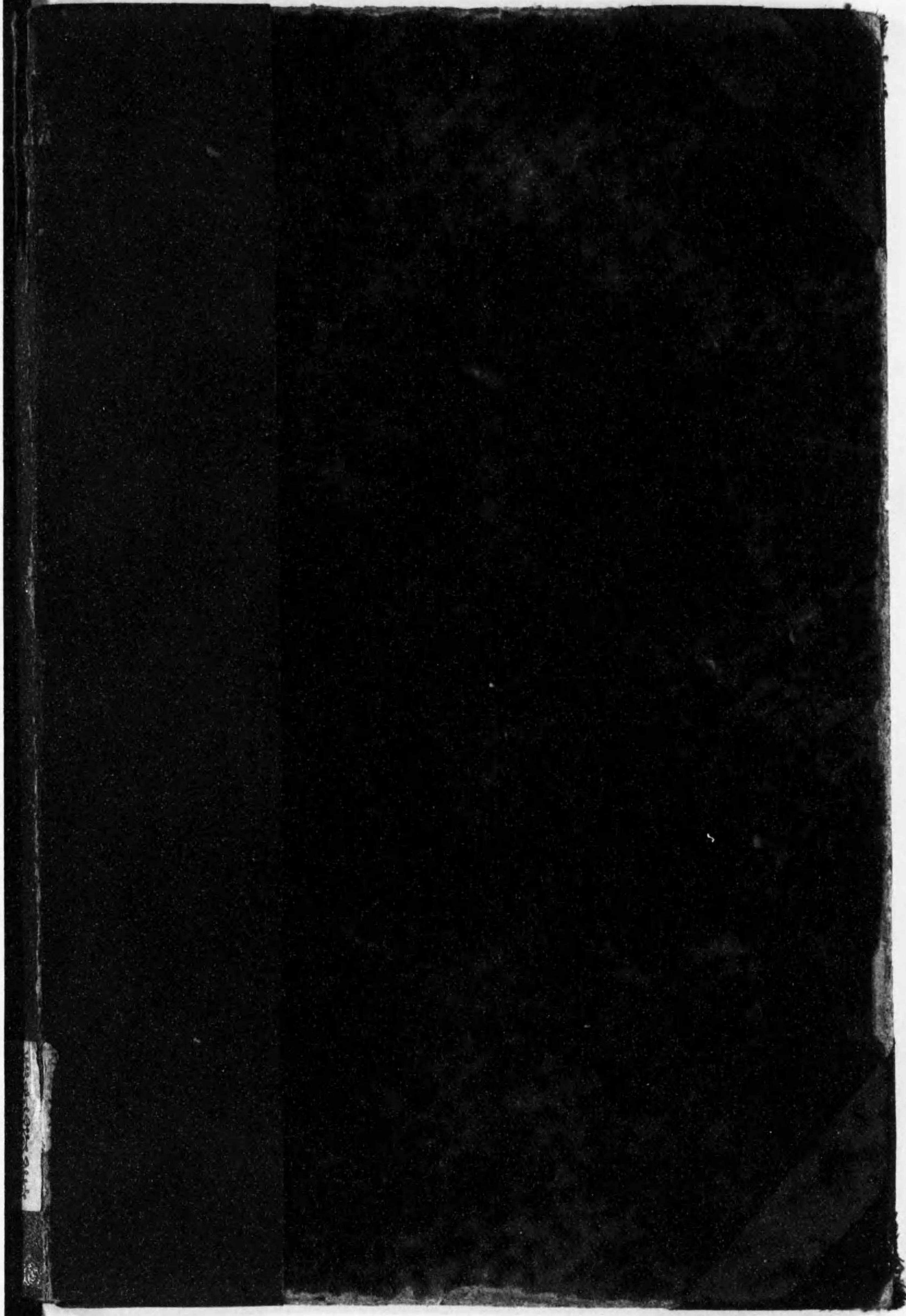


始



541  
173

電氣工學會編

# 電氣測定器

(全)

---

電氣工學會

541  
173

541-173

電氣工  
學會編

# 電氣測定器

## 目次

第一章	電氣汎論	( 1 )
第二章	電氣測定器の種別	( 4 )
第三章	電流電圧測定器	( 15 )
第一節	可動鐵心型電流計及び電圧計	( 16 )
第二節	可動線輪耐久磁石型電流計	( 20 )
第三節	誘導型電流計及び電圧計	( 24 )
第四節	ダイナモメーター型電流計及電圧計	( 30 )
第五節	靜電々壓計	( 37 )
第六節	熱線式電流計及電圧計附電流計	( 41 )
第四章	電力測定器	
第一節	靜電々力計	( 44 )
第二節	ダイナモメーター型電力計	( 45 )
第三節	誘導型電力計	( 57 )
第五章	力率計、シンクロスコープ、及周波計	
第一節	力率計	( 62 )
第二節	シンクロスコープ	( 68 )
第三節	周波計	( 74 )
第六章	記録計器	
第一節	記録計器の概説并に其の要件	( 82 )
第二節	直接働作型記録計器	( 83 )
第三節	リレー型記録計器	( 87 )
第七章	積算電量計	
第一節	總 說	( 94 )
第二節	電磁式電量計	( 94 )
第三節	電解式電量計	( 95 )
第八章	積算電力計	
第一節	總 說	( 100 )

大 正  
14. 8 23  
内 交

第二節	ダイナモメーター型積算電力計	( 100 )
	輕負荷調整	( 107 )
	クリーピング	( 108 )
	刷 子	( 109 )
	整流子	( 109 )
	廻轉子	( 109 )
	軸 受	( 111 )
	耐久磁石	( 113 )
	積算装置	( 114 )
	交流回路にダイナモメーター型を用ひたる場合	( 115 )
	直流三線式計器	( 117 )
第三節	水銀型積算電力計	( 119 )
	交流用水銀型計器	( 123 )
第四節	誘導型積算電力計	( 124 )
	誘導型單相三線式計器	( 140 )
	誘導型多相式計器	( 144 )
第五節	料金前納計器、二重料金計器及最大負荷表示器	( 152 )
第九章	測定器試験	
第一節	總 說	( 160 )
	標準電池	( 160 )
	電位差計	( 162 )
第二節	指示計器試験	( 170 )
第三節	積算計器試験	( 187 )
	負荷方法	( 198 )
	直流計器の係數を定むる 驗	( 199 )
	直流計器確度の試験	( 203 )
	直流三線式計器試験	( 205 )
	電量計の試験	( 205 )
	交流積算電力計試験装置	( 205 )
	交流積算電力計の試験	( 211 )
第十章	計器の誤差	
	スプリングの不完全	( 223 )

(目次終)

電氣工  
學會編

## 電氣測定器

## 第一章

## 電氣汎論

電氣測定器を説かむとせば先づ電氣の一般を論ずるが順序なれど、讀者の多くは既に電氣原理の一斑を理會し居るべく、且つ別に電氣磁氣の講義にて詳論する處ある故、茲には電氣測定上最も重要なる我國單位定義を記すに止めん（明治四十三年三月電氣測定法参照）。

(1) 電氣の測定に於ては、電氣抵抗はオーム (Ohm) 電流はアムペア (Ampere)、電壓はヴォルト (Volt) 電力はワット (Watt) を以て單位とす。

(2) オーム (Ohm) は氷の融解溫度に於て質量 14.4521 グラム、長さ 106.300 センチメートルにして均一なる切斷面積を有する水銀柱の不變電流に對する電氣抵抗を謂ふ。

(3) アムペア (Ampere) は硝酸銀の水溶液を通過し每秒 0.00111800 グラムの銀を分解する不變電流を謂ふ。

(4) ヴォルト (Volt) は 1 ohm の電氣抵抗を有する導體に 1 ampere の不變電流を發生せしむる爲めに要する不變電壓を謂ふ。

(5) ワット (Watt) は 1 volt の電壓に於て 1 ampere の

不變電流により毎秒費さるゝ電氣勢力を以て表示する電力を謂ふ。

(6) 電氣單位の倍數及び分數の名稱次の如し。

メグオーム (Megohm) .....	オームの百萬倍
マイクロオーム (Micro-ohm) .....	オームの百萬分の一
キロアムペア (Kiloampere) .....	アムペアの千倍
ミリアムペア (Milliampere) .....	アムペアの千分の一
マイクロアムペア (Micro-ampere) .....	アムペアの百萬分の一
キロヴォルト (Kilovolt) .....	ヴォルトの千倍
ミリヴォルト (Millivolt) .....	ヴォルトの千分の一
マイクロヴォルト (Micro-volt) .....	ヴォルトの百萬分の一
キロワット (Kilowatt) .....	ワットの千倍
マイクロクーロム (Micro-coulomb) .....	クーロムの百萬分の一
マイクロファラッド (Micro-farad) .....	ファラッドの百萬分の一
ミリヘンリー (Millihenry) .....	ヘンリーの千分の一
マイクロヘンリー (Microhenry) .....	ヘンリーの百萬分の一
ワット時 (Watt-hour) .....	ジュールの三千六百倍
キロワット時 (Kilowatt-hour) .....	ワット時の千倍

(7) 不變電流以外の場合に於ける電流電壓及電力の計算方法次の如し。

(a) 不變電流以外の場合に於ける實効電流の不變電流に對する、及び實効電壓の不變電壓に對する等價は其の瞬時値の自乗の平均の平均の平方根を以て定む。

(b) 不變電流 1 ampere に相當する實効電流を 1 實効 ampere と稱し、不變電壓 1 volt に相當する實効電壓を 1 實効

volt と稱す。

(c) 電力はその瞬間値の平均を以て定む。

(8) 前記第一項以外の電氣單位次の如し。

(a) 電量はクーロム (Coulomb) を以て單位とす。

Coulomb は 1 ampere の電流により 1 秒間に輸送さるゝ電量を謂ふ。

(b) 電氣容量はファラッド (Farad) を以て單位とす。

Farad は 1 coulomb の電量により 1 volt の電位に充電さるゝ蓄電器 (condenser) の電氣容量を謂ふ。

(c) 電氣仕事はジュール (Joule) を以て單位とす。

Joule は 1 ampere の電流 1 ohm の電氣抵抗を有する導體を通過する時、1 秒間に爲す仕事を謂ふ。

(d) 電氣誘導はヘンリー (Henry) を以て單位とす。

Henry は毎秒 1 ampere の割合を以て變化する電流により 1 volt の電壓を發生する電路の電氣誘導を謂ふ。

(9) 電氣抵抗單位の標準器 (mercury standard) 及電流單位の標準器 (silver voltameter) の仕様細目に就ては明治四十三年十二月遞信省告示第 1533 號を参照すべし。

## 第二章 電氣測定器の種別

電氣測定器を種別する方法多かるべきも、茲には測定さるべき電氣の種類によりて大別し、更に働作原理に基きて細別を試みんとす。

### (I) 測定さるべき電氣の種類による大別

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| (1) 電流(current)              | 電流計(ammeter or amperemeter)             |
| (2) 電圧(electro-motive-force) | 電圧計(voltmeter)                          |
| (3) 電氣量(quantity)            | 電量計(ampere-hour meter or coulomb meter) |
| (4) 電力(power)                | 電力計(wattmeter)                          |
| (5) エネルギー(energy)            | 積算電力計(watt-hour meter)                  |
| (6) 周波数( <u>frequency</u> )  | 周波計(frequency meter)                    |
| (7) 力率(power factor)         | 力率計(power factor meter)                 |
| (8) 位相(phase)                | シンクロスコープ(synchroscope)                  |

### (II) 働作原理に基く細別

- (1) 電磁的働作に依るもの (electromagnetic principle)
- (A) 可動鐵心型 (movable core type)

- (B) 可動線輪耐久磁石型 (movable coil permanent magnet type)
- (C) 誘導型 (induction type)
- (2) ダイナモメーター動作によるもの (electro-dynamic principle)
- (3) 靜電的動作によるもの (electro-static principle)
- (4) 電熱動作によるもの (electro-thermal principle)

以下各章上記の種別に従ひ順次解説せんとするに當り、先づ計器に其適當なる部分につき少しく研究せん。<sup>(1)</sup>

#### (A) 外 函 (Cases)

測定器の外函は用途及餘地 (space) によりて選擇する。今 (a) 携帯用木函 (portable)、(b) 丸形配電盤用 (round switch board)、(c) 扇形同上 (sector)、(d) エツヂワイズ形同上 (edgewise)、の四種につきて説明せん。

(a) 携帯用計器の外函はチーク又はマホガニー等堅緻なる材質のものを用ふべく硝子面を蔽ふ様の構造あるを可とす、従來は別に運搬用の函を具ふるものありしが最近の傾向は計器外函に握革を附するもの多し。

(b) 丸形配電盤用は最も廣く用ひられ、前面全く硝子のみなるものと、スケール (scale) 部分のみ窓を有し前面悉く鑄鐵製なるものとの二種あり、前者は獨逸製に多く後者は英米等に

譯者曰 <sup>(1)</sup> 此の項本書以外に 1908 年版 Edgecumbe 氏 Industrial Electrical Measuring Instruments より抄譯し多少譯者の意見をも加へたり。

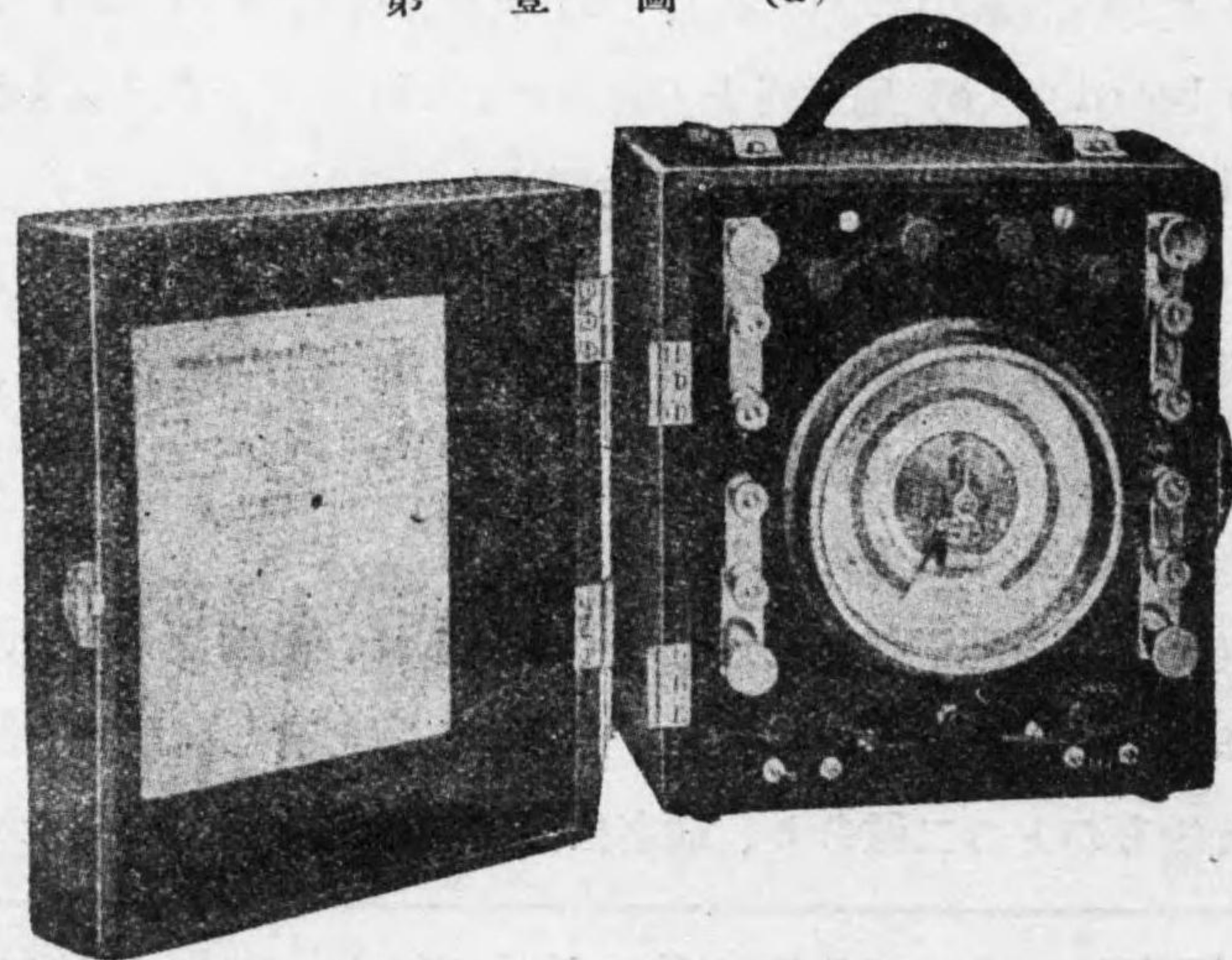


て用ひらる。輕き見易き等の特色あるものは、従つて破損し易き又は外部磁場の影響を防ぐ能はざる等の缺點を有す。丸形のものには最大 6-7 吋迄にして更に大なるものには次の扇形を使用す。

(c) 扇形のものには普通大型のものに用ひて場所を節約し、且つ illuminated dial を用ひ得る故充分遠方より読み得べし。illuminated dial は普通乳色硝子の如き半透明物質にて作れる dial の裏面に小電燈を備へたるものなり。

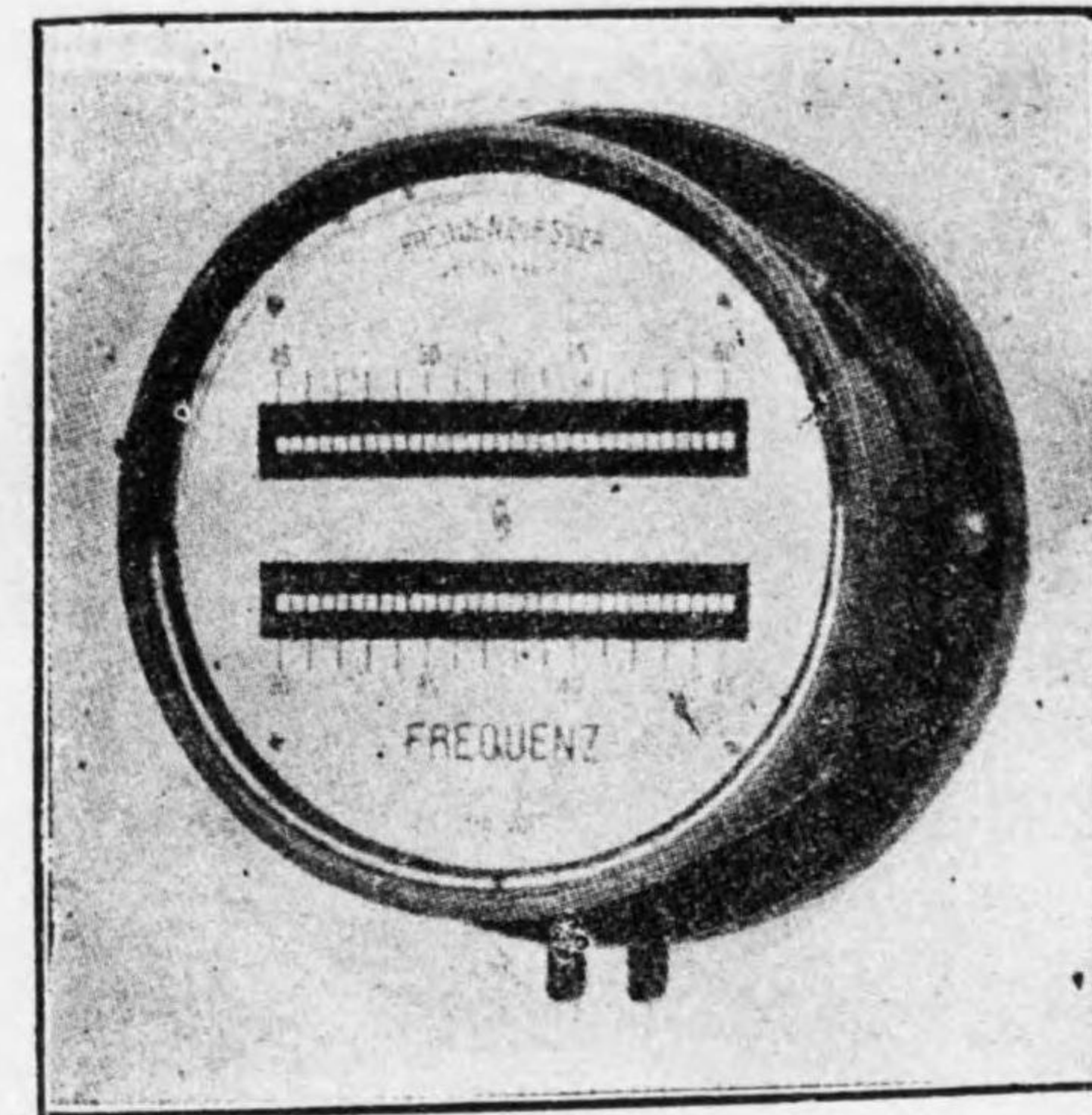
(d) エツデワイズ形のものには饋電線用配電盤 (feeder panel) の如き多數計器を並ぶる場合に用ひ、場所を節約するも曲面硝子の parallax により誤差を起す事尠しとせず。

第 壹 圖 (a)

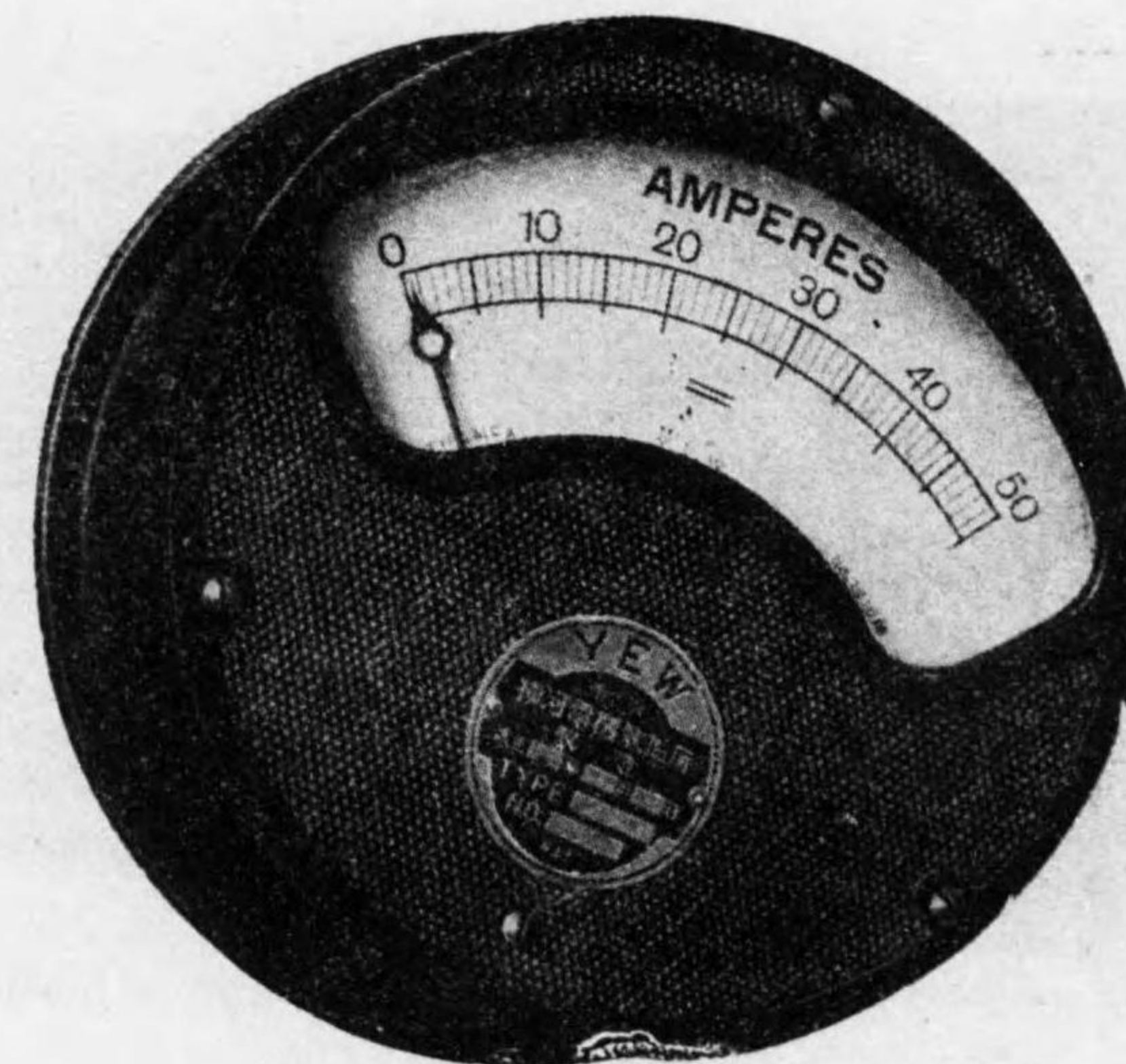


要するに配電盤用計器の外函は搾り出し鋼板 (pressed steel cover) 又は鑄鐵 (cast iron cover) 製を可とし、仕上は光輝

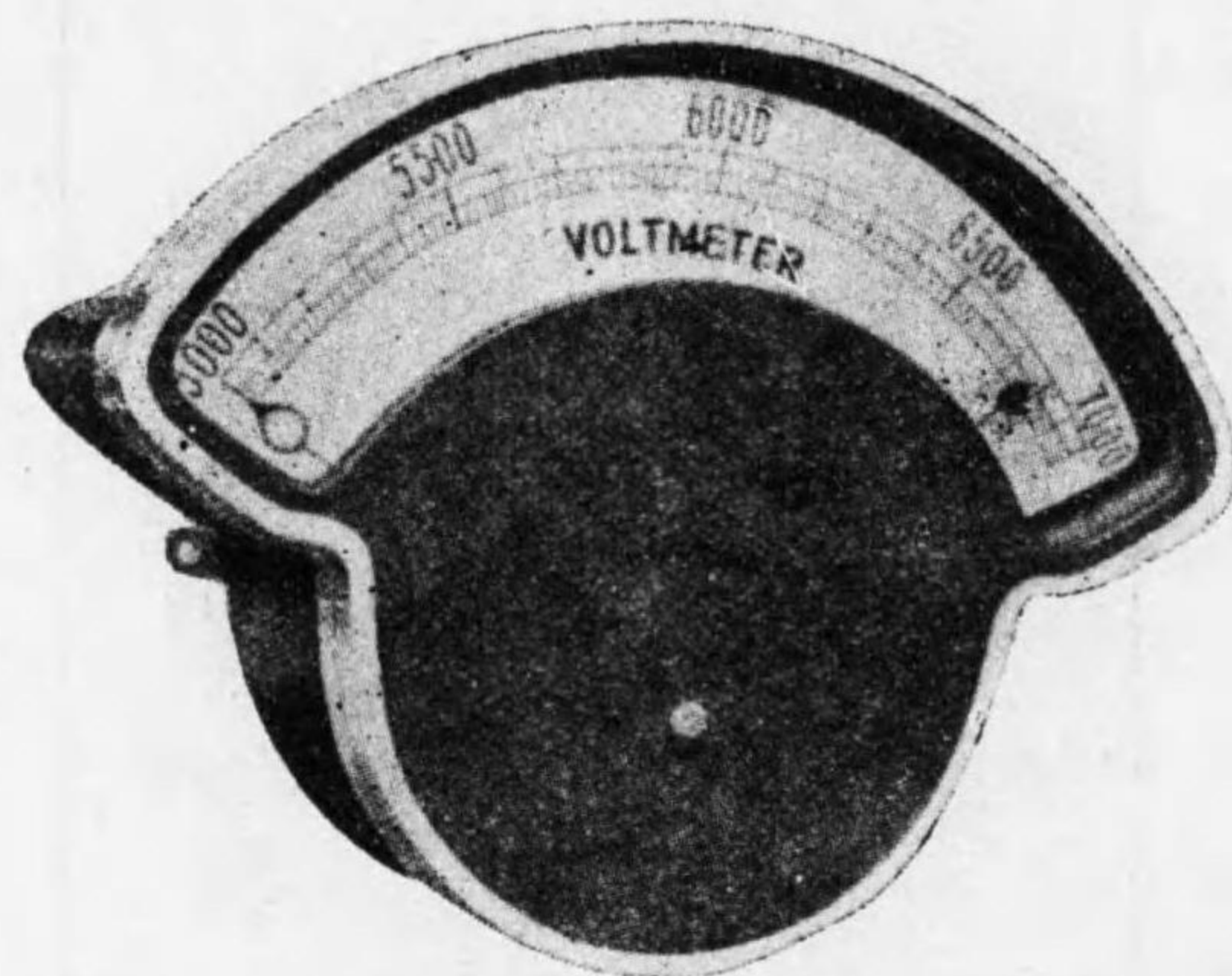
第 壹 圖 (b)



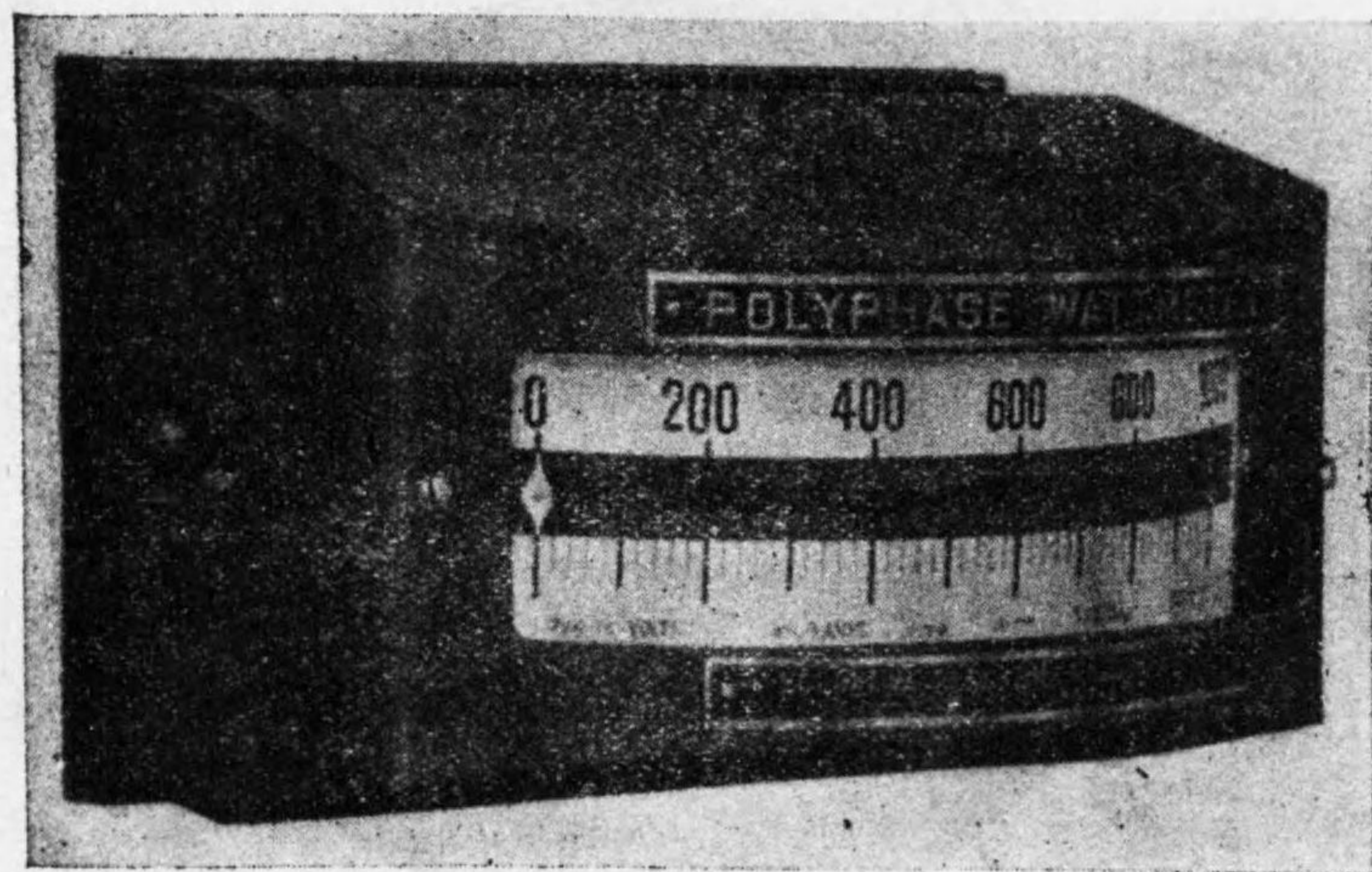
第 壹 圖 (b')



第壹圖 (c)



第壹圖 (d)



あるものよりも寧ろ艶消しの黒が視覚を刺戟せず。

第壹圖 (a) (b) (b') (c) (d) に各種の外函を示せり。

(B) スケール (Scales)

スケールは用途により、(1) 金屬製のもの、(2) 又は黒地に白文字を出したるなどあれど、最も廣く用ひらるゝは金屬板上に紙を張りたるもの也。標準用のものは鏡付細針にて針の上下を朱にて塗れるなどあり。Scale は線細く區分密なるを可とするも、後者は $\frac{1}{2}$ 耗を限度とす。配電盤のものは全く之と異り、太き線にて荒く區分し指針の端も遠方より認め易き様充分大なるべし。

(C) 絶縁

靜電電壓計以外の計器は、多く直接高壓を計器に與ふる事なければ、coil 其他の絶縁は普通低壓用のものにて 1000 volt 又は 1500 volt の試験に堪ゆるを限度とし、高壓の變壓器、變流器等を附屬する場合にても計器の coil と cover とは 1000 volt の絶縁にて充分なり。又 case は普通接地し置く。

coil は可成 frame を避け、impregnate せるものを磁器又は込型絶縁物 (moulded insulator) を用ひ押へて止めたるを良しとす。一般に我國の如き濕潤の地にてはマイカ等を用ひ

註 (1) 金屬製 scale にはアルミニウム上に黒書せるもの又は眞鍮に銀メッキせるものに彫刻せる等あり。前者は鍍山等濕氣多き所に用ひらる。

(2) 黒 dial は米國ウエスチングハウスのものに多く、夜間など計器のみ照らさるゝ場合には著しく目立ちて見ゆ。

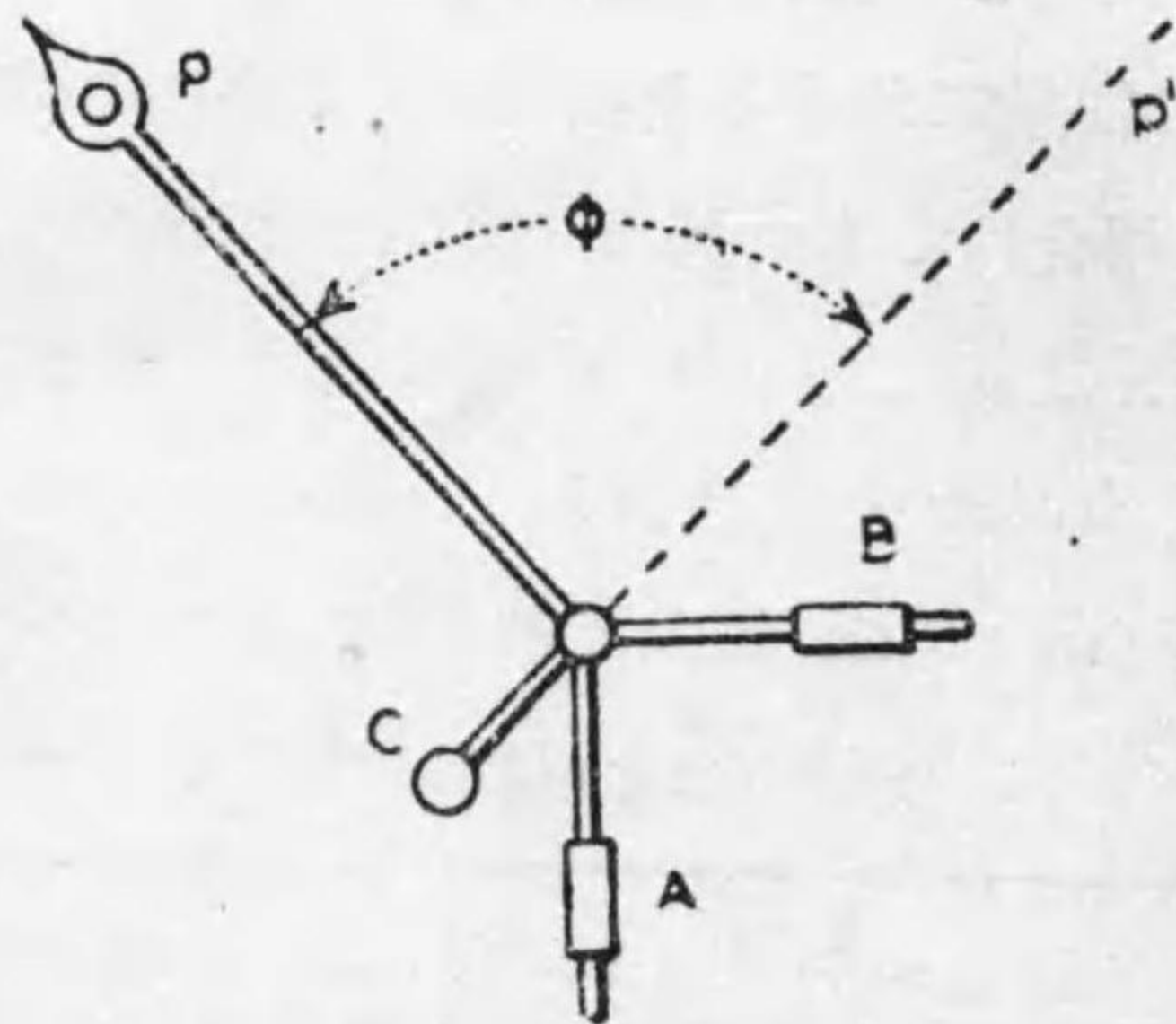
fibre, pressphan 等を避く。

(D) 制禦用スプリング及びウェート (Controlling Spring and Weight)

測定器の制禦力は殆んど皆スプリング若しくはウェートに依る。軸を水平に用ひざる時又は計器の位置一定せざる場合、即ち携帯用、列車用、艦船用等にはスプリング付のものに限るべけれど軸が常に水平にして且つ價格の低廉を要する場合にはウェート付きのものにても差支なし。

ウェートの配置はスプリングを用ふるものに在りては中心即ち軸上に平均を得る様にするも、スプリングを用ひざる場合には重心が軸の直下にくる様に設計す。第二圖に示す如く電流を

第 二 圖



通ぜざる時指針 P が O を指示する様ウェート B によりて左右の平均を取り又之と直角なるウェート A により規定容量の電流を通じたる時指針を P' に振らしむる様制禦せしむ。即ち

A は制禦用ウェート (controlling weight)、B は平均用ウェート (balancing weight) なり。A を上下に移動せしむるはスプリングの強弱を調整すると同一にして唯兩者の相違は前者の制禦力が振れの角度の正弦 ( $\sin\phi$ ) に比例するに反し、後者は角度  $\phi$  に比例するにあり。従つて同一計器に兩制禦力を用ひて試験せばウェートのものはスプリングのものに比し scale の終り次第に廣くなるを見る。

スプリングの強さは計器の廻轉力 (torque) によりて定まるものなれど、徒らに厚みのみを増して強力ならしむる能はず、幅、長さ、材料等によりて厚みの限度あり。例へば燐青銅 (phosphor bronze) スプリングにては長さは尠くとも厚みの 1500 倍以上なるを要し、然らざるものは最大指度迄振りたる後は電流を切るも指針零位に復さざるに至る。可動線輪型にてはスプリングを制禦用以外電流を線輪へ通ずる爲めに使用する場合あり、此の際はスプリングの電氣的抵抗も亦考慮に入れざるべからず。

(E) 軸端及軸受 (Pivot and Bearing)

測定器は廻轉力微少なるものが普通なれば廻轉軸を指示するは極めて摩擦なき方法を用ひざるべからず。最も一般なるは鋼鐵軸の尖端を寶石にて受けたるもの (jewel bearing) なり。尖端に於ける壓力は甚だ強大なれば寶石はルビー、サファイヤー等の如きを用ひ穴底は充分研磨せるものなるべし。

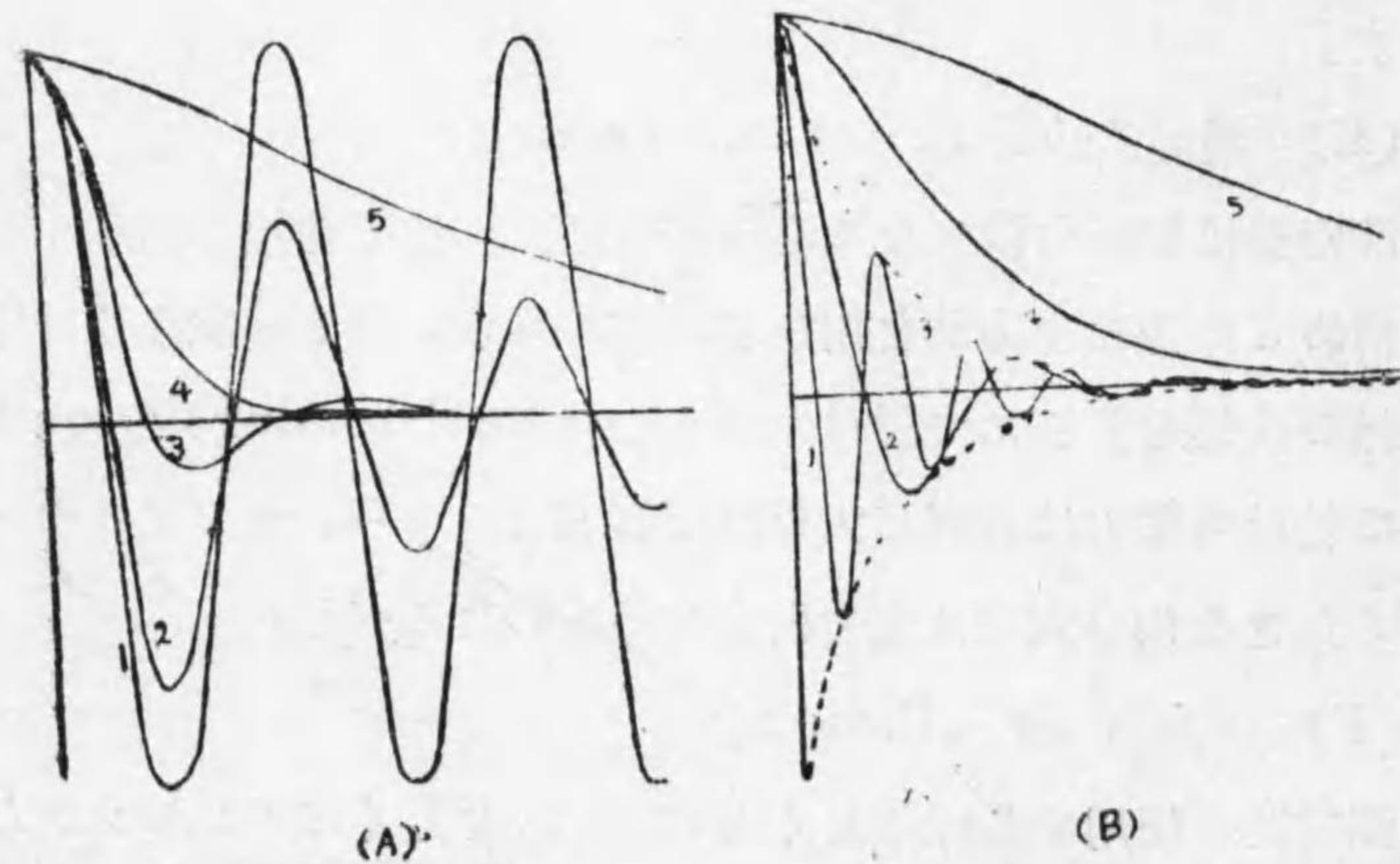
(F) ダンピング (Damping)

測定器を使用する際著しく人の注意を惹くはダンピングな

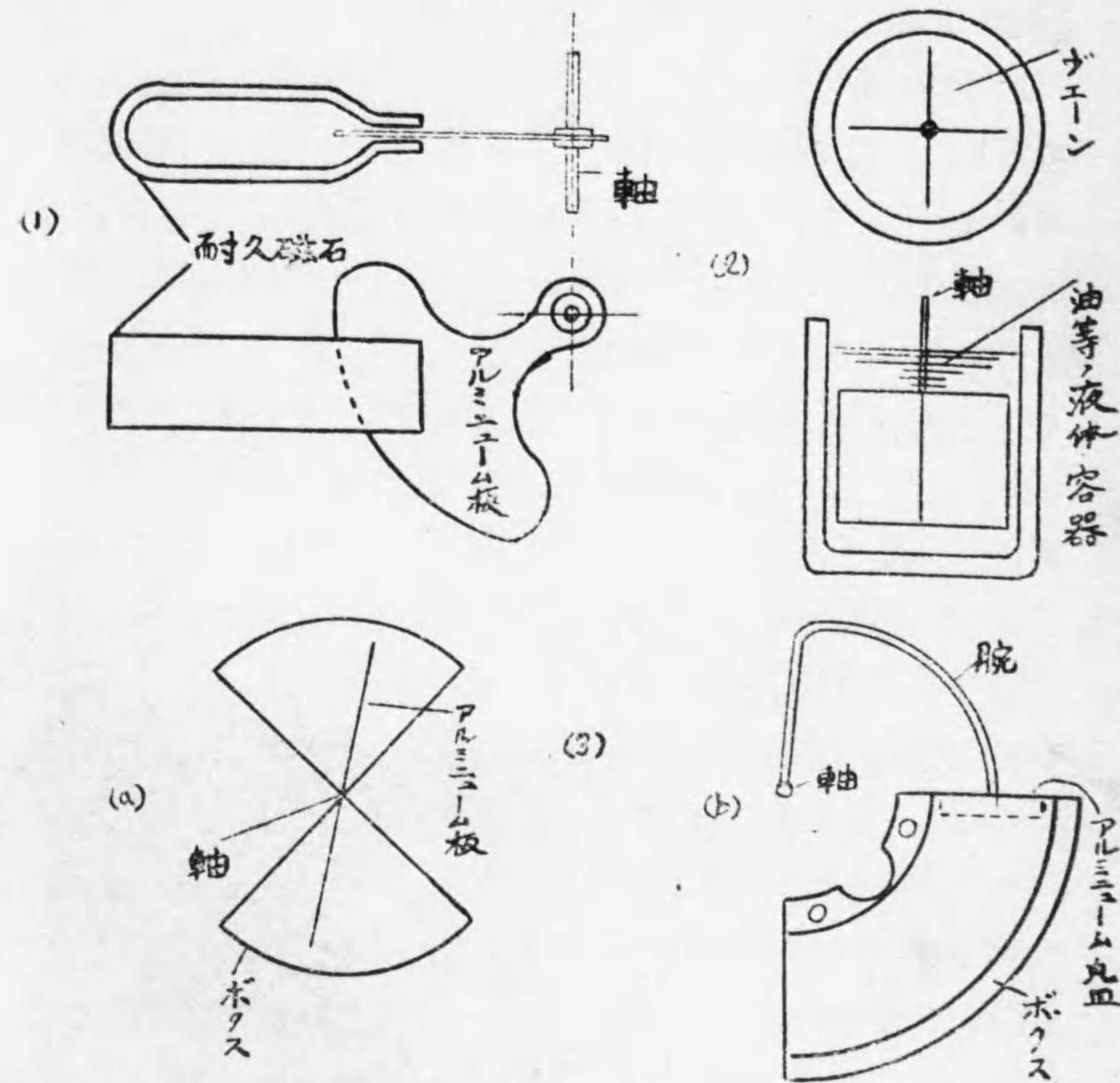
り。全くダンピング装置なき計器に或る大さの電流を通じて急に之れを切れば指針は零位を飛び超えその左右に振動すべし。其の振動幅及び time of swing は略ぼ一定なり。今之れに微弱なるダンピングを施せば time of swing は依然一定なれども以前に比し著しく長くなり振幅は振動の回を重ねる毎に減少するを見る。かくてダンピングを次第に強くせば振動の周期は漸く長くなり遂に指針は零位に復する際之を飛び超えざるに至るべし。之を **aperiodic** なりと稱し、丁度此の状態にダンピングを施せる計器を **critically damped** 又は **dead beat** なりといふ。更に此の度を超えて強くダンピングを施す時は指針は徒らに永く零位に復せず甚だ緩漫となる。

總て計器を **critically damped** の状態にするにはダンピング装置、可動部分の慣性モーメント (moment of inertia) 及び制禦力の三者を適當に加減せざるべからず。第三圖 (A) はダ

第三圖



第四圖



ンピングを加減したる場合の曲線にして、(4) は **critical damping curve** 也。又同圖 (B) は制禦を變じて同様の結果を得たるものにして、(3) は **critical damping curve** なれど (4) の如き状態にても先づ格別之と變らず (5) は緩漫に過ぐ。

ダンピングの方法は (1) 渦流作用 (eddy current)、(2) 液体、及び (3) 空氣の何れかを利用するが普通也。(1) 及び (3)

の方法應用廣し。

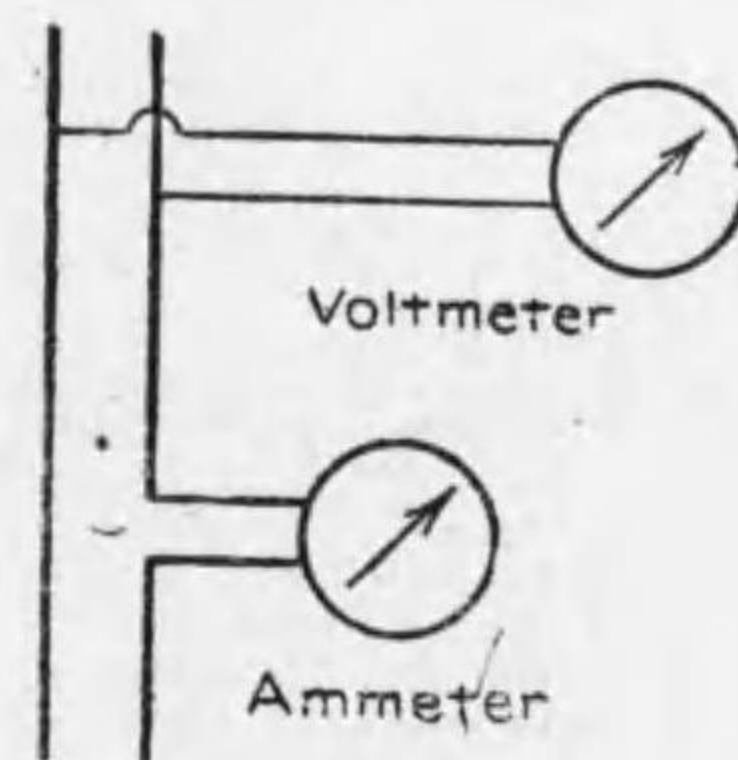
### 第三章

## 電流電壓測定器

電流を測定するを電流計とし、電壓を測定するを電壓計といふは既に述べたり。本章には之れ等を細説せん。

電流計と電壓計とを構造動作によりて區別するは甚だ困難にして寧ろ使用上より區別するを可とす。

第五圖



即ち第五圖に示す如く、電流計は線路に直列に結ばれ、全部又は一部の電流が計器を通る。反之電壓計は並列に結ばれ、線路の全電壓又は一部が之に加へらるゝものなり。

靜電電壓計を除き、一般に電壓計は細微電流計 (milliampere meter) に無誘導抵抗を附加せるものにして、抵抗が一定なれば通る電流により直ちに電壓を表はし得べし。

又電流計にありても直流用にして容量大なるものは低抵抗の shunt を用ひ、全電流を之に通じ、依て起る電壓降下を細微電壓計 (millivolt meter) によりて測定す。斯くの如く電流計も電壓計も全く用途によりて區別するに過ぎざるなり。以下前章細別に従ひ、第一節に可動鐵心型、第二節に可動線輪耐久磁石型第三節に誘導型の電流電壓計を解説すべし。

第一節 可動鐵心型電流計兼電壓計

此の種の計器は coil によりて磁化せらるゝ鐵心の吸引力又は斥力を利用するものにして兩者とも數多の異なりたる型あり。直流にも交流にも用ひらるれど scale 同じからざれば二重に目盛を施す。

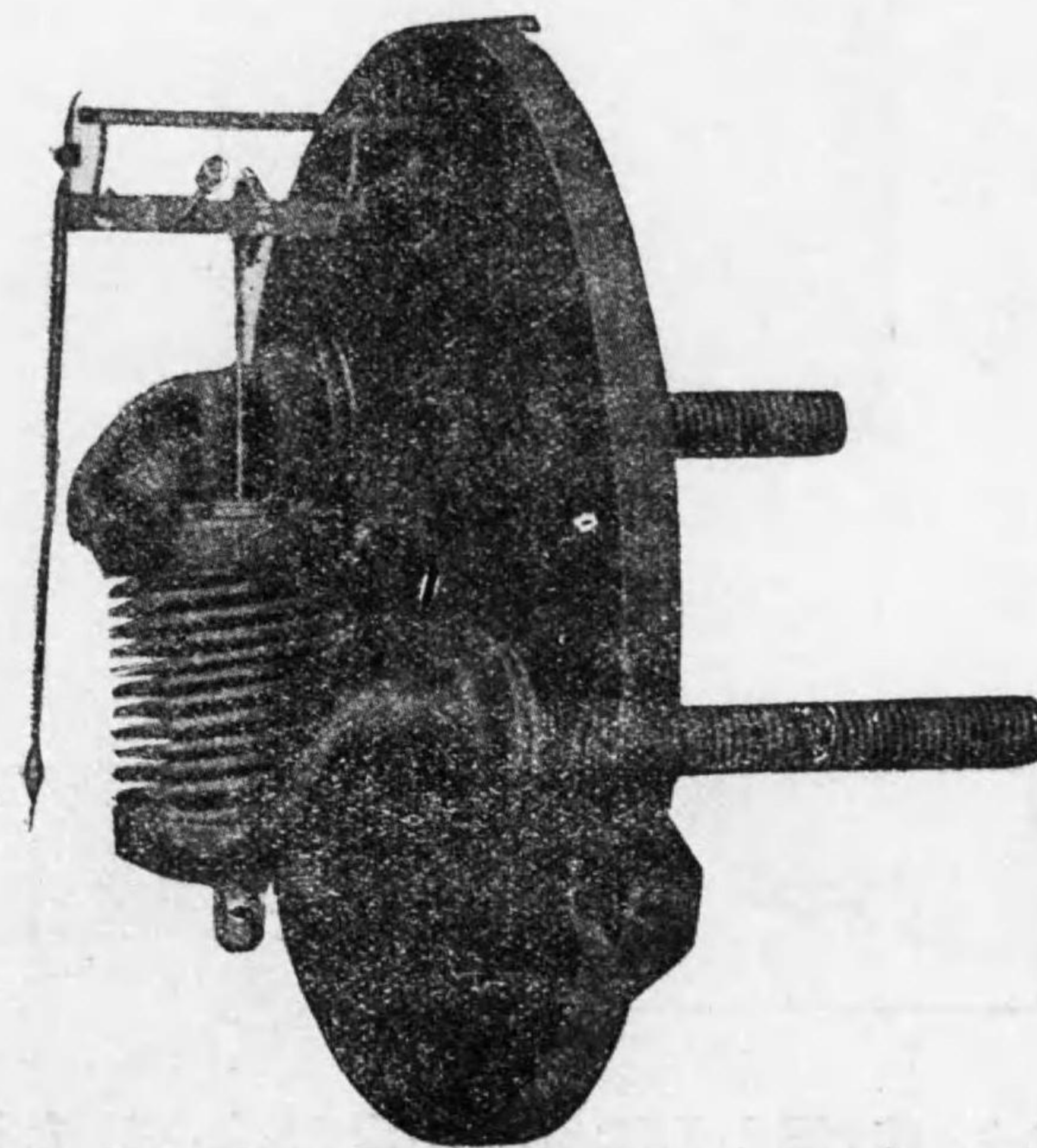
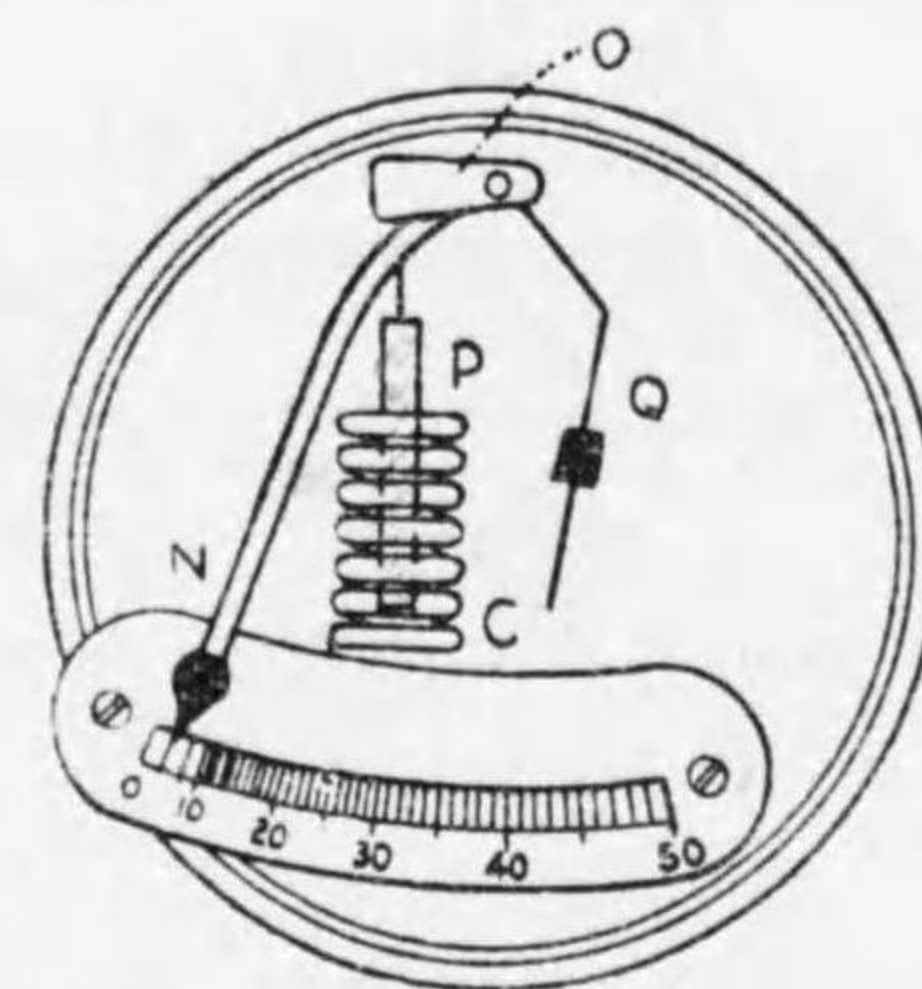
吸引力を利用するものにて最も知られたるは Westinghouse の plunger type, G.E. の inclined coil type, 及 Siemens の flat disc type の三なり。第六圖に之を示す。plunger 型は圖に見る如く coil C 中には軟鐵(残留磁氣及び鐵損少なるもの) plunger P ありて垂下す。Q はウェイトにして電流通ぜざる時指針 N が O を指す様平均せり、電流通ずるや P は C に吸引せられ、Q のモーメントと平均して N が定まる。此の計器は可動部分重く形大なれば殆んど顧みるの値なし。

inclined coil 型は第六圖 (B) の如く、前者に比し稍進歩したるものにして、傾斜せる coil の中心と直立せる軸へ之れと傾きて取付けられたる軟鐵板あり。coil の磁化せらるゝや鐵板は磁路のリラクタンسを最小ならしむる様の位置に引かれて軸に廻轉力を生じスプリングの力と平均せる位置にて止まる。

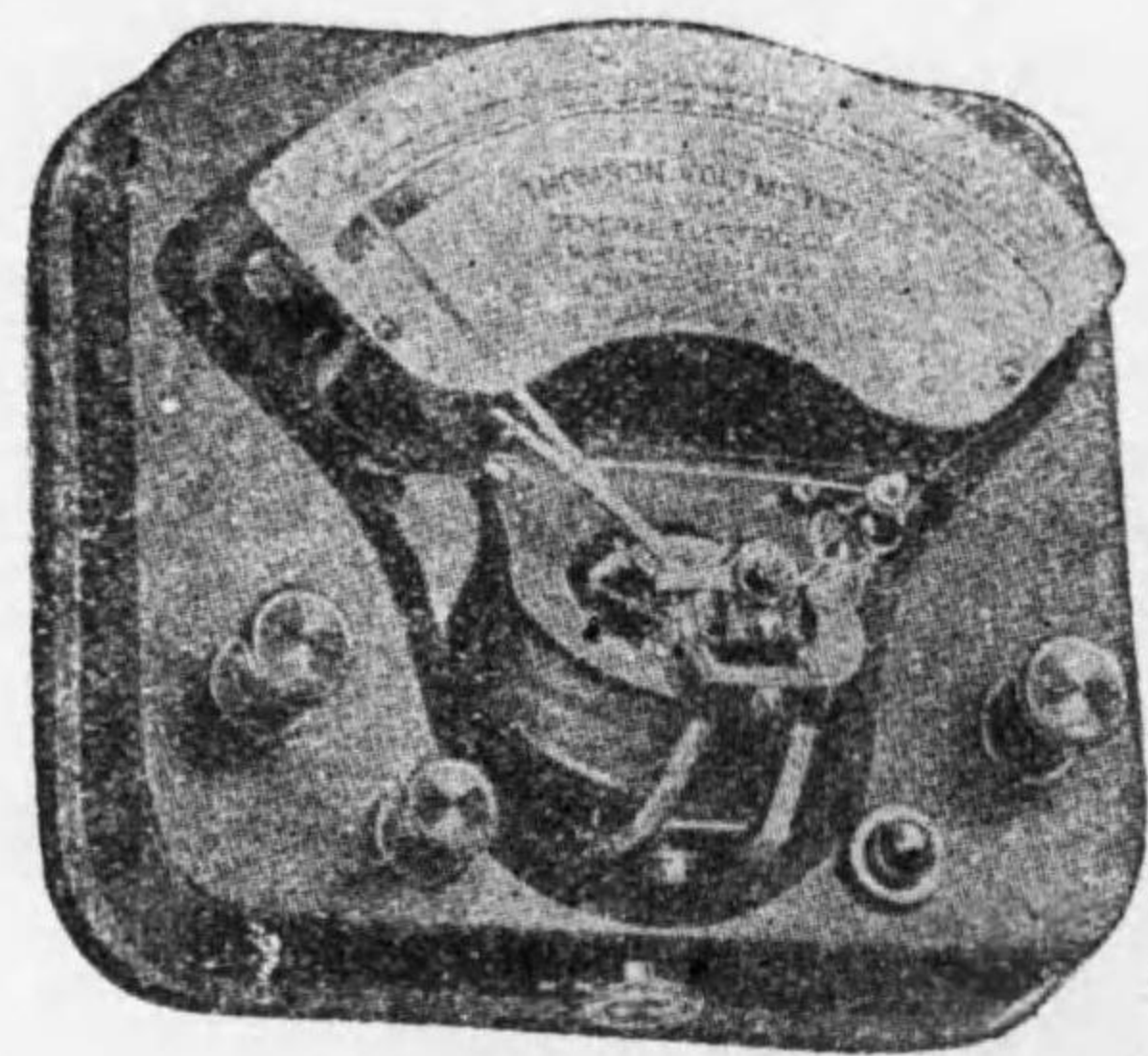
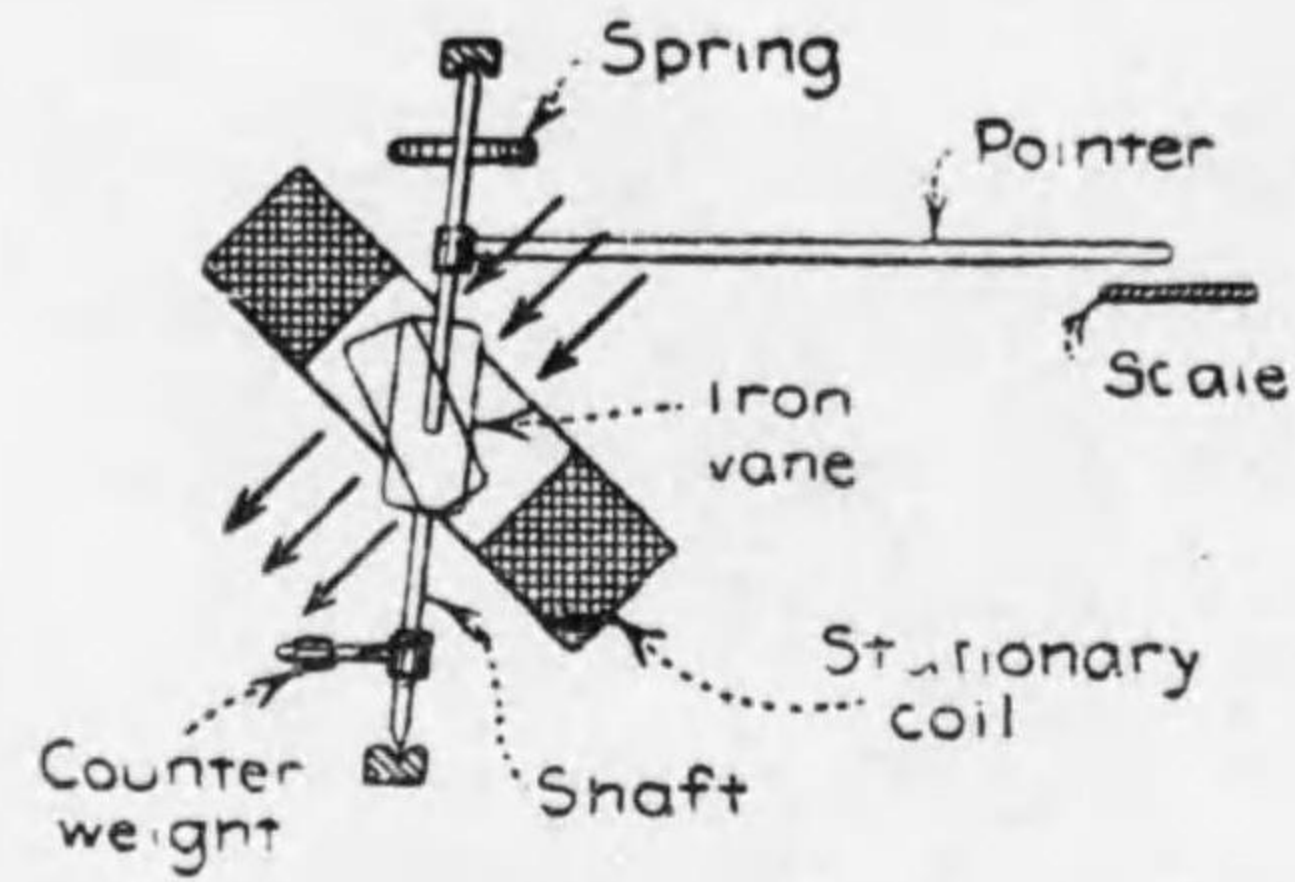
flat disc 型は第六圖 (C) の如く圓形に近き平鐵板 B が稍扁平なる coil の一端にのぞきて eccentric にとめられ、coil に電流通ずるやその中に吸引らるゝものなり。平鐵板の形狀を變じ好みの scale を得べし。

斥力を利用するものには、鐵棒を用ふるものと鐵板を用ふる

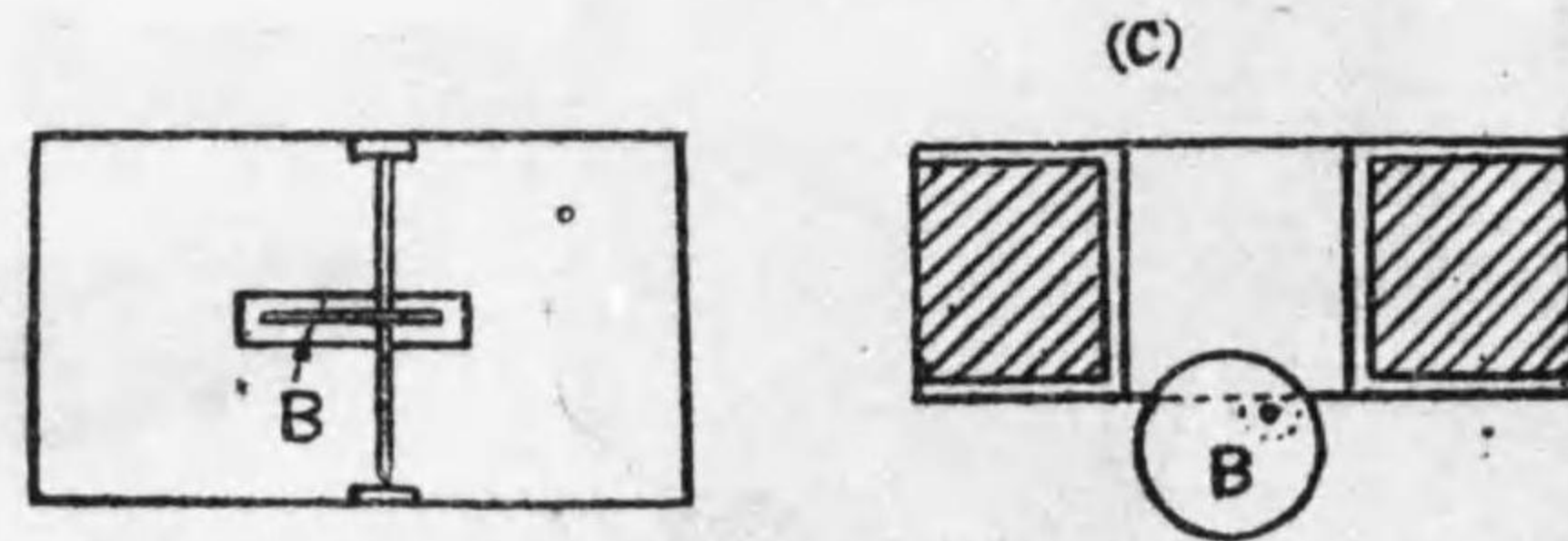
第六圖 (A)



第六圖 (B)

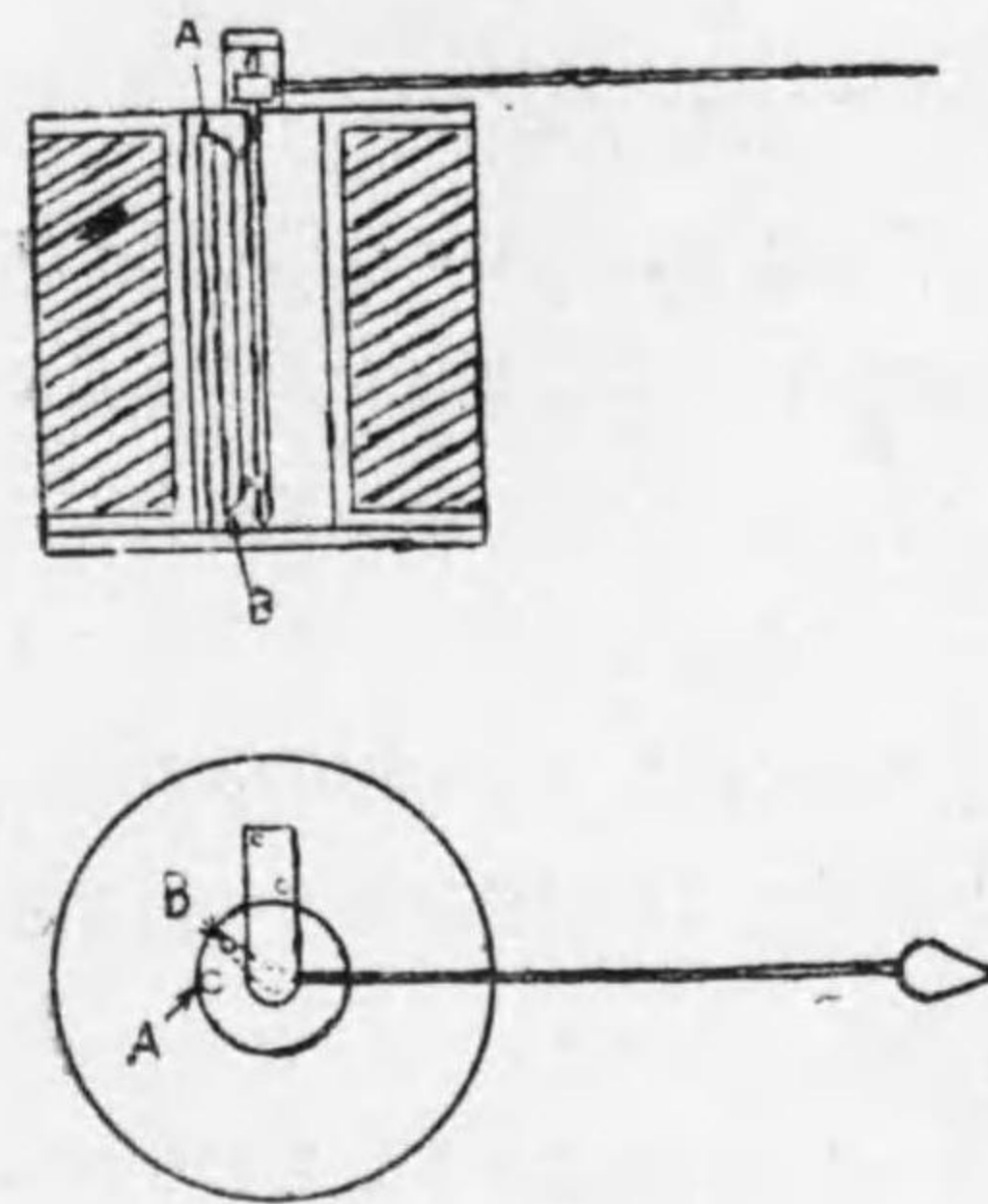


第六圖 (C)



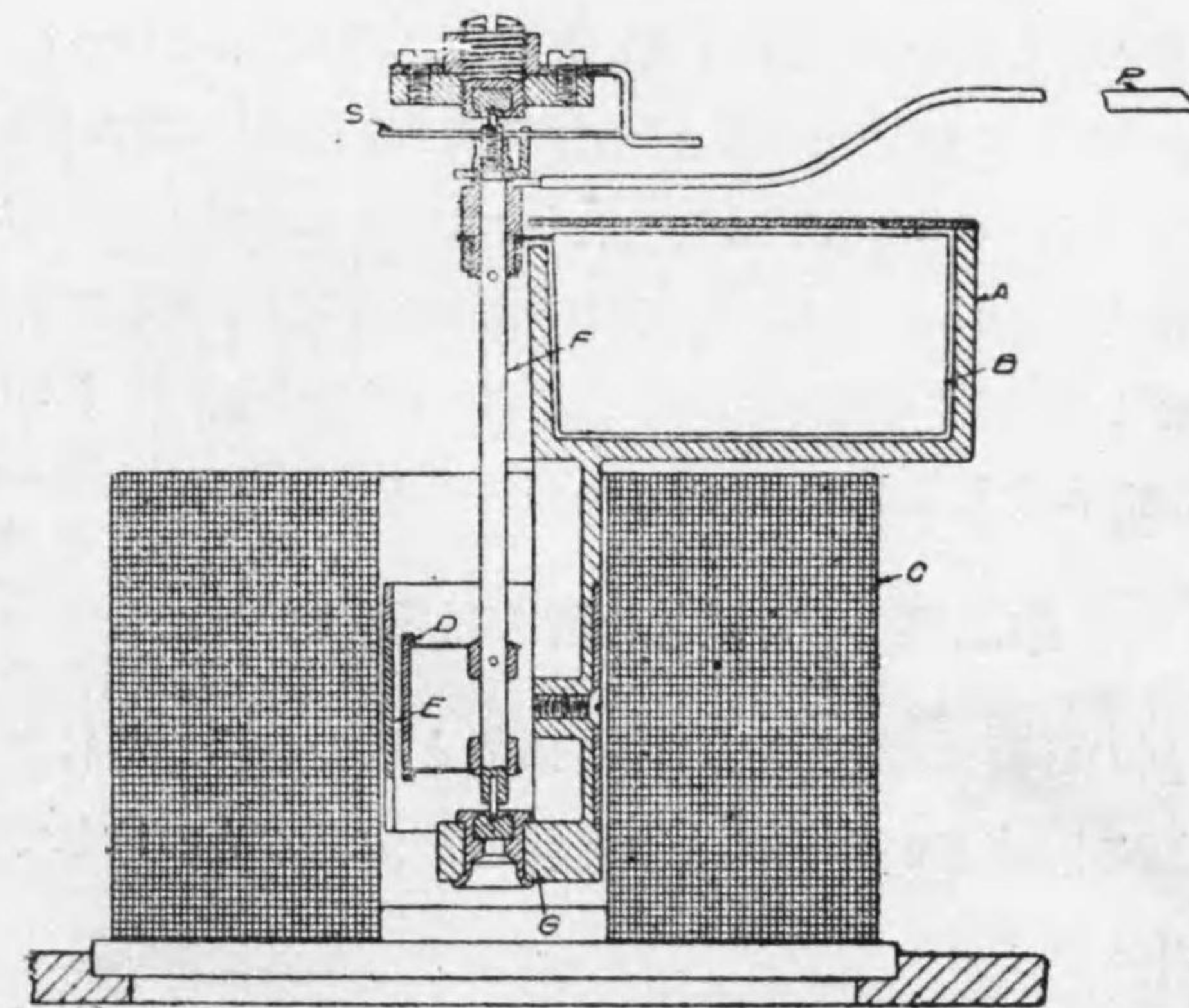
ものとあり。第七圖は前者を示し第八圖は後者の略圖なり。  
 兩者とも coil の中に静、動二箇の鐵片並立するにより、coil

第七圖



に電流通ずるや二者は同一極  
 は磁化せられ斥力を生じ互に  
 隔離せんとす。此の力は極の  
 強さの相乗に比例し、距離に  
 逆比例す、且つ廻轉モーメン  
 トは兩鐵心の位置によりて變  
 ず。此の三者を適當に調整せ  
 ば任意の scale を得べし。此  
 の型のもは前記吸引力を利用  
 する型のものよりも一層良

第八圖



質の鐵を用ゐざれば殘磁氣によりて兩鐵片間に斥力を生じ、著

しき誤差を生ず。殊に直流の場合に甚し。

【註】 可動鐵心型計器設計上の注意二三を記さんに、

(1) ampereturns は 300—500 を普通とす、餘り太き線も餘り細きものも共に ampereturn の割合に廻轉力尠きは、太きものはなじま  
ず、細きものは絶縁の爲めに space を失ふが故なり。依つて前者には  
薄き銅テープを用ふべく後者にはエナメル線を可とす。

(2) wattloss は容量小なる電流計に於て著しく大なれど 5 amp.  
以上は普通 1—2 watts 位なり。之れに反して電壓計は電力の消費著  
しく 6 watts per 100 volts を普通とす。

されば 300 volts 以上の計器にありては直列抵抗より發生する熱の  
處分に苦しむ事多し。

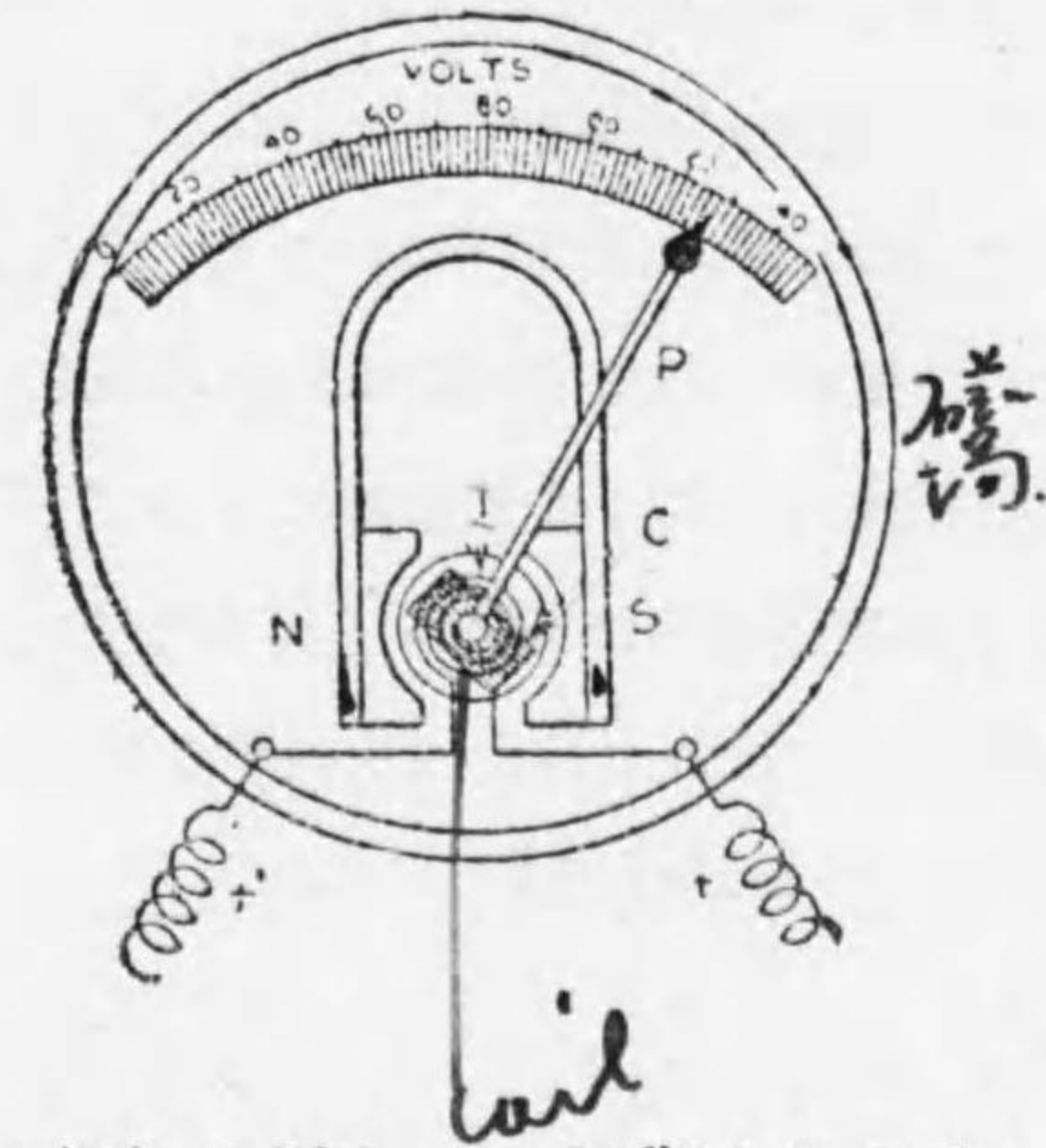
(3) Multirange instruments. 電流計の coil を二分し、之を直列  
に接続し得る様にせば壹個の計器にて二重の側定範圍を得べし。但し  
二箇の coil は夫れ夫れ等しき廻轉力を出す様注意して置かざるべか  
らず、或は coil の中間より tapping してその一部分を用ひ大なる  
range を得るものもあり。電壓計は直列抵抗を増し、其の間より ta  
pping して數多の測定範圍を得べし。線の抵抗が全抵抗の 1/20 を降  
れば溫度係數大に過ぐる故電壓計用計器は coil を二分して之を防ぐ。

第二節 可動線輪耐久磁石型電流計

此の型の計器は耐久磁石の作る磁場と此の中に置かれたる  
coil に通る電流との作用により廻轉力を生ずるものにして直流  
専用なり。

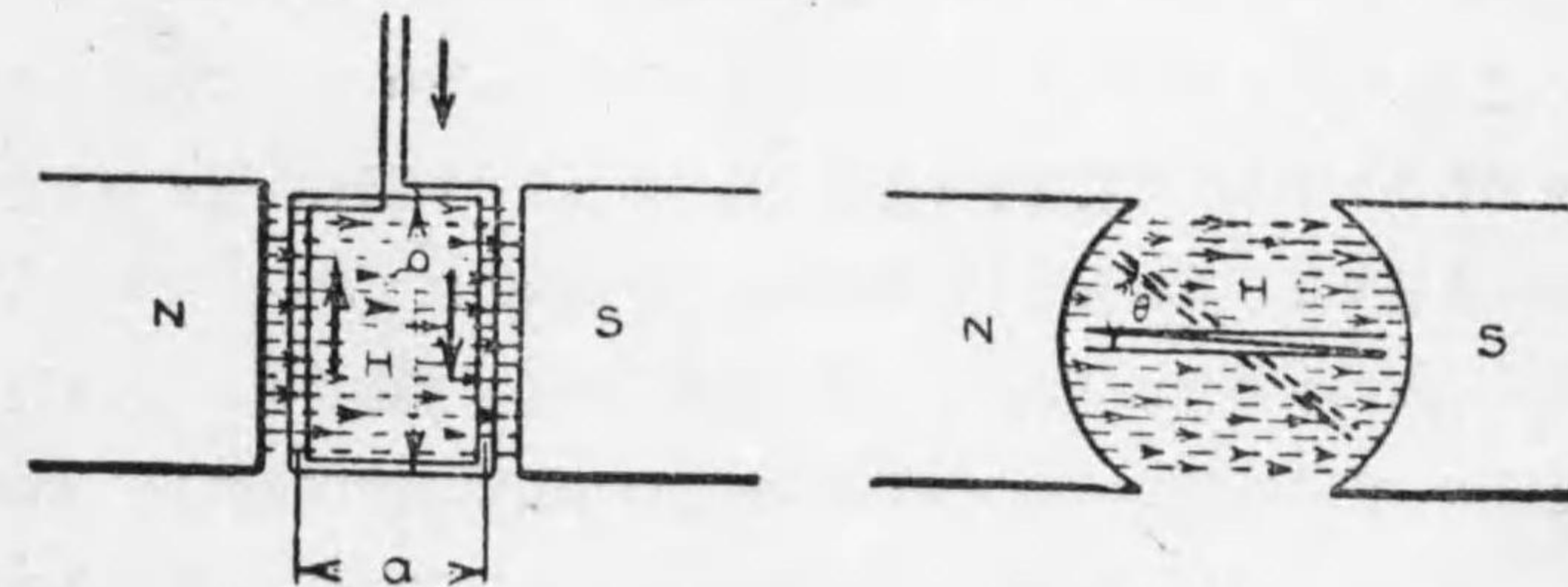
第九圖は之を示す。圖中 NS は耐久磁石の兩極、C はコイ  
ル (coil) にして之に通ずる電流によりて廻轉力<sup>(1)</sup>を生ず。I は

第九圖



スプリングにして扭れに逆らひて制禦力を示すの外コイルに電  
流を導くのをなす。

第十圖



【註】 (1) 此の型の計器は次の如くその廻轉力を略ぼ算定すること  
を得べし。

第十圖に示す如く、コイルの面が磁場の方向に平行にある場合に、  
コイルの高さ  $a$ 、巾  $b$ 、捲数  $N$ 、之に通る電流  $I$  にして、磁場の強  
さ  $H$  とせば、コイル片側の受くる力は  $NbHI$  にて其の方向はコイ  
ルと直角なり。従つて廻轉力は  $a^2 \times NbHI$  にて表はさる。依て兩側



にては  $NabHI$  なり。(ab が寸、HI が絶対単位にて表はさるゝ場合には廻轉力はダイン寸なり)。

今コイルが  $\theta$  だけ廻轉する時、磁場が圖の如くにして其の強さ  $H$  ならば廻轉力は  $NabHI\cos\theta$  となるべきも、實際は鐵心を用ひて磁場を常にコイルの平面に平行に保ち且つ其の強さを一定にす。従つてコイルの受くる廻轉力は其の位置如何に關せず  $NabHI$  なるべく、 $NabH$  が一定なる故廻轉力はコイルを通る電流に比例す。依りてスプリングを用ひ制禦力を歪れの角度に比例する様にせば均等度盛 (uniform graduation of scale) を得。

此の型は最良の工作を施せば、確度、耐久度共に等しく高きものにして標準計器として貴ばる。最も重要なるは耐久磁石<sup>(1)</sup> 空隙 (air gap)<sup>(2)</sup>、ダンピング<sup>(3)</sup>、シャント<sup>(4)</sup>等なり。

【註】(1) 耐久磁石につきては茲に詳論するの餘白なければ概括して記さんに、タングステン鋼若しくは High carbon 鋼にて、市場にマグネット鋼として販賣するものを適當の長さに切斷し、指定の温度にて火造り焼き入れをなし、研磨機 (grinder) にてポール・ピース (pole piece) の當る部分を仕上げ、後強き磁場にて磁化す、火造り焼き入れの際には爐及び水の温度并に加熱の時間等を注意すべし。

磁化せる後磁力を人工的に或る強さ迄減ぜしむる方法もあり。之れをエージングといふ。100°C 位の温度にて數時間温むるもの、或は衝撃を與ふるもの、或は交流の磁場中に入るもの等種々あり。然る後數ヶ月靜かに貯藏し強さの減退せざるを試験せる上使用す。尙ほ The magnetism of permanent magnet by Late Prof. S.P. Thompson—J. of I.E.E. 1913 に一般の解説あり参照すべし。

(2) 空隙 (air gap) は計器の良否に關係する處大なるものにして

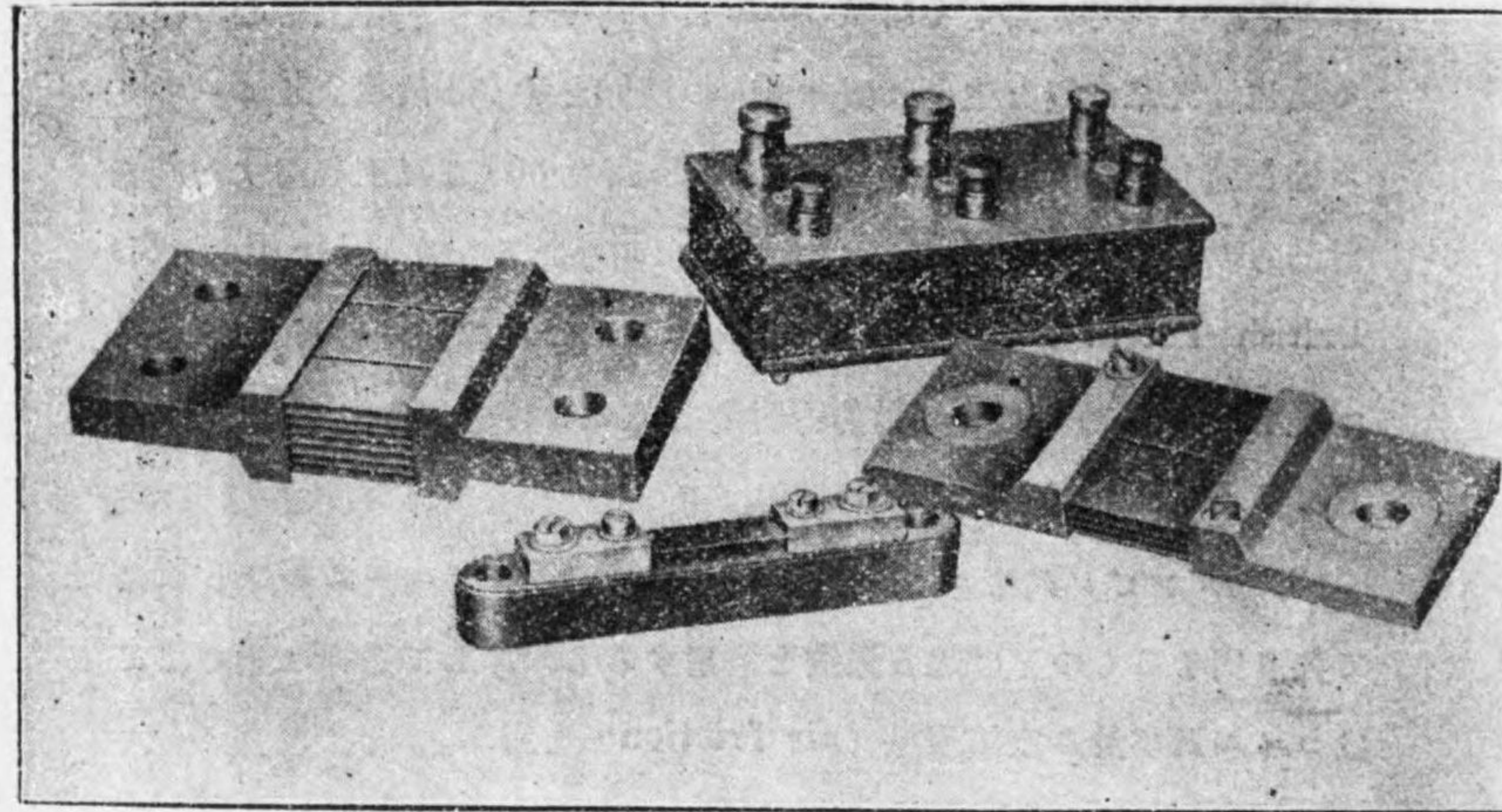
gap の小なる程磁力強大なり。Edgecumbe 氏は片側にて 0.07 吋となれり。gap 均等ならざる時は scale 自ら均等ならず製作上苦心の存する處也。又茲に錆を生ずれば coil の運動を妨ぐる故鍍金又はエナメル等を施し完全に錆止めす。近來 scale 面を 300 度以上利用する直流計器あり、gap を單一にし、之を巧妙に用ひたるなり、(Mr. Record's British Patent)。又ウエスチングハウスにては二箇の磁石を單一の gap に用ひ極めて強き廻轉力を得る方式のものを製作す。(Bulletin No. 7 Bureau of Standard)。

(3) ダンピングはコイルの卷棒(銅又はアルミニウムをプレスにて押し出せるもの)に起る渦流を利用するものにして卷棒なき型にてはコイル及び針の空氣摩擦 (air friction) を用ふ。

(4) シャント (shunts)、電壓計の直列抵抗は温度係數極めて小なる抵抗線を平板又は圓筒狀に巻きたるものにて充分なれど電流計のシャントは稍考慮を要す。善良なるシャントの要件は (a) 温度係數の小なる (b) 熱の放散宜しき (c) 熱電流の皆無等なり。而して之れ等は皆シャントが発生する熱量の多少によりて影響を異にす。即ち根本問題は發熱を小にするにあり。(シャントの熱は之を通る電流と計器が必要とする millivolt drop との相乘にて表さる、後者は 50 乃至 500 millivolt を限度とし過度に低下すれば moving coil の circuit の温度係數を大にす)。温度係數少なるシャントはマンガニン、コンスタンタン等を用ひたるものにして、熱の放散をよくするには  $\frac{1}{2}$  寸又は 1 寸程の板を用ふべし。熱電流はマンガニン最も小にコンスタンタン甚だ大なり。後者を用ふる場合には同質の線を leading wire とし幾分減殺し得。

第十一圖は各種のシャントを示す。

第十圖

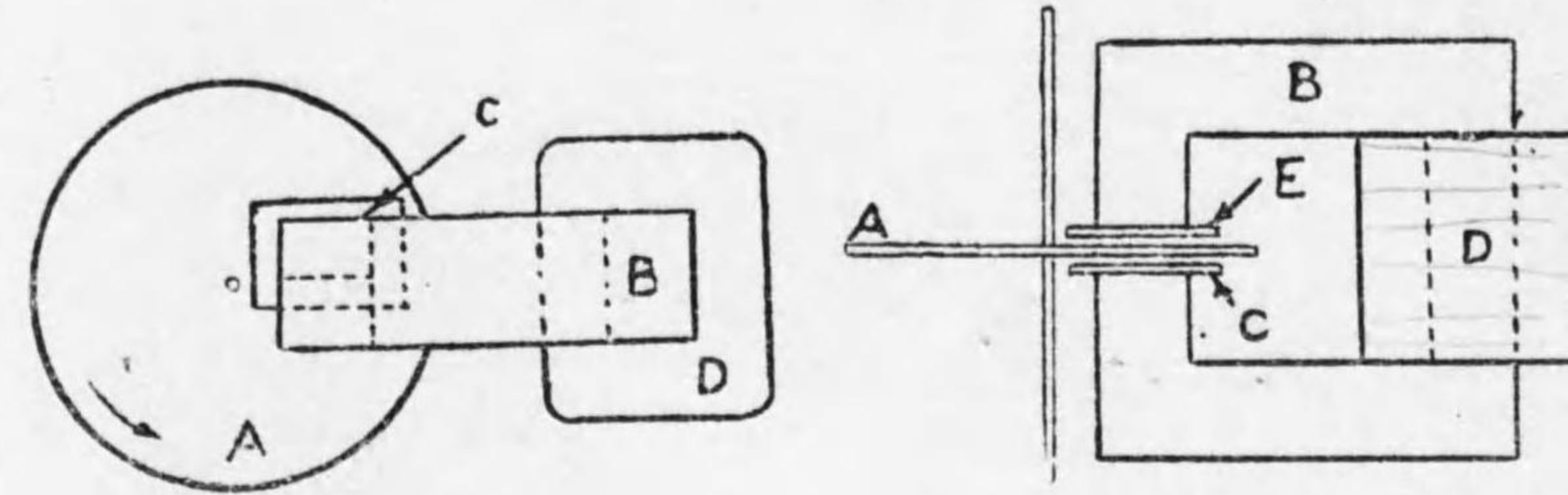


第三節 誘導型電流計及び電壓計

誘導型計器は交番電流によりて生ずる廻轉磁場 (revolving field) 若くは移動磁場 (shifting field) によりて廻轉力を得るものにして交流専用なるは論をたず俟たず。フェラリス氏 (Fer-raris) の研究に負ふ處多ければ往々フェラリス型とも謂ふ。先づ單相又は多相交流によりて移動及び廻轉磁場を得ることを略述せん。

移動磁場は第十二圖に示す如く coil D に交流を通じ鐵心 B を磁化し、CE なる銅環にその鐵心の片側を包めば、之に誘起する渦流によりて此の側の磁力線は他側のそれに比し time lag を生ず。蓋し渦流は之を生ぜしむる磁力線が増加しつゝある際には之を減少せんとする方向に起り磁力線が減少せんとするや

第十二圖



之を増加せんとする傾向を生ずるを以て銅環ある部分の磁力線の周期的變化は他の部分のそれよりも常に時間の遅れを生ずる也。換言すれば磁力線は極の面上に於て銅環なき側より有る側に向つて移動するものと見做し得べし。かくて金屬圓板 A に誘導電流を生じ磁場との作用により廻轉力を生ず。其方向が移動磁場の方向と同じきは Lenz's law より容易に考へ及ぶべし。

廻轉磁場。第三圖は二相式交流により四極の廻轉磁場を得る接続にして番號ある太き線は slot 中の導線、外周にある細き線は前面の end connection 及び内周にあるは後面の end connection を示す。

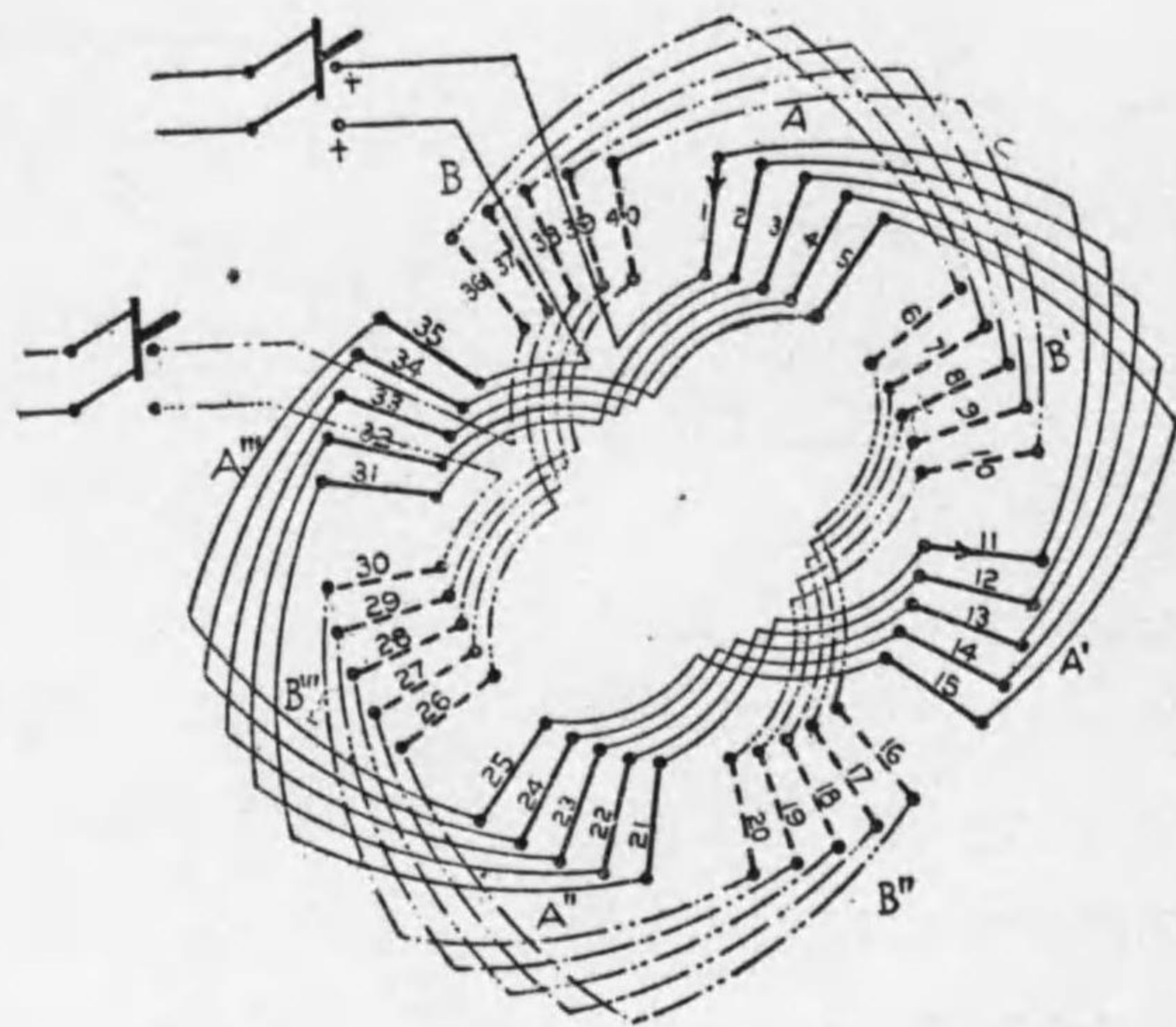
今之を簡略に第十四圖の如く表はし coil A に通る電流を  $I_1$ , coil B のそれを  $I_2$  とせば

$$I_1 = \max, I_2 = 0$$

なる時磁場の配置は (a) 圖の如くなるべし。更に  $\frac{1}{8}$  サイクルを経ば

$$I_1 = I_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \max$$

第十三圖

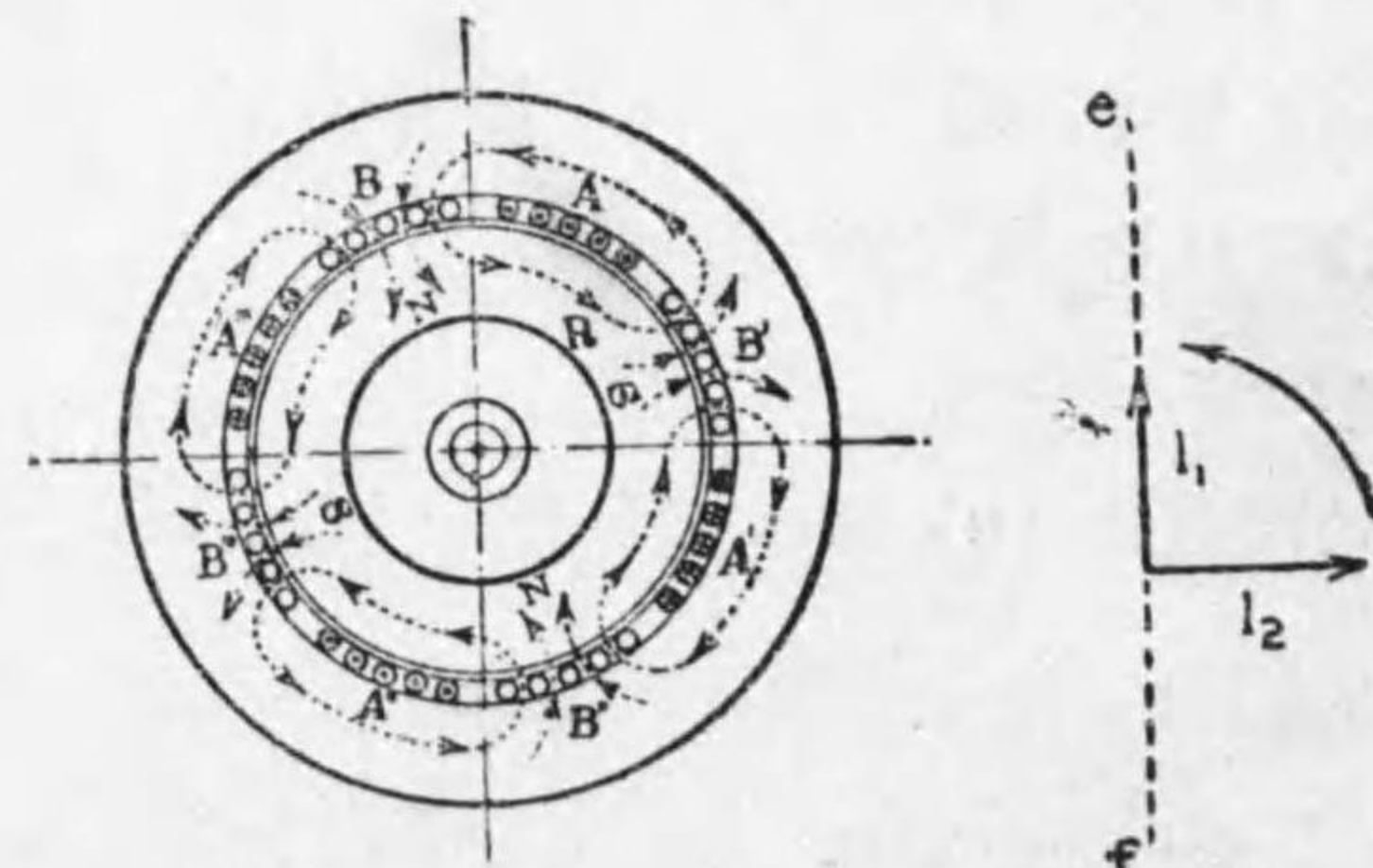


となりて (b) 圖の如く猶ほ 1/8 サイクルを經ば

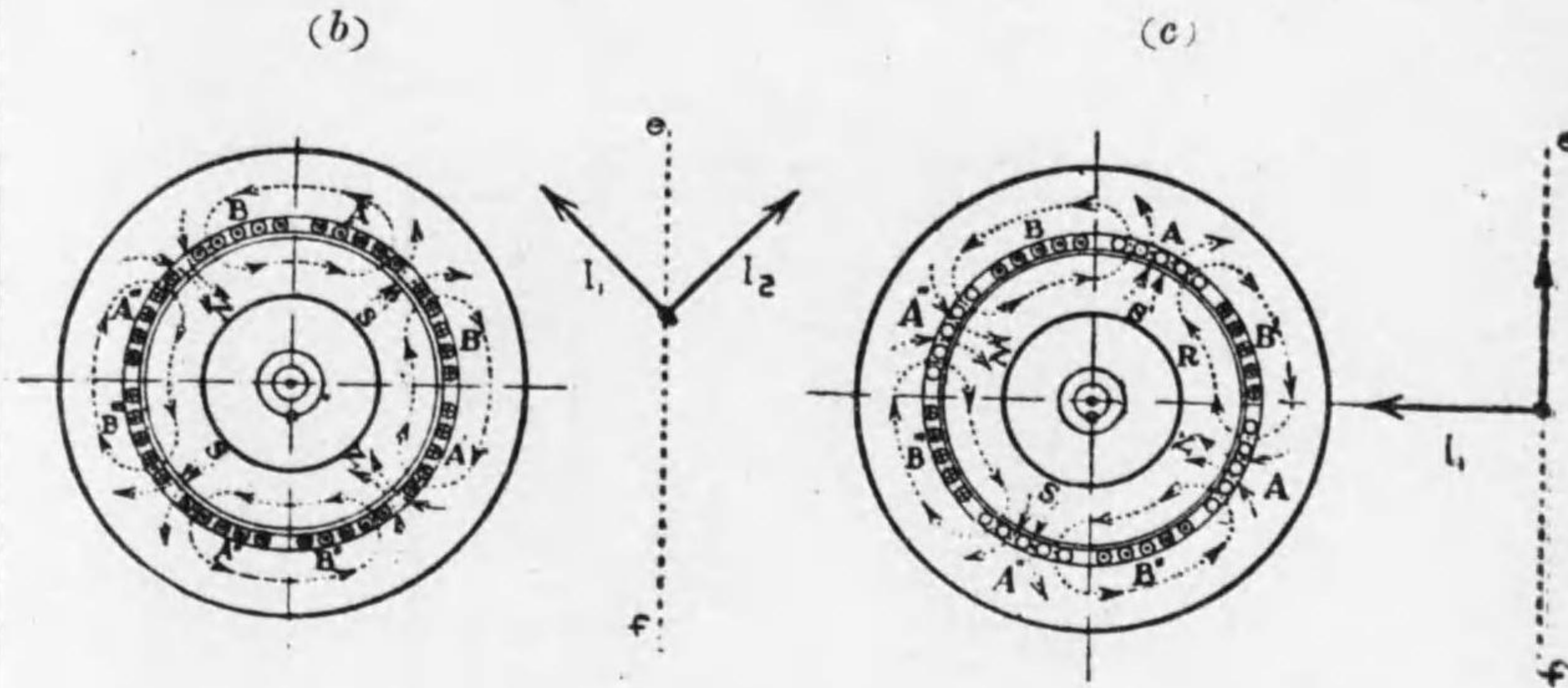
$$I_1 = 0, I_2 = \max$$

となり (c) 圖に示す如き磁場に壓すべし。即ち此の三圖を比較せば磁場は 1/8 サイクル毎に周囲の 1/16 づゝ廻轉するを見る。相及び極の數を變ずるも同様にして磁場の廻轉するを知り得べ

第十四圖 (a)



第十四圖



し。

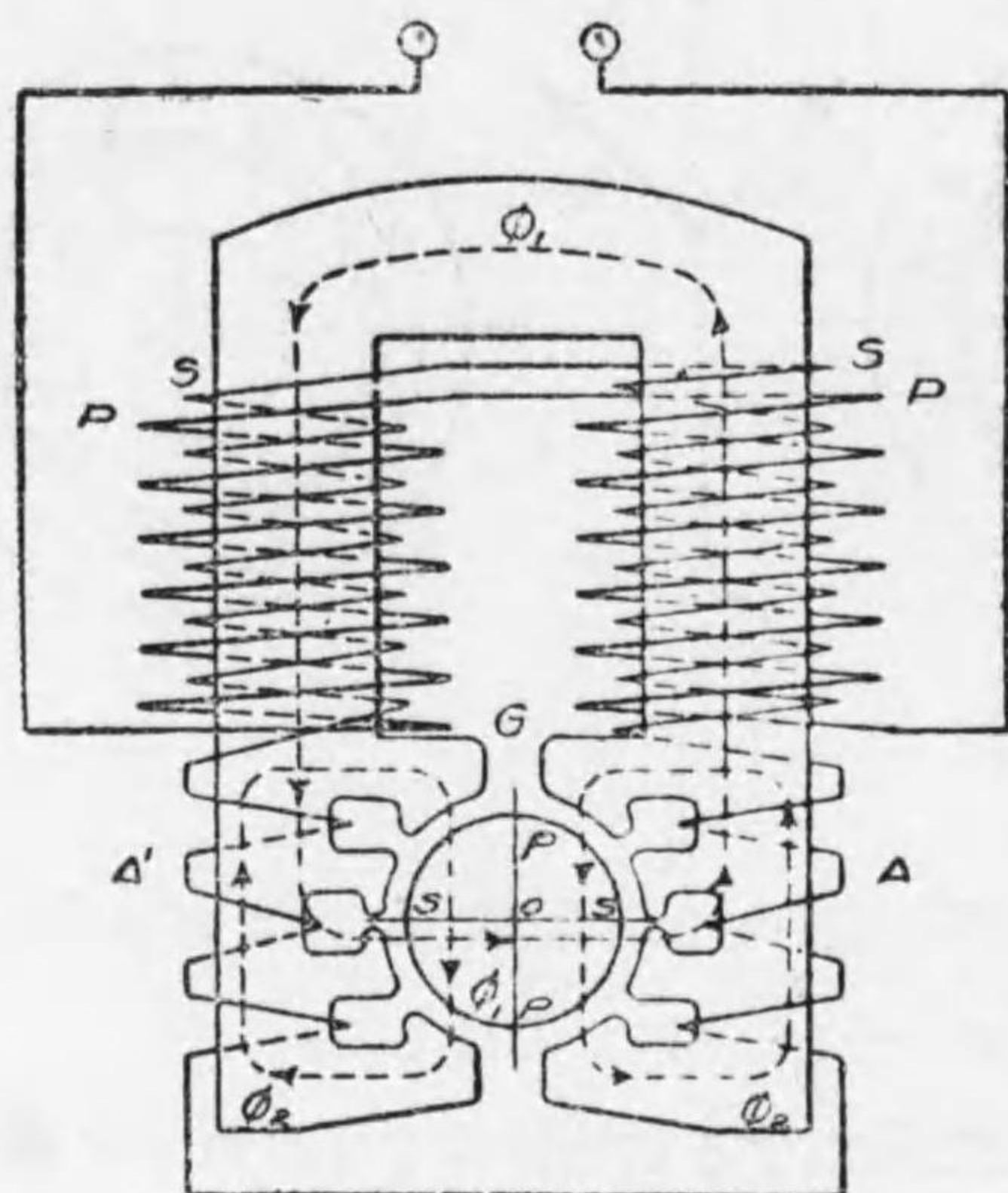
一般に磁場の廻轉數  $n$  は周波數  $f$ , pair of poles per phase  $p$  なる時、 $n = 60 \frac{f}{p}$  にて表はさる。

扱て此の原理を應用せる電流計はウエスチングハウスのコンラッド氏 (Mr. F. Conrad) のもの最も精巧にして大略次の如し。

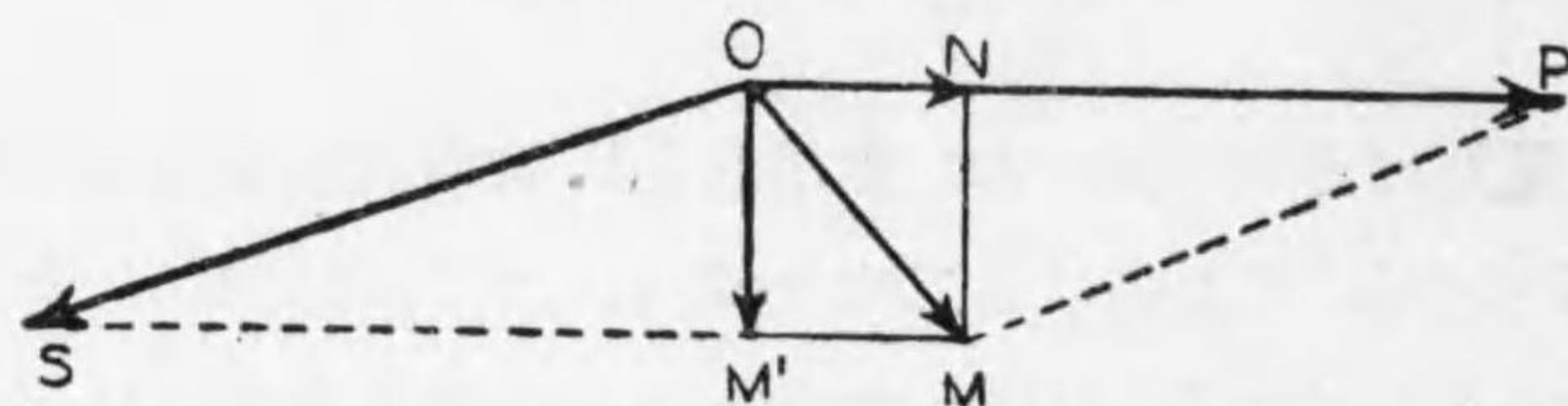
第十五圖はその diagram を示し、P は電流の通ずる coil、S は P と同じ所に巻ける二次 coil にして pole AA' を巻きて短絡せり。故に P を通る電流は S に電壓を誘起し従つて二次電流を生ずべく兩電流の合成によりて各 coil に共通なる磁力線  $\Phi_1$  を定む。又 S の coil によりて pole AA' には  $\Phi_2$  なる磁力線を生ずべく  $\Phi_1 \Phi_2$  は圖に示す如く空間に於て  $90^\circ$  の位置にあり。且つその位相は略ぼ  $90^\circ$  の差角を有する事第十六圖の如し。依つて pole の間に廻轉磁場を生ずべく茲にアルミニウム圓筒の如きものを置けば之に誘導する渦流の爲め廻轉力

を生ず。

第十五圖



第十六圖

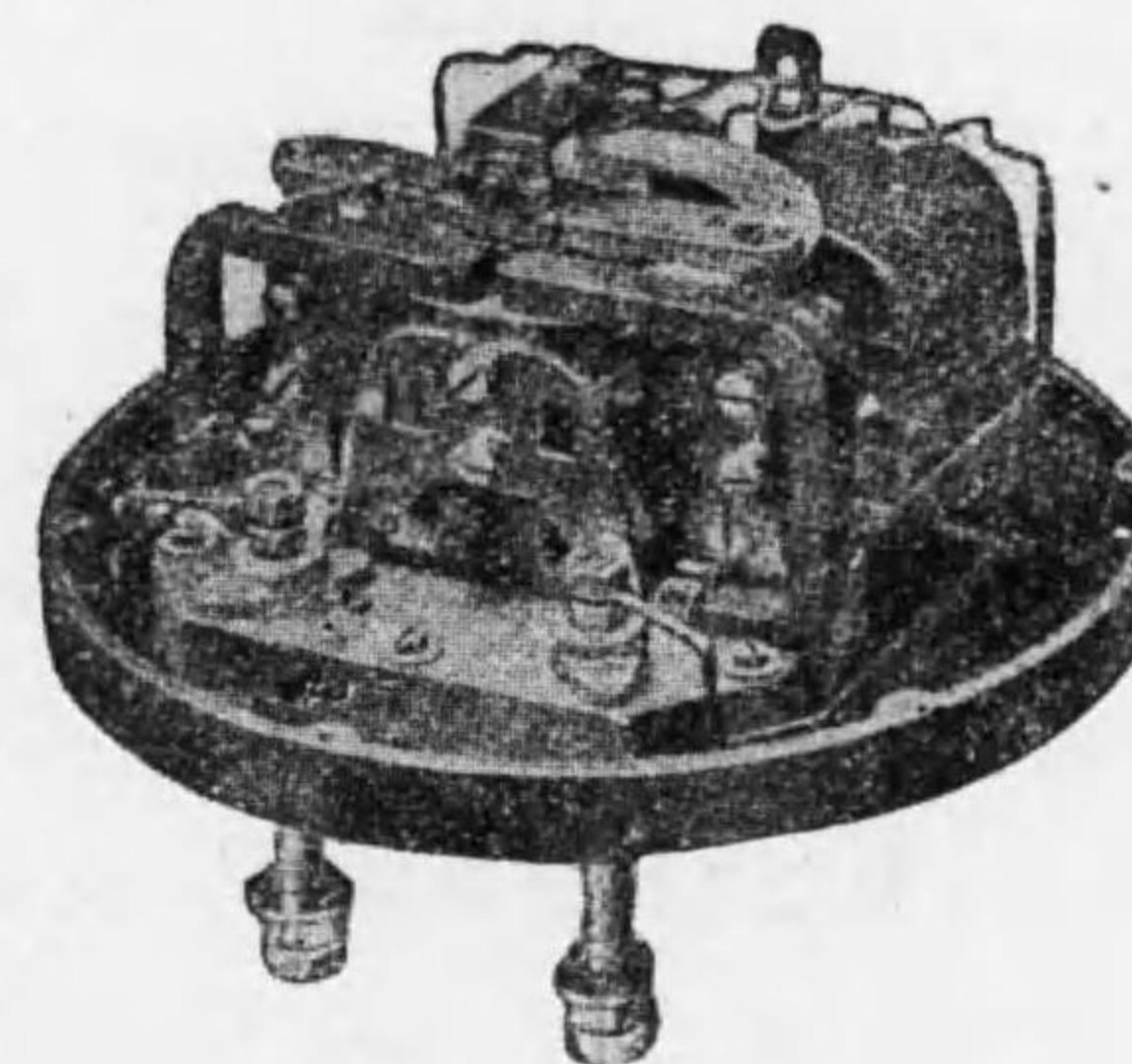


第十七圖 によりて構造明瞭なるべし。

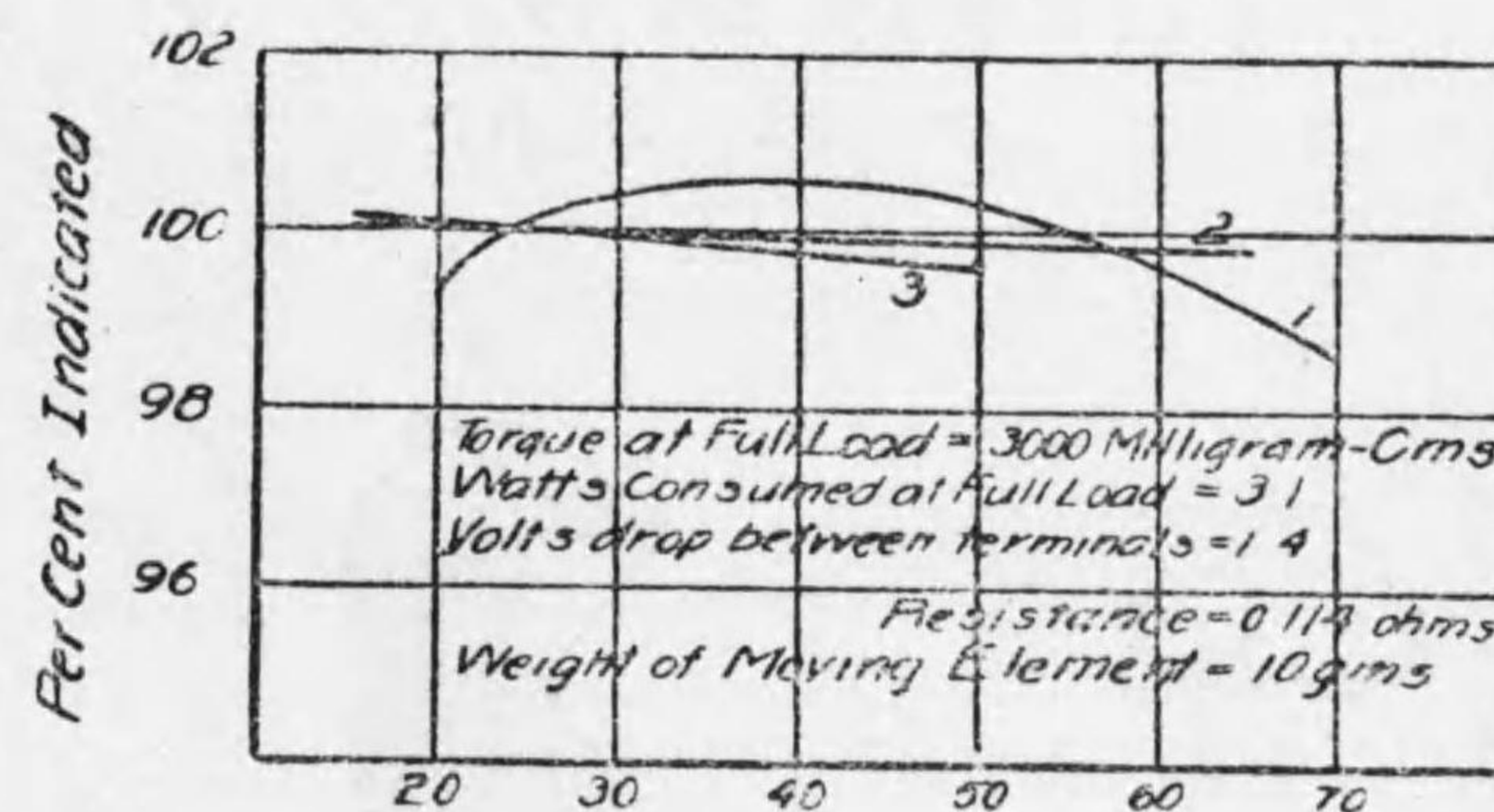
電圧計は電流計と構造略ぼ同一にして、唯 P coil が廻數多き細き線にて巻かれ、之と直列に抵抗を入れたるのみを相違とす。

此の電流計は第十八圖に示す特性を有す。曲線(1)は即ち周波數の二定値にて誤差なき様調整し得るを示し、(2)は 3/4

第十七圖



第十八圖



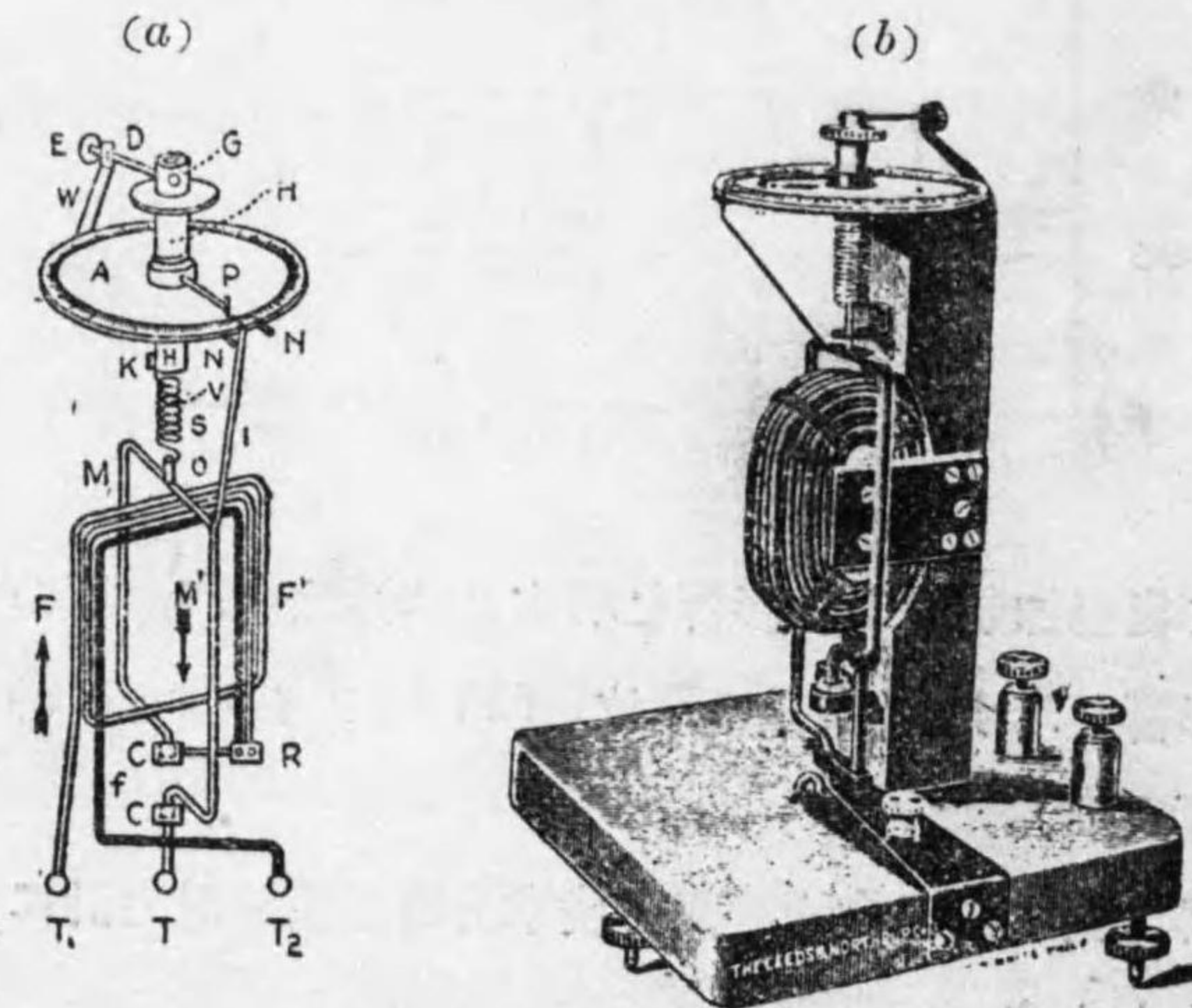
負荷にて自己加熱による影響を示す、(3)は室内温度の變化が及ぼす影響を示す。(横軸の單位、(1)はサイクル、(2)は分、(3)は攝氏度)。

本計器に關する理論的研究は後章誘導型積算電力計に於て詳しく試みんとす。

### 第四節 ダイナモメーター型電流計及電壓計

本計器の動作は互に電流を通ぜる二線間に起る引力若しくは斥力を利用するものなれば、直交流兩用にして古來屢々用ひられ人のよく知る處なり、**第十九圖** (a)(b) は電流計を示し固定線輪 FF' の外側に之と直角に可動線輪 MM' あり、兩者は水銀の cup CC により直列に接続せらる。可動線輪は S なるスプリングにて釣られ、I なる指針あり、A の dial の O を指す。今 (a) 圖の如く電流を通ずれば同一方向の電流を負へる電線間に引力を生じ F と M、及び F' と M' とは夫れ々互に引合ひ指針 I に振れを生ず。依てスプリング S を扭り I を O に復せしむれば P はスプリングの扭れを表はすべし。之れ

第十九圖



即ち兩 coil 間の引力也。

而して此の引力は理論及び實驗上 MF 兩 coil に通ずる電流の相乗に比例し、此の太さ相等しければ電流の自乗に比例す、故に P の廻轉角は電流の自乗を示す。

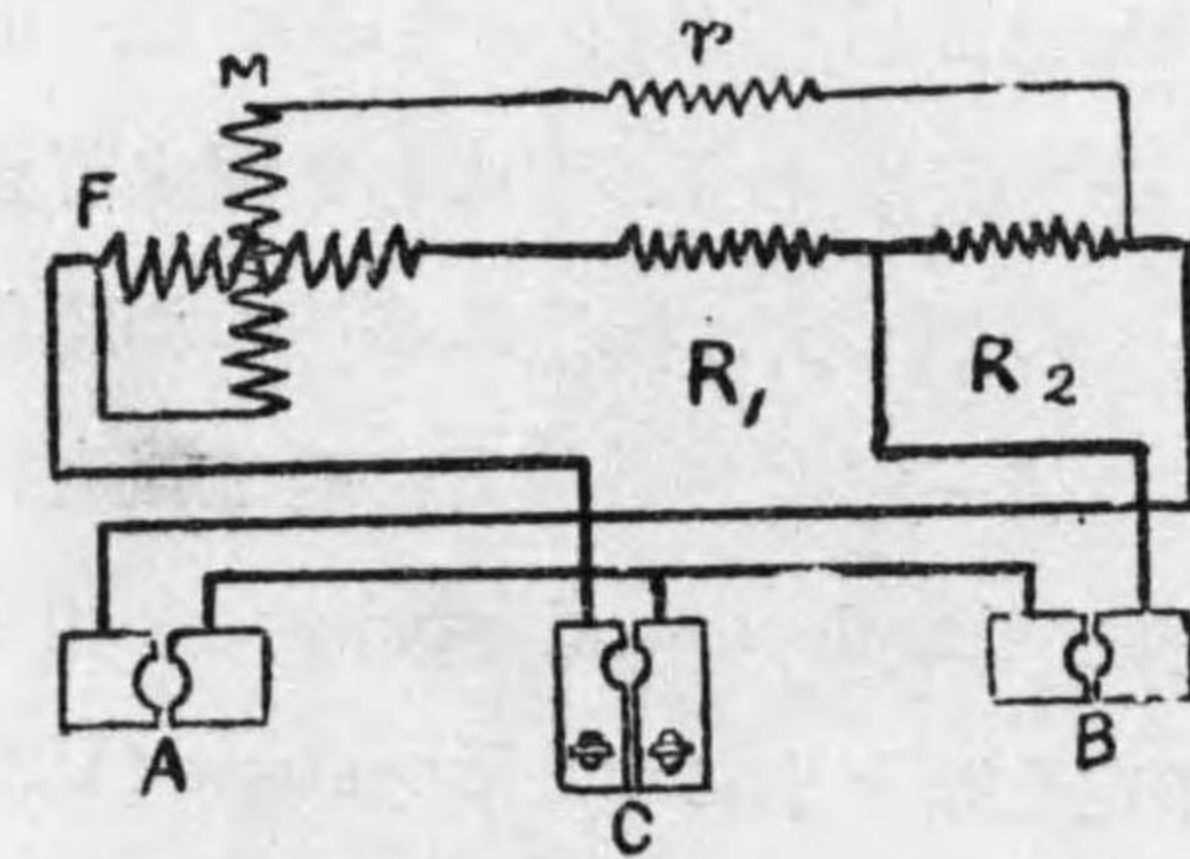
$$I^2 = k^2 \theta \quad \text{or} \quad I = k\sqrt{\theta}$$

即ち精確なる電流計を用ひ、I を計り其の時の  $\theta$  を見、上式より k を算出せば、 $\theta$  の他の値につきて I を算出し得。

携帯用ダイナモメーターは可動線輪を O に戻さず、之に針を付けて扭れを指示せしむ、従つて兩線輪の關係的位置は電流の強さによりて變る。又可動線輪の電流を通ずるに水銀 cup を用ひず制禦力を出すべき spring を代用するものなれば同線輪の電流は最低限度とせり。

電流計の場合には無誘導抵抗を shunt に使用し、その drop を可動線輪に與ふる事直流計器の如し。

第二十圖は Siemens ダイナモメーター型二重測定範圍のもの、接続を示し、F なる固定線輪を直列に R<sub>1</sub>R<sub>2</sub> なる低抵抗あり、可動線輪 M は一端を F に他端は調整抵抗 r によりて R<sub>2</sub> の端に接続すれば F と M とは全く並列に結ばる。依て兩回路の time constant を相等しくせば周波數變ずるも兩回路の電流分布は一定なるべし。plug を A に入れば R<sub>1</sub>R<sub>2</sub> の drop が

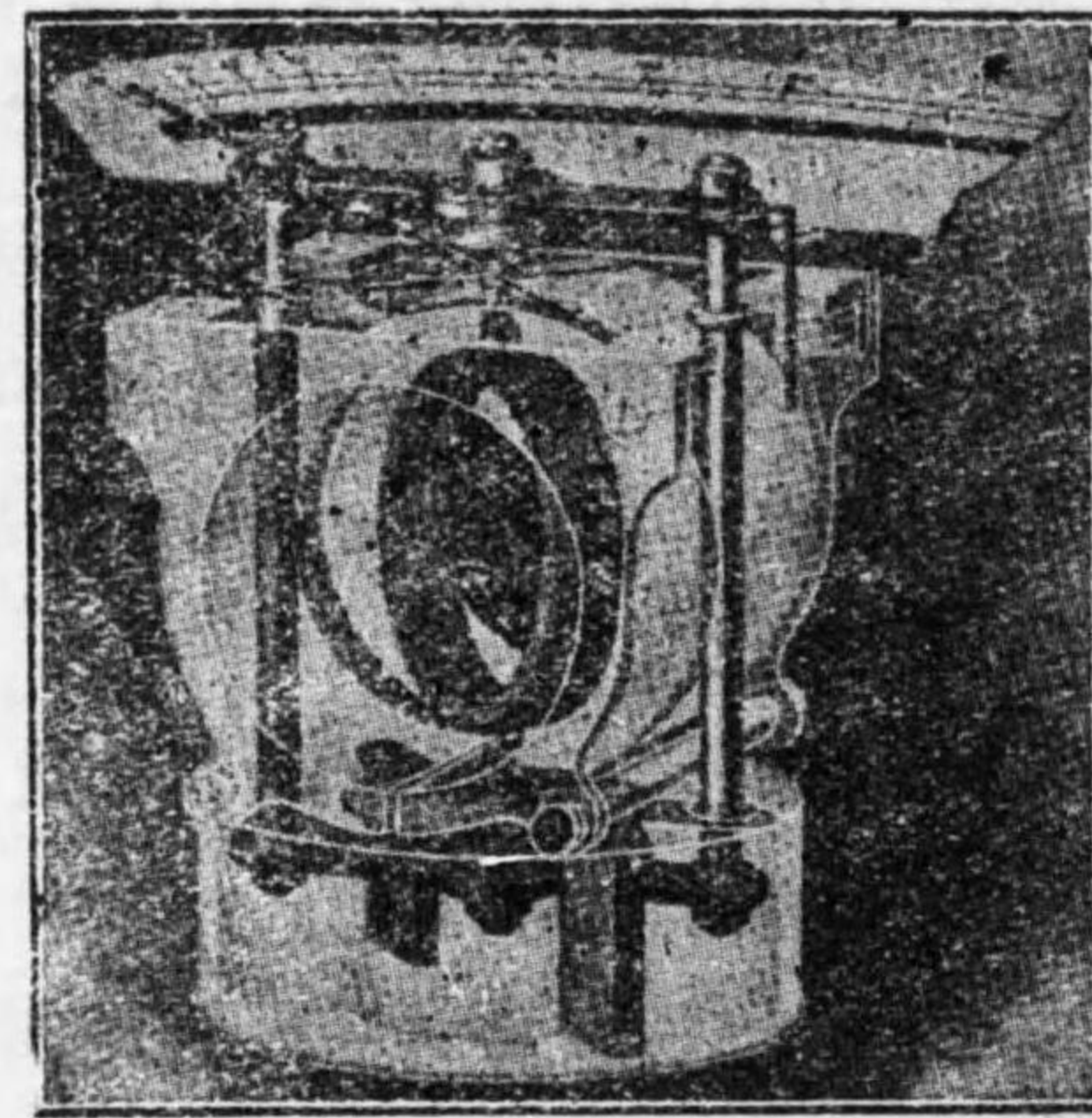


plug を A に入れば R<sub>1</sub>R<sub>2</sub> の drop が

M に與へられ、plug を B にすれば  $R_1$  のみの drop が與へらる、即ち二重範圍となる。

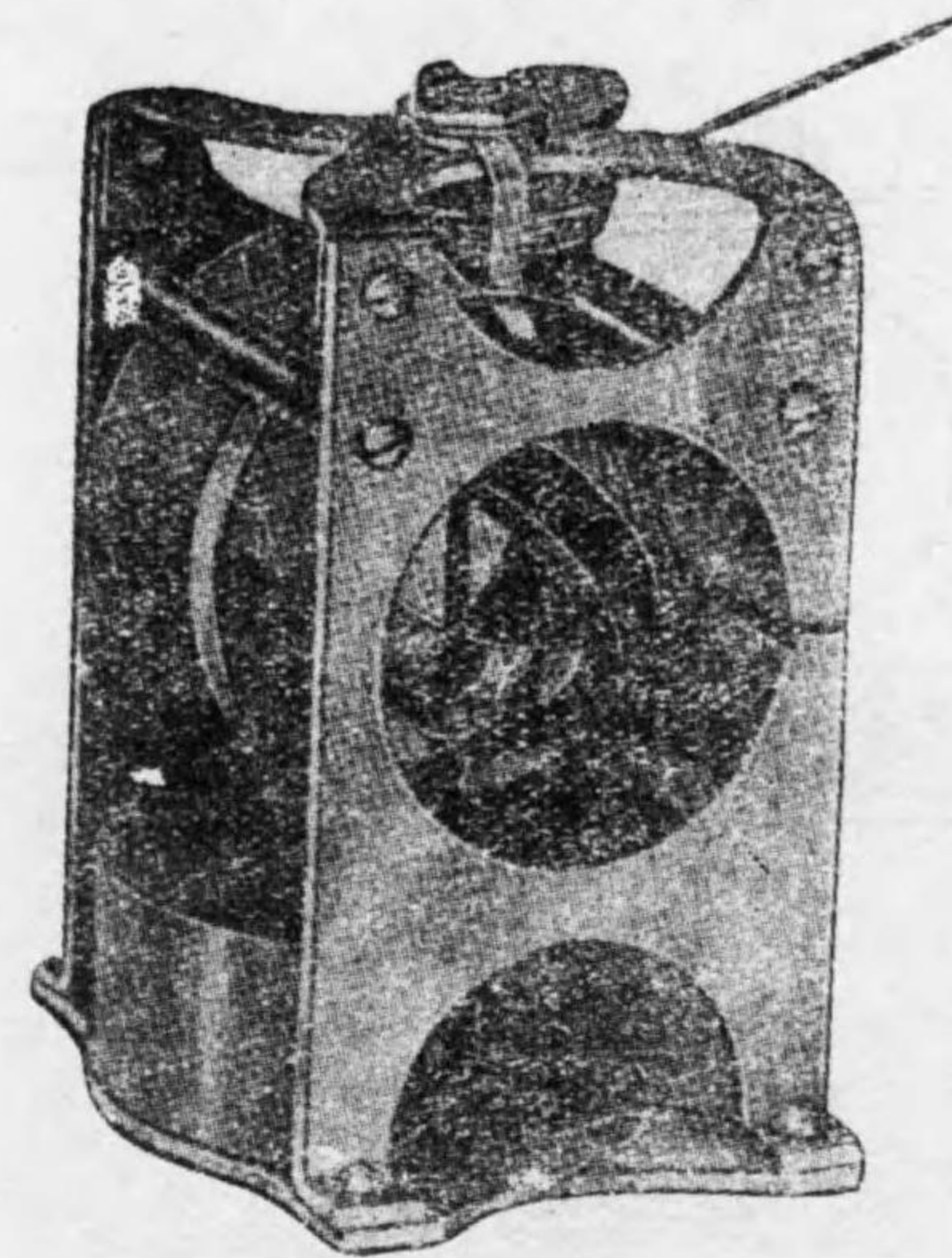
電壓計は線輪へ通る電流僅少なれば固定線輪と可動線輪とを直列に接続す。第二十一圖は Weston 計器にて總ての線輪直

第二十一圖

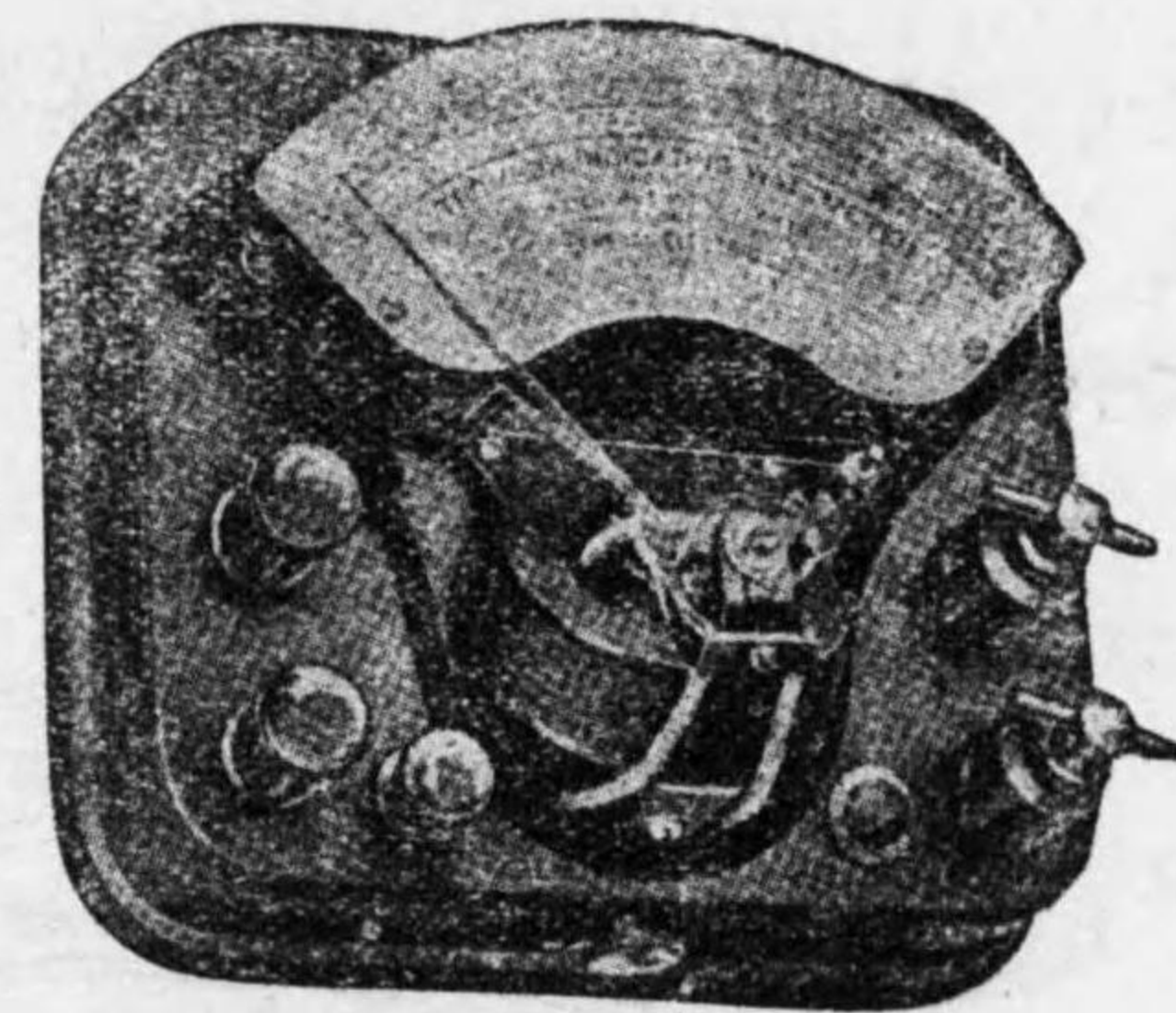


立し、第二十二圖は Roller Smith (U.S.A.) のものにて、可動線輪傾きて取付けられ第二十三圖は G.E. 製にして固定可動兩線輪共傾斜せるを見る。斯くの如く其の構造に多少の相違あるも、廻轉力と電壓との關係は皆一定にして前者は略ぼ後者の自乗に比例す。従つて制禦力に simple spiral spring を用ふれば目盛は最初に密集し、測定範圍を小にす。Keystone (U.S.A.) にては main spiral spring に加ふるに U 字形 spring を用ひ、第二十四圖の如く配置し、指針が O より或る電壓を指示する迄は U 形 spring は main spring に反對に力を出

第二十二圖

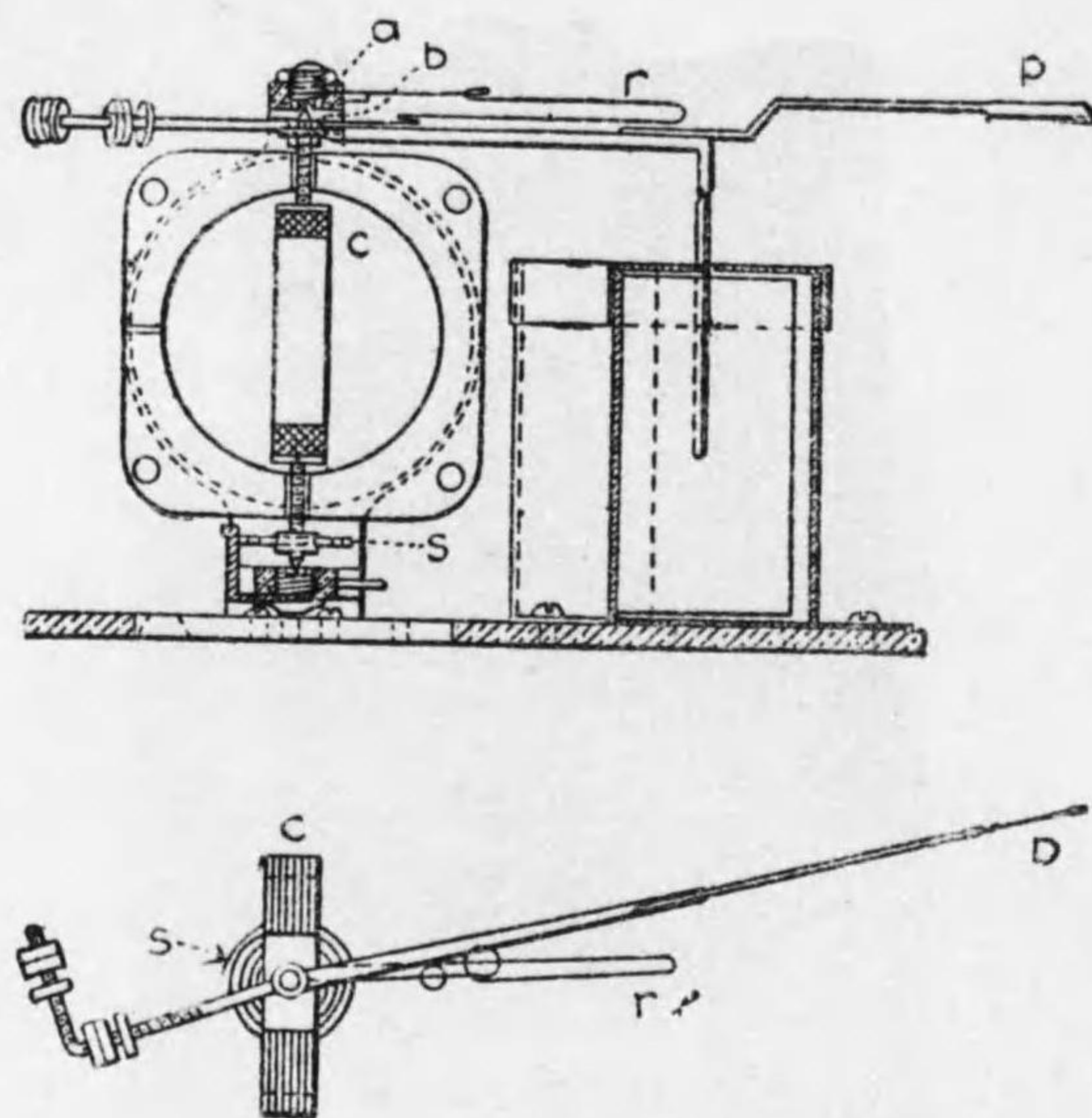


第二十三圖



し此の點を超ゆれば兩 spring は協力して働らく様にせり。main spring は廻轉角と比例する應力を出し、U 形 spring は之に比例せざる應力を出す故、兩者の合成によりて廻轉角の

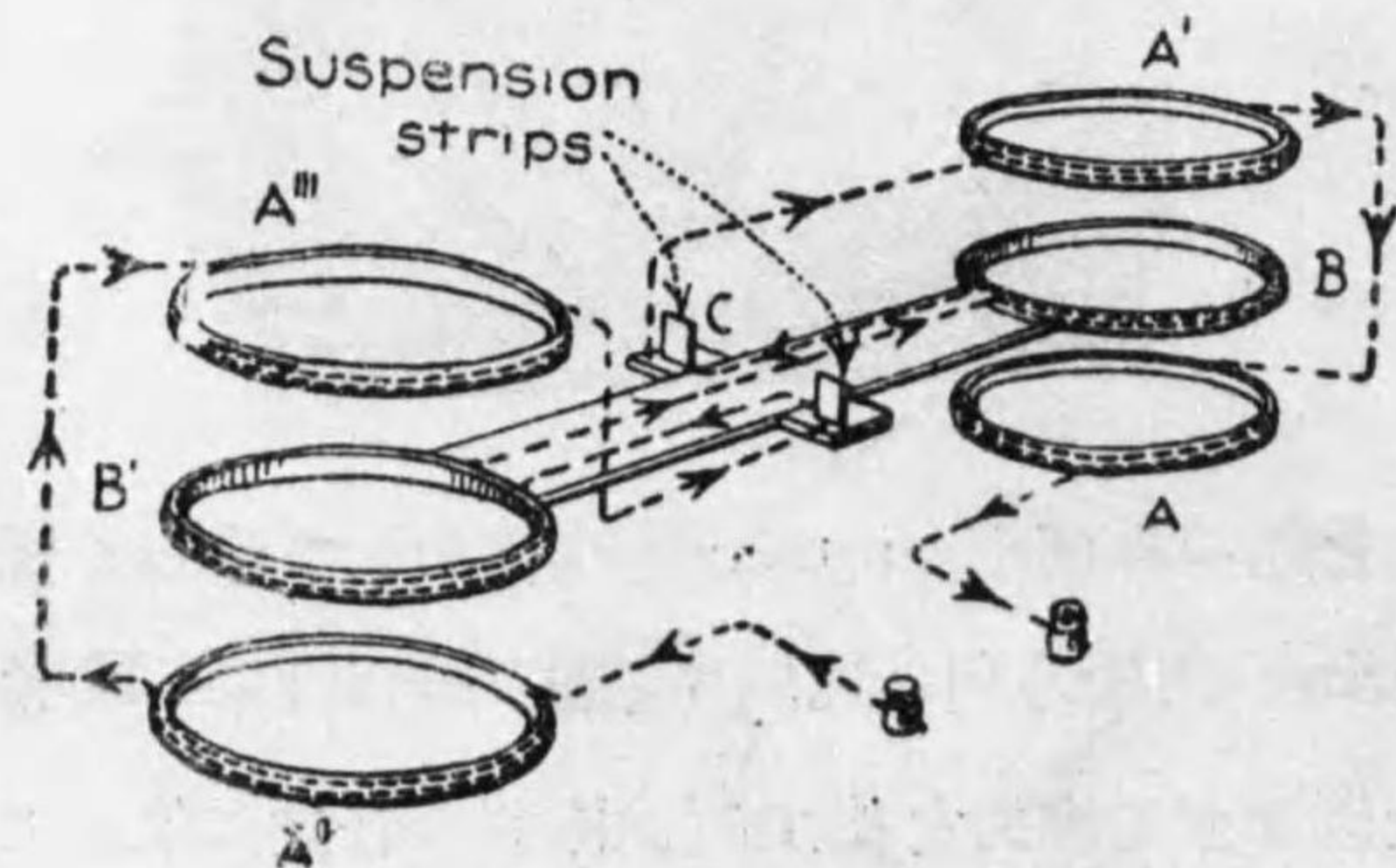
第二十四圖



自乗に略ぼ比例する制禦力を得べく依て目盛を均一に近くす。

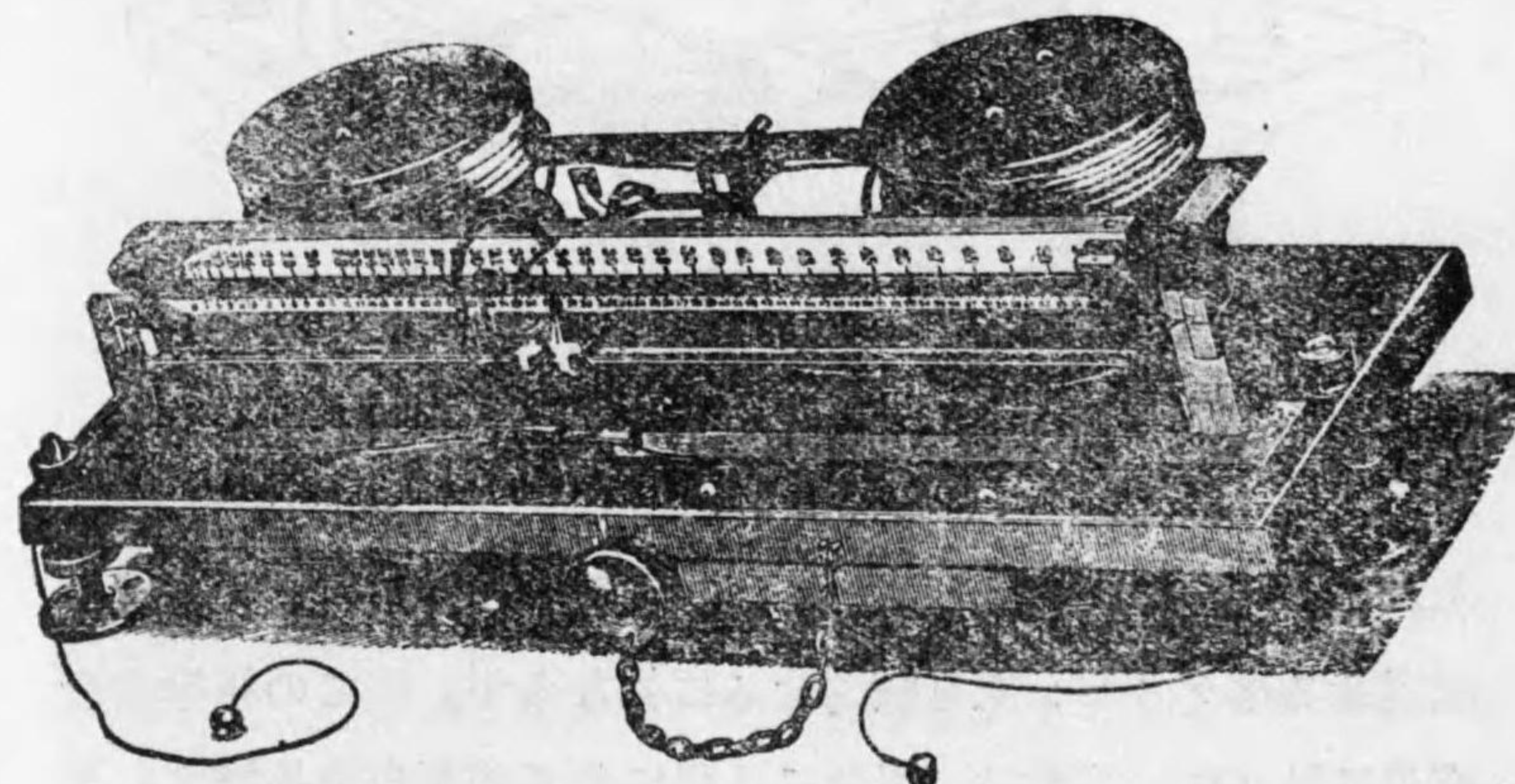
ケルビン衡 はダイナモメーター原理を精巧に應用せるものにして、第二十五圖に其の動作を示せり。A,A',A'',A''' は左右

第二十五圖



二對の固定線輪にして互に直列に結ばる。B,B' は可動線輪にして中央の suspension strips C により垂下せらるゝ梁 (beam) の兩端に取り付けられ strip C により固定線輪と直列さるゝ事圖の如し。又此の梁には前面に目盛せる部分と之に沿ひて移動する重錘とあり (第二十六圖) 線輪に電流通じ相互の引力及斥力により梁の左端降下するや重錘を外より梁に沿ひて右

第二十六圖



に引き以て平衡に復せしむ。即ち線輪間の力は重錘の重量と其の移動せる距離との相乗によりて表はさる。依て同一の重錘ならば電流は距離の平方根に比例し、同一の距離にて二倍の電流を讀まんには重錘は四倍の重量を必要とす<sup>(1)</sup>。

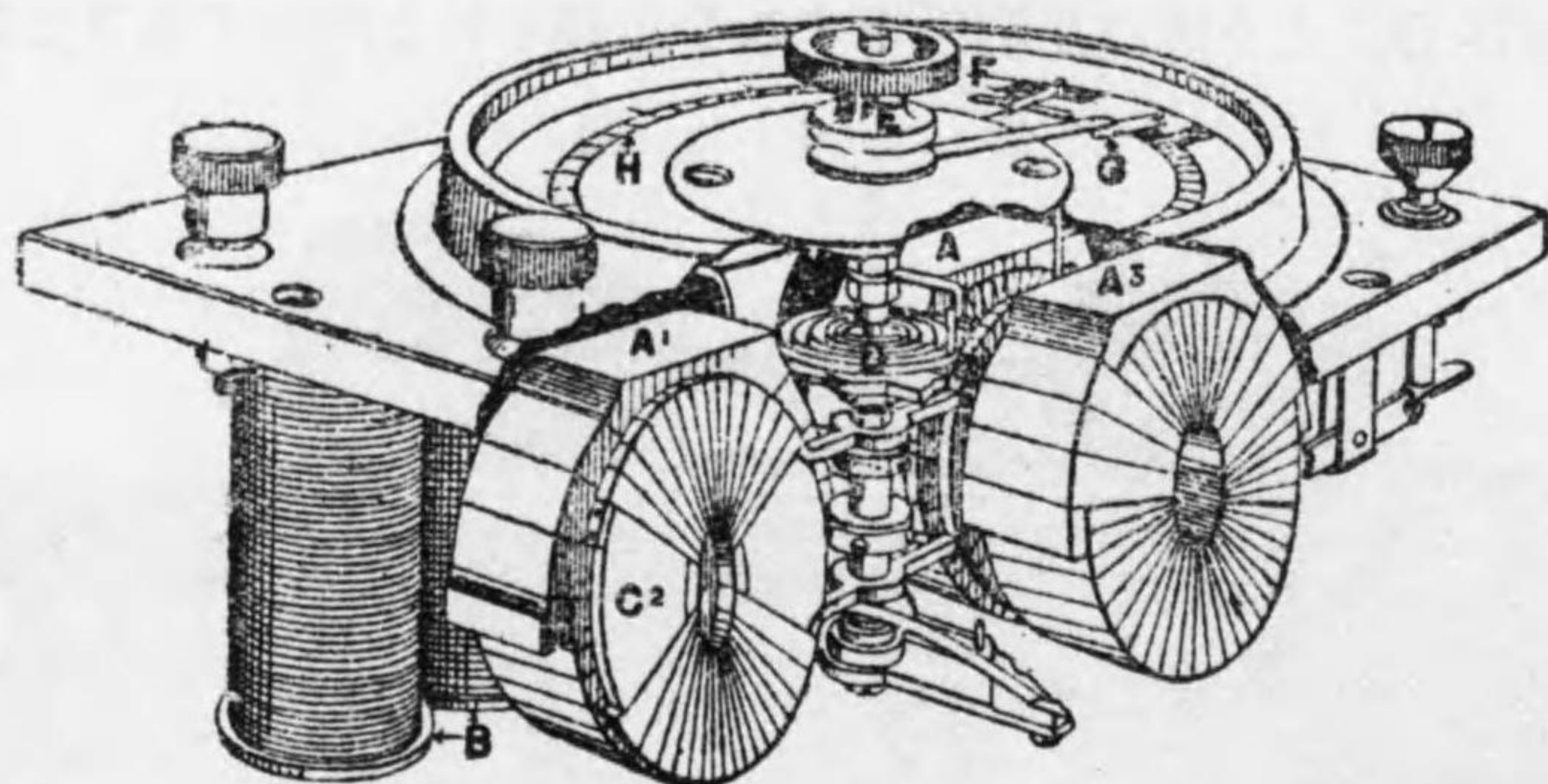
ケルビンアンペア衡 (ampere balance) は最小 0.01 amp より最大 2500 amp 迄七種の容量に別ちて販賣せり。其

【註】 (1)  $I^2 = kl$ , 今  $l$  を一定とし、 $I$  を二倍にし平衡せしめんとしたる故  $(2I)^2 = k'l' \therefore k' = 4k$  即ち重錘は四倍となる。

の細微電流を測定するものは之に高抵抗を附加し電壓衡として用ひ得。之を volt balance と稱す。

上記の衡は皆据置用なれど Westinghouse にては携帯用に應用せるものを製造す。即ち第二十七圖の如く二對の固定線輪

第二十七圖



A, A<sup>1</sup>, A<sup>2</sup>, A<sup>3</sup> 及二箇の可動線輪 C<sup>1</sup>, C<sup>2</sup> を各の面が直立する様に配置せる事ケルビン衡を横轉せるに異ならず。總ての線輪は皆直列に結ばれ、電壓計の場合には更に無誘導抵抗を接続す。ケルビン衡の重力制禦 (gravity control) に代ふるに D なる spring を用ひ、E なる扭り釘 (torsion head) に取付けられたる指針によりて制禦力の強さを示す。可動線輪の位置は之に附屬せる針 F によりて見る。目盛りは扭り釘の周圍約 300° に亘りて甚だ長けれど廻轉力は電流の自乗に比例する故目盛は尻開きなるを免かれす。

【註】 譯者曰、ダイナモメーター原理による電流計并に電壓計の特色としては先づ交直兩用なることを擧げざるべからず、即ち直流にて

更正せば支流に使用し得る事之れなり。但し直流にて更正する際は地球磁力の影響を考慮すべく又直流にて更正せるを其儘交流に用ひて必らずしも同一の誤差と見做す能はざるもあり、即ち自己誘導、相互誘導渦流等の存在する計器は交流にて著しき誤差を生ずべし。

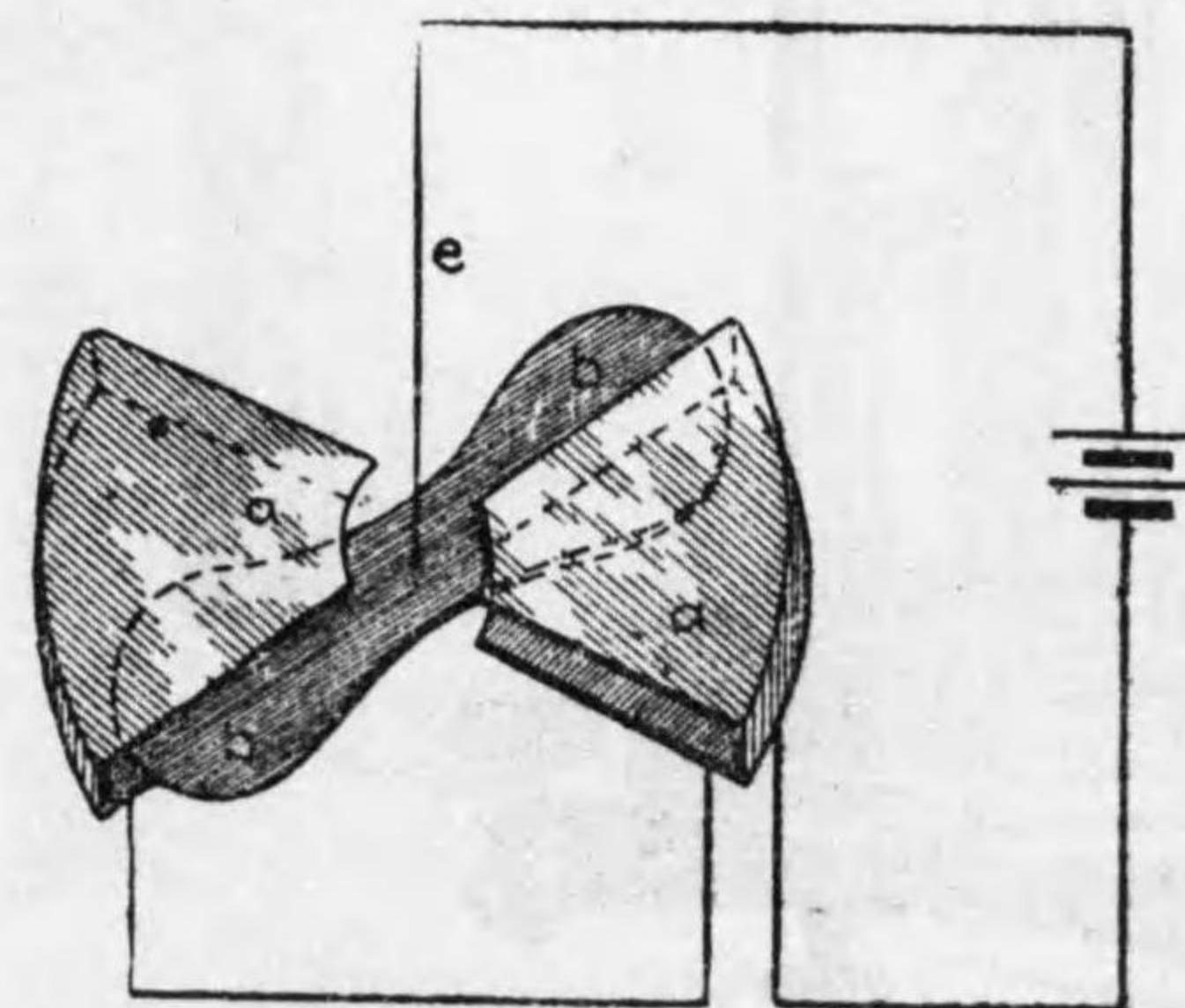
此の型の計器は感度も確度も共に甚だ高く最近のものにありては従來の缺點たりし damping の不良も著しく改良されたり。要するに交流と直流とを連結する transfer instrument としては最も便利なるものなり。

### 第五節 靜電電壓計

上に述べたる計器は悉く電流を通じて廻轉力を得たるものなれど、茲に説かんとする靜電電壓計は全く電流を通す事なく、充電體間の引力を利用する方式のものにして、ケルビン卿の案出に負ふ處尠からず。

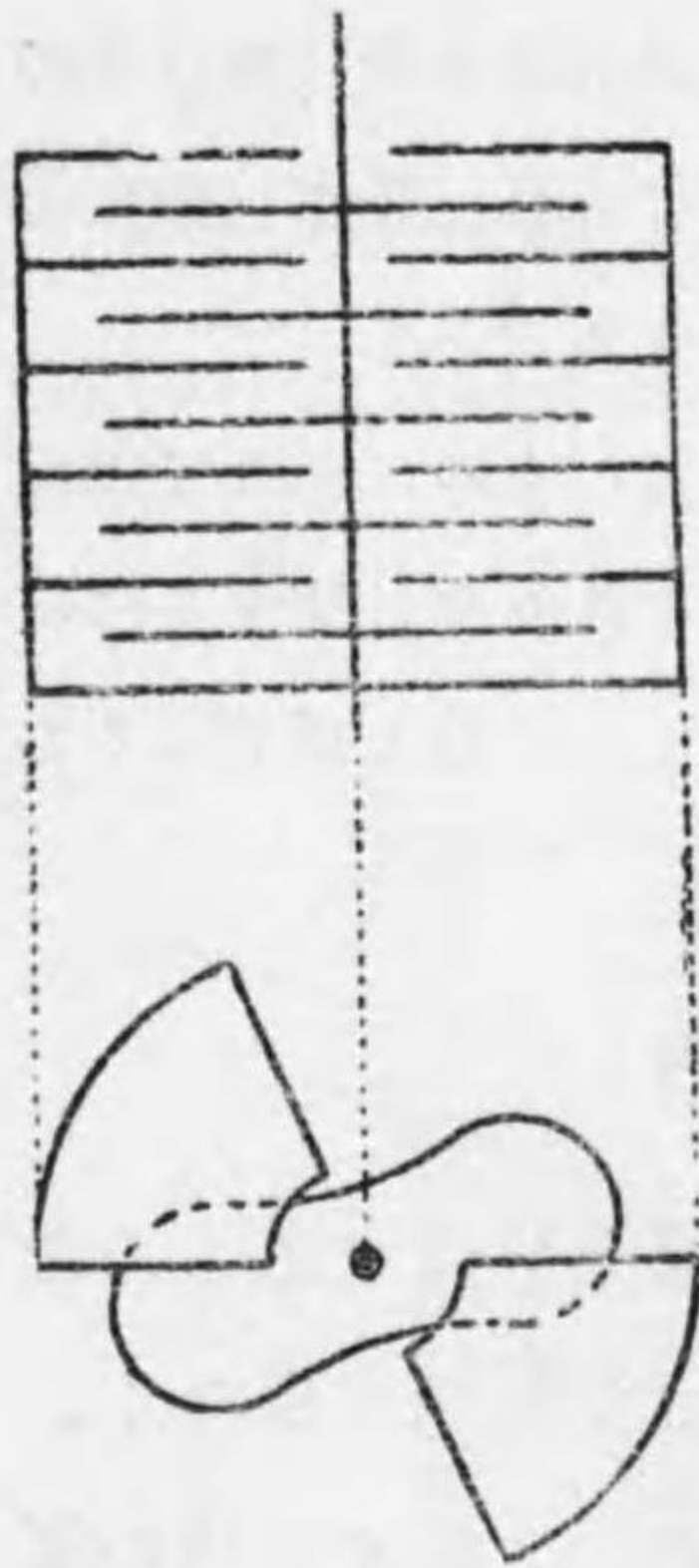
第二十八圖はその原理を示す、aa は固定せる象限 (quadrants) にして、bb は蘭形を成せる薄きアルミニウム板の可動

第二十八圖



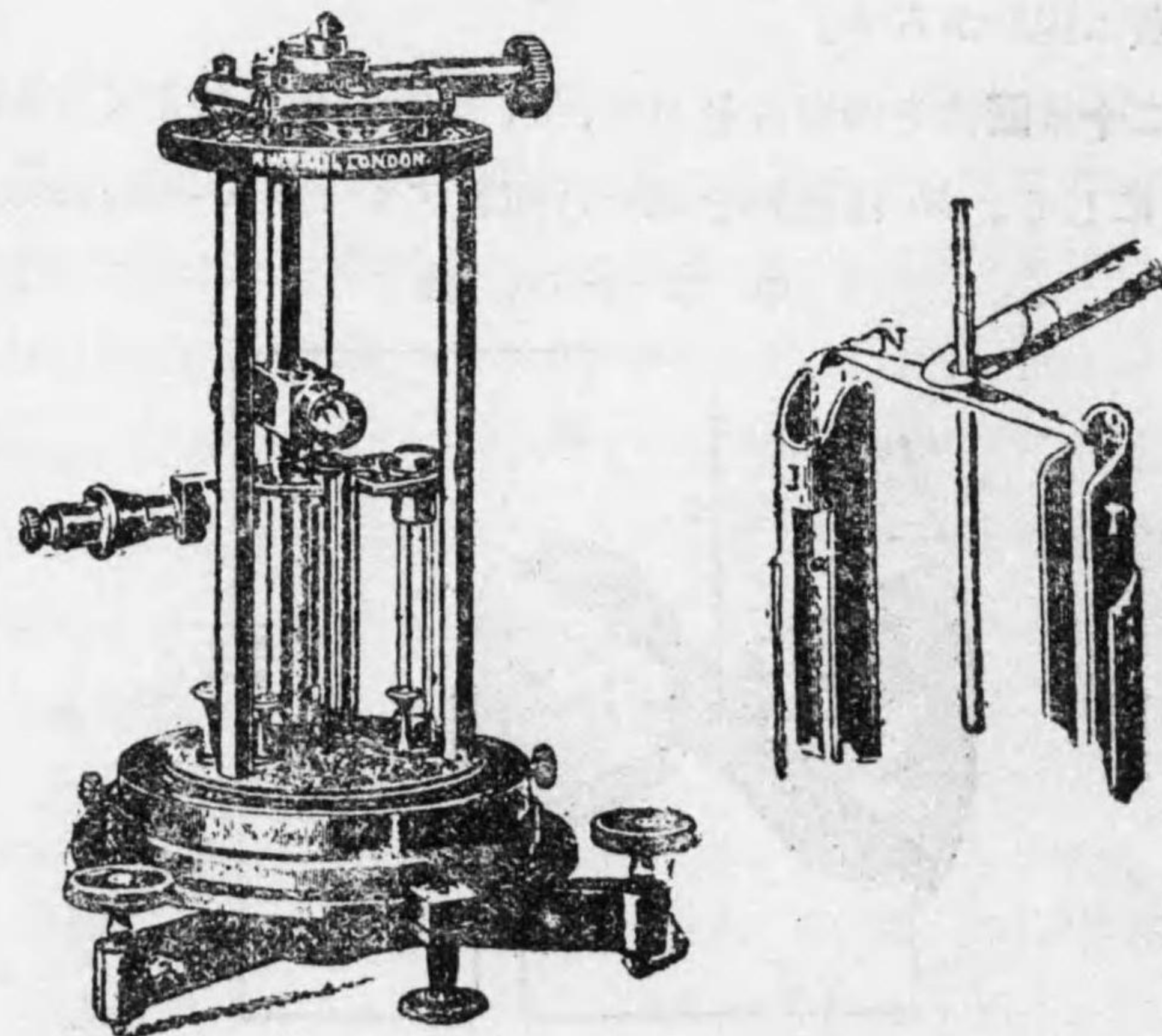


第二十九圖



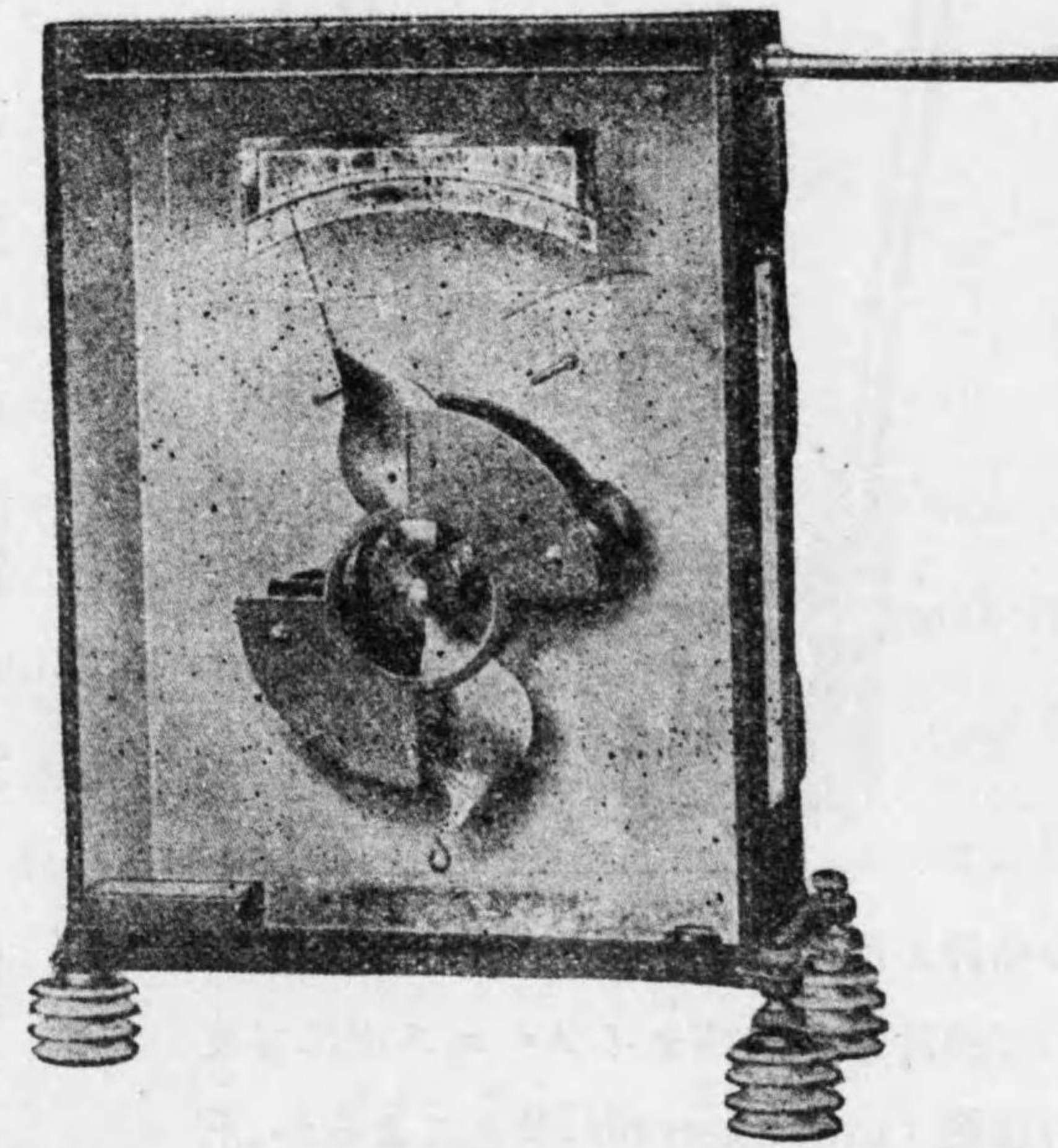
片 (movable vane) なり。今  $a$  と  $b$  とを圖の如く充電せば兩者間には電壓の自乗に比例する引力を生じ可動片は固定象限の直下に吸ひ込まれる。低電壓の場合には第二十九圖の如く象限及可動片の數を増加し所謂マルチセルラー (multicellular) とするか、若しくは第三十圖の如く象限及可動片を圓筒狀に變化すれば充分なる廻轉力を得。兩者とも可動片は磷青銅ストリップ (phosphor bronze strip) にて釣り、前者はカストル油後者

第三十圖

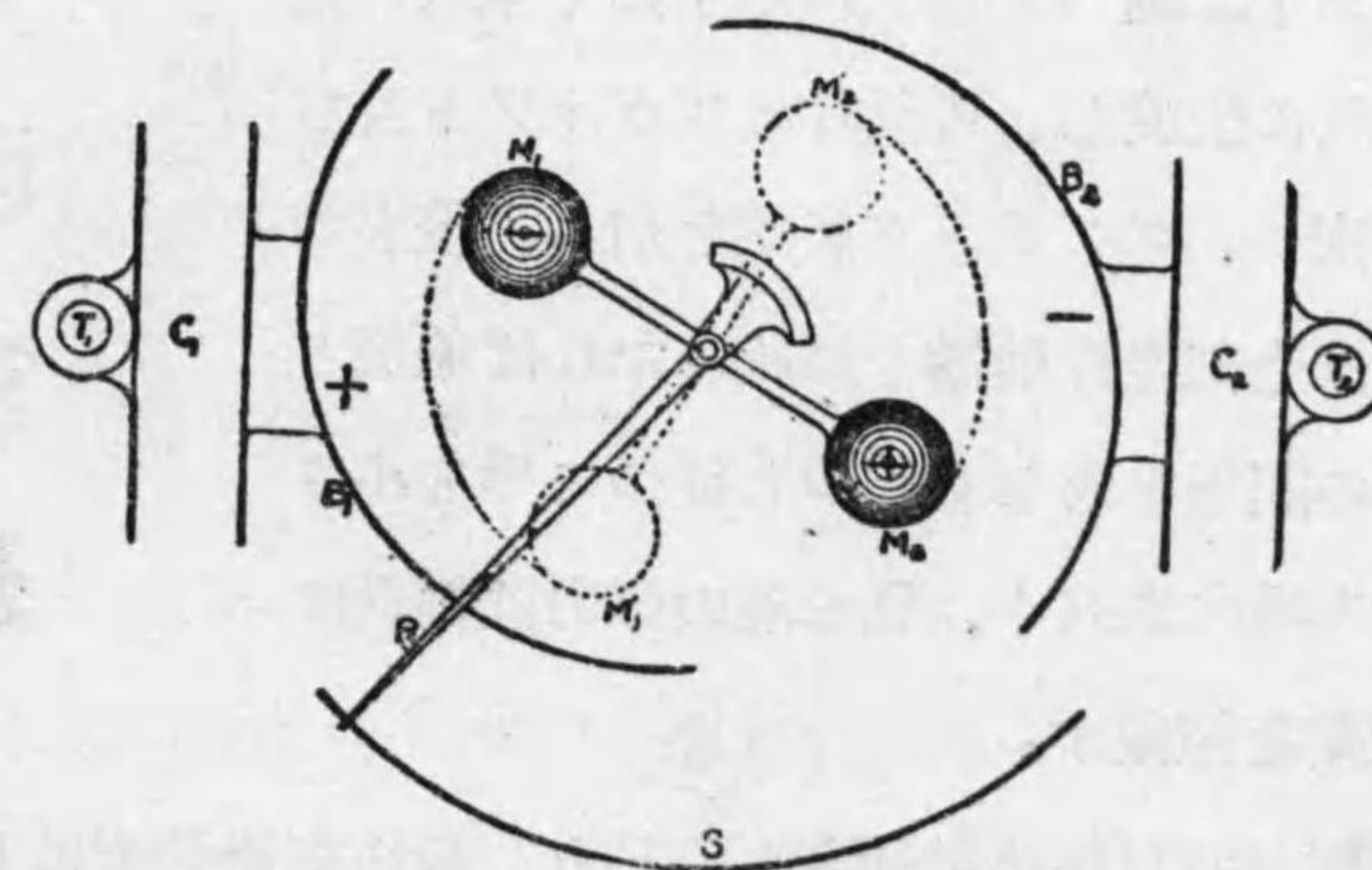


は空氣を用ひて制動す。後者の設計にては 1 volt より測定し得るものあり。

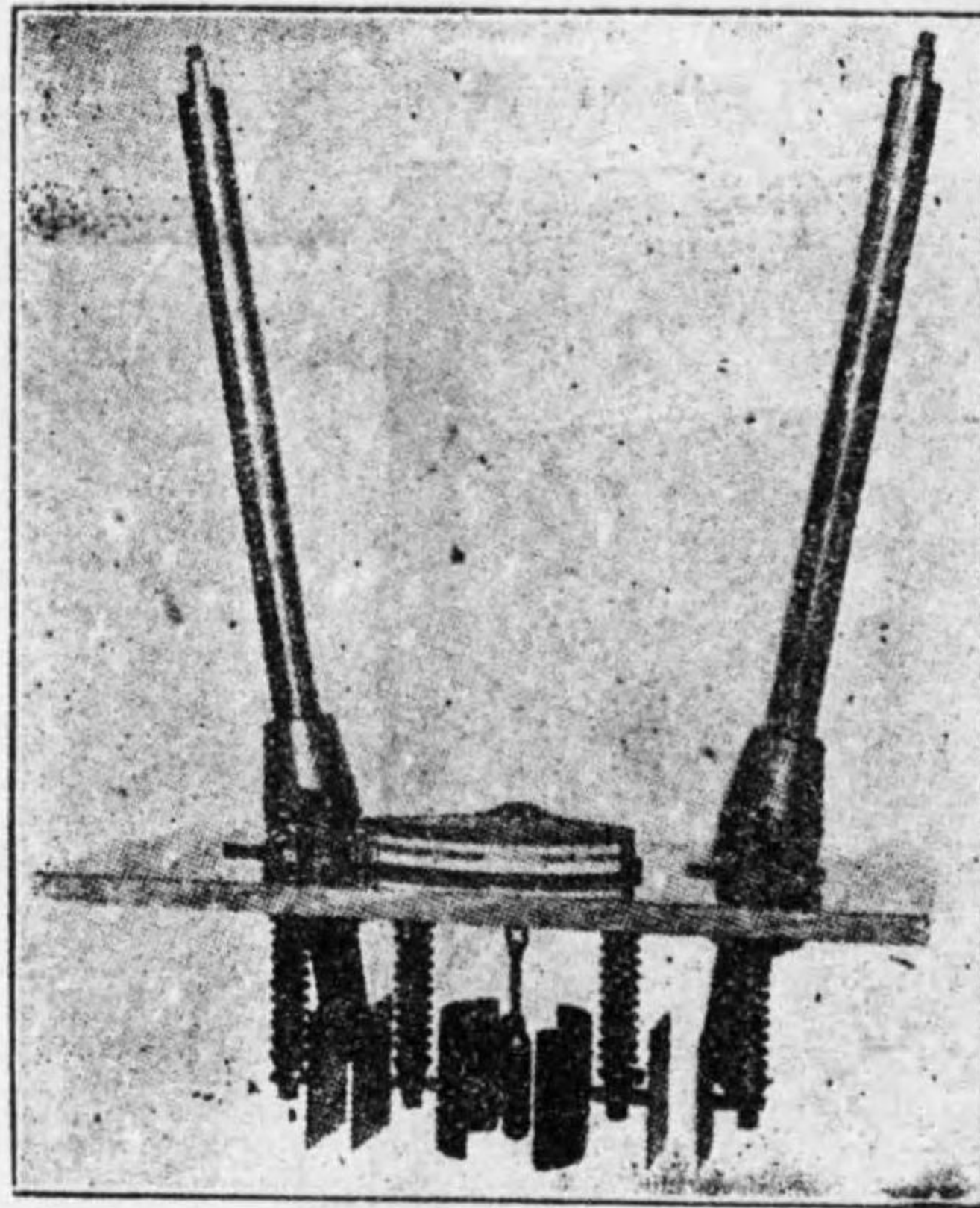
第三十一圖



第三十二圖 (a)

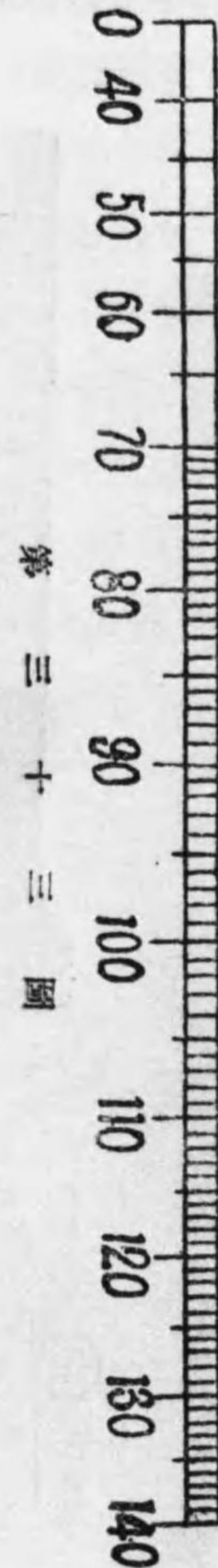


第三十二圖 (b)



高壓の場合には第三十一圖の如く一對の象限と一個の可動片とを用ひナイフ・エツヂにて支持し重力制御 (gravity controll) によるか、若しくは第三十二圖 (a)(b) に示す如く象限可動片を圓筒狀に配置し、可動片はピゾオツト及び軸受にて支へ、スプリング制御を用ふ。後者の動作部分は全部絶縁油槽中に収めたれば象限と可動片との間隔を著しく縮少し従つて形も小さく廻轉力も増大すべく、且つ油の浮力は軸受にかゝる重量を軽減す。

静電電壓計の目盛は最初著しく込み、最後亦幾分密にして中



間粗なるが普通なれど象限と可動片の形狀、及關係的位置を調整せば稍均等に近きものを得。

第三十三圖に其一例を示す。

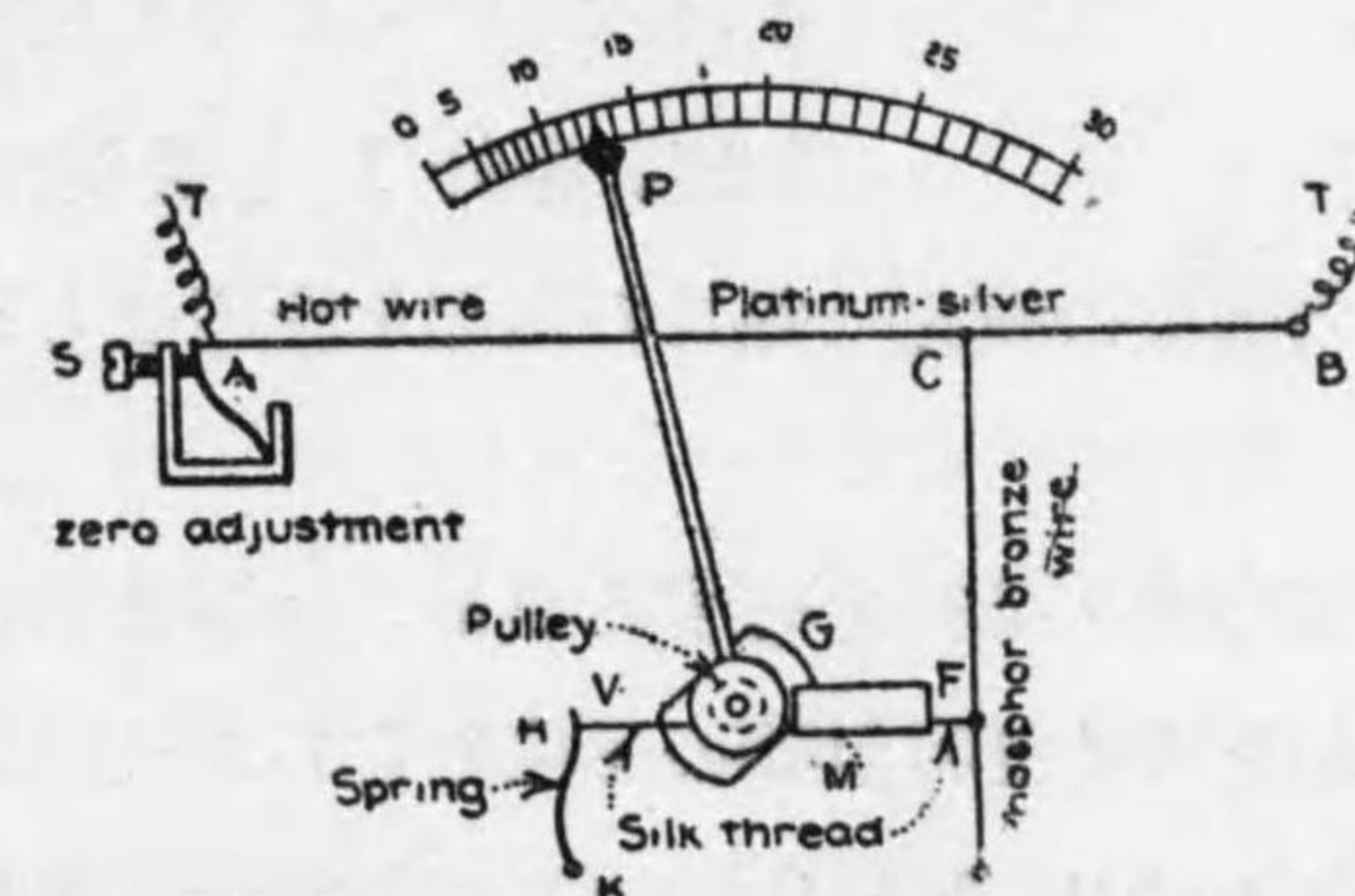
第六節 熱線式電流計及電壓計附熱電流計

抵抗 R なる導體に電流 I を通すれば、 $I^2R$  なる勢力は皆熱に變じ之を加熱す。従つてその溫度は次第に上昇し、遂に放散する熱が発生する熱と相等しくなるに及び定溫度となり、導體は幾分膨脹してその長さを變ず。即ち此の膨脹は概ね電流の自乗及び導體抵抗に比例す。

第三十四圖は獨國 Hartman and Braun の熱線式電壓計の略圖なり。

AB なる抵抗線 (白金銀線 platinum silver wire) が端子

第三十四圖

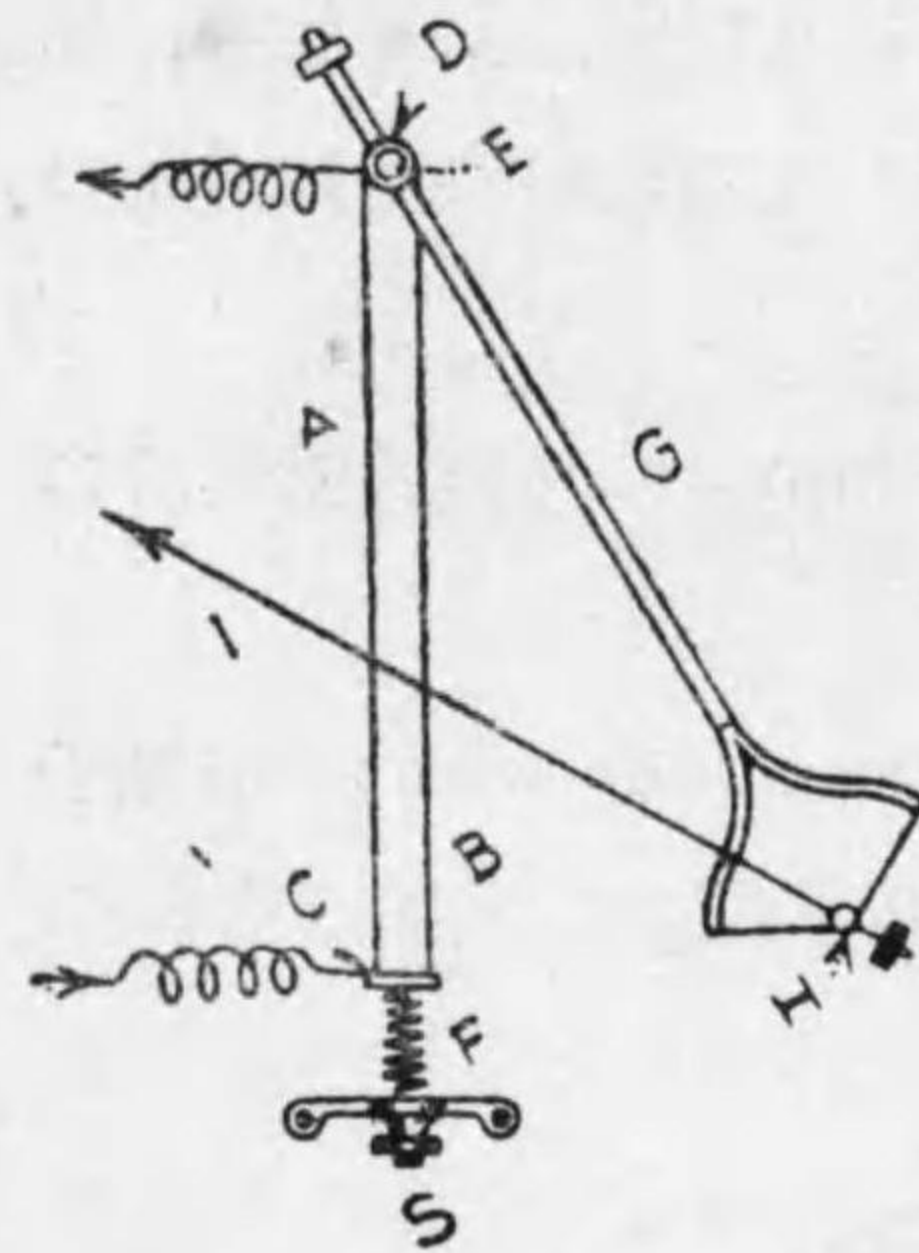


TT より通ずる電流によりて膨脹するや HK なるスプリングは D 端に固定し C 端に抵抗線と接続せる磷青銅線を引き、従つて C 點を引き下ぐ。スプリングと磷青銅線とを連結する絹

線 HF は G なる滑車を巻ける故、AB の膨脹によりスプリングが左に戻る時 G は廻轉し其の軸に取付けられたる指針 P は相應なる電壓を指示す。アルミニウム板 V と耐久磁石 M とは制動裝置を構造す。

又計器の底は熱線と同じ膨脹係數を有し室内溫度變化の影響を減ずる爲め一半を鐵板とし一半を眞鍮板とせり。

第三十五圖



第三十五圖は米國 Roller and Smith 會社の熱線式計器の略圖にして AB なる熱線は D なる車を半巻きし共に C なる板に終れり。但し B 端は絶縁して接続せらる、熱線は S なるスプリングにより張らるゝ故電流通じ A 線のみ膨脹するや AB 間に張力の差を生じ、從て D に廻轉を起し更に GH を經、指針 I を振らしむ。此の

計器にては室内溫度の變化は熱線の兩端を膨脹せしめ從て誤差を生ぜず。

電壓計は無誘導直列低抗を有する事他の計器と異ならず。

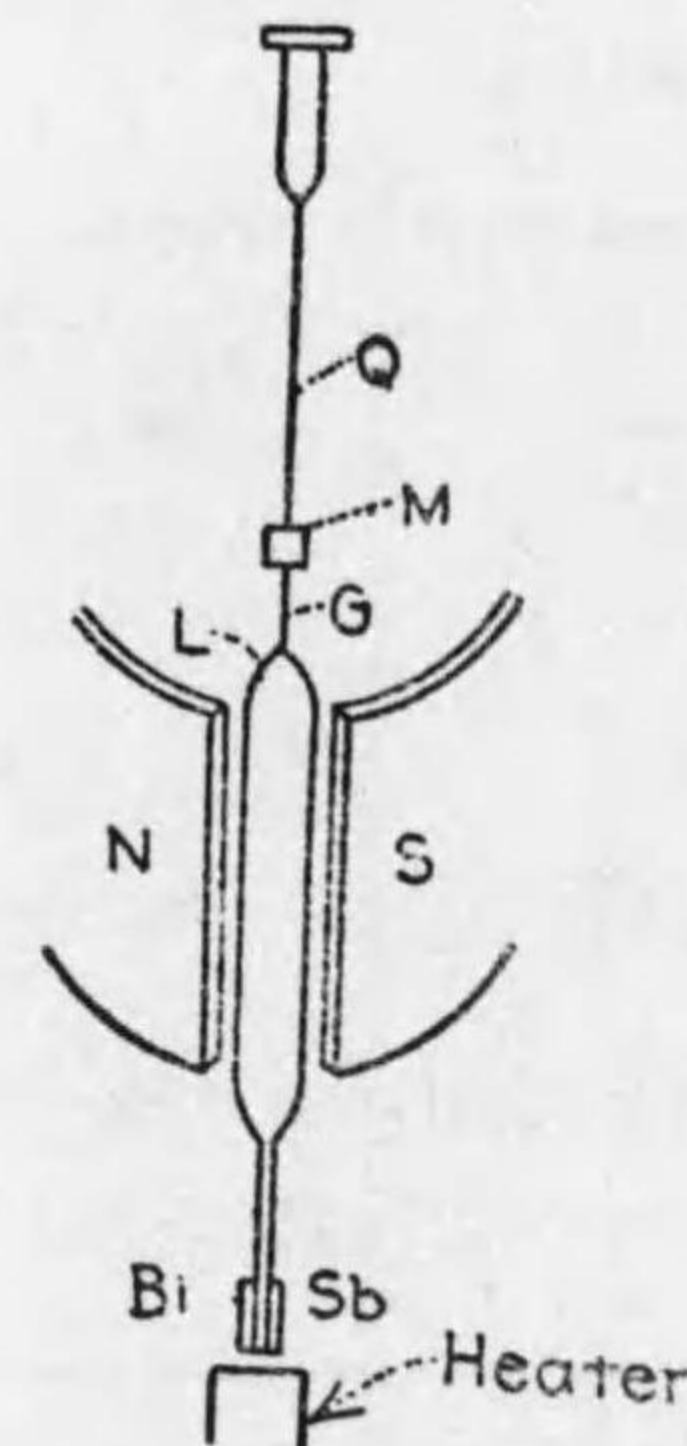
電流計は熱線を太くせば計器の感度を鈍らす故熱線に並列に分流器を用ふるも 0.2 乃至 0.5 volt の電壓降下を要し損失大なり。

此の型の計器は、周波數、波形、外部磁場等の影響絶無なるが特色なれど零點移動甚しく電力損失大にして且つ周圍溫度の

變化による誤差等の起るを缺點とす。近時高周波の研究進むに従ひ此の型の用途激増せり。

附。熱電流計 交流特に高周波交流の極めて小なる電流を測定する場合に屢々用ひらるゝ計器には電熱と熱電堆 (thermocouple) と電磁的動作 (electro-magnetic principle) とを併せ用ひたるものあり。英國のダツデル氏 (Mr. Duddel F.R.S.) の創案にしてその原理を第三十六圖に示せり。

第三十六圖



即ち銀線を長き loop に巻きたるもの L の下端に蒼鉛アンチモニー熱電堆 (bismuth-antimony thermo-couple) を接続し之を石英纖維 (quartz fiber) Q にて釣り耐久磁石の極間に垂下す。熱電堆の直下に熱線あり高抵抗の導體を用ふ。今熱線に電流を通ずれば loop は熱電流を生じ從つて loop は可動線輪型電流計と同じく廻轉力を得 Q の應力と平衡する迄廻轉す。此の角度は熱線を通る電流が直流にても交流にても一定なる事他の熱線式の場合と同じく、從つて直流にて更正せば其儘交流の標準器となる。

ダツデル電流計は loop を寶石軸受にて支持し指針を附し通常の計器と同様にせり。感度は 10 ミリアムペアにて全指示を得るを標準型とするも、熱線の抵抗率を種々に變じて電流感度を加減し得べし。

# 第四章 電力測定器

## (Power Measuring Instruments)

電力を測定するに使用する計器は一般に電力計 (wattmeter) と稱す、今その動作原理によりて之れ等を大別せば

- (1) 静電々力計 (Electrostatic wattmeter)
- (2) ダイナモメーター型電力計 (Dynamometer wattmeter)
- (3) 誘導型電力計 (Induction wattmeter)

の三種となる。以下順次詳論せん。

### 第一節 静電電力計

電力を静電的に測定する方法は未だ一般に使用せられず、従て茲には詳論するを避けたり。<sup>(1)</sup>

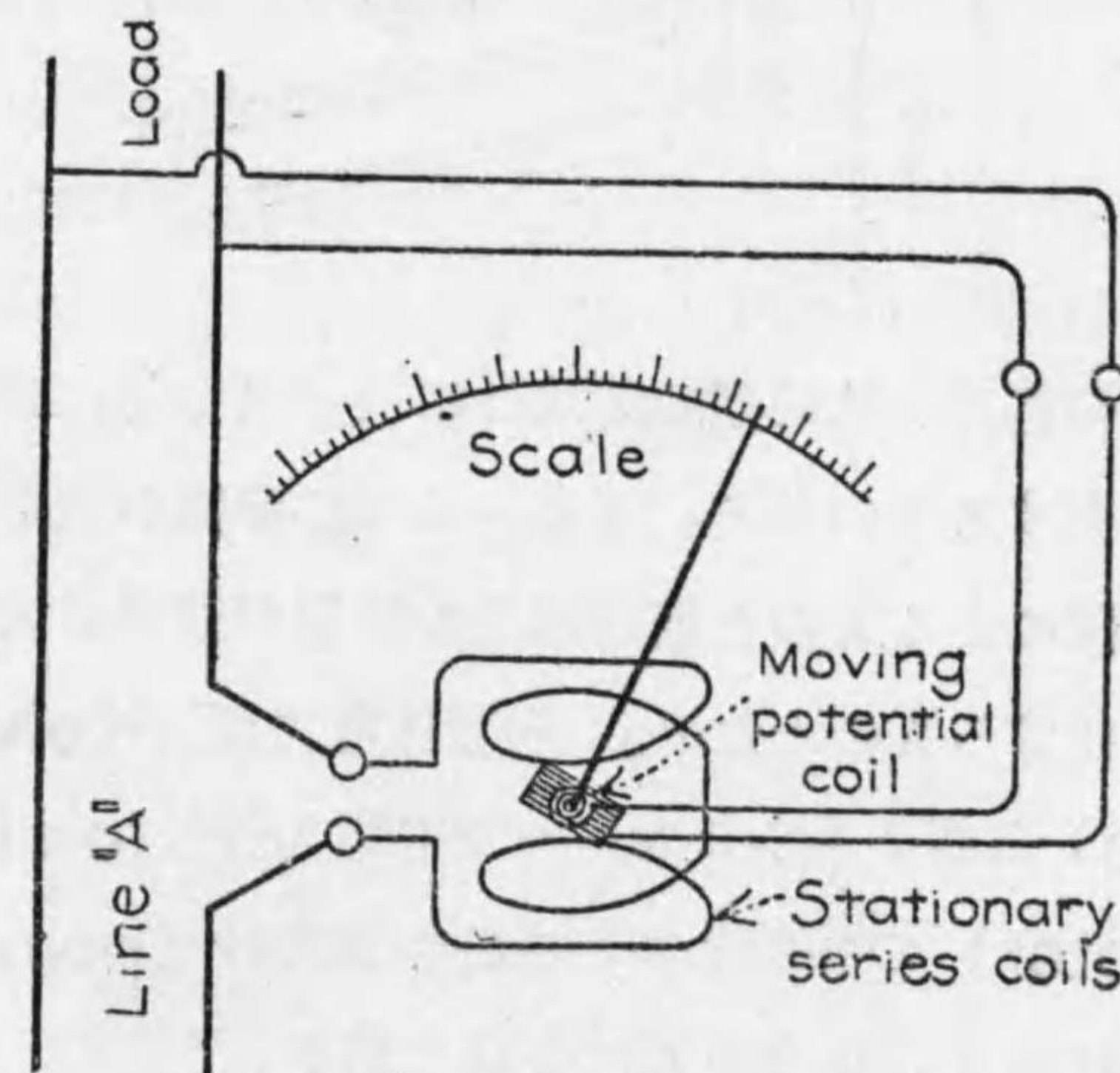
譯者注 (1) 静電電力計は著者の本國に於ては到つて閑却せられマイルス・ウォーカー教授 (Prof. Miles Walker) のウエスチングハウスに於て研究せるもの (1902 年米國電氣工師會誌參照) 以外殆んど見るべきものなし。反之英國及び大陸にてはケルビン卿以來之を研究せる學者尠からず。獨乙の理工實驗所、英國の物理實驗所等にては一般電力測定及び交流高壓低力率の電力測定には之を最も適當なる標準器とせり。1913 年英國電氣工師會誌上にて發表せる物理實驗所

の C.C. Patterson 氏等の論文はよく最近の方法を記述せり。又同論文附録 Bibliography には Kelvin 卿以來の論文中出色のものを摘録しあれば深く知らんとする讀者は原文につき究めらるべし。

### 第二節 ダイナモメーター型電力計

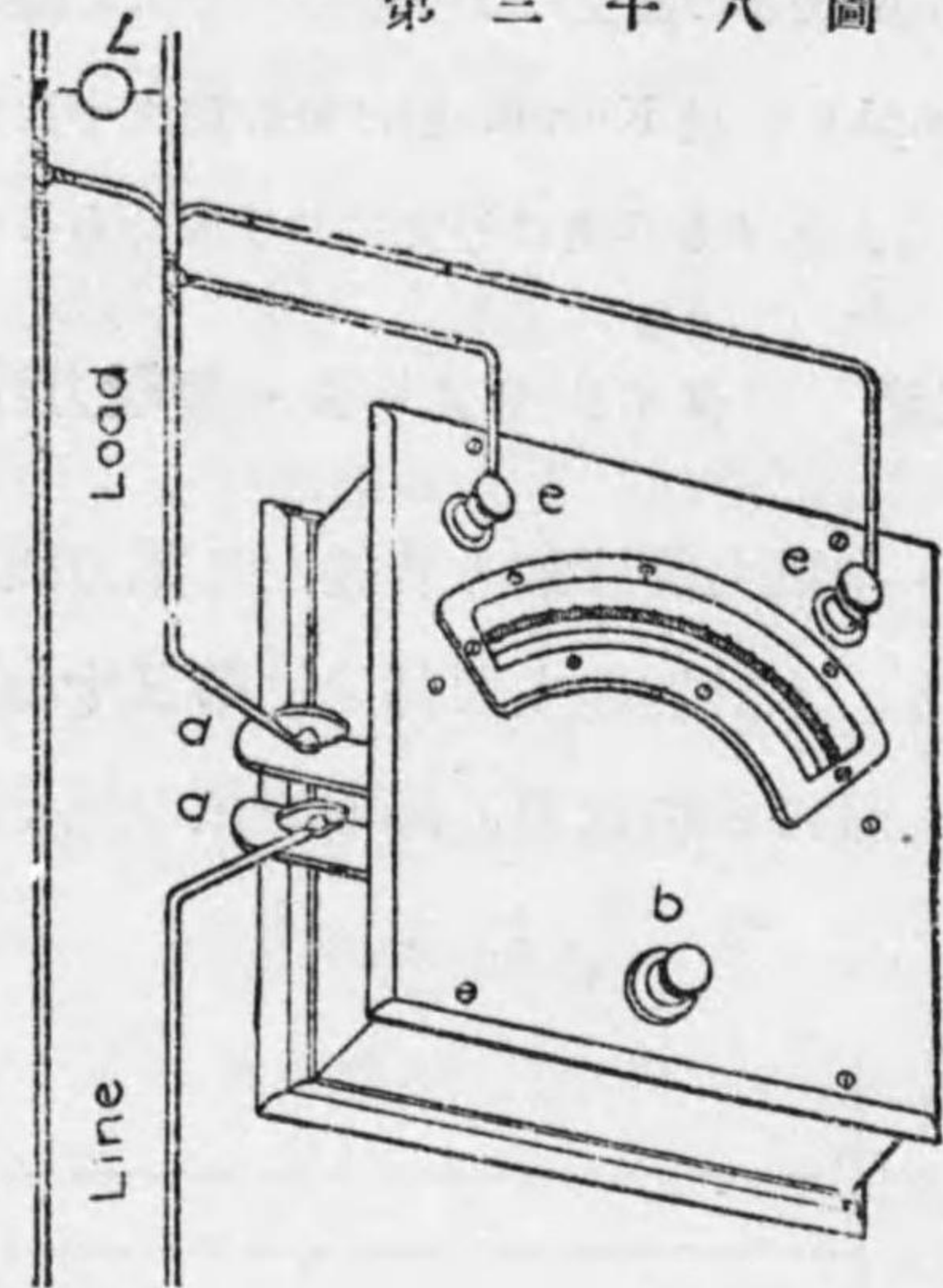
ダイナモメーター型電力計は最も普通なる電力測定標準器として一般に認めらる。本計器の主要部分は**第三十七圖**に示す如く此の型の電流計と略ぼ相似たり。即ち壹箇の固定線輪と壹箇の

第三十七圖



可動線輪とを備へ普通前者は數箇の太き線より成り回路の電流を通じ、後者は多くの細き線にて捲かれ回路の電壓に相當する電流を通ずる事電壓計に於けるが如し。**第三十八圖**は電力計を回路に接続せる一例にして L はその電力消費を測定せんとする荷重なり。

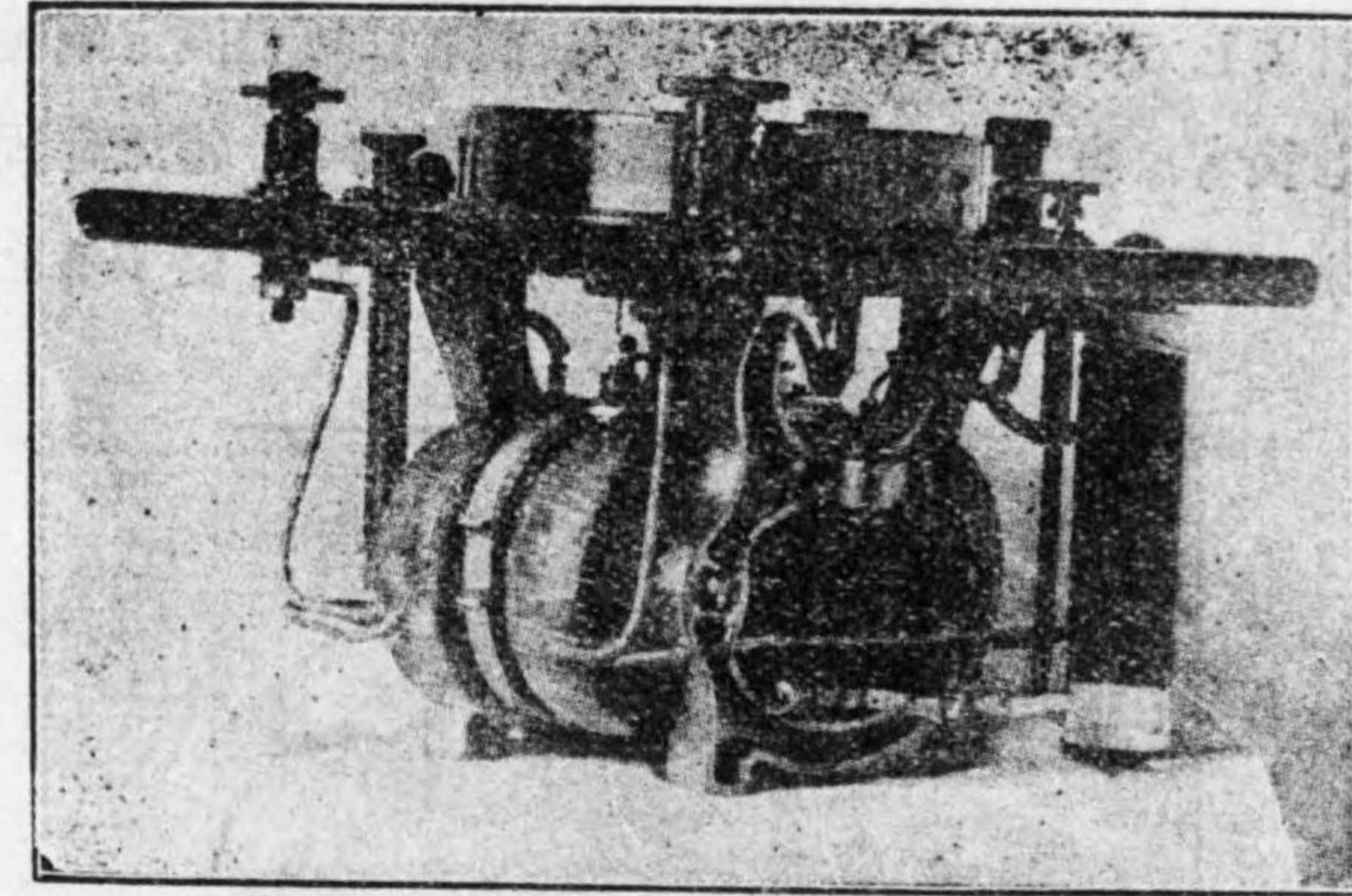
第三十八圖



此の型の電力計は同型の電流計に於ける如く二種の異なりたる構造を有するものあり。即ち一は可動線輪が固定線輪に關し一定の位置にあるものと他は兩者の位置が荷重の大きさによりて次第に變化するものとなり。前者は電力衡 (Kelvin watt-balance) 及びトーション・ヘッド電力計 (torsion head wattmeter) の各種を含み指針型電力計 (pointer type wattmeter) の如きものは後者に屬す。

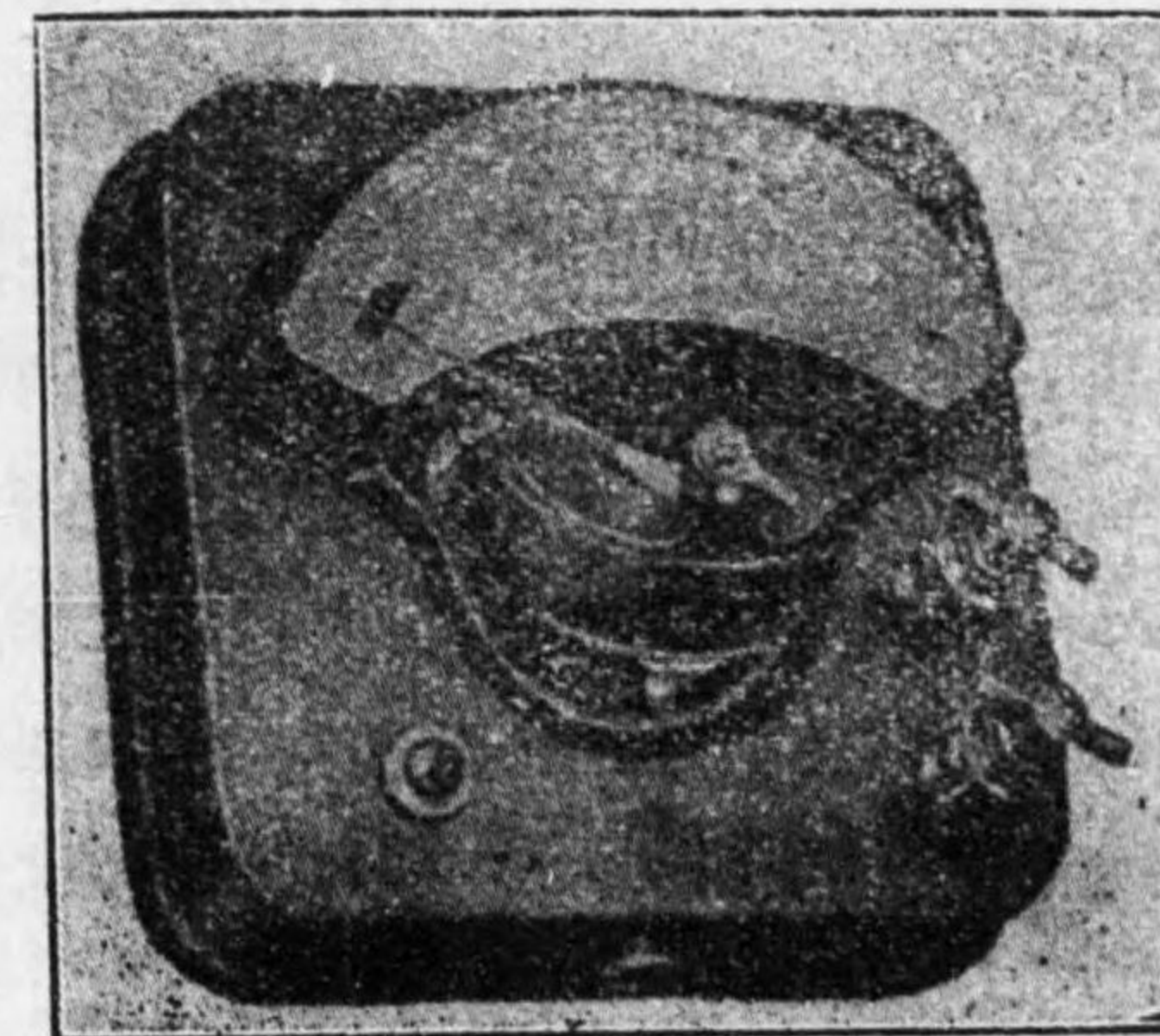
第三十九圖はケルビン電力衡を携帯用に變形せるウェスチングハウス電力計にして第二十七區の電流計と構造酷似せり。中央の可動線輪へは電壓に比例する電流を通じ兩側の固定線輪へは荷重電流を通ずれば、兩者によりて起る回轉力は電壓と電流との相乘なる電力に比例すべし。

第三十九圖



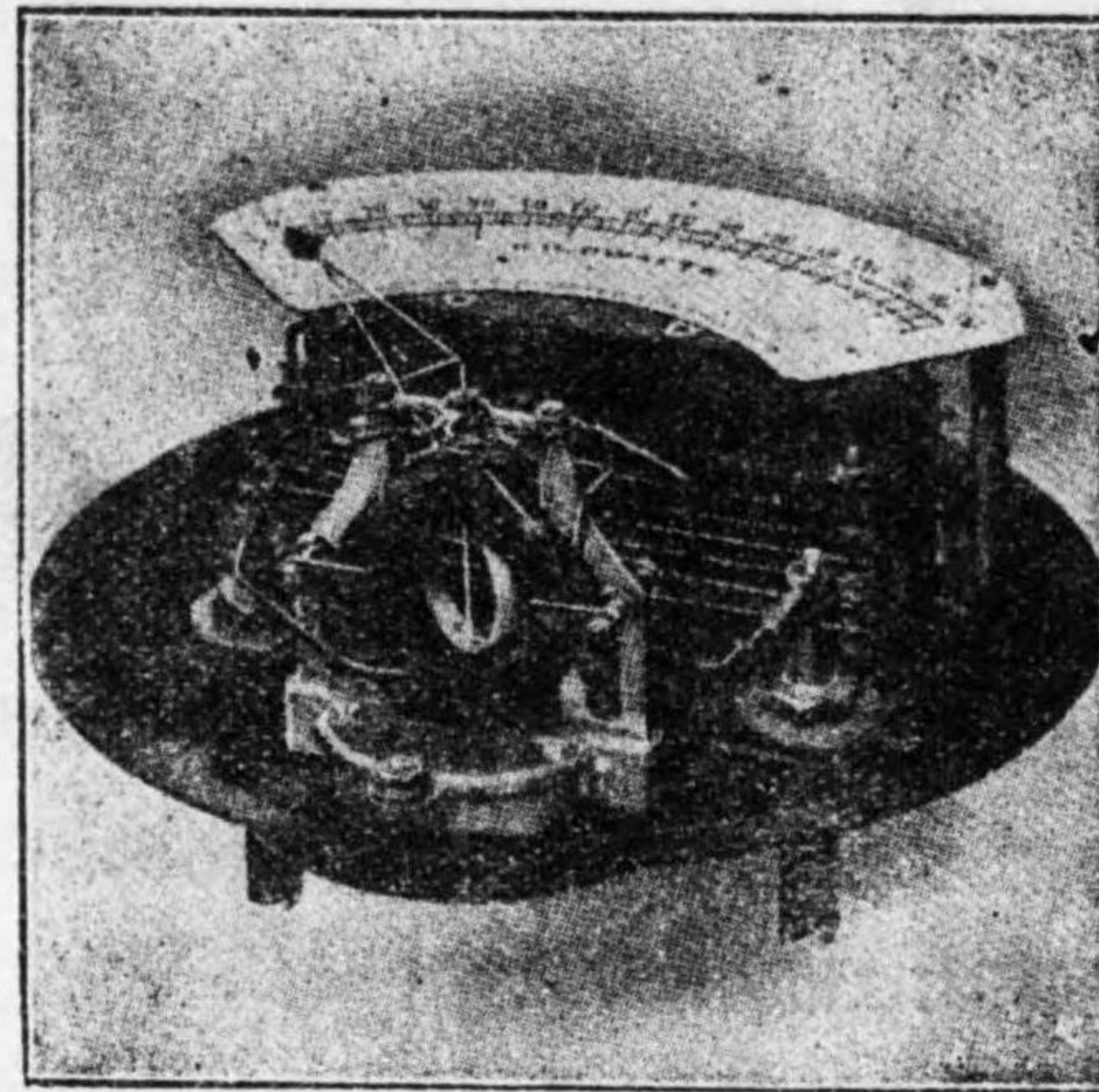
斯く方向反對に捲かれたる二箇の電流線輪を相對して配置せる計器は地球磁氣其他外部より來る磁場の影響なけれど全く無定位 (astatic) なるは論を俟たず。又兩線輪相互の關係位置一定なればその回轉力は電力に正比例すべく、從つて均等目盛 (uniform scale) なるは明かなり。

第四十圖



第四十圖はゼネラル電氣會社、第四十一圖はウェストン會社の電力計にして、共に指針型に屬す。前者は可動固定兩線輪互に傾斜し後者は直立す、共に電壓を可動線輪へ、電流を固定線輪へ通す。兩線輪は指示と共にその關係的位置を變ずるを以て

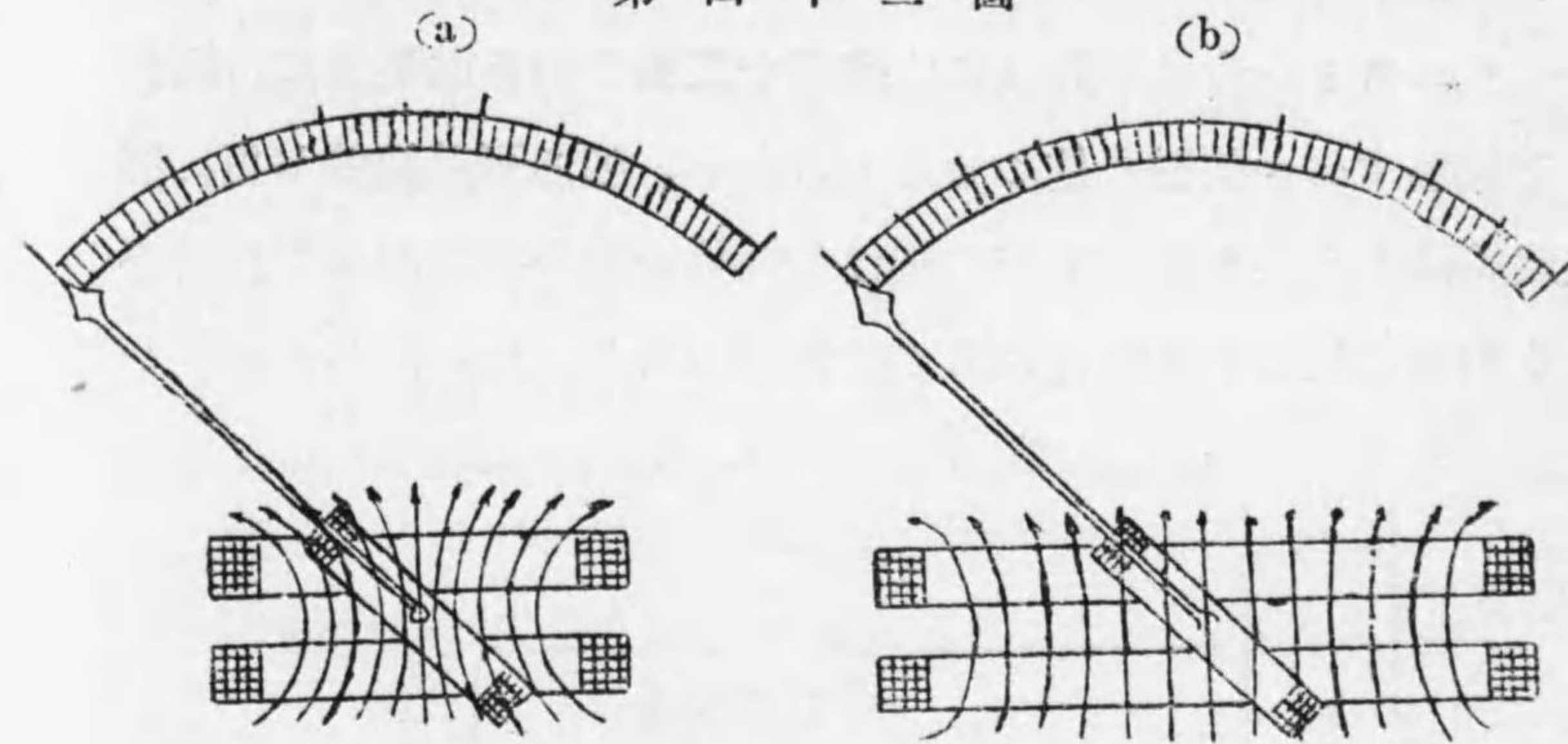
第四十一圖



目盛は必ずしも均等なる能はず。設計宜しきを得ざるもの往々終端に至りて密となるは回轉力が略ぼ振れの角度の正弦に比例するを以てなり。

譯者註 第四十二圖 (a) の如く可動線輪の面が常に固定線輪の作る磁力線の方向と一致する様に作られたる計器は廻轉力が常に可動線輪と直角の方向に働く故均等目盛なるべく又圖面 (b) の如く可動線輪は指針が中央にある時のみ固定線輪の磁場と平行し兩端に至る程之と傾斜を有する様設計せる計器は例へ固定線輪の作る磁場が均等なりとも可動線の受くる廻轉力は振れの角度の正弦に比例すること容易に了解し得べし。

第四十二圖



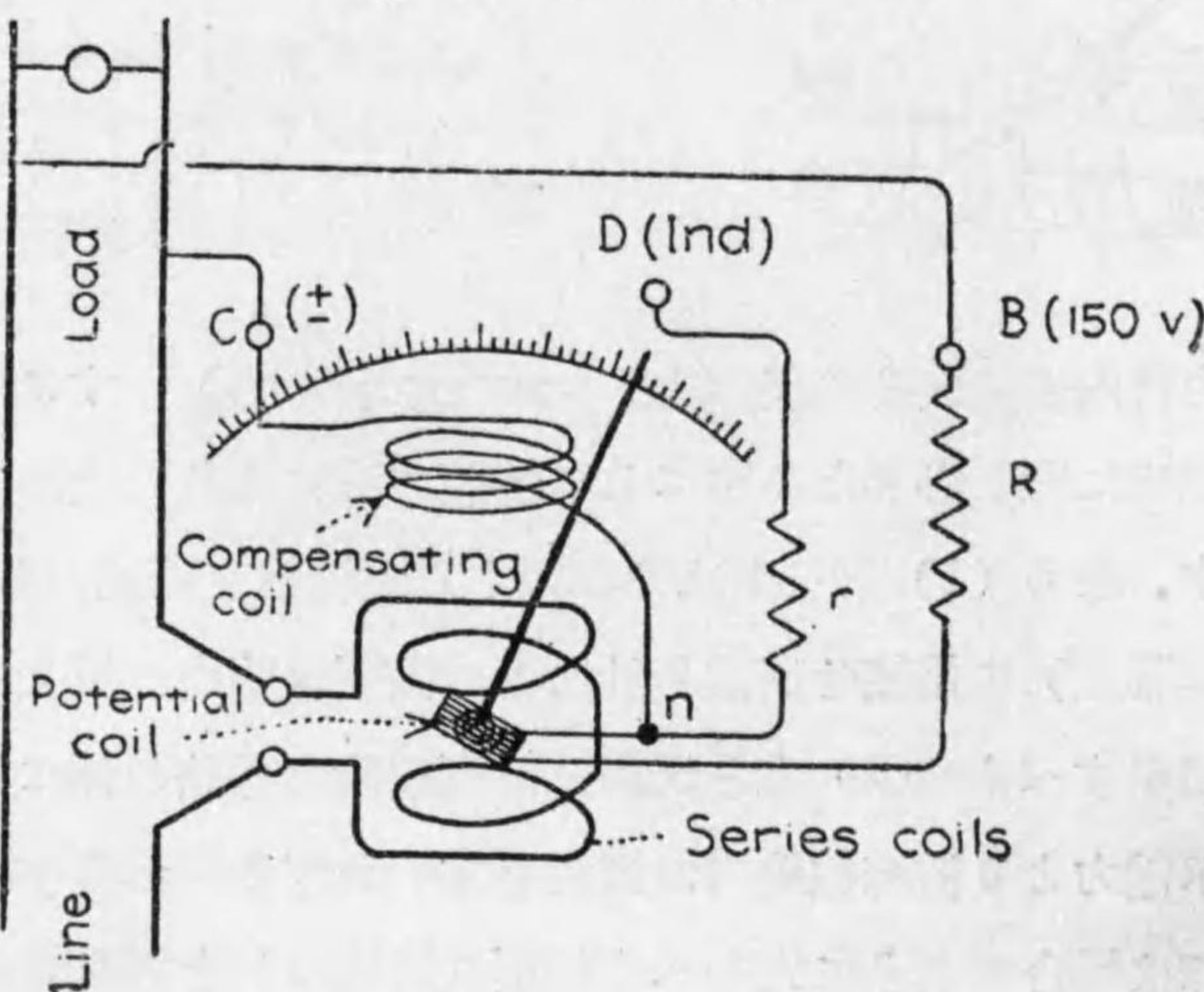
電力計内の損失を補整 (to compensate) するは精密なる測定に際し必要なる事にして接続方法によりて次の二場合を生ず、即ち (1) 第三十八圖の如く電壓線輪を荷重の側(電流線輪に關し)に接続せば電力計はその電壓線輪内の損失をも含めて指示すべく (2) 之と反對に電壓線輪を線路の側に接続せば指示電力より電流線輪内の損失を差引かざるべからず。兩者の選擇は場合によりて定むべく低壓強電流の如き電壓線輪損失が電流線輪損失に比し非常に小にして且つ損失の補整を算入する必要なき程度の測定にありては (1) の場合の如く接続すべく反之電壓線輪損失が電流線輪のそれより著しく大なる場合(一般の測定皆然り)は勿論 (2) の場合をよしとす、猶ほ損失を算定し之を補整する要ある程度の測定には (1) の場合を用ふ。蓋し電壓線輪の抵抗は精密に測定し得べく且つその損失は皆銅損なるに反し<sup>(1)</sup>電流線輪は低抵抗にして測定し難く且つ端

譯者註 (1) 無負荷にて指示を讀めば電壓線輪の損失表はる。

子の接続等の如き不定なる抵抗が大なる影響を有すればなり。

ウェストン會社の製品には第四十三圖の如き電壓線輪の損失を補整すべき装置を施こせるものあり、即ち可動線輪が更に固定線輪上を之と反對方向に捲ける補整線輪ありて兩者の作用全く相殺し従つて電壓のみにては回轉力なし。此の計器にポテン

第四十三圖



シアル變壓器を用ふる際は第四十三圖の如く別に補整線輪と同一の抵抗を有せる岐路ありて之を用ふ、又電流と電壓とを別々の電源より供給する場合にも補整の必要なきは明らか也。

電力計の理論的研究<sup>1)</sup> は甚だ興味ある問題にして回轉力と電力との關係及び誘導渦流其他が及ぼす影響につきて略述すべし。

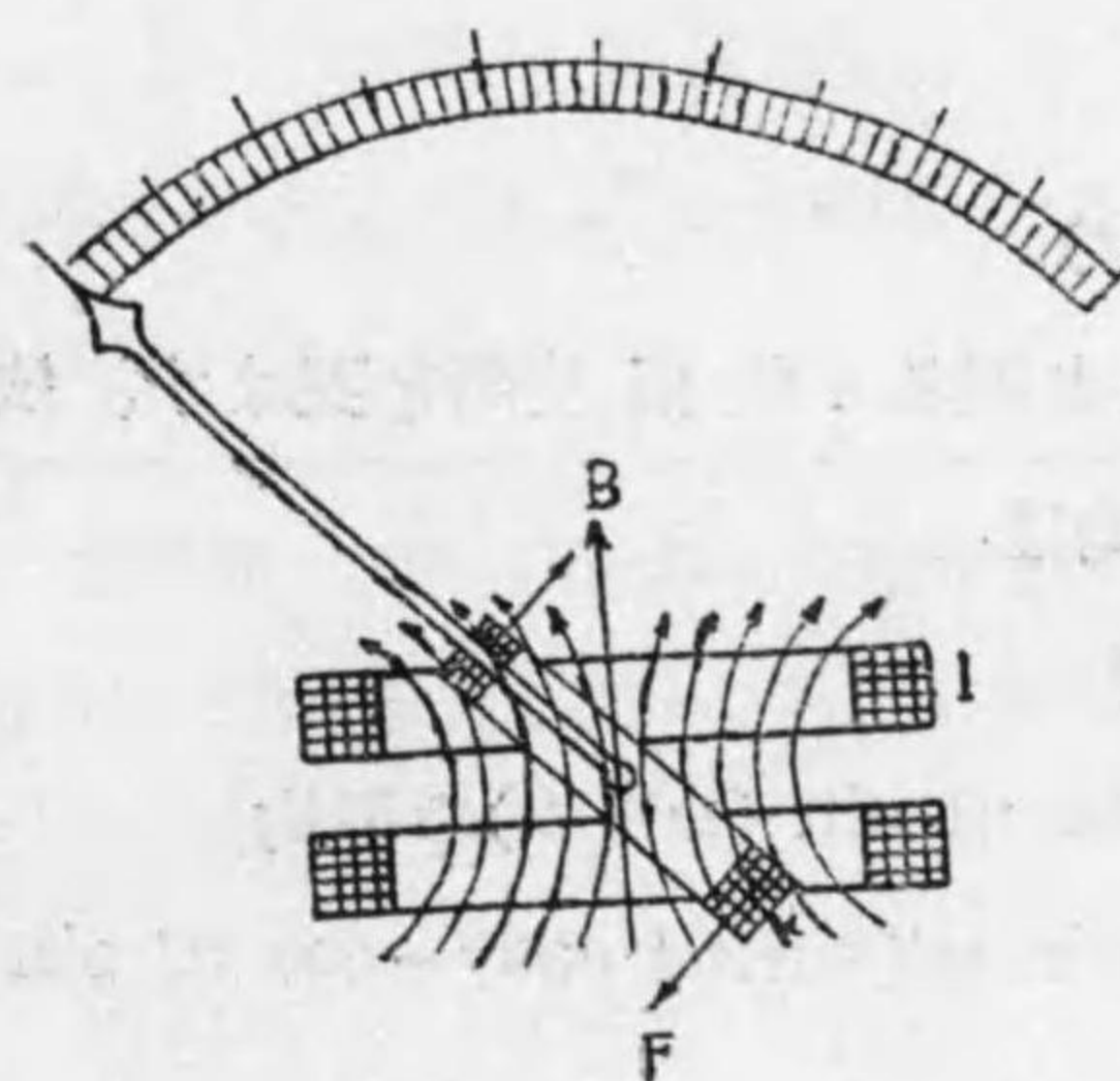
譯者註 (1) 此の研究は數多の泰斗によりて試みられたるも比較的完全なるは英國ドライスデール博士の論文なり (J.of I.E.E. 1910)

電力計の回轉力の基本公式は二つの線輪間の引力より求む、即ち第三十七圖の如く可動線輪が固定線輪の磁場の中にある時兩線輪間に存在する回轉力は實驗及理論より<sup>(1)</sup>兩者を通る電流の相乗に比例するを證明し得、即ち

$$\text{回轉力 } T = KIi$$

譯者註 (1) 今第四十四圖に示す如く電流線輪 (current coil) を通る直流によりて生ずる磁場の強さ B にて均等に且つ磁場の方向電

第四十四圖



壓線輪 (pressure coil) の平面と同一なるとき電壓線輪に i なる直流を通ずれば線輪はその平面と直角なる方向へ F なる力を受くべし。

$F = K_1 i B = K_2 i I$  (I は線輪の長さにて定數) 而して此の力は線輪の兩側にて圖の如く働らく故

$$\text{廻轉力 } T = F \cdot b = K_2 i I b = K_3 i I$$

(b は線輪の幅にて定數) 即ち廻轉力は兩線輪を通る電流の相乗に比例す。之れは直流につきてなれど交流にてもその瞬間値をとれば同様の關係に成立するは明らかなり唯兩線輪の電流が同位相になき時は此の瞬間廻轉力は一サイクルの間にて或る時は右廻して又或る時は左廻して起るべく之れを平均すれば平均廻轉力を得。然るに電壓線輪には慣性モーメントある故斯く廻轉力が刻々正負に變化するも針は正負に振る事なく平均の廻轉力を示すものなり、

茲に  $I$ .....固定線輪電流  $i$ .....可動線輪電流  
 $K$ .....比例係數

今直流の場合につき可動線輪の抵抗  $R$  にて電壓  $E$  なる回路に接続さるゝとせば明らかに  $i = \frac{E}{R}$

$$\text{従つて } T = \frac{EI}{R} = K_1 EI$$

となり回轉力は電流と電壓との相乗即ち電力に比例す。

又交流正弦波の場合につきて考ふるに電壓及電流の瞬間値は夫れ夫れ

$$e = E_{max} \sin wt$$

$$i = I_{max} \sin (wt - \theta)$$

なるべく  $\theta$  は電流が電壓より遅るゝ位相差角を表はす。依て一サイクル間の回轉力の平均は

$$\begin{aligned} T &= K \cdot (e \times i \text{の平均}) \\ &= K \cdot \{E_{max} I_{max} \sin wt \sin (wt - \theta) \text{の平均}\} \\ &= K \cdot E_{max} I_{max} \times \{\sin wt (\sin wt \cos \theta - \cos wt \sin \theta) \text{の平均}\} \\ &= K \cdot E_{max} I_{max} \{\sin^2 wt \cos \theta - \sin wt \cos wt \sin \theta \text{の平均}\} \\ &= K \cdot E_{max} I_{max} \{\sin^2 wt \cos \theta \text{の平均} - \sin wt \cos wt \sin \theta \text{の平均}\} \end{aligned}$$

然るに  $\sin^2 wt$  の平均は  $\frac{1}{2}$  にして  $\sin wt \cos wt$  の平均 0 ならば結局  $T = K \cdot \frac{E_{max} I_{max}}{2} \cos \theta = K \cdot E \cdot I \cdot \cos \theta$

茲に  $E$  及び  $I$  は夫れ夫れ電壓及び電流の實効値なり即ち交

流にありては回轉力は電流電壓の實効値の相乗へ力率を乗じたるものに比例す。

自己誘導の影響<sup>(1)</sup> は荷重の力率が 1 に近き場合には殆んど閑却し得れど低力率の電力測定には著しき誤差を生ず。自己誘導は電壓線輪回路の有するものを意味し主として線輪による。自己誘導ある回路に生ずる電流が之に與へたる電壓の位相より遅るゝ事は既に讀者の知る處にしてその遅れの角は

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{2\pi fL}{R} \text{ なり。}$$

茲に  $R$  は抵抗  $f$  は周波數、又  $L$  は自己誘導係數とす。

又電流の大きさも抵抗のみの場合より減少すれど一般に此の影響は餘り大ならず。<sup>(2)</sup>

譯者曰 (1) 自己誘導の外靜電的容量及び相互誘導の影響あれど著者は之れが研究を試みざれば前者の影響を論ぜる後少しく解説せん。

$$\text{註 (2) } I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2}} < \frac{E}{R}$$

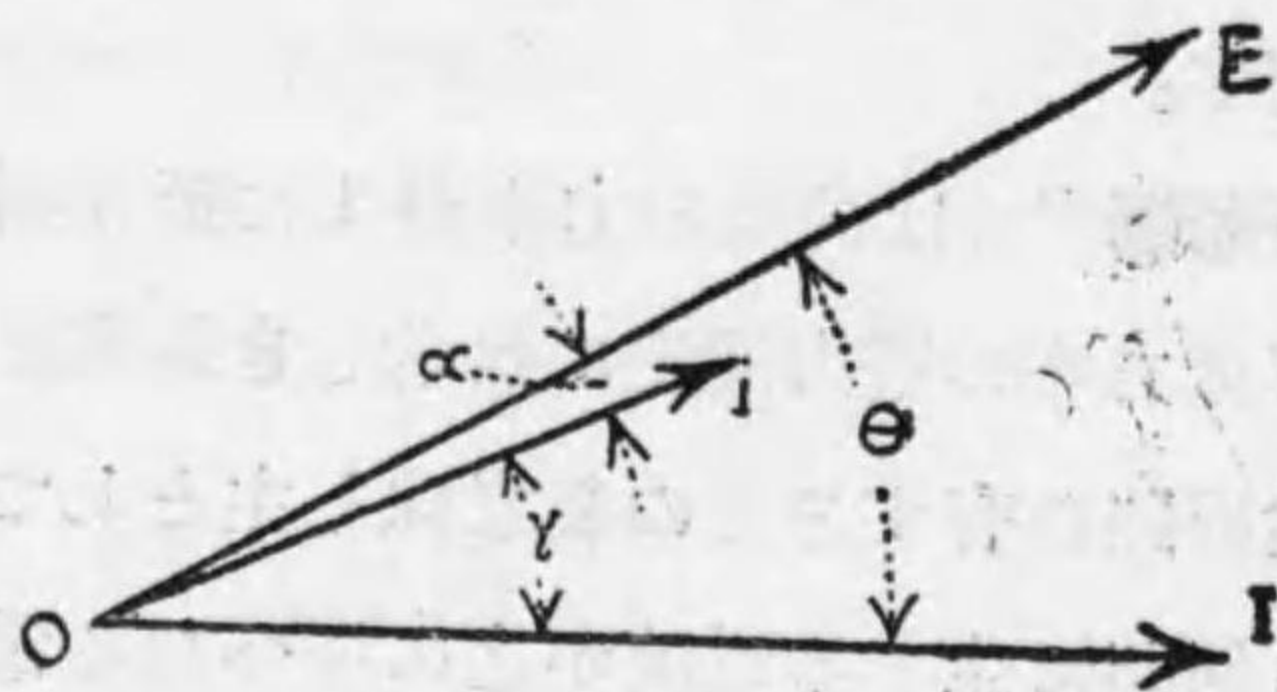
今第四十五圖に示す如き誘導負荷を測定する場合に電壓線輪回路が自己誘導を有し之に通ずる電流  $i$  が之に與へたる電壓  $E$  より  $\alpha$  だけ遅るゝときは計器は眞の電力  $W' = EI \cos \theta$  に比例する廻轉力を得ずして  $W = EI \cos(\theta - \alpha)^*$  に比例する廻轉力を得。

依つて誤差は

$$W' - W = EI \cos(\theta - \alpha) - EI \cos \theta$$



第四十五圖



$$= EI(\cos\theta \cdot \cos\alpha - \cos\theta + \sin\theta \sin\alpha)$$

自己誘導の影響は一般に微少なるものなれば上式中  $\cos\alpha = 1$ ,  $\sin\alpha = \alpha$  と見做すもさしたる誤りなし。

$$\text{因て } W - W' = EI(\cos\theta - \cos\theta + \sin\theta \times \alpha)$$

$$= EI a \sin\theta \text{ or } EI \alpha \sqrt{1 - \cos^2\theta}$$

即ち荷重の力率大なる場合換言すれば  $\cos\theta$  が一に近く、従て  $\sin\theta$  が零に近き時は誤差僅少なれど誘導負荷にて  $\sin\theta$  が大となるに及び次第に顯著となる。又 % 誤差をとれば

$$\frac{W - W'}{W'} = \frac{EI a \sin\theta}{E I \cos\theta} = a \tan\theta$$

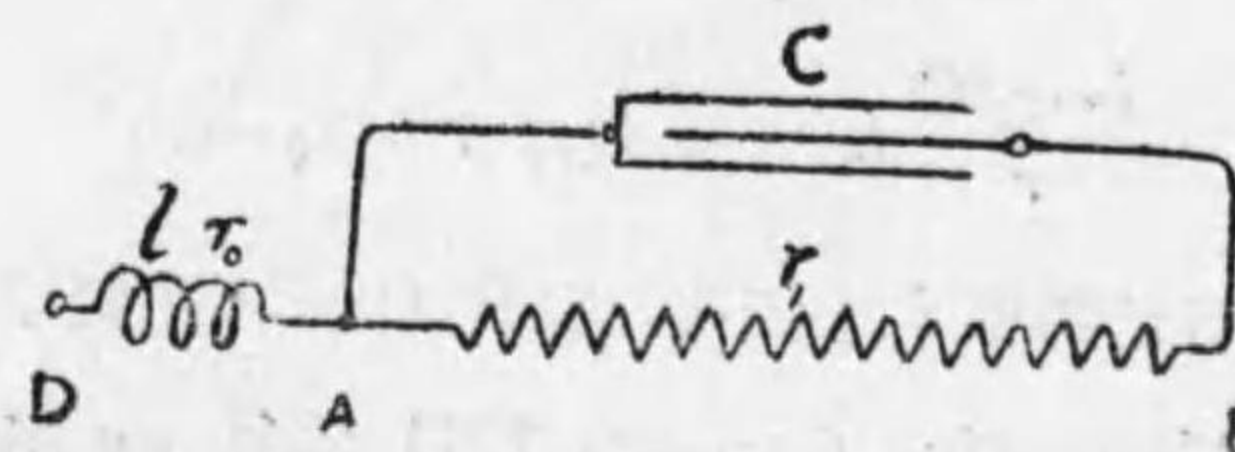
即ち % 誤差はほぼ位相差角の正切に比例する故力率小なる誘導負荷に於て著しく増大すべし。

註 \* 自己誘導が電圧線輪電流の大きさに及ぼす影響を考慮せば廻轉力は  $EI \frac{R}{\sqrt{R^2 + (T\pi f L)^2}} \cos(\theta - \alpha)$  となる。

静電的容量の影響 は電圧線輪と直列に入れたる高抵抗に基因し恰も之と並列に蓄電器を入れたるが如き作用あれば従つて前記自己誘導と相殺する傾向あり。(1)

譯者曰 (1) 此の影響を少しく解説せんに次の如し。今可動線輪回路を詳細に考ふるに可動線輪の有する抵抗  $r_0$  自己誘導  $l$  直列抵抗  $r_1$  この有する静電的容量  $C$  存在すべし。この静電的容量は抵抗を無誘導ならしむる爲め捲き戻しせる場合に尤も甚し之れ第四十七圖に示

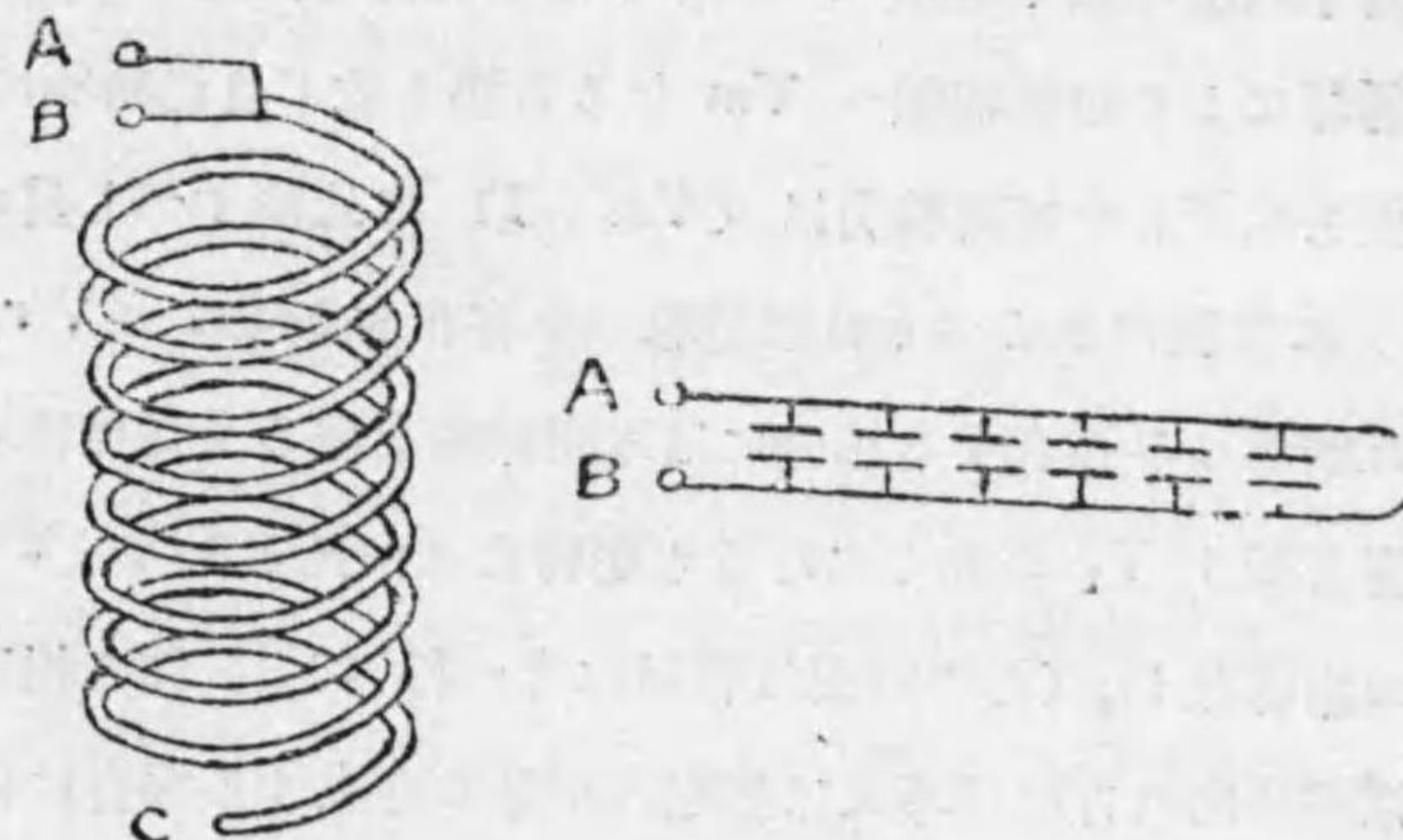
第四十六圖



す如く抵抗線は絶縁物に離隔せられて電位差を有する故 C にて零 A B にて最大なる容量を有する蓄電器を並列に入れたると見做し得べく此の容量は C を切斷せる場合の容量の 1/2 に相當す。

第四十六圖に戻り AB 間の合成抵抗  $\frac{r_1}{1 + r_1^2 C^2 h^2}$  合成リアクタ

第四十七圖



ンス  $\frac{C h r_1^2}{1 + r_1^2 C^2 h^2}$  なるは容易に計算し得べし。(p=2rf) 従て DB 間の全抵抗は

$$r_0 + \frac{r_1}{1 + r_1^2 C^2 h^2} \text{ 又全リアクタンスは}$$

$lh = \frac{Chr_1^2}{1+r_1^2C^2h^2}$  依つて電圧線回路の電流が之に與へたる電壓より遅るゝ角度は

$$\tan^{-1}lh = \frac{Chr_1^2}{1-r_1^2C^2h^2}$$

$$r_0 + 1 - \frac{r_1}{1+r_1^2C^2h^2} \text{ 或は概略に}$$

$$\tan^{-1} \frac{l-r_1^2C}{r} h \quad \text{茲に } r = (r_0 - r_1)$$

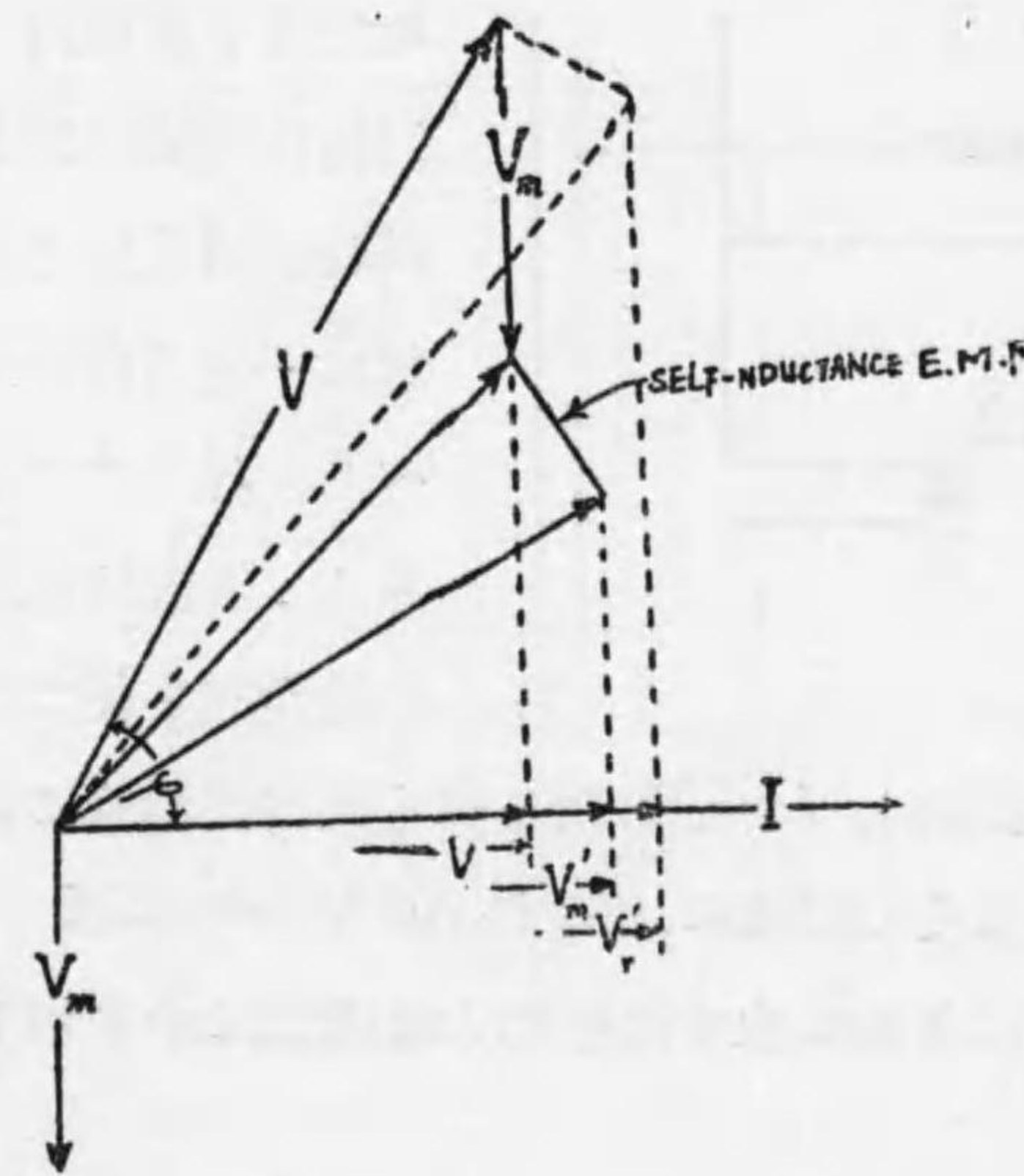
即ち線輪の自己誘導  $l$  と抵抗の容量  $C$  とは相殺する傾向を有す。  
(Dr. Hay's Alternating Currents 1911 年版 pp 51-53)

此の外に存在すべき誤差の原因は電流線輪の作る磁場内にある金属體に誘起する渦流と同線輪が可動線輪へ及ぼす相互誘導作用となり。前者の影響は磁力線の配付を亂し并に可動線輪へ廻轉力を與ふ(時に反對なる廻轉力を與ふる場合もあり。)此の理論的計算は甚だ困難なるが如し。後者の影響は渦流のそれよりも豫測し易く大體次の如し。

今第四十八圖の如く電圧  $V$  電流  $I$  なる負荷を測定する電力計に於て相互誘導により可動線輪へ  $V_m$  なる電壓を生じ自己誘導により  $V_s$  なる電壓を生ずとせば廻轉力は  $(V_m' \times I)$  に比例すべし眞の電力は  $(V' \times I)$  にて表はさるべく自己誘導のみ存在する時は  $(V'r \times I)$  にて又相互誘導のみ存在する場合には電圧線輪を流るゝ電流は大きき位相共に影響を受け  $V_1$  の如くなるも廻轉力は依然として  $(V' \times I)$  にて何等の影響なし。(その理由は容易に考へ得べし。)即ち相互誘導の影響は電圧回路に自己誘導又は静電容量等の存在する場合にのみ起るもの也。

扱て  $V_m$  なる電壓は電流電圧兩線輪の相互誘導によるものなれば兩線輪が互に直角なる位置即ち指針が中央を示す時  $O$  にしてその左右に傾く程増大す。此の電壓の位相は常に電流  $I$  と直角なるもその

第四十八圖

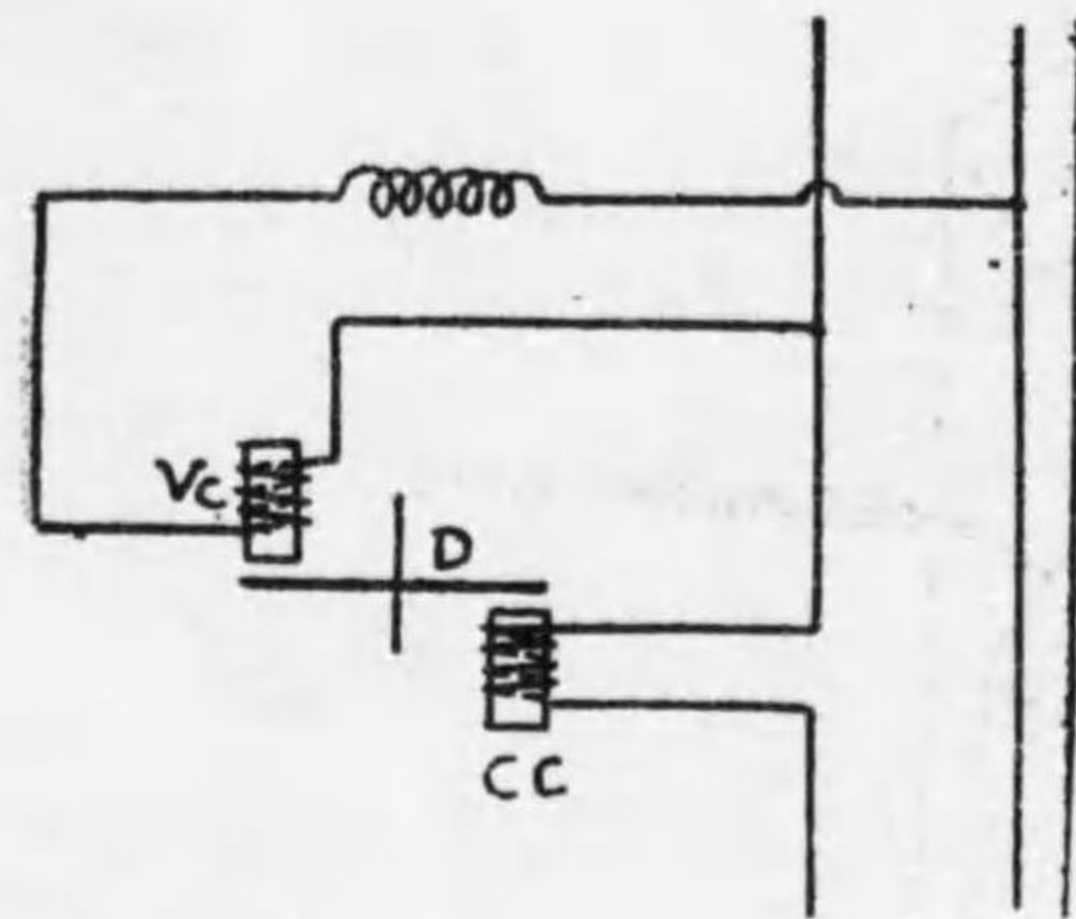


Sense は指針が中央より左にあると右にあるとにより全く反對となる。之れ等の關係を負荷力率の變化に應じ各場合につきて考慮する時は極めて興味あるものなれど茲には略す。

### 第三節 誘導型電力計

誘導型電力計は同型の電流計又は電圧計に於けると同じく廻轉磁場を利用するものにして其の動作は第四十九圖に示す如し。Dなる銅又はアルミニウムの圓板は中心の軸にて支持せられ指針及び制禦スプリングを有す。圓板に近く電圧線輪 VC と電流線輪 CC とあり。前者は細き線にて捲數至つて多く高誘導なればその電流は之に與へたる電壓より約  $90^\circ$  遅るるゝに反し後者は電流と同位相にある磁場を生ず。依て無誘導負荷の

第四十九圖



場合ならば電圧線輪の作る磁場により圓板内に誘導さるゝ渦流は電流線輪が作る磁場と同時に最大値となるにより圓板は一定方向の廻轉力を受くべし。扱てこの圓板内に誘導さるゝ渦流は電圧線輪の作る磁場の強さ従て該線輪へ與へ

たる電壓に比例し  $i = k_1 E$  なるべく又電流線輪によりて生ずる磁場の強さはその電流に比例す。即ち  $\Phi = K_2 I$

依て兩者によりて生ずる廻轉力は次式に示す如く電力に比例す。

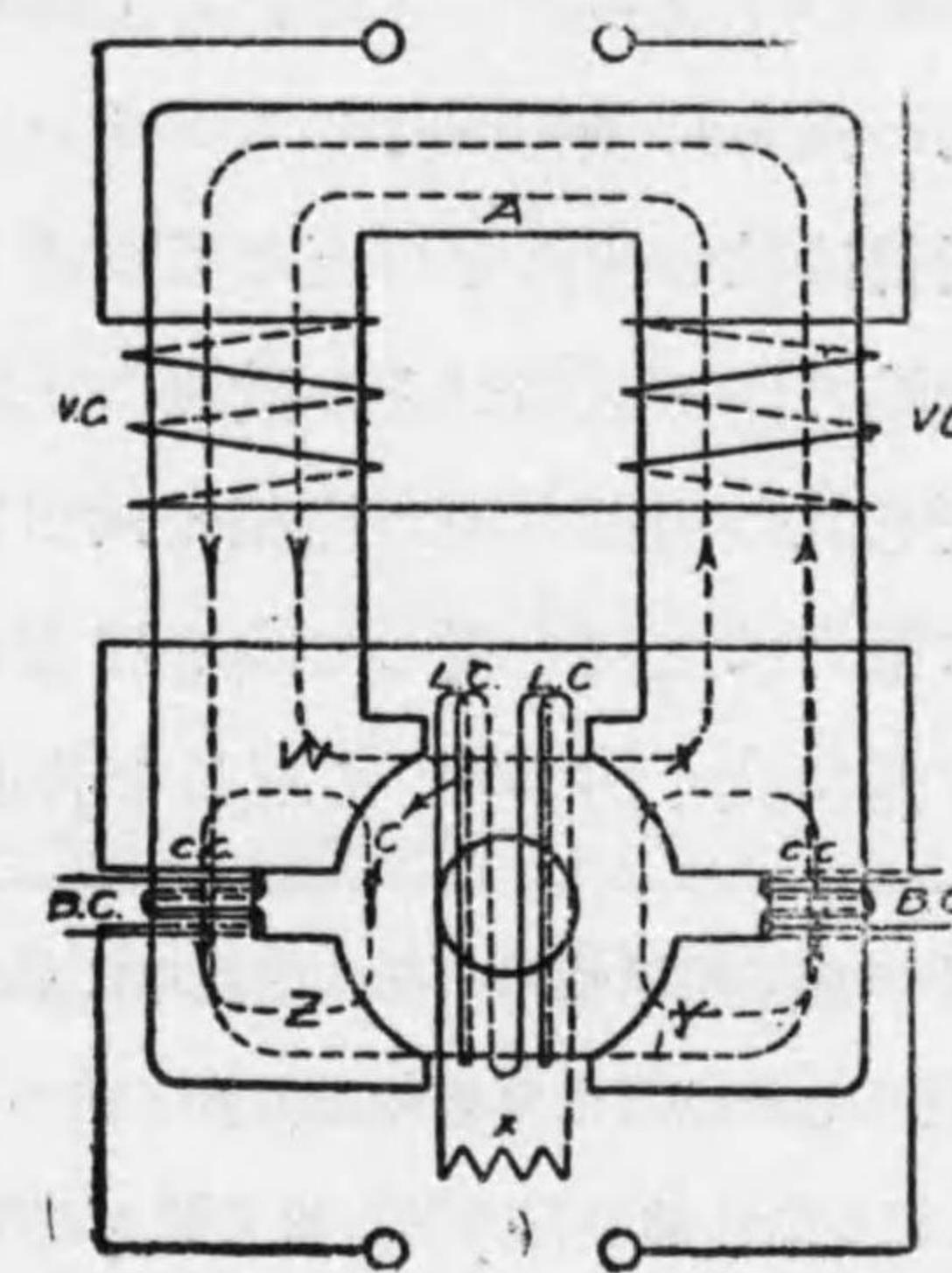
$$T = K_0 i \Phi = K_1 K_2 EI$$

猶ほ誘導負荷の場合には  $T = K_1 K_2 EI \cos \theta$  なるは同様の推理によりて知り得べし。

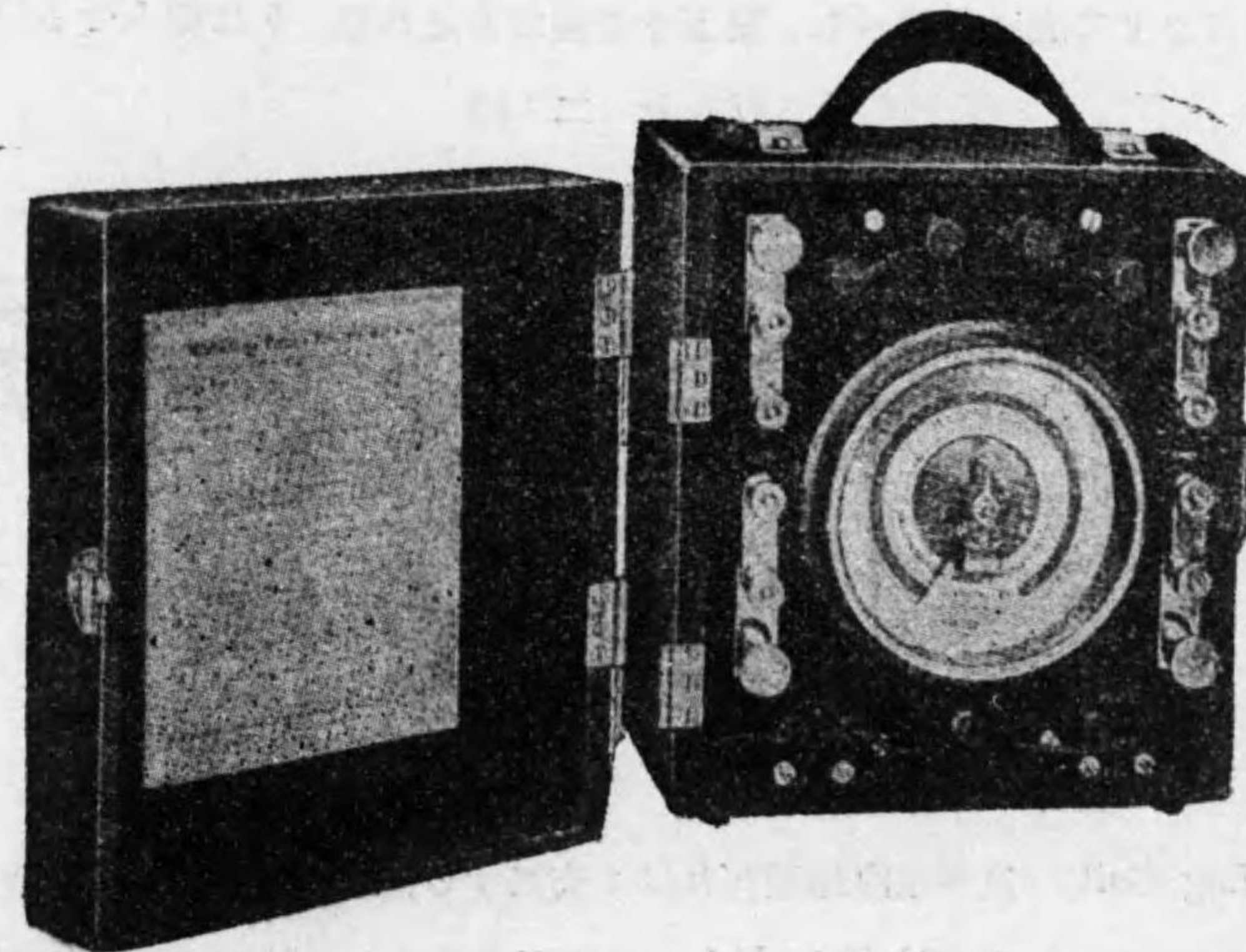
第五十圖は此の原理を應用せる指示電力計の接続を示し第五十一圖はその外觀なり。

第五十圖に於て VC は電圧線輪にて捲數甚だ多く高誘導なれば之れによりて生ずる磁力線  $AWX, AZY$  等の位相は與へたる電壓のそれより約  $90^\circ$  遅るゝも尙ほ之を完全ならしむる爲め LC なる二次線輪を設け X なる抵抗により適當に調整す。<sup>(1)</sup> 電流線輪は CO に示す如く左右にありて太き數回の線輪なれば依て生ずる磁力線は電流と同位相にあるべく従て電壓による磁場は之と  $90^\circ$  の位相差を有し且つ空間に於ても亦  $90^\circ$  の隔差に

第五十圖



第五十一圖

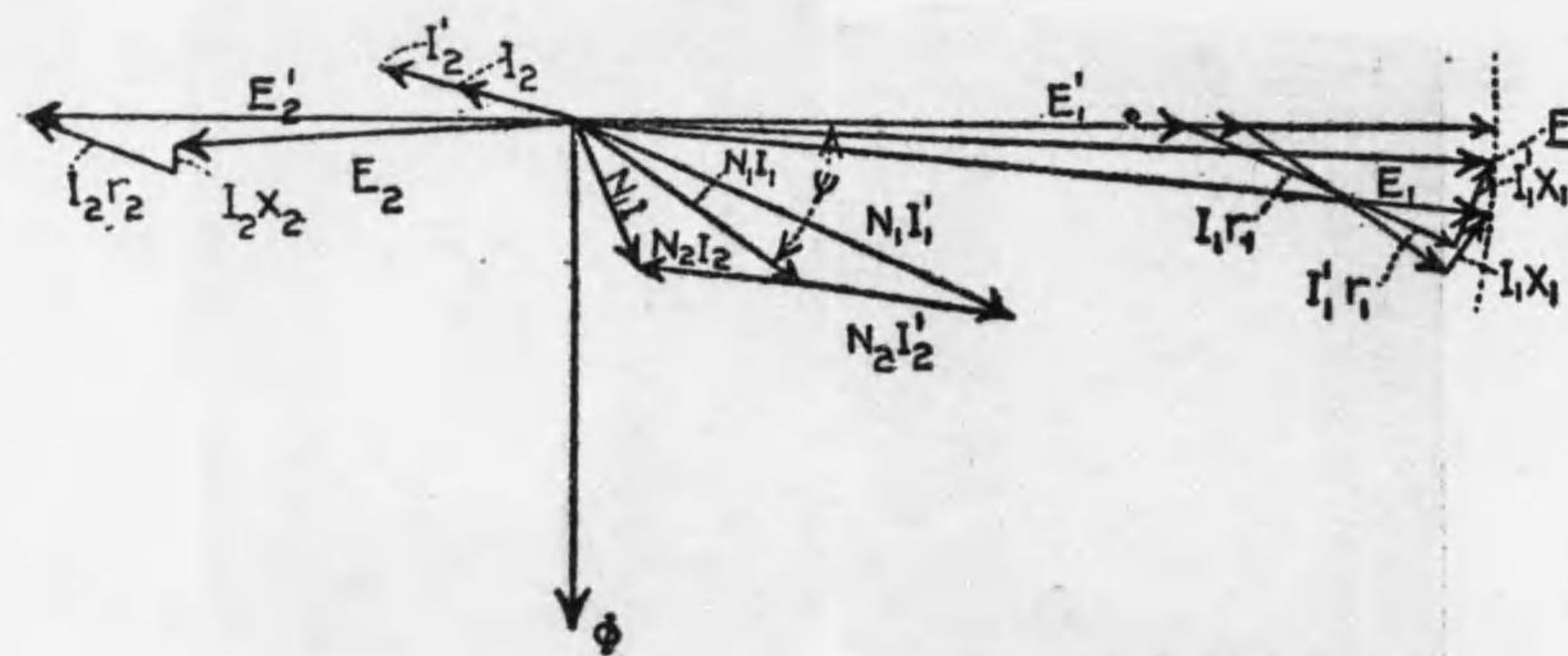


於て存在すれば兩磁場の合成によりて廻轉磁場を生ず。即ち此の間隙にある金屬製のドラムアーマチュア (Drum Armature) は廻轉磁場の方向へ扭られ軸に附せるスプリングと平衡せる位置にて止む依て指針は此の扭れを目盛にて表はす。此の計器は前述の如く電流線輪の作る磁場がその電流に比例し電壓線輪のそれが電壓に比例し且つ兩磁力線の位相差角が常に  $90^\circ$  ならばその廻轉力は常に電力に比例し従つて均等目盛のスケールを得べし。その角度は甚だ廣く約  $300^\circ$  に亘るを普通とす。

註 (1) 斯くの如く電壓線輪の作る磁路中に第二の線輪を挿入し抵抗を通して閉路せしめ以て電壓線輪磁力線と與へたる電壓との位相差を  $90^\circ$  ならしむる法は誘導型計器に於て屢々利用せらるゝものなれば其の原理の大體を説明せん。(Jansky p 129)

此の場合に於ける磁力線其他の關係は變壓器と同様にベクトル線圖によりて表はし得べし。第五十二圖即ち之れ也。 $\phi$  は挿入せる線輪

第五十二圖



(Lag Coil) 及び電壓線輪何れにも交叉する磁力線にして之が爲め前者には  $\phi$  より  $90^\circ$  遅れ  $E_2'$  なる電壓を誘導し又後者にも之れと同

位相の電壓を誘導し其の大きさは兩線輪の巻數に比例す。

今電壓線輪の勵磁電流を  $I$  とせば勵磁アムペアターンは  $N_1I$  にして二つの Components  $N_1I_1$  は  $N_2I_2$  の合成なり、又電壓線輪に與ふる電壓  $E_1$  は次の三つの Components に別たる即ち (1)  $\phi$  によりて誘導せらるゝ電壓に平衡すべき電壓  $E_1'$ , (2) 電壓線輪のみと交叉し Lag Coil と交叉せざる漏洩磁力線によりて誘導せらるゝ電壓と平衡すべき電壓  $L_1X_1$ , (3) 電壓線輪の抵抗を通し電流を通ずる電壓  $I_1r_1$  の三なり。

今若し Lag Coil が開路せらるゝ時は  $E_2$  は  $E_2'$  に  $N_1I_1$  は  $N_1I$  に合致し  $I_1r_1$  は大き減じ且つ  $E_1'$  との位相差角も大となる。之に反し Lag Coil の抵抗を減じ  $I_2$  を増せば  $I_1$  は  $I$  を一定に保つ爲め自ら増大し従つて  $\psi$  なる角は減少す。即ち  $E_1$  は次第に  $E_1'$  の位相に近接し  $\phi$  と  $E_1$  との差角漸く  $90^\circ$  となる。

## 第五章

### 力率、シンクロスコープ、及び周波計。

(Power factor meter, Synchroscope and Frequency meter)

力率計及びシンクロスコープは共に位相差を測定する装置なれど力率計は普通電圧と電流との位相差を測るに用ひシンクロスコープは二つの異なる回路の電圧の位相差を測る場合に用ふ。

周波計は交流回路の周波数を測定するものにして力率計と全然異なるものなれど便宜上一章に集めたるのみ。

#### 第一節 力率計 (Power factor meter)

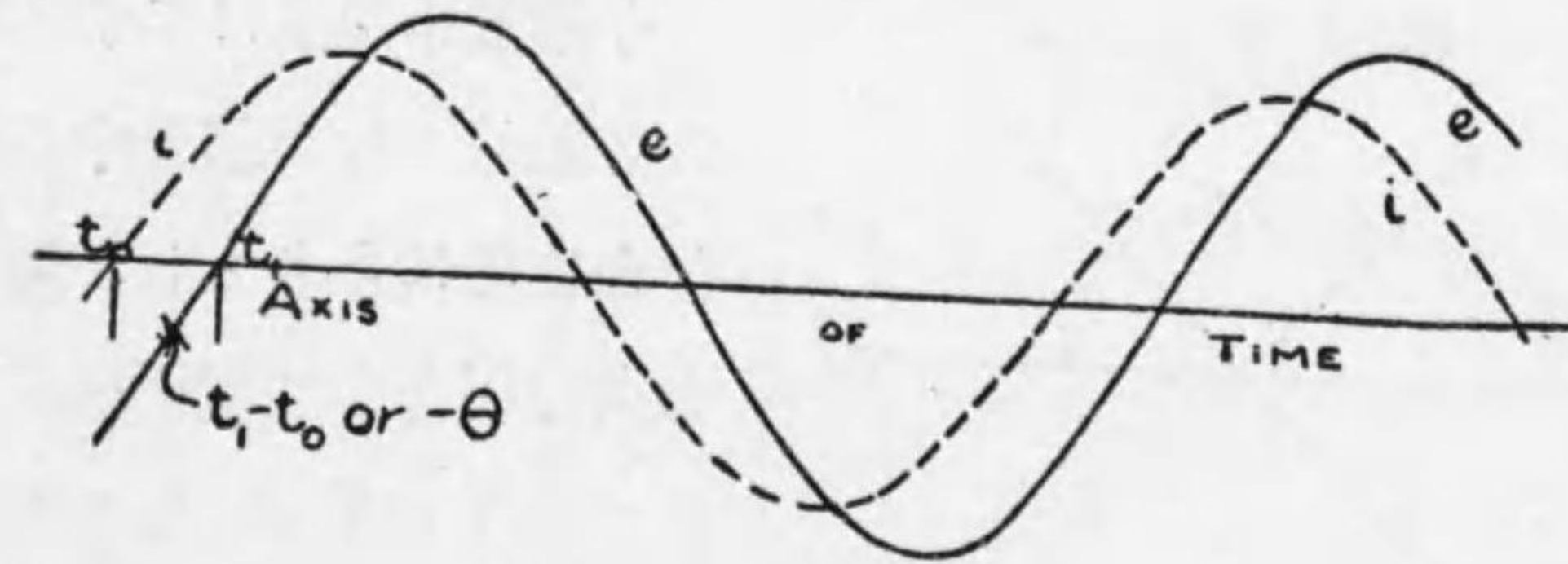
力率は次の二通りに定義せられ両者は交流正弦波の場合に全然一致すれど其他の波形特に電流と電圧との波形が異なる場合に著しき差違を生ず。即ち

- (1) 力率とは位相差角<sup>(1)</sup>の餘弦 (cos $\theta$ ) を謂ふ。
- (2) 力率とは電圧 (ヴォルト) と電流 (アムペア) との積に乗じて電力 (ワット) を得べき係数を謂ふ。

の二者にして一般には後者の定義に基き電流計、電圧計及び電力計を用ひそれ等の読みより算出するか若しくは次の如き力率計を用ひて測定す。

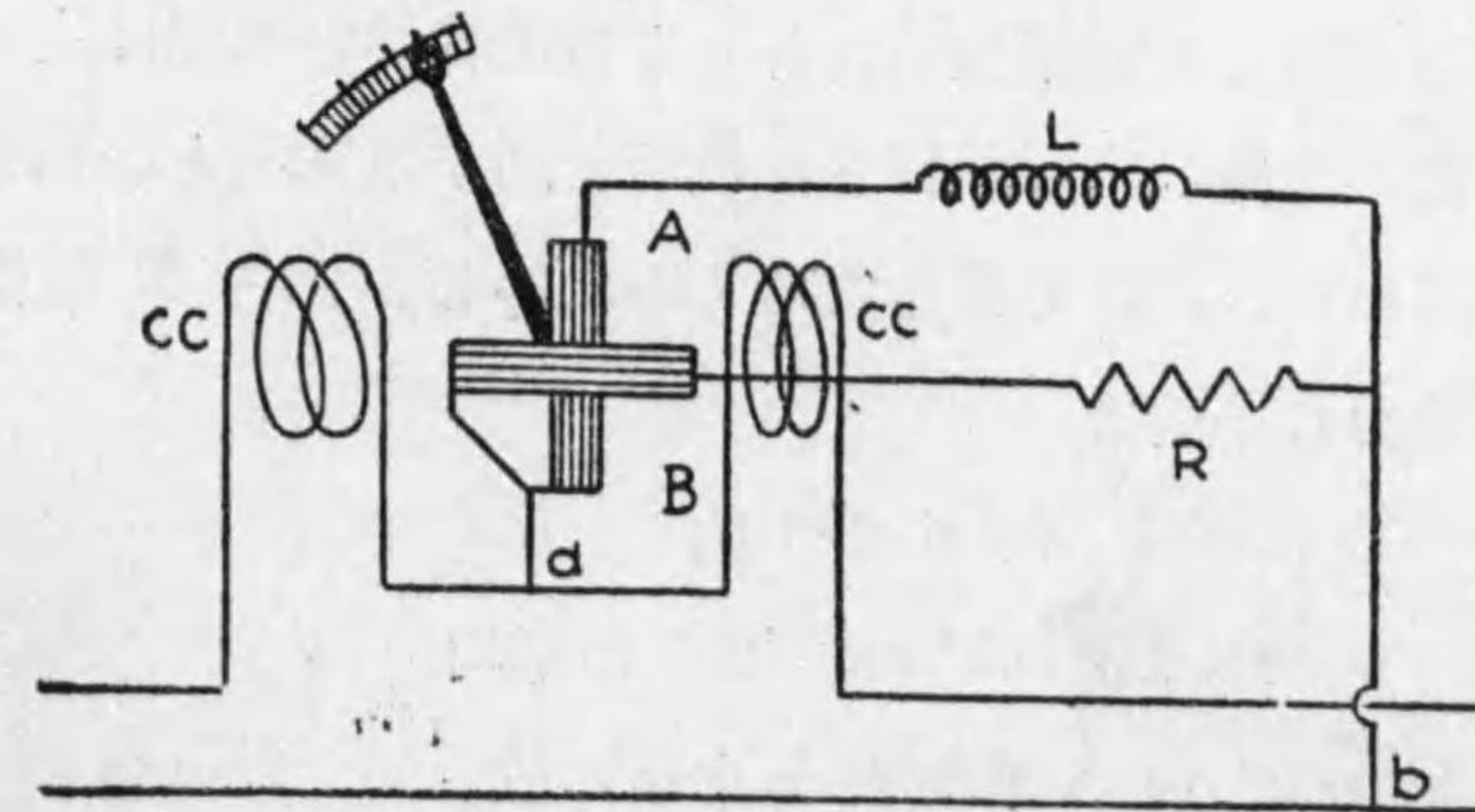
註 (1) 位相差角とは電流及び電圧が同じ Sense に軸を切る點間の角をいふ。例へば第五十三圖に於て電流  $i$  と電圧  $e$  とが同じ Sense に軸を切る點  $t_1$  と  $t_0$  との間の角  $\theta = (t_1 - t_0)$  を位相角といふ。

第五十三圖



第五十四圖は單相力率計の動作装置を略解せるものにしてダイナモメーター型電力計と相似たり、唯力率計は電力計と異なり互に直角に配置せる二個の可動線輪あり。一は無誘導抵抗に他は自己誘導に夫れ夫れ直列に接続せらる。可動線輪へ電流を通ずるには殆んど廻轉力を生ぜざるスプリングを用ふれば可動

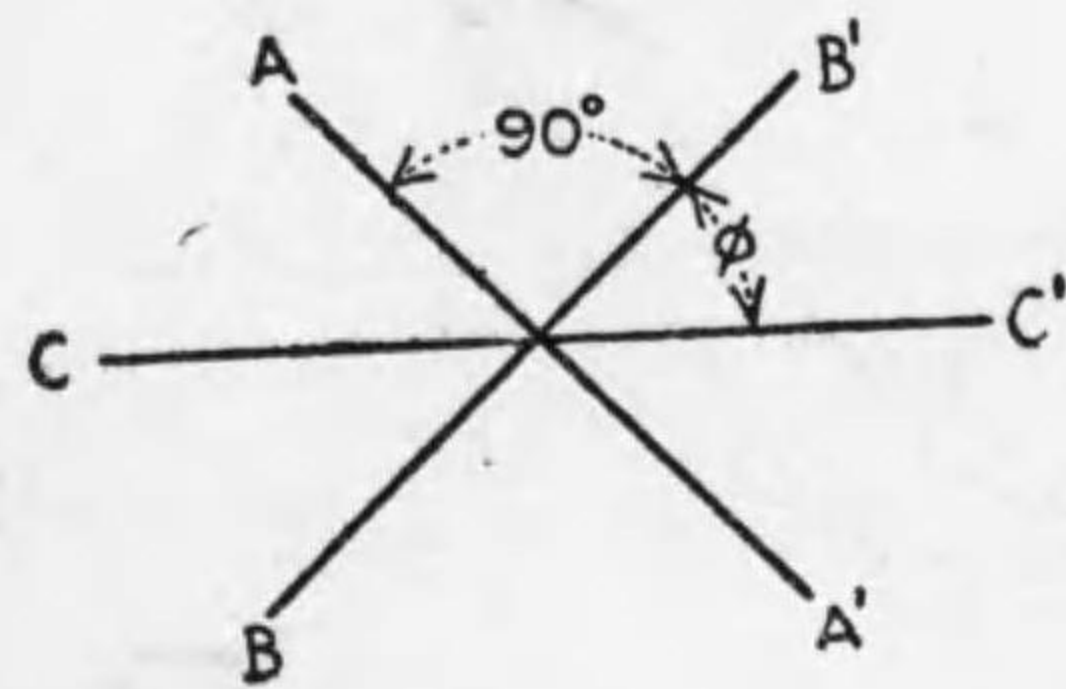
第五十四圖



線輪は自由に動き得べく従て兩線輪へ電流通すれば可動線輪は固定線輪により廻轉力を受けざる位置に定まる。

此の位置は主として荷重の力率によるものにして荷重の電流には殆んど関係なき事次に示す如し。依て可動線輪に附せる指針は總ての荷重に於て力率又は位相差角を示す。

第五十五圖



今第五十四圖に示す力率計の各線輪の軸が第五十五圖の如き位置にありとし、無誘導負荷の場合にて電壓線輪 CC に  $i_c = I \cos \omega t$  なる電流を

通線輪 BB' には  $i_b = I_m \cos \omega t$  又誘導と直列せる電壓線輪 AA' には略ぼ  $i_a = I_m \sin \omega t$  なる電流を生ず (R 及び L を適當に調整せば) 今 AA' 及び BB' の作る磁場の瞬間値を夫れ夫れ  $h_a$  及び  $h_b$  にて表はせば

$$h_a = H_m \sin \omega t.$$

$$h_b = H_m \cos \omega t.$$

となる。然して電壓線輪の各々と電流線輪との間に生ずる廻轉力は前者の作る磁場の強さと後者を通ずる電流との相乗に兩線輪軸間の角の正弦を乗じたるものに等し、即ち B 線輪が受くる廻轉力の平均は

$$T_b = K h_b i_c \sin \phi \text{ の平均}$$

$$= K H_m I_m \cos^2 \omega t \sin \phi \text{ の平均}$$

然るに  $\cos^2 \omega t$  の平均は  $\frac{1}{2}$  となる故

$$T_b = \frac{K H_m}{2} I_m \sin \phi$$

依て B 線輪の受くる廻轉力は  $\phi$  が  $0^\circ$  の時零にして  $\phi$  が  $90^\circ$  の時最大となる。

又 A 線輪の受くる廻轉力は

$$T_a = K h_a i_c \sin(90 + \phi) \text{ の平均}$$

$$= K H_m I_m \sin \omega t \cos \omega t \cos \phi \text{ の平均}$$

然るに  $\sin \omega t \cos \omega t$  の平均は 0 ならば A 線輪の受くる廻轉力の平均は 0 なり。

依て力率 1 の時は B 線輪の軸は C 線輪のそれと一致す。

次に誘導負荷に於ける線輪の位置を定むるは前と同様の推理により唯  $i_c = I_m \cos(\omega t - \theta)$  を用ふ即ち A 線輪の受くる平均廻轉力

$$T_a = K i_c h_a \cos \phi \text{ の平均}$$

$$= K I_m H_m \sin \omega t \cos(\omega t - \theta) \cos \phi \text{ の平均}$$

$\cos(\omega t - \theta)$  を展開し並に  $\sin \omega t \cos \omega t$  の平均を 0 又  $\sin^2 \omega t$  の平均を  $\frac{1}{2}$  とせば

$$T_a = -\frac{K}{2} I_m H_m \cos \phi \sin \theta$$

又同様に

$$T_b = K i_c h_b \sin \theta \text{ の平均}$$

$$= \frac{K}{2} I_m H_m \sin \phi \cos \theta$$

$$\text{全廻轉力 } T = T_a + T_b = \frac{K}{2} I_m H_m (\sin \theta \cos \phi + \cos \theta \sin \phi)$$

$$= \frac{K}{2} I_m H_m \sin(\theta + \phi)$$

依て可動線輪の靜止する位置即ち全廻轉力 T を 0 とするの値は

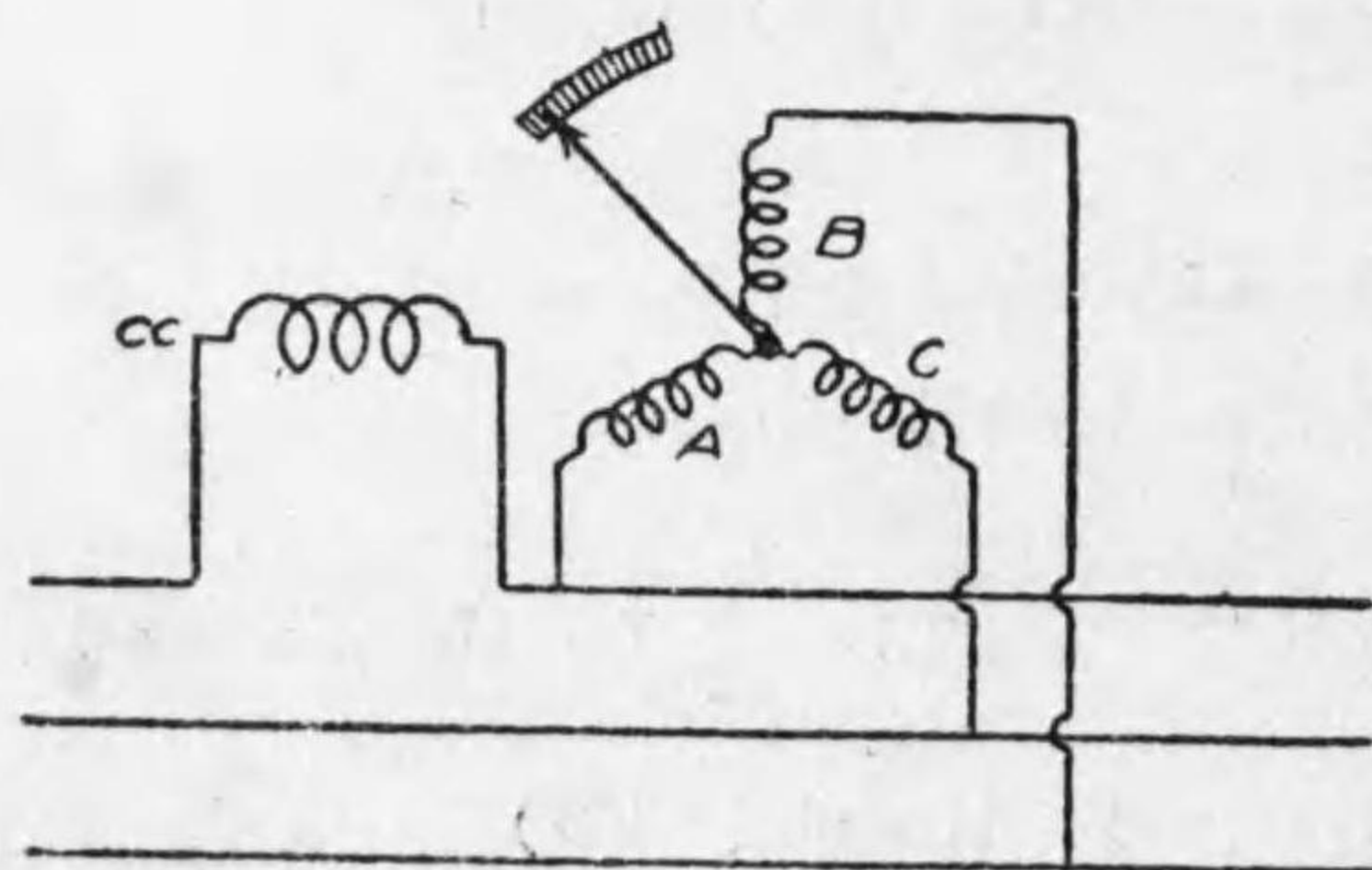
$$\sin(\theta + \phi) = 0 \text{ or } \phi = -\theta$$

となり B 線輪の軸と C 線輪の軸との間の角  $\phi$  は荷重電流 ( $I_m$ ) 及び電壓 ( $H_m$ ) の値如何に關せず常に荷重の位相差角  $\theta$  を表はす。依て B 線輪軸に附せる指針は位相差角又は力率を表はす。

但し茲に A 線輪回路は完全誘導に非ざるにより電壓周波數及び波形の變化は  $ia$  及び  $ib$  の大きさに影響し上の推理は成立せず、換言すれば或周波數の定電壓にて目盛せる計器は他の周波數又は歪波形若しくは異なる電壓の回路に用ふれば多少の誤差を免かれざるも適當の設計によれるものは之れ等が普通の範圍と變化するも無影響ならしめ得べし。

三相式力率計は單相式のそれが二個の電壓線輪を有する代りに三個の電壓線輪を有し三線間へ星形に接続せらるゝ事第五十六圖の如し。電流線輪は平衡荷重用のものは一線により又不平

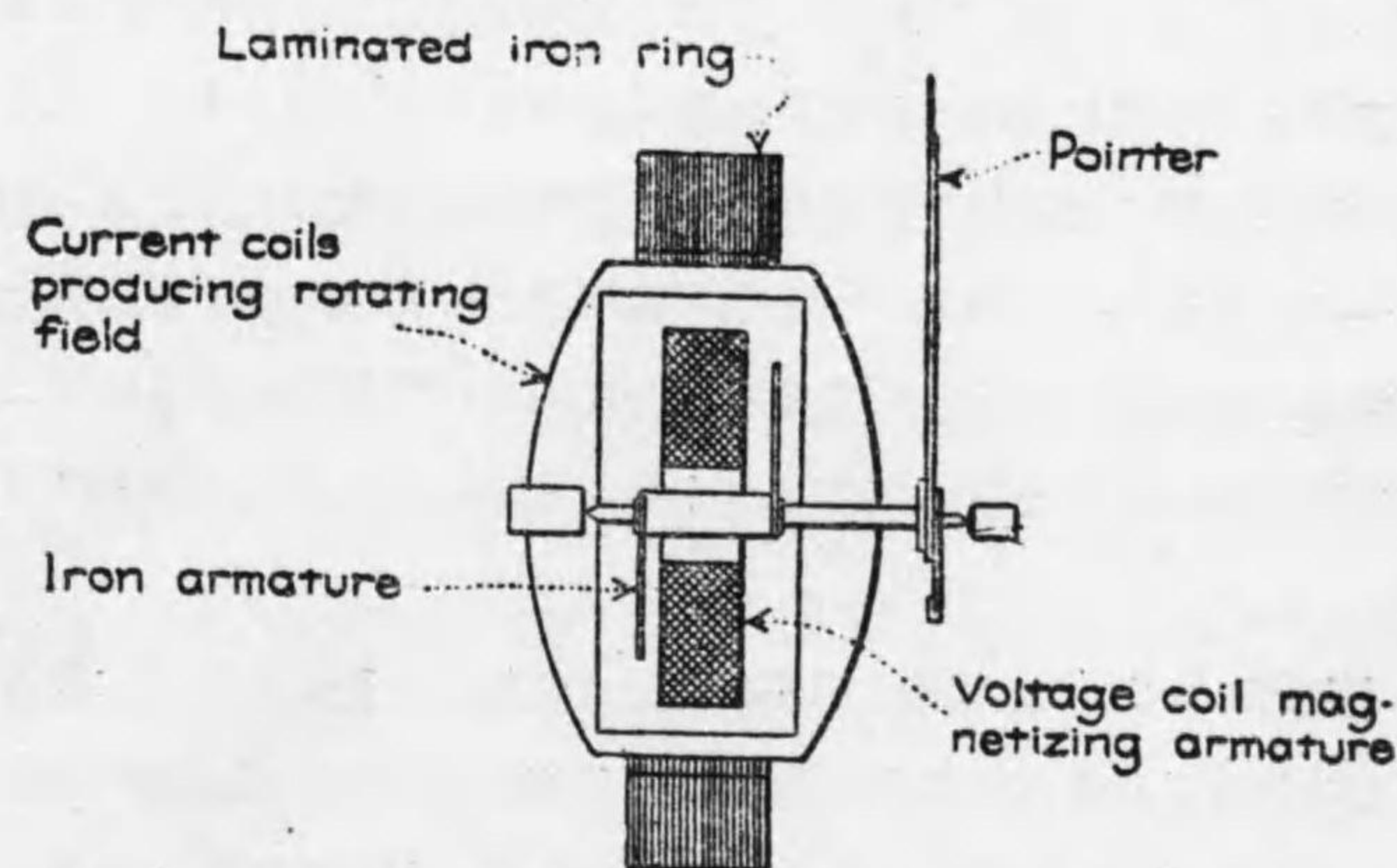
第五十六圖



衡荷重用のものは三線によりて勵磁せらる。前者は一線の力率を測定し後者は三相平均の力率を測る。

ウエスチングハウスのものは第五十七圖の如く構造全く相異なり誘導電動機の固定子の如き鐵板リング (laminated iron ring) の内側に廻轉磁場を作る様配置せる電流線輪と更にその

第五十七圖



内側にリングと同心に捲ける電壓線輪とあり共に固定す。リングの中心に當る部分に横軸あり鐵のアーメチュア (iron armature) 及び指針を有し自由に廻轉し得。

鐵のアーメチュアは電壓線輪によりて磁化さるゝ故その磁極の變化は電壓の位相にて表はさるゝは明らかなり。かくの如く廻轉圓磁場の中に交番磁場を置くは前記のダイナモメーター型力率計と全く反轉せる如き方法なれども結果は同一にして可動部分は之れに及ぼす廻轉力が零となる位置に靜止す。<sup>(1)</sup> 依て前に説ける如く力率を指示すべし。<sup>(2)</sup>

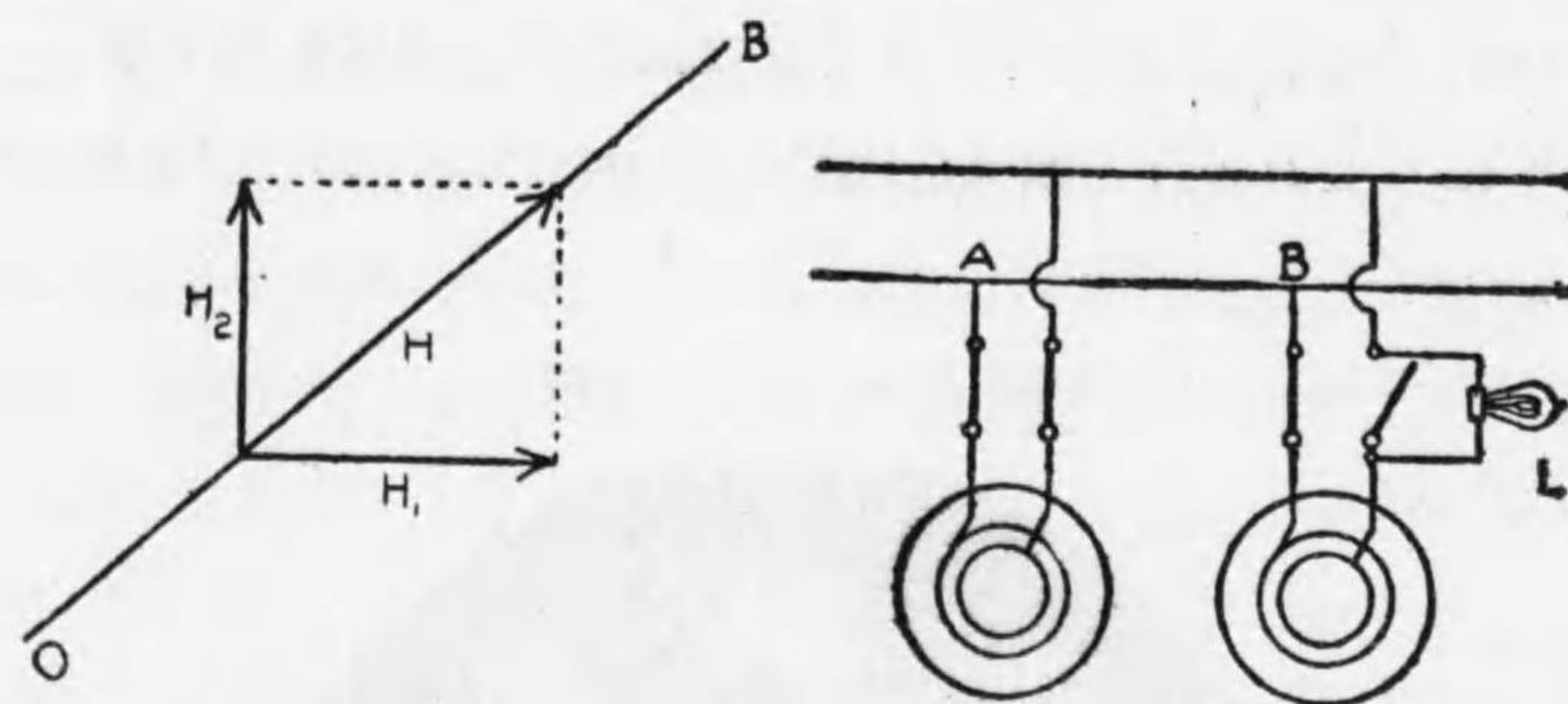
譯者曰 (1) 廻轉磁場を作る様に配置せられたる多相捲線固定子と此の磁場中に置かれたる單相捲線廻轉子との關係は甚だ興味あるものなり。先づ廻轉子に直流を通じ之を廻轉する時は固定子より多相交流を發生す。廻轉田磁型交流機之れ也。又固定子に多相交流を通じ廻轉子を各位置に緊束 (Rock) すれば可變位相の單相交流を得べく之を誘導變相機 (Induction Phase Transformer) と稱し電氣計器試験の電源として用ひらる。又此の状態にて廻轉子を磁場の廻轉方向に廻轉せば誘導する單相交流の周波數は固定子のそれより減少すべく之を反對方向に廻轉せば周波數を増加す即ち周波數變換機となる。更に固定子へ多相交流を通し廻轉子へも之と同周波數の交流を通ずれば力率計となる事茲に記す如し。尙ほ此の場合に兩者の周波數が異なる時は廻轉子は周波數の差に比例して廻るべく後に記すシンクロスコープとなる。

譯者曰 (2) 此の型は三相の電流及位相が平衡せる場合に最も精確なる指示を與ふべく各相の電流又は位相が不平衡の場合は不規則廻轉磁場を生じ指示不精確となる。尤も此の場合如何なるものを力率とするやは問題なり。

第二節 シンクロスコープ

同期發電機又は電動機の並列運轉には兩機の周波數が相等しく且つ並列にすべき端子は兩機同時に正となり又は負となるを見然る上電壓を合すべきものなり。此の裝置は普通白熱燈を用ひ第五十八圖の如く接続す今 AB の電位差なき場合には電燈 L には電流通ぜずして暗黒なるべし之れ兩發電機は電壓の大き及びその位相が相等しきを示すものなり<sup>(1)</sup>之れ甚だ簡單なる方

第五十八圖



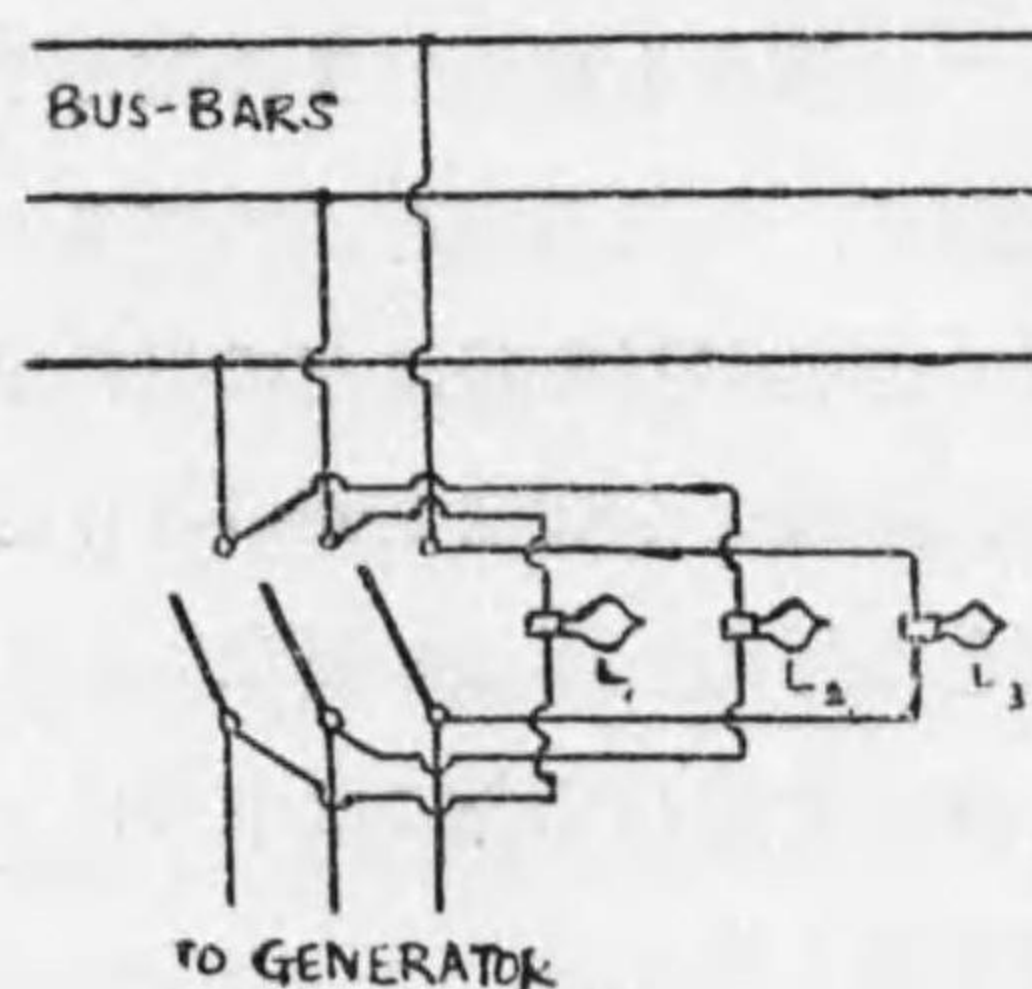
法なれども白熱燈の輝くには尠からざる電壓を要する故從て不精確なるを免れず。

シンクロスコープの具備すべき要件は

- (1) シンクロナイズすべき兩機の速度の差を示す事
- (2) 孰れの機械が速かなるかを明かにし且つ充分鋭敏にシ

譯者曰 (1) 著者は單相の場合のみ示したれど多相の場合には電

第五十九圖



燈球の數を増すべし。例へば三相にて第五十九圖の如く接続す。今 G1 と G2 なる發電機の電壓相等しく三箇の電燈が順次に點滅する場合には壹發電機の二線の順序を轉換すべくかくて三箇の電燈が同時に點滅せば一機の速度を少しく變じ全く減ずる様調整すべく適當の機を見て

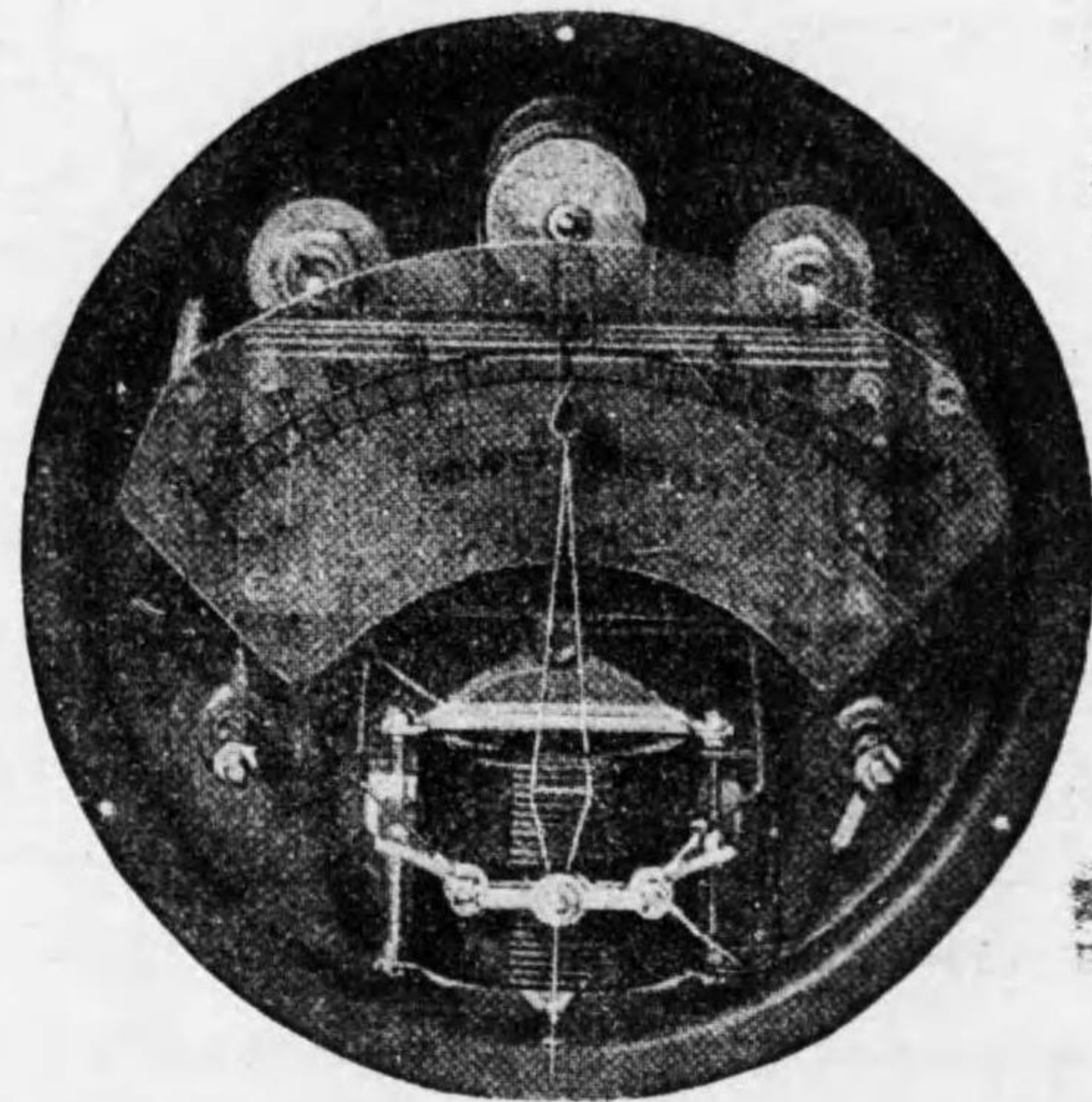
開閉器を入るゝ也。



シンクロニズムの點を示す事

(3) 兩機<sup>(1)</sup>の速度相等しき時はなほ位相の關係を示す事  
等にして力率計と類似の點尠からず。以下その二三を解説せん。

第六十圖

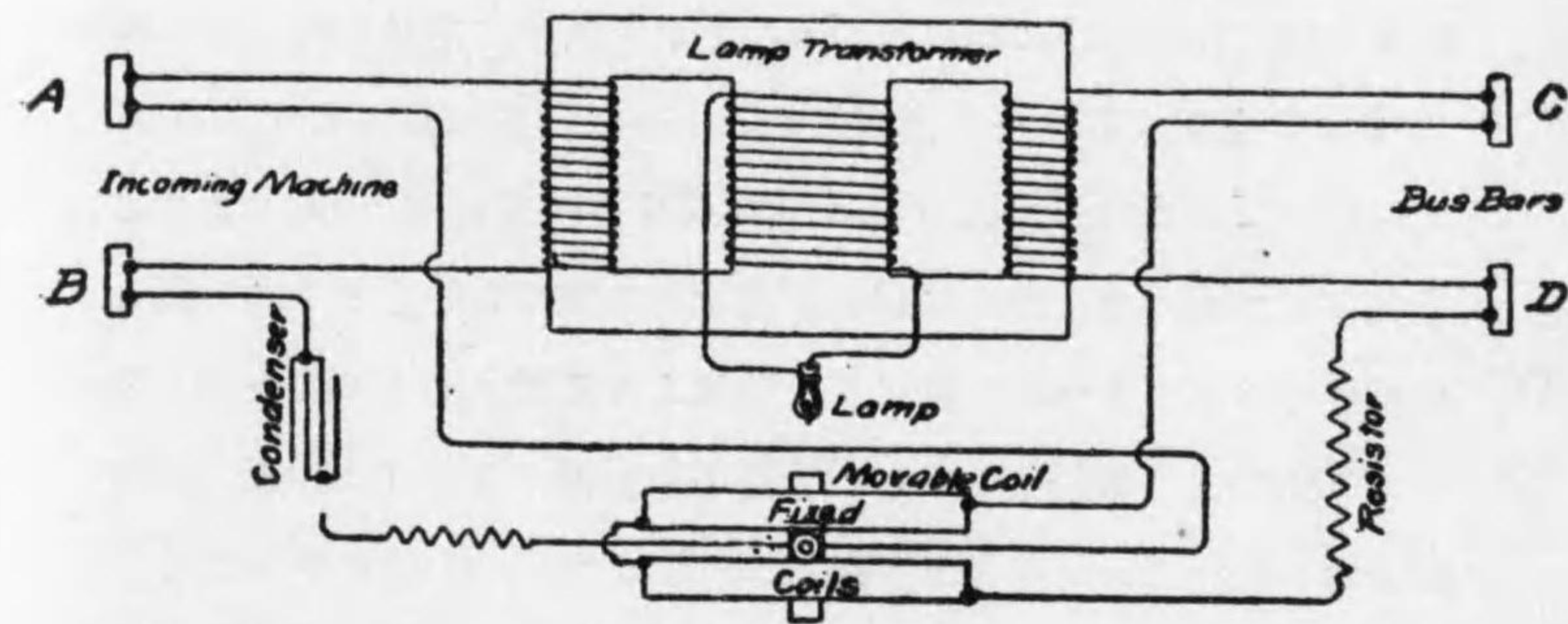


ウエストン、シンクロスコープは第六十圖の如き外觀を有しダイナモメーター型電壓計に酷似す。中央の指針はスプリングによりて此の位置に保たれ一機<sup>(1)</sup>の速度が遅き時は左に振れ速かなる時は右に振る又兩機<sup>(1)</sup>の廻轉に遲速なく唯位相差のみ存在する場合には指針は右又は左に傾きて靜止し振るゝ事なし。シンタロニズムの場合には中央にて靜止す此の場合には中央にありてダイヤルを照せる電燈球は最も強く輝く。

その構造は第六十一圖の如くにして一の機械の一相は抵抗を通して固定線輪に結ばれ他の機械の一相は蓄電器を通じて可動

線輪に接続せらる。依て兩機<sup>(1)</sup>の電壓が同周波數にて且つ同じ位相にある時若くは正反對の位相にある時は兩線輪を流るゝ電流が互に直角位相にあれば兩線輪間に廻轉力を生ぜずしてスプリングの爲め指針中央に靜止すべきも位相差ある場合には廻轉力を生じ指針は右又は左に傾き更に兩機<sup>(1)</sup>の周波數相異なる時は力率の値は刻々に變化すべく従つて指針は或は右に或は左に動揺すべし。<sup>(1)</sup> 猶ほダイヤル面を照す電燈球は第六十一圖に示す如くシエル型變壓器の中央部にある線輪に接続さる而して左右兩

第六十一圖

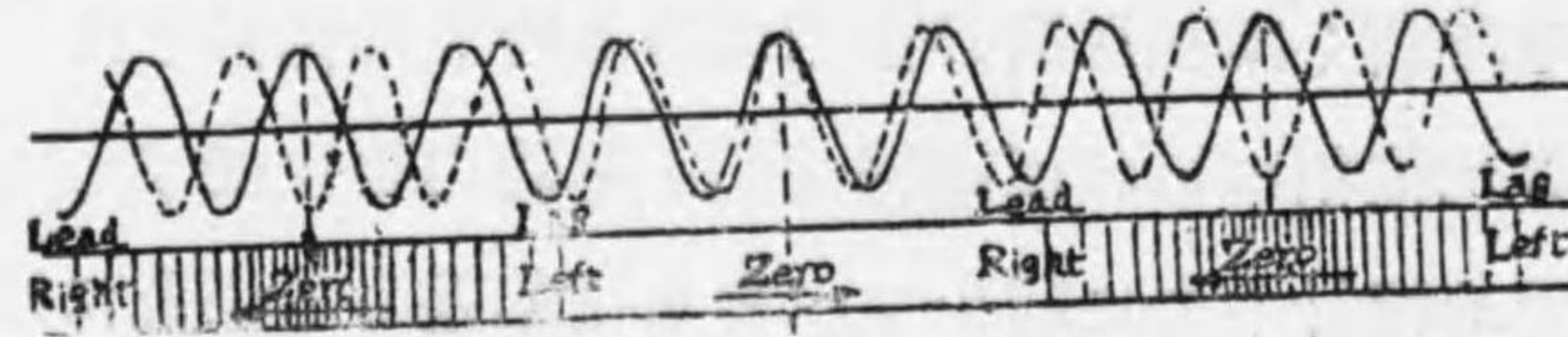


脚の線輪は各々機械によりて勵磁せられ兩機<sup>(1)</sup>の位相が合致する時中央部に最大磁束を通ずる様に捲かるゝ故電球はシンクロニズムに於て最も強く輝くべく兩機<sup>(1)</sup>の位相正反する場合例へば指針は中央に靜止するとともに電燈暗黒なるべし。

譯者曰 (1) 著者は兩機<sup>(1)</sup>の遲速により指針が左右に振るゝ事につき何等の説明を施さざるも興味あるものなれば茲に解説すべし。

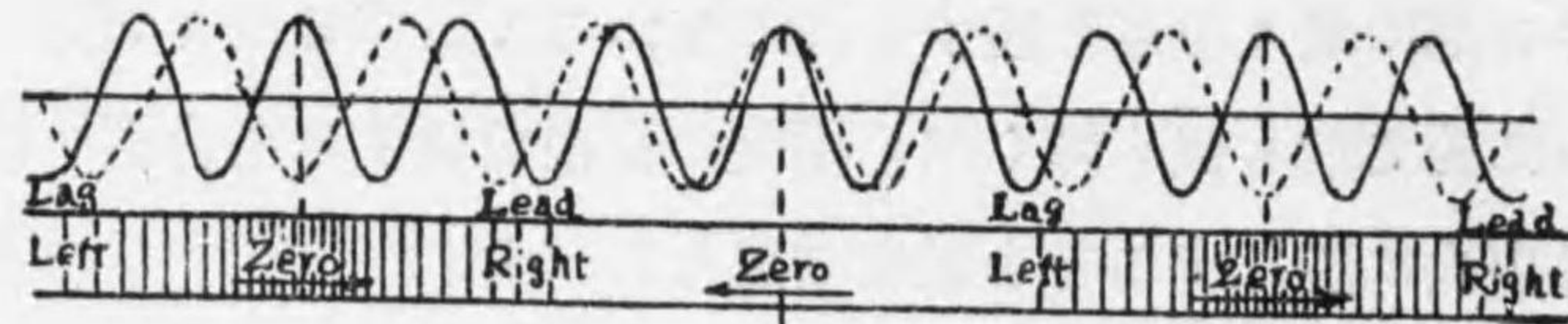
(Dr. Drysdale's Paper The Electrician, London, 1911 参照)

第六十二圖



第六十二圖に於て點線にて示す正弦波は實線にて示すそれより周波數速かなれば兩波は刻々に或は進み或は遅るを見る。而して兩波が正反對となる時はシエル型變壓器の中央脚にある線輪に磁力線通せず従つて電燈球は暗黒となる、反之兩波が一致する時その最も光輝ある事圖に示す如し。然るに計器は點線にて示す波が實線にて示すそれより遅るゝ時は指針は左に振れて Lag を示し反對に進める時は右に振れて Lead を示す構造なれば圖の如き場合に指針は徐々として左より右に振れ Lead 最大となりて兩波正反する際急に左へ戻り更に之れを繰り返すもの也。然るに指針を照す電燈球はその左より右へ振るゝ間輝けるも急に左へ戻る際は全く暗黒となる故人はその左へ動くを見ずして常に右へ廻轉せるかの如く思考す。而してダイヤル面には右へ廻る場合には Fast とありて點線に示す波形の機械が速かなるを示す。第六十三圖は Slow の場合を示せるものにして前述の理により容

第六十三圖

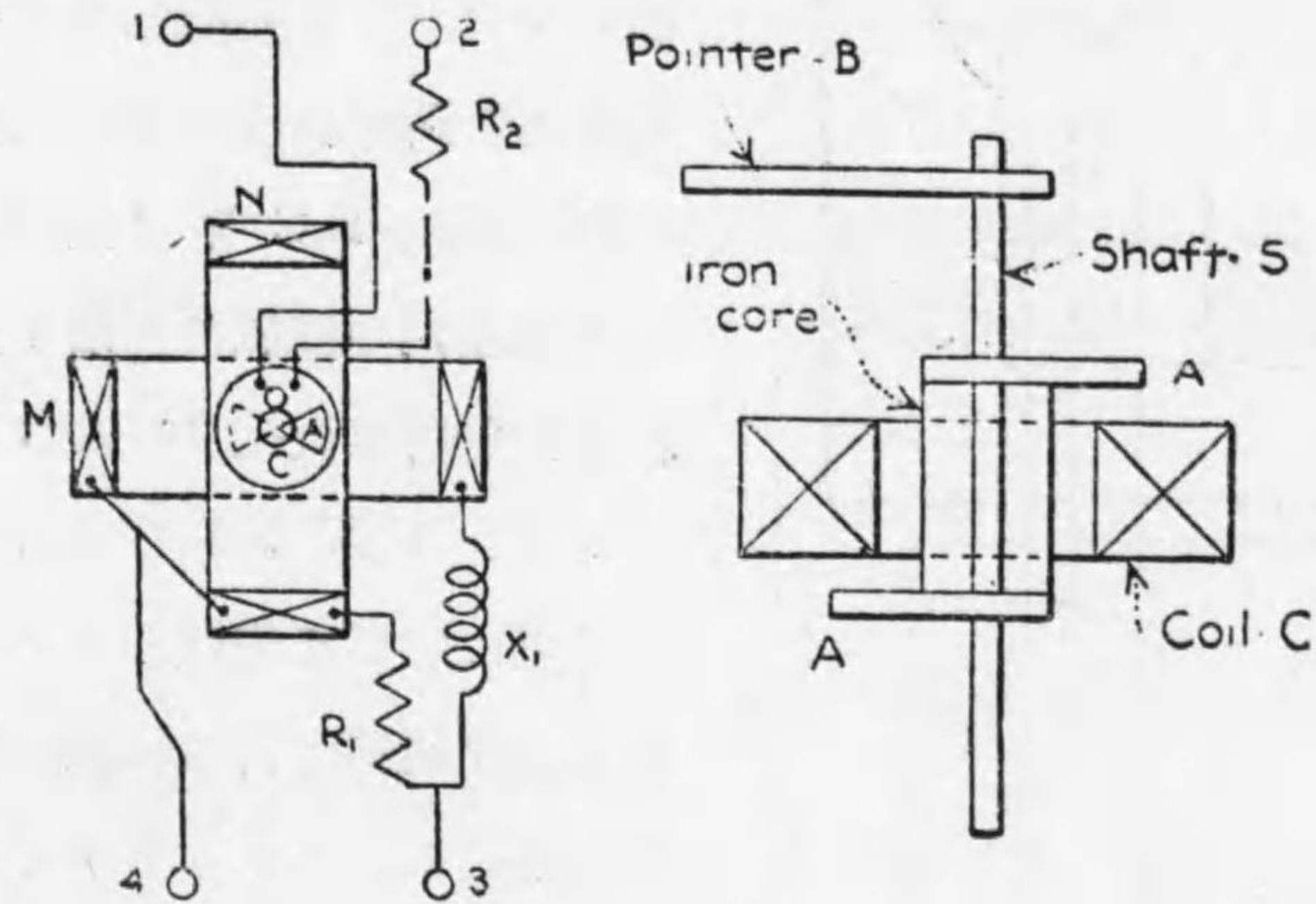


易に考へ得べし。

ウエスチングハウス社のものは第六十四圖の如く單相力率計と同一構造にて三つの固定線輪 MNC 及び C の中心上に軸を

有する可動鐵片とより成る。鐵片には上下に A なる突出あり又軸には指針ありて取付けらるゝ事圖の如し。

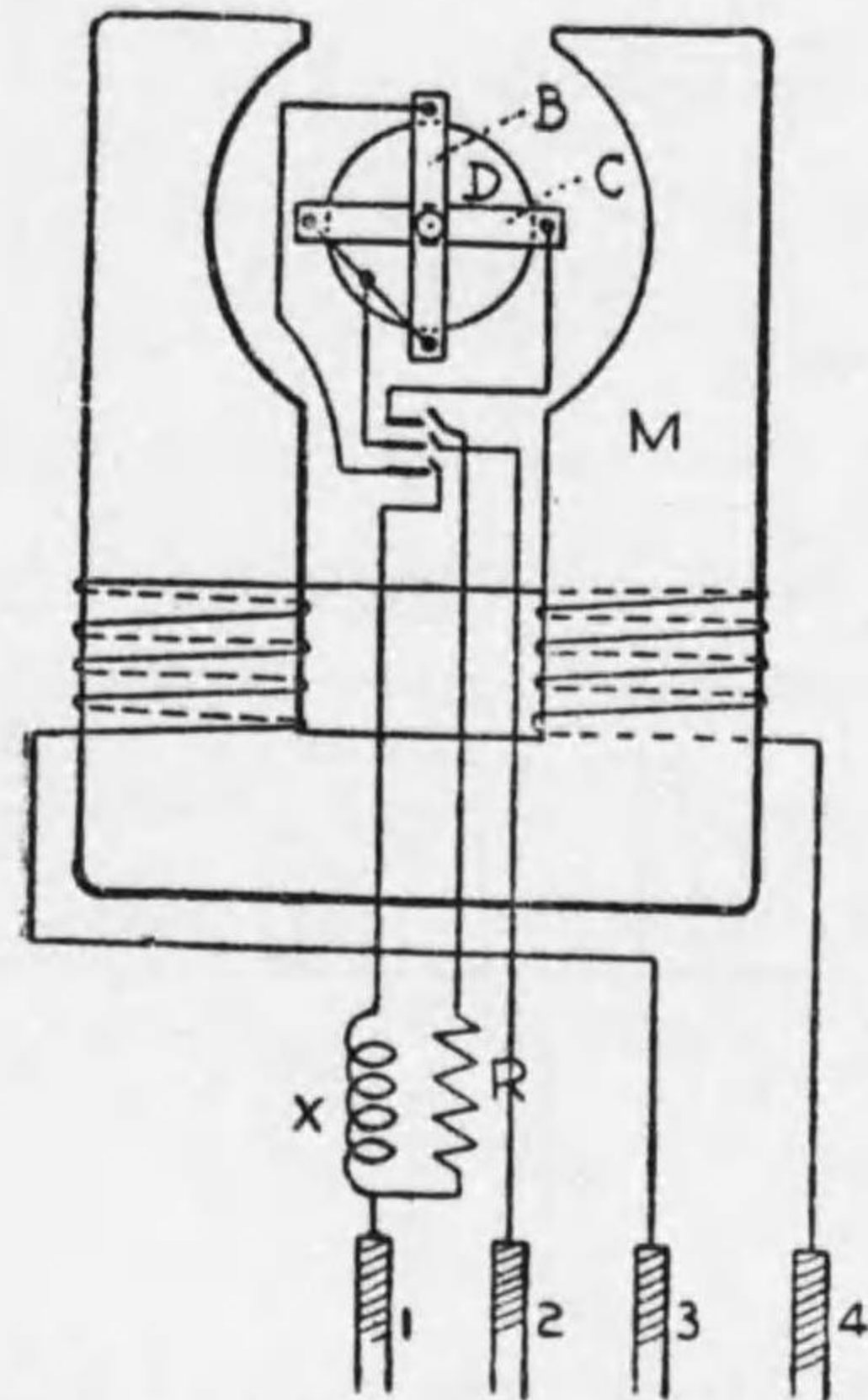
第六十四圖



三つの固定線輪の軸は互に直角をなし恰も立體幾何に於ける直角軸の如し。M は自己誘導  $X_1$  に N は無誘導抵抗  $R_1$  に結ばれ兩者は更に並列に結ばれて一機のブスバーに接続せらる。第三の線輪 C は無誘導抵抗  $R_2$  を經他機のブスバーに接続せらる。依て MN 二個の coils は廻轉磁場を生じ従つて C コイルによりて磁化せらるゝ鐵片 AA は廻轉磁場中にある交番磁極なれば兩機の周波數相等しきときは力率計となり兩機電壓の位相差を指示し又周波數相異ある場合にはその差によりて廻轉を起す事明らかなり<sup>(1)</sup>

リンカーン型シンクロスコープはウエスチングハウス社にて製作する一種にして第六十五圖に示す如し。即ち前記の型の原

第六十五圖



理を轉倒したるものにして M なる二極鐵心 (Bipolar Laminated iron) に捲ける線輪を一機のブスバーに接続し又 D なる鐵心を跨ぎ自由に廻轉し得る二つの線輪 B,C を (此の二個は互に直角の位置に固着す) 夫れ夫れ無誘導抵抗 R 及びインダクタンス X に結び且つ兩者を並列に結びて他機のブスバーに接続す廻轉し得る線輪へ電流を通ずるにはスリップリングを用ふる事圖に示す如し。原理及び動作は前に記せるものと同様なれば茲には略す。

用ふる事圖に示す如し。原理及び動作は前に記せるものと同様なれば茲には略す。

註 (1) 第六十二圖第六十三圖に見る如く周波數相異なる場合には兩機電壓の位相差は刻々に變化する故指針の位置も之に従つて廻轉しその方向は兩機の孰れが速かなるかによりて定まる。

### 第三節 周波計

交番電流の周波數は磁極數及廻轉數と次の關係あり。

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

茲に  $f$  は一秒間の周波數サイクル、 $P$  は磁極數、 $n$  は一秒間の廻轉數なりとす。

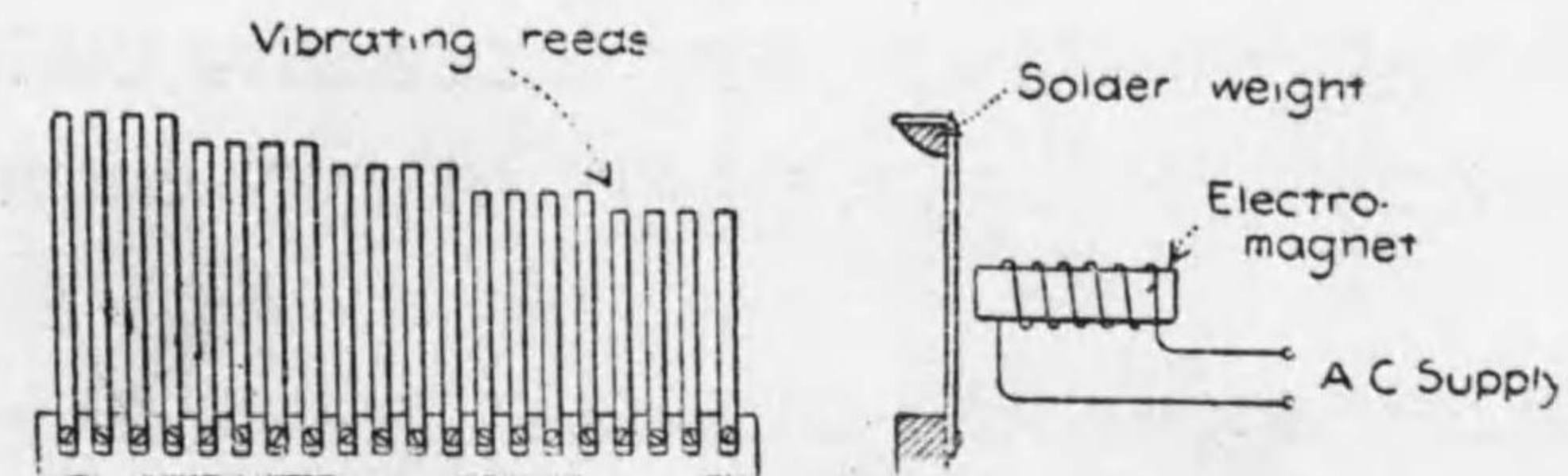
此の周波數を測定する計器を周波計とし大體次の二種に分たる。

- (1) レゾナンス原理のもの (Resonance principle)
- (2) 差働原理のもの (Differential principle)

即ち之れなり以下詳論すべし。

(1) レゾナンス原理の周波計は第六十六圖に示す如く順次長さを異にせる細き銅鐵板のリード (Steel reeds) ありて一端

第六十六圖



は自由に他端は固定せらるゝ狀オルガンの瓣と酷似せり。之れ等のリードは各自固有の振動週期を有し之と同週期の衝撃を與ふれば忽ち振動すべし。此衝撃は測定せんとする交流によりて磁化せらるゝ電磁石によりて與へらる。

今その振動週期が交流の週期の二倍<sup>(1)</sup>なる時はリードは次の如くして振動を起す。即ち電磁石の電流の値が増加せし瞬間にはリードは其の方向に吸引せらるゝも電流の値が 0 となる瞬

譯者曰 (1) 著者は之を 1/2 倍と記したるも誤植あるべし。そは著者の説明にても明らかなるべく且つ次の頁 (原著一四〇頁) にては二倍と記したれば也。

間にはそれ自身の弾力によりて反撥し反對方向に振れ更にその自然週期に従ひて再び電磁石の方向へ戻らんとする際電流は反對の方向へ増加し再びリードを吸引す。かくてリードの振幅愈々増大し電磁石の與ふる勢力がリードの分子摩擦 (Molecular friction) 及び空氣摩擦 (Air friction) によりて失はるゝものと相等しくなるに及び始めて振幅一定す。

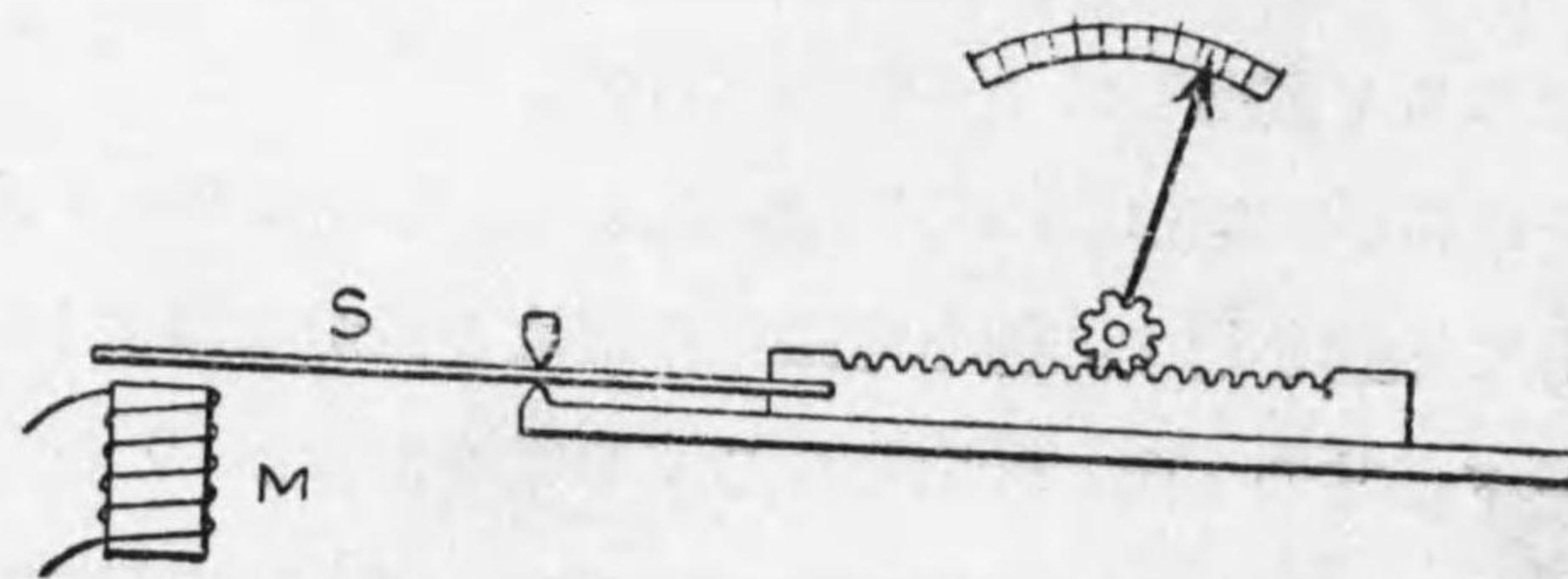
反之電流の週期がリードの自然週期と相違する際には前者によりて與へらるゝ衝撃は後者に對し適當なる時機に起らずして或は遅く從つて振動を起さしめず。

この周波數の相違がリードの振幅に及ぼす影響は甚だ顯著にして前者の變化  $\frac{1}{2}\%$  はよく後者の 50% を減少するを實驗せり。

今此の理を應用せる計器一二を擧げん。

キャンベル周波計は最も早く此の原理を用ひて作れるものにして第六十七圖の如き構造を有す。

第六十七圖

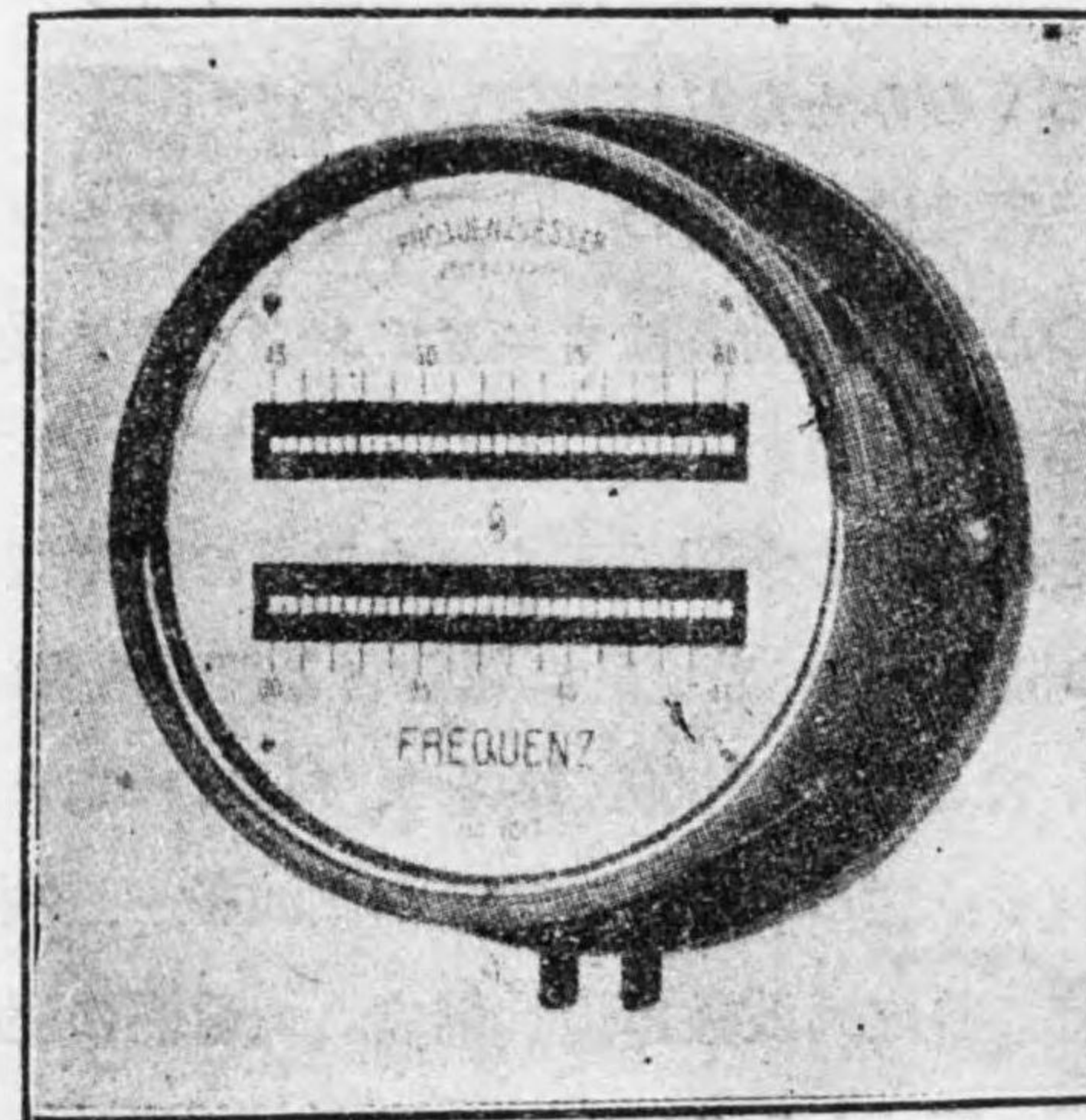


即ち一端が Sliding rack に固定せらるゝ振動リード S は rack を左右に移動すればその振動し得る部分の長さを變ずる

様の構造を有しその直下には測定すべき交流によりて勵磁せらるゝ電磁石 M あり。S の振幅最大となる様 rack を動かせば指示さるゝ事圖に示す如し。

ハートマンブラウン周波計は週期を異にせる數多のリードを有し直線上又は圓周上に配列せられ電磁石を動かすか又はリードを廻轉し振幅最大なるリードにより周波數を知る。之は最初の型にして現今用ひらるゝは稍扁平にして長き電磁石を用ひて多くのリードに働かせ兩者とも固定せり。第六十八圖は此の種

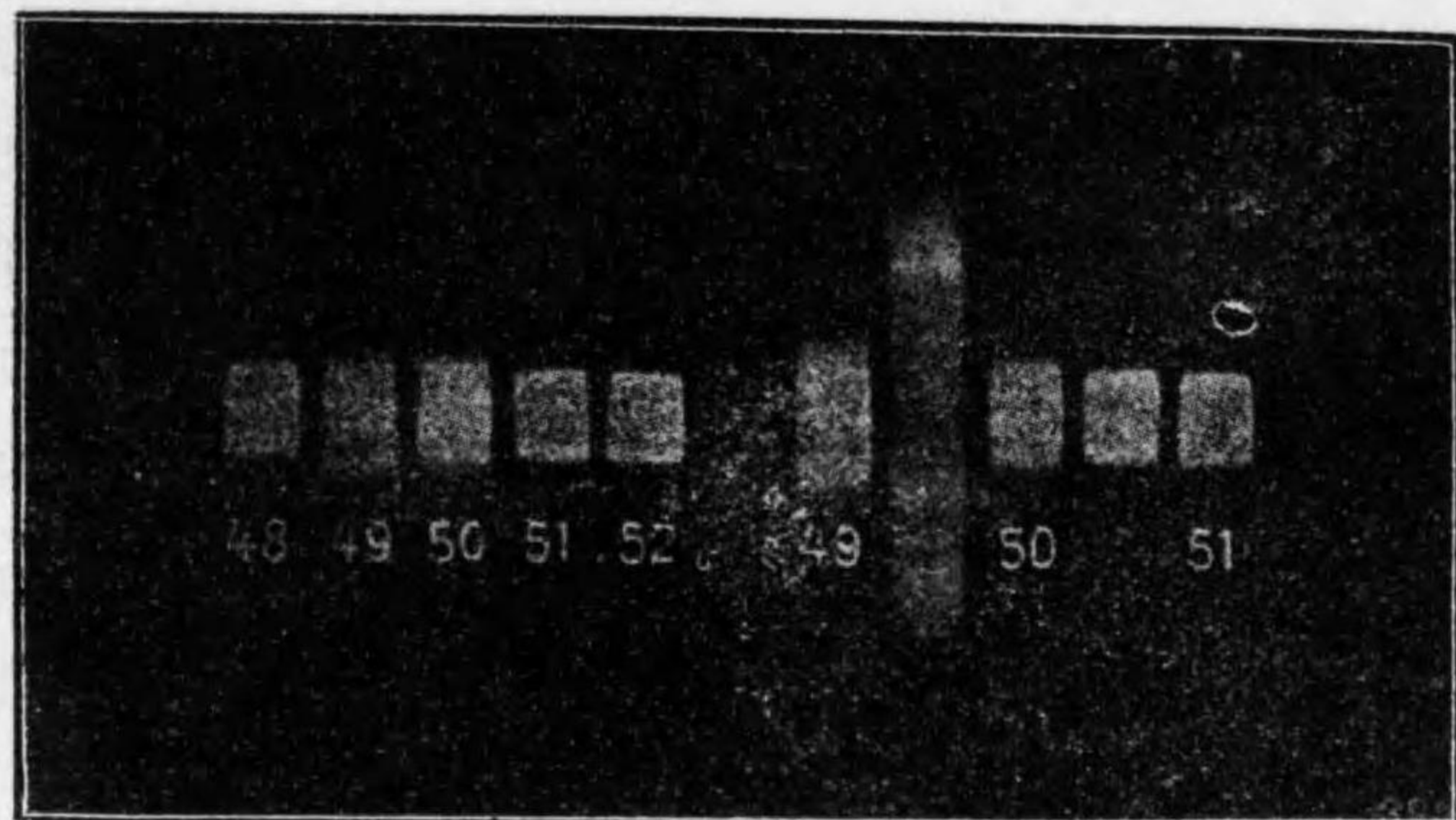
第六十八圖



の配電盤型計器、第六十九圖はその動作を示す。

此の型の周波計はその測定範圍を容易に倍増し得べし、即ち振動リードを永久磁石にて磁化するか若しくは交流電磁石上へ別に直流にて勵磁せる捲線を附加するにあり。蓋し兩場合とも

第六十九圖



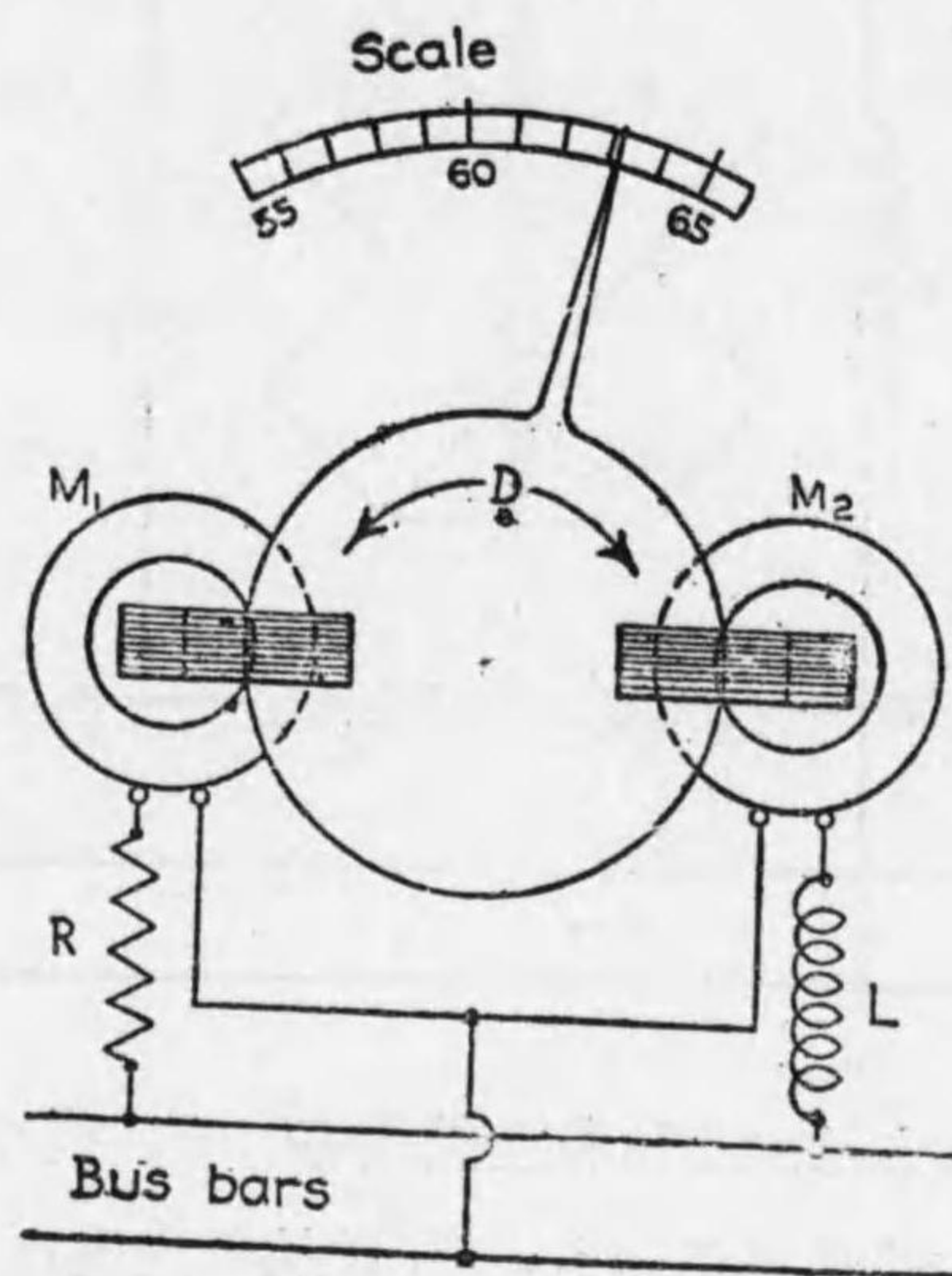
リードは磁氣を帯びて有極となる故交流一サイクルにつき唯一回吸引せらるゝのみとなれば也。

(2) 差働原理によるものは誘導型のものゝダイナモメーター型のものゝあり。前者はウエスチングハウス後者はウエストンにて製作す。

誘導型のは第七十圖に示す如く二個の誘導型電圧計  $M_1$   $M_2$  が一個の圓板  $D$  へ差働的に廻轉力を與ふる如き構造のものにして  $M_1$  には無誘導抵抗  $R$  を又  $M_2$  には高き自己誘導  $L$  を直列に接続す。従つて  $M_1$  の電流が周波數と無關係なるに反し  $M_2$  の電流は略ぼ周波數に逆比例す。又電壓の變化は兩者の廻轉力を同様に變ぜしむる故計器は電壓に關係なく周波數の變化を指示す。

$D$  なる圓板の形狀を軸と同心の圓にする時は  $M_1$  と  $M_2$  との與ふる廻轉力に差違を生ずるや持續して廻轉すべし。依て  $M_2$  の空隙内にある金屬部分が圓板の位置によりて異なる様に

第七十圖

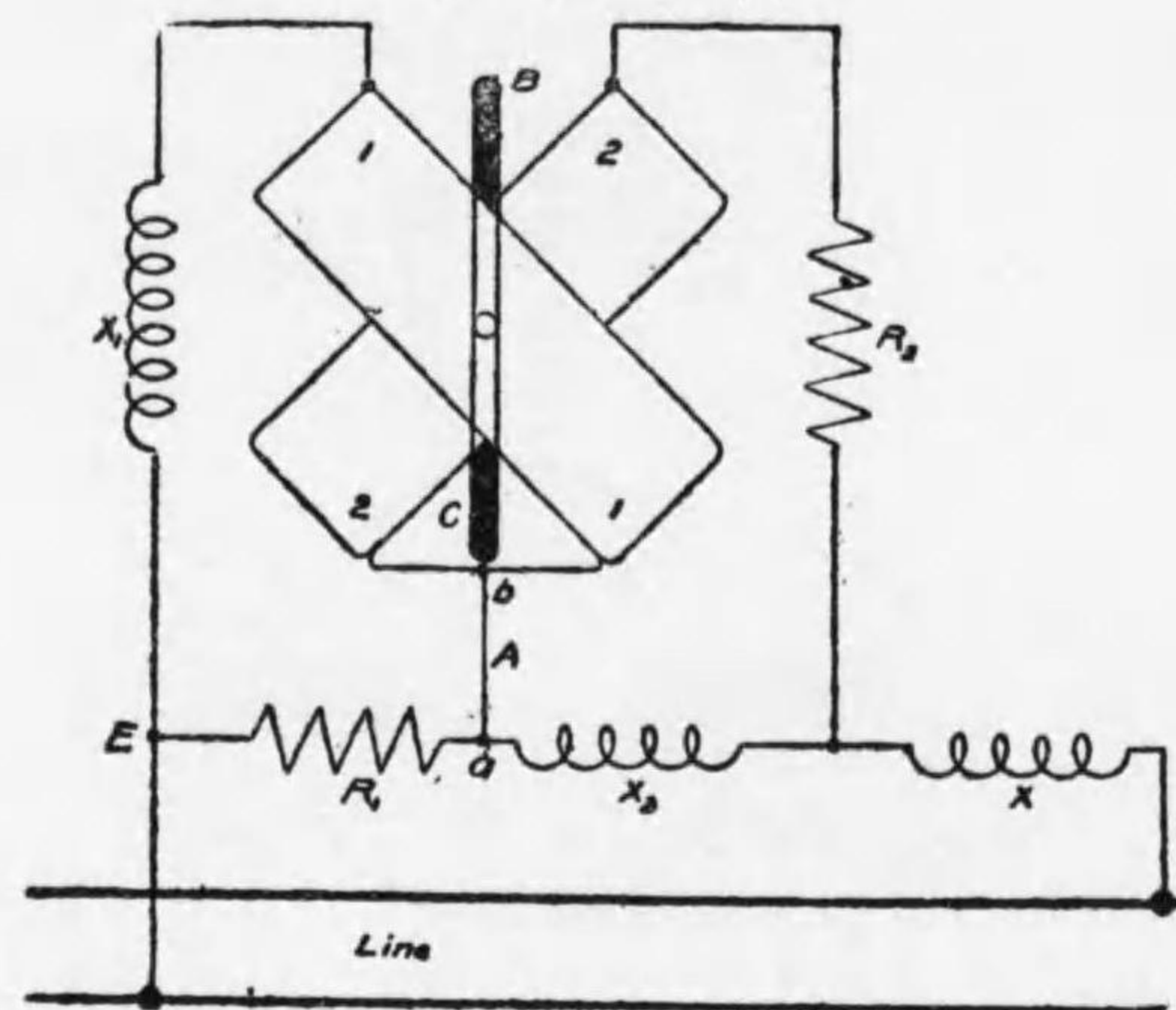


せり。即ち周波數の變化により  $M_2$  の廻轉力増大し圓板廻轉せば  $M_2$  の空隙にある部分は次第に減少し廻轉力減じて再び平衡す。斯くの如き構造のものは制禦スプリングを要せざるは明らか也。

ダイナモメーター型のは第七十一圖の如き可動鐵心型電圧計と同様の構造を有し唯固定線輪が (1-1) 及び (2-2) なる互に直角の位置にある二個より成るを相違とす。之れ等の線輪は圖に示す如く數多の抵抗及びインダクタンスと直並列に接続せらる。

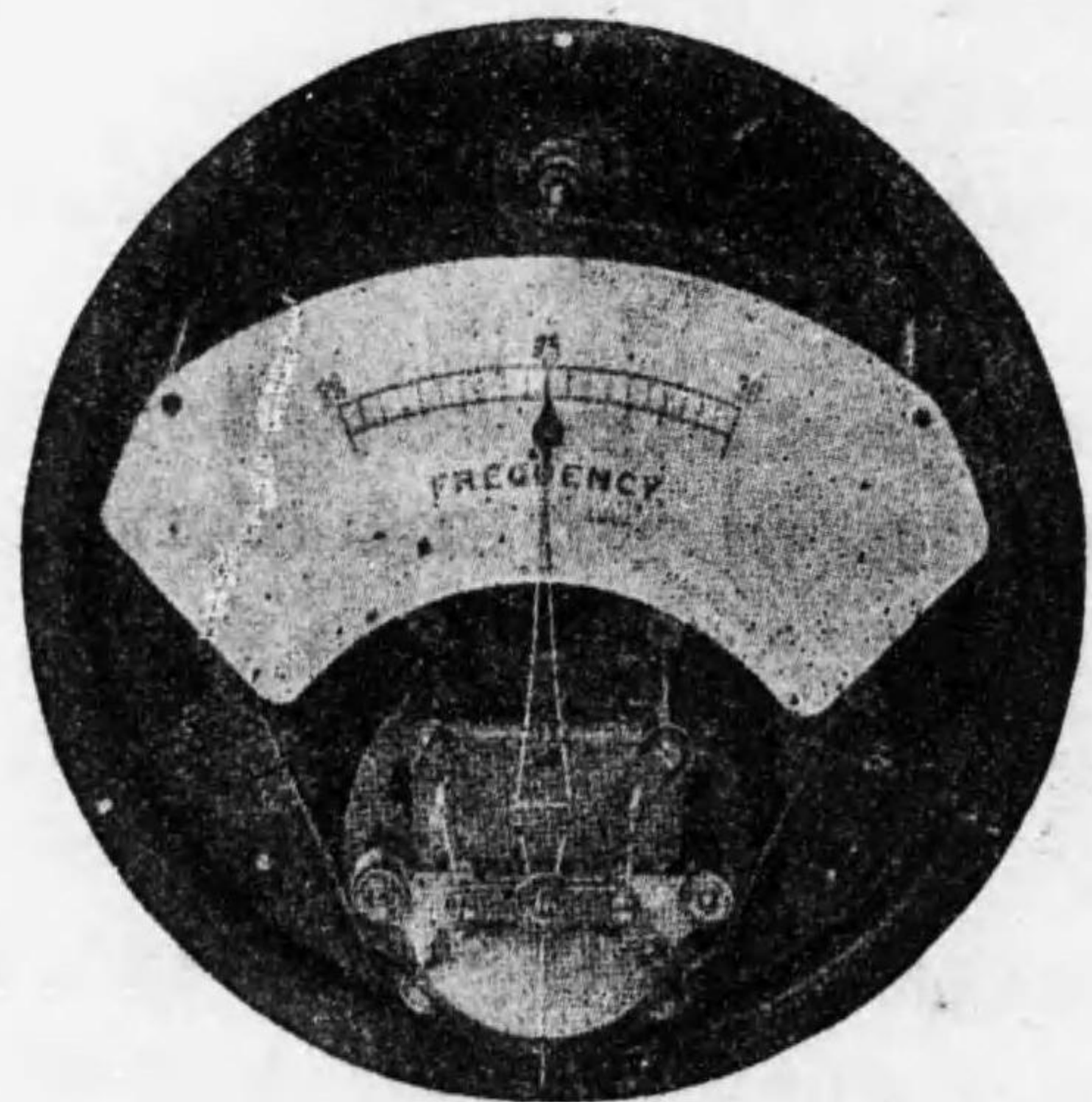
或る周波數の時  $X_2$  及び (1-1) に於ける電壓降下が  $R_1$  に於けるそれと相等しき時は線輪 (1-1) を通る電流と線輪 (2-

第七十一圖



2)を通るそれとは太さ位相全然相等しく、従つて兩線輪の合成磁場はその中央にあるべし。兩線輪の内側なる BC は可動鐵

第七十二圖



心にして軸及び之に附せる指針あり。此の可動鐵心は兩線輪の合成磁場の方向に傾きて定まるものなるは明らかなり即ち此の場合には圖の如く兩線輪の中間に定まる。今周波數變ずるや抵抗内の電壓降下は變化なけれどインダクタンスは影響を受ければ従て全回路の電流配付の状態に變化を來すべく兩線輪を通る電流は茲に不平均を生じ従て合成磁場の方向も自ら變る。即ち指針移動し鐵心が磁場の位置に至りたる時定まる。

ウェストン周波計は此の原理にして第七十二圖に示す如し。

## 第六章 記録計器

(Recording or graphic meters)

譯者曰 前記各章には電流、電圧、電力、力率、位相及び周波数等を測定すべき計器の各種につきて説述したれば残す所は電氣量及びエネルギーを測定すべき計器に關する部分のみ(第二章第四項参照)即ち電量計(Ampere-hour meter)及び積算電力計(Watthour meter)二項也。

之れ等の計器は孰れも電流又は電力へ時間要素を加入せるものにして自動的に刻々の電流又は電力値へ時間を乗じたるものを積記し行く計器なりとす。然るに本章に記さんとする記録計器(Recording or graphic meters)は電流電力は素より電圧、力率、周波数等總ての量の瞬間値を刻々記録し行くものなれば便宜上指示計器と積算計器との間に挿みて茲に略述せんとするもの也。

### 第一節 記録計器の概説並にその要件

記録計器は前記指示計器の指針へ鉛筆を附し又スケールの代りに適當に印刷せる記録用紙(chart)を置き之を時計仕掛にて送り出す如き理論に基けるものに過ぎず。而して實際上の困難は

(1) 時計仕掛を捲き紙を挿しかへ又はペンにインクを入れ

る等の手数煩雜なる

(2) ペンの摩擦に基因する不精確

(3) 摩擦に打勝つ爲め電力消費量の増大

(4) 摩擦及びペンの重量により計器は自然不鋭敏なる

等にあり。之れ等の缺點を除去する爲め種々の發明改良ありたるも要するに現今用ひらるゝものは次の二種類に分ち得べし。

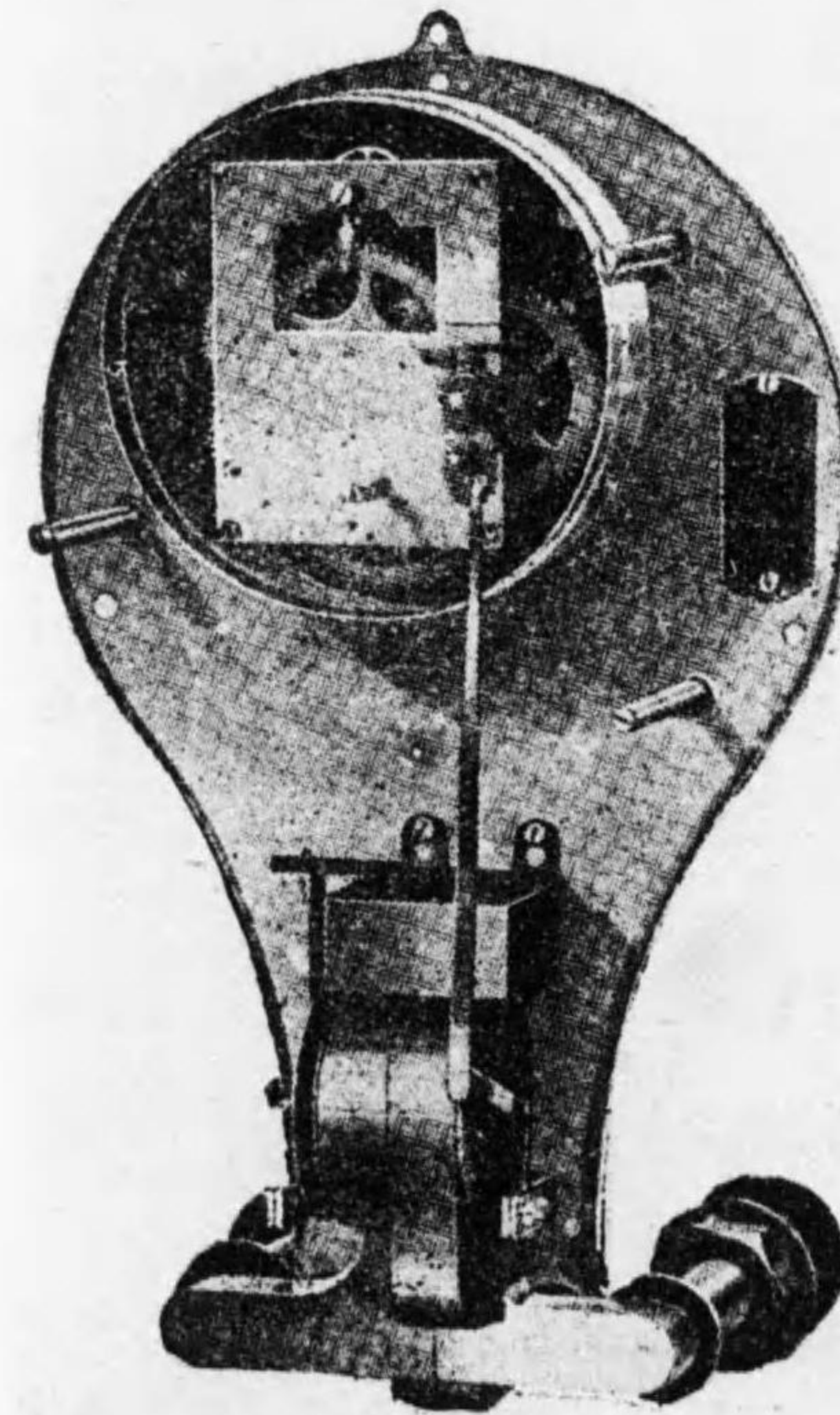
(1) 直接動作型(Direct acting type)

(2) リレー型(Relay type)

而して前者に屬するものにはブリストル會社 G.E. 會社等のも

第七十三圖

の後者の型にてはウエスチングのものを擧げて解説すべし。

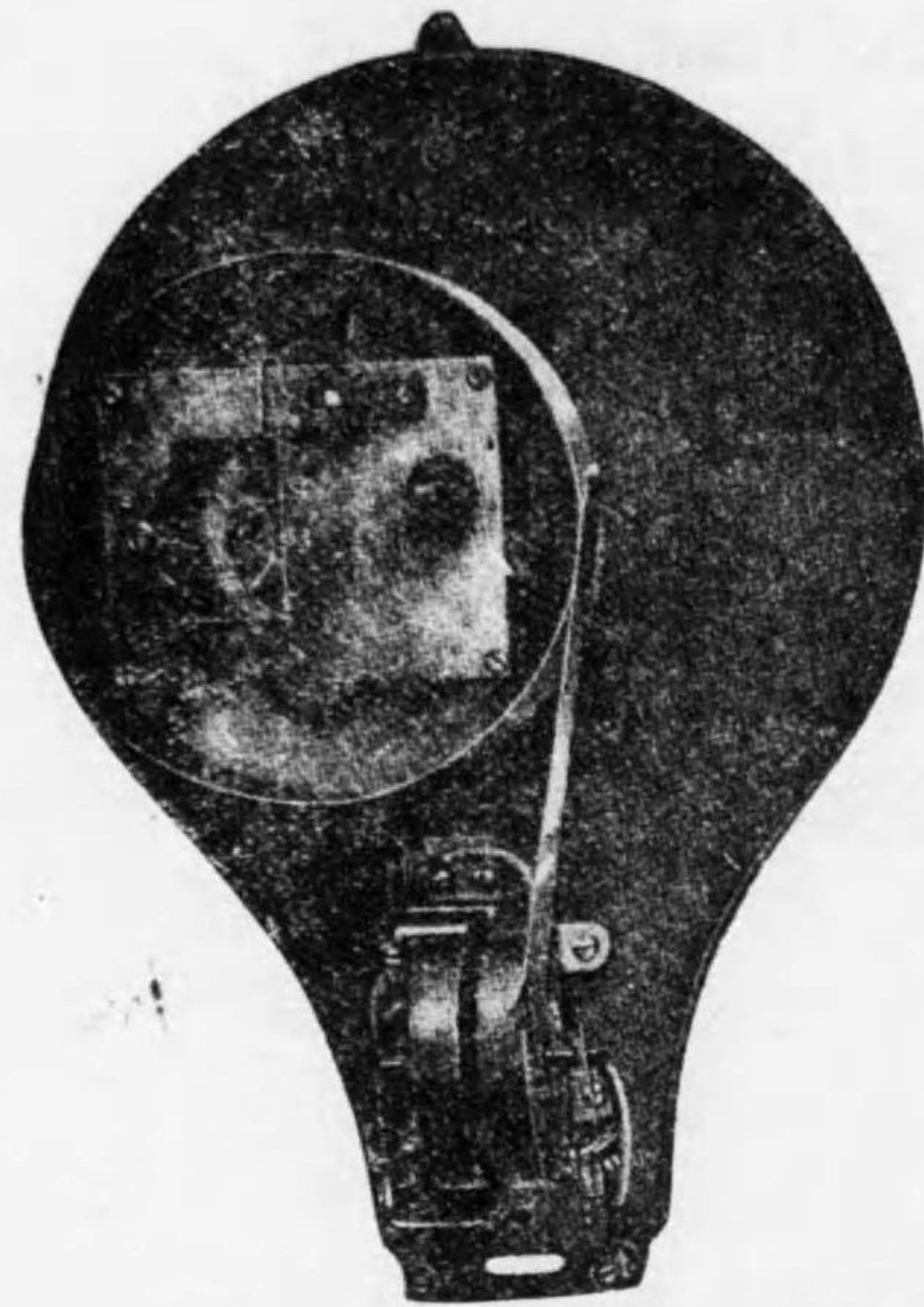


### 第二節

#### 直接動作型記録計器

(1) ブリストル記録計器は古來著名なるものにして構造亦簡單なり。第七十二圖に示すはその電流計にして軟鐵心型と同様の構造を有す即ち横軸のコイルありて計器のベースに固着し此のコイルの一端には軟鐵の圓盤状をなせるアーメチ

第七十四圖



コイルあり無磁金屬にて製  
れる軸に取付けられ軸の  
両端は直立せる鋼スプリ  
ング板にて支持せられ、  
ペンは此のスプリングよ  
り出づる腕の尖端に仕懸  
けらる。

電流通すればアーメチ  
ュアを引きスプリングの  
應力と平衡する點に至り  
て静止しペンは此の動き  
を擴大して記録す。コイ  
ルの上にある角形の函は

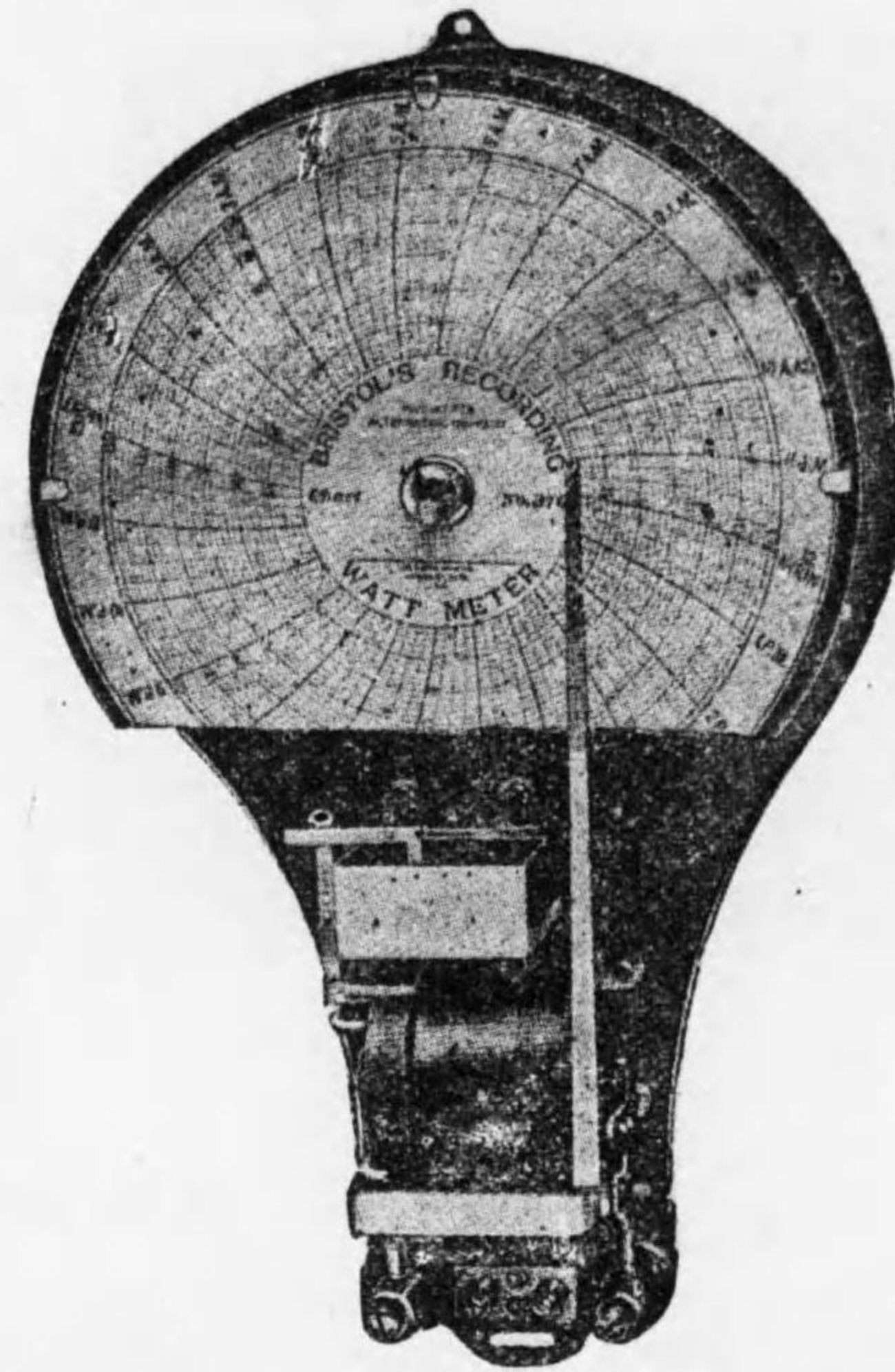
油を満したるダンパーにて荷重の急變する場合に缺くべからず。

第七十四圖は電壓計第七十五圖は電力計を示す。此の二者共にケルビン衡の原理により二個のコイル間の張力を利用す。

即ち前者ありてはコイルを二分し一方を固定し一方を可動ならしめ(電流計のアーメチュアの位置)たり。又後者にありては電流線輪を固定し電壓線輪を可動ならしむ。孰れの場合にも線輪の動く距離僅少なれば磁場の關係一定にして度盛も略ぼ均等なり。紙は第七十五圖の如く特殊のものを用ひ時計は手捲きなり。ペンは平板をV字形に曲げたる如きものを用ふ。

(2) セネラル電氣會社記録計器は前述プリストル型と多少趣きを異にし通常の指示計器と同様の可動部分を備へ指針の代

第七十五圖



りに記録装置を有す。

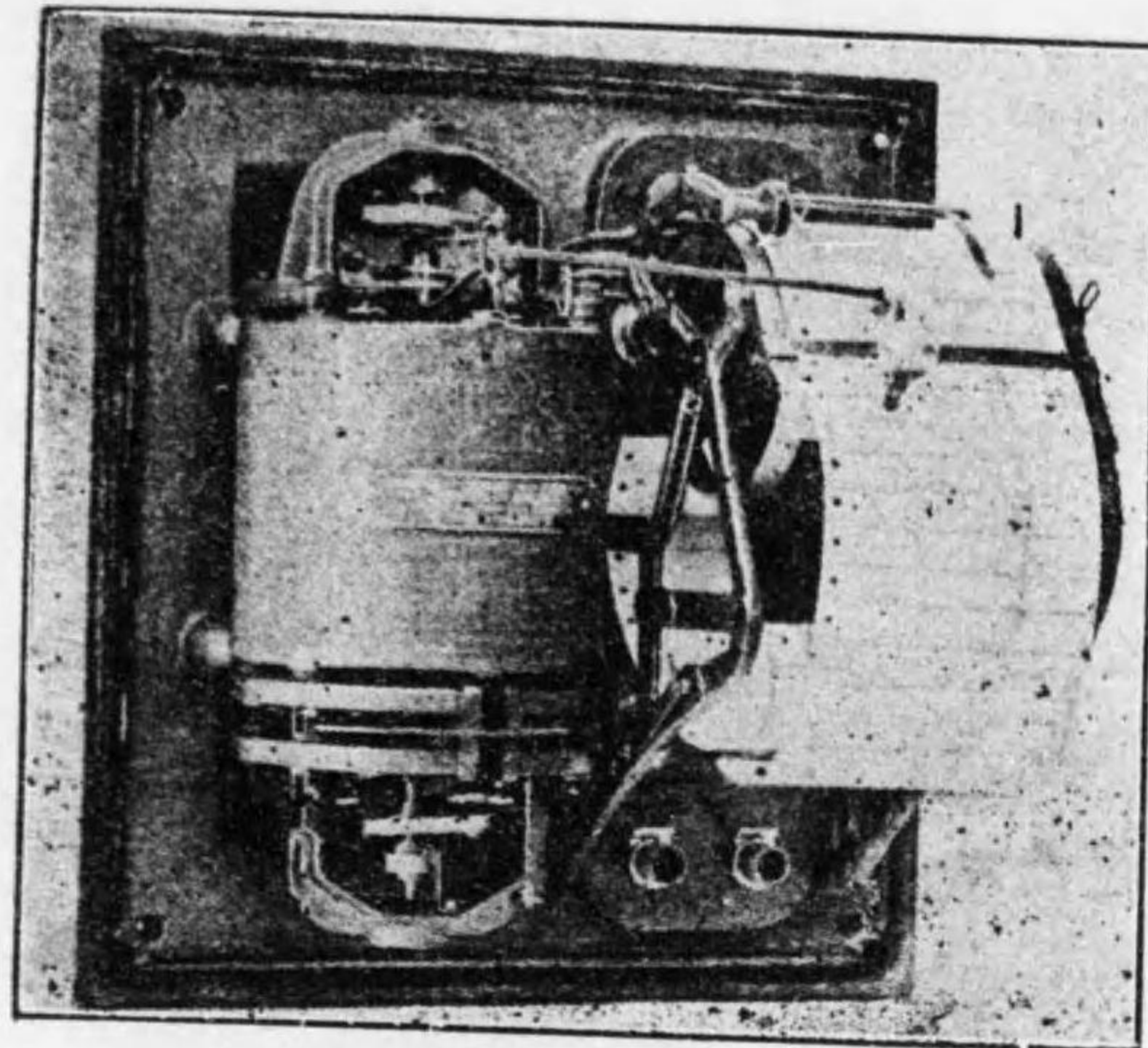
第七十六圖はその外形にして第七十七圖は動作装置の略圖なり。AAは固定線輪、Bは軟鐵心にして軸Dに取付けられAを通る電流によりて廻轉力を與へらる。

腕GHは此の廻轉力をペンKに傳へチャートL上に電流値を附記せしむ。Fはピアノ線にて作られたる上軸受、Cはサファイヤ受石を込めたる下軸受、Eは制禦スプリングなり。

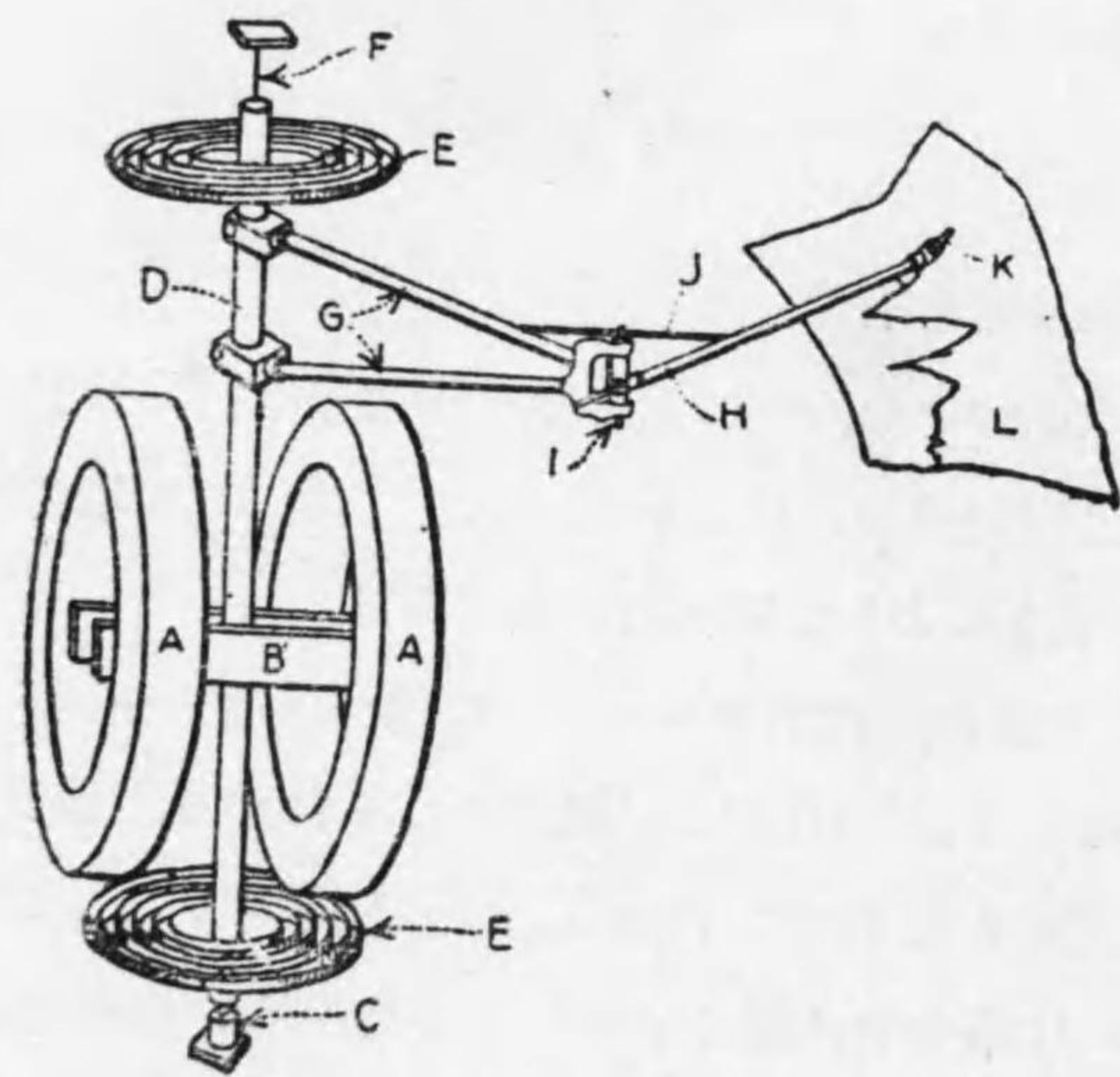
ペンKは第七十八圖に示す如く多量のインキを含みよく一週間を保つ。尖端は細孔を有するイリジウム管にして硬質耐



第七十六圖



第七十七圖



第七十八圖



久且つ研磨し得べく而もインキ等に侵さるゝ事なくガラス管中に封ぜられインキは毛細管引力 (capillary attraction) によりて吸ひ上げらるゝ也。ダンパーは渦流ダンパーを用ふ。

同會社の記録電壓計及電力計は之と殆んど同様にして唯ダイナモメーター原理のものを用ふ。

### 第三節 リレー型記録計器

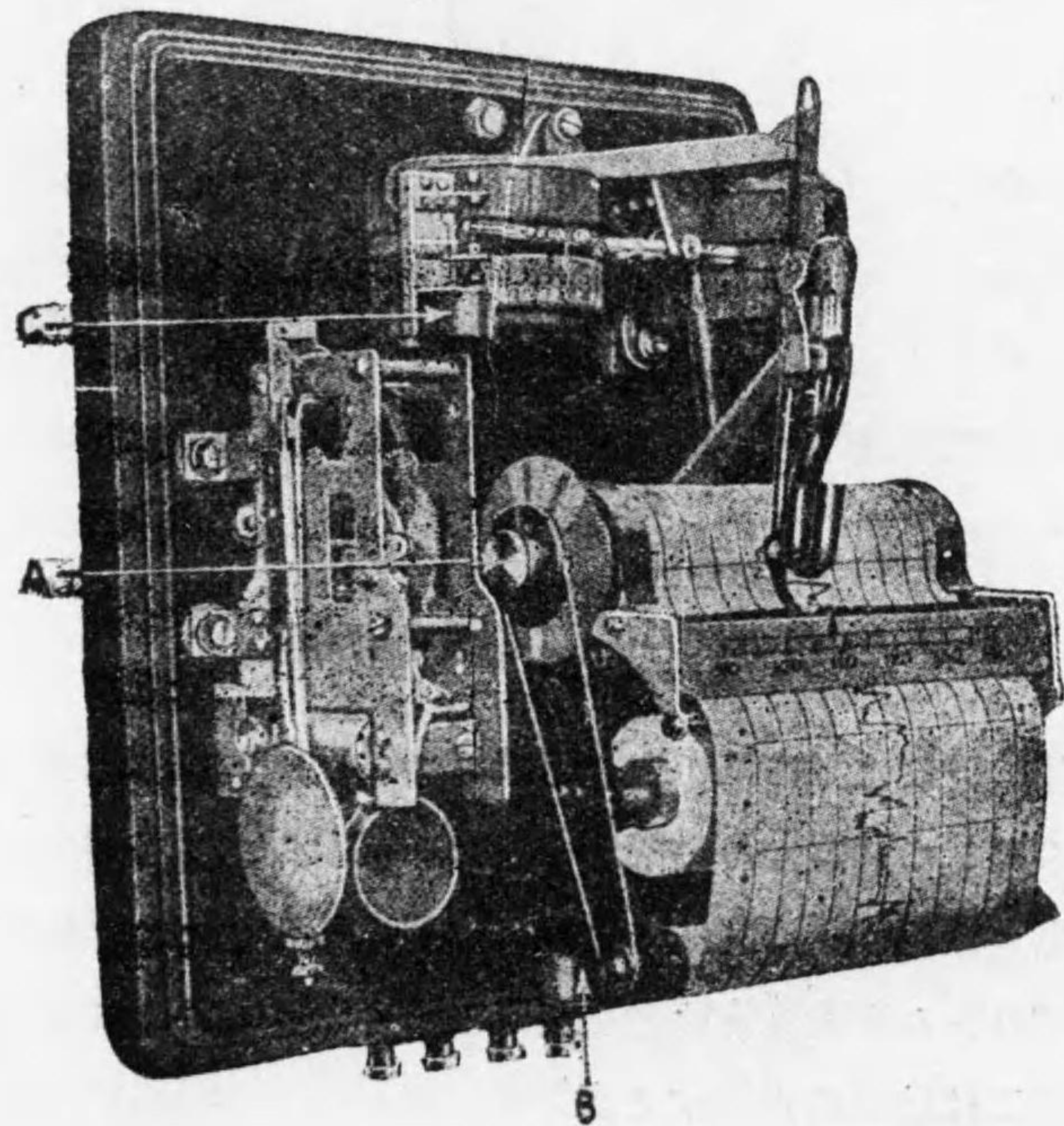
此の型の計器は前に挙げたる記録計器の缺點を幾分除去し得たるものにして計器の可動部分は單に一個の接觸點を働かしむるに止まり補助回路は之れによりて勵磁せられペンを動かすものなればペンの摩擦も或は之を動かすに要する力の大なるも計器の誤差又は感度に影響する處尠し。

今ウェスチングハウス社製のものにつきて述べんに電圧計、交流電流計及周波計はケルビン衝の原理を用ひたるもの又力率計は誘導型を用ひたるものにして直流電流計には耐久磁石を以て固定線輪に代へ且つ外部磁場の影響を恐れ無定位に捲ける二個の線輪と並に二個の耐久磁石を備ふ。

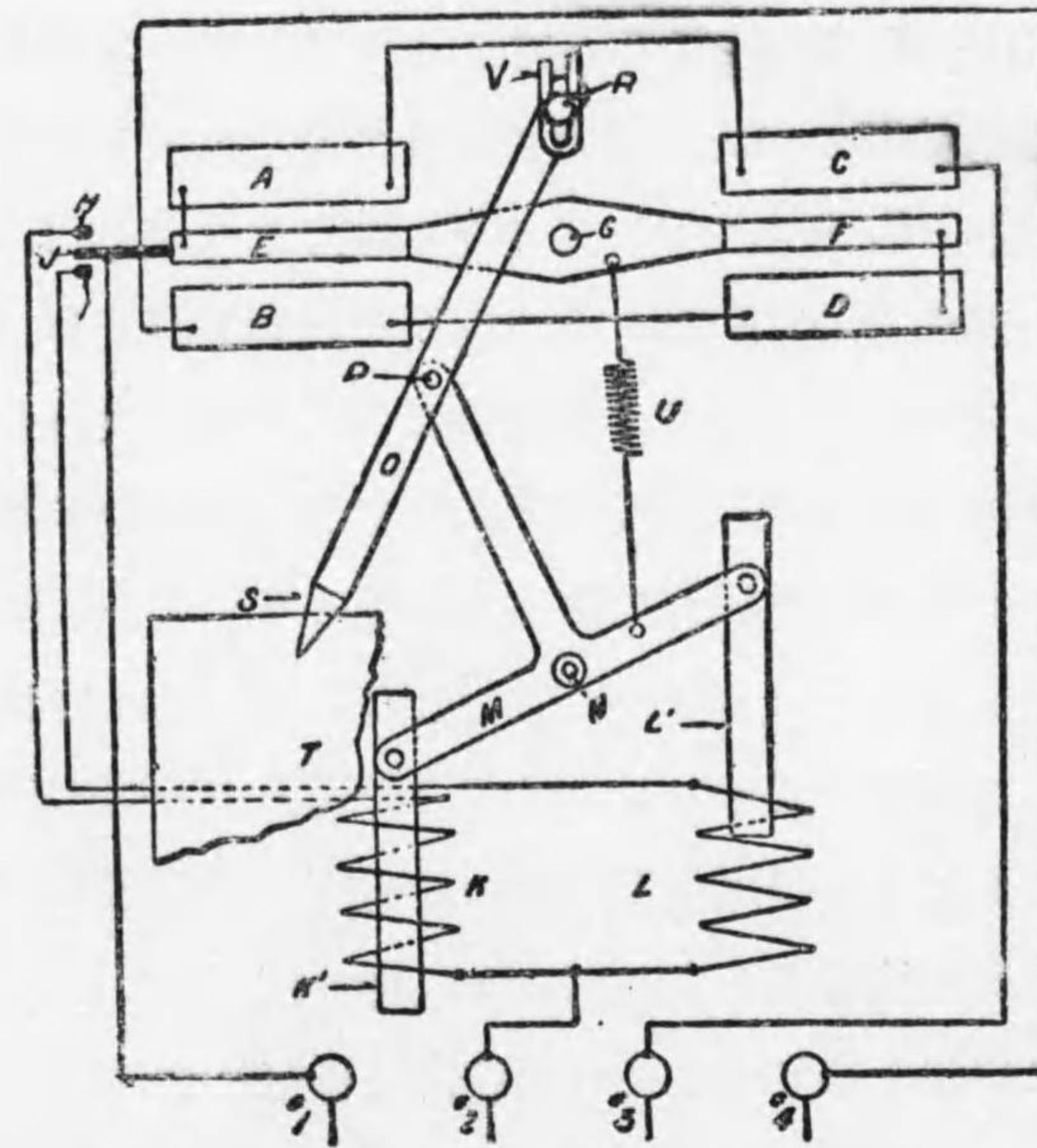
第七十九圖は此の型の電圧計にして第八十圖はその動作原理を示す。

今計器の構造を略説せんに ABCD は四個の固定線輪にして EF なる可動線輪と相俟ちてケルビン衝を形成す。E の一端に

第七十九圖



第八十圖



は J なるリレー接點あり。HI なる固定接點の中間に位し記録装置ソレノイド回路の勵磁を支配す。ソレノイド K 及 L 中にある軟鐵心 K'L' は N を廻轉軸とする T 字桿 M の兩端に垂下し桿の他端は P 點にてペンの腕 O に止める。此の腕 O は一端にペン S を有し他端は R なるピンによりて溝 V 中のを自由に滑り得べく U はスプリングにして可動片の片側と T 字桿の一方とを接続して張らる。

ソレノイド K, L の一端は各々 HI なるリレー接點に結ばれ他端は共に端子 #2 に接続せらる。又 J なる可動接點は端子

#1 に結ばるゝ事圖に示す如し。ケルビン衡の各コイルを直列にせる端は端子 #3 #4 に止めらる。

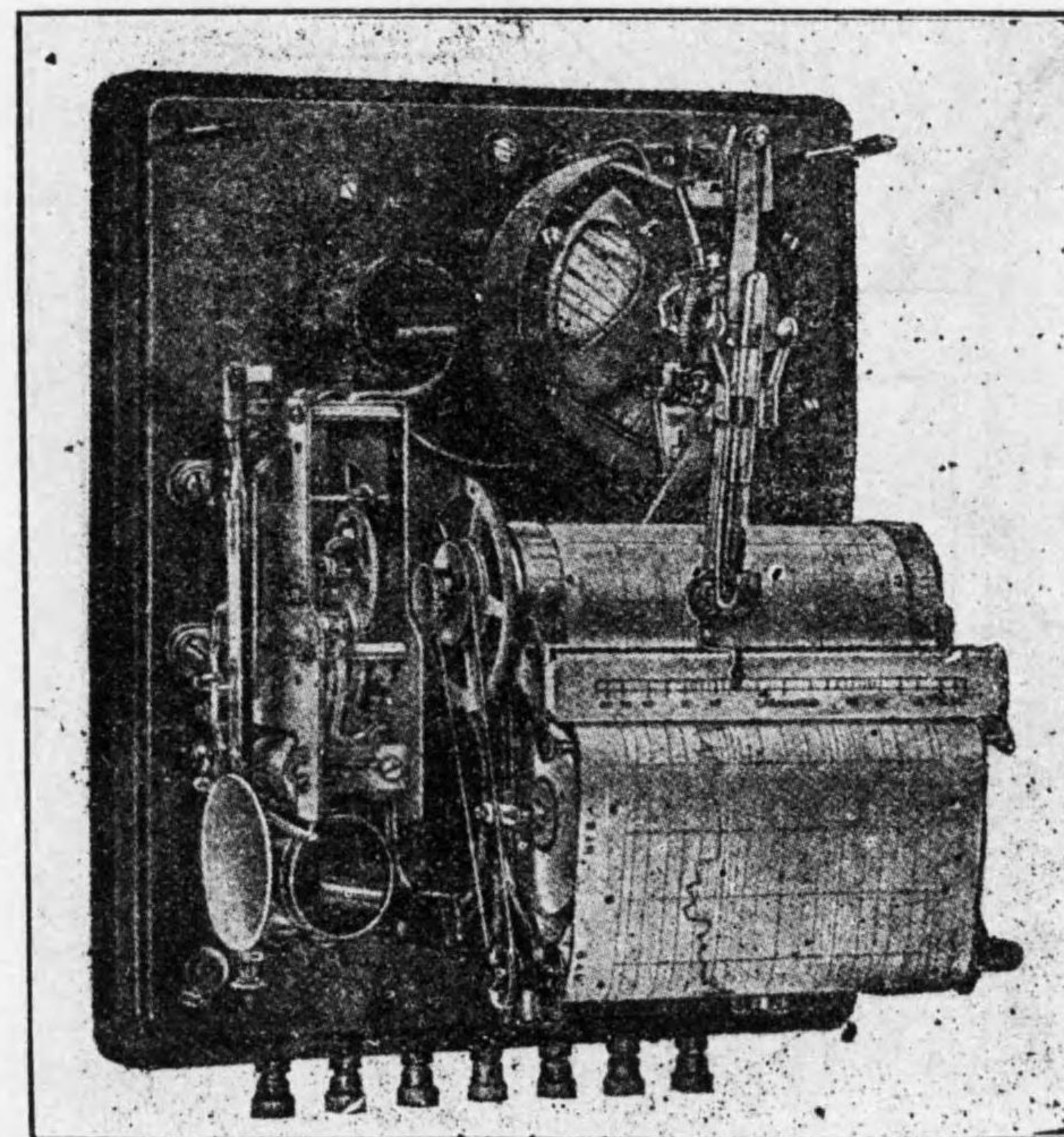
扱て今端子 #3 及 #4 を測定せんとする回路に接続せばケルビン衡は各線輪間の引力及斥力によりて左端が下りリレーの J は I と接続し L なるソレノイドを勵磁する故鐵心 L' を吸引す依て T 字桿 M は N 點を中心として廻轉を始め従つてペン S は紙面を右へ水平に動く。<sup>(1)</sup> 然るに L' が吸引されて M 桿の右端が下降するや U なるスプリングの張力は次第に加はり従てケルビン衡の可動線輪を水平の位置に戻さんとし遂に JI 間の接觸を放しソレノイドの勵磁を止む。然るに記録装置の各部は精巧なる調整によりソレノイドの吸引力止む時は如何なる位置に於ても完全に平衡を保つ様の構造なれば電壓に變化なき限りペンは此の位置に止まり紙のみは時計仕掛によりて送られチャートに縦線を印すべし(此の時計は電氣にて捲く構造のものなり)。更に電壓増加し JI 間の接觸生ずるや前記の働作を繰り返しペンを右に動かし電壓増加の記録を與へ V の張力がバランスの廻轉力と平衡する點に至り JI の接觸を絶ちペンは此の位置に靜止す。又反對に電壓減少するやバランスの出す廻轉力は U なるスプリングの張力に及ばざる爲め J は上方の接觸片 H と接し K なるソレノイドを勵磁す。依て T 字桿 M の左端は吸引せられ次第に降下しペンは左に戻り同時に U なるスプリングの張力減じ遂にバランスの廻轉と平衡するや J

註 (1) ペンの移動が全く水平なる爲めには所謂直線運動をなさざるべからず而して PN = PR = PS なる時此の運動を生ずべし

は H を離れ K の勵磁止む。斯くの如く電壓の増減は直ちにリレーに働らきソレノイドの吸引力によりペンを左右に移動せしめ以て完全に記録す。

本計器のダンピングはケルビン衡の可動部分とソレノイド内の鐵心とに施こせるダッシュポット及ピストン (dash pot and piston) による。尤もダムピングの程度は電壓變動の緩急によりて種々異なるを必要とすればダッシュポット内の油の濃度及ピストン間隙の調度によりて任意の度合に調整す。普通紙面全體をペンの動くに要する時間が 10 秒乃至 15 秒なるを適度と

第八十一圖



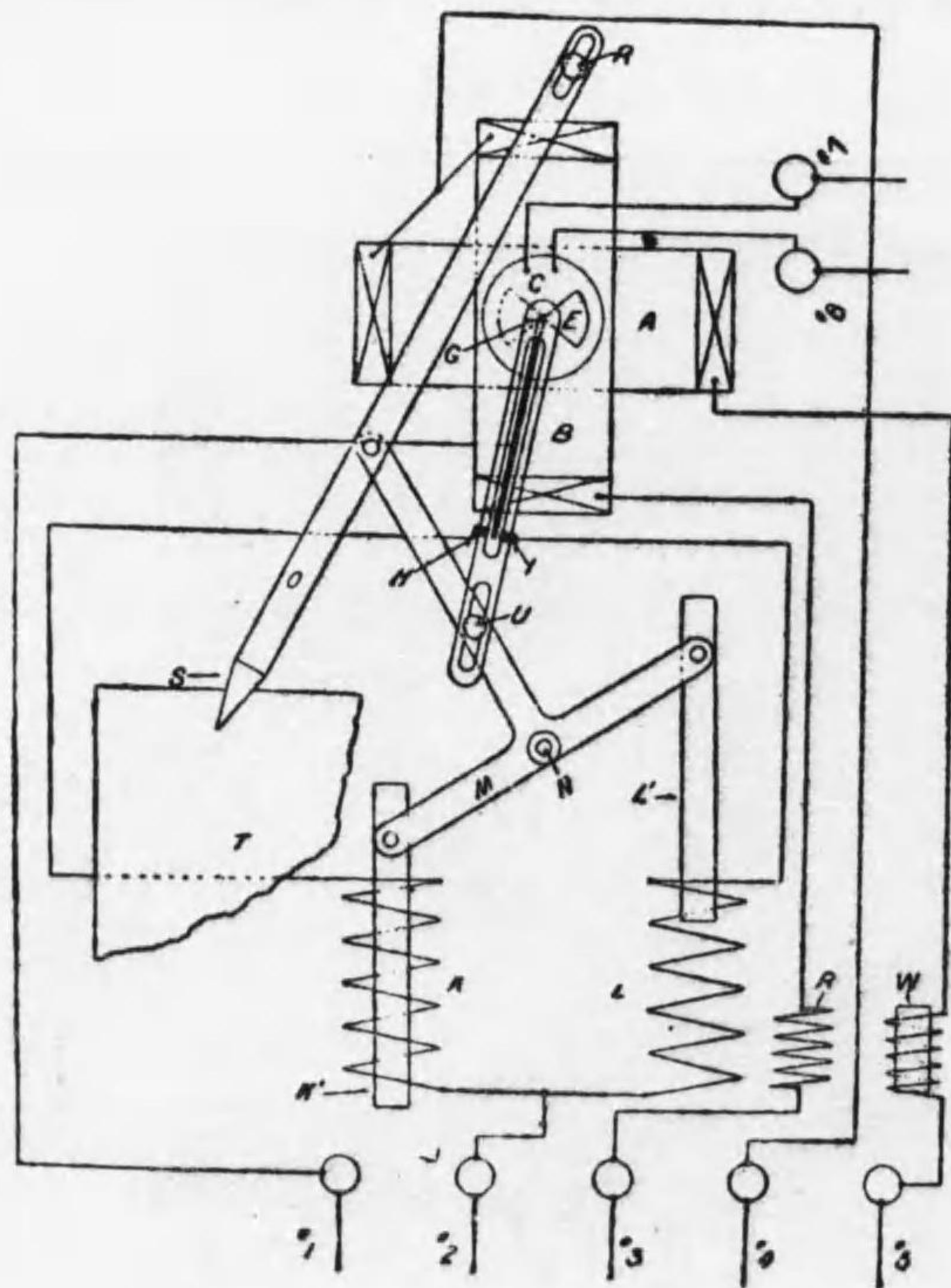
す。第七十九圖の B 及び C は此のダッシュポットなり。

又本計器の感度は固定せるリレー接觸片間の距離を加減して變化し得べし。

此の記録電壓計と同様の装置を用ひ電流計、電力計、周波計等を製作し得るは前に述べたるが如し。

リレー型記録力率計は前記のものと稍異なる構造を有し極めて興味あるものなりとす。第八十一圖はその外形第八十二圖

第八十二圖



はその動作原理を示す。此の計器の記録装置は前記電圧計と同様にして説くの要なし。又計器の主要部は誘導型指示力率計(第64頁参照)を其儘用ひたるものなれば本計器を用ひてソレノイドを如何に動かすかにあり。

第八十二圖に於てアーメチュア G 軸に取付けられたる輕き腕 J は O' なる腕上に固定せる二個のリレー接觸點 H I の間を動き得べく此の J なる腕は指示計器に於ける指針に相當するものなり。今荷重の力率が或る値に定まる時は J は其の値に相當する位置を指示せんとし I なる接觸片と相接す従つてソレノイド L を勵磁し T 字桿 M によりペンを右方へ動かし同時に腕 O' は M 上のペン U に引かれ右に移り遂に J の廻轉力零となれる時 J 上の接觸絶つ。

## 第七章 積算電量計 (Ampere-Hour Meters)

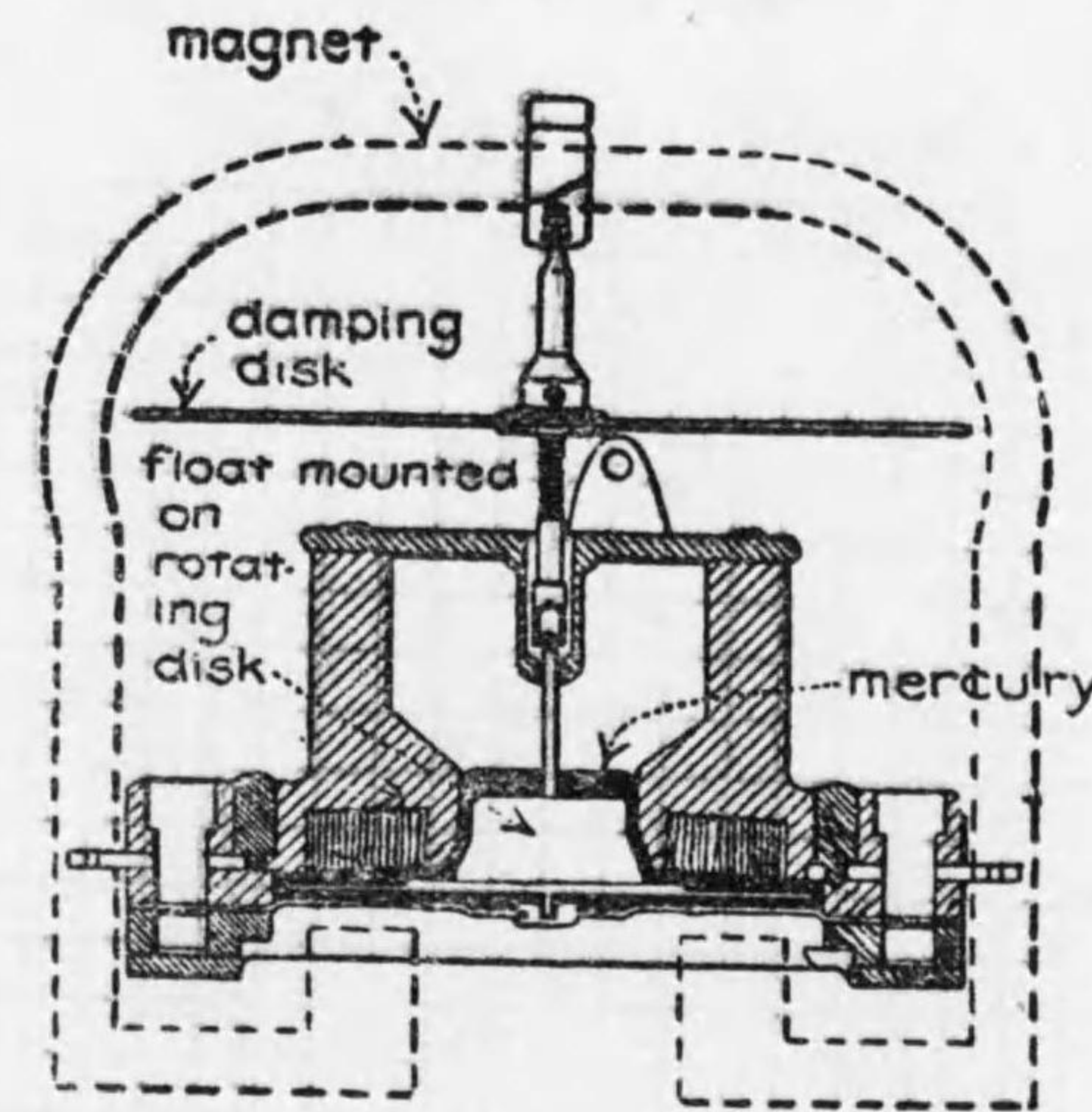
### 第一節 總 說

電氣分解又は蓄電池の充電等に際しては一定時間に通じたる電流の總量を知るの必要屢々起るものなり。電量の單位は第一章に述べたる如く 1 アムペアの電流が 1 秒間通じたる場合の量にて表はし之を 1 クーロム (Coulomb) と稱す。従つて 1 アムペアの不變電流が一時間通じたる場合には 3600 クーロムの電量となるべし。然るにクーロムは實用單位としては餘りに小さ過ぎれば前述の 3600 クーロムを以て之に代へ稱して 1 アムペア時となす。されば電量計は又アムペア時計 (Ampere Hour meter) 又はクーロム計 (Coulomb meter) ともいふ。その動作原理によりて (1) 電磁式 (2) 電解式の二種に分たる以下略述せん。

### 第二節 電磁式電量計 (Electromagnetic ampere hour meter)

電磁式電量計は第八十三圖に示す如く耐久磁石の磁場中にある廻轉圓板に直流を通じ依つて生ずる廻轉力を別に廻轉軸上に取り付けられたる圓板に起る渦流によりて平衡せしめ。廻轉圓板

第八十三圖



は水銀中に沈められ電流はその端へ通ぜらる。耐久磁石の磁場はその強さ一定なるにより圓板に起る廻轉力は正しく負荷電流に比例す。第八十四圖は負荷特性曲線にしてその直線ならざるは輕負荷にて摩擦の影響あると重負荷にては圓板を通る電流が耐久磁石を Demagnetize することによる。

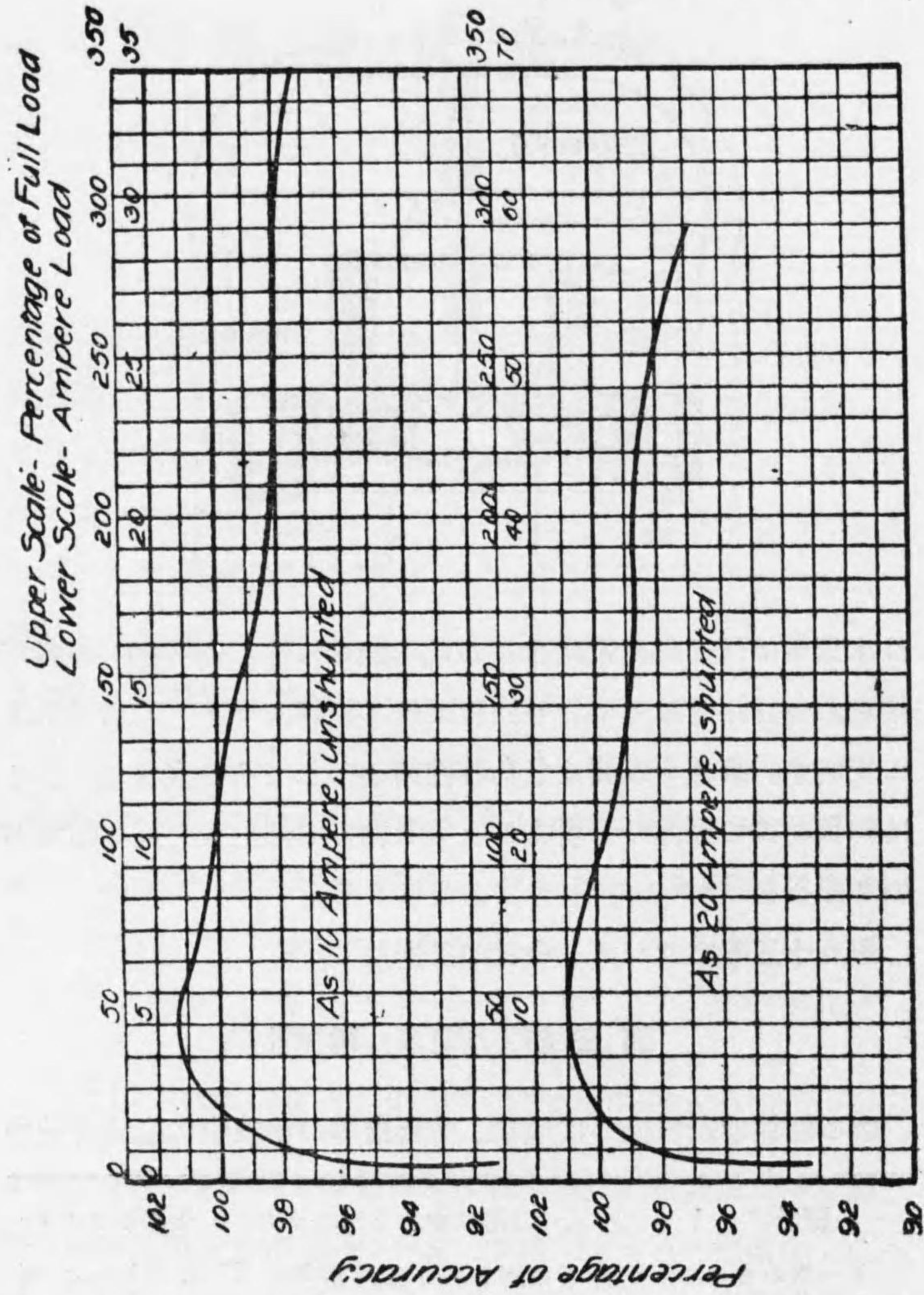
第八十五圖はサンガモ會社の計器なり。(1)

### 第三節 電解式電量計

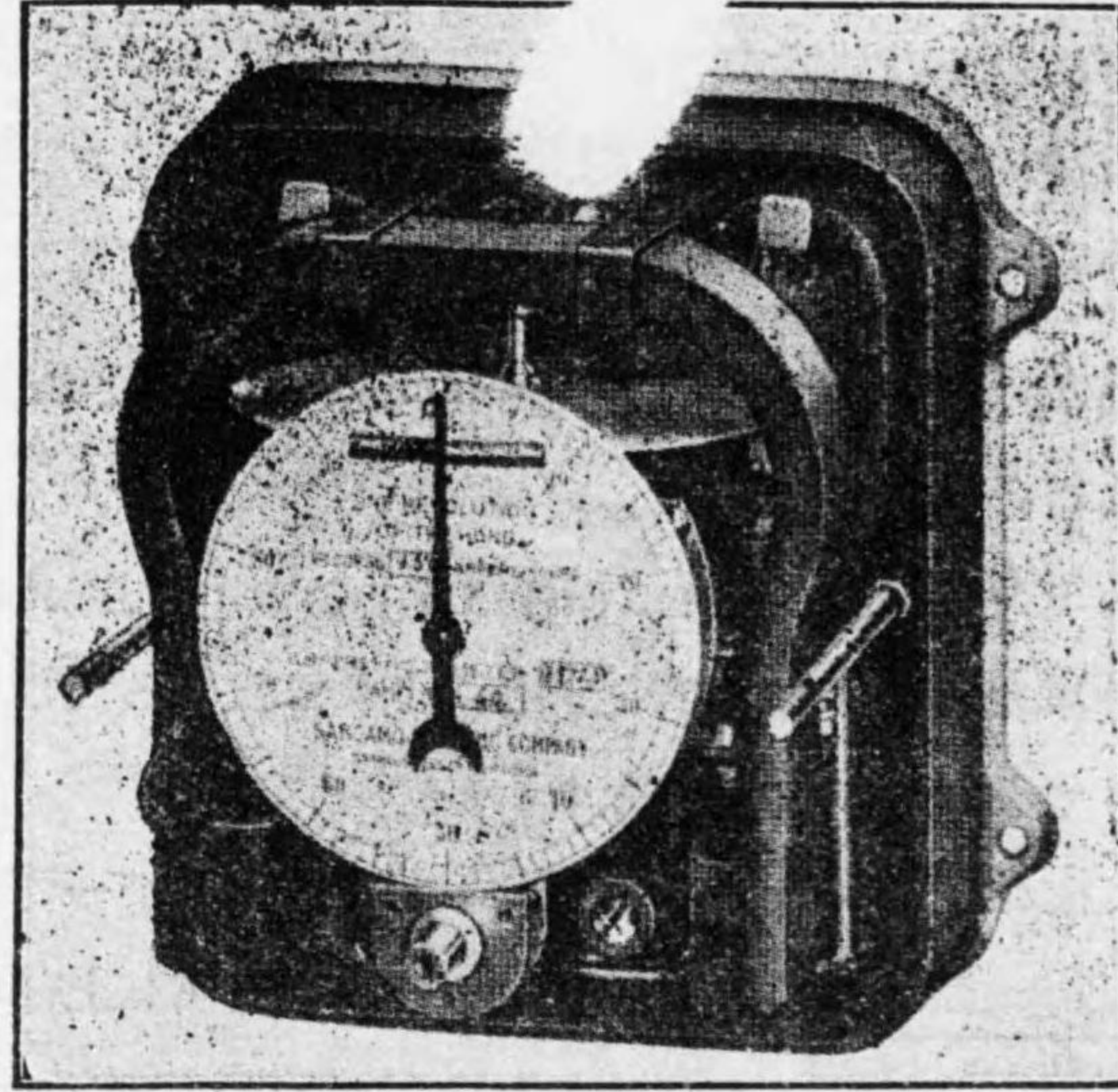
ある種類の液體例へば酸類、金屬鹽等の溶液中に直流を通ず

譯者曰 (1) 此の式の計器は水銀を用ふるもの、外ダイナモメーター型のものあれど著者は記さざる也。詳細は H.G. Salomon 著 Electricity meters 1906 年版 P.P. 43-57 を参照せられよ。

第八十四圖



第八十五圖



れば必ず化学的分解を起すを見る此の分解せる溶液の量と之に通じたる電流の量との関係はファラデーの法則 (Faraday's Law) によりて表はされ大體次の如し。

- (1) 分解されたる溶液の量は之に通じたる電氣量に比例す。
- (2) 一定の電量によりて分解せらるゝ物質の量は各々その化学當量に比例す。

電解式電量計は此の法則を應用せるものにして金屬鹽を用ふるエヂソン型及び酸を用ふるバスチャン型の二つを擧げて説明すべし。

エヂソン電解式電量計 (Edison electrolytic ampere hour meter) は硫酸亞鉛 (zinc sulphate) の溶液中に二枚の亞鉛板を入れたるものにして一定期間に通じたる電氣量を測

るにはアノード (anode) を精密に秤量しその失へる重量により算定す。

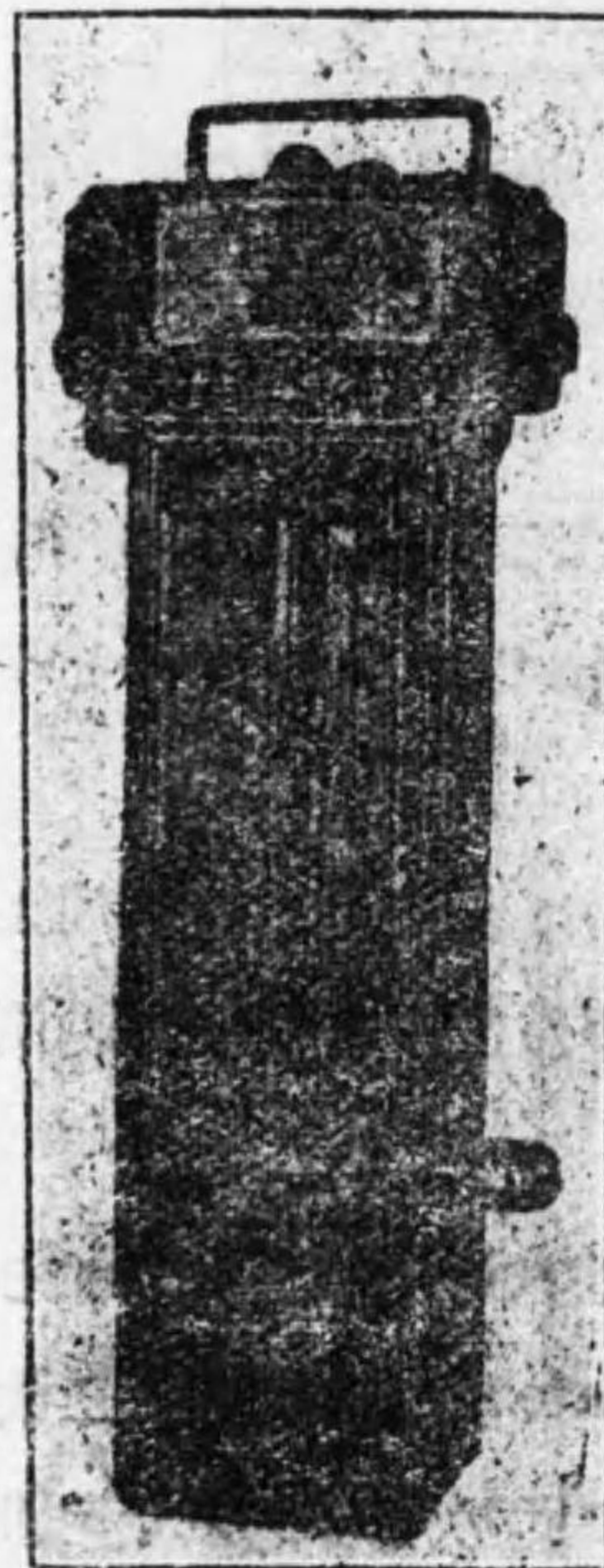
此の計器は極板の面積に限度あれば普通シャントを用ひ約  $\frac{1}{1000}$  の電流を通ずる故確度自ら低きを免れず。

又輕負荷に於ては分極作用 (polarization) による誤差亦著しきは本器の缺點なり。

バスチャン電量計 (Bastian ampere hour meter) は最も簡單なる型にして水の分解によりて生ずる瓦斯を計量し之によりて電量を知る原理なり。

舊型にては上端開きたる長き硝子管の内徑略ぼ一樣なるもの

第八十六圖



に酸を混入せる水を充填し上部にはその蒸發を防ぐ爲パラフィン油を入れたり。管の下端には白金板の兩電極あり電線はゴム管によりて之に導かる硝子管の前面には目盛板を有する事寒暖計に於けるが如し。

電流通じ水の分解せらるゝや瓦斯は上端より大氣中に逸散し油の面は次第に降下すれば電量は直接目盛に表はるゝ也。此の際分解せらるゝものは水のみなれば電量を讀みて指示を零位に復すには唯水を補充せば足る。

斯くの如く本器は、(1) 構造甚だ簡單

にして、(2) 價格も低廉に且つ、(3) 取扱適當なれば調子の變化する事なき等の利益あれど又一方には次の如き缺點あり。

(1) 電壓降下大にして、(2) 水を補充するの手數を要し、(3) 長く放置すれば全く記録を消滅すべく、(4) 確度亦甚だ大ならず。

近來は白金の電極をニツケルにて置換し之を作用せざるアルカリ溶液を用ひて水に代へたり。蓋しかくせば價格を高めずして電極を擴大し依て電壓降下を著しく減少し得れば也。第八十六圖に示せるは本器の一つなり。

## 第八章 積算電力計 (Watt-Hour Meters)

### 第一節 總 說

前章に記せる電量計は電流と時間との相乗積を刻々積算し行くものなりしも本章に説かんとする積算電力計は電力と時間との相乗を積算するものにして前者に電圧要素を加へたるものなり。在來往々レコーディング・ワットメーター (recording wattmeter) 又は單にワットメーター (wattmeter) 等の名稱を此の計器に用ひたる者尠ならず。その餘弊は尙ほ現今に及びて積算電力計と記録電力計又は指示電力計とを混同し易きは遺憾の事なり。

現今用ひらるゝ積算電力計は大體次の三種に分たる。

- (1) ダイナモメーター型 (交直兩用)
- (2) 水銀型 (直流専用又は交流専用)
- (3) 誘導型 (交流専用)

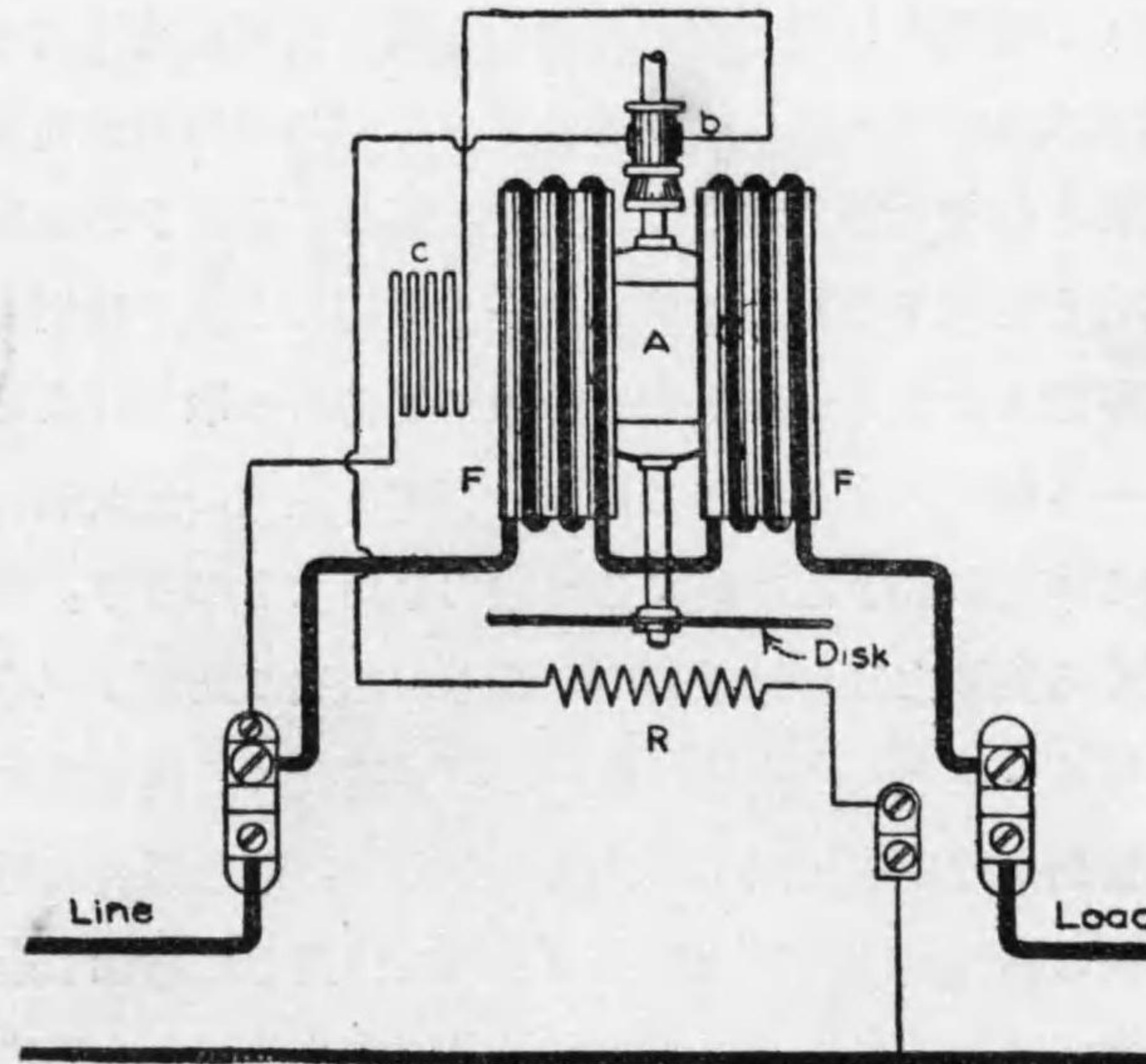
### 第二節 ダイナモメーター型積算電力計

ダイナモメーター型の積算電力計は同型の指示電力計と同じく固定せる線輪の作る磁場中に可動線輪あり前者へは荷重電流の全部若しくは一部を通じ後者には荷重電壓に比例する電流を

通す。

第八十七圖に於ける FF は固定線輪にして荷重電流を通じ A は可動線輪にして細き電線にて捲ける數多のコイルより成り抵抗 R 及び補整線輪 C を通じ荷重と並列に接続さる。補整線輪の作用は後に説明せん。即ちダイナモメーター型積算電力

第八十七圖



計が同型の指示電力計と相違する點は前者の可動線輪が自由に廻轉し得るに反し後者のそれはスプリングに制禦せられて一定角度を動き得るのみ。此の可動線輪の廻轉し得るは線輪を形成する數多のコイルの各端を廻轉軸上に取付けたる整流子へ接続しその兩側に當てたる刷子によりて線輪へ電流を通ずるによるものにして此の型の計器を一名整流子型積算電力計といふは此

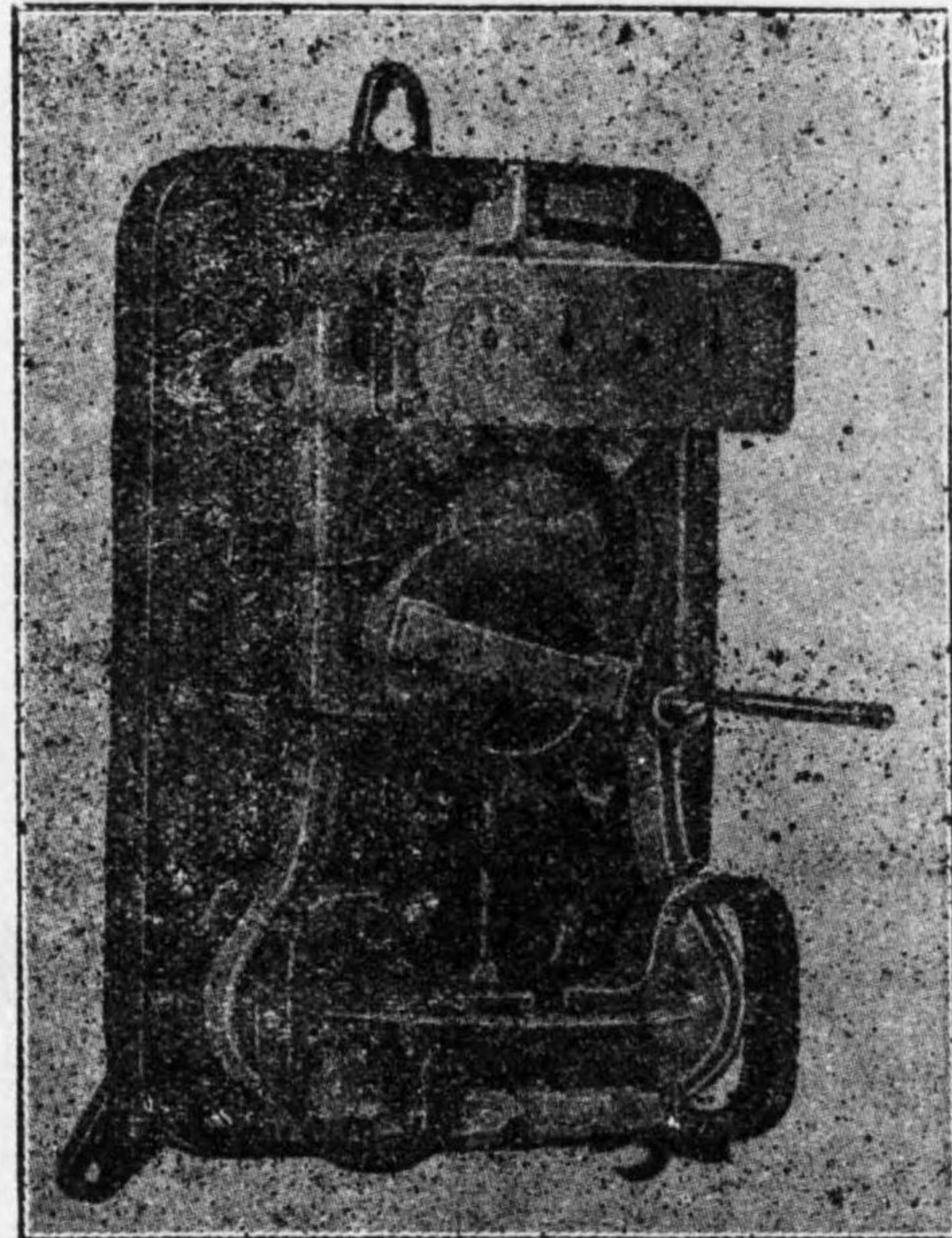




ーム又はピニオンにより積算装置に傳達せられ直接電力量を示す。

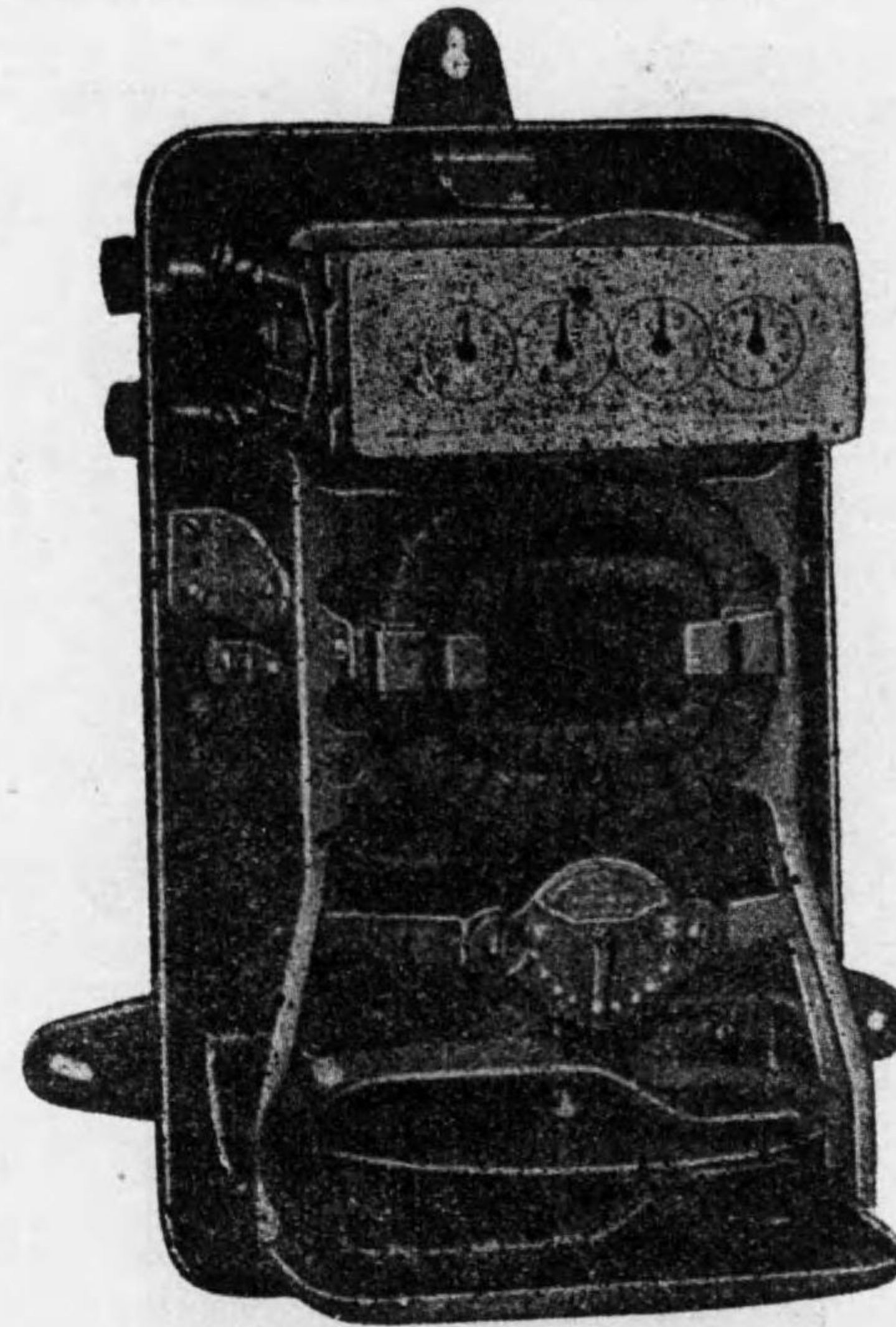
第八十八圖はウエスチングハウス、第八十九圖はゼネラル、第九十圖はダンカン、第九十一圖はコロンビア會社の計器にしし上に説述せる装置の概要は之れ等の圖によりて明瞭なるべし。

第八十九圖



コロンビア會社には此外鐵心を有するものあり。其の構造の著しき相違は可動線輪なりとす。即ち第九十二圖に示す如き二枚のアルミニウム圓板の間にありて軸と平行に且つ之と密接して配置せる六個の圓筒狀線輪より成り各線輪の心にはシリコ

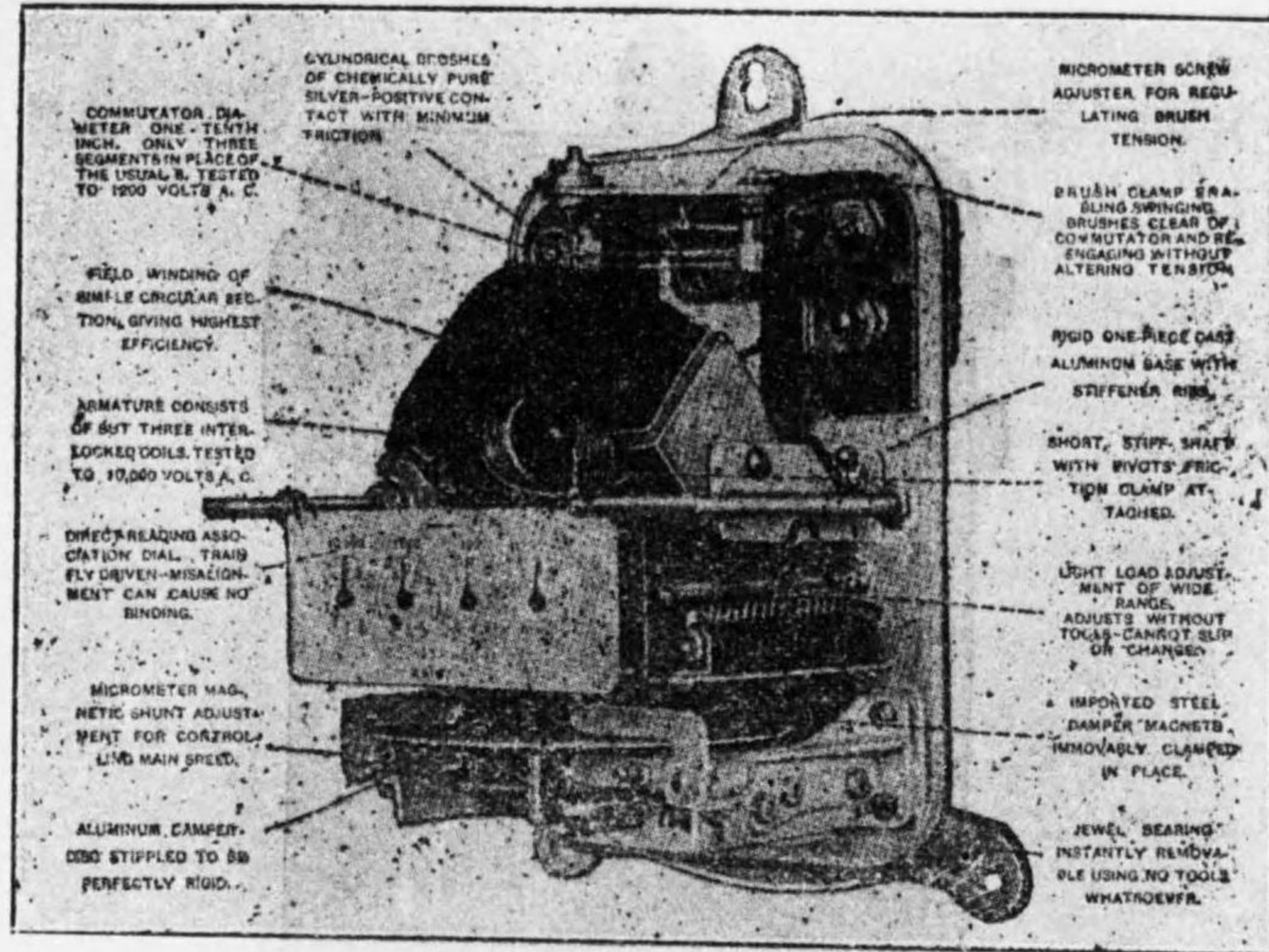
第九十圖



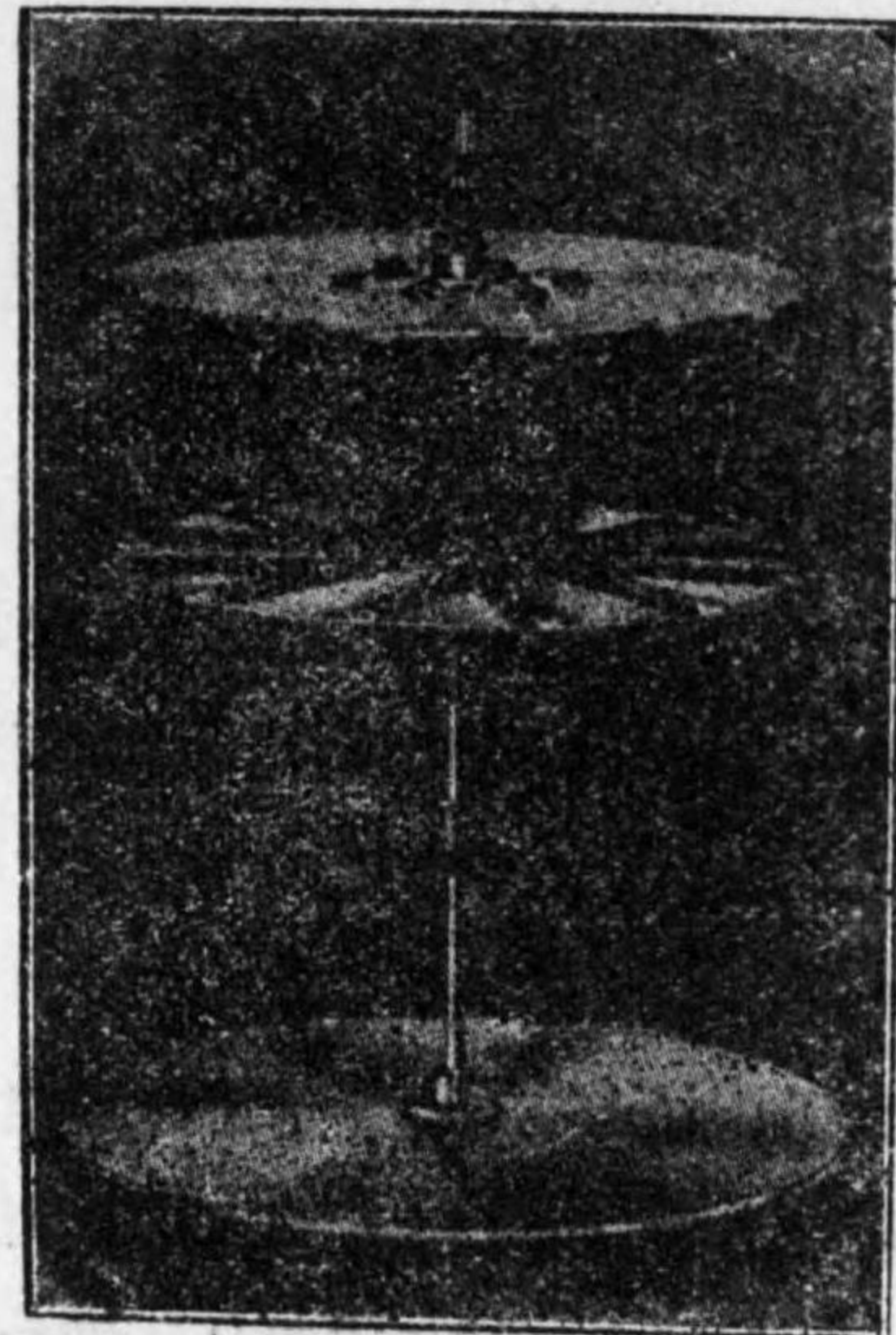
ン鋼片あり其の兩端は上圓板の下縁に又下圓板の上縁に沿ひて放射狀に突出す。その突出端を二枚に割りたるは磁力線の配付を均等にせん爲めに外ならず。電流線輪は巢定位に捲かれたる四個の線輪よりなり外部より來る磁場の影響を防げり。其の他の各装置は第九十三圖に見るが如し。

此の型の計器は總て電流線輪の容量を 5 amp. とし以上の容量にはシャントを用ふ蓋し可動線輪内に鐵を用ひたれば電流線輪のアムペアターンを極度に減じ得たれば従つて同線輪の電壓

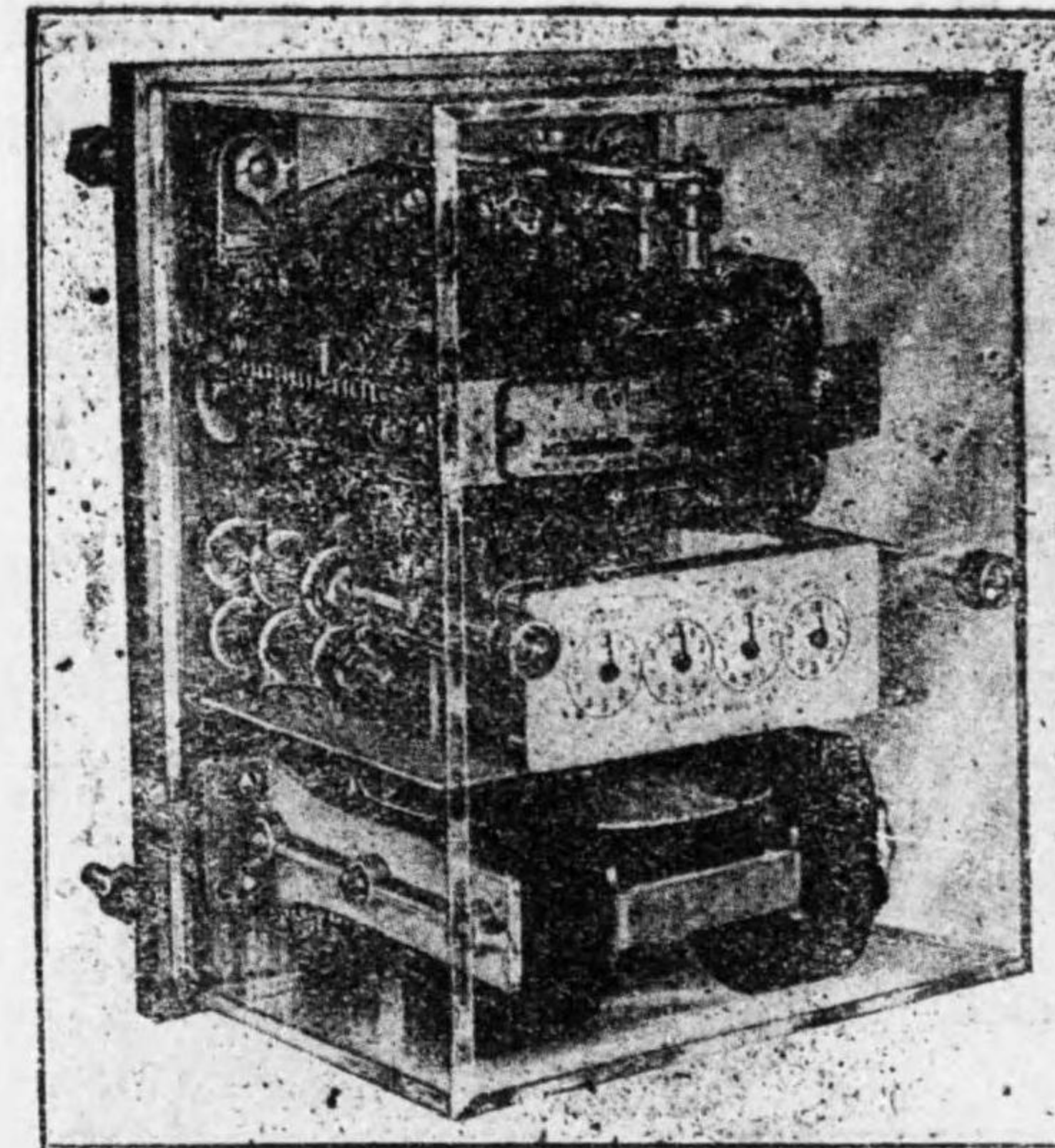
第九十一圖



第九十二圖



第九十三圖



降下も亦僅少にて足るに據りて也。此の事他の計器に卓越せる點なりとす。

今之れ等の計器の構造上特に肝要なる點二三につきて細論せんに

(A) 輕負荷調整 計器は如何に丁寧に製作するとも完全に摩擦を除去し得べからず、従つて之を動かすに幾分のエネルギーを要するは明らかなり、依て此の摩擦と相殺する廻轉力を有せざる計器は輕負荷に於ては全く廻轉せざるに至るべし殊に金屬鐵條電燈球を使用する場合には輕負荷の程度甚だしければ一層此の調整を必要とす、普通 5% 負荷にて +10% 迄調整し得る様に設計せられ若し摩擦が此の限度を超ゆる時は之を發見除去すべきなり。

輕負荷調整の廻轉力は廻轉線輪と直列せる一つの線輪を電流線輪と平行に置いて得らる。而して此の廻轉力は該線輪と廻轉線輪とを接近し又は離隔して増減し得べし、若しくは該線輪の捲數を變じても同様の目的を達し得べし。

ゼネラル及ウエスチングハウス電氣會社にては前法を採しダンカン會社コロンビヤ會社等にては後法を用ふ。第九十四圖は

第九十四圖

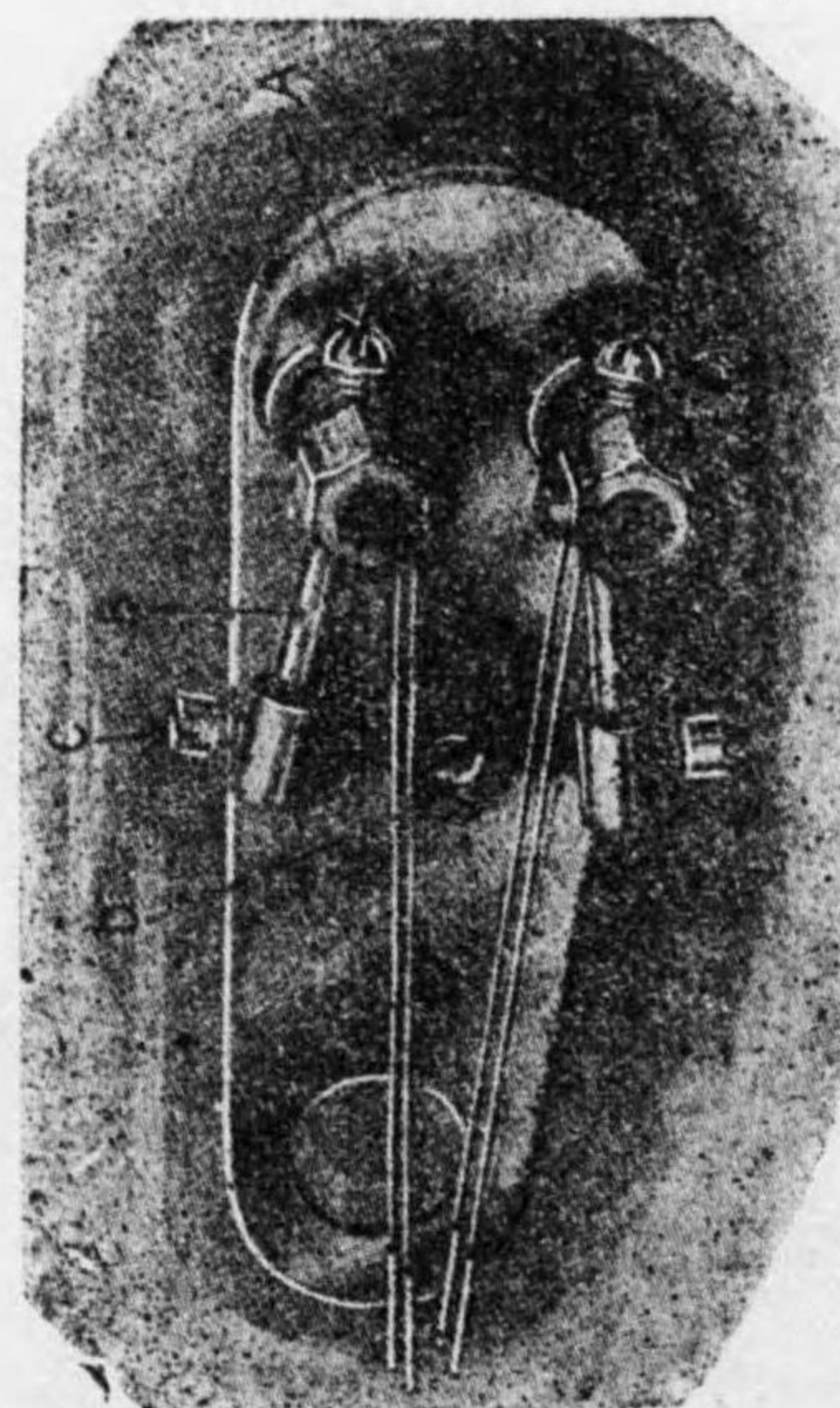


ダンカン會社の輕負荷調整装置にして、一個の接觸片を左右に動かし適當の廻轉力を得る構造なり。

(B) クリーピング 輕負荷調整度を失すれば圓板は荷重なきに廻轉するを見る、之れをクリーピングといふ。クリーピングは輕き震動及び電壓高きに過ぐる場合等に起る、蓋し輕き震動は軸受の摩擦を著しく減少し又高き電壓は廻轉力をその自乗に比例して増大するが故なり。

(C) 刷子 整流子型計器の缺點は主として(1) 刷子の摩擦(2) 刷子面の油又は塵埃及び不適當なる位置にある爲めに發生する火花(3) 整流子を用ふる爲め廻轉部重量の加はれる等にして之れ等は全然除去するを得ざるも適當なる設計によりて充分輕減し得べし。

第九十五圖



刷子の軸は磷青銅線又は片を用ひ整流子と接する部分に棒狀の銀片を付するは摩擦を減少するに基く。刷子の壓力は重錘又は發條を用ひ第九十五圖にほ前者の一例を示せり。

(D) 整流子 摩擦力を減少するには整流子の徑を少にせざるべからず。110V—220V 用計器にて最も小なるもの約  $\frac{1}{16}$  吋なれど之れより高き電壓は絶縁の爲めその徑次第に増大するは明らかなり。整流子は普通軸上

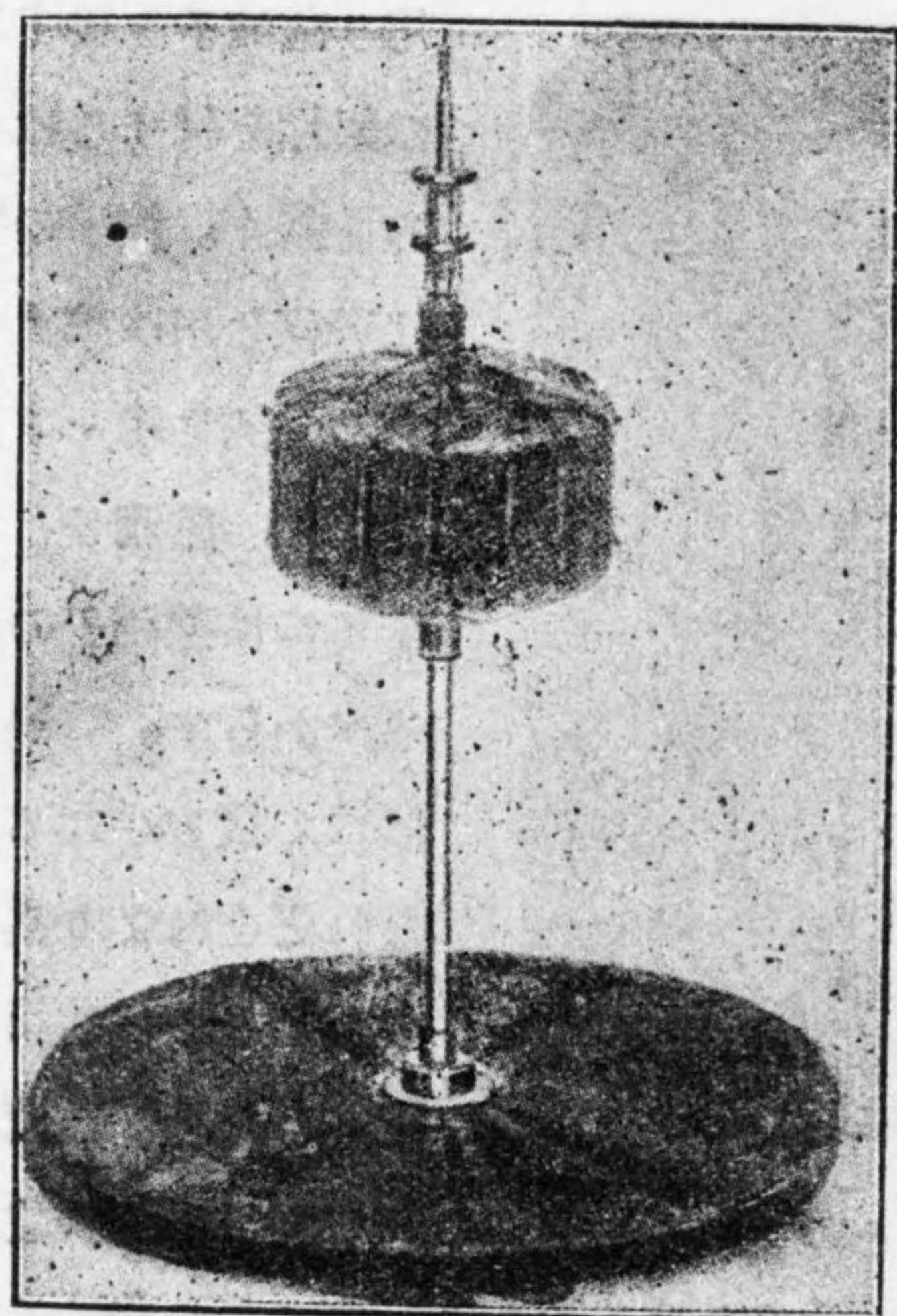
にファイバーのブツシュを用ひ銀管を嵌入し後之を鋸にて數多のセグメントに割れるものなり。割りたる後は適當の環を用ひセグメントを軸上に固定す。

銀を用ふるは容易に酸化せざる金屬中最も廉價なれば也。ダンカン會社の Shunted type には金を用ふ。

(E) 回轉子 鐵を有する計器の廻轉子につきては既に述べ

たり。鐵を有せざる型のは球狀及圓筒狀の二様なり前者は構造 compact ならば磁氣洩洩少なく従て廻轉力を増加す、換言すれば一定の重量及び電氣損に對し廻轉力は強大なり。又筒狀のものは修理容易なるを特色とす。第九十六圖は圓筒狀廻轉子を示す。

第九十六圖



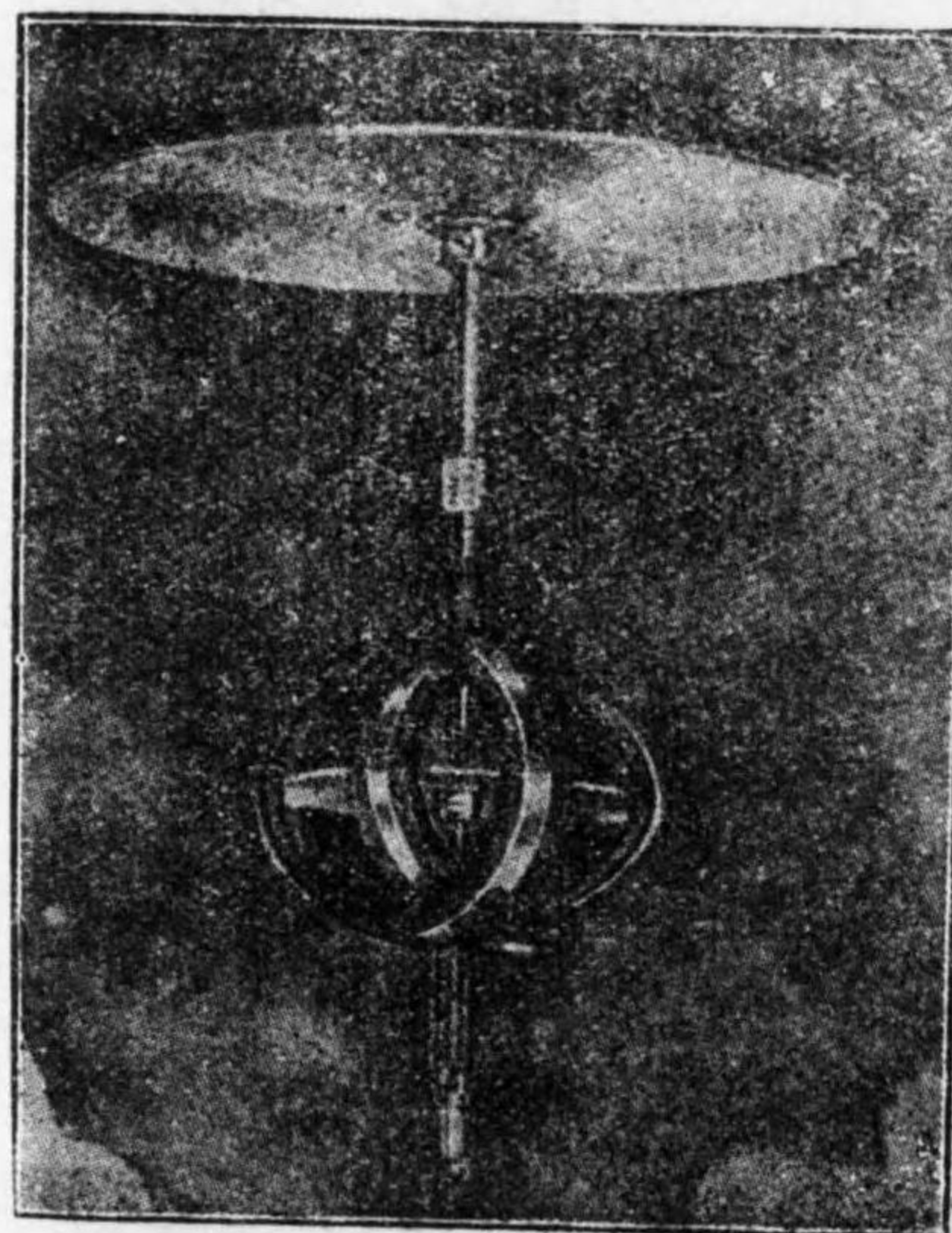
之等の二種の廻轉子は孰れもドラム・ワインデング (drum winding) にして球狀のものは軸に固着せる輕きファイバーの shell 上に捲きコイルは shell の溝中に嵌り、圓筒狀のものは二枚の輕きスパイダー上に捲かる、故輕くして且つ通氣自

在なり。

廻轉子の線輪は切れざる限りの細き純銅の線を用ひ普通 B.S. #40 番より大ならず。

110-22) volt 用廻轉子は普通各 1000 回より成る八個の線輪を用ひ同數のセグメントに夫れ々々接続す。コロンビヤ會社のものは第九十七圖に示す如く唯三個のコイルありて三個のセ

第九十七圖



グメントに接続せらる。220 volt 以上のものには十六個の線輪及びセグメントを用ふるはセグメント間の電壓を減少する爲めなり。

廻轉子の電流は直列抵抗の加減により計器の電壓容量に關せず一定なり。

(F) 軸受 計器は摩擦を極度に減少する必要

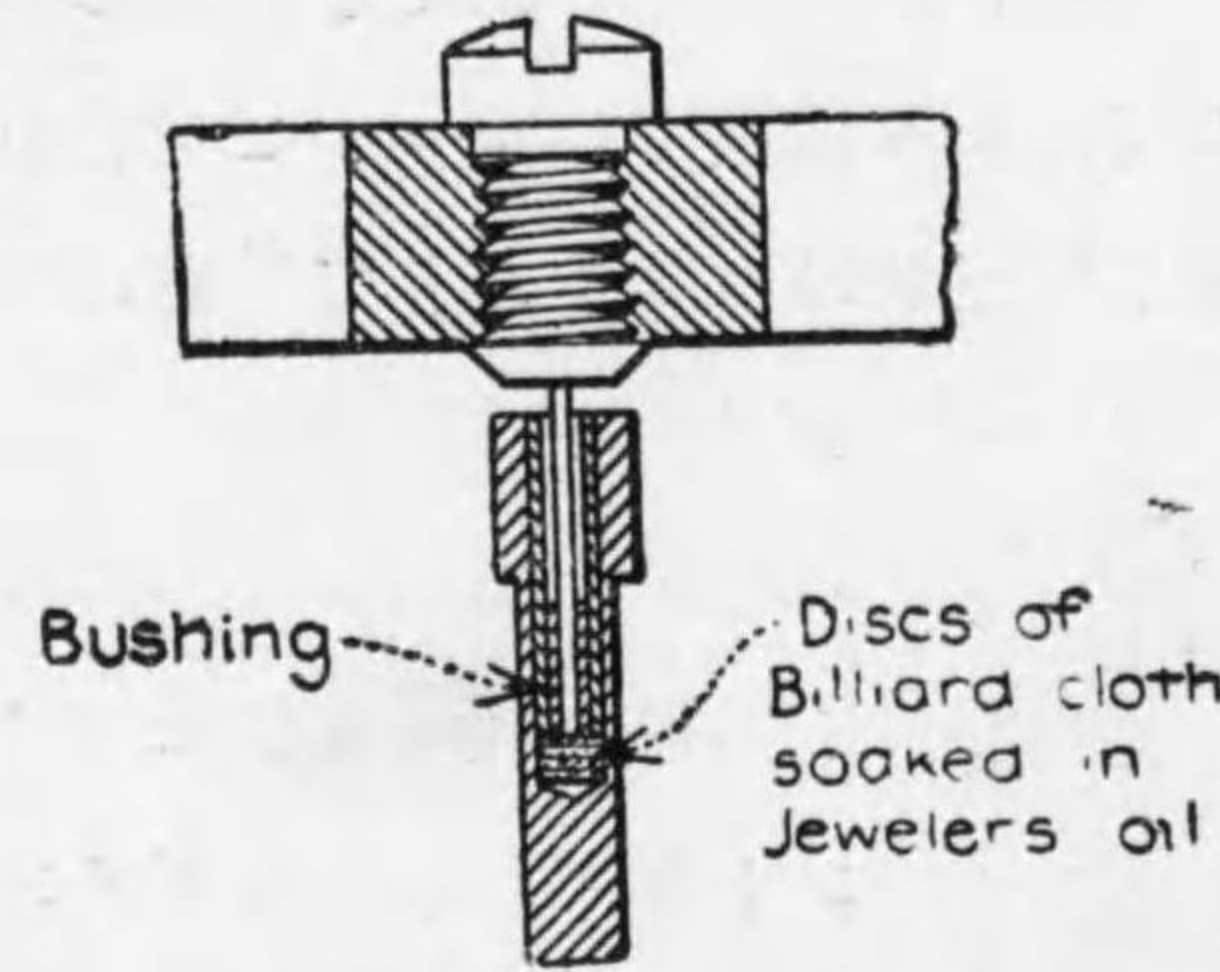
あればその軸受の設計は極めて重要なる問題なり。

上軸受 (top bearing) の作用は單に廻轉子を中心に支持するにあり。第九十八圖はその一種にして軸の上端は穿孔してブッシュを入れその孔の底には上等の時計油を浸せる billiard cloth を充填せり。

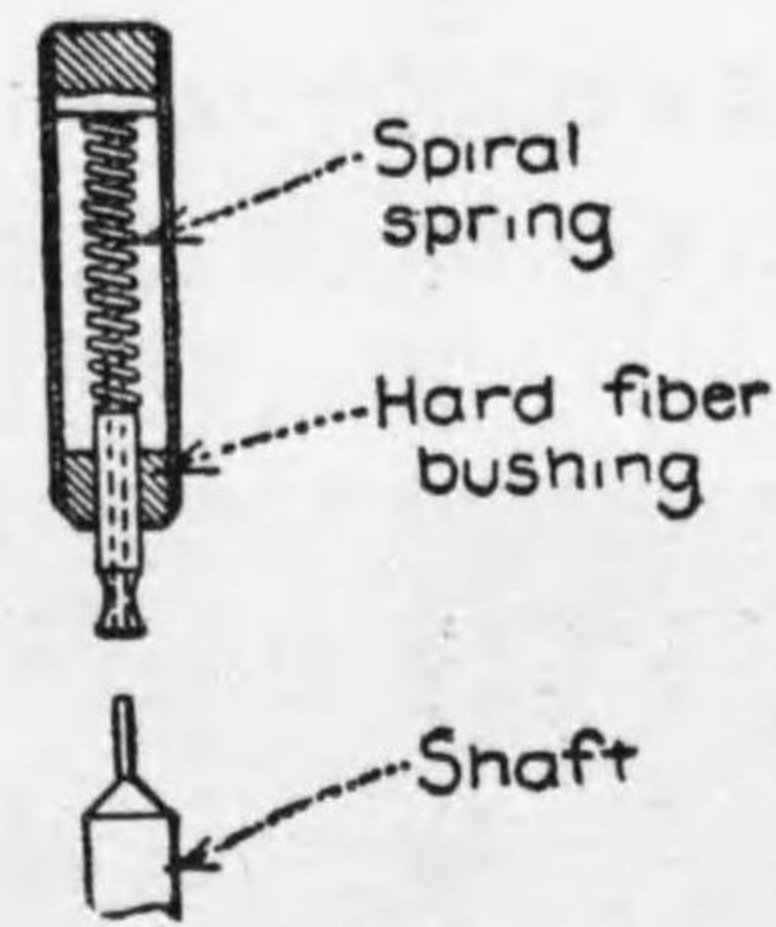
軸受は螺子の端より突出せる鋼のピンにして此のブッシュの中

に嵌入し毛細管現象によりて常に油を吸ひ上げる様の構造なり。第九十九圖は全く之を反對にせる如きものにしてピンが廻

第九十八圖



第九十九圖



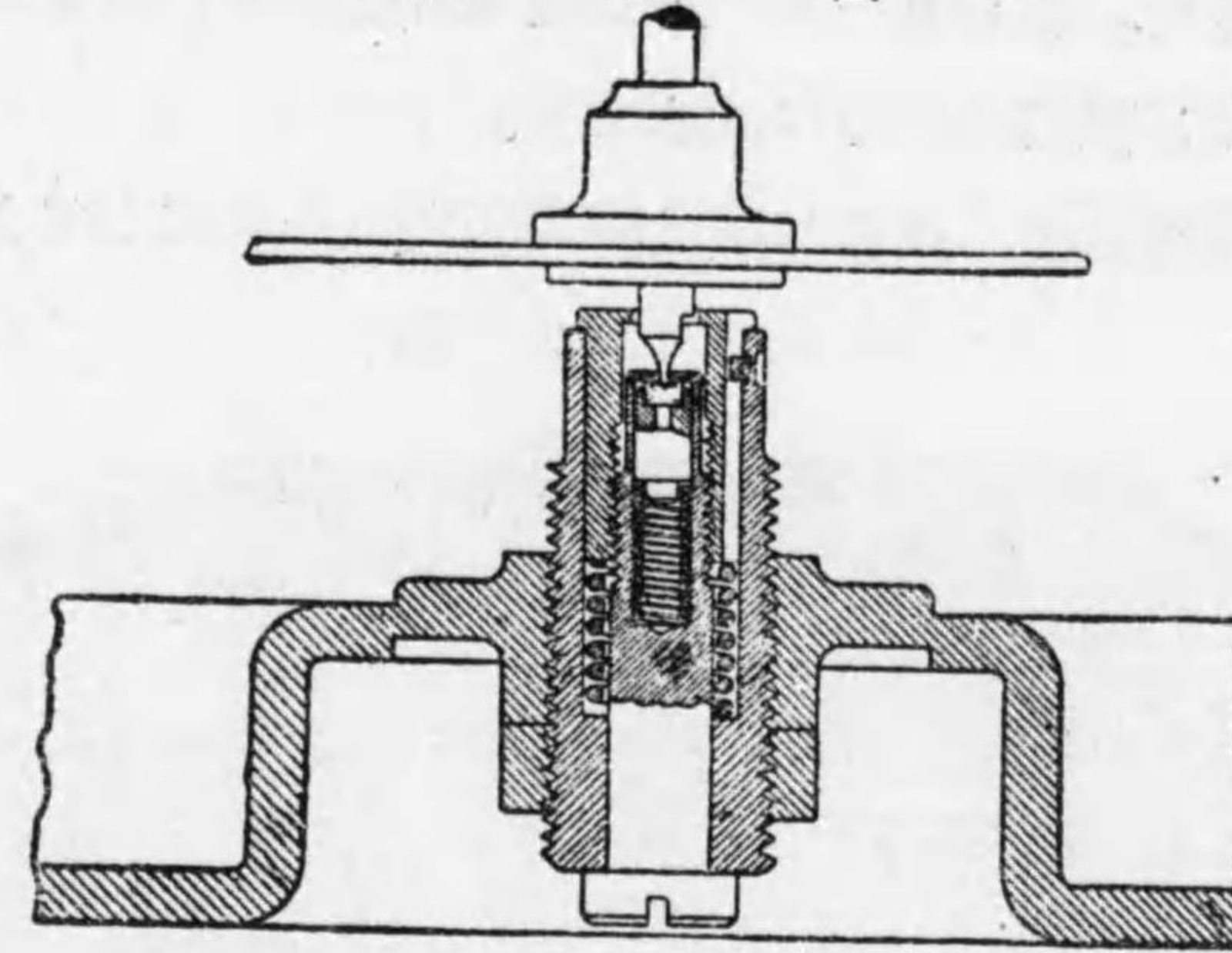
轉子に付きブッシュは固定す。

下軸受は最も緊要なれば種々の改良案出せられ稍完全に近し。大別してピボット軸受及び球軸受 (pivot bearing and ball bearing) の二種とす。

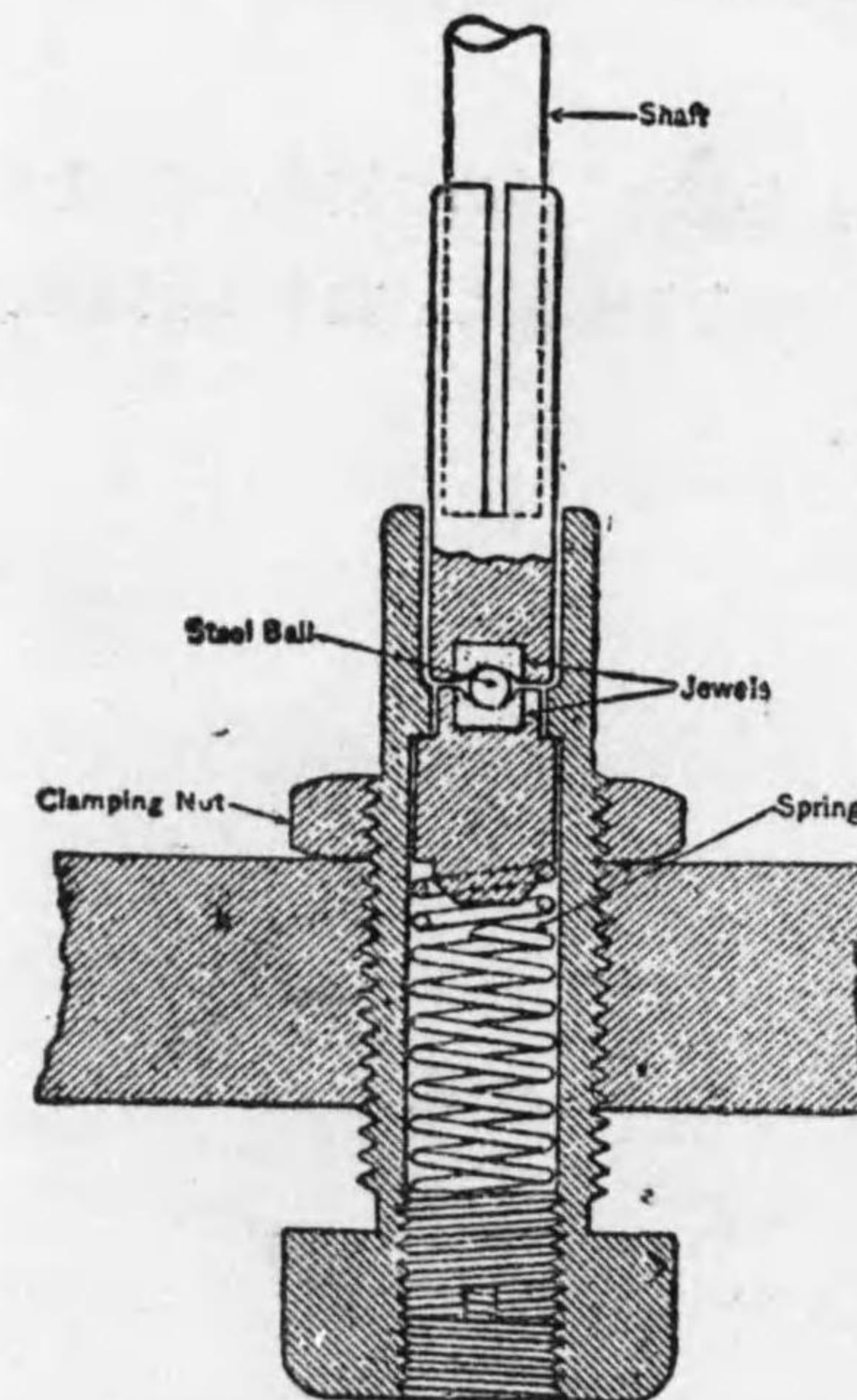
第百圖は前者の典型的なるものにしてピボットは軸と全然別にして唯之にねじ込まれたるのみ。軸受はヘリカル、スプリングの上ののれる棒にしてピボットと接する處にはカップ形の軸受石嵌せり。第百一圖は球軸受の一例にして軸の下端はピボットを成さずして一個のカップ形の受石を有し一個の鋼球を擇みて軸受のカップ受石上に乗れり。上記二種の軸受はその摩擦著しき相違なきもライフは球軸受の方良好なりといふ。

受石は最近迄サファイヤを用ひたれど廻轉部によりて摩擦及び衝撃を受ければ研磨せる面も次第に傷つけらるゝに至るべく

第百圖



第百一圖

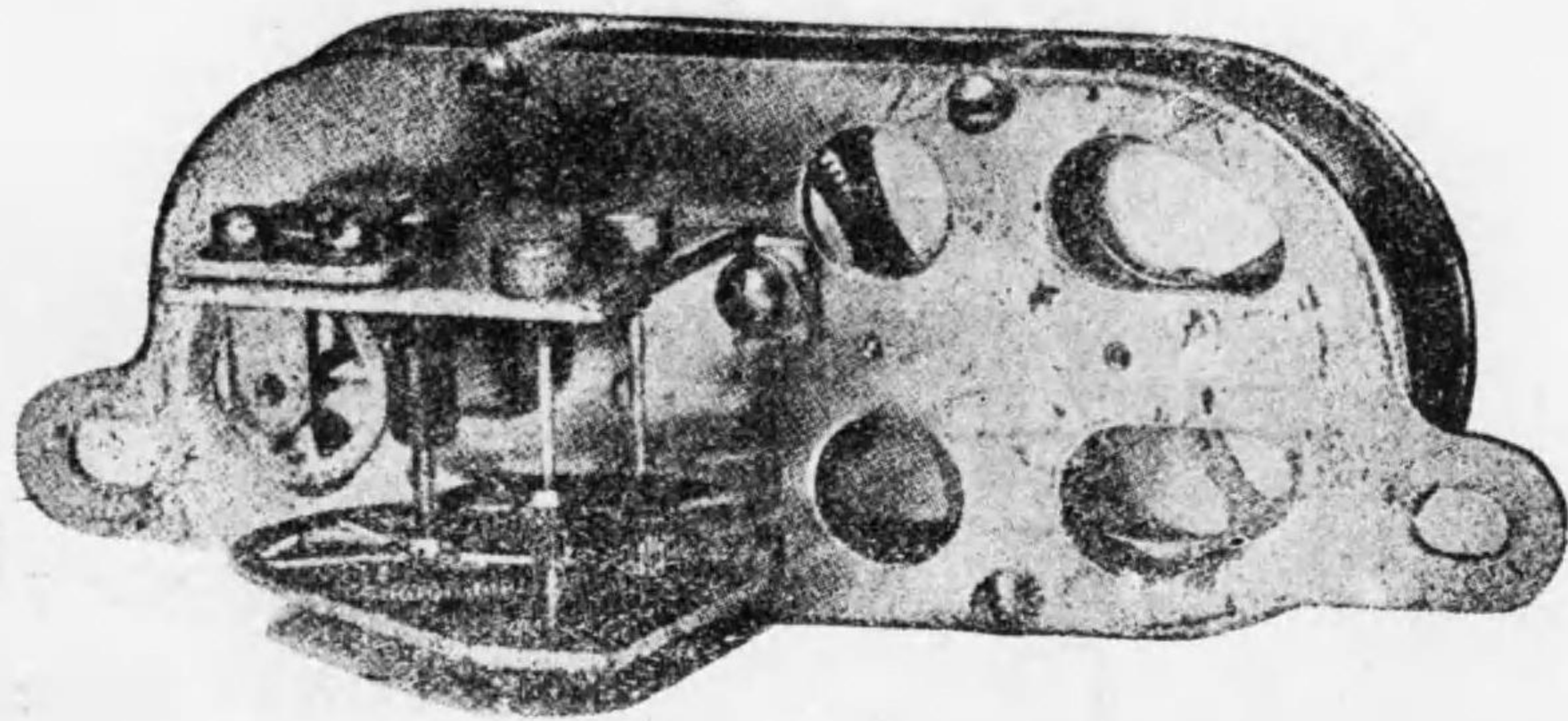


最良の受石は金剛石にて作れるものなり。従前金剛石をカツプ形に作る能はざりし頃は平かなるものゝ上に環状のものを合せて使用したれど近來は皆カツプ形のものを用ふ。

(C) 耐久磁石 計器の最も重要な部分は耐久磁石にして之が圓板に及ぼす制禦力はその強さの自乗に比例するものなれば些少の變化と雖も輕

視し得ざる也。即ち第一流の計器製造者は深き注意を茲に致し充分耐久なる磁石を作るに腐心せり。

(H) 積算装置 第百二圖は積算装置の一例にしてダイヤル  
第 百 二 圖



用齒車及び減速齒車より成る。各部とも極めて細密の注意を用ひて製作せるものに非ずんば完全を期し難し。齒車は普通眞鍮にて作り鍍金して腐蝕を防ぐ。

欠

しく遅かるべし。

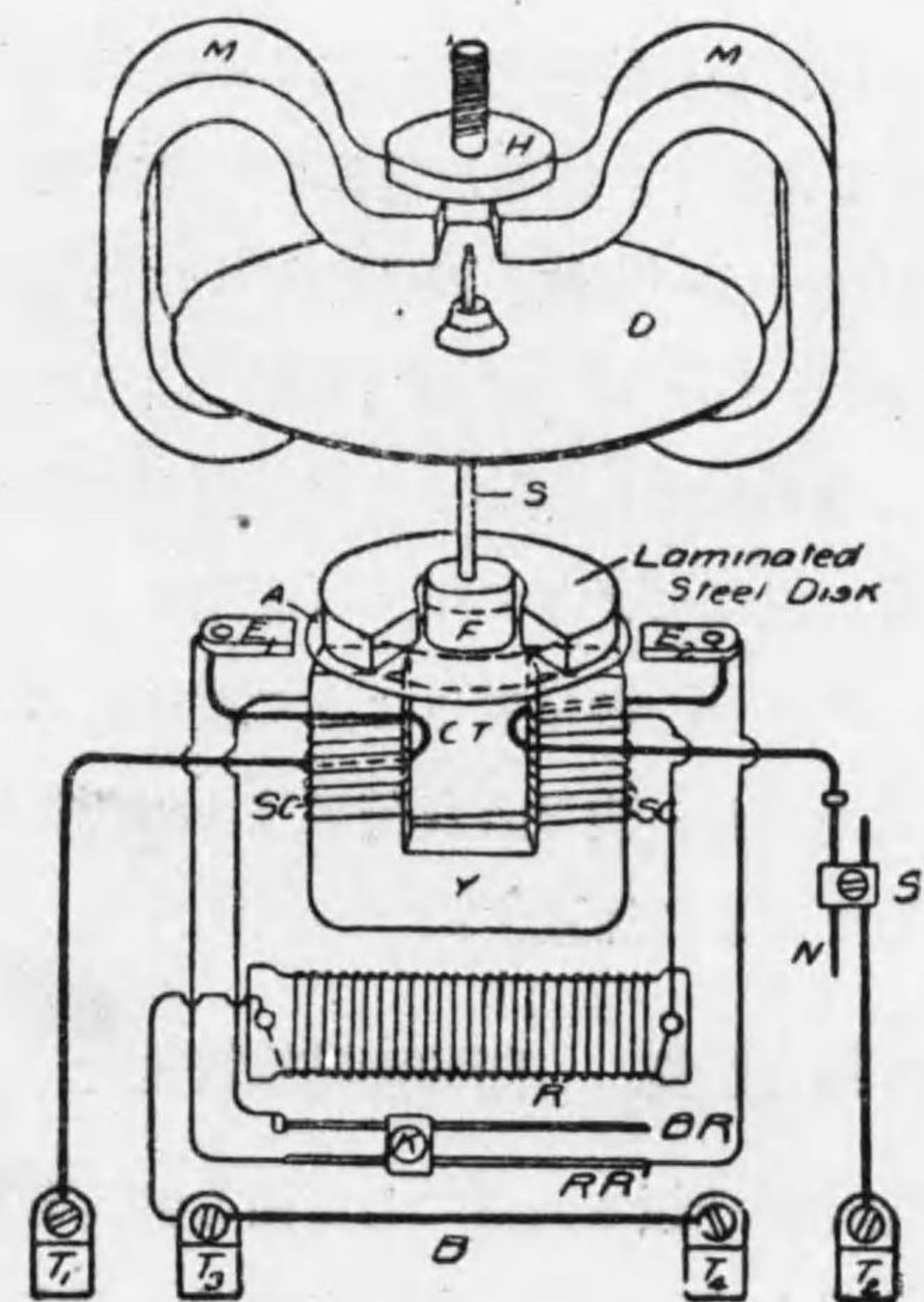
(2) 低圧の回路に使用する計器は回轉圓板へ電壓線輪電流の一部分を通じて輕負荷の補整をなすこと第百六圖に示す如く滑動片 K を左右に動かし適當なる補整をなす。

圓板及び水銀中を通る電流は永久磁石を減磁するにより荷重電流の通ずる電線にてコアの上を巻き以て補整す。

此の型の計器は直流三線式に用ひられず、此の目的には本計器二個を用ふべし。

交流用水銀型計器 は第百九圖に示す如く直流用同型計器の

第 百 九 圖



欠



電流電壓線輪の位置を交換せる如き構造を有す即ち電流線輪は Y なるコアの上に捲き電圧線輪は PL なる變壓器の一次線を形成す。此の變壓器の二次線は水銀室に接続せられ圓板に電流を送る。而して二次回路は略ぼ無誘導なればその電流は二次電壓従つて之と反對位相にある一次電壓即ち荷重電壓と略ぼ同瞬間に増減すべし。水銀室を通過する磁力線は荷重電流に比例し且つ之れと同位相なるは明らかなれば圓板の受くる回轉力は結局荷重電壓と荷重電流とその力率との相乗によつて表はさる。依て回轉力は誘導及無誘導兩場合とも正しくその電力に比例す。

輕負荷調整は Y なるコア上にある調整用捲線と PT なる變壓器上にある數回の線輪とを用ひ二本の抵抗線間を滑動する小片 K によりて調整す。調整用捲線の兩端は抵抗線 RR に結ばれ又 PT 上の線輪は一端他の抵抗線 BR に他端調整用捲線の中點 J に接続せらる。PT は線間電壓によりて勵磁せらるゝを以てその上に巻かれたる線輪は負荷の輕重に關せず一定の起電力を出し従て之れによりて生ずる電流は J 點より調整用線輪へ差動的に流れ K の位置によりて或は正に或は逆に微小なる回轉力を生ずべし。尙ほ重負荷調整は耐久磁石の磁路に入れたる鐵片 H によりて加減す。

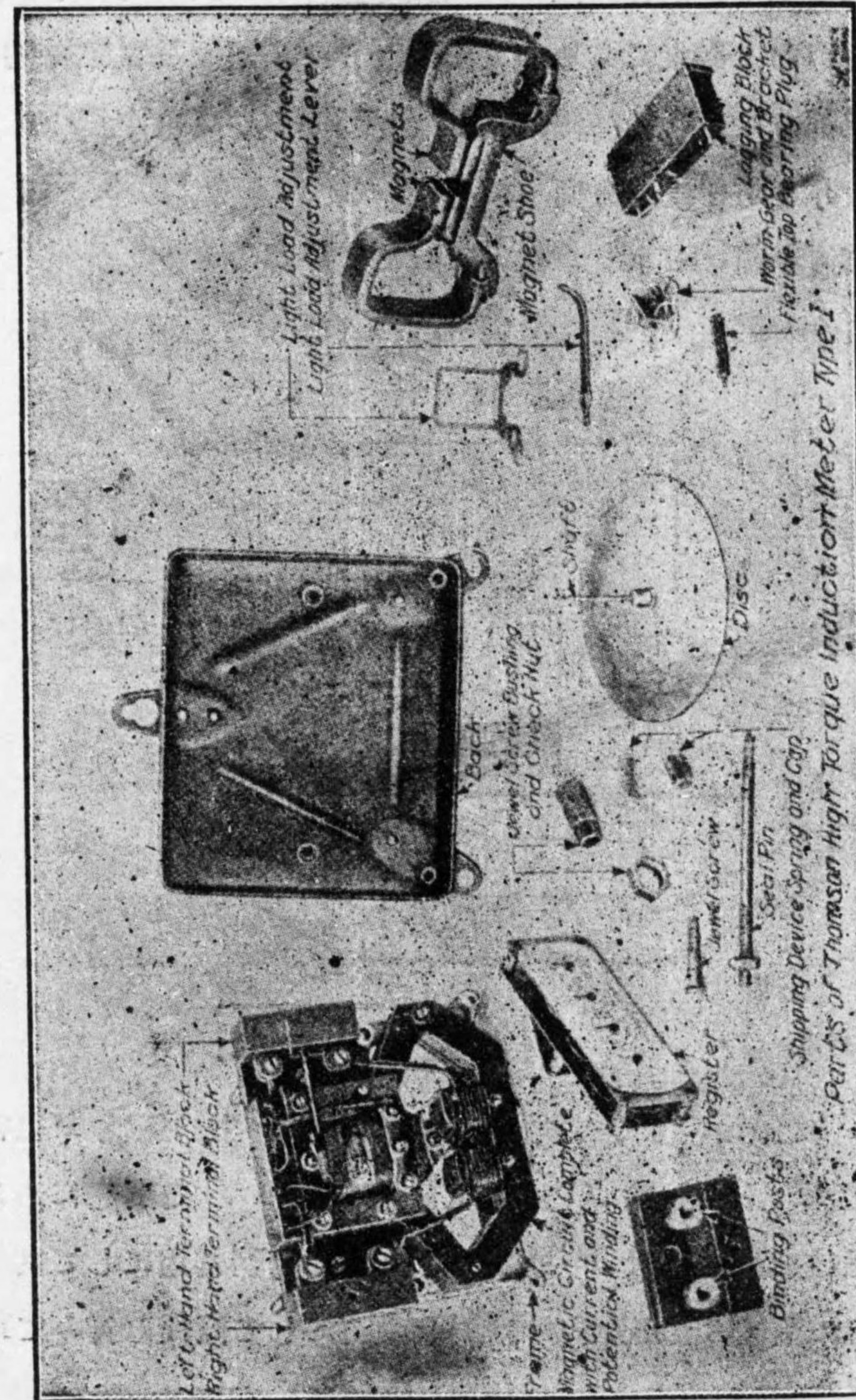
第四節 誘導型積算電力計

此の型の計器は構造頗る簡單にして而も特性著しく良好なれば他の諸型に優越し交流回路にありては殆んど之を用ひざるな

し。

計器の主要部分は (1) 電路及磁路より成る固定部分 (2)

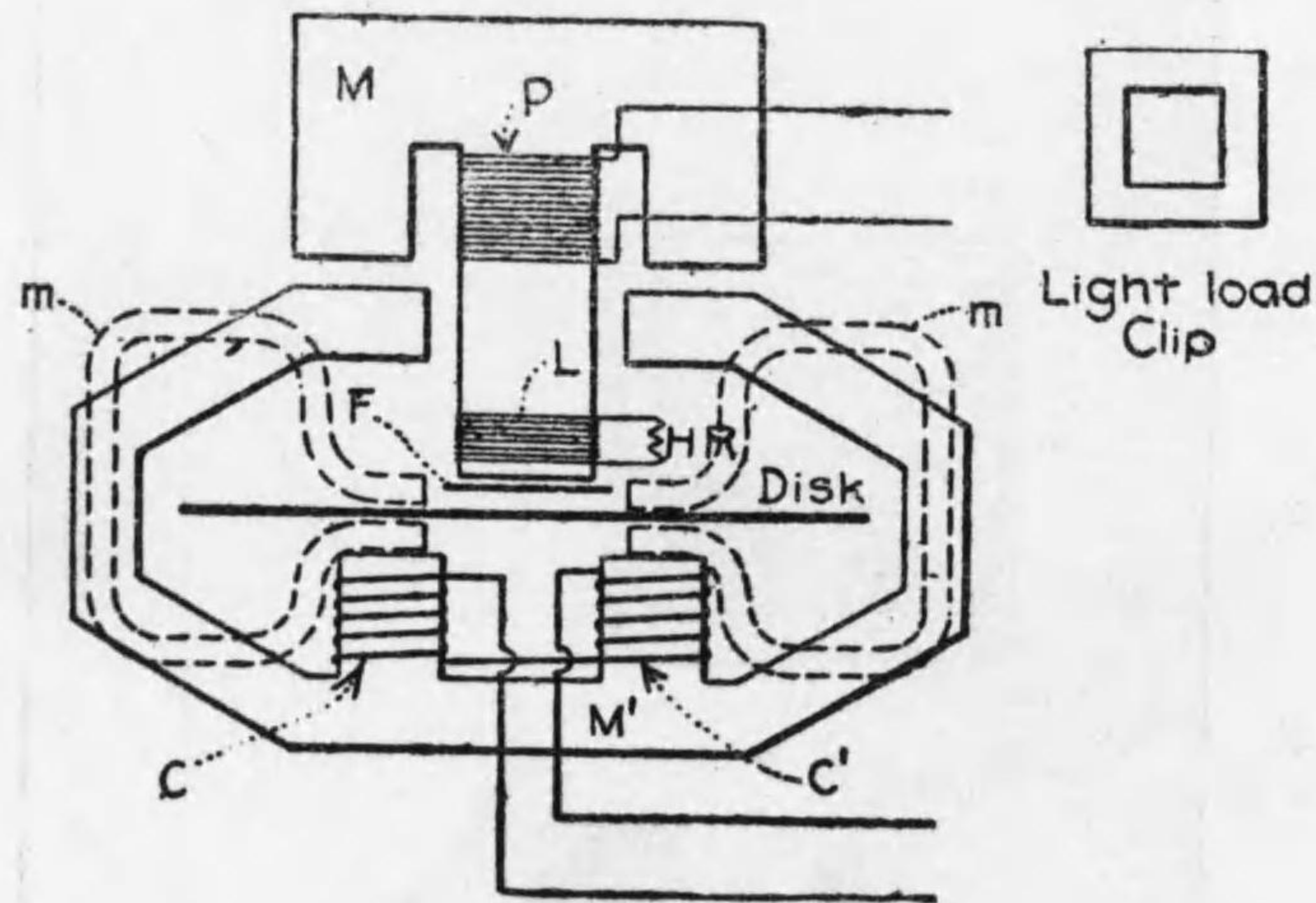
圖  
十  
百  
第



回轉圓板 (3) 積算裝置 (4) 制動裝置より成り (1)(2) に於て著しき優越點を見る。即ち回轉部は一枚の圓板と之が軸とより成り重量の極めて輕きは軸受の摩擦及び損傷を減じ計器の確度と壽命とを大にする一大要素なり。又電流及電壓線輪は共に固定部分にあれば回轉部に電流を通ずる必要なく従つて之に基く故障を防ぎ構造を簡單にす。

第百十圖はゼネラル電氣會社 I 型計器の各部を分解して明示せるもの第百十一圖は同型計器の主要部分の略圖なり。圖中

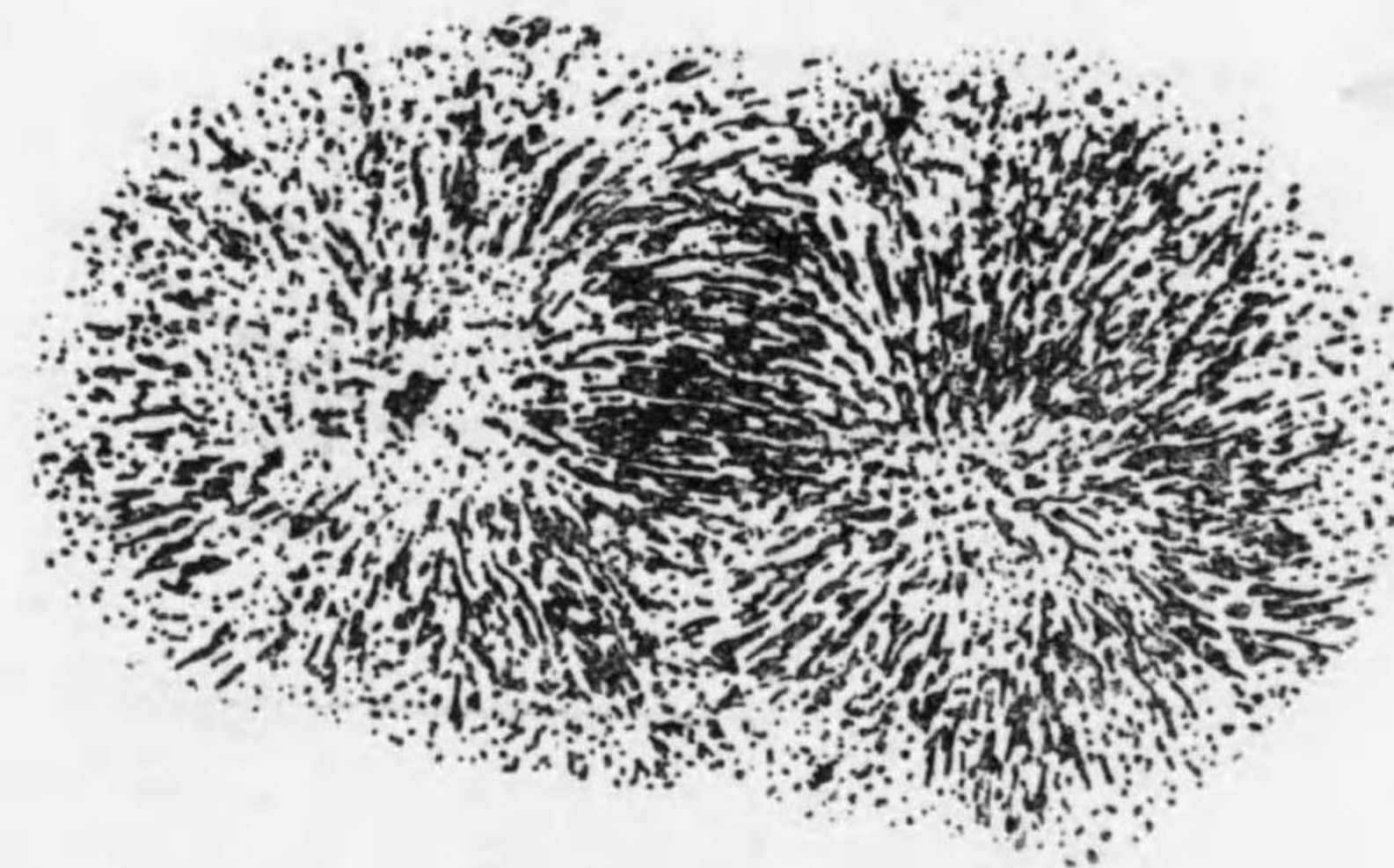
第百十一圖



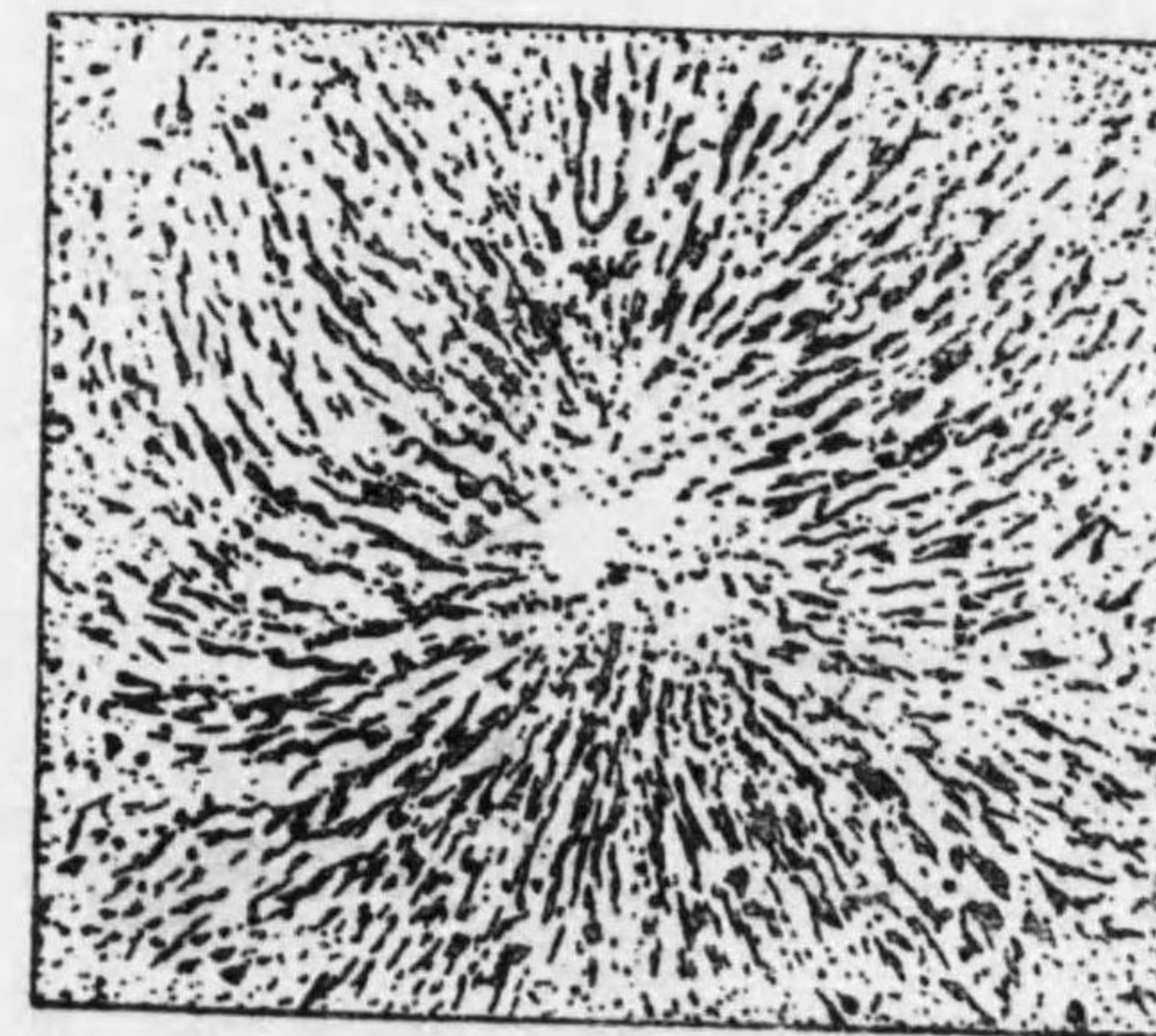
MM' は磁路にして打抜鋼板より成り M 上の線輪 P は電壓を受け M' 上の線輪 C は電流を通ず、M の突出部にある線輪 L は位相調整用又 F なる銅片は輕負荷調整用にして其の効用は何れも後に説かん。m は耐久磁石にして圓板を挿みて取付けらる。

第百十二圖は電流線輪 C 又第百十三圖は電壓線輪 P の上に於ける磁力線の配付を示すものなり。之を圖示せば第百十四圖及び第百十五圖の如く。而して電壓線輪 P は高誘導なれば

第百十二圖

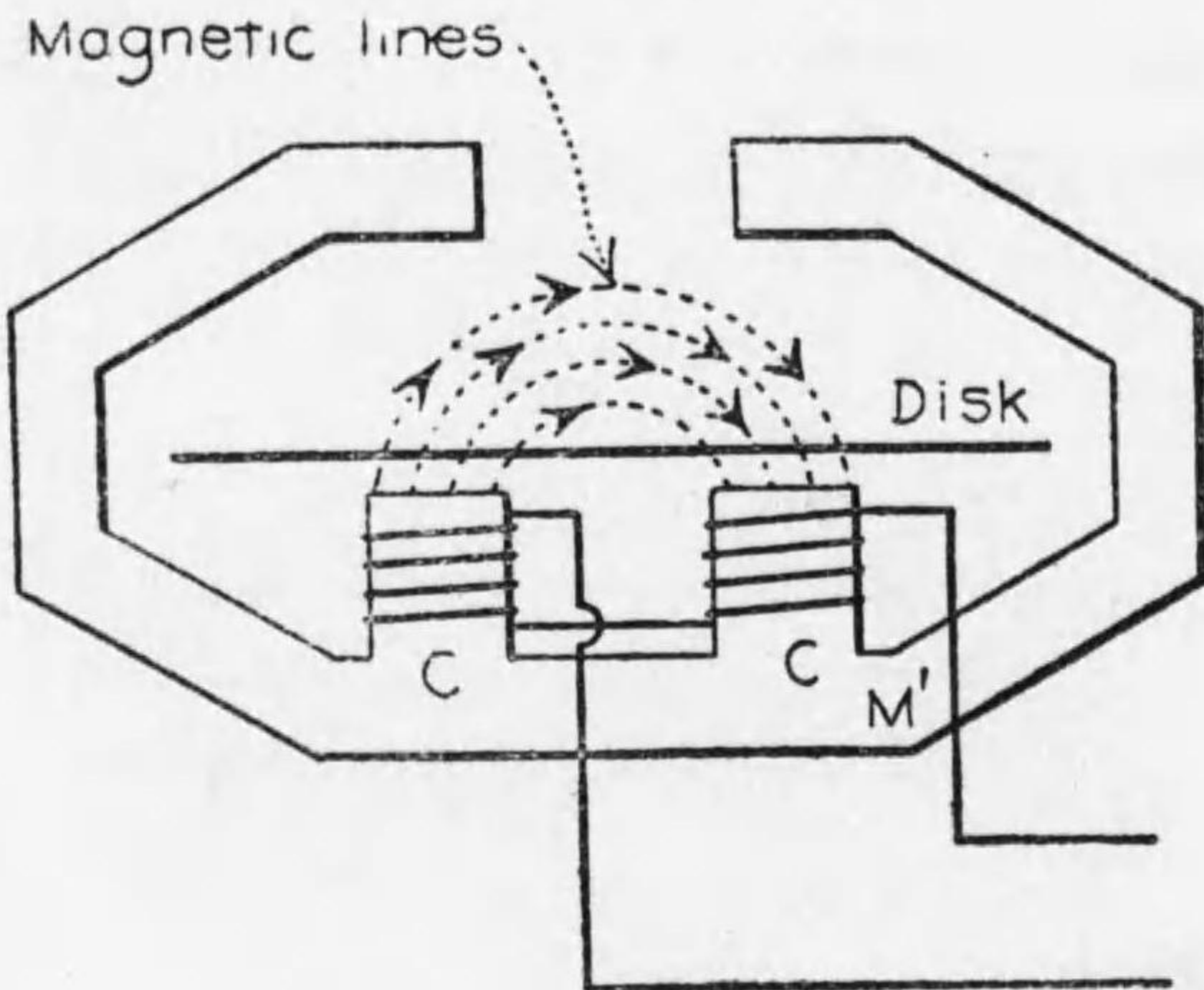


第百十三圖

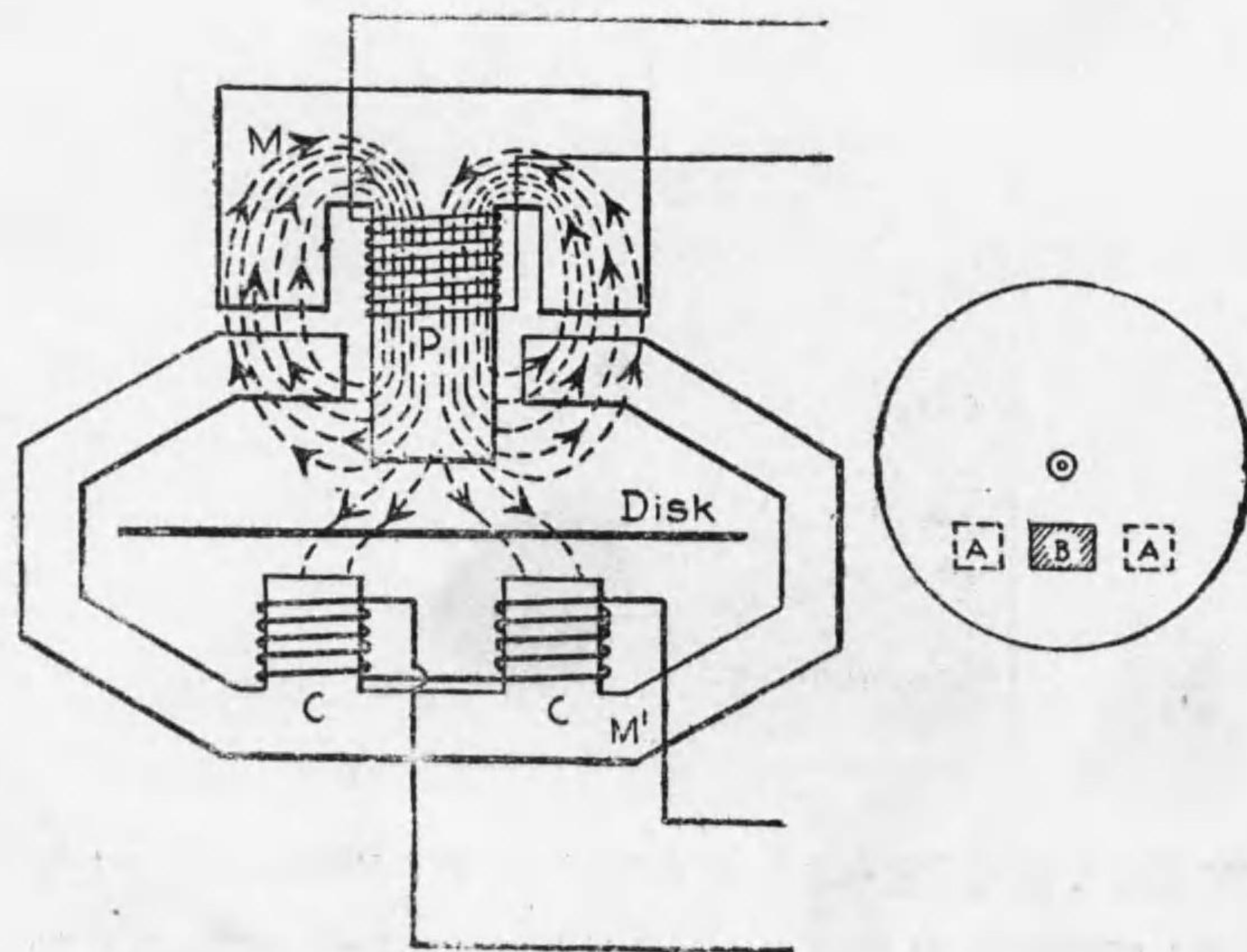


之に流るゝ電流は與へられたる電壓より直角位相の lag をなすに反し電流線輪 C は殆んど無誘導なれば兩線輪の作る磁力線

第百十四圖

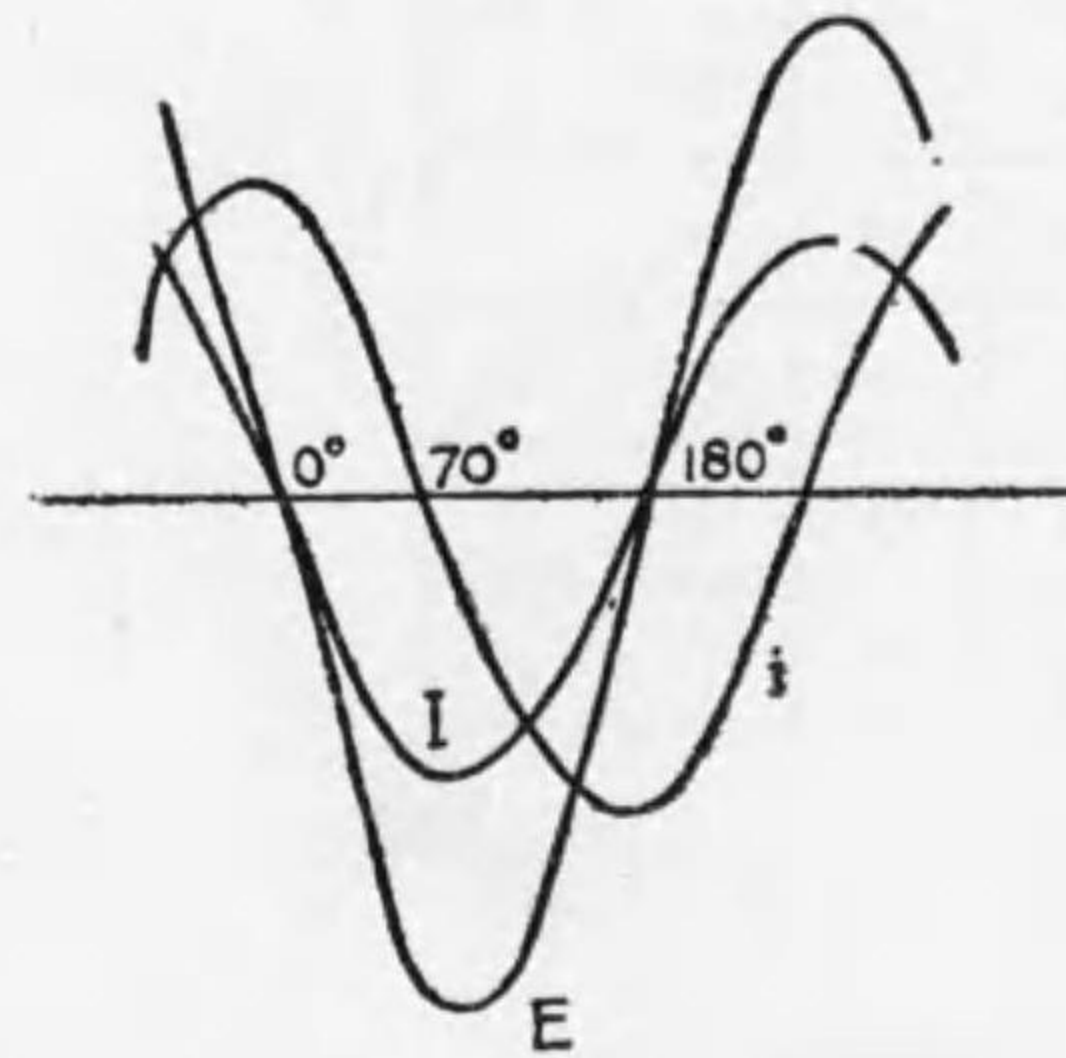


第百十五圖



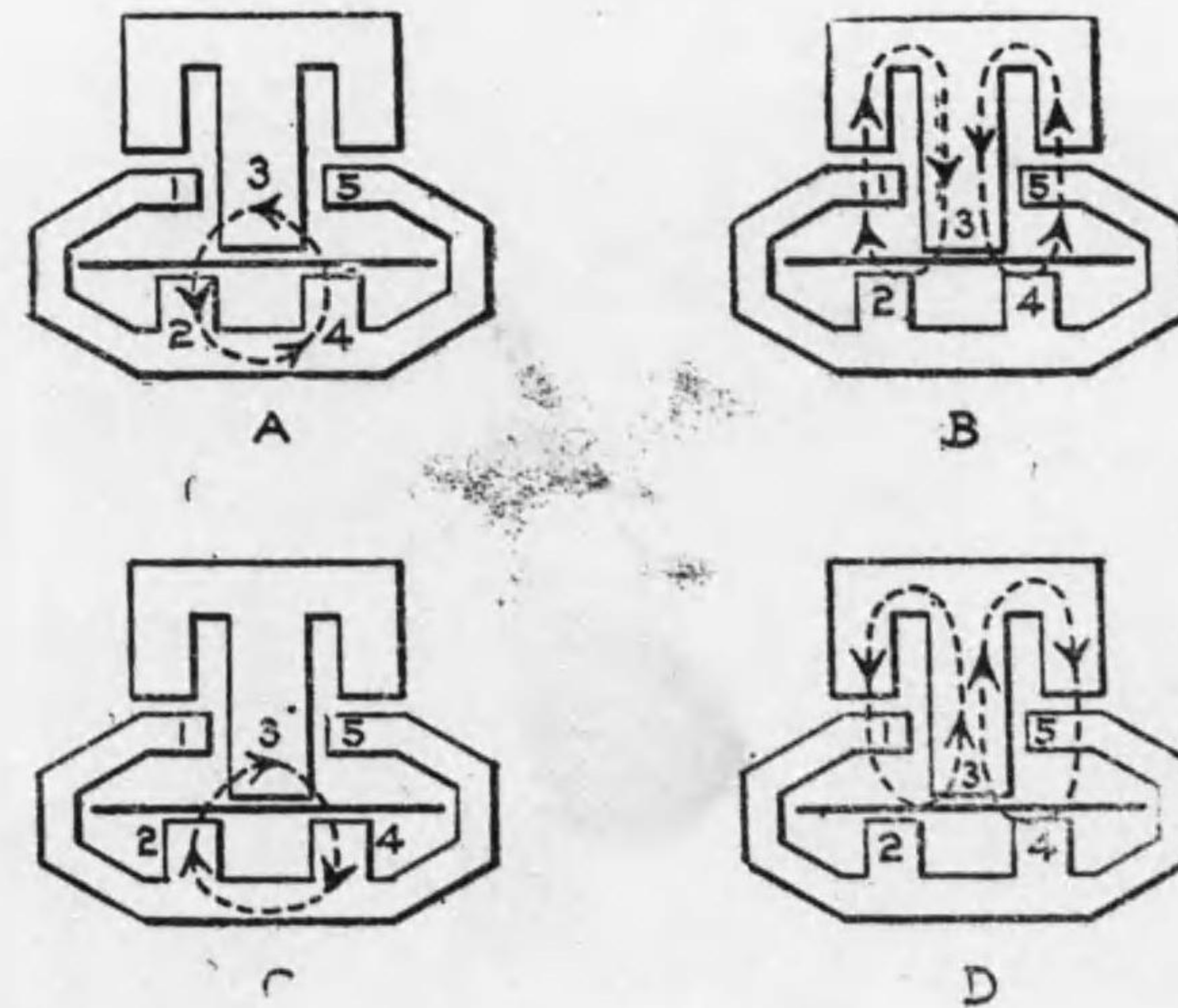
の位相は略ぼ  $90^\circ$  に近き隔差を有する事第百十六圖に示す如し。

第百十六圖



今磁路の各部に第百十七圖の如く番號をつけ極性を夫れ夫れ「+」「-」にて表はし一サイクルの  $\frac{1}{4}$  宛につきて考ふるに第百十七圖の如し。又其極性を表示すれば第百十八圖の如く磁場の極性は左より右へ漸次移動するを見る。

第百十七圖



従つて此の磁場内にある圓板に渦流を誘發し之を起動す。

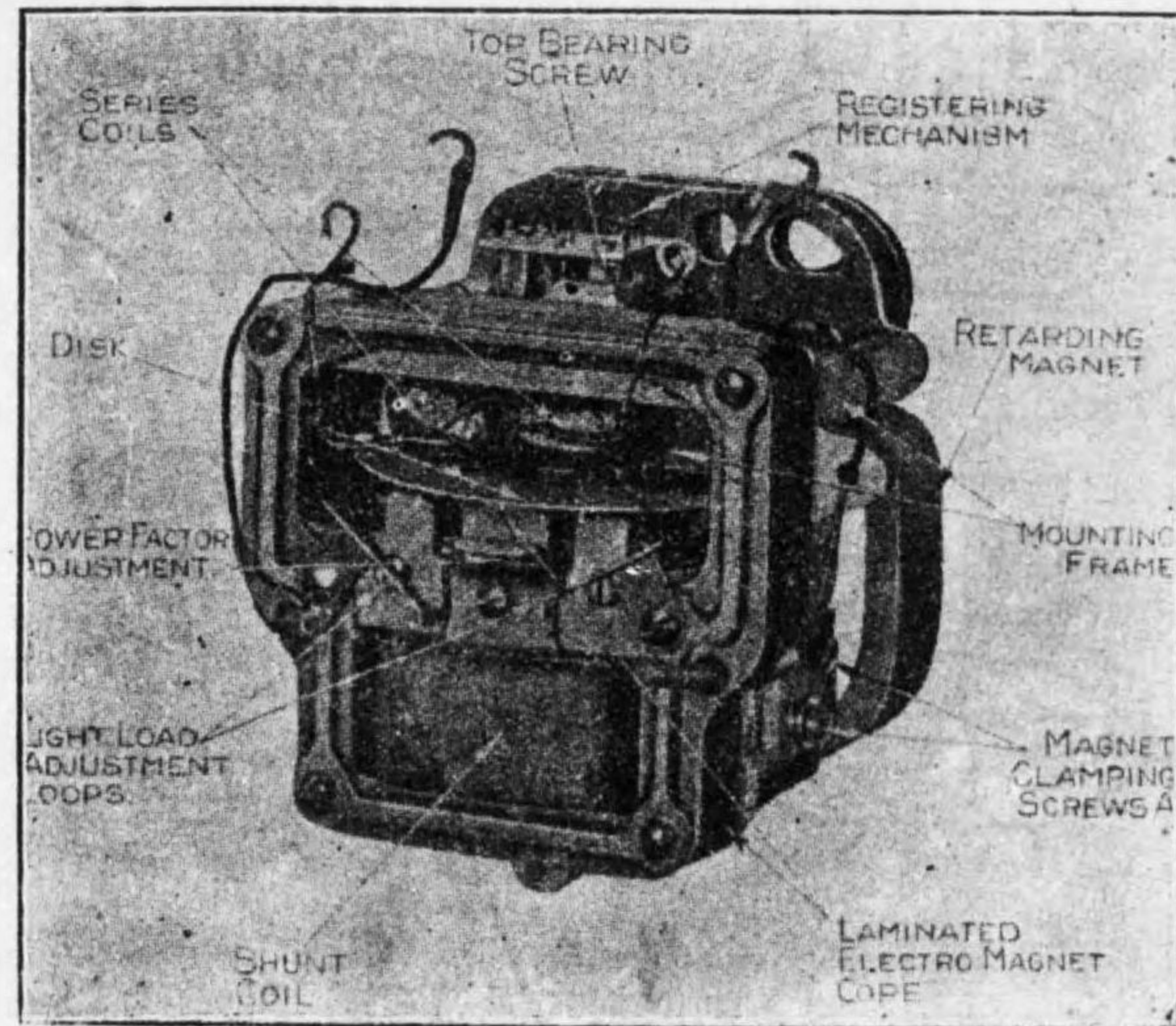
第百十八圖

	Poles			
	1	2	3	4
Instants				
Start	0	*	0	-
¼ period	-	0	*	0
½ "	0	-	0	*
¾ "	+	0	-	0
End of period	0	+	0	-

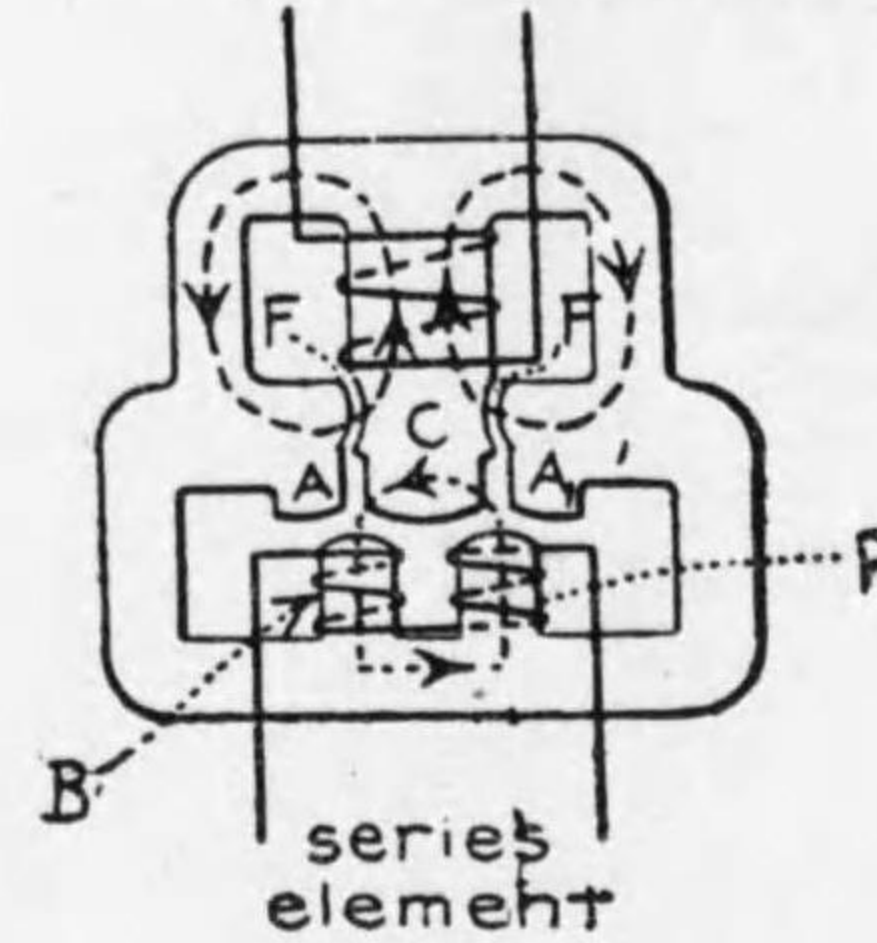
以上は本計器の構造原理の略説にして各部の詳細は後に説く處あるべし。

第百十九圖はウェスチングハウス計器第百二十圖はその磁路略圖第百二十一圖はフォートウェーン計器第百二十二圖はその

第百十九圖



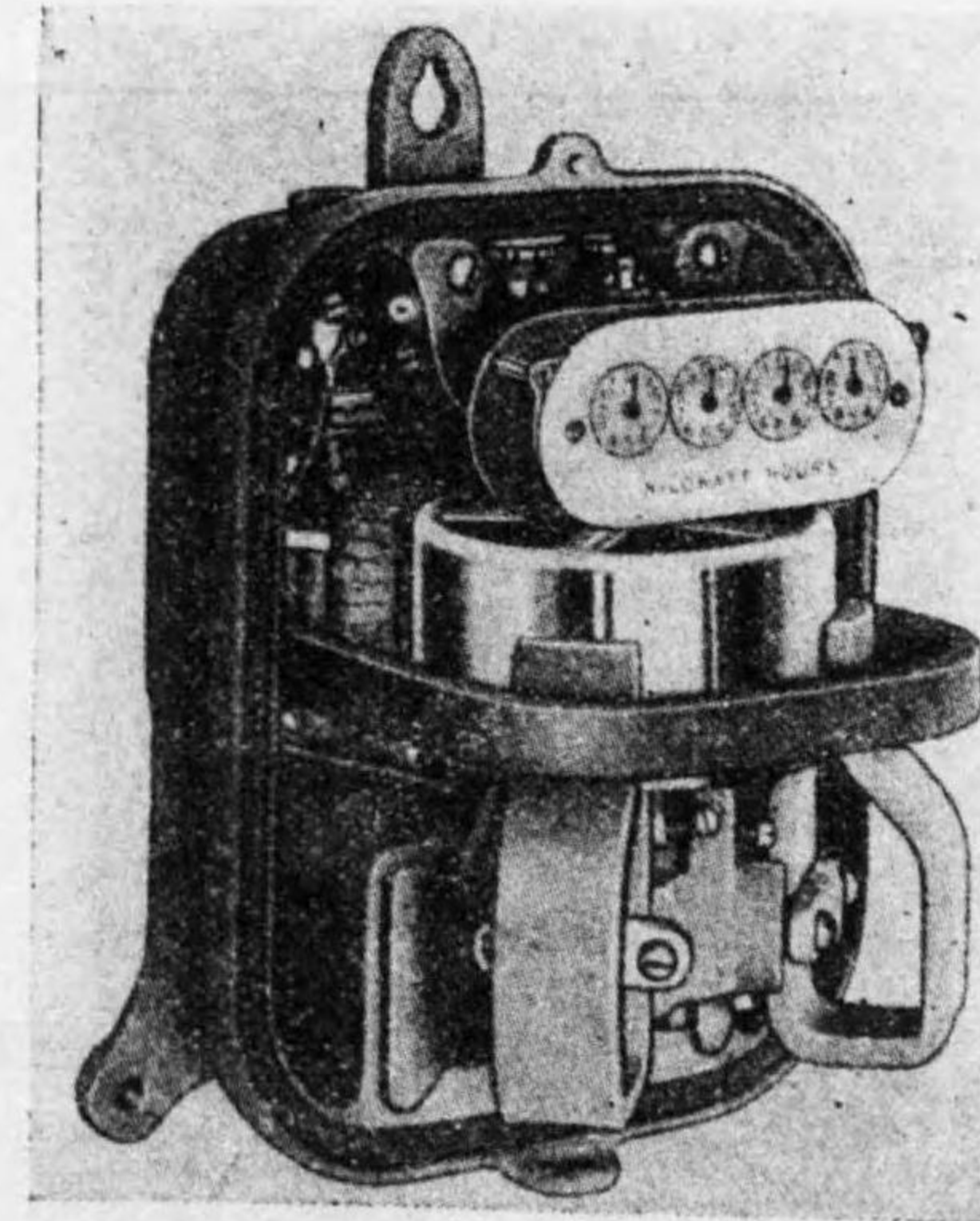
第百二十圖  
Shunt element



動作部分略圖第百二十三圖はコロンビヤ計器第百二十四圖はその主要部分略圖なり。

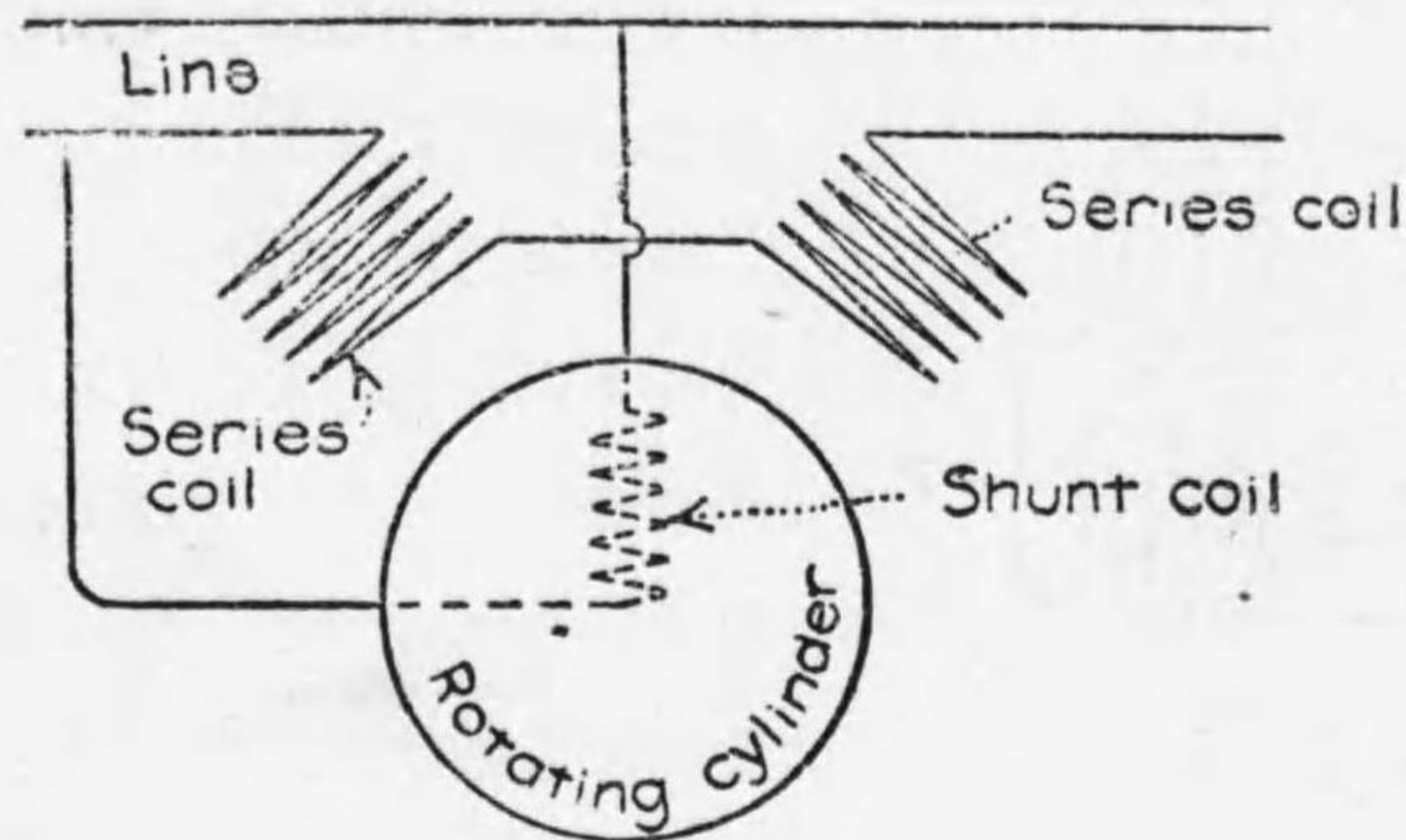
誘導型計器の特性を述ぶるには先づその回轉力を定むる數式を求めざるべからず。而して此の數式を求むるには先づ回轉磁場の發生を少しく數學的に究むるを要す。

第百二十一圖

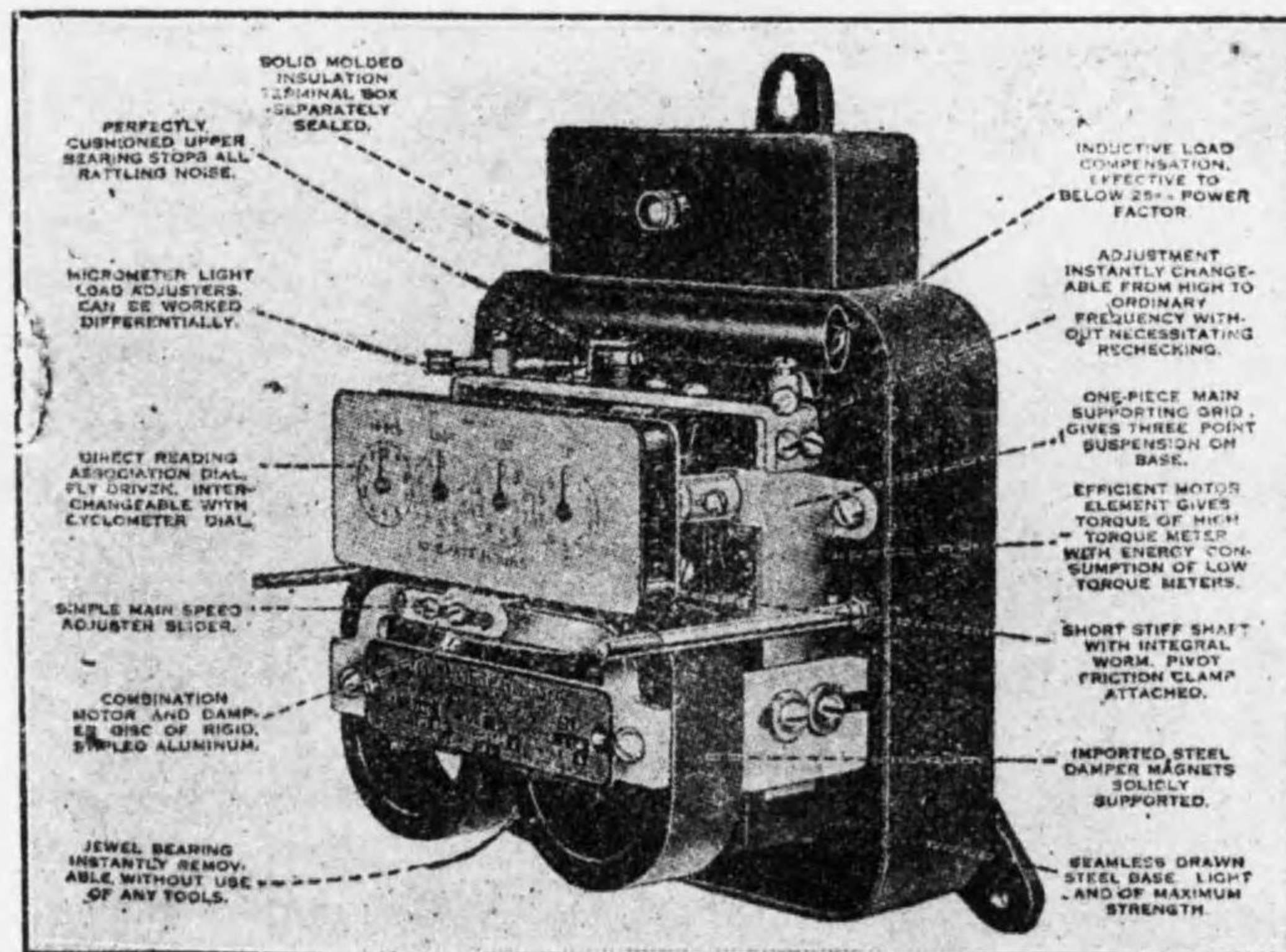


總て空間に於て互に直角をなして存在する二個に交番磁場は之を合成して二個の回轉磁場に傾ち得べく二つは互に反對方向に回轉し其の角速度は相等しきものなり。第百二十五圖に於て  $OH = 2H_1DB = 2H_2$  が二個の交番磁場を表はすとせば之れ等

第百二十二圖

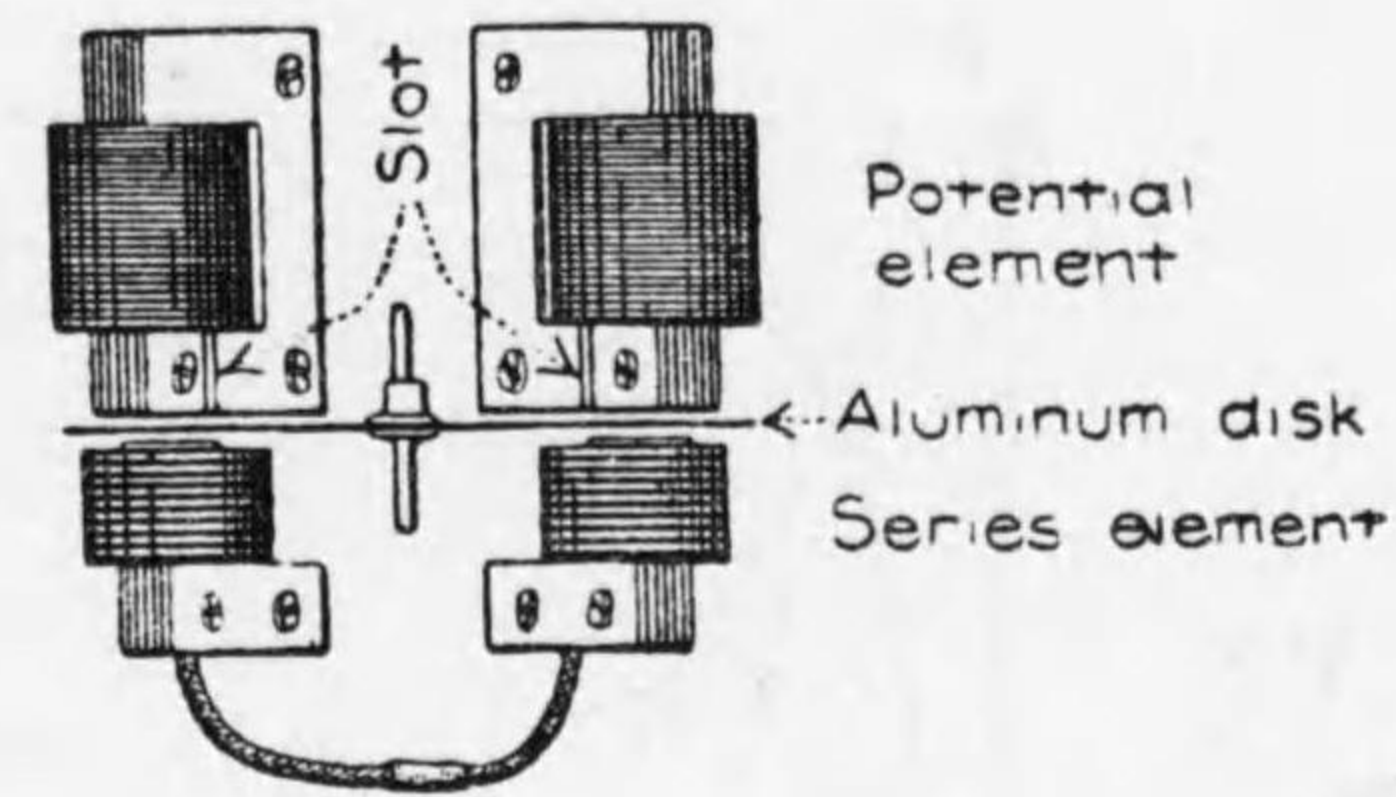


第百二十三圖



は夫れ夫れ方向一定し唯太さが sino law により變化するのみ。而して OA は太さその 1/2 にして互に反對方向に回轉する二個の vector OC 及び OC<sub>1</sub> の二つに分解し得るは容易に考へ得

第百二十四圖



べく  $\theta_1$  なる時間にありては OC, OC<sub>1</sub> は互に OA に対し  $\theta_1$  丈け回轉す。同様に固定磁場 OB は一個の回轉磁場 OD 及 OD<sub>1</sub> に分解し得べく此の四個の回轉磁場中同一方向のもの同志合成し OF 及 OF<sub>1</sub> を得べし。

$$OF^2 = OC^2 + OD^2 - 2OC \times OD \cos ODF$$

及  $OF_1^2 = OC_1^2 + OD_1^2 - 2OC_1 \times OD_1 \cos OD_1 F_1$

茲に  $OC = OC_1 = \frac{1}{2} OA = H_1$

及  $OD = OD_1 = \frac{1}{2} OB = H_2$

故に  $OF^2 = H_1^2 + H_2^2 - 2H_1 H_2 \cos ODF$

$$OF_1^2 = H_1^2 + H_2^2 - 2H_1 H_2 \cos OD_1 F_1$$

然るに ODF は角 COD の補角にして

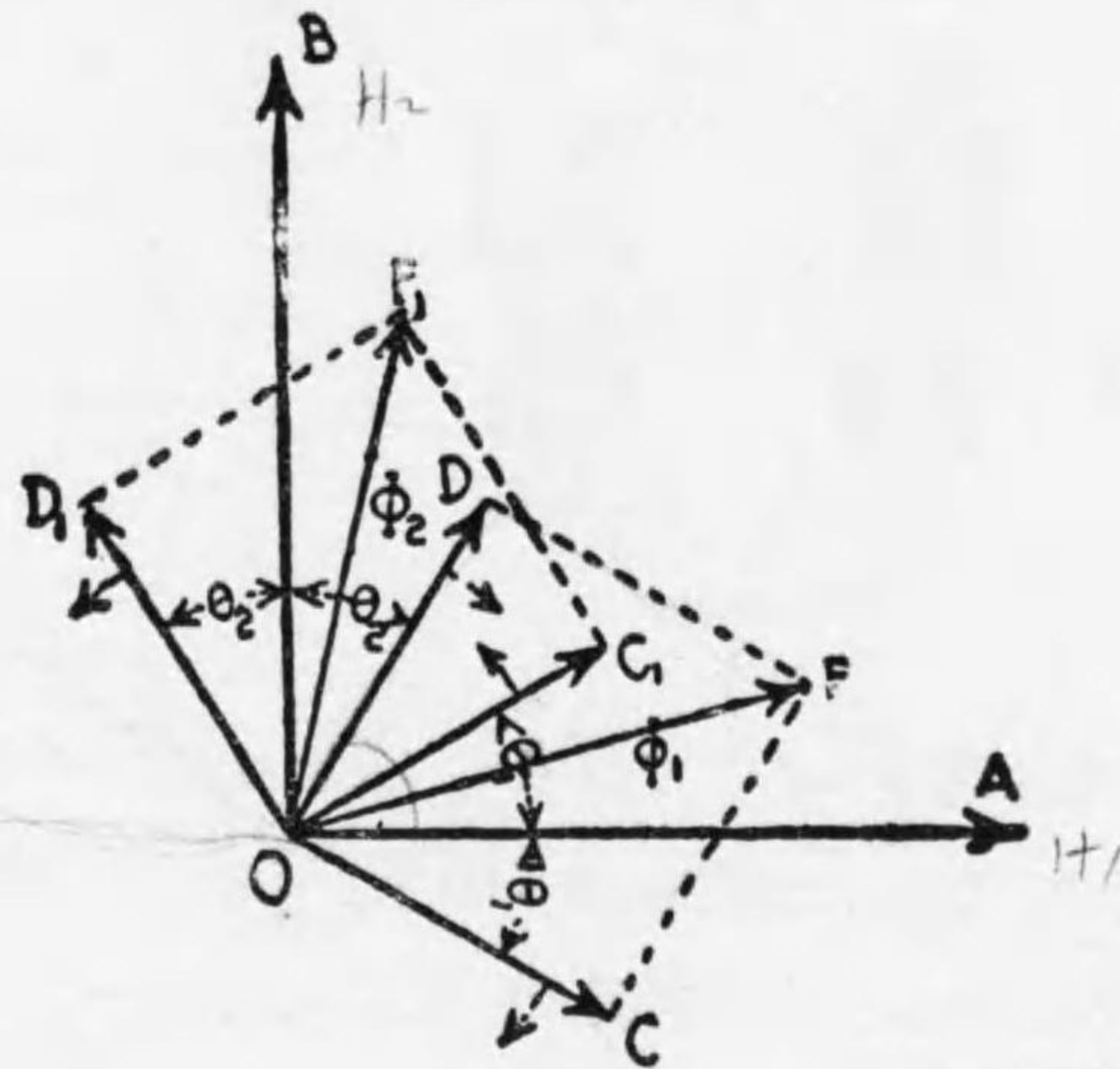
$$\angle COD = \angle AOD + \angle COA = \frac{2}{\pi} \theta_2 + \theta_1$$

$$ODF = \pi - (\frac{\pi}{2} - \theta_2 + \theta_1) = \frac{\pi}{2} + (\theta_2 - \theta_1)$$

又  $OD_1 F_1 = \frac{\pi}{2} - (\theta_2 - \theta_1)$

而して  $(\theta_2 - \theta_1)$  は二つの交番磁場 DA 及び OB の位相差角

第 百 二 十 五 圖



なれば之を  $\theta_0$  にて表はす時は

$$OF^2 = H_1^2 + H_2^2 + 2H_1H_2\sin\theta_0$$

$$OF_1^2 = H_1^2 + H_2^2 - 2H_1H_2\sin\theta_0$$

即ち二個の交番磁場の合成は太さ及び回轉方向相異なる二個  $\kappa$  の回轉磁場にて表はさる。

扱て誘導型計器に於ては  $90^\circ$  の位相差を有する二つの交番磁場  $H_1$  及  $H_2$  が互に直角の位置に配置せらるゝ故その合成は二個の方向反對なる回轉磁場  $\phi_1$  及び  $\phi_2$  となる。此の回轉磁場は夫れ夫れ圓板に渦流を起し従て方向反對せる回轉力を發生する故圓板はその中孰れが強大なるものの方向に起動す。今圓板の速度を  $w$  又回轉磁場の速度を  $w_1$  とせば二つの回轉力は

$$T_1 = K_1\phi_1^2(w_1 + w) \dots \dots \dots \text{圓板と反對方向の回轉磁場に}$$

よるもの

$$T_2 = K_2\phi_2(w_1 - w) \dots \dots \dots \text{圓板と同方向の回轉磁場によるもの}$$

又圓板を挿める耐久磁石  $\phi_3$  の起す制禦力は

$$T_3 = K_3\phi_3^2w$$

此の三つの torque 平衡により定速度を得。即ち圓板が一定回轉となる際には

$$T_2 = T_1 + T_3$$

$$K_1\phi_2^2(w_1 - w) = K_1\phi_1^2(w_1 - w) + K_3\phi_3^2w$$

$$K(\phi_2^2 - \phi_1^2)w_1 = K_1(\phi_2^2 + \phi_1^2)w + K_3\phi_3^2w$$

$$\text{然るに } \phi_2^2 = H_1^2 + H_2^2 + 2H_1H_2\sin\theta_0$$

$$\phi_1^2 = H_1^2 + H_2^2 - 2H_1H_2\sin\theta_0$$

$$\text{なれば } (\phi_2^2 - \phi_1^2) = 4H_1H_2\sin\theta_0$$

$$\text{及び } (\phi_2^2 + \phi_1^2) = 2(H_1^2 + H_2^2)$$

$$\text{依て } 4K_1H_1H_2w_1\sin\theta_0 = 2K_1(H_1^2 + H_2^2)w + K_3\phi_3^2w$$

而して  $w_1 = 2\pi f$  にしてある周波數にありては一定の値なり故に  $8\pi K_1 = k_1$  とし前式は

$$k_1fH_1H_2\sin\theta_0 = 2K_1(H_1^2 + H_2^2)w + K_3\phi_3^2w$$

となる、茲に左邊は圓板を回轉せしむる driving torque にして右邊は之を制禦する retarding torque なり。又圓板速度小なる場合には  $K_1w(H_1^2 + H_2^2)$  は  $K_3\phi_3^2w$  に比し閑却し得べく結局次の如し。

$$k_1fH_1H_2\sin\theta_0 = K_3\phi_3^2w$$

扱て  $H_1$  は電壓に比例し  $H_2$  は電流に比例する故

$H_1 = K'E$  及び  $H_2 = K''I$  にて表はし得べく之を上式に代入し

$$k_1 K' K'' f E I \sin \theta_0 = K_3 \phi_3^2 w$$

$$E I \sin \theta_0 = K_0 \phi_3^2 w$$

茲に  $K_0 \frac{K_3}{k_1 K' K'' f}$  なりとす

即ち電流電壓及び兩磁力線位相差角の正弦との相乗は圓板の回轉速度に比例す。而して電力は  $E I \cos \theta$  なれば計器が正しく電力を指示するには

$$\sin \rho_0 = \cos \theta$$

$$\text{or } \rho_0 = \frac{\pi}{2} \pm \theta \quad (1)$$

かくの如く電壓線輪の作る磁力線の位相が電流線輪の作るそれより正しく 90 度還るゝ様の調整装置を位相調整 (lagging or phase compensation) と稱す。

又  $2k_1(H_1^2 + H_2^2)w$  が耐久磁石の制禦力  $K_3 \phi_3^2 w$  に比し閑却し得ざる場合には計器の更正曲線は直線的ならずして負荷増加するに従ひ圓板速度減ずるを見る  $H_1$  は電壓一定の場合不變にして  $H_2$  と  $w$  とは負荷によりて増減し上記の誤差を生ずるものなれば計器設計に際し此の値を適當にとるべし。

以下少しく計器調整の詳細につき説明すべし。

(1) 重負荷調整 (Full load adjustment) 計器の重負荷

譯者曰 (1)  $\theta$  にあるは荷重電流が Load の場合に (+) 又 Lag の場合に (-) なるを意味す。

(full load) する速度を調整するには孰れも耐久磁石と圓板との關係を變ず一法は磁石の位置を圓板の軸に近づけ又は遠ざくるもの他法は磁石に岐路を設け圓板を通過する磁力線の總量を加減するにあり。

(2) 位相調整 (Phase Compensation) 前記の如く電壓線輪の作る磁力線が電流線輪の作る磁力線より完全に 90° 位相遅れを有するは計器の確度を保つ上に極めて肝要にして此の調整には電壓磁極上に一回又は數回の線輪を用ふる事 第百九圖 L に示す如しその原理は屢々述べたる所なれば略す。

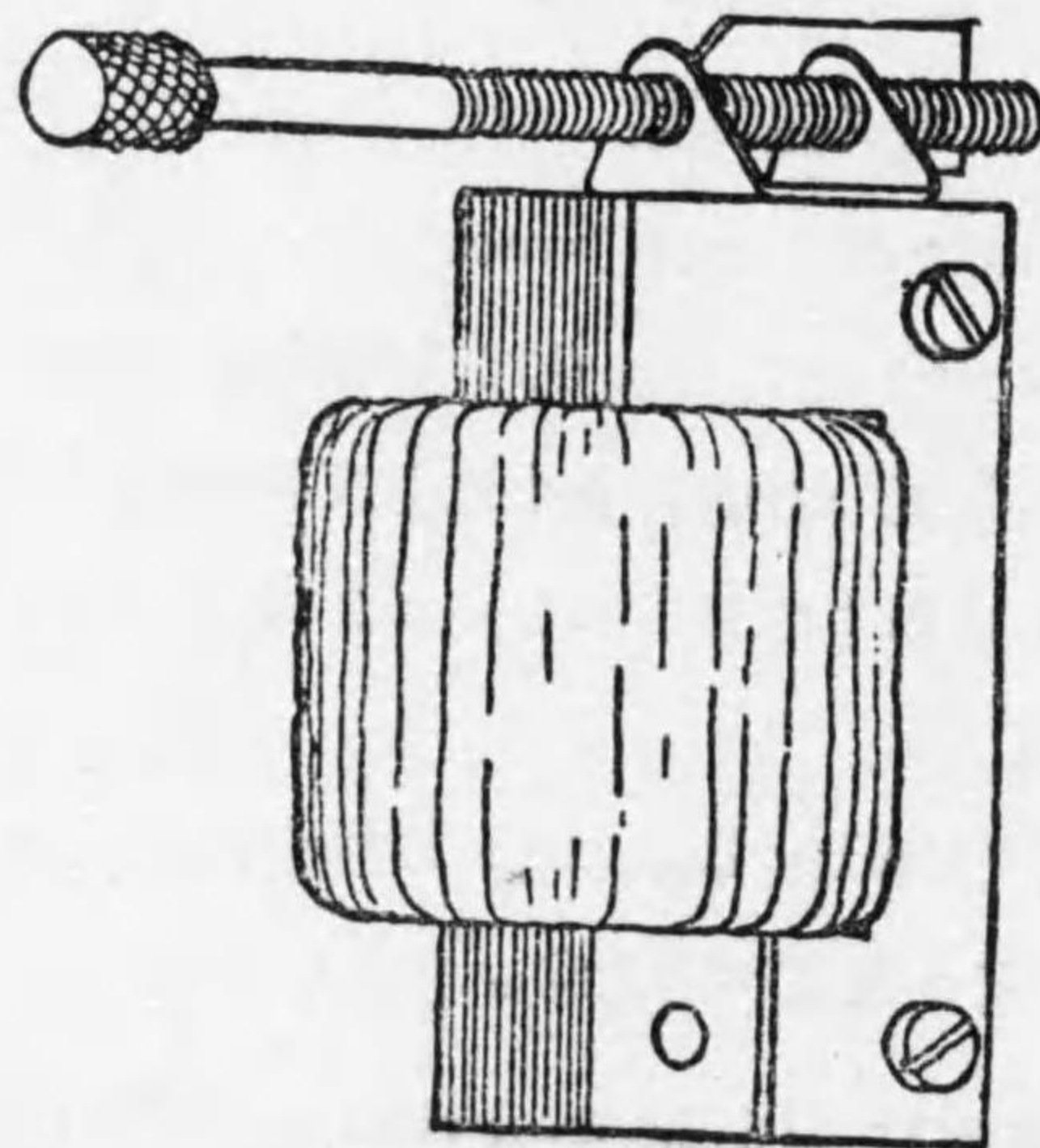
今此の調整に過不足ある場合計器の確度に及ぼす影響を見んに計器が精確なる爲めには前記の如く  $\rho_0 = \frac{\pi}{2} \pm \theta$  なるべく今  $\rho_0 = \frac{\pi}{2} \pm \theta + \alpha$  なる過調整 (over lagging) を施こせる場合には  $\sin \theta_0 = \sin[\pi/2 + \alpha \pm \theta] = \cos(\alpha \pm \theta)$  即ち driving torque は  $K'E I \cos(\alpha \pm \theta)$  となる。依て leading current (+ $\theta$ ) に於ては  $\cos(\alpha + \theta)$  は  $\cos \theta$  より小にして回轉遅く反之 lagging current (- $\theta$ ) にありては  $\cos(\alpha - \theta)$  は  $\cos \theta$  より大なれば回轉過速となる。

又調整不足 (Under lagging) の場合には之と全然反對なるべきは容易に考へ及ぶべきなり。

(3) 輕負荷調整 (Light load compensation) 誘導型計器は他の型のものに比し回轉部の重量著しく輕ければ輕負荷にて與ふべき補助回轉力は比較的微小にて足る從來用ひらるゝ方法二つあり。孰れも電壓線輪のみによりて回轉力を得るものなれど

一は磁路に短絡導體を用ひて磁力線配付に不平衡を起し他は磁路に鐵片を用ひ岐路を作りて同様の結果を生ぜしむるものなり。第百十九圖の light load adjustment loops は前者の一例にして電壓線輪の作る磁路の中に左右一枚宛眞鍮板を打抜ける loop を入れその位置を變へ之を通過する磁力線の量を加減し左右不平衡を起さしむ。又第百二十四圖は後者の一例にしてコロンビヤ計器に使用せらる即ち電壓線輪鐵心は無磁金屬のフレーム上に取りつけられケースは鋼板製なれば線輪鐵心上に取付けたる鐵棒を通しケースへ洩るゝ磁力線の量は鐵棒の位置によりて加減し得べし。此の計器は第百二十六圖に見る如くかゝる

第百二十六圖



電壓線輪鐵心が左右對稱に並置せらるゝ故その漏洩磁氣を加減し不平衡を來せば直ちに電壓のみにて回轉力を發生すべし。

(4) 周波數の影響 (Influence of frequency) 電壓線輪電

流の値は  $I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + X^2}}$  にて表はされ抵抗  $R$  は溫度によりて變り  $X$  は  $2\pi fL$  にして周波數と關係を有す。従つて  $I$  は  $f$  の高くなるに從て減少し  $f$  の低くなるに及びて増大すれば  $I$  によりて勵磁せらるゝ電壓線輪磁場は  $f$  の大小によりて變化す。然るに  $I$  が  $E$  より遅るゝ角  $\beta$  は次式によりて表はさるれば  $\beta$  正弦は  $f$  に比例す。

$$\tan \beta = \frac{X}{R} = \frac{2\pi fL}{R}$$

而して  $I$  によりて起る磁力線は殆んど  $I$  と同位相にあるを以て此の磁力線と  $E$  との位相差角も亦  $f$  に關係して變化すべし。

即ち周波數低減すれば電壓線輪の電流は増大すれど同時に前記の位相差角  $\theta_0$  を減じ位相調整不足の場合と同様の結果を生ず。而してかゝる計器は lagging current にて回轉遅くなる傾向を有する事前述の如くなれば結局電流増大により回轉増加せんとする傾向と相殺するの現象を生ず。但し leading current に於ては誤差著しくなるべきは説くを要せず。

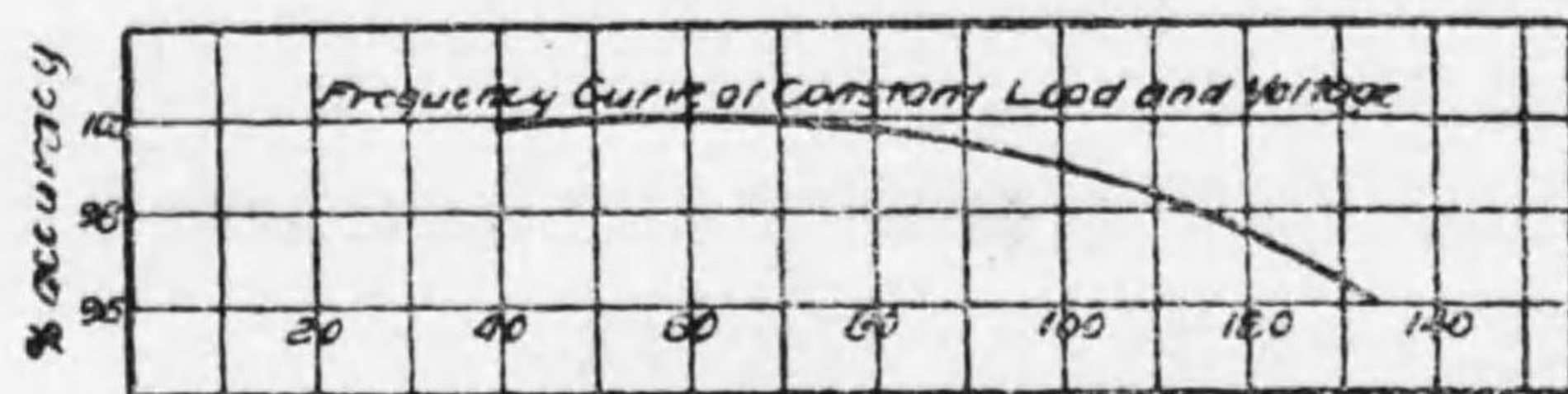
同様に周波數増大する場合に之と反對の結果を生ずるは自ら明らかなるべし。

計器確度の周波數變化する。特性は第百二十七圖に示す如し。

誘導型にありても直流に於けると同じく單相三線式の場合には二個の單相二線式計器を用ひて測定し得べし。三線式計器は單相式と殆んど同様にして一個の電壓線輪と二個の電流線輪とを有し後者は一個づゝ外側の線路に接続せられ前者は次の二様



第百二十七圖



誘導型单相三線式計器

の接続方法あり孰れも負荷の性質によりて種々の誤差を生ずれば少しく細論せん。

(I) 電圧線輪を外側の線間に接続せる場合

- (1) 平衡負荷
- (2) 不平衡負荷

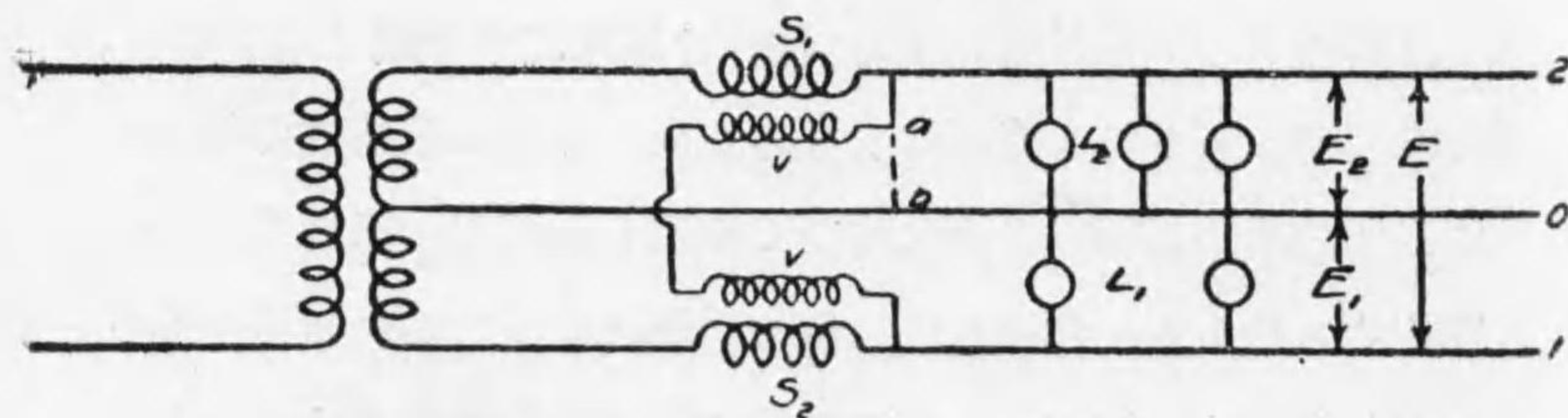
(II) 電圧線輪を外側の一方と=ユトラル線との間に接続せる場合

- (1) 平衡負荷
- (2) 不平衡負荷

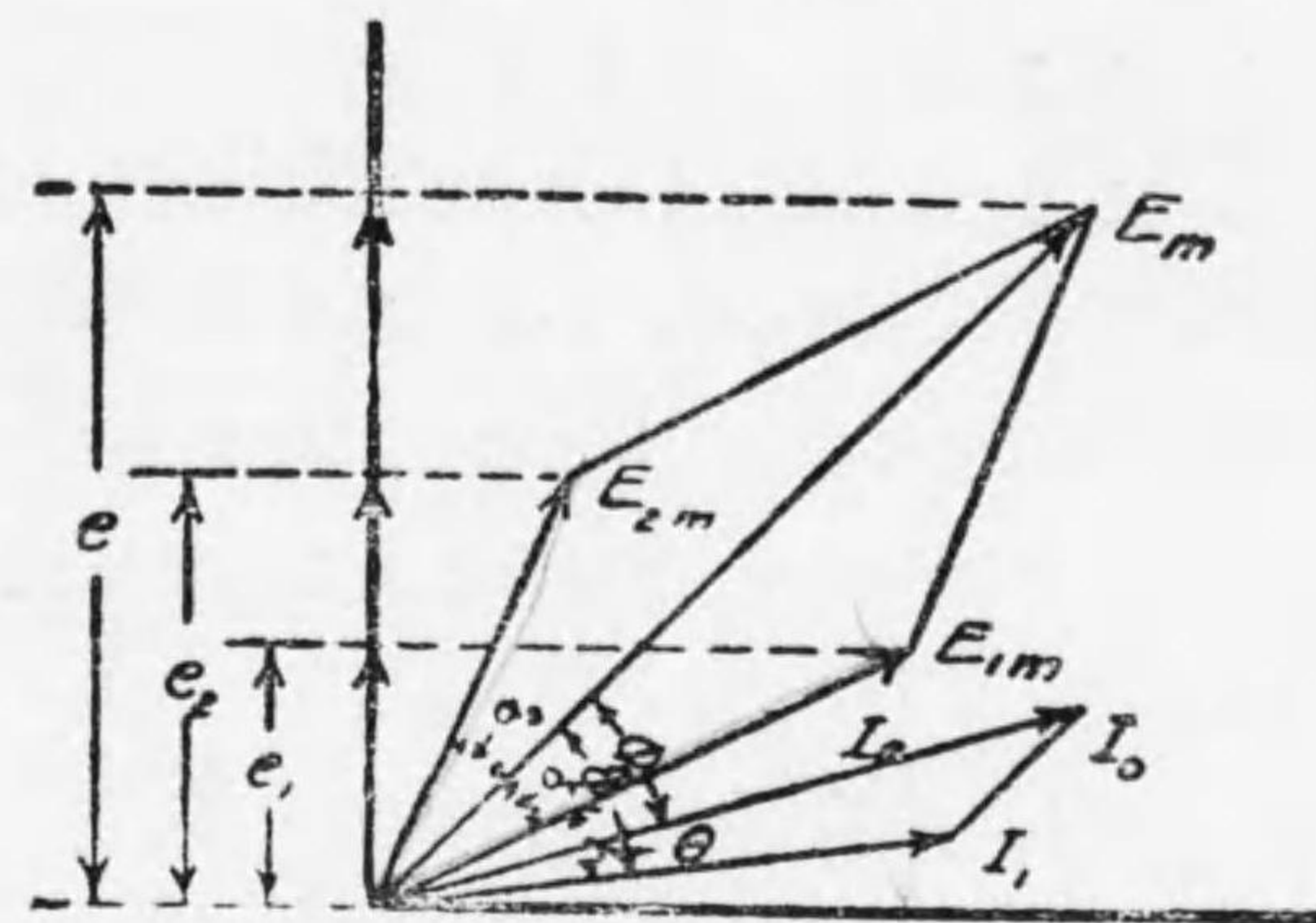
(I) 電圧線輪を外側の線間に接続せる場合

第百二十八圖 の如き接続にて各線電圧及び電流が第百二十九圖の如き關係にありとせば或る瞬間には

第百二十八圖



第百二十九圖



$$e = E_m \sin \omega t$$

$$e_1 = E_{1m} \sin(\omega t - \alpha_1)$$

$$e_2 = E_{2m} \sin(\omega t + \alpha_2)$$

$$i_1 = I_1 \sin(\omega t - \psi_1)$$

$$i_2 = I_2 \sin(\omega t - \psi_2)$$

なるべく  $L_1$  及  $L_2$  なる荷重に消費せらるゝ電力の瞬間値は

$$w = e_1 i_1 + e_2 i_2$$

なるべく又計器の出す回轉力の瞬間値は

$$\tau = \frac{1}{2} e (i_1 + i_2)$$

なるべし。然るに  $e = e_1 + e_2$  ならば

$$\tau = \frac{1}{2} (e_1 + e_2) (i_1 + i_2)$$

而して  $w$  と  $\tau$  との差は計器の誤差となる

$$w - \tau = e_1 i_1 + e_2 i_2 - \frac{1}{2} (e_1 + e_2) (i_1 + i_2)$$

$$= \frac{1}{2} [(e_1 i_1 + e_2 i_2) - (e_1 i_1 + e_1 i_2)]$$

然るに  $e_1 = E_{1m} \sin(\omega t - \alpha_1)$

$$e_2 = E_{2m} \sin(\omega t + \alpha_2)$$

$$i_1 = I_1 \sin(\omega t - \psi_1)$$

$$i_2 = I_2 \sin(\omega t - \psi_2)$$

$$i_1 = I_1 \sin(\omega t - \phi_1)$$

$$\text{従て } e_1 i_1 = E_{1m} I_1 \sin(\omega t - \alpha_1) \sin(\omega t - \phi_1)$$

$$e_1 i_1 = E_{1m} I_1 (\sin \omega t \cos \alpha_1 - \cos \omega t \sin \alpha_1) \\ (\sin \omega t \cos \phi_1 - \cos \omega t \sin \phi_1)$$

此の瞬間値の平均は互に相等しかるべく  $\sin^2 \omega t$  及び  $\cos^2 \omega t$  の平均は  $\frac{1}{2}$  にして  $\sin \omega t \cos \omega t$  の平均は 0 ならば上式は變じて次の如くなるべし。

$$e_1 i_1 \text{ の平均} = \frac{1}{2} E_{1m} I_1 \cos(\phi_1 - \alpha_1)$$

同様にして  $e_2 i_2$  の平均  $= E_{2m} I_2 \cos(\phi_2 + \alpha_2)$

$$\text{又 } e_2 i_1 \text{ の平均} = \frac{1}{2} E_{2m} I_1 \cos(\phi_2 + \alpha_2)$$

$$\text{及び } e_1 i_2 \text{ の平均} = \frac{1}{2} E_{1m} I_2 \cos(\phi_2 - \alpha_1)$$

となり之を  $(w - \tau)$  に代入すれば

$$w - \tau = \frac{1}{4} [E_{1m} I_1 \cos(\phi_1 - \alpha_1) + E_{2m} I_2 \cos(\phi_2 + \alpha_2)] \\ - \frac{1}{4} [E_{1m} I_2 \cos(\phi_2 - \alpha_1) + E_{2m} I_1 \cos(\phi_2 + \alpha_2)]$$

を得べし之れ基本公式なり。従て平衡及不平衡總ての場合につき夫れ夫れの値を代入し上式を零とする際は計器の指示正しく之を負とする場合には計器の回轉過速となり又之を正とする時には回轉遅きに過ぐべし。

最も普通の場合には平衡負荷にして  $I_1 = I_2, E_1 = E_2, \alpha_1 = \alpha_2$  及び  $\phi_1 = \phi_2$  ならば  $w - \tau = 0$  となり計器の誤差 0 となる。而して不平衡負荷の場合に於て  $I_1$  と  $I_2$  との不平衡がその影響を他に及ぼさずして  $E_1 = E_2, \alpha_1 = \alpha_2$  及び  $\phi_1 = \phi_2$  なる時は

$$w - \tau = \frac{1}{4} E_{1m} [I_1 \cos(\phi_1 - \alpha_1) - (I_1 - I_2) \cos(\phi_1 + \alpha_1) \\ - I_2 \cos(\phi_1 - \alpha_1)]$$

$$= \frac{1}{4} E_{1m} [(I_1 - I_2) \{\cos(\phi_1 - \alpha_1) - \cos(\phi_1 + \alpha_1)\}] \\ = \frac{1}{2} E_{1m} (I_1 - I_2) \sin \phi_1 \sin \alpha_1$$

となり一般に多少の誤差を生ず。

(II) 電壓線輪を外側とニュウトラルとの間に接続せる場合  
第二百二十八圖にて  $ab$  なる點線によりて示す如き接続を用ふるときは

$$w = e_1 i_1 + e_2 i_2$$

$$\tau = e_1 i_1 + e_1 i_2$$

$$w - \tau = e_2 i_2 - e_1 i_2$$

然るに  $e_2 i_2$  の平均  $= \frac{1}{2} E_{2m} I_2 \cos(\phi_2 + \alpha_2)$

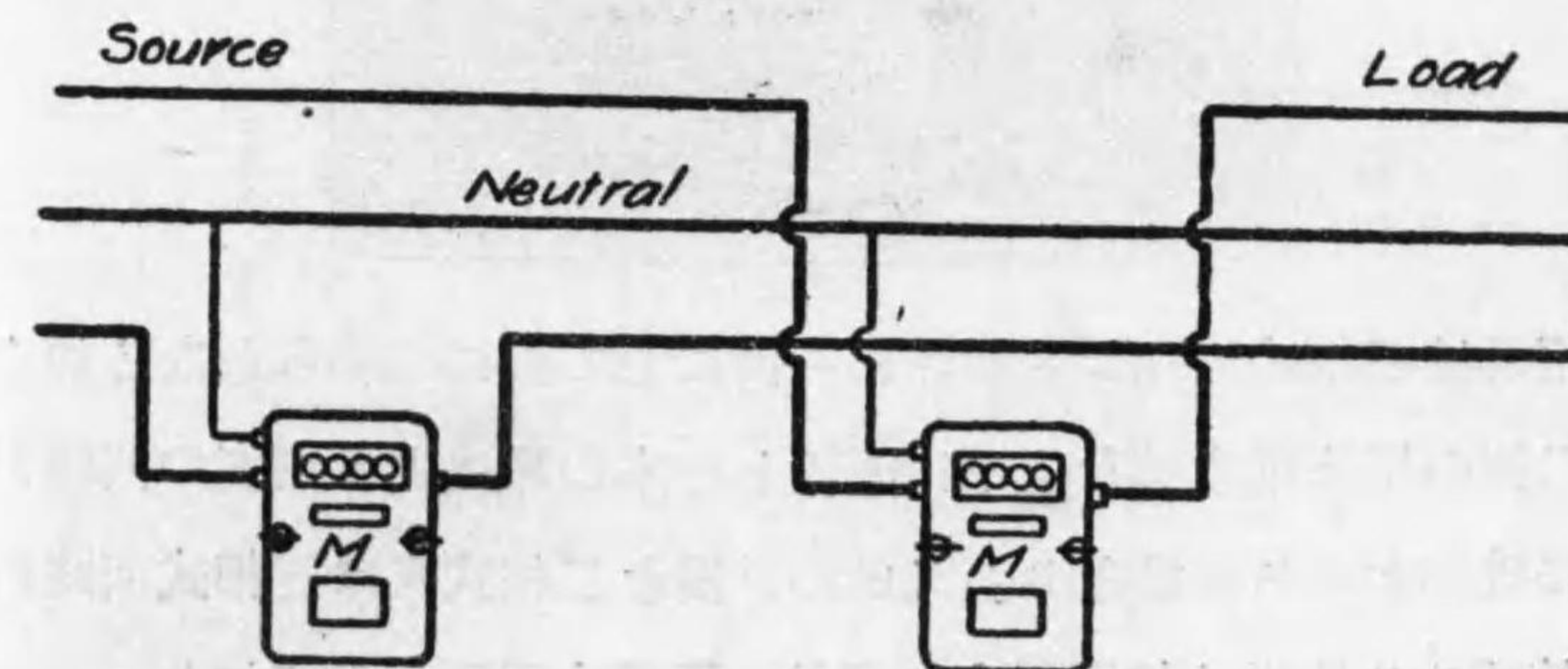
$$\text{又 } e_1 i_2 \text{ の平均} = \frac{1}{2} E_{1m} I_2 \cos(\phi_2 + \alpha_1)$$

$$\text{故に } (w - \tau) \text{ の平均} = \frac{1}{2} I_2 [E_{2m} \cos(\phi_2 + \alpha_2) \\ - E_{1m} \cos(\phi_2 - \alpha_1)]$$

今平衡負荷に於て  $E_2 = E_1, \phi_2 = \phi_1, \alpha_2 = \alpha_1$  ならば  $(w - \tau)$  の平均  $= -\frac{1}{2} I_2 E_{2m} 2 \sin \phi_2 \sin \alpha_2 = -E_{2m} I_2 \sin \phi_2 \sin \alpha_2$

此の式は  $\alpha_2 = 0$  の場合に於てのみ 0 となる。要するに單相三

第百三十圖



線式にありては平衡負荷に於てのみ (I) の接続を用ふべく不平衡負荷にありては**第百三十圖**の如き二個の單相電力計を用ふるを最も精確なる法なりとす。

誘導型多相式計器

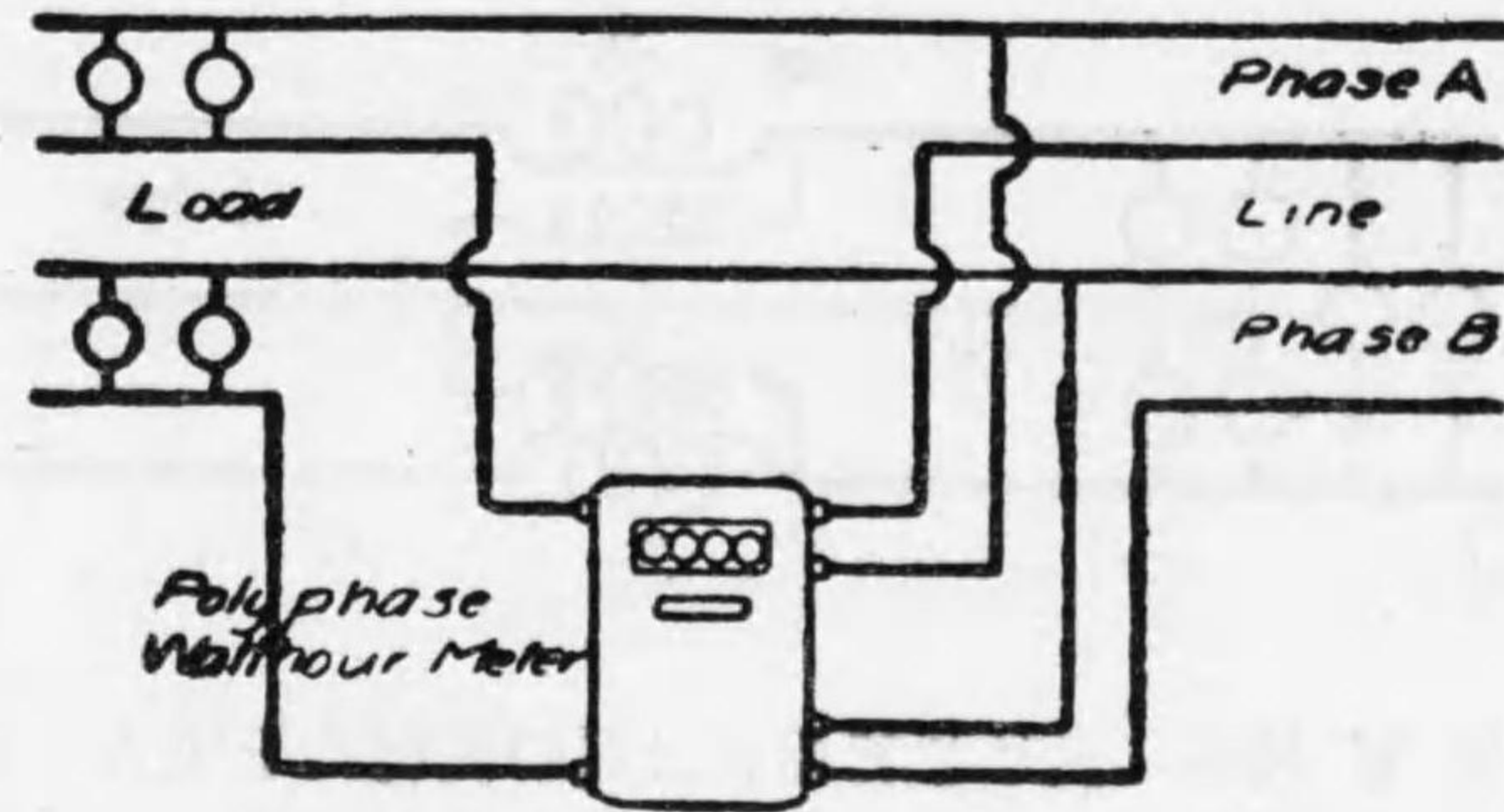
交流多相式回路の電力を測定するには若干個の單相電力計を用ふるか若しくは壹個の多相式計器を用ふ。**第百三十一圖**は二

第百三十一圖

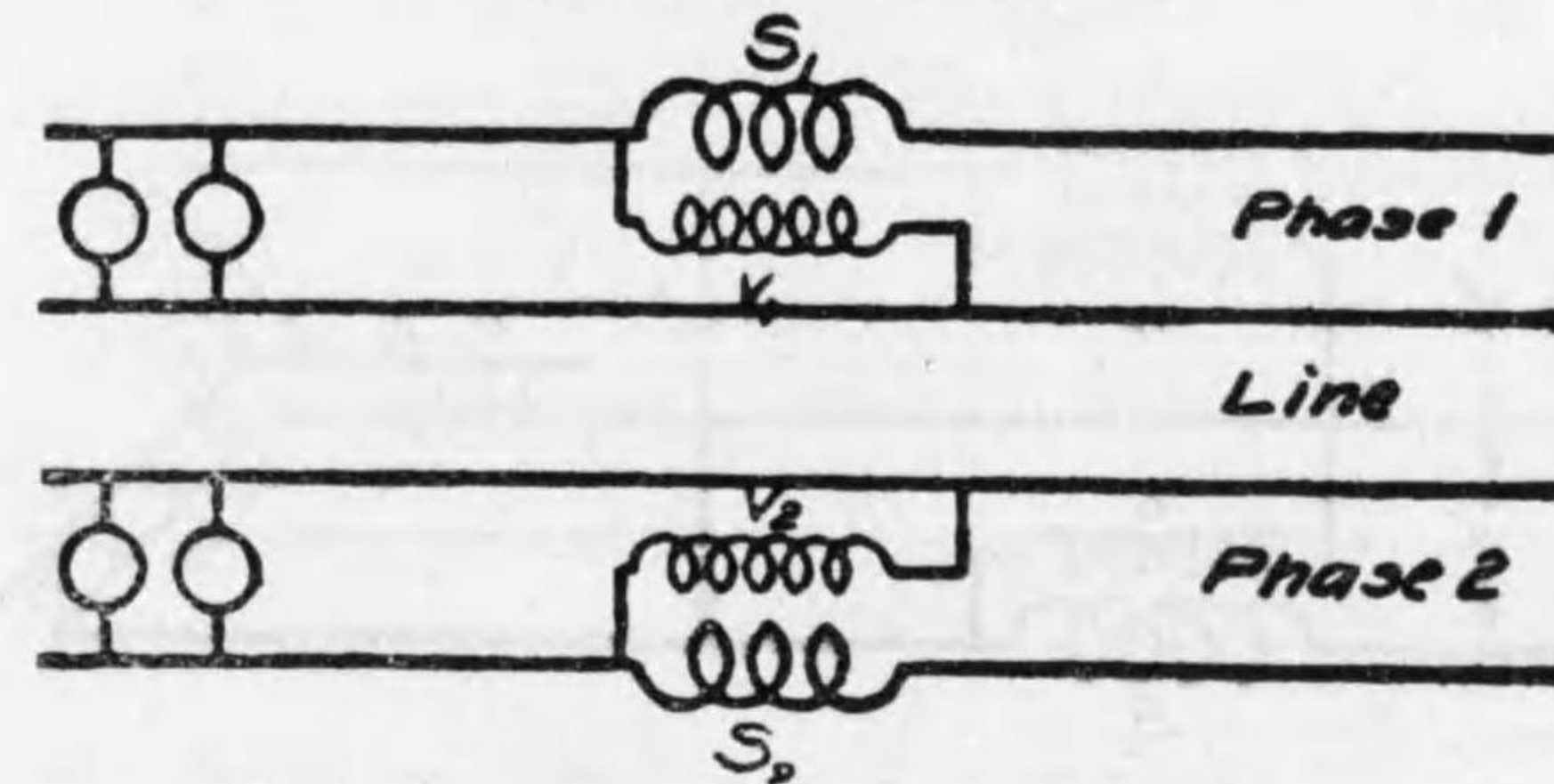


相又は三相式に用ふる計器の一例にして圖にて明らかなる如く二個の單相電力計を上下に配置し一本の軸により兩者の回轉力の總和を取る構造なり。又此の計器を二相式或は三相式回路に接続せる模様は**第百三十二圖**乃至**百三十五圖**に示す如し。

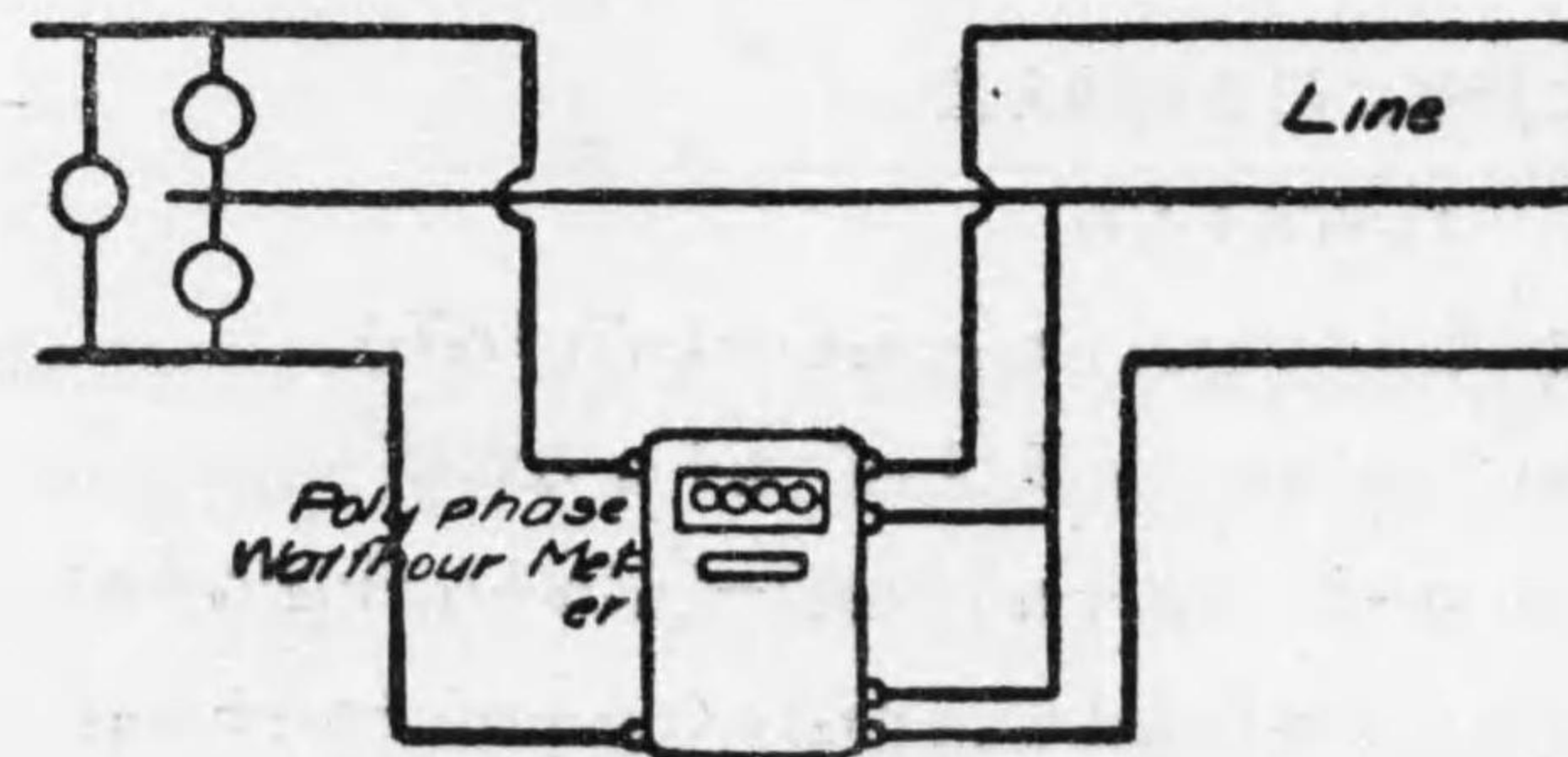
第百三十二圖



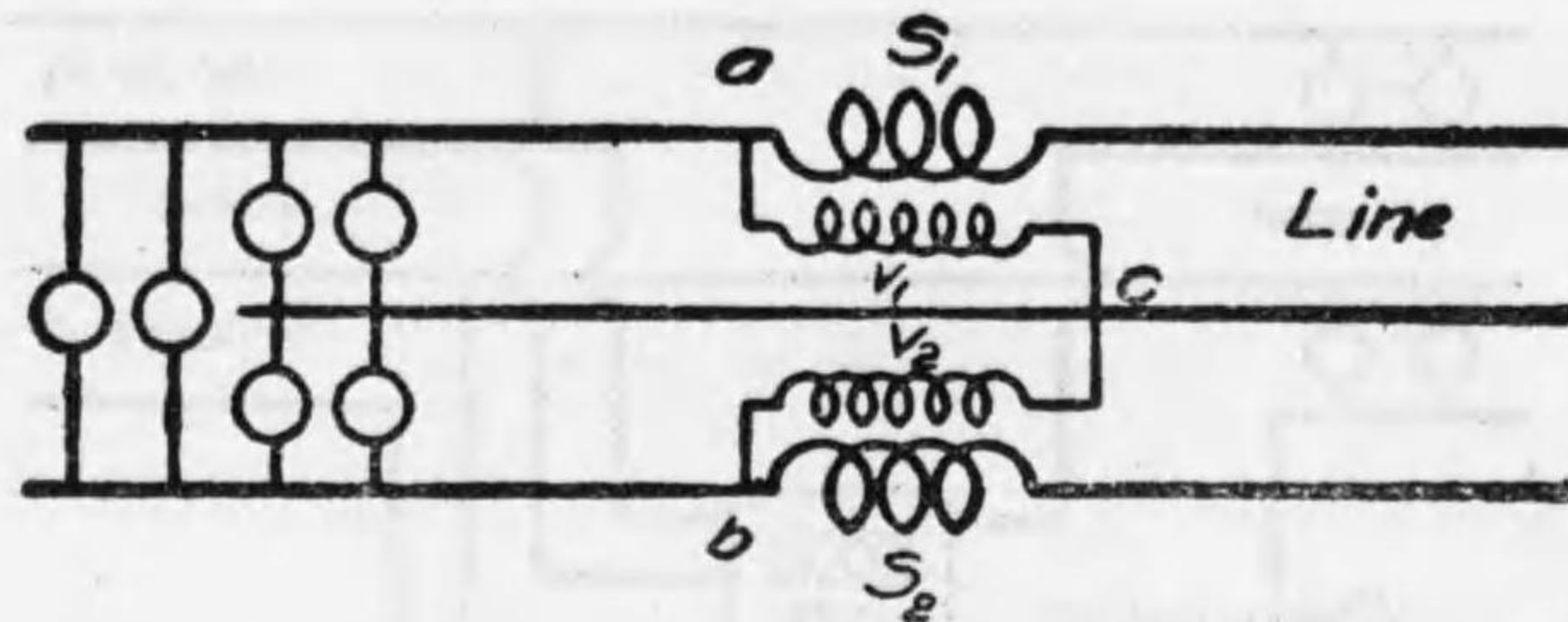
第百三十三圖



第百三十四圖

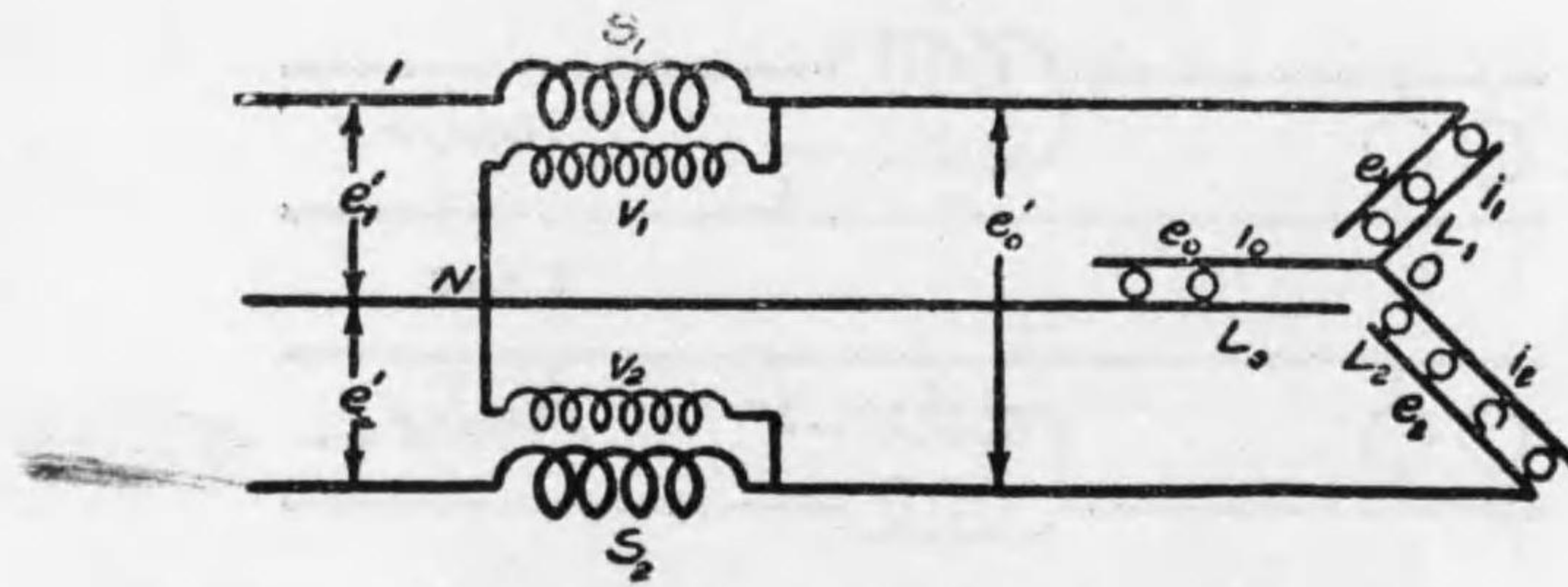


第百三十五圖



今三相 Y 接続に於ける三相式計器の回轉力と電力との關係を吟味せんに第百三十六圖に示す如き接続にありて  $e_0, e_1, e_2$  及び

第百三十六圖



$i_0, i_1, i_2$  を夫れ夫れ電壓及び電流の瞬間値とせば電力は

$$e_0 i_0 + e_1 i_1 + e_2 i_2$$

然るに計器に起る回轉力は

$$\tau = e_1' i_1 + e_2' i_2$$

$$\text{従て } w - \tau = (e_0' i_0 + e_1' i_1 + e_2' i_2) - (e_1' i_1 + e_2' i_2)$$

然るに  $e_1' = e_0 + e_1$  及び  $e_2' = e_0 + e_2$  ならば

$$\begin{aligned} w - \tau &= (e_0' i_0 + e_1' i_1 + e_2' i_2) - [i_1(e_0 + e_1) + i_2(e_0 + e_2)] \\ &= (e_0' i_0 + e_1' i_1 + e_2' i_2) - (e_0 i_1 + e_1 i_1 + e_0 i_2 + e_2 i_2) \end{aligned}$$

$$= e_0(i_0 - i_1 - i_2)$$

而して  $i_0 - i_1 - i_2$  は常に 0 ならば

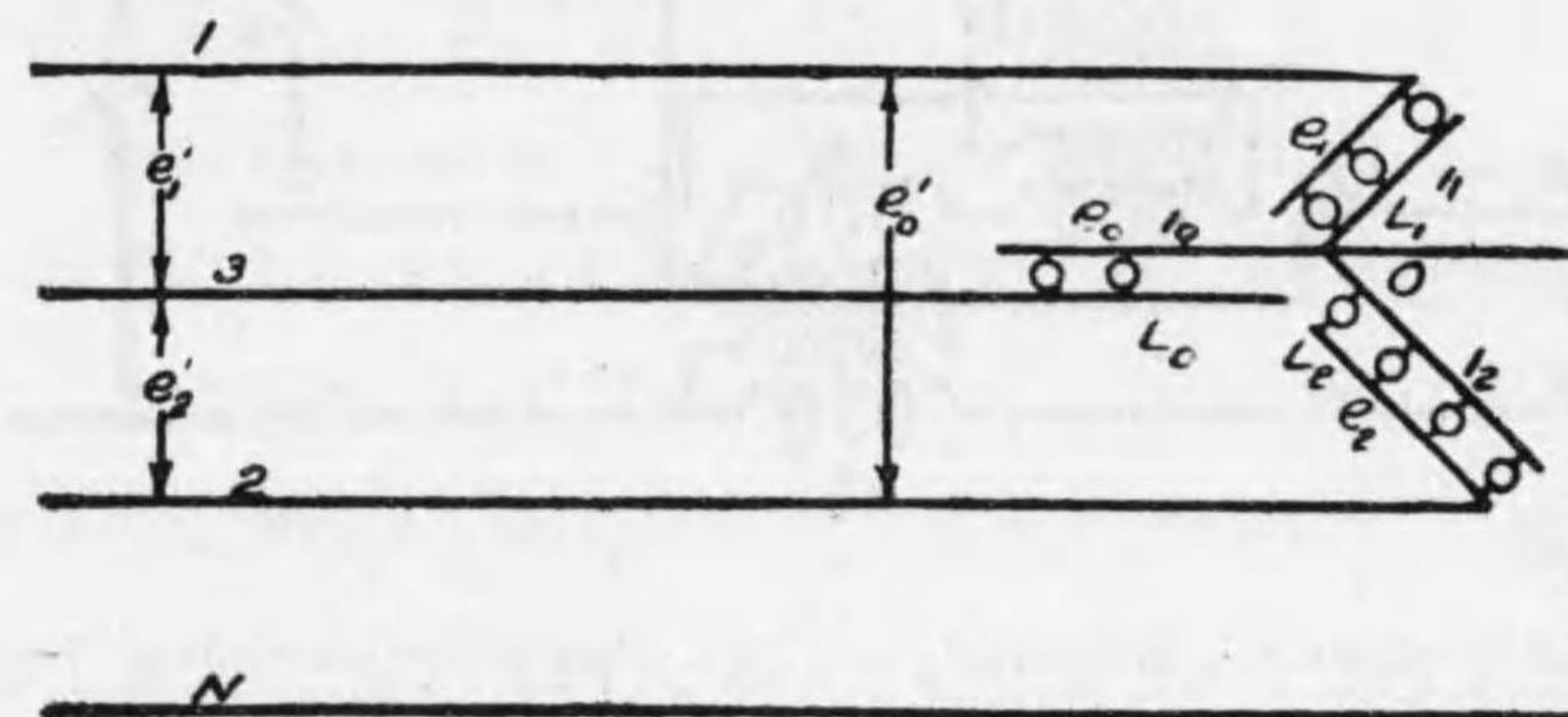
$$w - \tau = 0$$

即ち Y 接続にありては負荷の状態如何に關せず常に精確なり。

同様の解式を用ひて三相三線式△接続の場合にも誤差を生ぜざるを證し得べし。

又百三十七圖の如く三相四線式にありては三線式 Y 接続に於ける如く  $i_0 - i_1 - i_2 = 0$  なる能はざる爲め第百三十六圖の接続を用ふれば誤差を生ずべし。此の際は第百三十八圖の如く Y 及△を兼體せる様の接続を用ふれば精確に電力を測定し得べし。

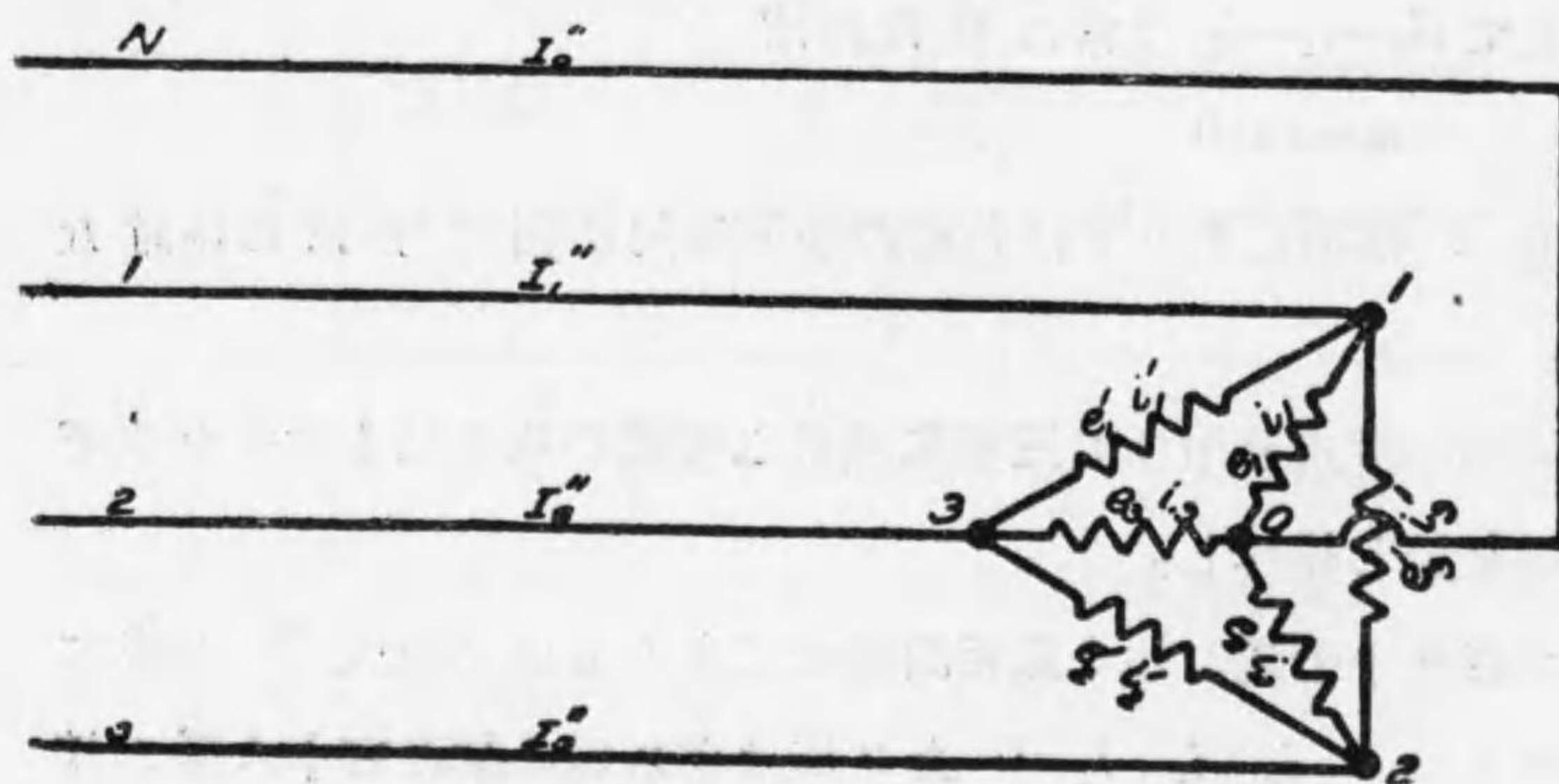
第百三十七圖



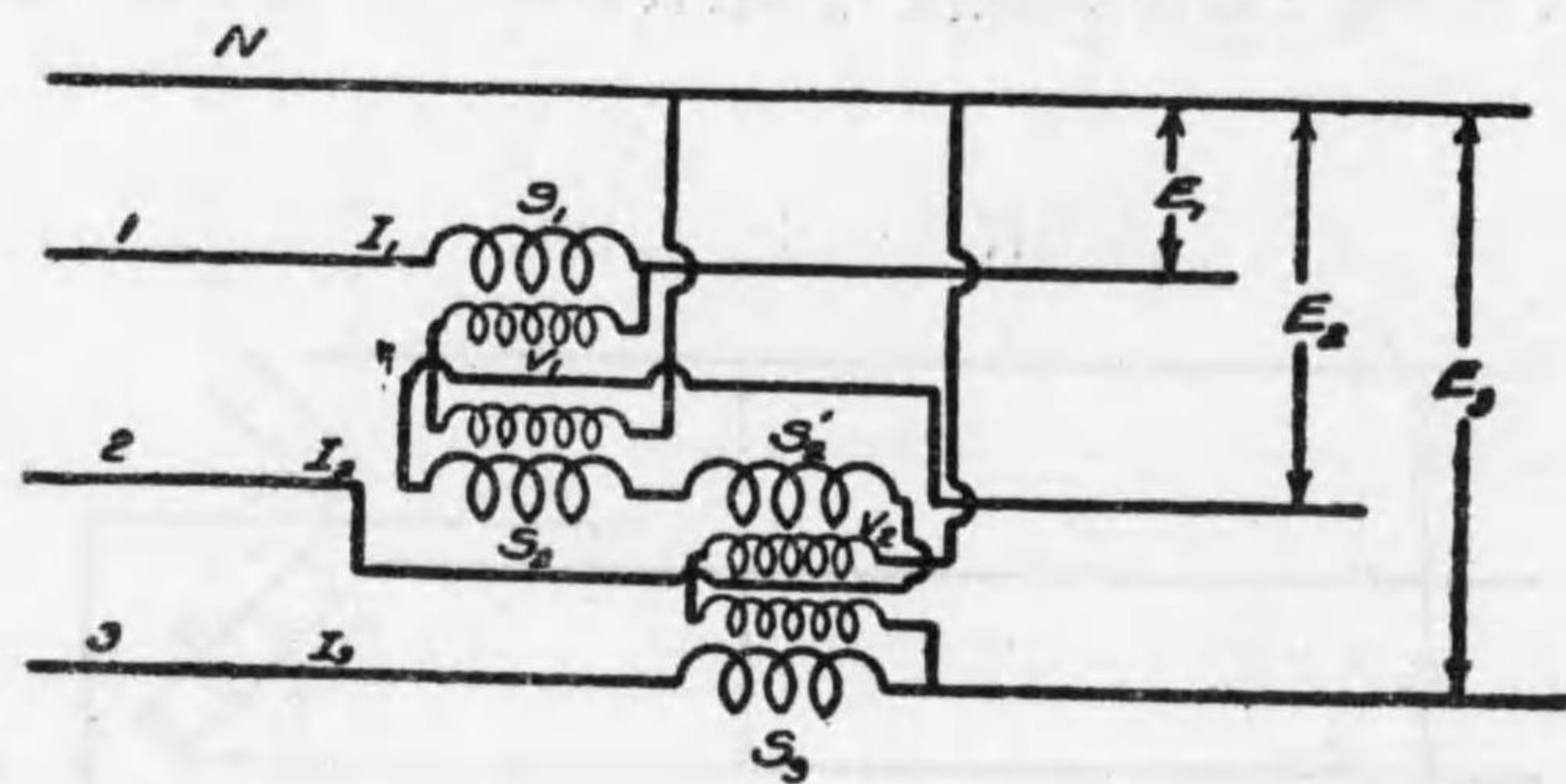
計器の構造は全く同様にして唯電線輪が第百三十九圖に示す如く四個に分れ兩方のエレメントに捲かるゝを著しき差違なりとす。

多相式計器のエレメントの平均及干涉 多相式計器は二つの

第百三十八圖



第百三十九圖



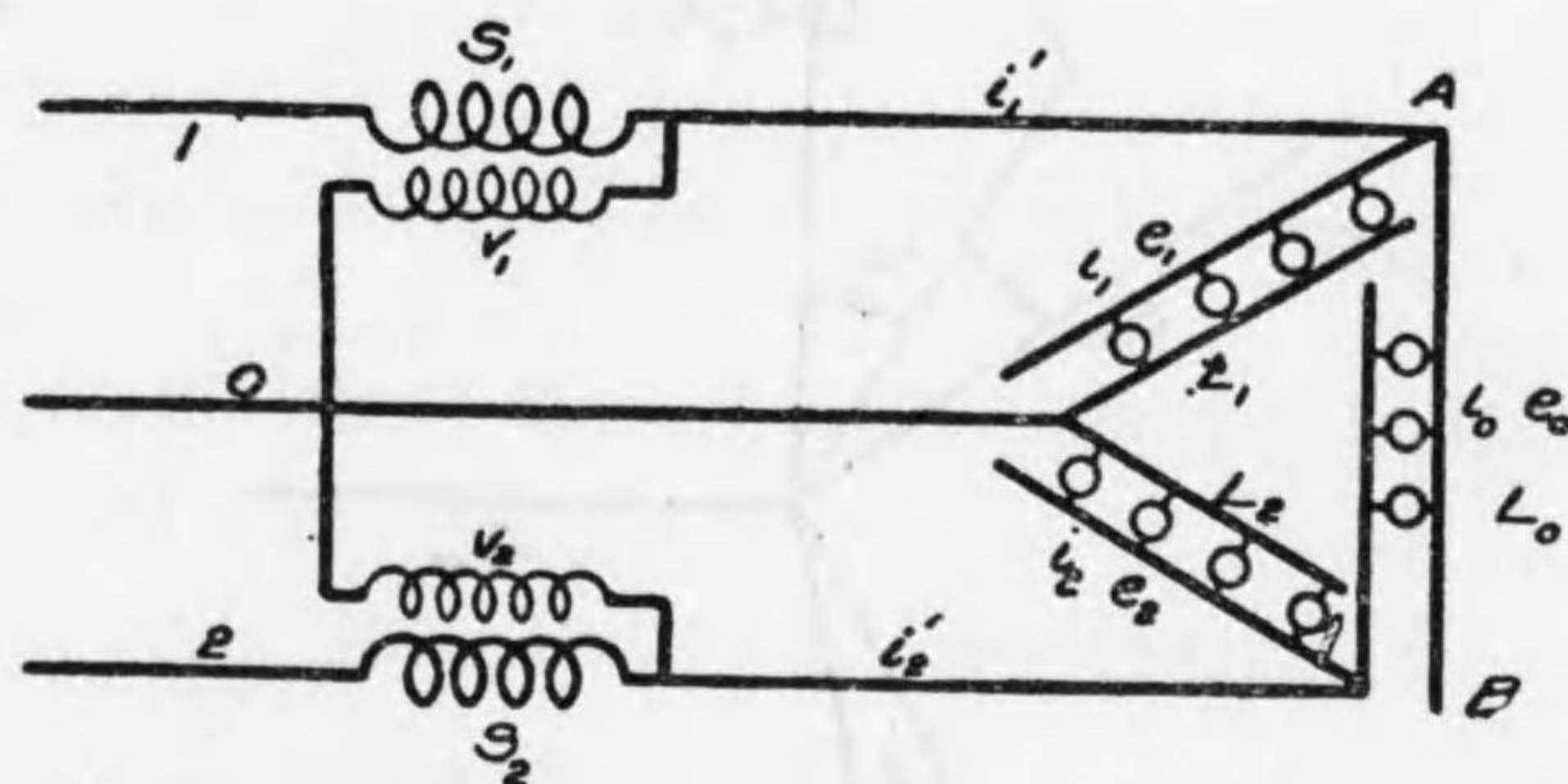
エレメントを有するにより各エレメントの平均は甚だ必要あるものにして負荷不平衡の場合又は低力率の場合に益々顯著なるべし。製造者により種々の方法を講じて平均をとれり。

又二つのエレメントは互に近接せる故往々一方の磁力線が他方に及び回轉力を増減する事あり。此の干渉は計器の設計に留意すれば充分防ぎ得べく現今市場(米國の)にあるものは皆殆

んど此の故障なし。

多相電力計と力率との關係は頗る注意を要す。第百四十圖圖の如き三相三線式△接続の回路に於て各相の負荷が平衡せる場合にはその vector 線圖は第百四十一圖の如くなるべし。

第百四十圖



$I_{1m}, I_{2m}$  及び  $I_{0m}$  は夫れ夫れ AO, BO 及 AB 回路に於ける電流の最大値にして  $I_{1m}$  はその電壓  $E_{1m}$  より  $\theta$  だけ遅る。

電力計の一つのエレメントに流るゝ電流は  $I_{1m} I_{0m}$  との vector 差  $I_m$  にして又之に與へらる電壓は  $E_m$  ならば兩者によりて起る回轉力は  $T_1 = EI \cos(\theta + 30)$  なるべし。茲に  $E$  は線間電壓の實効値  $I$  は線電流の實効値なり。同様にして他のエレメントの受くる回轉力  $T_2$  は  $T_2 = EI \cos(\theta - 30)$  なるを知る。

依て  $\theta = 0$  の時は  $T_1 = T_2 = EI \cos 30$

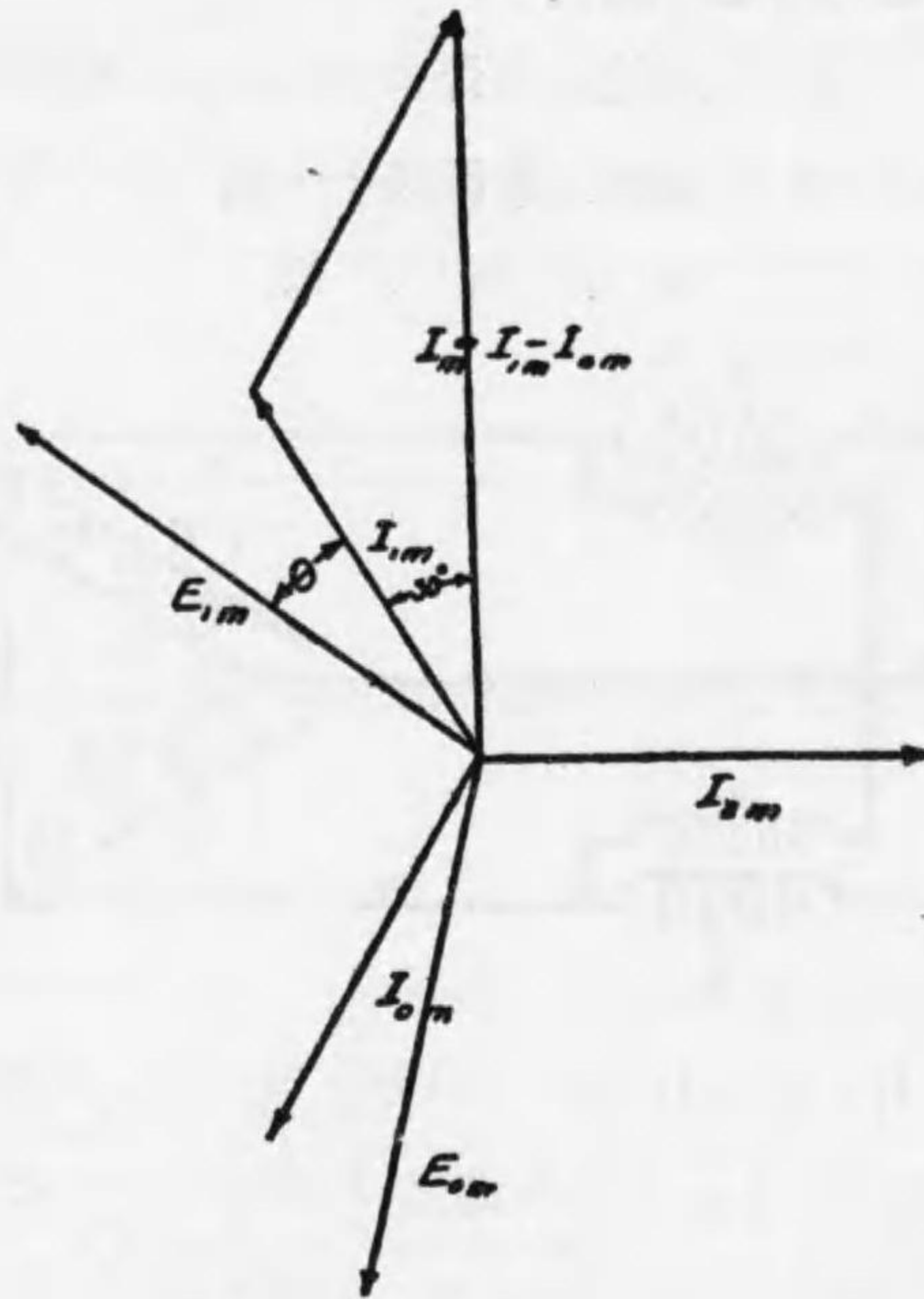
$\theta = 30^\circ$  の時は  $T_1 = EI \cos 60$  及  $T_2 = EI$

故に  $T_2 = 2T_1$

$\theta = 60^\circ$  の時は  $T_1 = 0, T_2 = \frac{1}{2} \sqrt{3} EI$

即ち一方のエレメントのみ回轉力を受く

第百四十一圖



又  $\theta=90^\circ$  の時は  $T_1 = -\frac{EI}{2}$   $T_2 = \frac{EI}{2}$

即ち二つの回轉力は互に相殺するに至る。

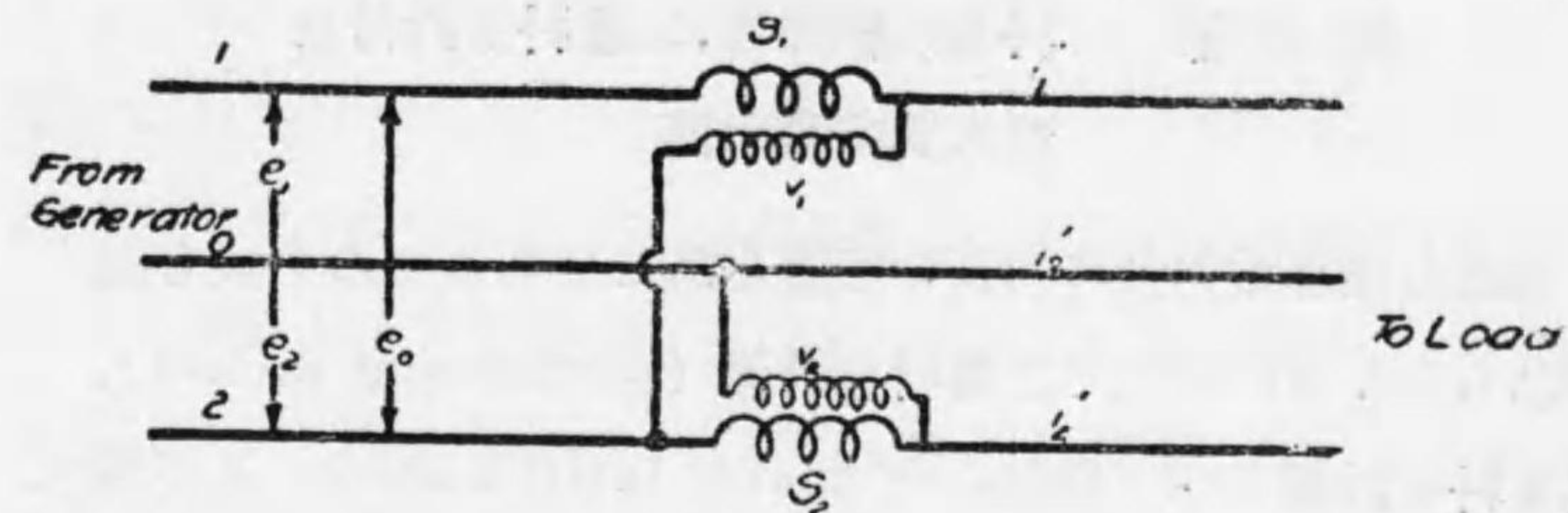
従て三相電力計は其の接続を誤まる時或る力率に於て全く反對の方向に回轉するが如き結果を生ずべし。今其の一例として第百四十二圖の如き接続をなせるものを考ふるに各エレメントの受くる回轉力は

$T_1 = e_0 i_1'$  及び  $T_2 = e_2 i_2'$

平衡負荷に於ける平均回轉力は

$T_1 = e_0 i_1'$  の平均  $T_2 = e_2 i_2'$  の平均

第百四十二圖



然るに第百四十一圖にて明らかなる如く  $E_{0m}$  は  $I_m$  と  $(150 + \theta)$  の位相差を有するにより

$T_1 = EI \cos(150 + \theta)$  なるべし又前述の如く

$T_2 = EI \cos(30 + \theta)$  ならば

$\theta = 0$  に於ては  $T_1 = -\frac{1}{2}\sqrt{3}EI$ ,  $T_2 = \frac{1}{2}\sqrt{3}EI$

にして二回轉力は互に大き相等しく方向反對にして圓板回轉せざるも今電壓線輪  $V_1$  の接続を反對にすれば  $T = T_1 + T_2 = \sqrt{3}EI$  を得計器の指示正確となる然れども今  $\theta = 30^\circ$  となる時は回轉力は

$T_1 = EI, T_2 = EI$

$T = T_1 + T_2 = 2EI$

となり荷重は  $\sqrt{3}EI \cos 30 = 1.5EI$  に過ぎざれば結局計器は 33.3% 過速となる。

斯の如く三相計器は單に接続後エレメントの一方宛のみにて回轉するを見る丈にては甚だ不安全にして種々の力率に於ける計器の確度を調ふる必要あり。

要するに三相計器の接続は計器に附屬せる圖面と充分對照し誤りなく接続せざるべからず。

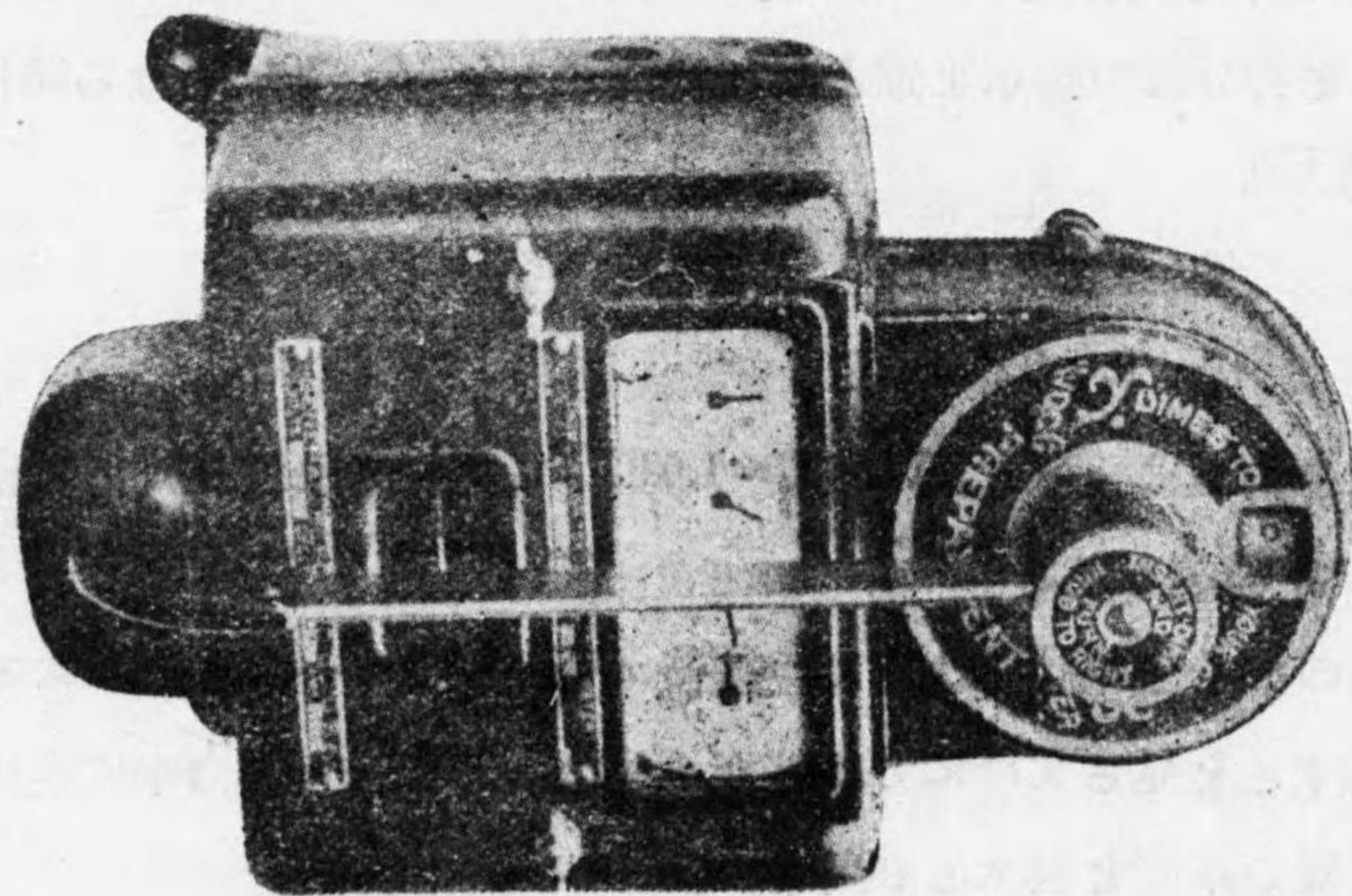
第五節 料金前納計器、二重料金計器及最大負荷表示器

前述の積算電力計に特殊の装置を施こせるものの中最も廣く用ひらるゝものとして二重料金計器 (prepayment meters)、二重料金計器 (two rates or double tariff meters) 及び最大負荷表示器 (maximum demand meters) 等を略述せん。

都市の貸家の如く借主が轉々として移動甚だしき場合には計器の記録を一々検査し前住者より料金を徴集する等の用務頗る煩雜なるものなれば茲に料金を前納し一定量の電氣を消費し得る計器の發達を見たり。之を料金前納計器といふ。

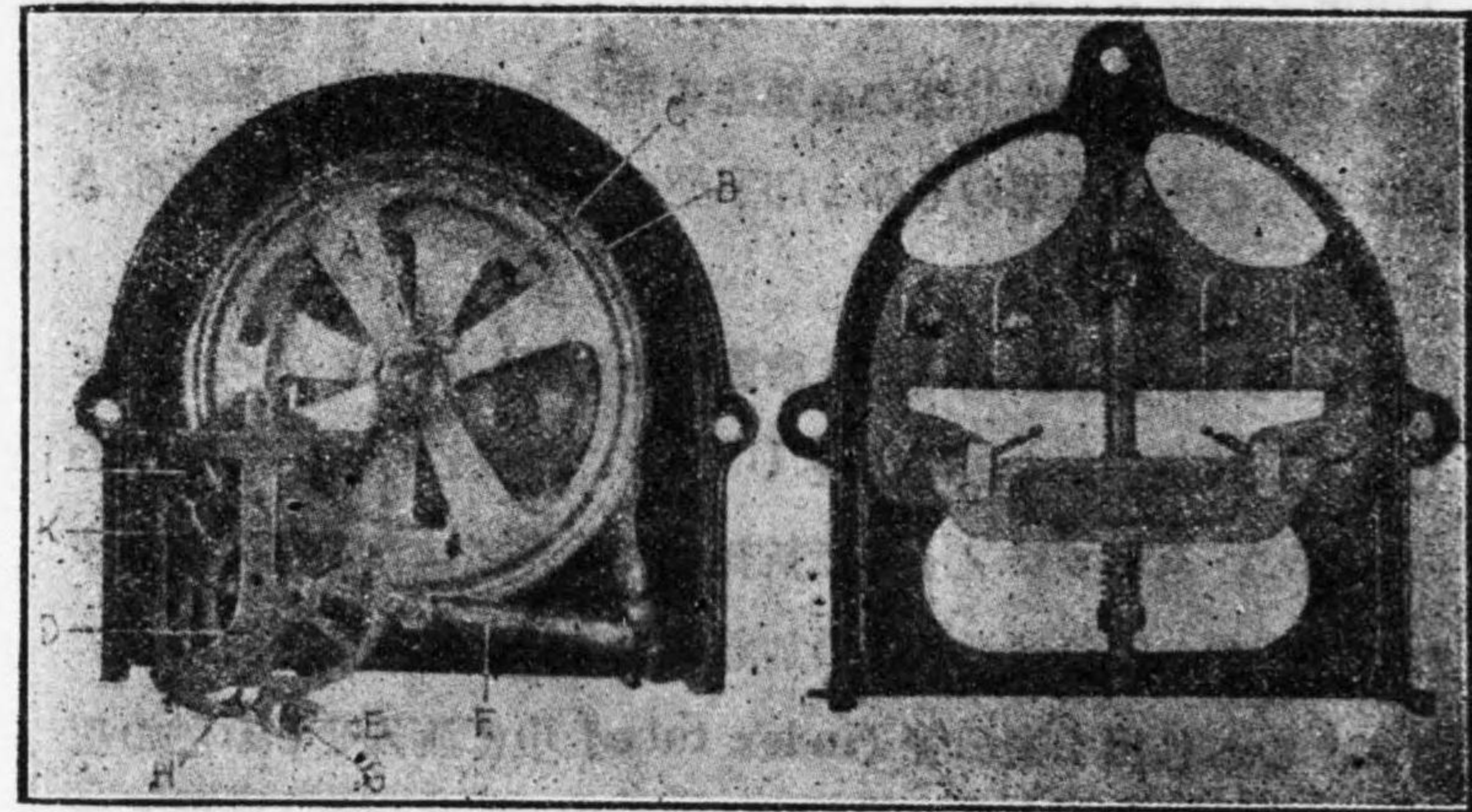
計器の電氣的構造は直流用交流用とも全然通常の積算電力計

第百四十三圖



と異ならず唯貨幣を入れて握りを回轉せば開閉器は自然に閉路せられ電氣を用ひ得べくその消費量が前に投入せる金額に相當するに至るや再び自動的に開路するの装置を附加せるもの也。第百四十三圖はゼネラル會社の計器にして第百四十四圖はその構造を示す。此の装置は甚だ複雑なるものなれど簡略に説明すれば先づ挿入せる貨幣は握りの軸と此の上にある齒車との楔となりて嵌入し握りを回轉すれば齒車を廻し從て一箇のスプリングを巻き開閉器を入れ同時に貨幣の高を指示す然るに計器の圓板の回轉はカム及びベルクランクをへて時計と同様の働らきにより次第に前記スプリングを始め總ての装置を零位に戻し開閉器を切るに至る也。

第百四十四圖



二重料金計器 一日の中時刻によりて高低二様の料金にて電氣を賣買せんとする場合に用ひらるゝ計器なり。即ち荷重が一

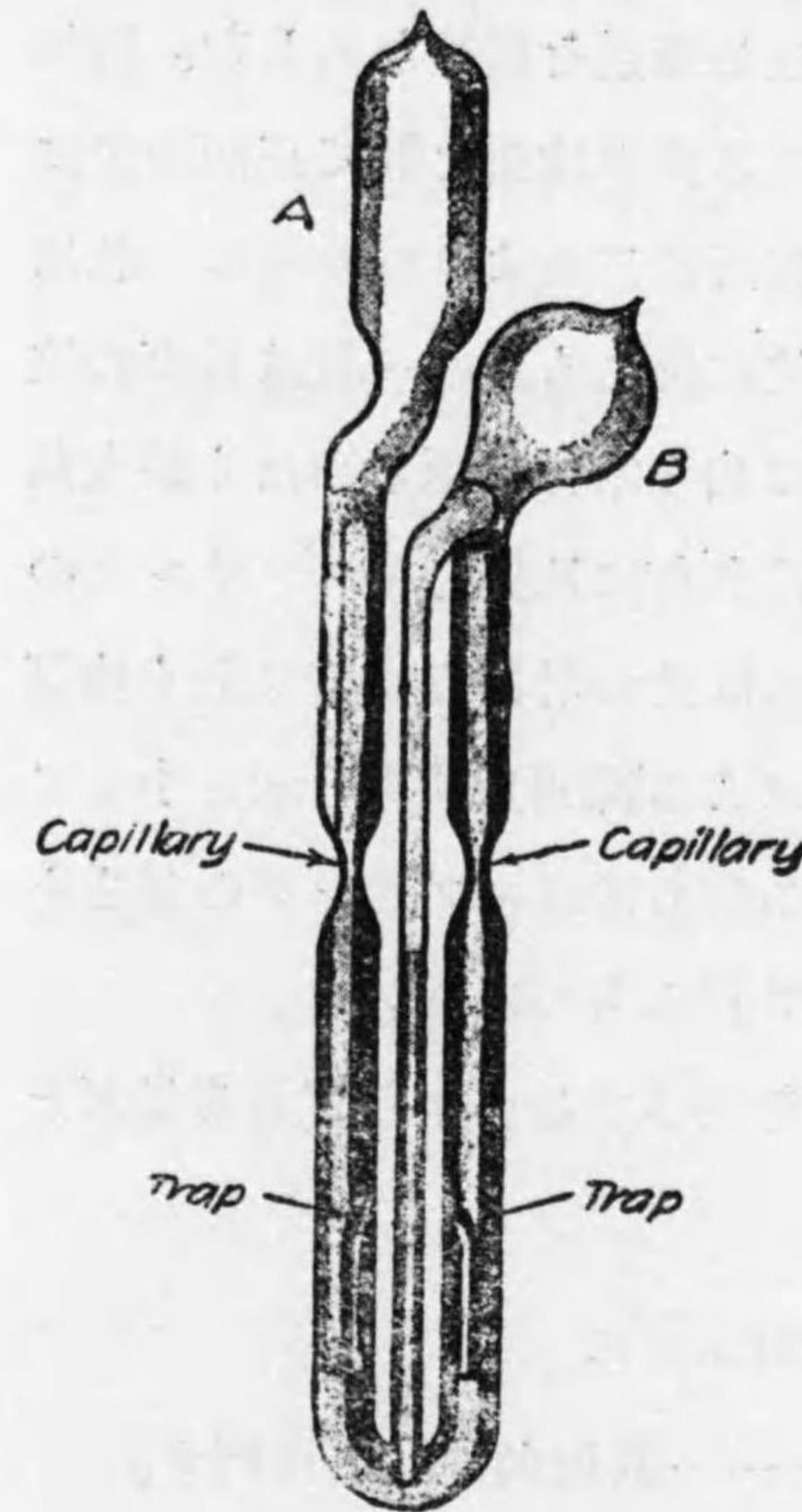
時にかゝる時刻 (peak of the load) には料金を高率にし其の他の時刻に於て低率にするは自然需要者をして同時に負荷するを避けしめ發電所の負荷率 (load factor) を良好ならしむるもの也。

此の型は直流交流何れの場合にありても計器へ一箇の餘分なる積算装置と時計仕掛とを附加したるに過ぎず。即ち時計仕掛は一定時刻に於て自動的に圓板の回轉を一方の積算装置より他方のそれへ切り換へて傳達せしむるものにして構造甚だ簡單なり。

**最大負荷表示器** は負荷の最大量を定むる計器にして温度の測定に於ける最高寒暖計の如し。蓋し或る場合には多大の電力を要し而もその平均電力量の極めて僅少なる需要者は供給者にとりて最も好ましからざるものなれば自らその料金を高價にせざるべからず即ち本計器の必要起る所以なり。此の計器に熱を用ふるものと誘導型のものと同字型のものと同三種あり順次略述すべし。

熱を利用するもの一例は**第百四十七圖**に示せるライト式にして兩端球状をなせる硝子製 U 字管に硫酸を封じ込めるもの一端 A をプラチノイド抵抗線にて巻き之に負荷電流を通ずれば A 中の空氣は抵抗線の加熱により膨脹し液面を押し從て B よりあふれ出で表示管 (index tube) 中に流入せしむ熱の起りて管内の空氣一定溫度迄に上昇せしむるには相當の時間を要するものなれば短絡其他瞬間の負荷は之を計上せず電流を通したる後 40 秒して完全に表示定まるといふ。表示管の内徑一定

第百四十五圖



第百四十六圖



なるに拘らず熱は電流の自乗に比例して發生する故表示管の目盛は上部程廣し。

誘導型のもは電力の最大負荷を表示するものにして指示電力計に其の最大指度を録し置く様の装置を附せるが如きものなり。**第百四十六圖**はゼネラル電氣會社のものにしてその構造は誘導型積算電力計と大差なし。即ち積算電力計の圓板の軸が自由に廻轉し得るに反し此の計器の軸は三箇のスプリングにより



て取り付けられ三廻轉まで動き得べく又圓板を挿み數多の強大なる耐久磁石ありて圓板の急激なる運動を緩徐ならしむ。圓板の三廻轉は之を三分の一に遞減する齒車仕掛を経て正面中央にある指針に一廻轉を與ふ。此の指針は二枚より成りその一枚は圓板が零位に復する時同じく零位に戻るも他の一枚は最高の位置に止められ外部より戻さずんば自ら零位に戻る事なく最大負荷を示すなり。電力計の廻轉力は負荷に比例し又スプリングの應力は廻轉角に比例するものなれば此の計器の目盛は全く均等區分なるべし。此の計器が短絡による瞬間負荷等を示さずして適當のタイムラグを有せしむる爲めにはスプリングの強さと耐久磁石制動とを適度に調整して行ふものなり。

此の方法の解説は少しく數學を用ひざるべからざるも參考となるにより次に述べし。

今圓板が起動する際の應力を考ふるに

- (1) 耐久磁石によるもの……………圓板角速度に比例す。
- (2) スプリングによるもの……………圓板角度に比例す。

の二者あり。今  $\omega$  を角速度  $\theta$  を廻轉角とせば

$$\text{應力 } T = K_0 \omega + K_1 \theta$$

$$T = K_0 \frac{d\theta}{dt} + K_1 \theta$$

$$T dt = K_0 d\theta + K_1 \theta dt$$

今圓板が  $\theta$  より  $\theta_1$  迄廻轉するに  $t_1$  を要せりとせば

$$t_1 = K_0 \int_0^{\theta_1} \frac{d\theta}{T - K_1 \theta}$$

$$= -\frac{K_0}{K_1} \log \frac{T - K_1 \theta_1}{T}$$

$$K_1 \theta_1 = T \left( 1 - \frac{-K_1}{e K_0} t_1 \right)$$

今  $t_2$  瞬間の後  $\theta_1$  の  $\frac{1}{n}$  を振れつゝある際には

$$K_1 \frac{1}{n} \theta_1 = \frac{1}{n} T$$

$$\text{故に } \frac{1}{n} T = T \left( 1 - \frac{1}{\frac{K_1}{e K_0} t_2} \right)$$

$$\frac{1}{n} = \left( 1 - \frac{1}{\frac{K_1}{e K_0} t_2} \right)$$

$$1 - \frac{1}{n} = \frac{1}{\frac{K_1}{e K_0} t_2}$$

$$\frac{K_1}{e K_0} t_2$$

$$= \frac{n}{n-1}$$

$$\frac{K_1}{K_0} t_2 \log e = \log \frac{n}{n-1}$$

$$t_2 = \frac{K_0}{K_1} \frac{\log \frac{n}{n-1}}{\log e}$$

今負荷の 90% を指示する迄の時間をタイムラグとせば

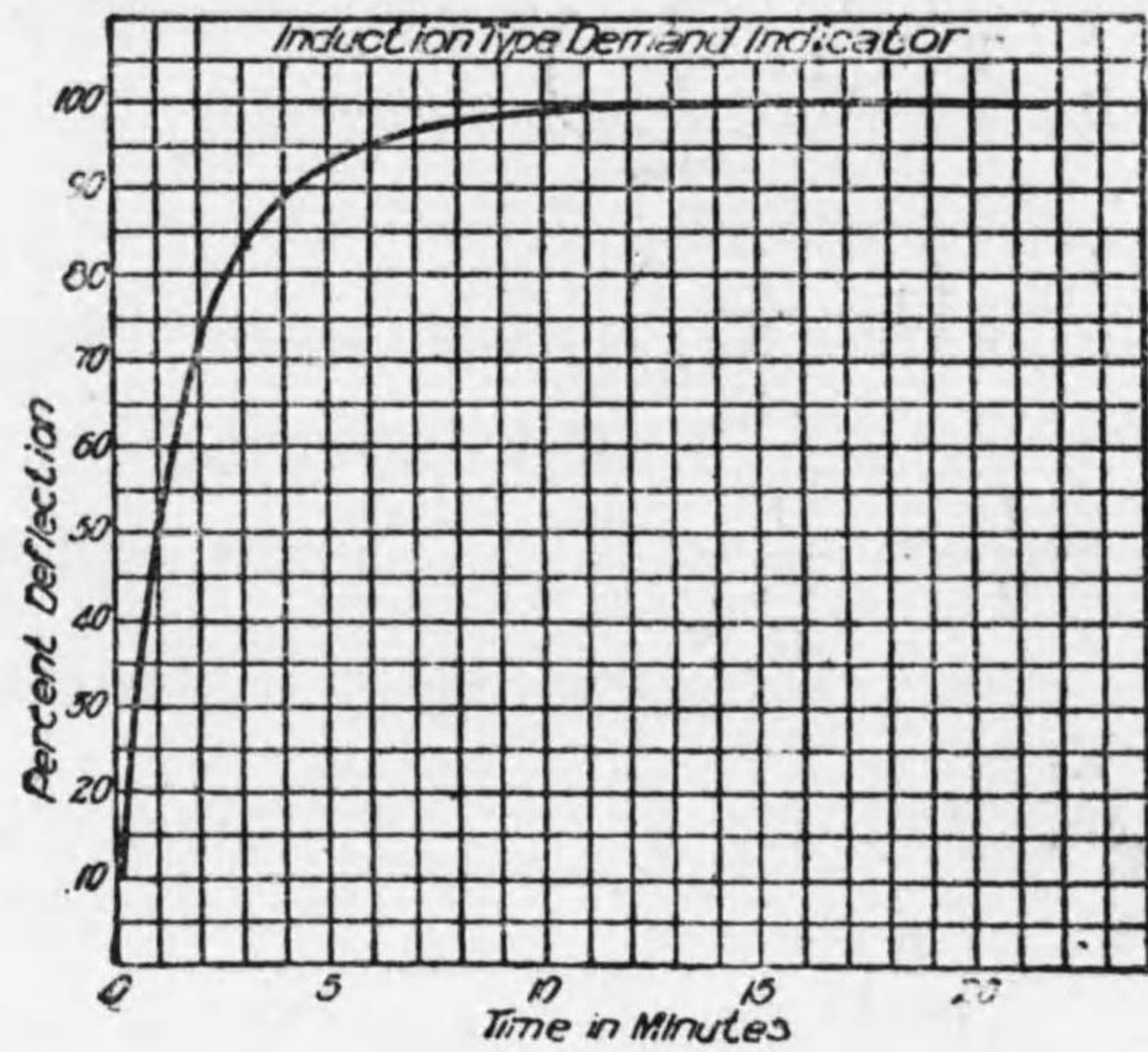
$$\frac{1}{n} = 0.9$$

$$n = \frac{10}{9}$$

$$t_2 = \frac{K_0}{K_1} \frac{\log 10}{\log e} = 2.3 \frac{K_0}{K_1}$$

然るに  $K_0$  は耐久磁石の強さと位置とに關係し  $K_1$  はスプリングの材料による係數なればそれ等の値を變更せば任意に調整し得べし。第百四十七圖は時間と廻轉角度との關係を示すものに

第百四十七圖



して  $K_1$  と  $K_0$  との値を知る時は  $K_1 \theta_0 = T \left( 1 - \frac{K_1}{e K_0} t_1 \right)$

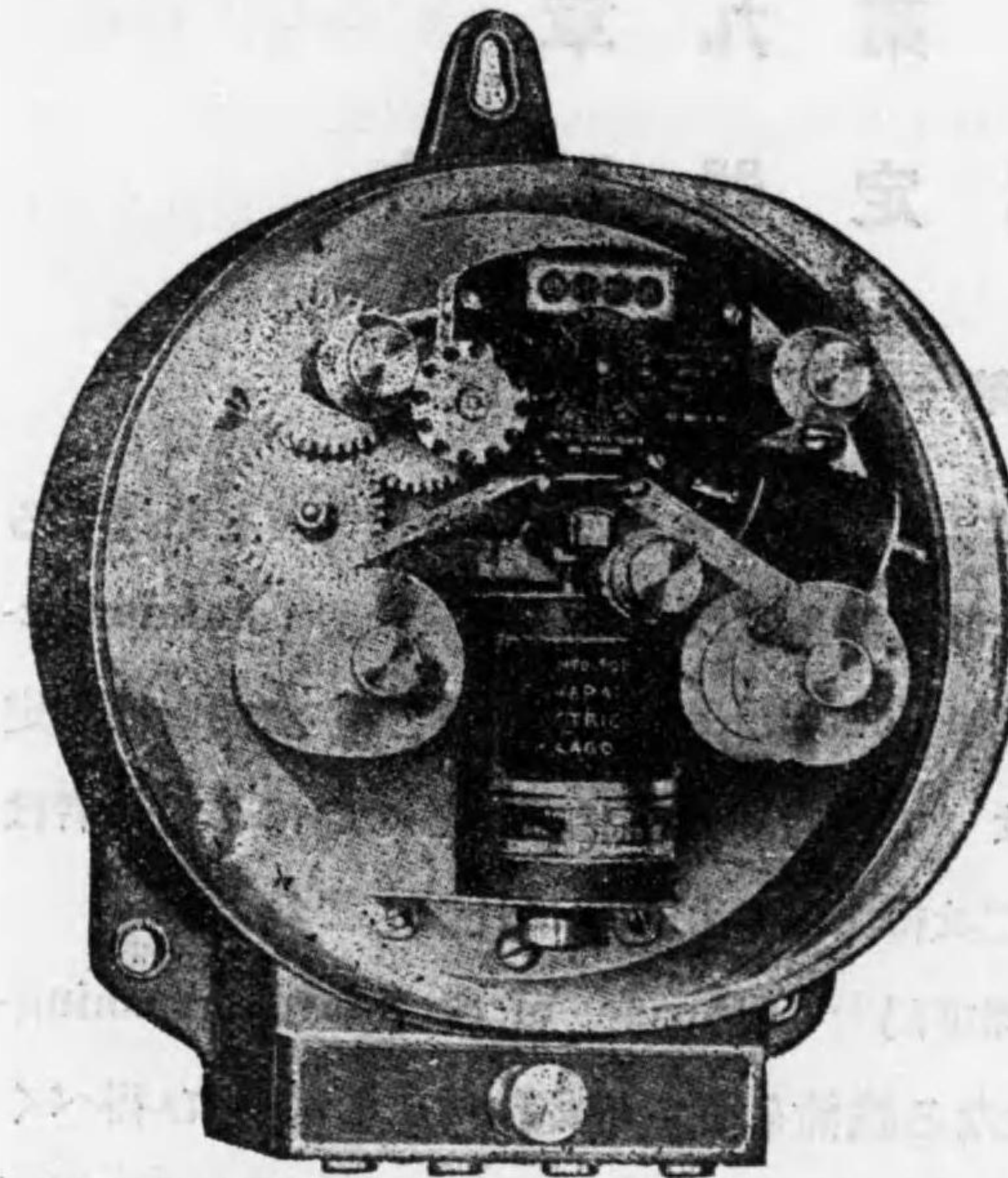
より算出し得べし。

此の計器にありては最大負荷は完全に表示し得るも何時に此の負荷が起るやを察知し得ず。

印字型の計器は第百四十八圖に示す如く記録電力計の一種にして第百四十九圖の如き時刻と負荷とを印刷せるチャートを繰

第百四十八圖

第百四十九圖



20	159
21	165
22	168
23	173
24	178
1	184
3	189
5	193
4	193
6	197
0	202
7	207
6	210

り出すものなり。此の型のものにては最大負荷を知ると同時に其の時刻をも知り得し。

## 第九章 測定器試験

### 第一節 總 說

測定器の試験を述ぶるに先だち其の装置及標準器を略述するの必要あり。一般に測定器を試験するに標準試験 (standardizing test) と比較試験 (check test) との二種あり。前者は測定器を一次標準器によりて直接原器に比較するものにして後者は上の試験をへたる二次標準器を用ひ之に比較して行ふ。

標準試験は華府標準局<sup>(1)</sup> (Bureau of Standard, Washington) 等の如き完全なる設備を有する實驗所に於て行ひ得べく之の簡單なる装置としてはガルヴァノメーター、電流計及び標準抵抗器を必要とす。

又比較試験に必要な二次標準器は携帯用電流計、電壓計、電力計、抵抗器及び標準積算電力計等なり、以下之れ等の装置につき略述す。

標準電池 は 1908 年の萬國電氣會議 (International Electrical Congress) に於て起電力の標準として採用せられたるものにして一定の仕様書により製作するとき電池の起電力は 20°C に於て

(1) 吾が國にては逓信省電氣試験所に相當す

$$E = 1.01830 \quad \text{萬國ヴォルト}$$

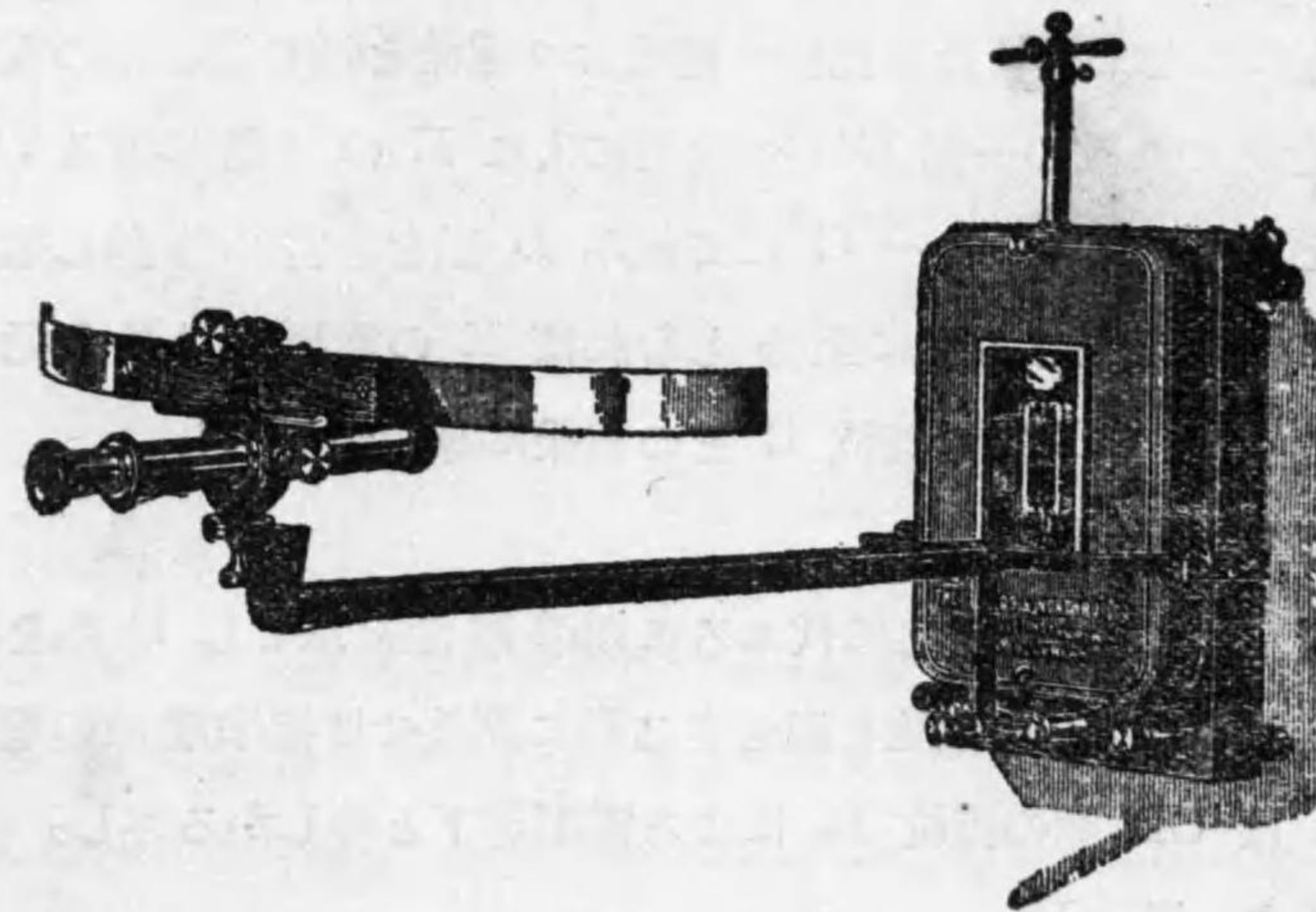
と定め又温度の變化に對しては

$$E_t = 1.01830 - 0.0000406(t - 20) - 0.00000095(t - 20)^2$$

なる實驗式を發表したり。

ガルヴァノメーターは其の種類尠なからねど測定器試験に用ふるはダルソンヴェル型最も便利なり。此のガルヴァノメーターは同型の電流計と同一にして耐久磁石の磁路中に可動線輪を置き之に通じたる電流を線輪の振れによりて見る方法のものなり唯電流計と異なり**第百五十圖**に示す如く線輪は細き線にて釣られ微弱なる廻轉力にても忽ち振れを生じ鏡及望遠鏡によりて之を廓大して見る。即ち電流計に比し感度遙に大なるものなり。

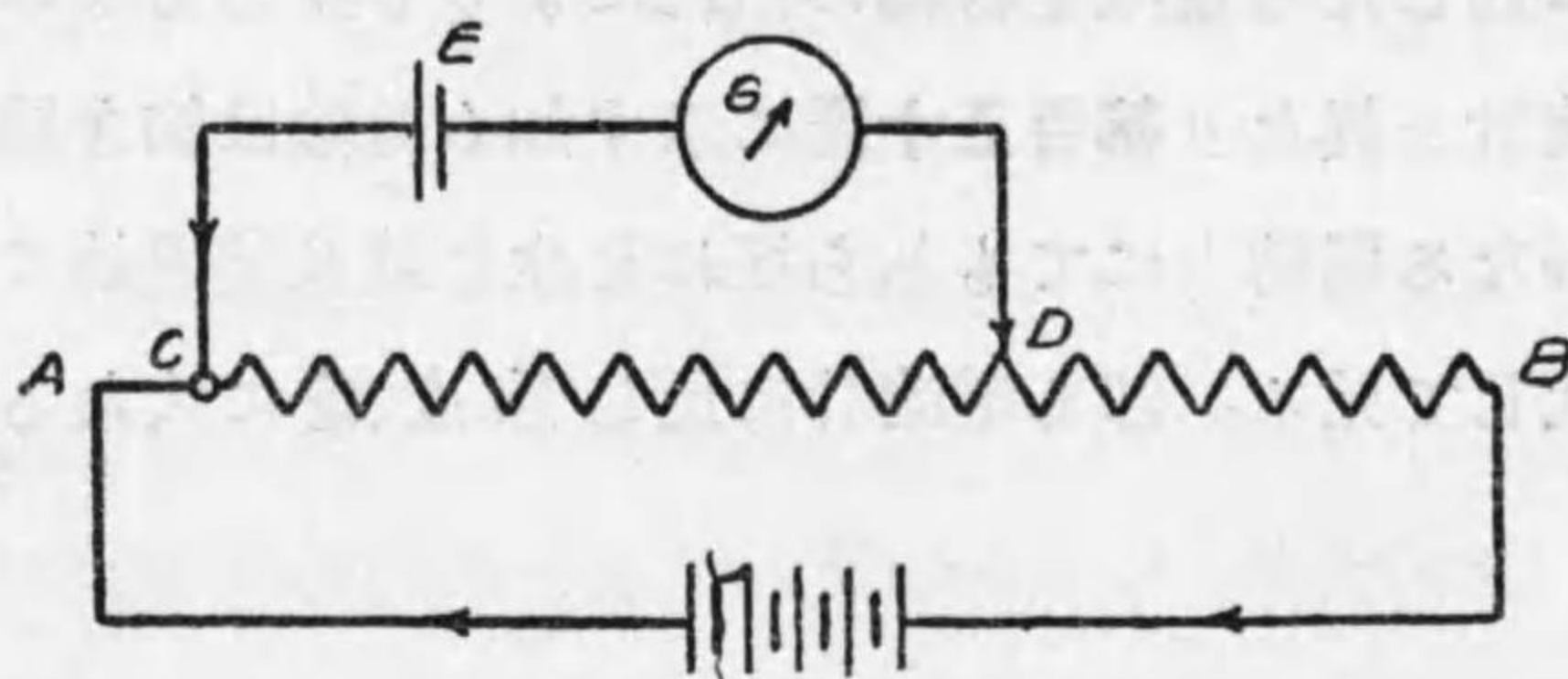
第 百 五 十 圖



電位差計 は精密に調整せる數多の抵抗より成り未知の起電力を標準電池のそれに比較するに用ふ。スライドワイヤー型(Slide wire type)型とデフレクション型(Deflection type)の二種あり同一の原理を用ひたるものにして後者は測定せんとする電源が多少の變化ありても差支なき様考案を施こせるものなり。

スライドワイヤー型のもの**は第百五十一圖**に示す如く定電流

第百五十一圖



の廻路に於ける電壓降下はその抵抗に正比例する原理を用ひたるものにして AB なる抵抗へ電池より電流を通じ置き他の電壓 E をその抵抗の一部 CD へ並列に入れ E の回路に流るゝ電流をガルヴァノメーター G にて読み D 點を適當に移動し遂に G の振れを見ざる點に至らしむれば E の電壓は AB を通る電流 I と CD 間の抵抗 R との相乗に等しかるべし。

即ち  $E = IR$

今 E を取り去り之に代ふるに標準電池を以てし D 點を移動して再び G に電流を通ぜざる様に調整せば標準電池の電壓  $E_s$  は CD 間の抵抗  $R_1$  による電壓降下と等しかるべし。

即ち  $E_s = IR_1$

$$\text{故に } \frac{E}{E_s} = \frac{IR}{IR_1} = \frac{R}{R_1}$$

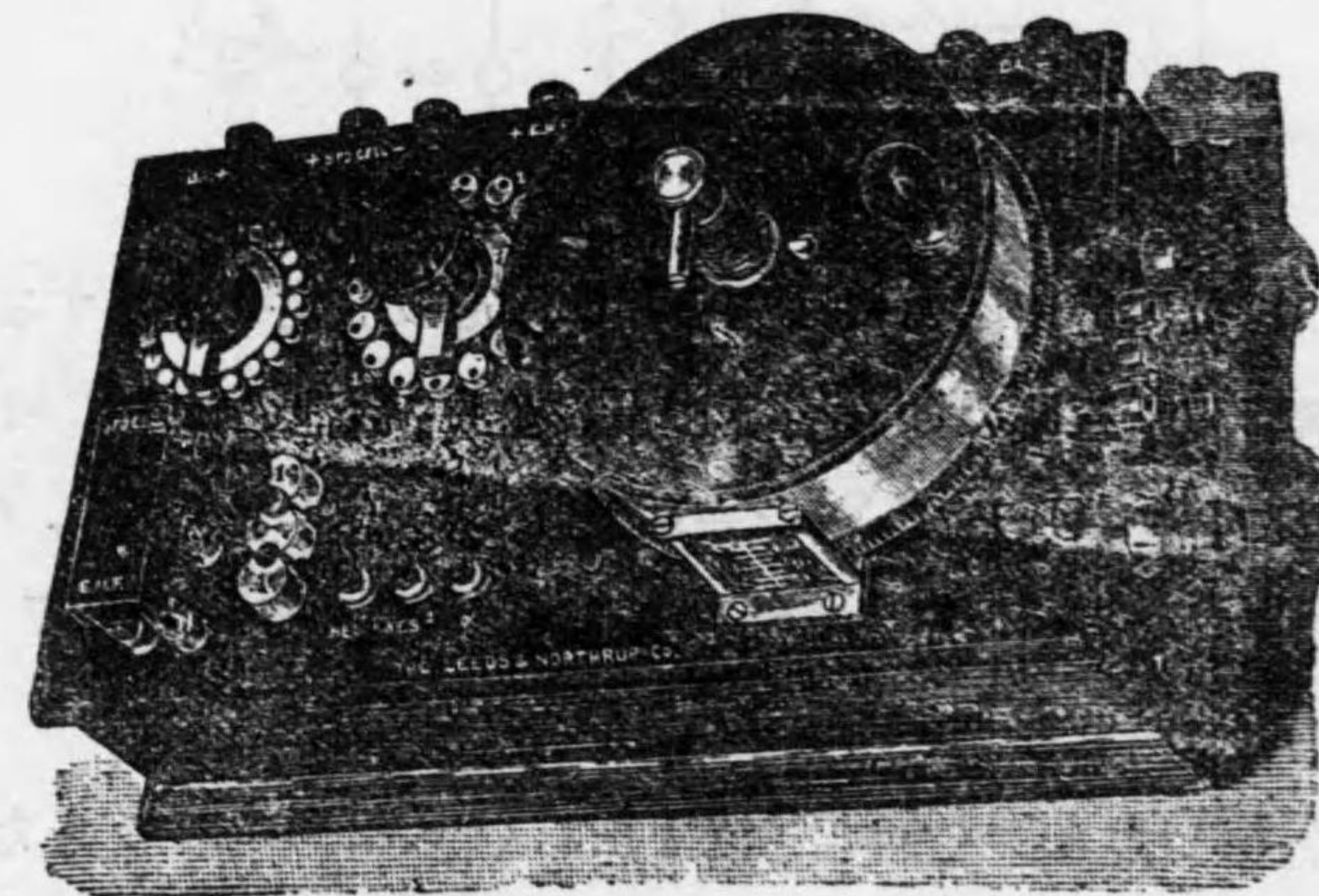
今 R 及び  $R_1$  が直ちに読み得る様の構造を有する時は

$$E = E_s \times \frac{R}{R_1}$$

により不明なる電壓 E を算出し得べし

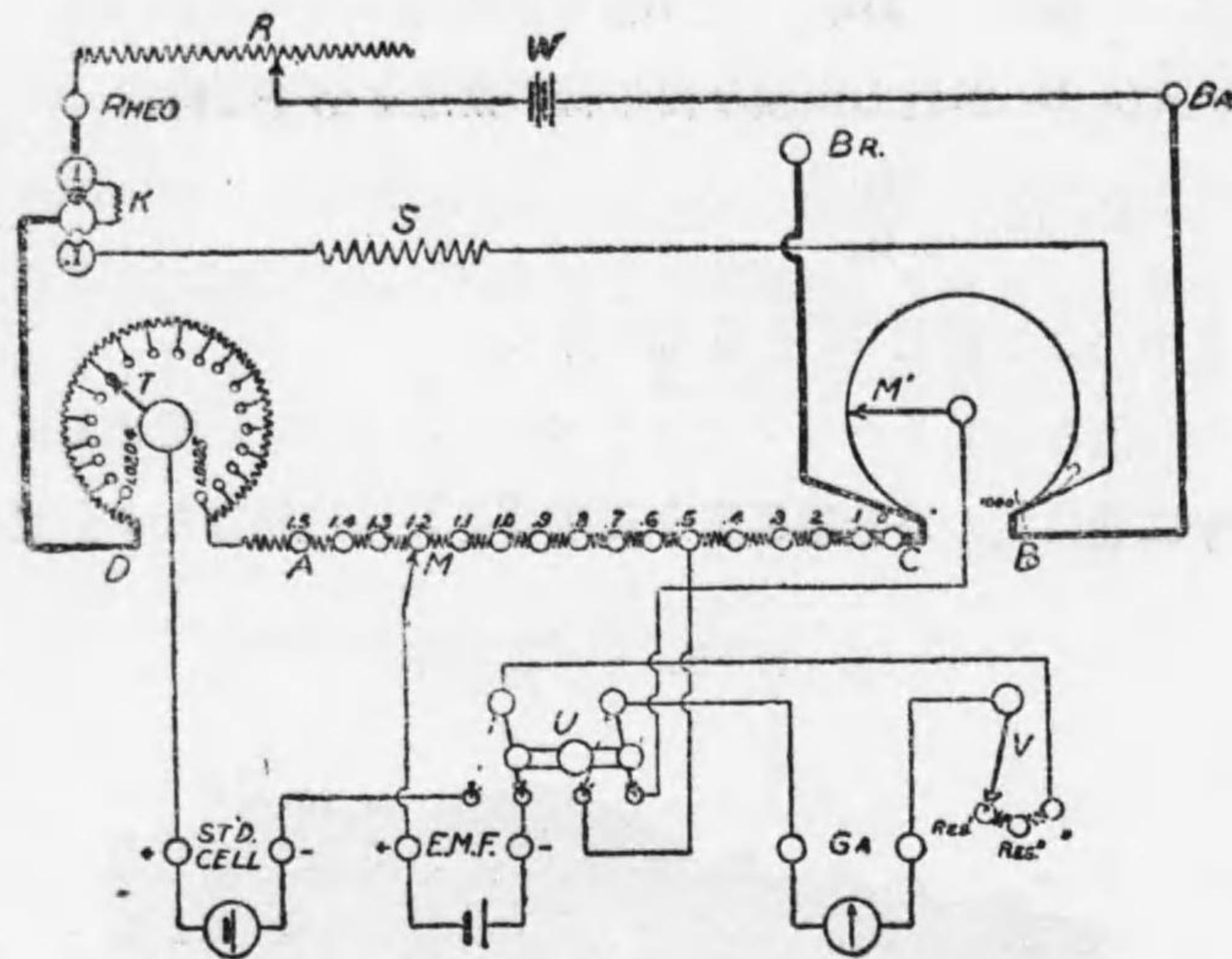
此の一例としてリーツノースラブ會社のものを説明せん**に第百五十二圖**は其の外観**第百五十三圖**はその構造略圖なり。之に

第百五十二圖



よれば主要なる抵抗は D-A, A-C 及び C-B なる三個より成り D-A の接觸點は標準電池の各溫度に於ける起電力に當る。A-C 抵抗は精密に合せたる 15 個の 5 オーム抵抗にして C-B は大理石上に捲ける 5.5 オームのスライドワイヤー抵抗なりとす。

第百五十三圖



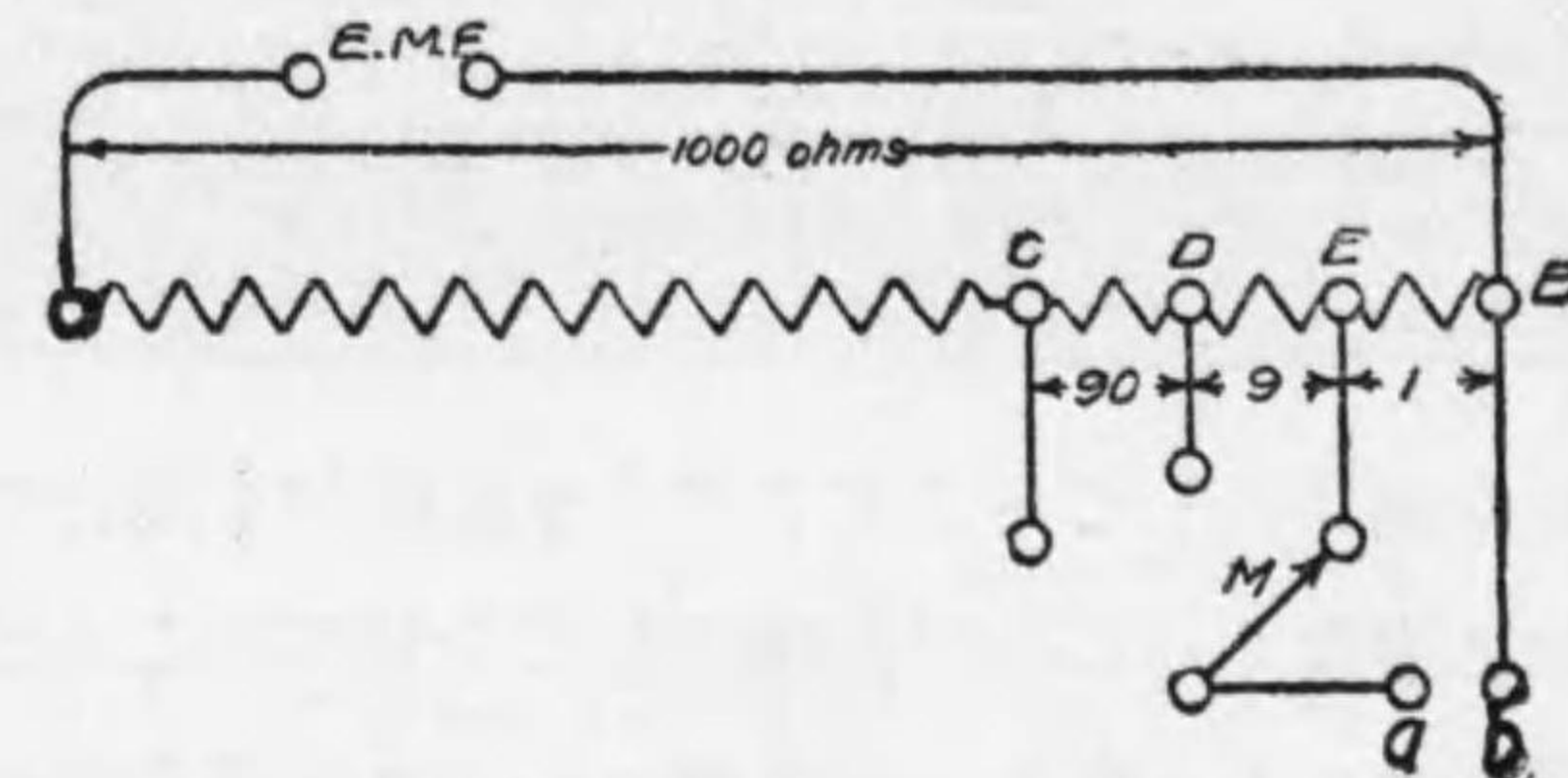
此の抵抗器を用ふるには先づ標準電池及測定せんとする起電力を**第百五十三圖**の如く接続し T を標準電池の電圧に相當する位置に合せ U 及び V を左に入れ V を閉ぢガルヴァノメーターの振れを見 R なる抵抗を調整し全く平衡せる時 V を右に返し更に精密に調整す。

かくすれば AC を通る電流は正しく 0.02 アムペアとなり 5 オーム抵抗による電壓降下は  $\frac{1}{50}$  ヴォルト又 CB によるものは 0.11 ヴォルトなるべし。扱て測らんとする電圧は圖の如くガルヴァノメーターを通じ MM' 間に入れらるゝを以て MM' 間の電壓降下 1.61 ヴォルト迄測定し得べし。即ち M' を零に置き U を右に入れ M を低き値より漸次高きに動かして V を押してガルヴァノメーターの振れを見遂に之れが反對方向となる

時 M を一位戻し M' にて平衡點を見出し更に V を右に入れて精密に調整すれば電壓の値は MM' の各點に表はるゝ也。

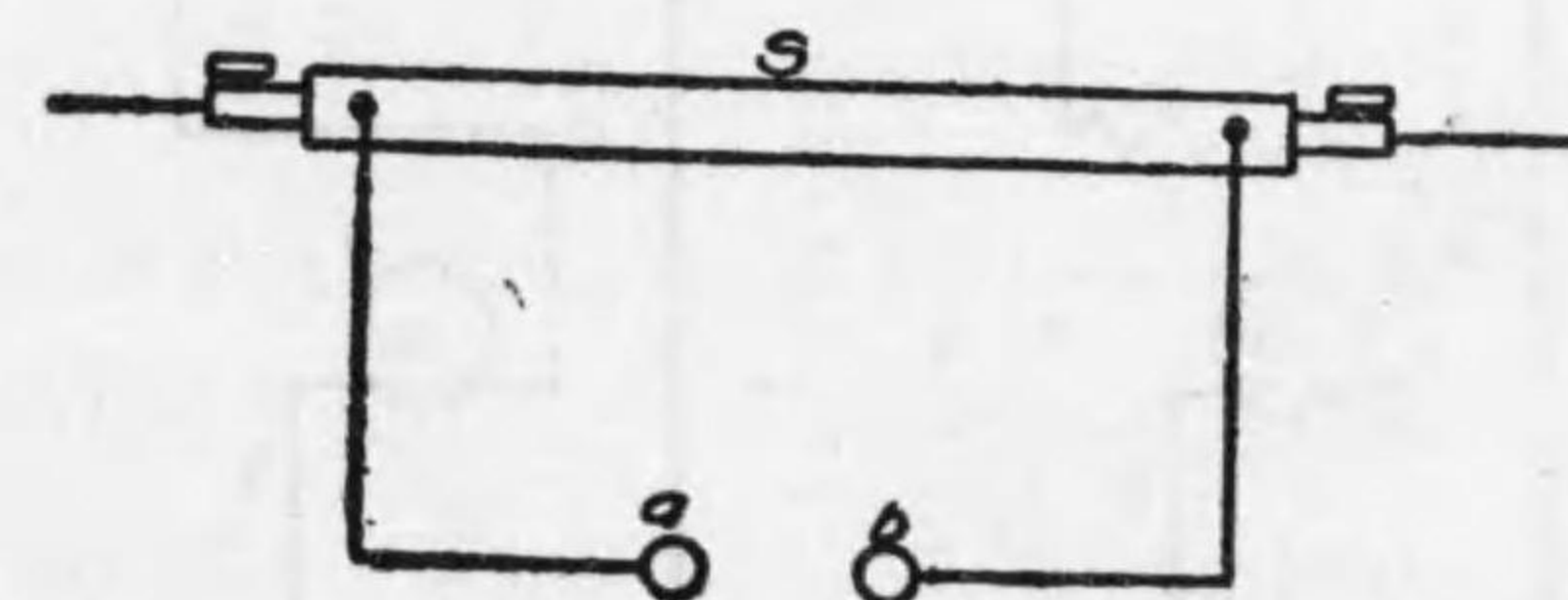
1.5 ヴォルト以上の電圧はヴォルトボックス (Volt Box) と稱する高抵抗を用ひ全電圧の一部を分ちて測定する事**第百五十四圖**に示すが如し。又電流を測定するには低抵抗器を用ひオー

第百五十四圖



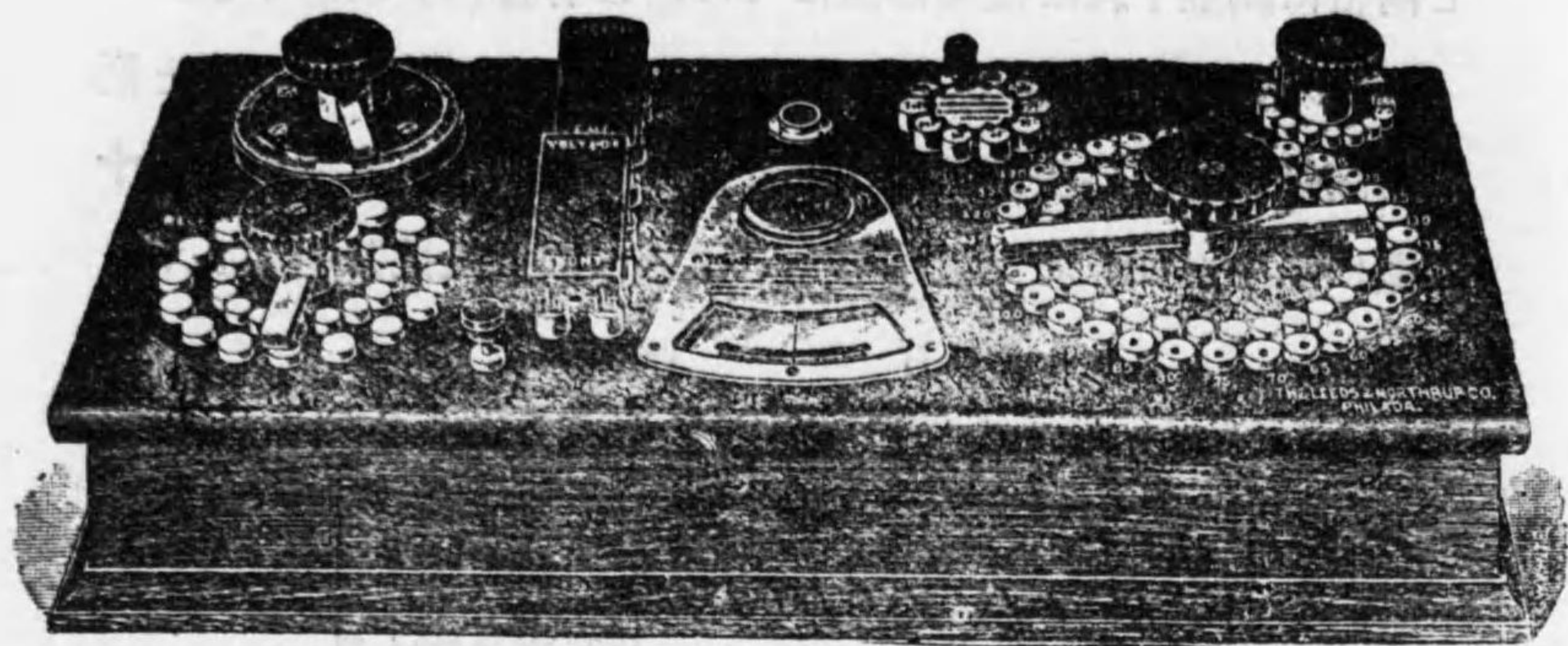
ムの法則により電壓降下より電流を算出すること**第百五十五圖**に示す如し。此の電位差計は直流測定器として最も優れたるものなれど高價なると調整に時間を要するとを缺點なりとす。

第百五十五圖



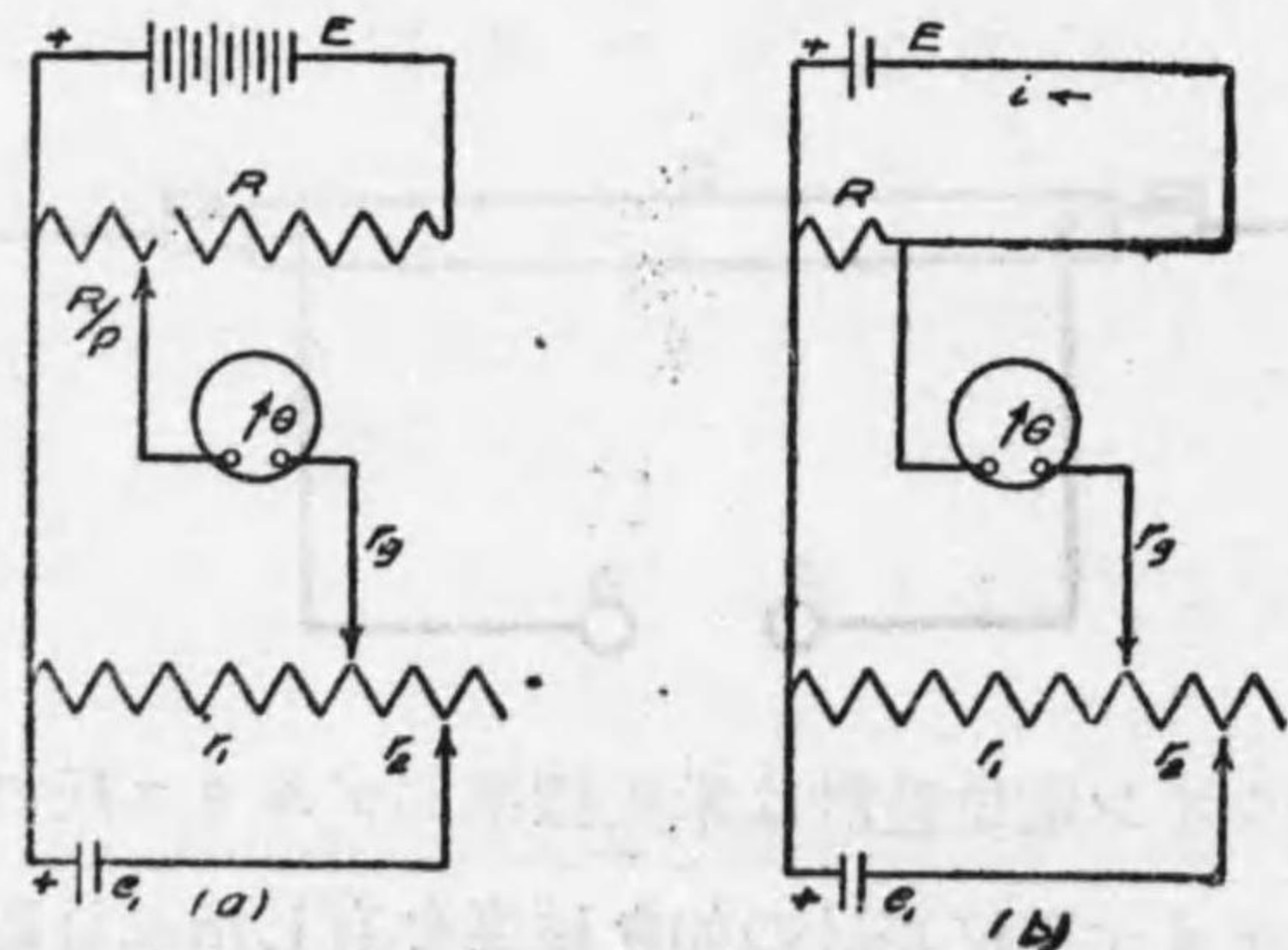
デフレクション電位差計は米國標準局ブルクス氏の設計にしてスライドワイヤ電位差計の如き確度を有し指示計器の如く使用簡便なるを目的とせるものなり。**第百五十六圖**はリーズノル

第百五十六圖



スラブ會社の製品にしてスライドワイヤ型の如く精密に電壓の平衡を求むる事なくその不平衡電壓を指示計器によりて読み之によりて算出するものなり。此の型にありても 1.5 ヴォルト以上の電壓にはヴォルトボックスを用ひ又電流の測定にはシヤントを用ふ。

第百五十七圖



其の原理は第百五十七圖に示す如く電壓測定にありては (a)

の如く高抵抗 R の一部分 R/p が r<sub>1</sub>r<sub>2</sub> なる回路に接続せられ r<sub>1</sub> を調整しガルヴァノメーターの指示零となれば

$$\frac{1}{p} E = \frac{r_1}{r_1 + r_2} e_1$$

$$E = r_1 \frac{e_1}{r_1 + r_2} p$$

となる。故に r<sub>1</sub> の調整正しからざる時ガルヴァノメーターに流るゝ電流は

$$i_s = \frac{e_1 \frac{r_1}{r_1 + r_2} - \frac{E}{p}}{r_s + \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} + R \frac{p-1}{p^2}}$$

茲に分子の前項は r<sub>1</sub> に於ける電壓降下又後項は R/p なる抵抗に於ける電壓降下 (但し孰れも i<sub>s</sub> = 0 場合) にして分母はガルヴァノメーター回路の抵抗なり。

又電流測定に於ては (b) の如く

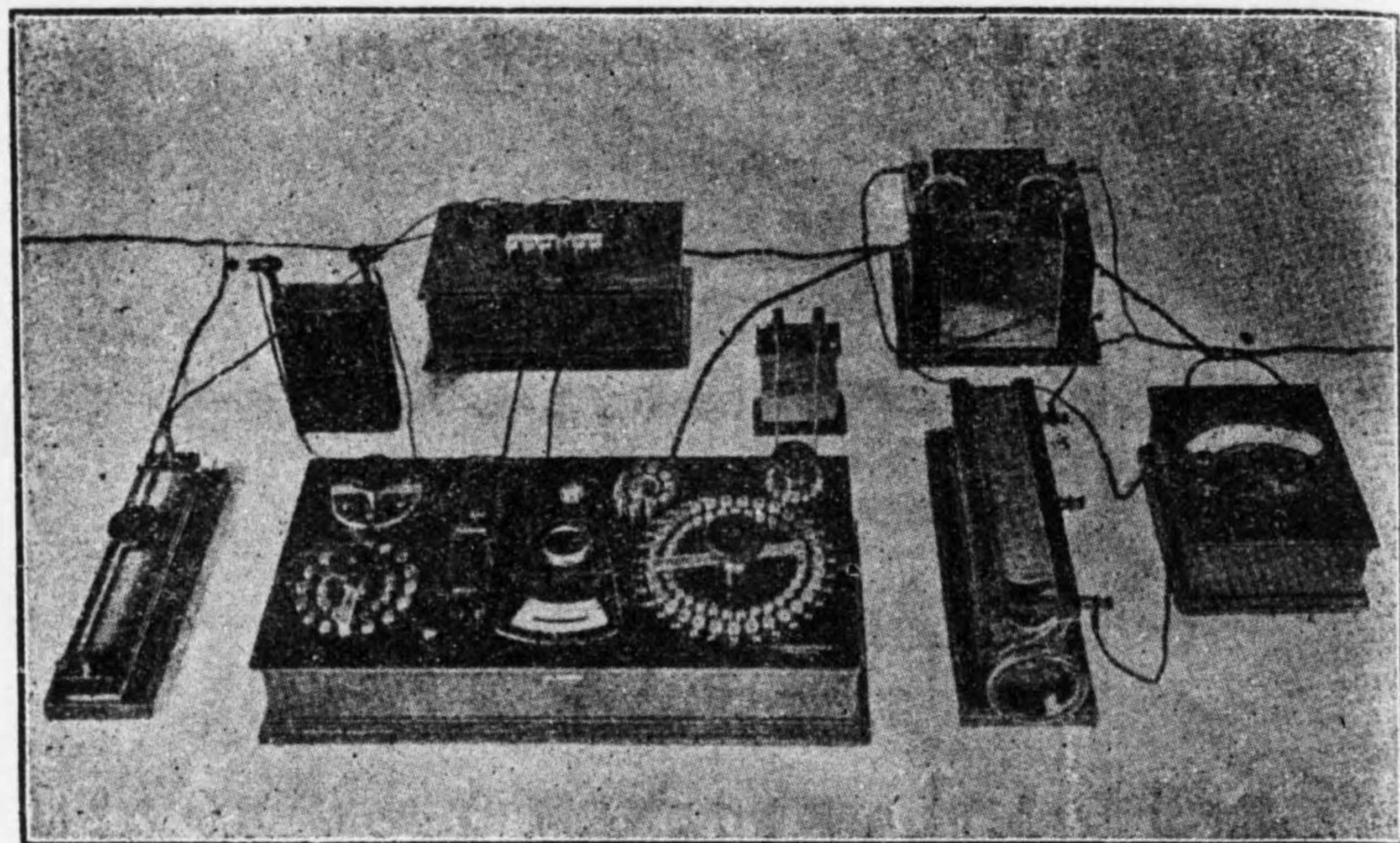
$$i_s = \frac{e_1 \frac{r_1}{r_1 + r_2} - E}{r_s + \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}}$$

となり兩式より考ふるにガルヴァノメーター回路の抵抗を一定ならしむればその振れによりて不平衡の電壓を算出し得べし。<sup>(1)</sup>

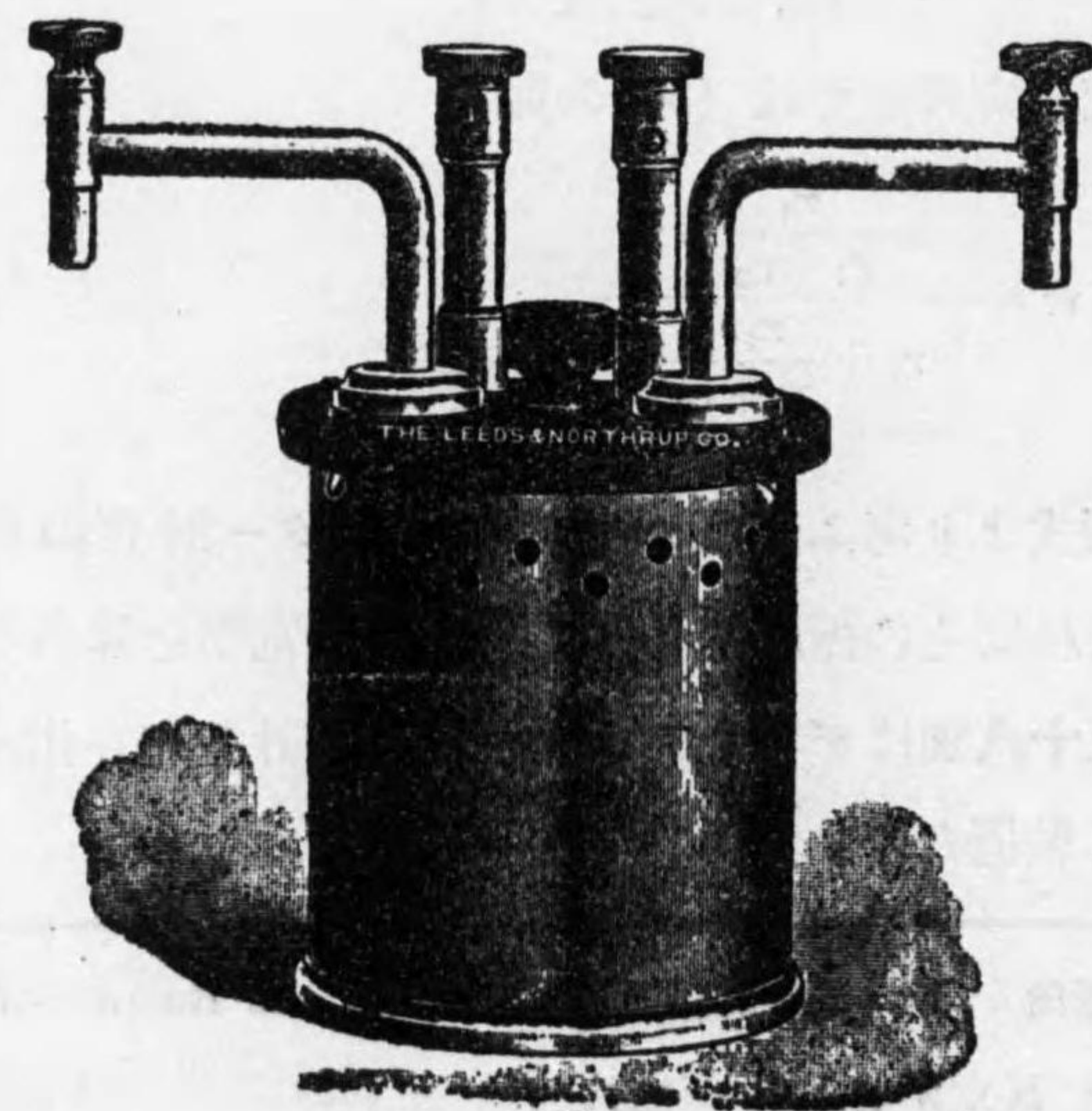
第百五十八圖はデフレクション電位差計を用ひ指示電力計を更正する装置なり。

譯者曰 (1) 尙ほ詳細は Bulletin of the Bureau of Standard Vol. 8, No. 2 を参照すべし。

第 百 五 十 八 圖

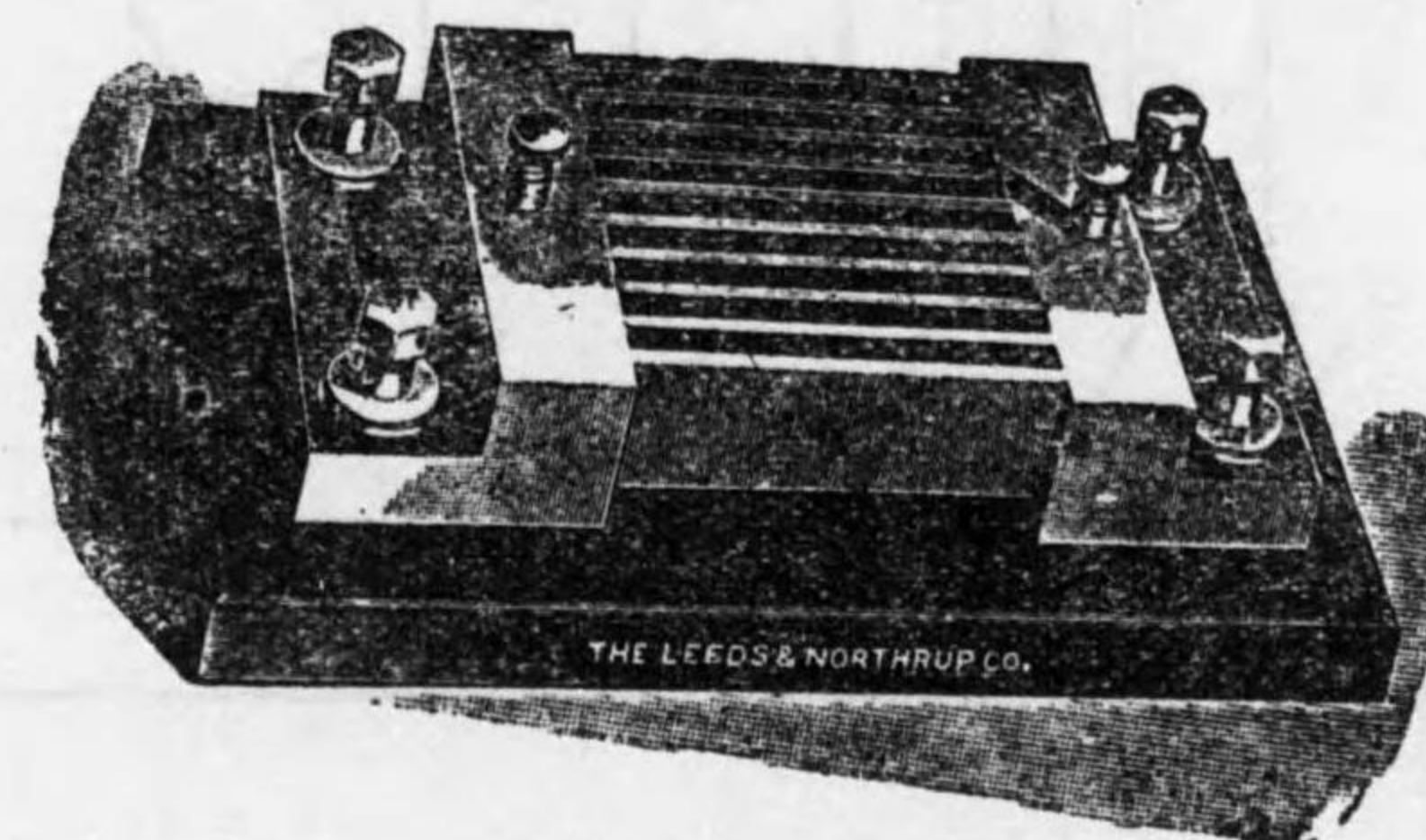


第 百 五 十 九 圖

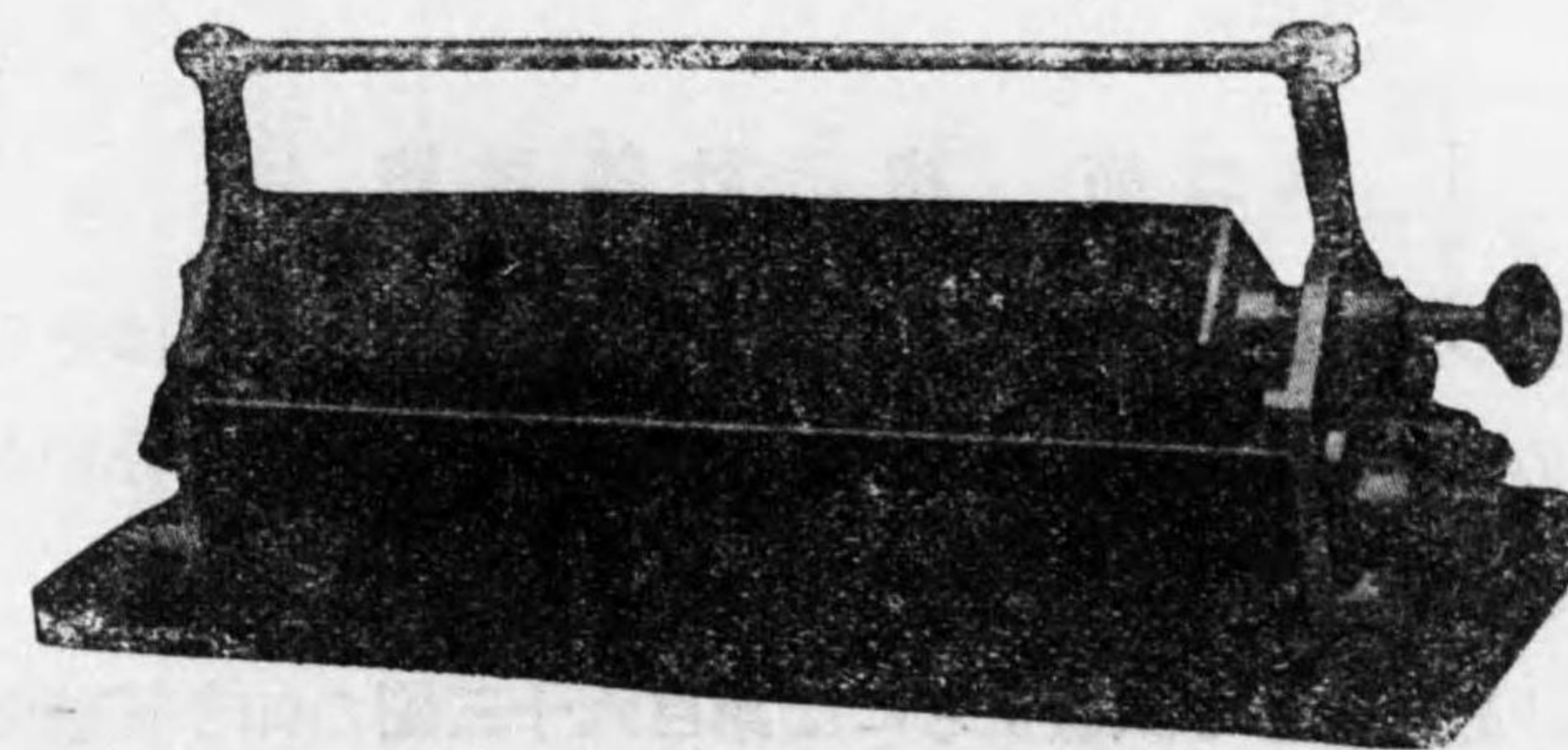


標準抵抗器はシャントとも稱しマンガニン等特殊合金を用ひて作り正しく抵抗を調整せるものにして**第百五十九圖**はライヒスアンスタルト型 (Reichsanstalt form) **第百六十圖**は強電流用のものなり。

第 百 六 十 圖

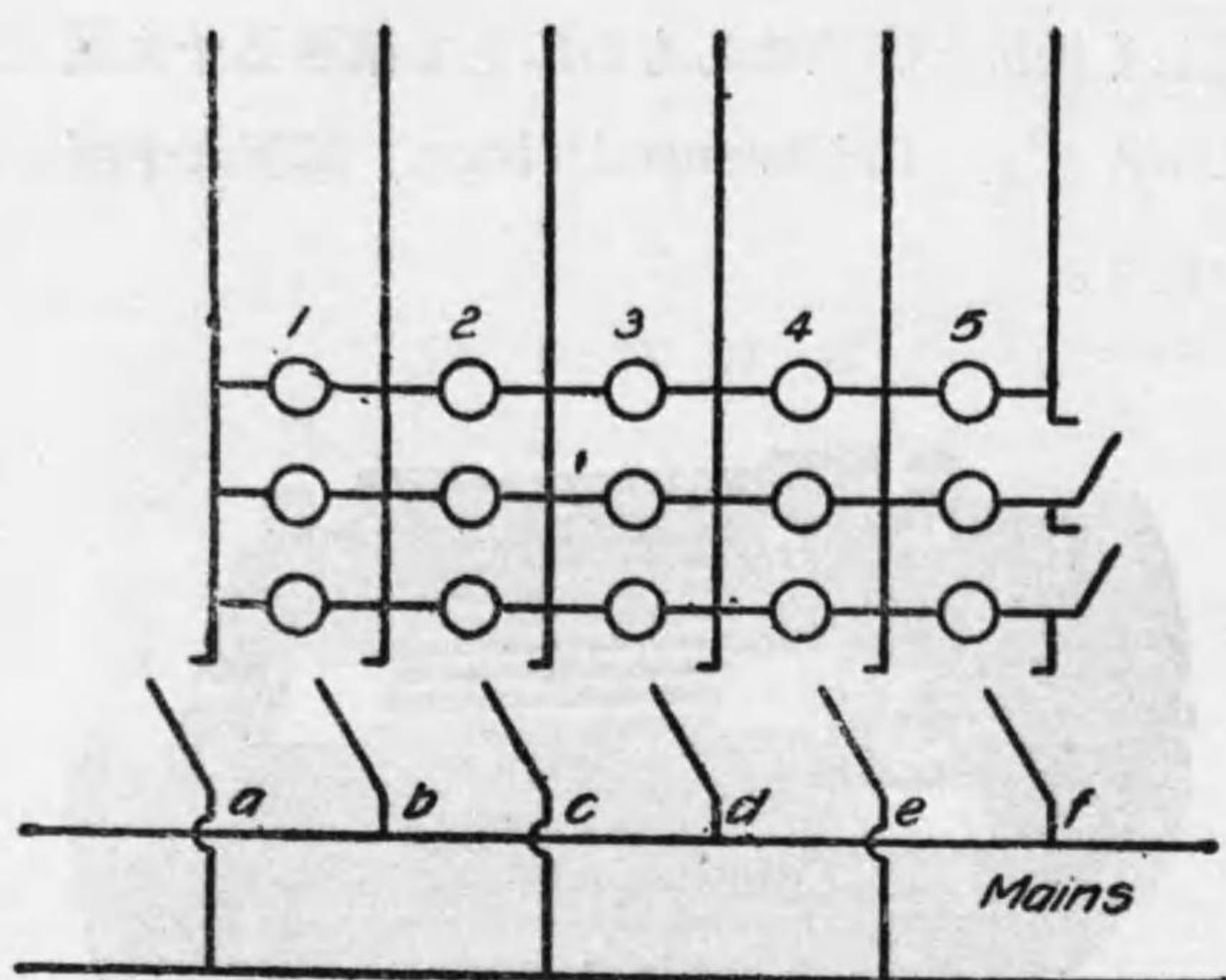


第 百 六 十 一 圖



其他電流又は電壓の調整には炭素板抵抗器、ランプバンク (Lamp Bank)、水抵抗器、スライド抵抗器等を用ふ。**第百六十一圖**は炭素板抵抗器、**第百六十二圖**はランプバンクを示す水抵抗器は鹽水を箱又は樽に入れ二枚の金屬板を垂下し其の距離を變じ得る構造にしてスライド抵抗器は抵抗線を管上に巻きそ

第百六十二圖



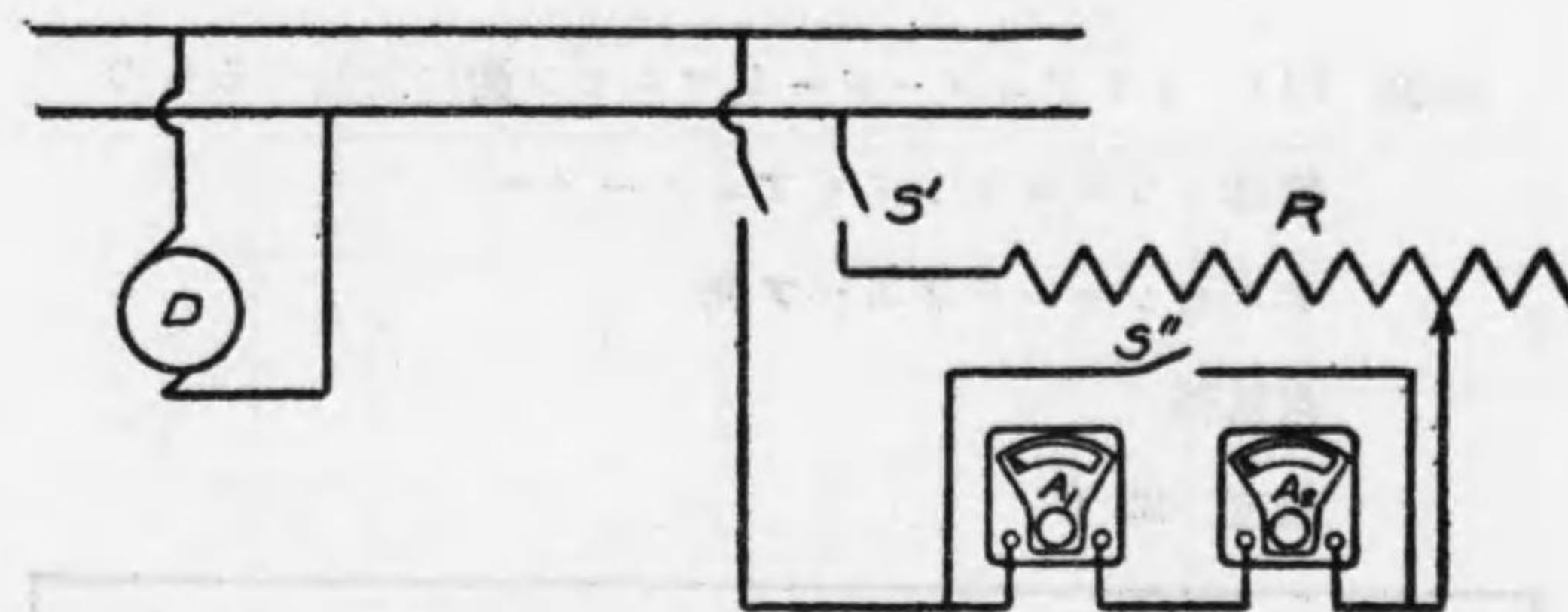
の一端と管上を滑動する刷子とに端子を有するものにして兩者とも廣く用ひらる。

第二節 指示計器試験

電流計の試験電流計を試験する場合最も注意すべきはその抵抗が極めて小なるを以て高き電壓の回路にありては充分安全なる抵抗を計器と直列に接続せざるべからず。

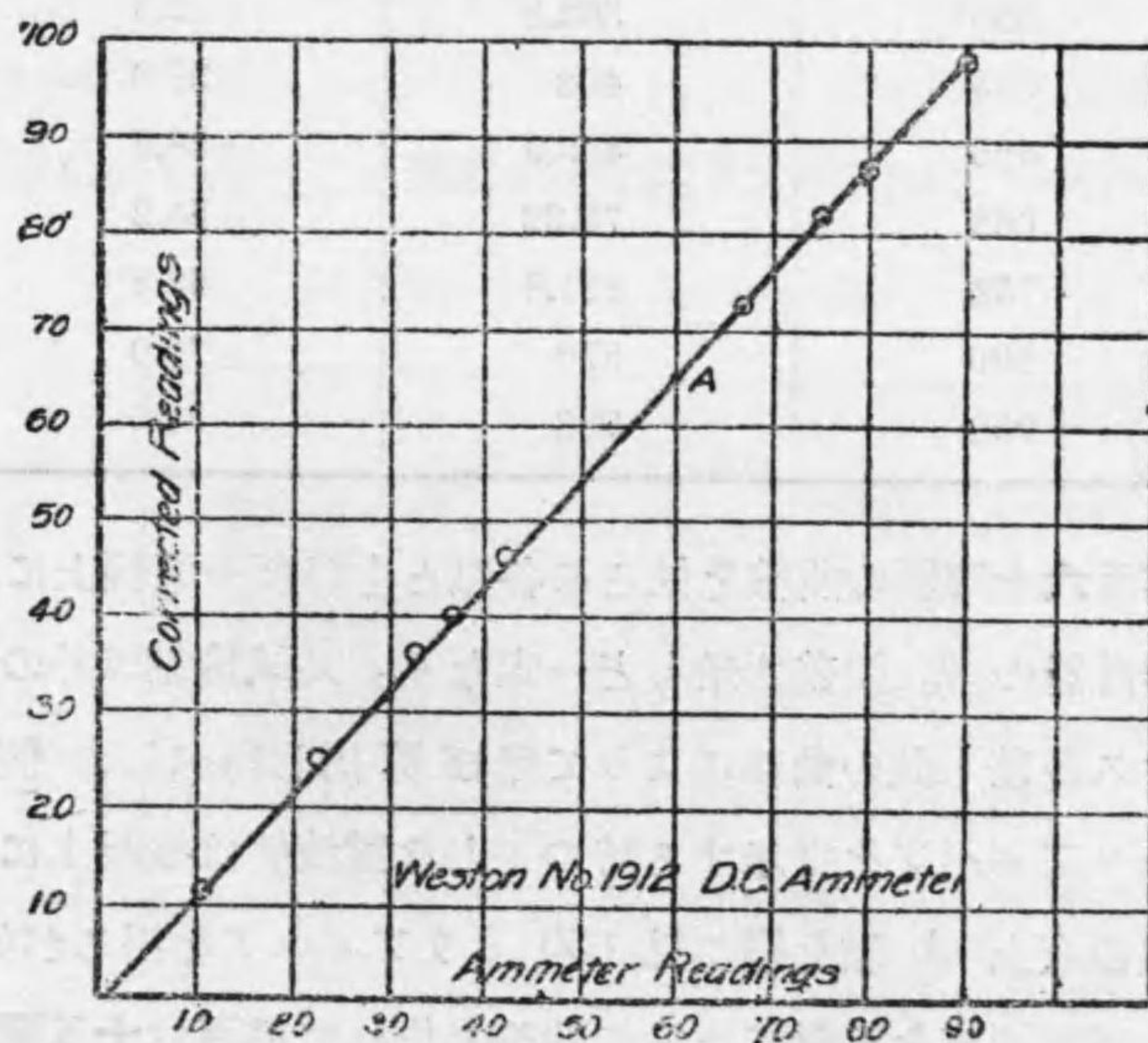
電流計を比較して試験するには第百六十三圖の如き接続を用ふ。D は電源にして蓄電池を最もよしとす。A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub> は電流計 R は加減抵抗器なり。s' は二極開閉器にして接続を終る迄入るべからず、s'' は短絡開閉器にして計器の指示を見る際以外常に閉じたる儘にすべし。又直流にありては電流計の極を注意すべし。接続をたしかめ電流を通じ最小値より次第に増し遂に最大

第百六十三圖



値に至つて試験を了する時は其の結果より計器の更正曲線を描き得べし。第百六十四圖の如し。

第百六十四圖



即ち正しき計器の読みを縦軸に又試験せんとする計器の読みを横軸にとりて作る。尙試験の結果は次の如く明瞭に表示し得



べし。

試験 (1) ミリアムメーターをケルビン衡に比較せるもの

器具 ウェストンミリアムメーター

ケルビンセンチアムペア衡

抵抗器

温度 22°C

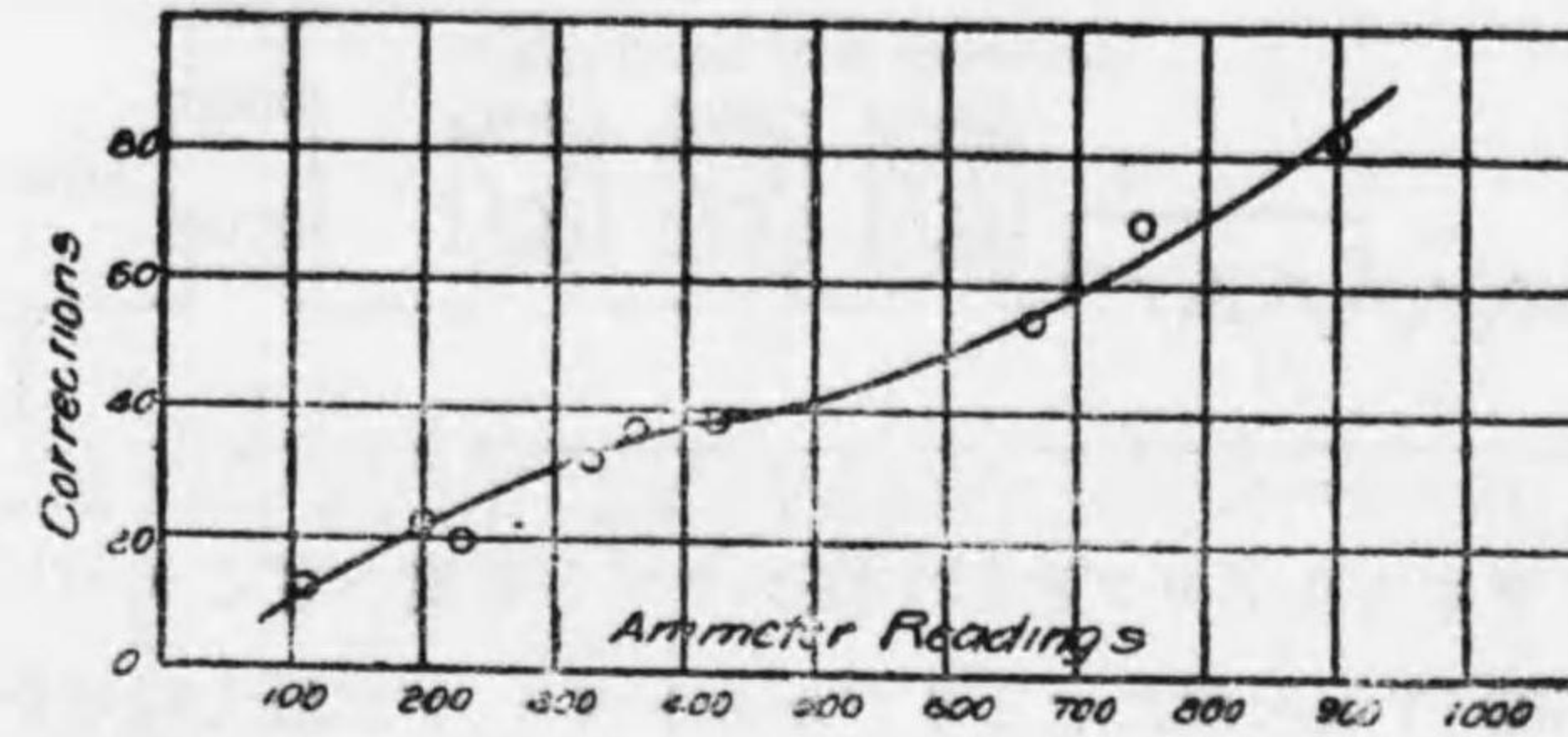
計器の読み	衡の読み	更正
110	122.48	+12.48
202	220.25	+20.25
230	250	+20.0
330	362.8	+32.8
365	402	+37.0
425	463.9	+38.9
668	72.22	+54.2
752	821.8	+69.8
800	870	+70.0
900	983	+83.0

さて**第百六十四圖**の曲線を見るに各点とも略ぼ一直線上にある故此の計器の % 誤差は殆んど一定なり。又試験点以外の読みに於ける誤差も此の曲線によりて略ぼ算出し得べし、例へば 600 ミリアムペアを指示する時の正しき電流値は横軸上に 60 なる点の直上 A 点を横に見 650 ミリアムペアを得るが如し。

又上表の更正を縦軸にとりて曲線を作れば**第百六十五圖**の如し。或る場合には此の方が便利なる事もあり。又曲線の不規則なるは計器が亂暴に取扱はれたる爲め摩擦を生じたるに基くな

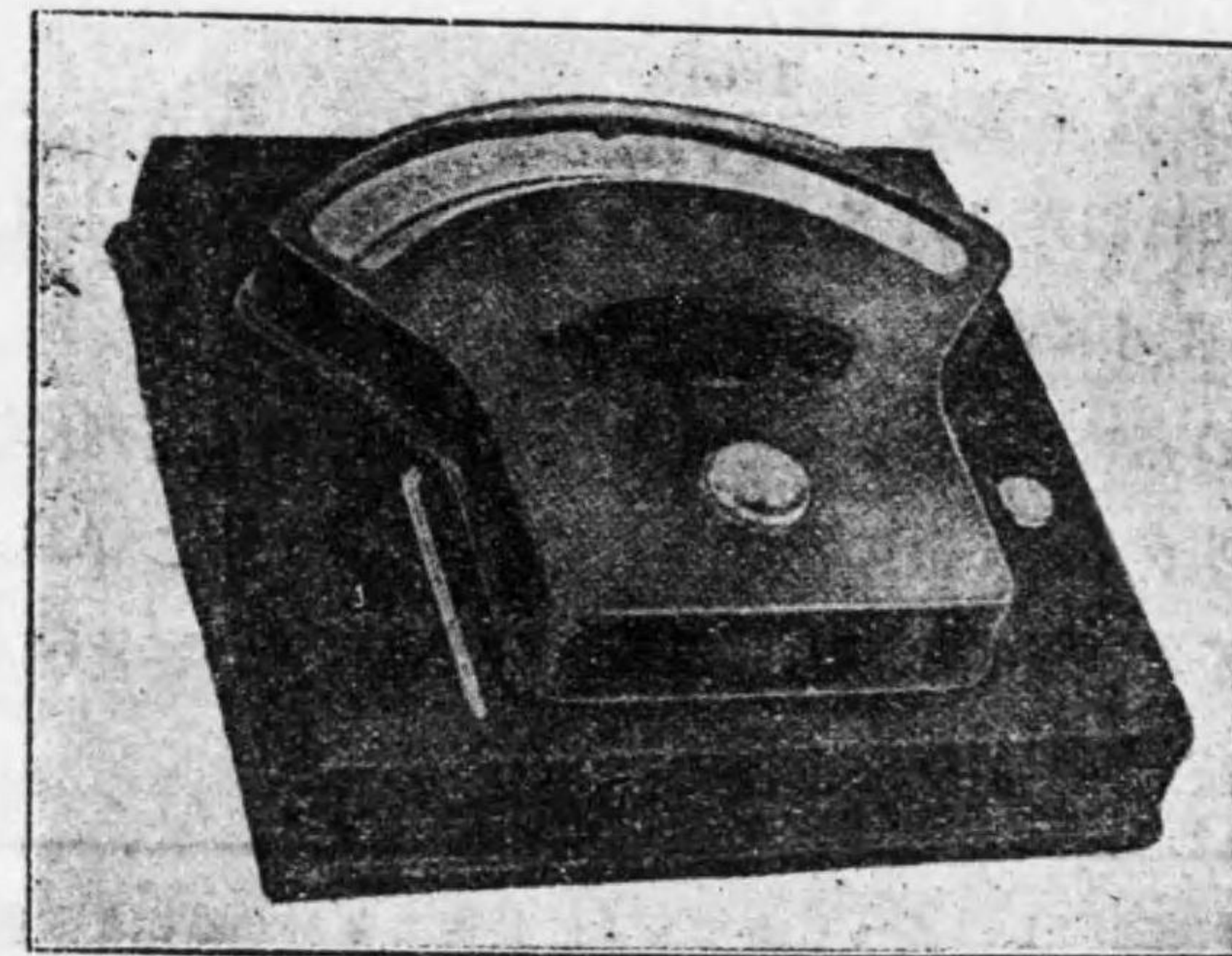
るべし。

第百六十五圖



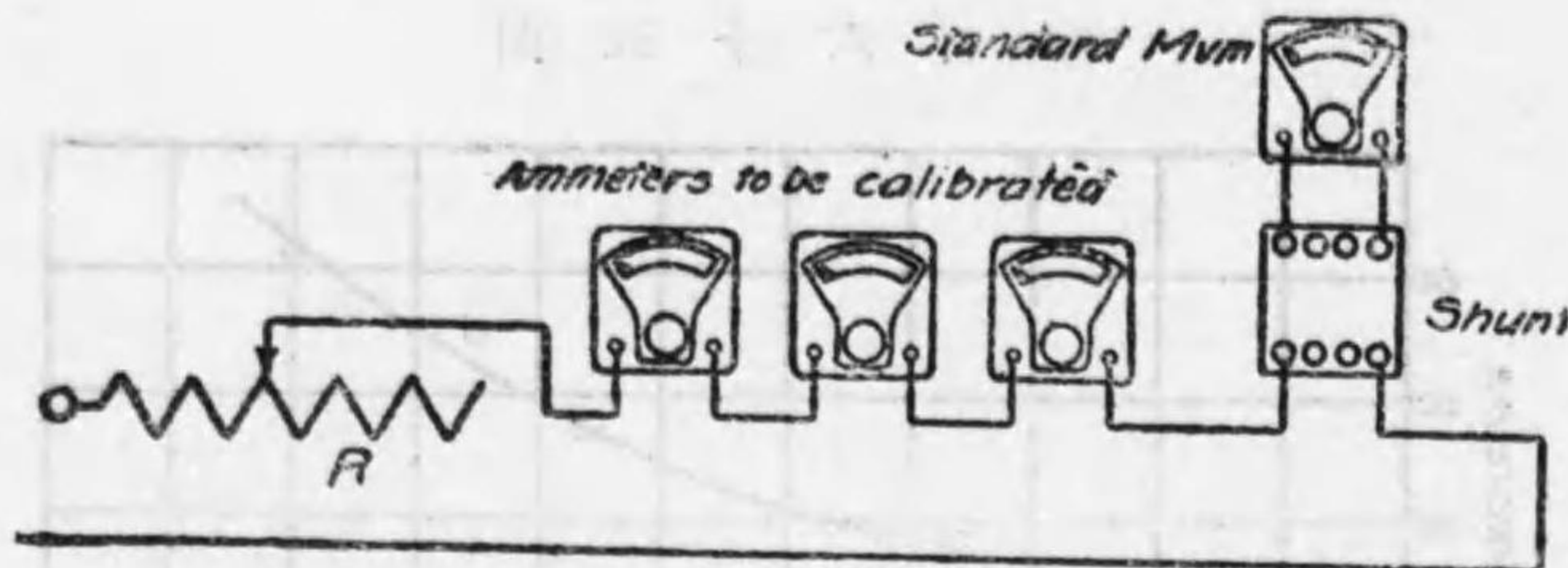
直流電流計を試験するにはシヤント及びミリボルト計を用ふるをよしとす。**第百六十六圖**はウェストン實驗所標準型 (weston laboratory standard) のミリヴォルト計にして 0.1% 迄正確に測り得べし。**第百六十七圖**は之を用ひて三個の電流計を

第百六十六圖



試験する接続なり。電流の大きさによりシヤントの抵抗が適當な

第百六十七圖



るミリヴォルトドロブを起す様シャントを變へざるべからず例へば 500 アムペアにてミリヴォルトドロブが最大暗示を與ふる如きシャントにて 50 アムペアを計る時は計器の指示 10% となり確度著しく減すれば此の 10 倍の抵抗あるシャントに代へ最大確度にて用ふる様にせざるべからず。

又ミリヴォルト計を通る電流が及ぼす不正確を更正するには  $I_v = \frac{R_s}{R_s + R_v} I$  を標準計器の讀みに加ふべし。但し  $I$  は電流計を通る電流の正しき値なり。

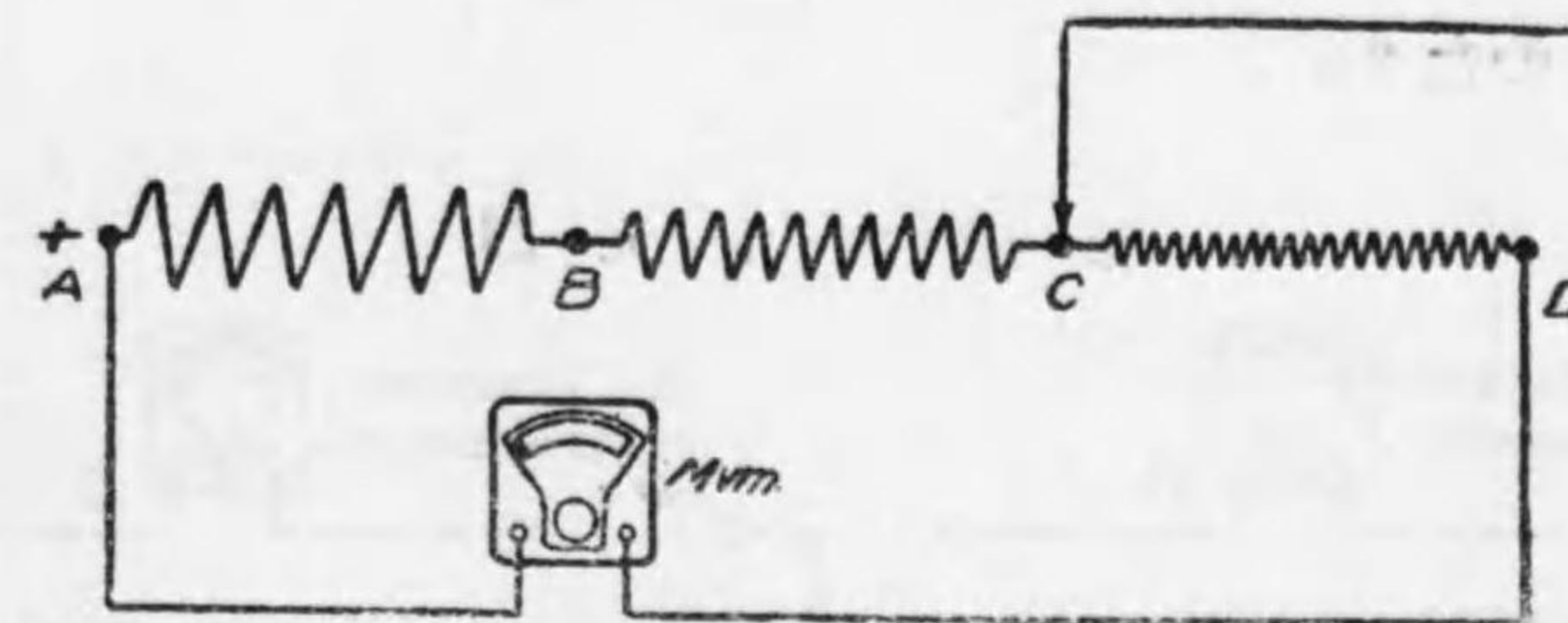
又此の % 誤差は  $\frac{100R_s}{R_s + R_v}$  となる故  $R_s = \frac{1}{99} R_v$  なる場合には誤差 1% なり。従て此の誤差を小ならしむるには  $\frac{R_s}{R_v}$  を小にせざるべからず。

數種の容量のシャントを第百六十八圖の如く直列に接続し兩端をミリヴォルト計に結び置き電流の大きさに應じ AB, AC, AD 等の端子に全電流を通ずる如き方法は電流計の容量種々なる場合には甚だ簡便なるべし。(1)

譯者曰 (1) かゝるシャントは最初より斯くの如き状態にて正しく作られたるものならざるべからず AB, BC, CD なるシャントが一箇

宛計器に合せて作られたるものを圖の如く接続し AB, BC, CD 宛用ふれば著しき誤差を生ずべし。蓋しミリヴォルト計回路にシャントの抵抗が直列に入るによりてなり。

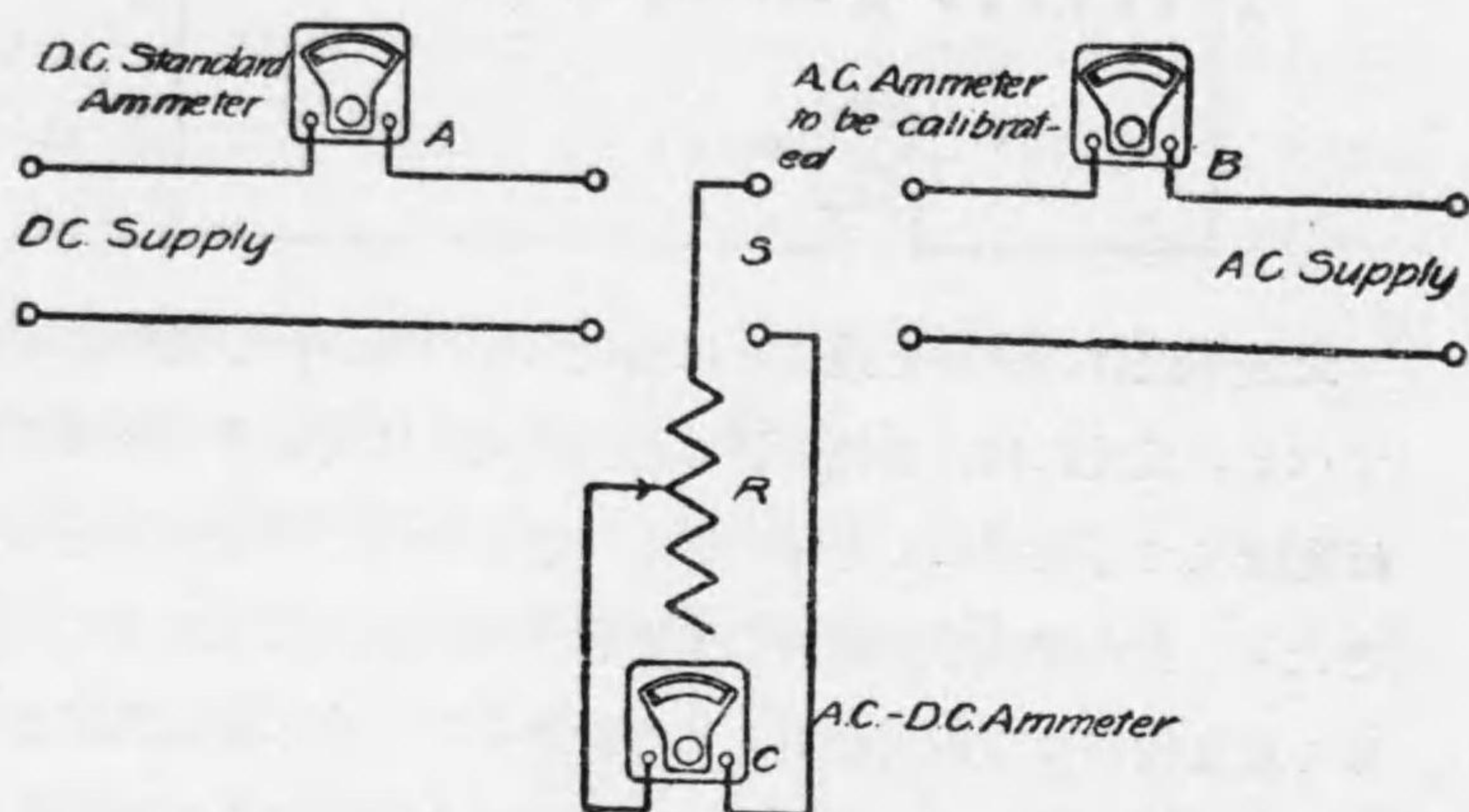
第百六十八圖



交流電流計の試験を述ぶるに先だちその標準器の選擇を略説すべし。交流に用ふる標準器は直接交流にて更正する能はざれば直流にても交流にても確度をかへざるものを以て標準とすべきなり。此の類の中熱線式のもの交流の周波數波形等に関係なく最も優良なる素因を具ふるも計器それ自身の確度良好ならざるは遺憾なり。ダイナモメーター型は直交流に於て確度を變へざる原理なれど強電流のものは可動線輪へ電流を通ずるに困難尠からず。ケルビン衡の如く特殊の考案を施せるものも尙ほ自己發熱による故障あり又少しく變化する電源にては測定不能なる等の不便を生じ且つ磁場中にある金屬に起る渦流の影響により又は導體内に於ける電流分布の變化によりて周波數及波形の影響を受く。固定可動線輪を並列に用ふる方法は屢々試みられたるものにして兩回路へ夫れ夫れ抵抗を挿入し以て周波數の變化に對し兩回路電流分布を一定ならしむ。

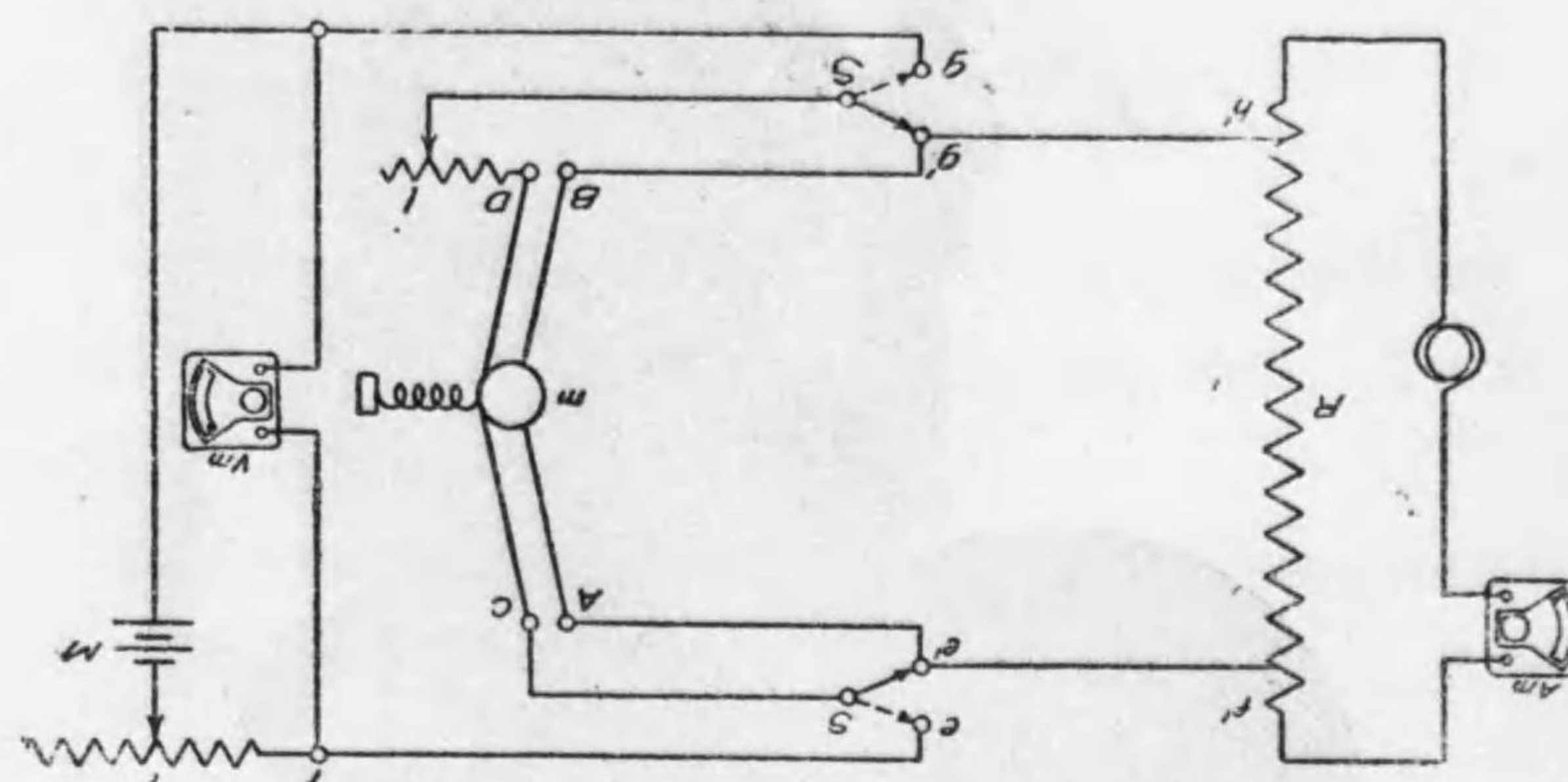
斯くの如き直流交流兩用の計器を中間標準に用ひて交流計器を試験するには**第百六十九圖**の如き方法を用ひ。Sなる二極切替開閉器によりCなる標準計器を直流及び交流回路へ切替へて行ふ。Aは直流標準計器又Bは交流計器にして試験せんとするものなり。

第百六十九圖



猶ほ此の方法以外にはノルスラッポ博士の直交流比較器 (A. C.-D.C. comparator) なるものあり。**第百七十圖**は其の接続を又**第百七十一圖**はその外觀を示す。AB,CD は各その長さ直径及び抵抗相等しき二本の細き線にして約  $\frac{1}{2}$  吋をへだて、張られ中央に兩線を結びつくる小片ありその上に  $m$  なる小鏡を付く又此の小片は弱きスプリングによりて引かれ従て兩線は平均に張らる今兩線が同様に膨脹する時は鏡はスプリングに引かれて水平に動くべきも一方の線のみ膨脹する場合には鏡は忽ち

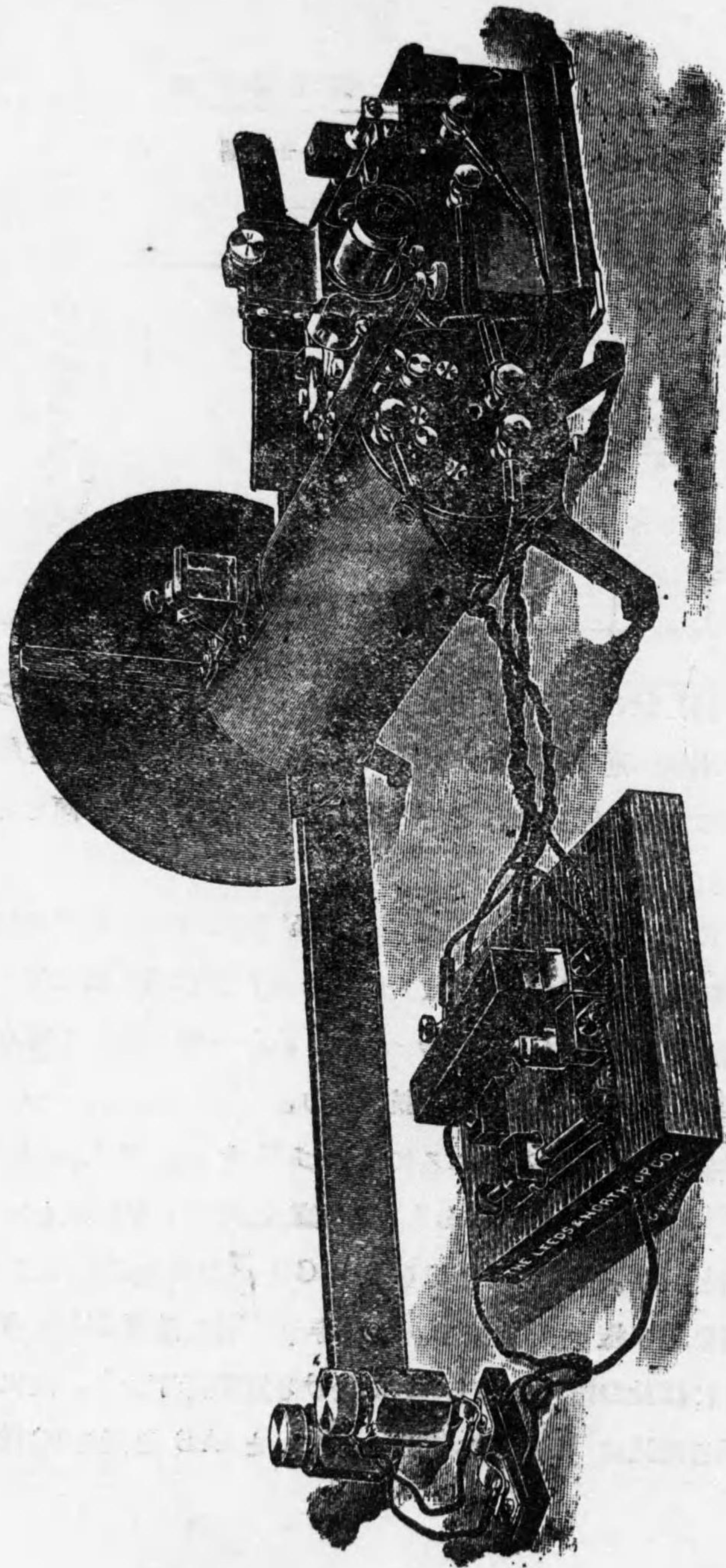
第百七十圖



傾斜し此の傾斜は望遠鏡装置により著しく廓大して見らる。即ち兩線へ通ずる電流が直流にても交流にても相等しき値なれば鏡に傾斜を起さざれどその微細なる相違は著しき傾きを生ずべし。

Rは無誘導抵抗にしてその  $f'h'$  間の抵抗は細密に知られ又接続線  $e'f'$  及び  $h'g'$  は夫れ々々  $ef$  及び  $hg$  に相等し。SSなる開閉器は CD を  $eg$  へ或は  $e'g'$  へ切り替へる爲め又 M は蓄電池  $r,l$  等は加減抵抗器なり。

扱て此の装置を用ふるには先づ S を  $e'g'$  に入れ AB,CD を並列にし  $A_m$  に測らんとする電流を通じ  $l$  を加減して  $m$  の傾斜を戻す。次に S を切り換へ CD へ直流を通じ再び  $m$  の傾斜を戻す様  $r$  を加減す。此の時  $f'h$  間の電壓 E を  $V_m$  にて計れば此の電壓は即ち R に於ける電壓降下なり。故に  $A_m$  を通る電流は R を通る電流  $\frac{E}{R}$  と AB を通る電流との和



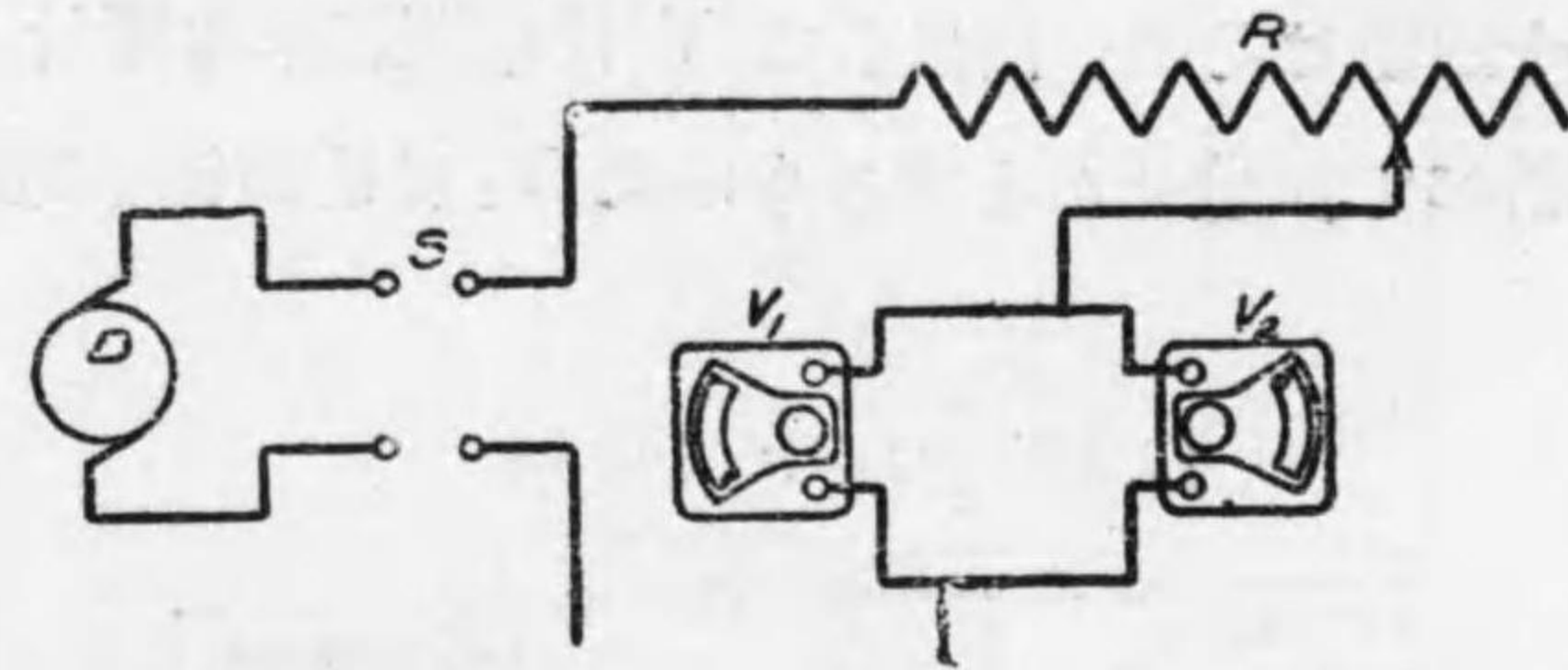
なるべし。而して後者は  $E$  の各値につき算定し得べし。

製造者は此の装置を用ひて  $\frac{1}{2}\%$  迄の確度に於て測定し得と稱す。

又微小なる電流は前に記せる ダツデル熱電流計 (Duddel Thermo-ammeter) にて計り得べく此の計器は直流にて更正せば其儘交流に用ひ得べし。

電圧計の試験は電流計試験と大同小異なり。直流電圧計の試験は**第七十二圖**の如き接続をなす。  $V_1$  は試験せんとする電

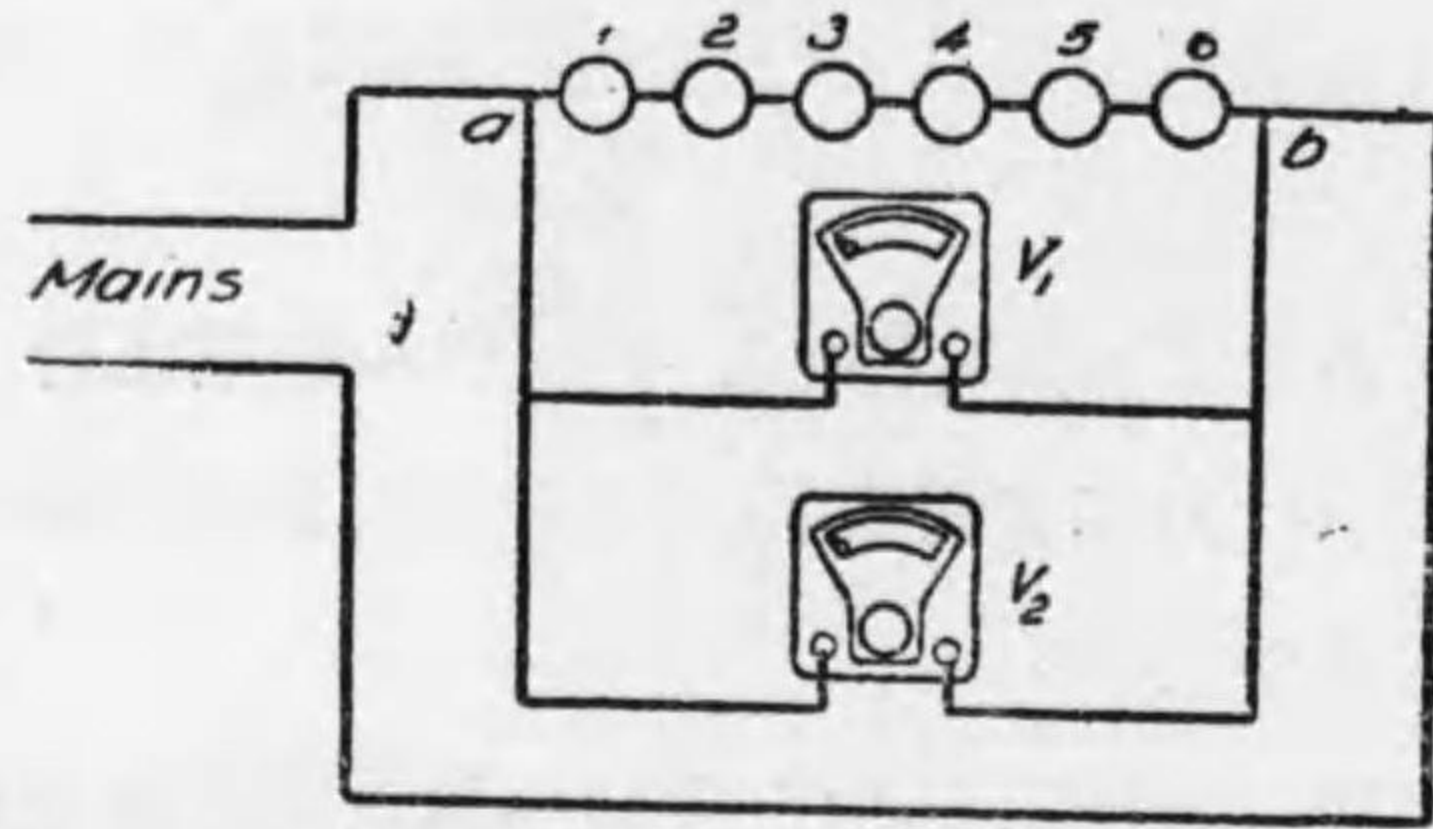
第 百 七 十 二 圖



圧計  $V_2$  は標準電圧計なり。  $V_2$  には可動線輪型にし特に高級なる所謂實驗所標準型又はデフレクション電位差計等を用ふ。此の場合  $D$  なる電源が電圧を細かく調整し得ざる時は  $R$  は充分大なる値ならざるべからず。例へば  $R=0$  なる時電圧計に最大指示を與ふる場合  $R$  を増し電圧計に半分の指示を與ふる爲めには  $R$  は電圧計の抵抗 ( $V_1, V_2$  の合成抵抗) と相等しき丈けならざるべからず。かくの如き場合にはむしろ**第七十三圖**の如き接続をよしとす。即ち電圧を減じ  $V_1$  の讀みを下げんとせば  $b_2$  を次第に左へ移し  $ab$  間の電燈の数を減するなり。

交流電圧計を試験するには交流電流計の場合と同じく交直兩

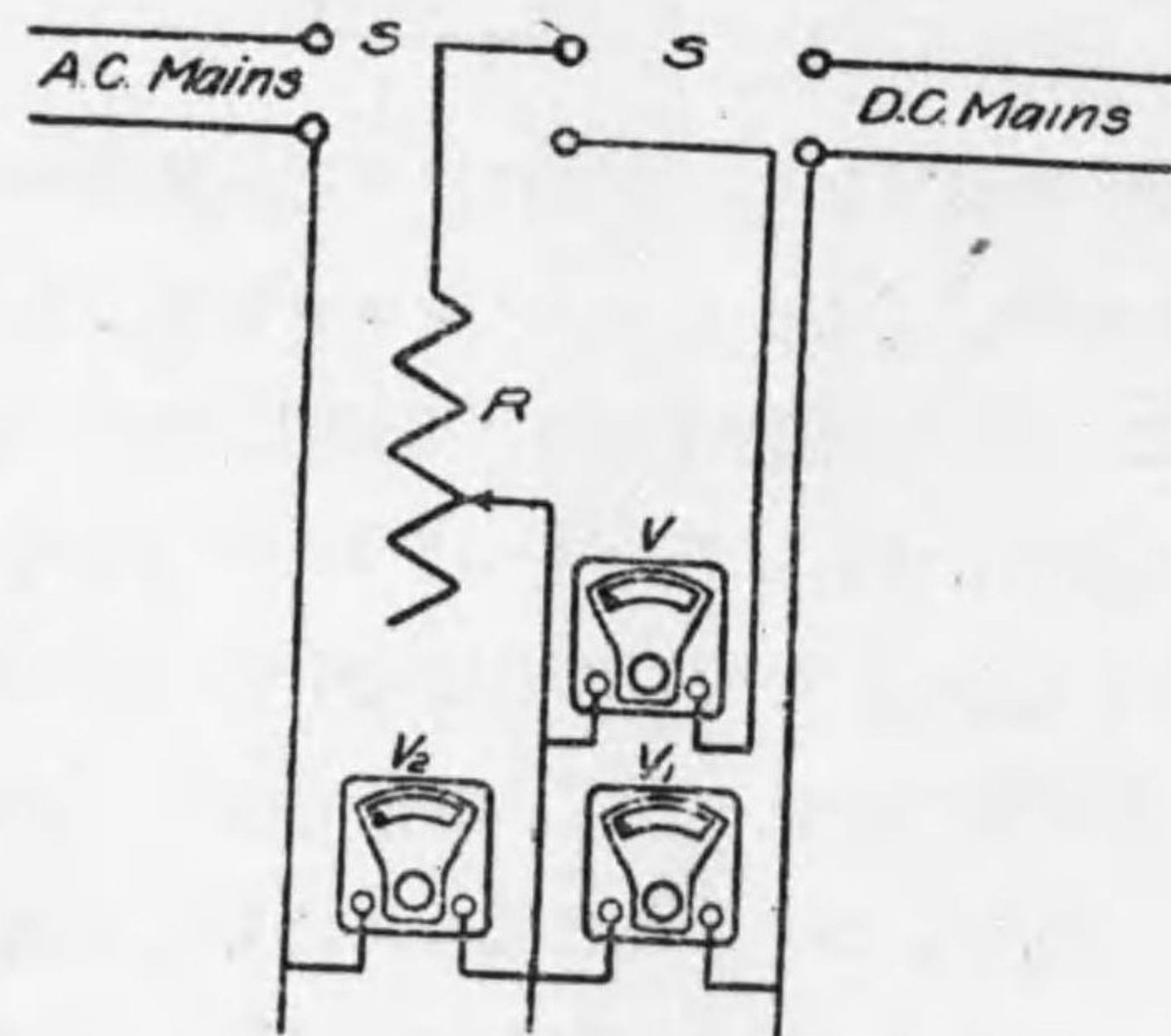
第百七十三圖



用の中間標準を用ふ。熱線型又はダイナモメーター型等の如き之れなり。

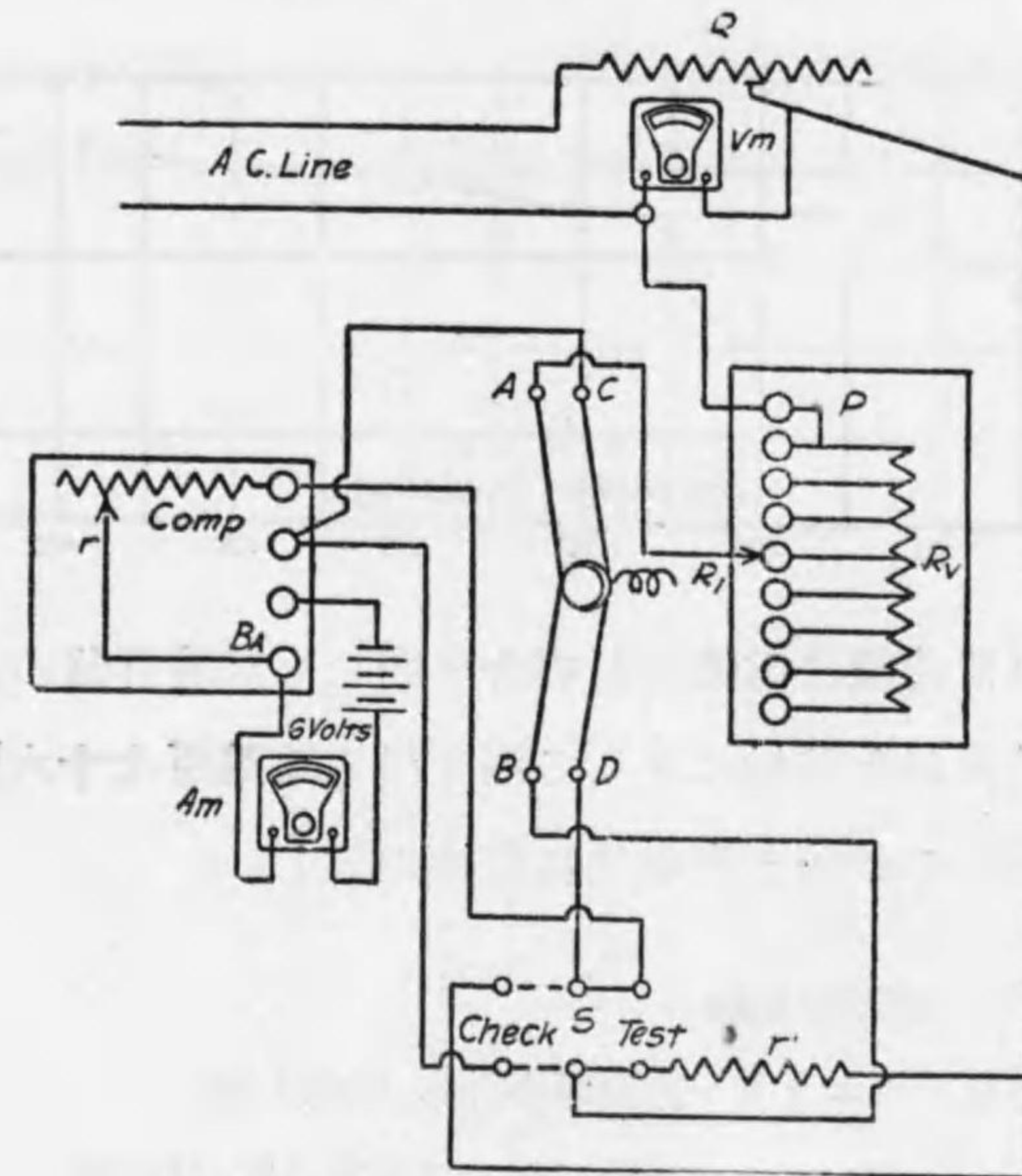
第百七十四圖はその一例にして  $V$  は中間標準電圧計  $V_1$  は交流電圧計にて試験せんとするもの又  $V_2$  は直流標準電圧計なり。

第百七十四圖



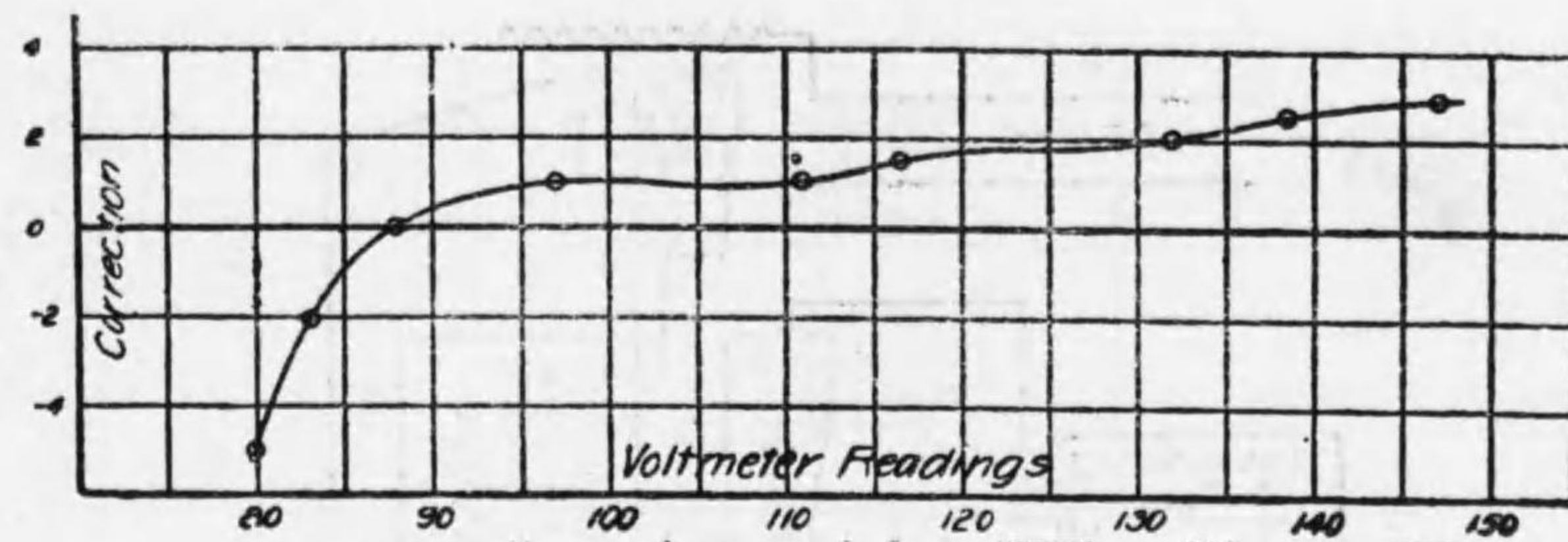
交直流比較器を用ふる場合には第百七十五圖の如き接続をな

第百七十五圖



す。 $V_m$  は試験せんとする電圧計にして  $R$  は加減抵抗器又  $R_v$  は無誘導加減抵抗器にして正しく更正せるものなり。 $S$  なる二極切替開閉器を check の方に入るゝ時は  $AB, CD$  は直列に接続せられ其電流は  $R_v$  によりて加減せらる。かくして比較器を正しく合せ  $S$  を test の方へ切り換ふれば  $CD$  の代りに  $r$  が挿入せらるゝも兩者の抵抗は精密に合せらるゝ故結局に  $AB$  通ずる電流は變化なし。今  $CD$  に通ずる電流を  $r$  によりて調整し比較器の傾きを零位に戻すとき  $CD$  の電流  $I$  を  $A_m$  によりて測れば同じ大さの電流が  $AB$  にも通じ居る故  $IR_v$  は電壓の値となる。

百七十六圖



電圧計の更正曲線は電流計の場合と同じく試験計器の読みを横軸にとり又更正を縦軸にとりて描き得る事**第百七十六圖**の如し。此の電圧計の成績を表示すれば次の如し。

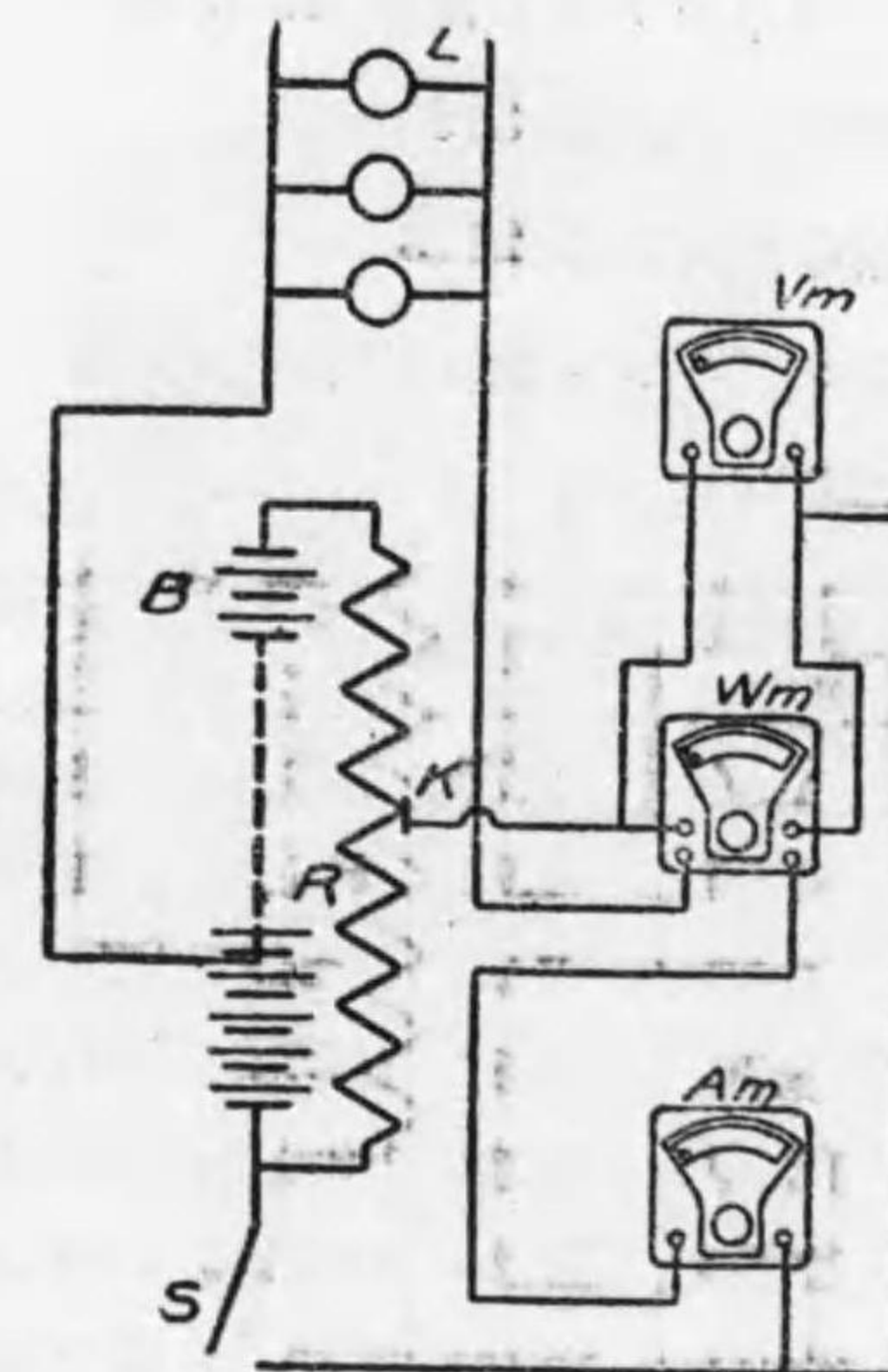
試験 (2) 電圧計試験

- 器具 ウェストン直流電圧計第 19229 號
- ウェストン實驗所標準型電圧計第 316 號
- ランプバンク
- 溫度 20°C

標準器	試験計器	更正	備考
75	80	-5.0	第百七十六圖 曲線参照
81	83	-2.0	
88	88	0.0	
98	97	+1.0	
112	111	+1.0	
118	116.5	+1.5	
131	132	+2.0	
141	138.5	+2.5	
150	147	+3.0	

電力計試験は前記電流計及電圧計の試験を同時に行ふに過ぎず**第百七十七圖**はダイナモメーター型電力計を直流にて試験する接続を示す。B なる電池はその電源にして  $W_m$  なる電力計

第百七十七圖



の電圧容量に充分なる丈の個数を備へざるべからず。Am は標準電流計にして  $W_m$  の電流線輪及 L なるランプバンクを通じ電池の一部分に接続せらる。又  $V_m$  なる標準電圧計は  $W_m$  の電圧線輪と並列に結ばれ一端は電池の終端へ又他端はスライド抵抗 K へ接続せらる K を上より下に動かすときは電圧最大より零まで漸次に變化す。

かくの如き接続にて電力は次の三様に試験し得べし。

- (1) 定電壓にて電流を變じて

(2) 定電流にて電壓を變じて

(3) 電壓及電流を共に變じて

又其の結果は下表及び**第七十八圖**の如く示し得。

試験 (3) 電力計試験

器具 ウェストン電力計第 4263 號

標準電壓計第 316 號

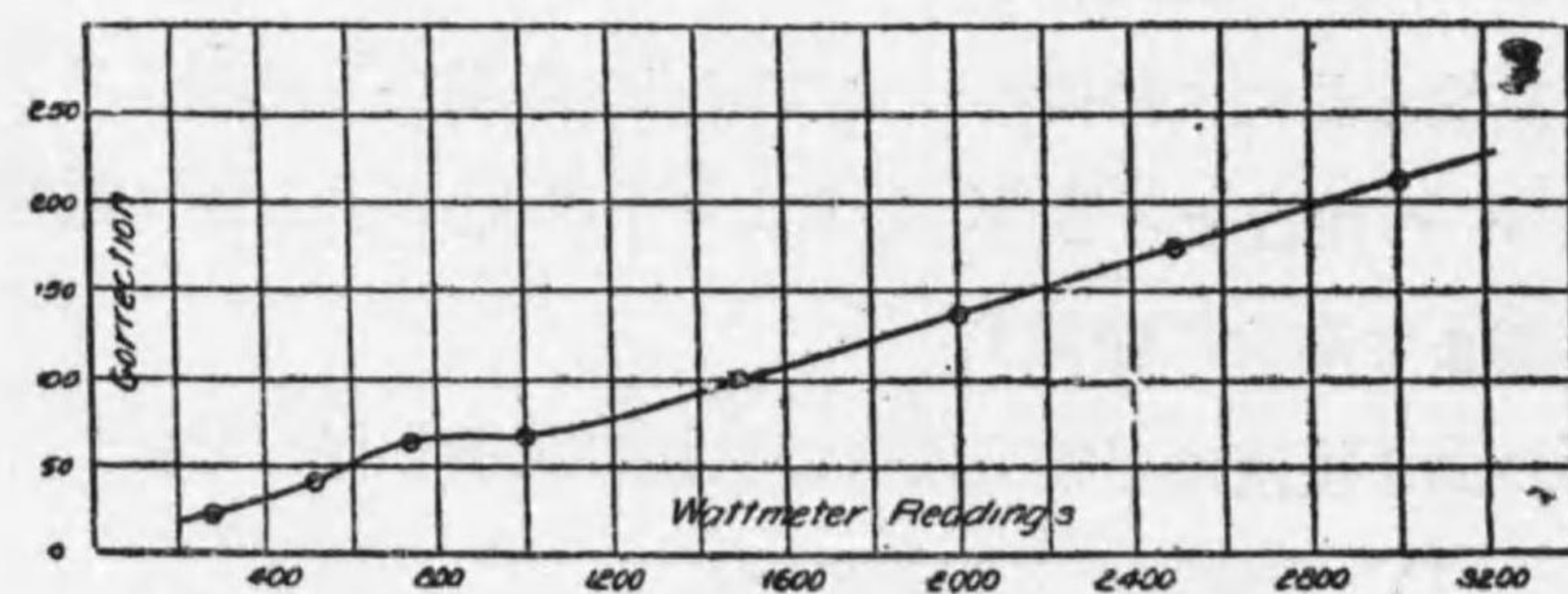
標準電流計第 2113

ランプバンク及スライド抵抗器

溫度 22.5°C

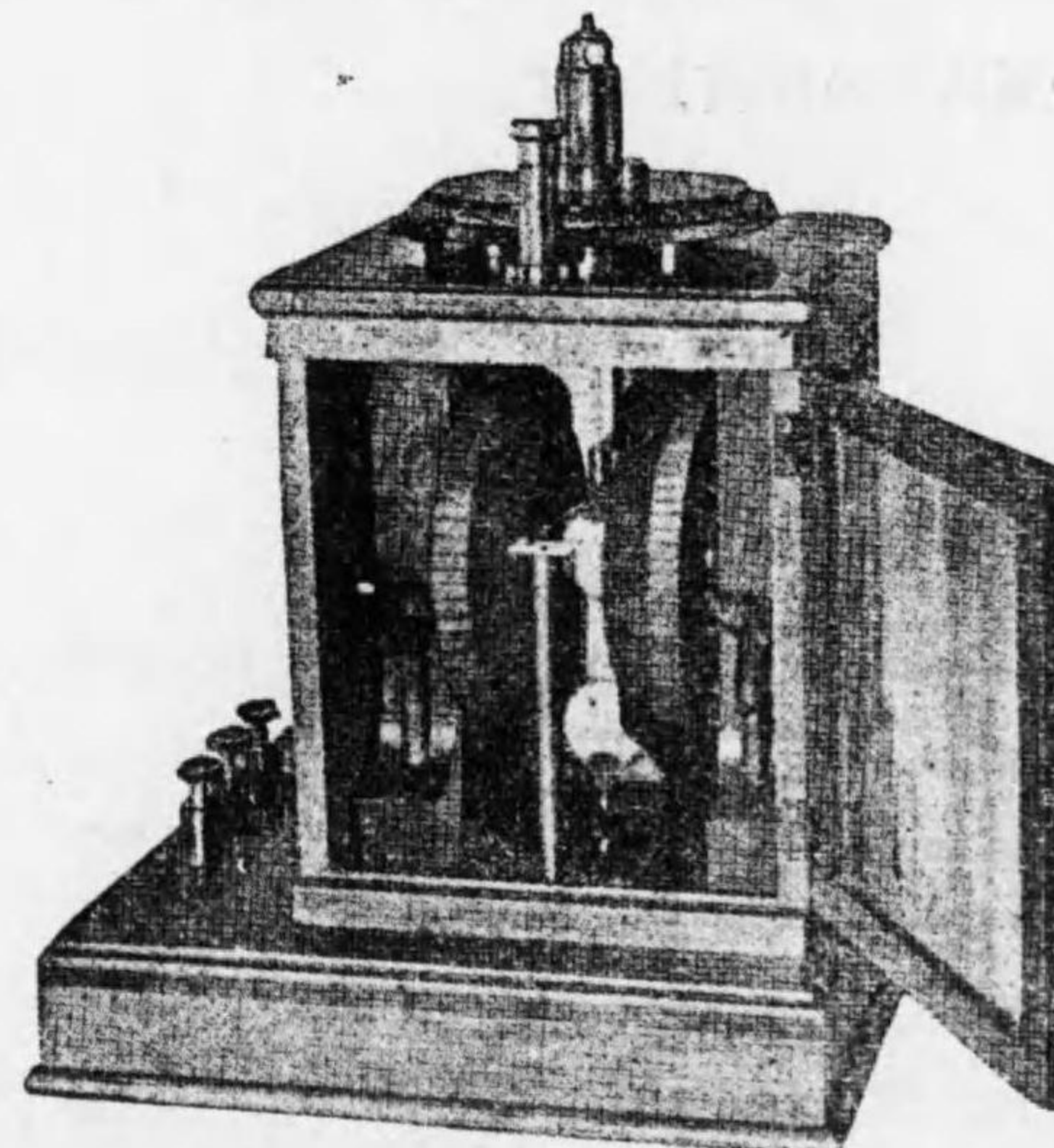
電圧計 讀み	更正電壓	電流計 讀み	更正電流	真の ワット	電力計 讀み	更正	備考
110	111.5	2.50	2.75	306.62	283.90	+22.7	第七十八圖 参照
110	111.5	4.50	4.95	551.92	511.00	40.9	
110	111.5	6.50	7.20	802.80	747.00	65.8	
110	111.5	8.70	9.57	1067.50	1000.00	67.5	
110	111.5	13.00	14.35	1600.00	1500.00	100.0	
110	111.5	17.50	19.25	2137.90	2000.00	137.0	
110	111.5	22.00	24.00	2675.00	2500.00	175.0	
110	111.5	27.00	29.70	3211.50	3000.00	212.5	

第七十八圖



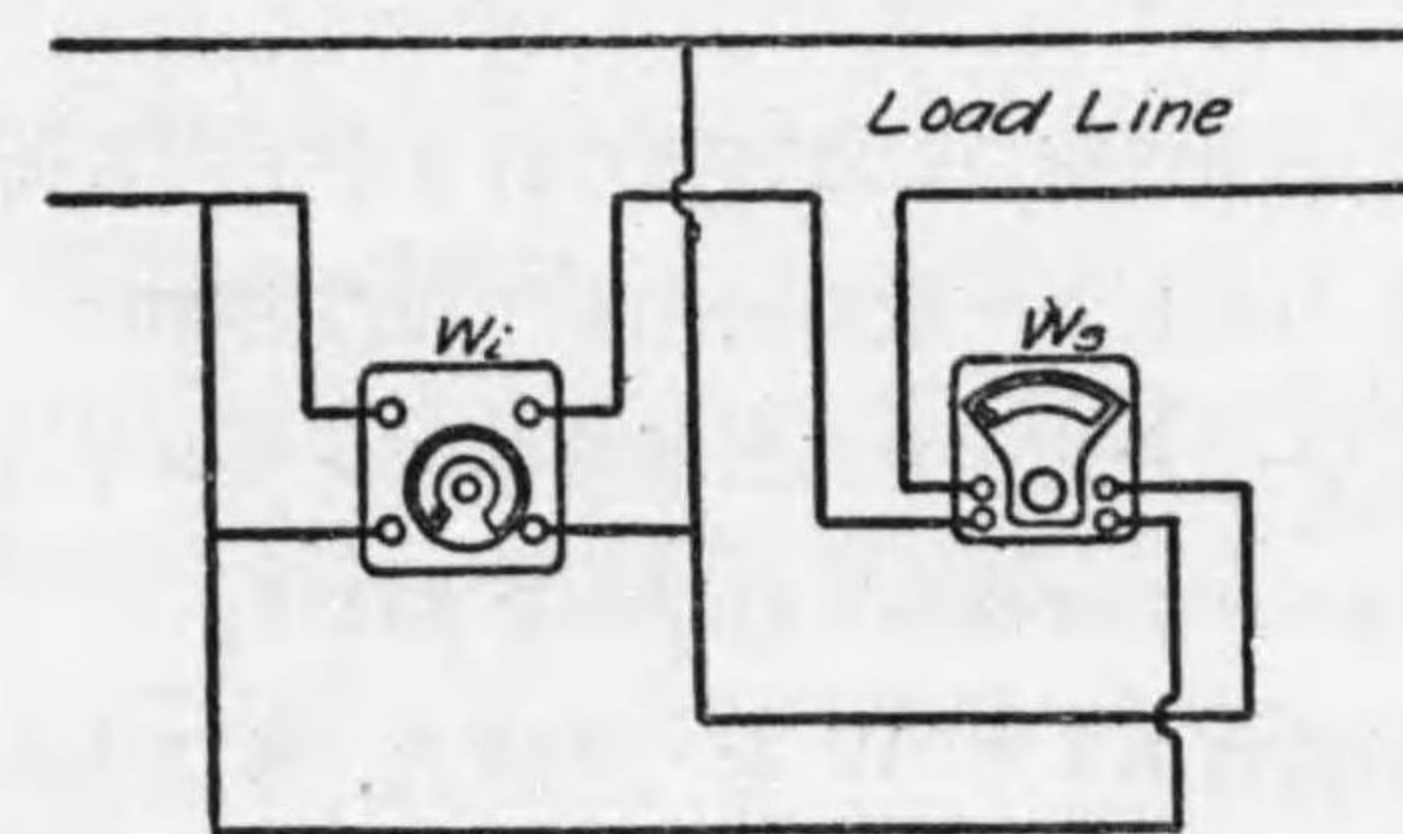
又誘導型等の交流専用の電力計を試験するにはダイナモメーター型の如き直交兩用電力計を直流にて更正し中間標準に用ふ**第七十七圖**に示す電力計はかかる使用に適當なるものなり。

第七十九圖



又**第八十圖**は交流電力計の試験接続を示す。W<sub>s</sub>は標準電力

第八十圖

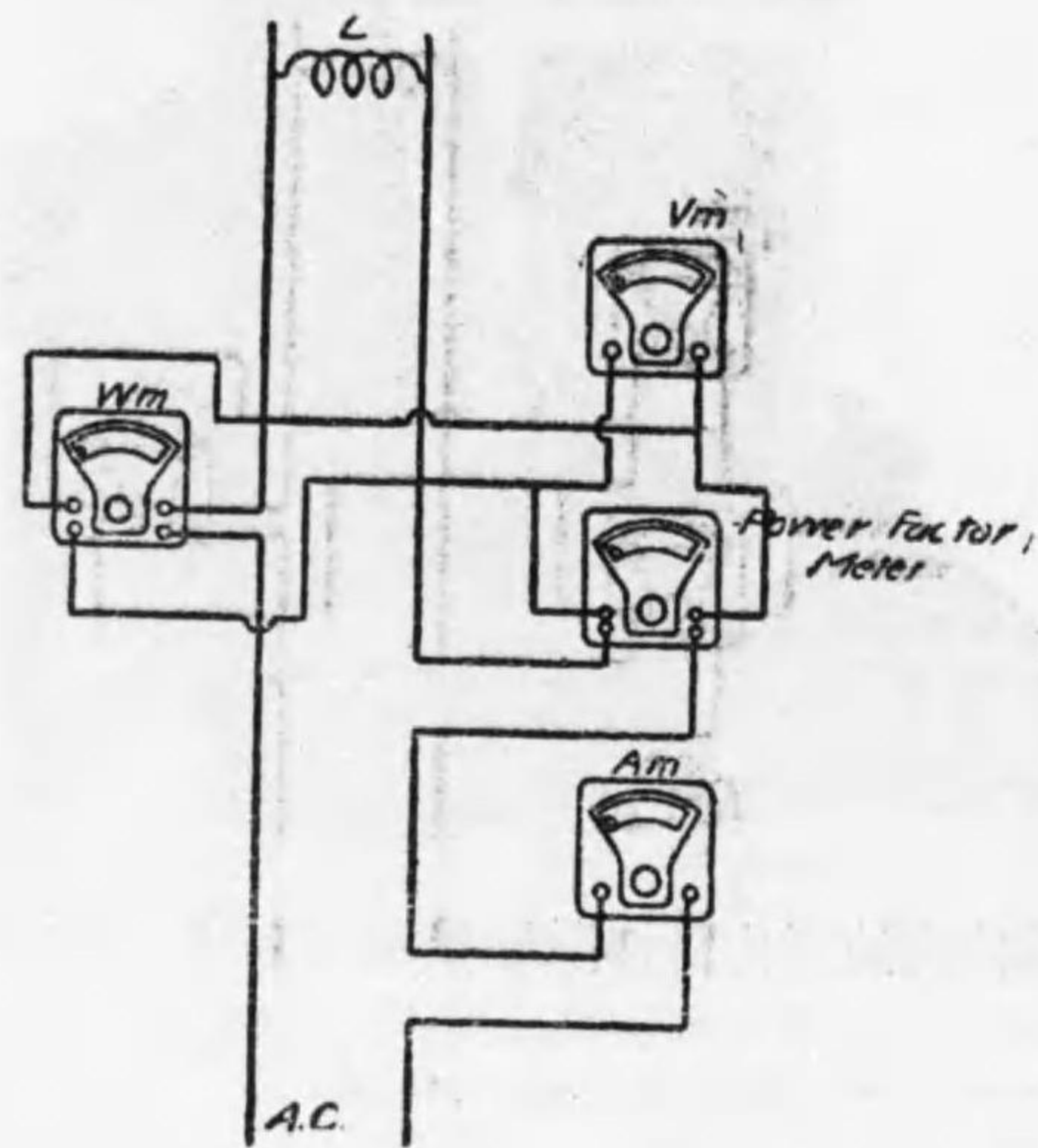


計  $W_i$  は誘導型電力計なり。

単相力率計の試験は前記電圧計電流計及電力計を用ひ各力率に於ける各計器の指示より各の更正值  $W, E$  及  $I$  を求め  $K = \frac{W}{E \times I}$  の如く算出す。

第百八十一圖にその接続を示す。

第百八十一圖



三相力率計は平衡負荷の際は容易なれど不平衡負荷の場合は甚だ難儀なるものにして一般に三相不平衡の力率は  $\frac{W_1 + W_2 + W_3}{E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3}$  なるべきに計器は各エレメントの力率の平均即ち  $(\cos \theta_1 + \cos \theta_2 + \cos \theta_3)$  の平均を表はす。

而して平衡負荷にありて  $W$  を三相電力、 $E$  を線間電圧又  $I$  を線電流とせば

$$\text{力率} = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{\sqrt{3} E_1 I_1} = \frac{W_1}{\sqrt{3} EI}$$

となりて此の場合の試験は単相力率計の場合に準し容易に行ひ得べし。

周波計試験は発電機の極数  $p$  及びその一分間の廻轉數を測定して行ふ。

$$f = \frac{p}{2} \times \frac{n}{60} \text{ 毎秒サイクル}$$

記録計器の試験は指示計器に準して行ひ得べし。

### 第三節 積算計器試験

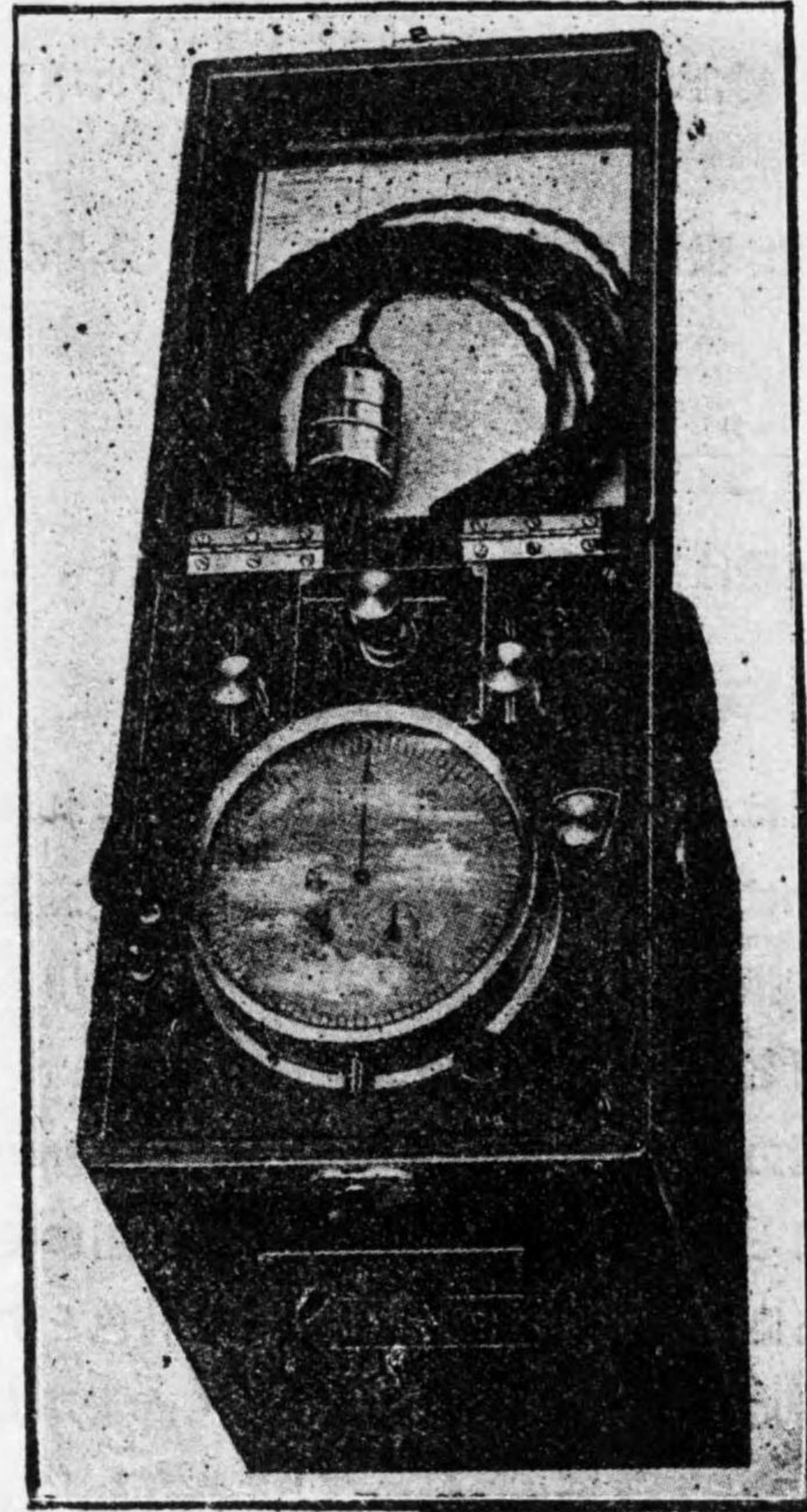
積算電力計は日常電氣の取引に用ふるものなれば信用ある計器を擇ぶべきは勿論なれど又絶えず之が試験を怠るべからず。此の試験には指示電力計及びトツプウオツチを用ふる方法と標準積算電力計を用ふる方法との二あり。

標準積算電力計 (Rotary Standard Watthourmeter) は通常の積算電力計と略ぼ同一の構造を有し唯携帯用に便なると測定範圍の廣きと圓板廻轉を細かく見極るとを特色とす。即ち木函に入れて携帯に便し電流線輪を數個に分ち直並列接続によりて各種の測定範圍を得又圓板の軸の頂上に指針を附し且つ目盛板面を 100 等分し一廻轉の  $\frac{1}{100}$  迄見得る様にせり。第百八十二圖はダンカン直流用標準積算電力計、第百八十三圖はその内部、第百八十四圖はゼネラル誘導型標準電力計なり。

本器を用ふる方法は指示電力計を用ふる方法に比し各種の利益あり就中

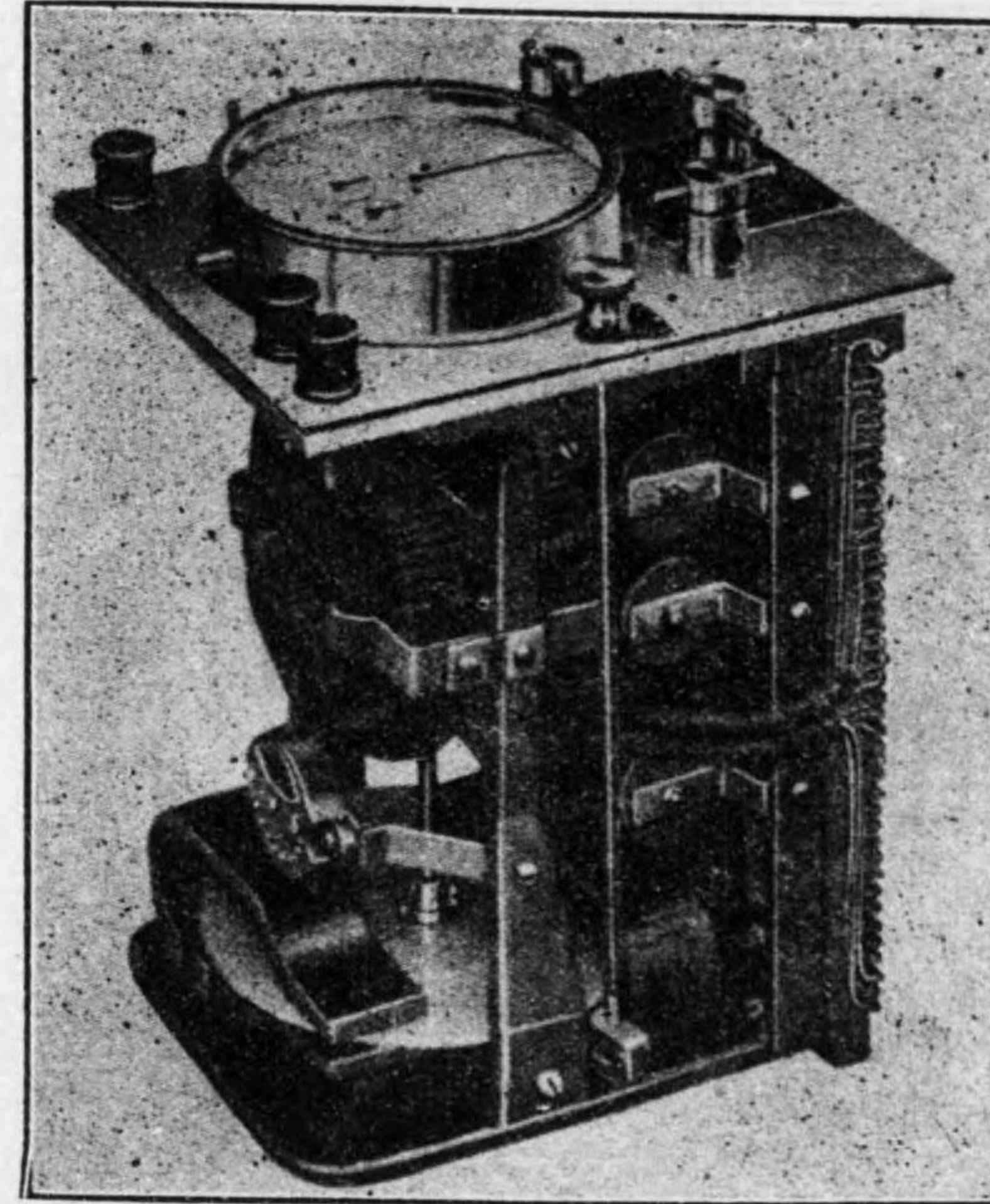


第 百 八 十 二 圖



- (1) 一個の標準器を種々の容量に用ひ得
- (2) 標準器も試験計器も全く同一の特性を有する故荷重の變化等により何等の影響を蒙らず。
- (3) 一人にて試験し得。
- (4) 指示計器に比して多少荒き使用に堪ゆ。

第 百 八 十 三 圖

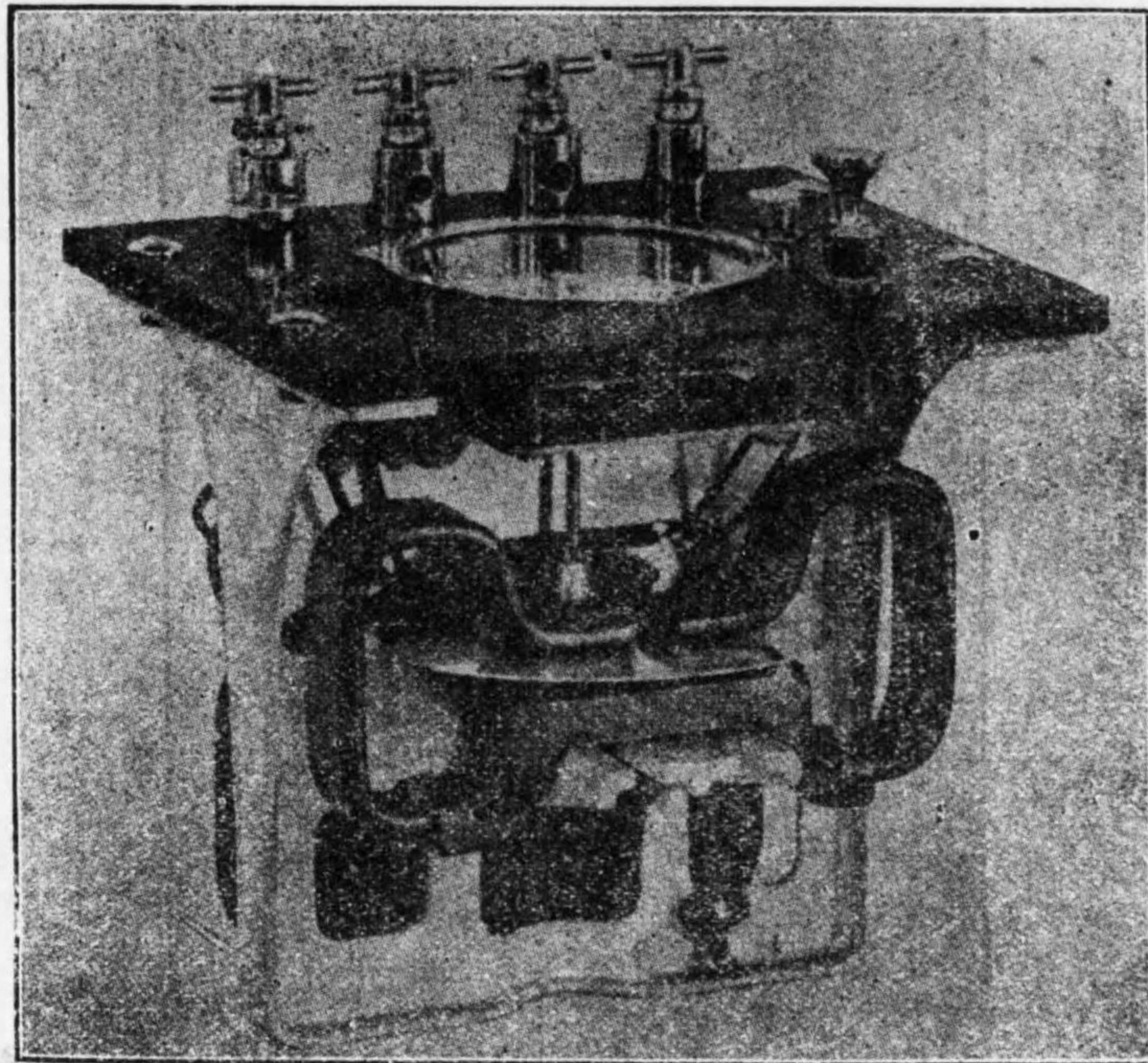


而して唯確度の點に至りては指示計器を用ふる方法に比し甚だしき遜色あり。

試験の種類は甚だ多く米國電燈協會 (National Electric Light Association) にては次の八種に分てり。

1. 工場試験 (Shop test)
2. 取付試験 (Installation test)
3. 定期試験 (Periodic test)
4. 故障試験 (Complaint test)
5. 取調試験 (Inquiry test)
6. 再試験 (Re-test)

第百八十四圖



7. 修理試験 (Repair test)

8. 特殊試験 (Special test)

上記の中 (1) は工場にて組立たる後初めてする試験にして (2) は需要者に取付けて後試験するをいふ。(3) は取付けたる計器を定期的に試験するをいひ、(4) は需要者が苦情を申込めるに際して行ふ試験。(5) は会社が料金につき疑念ありて行ふ試験。(6) は休燈せる家へ再點燈する場合等に行ひ又は封切を破棄<sup>(1)</sup>

譯者曰 (1) 我國にては逓信省の封印を破棄せるものは計器の効力を失ひ再び新檢定を経るを要す。

せるものに行ふ。(7) は修理後の試験。(8) は上記以外の特殊なる場合に行ふ試験を總稱す。

計器の係数は二種あり一をダイヤル係數 (Dial constant) 他を試験係數 (Test constant) といふ。前者は計器の指示が表はすキロワット時に或る數を乗じて眞のキロワット時を得るものにして普通容量大なる計器のダイヤル面上に記せり。後者は計器の銘板又は圓板上に記す試験用の係數にして普通圓板一廻轉に要するワット時を用ひ之をワット時係數といふ。此の外ワット分係數及ワット秒係數等あり各圓板一廻轉に要する電力量をワット分又はワット秒にて表はせるものなり。従て  $K_h$  をワット時係數、 $K_m$  をワット分係數、 $K_s$  をワット秒係數とせば

$$K_s = 3600K_h = 60K_m$$

此の係數を用ひて計器を試験するは最も普通なる方法にして大體次の如し

計器の % 確度は  $100 \times \frac{\text{計器の讀むワット時}}{\text{眞のワット時}}$  にて表はされ眞のワット時は指示電力計と此の電力を通ずる時間との相乗にて知らる。又計器の讀みは普通短時間にはダイヤルへ表はれざる故計器記載の試験係數を用ひ之に圓板廻轉數  $R$  を乗す。

$$\text{即ち (指示電力)} \times \frac{T}{3600} = K_h \times R$$

但し  $T$  は秒になれば 3600 にて除せり。

$$\text{指示電力} = \frac{K_h \times R \times 3600}{T}$$

今米國各會社の試験係數を見るにゼネラル會社にては  $K_G = K_h$

ダンカン会社にては  $\frac{n}{60} = Kh$

ウェスチングハウスにては  $\frac{K_w}{3600} = Kh$

フォトウエーンにては  $\frac{Kf}{36} = Kh$

等なり。

今標準積算電力計を用ひて試験すれば

$\% \text{ 確度} = 100 \times \frac{R \times K (\text{試験計器})}{R' \times K' (\text{標準計器})}$

となる但し K と K' とは上記の如く会社によりて區々なれば各ワット時係數又はワット秒係數等に換算し置くを要す。下表は各會社各型の係數なり。

標準型積算電力計の試験係數表

計器容量 アムペア	サンガモ F 型及 D 型		ゼネラル C <sub>6</sub> J <sub>2</sub> 及 D <sub>2</sub> 型	
	100-125 ワット時	200-250 ワット時	100-120 ワット時	200-220 ワット時
2½	...	...	...	...
3	...	...	...	...
5	1,800 "F"	3,600 "F"	450	900
5	2,400 "D"	4,800 "D"	720	1,440
10	2,400	4,800	1,440	2,700
15	...	...	2,160	4,500
20	4,800	9,600	...	...
25	...	...	36,000	7,200
30	7,200	14,400	...	...
40	9,600	19,200	...	...
50	...	...	7,200	14,400
60	14,400	28,800	...	...
75	...	...	10,800	21,600
80	19,200	38,400	...	...
100	24,000	48,000	14,400	27,000
150	36,000	72,000	21,600	45,000
200	48,000	96,000	...	...
300	72,000	144,000	45,000	90,000

