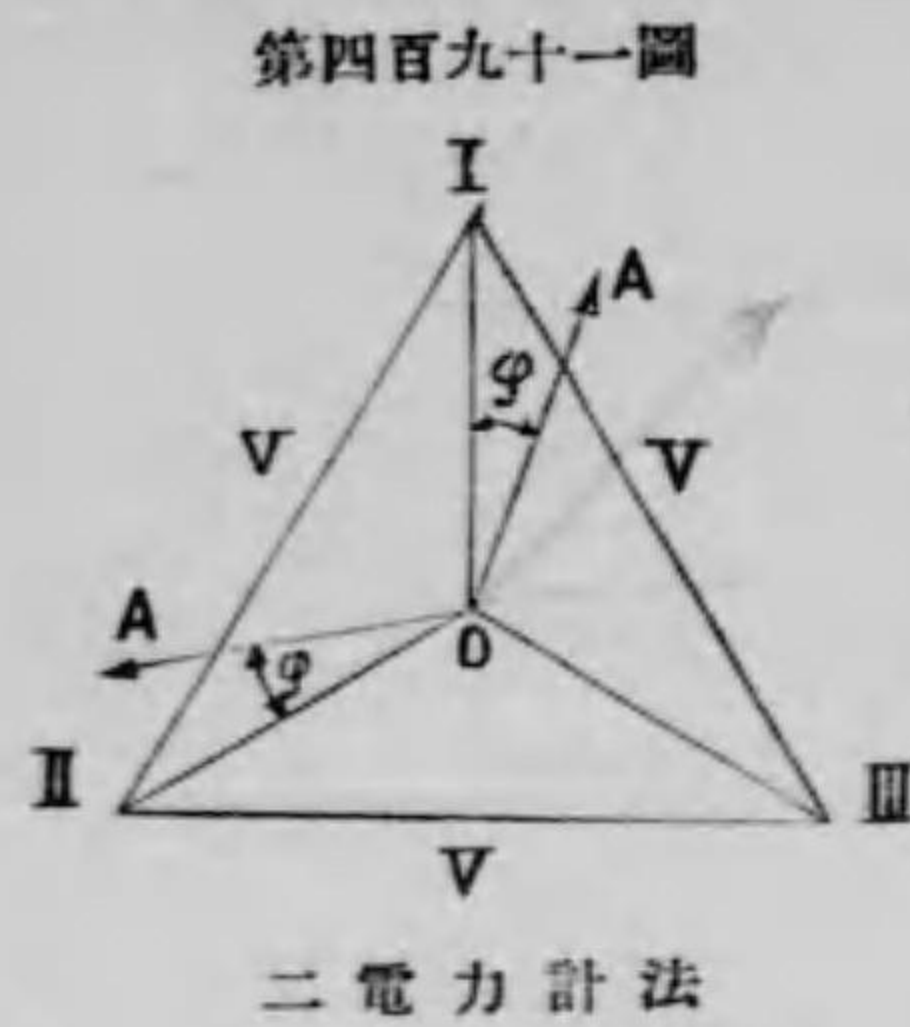


$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{T} \int_0^T 2V_0A \{ \sin(\omega t - 240^\circ) - \sin \omega t \} \sin(\omega t - \varphi) dt \\
 &= -\sqrt{3} V_0A \cos(\varphi + 30^\circ) \\
 &= -VA \cos(\varphi + 30^\circ)
 \end{aligned}$$

前記の如き接続方向を用ふれば

$$W_2 = VA \cos(\varphi + 30^\circ)$$

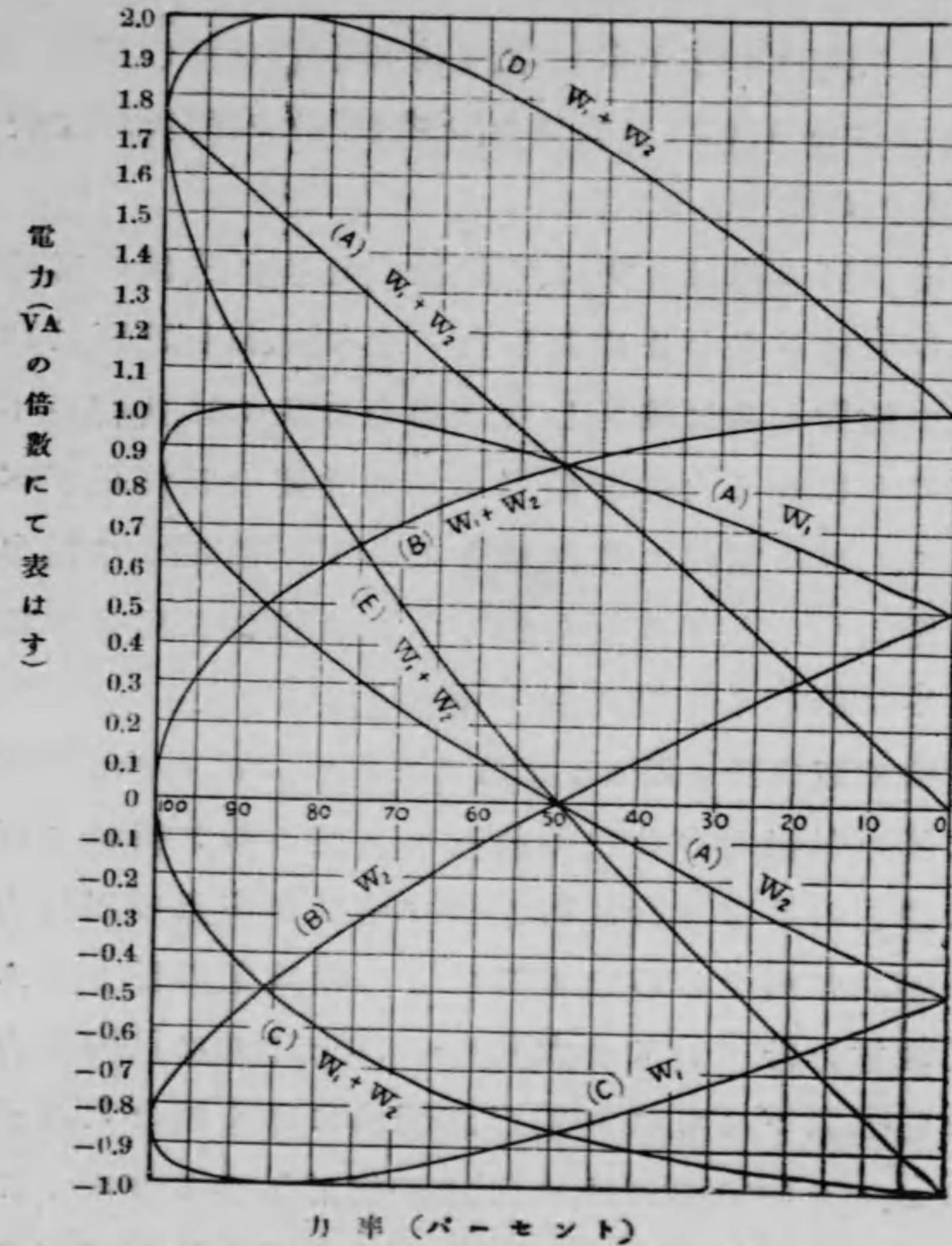
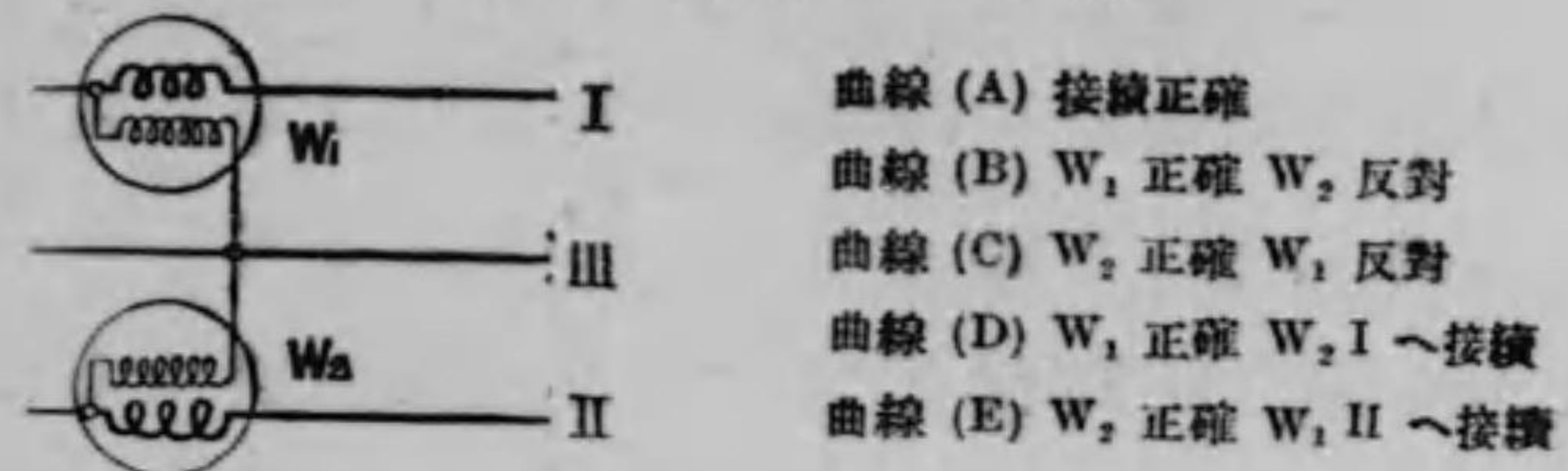
となるべし、故に  $W_2$  は  $\varphi = 60^\circ$  の時に零となり、夫れより大なる  $\varphi$  の値に對しては反對の符號を取るべく、即ち指示は逆となる理なり。即ち力率〇.五以下に於ては上記の接続にては、 $W_2$  は常に反對の指示となるを以て、之を反對にして  $W_1$  より減ずれば三相電力を得べき事明かなり。猶ほ此關係は第四百九十一圖のベクトル、ダイヤグラムよりも明かにして  $W_1$  は II, III の電壓と O, II の電流とに依る電力、又  $W_2$  は III, I の電壓と O, I の電流とに依る電力を指示するものなり。



電力を指示するものなり。

負荷の不平衡なる場合に於ては其關係上述の如く簡單ならずと雖も、此場合に於ても上記の接続方法を用ひて一方の指示反對となるものある時に、其接続方向を變へて指示を正し、兩電力計の指示の差を取れば所要の負荷を得べき事、平衡負荷の場合と全く同一なり。

第四百九十二圖



二電力計法に於ける接続の誤謬に基づく誤差



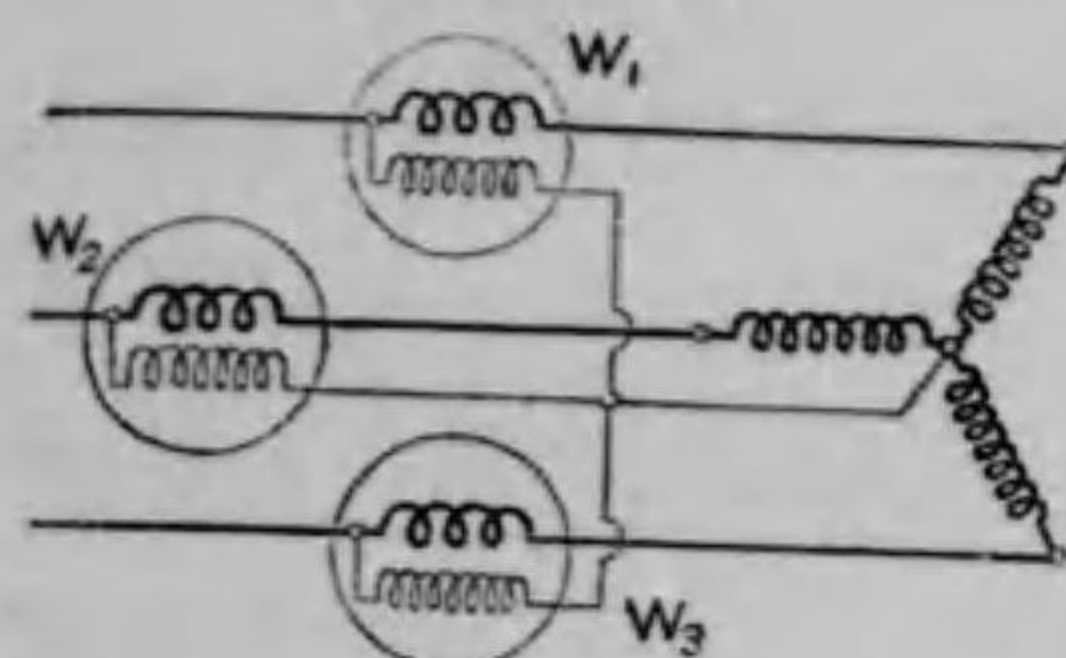
二電力計法の接続方法は上記の如くせば可なりと雖も、測定器用變成器等と同時に使用したる場合には、屢々其接続を誤り、従つて電力の測定に大なる誤差を生ずる事少なからず。第四百九十二圖の曲線は、接続方法の誤りたる時に於ける各電力計の指示及び其和を表はすものにして、横軸は百分率力率、縦軸は各電力計の読み  $W_1$ 、 $W_2$  及び其和  $W_1+W_2$  を表はし、目盛は VA の倍數にて表はしたるものなり。

猶ほ上記の關係に於て、Y 結線の時には三線の瞬時電流の和零なる事を條件としたるを以て、若し電源及び負荷の中性點を共に接地したる場合に於ては、負荷の不平衡の場合に於て大地を通じて中性點間に電流通ずべきを以て、三線の電流の和は零とならず。従つて二電力計法の用ふべからざる事明かなり。斯の如き場合の電力測定法に關しては後に之を述べん。

**三相式電力計を用ふる方法** 上記の二電力計法を應用し、二箇の單相電力計動作装置を上記の如き接続に置き、其可動線輪を同一軸に取り付け、兩動作装置の廻轉力を同一軸に作用せしめたるものを三相式電力計と云ふ。三相式電力計に於ては力率 0.5 以上にては兩廻轉力の和、又 0.5 以下にては其差が直接軸に働く事となるべきを以て、總ての力率に於て同様に使用し得る事明かなり。

**三箇の電力計を用ふる方法** 三箇の電力計を用ひ之を

第四百九十三圖



三電力計法に依る三相電力測定法

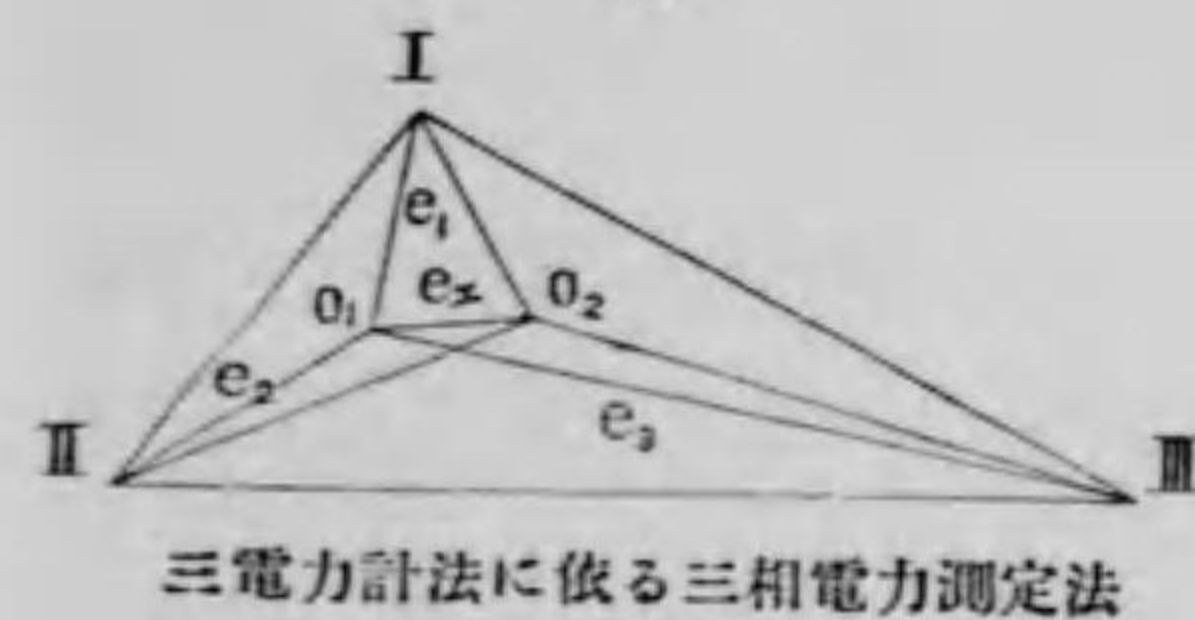
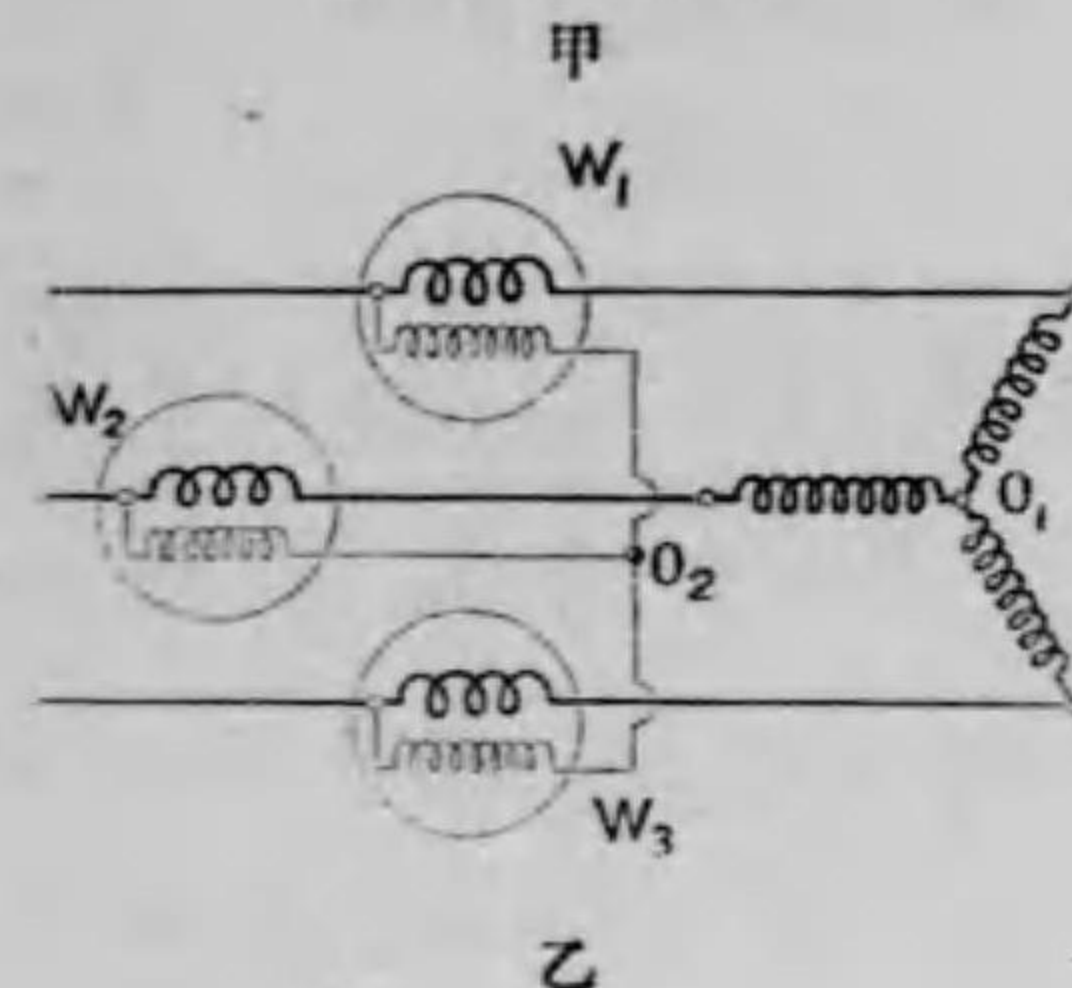
第四百九十三圖に示すが如く、中性點と各線間とに接続し其指示を  $W_1$ 、 $W_2$  及び  $W_3$  とせば、全電力  $W$  は

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

となるべし。而して  $W_1$ 、 $W_2$ 、

$W_3$  は各相の電力を別々に指示す。

第四百九十四圖



三電力計法に依る三相電力測定法

次に中性點の近づき能はざる場合に於ては、第四百九十四圖甲に示すが如く、三箇の電圧線輪の端を結合すれば可なり。此場合に於ては各電力計の指示は其相の電力にあらざるも、其和は正確に三相電力となるべし。何となれば第四百九十四圖乙を以て上記の負荷を代表せしめ、 $O_1$  を負荷の中性點、 $O_2$  を三電圧線輪の結合點とせば、 $IO_1$ 、 $II O_1$ 、 $III O_1$  の電圧の瞬時値を  $e_1$ 、 $e_2$ 、 $e_3$ 、又  $O_1$ 、 $O_2$  間の電圧の瞬時値を  $e_x$  とし、各相の電流の瞬時値を  $i_1$ 、 $i_2$ 、 $i_3$  として、三つの電力計に加はる

瞬時電力は夫々、

$$w_1 = (e_1 - e_x) i_1$$



$$w_2 = (e_2 - e_x)i_2$$

$$w_3 = (e_3 - e_x)i_3$$

に等し。然るに、

$$w_1 + w_2 + w_3 = e_1 i_1 + e_2 i_2 + e_3 i_3 - e_x (i_1 + i_2 + i_3)$$

にして

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

なるを以て、結局

$$w_1 + w_2 + w_3 = e_1 i_1 + e_2 i_2 + e_3 i_3$$

となり、其平均を取れば即ち三つの電力計の指示は正確に三相電力となるべし。

**263. 三相四線式若くは負荷及電源の中性点を共に接地せる三線式不平衡負荷回路の電力測定法** 三相四線式の場合若くは三線式にても負荷及び電源の中性点共に接地しあるが如き場合に於て、負荷の不平衡なる時には二電力計を用ひて測定を行ひ能はざる事前にも述べたる所の如し。何となれば二電力計法に於てはY形接続に於て常に三線の電流の和が零なる事、即ち

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

なるを条件としたるものなるに、四線式若くは上記の如き三線式の場合に於ては、中性線の電流を  $i_0$  として、

$$i_1 + i_2 + i_3 + i_0 = 0$$

の関係あり。固より

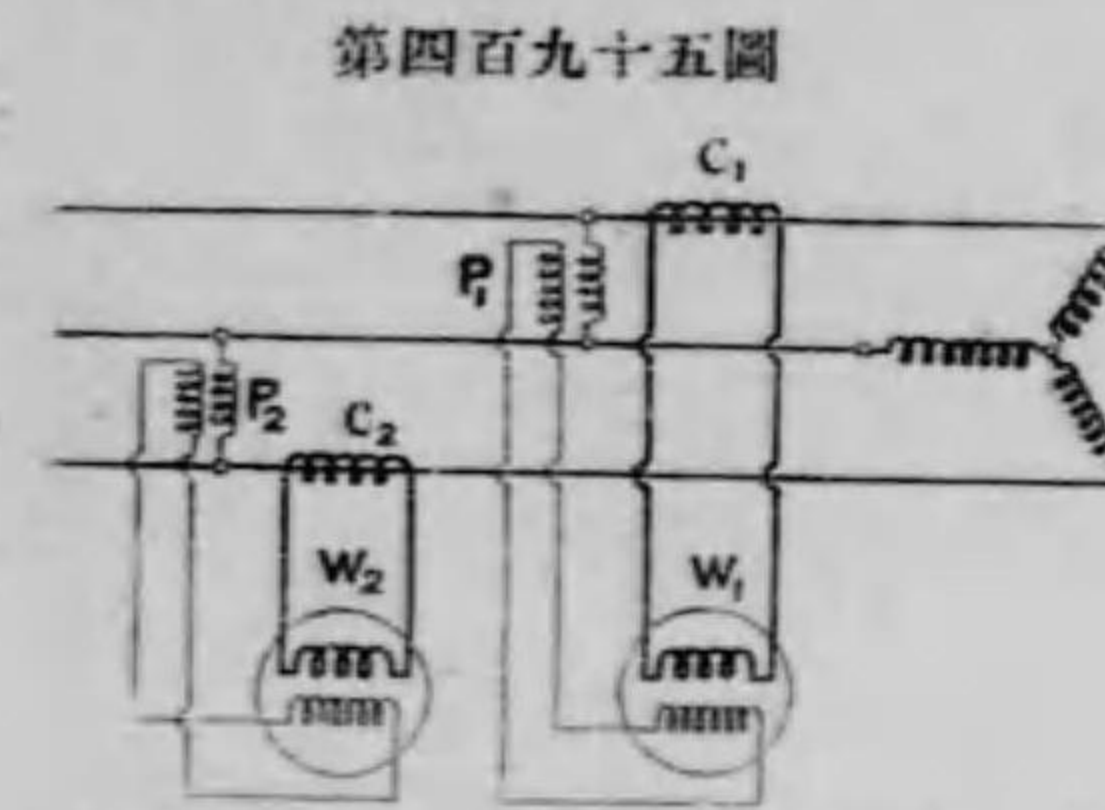
$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

なるを以て、二電力計法の用ひ得べからざる事明かなり。此場合に於て正確に電力を測定せんとするには前に記したるが如く、三箇の單相式電力計を用ひ、電圧線輪を各線と中性線(又は中性点)との間に接続し、各電力計の読みより

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

として測定する方法を用ふるものとす。

**264. 測定器用變成器及電力計を用ふる三相交流電力測定法** 高圧若くは強電流の場合に於ては、變流器及び變壓器を用ふる事、單相二相等の場合と



測定器用變成器と共に用ふる電力計

全く同一なり。但し二電力計法の場合に於ては、能く變成器の方向を調査し、第四百九十五圖に示すが如く正確に接続せざるべからず。而して二箇の變壓器  $P_1, P_2$  又は變流器  $C_1, C_2$  が全く同一の位相角を有する場合に於ては、三相電力に於ける位相角に基づく誤差の大きさは單相電力の時と全く同一なるを以て、單相の時と同一の更正を施せば可なり。但し二箇の變壓器又は變流器の相差角同一ならざる場合には、更正は稍々複雑なるを免れざるものなり。



### 第三節 電力計

#### 第一項 電流計型電力計

265. 總説 電流計型電力計は電力測定器として最も重要な種類にして、其動作原理の大要は第一節中に述べたる所の如し。而して電流計型測定器の一般的構造及び特性は第三章中電流計型電流電圧測定器の條に於て述べたるものと殆ど同一なるを以て、茲には唯だ其電力測定器として特異の點を列記するに止めん。

電流計型電力計の理論及構造 電流計型電力計に於ては前にも述べたるが如く、可動線輪は常に負荷に竝列に接続せられ、固定線輪は之に直列に接続せらるゝを以て、可動線輪に働く廻轉力は負荷の電力に比例し、交流の場合に於ては平均廻轉力が電力に比例するものなり。而して可動線輪は細き電線を多數に捲きたるものより成り、且つ之に直列抵抗を置きて電圧回路の電流を減ぜしめ、固定線輪は抵抗を減ずる爲め太き線より成り捲數も少なし。制御装置としては螺旋彈條又は重錘を用ひ、其制御廻轉力を以て上記の働廻轉力と平衡せしむるを以て、平衡したる時の可動線輪の廻轉角又は重錘の重さ及び位置が電力の値を指示する事となるものなり。

而して多くの場合に於て電力は大體廻轉角に比例し、従つて目盛は極めて均一に近し。制動装置としては多く空氣制動又は渦流制動装置を使用すれども、種類に依りては全く之を缺けるものもあり。

此型の電力計の可動線輪の廻轉方向は、線輪中の電流の方向に依り一定するものなるを以て、之を反對にせんとするには、兩線輪の一方の接続を反對にせざるべからず。而して兩線輪の接続點は必ず直列抵抗の前にあらざるべからざるものにして、之を反對にすれば兩線輪間に高き電位の差を生じ、靜電作用の爲め測定の指示に影響すべし。故に高き電圧の場合には電圧線輪中の電流を逆にする場合にも、常に上記の關係にある様に注意せざるべからず。

此型の電力計の測定範圍の擴張を爲さんとするには、電圧の測定範圍に對しては直列抵抗(倍率器)又は變壓器を使用し、電流の測定範圍に對しては變流器を使用す。古き型にては分流器を用ひたるもあれど、今日は殆ど使用せられず。

而して此型に屬する電力計は、構造上次の四種に別つ事を得べし。

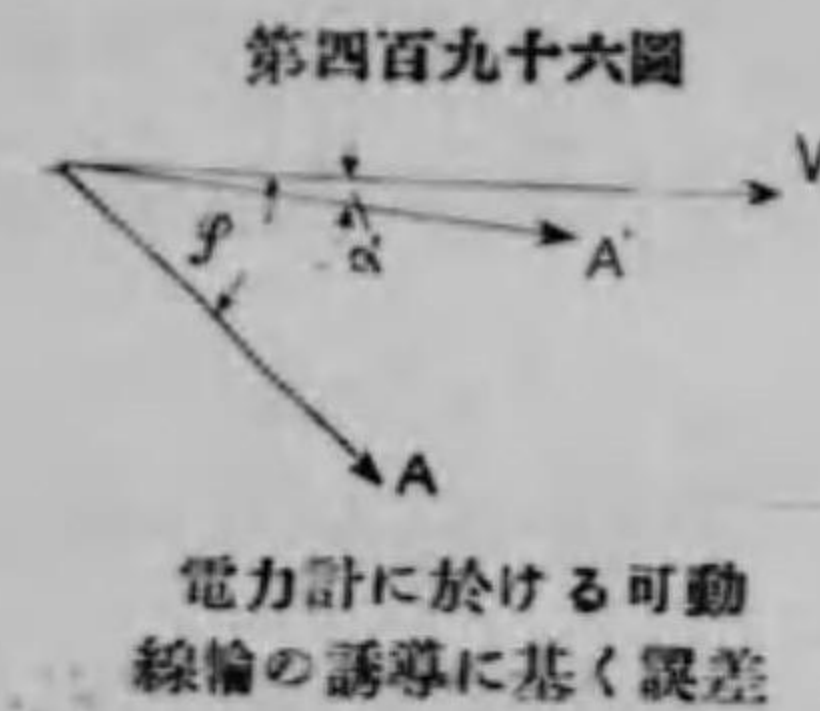
- (一) 捻廻電力計 (Torsion wattmeter) 此型に於ては廻轉せる可動線輪は螺旋彈條を捻りて舊位置に戻され、其捻りたる角度より電力を測定す。



- (二) ワット衡 (Watt balance) 此型にては線輪は重錘に依りて舊位置に戻され、重錘の重さ及び其位置より電力を測定す。
- (三) 指示電力計 (Indicating wattmeter) 可動線輪に附したる指針の偏れより、直接電力を測定す。
- (四) 反照電流計 (Mirror or reflecting electro-dynamometer) 可動線輪の懸垂線に小鏡を附し、反射光線を利用して廻轉角を測定す。

各測定器の理論及び構造の詳細に就きては、各項に分ちて之を述べん。

**電流計型電力計の特性** 電流計型電力計に関する簡單なる理論は既述の如し。然れども實地に之を使用する場合には、理論上其指示に多少の誤差あるを免れざるを以て、精確なる結果を得んとするには更正を行はざるべからず。而して其誤差の第一は電力計の線輪中に於ける電力損失に基づくものにして、此事に關しては前節中既に之を述べたり。第二の誤差は直流にて試験したるものを交流に使用する場合に於ける可動線輪の自己誘導又は容量、可動固定兩線輪間の相互誘導並に固定線輪其他線輪の附近にある金屬體中に發生する渦流の影響として、電壓電流兩線輪中の電流の相差と實際の電壓電流間の相差との間に差を生ずるに基づく誤差なり。其内最も大なる影響あるは、可動線輪の自己誘導



にして、其爲め一般に電壓線輪中の電流は其電壓より遅れ、且つ無誘導抵抗の時よりも電流減少すべし。今第四百九十六圖に於て  $V$  を電壓、 $A'$  を電壓線輪中の電流の實効値を表はすものとせば、 $A'$  の  $V$  より遅るゝ角  $\alpha$  は電壓線輪回路の抵抗  $r$  及び誘導  $L$  に依りて定まる。即ち

$$\tan \alpha = \frac{\omega L}{r}$$

$$A' = \frac{V}{\sqrt{r^2 + \omega^2 L^2}}$$

$A$  を電流線輪中の電流とし、 $\varphi$  を其電壓より遅るゝ角度とせば、電力計に働く廻轉力  $D$  は、 $K$  を常數として、

$$\begin{aligned} D &= K A A' \cos(\varphi - \alpha) \\ &= \frac{K V A}{\sqrt{r^2 + \omega^2 L^2}} \cos(\varphi - \alpha) \\ &= \frac{K V A}{r} \cos(\varphi - \alpha) \cos \alpha \end{aligned}$$

となる事明かなり。而して若し  $L=0$  なる時には、

$$D_0 = \frac{K V A}{r} \cos \varphi$$

となり廻轉力が正確に電力に比例すべく、直流を以て試験したる目盛を用ひ交流電力を測定して差支なきも、若し  $L \neq 0$  の場合に於て直流に依りて試験したる目盛を其儘交流に使用する時には誤差を生ずべき事明かなり。



其誤差を  $\varepsilon$  とすれば、

$$\varepsilon = \frac{D - D_0}{D_0} = \frac{\cos(\varphi - \alpha)\cos\alpha - \cos\varphi}{\cos\varphi}$$

$\alpha$  は通常小角なるを以て、 $\cos\alpha = 1$ 、 $\sin\alpha = \alpha$  と看做せば恰も測定器用變成器の位相角に基づく誤差と同一にして、

$$\varepsilon = \alpha \tan\varphi$$

となり、 $\varphi$  の大にして力率の小なる程此誤差は増大す。而して  $\alpha$  は勿論線輪の誘導と抵抗との割合に關係し、又周波數に依りて變化す。優良なる測定器に於ては自己誘導を極めて小ならしめ、且つ大なる無誘導性抵抗を接続して  $\alpha$  の減少を計るを以て、極めて小なる力率の負荷を測定する時、又は低き電壓の負荷なる爲め大なる無誘導抵抗を接続し得ざる場合の外、多くは此誤差を無視するも可なり。次に一例として普通型電力計に於ける此誤差の程度を記さん。此例に於ては電壓線輪の誘導 0.02 henry、抵抗(百ヴォルト用)三千オームにして、五十サイクルの時と假定したり。

力率	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0.1
誤差(%)	0	0.15	0.28	0.47	1.03	2.0

次に電壓線輪回路は常に誘導性とは限らず、場合に依りては其容量が誘導に打勝ち線輪中の電流の却つて電壓より進む場合あり。此場合に於ては誤差は其容量誘

導及び抵抗の値より定まり、符號は前と反對なり、而して其容量性なる場合は、多く直列抵抗を無誘導性ならしむる爲め捲戻しと爲す場合に起るものにして、長き線を相並べて捲く爲め大なる容量を含むに至るものなり。此場合抵抗を數箇の區分に分てば、容量を減少する事を得べく、例へば之を  $n$  箇に分てば、容量は前の  $\frac{1}{n}$  となる事明かなり。

次に線輪の附近に大なる金屬片の存在する場合には電流線輪に基づく磁束の爲め其中に渦流を發生し、恰かも短絡せる二次線を有する變壓器に於けるが如く、磁束は其電流より相差に於て遅れ、其爲め電力計の指示が實際の電力と相違し來る事、電壓線輪の誘導に基づく誤差の時と同様なり。而して大なる電流に對して使用する電力計の場合には、電流線輪導體の切斷面積大なる爲め其内にも渦流を發生すべきを以て、斯の如き場合には導體を細分して渦流の發生を避くる必要あり。猶ほ此渦流の發生に基づく誤差は、電壓線輪の誘導に基づく誤差に於けるが如く、豫め計算に依り更正する事困難なるを以て、成るべく金屬部分を減少し、渦流の發生を防ぐ様なさるべからず。

電流電壓兩線輪間の相互誘導も亦誤差の源因となるべく、兩線輪の相互位置に依りて其程度を異にし、或は電壓線輪の自己誘導の影響を増し、或は之を減ずるが如き



結果となるものなれど、偏れたる電圧線輪の位置を復舊し、常に兩線輪の方向を直角ならしめて使用する檢廻電力計の場合に於ては、此影響全くなし。

極めて大なる電流に使用する場合には、電流の表皮作用の爲め、普通の周波數にても、導體の内部にて電流の分布を異にし、其爲め磁束と電流との間に相差を作る事を以て、此點より云ふも線輪の導體は成るべく細分するを可とすべし。

第三の誤差は周波數及び波形の變化に基くものにして、周波數の變化は電壓と電圧線輪中の電流との相差を變化し、従つて力率に依りて異りたる誤差を生ずべきも、其影響は直列抵抗大なる場合には極めて小なり、又波形の正弦波以外なる時には、各種の高調波を含み、従つて電圧線輪のリアクタンスを増加すべく、周波數を増加したると同一の作用あるも、是も其影響小なり。

第四の誤差は溫度の變化に基くものにして、溫度の變化は電圧線輪の抵抗を變化し、同一の電壓に對し其電流を變化し、従つて廻轉力を變化すべきも、電圧線輪回路には常に溫度係數小なる直列抵抗を多量に接續するを以て、其影響極めて少なし。而して溫度の變化は同時に制御螺旋の彈力を變化すべきも、其程度は攝氏一度に就き〇・〇四パーセントにして、其作用は抵抗の作用と相殺すべき傾向あるを以て、却つて溫度の影響を減少す。自

己加熱の影響も亦極めて小なるを普通とす。

第五の誤差は外部磁界の影響に依るものにして、外部磁界の影響は比較的大なるを普通とす。而して此種測定器を直流に使用する場合には、交番磁界の爲には影響を受けざるも、地球磁氣の如き一定の方向を有する磁界は、測定器の方向に依り異りたる影響を生ずべし。故に使用に當り測定器の方向をして地球磁氣の影響なき様に置くか、又は二箇の可動部分を置き、之を無定位に配置し、或は線輪中の電流の方向を反對にして得たる二回の指示の平均を取り、地球磁氣の作用を除外せざるべからず。交流に使用する場合には、地球磁氣の如き一定の方向を有する磁界は、指示に影響なし。然れども其交流と同一又は近似の値の周波數を有する電流に依りて生ぜらるゝ漏洩磁界は、影響を生ずる事大なるを以て、測定器の附近にては成る可く導體の環を作らしめざる様注意せざるべからず。

第六の誤差は測定器用變成器を用ひたる場合に生ずるものにして、此事に關しては第一項中に之を述べたり。

此型の測定器は上記の如き特性を有するを以て、極めて低き力率の場合を除きては、直流と交流とにて全く同一の目盛を使用し得べく、直流を以て試験したる結果を以て直ちに交流電力の測定を行ひて可なり。又極めて小なる力率の場合には、誘導線輪回路の誘導及び抵抗を



測定し、直流にて施したる目盛に更正を施せば可なり。

**266. 捻廻電力計 (Torsion wattmeter)** 第三章に述べたる捻廻電流計を電力の測定に適する様改造したるものにして、固定線輪内に可動線輪を装置し、固定線輪を負荷に直列に、又可動線輪を之に並列に接続するものとす。而して電流の通ぜざる場合には、可動線輪は固定線輪と直角又は平行の位置にあり、電流を通ずる時には可動線輪が廻轉力を受けて廻轉すべきを以て、此時可動線輪に附したる螺旋の捻廻軸を捻りて制御廻轉力を増し、線輪を舊位置に復せしめ、其爲め捻廻軸を捻りたる角度を測定するものとす。斯の如く固定線輪と可動線輪とが常に同一の関係にある場合に於ては、可動線輪の受くる廻轉力は正しく其回路の電力に比例すべく、制御廻轉力は捻廻軸を捻りたる角度に比例すべきを以て、 $W$ を電力、 $\theta$ を角度とせば、

$$W \propto \theta$$

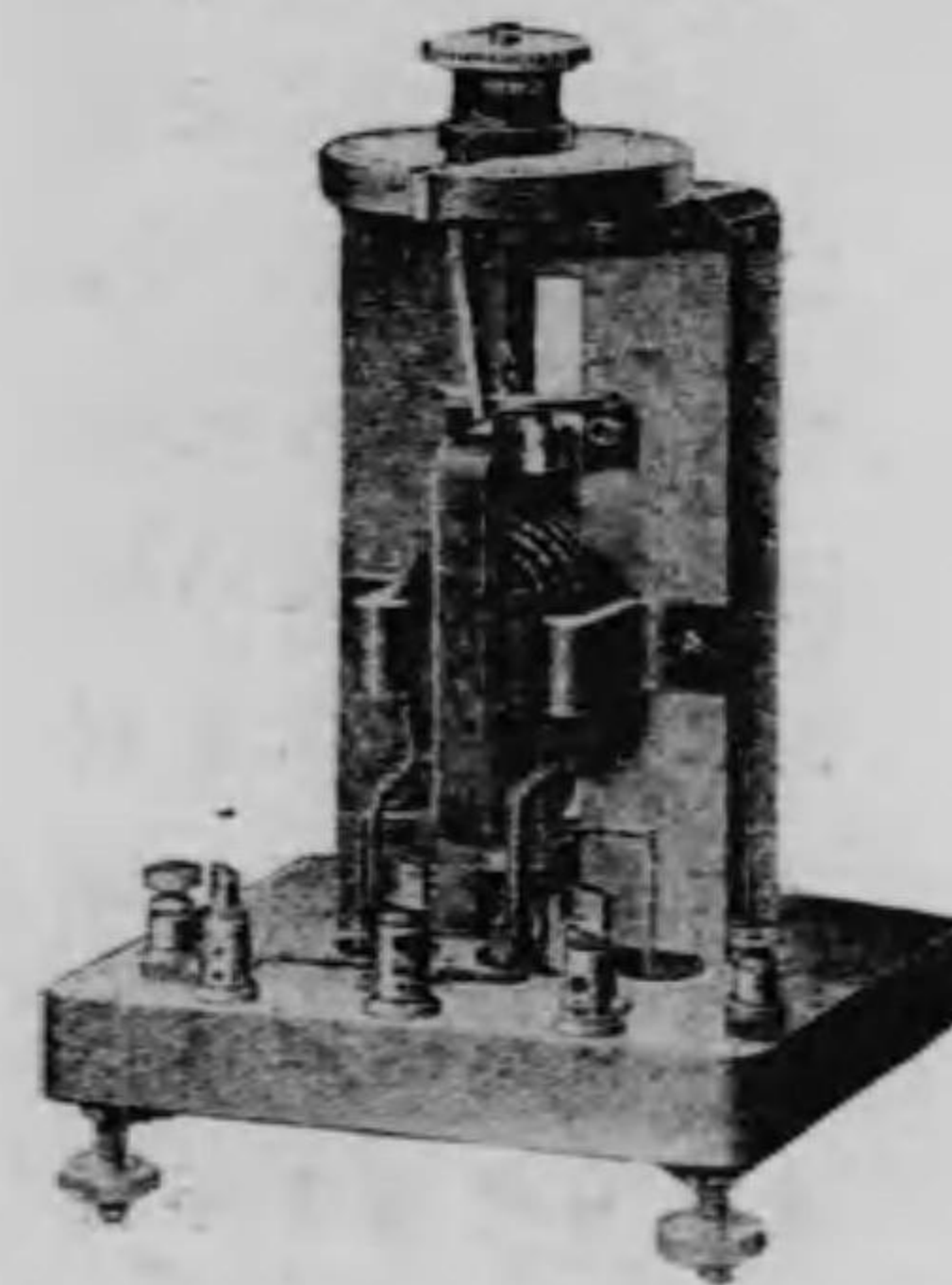
となる。而して交流の場合に於ては平均廻轉力が電力に比例する事となるを以て、直流の時と同一の関係式成立すべし。即ち電力は直流交流に論なく、常に捻廻角に比例する事となるを以て、捻廻軸の捻廻角を示す目盛は全く均一目盛にて可なり。而して此電力計は其磁界弱く直流に使用する場合には、地球磁界の影響大なるを以て、常に可動線輪の面を地球磁界と直角なる方向にある

様にして用ふるか、或は兩線輪共其電流の方向を反對にし、二回の讀みを取り、其平均を以て電力と定めざるべからず。尤も線輪を二組置き、之を無定位に配置したるものによりては、地球磁界の影響は除外せらるべし。目盛均一にして且つ誘導渦流の影響を成る可く減少しあるを以て、直流にて目盛の試験を行ひ、主として交流電力計較正試験の標準器として使用せらる。

次に二三の捻廻電力計の構造に就き記さん。猶、ウエスチングハウス (Westinghouse) の電流計型電力計に捻廻型のものあれど、其構造ワット衡と同一なるを以て次項ワット衡の項中に之を記述せん。

**シーメンス捻廻電力計 (Siemens torsion wattmeter)** 第三章に述べたる捻廻電流計と殆ど同一の構造を有する

第四百九十七圖



シーメンス捻廻電力計

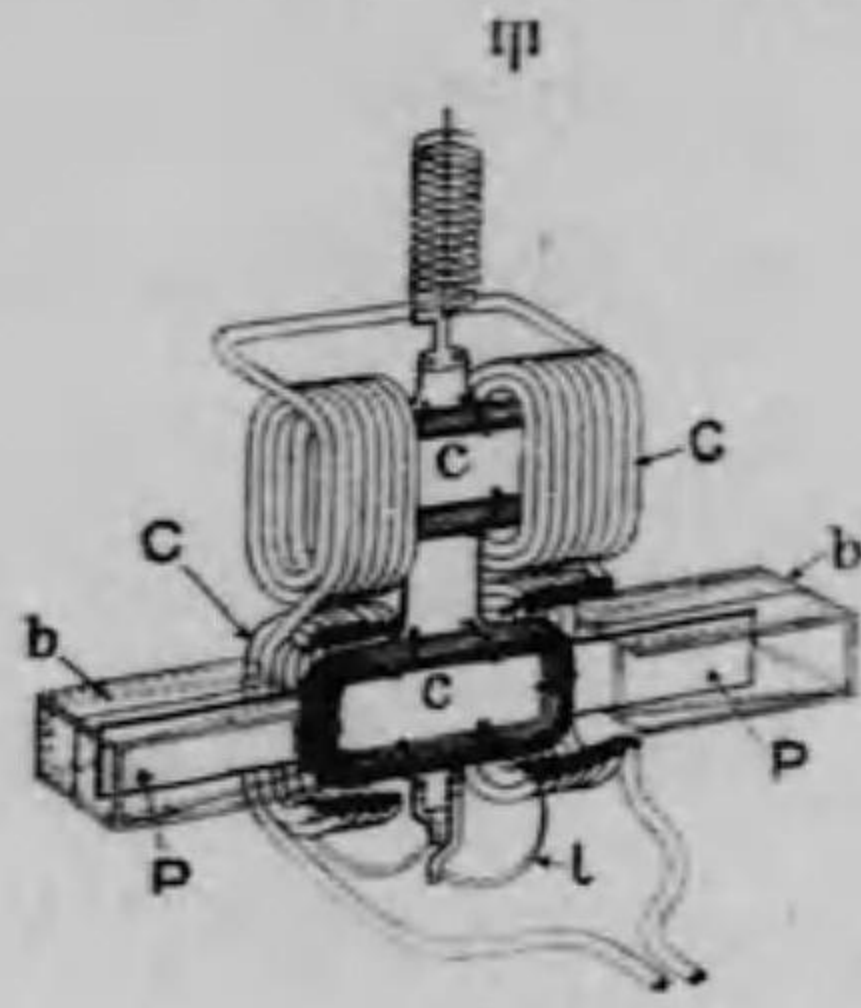
ものにして、之を電力計として用ふる爲め、固定線輪は負荷回路に直列に接続せられ、可動輪は直列抵抗と共に回路に並列に接続せらる。固定線輪中に電流を導くには前記電流計に於けるが如き水銀槽を用ひず、固定線輪には直接端子よりし、又可動線輪には上方の捻廻用螺旋と下方の小螺旋よりす。



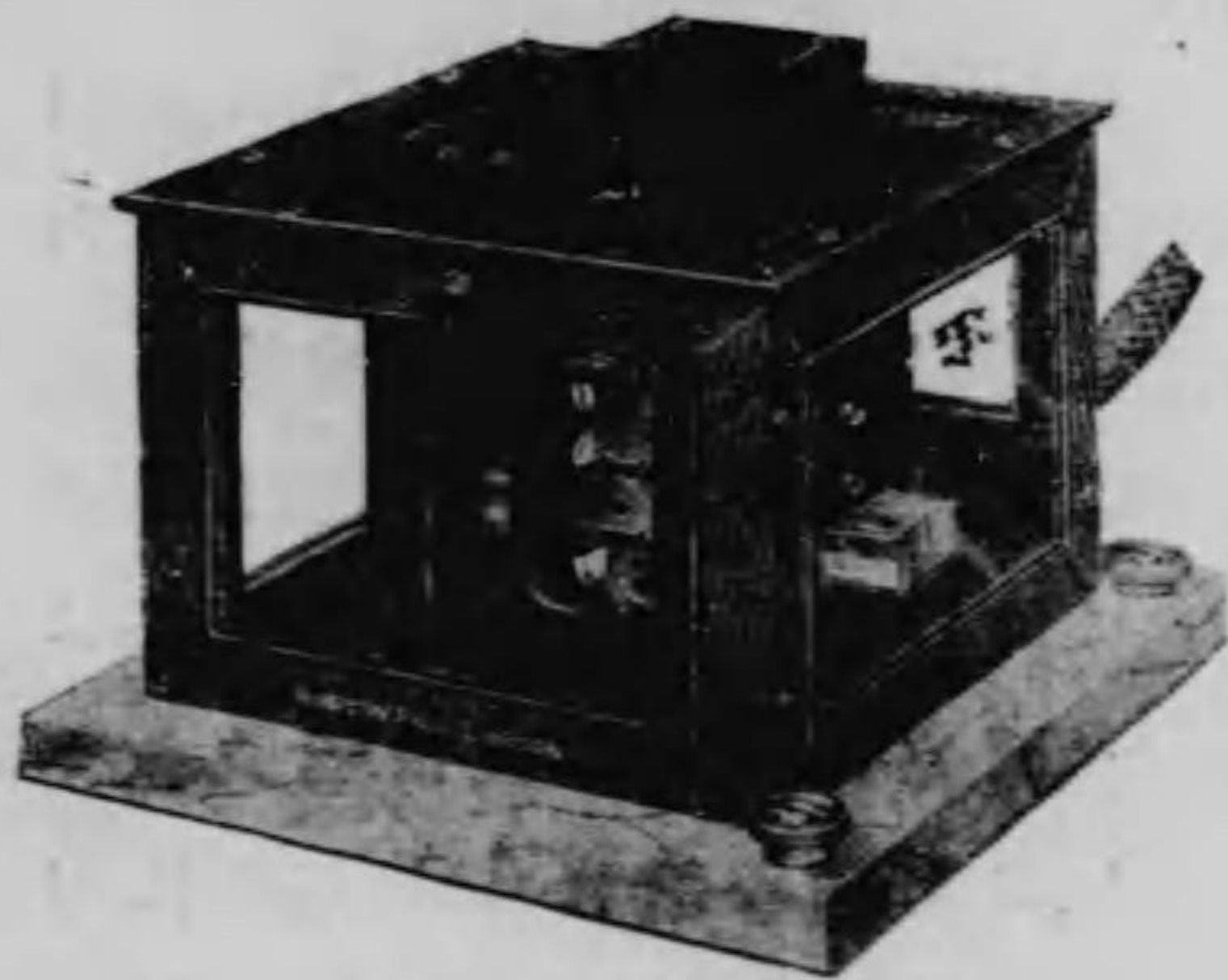
地球磁界の影響多く、且つ制動装置なき爲め測定に時間を要し、變動電流に對しては使用困難なるを缺點とすれど、目盛均一にして比較的大なる確度を有するを以て、電力計の試験に對し標準器として用ひらる。第四百九十七圖に示すは其全形なり。

ダッデル、マザー標準電力計 (Duddell-Mather standard wattmeter) 英國ボールの製作するダッデル、マザー標準電力

第四百九十八圖



乙



ダッデル、マザー標準電力計

計と稱するものも、捻廻電力計の一種にして、其動作部分の構造は第四百九十八圖甲に示すが如く、上下に取り付けられたる二箇の固定線輪 C, C 及び二箇の電壓捲線 c, c より成り、可動線輪は固定線輪の内側にありて之を電路に接続せざる時には、其線輪面は電流線輪の面と平行す。而して兩電壓

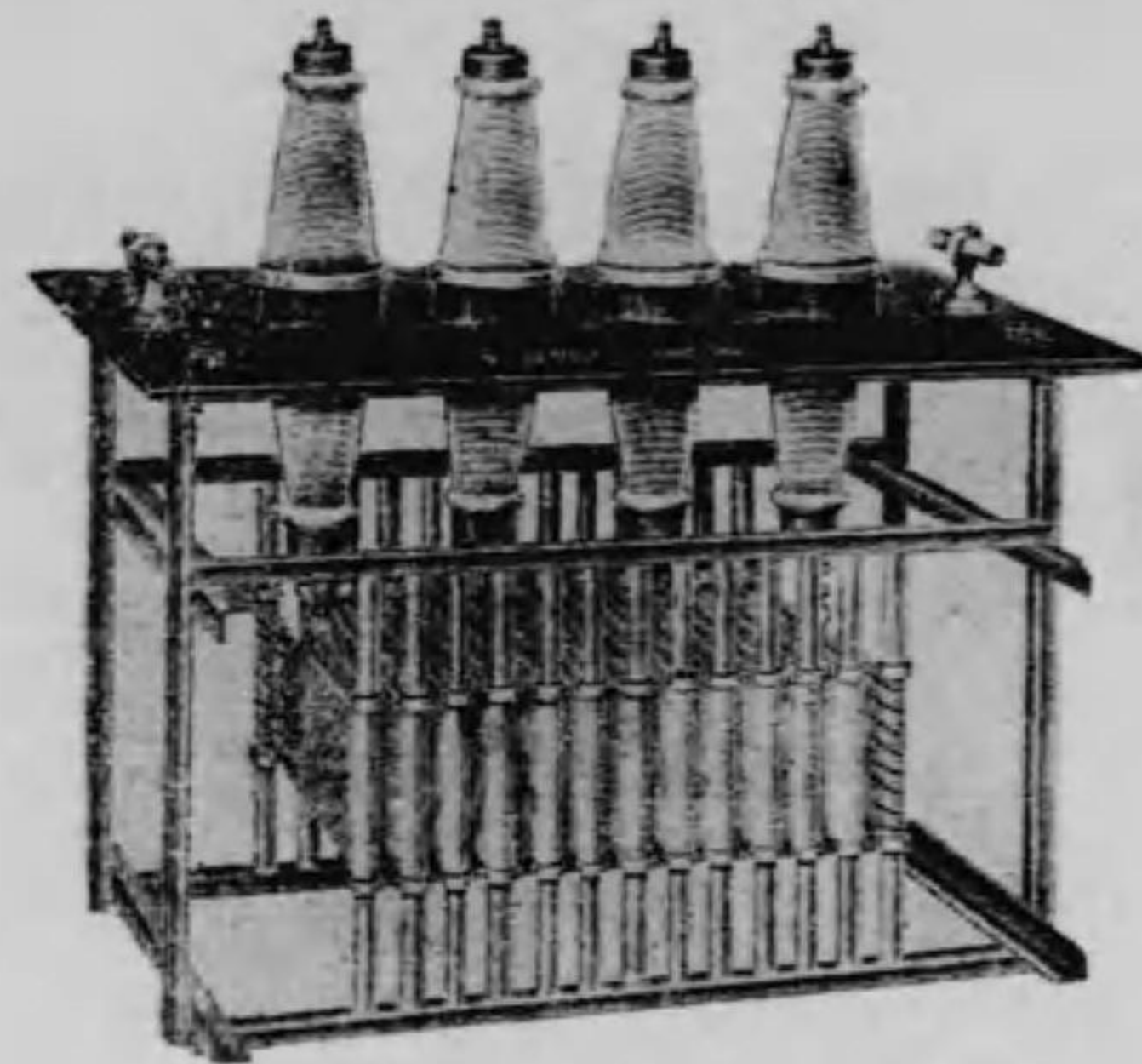
線輪中の電流の方向は互に反對なるを以て、全體として外部の磁界に對して無定位と成り、其影響を蒙る事なし。而して固定線輪は渦流の發生を避くる爲め撚線より成り、且つ各線輪は十箇の線輪に別たれ、轉換器に依り其全部を竝列、直列、又は一部分を直列及び竝列に接続し、一、二、五、十の割合にある四種の電流の測定範圍に使用する事を得。而して何れの測定範圍に對しても、線輪は各部にて均一に分ちて使用せらるゝを以て、各測定範圍に於て同一の確度を得るものとす。可動線輪は雲母の板に取り付けられ、其板の上端は絹絲にて釣られ、螺旋を取り付け、下方 P, P は b, b なる硝子箱の内に突出し指針の用を爲す。電流の出入には、しなる黄金片條二箇を用ひ、螺旋の弾力を變ふるには捻廻軸を用ふ。捻廻軸は同圖乙の全形圖に見るが如き目盛に沿ふて捻廻せられ、電壓線輪の復舊したる事は甲圖に於て指針 P が硝子箱 b 上に刻まれたる細線と一致する事に依りて確めらる。此指針は同時に制動装置として働き、可動部分の運動を速指的ならしむる功あり。目盛は均一にして長さ約四百五十ミリメートルあり、百箇の目盛に別たれ、一目盛は更に五箇に細分せらる。此電力計に於ては渦流發生の影響を避くる爲、不要なる總ての部分は、非金屬にて作られ、線輪も細分せらる。又電壓線輪の抵抗百オーム、誘導約五・六ミリヘンリーなるを以て、〇・一以上の力率の回路ならば、三百五



十サイクル迄の周波数にて〇・一パーセントの確度を以て使用する事を得、交流電力計の較正試験に對する標準器として最も有用なる測定器なり。此電力計に對して必要なる唯一つの更正は、彈條の彈力に對する温度の影響にして、攝氏一度に就き約〇・〇二五パーセントなり。故に精密なる測定には温度を測定して此更正を行ふを要す。又電壓の極めて低き場合には直列抵抗減ずるを以て誘導の影響の大なるを免れず。

此電力計は現今電流〇・一乃至一千アムペア迄のもの作られ、高き電壓に對しては大なる直列抵抗を用ふ。直列抵抗には、所謂ダッデル、マザー無容量網線

第四百九十九圖



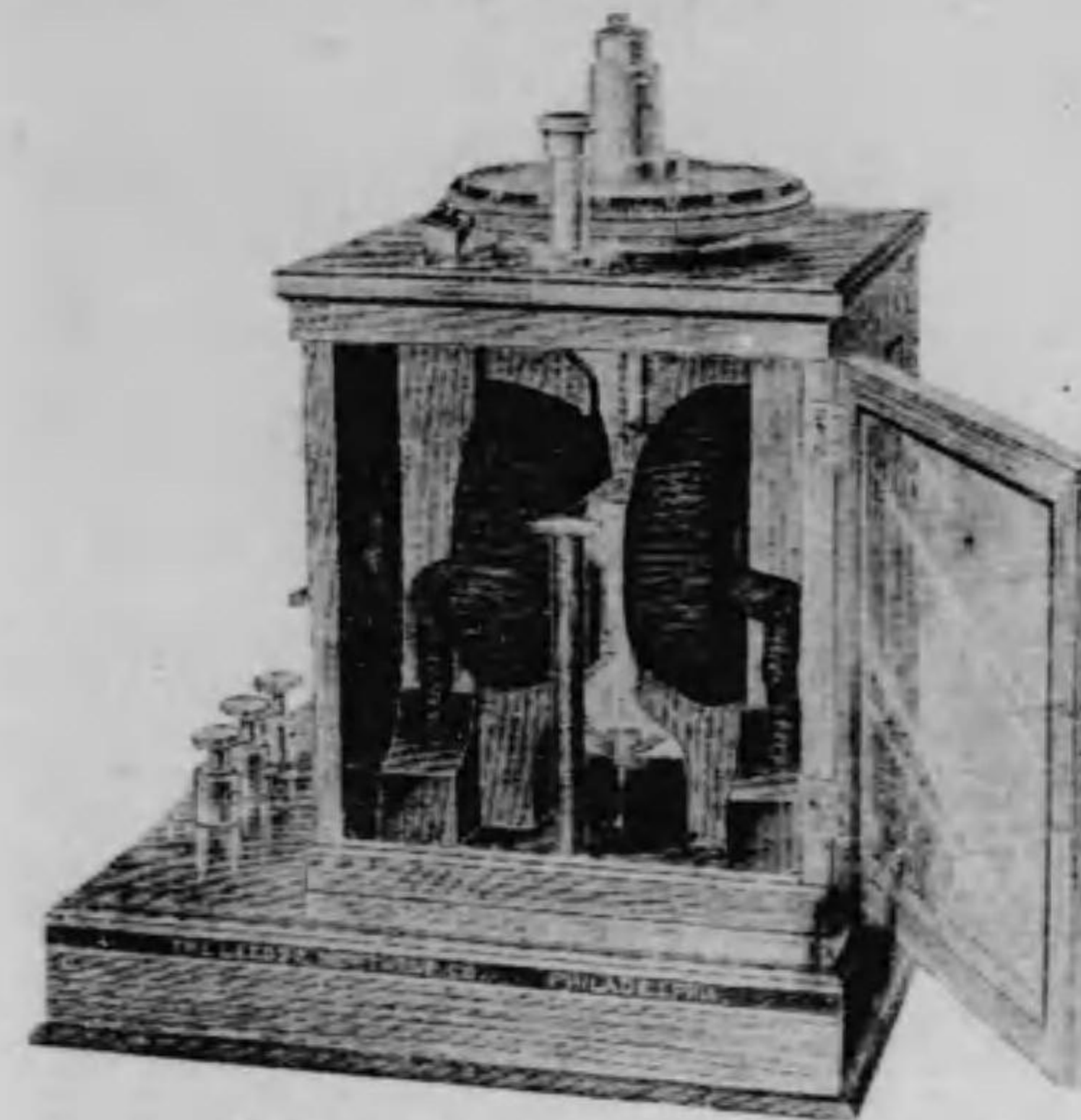
ダッデル、マザー無容量網線抵抗

リーツ、エンド、ノースラップ、ワットダイナモメーター (Leeds and Northrup Wattdynamometer) 米國リーツ、エンド、ノースラップ、ワットダイナモメーターと稱するものも、

列抵抗には、所謂ダッデル、マザー無容量網線 (Duddell - Mather anticapacity gauze) とて、第四百九十九圖に示すが如く絹卷ユーレカ線を絹絲と共に織り、幅七吋半の帯と爲したるものを用ふ。極めて高き電壓に對しては之を油中に浸す。

捻廻電力計の一種にして、外函枠組等何れも非金屬にて作られ、又固定線輪は細き絹捲線の撚線より成り、渦流發生の影響を避く。可動線輪は二箇あり、固定線輪に直角に配置せられ、外部磁界に對して無定位と爲さる。目盛は均一にして、主として電力計の較正試験に用ひられ、又交流電力の測定にも使用せらる。温度の影響は攝氏一度に就き〇・〇三パーセントなるを以て、精密なる測定に對しては更正を要す。可動線輪の抵抗四百五十オーム、誘導九ミリヘンリー、電壓線輪の最大使用電流四十ミリアムペアなり。四百アムペア迄のもの

第五百圖



リーツ、ワットダイナモメーター

の作られ、直列抵抗を用ひ高壓にも使用する事を得。第五百圖に示すは其全形なり。

**267. ワット衡 (Watt balance)** ワット衡の構造は第三章に述べたる電流衡と殆ど同一にして、唯だ其可動線輪が電壓線輪として用ひらるゝ爲め細線を捲きたるものより成るを異にするのみ。而して電壓線輪には



無誘導抵抗を直列に接続しあり、且つ線輪の誘導極めて小なるを以て、電圧高く従つて直列抵抗大なる場合には誤差小なり。而して此電力計の廻轉力は直接電力Pに比例し、制御廻轉力は重錘の重さW及び其一端よりの距離Lの積に比例すべきを以て(218頁参照)。

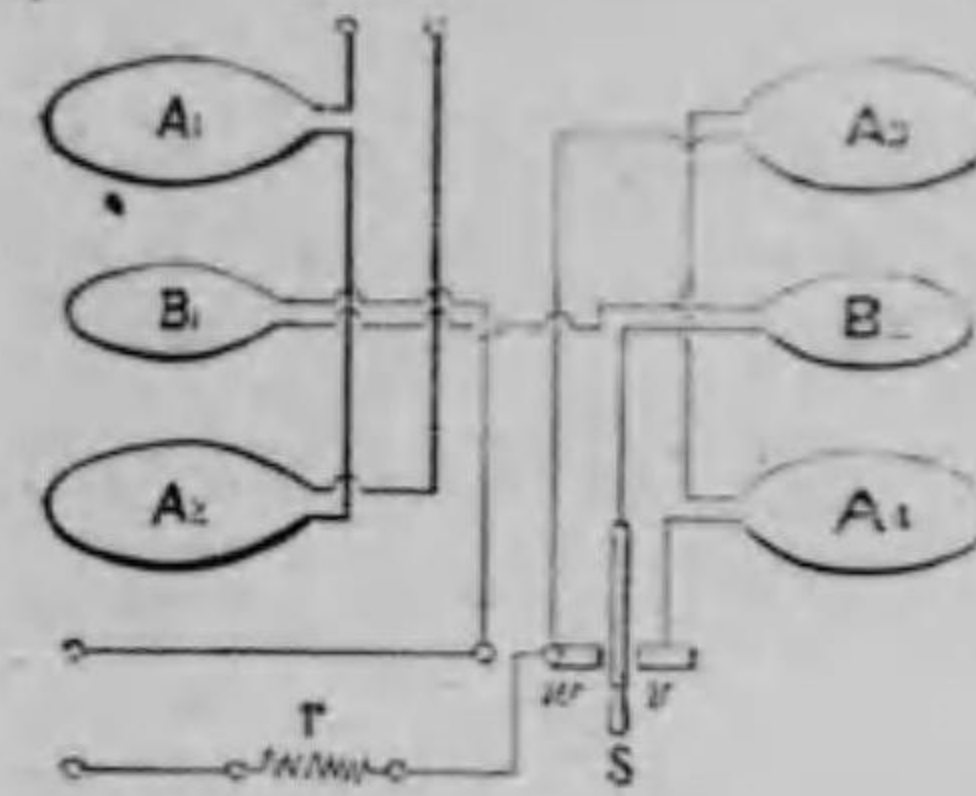
$$P \propto WL$$

即ちWを一定とせば、Pは一端より盛れる均一目盛上に於けるWの位置迄の目盛數に比例すべく、目盛均一にして且つ直流交流にて目盛の差尠きを以て、彼の電流衡に於けるが如き視察目盛を必要とせざるなり。ワット衡も主として交流電力計の較正試験に使用せらる。普通作らるゝは次の四種なり。

- デシワット衡 (Deciwatt balance) 0.25乃至 25 アムペア
- デカワット衡 (Dekawatt balance) 1 乃至 100 アムペア
- ヘクトワット衡 (Hektowatt balance) 6 乃至 600 アムペア
- キロワット衡 (Kilowatt balance) 30 乃至 3000 アムペア

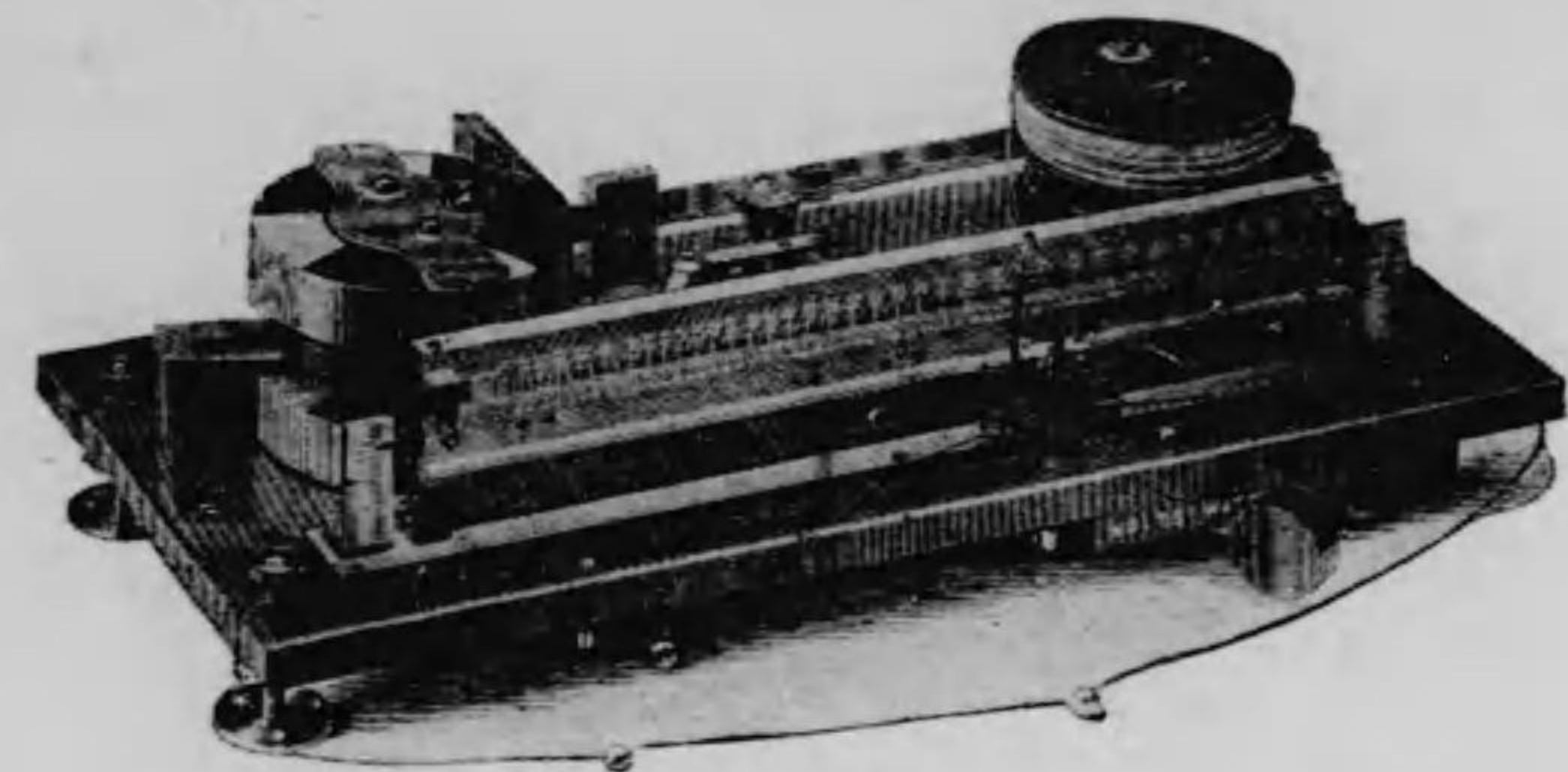
此外コンポジット衡 (Composite balance) と稱し、切換に依り電力電流電圧の三量の測定に使用し得る衡あり。其大體の構造は第五百一圖甲に示すが如くにして、固定線輪は兩側にて其線の太さを異にし、可動線輪は細線より成る。今之を電圧測定用に使用する場合には、切換開閉器Sの把手をrの方に轉じて太き固定線輪A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>を使用せず、細き線輪A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub>を可動線輪B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>及び直列抵抗rと

第五百一圖  
甲



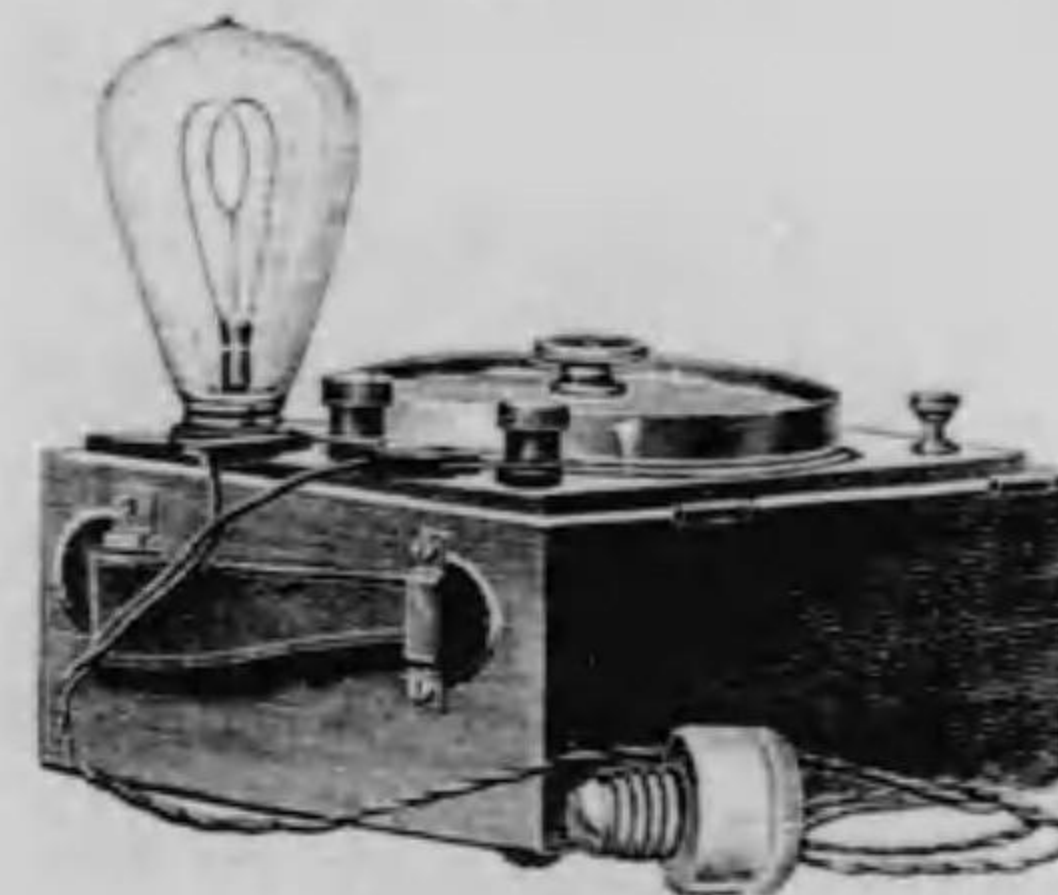
乙

直列に使用し、電力の測定に對しては、Sをwの方に轉じ、A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>を負荷に直列に、B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>をrと共に之に並列に接続す。此時にA<sub>3</sub>、A<sub>4</sub>は使用せず。又電流の測定には兩側の固定線輪内何れか一方を使用し、可動線輪は之



ワット衡

第五百二圖



ウエスチングハウス  
携帯用電球試験器

を固定線輪に並列に接続するものとす。第五百一圖乙は其全形なり。

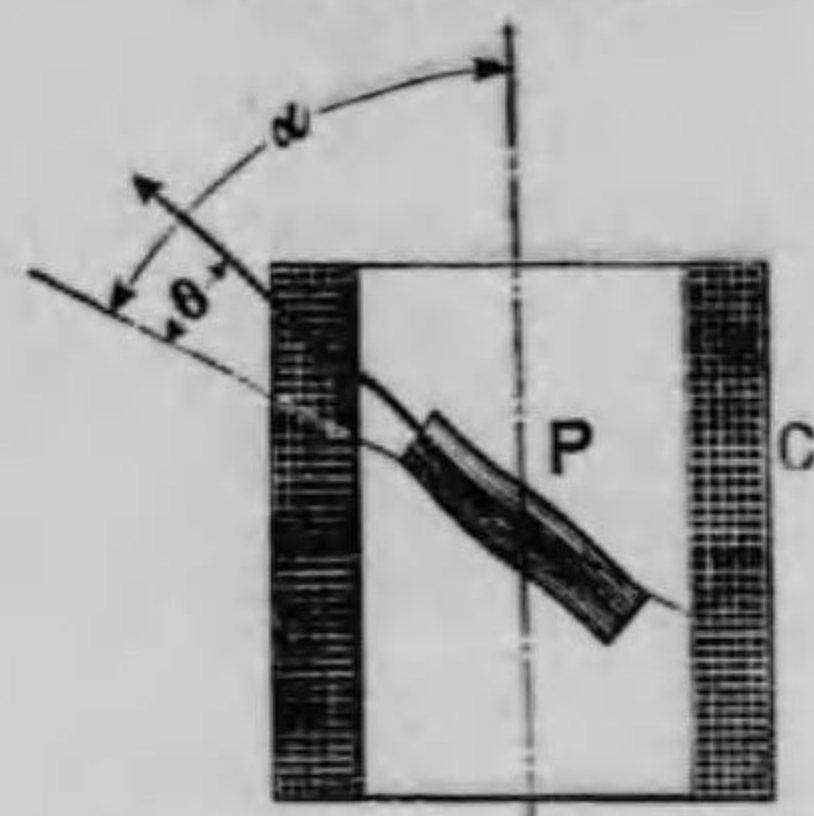
米國ウエスチングハウス (Westinghouse) 會社製の携帯用電球試験計器 (Portable lamp testing meter) と稱する電流力計型測定器の構造は電流衡



の原理に依るものにして第三章に述べたる電流計と殆ど同一の構造を有し、切換に依り電力計電圧計の二様に使用せらる。第五百二圖は其外形を示し、計器上に立てたる電球の電壓及び消費電力を測定するものとす。

**268. 電流力計型指示電力計** (Dynamometer type indicating wattmeter) 捻廻電力計、ワット衡等は他の電力計の較正試験用として適當なれども、手數繁雜にして且つ變動性の電力に對しては使用困難なり。故に工業上に用ふるには可動線輪に指針を附し、直接其偏れに依り電力を測定する指示電力計を最も適當とすべし。

第五百三圖



電流力計型指示電力計の理論

而して電流力計型指示電力計の構造は、第三章に述べたる指針型電流力計と殆ど同一にして、唯だ之を電力の測定に用ふる爲め、可動線輪を負荷に竝列に、又固定線輪を之に直列に接續したるを異にするのみなり。今第五百三圖に於て、電流線輪として用ふる固定線輪Cの内側に装置せる可動線輪(電圧線輪として用ふる)Pに附した指針が其運動の極端の位置より $\theta$ だけ動きたる時に、可動線輪に働く廻轉力を考ふるに、 $\alpha$ を以てCの軸線と指針の極端の位置との間の角とし、電流線輪及び電圧線輪中の電流を夫々I及び*i*、廻轉力をDとせば、電流線輪に依り

て生ずる磁界を均一磁界と見て、

$$D = KIi \cos(\alpha - \theta)$$

茲にKは常數なり。而して  $i = \frac{E}{r}$  なるを以て結局

$$D = \frac{K}{r} EI \cos(\alpha - \theta)$$

となる。交流の場合には廻轉力の平均値に就きて考ふるを要し、前に述べたるが如き理由に依り、電圧線輪の誘導を無視せば、Wを電力として、

$$D = \frac{K}{r} W \cos(\alpha - \theta)$$

故に螺旋の弾力を以て制御廻轉力を加ふれば、其制御廻轉力  $T = K'\theta$  なるを以て、平衡を得たる時には、

$$W = K'' \frac{\theta}{\cos(\alpha - \theta)}$$

の關係を得べし。茲に  $K'$  及び  $K''$  は他の常數を示す。即ち此場合に於ては、目盛は全部に亘りて均一と爲す事不可能となるも、主要部分に於ては大體に於て均一目盛と爲す事を得べし。

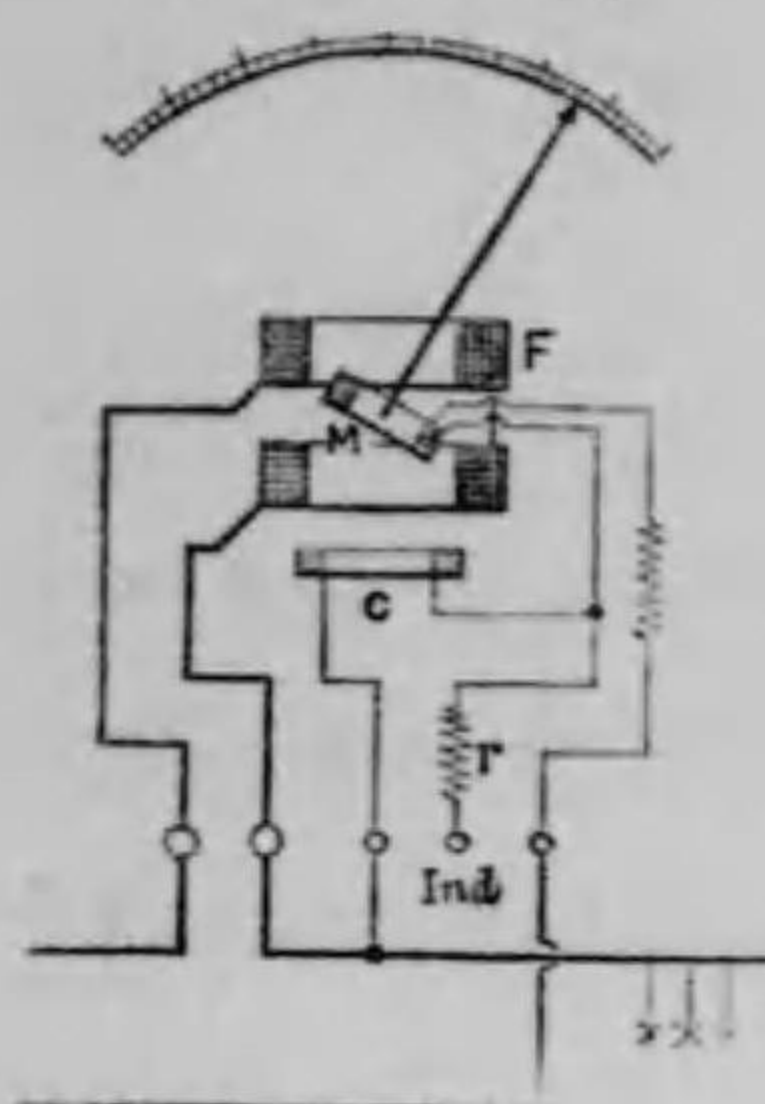
一つの測定器を二箇の測定範圍に用ふる爲めに、屢々電流線輪を二箇に分ち、其竝列直列接續を爲す事電流測定器に於けるが如し。又高き電壓に對しては倍率器を用ふる事電圧計の場合と類似なり。猶ほ極めて大なる電壓及び電流に對しては測定器用變成器を用ふるものとす。



電流力計型指示電力計の特性は、電流力計型電力計總説中に述べたると全く同一なるを以て、茲に再説せず。直に重なる電流力計型電力計の構造を述べん。

**ウエストン (Weston) 電力計** 米國ウエストン會社の製作する電力計は、第三章に述べたる電流力計型電流計及び電壓計と極めて類似の構造を有し、新型 Model 310 にありては線輪は總て二重成層鐵の外皮中に包まれ、外部磁界及び靜電界の影響を避くる構造と爲さる。固定線輪は二箇の圓形線輪より成り、一定の間隔を置いて配置せられ電流線輪を構成し、中に一箇の可動線輪を装置す。可動線輪は無誘導抵抗と共に回路に竝列に接続せられ、電壓線輪と成る。電流線輪は外部に於て竝列及び直列に接続せられ、二箇の電流測定範圍に使用する事を得。又電壓線輪の直列抵抗の途中より別のターミナルを設け、電壓に對しても二種の測定範圍を有せしむ。極めて大なる電流及び電壓に對しては、變流器及び倍率器を使用す。制動装置としては空氣制動を使用する事、電流計電壓計に於けると同様なり。小電力測定用のものに對しては、電壓線輪の損失を自働的に補償する所謂補償線輪 (Compensating coil) を装置せるものあり。即ち前にも述べたる如く電力計を第五百四圖の如き方法に依り負荷に接続する場合には、電力計は常に電壓線輪の損失丈け過大なる電力を指示するものなるを以て、之に補償す

第五百四圖



ウエストン電力計接続

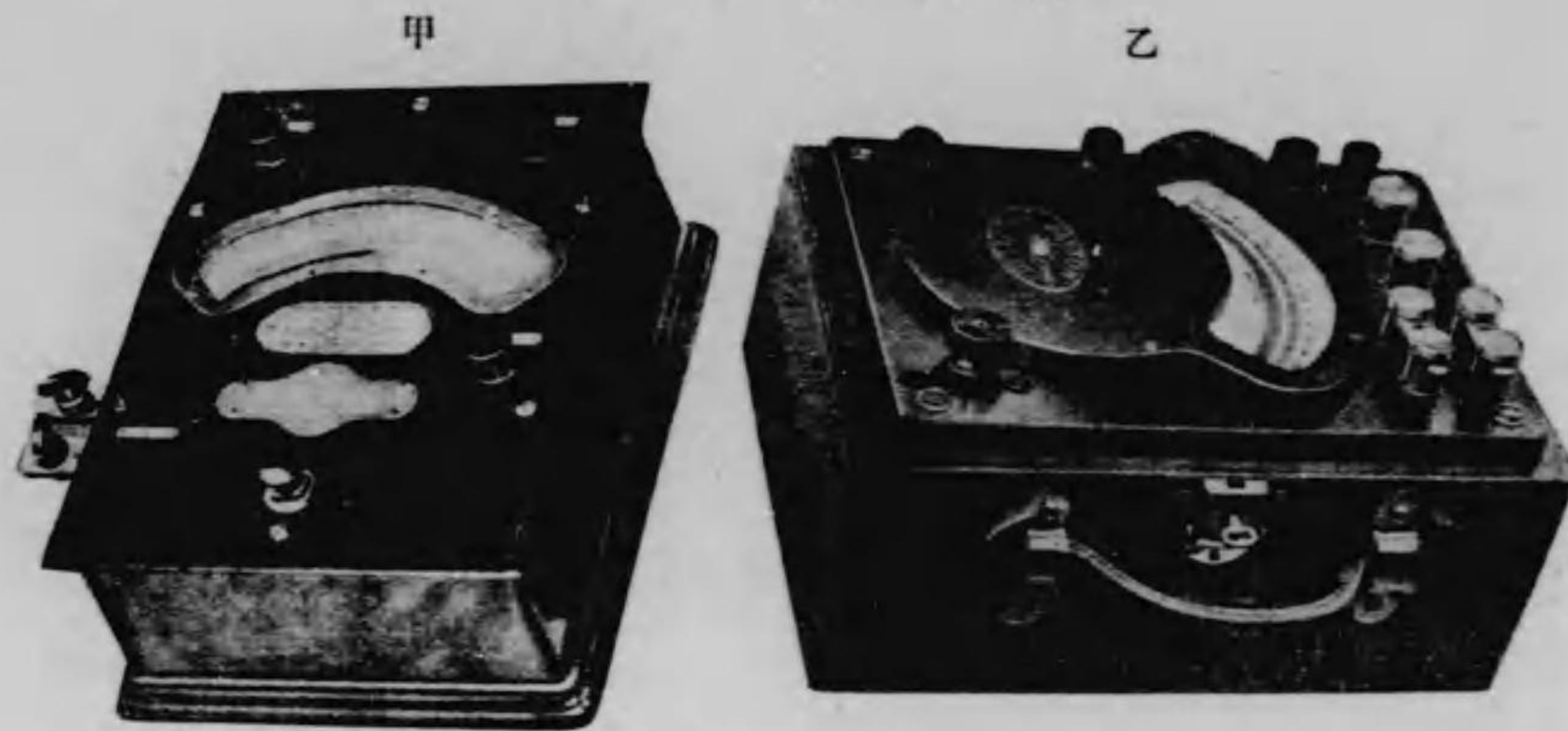
る爲め電壓線輪 M に直列に小線輪 C を接続し、之を電流線輪 F の側に置いて其内の電流の方向を電流線輪の作る磁界を弱むるが如きものたらしむ。而して此補償線輪の捲数は、其と電壓線輪との間の廻轉力が、其れと同一の電流の電流線輪中に流るゝ時電壓線輪に對して生ずる廻轉力に等しき様に選ばれるものなるを以て、此補償は總ての電壓の値に對して有效なり。此補償線輪は若干の誘導を含むが爲め、力率小なる電力の測定の場合には之を使用せざるをよしとす。又電力計の試験に對して後に述ぶるが如く、電流線輪と電壓線輪とに對して、別の電源より電流を送る場合、若くは測定器用變成器を使用して、兩線輪を別箇の回路に接続する時には、補償線輪の必要なきを以て、此場合には補償線輪を取り去り、之に等しき抵抗  $r$  を接続して回路に接続す。其爲め舊型 Model 16 に於ては別にターミナル (Ind と記さる、Independent terminal の略なり) を用ひ、新型 Model 310 にては別のターミナルなく、切換開閉器に依り補償線輪を接続又は切斷する方法を用ふ。猶ほ新型にては電壓線輪の電流の方向を反對にする爲め可逆開閉器 (Reversing switch) を備ふ。



特に力率小なる回路に使用するものにては、廻轉力を増大する爲め、電壓線輪中の電流を幾分増加しあるを以て、自己加熱の影響少しく大なる缺點あり。

此測定器の三相用のものにあつては、二箇の單相の電力計を同一軸に作用せしめたるものにして、兩電力計は全く同一の構造を有する上記の單相電力計なり。第五百五圖甲は舊型 Model 16 單相用電力計、同圖乙は新型 Model 310 單相用電力計の外形を示す。

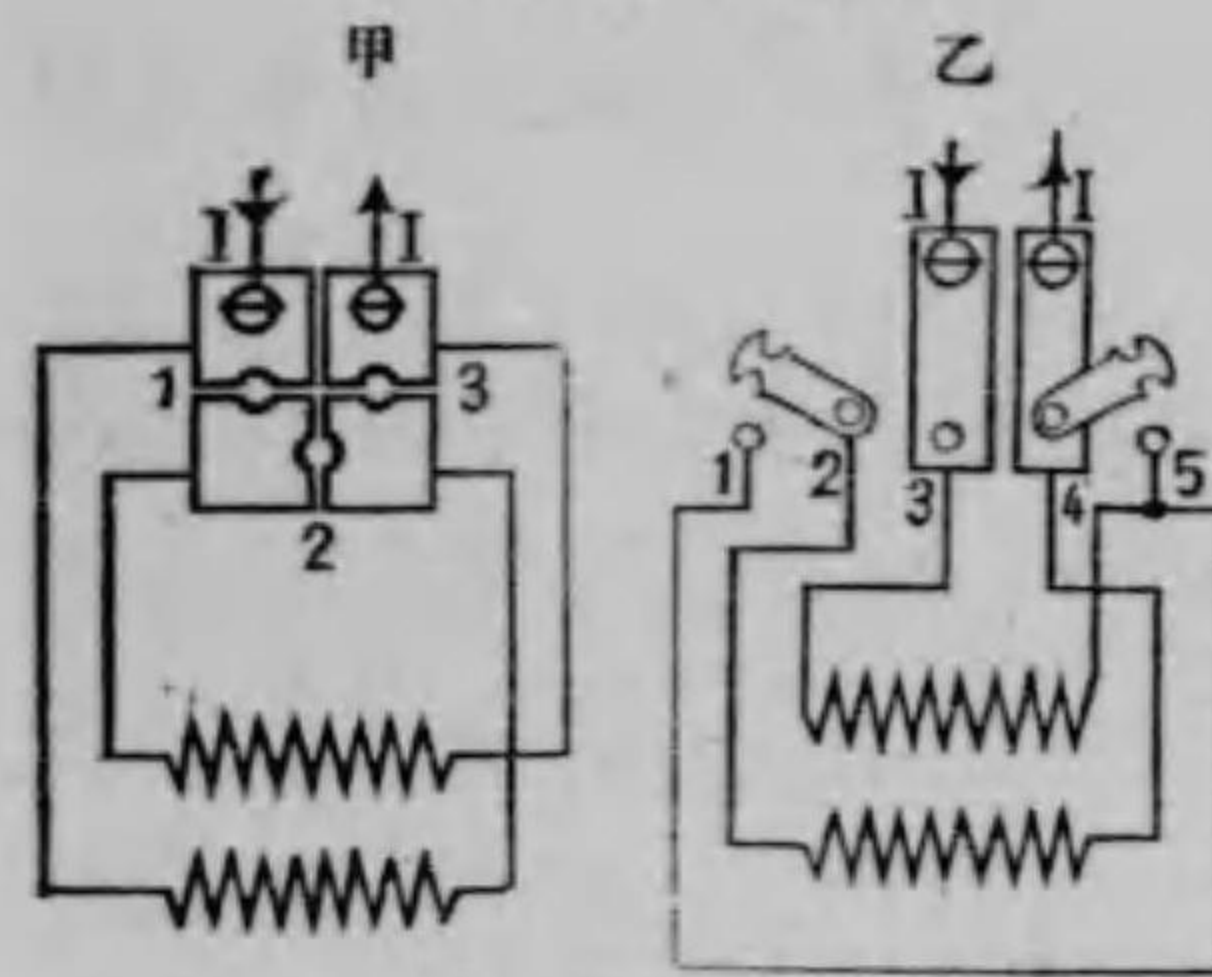
第五百五圖



ウェストン電力計

シエメンズ試験室用 (Siemens laboratory type) 電力計  
此電力計は第三章に述べたる電流計型電流計及び電壓計と殆ど同一の構造を有し、兩線輪共方形を爲し、電流線輪は二箇の測定範圍に使用し得る様、二部に別たれ、第五百六圖甲又は乙に示すが如く、栓又は鉤に依り之を直列又は並列に接続す。甲圖の場合にては 2 に栓を挿せ

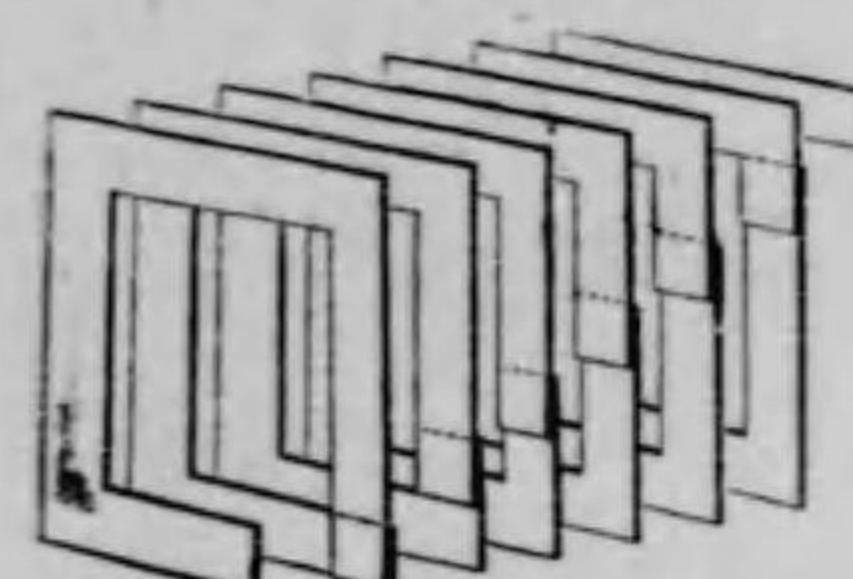
第五百六圖



シエメンズ實驗所用電力計電流線輪接続

ば直列、1, 3 に挿せば並列接続となり、1, 2, 3 共に栓を挿せば兩部共短絡せらる。又乙圖の場合には、2 の間に鉤を置けば直列、2, 3 及び 4, 5 の間に置けば並列となり、3, 4 の間に置けば電力計は短絡せら

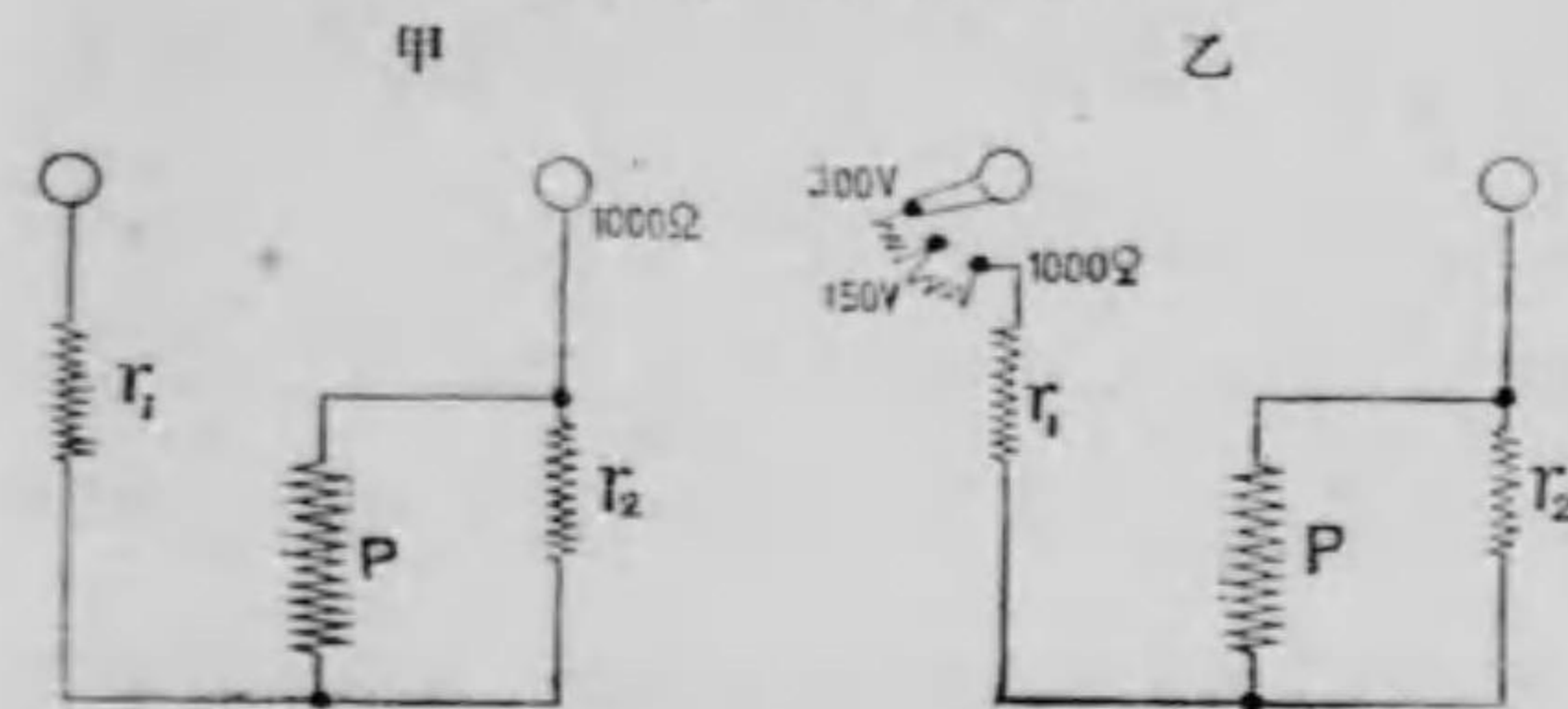
第五百七圖



シエメンズ實驗所用電力計電流線輪

る。而して電流線輪に過流發生を防ぐ爲めに大なる電流用のものに對しては、第五百七圖に示すが如く、厚さ〇・五ミリメートルの方形銅板を重ねて作りたるものを用ふ。電壓線輪は溫度及び誘導の影響を減ずる爲め第五百八圖甲に示すが如く、線輪 P は適當の割合に選ばれたる無誘導性マ

第五百八圖



シエメンズ實驗所用電力計電壓線輪接続

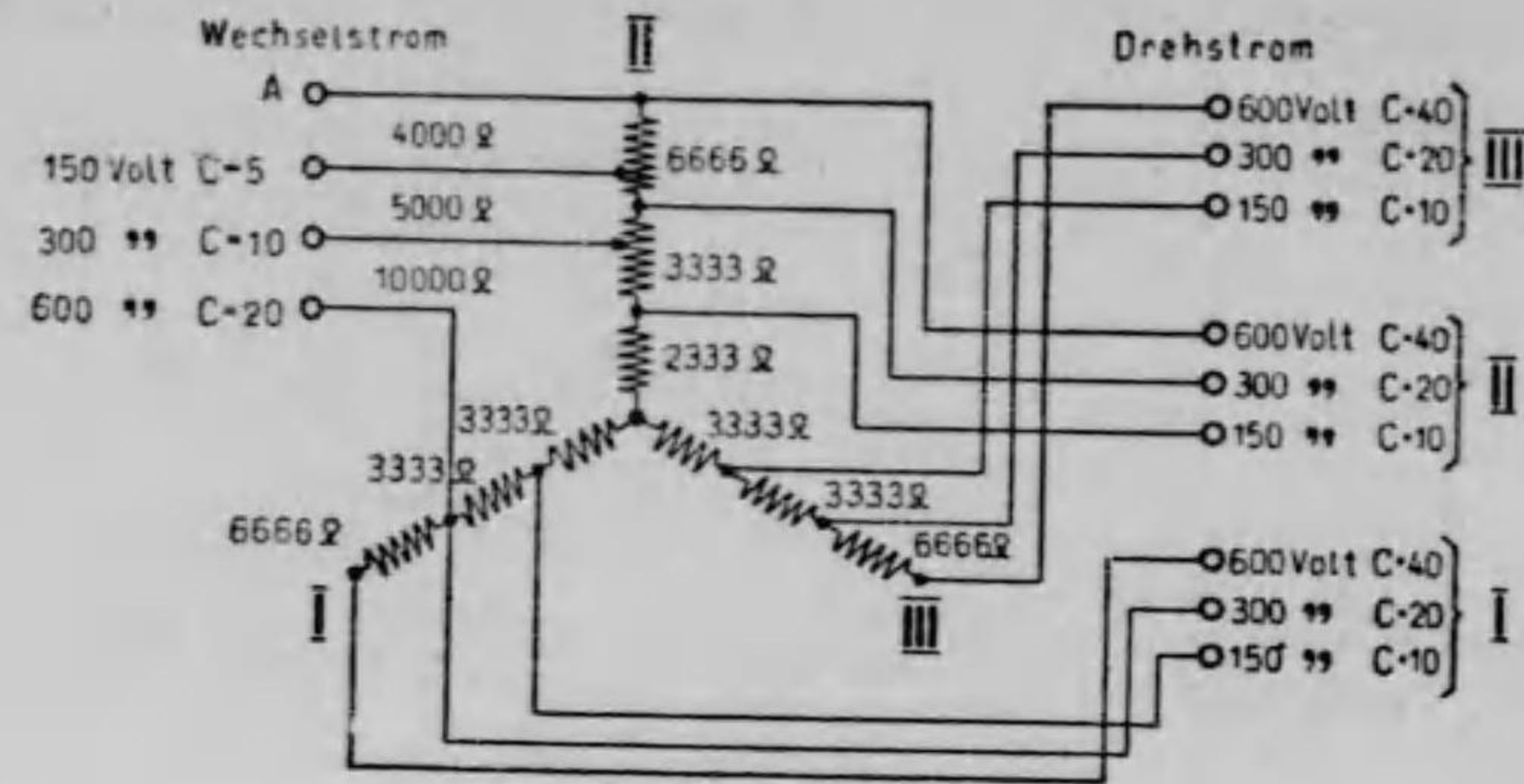
ンガン直列抵抗  $r_1$  及び並列抵抗  $r_2$  を有し、電壓線輪回路の抵抗合計一千オームあり、三十ヴォルトの電壓に適す。故に夫れ以

て、



上の電圧に使用するには更に之に直列抵抗を置くものにして、通常二箇の測定範囲に使用する爲め、途中より別の端子を出す事、同圖乙の通りなり。更に大なる電圧に對しては、特別の倍率器 (Multiplier) を用ふ。第五百九圖に

第五百九圖

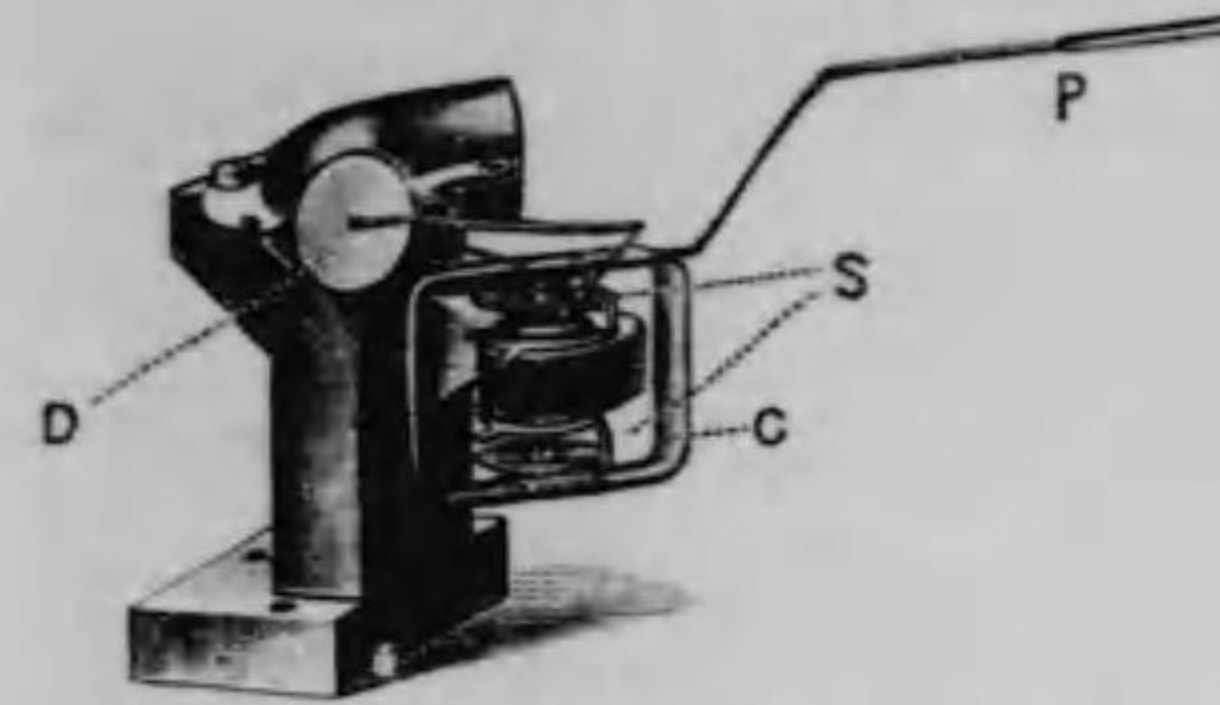


シーメンス電力計用倍率器

示すは三相式平衡負荷及び单相式の兩方に使用し得る倍率器の一種にして、单相式の場合には電圧線輪の一端は常にAの端子に接続せられ、他端は線路の一線に接続せらるゝものにして、線路の他線は電圧に應じて Wechselstromと記したる側の端子の何れかに接続せらる。各端子の側に記せるCの値は其時の電力計の指示に乗すべき倍數なり。三相式の時には電圧に應じ Drehstromと記したる側のIIの端子の何れかに電圧線輪の一端を接続し、他端を三相式の一線に接続し、又I及びIIIの端子は三相式の他の二線に接続するものとす。而してIIの

邊の抵抗他邊より千オーム丈け尠なきは之に電圧線輪回路の一千オームを直列に接続し、中性點を生ぜしむる

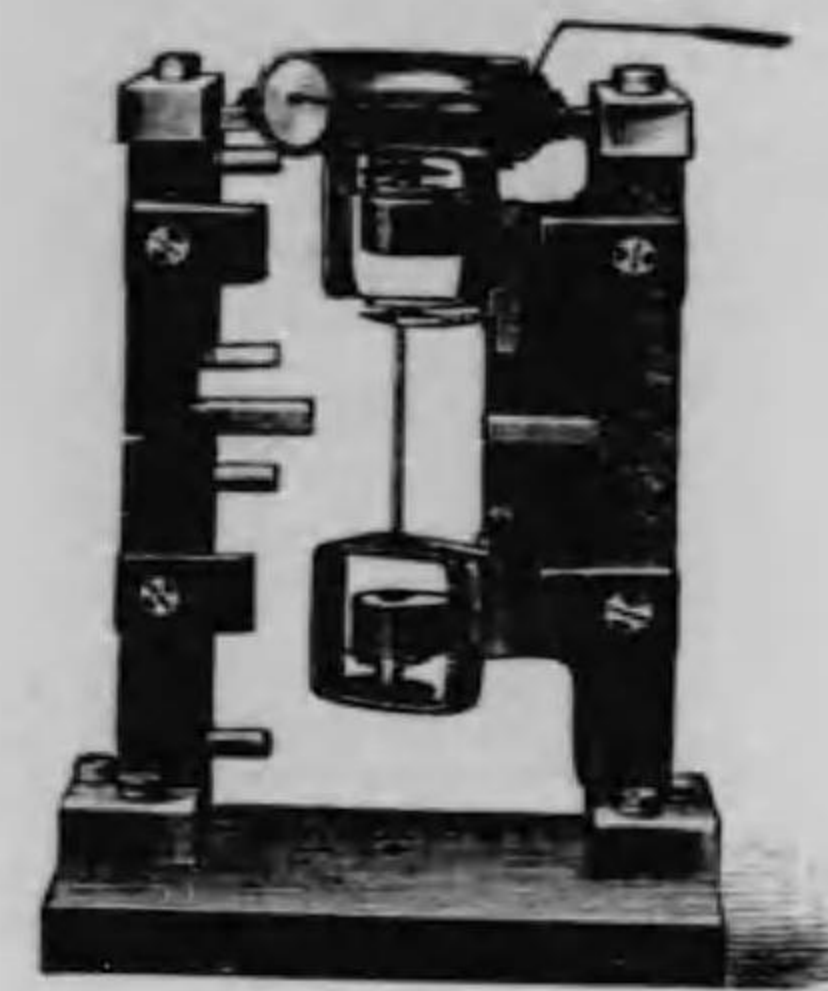
第五百十圖



シーメンス實驗所用電力計電壓線輪

爲なり。而して抵抗の値を圖の如く選びあるを以て、Cの値も圖の如くなる事明かなり。制動装置としては有力なる空氣制動装置を使用す。第五百十

第五百十一圖



シーメンス三相電力計

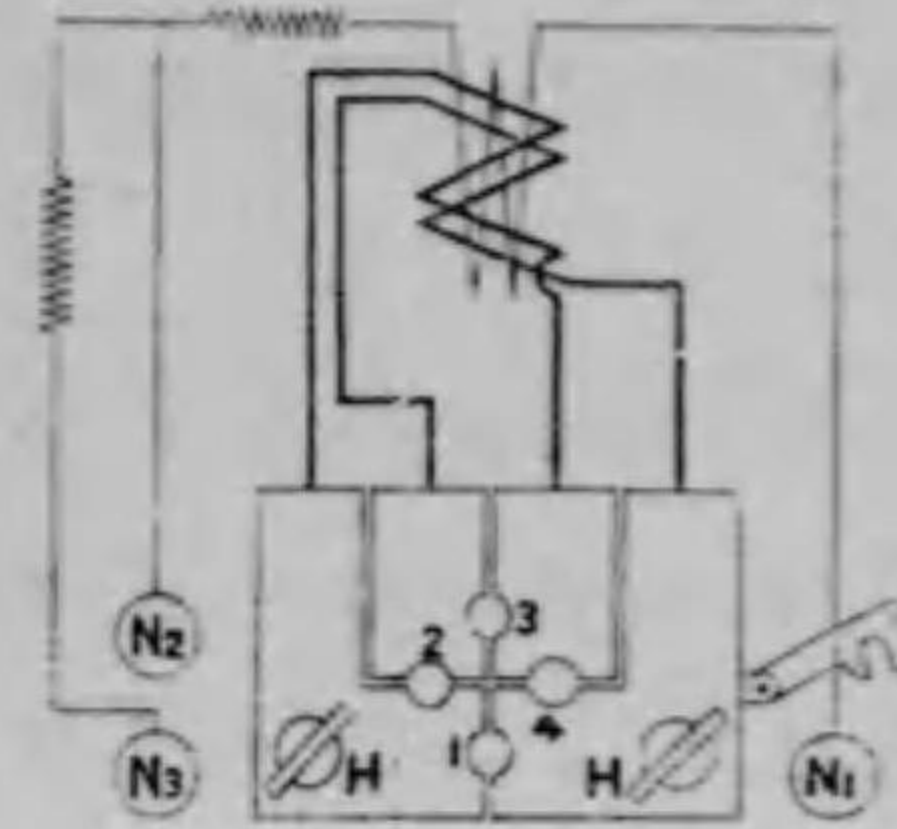
圖は電圧線輪の全部を示す。Cは線輪、Dは空氣制動装置、Sは螺旋、Pは指針なり。不平衡三相式回路に使用する三相電力計に於ては二箇の可動線輪を細き眞鍮管に取付け、一箇宛二組の固定線輪の中に装置す。第五百十一圖は其内部の構造を示す。

シーメンス試験室用 (Siemens testroom type) 電力計 第三章に述べたる電流計型電流計及び電圧計と同様の構造を有し、専ら變流器及び變壓器と共に使用せらるゝものにして、百ヴァルト五アンペア用の一種のみを製造す。

アルゲマイネ、エレクトリチテーツ、ゲゼルシヤフト (Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft) 電流計型電力計 其



第五百十二圖

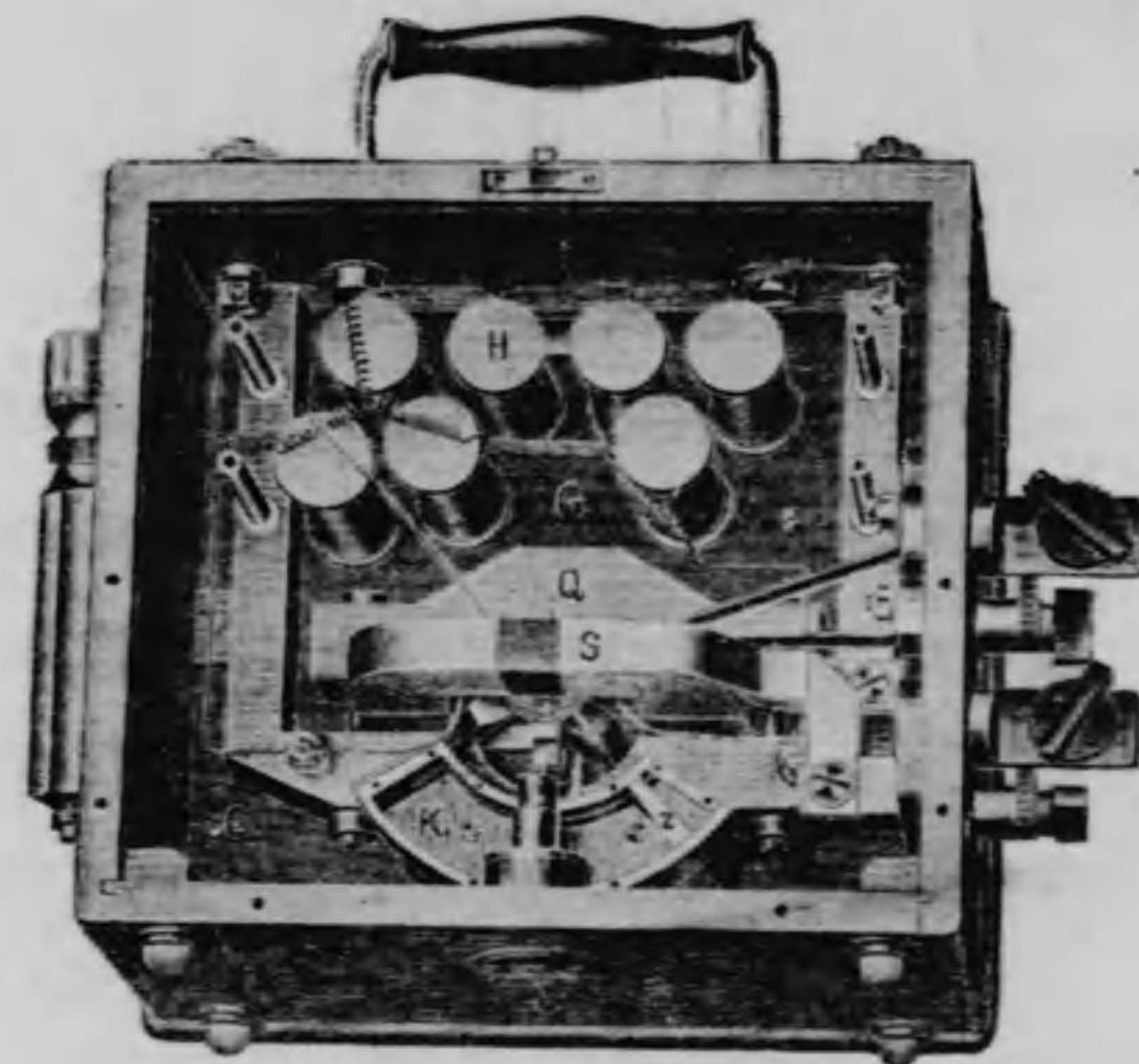


アルゲマイネ電力計接続

構造第三章に述べたる電流力計型電流計及び電圧計と同一にして、成層鐵外被を有し、電磁的制動を用ふ。電流線輪は第五百十二圖の如く二部に別たれ、栓に依りて直列又は並列に接続せられ、二種の測定範圍に使用せらるゝ事シーメンスのものと全く同一なり。又電壓に對しても、二種の測定範圍を有せしむる爲め、 $N_1$ 、 $N_2$ 、 $N_3$ の三箇の端子を置く。

**ハートマン、ブラウン (Hartmann & Braun) 電力計** 獨逸ハートマン、ブラウン製精密型電力計の内部の構造は、第

第五百十三圖



ハートマン電力計

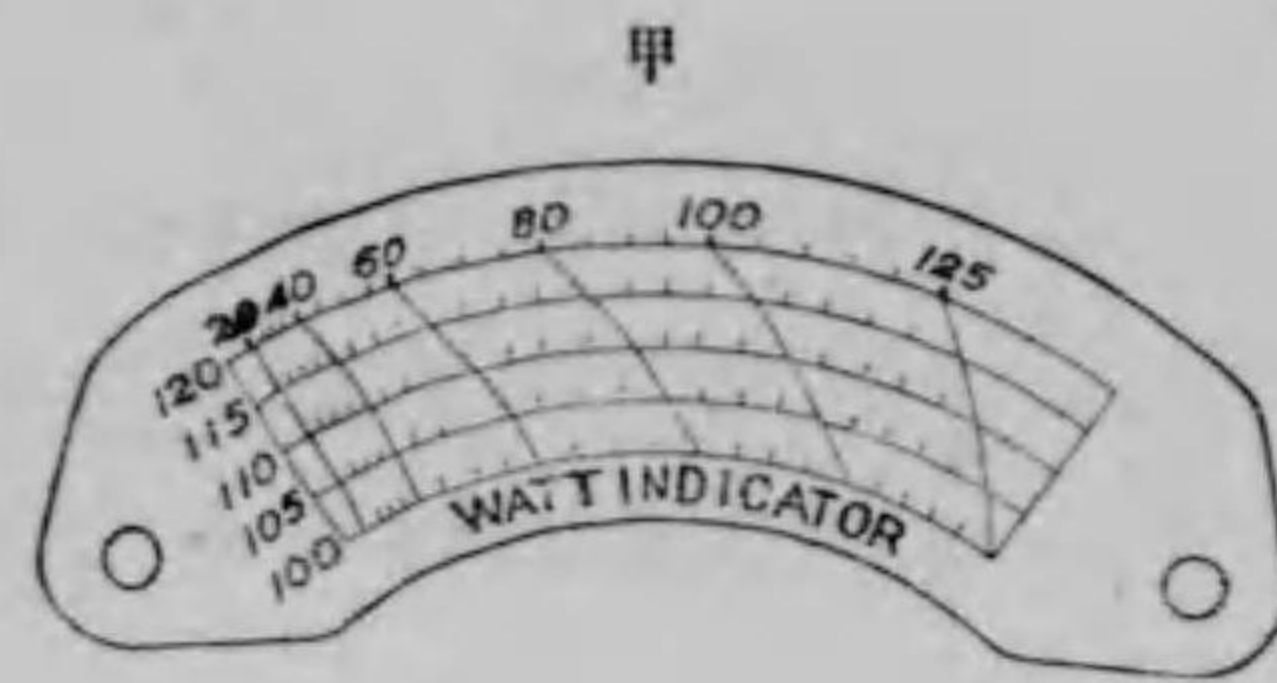
五百十三圖に示すが如く、電流線輪  $S$  は薄き銅板より成り、電流大なる時には多數の板を並列に接続したるものより成る。電圧線輪は其内部にあり、金屬部分を避くる爲に捲棒を用ひず。 $H$  は之に直列に接続せる無誘導抵抗なり。 $L$  は指針に附したる空氣制動用板、 $K$  は之に對する空氣室を示す。其他の構造は他の種類と大同小異なり。

**ゼネラル、エレクトリック、コムパニー (General Electric Co.) 電力計** 米國ゼネラル、エレクトリック、コムパニー製の電流力計型電力計は前記アルゲマイネ、エレクトリック、ゲゼルシャフトのものと極めて類似の構造を有し、成層鐵外皮を有し、電磁的制動装置を使用し、二種の電流及び電壓に使用せらる。其三相用のものは二箇の單相電力計より成るものにして、配電盤用として製作する  $H$  型と稱するものは、我芝浦製作所に於ても之を組立販賣す。

別に同會社製に傾斜線輪型電力計 (Inclined coil type wattmeter) あり。電流力計の固定線輪を垂直軸に對して約四十五度傾斜し、中に可動線輪を置きたるものなり。同社製電球試験ワット表示器 (Lamp testing watt indicator) と稱するは、傾斜線輪型電流計にして各種の電壓に對して、直接ワットを表示する様第五百十四圖甲に示すが如き特殊の目盛を有す。電燈の消費電力を測定するに便



第五百十四圖



ゼネラル電球試験ワット表示器

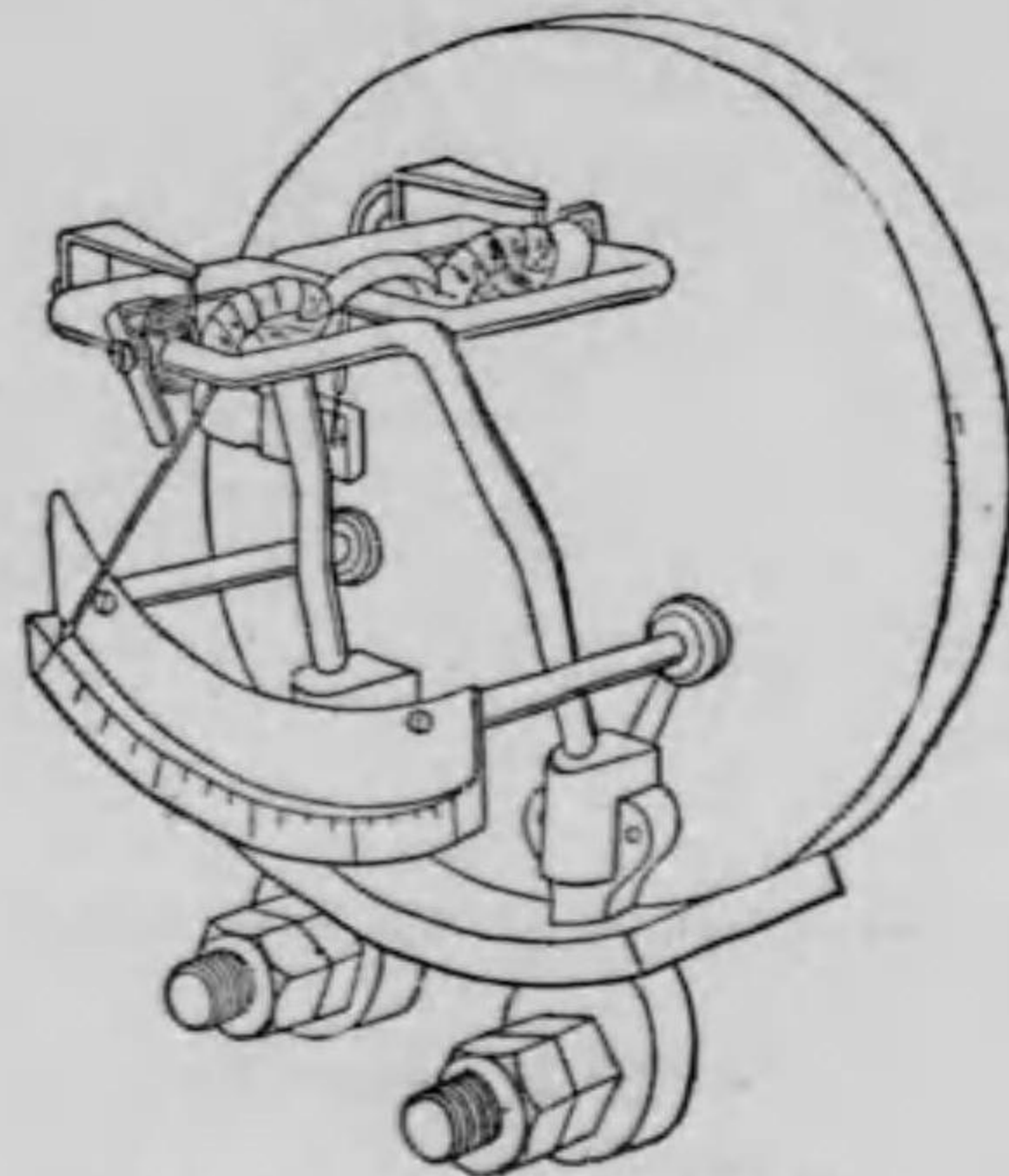
乙



なる様、上下に電球承口及び栓を有す。第五百十四圖乙は其全形を示す。

ケルビン無定位電力計 (Lord Kelvin astatic wattmeter) 第

第五百十五圖



ケルビン無定位電力計

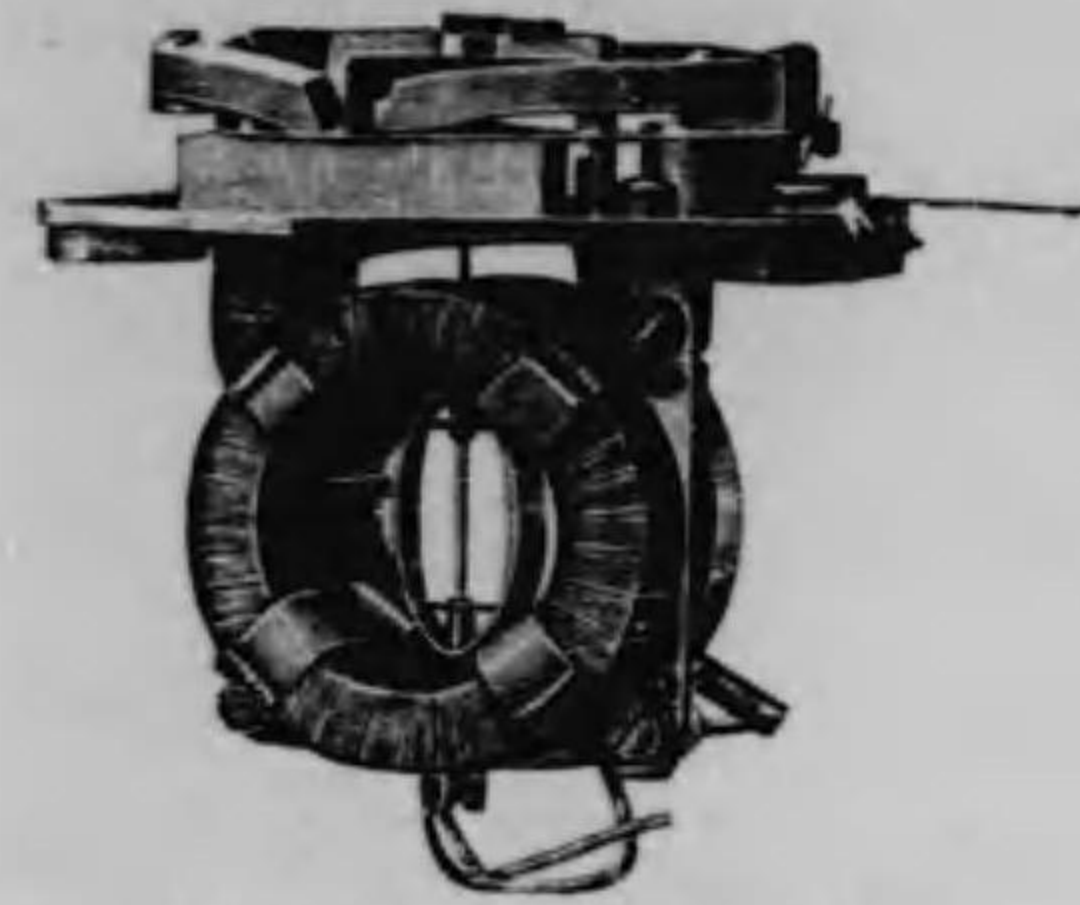
五百十五圖に示すが如く、電流線輪は8字形をなし、其中に無定位に配置せる二箇の電圧線輪を置きたるものにして、配電盤用のものは重力制御を用ひ、携帯用のものは螺旋制御に依る。

アーウイン無定位電力計 (Irwin astatic wattmeter)

後に述ぶるアーウイン反照電流力計と同一の構造にし

て、之に指針を附し直讀型と爲したるなり。無定位に作らるゝを以て、外部磁界の影響全くなし。英國ボールの製造に係る。

第五百十六圖



ウエスチングハウス電力計

ウエスチングハウス

(Westinghouse) 電流力計型電力計 其構造第五百十六圖に示すが如く、ゼネラル、エレクトリック、コムパニーのものに酷似す。制動装置としては電磁的制動に依る。

269. 反照電流力計 (Mirror or reflecting electro-dynamometer) 電力の精密なる測定に對して使用せられ、光線を利用して偏れを擴大する方法を用ふる電流力計にして、其構造は第三章に述べたるものと全く同一なり。而して可動線輪は電壓回路に接続せられ、其誘導は出來得る丈け小に作られ之に大なる直列抵抗を接続す。猶ほ極めて小なる力率の電力に對しては、直列抵抗に容量を竝列に接続して誘導の影響を補償するものもあり。次に二三の實例に就きて記さん。

シーメンス反照電流力計、コールラウシ反照電流力計、ローランド反照電流力計及ソムブナー反照電流力計 是等の電流力計の構造に關しては、第三章中に述べたり。之を電力の測定に使用するには、可動線輪を直列抵抗と

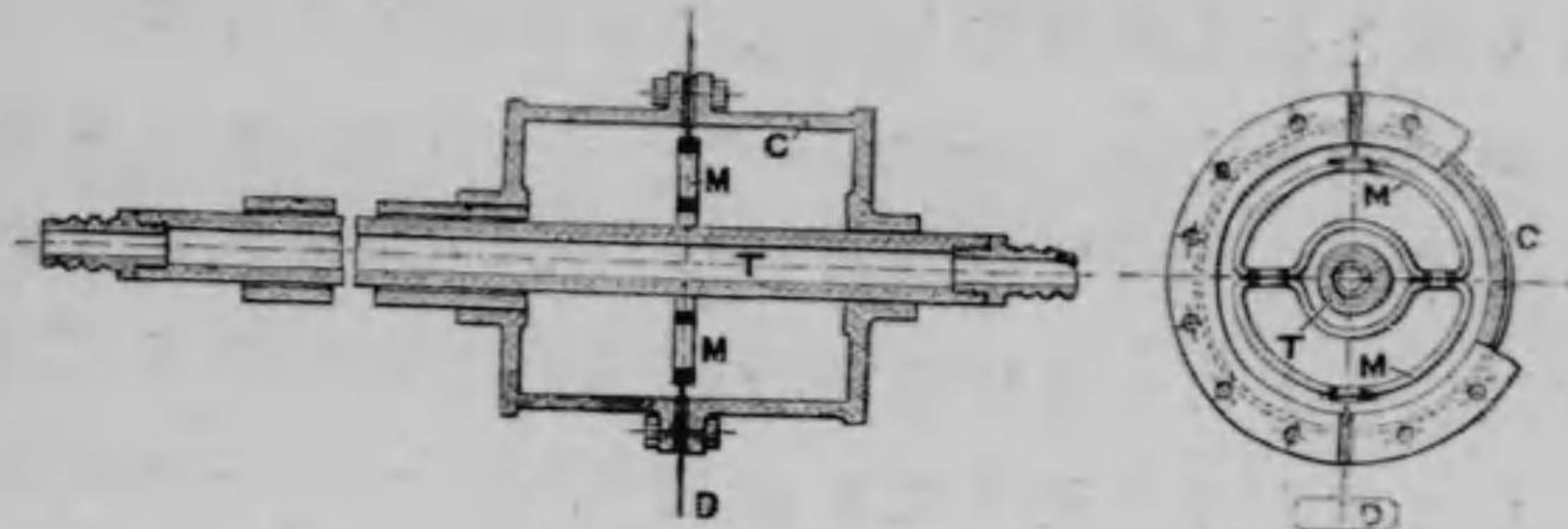


共に電圧回路に接続するものとす。何れも外部磁界の影響あるを以て、線輪中の電流の方向を逆にしたる二回の読みの平均を取るを要す。而して可動線輪は極めて小なる範囲内にて運動するを以て、偏れと電力とは殆ど比例す。

**補償二回路反照電流力計** (Compensated two circuit electro-dynamometer) 米國標準局にて使用する大電流用電流力計の構造は、第三章に述べたる所の如し。之を電力測定用として使用する場合には、可動線輪を無誘導抵抗と共に電圧回路に接続し、且つ其誘導の影響を補償する爲め之に竝列に蓄電器を接続す。可動線輪は無定位の配置にあるを以て外部磁界の影響なし。従つて誘電體損失の如き極めて小なる力率の電力又は電流と電壓との間に殆ど九十度の相差ある時の負荷をも正確に測定し得るを以て、力率計、無効電力計等の較正に使用する事を得べし。

**同心反照電流力計** (Concentric electro-dynamometer) 英人ムーア (Moore) の考案に係るものにして、其構造殆ど上記の米國標準局のものと同じなり。第五百十七圖甲は其切斷面にして、電流は中央の管 T より外方の圓筒 C を通じて流れ、其間の空間に上下に二箇の可動線輪 M を置くものとす。T 中には水を通じて温度の上昇を防ぐ。可動線輪の構造は同圖乙に示すが如く、半圓形線輪二箇を

第五百十七圖



同心反照電流力計

前記の管 T を隔て、互に取付けたるものにして、外部磁界に對して無定位に接続せらる。上方より釣られ下方に制動用板 D を附す。

## 第二項 靜電電力計

**270. 靜電電力計** (Electrostatic wattmeter) 第三章に述べたる電位計は、無誘導抵抗と共に直流及び交流電力に對し電力計として使用する事を得るものなり。而して此種の電力計は、電流力計型に於けるが如き線輪の誘導渦流發生等に基づく誤差なく、又周波數波形等の爲めに誤差を生ずる事なく、其電力損失も極めて小なり。又之を適當なる無誘導低抵抗と共に使用せば、一箇の電力計を以て極めて廣き範囲の電力の測定を爲す事を得べし。而して直流交流に對して全く同一の定數を使用し得べきを以て、交流電力計の較正試験用に用ひられ、又極めて力率小なる電力の測定に適當す。然れども其携

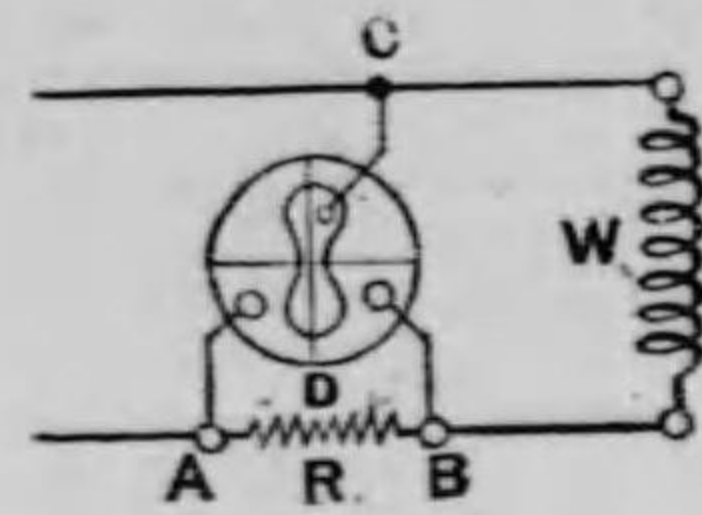


帯用のものなく、且つ動作緩漫なるが爲め、工業用に用ひらるゝ場合極めて尠なし。數年前英國物理實驗所 (National Physical Laboratory) のパタソン (Patterson) 及びレーナー (Rayner) は第一章に述べたるパタソン、レーナー標準抵抗器と其設計に係る靜電電力計とを使用し、標準器として電力計の較正試験に用ひ、極めて良好なる結果を得たり。

今其理論を考ふるに第三章に於て (284頁) 述べたる如く、象限電力計の兩象限の電位を  $V_a$  及び  $V_b$  とし、可動片の電位を  $V_c$  とせば、可動片の偏れ  $\theta$  は  $K$  を常數として、

$$\theta = K(V_a - V_b) \left( \frac{V_a + V_b}{2} - V_c \right)$$

第五百十八圖



靜電電力計

の關係にあり。此關係は勿論交流の瞬時値に對しても成立すべく、今第五百十八圖に示すが如く、負荷  $W$  の回路の一線に一の無誘導抵抗  $R$  を接続し、電位計の二象限を其兩端  $A, B$  に、可動片を回路の他線の一線  $C$  に接続したりとせば、 $v_a, v_b, v_c$  を各點の電位の瞬時値、 $i$  を電流の瞬時値として

$$v_a - v_b = Ri$$

なり。又

$$\frac{v_a + v_b}{2} = v_b + \frac{v_a - v_b}{2} = v_a$$

にして  $R$  の中點  $D$  の電位に等し。

$$\begin{aligned} \therefore \frac{v_a + v_b}{2} - v_c &= v_a - v_c \\ &= (v_a - v_b) + (v_b - v_c) \\ &= \frac{Ri}{2} + (v_b - v_c) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \theta &= KRi \left\{ \frac{Ri}{2} + (v_b - v_c) \right\} \\ &= KR \left\{ \frac{Ri^2}{2} + (v_b - v_c)i \right\} \end{aligned}$$

此關係は固より平均値に對しても成立すべく、 $(v_b - v_c)i$  の平均値は即ち所要電力  $W$  にして、 $\frac{Ri^2}{2}$  の平均は即ち  $R$  中に於ける電力損失の半分なり。故に  $A^2$  を  $i^2$  の平均値として

$$\theta = KR \left\{ \frac{RA^2}{2} + W \right\}$$

$$\text{或は } W = \frac{KR}{\theta} - \frac{RA^2}{2}$$

即ち  $\theta$  よりして  $W$  を求むる事を得べく、 $\frac{RA^2}{2}$  は電流計に依り電流を測定し計算に依りて求め、之を差引けは可なり。  $K$  を定むるには直流負荷又は交流無誘導負荷を用ひ其時の偏れ  $\theta_1$  及び電流  $A$  竝に電壓  $V$  を測定し、

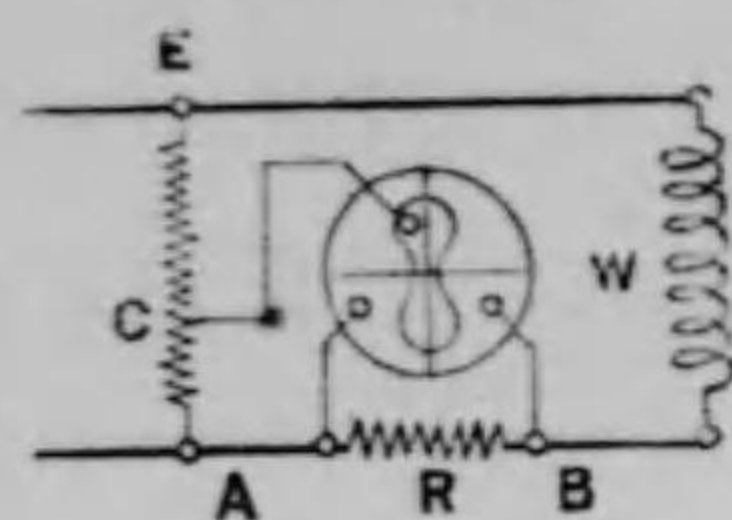
$$K = \frac{\theta_1}{R \left( \frac{RA^2}{2} + VA \right)}$$

より容易に求むる事を得べし。而して  $R$  を變化すれば一箇の電力計を用ひ種々なる大さの電力を測定し得べき事明かなり。



高き電圧に對して使用する場合には、一つの方法としては第五百十九圖の如く、負荷に竝列に無誘導抵抗を接続し、其一點を可動片に接続するものとす。例へば EA を斯の如き抵抗とし、其中 C 點を電位計の可動片に接続し、直列抵抗 R の兩端を兩象限に接続したりとし、

第五百十九圖



靜電電力計

$$CE=R_1, \quad CA=R_2$$

なりとせば、

$$\frac{v_a - v_c}{R_1 + R_2} = \frac{v_a - v_c}{R_2}$$

$$\text{今 } \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{N} \text{ とせば}$$

$$v_a - v_c = \frac{1}{N}(v_a - v_c)$$

$$\begin{aligned} \therefore \theta &= K(v_a - v_b) \left( \frac{v_a + v_b}{2} - v_c \right) \\ &= KRi \left\{ \frac{v_b - v_a}{2} + (v_a - v_c) \right\} \\ &= KRi \left\{ -\frac{Ri}{2} + \frac{1}{N}(v_a - v_c) \right\} \\ &= KRi \left[ -\frac{Ri}{2} + \frac{1}{N} \{ Ri + (v_b - v_c) \} \right] \\ &= KR \left\{ -\frac{N-2}{2N} Ri^2 + \frac{1}{N}(v_b - v_c)i \right\} \end{aligned}$$

而して  $(v_b - v_c)i$  は測定すべき電力の瞬時値なり。故に其平均を W とし A を電流とすれば、

$$\theta = KR \left( -\frac{N-2}{2N} RA^2 + \frac{W}{N} \right)$$

$$\therefore W = \frac{N\theta}{KR} + \frac{N-2}{2} RA^2$$

此場合には  $\frac{N-2}{2} RA^2$  を計算して更正すれば、N 及び  $\theta$  より W を求むる事を得。N を大にすれば電位計に加はる電圧を降下する事を得べし。故に此竝列抵抗をして電位差計の倍率器の如き構造にし、 $R_2$  を任意に變化し得る様にせば最も便なり。

上記の場合に於て

$$N=2$$

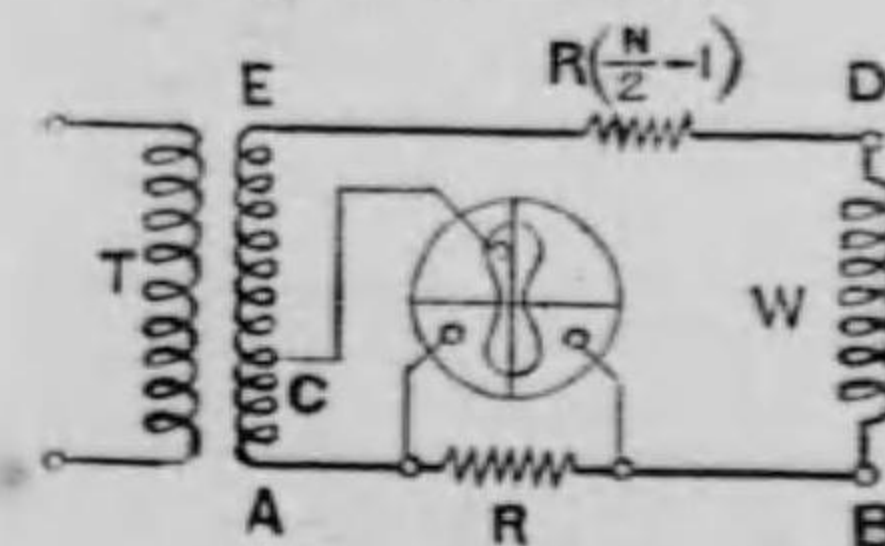
即ち  $R_1=R_2$  と爲せば更正を必要とせず。又 N を變じて  $\theta=0$  と爲せば、

$$W = \frac{N-2}{2} RA^2$$

となり、測定法は零位法に變じ、電位計の零なる時電流計にて測定せる A の値より電力を計算する事を得べし。

第二の方法は第五百二十圖に示すが如く電位計に加

第五百二十圖



靜電電力計

はる電圧を減ずる爲め、電源の變壓器の捲線の途中にターミナルを設け、之を可動片に接続するものとす。今變壓器 T の一端 A より途中のターミナル C 迄の電圧を全電圧の  $\frac{1}{N}$  とし、前と同じく負荷の一侧に抵抗 R を直



列に接続する外、別に他側に  $R\left(\frac{N}{2}-1\right)$  の抵抗を接続するものとす。然る時には

$$\begin{aligned} v_a - v_c &= (v_a - v_b) + (v_b - v_d) + (v_d - v_c) \\ &= Ri + (v_b - v_d) + R\left(\frac{N}{2}-1\right)i \\ &= (v_b - v_d) + \frac{N}{2}Ri \end{aligned}$$

$$\therefore v_a - v_c = \frac{1}{N}(v_a - v_c)$$

$$= \frac{1}{N}(v_b - v_d) + \frac{Ri}{2}$$

$$v_b - v_c = (v_a - v_c) - (v_a - v_b)$$

$$= \frac{1}{N}(v_b - v_d) + \frac{Ri}{2} - Ri$$

$$= \frac{1}{N}(v_b - v_d) - \frac{Ri}{2}$$

$$\therefore \theta = K(v_a - v_b) \left( \frac{v_a + v_b}{2} - v_c \right)$$

$$= \frac{1}{2}K(v_a - v_b) \{ (v_a - v_c) + (v_b - v_c) \}$$

$$= \frac{1}{2}KRi \left\{ \frac{1}{N}(v_b - v_d) + \frac{Ri}{2} + \frac{1}{N}(v_b - v_d) - \frac{Ri}{2} \right\}$$

$$= \frac{KR}{N}(v_b - v_d)i$$

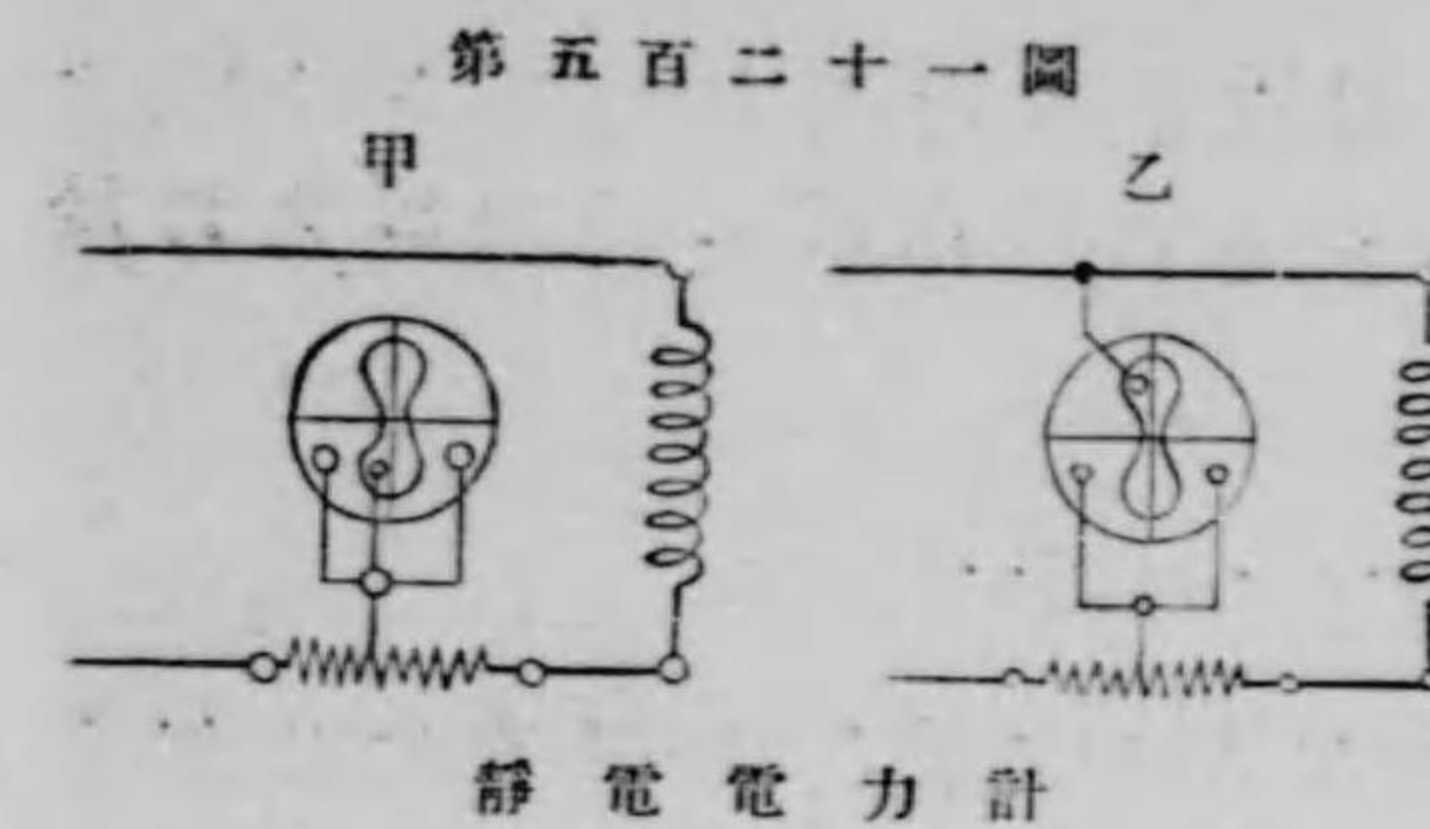
$(v_b - v_d)i$  は電力の瞬時値なるを以て平均を取れば、

$$\theta = \frac{KR}{N}W$$

$$W = \frac{N}{KR}\theta$$

となり、此場合には更正を要せず、電力は直に  $\theta$  に比例する事となる。而して  $N$  を任意に選び任意の高圧の電力を測定する事を得るなり。

静電電力計を使用する場合には、使用の前に當り必ず



零點の試験を行はざ

るべからず。而して

完全なる電力計なら

ば、第五百二十一圖甲

の如く象限及び可動

片を一所に接続した

る時にも、又乙の如く兩象限を接続し置き可動片に電圧を加へたる時にも、可動片は零位を示さざるべからざるものにして、第一の場合の可動片の位置を機械的零點

(Mechanical zero) と名づけ、後の位置を電氣的零點 (Elec-

trical zero) と云ふ。此二零點一致せざれば、正確なる結果

を望み難く、構造を全く對稱的ならしむれば此目的達せ

らるべし。又象限及び可動片を回路より切斷する前には、必ず大なる抵抗を通じて其充電を除かざれば、可動片

の振動を生じ、電位計を損傷する事あるべし。



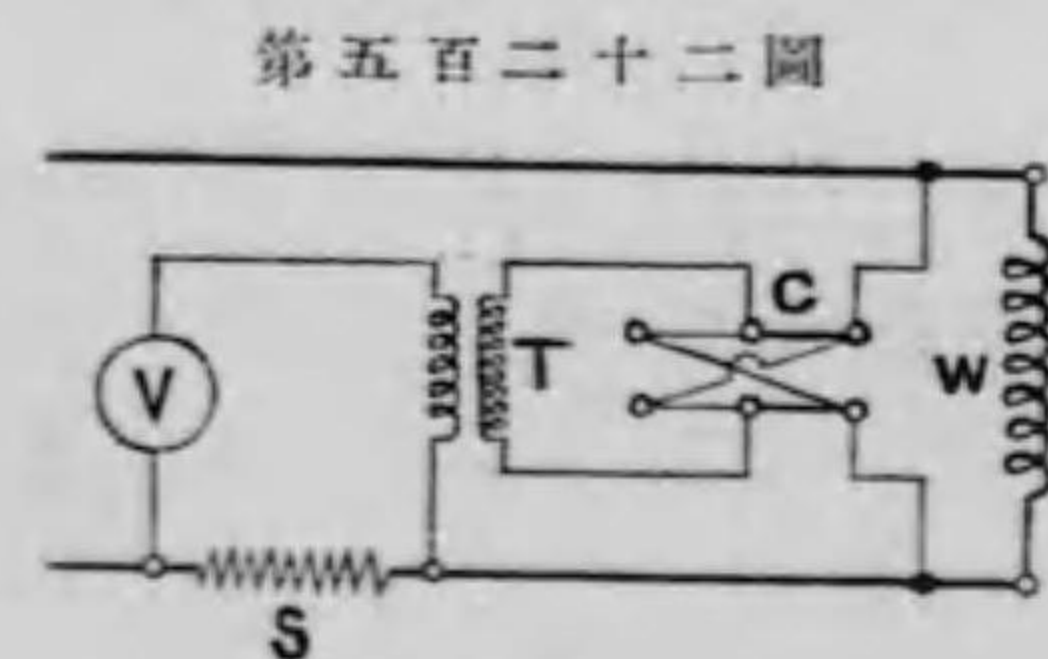
第三項 熱線電力計

271. 熱線電力計 (Hot wire wattmeter) 第三章

に述べたるが如き熱線測定器を取り、其中に或二つの電流の和を通じたりとし、各電流の瞬時値を  $i_1, i_2$  とせば、其時の熱線の伸長(或は弛度)は、 $(i_1+i_2)^2$  に比例す。次に同じ熱線測定器に同じ二つの電流の差を通じたりとせば、其時の伸長は  $(i_1-i_2)^2$  に比例すべし。故に二つの場合に於ける伸長の差を取れば、

$$(i_1+i_2)^2 - (i_1-i_2)^2 = 4i_1i_2$$

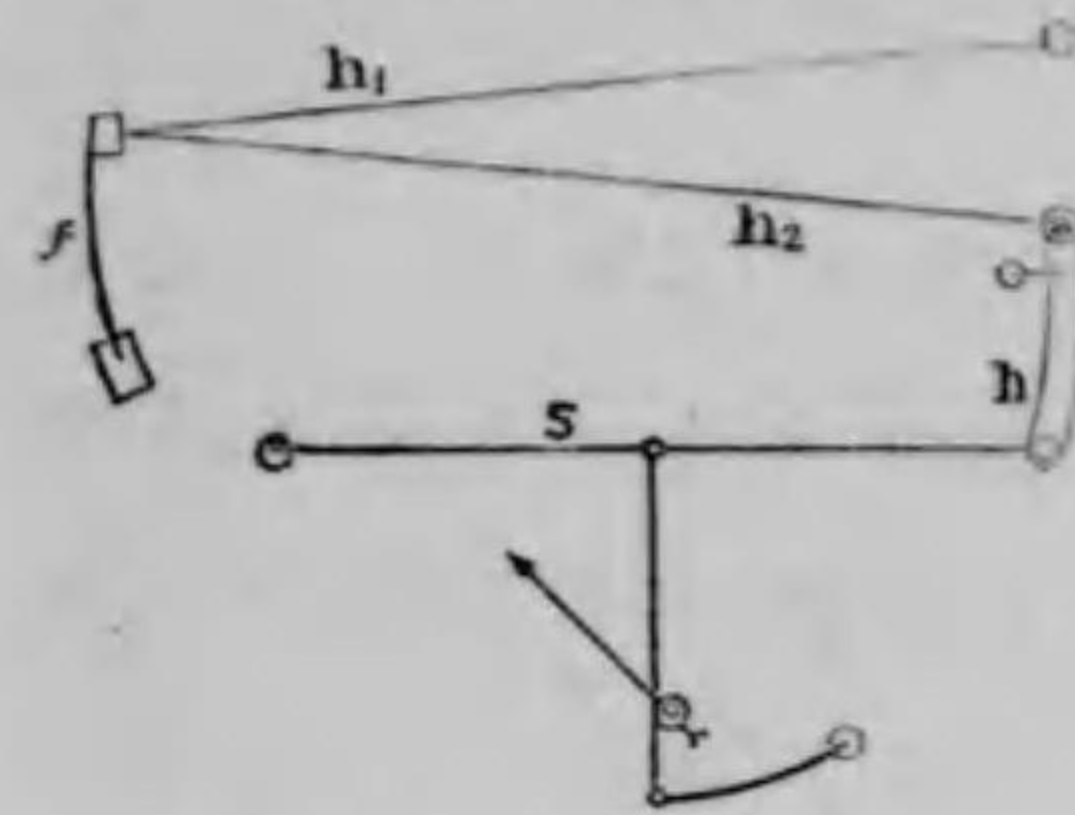
今若し  $i_1$  を負荷の電圧に比例し、 $i_2$  を電流に比例すとせば、伸長の差は電力の瞬時値に比例すべく、此關係は固より平均値に對しても成立すべきを以て、即ち二つの伸長の差より交流電力を測定し得べきなり。此關係は勿論直流に對して成立する事云ふ迄もなし。斯の如き理論に基つきて作れる電力計を熱線電力計と云ふ。熱線電力計に於て伸長の差を測る一法はフィールド (Field) の方法にして、第五百二十二圖に示すが如く、測定器用變



第五百二十二圖  
フィールド熱線電力計

壓器 T 及び變流器又は分流器 S を使用し、變壓器の方に轉換器 C を置き、之を切換へて一箇の熱線電壓計 V に兩方の電流の和及び差を交互

第五百二十三圖



バウハ熱線電力計

に加へて其指示を読み、其差より電力を測定する方法なり。此方法は二回の測定を必要とし直讀ならず。第五百二十三圖に示すはバウハ (Bauch) の考案に係るものにして、 $h_1$  及び  $h_2$  は二本の熱線にして  $h_1$  には直接兩電流の差、 $h_2$  には其和を通ず。而して  $h_1$  及び  $h_2$  の一端は  $f$  なる發條に止められ、 $f$  の他端は固定せらる。 $h_2$  の他端は槓桿  $h$  の一端に連り、 $h$  の他端は  $s$  なる張線に連り、之に弛度測定装置を附する事普通の熱線電流計に於けるが如くす。斯の如き方法に依れば、兩熱線に電流通ずれば共に伸長するも、 $h_1$  の伸長は  $f$  を左へ動かす事となり、従つて  $h$  に表はるゝ  $h_2$  の伸張は實際より  $h_1$  の伸長丈け差引きたるものとなるべく、 $h$  にて之を擴大し、更に弛度装置により擴大して、指針をして電力を指示せしむるものとす。

熱線電力計は、高周波電力の測定に適當せるも未だ盛に製造せらるゝに至らず。

第四項 誘導型電力計

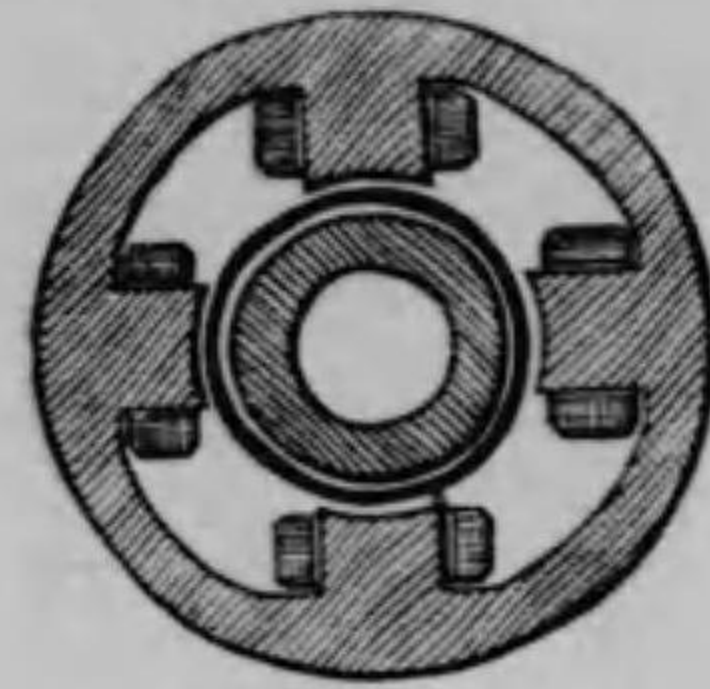
272. 總説 第三章に述べたる誘導型測定器は亦交流電力の測定にも使用する事を得べし。而して構造上



誘導型測定器は廻轉磁界型と移動磁界型とに區別する事前に述べたると同様なり。

誘導型電力計の理論及構造 第五百二十四圖に示す

第五百二十四圖



誘導型電力計

が如く、一箇の鐵心より突出せる互に直角の方向にある四箇の磁極の中、相對せる二極は直列に接続せる捲線を以て勵磁せらるゝものとし、其磁界の最大値の半分を夫々  $H_1$  及び  $H_2$  を以て表はし、 $\theta_0$  を其兩磁界の相差とせよ。

然る時には是等の磁界の爲に磁界の中にある金屬圓筒中に生ずる廻轉力  $D_0$  は  $f$  を勵磁電流の周波數、 $K_1$  を一箇の常數とせば、

$$D_0 = 4fK_1H_1H_2 \sin\theta_0$$

となる事、第三章(309頁)に於て述べたる所の如し。今勵磁捲線の一方は之を電力を測定せんとする負荷に直列に、又他方は之に並列に接続したりとせば、 $V$  及び  $A$  を電壓及び電流の實効値として

$$H_1 = K_2A, \quad H_2 = K_3V$$

$$\therefore D_0 = 4fK_1K_2K_3VA \sin\theta_0$$

然るに交流電力  $W$  は  $\varphi$  を其電壓電流間の相差とせば、

$$W = VA \cos\varphi$$

等しきを以て、廻轉力が電力に比例する爲には

$$\sin\theta_0 = \cos\varphi$$

なるを必要とすべく、或は

$$\theta_0 = \frac{\pi}{2} \pm \varphi$$

を必要とすべし。 $\varphi$  の前の符號は誘導負荷の場合には一を又容量負荷の場合に+を取るものとす。而して力率一の場合には

$$\varphi = 0$$

或は

$$\theta_0 = \frac{\pi}{2}$$

なるを必要とするなり。即ち電壓捲線に依りて生ずる磁束と電流捲線に依りて生ずる磁束との間に、正確に九十度の相差あるを必要とするなり。此條件を充さしむる爲め電力計の種類に依り種々なる方法の用ひらるゝあり、次項に之を述べん。猶ほ此條件の完全に充されざる時には誤差を生じ、其誤差は力率小なる場合に最も大なり。此事に關しては積算電氣計器の條にて詳述すべければ茲には述べず。

次に此廻轉力に反抗せしむる爲に、圓筒軸に彈條又は重錘を裝置すれば、圓筒の廻轉角は直接電力を表示する事となるべし。

誘導型電力計の特性 此種測定器の特徴は其可動部分に捲線を有せざる爲め、電流の出入に對する裝置を必要とせず、従つて構造簡單にして頑丈なる事なり。同時に可動部分に銅捲線鐵心等の要なきを以て、重量小にして従つて摩擦の影響尠なし。又其磁界強くして外部磁界の影響を受くる事尠なく配電盤用として適當なり。

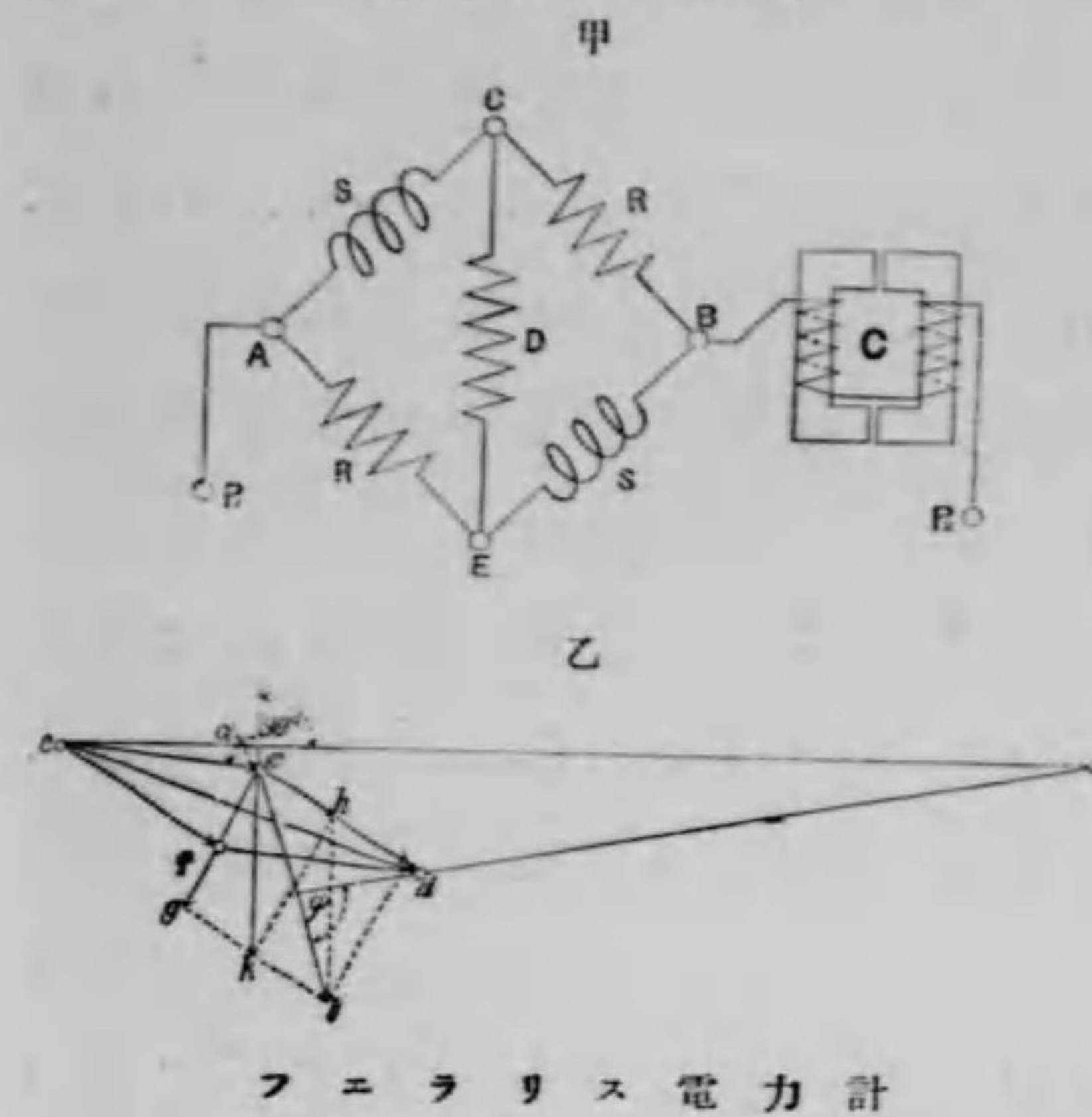


又測定器中の損失尠なく、而も廻轉力大なり。有力なる渦流制動装置を使用し得るを以て、指示速指的なり。廻轉力は可動部分の位置に關係せざるを以て、殆ど全圓に亘り極めて長き目盛を使用し得、従つて指示正確なり。其缺點は周波數及び溫度の影響大なる事にして、前掲の廻轉力の式よりも明かなるが如く、周波數の變化は同一の電力に對して異りたる指示を與ふべく、一種の周波數以外に使用する事困難なり。又溫度の變化は電壓捲線及び渦流回路の抵抗を變化し、従つて廻轉力を變化し其影響大なり。猶ほ兩捲線の作る磁界の相差精確に前述の如くならざる時には力率に依り大なる誤差を生ずべし。

**273. 廻轉磁界型電力計** 誘導型電力計中廻轉磁界を使用するものに次の二種あり。

**フェラリス (Ferraris) 電力計** シーメンスの製作するフェラリス電力計の構造は、第三章に述べたるフェラリス測定器と殆ど同様なり。唯だ勵磁捲線的一方を電流捲線として回路に直列に、又他方を電壓捲線として之に並列に接續したるを異にするのみ。而して兩磁束の相差を適當にし、力率一の時に兩磁束の相差を正確に九十度に等しからしむる爲、電壓捲線に特別の接續を用ふ。即ち第五百二十五圖甲に於て S, S は二箇の電壓捲線にして、之に R, R, D なる三箇の無誘導性抵抗を接續して

第五百二十五圖



フェラリス電力計

電流とし又  $i$  を C 中の電流即ち電壓回路の電流とせば、

$$i_s = i_r + i_d$$

$$i = i_s + i_r = 2i_r + i_d$$

而して各電流及び電壓の關係を圖にて表はせば、第五百二十五圖乙に依りて明かなる如く、

$$ce = fd \quad (\text{電壓捲線 S に於ける電壓})$$

$$ed = cf \quad (\text{無誘導抵抗 R に於ける電壓})$$

$$ef \quad (\text{無誘導抵抗 D に於ける電壓})$$

となり  $i_d$  及び  $i_r$  は其電壓と同相にあるを以て、 $eg$  及び  $eh$  に依りて表はさる。然る時には  $i_s$  は  $ek$  に依り表はさるべく、其電壓との間に  $\alpha$  の相差を生ずべし。従つて誘導抵抗中の電流  $i$  は  $i_d + 2i_r$  として  $el$  を以て表さるべし。

リ、チを形成せしめ、更に C なる誘導性抵抗を直列に接續したる上、兩端 P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> を回路に並列に接續するものとす。斯の如き接續に於て、 $i_s$  を S 中の電流、 $i_r$  を R 中の電流、 $i_d$  を D 中の



而して此誘導性抵抗の兩端の電壓は  $i$  と殆ど九十度近くの相違を有すべきを以て、之を  $\phi$  とせば  $db$  は其電壓を表はし、結局  $cb$  が電壓回路の全電壓となるべく、 $R, D$  及び  $C$  の値を適當にすれば、 $i$  即ち  $ek$  を  $cb$  と正確に直角ならしめ、即ち電壓捲線中の電流を回路の電壓より正確に九十度遅れしむる事を得べきなり。

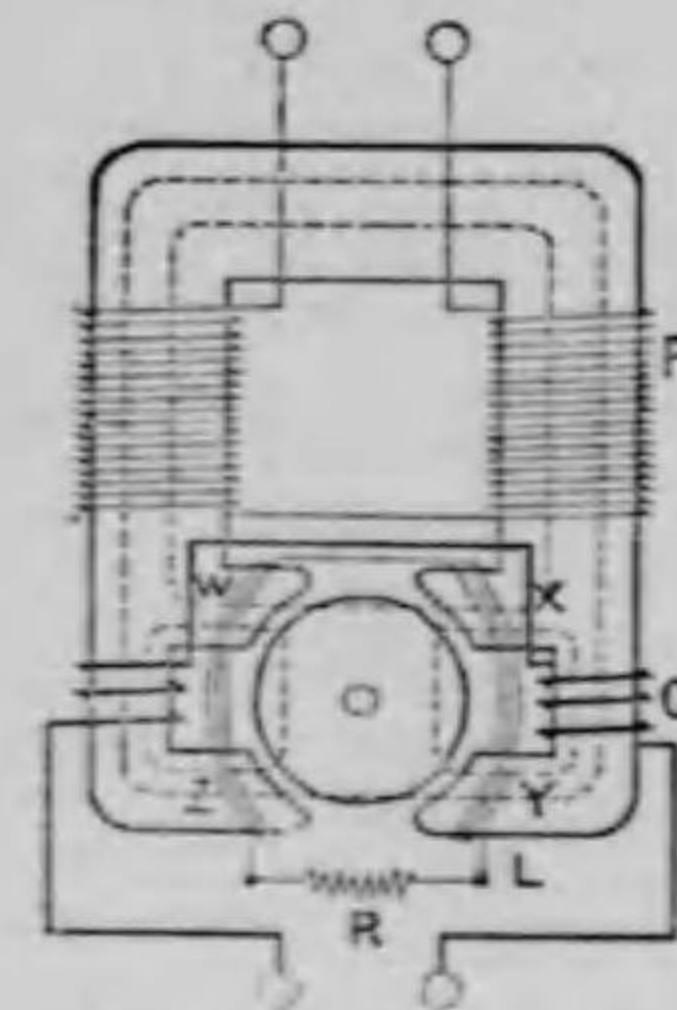
其他の構造は第三章に述べたるものと全く同一なるを以て、再説の要なかるべし。而して三相式電力計に於ては、二箇の單相電力計を同一軸に作用せしめたるものを用ふ。

直列變壓器型電力計

米國ウエスチングハウス

(Westinghouse) 會社の製作に係る直列變壓器型電力計は、

第五百二十六圖



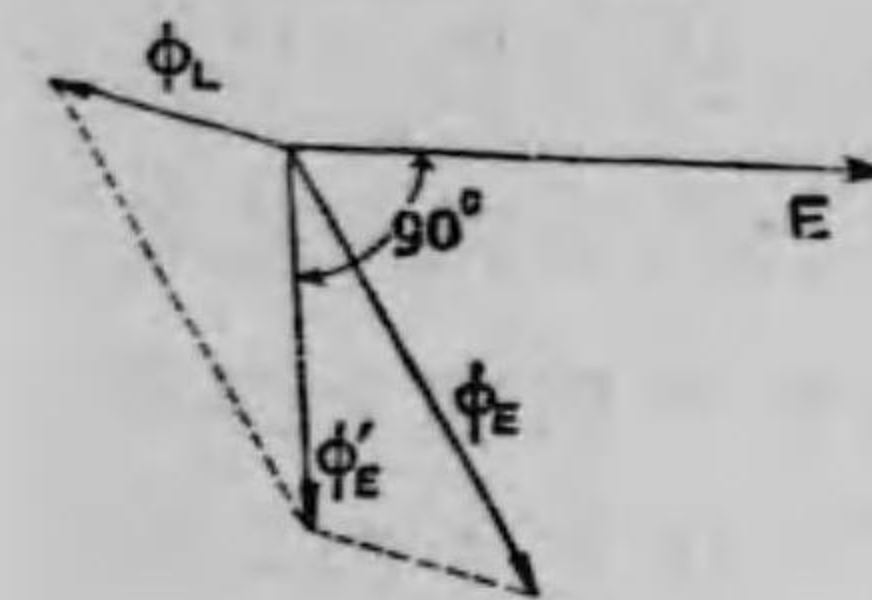
直列變壓器型電力計

貫き、電流捲線に依るものは  $WZ$  及び  $XY$  の方向に横切るを以て、兩磁束は互に直角の方向にあり。而して電壓捲線は捲數多く極めて誘導性なるを以て、其電流は殆ど

第三章に述べたる同社製直列變壓器型電流計電壓計と殆ど同一の構造を有し、第五百二十六圖に示すが如き特別の形を有する鐵心に二箇の捲線を施し、其一方  $P$  は之を電壓回路に、 $C$  は之を電流回路に接続するものとす。然る時には電壓捲線に依りて生ずる磁束は、 $WX$  及び  $ZY$  の方向に空隙を

電壓と九十度の相違を有するも、更に之を正確に九十度と爲す爲め、別に遅電流線輪 (Lagging coil) 又は補償線輪 (Compensating coil) と名づくる小捲線  $L$  を鐵心の一部に捲き、其端を  $R$  なる抵抗を用ひて短絡す。此捲線は電壓捲線に依る磁束に對して恰かも變壓器の二次線を短絡したるが如き働きを有し、其結果として電壓捲線の磁束を

第五百二十七圖



直列變壓器型電力計

更に其電壓より遅らしむる働きを有す。即ち第五百二十七圖に於て  $E$  を電壓とすれば、電壓捲線中の電流、從つて其電流に基づく磁束  $\phi_E$  は  $E$  より九十度近く遅れて圖の位置にあり、而して遅電流

線輪に依りて生ずる磁束  $\phi_L$  は其捲線の誘導及び抵抗の爲め、正確にはあらざれども、略  $\phi_E$  と百八十度の相違を有して圖の位置にあるべきを以て、結局電壓捲線の磁束として金屬圓板に働くものは  $\phi_E$  と  $\phi_L$  との合成せる  $\phi'_E$  となるべく、短絡抵抗  $R$  を加減して  $\phi'_E$  をして正確に其電壓より九十度の相違あらしむる事を得るなり。

其他の構造に關しては第三章に述べたると全く同一なれば再説せず。三相式電力計に對しては二箇の單相式電力計を同一軸に動作せしむ。

274. 移動磁界型電力計

獨逸アルゲマイネ、エレクトリチテーツ、ゲゼルシャフト (Allgemeine Elektrizitäts



第五百二十八圖



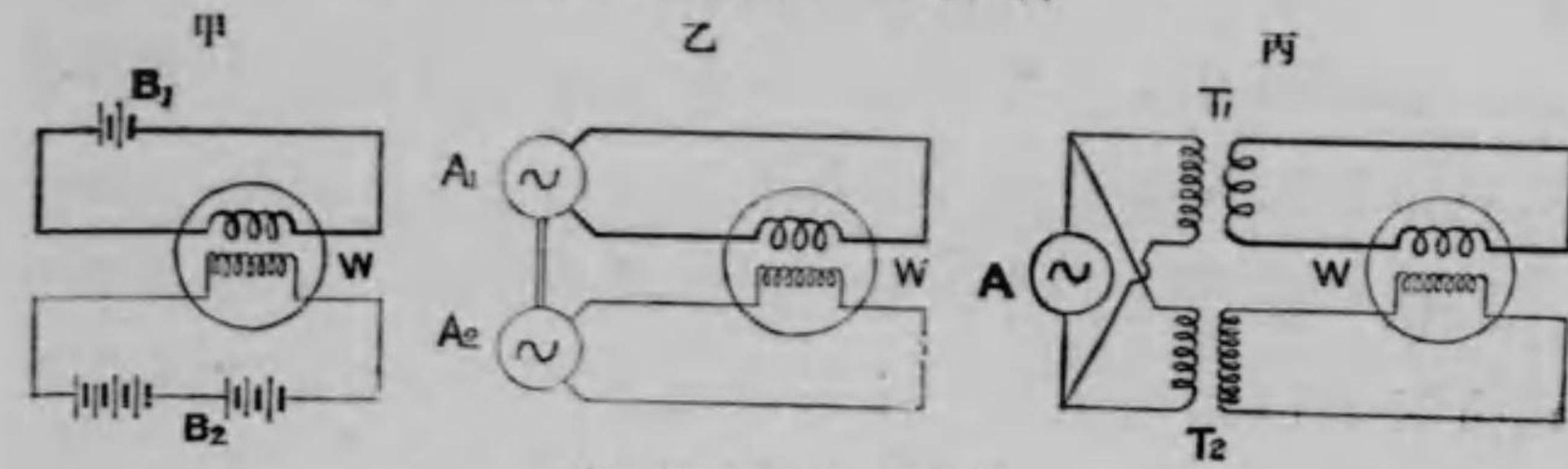
アルグマイネ移動磁界型電力計

Gesellschaft) の製作する移動磁界型電力計の構造は第三章に述べたる同所製電流計の構造と同一なれど、第五百二十八圖に示すが如く電磁石は三箇あり、中央のものに電流捲線を施し、外方の二箇には電圧捲線を置き、外方の二箇のみに表面に限取線輪の働きを有する金属板を置く者とす。而して二箇の電圧線輪を置きたるは之を無定位にして、外部磁界の影響を避くる目的なり。其他の構造は前に述べたると全く同一なり。

### 第五項 電力計試験法

275. 總説 電力計の試験に當りては設備の関係上、實際の負荷を用ひて試験を行ふの止むを得ざる場合もあれど、多くの場合には電圧線輪と電流線輪とを別ちて、之に別箇の電源より電圧及び電流の規定値を與へ、所謂虚負荷を用ひて試験を行ふものとす。特に極めて大なる容量の電力計にありては、此方法を用ふるにあらざれば始ど完全なる試験を用ひ難き場合少からず。即ち此方法に依れば電流線輪に對しては、低壓強電流、又電圧線輪に對しては高壓弱電流の電源を設備し、兩電源は單に電流電圧兩線輪の損失に相當する丈の容量あれば

第五百二十九圖



電力計試験法

可なり。第五百二十九圖甲に示すは直流を以て試験する場合、同圖乙は交流を以て試験する場合の接続圖にして、直流の場合には二組の電池  $B_1, B_2$ 、交流の場合には同一軸に依りて廻轉せられ同一の周波數を有する二箇の交流發電機  $A_1, A_2$  を用ふ。尤も交流の場合には必ずしも二箇の發電機を必要とせず、同圖丙に示すが如く、一箇の發電機  $A$  に二箇の變壓器  $T_1, T_2$  を接続し、一方は高壓弱電流用、他方は低壓強電流用として電圧電流兩線輪に接続するも可なり。猶ほ交流にて試験する場合には力率の變化に依りて生ずる誤差を見る爲め、負荷の力率を變じて試験する必要あり、之に對しては特別の移相發電機 (Phase shifting machine) 又は移相變成器 (Phase shifting transformer) を用ふ。其構造に關しては積算電氣計器の試験法中に述ぶる所あらん。

電流及び電壓の調整方法に就きては、第二章及び第三章に述べたる電流測定器電壓測定器の試験の場合と同様なるを以て、茲に再説せず。猶ほ實際の負荷を用ひて



試験する場合には適當なる負荷を用ひ、其負荷の大きさ及び力率を變じて試験するものにして、其方法極めて簡單なれば特記するの必要なかるべし。

**276. 直流に依る電力計試験法** 電流計型電力計及び静電型電力計は直流を以て試験を行ひ、之を交流に使用するも殆ど誤差なし。唯だ極めて小なる力率の場合に使用する電流計型電力計に対しては、電圧線輪の誘導に對する更正を計算し置く必要あるべし。其百分率更正値の大きさは前に述べたる電力計の特性より明かにして、 $\cos\varphi$  を力率、 $\alpha$  を電圧線輪の誘導に基づく相差角とせば、

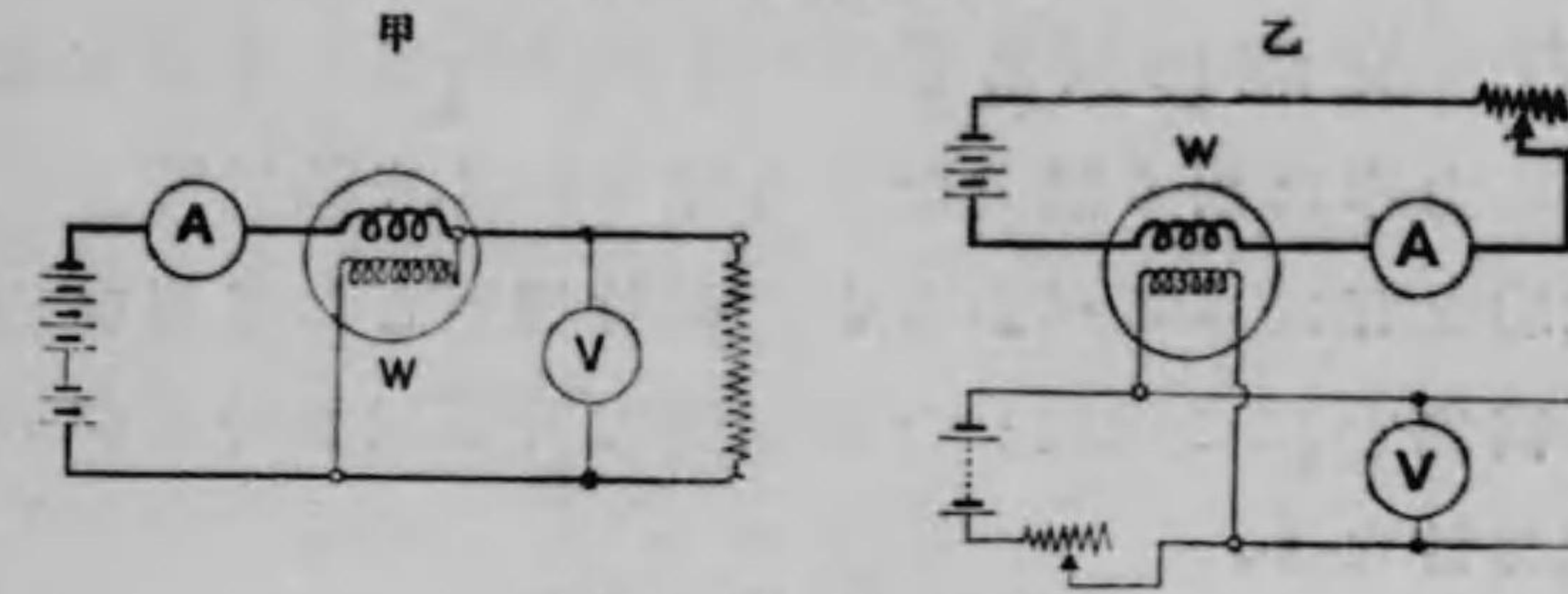
$$\begin{aligned} \text{百分率更正値} &= \frac{\cos\varphi - \cos(\varphi - \alpha)\cos\alpha}{\cos\alpha \cos(\varphi - \alpha)} \times 100 \\ &= \left( \frac{\cos\varphi}{\cos\alpha \cos(\varphi - \alpha)} - 1 \right) \times 100 \\ &\div \left( \frac{1}{1 + \alpha \tan\varphi} - 1 \right) \times 100 \\ &\div (1 - \alpha \tan\varphi - 1) \times 100 \\ &\div -\alpha \tan\varphi \times 100 \text{ パーセント} \end{aligned}$$

而して  $\alpha \div \tan\alpha = \frac{2\pi fL}{r}$

茲に  $f$  は周波數、 $L$  は電圧線輪の誘導、 $r$  は其抵抗なり。 $\alpha$  を分にて表はせば、

$$\text{百分率更正値} = -\alpha \frac{\pi \times \tan\varphi}{108} \text{ パーセント}$$

第五百三十圖



電力計試験法

**電流計及電圧計を標準とする電力計試験法** 第五百三十圖甲の如き實負荷を用ふるか、又は同圖乙の如く虚負荷を用ひ、電流は電流計にて、電圧は電圧計にて測定する方法にして、電流及び電圧の値を種々に變へ目盛の數點に於て試験を行ふものとす。例へば電力計の読み  $W$  にして、其時の電圧計及び電流計の読み、夫々  $V$  及び  $A$ 、其更正値夫々  $\alpha_V$  及び  $\alpha_A$  なりとせば電力計の百分率更正値

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{A \left( 1 + \frac{\alpha_A}{100} \right) V \left( 1 + \frac{\alpha_V}{100} \right) - W}{W} \times 100 \\ &\div \frac{AV \left( 1 + \frac{\alpha_A}{100} + \frac{\alpha_V}{100} \right) - W}{W} \times 100 \text{ パーセント} \end{aligned}$$

となるべし。猶ほ甲圖の場合には電圧計及び電力計中の損失に對し、更正を爲さざるべからざる事明かなり。

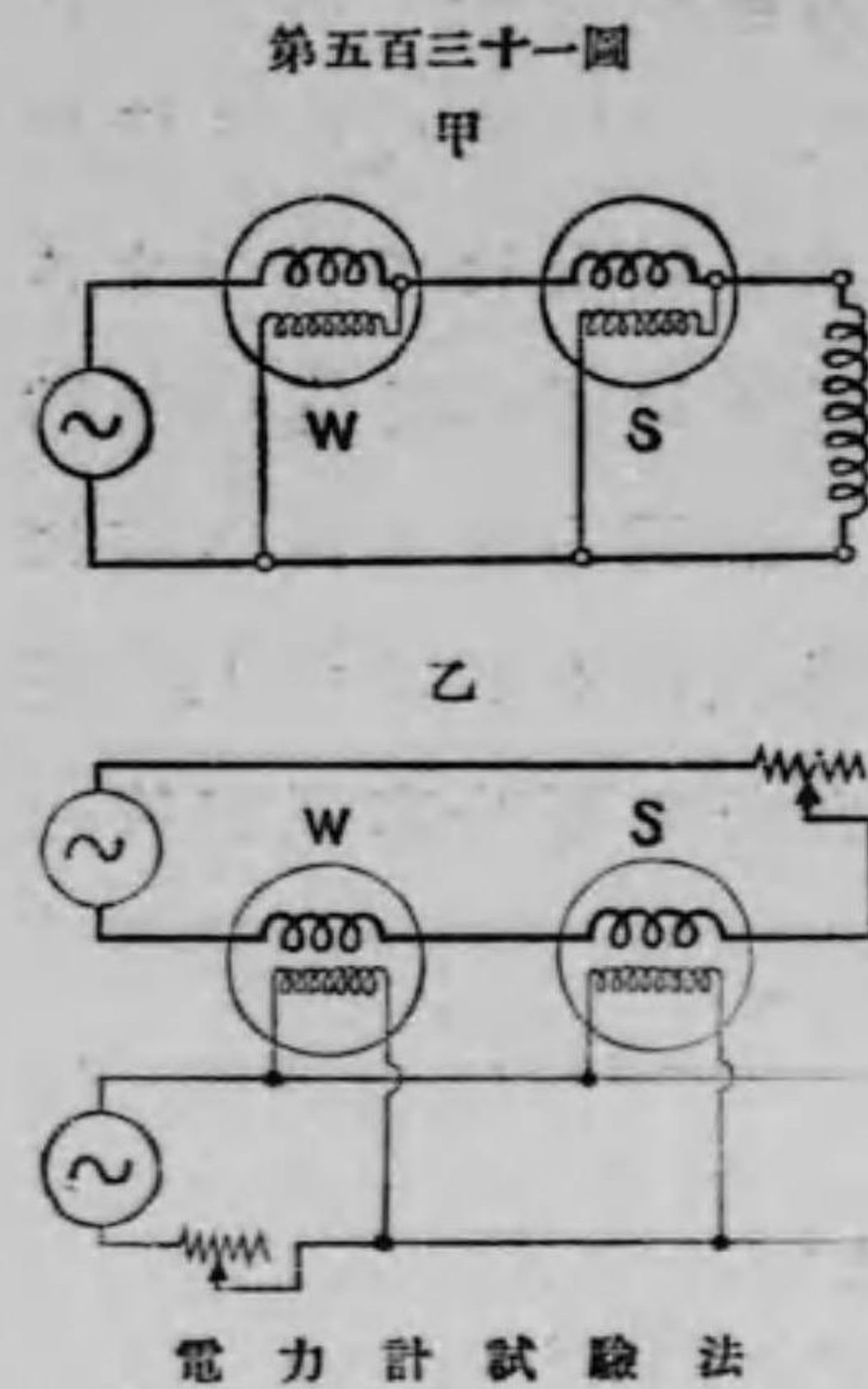
**電位差計を用ふる電力計試験法** 電流計及び電圧計を用ふる代りに、電位差計を用ひて電流及び電圧を測定すれば、上記の各測定器に對する更正を除外し、簡単に電力



計の更正を求むる事を得べし。

**277. 交流に依る電力計試験法** 誘導型電力計又は力率に依る誤差大なる電力計は、交流電源を用ひて試験を行はざるべからず。其時標準として用ひらるゝは直流を以て試験したる電流計型電力計及び静電型電力計なり。

**電流計型電力計を標準とする電力計試験法** 第五百



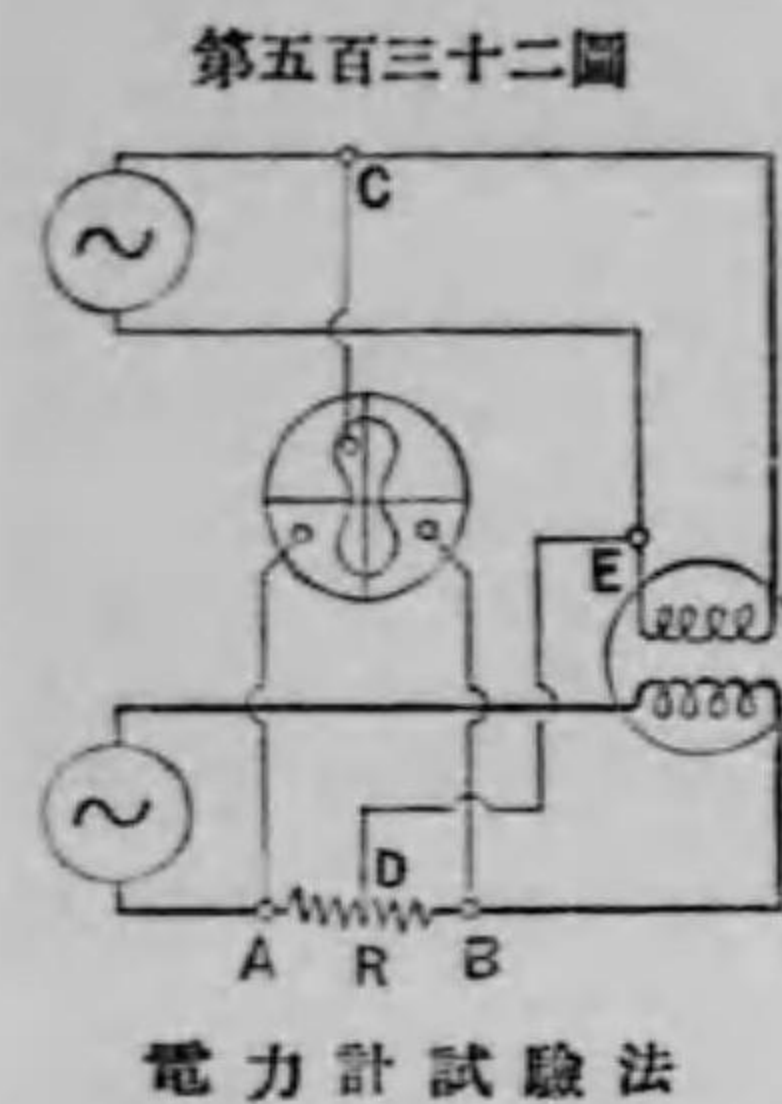
三十一圖甲に於けるが如く、實負荷を用ふるか、又は同圖乙に於けるが如く、虚負荷を用ひ、試験すべき電力計Wと標準電力計Sとを同時に接続し、電流及び電圧を變化し、或は負荷の力率を變化し、種々なる負荷に於て兩測定器の目盛を同時に読み取るものとす。今標準電力計の読みS、試験電力計の読みWなり

とせば、 $\alpha_s$  を標準電力計の更正値(小力率にて試験する時には力率に對する更正をも含む)として、試験電力計の百分率更正値

$$\alpha = \frac{S \left(1 + \frac{\alpha_s}{100}\right) - W}{W} \times 100 \text{ パーセント}$$

となる。猶ほ三相式電力計の場合にては三相式電源を用ふるか、或は二箇の单相電力計として单相式電源にてても試験する事を得。其詳細に關しては積算電氣計器の試験に關する項中に述べん。

**静電型電力計を標準とする電力計試験法** 直流又は交流を以て試験したる静電型電力計を標準として用ふる



場合には、英國物理實驗所に於て爲したるが如く、第五百三十二圖の如き接続に依るを便とす。此場合に於ては、試験すべき電力計の電流線輪と直列に接続せる抵抗Rの兩端を静電電壓計の兩象限に、又電圧線輪の一端を可動片に接続し、猶ほR

の中點を電圧線輪の他端に接続するものとす。此接続に依れば電力計の指示は直接電力に比例し、前に述べたるが如きR中の電力に對する更正を必要とせざるべし。如何となれば前に述べたると同様にして、

$$v_a - v_b = Ri$$

$$\frac{v_a + v_b}{2} - v_c = v_d - v_c = v_e - v_c$$

$$\therefore \theta = KRi(v_e - v_c)$$

$i(v_e - v_c)$  は電力の瞬時値なるを以て其平均を取れば、

$$\theta = KRW$$



となり、R中の電力損失は関係なきに至るものなり。斯くして測定せる電力を試験電力計の指示と比較して更正を計算する方法は前法に述べたると全く同一なり。

## 第八章

## 力率計、無効電力計、周波計、速度表示器、同期検定器、滑計、検漏器及検壓器

## 第一節 力率計及無効電力計

## 第一項 間接的力率測定法

278. 電力計、電圧計及電流計に依る力率測定法 一般に力率と稱するは、交流回路の實電力の其皮相電力に對する比にして、交流波形が正弦波なる場合に於ては電圧電流の間の相差の餘弦に相當す。即ち交流電力をWとし、其電壓及び電流の實効値を夫々V及びAとせば、

$$\text{力率} = \frac{W}{VA}$$

なり。波形が正弦波なる時には

$$W = VA \cos \phi$$

なるを以て、

$$\text{力率} = \frac{W}{VA} = \cos \phi$$

となる。故に電力計、電圧計及び電流計を用ひ別々にW、V及びAを測定すれば、上記の關係より直ちに力率を計算する事を得べし。



三相電力の場合には各相の電力を  $W_1, W_2, W_3$  とし、各相の電圧及び電流を夫々  $V_1, V_2, V_3$  及び  $A_1, A_2, A_3$  とせば、

$$\text{平均力率} = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{V_1 A_1 + V_2 A_2 + V_3 A_3}$$

にして不平衡負荷の場合には三相電力の平均力率は、各相力率の最小なるものより大にして、最大なるものより小となる。而して其負荷平衡せる場合に於ては、 $V$  及び  $A$  を線路電圧及び線路電流とし、 $W$  を三相電力とせば、

$$\text{力率} = \frac{W}{\sqrt{3} VA}$$

となるべく、何れの場合にも  $W, V$  及び  $A$  を測定して力率を決定する事を得べし。

**279. 三電圧計法又は三電流計法に依る力率測定法** 三箇の電圧計又は電流計を無誘導抵抗と共に用ひて電力を測定する方法に關しては前章に述べたり。即ち前章に述べたるが如き接続にある三箇の電圧計及び電流計の読みを夫々  $V_1, V_2, V_3$  及び  $A_1, A_2, A_3$  とし、無誘導抵抗を  $R$  とせば、

$$\text{三電圧計法の場合} \quad W = \frac{1}{2R} (V_3^2 - V_1^2 - V_2^2)$$

$$\text{三電流計法の場合} \quad W = \frac{R}{2} (A_3^2 - A_1^2 - A_2^2)$$

$$\text{而して} \quad W = V_1 \frac{V_2}{R} \cos \varphi, \quad W = A_2 R A_1 \cos \varphi$$

なるを以て結局、

$$\cos \varphi = \frac{1}{2V_1 V_2} (V_3^2 - V_1^2 - V_2^2)$$

$$\cos \varphi = \frac{1}{2A_1 A_2} (A_3^2 - A_1^2 - A_2^2)$$

より力率を計算する事を得べし。最大感度を得る爲に  $R$  を加減して  $V_1 = V_2 (=V)$  又は  $A_1 = A_2 (=A)$  の条件を得たりとせば、

$$\cos \varphi = \frac{V_3^2 - 2V^2}{2V^2} = \frac{V_3^2}{2V^2} - 1$$

$$\cos \varphi = \frac{A_3^2 - 2A^2}{2A^2} = \frac{A_3^2}{2A^2} - 1$$

となるべし。

### 280. 二電力計法に依る三相力率測定法

二箇の電力計を用ひ、三相電力の測定を爲す場合に於て、負荷の平衡せる時には、二つの電力計の読み  $W_1, W_2$  には次の関係ある事前章に述べたる所の如し。

$$W_1 = VA \cos(\varphi - 30^\circ)$$

$$W_2 = VA \cos(\varphi + 30^\circ)$$

茲に  $V$  及び  $A$  は線路の電圧及び電流にして  $\cos \varphi$  は力率なり。

$$\therefore W_1 + W_2 = \sqrt{3} VA \cos \varphi$$

$$W_1 - W_2 = VA \sin \varphi$$

$$\therefore \tan \varphi = \frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2} \sqrt{3}$$

$$\text{或は} \quad \cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \varphi}} = \frac{W_1 + W_2}{2(W_1^2 + W_2^2 - W_1 W_2)^{\frac{1}{2}}}$$

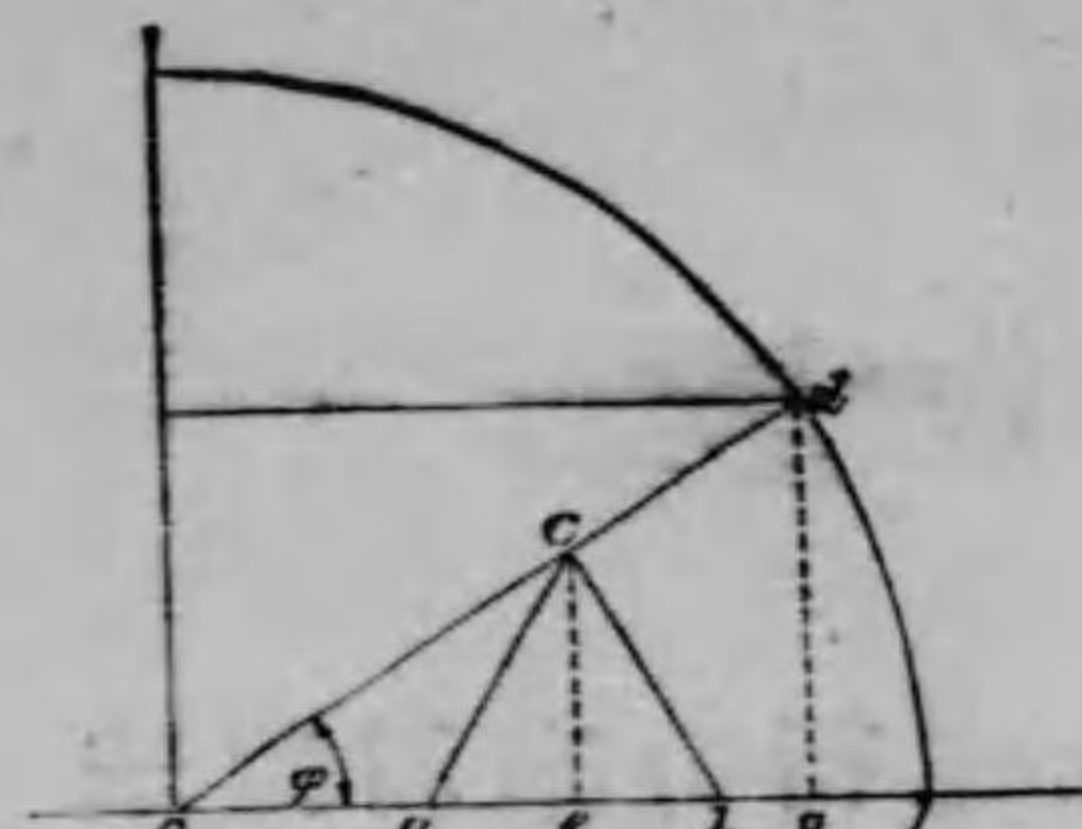
より力率を求むる事を得るなり。此場合に於て兩電力



計の定數同一なる時には、 $W_1, W_2$  の代りに直接其の偏れを用ふるも差支なし。

猶、上記の方法に依り計算より求め得べき  $\varphi$  又は  $\cos\varphi$

第五百三十三圖



二電力計法に依る三相力率測定法

の値は、第五百三十三圖の如き圖法に依りても求むる事を得べし。即ち  $Oa$  及び  $Ob$  を夫々或單位に於て  $W_2$  及び  $W_1$  の値に等しく取り、 $ab$  を一邊として正三角形  $acb$  を作り、 $Oc$  を通じて直線を引けば、角  $cOb$  は  $\varphi$  に等しく、又單位長の半徑を用ひて圓を書き、 $Oc$  を延長して之と  $d$  に於て交はらしめ、之より  $Oa$  に垂線を下し、 $g$  に於て  $Oa$  の延長と交らしむれば、同じ單位に於ける  $Og$  の長さは  $\cos\varphi$  を表はす事となるべし。如何となれば、

$$\begin{aligned} \tan \angle cOb &= \frac{ce}{Oe} = \frac{\frac{Ob-Oa}{2}\sqrt{3}}{\frac{Ob+Oa}{2}} \\ &= \frac{Ob-Oa}{Ob+Oa}\sqrt{3} \\ &= \frac{W_1-W_2}{W_1+W_2}\sqrt{3} \end{aligned}$$

$$\therefore \angle cOb = \varphi$$

而して  $Od=1$

$$\therefore \cos\varphi = \frac{Og}{Od} = Og$$

### 281. 一箇の電力計に依る三相力率測定法

二電力計法の特別の場合として、負荷の變動烈しからざる場合には一箇の電力計を用ひ、其電流線輪を三相式の一線に接続し、電壓線輪は之を其線と他の二線との間に切換接続して、二回の讀みを取り、其値より三相電力を測定し得べき事、前章に述べたる所の如し。其場合に於て二回の讀みは夫々

$$W_1 = VA \cos(\varphi - 30^\circ)$$

$$W_2 = VA \cos(\varphi + 30^\circ)$$

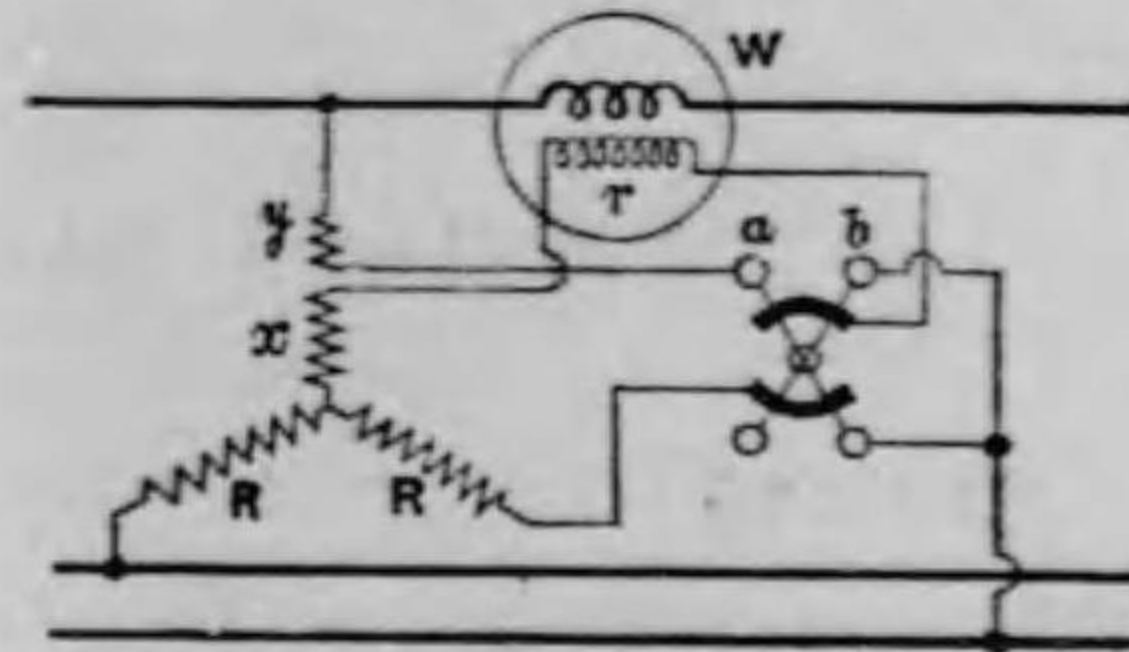
となるを以て、前項の場合と全く同一の理由により

$$\tan\varphi = \frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2} \sqrt{3}$$

となるべし。

ハートマン・ブラウン (Hartmann & Braun) の方法は上記

第五百三十四圖



一箇の電力計に依る三相力率測定法

と少しく異り、第五百三十四圖に示すが如く、電力計  $W$  の電流線輪を一線に直列に接続し、電壓線輪は切換開閉器に依り、切換接続して二回の讀みを取るもの

とす。  $R, R, x, y$  は何れも抵抗にして、 $r$  は電壓線輪の抵抗とす。今開閉器を  $a$  の位置に置けば、 $R, R, x+r+y$  の三抵抗三線の間接がり、三つの値等しく選ばるるを



以て、其接合點は中性點となり、従つて其時電壓線輪の受くる電壓は、中性點と一線との間の電壓に等しくなる。故に其時の電壓線輪中の電流を $A_1$ 、電流線輪中の電流を $A$ とせば、電力計の読み $W_1$ は

$$W_1 = CA_1 A \cos \phi$$

茲に $C$ は常數なり、次に開閉器を $b$ の位置に置けば、電壓線輪の電壓は電流線輪のなき二線間の電壓となり、前の場合の電壓と九十度の相差あり。而して此時の電壓回路の抵抗は $R+x+r$ なり。故に此時の電壓線輪中の電流を $A_2$ とせば、電力計の読み $W_2$ は

$$\begin{aligned} W_2 &= CA_2 A \cos(90^\circ - \phi) \\ &= CA_2 A \sin \phi \end{aligned}$$

故に $x, y$ の値を適當にし、 $A_1 = A_2$ なる如く爲したりとせば、

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{\sin \phi}{\cos \phi} = \tan \phi$$

となり、二回の読みの比より $\tan \phi$ の値を求め得べきなり。

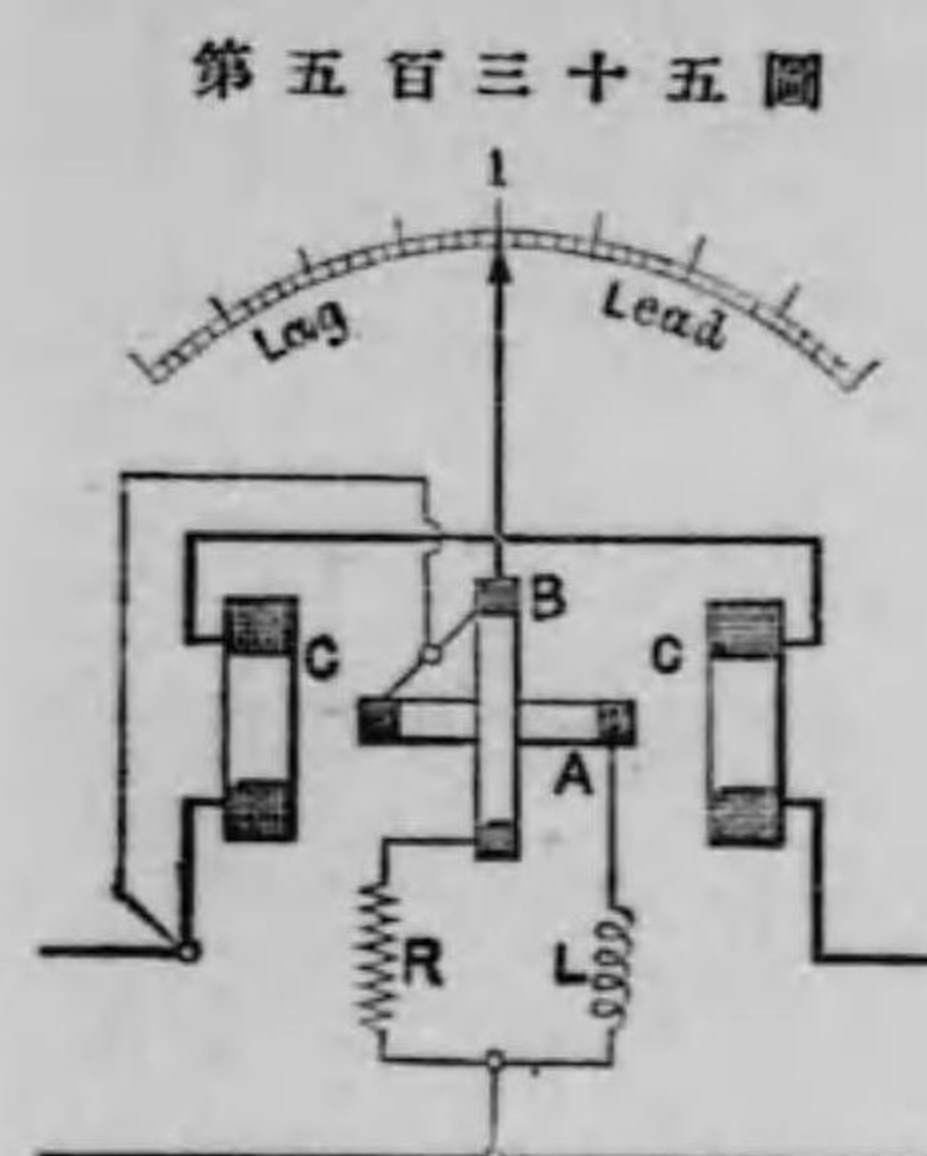
## 第二項 力率計

### 282. 可動線輪型力率計 力率計(Power factor meter)

又は位相表示器(Phase indicator)と稱するは、直接負荷の力率又は電壓電流間の相差を指示する測定器なり。單相用と多相用とにて其構造を異にす。

**單相交流用力率計** 單相交流用力率計の構造は、電流計型電力計に酷似し、電壓及び電流線輪を有し、電流線輪は固定し電壓線輪は可動なり。而して電壓線輪は直角に交れる二箇の線輪より成り、其一方に誘導、他方に無誘導抵抗を接続したる後、回路に竝列に接続して一箇の廻轉磁界を生ぜしめ、之と電流線輪の生ずる磁界との作用に依り廻轉せしむるものとす。然る時には線輪の方向一定の関係となる時、電壓線輪の受くる廻轉力零となり、線輪は其位置に止まり、線輪に附したる指針は其時の力率を指示するものなり。従つて此測定器に對しては、特別の制御装置を必要とせざるなり。

第五百三十五圖に示すは此種力率計の一種の接続に

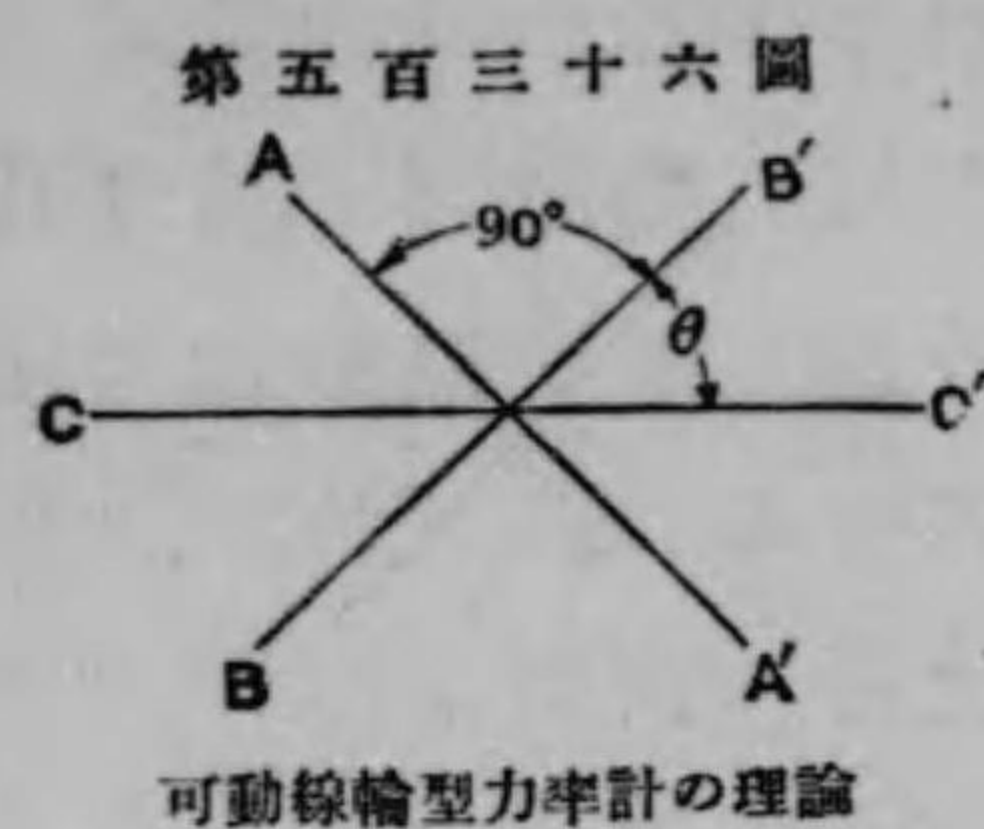


可動線輪型力率計の接続

して、 $A, B$ なる二箇の可動線輪は互に直角に同一の軸に取附られ、一方の線輪 $A$ には誘導抵抗 $L$ を、他方 $B$ には無誘導抵抗 $R$ を接続したる後互に竝列に接続す。今固定線輪 $C$ を回路に直列に、可動線輪 $A$ 及び $B$ を之に竝列に接続したりとせば、

$B$ の方には $R$ なる無誘導抵抗を接げる爲、其中の電流は電壓と同相にあるも、 $A$ の方は $L$ の誘導極めて大なる爲め、電流は電壓と殆ど九十度の相差を有すべし。従つて





A 及び B の生ずる磁界は聯合して一の廻轉磁場を作り、C の作る磁界との間に廻轉力を生じ、自ら廻轉すべし。今其廻轉力に就きて考ふるに、第五百三十六圖に於て AA', BB', CC' を夫々 A, B, C 三線輪の軸の位置を表はすものとし、電壓及び電流波形共に正弦波にして、

$$e = E \sin \omega t$$

$$i = I \sin(\omega t - \varphi)$$

なりとせよ。茲に  $\varphi$  は電流の電壓より遅れたる角を表はす。然る時は A, B 及び C 中の電流は夫々

$$i_a = I' \cos \omega t$$

$$i_b = I' \sin \omega t$$

$$i_c = I \sin(\omega t - \varphi)$$

なり。茲に  $I, I', I'$  は夫々電流の最大値を表はす。今 A 及び B によりて生ずる磁界の最大値相等しき様設計したりとせば、一定の周波數に於て兩磁界は、

$$h_a = H \cos \omega t$$

$$h_b = H \sin \omega t$$

に依りて表はさる。茲に  $H$  は兩磁界の最大値なり。故に今 BB' が CC' と  $\theta$  なる角を爲せる場合に働く廻轉力を  $t_b$  とせば、

$$t_b = K h_b i_c \sin \theta$$

故に  $t_b$  の平均値を  $T_b$  とせば

$$\begin{aligned} T_b &= \frac{1}{T} \int_0^T t_b dt = \frac{1}{T} \int_0^T K h_b i_c \sin \theta dt \\ &= \frac{K H I \sin \theta}{T} \int_0^T \sin \omega t \sin(\omega t - \varphi) dt \\ &= \frac{K H I}{2} \sin \theta \cos \varphi \end{aligned}$$

又 A に働く廻轉力の平均値を  $T_a$  とせば、

$$\begin{aligned} T_a &= \frac{1}{T} \int_0^T K h_a i_c \sin(90^\circ + \theta) dt \\ &= \frac{K H I \cos \theta}{T} \int_0^T \cos \omega t \sin(\omega t - \varphi) dt \\ &= \frac{-K H I}{2} \cos \theta \sin \varphi \end{aligned}$$

故に全體として可動線輪に働く廻轉力  $T$  は、

$$\begin{aligned} \therefore T &= T_a + T_b = \frac{K H I}{2} (\sin \theta \cos \varphi - \cos \theta \sin \varphi) \\ &= \frac{K H I}{2} \sin(\theta - \varphi) \end{aligned}$$

となり、此値は  $\theta = \varphi$  の時零となる事明かなり。而して可動線輪に加はる廻轉力零となれば、外に制御廻轉力なきを以て可動部分は其位置に静止すべく、此時 BB' と CC' との間の角即ち  $\theta$  が正に電流が電壓より遅れたる角に等しき事となるなり。之に反し電流が電壓より進む場合に於ては、上記の理論の初頭に於て、

$$i = I \sin(\omega t + \varphi)$$

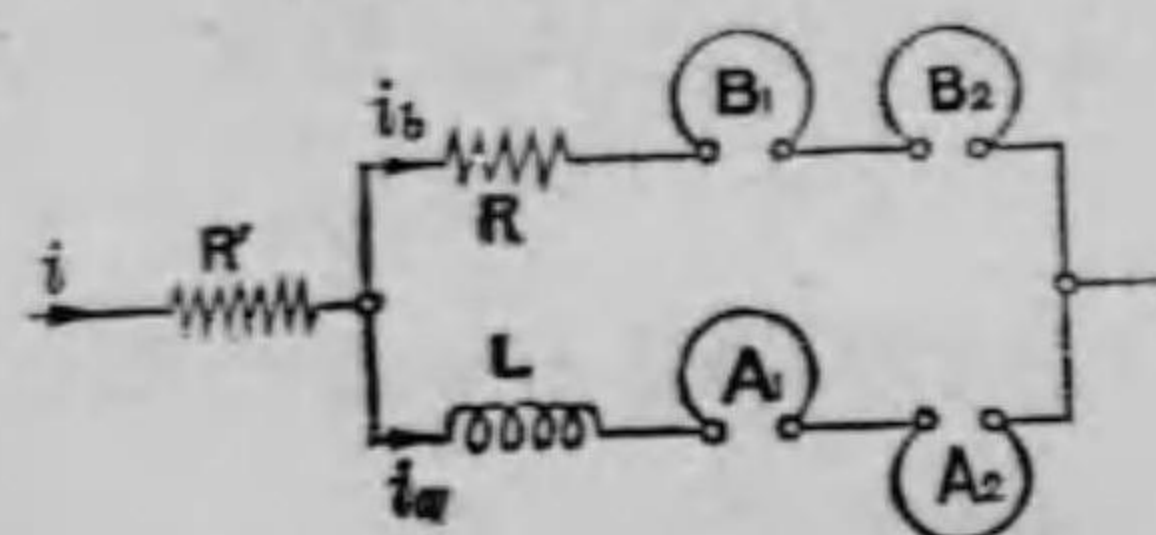


と定むべき必要あるものにして、従つて末尾に於て、

$$T = \frac{KHI}{2} \sin(\theta + \varphi)$$

となり、 $\varphi = -\theta$  の時に廻轉力零となるべく、従つて  $CC'$  より前と反對の方向に測れる角が其時の電流の電壓より進む角度に等しくなる事明かなり。而して力率が一にして  $\varphi = 0$  なる時には  $\theta = 0$  となり、 $BB'$  と  $CC'$  とは一致すべきを以て、此時可動線輪に附したる指針は角  $0^\circ$  又は力率一を指示し、其他の場合に於ては上記の關係に依り角  $0^\circ$  又は力率一の左右に他の角又は力率に相當する目盛を指示する様定め、一方を遅電流、他方を進電流用とし、目盛の下に Lag 及び Lead の文字を記して之を區別するものとす。實際の測定器に於ては可動部分の廻轉角と相差角との關係は、精密に上記の如くなり得ざる事勿論にして、目盛は前に述べたるが如き方法に依り電流計、電壓計及び電力計を用ひて測定せる力率の値に比較して定むるものなり。

第五百三十七圖



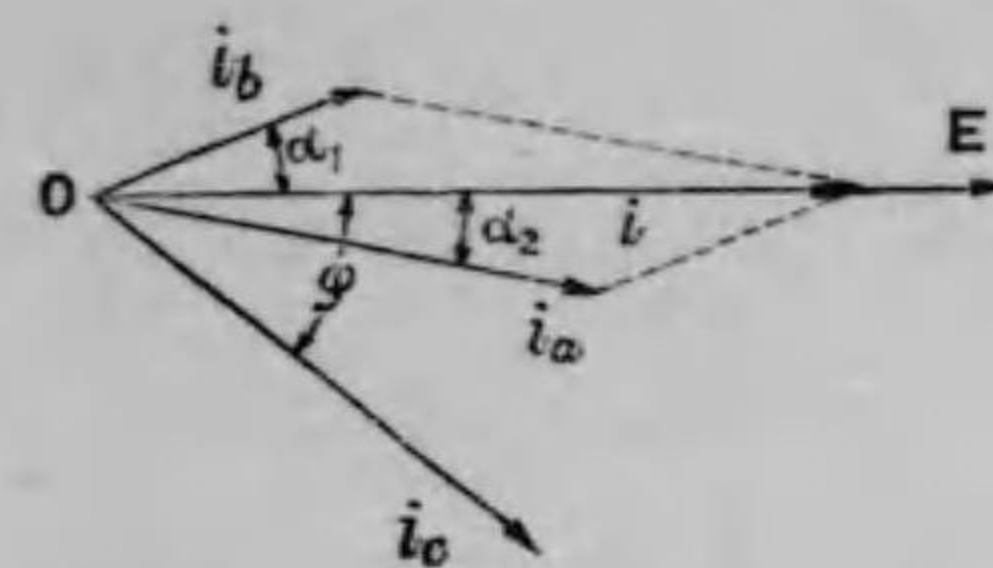
ハートマン・ブラウン力率計接続

七圖に示す如く相隣れる二箇を直列に接続し、一方  $B_1, B_2$

獨逸ハートマン・ブラウン製のもの少しく其構造を異にし、可動線輪は半圓形を爲せる四箇の線輪より成り一箇の軸に互に九十度宛隔て、取付けられ、第五百三十七

には無誘導抵抗  $R$ 、他方  $A_1, A_2$  には誘導  $L$  を直列に接続したる上並列に接続し、更に大なる無誘導抵抗  $R'$  と共に電壓回路に接続す。而して四つの線輪中  $A_2$  のみ他の三つの線輪と反對の方向に廻轉力を生ずるが如く、其電流の方向を定めらるゝものとす。今各線輪に生ずる平均廻轉力を考ふるに、第五百三十八圖より明かなるが如く、 $R'$  の抵抗は極めて大にして且つ無誘導性なるが爲に其電流  $i$  は電壓  $E$  と同相にありと認めて差支なし。

第五百三十八圖



ハートマン・ブラウン力率計の理論

$B_1, B_2$  中の電流  $i_b$  は之より  $\alpha_1$  丈け進み、又  $A_1, A_2$  中の電流  $i_a$  は  $\alpha_2$  丈け遅るべし。今  $R$  及び  $L$  を適當にすれば、一定の周波數に對して

$$i_a = i_b \quad \alpha_1 = \alpha_2 (= \alpha)$$

と爲す事を得べく、同時に  $i_a$  及び  $i_b$  に依りて生ずる磁界の最大値を同一と爲す事を得べし。然る時は前の場合と同様固定線輪中の電流  $i_c$  が電壓より  $\varphi$  丈け遅れ、

$$i_c = I \sin(\omega t - \varphi)$$

なりとせば、 $i_a$  及び  $i_b$  に依りて生ずる磁界は夫々

$$h_{a1} = -h_{a2} = H \sin(\omega t - \alpha)$$

$$h_{b1} = h_{b2} = H \sin(\omega t + \alpha)$$

なるを以て、相對せる線輪  $B_1$  又は  $A_1$  の軸が固線定輪の



軸と爲す角を  $\theta$  とせば、此時各線輪の受くる廻轉力の平均値は夫々

$$\begin{aligned} T_{b1} &= \frac{1}{T} \int_0^T K h_b i_c \sin \theta dt \\ &= \frac{KHI \sin \theta}{T} \int_0^T \sin(\omega t - \varphi) \sin(\omega t + \alpha) dt \\ &= \frac{KHI}{2} \sin \theta \cos(\varphi + \alpha) \\ T_{b2} &= \frac{KHI}{2} \cos \theta \cos(\varphi + \alpha) \\ T_{a1} &= \frac{KHI}{2} \sin \theta \cos(\varphi - \alpha) \\ T_{a2} &= -\frac{KHI}{2} \cos \theta \cos(\varphi - \alpha) \end{aligned}$$

となり、結局全體の廻轉力

$$\begin{aligned} T &= T_{b1} + T_{b2} + T_{a1} + T_{a2} \\ &= \frac{KHI}{2} \left\{ \sin \theta \cos(\varphi + \alpha) + \cos \theta \cos(\varphi + \alpha) \right. \\ &\quad \left. + \sin \theta \cos(\varphi - \alpha) - \cos \theta \cos(\varphi - \alpha) \right\} \\ &= KHI(\sin \theta \cos \varphi \cos \alpha - \cos \theta \sin \varphi \sin \alpha) \end{aligned}$$

∴  $T=0$  なるには

$$\sin \theta \cos \varphi \cos \alpha = \cos \theta \sin \varphi \sin \alpha$$

$$\tan \theta = \tan \alpha \tan \varphi$$

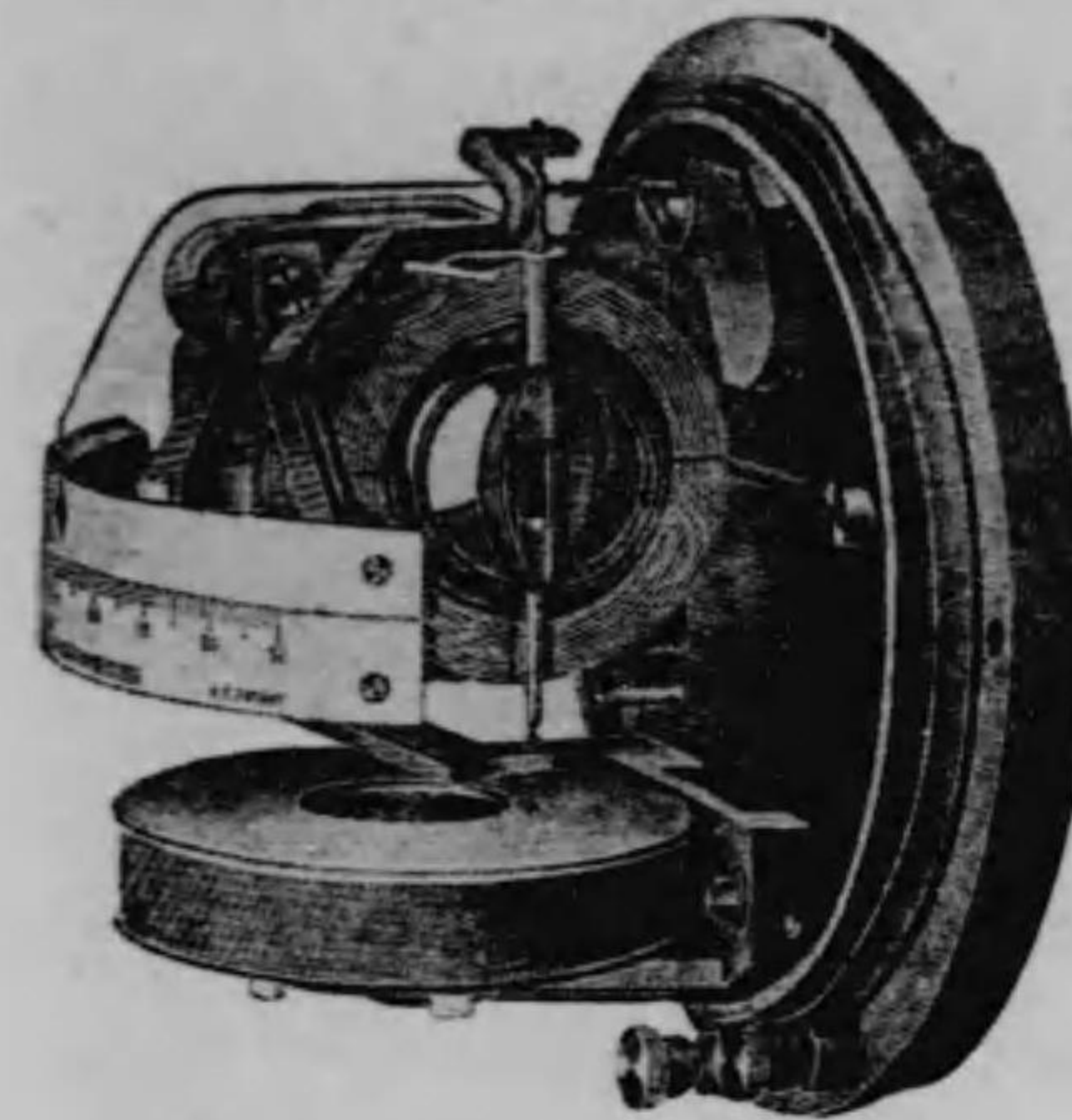
$\tan \alpha$  は定數なるを以て之を  $C$  とせば、

$$\tan \theta = C \tan \varphi$$

即ち可動線輪の廻轉したる角度よりして、相差角を定め

得る事、前の場合と同様なり。第五百三十九圖は配電盤

第五百三十九圖



ハートマン・ブラウン力率計

用力率計の全形を示す。

此種の力率計の指示は上記の理論より明かなるが如く、電圧及び電流の値には關係なきも、誘導のある爲め周波數及び波形に依りて大に影響を蒙るべし。従つて此種の力率計は定まれる一種の周波數以外

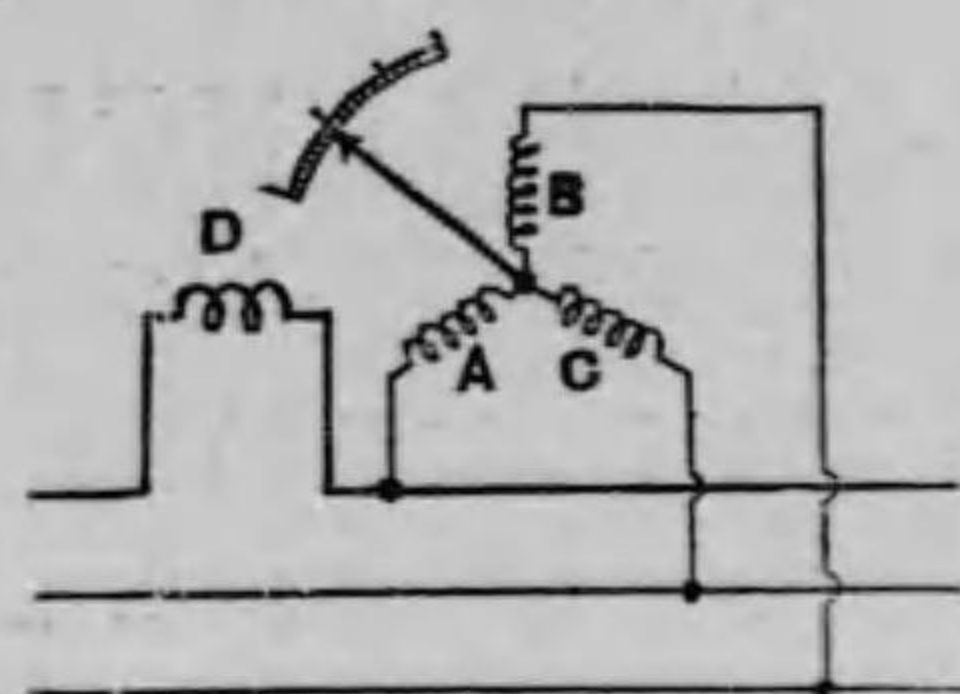
に使用する時は誤差を生ずべく、唯だ線輪の直列抵抗及び誘導を適當にして周波數の些少の變化に對しては、誤差なからしむる事を得べし。廣き範圍の周波數に對して使用する爲に、可變抵抗を置き調整する方法はハートマン製力率計に行はる。又可動線輪には制御廻轉力を加ふる必要なきものなるを以て、之に電流を導くにも極めて彈力少なき金屬片を用ひ、ハートマン力率計にては黄金の薄片を用ふ。外部磁界の影響大なるを以て配電盤用に對しては、動作部分に遮磁壁を必要とす。制動裝置としては一般に可動線輪軸にアルミニウム板を取付け、之に永久磁石を作用せしめ電磁的制動を用ふ。

多相交流用力率計 上記の力率計を二相式の回路に



使用する場合には、電壓線輪の二箇の線輪を別々にして之を一箇宛各相の回路に接続す。勿論此場合には誘導は之を除外す。蓋し二相交流回路に於ては各相の電圧の間に九十度の相差あるを以て、誘導を用ひずして完全なる廻轉磁界を得べきを以てなり。電流線輪は平衡負荷の時には一箇にて可なるも、不平衡負荷の時には各相に一箇宛之を接続し、互に直角に配置す。此場合に於ける可動線輪の廻轉角と力率との關係は、上記の方法と殆ど同様にして求むる事を得べし。誘導を用ひざる爲め、指示は周波數及び波形に依りて變化を受くる事なし。

第五百四十圖



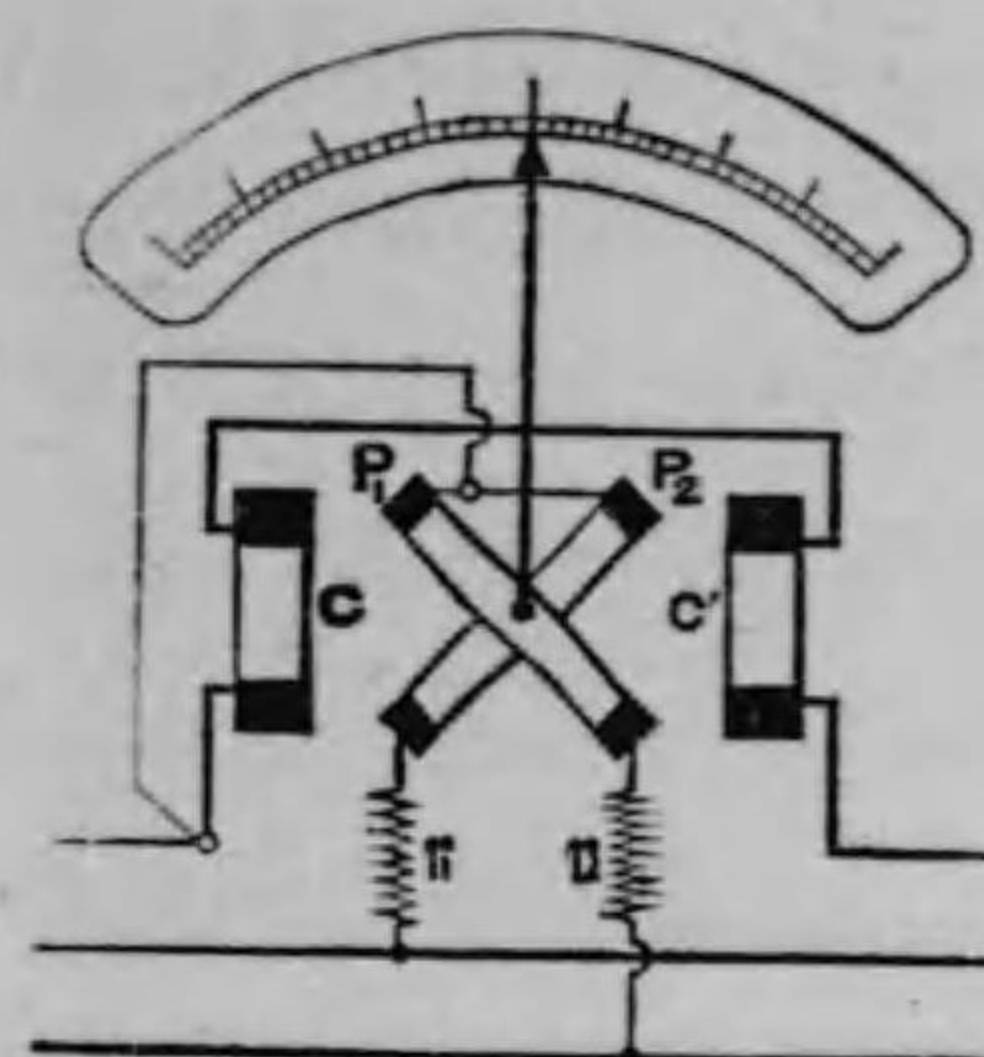
三相式力率計

三相式回路に使用するものに對しては第五百四十圖に示す如く、三箇の電壓線輪A, B, Cを百二十度宛隔て、同一軸に取りつけ之を各相に接続す。此場合にも誘導を接続する必要なく、完全なる廻轉磁界を生ず。而して負荷の平衡せる場合に於ては、之に對して一箇の電流線輪Dを使用し、不平衡の場合には三箇の線輪を置き、各相力率の平均を指示せしむ。此場合にも指示は周波數及び力率には全く關係なし。而して各相の力率を別々に指示せしむる爲には、電流線輪の二箇を短絡するものとす。

米國ゼネラル・エレクトリック・コムパニー (General Elect-

ric Co.) 製の三相式力率計は上記とは些しく異なり、前項の二電力計法に依り、三相力率を測定する方法を應用す

第五百四十一圖



ゼネラル力率計

るものなり。第五百四十一圖は其接続圖にして、C, C' は三相式の一線に接続せられたる二箇の電流線輪、P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> は二箇の電壓線輪にして、各無誘導抵抗r<sub>1</sub>, r<sub>2</sub>と共に一箇宛上記の一線と他の二線との間に接続せらる。故にC及C'はP<sub>1</sub>及P<sub>2</sub>に對して、二箇の電力計として動作し、其廻轉力は互に反對なる様に定められ、又P<sub>1</sub>とP<sub>2</sub>との間の角は、其廻轉の爲に一方の電力計の廻轉力が減少する時に他方の電力計の廻轉力が増加するが如く定めらるゝを以て、電壓線輪に附したる指針は兩廻轉力平均したる位置にて靜止し、兩電力計の廻轉力の比に相當する指示を爲すべく、平衡負荷の場合には  $\cos(\varphi-30^\circ) : \cos(\varphi+30^\circ)$  に相當すべし。茲に $\varphi$ は相差角を表はす。即ち $\varphi=0$ 、力率一の時には電壓線輪はC, C'に對して對稱の位置に來り、指針は垂直の方向にあり、而して誘導負荷にて $\varphi=60^\circ$ の時には一方の廻轉力零となる爲め電壓線輪P<sub>1</sub>又はP<sub>2</sub>の軸がC, C'の軸と一致し、反對に容量負荷にて $\varphi=60^\circ$ の時には前と反對の電壓線輪の軸がC, C'の軸と一致し、其中

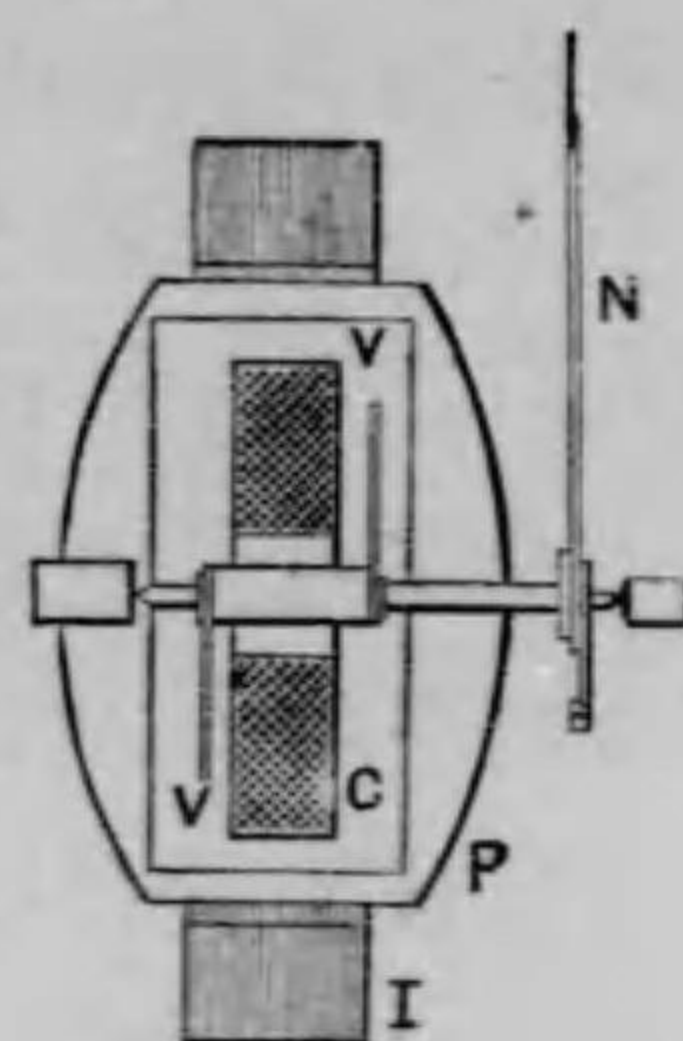


間の相差角にては電圧線輪は夫々一定の位置に来るべく、指針に依り目盛の上に力率を指示せしむる事を得るものとす。

ヒープ(Heap)の位相表示器にては電圧線輪を固定し、電流線輪を可動と爲したる外、上記のものと全く同一なり。

**283. 可動鐵片型力率計** 米國ウエスチングハウス(Westinghouse) 會社製力率計に於ては上記の可動線輪型に於けると類似の構造を有する電圧及び電流線輪共に固定し、其中に軸の廻りに廻轉し得る可動鐵片を裝置す。

第五百四十二圖



ウエスチングハウス力率計

第五百四十二圖に示すは單相式力率計の構造にして、可動鐵片Vは固定せる電流線輪Cの内部に裝置せられ、其外方に固定せる電圧線輪Pを置くものとす。而して電圧線輪は直角の方向に遙置せる二箇の線輪より成り、廻轉磁界を作る爲に各線輪に誘導及び無誘導抵抗を接續する事前のものと同様なり。二相式及び三相式平衡回路の場合には、反對に電圧線輪を鐵片に近く置き、外側に二箇又は三箇の電流線輪を置き、之に依りて廻轉磁界を生ぜしむ。而して可動鐵片の磁力線に歸路を與へ、且つ外部磁界の影響を除く爲に、線輪の外方に成層鐵環Iを置く。

此力率計の動作原理は電流力計型のものと全く同一にして、負荷の力率は直接指針Nに依りて目盛の上に表はさるゝものとす。制動作用の爲め軸にアルミニウム板を附し永久磁石の空隙内を運動せしむ。又此力率計に於ては電圧又は電流線輪の接續反對となりたる時にも、指示を與へ得る様全圖に互りて二組の目盛を有せしむる事第五百四十三圖の外形圖に依りて明かなり。

第五百四十三圖



ウエスチングハウス力率計

與へ得る様全圖に互りて二組の目盛を有せしむる事第五百四十三圖の外形圖に依りて明かなり。

**284. 誘導型力率計** シーメンス(Siemens) 製の力率計は誘導型電力計の變形にして、無効電力計に對して力率の目盛を附したるものなり。其構造に就きては次項中に述べん。

### 第三項 無効電力計

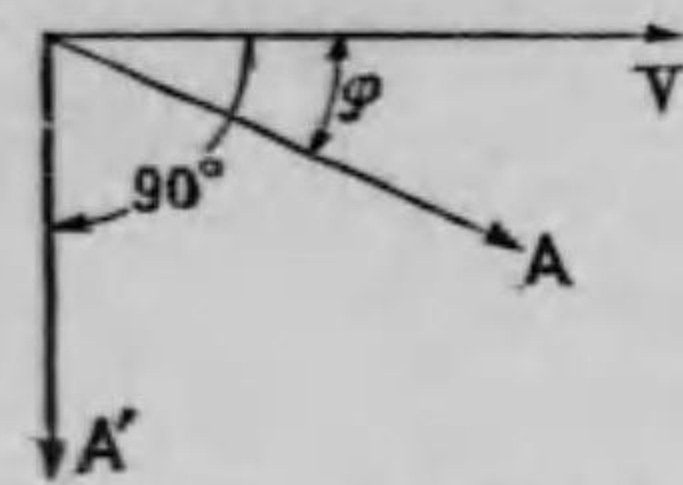
**285. 電流力計型無効電力計** 無効電力(Wattless power or Reactive power)と稱するは電力  $VA \cos \phi$  に對して  $VA \sin \phi$  の値を指すものなり。而して場合に依りては回路の力率よりも寧ろ  $\sin \phi$  の値を知る必要あるを以て



無効電力と VA とを測定して  $\sin\phi$  の値を求むる事あり。又力率極めて小にして、普通の力率計にては其測定困難なる時に無効電力を測定すれば、 $\sin\phi$  の値は力率の小なる程却つて大となるを以て、精密に  $\phi$  の値を定むる事を得べし。而して無効電力を定むるに用ふる測定器を名づけて無効電力計 (Idle current wattmeter or Reactive volt ampere meter) と云ふ。猶、定電壓回路に於ては  $A \sin\phi$  の値をアムペアにて指示せしめ之を無効電流計 (Idle-current ammeter) と稱する事もあり。

單相式に使用する電流力計型無効電力計の構造は普通の電流力計型電力計と殆ど同一なるが其異なる點は電力計に於ては電壓回路の誘導を極めて小と爲したるに反し、無効電力計にては之を極めて大と爲し、電壓回路の電流をして其電壓より位相に於て殆ど九十度遅れしめたる點にあり。斯の如き構造に於ては、電壓線輪に加

第五百四十四圖



電流計型無効電力計

はる廻轉力は第五百四十四圖に明かなる如く、電流線輪中の電流 A、電壓線輪中の電流 A' 及び其相差に關係し、

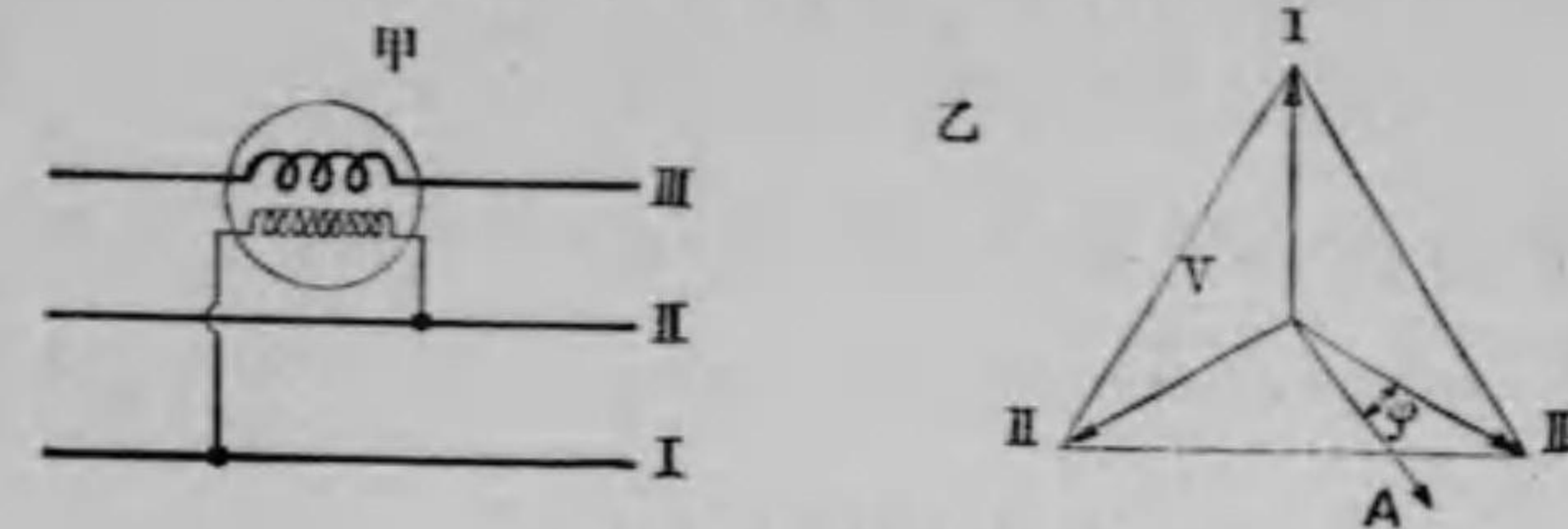
$$AA' \cos(90^\circ - \phi) = AA' \sin\phi$$

に比例すべし。而して A' は電壓に比例すべきを以て、結局指示は  $VA \sin\phi$  に相當する事明かなり。

次に三相式回路に於ては普通の單相式電力計又は三

相式電力計を直ちに無効電力計として使用する事を得べし。而して單相式電力計を用ふる場合には、第五百四十五圖甲に示すが如く、三相式回路の一線に電力計の電流線輪を接続し、其電壓線輪は之を他の二線間に接続す

第五百四十五圖



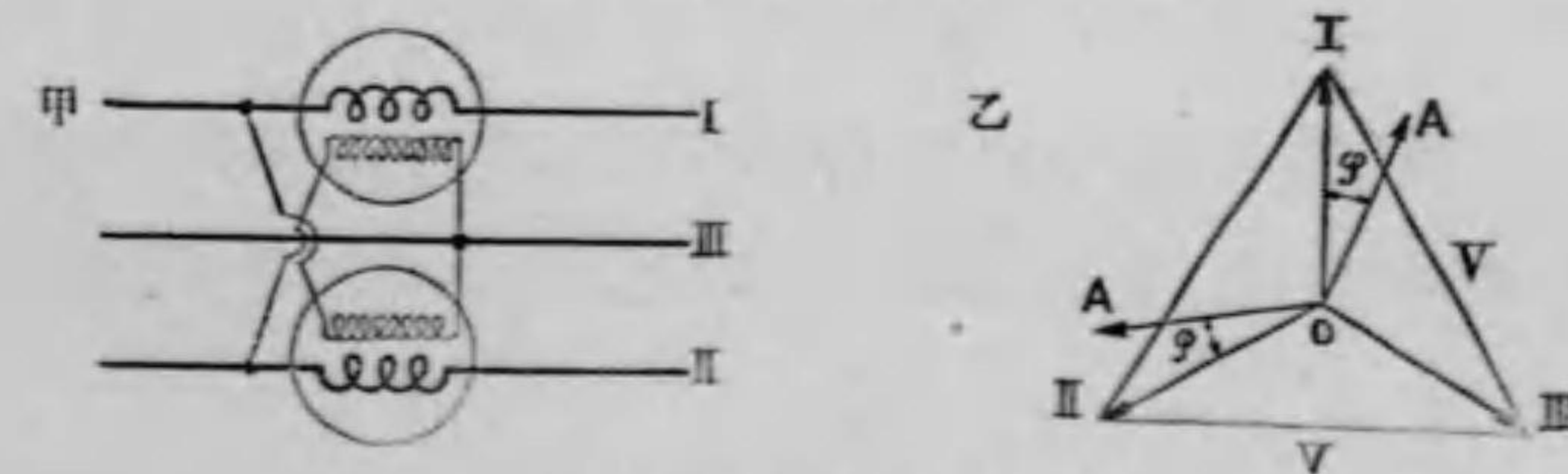
三相式無効電力計

るものとす。然る時には電力計の指示は第五百四十五圖乙に依りて明かなるが如く、電壓 V 電流 A の間の電力に等しく、V、A 間の相差は  $(90^\circ - \phi)$  に等しきを以て、結局電力計の指示は

$$VA \cos(90^\circ - \phi) = VA \sin\phi$$

となり、之を  $\sqrt{3}$  倍したるものが全體の無効電力に相當すべし。三相式電力計を用ふる場合には、第五百四十六圖甲に示すが如く、二つの電流線輪は三相式の二線に接

第五百四十六圖



三相式無効電力計



續し、電壓線輪は之を普通の電力測定に於けると反對に交叉して接續するものとす。然る時には第五百四十六圖乙に依りて明なる如く、一方の電力計の指示は  $OI$  の電流と  $II$   $III$  の電壓、又他方の電力計の指示は、 $OII$  の電流と  $III$   $I$  の電壓との間の電力に相當し、共に

$$VA \cos(90^\circ - \varphi) = VA \sin \varphi$$

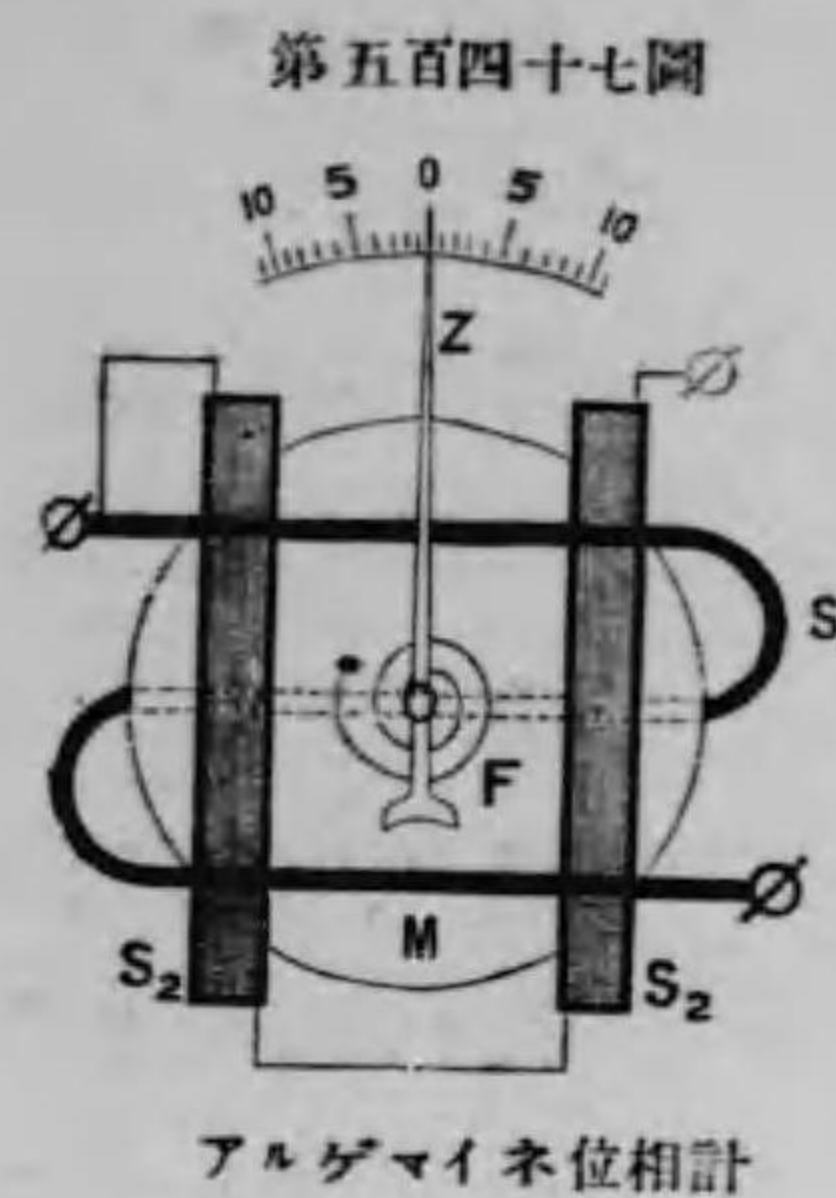
に等しきを以て、兩電力の和即ち三相電力計の指示は  $2VA \sin \varphi$  となり、結局三相無効電力は其指示の  $\sqrt{3}/2$  に等しき事明かなり。

**286. 誘導型無効電力計** 前に述べたる誘導型電力計は少しく改造して無効電力の測定にも使用する事を得べし。即ち普通電力計の場合には、特殊の方法に依り電壓捲線中の電流をして、其電壓より九十度の相差あらしむるが如く工夫する事前に述べたる所なるが、無効電力計として使用するには、之に反して出来るだけ電壓捲線回路の誘導を減じ、其電流をして電壓と同相ならしむるものとす。然る時には前章に述べたる如く、誘導型電力計に於ける廻轉力は一般に  $VA \sin \theta$ 。(茲に  $\theta$  は電流電壓兩捲線に依りて生ずる磁束間の相差なり)に比例するものにして、今の場合に於ては兩磁束間の相差は  $V, A$  間の相差と同一なるを以て、之を  $\varphi$  とせば、

$$\theta_0 = \varphi$$

即ち廻轉力は  $VA \sin \varphi$  所謂無効電力に比例する事とな

るべし。故に若し之を定電壓回路に使用する場合には、測定器の目盛をして、直ちに  $A \sin \varphi$  に對するものと爲す事を得べし。獨逸アルゲマイネ・エレクトリチテューツ・ゲゼルシャフトにて製造する位相計(Phase meter)と稱する



は、此種の無効電力計にしてドリッダオドブログオルスキー(Doliwo-Dobrowolski)の考案に係り、第五百四十七圖に示すが如く、二箇の互に直角の方向に装置せられたる固定線輪  $S_1, S_2$  の中に一箇の廻轉金屬圓板  $M$  を置く、而して  $S_1$  は負荷に直列に、又  $S_2$  は無誘導抵抗と

共に之に並列に接續せらるゝが爲め、兩線輪磁界の相差は回路の電壓電流の相差と同一となるべし。従つて此の兩磁界の爲め圓板に生ずる廻轉力は、上記の如く  $VA \sin \varphi$  に比例すべきを以て、 $F$  なる彈條の制御廻轉力を用ふれば、指針  $Z$  の指示は直ちに無効電力を表はすべく、電壓一定と看做して目盛は  $A \sin \varphi$  に對しアンペアを以て盛られ、中央に零を置き、左右に遅電流及び進電流の目盛を設く。獨逸シーメンス製のものは前に述べたるフェリス誘導型電力計を變形したるものにして、電壓を一定と看做すのみならず、直接指針をして  $\cos \varphi$  の値を指示せしめ力率計として使用する爲め、電流に應じ異りたる



目盛を設く。第五百四十八圖に示すは其一例にして、使

第五百四十八圖



シーメンス力率計目盛

用電流に依り三種の目盛あるを見るべし。而して成るべく同一の測定器をして廣き範圍の電流に使用せしむる爲め、廻轉圓筒に軸の方向に四ヶ所に裂隙を設く。

## 第二節 周波計及速度表示器

### 第一項 周波計

287. 總說 交流の周波數とは一秒間に繰り返す周波の數なり。故に磁極の數  $p$  にして、一秒間に  $n$  廻轉を爲す發電機に依りて發生せらるゝ交流の周波數  $f$  は、次の如くにして定めらる。

$$f = \frac{pn}{2}$$

従つて廻轉計算器と記秒時計又は廻轉計を用ひて  $n$  を測定すれば、上記の關係に依り容易に周波數を定むる

事を得べし。然れども發電機より遠く離れたる所にて、回路の周波數を測定せんとするに當りては、斯の如き方法の用ふべからざる事勿論なるを以て、其場合には自働的に周波數を指示する測定器を必要とす。斯の如き測定器を名づけて、周波計 (Frequency meter) 又は周波數表示器 (Frequency indicator) と云ふ。又主として周波數を測定し、直接廻轉軸の廻轉數を指示せしむる測定器を名づけて速度表示器 (Speed indicator) と云ふ。

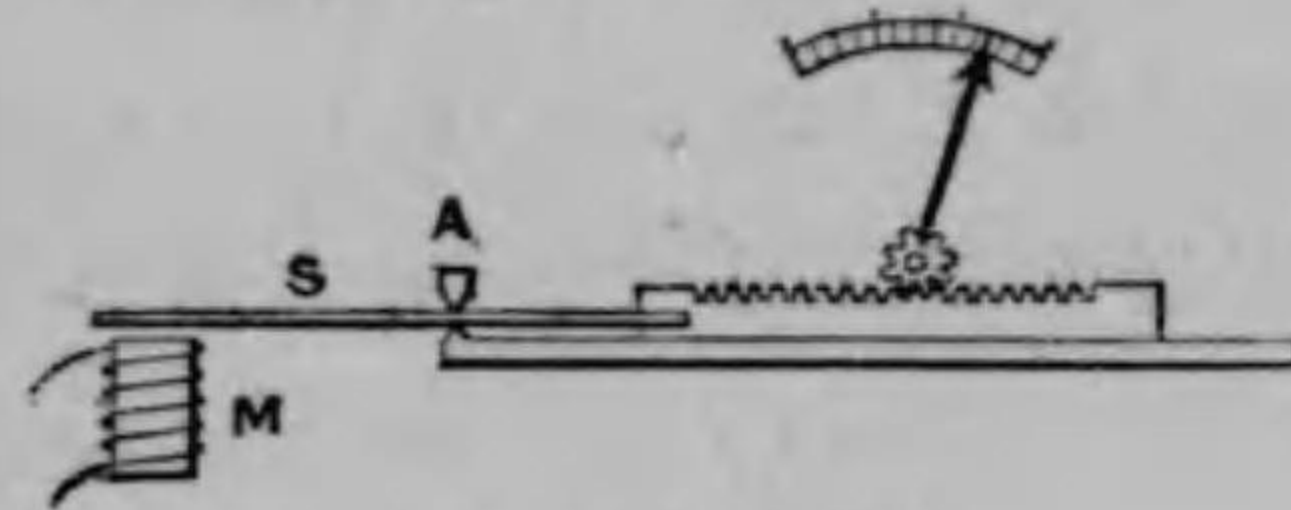
而して周波計又は速度表示器の試験を行ふには、上記の關係に依り發電機の廻轉數及び極數より發生電流の周波數を計算し、之と周波計の目盛とを比較すれば可なり。次に今日使用せらるゝ各種の周波計の原理及び構造を述べん。

288. 振動型周波計 振動型周波計とは振動片 (Vibrating reed) の合調作用を利用して交流の周波數を測定するものにして、感度最も大にして波形の影響を受くる事なく、又外部磁界とは全く關係なき極めて優良なる周波計なり。其最も古き型はキャムベル (Campbell) の周波數報知器 (Frequency teller) と名づけらるゝものにして、其主要部分の構造は第五百四十九圖に示す所の如し。圖中  $S$  は一箇の薄き鋼片にして、其一點  $A$  に於て支持せらる。  $M$  は電磁石にして其捲線中に周波數を測定せんとする交流を通じ、此電磁石を  $S$  に近づければ  $S$  は吸引



せられ、若しSの固有振動周期が交流の周期の半分に等

第五百四十九圖



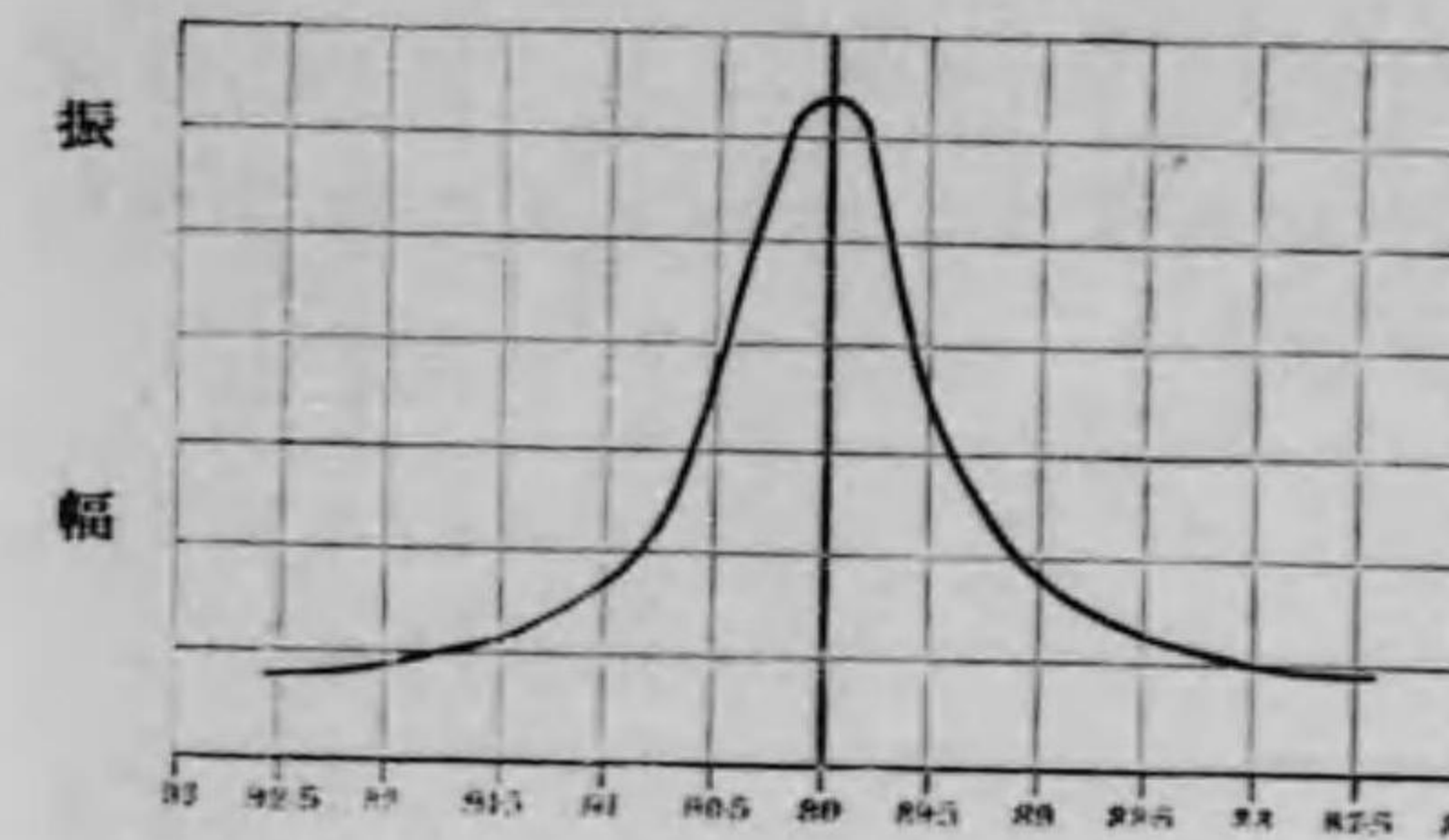
周波數報知器

しき様、Sの長さを調整したりとせば、Sの振動は交流の振動と合調して、Sは最も烈しく振動すべく、兩周期の關係上記より少しにても差違ある時には、振動は極めて微弱となるか、或は全く振動せざるべし。今其理由を説明せん、振動片は交流の値最大に達する時に、最も強く引かれ、其零となる時には引かれず、次に電流反對の方向に最大に達する時には振動片は再び吸引せらるべきを以て、若し此間に於ける振動片の固有振動が、恰かも最大引力の時に磁石の方に動き、引力零の時に自己の撥力に依り反對に動くが如き性質のものならば、振動片の振動と磁石の引力の變化とは互に合調し、振動片の運動最も盛に起るべし。而して此場合に於ては交流の一サイクルの間に、振動片は恰も二振動をなすべき事となるを以て、即ち振動片の振動周期が交流の周期の半分に等しき事明かなり。然るに若し振動片の振動と磁力の變化との間に上記の如き關係なく、磁石の引かんとする時に振動片は反對に動き、振動片が磁石の方に動かんとする時に、磁石に引力なきが如き關係あらば、振動は極めて弱きか、或は全然停止すべし。故に合調を生ぜしむるには交流の

しき様、Sの長さを調整したりとせば、Sの振動は交流の振動と合調して、Sは最も烈しく振動すべく、兩周期の關係上

周期と振動片の振動周期との間に上記の如き關係あるを必要とする事明かなり。キムベルは圖に示すが如き方法に依り、支持點より先のSの長さを變化して振動片に種々なる振動數を有せしめ、合調に依り振動片をして最も多く振動せしめ、其最も高き音を發生する長さを發見する事と爲したり。而して其合調したる時の交流の周波數は直接指針に依り目盛の上に表はさるゝものとす。此振動型周波計の感度は極めて大にして、第五百五

第五百五十圖



振動型周波計の感度

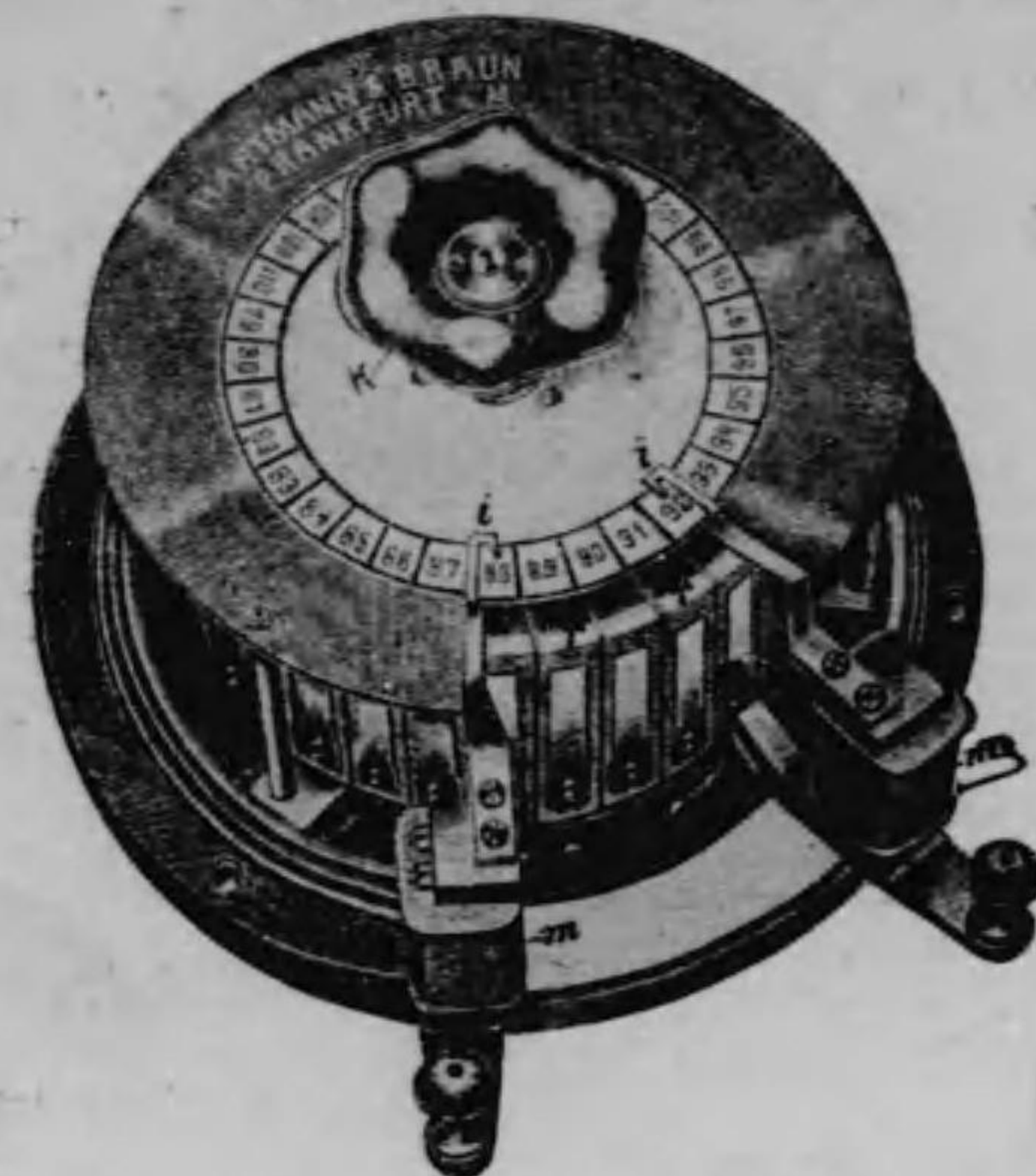
十圖に示す周波數と振動片の振幅との曲線よりも明かなる如く、同一の振動片を用ひたる時に、周波數に約半パーセントの變化ある時には振幅は合調の時の約半分となるものなり。此周波計は常に一種の周波數にのみ合調するを以て、種々なる波形の中に含む高調波に對しては感應せず、従つて指示は波形には全く關係なし。

キムベル周波數報知器は、一箇の鋼片を使用し、其長さを變ずるものなすが、ハートマン・ケムプ(Hartmann Kemp)の考案に依りたる型にては、種々なる振動數を有する多



數の振動片を固有振動周期に依りて一定の順序に配置し、之に對して電磁石の位置を移動し、順次各振動片に動作せしめ、合調に依り最も高き音を發する振動片を發見し、其側に記したる數字に依り、直ちに周波數を知る方法

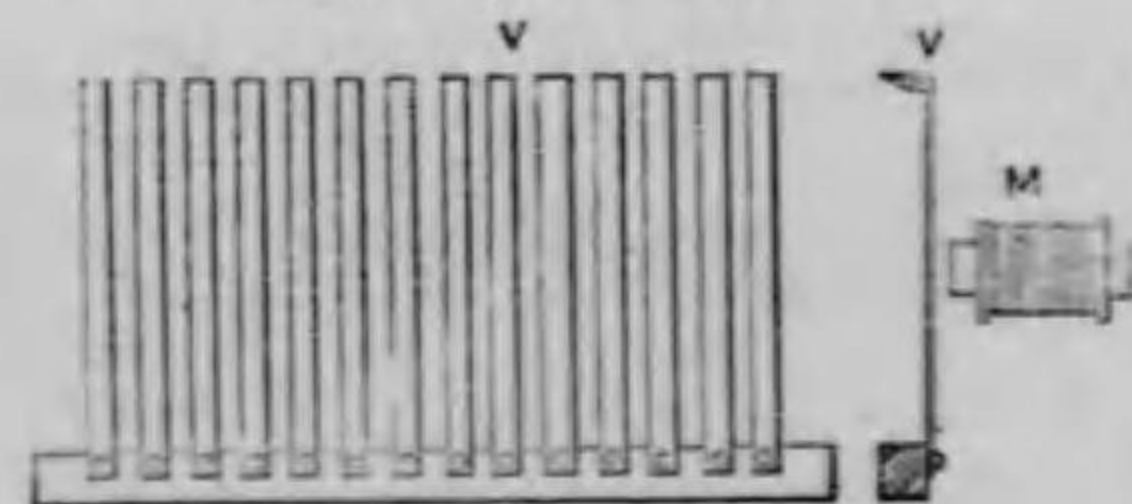
第五百五十一圖



ハートマン・ケンブ周波計

猶ほ配電盤用のものにありては第五百五十二圖に示すが如く多數の振動片Vを一行に配置し、之に大なる磁石Mを作用せしめて其周波數に合調する振動片を捜し、直接周波數を指示せしむる方法を用ふ。而して合調を知るには振動片の上部を少しく曲げて平にし、表面を白色に塗り振動に依

第五百五十二圖

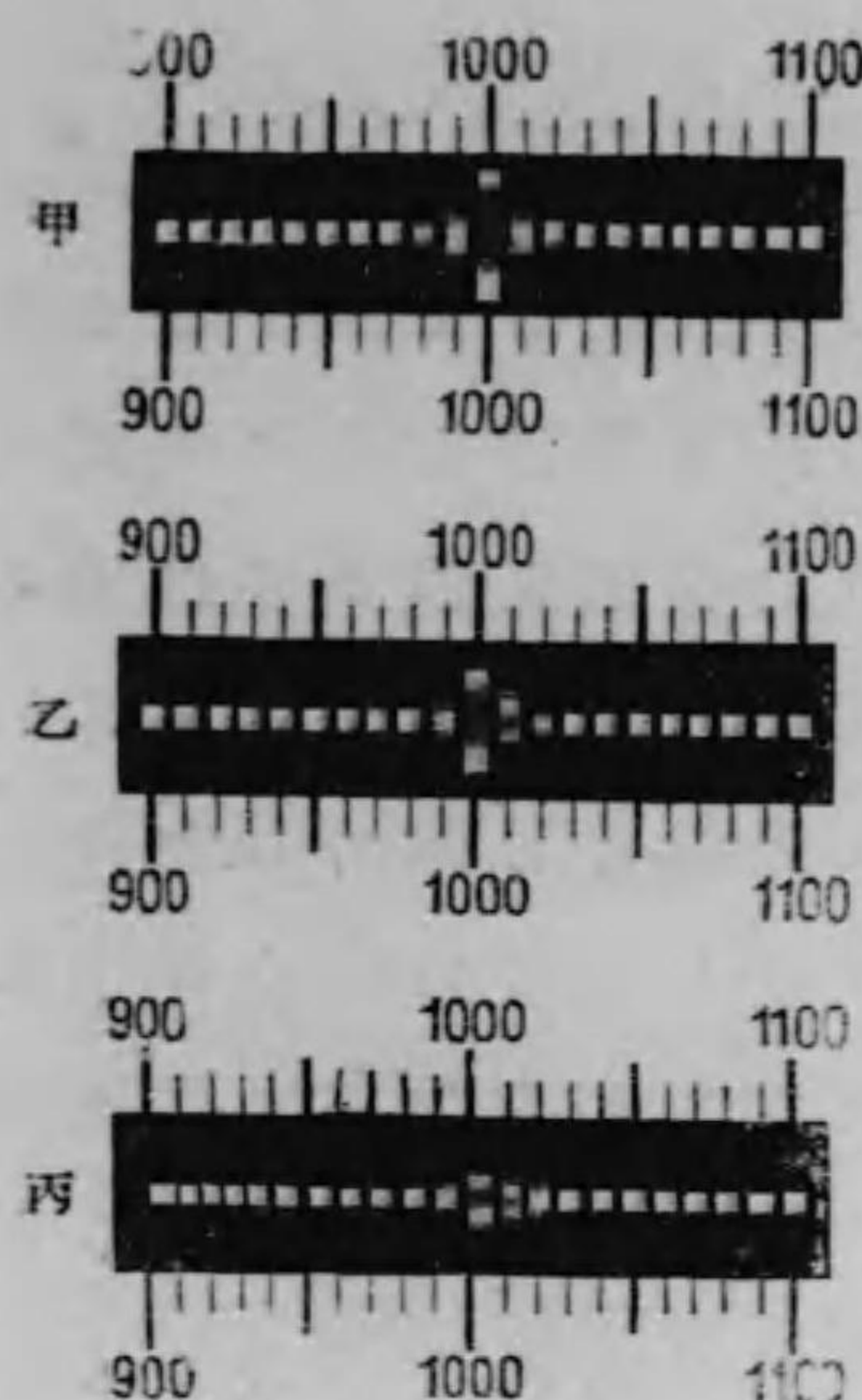


ハートマン配電盤用周波計

を用ひたり。第五百五十一圖に示すは斯の如き周波計の一種にして、Kなる把手を捻り、電磁石mを動かしrなる振動片に動作せしめ、其最も強き音を發する振動片を發見し、其周波數をiなる指針に依りて指示せしむるものとす。

りて帶狀をなさしめ其幅の最も長きものを以て合調せりと爲す。又各振動片の振動周期を變ふるには各片の支持點を變じ且つ上端に錫蠟の重錘を附し其重さを變化するものとす。

第五百五十三圖



ハートマン周波計

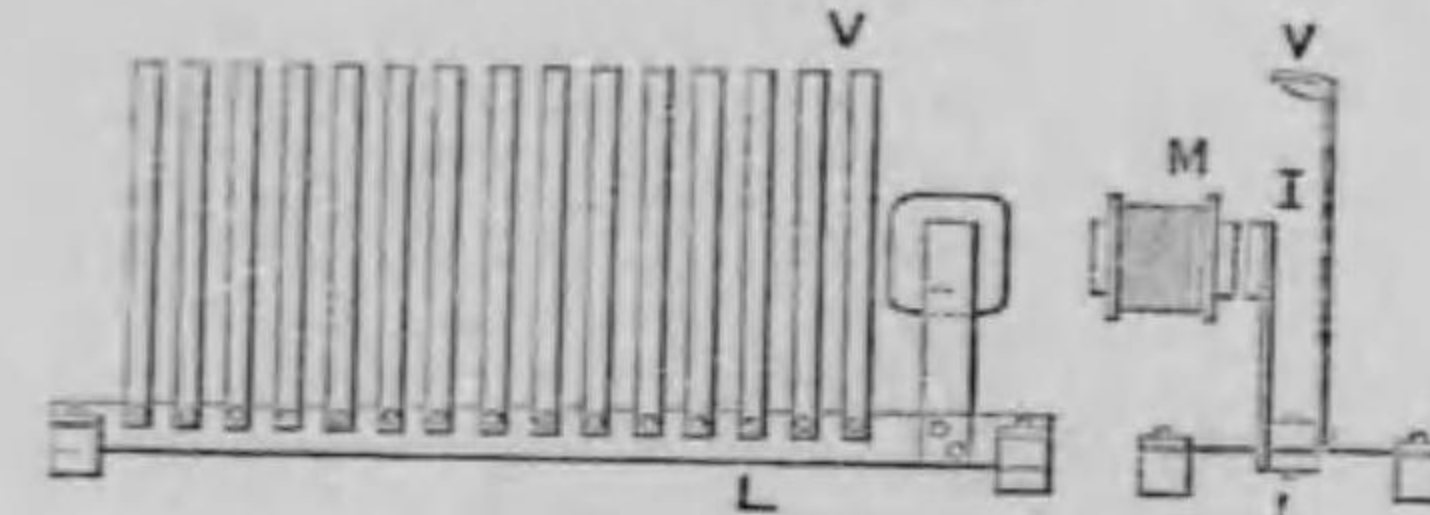
動周期を變ふるには各片の支持點を變じ且つ上端に錫蠟の重錘を附し其重さを變化するものとす。

第五百五十三圖に示すは其振動の様にして、甲圖は周波數一千、乙圖は一千二、丙圖は一千五の場合を示す。

シーメンスの製作する周波計はハートマンのものは少しく異り、フラームス (Frahms) 型と稱せらるゝも

のにして、其構造第五百五十四圖に示すが如く、多數の振動片Vを同一の槓杆Lに依りて支持し、之に一箇

第五百五十四圖



シーメンス周波計

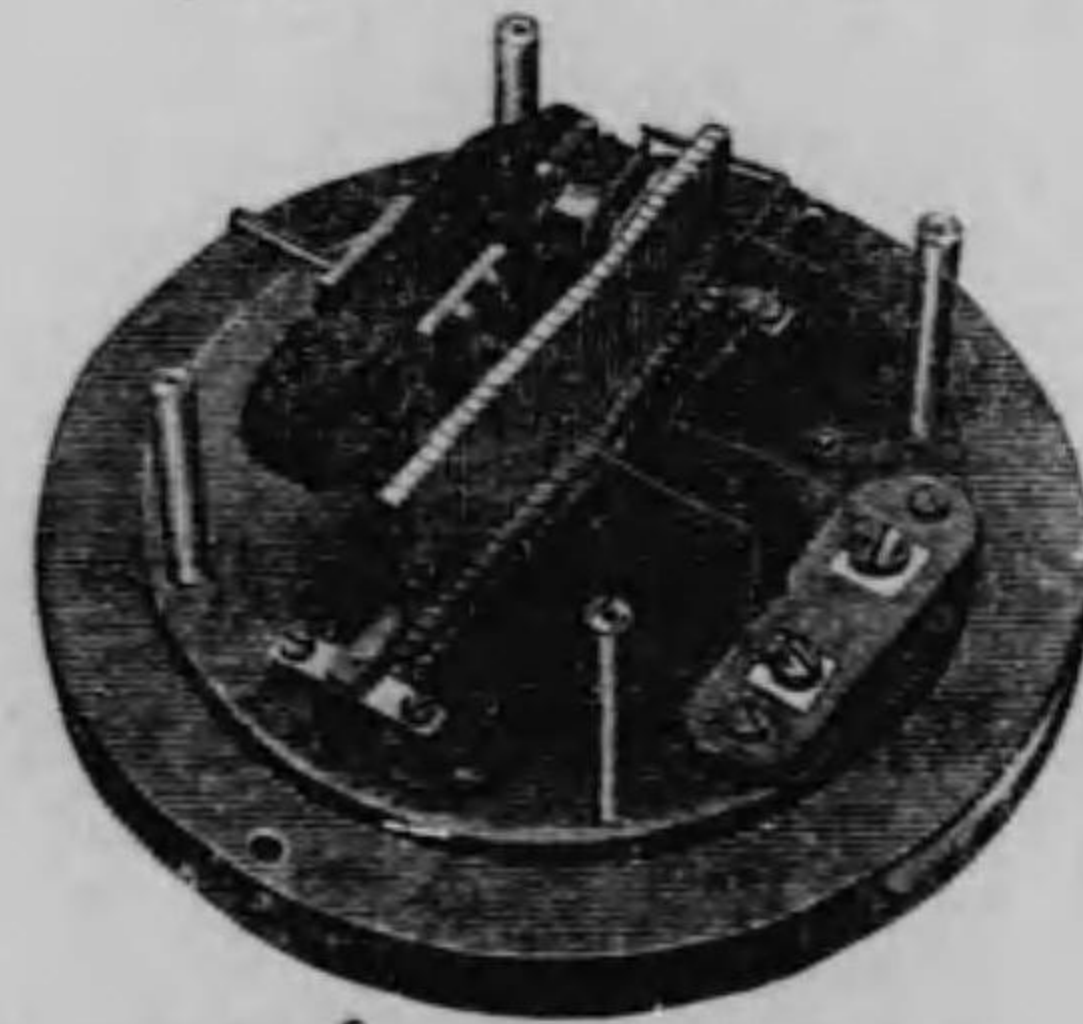
の鐵片Iを附し、其前に近く電磁石Mを裝置し、鐵片の振動を支持槓杆に傳へ、以て全部の振動片を振動せしむる方法を用ふ。此場合に於ても各振動片の内合調したるもの最も烈しく振動すべく、依つて周波數を測定し得る



事前のものと同じなり。而して此周波計の感度を變化するには螺子を捻りて上記の鐵片 I と電磁石 M との間の距離を變化するものとす。

振動型周波計は同一の振動片を用ひて二倍の周波數に使用する事を得べし。其爲には前記の交流を以て勵磁せらるゝ電磁石に更に一箇の直流勵磁捲線を裝置し、直流に依りて生ずる磁界の強さを交流に依りて生ずる磁界の強さに等しからしむれば振動片は成極せられ一周期中最大値の唯だ一回に於て振動片を吸引し、他の最大値の時には交流直流兩磁界相殺して引力なく、従つて振動片を吸引する事なし。故に振動片の周期と交流の周期と同一なる時に合調を生ずべく、成極せられざる場合に調整せられたる振動片は成極せられたる時には、前の二倍の周波數に用ひ得る事明かなり。或は直流捲線を用ふる代りに、永久磁石を置き、鐵片を成極するも可なるべく、第五百五十五圖に示すは其一例にして、永久磁石の極部に電磁石の鐵心を取付け、其捲線に交流を通ずるものとす。故に同一周波計をして、二種の測定範圍を有せしむる爲には、上記の如き成極せる電磁石と普通の電

第五百五十五圖

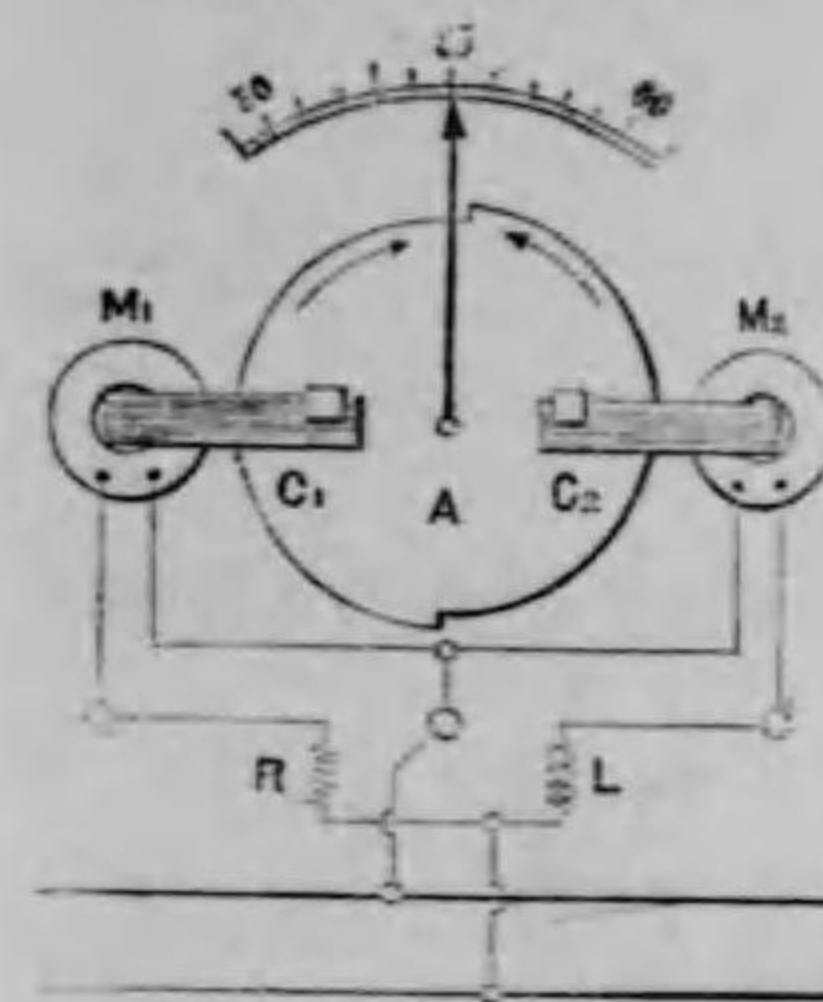


二倍の周波數に用ふる周波計

磁石とを置き、切換開閉器に依り、別々に各電磁石を勵磁するものとす。又各種の電壓に對して使用するには、勵磁捲線に種々なる値の直列抵抗を接続するものとす。

**289. 誘導型周波計** 米國ウエスチングハウス (Westinghouse) 製誘導型周波計は、二箇の誘導型電壓計を組合せ、一箇の共通圓板に動作したるが如き構造を有するものなり。第五百五十六圖に於て A はアルミニウム圓板、 $M_1, M_2$  は二箇の勵磁捲線、 $C_1, C_2$  は薄鐵片を重ね作れる電磁石にして、其磁極の間に圓板を挟み、磁極の圓板に對する面の大部分は金屬片にて掩はれ、所謂移動磁界型電壓計を構成す。而して兩電壓計の廻轉力は圓板に對して、反對の方向に働く様に接続せらるゝものにして、一方の勵磁捲線  $M_1$  には R なる無誘導抵抗を、又他方の勵磁捲線  $M_2$  には誘導 L を接続し、兩捲線を竝列にして、周波數を測らむとする回路に接続するものとす。然る時は  $M_1$  を通る電流は周波數に關係なきも、 $M_2$  を通るものは周波數に依りて大に變化すべきを以て、若し一定の周波數にて兩廻轉力平均する様調整し置けば、周波數に變化あれば直ちに電流に變化を生じ、従つて廻轉力の平均を失ふべし。而して別に制御廻轉

第五百五十六圖



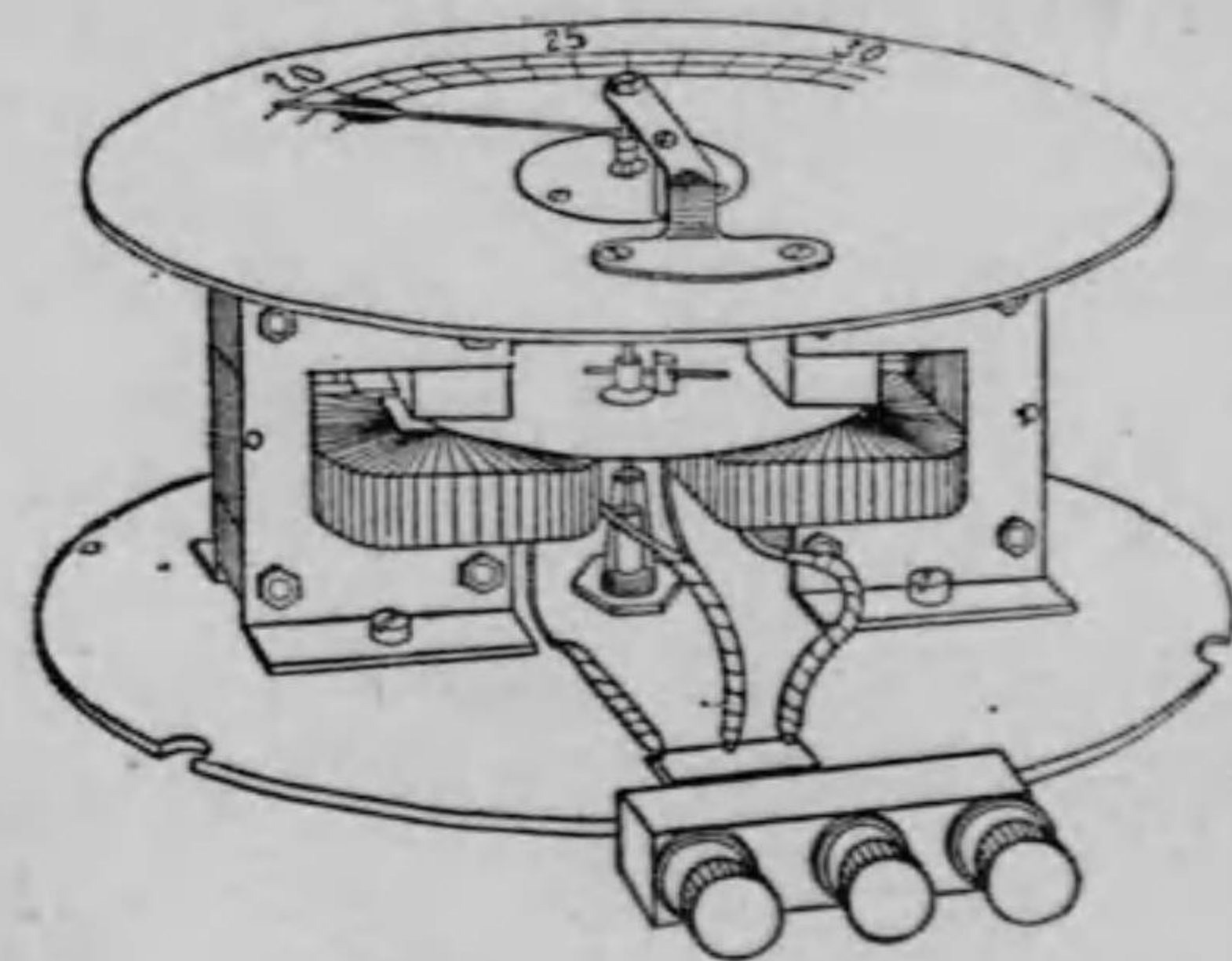
ウエスチングハウス周波計

るものなり。第五百五十六圖に於て A はアルミニウム圓板、 $M_1, M_2$  は二箇の勵磁捲線、 $C_1, C_2$  は薄鐵片を重ね作れる電磁石にして、其磁極の間に圓板を挟み、磁極の圓板に對する面の大部分は金屬片にて掩はれ、所謂移動磁界型電壓計を構成す。而して兩電壓計の廻轉力は圓板に對して、反對の方向に働く様に接続せらるゝものにして、一方の勵磁捲線  $M_1$  には R なる無誘導抵抗を、又他方の勵磁捲線  $M_2$  には誘導 L を接続し、兩捲線を竝列にして、周波數を測らむとする回路に接続するものとす。然る時は  $M_1$  を通る電流は周波數に關係なきも、 $M_2$  を通るものは周波數に依りて大に變化すべきを以て、若し一定の周波數にて兩廻轉力平均する様調整し置けば、周波數に變化あれば直ちに電流に變化を生じ、従つて廻轉力の平均を失ふべし。而して別に制御廻轉



力なきを以て若しAが真圓なりとせば、Aは絶えず一方に廻轉する事となるべし。然るにAは實際真圓形にあらずして、 $C_1$ の下を動く部分即ち左半部の圓の中心は、圓軸と一致するも、 $C_2$ の下を動く部分即ち右半部の圓の中心は、圓板軸より些しく上にあり、従つて $C_1$ の下を動く部分の面積は常に一定なるも、 $C_2$ の下を動く部分の面積は圓板の廻轉に依り少しく變化すべし。故に今例へば周波數減少して、 $C_2$ が $C_1$ より大なる廻轉力を働かす時に、Aが時計と反對の方向に廻轉せらるゝ様に、捲線の方角を定め置けば、 $C_2$ の下を動く圓板の面積は、其形狀の關係上漸次減少するを以て、 $C_2$ の廻轉力漸次減少し、終に $C_1$ の廻轉力と平均する位置に至りてAは靜止すべし。之に反して周波數の増加する時は $C_2$ の廻轉力は減少し、A

第五百五十七圖



ウエスチングハウス周波計

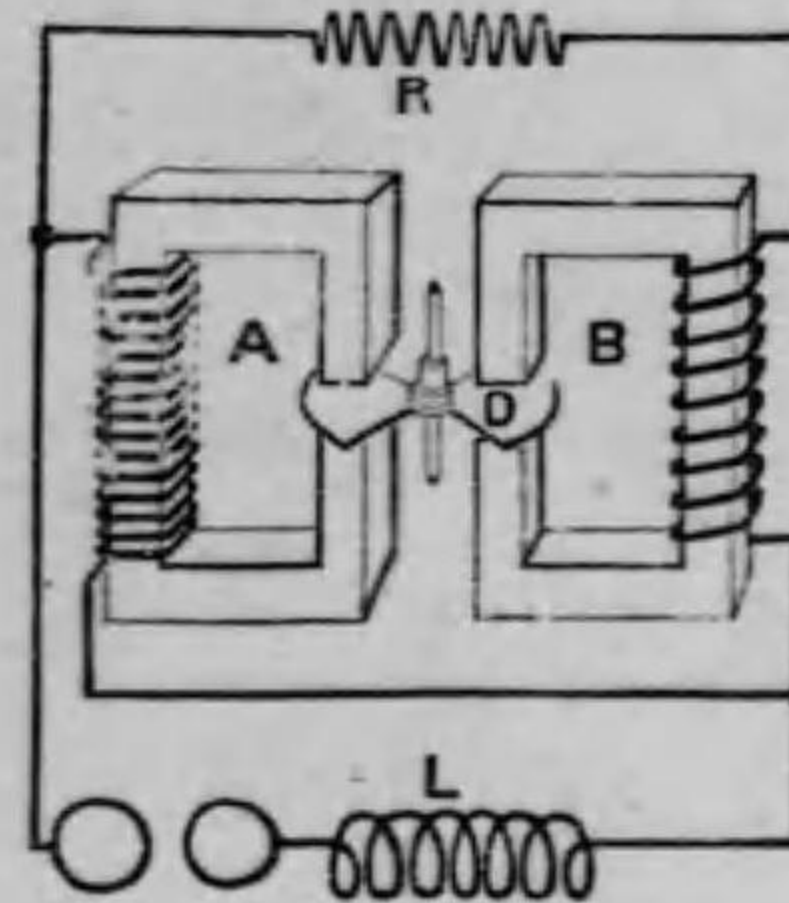
は時計の方向に廻轉し、同時に $C_2$ の下を動く圓板の面積増大するが爲め廻轉力増加し、終にAは靜止すべし。即ち各周波數に對し圓板に一定の位置あるを以て、實驗に依りて圓板の適當

なる形を定むれば、其軸に附したる指針の位置は、直接周波數を示す事となるべし。第五百五十七圖は此周波計の全形を示す。

此周波計の指示は電壓の些少の變化には關係なし。蓋し電壓に變化あれば、兩捲線中の電流を同じ割合に於て變化すべきを以てなり。然れども此周波計の指示は波形に依りて變化あるは免れざる所なり。即ち各種の高調波に依り異りたる廻轉力を生ずべく、其組合せより成る普通波形の指示に影響あるは當然なり。

英國ポール(Paul)製のフレクエンター(Frequenter)と稱するものも、類似の構造を有し、第五百五十八圖のA、Bは

第五百五十八圖



ポール・フレクエンター

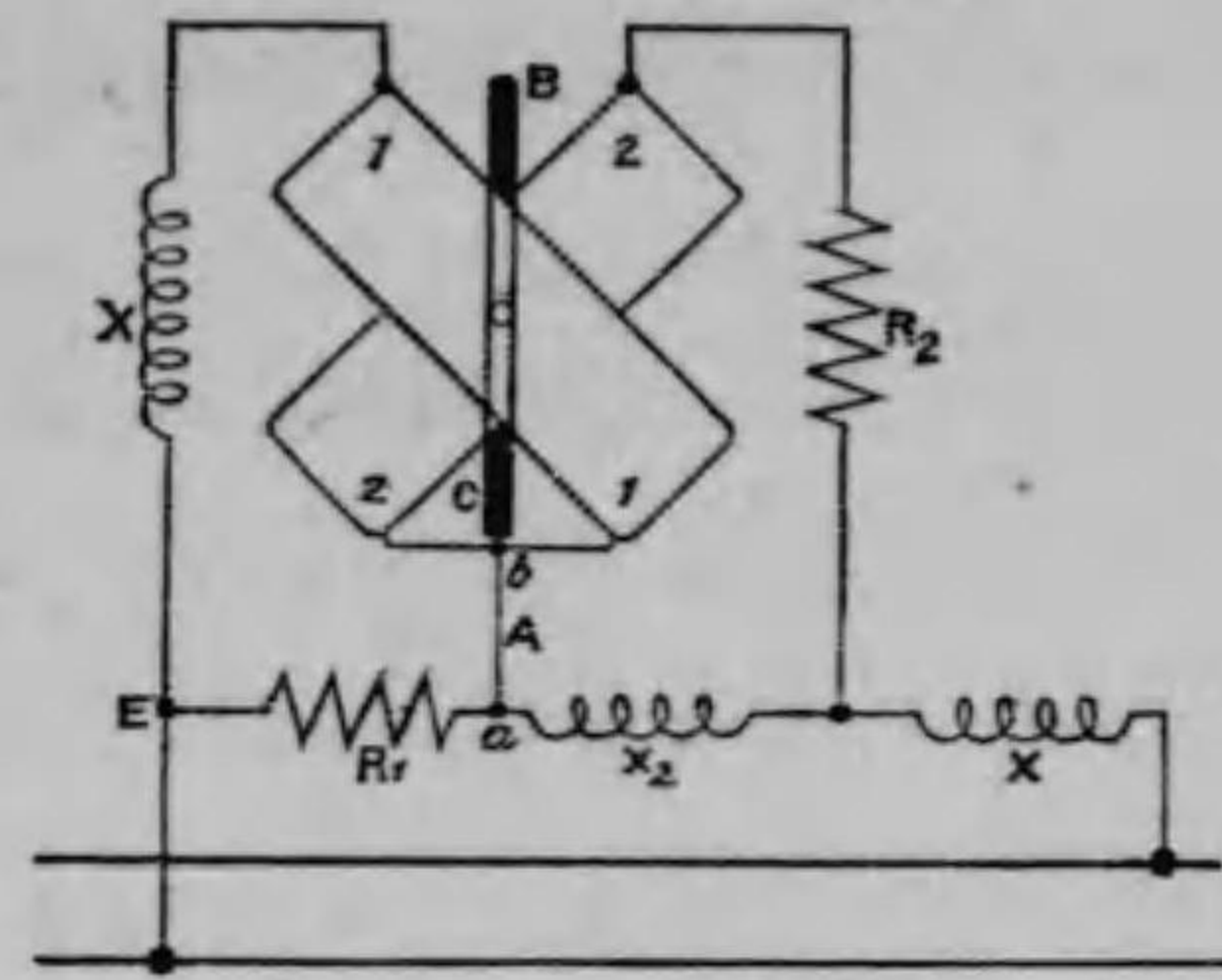
二箇の電磁石にして、其捲線の一方にはRなる無誘導抵抗を接續す。Dはアルミニウム板にして、圖の如き形を有す。Lは一の誘導抵抗にして、高周波電流を防止する働きを有するを以て、波形の影響を減少せ

しむ。極めて廣き測定範圍を有し、最小の目盛の六倍迄の目盛を有せしむる事を得。

290. 可動鐵片型周波計 第五百五十九圖は米國ウエストン(Weston)會社にて製造する可動鐵片型周波計の一種の接續圖を示す。1-1及び2-2は直角の方向



第五百五十九圖



ウェストン周波計

に置かれたる二箇の線輪にして、Cは可動鐵片なり。鐵片の中心には指針を附して、目盛板上に周波數を指示せしむ。1-1 には  $X_1$  なる誘導を直列に、 $R_2$  なる無誘導抵抗を竝列に接続し、2-2 には  $R_2$  を直列に、 $X_2$  を竝列に接続す。而して兩線輪は是等の誘導及び抵抗と共に回路に接続せられ、其中心に線輪中に流るゝ電流に比例する磁界を生ずるを以て、鐵片は兩磁界の合成磁界の方向に向ふべし。

今斯の如き装置に於て、例へば或一定の周波數に於て E より  $X_1$  及び線輪を経て b に至る電壓降下と、E より  $R_1$  を経て a に至る電壓降下と同一なる様、 $X_1$  及び  $R_1$  を調整したりとせば、此場合に a, b は同電位となり、其間に電流なきを以て、1-1 中の電流は 2-2 中の電流と等しく、従つて兩磁界の強さ等しくして、鐵片 C は AB の方向にあり、然るに周波數に變化ある時には a と b との間に電位の差を生じ其間に電流生ずべきを以て、1-1 及び 2-2 中の電流は等しくならず、従つて兩磁界の合成磁界は AB 線より傾き鐵片の位置も變化すべし。例へば周波數増加する時には、 $X_1$  及び  $X_2$  中の電流減少すべきを以て、

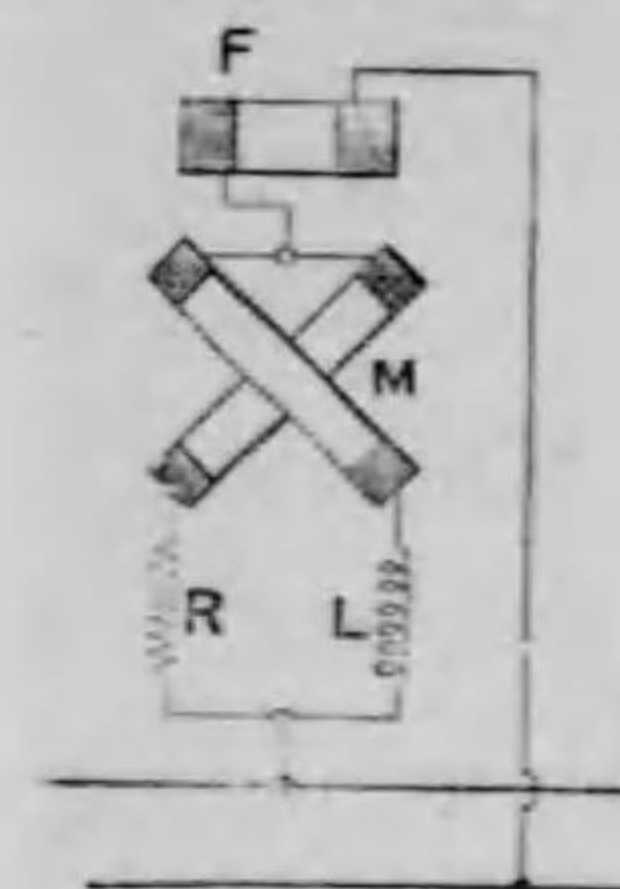
$R_1$  中の電流の一部は b より a に向ひ、2-2 中の電流は 1-1 中の電流に ba を通過する電流を加へたるものとなるべし。故に 2-2 の磁界 1-1 の磁界より強くなり、合成磁界は 2-2 の磁界の方向に近づくべく、鐵片も亦其方向に傾くべし。

而して其傾く角度は周波數に依りて異なるべきを以て、鐵片に附したる指針の位置に依り、周波數を定むる事を得るなり。X なる誘導抵抗は線輪中の電流を減せしめ、同時に  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $X_1$ ,  $X_2$  等の値と呼應して高周波電流を防止して波形の影響を減ずる働を有す。

291. 可動線輪型周波計 米國ゼネラル・エレクトリック・コムパニー (General Electric Co.) 其他に於て製造

する可動線輪型周波計の構造は上記の可動鐵片型と類似なれども、此場合には可動鐵片を有せず、第五百六十圖に示すが如く二箇の線輪を同一軸に取り付け、可動線輪 M を形成せしめ、之に誘導 L 及び無誘導抵抗 R を接続して回路に接続するものとす。而して可動線輪に廻轉力を加ふる爲に、別に固定線輪 F を置き、之を上記の可動線輪と直列に接続するものとす。然る時には電流力計型力率計の場合と類似の理由に依り、可動線輪は一方に傾き、其角度は回路の抵抗及びリアク

第五百六十圖

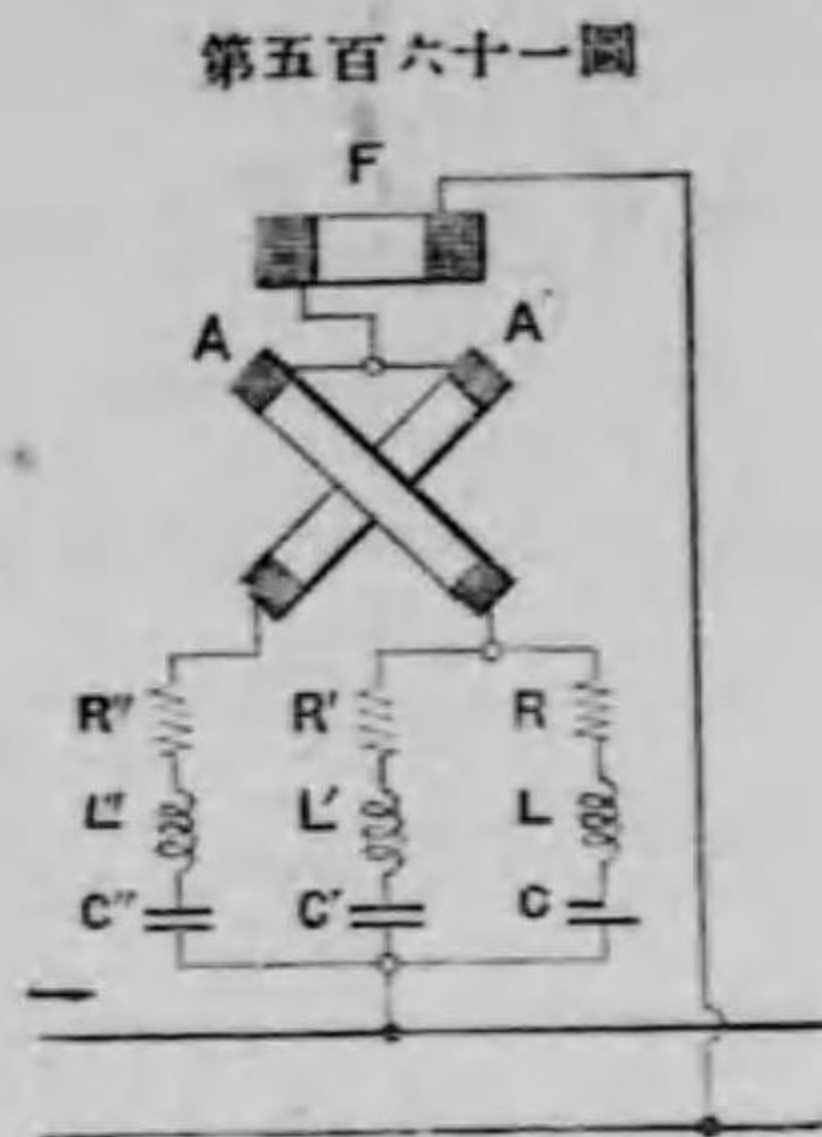


ゼネラル周波計



タンスに關係すべく、抵抗は周波數に關係なく、リアクタンスは之に依りて變化すべきを以て、結局廻轉角度は周波數に關係する事となるべく、可動線輪に附したる指針に依り周波數を指示せしむる事を得べし。此周波計に於ても誘導抵抗を大にして、波形の影響を減少せしむと雖も、其測定範圍狭く、且つ感度大ならざるを缺點とす。

所謂合調回路型 (Tuned circuit type) にては感度極めて大



にして、目盛の一サイクルの幅を極めて増大する事を得、従つて其分數をも測定する事を得。第五百六十一圖に示すはプラット (Pratt) 及びプライス (Price) の考案したる此種周波計の一種にして、A, A' は可動線輪、F は固定線輪にして、A, A' の回路には R, R', R'' の無誘導抵抗、L, L', L'' の誘導及び C, C', C'' の容量を接続し、是等の値を適當にし測定すべき周波數に對して合調回路を形成せしめ、大に電流を増加し、感度を大ならしむ。第五百六十二



ゼネラル合調型周波計目盛

圖に示すはゼネラル・エレクトリック・カンパニー製の合調回路型周波計の六十サ

イクル用のものの目盛の實狀にして、五十五サイクルより六十五サイクル迄の目盛を有し、各目盛の幅は普通型に比して極めて大なり。此場合に於て A' の回路は七十サイクルに合調する様調整せられ、A の回路は五十八サイクルと三十六サイクルとに合調せられたる二箇の回路の竝列に接続せられたるものより成る。

第二項 速度表示器

292. 周波計を應用せる速度表示器 原動機發

電機電動機の廻轉速度を測定するものに、普通の機械的廻轉計の外電氣を應用せる速度表示器 (Speed indicator) あり。其一種は周波計を應用せるものにして、他の一種は電壓計に依るものなり。周波計を應用するものにおいて、原動機が交流發電機を廻轉する場合に於ては、其回路に接続せる周波計に一分間の廻轉數を表示する目盛を施し、直ちに速度表示器として使用し得べく、其他の目的に用ふる原動機電動機等の場合には、多くは其廻轉軸

第五百六十三圖



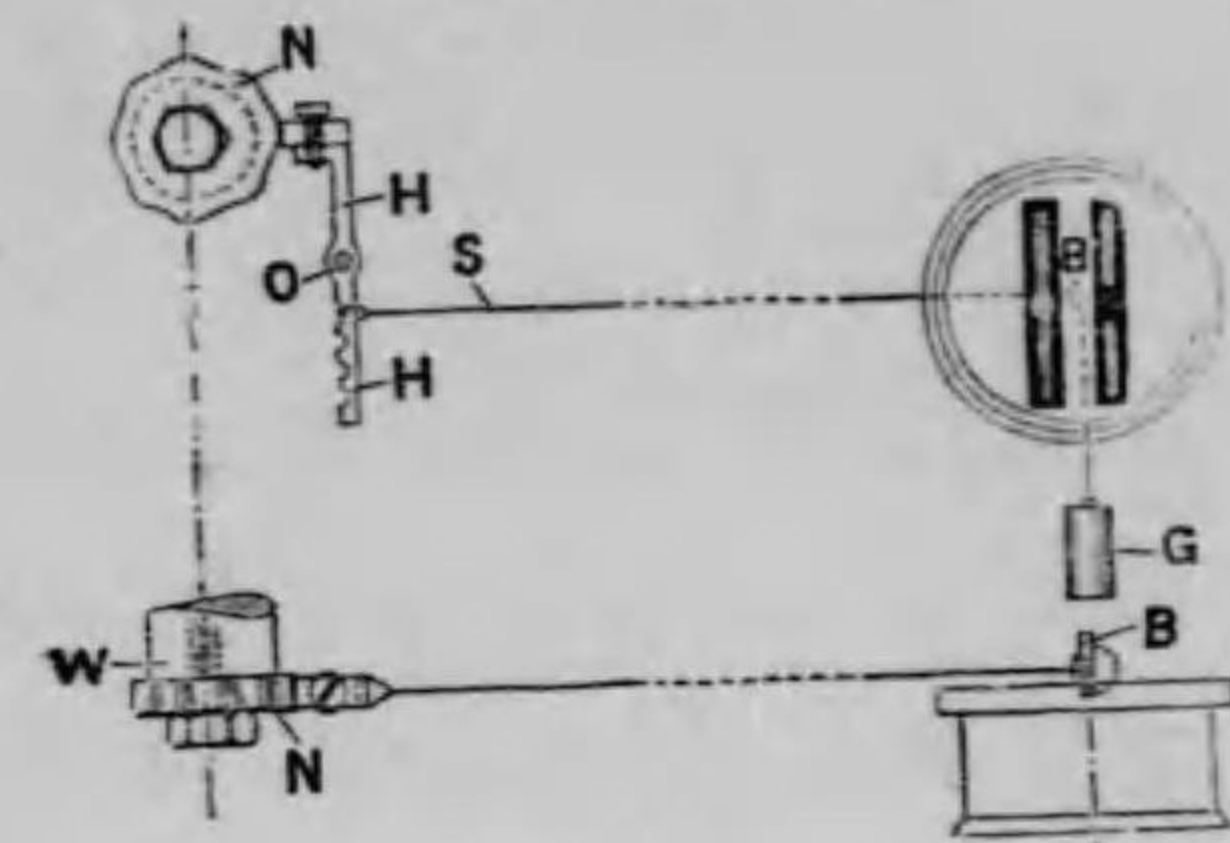
シーメンス速度表示器用發電機

の廻轉を利用して發電する磁石發電機を置き、交流電壓を發生せしめ、之に依り周波計を動作せしむる方法を用ふ。第五百六十三圖に示すはシーメンスの製造する斯の如き目的に用ゆる發電機



の内部を示す。或は原動機の廻轉軸の周圍に一定の角を隔てて接觸子を置き、之に依りて直流の電流を斷續せしめ、其斷續電流に依り周波計を働かしむる方法も用ひらる。猶ほ全然電氣を使用せず機械的方法に依り振動を周波計に傳達する方法もあり。第五百六十四圖に示

第五百六十四圖



シーメンス速度表示器

すはシーメンスの方法にして、軸Wに附したる圓板Nに一定數の凹凸を設け、之にOに於て支點を有する槓杆Hの一端を觸れしめ、其他端を糸Sに結び周波計に於ける棒Bを経て重錘Gにて引き置くものとす。而してBは振動片を取付けたる槓杆に連續せらるゝを以て、軸の廻轉に依りH,S,Gが一體として振動する時には其振動はBより振動片に傳はるべく、其振動は固より軸の廻轉數に比例すべきを以て、周波計の讀みより直接廻轉數を測定する事を得べきなり。猶、タービン石油機關の如き振動烈しき機械ならば、其臺上に直接周波計を置くも振動片は振動すべし。

**293. 電壓計を應用せる速度表示器** ウェストン速度表示器又は電磁廻轉計(Magneto-electric tachometer)と稱するものにては、廻轉軸に依り一箇の磁石發電機よ

り直流電壓を發生せしめ、之を直流用電壓計にて測定して電壓の値より廻轉數を測定するものとす。第五百六十五圖に示すは此磁石發電機及び電壓計の全形を示す。

第五百六十五圖



ウェストン速度表示器

### 第三節 同期檢定器及滑計

#### 第一項 同期檢定器

**294. 總說** 交流發電機の竝行運轉を爲す場合に於ては、兩發電機の電壓、周波數の同一なるべき事の外兩電壓の位相の一致を必要とすべし。而して電壓、周波數の測定に對して前に述べたる所の各種測定器を應用し得べく、位相の一致を發見するには、所謂同期檢定器(Synchronizer or Synchronism indicator)を用ふるものとす。同

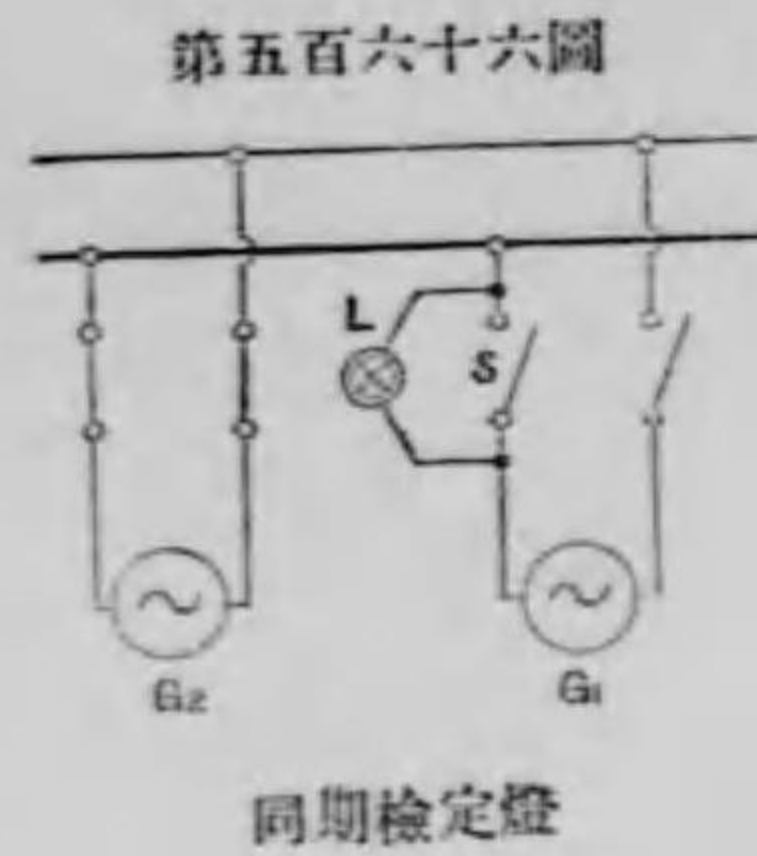


同期検定器は單に位相の一致のみならず、兩機の速度の差をも指示するものにして、又兩發電機の何れが他より早きか、又は遅きかを表示するものたるを要す。而して指針に依りて是等の條件を指示する同期検定器は屢々 Synchroscope と名づけらる。次に各種の同期検定器の理論及び構造に就きて記さん。

**295. 同期検定燈 (Synchronizing lamp)** 同期検定器の最も簡單なるは白熱電燈を用ふるものにして、其明滅に依り位相の一致を發見するものなり。單相式と三相式とに依りて少しく模様を異にす。

**單相式同期検定燈** 第五百六十六圖に於て發電機  $G_1$  を既に運轉せる他の發電機  $G_2$  (又は其母線) に並列に接続するものとし、 $G_1$  の一線に置ける開閉器  $S$  の兩極に跨り、一箇の白熱電燈  $L$  を接続したりとせよ。然る時には兩發電機の電壓の位相精密に

一致する時には電燈の兩端に電壓なく、従つて電燈は全く消滅すべし。然るに兩電壓の周波數一致せざる場合には、其間の相差は時と共に絶えず變化し、従つて電燈の兩端の電壓は絶えず變化すべきを以て、電燈の光も亦絶えず變化して止まる所なかるべし。今第五百六十七圖に於て  $A, A'$  を二つの發電機の電壓を表はす波形とし、



同期検定燈

其周波數に若干の相違あり、従つて位相一致せざるものとせば、兩電壓の差即ち電燈に來る電壓  $L_1$  は時間の経過

第五百六十七圖



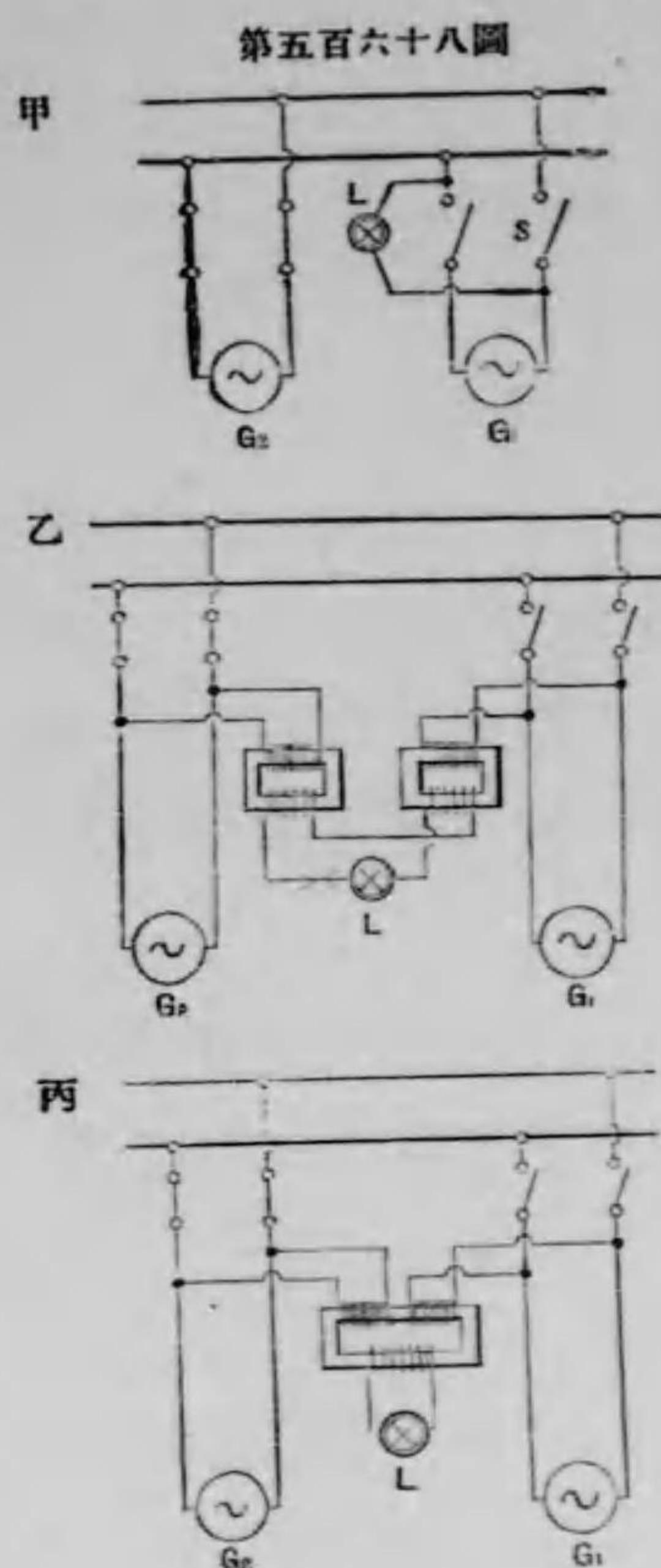
同期検定燈の電圧の變化

に従ひ影を施せる曲線の如き形を爲し、其爲め眼に映る電燈の光は點線にて示せるが如き變化を爲し、光は最大より零となり、又最大となる事明かなり。而して其變化の速度は、兩周波數の差を示す事も容易に了解し得べし。故に實際の場合には發電機の速度を漸次變化して、光の變化の速度を減少し、終に全く變化なく、電燈の消滅する點を發見して開閉器を閉ぢ、並行運轉を行ふものとす。猶ほ此場合電燈の受くる電壓は、發電機の電壓の二倍となる事あるべきを以て、二倍の電壓に對する白熱電燈を用ひざるべからず。或は發電機の電壓と同一の電壓の電燈二箇を直列に接続するも可なり。或は白熱電燈に代ゆるに電壓計を用ふるも可なるべく、其指示零なる時位相は一致したるなり。又發電機の電壓高き場合には變壓器を使用して、電燈に來る電壓を遞降する必要ある事勿論なり。

次に電燈の全く消滅する時よりも、其最も強く輝く時



を以て、同期の表示と爲すを便とする場合には第五百六十八圖甲の如く、兩發電機の導線に交叉して電燈を接続



第五百六十八圖

同期檢定變壓器

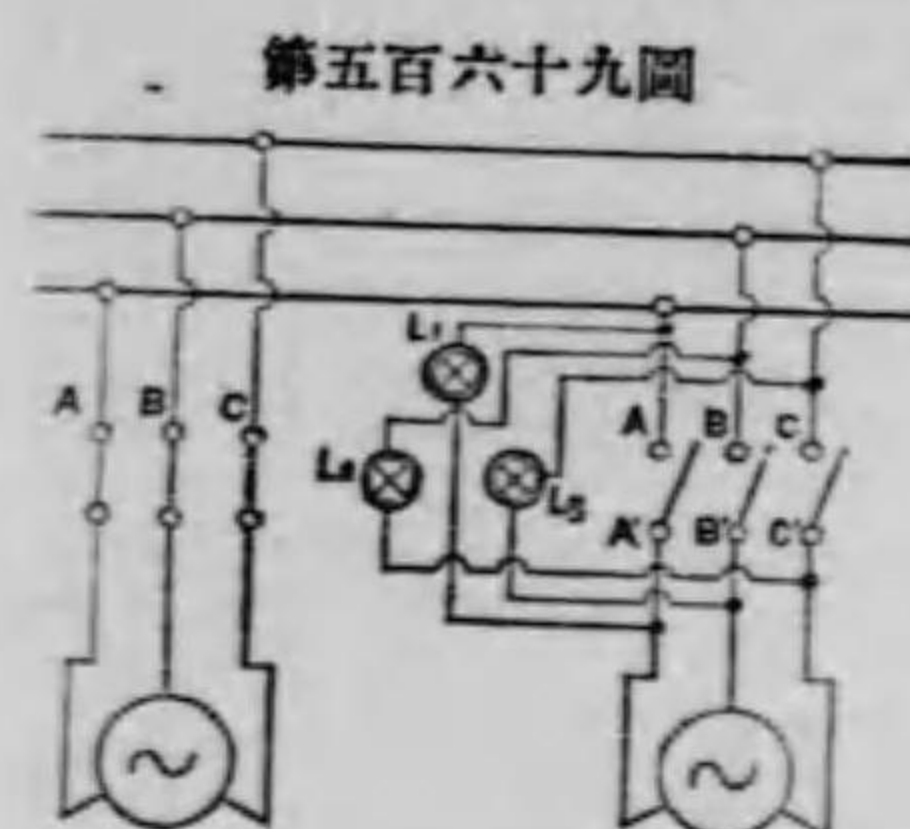
するものとする。猶ほ丙圖の方法にては變壓器は一箇にて済むべきも、兩發電機電壓の相差百八十度に等しき時には變壓器の磁束は殆ど零となり、従つて一次捲線に非常に大なる電流を生じ、變壓器を燒損する虞あるを以て、

示す如く、所謂同期檢定變壓器 (Synchronizing transformer) を用ひて其目的を達する事を得べし。而して同期檢定變壓器を用ふる場合に乙圖の方法にては、二箇の變壓器を用ふるものにして、其一次線を各發電機に接続し、二次線を互に反對の方向に接続し、之に白熱電燈又は電壓計を直列に接続し、丙圖の方法にては一箇の變壓器に二箇の一次線と一箇の二次線を捲き、各發電機に接続せる一次線の接続を反對にし、二次線に電燈又は電壓計を接続

之を避くる爲に磁束の漏洩を大にし且つ一次線の捲數を増加して誘導を大にし、以て電流の減少を計る必要あり。其爲變壓器の價格を増し寧ろ乙圖の如く二箇の變壓器を用ふるの經濟なる場合も少からず。一般に檢定燈を用ふる時には上記の如く、同期點及び速度の差を發見する事を得べきも、何れの發電機が早きかを定むる事能はざるを缺點とす。

三相式同期檢定燈 三相式の場合には三箇の電燈を各相に接続し、三箇共に最も暗き時を以て位相の一致を發見する方法も用ひ得べきも、下記の如きシーメンス廻轉式檢定燈を用ふる方、更に明瞭に同期を發見する事を得べし。

シーメンス廻轉式檢定燈に於ては、第五百六十九圖に



第五百六十九圖

シーメンス三相式同期檢定燈

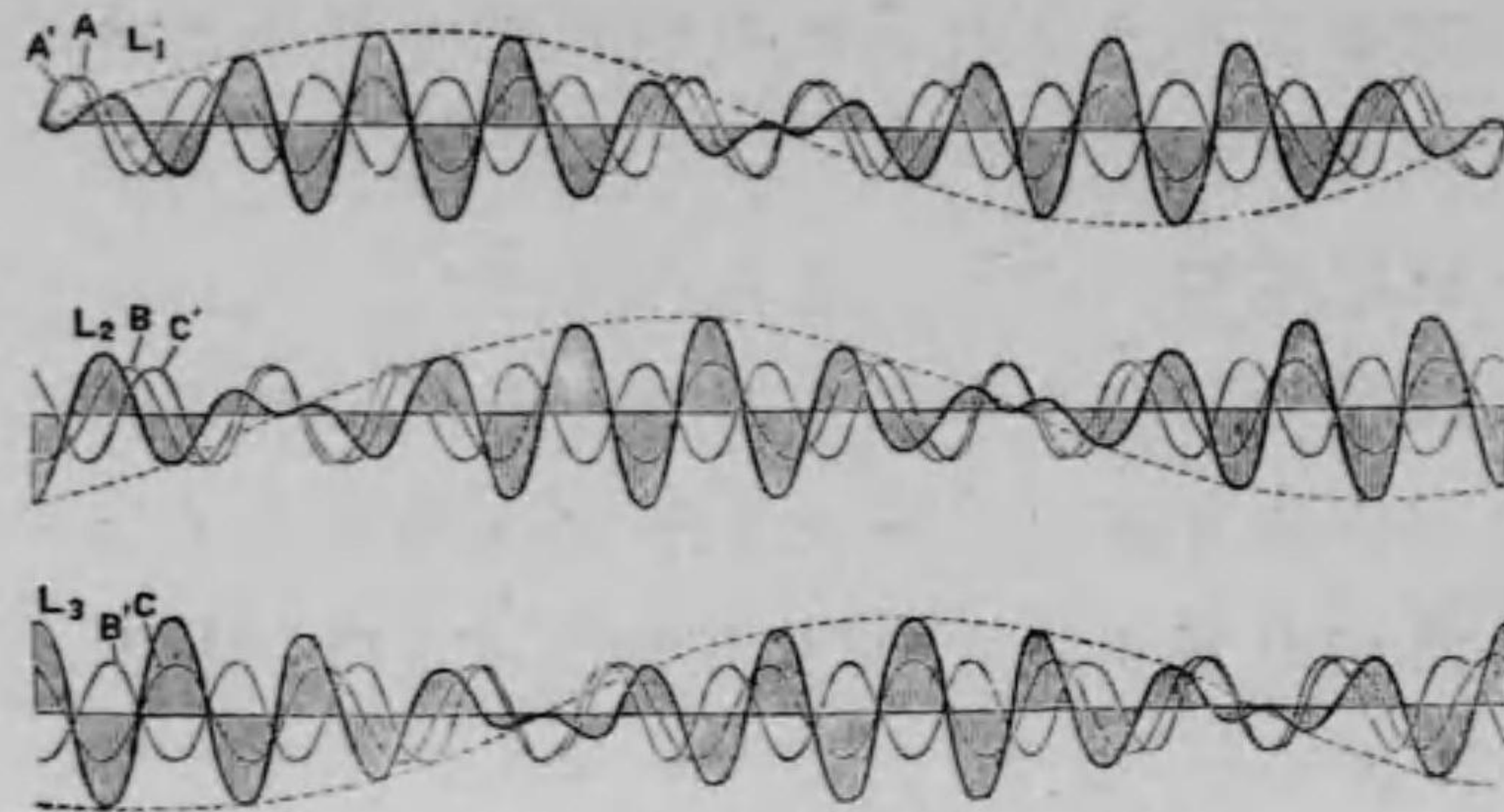
示す如く三箇の電燈の一箇即ち  $L_1$  のみは前と同様兩發電機の同一極例へば  $A, A'$  の間に接続し、他の二箇  $L_2, L_3$  は之を兩發電機の二極の間に交叉して接続し、例へば  $L_2$  を  $B, C, L_3$  を  $B', C$

の間に接続するものとする。然る時には位相の全く一致したる時には、 $L_1$  は消滅し  $L_2$  及び  $L_3$  は同じ強さの薄明りを放つべし。然るに位相一致せざる間は各電燈の光は漸次變化し、一定時間を経て最大燭力が順次各電燈に



生ずる爲め、恰も光が一定の方向に廻轉するが如くに見ゆべし。其關係は第五百七十圖に依りて最も明瞭に了解する事を得べし。圖は二つの電壓の間に周波數の差ある場合を示し、 $L_1, L_2, L_3$  (影を施せる曲線)は、各電燈に

第五百七十圖



シーメンス三相式同期檢定燈の燭力變化

加はる電壓を表はす。即ち $L_1$ にありては $A, A', L_2$ にありては $B, C'$ 又 $L_3$ にありては $B', C$ の電壓の差が各電燈に加はる電壓となり、其爲、電燈の光は一定時毎に點線にて示すが如く、最大となり又零となり、其最大又は零となる時刻は各電燈間に一定の順序を以て起るを見るべし。而して此時間は兩發電機の速度の差に比例し、兩發電機は速度同一となれば、光の進行止まり、更に兩電壓の位相一致する時には各電燈の光は前に述べたるが如き状態となるべし。猶ほ此場合にも電燈の電壓は發電機の電壓の二倍となる事あるを以て、特別の注意を必要とする事、

前に述べたると同様なり。而して實際の場合には三箇の電球を三角形に配置し、光の廻轉の速度を見て速度の差を知るものとす。猶ほ此場合にも何れの發電機が早きかを確むる事能はざるを缺點とす。

### 296. 可動線輪型同期檢定器

上記の檢定燈は装置簡單なるも兩發電機の何れが早きかを確むる能はざるを缺點とす。以下記述する所の各檢定器は何れも此の缺點を補へる完全なる装置なり。其内可動線輪型同期檢定器の構造は極めて電流力計型力率計の構造と類似し、唯だ力率計の場合に電流捲線として用ひたる固定線輪を、同期檢定器の場合に於ては他の發電機の兩線又は母線に接續するを異にするのみ。斯の如き場合に於て若し兩發電機の周波數に差違ある時には、兩電壓間の相差は時と共に絶えず變化するを以て、従つて可動線輪は一定の位置に靜止する事を得ずして、絶えず一方に廻轉すべく、若し兩方の周波數一致せば、可動線輪は其時の兩電壓の相差に相當する位置に靜止すべし。更に兩電壓の位相も一致する時には可動線輪は力率計に於て回路の力率一なる時に可動線輪の靜止すべき位置に止まり、可動線輪に附したる指針は測定器前面に記せる同期の記號を指すべし。故に發電機を漸次變化して、指針が此記號の位置に來り、靜止するを待ちて並行運轉を爲さしむるものとす。而して其靜止する迄に指



針の廻轉する方向に依り何れの發電機が早きかを確むる事を得べく、又其廻轉速度は兩發電機の速度の差を表はすべし。其故如何と云ふに前に力率計の理論中に述べたると同様の理由に依り、指針の靜止するは二つの電壓間の相差角  $\varphi$  と指針の偏れ  $\theta$  との等しき時なり。即ち

$$\varphi = \theta$$

の時なり。而して二つの電壓が同相にある時より時間  $t$  を経たる時に於て兩電壓の相差は、 $f_1, f_2$  を二つの周波數とせば次の如き關係を有すること明かなり。

$$\begin{aligned} \varphi &= 2\pi f_1 t - 2\pi f_2 t \\ &= 2\pi t(f_1 - f_2) \end{aligned}$$

然るに

$$\theta = \varphi$$

なるを以て

$$\theta = 2\pi t(f_1 - f_2)$$

$$\frac{\theta}{t} = 2\pi(f_1 - f_2)$$

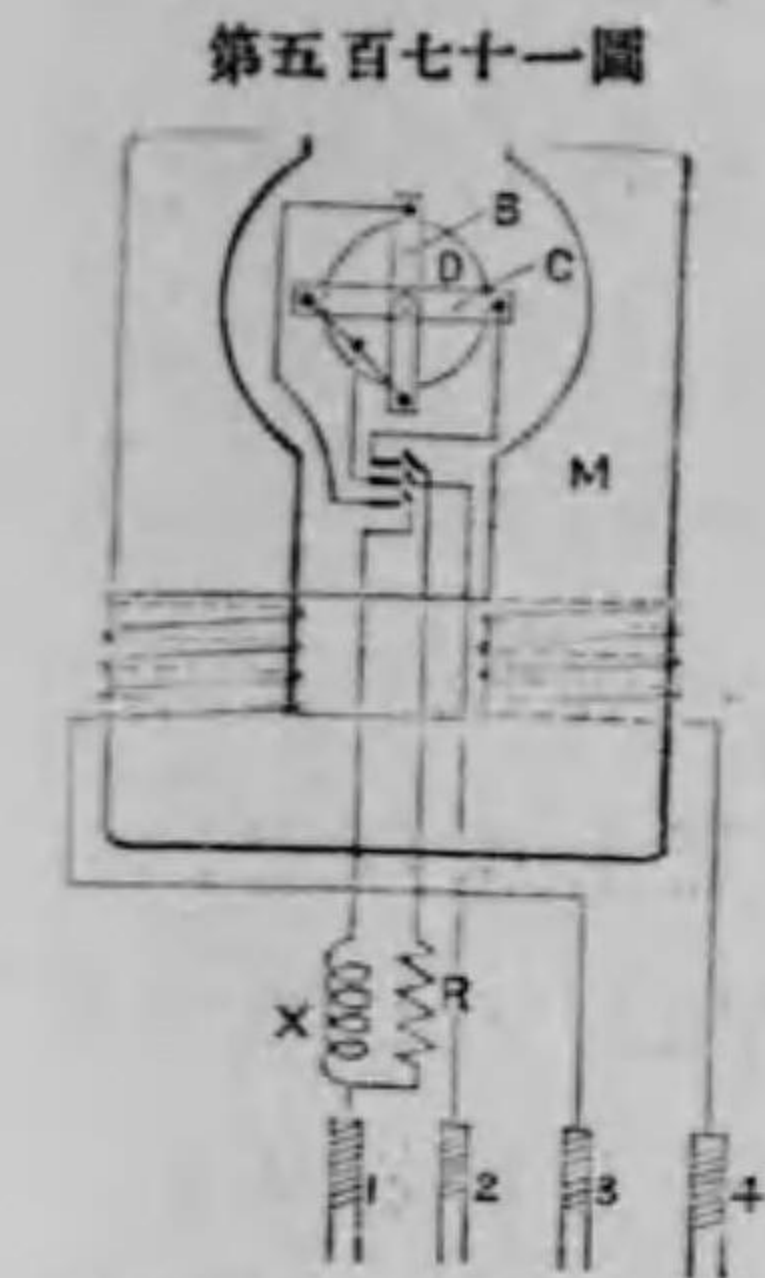
$\frac{\theta}{t}$  は指針の廻轉速度なり。之を  $\omega$  とせば、

$$\omega = 2\pi(f_1 - f_2)$$

即ち指針の廻轉速度は二つの周波數の差に比例し、 $f_1 \geq f_2$  なるに従ひ、指針は何れか一方に廻轉し、 $f_1 = f_2$  の時靜止すべきを知る。

米國ウエスチングハウス (Westinghouse) 會社の製作するリンカーン型同期檢定器 (Lincoln type synchroscope) は此

理論に依りて作られたるものにして、廻轉力を大にする爲め線輪に對して成層鐵心を用ふるものとす。第五百



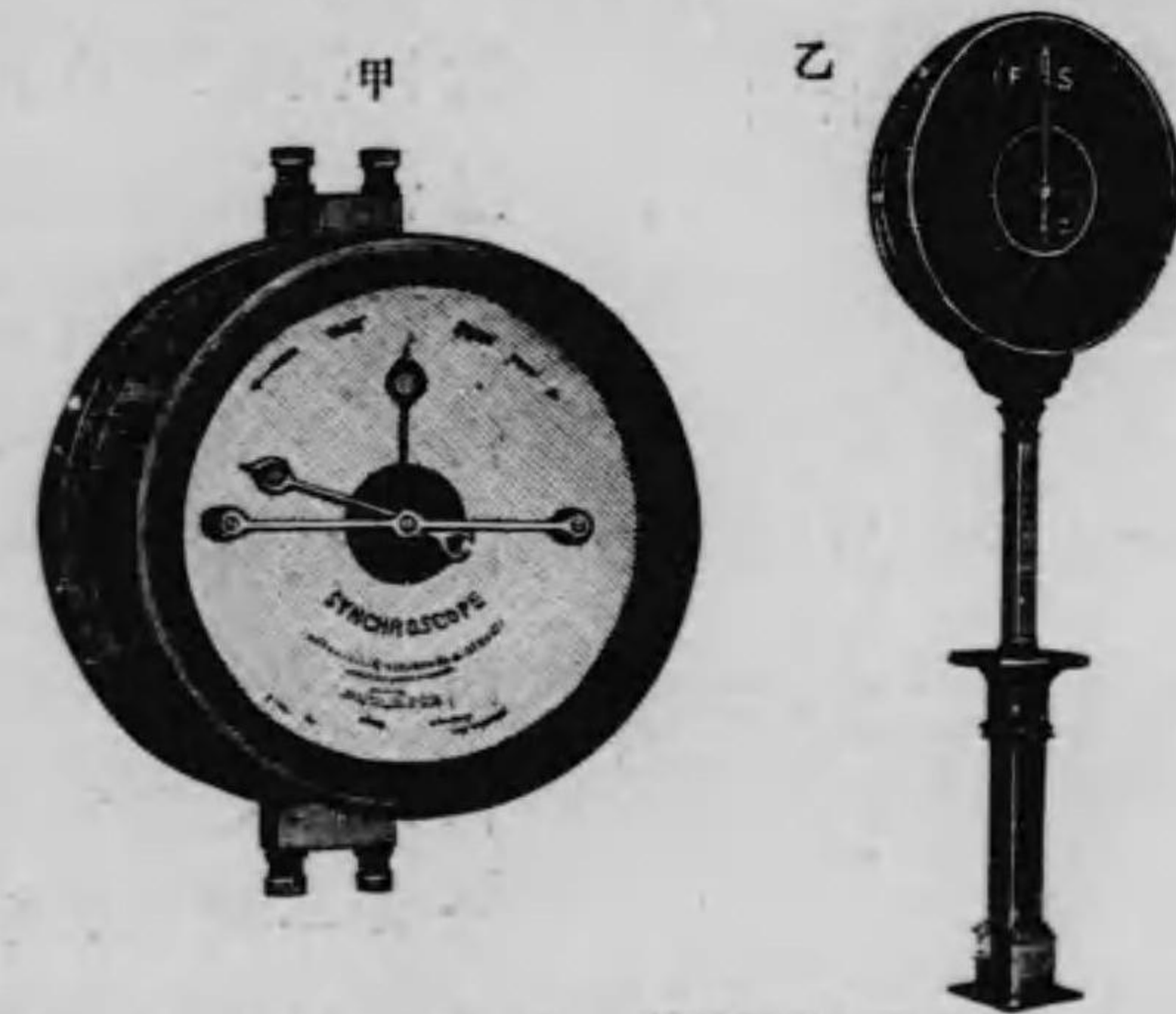
第五百七十一圖  
リンカーン型同期檢定器

七十一圖は其構造にして、Mは二極を有する鐵心にして、之に施せる捲線は3,4のターミナルに依り、運轉中の發電機の兩極又は母線に接續せらる。又鐵心の空隙中にて自由に廻轉する他の鐵心Dに、互に直角の方向にある二箇の捲線B,Cを装置し、其一方Cには抵抗Rを、他方Bには誘導Xを接續したる上竝列にして、之を1,2のターミナルに依り始動せんとする發電機に接續するものとす。

Dには指針を附し、此指針が第五百七十二圖甲の全形圖に於て見るが如

き、測定器前面に記せる指針の形の圖の上に重なりて止まりたる時を以て同期を指示するものとす。猶ほ發電機の傍にありて遠方の配電盤上の

第五百七十二圖



ウエスチングハウス同期檢定器



測定器を見る時の如く、遠方より指針の運動を見る場合の便利の爲め第五百七十二圖乙に示す如く、指針の頂部に管状電球を附したるものもあり。

三相式二相式等の場合には、一相のみに對して此同期検定器を接続するものとす。

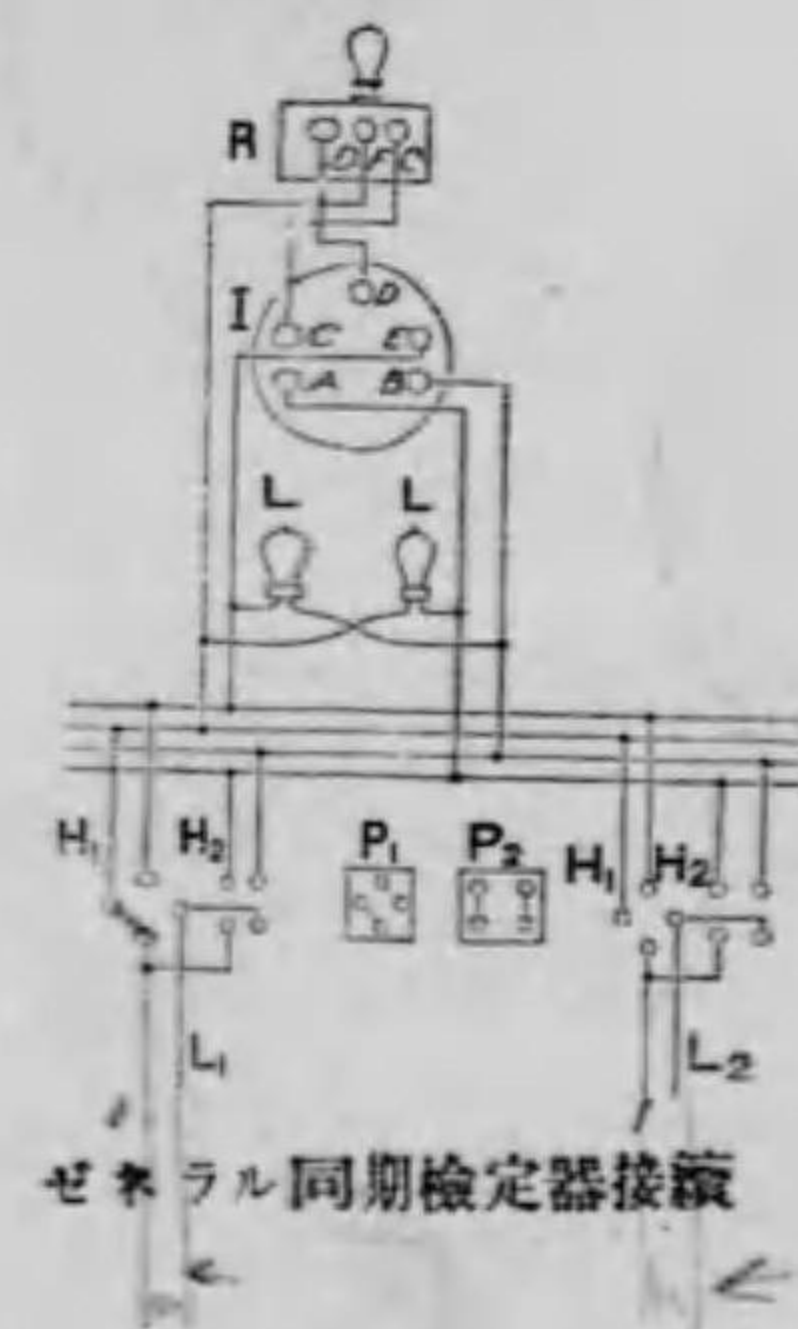
米國ゼネラル・エレクトリック・コムパニー (General Electric Co.) のものも上記と全く同一の構造を有し、第五百七十三圖に示す測定器前面の上部中央に於ける線上に、指針の止まる時を以て同期を指示せしむるものとす。

第五百七十三圖



ゼネラル同期検定器

第五百七十四圖



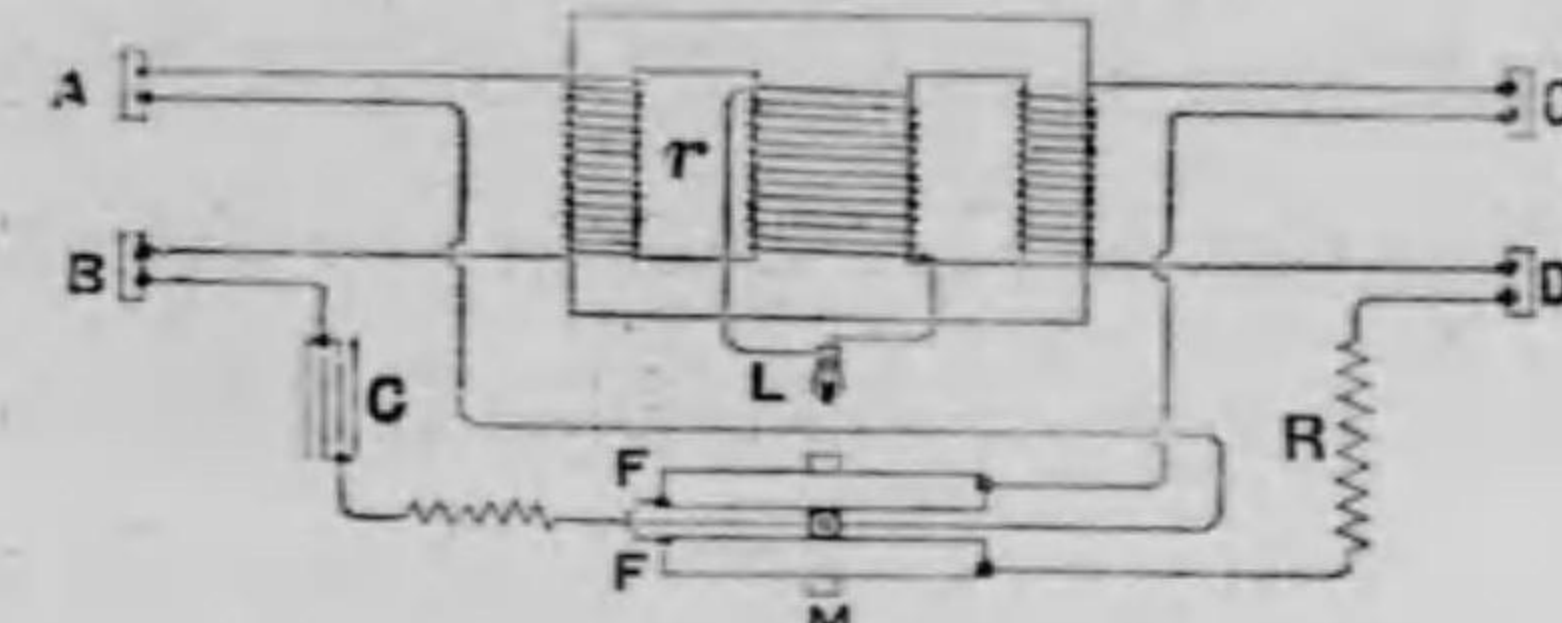
ゼネラル同期検定器接続

猶ほ遠方よりも同期を知るに便ならしむる爲め、測定器の下方に二箇の同期検定燈を装置する事圖に依りて明かなるべし。而して線輪に接続する無誘導抵抗としては、通常一箇の白熱電燈を使用す。第五百七十四圖は此検定器の接続方法の一種にして、Iは同期抵抗器、Rは抵抗(白熱電燈)及び誘導を入たる函 (Resistance-Reactance box)、又 B は同期検定母線 (Synchronizing bus) と稱する一種の母線にして、多數の發電機の竝列運轉を行ふ時には、凡ての

發電機よりの導線  $L_1, L_2$  等を之に接続するものとす。 $H_1, H_2$  は各發電機に對する栓孔 (Receptacle) にして栓 (Plug)  $P_1, P_2$  を挿入するに適す。 $L_1, L_2$  は二箇の同期検定燈なり。今例へば導線  $L_1$  に對する發電機既に運轉中にして、之に  $L_2$  に對する發電機を始動して竝列に接続せんとするには、 $L_1$  に對する  $H_2$  の栓孔に運轉栓 (Running plug)  $P_2$  を挿入し、 $L_2$  に對する  $H_1$  の栓孔に始動栓 (Starting plug)  $P_1$  を挿入するものとす。之に反し  $L_2$  運轉中にて  $L_1$  を始動する場合には栓の挿入方は反對とす。 $L_1, L_2$  は其全く消滅したる時同期となれる事を示すものとす。

ウェストン (Weston) 製同期検定器は上記のものとは

第五百七十五圖



ウェストン同期検定器接続

少しく構造を異にし、誘導を用ひて廻轉磁界を作る方法を用ひず、第五百七十五圖の接続圖に示すが如く、二箇の

平行せる固定線輪  $F, F$  の中に一箇の可動線輪  $M$  を置き其れに加はる廻轉力を制御する爲に螺旋を用ふ。而して固定線輪は抵抗  $R$  と共に一方の發電機端  $C, D$  に、又可動線輪は蓄電器  $C$  と共に他の發電機端  $A, B$  に接続せらるゝものとす。斯の如き構造に於ては兩發電機の周波數一致せざる間は可動線輪に加はる廻轉力は絶えず變化

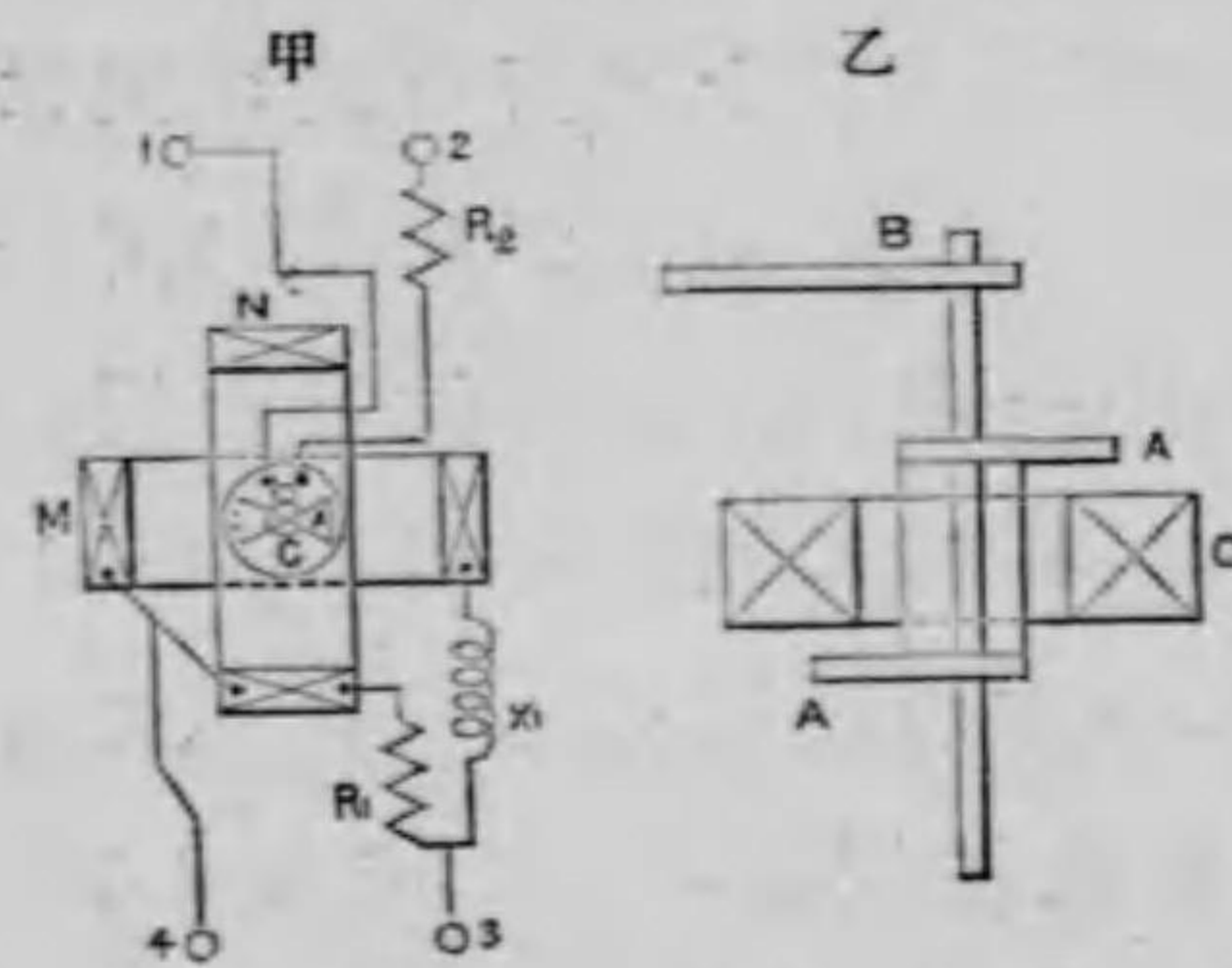


し、従つて之に附した指針は絶えず左右に振動す。然るに兩周波數一致する時には、廻轉力の平均は自ら一定の値を有すべきを以て、指針は一定の位置に止まり、更に兩電壓同期となる時には、一方の線輪に蓄電器を接続せるが爲め、兩線輪中の電流の相差は、殆ど九十度となり、従つて廻轉力は零となり、此時指針は制御螺旋の廻轉力零なる位置即ち垂直の位置に止まるべし。猶ほ同期を明瞭に見る爲に圖に示すが如き、同期檢定用變壓器 $\nu$ を使用し同期となりたる時に電燈Lの光を最も強からしめ、之を測定器前面の硝子板の背後に装置し、其最も明るく見ゆる時を以て同期を指示せしむ。

297. 可動鐵片型同期檢定器 ウェスチング

ハウス (Westinghouse) 會社の可動鐵片型同期檢定器に於ては、線輪は總て固定し中に可動鐵片を有す。第五百七十六圖甲は其接続にし

第五百七十六圖



ウェスチングハウス同期檢定器

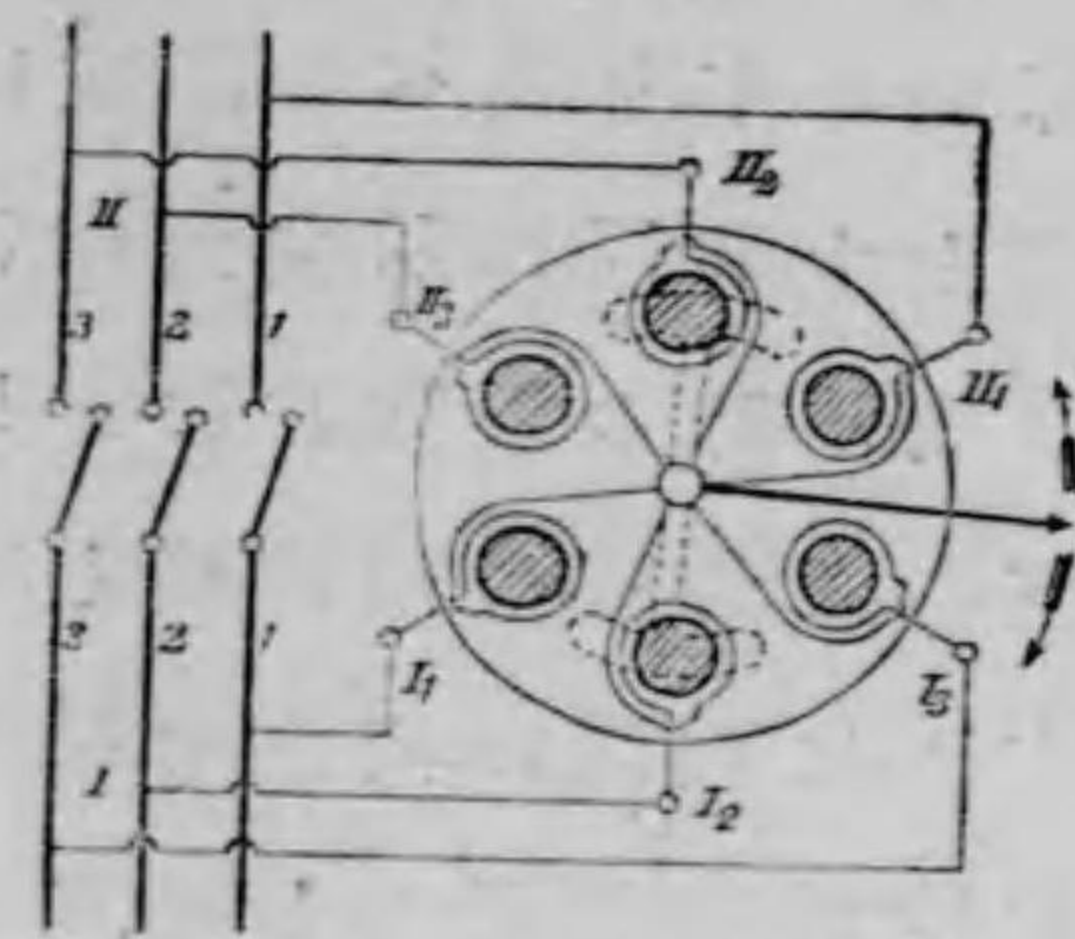
も一箇の固定線輪にして、之はM, Nの中心に装置せられ、

第十六圖甲は其接続にして、M, Nは直角の方向に固定せられたる二箇の線輪にして、 $R_1$ 及び $X_1$ なる抵抗及び誘導を接続したる上、竝列に接続して、之を一方の發電機端3, 4に接続す。C

$R_2$ なる抵抗を経て他の發電機端1, 2に接続せらる。Aは可動鐵片にして、同圖乙に明かなる如く、Z字形をなし、線輪Cの中に装置せられ、其軸に指針Bを附するものとす。此の檢定器の動作原理は前のものと全く同一にして、唯だ線輪の代りに鐵片の動くを異にするのみなり。

獨逸アルゲマイネ・エレクトリチテーツ・ゲゼルシャフト (Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft) 製可動鐵片型同期檢定器の構造は第五百七十七圖に依りて明かなる如く、圓

第五百七十七圖



マクゲマイネ同期檢定器

形に配置せる六箇の磁極に對し三組の捲線を施し、相對する磁極の捲線は直列に接続するものとす。而して各組の捲線は恰かもシーメンス同期檢定燈に於けるが如く、一組  $I_1, II_1$  丈け兩發電機 I 及び II の同一の電極に接

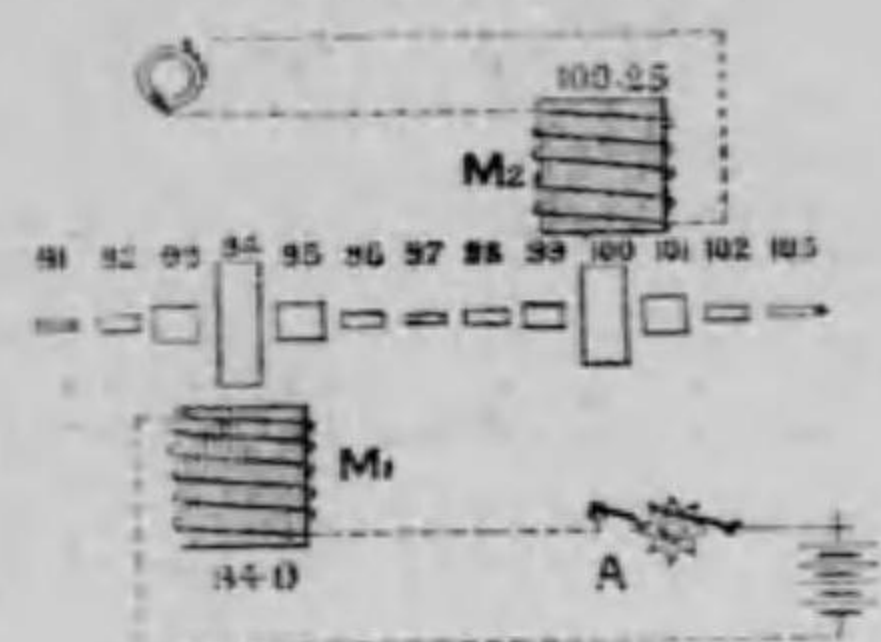
續せられ、他の二組  $I_2, II_2$  及び  $I_3, II_3$  は二極の間に交叉して接続せらるゝものなるを以て、磁極に對して一箇の可動鐵片(點線にて示せるもの)を置けば、兩發電機の位相一致せざる間は、各磁極の最大の強さは一定の方向に順次移動すべきを以て、鐵片は之に伴ひて廻轉し、全く同期となれば、鐵片は靜止すべく、之に附したる指針は一定の位置に止まり、同期を指示すべし。



### 第二項 <sup>スベリ</sup>滑計

**298. 總説** 誘導電動機の滑 (Slip) と稱するは同期速度と其電動機速度との差を同期速度にて割りたるものなり。従つて發電機の近くにある場合には、直接速度を測定し、其遠く隔たりたる場合には周波計に依り周波数を測定し、之と極數とより同期速度を計算し、或は同じ電源に發電機と同極數を有する小なる同期電動機を接続して其速度を測定し、是等の値を電動機實際の速度と比較すれば容易に滑を計算する事を得べし。或は

第五百七十八圖



滑計

第五百七十八圖に示すが如く、同一の周波計の振動片に對して二箇の電磁石を動作せしめ、其一方M<sub>1</sub>に電源の交流を通じて其周波数を指示せしめ、又他方の電磁石M<sub>2</sub>には電動機の廻轉軸に装置せる接觸子Aに依りて斷續せらるゝ直流を通じて、其斷續数を指示せしむれば、發電機の磁極數と接觸子の數よりして直接滑を定むる事を得べし。

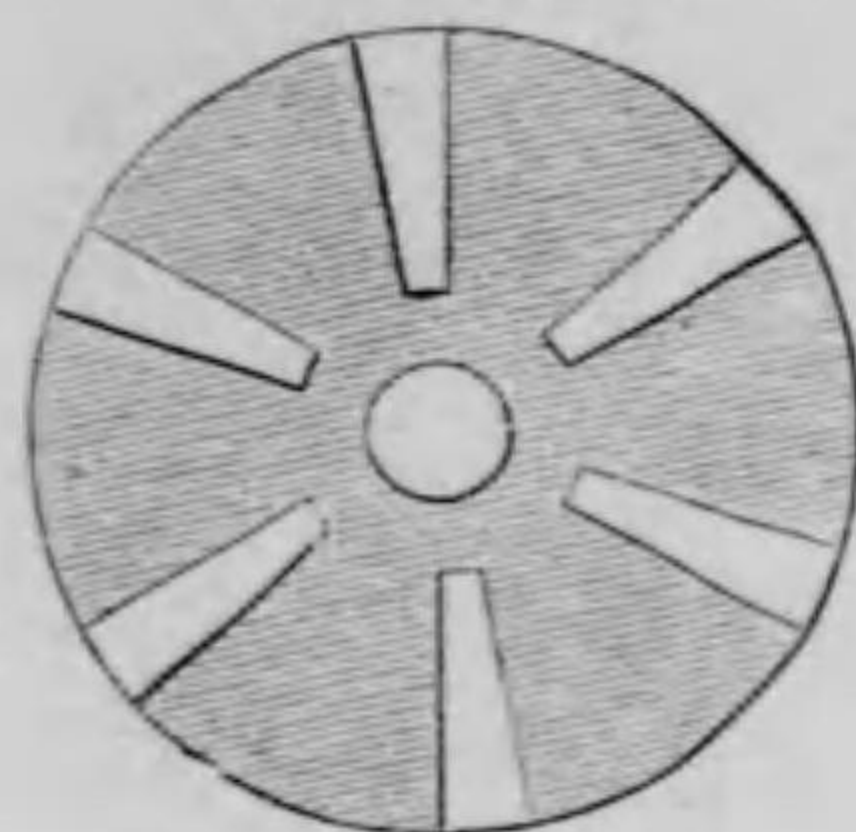
然れども是等の方法は何れも大なる速度を測定し、其差を以て小なる滑を定むるものなるを以て、速度の測定に於ける些少の誤差も滑に於ては大なる誤差となるべきを以て、直接兩速度の差を示す特殊の測定法を用ふる

の精密なるに如かず。之に用ふる測定器具を名けて滑計 (Slip-meter) と云ふ。次に各種の滑計の原理及び構造に就きて記さん。

**299. ストロボスコープ型滑計 (Stroboscopic slip-meter)** ストロボスコープ (Stroboscope) とは一般に光の明滅の數或範圍の外に出づる時には、人間の眼には一の連續的印象を残すといふ特性を應用したる装置を云ふものにして、之を應用して滑を測定する滑計に數種あり。

**分圓板滑計 (Sectored disc slip-meter)** 此種滑計の最も簡單なるものは、第五百七十九圖に示すが如き金屬又は

第五百七十九圖



分圓板滑計

厚紙製圓板を電動機の軸に取付け、之に極數と等しき數の黑白兩色の分圓を書きて、之を其電動機と同一の電源に接続せられたる孤光燈にて照すものとす。然る時には若し電動機が全く同期速度にて廻轉する場合には、圓板上

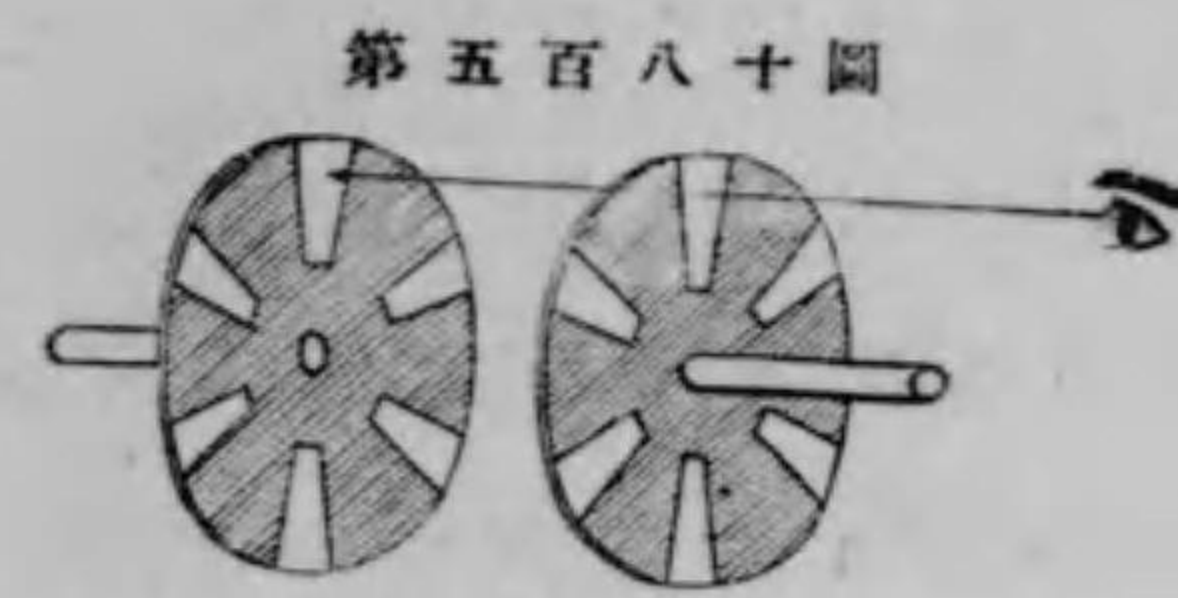
の分圓は恰も靜止するが如く見ゆれども、電動機速度に若干の滑ある場合には、分圓は電動機の廻轉と反對の方向に靜かに廻轉するが如く見ゆべし。今其理由を考ふるに、交流孤光燈は交流の一交番毎に一回宛消滅すべく、



而して圓板が全く同期速度に於て廻轉する場合には、各分圓は一交番中に前の分圓の位置に来るべきを以て、孤光燈が一旦消滅せられ、再び點火せらるゝ時には次の分圓吾人の眼に映り、光の明滅は一分間數千回に達するを以て、恰も分圓が靜止したるかの如くに見ゆるなり。然るに圓板の速度が同期速度より遅るゝ場合には、一交番中に各分圓は前の分圓の位置迄到達する事を得ず。従つて孤光燈が再び點火せられたる時に、分圓は前の分圓の位置より些しく後れたる位置に發見せらるゝなり。此現象は各分圓に就き相續いて起るべきを以て、結局吾人の眼には分圓が絶えず反對の方向に廻轉しつゝあるが如く映するなり。故に此廻轉の速度を測定し同時に廻轉計に依りて電動機の廻轉數を測定すれば、上記の定義に依り滑を求むる事容易なり。例へば四極電動機の廻轉數一分間七千六百六十五廻轉にして、上記の分圓の廻轉數一分間に百二十回なりとせば、分圓の百二十廻轉は電動機の廻轉數に於て  $\frac{120}{4} = 30$  廻轉に相當するを以て、同期速度は一分間  $1765 + 30 = 1795$  廻轉に等しく滑は  $\frac{30}{1795} = 1.67$  パーセント となるが如し。猶、此の分圓の廻轉數を明瞭に讀むには、分圓の一箇のみ眼界に現はるゝ様、他の部分を掩ひ隠すものとす。

分圓板滑計の他の一種は孤光燈を用ひず、第五百八十圖に示すが如く、誘導電動機軸に取り付けたる分圓板の

外別に同じ電源に接續せられたる小同期電動機の軸にも一箇の分圓板を取付け、此方は誘導電動機に附したる

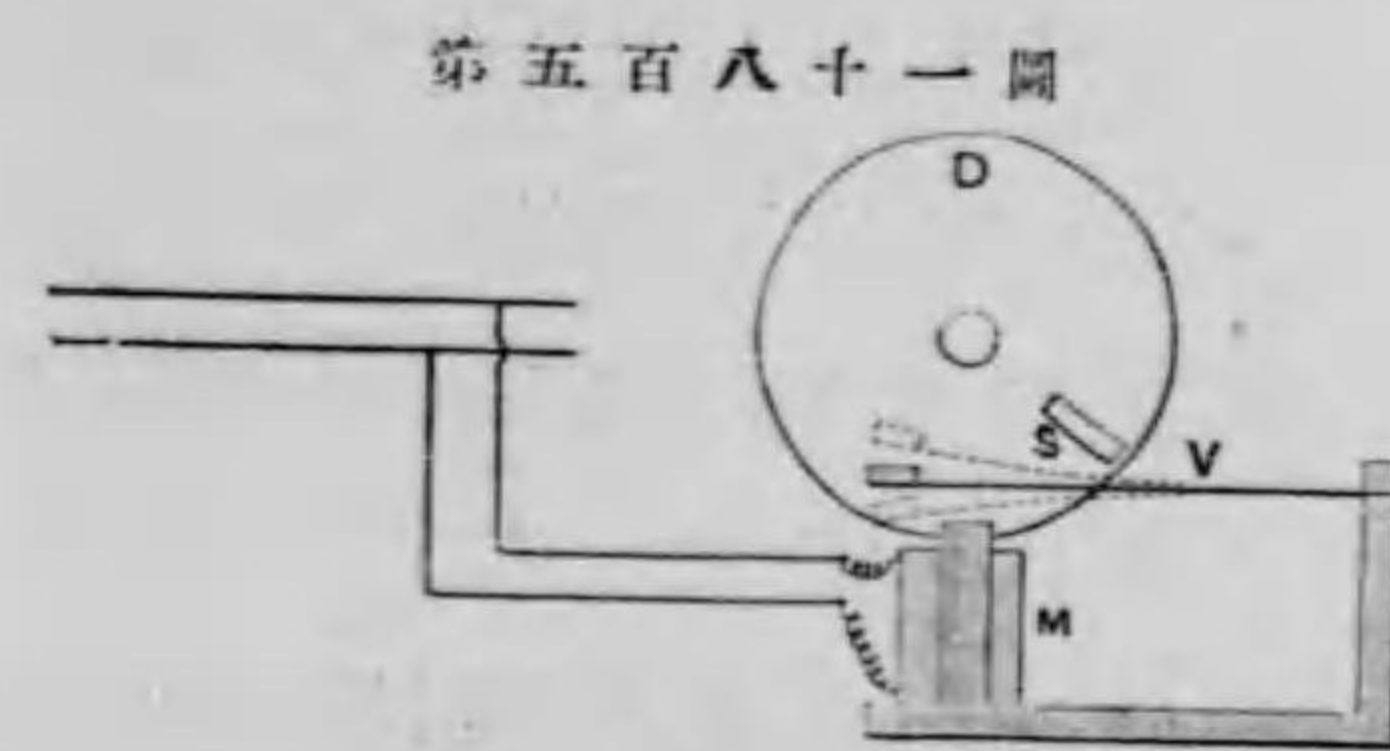


分圓板滑計

分圓板の白色分圓に相當する部分を切抜き置くものとす。而して兩圓板を同時に廻轉し、後の圓板の切抜分圓を通して前の分圓の廻轉を見るものとす。然る時には恰かも眼に近き圓板は靜止し、遠き圓板は兩圓板の廻轉數の差に相當する廻轉數を以て反對の方向に廻轉するが如く見るを以て、此廻轉數を讀み、又一方電動機の何れか一方の廻轉數を測定すれば、前と同様にして滑を決定する事を得るなり。

是等の方法は滑小なる場合に適當し、滑大なる場合には分圓の廻轉の測定困難となるべし。

振動片型滑計 (Vibrating reed type slip-meter) 此滑計に於



振動型滑計

ては第五百八十一圖に示すが如く、振動型周波計に於けると同様なる振動片Vを用ひ、之を電源に接續せる電磁

石Mに依り振動せしめ、周波數を合調せしむるものとす。而して別に誘導電動機の軸に取り付けたる圓板Dに一

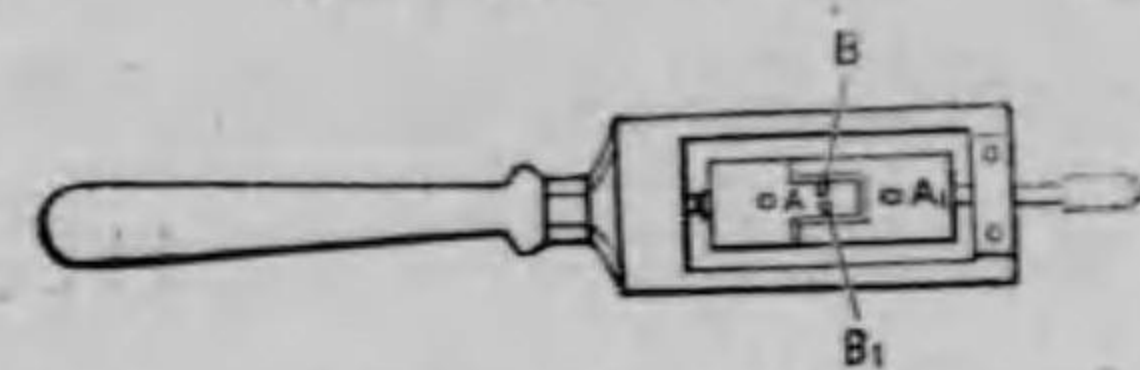


筒の窓 S を設け、之を通じて振動片の運動を見るものとす。此際若し電動機に滑なき時には、振動片は恰も一定の位置に靜止するが如く見へ、滑ある場合には振動片は靜かに上下に振動するが如く見ゆべく、其振動數が滑の大きさを表はす事前と同様の理由に依りて明かなるべし。

### 300. 轉換器型滑計(Commutator type slip-meter)

多數の誘導電動機を絶えず試験するが如き場合には、轉換器型滑計を用ふるを便とすべし。第五百八十二圖に示すは此滑計の構造にして、一の金屬圓環の周りに一定の角度を隔て、絶縁部を置き、圓環を數部に別ち轉換器(Commutator)の用をなさしめ、普通の廻轉計に置けるが如く轉換器の軸を電動機軸の一端に接觸せしめて電動機と同速度にて廻轉せしむ。而して轉換器の表面には四箇の刷子を接觸し、其中二箇 A, A<sub>1</sub> は抵抗と共に之を電源に、他の二箇 B, B<sub>1</sub> は一箇の直流用電流計に接続す。

第五百八十二圖

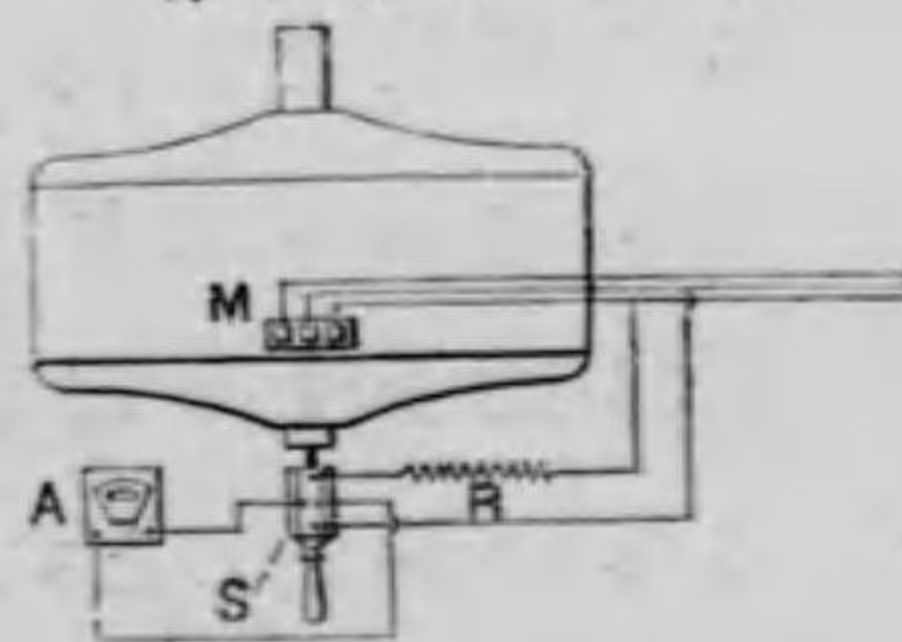


轉換器型滑計

轉換器型滑計を用ふるを便とすべし。第五百八十二圖に示すは此滑計の構造にして、一の金屬圓環の周りに一定の角度を隔て、絶縁部を置き、圓環を數部に別ち轉換器(Commutator)の用をなさしめ、普通の廻轉計に置けるが如く轉換器の軸を電動機軸の一端に接觸せしめて電動機と同速度にて廻轉せしむ。而して轉換器の表面には四箇の刷子を接觸し、其中二箇 A, A<sub>1</sub> は抵抗と共に之を電源に、他の二箇 B, B<sub>1</sub> は一箇の直流用電流計に接続す。

第五百八十三圖は其接続にして、M は電動機。A は電流計。S は滑計。R は抵抗なり。而して轉換器の分割數は、電動機の極數と同一ならしむるを以て、若し電動機が同期速度に於

第五百八十三圖

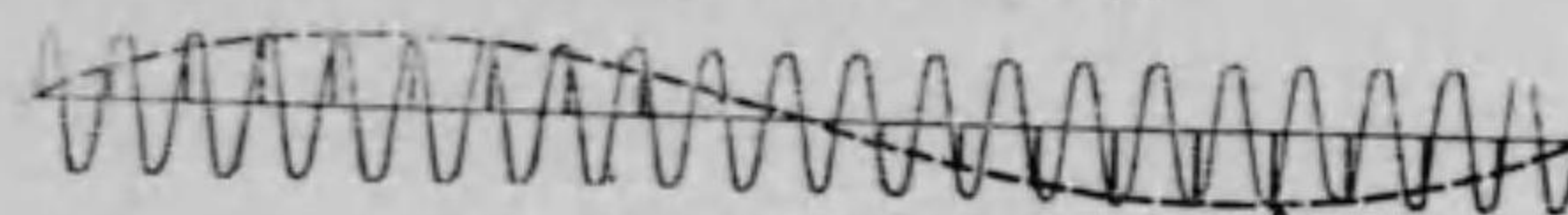


轉換器型滑計

第五百八十三圖は其接続にして、M は電動機。A は電流計。S は滑計。R は抵抗なり。而して轉換器の分割數は、電動機の極數と同一ならしむるを以て、若し電動機が同期速度に於

て廻轉せる時には、電流計に來る電流は常に電源の電壓波の同一點の電壓に基くものなるべきを以て、電流計は一定の指示を爲すべきも、若し電動機に滑ある場合には電流計に來る電流は、電壓波の異りたる點より來るべきを以て、其電流は第五百八十四圖點線にて示すが如き形を爲したるものとなり、電流計の指針は一定の速度を以て絶えず左右に振動すべく、其振動數は即ち滑の大きさを

五百八十四圖

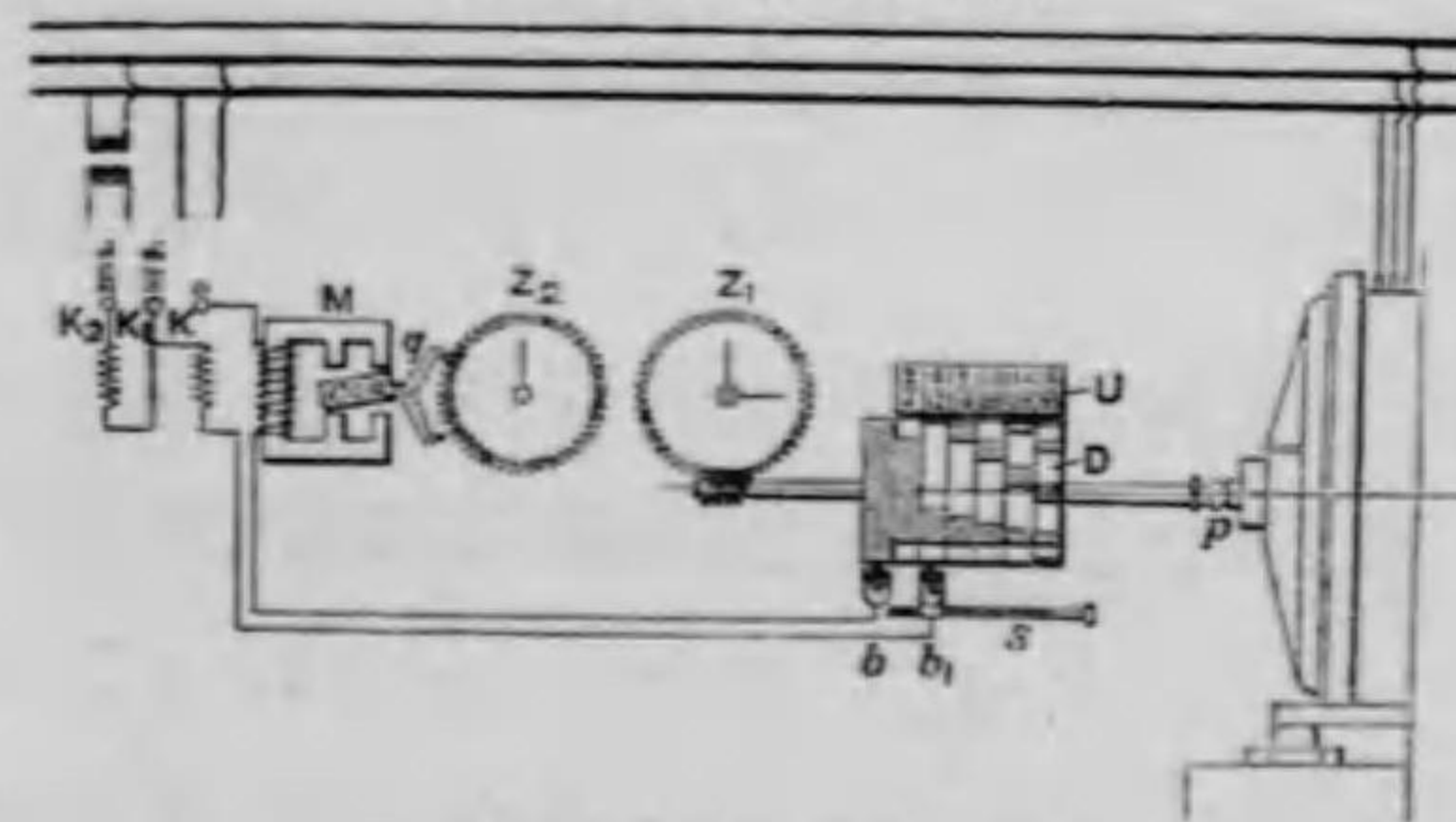


轉換器型滑計

表はす事となるべし。或は電流計の代りに電鈴を用ひ、其鳴動數を數へても可なり。猶、此滑計にても滑餘りに大なる時は測定困難なり。

ビアンシー (Bianchi) の考案にかゝる方法は、上記のものと同原理に依るものなれども、直接滑の數を計量して指示する装置を有するを以て、滑の大なる場合にも使用する事を得べし。第五百八十五圖に於て滑計は p に於て電動機軸と連絡せられ、電動機の廻轉に依り轉換

第五百八十五圖



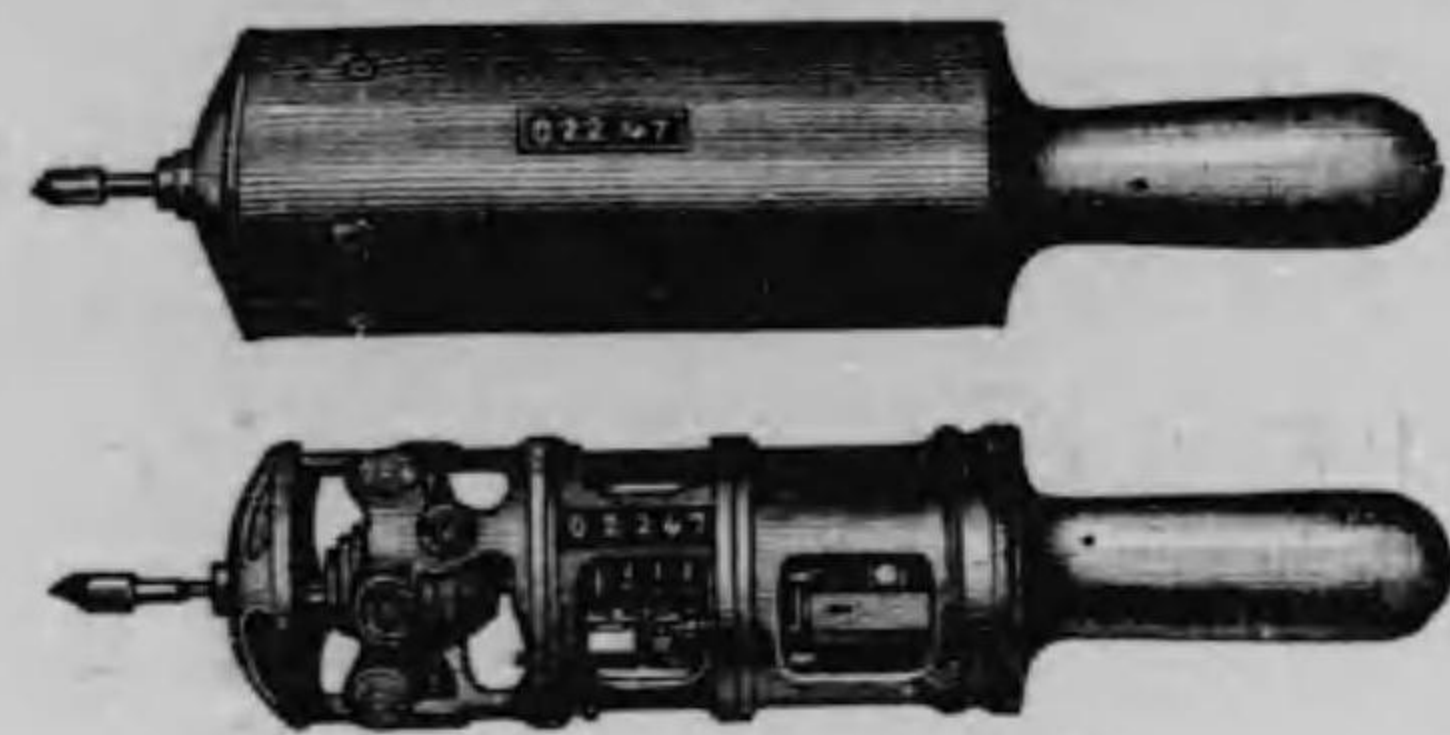
ビアンシー滑計

も使用する事を得べし。第五百八十五圖に於て滑計は p に於て電動機軸と連絡せられ、電動機の廻轉に依り轉換



器 D に依りて送らるゝ電流は、電磁石 M の捲線に入り、交互に反對の極に之れを勵磁すべきを以て、其兩極間に支持せらるゝ永久磁石 C を動かし、 $q$  なる鈎により  $Z_2$  の車を廻轉するを以て、齒車仕掛に依り滑の全數を計量する事を得。又一方電動機軸の廻轉數は普通の廻轉計に依り齒車  $Z_1$  に依り計量せらるゝを以て、同一の時間中に於ける  $Z_1, Z_2$  の廻轉數を讀めば、其れより滑を計算する事を得るなり。而して此滑計は電壓の高さに依りターミナル  $K, K_1$  又は  $K, K_2$  に依りて電源に接續せられ、高き電壓に對しては變壓器を使用するものとす。D には種々

第五百八十六圖



シーメンス滑計

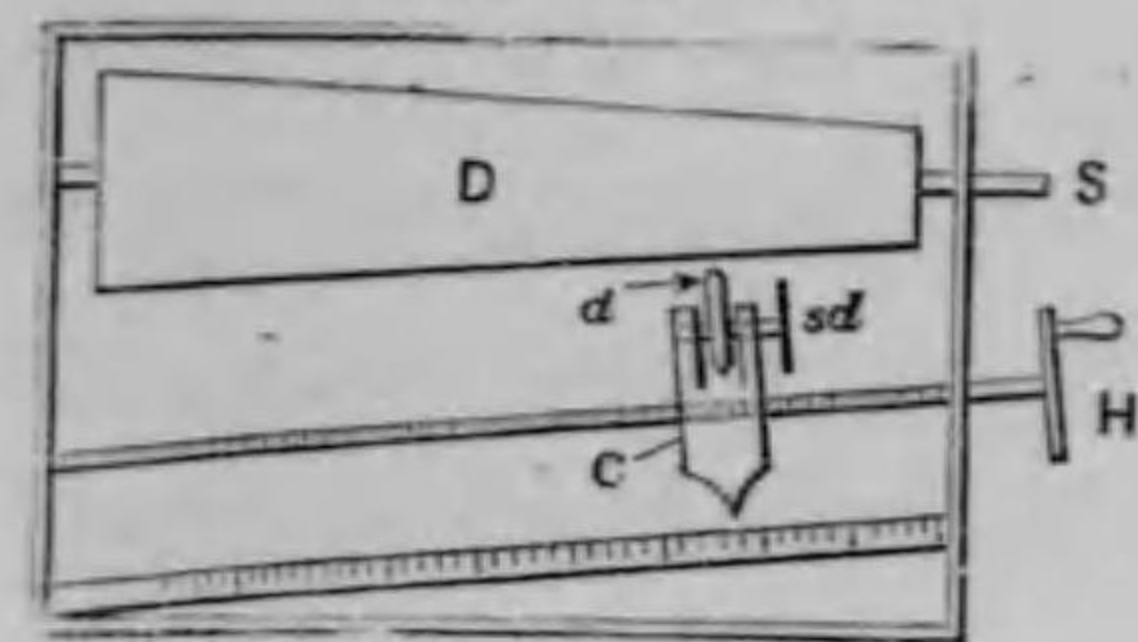
なる極數に對する轉換器を附し置き、 $b_1$  の刷子を S なる捻子にて動かし任意の極數に使用する事を得。其極數は U なる尺度の上に表はさる。第五百八十六圖は獨逸シーメンス製此種滑計の外形を示す。

301. 直讀型滑計 (Direct reading type slip-meter)

以上述べたるものは何れも電動機速度と同期速度との差を計り、計算に依りて滑を決定すをものなるが、第五百八十七圖に示すは計算を用ひず、目盛に依り直ちに滑を指示する滑計なり。圖中 D は一箇の圓錐筒にして、S なる

る電動機軸に依りて廻轉せらる。d は一箇の車にして其位置は H なる把手を廻轉し、C なる臺を動かす事に依り、D の表面に沿ひて動かす事を得。而して d の端は彈條に依り軽く D の表面に接觸せしめらるゝ

第五百八十七圖



直讀型滑計

を以て、D の廻轉と共に d も廻轉す。sd は d と同一軸に依り廻轉する圓板にして、其表面に白色の分圓を畫きある事前に述べたる分圓板滑計に於けると同様なり。d の大きさは D の最小部に於ける大きさと等しく、即ち d が D の最小部に接觸する時には D の廻轉と d の廻轉とは同一となるものにして、d が夫より左へ動くに従ひ、d の廻轉は D の廻轉よりも早くなる事明かなり。而して sd を同じ電源に接續せる弧光燈にて照したる時分圓が靜止する如く見ゆれば即ち同期速度にある事前に述べたる如くなるを以て、H を廻轉して d の位置を變へ、分圓の靜止する状態迄進ましむれば其時の d の位置は直接滑を表はす事明かなり。故に d の位置を示す爲に尺度を設け、d が D の最小部にある時を滑計の目盛りの零と爲せば、其他の目盛は各部に於ける D の太さによりて定まるべく、最小部二吋、最大部二吋半、長さ五吋の圓錐にて零より二十パーセント迄の滑を〇・二パーセントの精密度を以

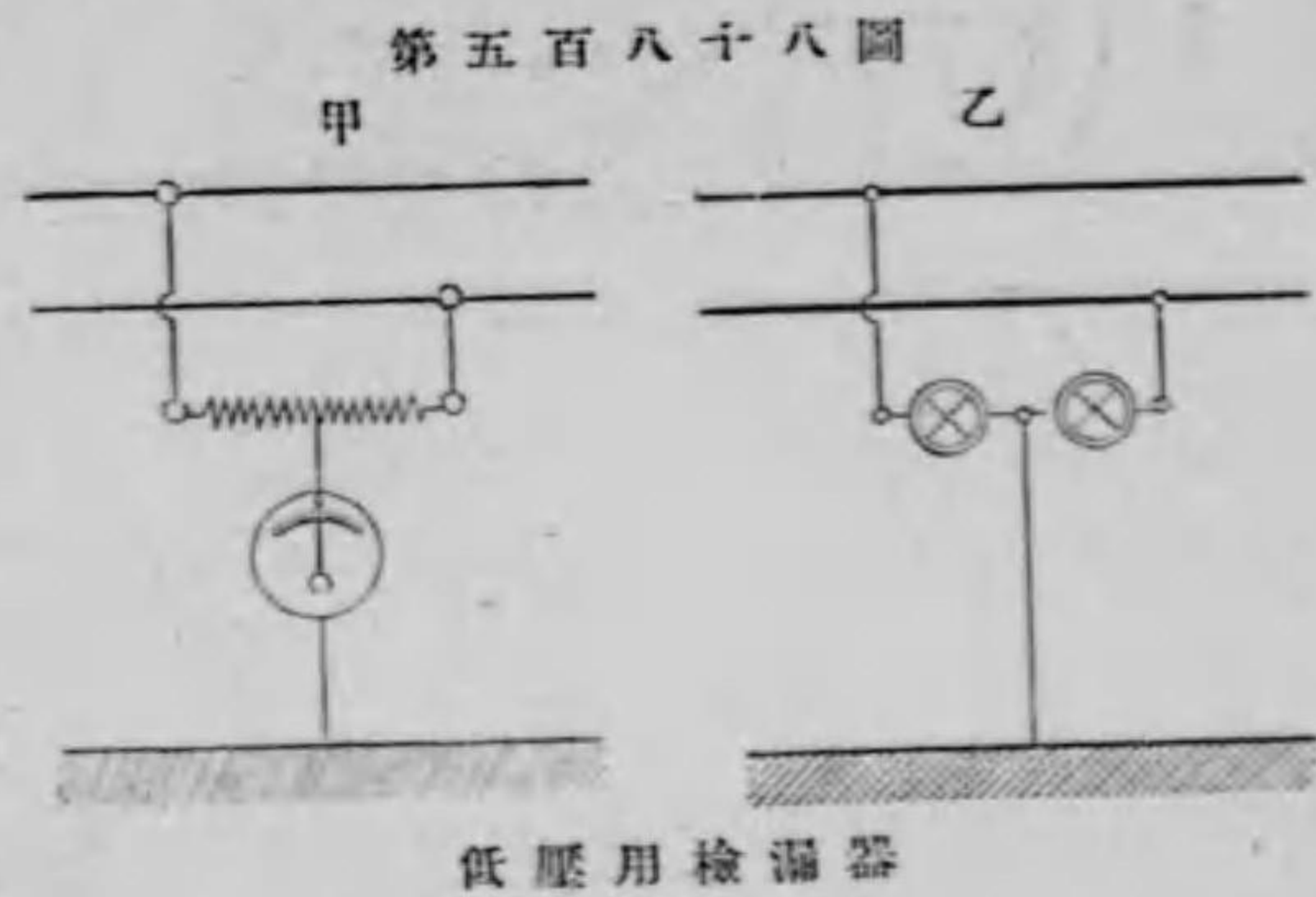


て測定する事を得。猶此の滑計に於て *sd* の圓板に變ふるに轉換器と電流計とを用ひ、電流計の偏れ一定なる時を見、其時の目盛より滑を測定する方法を用ふれば更に精密なる結果を得べし。

### 第四節 検漏器及検壓器

#### 第一項 検漏器

**302. 低壓用検漏器** 検漏器 (Ground detector or Leakage indicator) と稱するは線路に漏洩の有無を直接指示する器具にして、其低壓回路に使用せらるゝもの多くは零を中心に左右に目盛を有する一箇の電圧計なり。之を第五百八十八圖甲に示すが如く、兩線間に接続せる抵抗の中點と大地との間に接続し置けば、兩線共絶縁完全にして漏洩なき場合には電圧計の指示零なるも、若し何れか一方に漏洩ある時には電圧計中には電流通じ、従つて

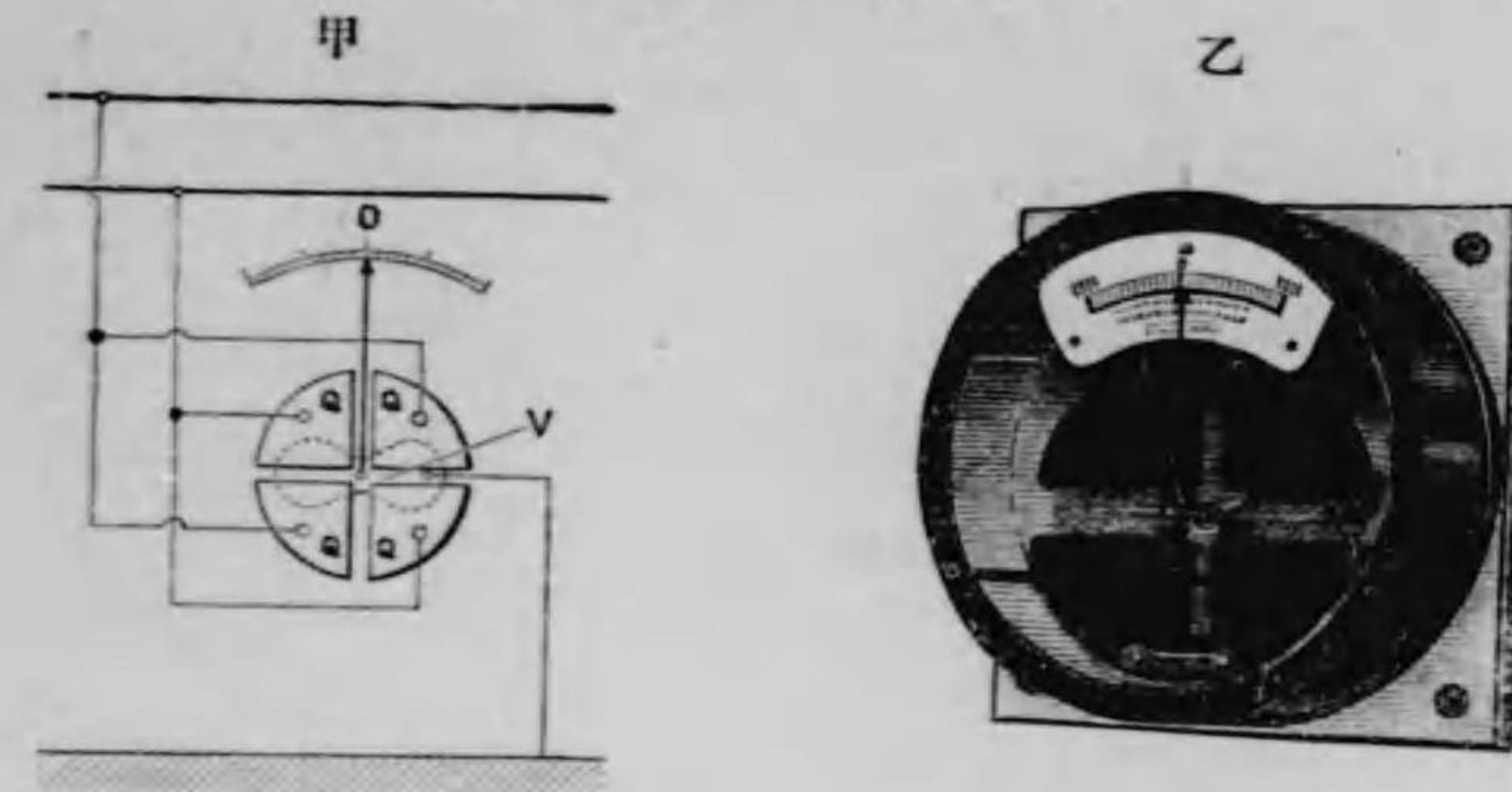


指針は一方に偏れを生ずべし。而して此時の電圧計指示と其抵抗より絶縁抵抗の測定を爲し得べき事は、第六章中に詳述したり。猶ほ簡単に漏洩を知らんとするには

は、同圖乙に示す如く、二線間に適當なる數の白熱電燈を接続し其中點を接地せば可なり。此場合線路に漏洩なき時には、電燈は薄明りを以て點火せらるれ共、何れか一線に地氣ある場合には其側にある電燈は消滅し、他方の電燈は全電壓を以て明光を發すべきを以て、之にても漏洩の有無を確むる事を得べし。

**303. 高壓用検漏器** 高壓の場合には多くは静電型検漏器を用ふ。静電型検漏器の構造は象限電位計と殆ど同一にして、第五百八十九圖甲に示すは單相式に

第五百八十九圖



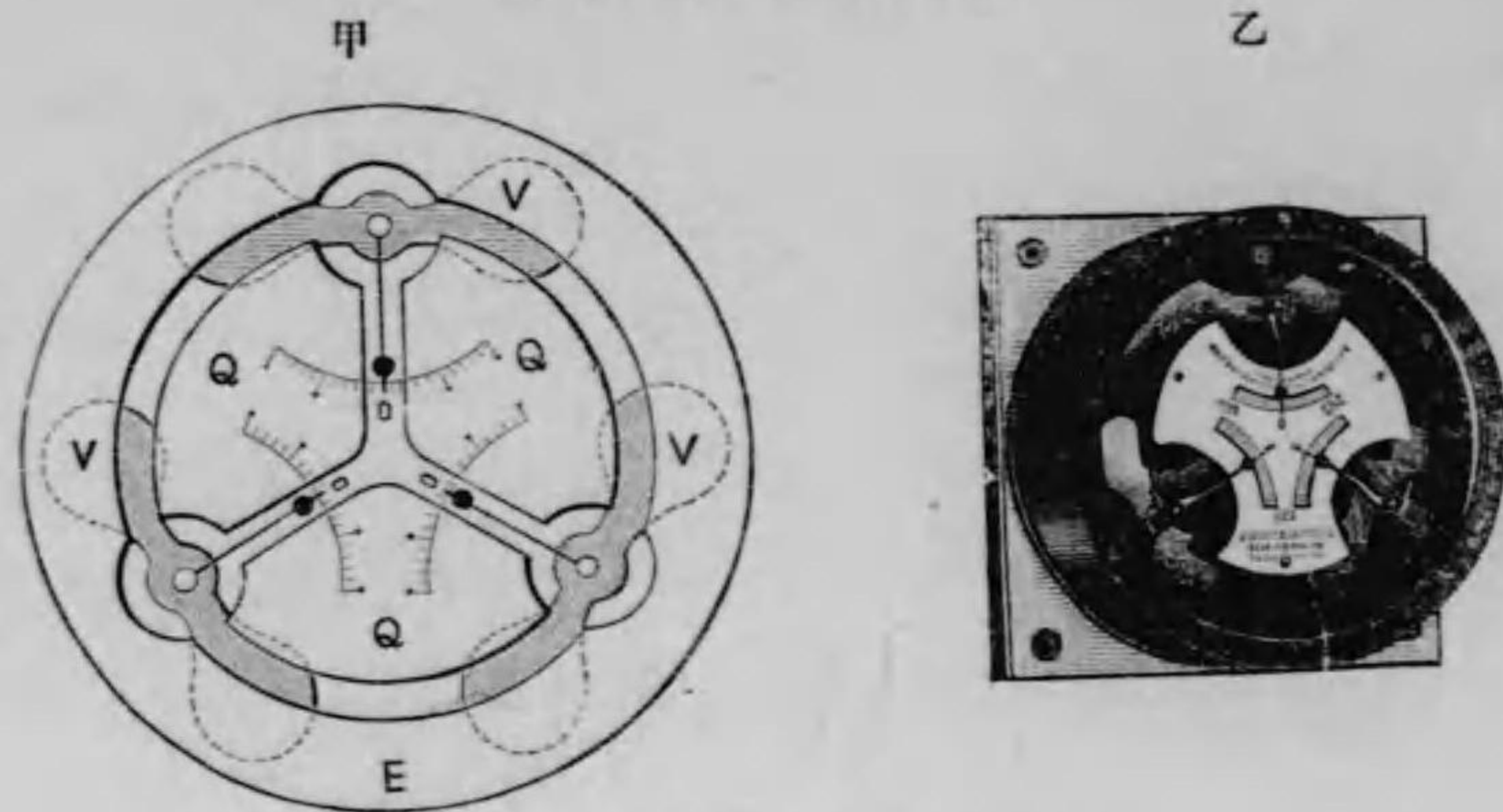
ゼネラル單相式検漏器

用ふる検漏器の一種にして、米國ゼネラル・エレクトリック・コムパニー (General Electric Co.) の製作に係り、四千四百ヴォルト乃至一萬一千ヴォルトの電壓に使用せらるゝものなり。四箇の象限 *Q* は二箇宛接続せられ二組と爲し、之を線路の二線間に接続し、可動片 *V* は之を接地するものとす。兩線共に漏洩なき場合には、兩組の象限の可



動片に對する引力平均するが爲め、可動片は靜止し、之に附したる指針は目盛の零を指すも、若し一方に漏洩ある場合には、其方に接続せる象限と可動片との間の引力減じ、可動片は他方の象限に多く引かるゝを以て指針は目盛の一方に傾くべし。猶ほ目盛は等分せられあるも殆ど意味を爲さず。同圖乙は其全形を示す。之を三相式回路に使用する場合には五百九十圖甲に示す如く象限

第五百九十圖



ゼネラル三相式検漏器

Qを三箇に變じ、之を三相式の三線に接続し、別に各象限の周圍に一箇の環狀片Eを置き、之を接地し、三箇の可動片Vは各箇の象限と環狀片との間に装置せられ接地せらる。三線共漏洩なき時には各可動片に加はる引力平均する爲め可動片は兩象限の中央に靜止し、指針は零を指せども其何れかに漏洩ある時には、其接続せる象限と可動片との間の引力減ずる爲め、之に隣れる二箇の可動

片は他の象限に引かれ、可動片に附したる指針は漏洩ある線を接続せる象限の方に近づくべきを以て、之に依り漏洩ある線を發見する事を得べし。第五百九十圖乙は其全形を示す。猶ほ低き電壓に對しては第五百九十一

第五百九十一圖

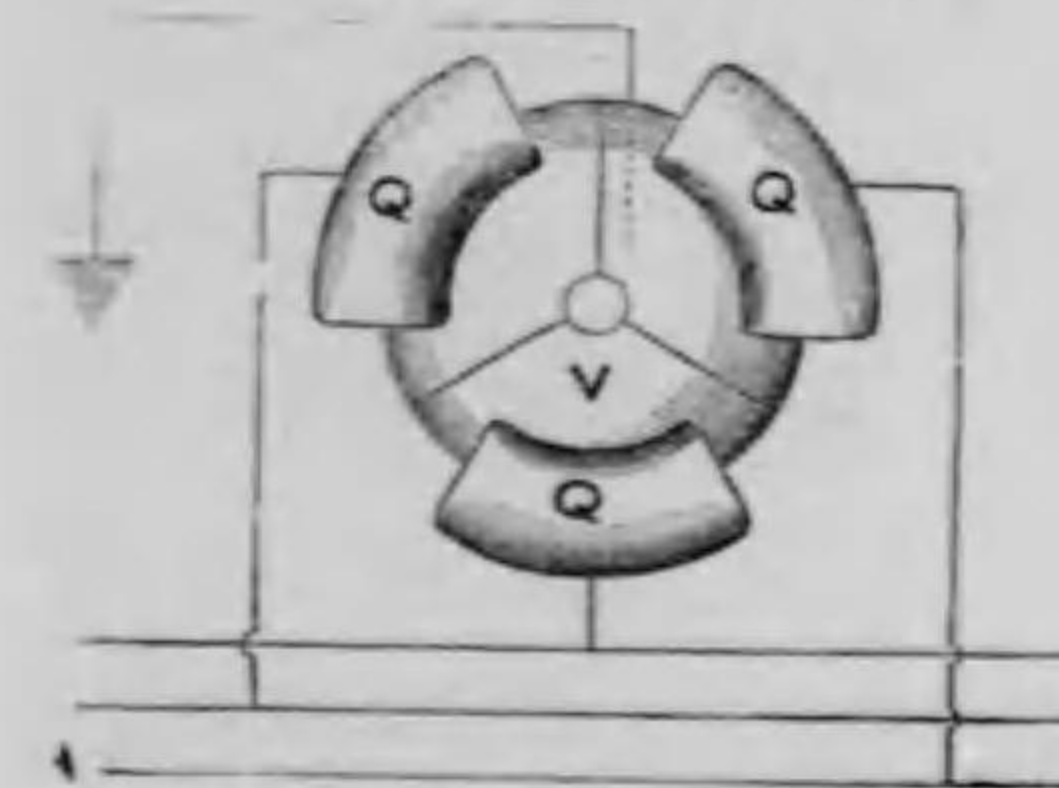


ゼネラル低壓檢漏器

圖に示す如く三箇の單相用檢漏器を同一函内に藏めたるものを使用す。各單相用檢漏器は圖に示すが如く分圓壘形を爲せる四個の象限と、同じく分圓壘形の可動片とより成るものとす。

第五百九十二圖に示すは、米國ウエスチングハウス (Westinghouse) 會社の製作する三相式檢漏器の一種の構造にして、三箇の象限Qと一箇の可動片Vとに依りて成り、可動片は半球形をなし總ての方

第五百九十二圖



ウエスチングハウス檢漏器

向に可動なるを以て、一線に漏洩ありて其象限との引力減ずる時には、他の兩象限に引かれて可動片は漏洩ある線より他の線の方に動くを以て、其線の漏洩を知る事を得べし。此

檢漏器には別に指針なく、直接可動片の運動を見て漏洩を知るものとす。極めて高き電壓に使用する場合には



蓄電器又は黒鉛抵抗を直列に接続して検漏器に加はる電圧を降下せしむ。

### 第二項 検 壓 器

304. 検 壓 器 (Voltage detector) 線路に電圧の加はれる事を指示する目的に使用する検壓器の構造に關しては第三章中に之を述べたり。而して検壓器は又検漏器としても使用する事を得べく、線路に漏洩ある場合には検壓器の可動片は充分に開かざるべし。

## 第九章 自記測定器

### 第一節 直働型自記測定器

305. 總 說 自記測定器 (Recording instruments) 一名圖示測定器 (Curve drawing instruments or Graphical instruments) とは、時間と共に變化する各種の電氣量の各瞬間の値と、其變化の模様とを圖紙 (Chart) の上に記録する測定器にして、通常電流、電壓、電力、力率及び周波數の記録に適する測定器の製作せらるれど、其他如何なる量に對しても自記測定器を作る事を得べく、前章迄に述べたる各種の測定器の指針にペンを附し、時計仕掛に依り絶えず進行する圖紙の上に各瞬間の値を記録せしむれば可なり。然れども普通の指示測定器の動作装置を其儘使用して自記測定器と爲す時には、其廻轉力はペン(多くの場合はインク容器共)を動かし、ペンと圖紙との摩擦に打勝ち、正確なる記録を爲すに不充分なるを以て、記録測定器に對しては特に大なる廻轉力を有する動作装置を用ひ、又急激なる變化に對してペンを躍動せしめざる様、強力なる制動装置を備へざるべからず。其爲、測定器内の損失を増加するは止むを得ざる所なり。猶ほ摩擦の影響を避くる爲にペンと圖紙との接觸を間歇的ならしめ、常時は兩者



を離し置く方法及びペンを用ひずして火花に依り圖紙に孔を穿ち記録する方法も用ひらる。而して上記の方法は何れの場合にも測定器自身の廻轉力を用ひてペンを動かす方法なるに依り、之を直働型 (Direct acting type) と稱す。之に反してペンを動かす力は之を補助電源より取り、測定器の廻轉力は唯だ此補助電源を開閉すべき接觸子を動かすに止まる型のもは、繼電器型 (Relay type) と稱せられ、此場合にはペンと圖紙との摩擦大なりとも、其爲め測定器の確度を害する憂なし。

第五百九十三圖 甲

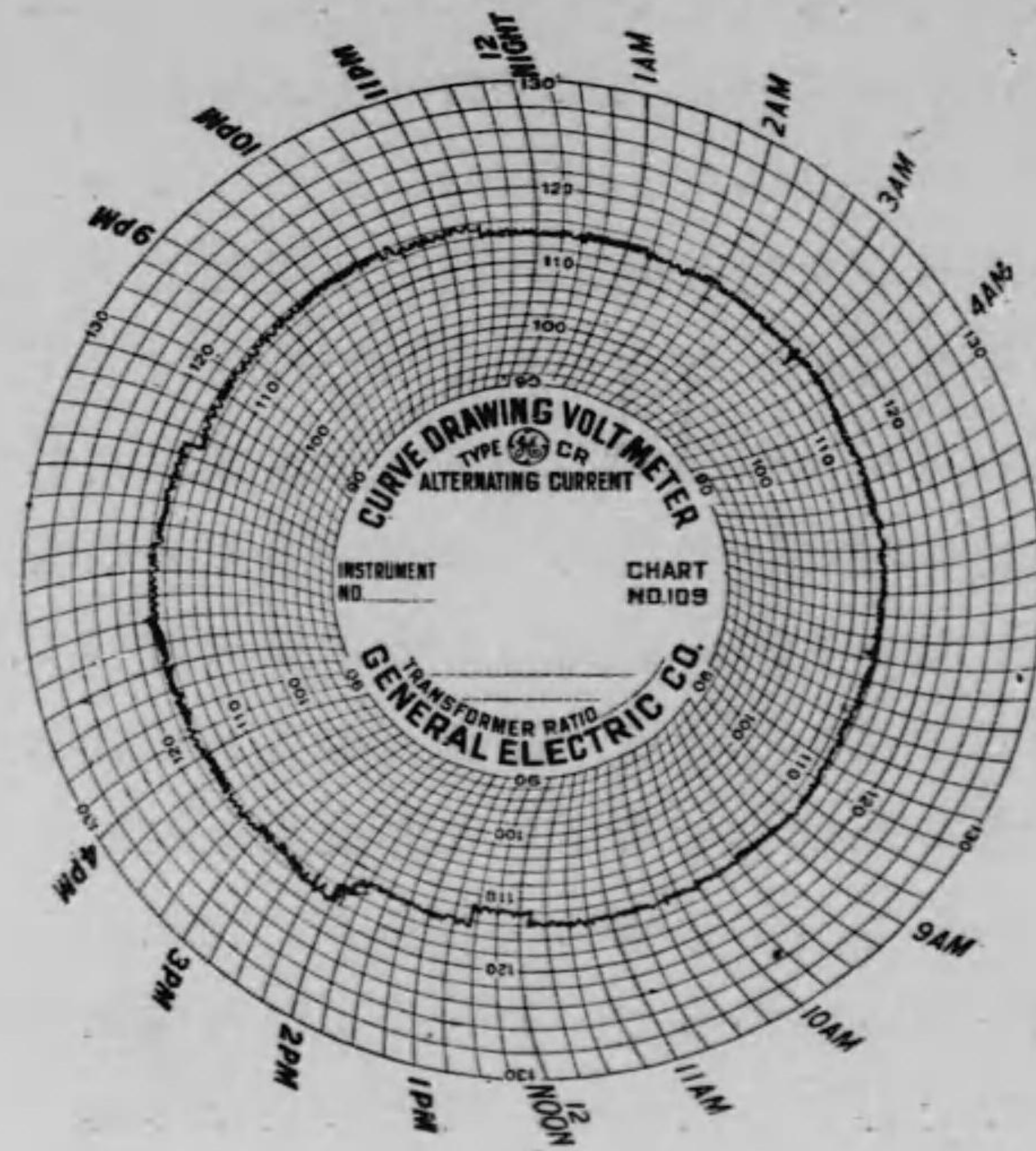


圖 紙

圖紙は圓形又は矩形を爲し、圓形圖紙 (Circular chart) の場合には時計仕掛に依りて、圖紙は其中心の廻りに廻轉するものなるを以て、第五百九十三圖甲に示すが如く圓周に沿ひて時間の目盛を爲し、各時間を表はす線は指針を半徑とする圓弧を畫き、又電氣量の目盛は同心圓を以て

第五百九十三圖 乙

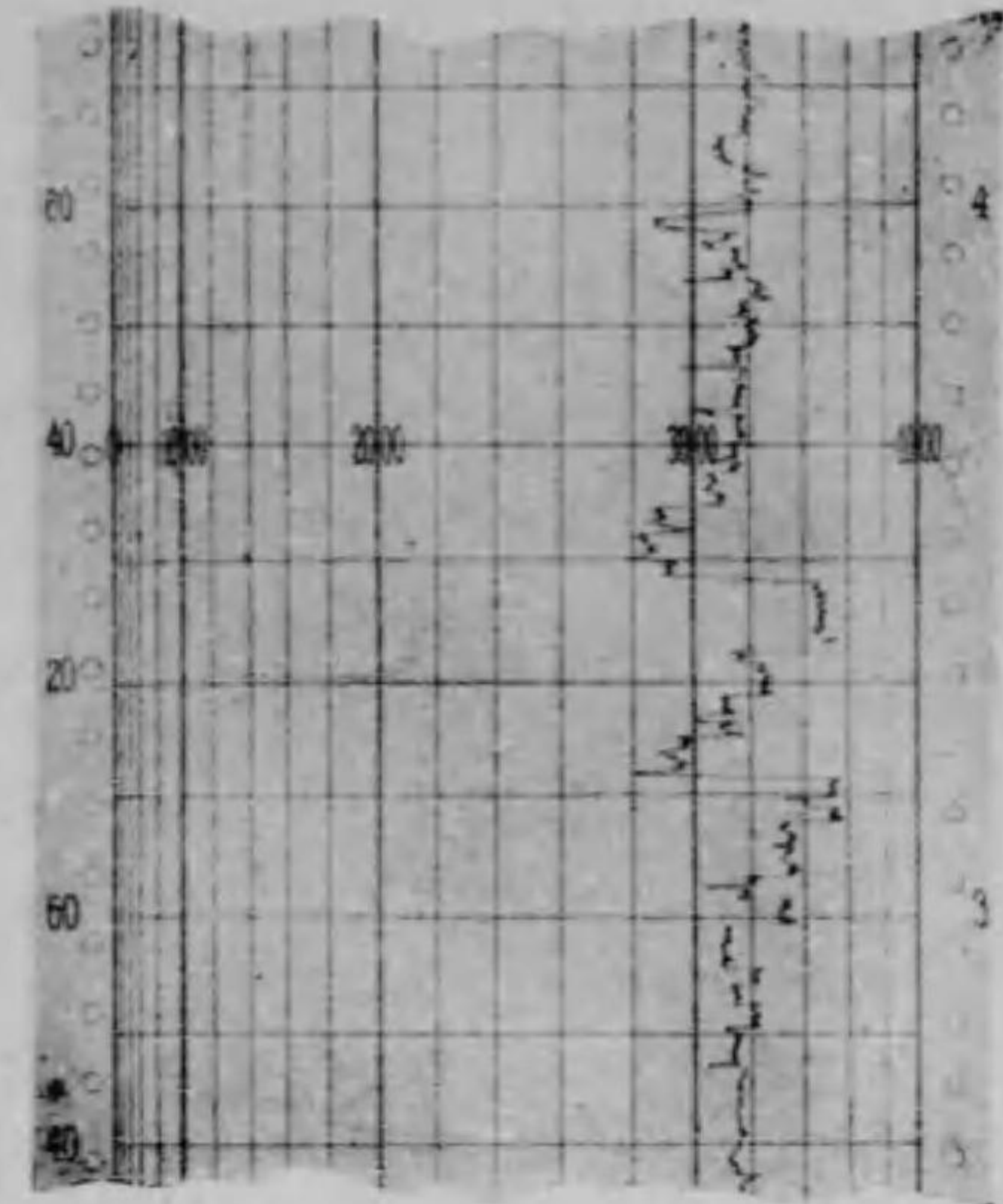
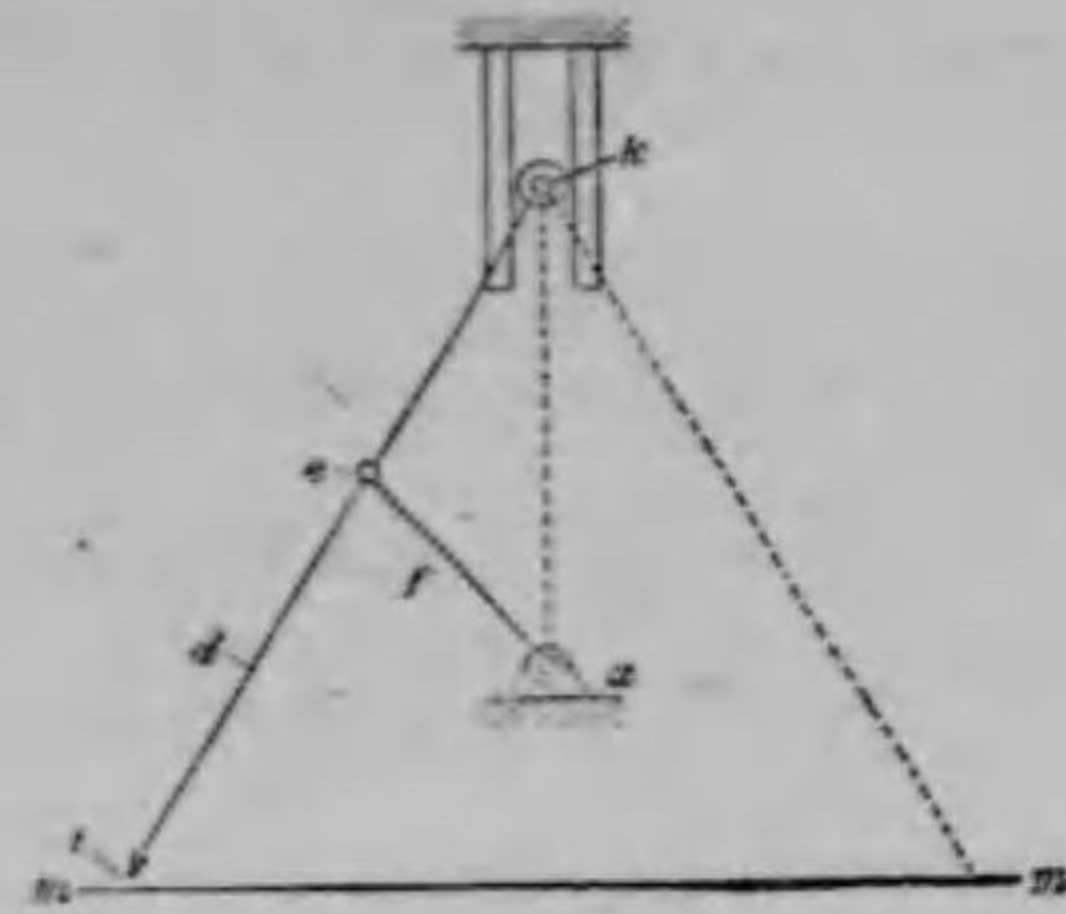


圖 紙

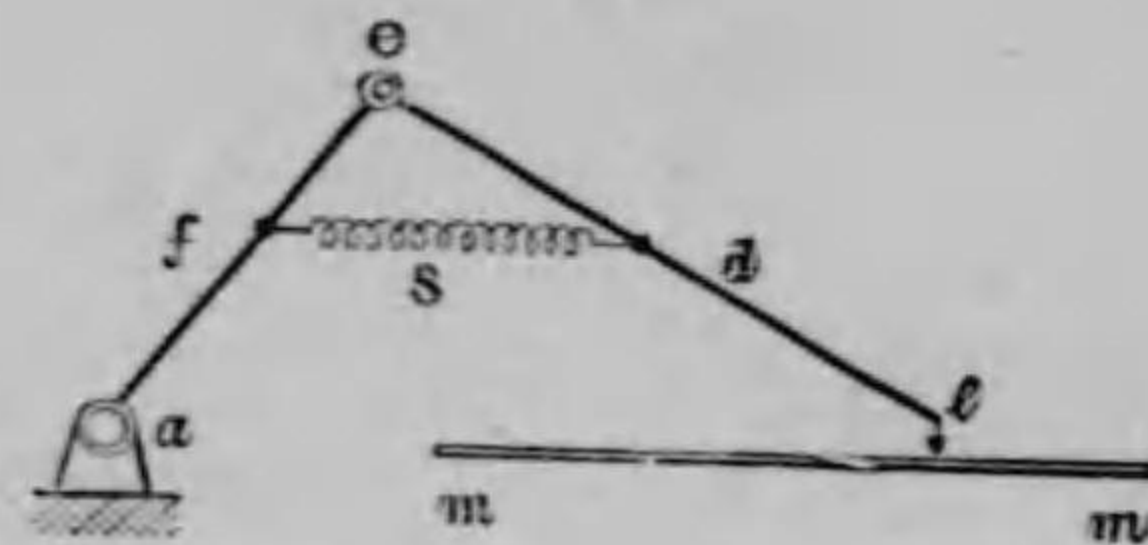
表はさる。而して圓形圖紙の場合には圖紙は一定時間毎に之を取換へざるべからず。又矩形圖紙 (Rectangular chart) の場合には圖紙は順次其一側又は兩側に穿てる孔に入り來る角出車 (Sprocket wheel) の角に依りて進行せしめらるゝものなるを以て、時間の目盛は圖紙の進行の方法に沿ふて盛られ、圖の如く直線をなすか或は指針を半徑とせる圓弧をなし、電氣量の目盛は進行の方向に平行なる線にて表はさる。而して此場合に於て時間の線をして直線たらしむる爲には、指針の運動する場合にペンの運動が常に直線となる様、特別の装置を必要とする事明かなり。第五百九十四圖甲に示すは、多くの自記測定



第五百九十四圖 甲



乙

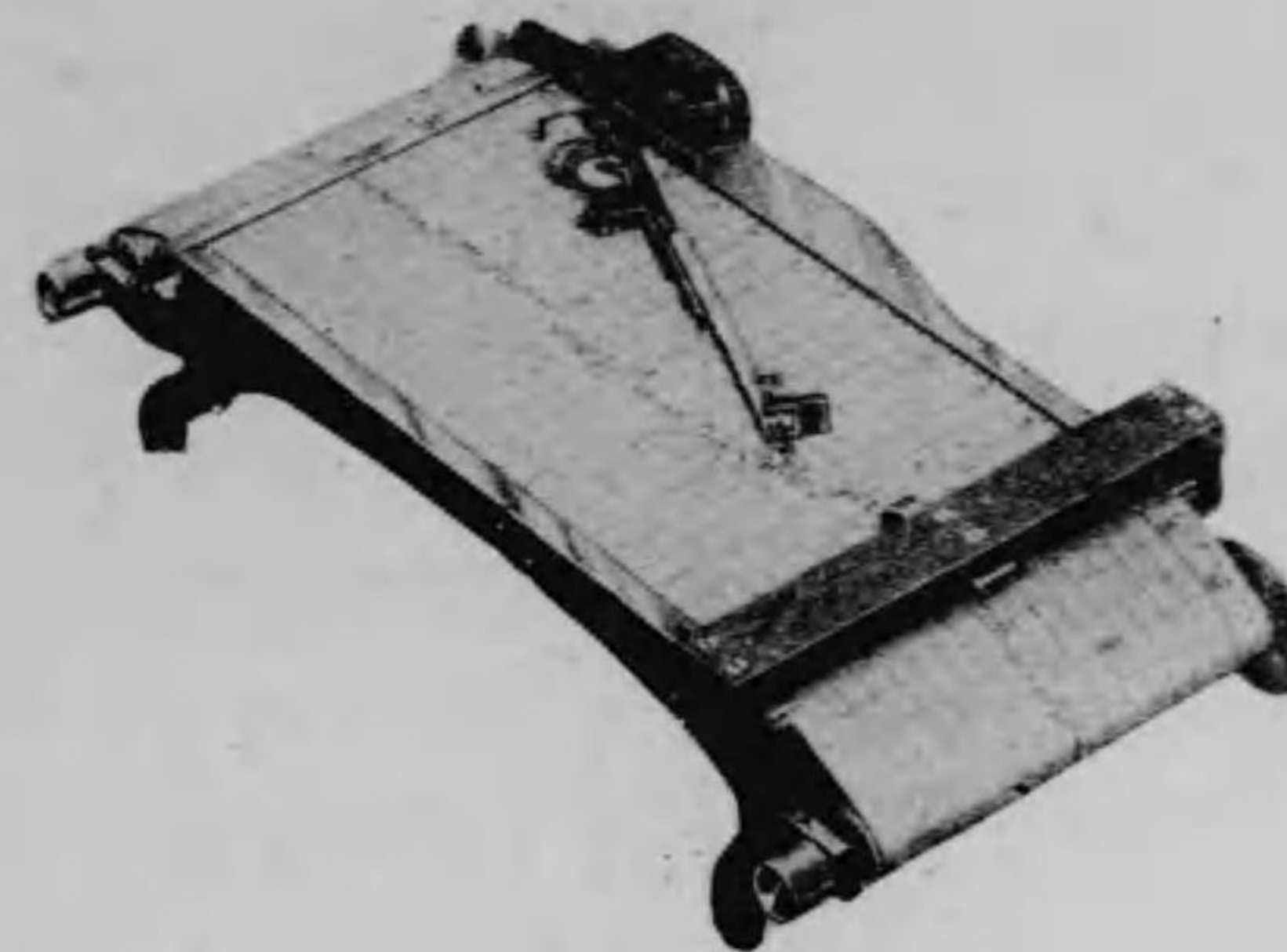


ペンの直線運動

器に用ひらるゝ方法にして、 $a$  は測定器軸よりの廻轉を受くる軸にして、其廻轉に依り槓杆  $f$  は垂直線の左右に動くものとす。ペンは  $d$  なるペン支持杆の一端  $l$  に装置せられ、 $d$  の他端は  $k$  なるローラーに依り、溝に沿ひて上下する構造とす。又  $d$  と  $f$  との接合點  $e$  はピン接続に依りたるを以て、 $f$  が垂直線の左右に運動する場合には、 $k$  は上下に運動し、従て  $l$  は  $mm$  なる直線の上を動く事となるべし。獨逸シーメンス、米國ウエスチングハウス等の自記測定器のペンの直線運動は此方法に依れり。而してウエスチングハウスの場合には  $ek=el=ea$  と爲さる。又他の方法は米國ゼネラル、エレクトリック、コムバニーの自記測定器に用ひらるゝ方法にして、第五百九十四圖乙に示すが如く、廻轉軸  $a$  と共に動く槓杆  $f$  と、一端  $l$  にペンを附したるペン支持杆  $d$  とは、 $e$  に於てピンに依り接続せられ、 $l$  は  $mm$  なる圖紙の上を動く。而して  $f, d$  の間には弱き彈條  $s$  を張りたるを以て、 $f$  が左右に運動するに従ひ、彈條は伸縮しペン  $l$  は  $m$

$m$  の上を左右に動き、其運動は直線的となるものなり。斯の如き方法に依り縦横共に直線目盛を有する圖紙を用ふれば、其上に記録せられたる曲線は直角坐標を有する事となり、其形に沿ひプランニメーターを用ひて面積を測定し電氣量の平均値を測定し得る便あり。第五百九

第五百九十五圖



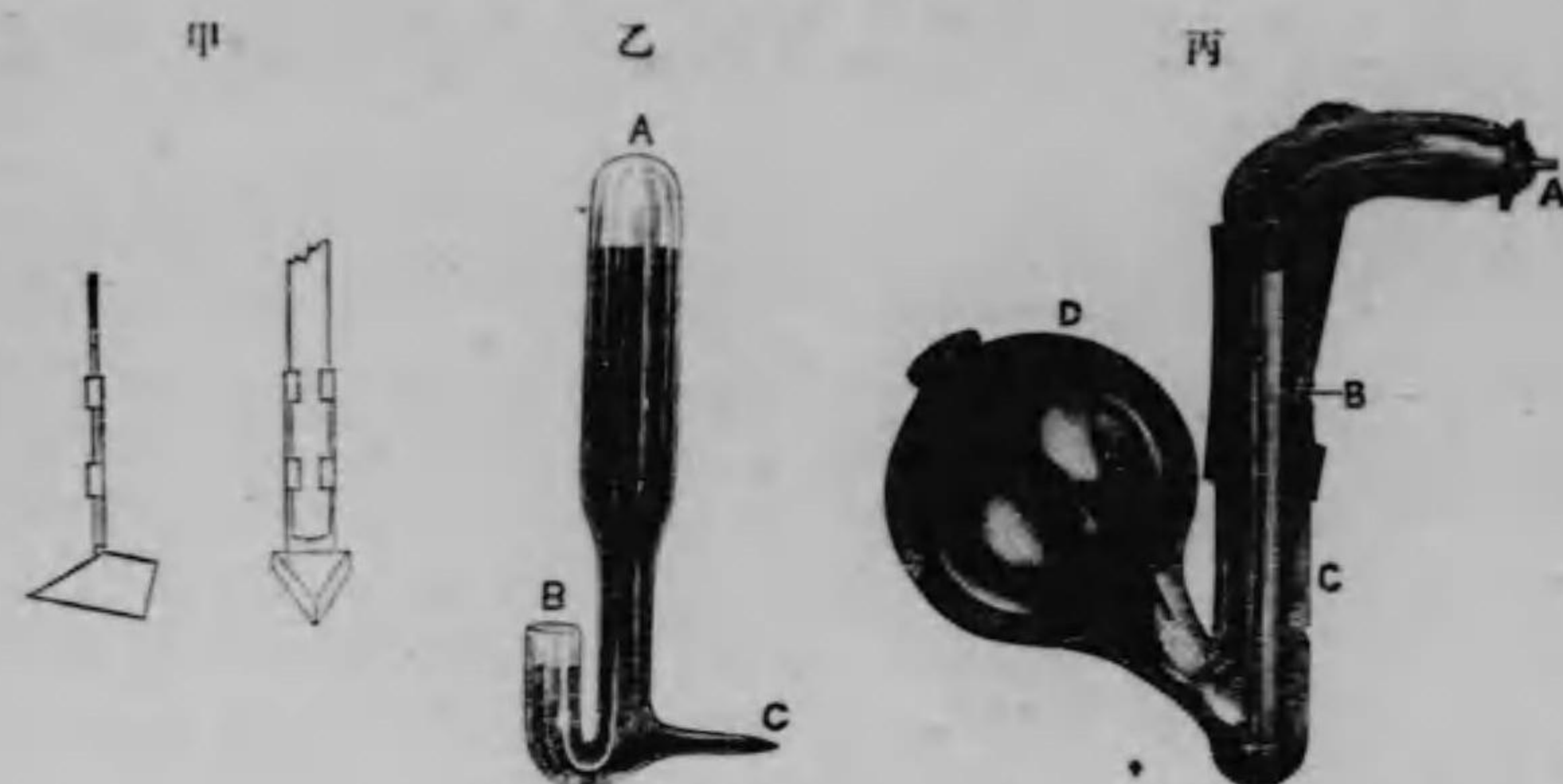
平均値の測定

十五圖に示すは測定器より取外したる圖紙よりプランニメーターを應用し面積を測定する装置にして、シーメンスの製造に係るものなり。

次に圖紙に記録する爲には、インクを充せるペンを用ふるか、或は針の尖端を以てタイプライター、リボン又は炭素紙を圖紙に押し付け、或は全くペンを用ひずして火花放電に依り圖紙に孔を穿つ方法に依るものとす。而してペンにインクを供給するには、或は第五百九十六圖甲に示すが如く、ペンを V 形に作り直接其内にインクを貯ふる場合もあれど、インクの容量少なく、絶えずインクを供給せざるべからざる手数あるを以て、多くは大なるインク容器を用ふ。同圖乙はウエスチングハウス測定



第五百九十六圖



ペン及びインク容器

器に用ひらるるものにて、硝子管を曲げて其一端 A を閉ぢ、下端より突出せる岐管 C の尖端に小孔を穿ち、之よりインクを出して圖紙の上に記録するものにして、インクを入れるには管を逆にし、B より注入するものとす。B の端は開き居るが爲め、假令 A 中のインクの高さ B 中のものより高き場合にも、B よりインクの流出するが如き事なし。此方法の利益はインクの蒸發少く、且つ其中の沈澱物が C 管に流れ出て、其口を塞ぐ事なき點にあり。A に充分インクを満せば、能く二ヶ月間の使用に堪ふ。同圖丙はゼネラル、エレクトリック、コムパニーの使用するものにして、毛細管を利用せるものなり。A なるペンの尖端はイリヂユウムの細き管より成り、B なる硝子細管に連絡す。B は C なる硝子管中に保持せられ、其端に D なる硝子球を附す。D 中にインクを貯ふれば毛細管現

象に依りインクは吸ひ上げられ、A の口より流出するものとす。一週間の使用に堪ゆ。猶、インクを用ひず火花に依り圖紙に孔を穿つ型にては、一定時間毎に誘導線輪を放電せしめて紙に孔を作り、其孔を連結して一の曲線を爲さしむるものにして、其構造に就きては後に記述する所あらん。

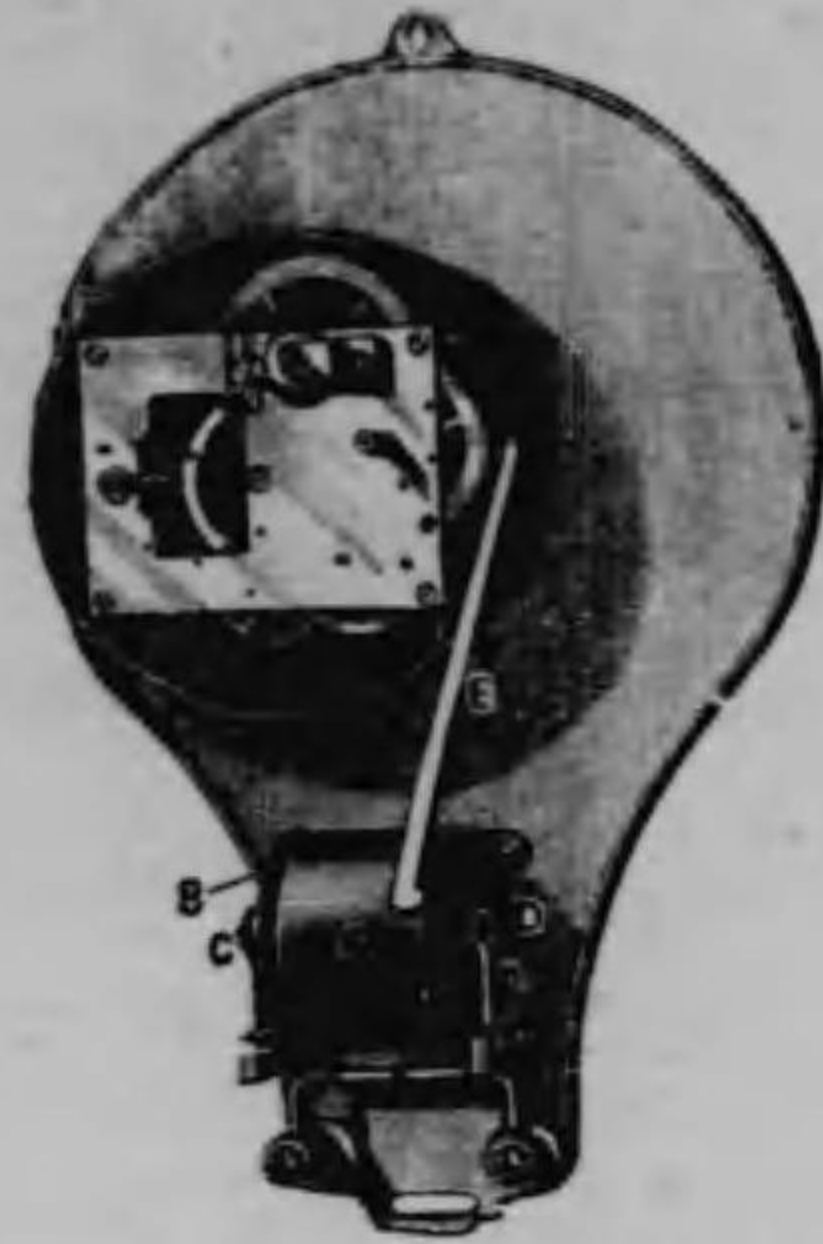
時計仕掛は普通の手捲時計を用ふる場合にありては、一定日毎に之を捲上ぐる必要あり。或は電氣を用ひ自動的に捲く方法も用ひらる。圖紙は一定速度を以て漸次繰り出され、使用済みのものを更に捲き取る装置を有するものもあり。而して一定の時間毎に記録を爲す型にては、平常は圖紙とペンとは離れ、記録の時刻にのみ接觸する様、時計に特別の装置を附するものとす。

**306. ペンを用ふる自記測定器** ペンを用ひて記録するものに常時ペンが圖紙と接觸する型と、間歇的に記録する時のみ接觸する型との二種あり。本項に記述するものは總て前者に屬し、後者に就きては別項中に記述せん。

**ブリストル自記測定器**(Bristol Recording instruments) 米國ブリストル製の自記測定器は、直働型自記測定器中最も古きものにして、圓形圖紙を用ひ十二時間又は二十四時間に一廻轉するを以て、其度毎に新しき圖紙と交換するものとす。動作部分の構造は電流計に對しては可動鐵



第五百九十七圖

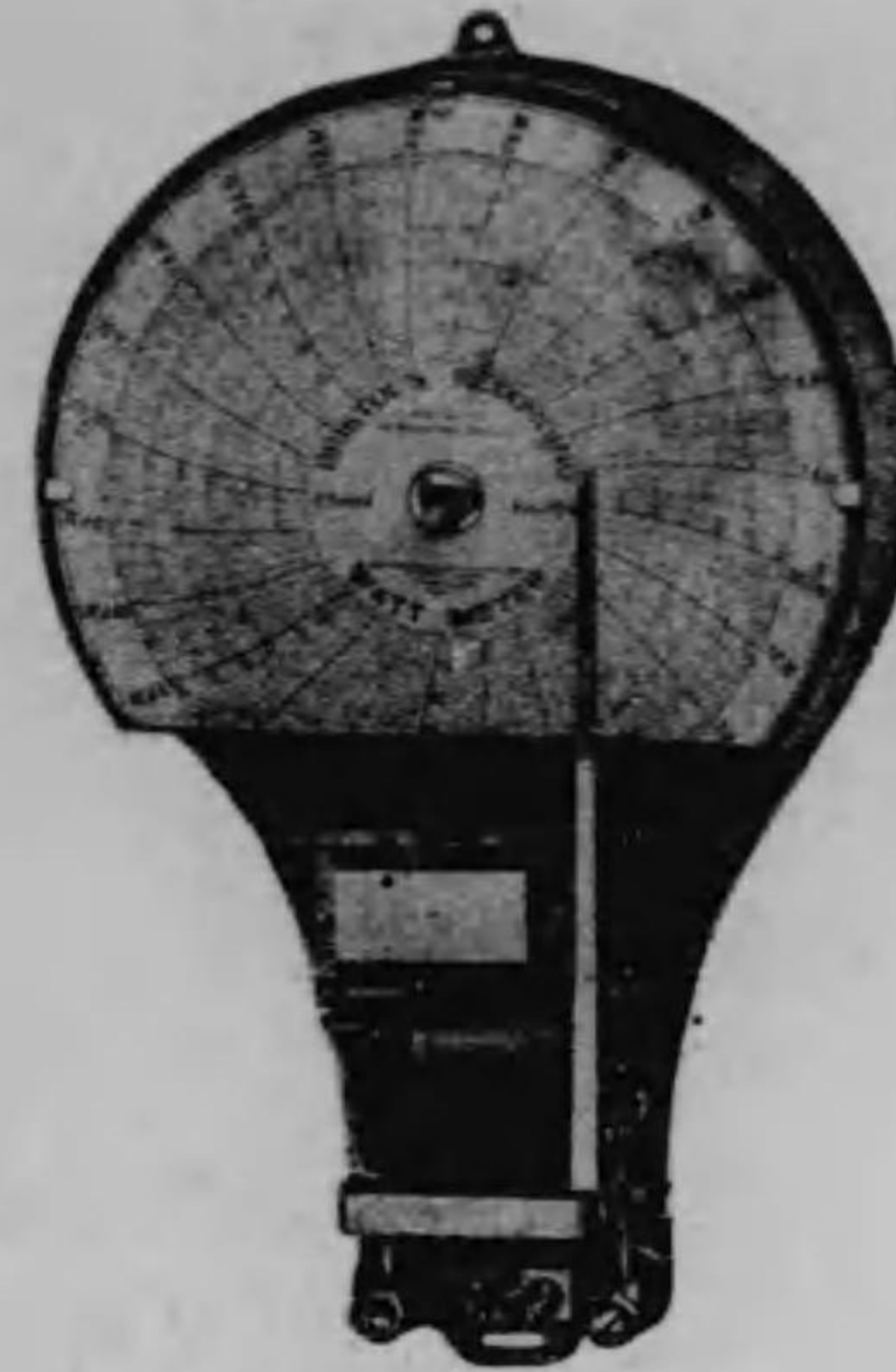


ブリストル自記測定器

片型電圧計、電力計に對しては電流力計型を使用す。第五百九十七圖に示すは電流計の一種の構造にして、Aは電流を通ずる固定線輪、Bは之に接近して装置せる可動鐵片にして、A中を貫通し兩端に於てC及びDなる双形片上に支へらるゝ無磁性金屬軸の一端に取付けらる。而してC及びDなる双形片は鋼片より成り、其下端に於て固定せらるゝが爲め、Bの運動に對して同時に制御の作用を有す。故にA中の電流變化してA、B間の引力變化すれば、C、Dは左右に動き、Dに附したるペン支持杆Eを動かし、圖紙の上に記録を爲すものなり(圖には圖紙を取除き、圖紙を動かす爲の時計仕掛の内部を示せり)。ペンは簡單なるV形ペンにして、中に少量のインクを貯ふるに適す。猶ほ急劇に變化する電流の爲にペンの躍動するを防ぐ爲め、鐵片の一部に翼板を附し、之を油を充せる函中を運動せしめたるもあり。

電圧計及電力計は電流力計の構造を有し、電力計に於ては固定線輪を電流捲線として負荷に直列に接続し、可動鐵片の代りに可動線輪を置き、直列抵抗と共に之を負荷に並列に接続するものとす。又電圧計の場合には固

第五百九十八圖



ブリストル自記測定器

定可動兩線輪を直列に接続し、直列抵抗と共に之を回路に並列に接続するものとす。第五百九十八圖に示すは電力計の一種の構造にして、線輪の上方に見ゆる函は制動用油函なり。

ゼネラル、エレクトリック、コムパニー (General Electric Co.)

自記測定器 米國ゼネラル、エレクトリック、コムパニー製

の自記測定器に於ては、縦

横共直線目盛線を有する矩形圖紙を用ひ、又ペンは細きイリヂューム管より成り、毛細管現象を利用してインクを吸ひ上げる構造を有する事、總説中に述べたる所の如し。而して其動作部分は交流用電圧計、電力計、力率計にては電流力計型を用ひ、電流計には可動鐵片型、周波計には合調可動線輪型を用ふ。又直流用電流計は電磁石を磁界とし、二箇の可動線輪を有する無定位電流計より成る。何れの場合にも可動部分はピアノ鋼線にて懸垂せられ、下方に於て寶石軸承にて支持せらるゝを以て摩擦小なり。時計は八日捲時計にして、ローラーを廻轉し角出齒車に依りて圖紙を進行せしめ、且つ使用済の用紙を捲取る働をなす。紙の進行速度は一時間三吋を標準とす。