

(電力の線路中に失はるゝ量が與へらるゝ時は後章斷面積の條に述べべし。)

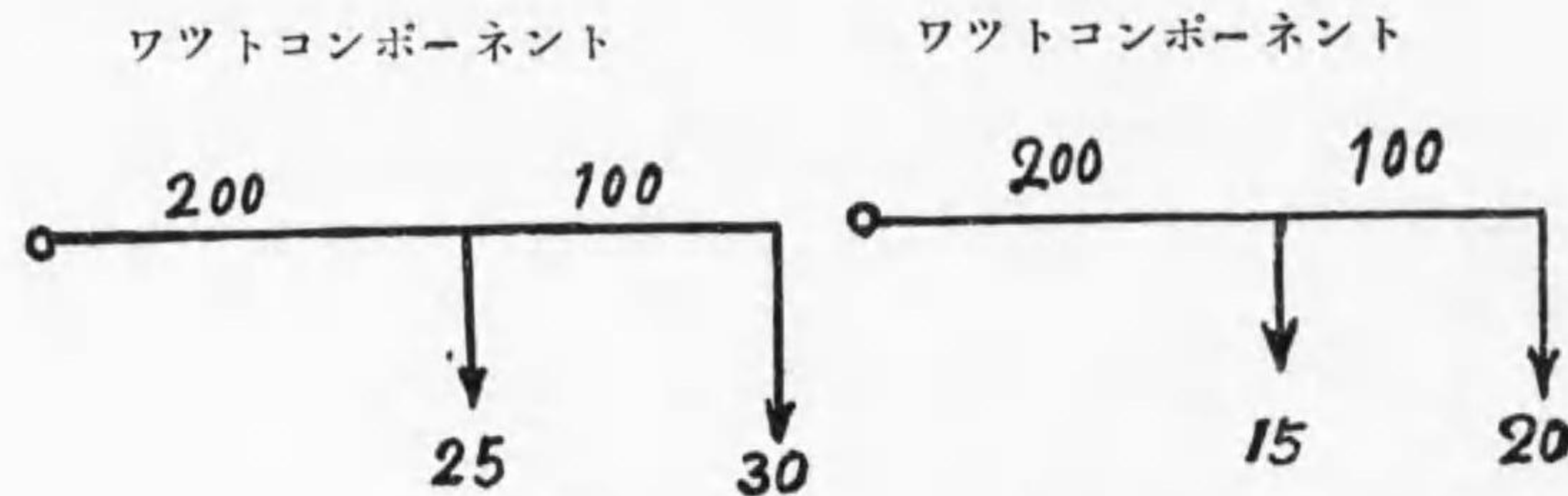
例ば  $L = \frac{1}{10^4} (4.6 \log_{10} \frac{d}{r} + 0.5) \text{H/km}$

$= \frac{1}{10^4} (4.6 \log_{10} d - 4.6 \log_{10} r + 0.5) \text{H/km}$  に於て

B & S	4/0	3/0	2/0	0-1	2-3	4	6	8	10	12
$\log_{10} r \cong$	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-0.9	1.0

上表の中電流によりて大體の太さを定め、 $\log_{10} r$  の大體の値を定め電壓降下より  $r$  の値を出し、これによりて半徑を出し、此の半徑を用ひて  $L$  の計算をなし、再び  $r$  を求む。かくする事兩三回にして正確の答を得可し。

例題(2) 端子饋電電壓 200V とし 5% の降下を與へんとす太さを求む。但し  $d=100 \text{ cm}$  とし圖中の距離は往復の長さとする。



第 103 圖 例題附圖

第 104 圖 例題附圖

解 全電流 = 25 + 30 + 15 + 20 = 90A

90 アムペア以上を通すには B & S # 3 以上ならざるべからず。

$\log_{10} r \cong 0.5$  とす。  $L = \frac{1}{10^4} (4.9 \times 2 + 4.6 \times 0.5 + 0.5) \text{H/km}$

$$= \frac{1}{10^4} \frac{5.2 + 2.3 + 0.5}{8.0} = \frac{8}{10^4} \text{H/km.}$$

50~とし

$x = \frac{\epsilon \times 100}{10^4} = \frac{25}{100} = 0.25 \text{ ohm/km.}$

$\epsilon = \frac{200 \times 5}{100} = 10 \text{ V.}$

$\epsilon = r \sum_1^n (w i_2 \lambda) + x \sum_1^n (i_2 \lambda)$

$\sum w i_2 \lambda = 200 \times 25 + 300 \times 30 = 5000 + 9000 = 14000$

$\sum i_2 \lambda = 200 \times 15 + 300 \times 20 = 3000 + 6000 = 9000$

$\therefore 10 = \frac{r}{1000} \times 14000 + \frac{0.25}{1000} \times 9000$   
 $= 14r + 2.25$

$\therefore r = \frac{10 - 2.25}{14} = \frac{7.75}{14} = 0.554 \text{ ohm/km.}$

B & S # 2 0.5116 ohm/km, ..... Dia = 6.544 m.m.  
 # 3 0.6450

第二回計算

B & S # 2  $\gamma = 0.3272$  とす。(但  $r$  は電線の半徑とす)

$\log_{10} 0.3272 = \bar{1}.51481 = -0.442 \cong -0.44$

$L = \frac{1}{10^4} (4.6 \times 2 + 4.6 \times 0.44 + 0.5)$

$$= \frac{1}{10^4} \frac{5.2 \times 2.024 \times 0.5}{7.724} = \frac{7.724}{10^4} \text{ H/km.}$$

$$x = \frac{7.724 \times 100\pi}{10000} = \frac{24.3}{100} = 0.243 \text{ ohm/km.}$$

$$10 = \frac{r}{1000} \times 14000 + \frac{0.243}{1000} \times 9000 = r \times 14 + 2.18$$

$$r = \frac{10 - 2.18}{14} = \frac{7.82}{14} = 0.558 \text{ ohm/km.}$$

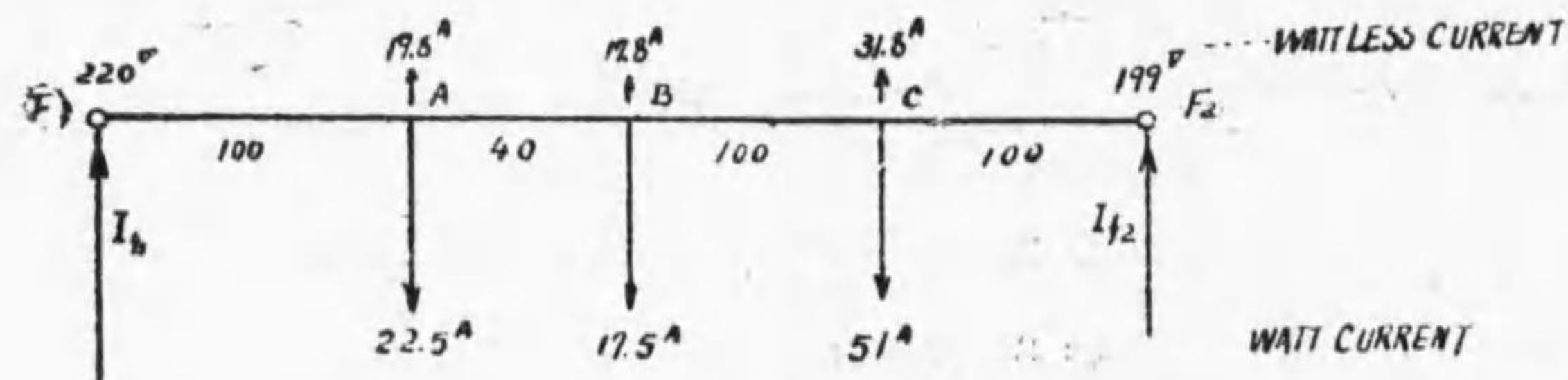
B & S # 3 は 0.6450 ohm/km B & S # 2 は 0.5116 ohm/km ならば B & S # 2 を用ひざるべからず。此時の電壓降下を見れば

$$r = 0.5116 \text{ ohm/km.} \quad r = 0.3272 \text{ or } \log r = -0.442$$

$$x = 0.243 \text{ ohm/km.} \quad d = 100 \text{ cm.}$$

$$\varepsilon = 0.5116 \times 14 + 0.243 \times 9 = 7.16 + 2.18 = 9.34 \text{ ヴォルトなり。}$$

例題 (3) 第 105 圖に於て上の電流はワツトレス電流, 下の電流はワツ



第 105 圖 例題附圖

ト電流とす。上記配電線に於て同一の導體を同一状態に架線せらるゝものとして  $I_{r1}$ ,  $I_{r2}$  及び電流分帯の状態を見出せ。

但し  $r = 0.35 \text{ ohm/km.}$   $x = 0.37 \text{ ohm/km}$  とす。

解 公式 (9)' を用ふ。

即  $wI_{r2} = \frac{\sum w i \lambda}{\Lambda} + \frac{r \varepsilon_{2-1}}{\Lambda(r^2 + x^2)}$  を用ひ 例題 (1) にて計算せ

る様に次の値を用ふ。

$$\frac{\sum w i \lambda}{\Lambda} = 49.9 \quad \frac{\sum w i \lambda}{\Lambda} = 41.1$$

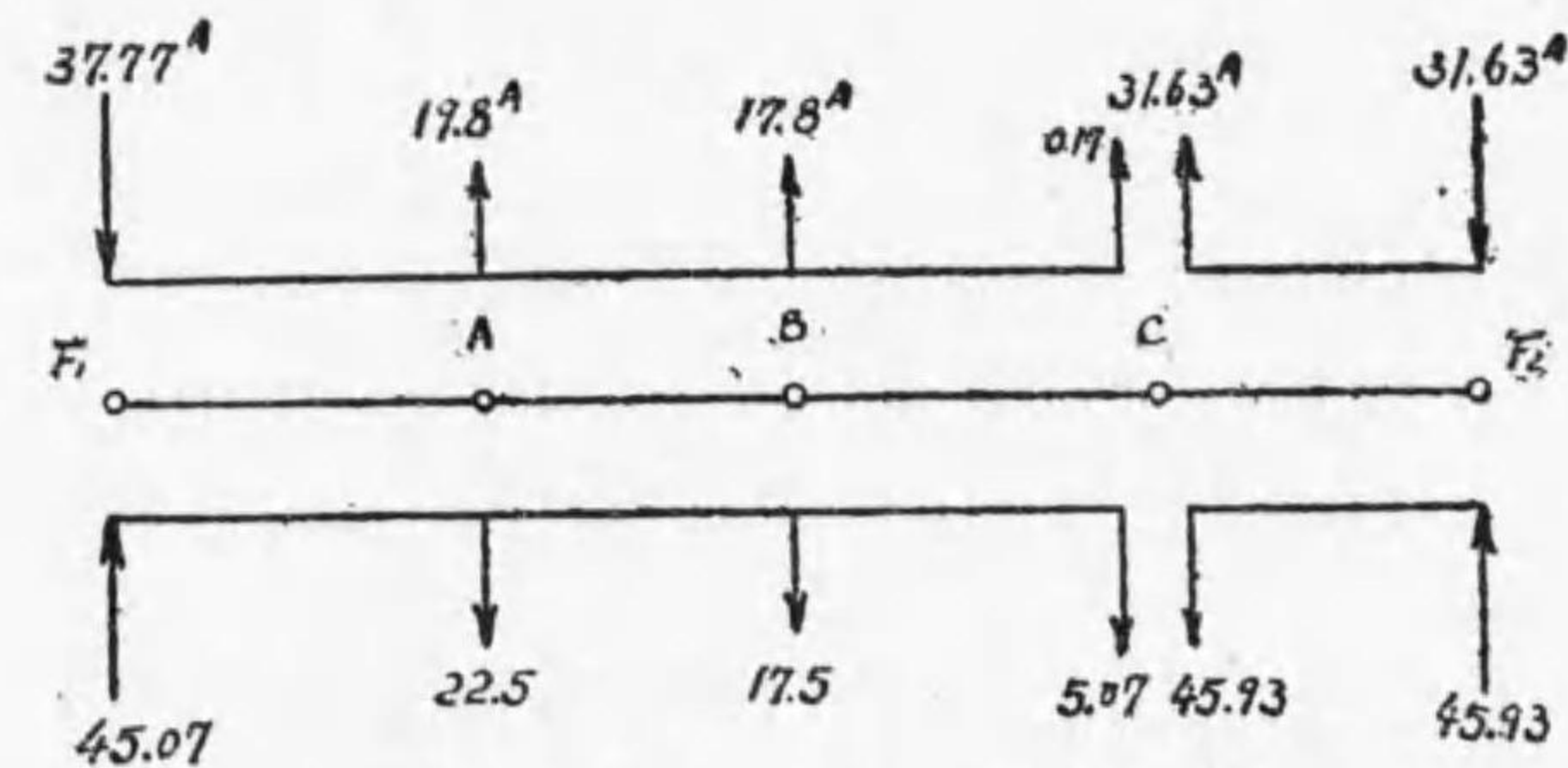
$$\frac{\sum i \lambda}{\Lambda} = 35.6 \quad \frac{\sum i \lambda}{\Lambda} = 33.8$$

$$wI_{r2} = 49.9 + \frac{0.35 \times (-1) \times 1000000}{340 \times 1000(0.35^2 + 0.37^2)}$$

$$= 49.9 - \frac{35}{34 \times (0.122 + 0.137)} = 49.9 - \frac{35}{34 \times 0.259}$$

$$\therefore wI_{r2} = 49.6 - 3.97 \text{ A} = 45.93 \text{ A} \quad wI_{r1} = 41.1 + 3.97 = 45.07 \text{ A}$$

$$iI_{r2} = 35.6 - 3.97 = 31.63 \text{ A} \quad iI_{r1} = 33.8 + 3.97 = 37.77 \text{ A}$$



第 106 圖 例題附圖

此の場合 C 點に於て二組の一端より饋電せる電路とする事を得る故に、電壓降下を出すに易し。

一般に多くの交叉点ある配電線は、交叉点に於て電壓は相位相等しからず従て簡単に解く事を得ず。

### 3. 損失電力を基礎としたる計算

前述の如く電壓の降下は次の式にて表して大差なし。

$$\epsilon = IR \cos \varphi_r + IX \sin \varphi_r$$

電壓降下の受電點電壓に對する百分率を  $p'$ , 損失電力の負荷電力に對する百分率を  $p''$ , 損失電力を  $W$  とせば

$$\epsilon = \frac{p'}{100} E_r, \quad W = \frac{p''}{100} W_r$$

$$\text{然るに } \epsilon I = I^2 R \cos \varphi_r + I^2 X \sin \varphi_r$$

$$= W \cos \varphi_r + I^2 X \sin \varphi_r$$

$$\therefore W = \frac{E_r \times p'}{100} \times \frac{I}{\cos \varphi_r} - \frac{I^2 X \sin \varphi_r}{\cos \varphi_r}$$

$$= \frac{p'}{100} \times \frac{E_r I \cos \varphi_r}{\cos^2 \varphi_r} - \frac{I^2 X \sin \varphi_r}{\cos \varphi_r}$$

$$= \frac{p'}{100} \times \frac{W_r}{\cos^2 \varphi_r} - \frac{I^2 X \sin \varphi_r}{\cos \varphi_r}$$

$$\therefore \frac{W}{W_r} \times 100 = p'' = \frac{p'}{\cos^2 \varphi_r} - \frac{I^2 X \sin \varphi_r \times 100}{\cos \varphi_r \times W_r}$$

$$= \frac{p'}{\cos^2 \varphi_r} - \frac{I^2 X \sin \varphi_r \times 100}{\cos \varphi_r \times \frac{I^2 R \times 100}{p''}}$$

$$= \frac{p'}{\cos^2 \varphi_r} - \frac{p'' X \sin \varphi_r}{\cos \varphi_r \times R}$$

若し  $X=0$ ,  $p'' = \frac{p'}{\cos^2 \varphi_r}$  従て  $p'' > p'$

若し  $X=R$

$$p'' = \frac{p'}{\cos^2 \varphi_r} - \frac{p'' \sin \varphi_r}{\cos \varphi_r}$$

$$\text{or } p'' \left( 1 + \frac{\sin \varphi_r}{\cos \varphi_r} \right) = \frac{p'}{\cos^2 \varphi_r}$$

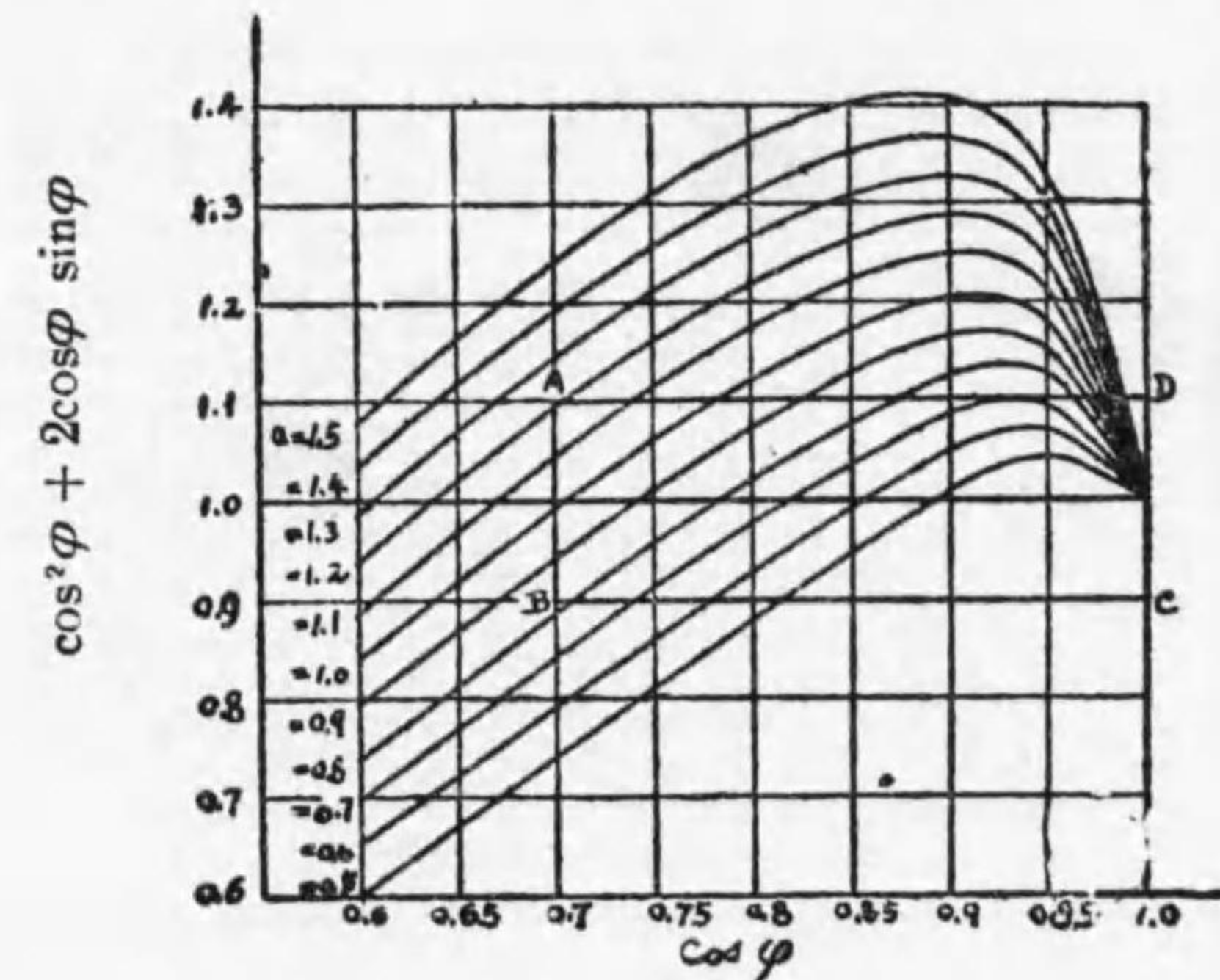
$$\therefore p'' = \frac{p'}{\cos^2 \varphi_r + \sin \varphi_r \cos \varphi_r}$$

若し  $X = \alpha R$  とすば

$$p'' = \frac{p'}{\cos^2 \varphi_r + \alpha \sin \varphi_r \cos \varphi_r} \dots \dots \dots (10)$$

$\cos^2 \varphi_r + \alpha \sin \varphi_r \cos \varphi_r$  の如何なる値を有するかを調べん。

次の表及び圖に示す如く  $\alpha=1$  の場合は  $\cos \varphi=0.7$  に於て其の値は 1 となる。即  $p''=p'$ ,  $\cos \varphi_r > 0.7$  の時は其の値は 1 より大にして  $p'' < p'$  又



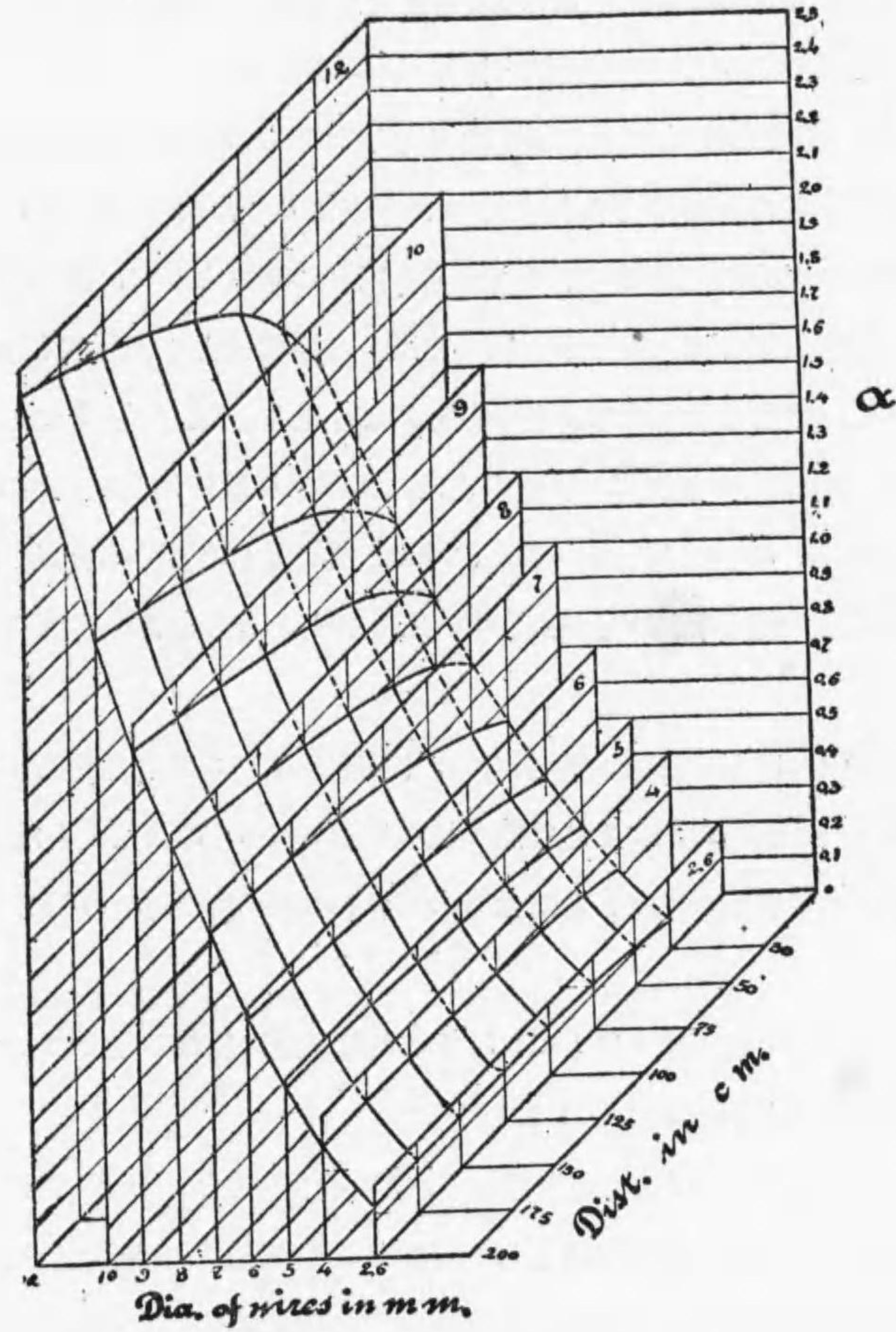
第 107 圖  $\cos^2 \varphi + 2 \cos \varphi \sin \varphi$

$\cos \phi_r < 0.7$  の時は 1 より小にして  $p'' > p'$ , 即  $\cos \phi_r = 0.7$  が臨界点となる。而して  $\alpha \geq 1$  なるに従て臨界点の  $\cos \phi_r$  の値は  $\cos \phi_r \geq 0.7$  となる。

第 42 表

$\cos \phi$	0.60	0.650	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1
$\sin \phi$	0.80	0.760	0.74	0.66	0.60	0.53	0.44	0.31	0
$\cos^2 \phi$	0.36	0.423	0.49	0.56	0.64	0.72	0.81	0.90	1
$\sin \phi \times \cos \phi$	0.48	0.494	0.52	0.50	0.48	0.45	0.40	0.29	0
$\alpha = 0.5$	0.60	0.67	0.75	0.81	0.88	0.95	1.01	1.05	1
$\alpha = 0.6$	0.65	0.72	0.80	0.86	0.93	0.99	1.05	1.07	1
$\alpha = 0.7$	0.70	0.77	0.85	0.91	0.98	1.04	1.09	1.10	1
$\alpha = 0.8$	0.74	0.82	0.91	0.96	1.02	1.08	1.13	1.13+	1
$\alpha = 0.9$	0.79	0.87	0.96	1.01	1.07	1.13	1.17	1.16	1
$\alpha = 1.0$	0.84	0.92	1.01	1.06	1.12	1.17	1.21	1.19	1
$\alpha = 1.1$	0.88	0.97	1.06	1.11	1.17	1.22	1.25	1.22	1
$\alpha = 1.2$	0.94	1.02	1.11	1.16	1.22	1.26	1.29	1.25	1
$\alpha = 1.3$	0.99	1.06	1.17	1.1	1.26	1.31	1.33	1.28	1
$\alpha = 1.4$	1.03	1.11	1.22	1.26	1.31	1.35	1.37	1.31	1
$\alpha = 1.5$	1.08+	1.16	1.27	1.31	1.36	1.40-	1.41	1.34	1

$$\cos^2 \phi + \alpha \cos \phi \sin \phi$$



第 108 圖 直徑, 線間距離と  $\alpha$  の関係

普通の負荷の  $\cos \varphi_r$  は 0.7 と 1 との間であり。  $\alpha < 1 \therefore \cos \varphi_r > 0.7$  となり、  $\sin \varphi \cos \varphi + \cos^2 \varphi$  の取る最大なる値は 1.21 となる。  $\alpha = \frac{1}{2}$  とせば臨界点は 0.95 附近に最大値は 1.05 となる。

通例  $\alpha = 1.3$  以下にして細き線になる程小なるものとなる。(第108圖参照)

電圧降下の百分率の方損失電力の百分率より小なる場合多し。故に損失電力の百分率を電圧降下の百分率と同一の率にとりて、断面積を計算せば、電圧降下の同一百分率を以て算出せる断面積より大なるものを得る場合多く、小なる場合は幸に其の差極めて小なり。又  $pf=1$  に近き所に於ては、凡ての  $\alpha$  に於て  $p''=p'$  となる事圖を見れば明なり。各  $\alpha$  の曲線が ABCD の中にある  $\cos \varphi_r$  の時に、損失電力の百分率を以て計算せる断面積と、電圧降下の同一百分率を以て算出せる大きさとの差は  $1/10$  以内なり。

電動機負荷にして力率低き時は、多く太き線用ひられ居る場合にして線間距離 40~80cm の間にある實際の状態に於ては  $\alpha$  の値は大となり 1 に接近す。従て普通の状態に於ては  $\cos^2 \varphi + \alpha \cos \varphi \sin \varphi$  の値も 1 に近し。

電燈負荷の時は力率大にして、凡ての實際状態に於ける場合は  $\alpha$  の如何に拘はず上記の値は又 1 に近し。

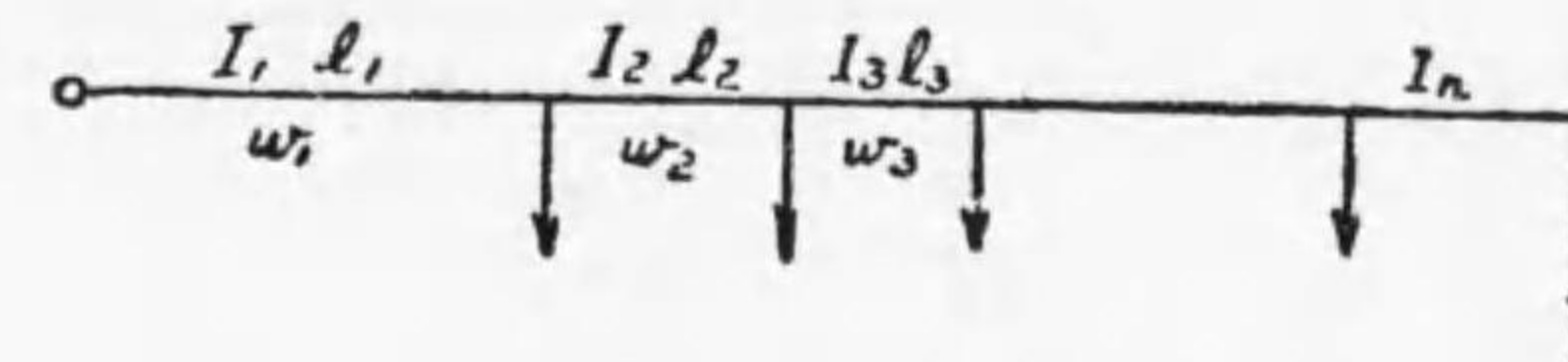
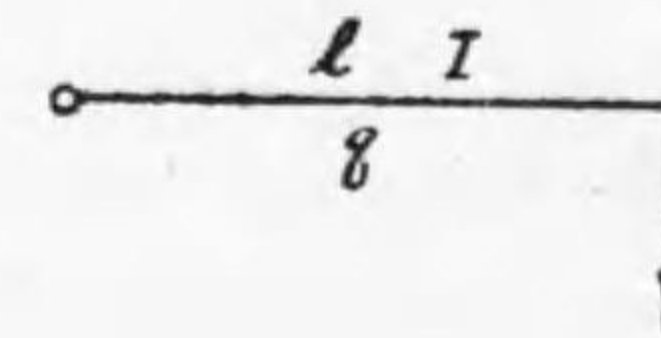
故に  $p''=p'$  として實際上支障なく、此の場合細き線 8~10 番の如きものをふ用る場合は、直流回路として取扱ふても亦實際上支障なかるべし。

但し細き線を用ひ、力率悪き負荷の時、又は太き線にして線間距離大なる場合、力率 0.8~0.95 の間に於ては可なり大なる差を生ずべし。故に損失電力の百分率をとる場合に大なる注意を要す。

損失電力を  $W$  とせば

$$W = \frac{I^2 \cdot 2l}{kq}$$

$$\therefore q = \frac{I^2 \cdot 2l}{kW} \dots \dots \dots (11)$$



第 109 圖 配電線負荷圖

として計算す。又圖の如き場合には

$$w_1 = \frac{I_1^2 \cdot 2l_1}{kq_1}; \quad w_2 = \frac{I_2^2 \cdot 2l_2}{kq_2}; \quad \dots \dots; \quad w_n = \frac{I_n^2 \cdot 2l_n}{kq_n}$$

$$W = w_1 + w_2 + \dots \dots \dots + w_n$$

$$= \frac{1}{k} \sum_1^n \frac{I^2 L}{q} \dots \dots \dots (11)$$

但  $L=2l$  なり。

凡ての断面積同一の時は

$$W = \frac{1}{kq} \sum_1^n I^2 L \dots \dots \dots (12)$$

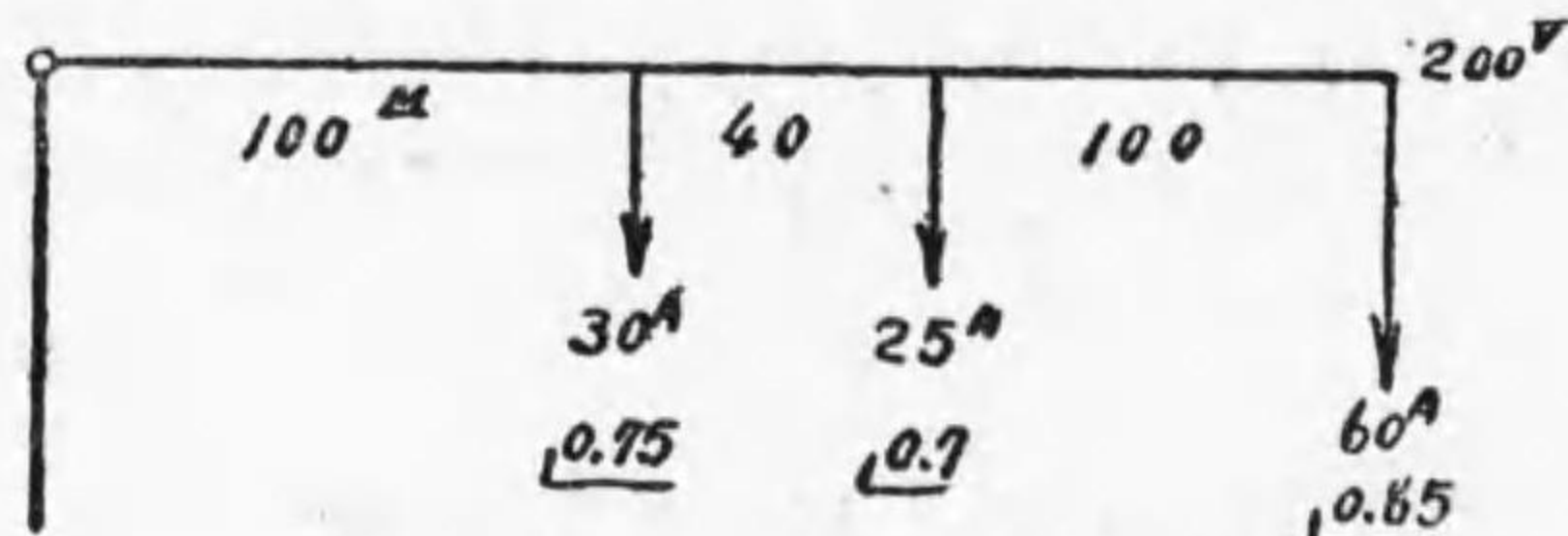
$$q = \frac{1}{kW} \sum_1^n I^2 L \dots \dots \dots (12)'$$

電流密度同一とせば  $D = \frac{I}{q}$

$$W = \frac{1}{k} \sum_1^n DIL = \frac{D}{k} \sum_1^n IL$$

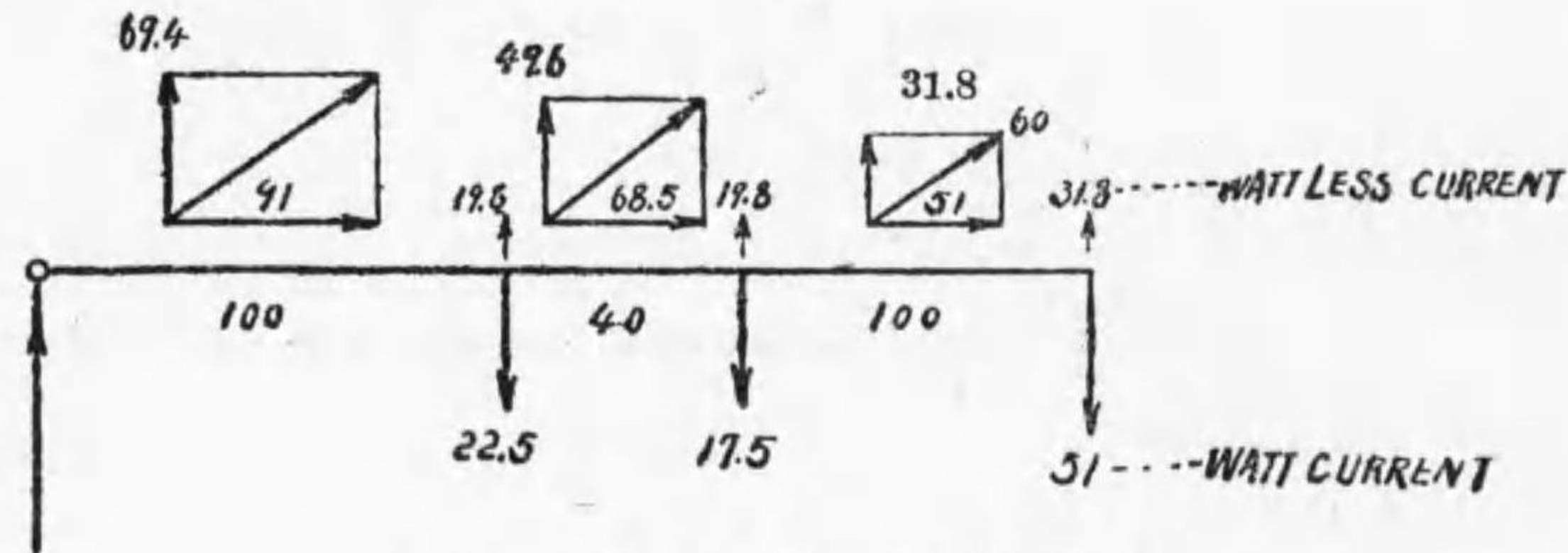
$$D = \frac{kW}{\sum IL} \dots\dots\dots(13)$$

例題 電力損失を 900 ワットとし、同一太さの線を用ふるものとして、  
圖に示せる場合の断面積を算出せよ。圖中の距離は往復の長さとする。



第 110 圖 例題附圖

解 全體の電流は圖の如し。



第 111 圖 例題附圖

$$31.8^2 + 51^2 = 1011.24 + 2601 = 3612.24 = 60.1^2$$

$$49.6^2 + 69.5^2 = 2460.16 + 4692.25 = 7152.41 = 84.5^2$$

$$69.4^2 + 91^2 = 4816.36 + 8281 = 13097.36 = 114.5^2$$

$$\therefore I_3^2 = 60.1^2 \quad I_3^2 2l_3 = 361224$$

$$I_2^2 = 84.5^2 \quad I_2^2 2l_2 = 286096.4$$

$$I_1^2 = 114.5^2 \quad I_1^2 2l_1 = \frac{1309736}{1957056.4} (+)$$

$$q = \frac{1957056}{k \times 900} = \frac{19570.56}{34.5 \times 9} = 63 \text{ m.m.}^2$$

アルミニウム線の場合は  $k=34.5$

今  $B$  の  $S$  号 断面積  $67.43 \text{ m.m.}^2$  のものを用ひ、線間距離 1meter とすれば

$$d = 100 \text{ cm.} \quad r = 0.46 \text{ ohm/km.} \quad \gamma = \frac{0.93 \text{ cm}}{2} = 0.465$$

$$L = \frac{1}{10} \left( 4.6 \log_{10} \frac{100}{0.465} + 0.5 \right)^{m \cdot h} = 1.1249 \text{ m.h}$$

$$x = 0.001249 \times 2\pi \times 50 = 0.354 \text{ ohm/km.}$$

$$x = 0.354 \quad \therefore \alpha = \frac{x}{r} \approx 0.77$$

$$r = 0.46$$

故に  $\alpha \sin \phi \cos \phi + \cos^2 \phi$  の曲線は僅か下り、 $\cos \phi = 0.7$  以上の時は電圧降下と同一の百分率として計算せる時と大差なし。

銅線を用ひし場合に  $q = \frac{63 \times 34.5}{57} = 38 \text{ m.m.}^2$

$B$  の  $S$  号 1 ..... 42.41 m.m.²

号 2 ..... 33.63 m.m.²

故に此の場合には  $B$  の  $S$  号 1 を用ひざるべからず。

$B$  の  $S$  号 1 の直径  $0.735 \text{ cm}$

$$r = 0.406 \text{ ohm/km.}$$

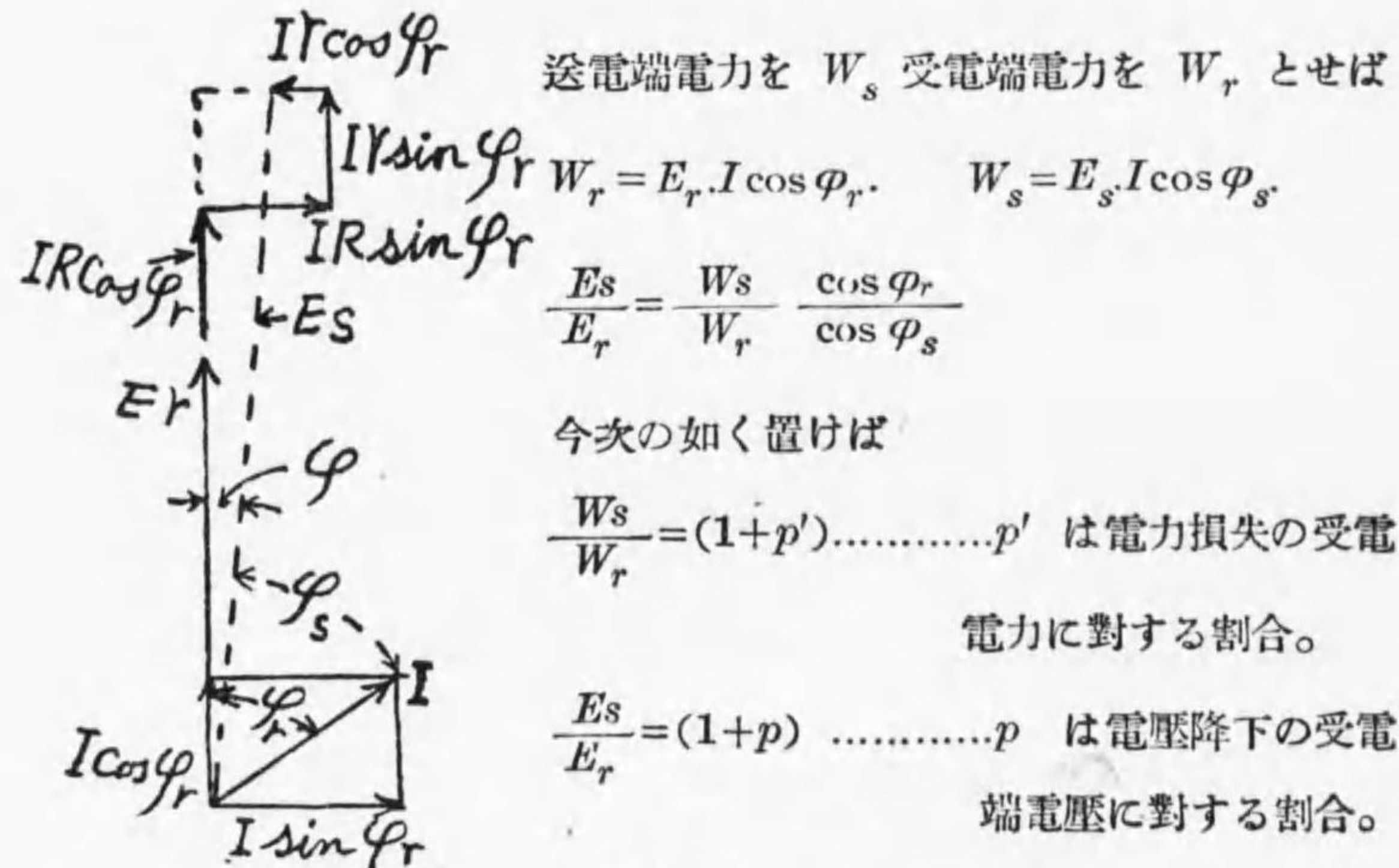
$$L = \frac{1}{10} \left( 4.6 \log_{10} \frac{100 \times 2}{0.735} + 0.5 \right) = 1.17 \text{ m.h/km.}$$

$$x = 0.00117 \times 2\pi \times 50 = 0.368 \text{ ohm/km.}$$

$$\alpha = \frac{x}{r} = \frac{0.368}{0.406} = 0.906$$

此の場合は 0.65~0.80 及び 0.97~1.0 の間に於て相違少く電圧降下の百分率と損失電力の百分率と接近す。(曲線参照せられ度し)。

### 4. 電力損失の割合より電圧降下の割合を簡単に知る圖表



第 112 圖 配電線ベクトル圖

上式は

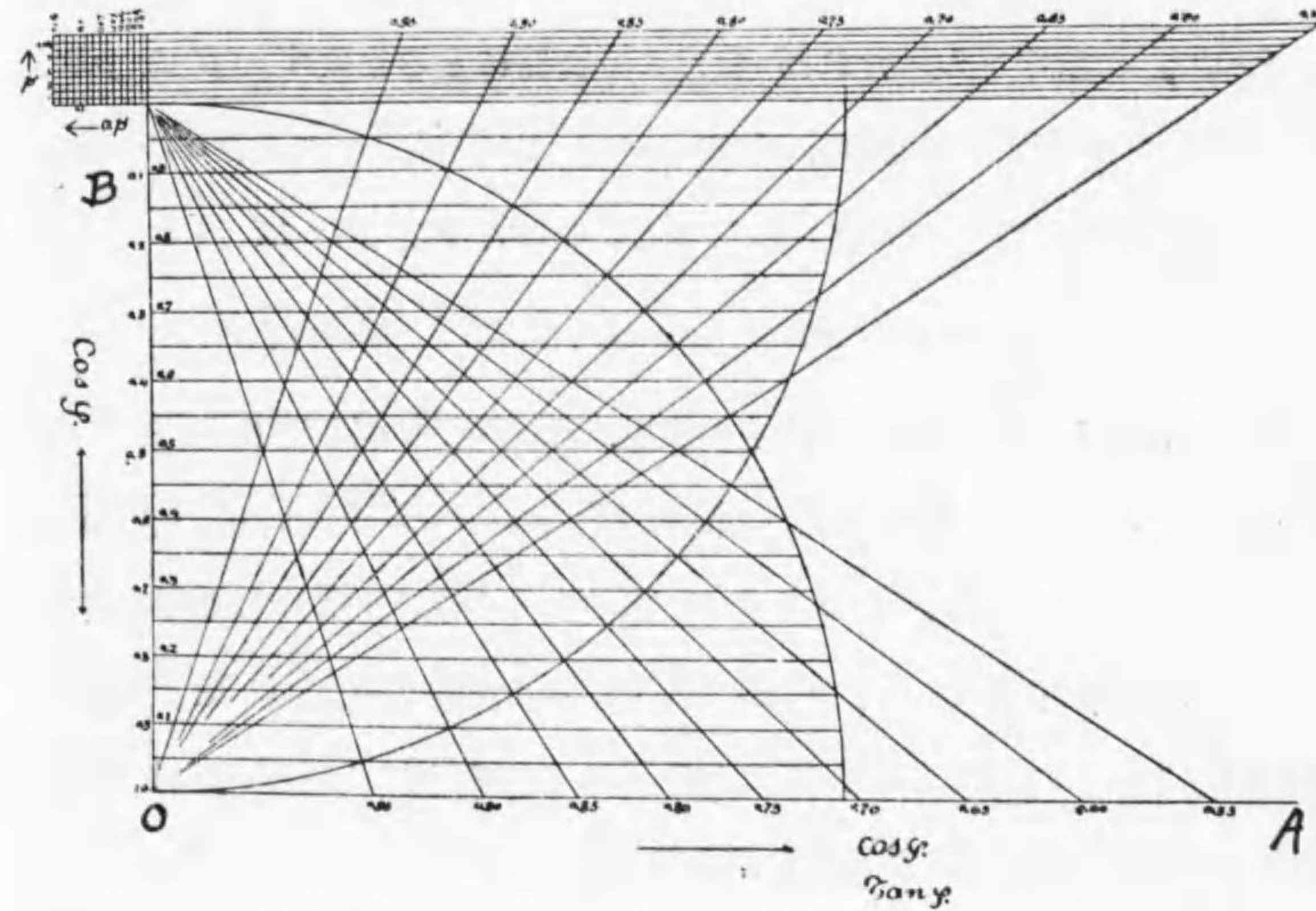
$$\therefore 1+p = (1+p') \frac{\cos \varphi_r}{\cos \varphi_s}$$

$$\left( \frac{1+p}{\cos \varphi_r} \right)^2 = (1+p')^2 (1 + \tan^2 \varphi_s)$$

然るに  $\varphi_s = \varphi_r - \varphi$

$$\tan \varphi_s = \frac{\tan \varphi_r - \tan \varphi}{1 + \tan \varphi_r \tan \varphi}$$

$$\begin{aligned} \text{又 } \tan \varphi &= \frac{IR \sin \varphi_r - IX \cos \varphi_r}{E_r + IR \cos \varphi_r + IX \sin \varphi_r} \\ &= \frac{IR \cos \varphi_r (\tan \varphi_r - \alpha)}{E_r + IR \cos \varphi_r (1 + \alpha \tan \varphi_r)} \end{aligned}$$



第 113 圖  $\sqrt{(1+p')^2 + (\tan \varphi_r + p'\alpha)^2}$

以上より少し詳細なる計算を施せば

$$\tan \varphi_s = \frac{\tan \varphi_r + p'\alpha}{1+p'}$$

$$\left( \frac{1+p}{\cos \varphi_r} \right)^2 = (1+p')^2 \left\{ 1 + \frac{(\tan \varphi_r + p'\alpha)^2}{(1+p')^2} \right\}$$

$$= (1+p')^2 + (\tan \varphi_r + p'\alpha)^2$$

$$1+p = \cos \varphi_r \sqrt{(1+p')^2 + (\tan \varphi_r + p'\alpha)^2}$$

之を圖上より解く。

$(1+p')^2$  は  $OB$  線上  $(OB+p')^2$  なり。 $(\tan \varphi_r + p'\alpha)^2$  は、 $p'\alpha$  と  $\tan \varphi_r$  の値の和の自乗なれば、 $(1+p')^2 + (\tan \varphi_r + p'\alpha)^2$  は最下の水平線  $O A$  の  $\tan \varphi$  の點と (圖中には  $\tan \varphi_r$  の目盛を出さず。之に相當せる  $\cos \varphi_r$  の數字を入れたれば、物尺にて實際にとるを要す。 $p'$  と  $p'\alpha$  との交點との距離の自乗なり。故に  $\sqrt{(1+p')^2 + (\tan \varphi_r + p'\alpha)^2}$  は  $p'$  と  $p'\alpha$  との交點と  $\tan \varphi_r$  の目盛との距離なり。例へば

$$p' = 0.05 \quad p'\alpha = 0.07 \quad \tan \varphi_r = 0.475 \quad \text{とせば}$$

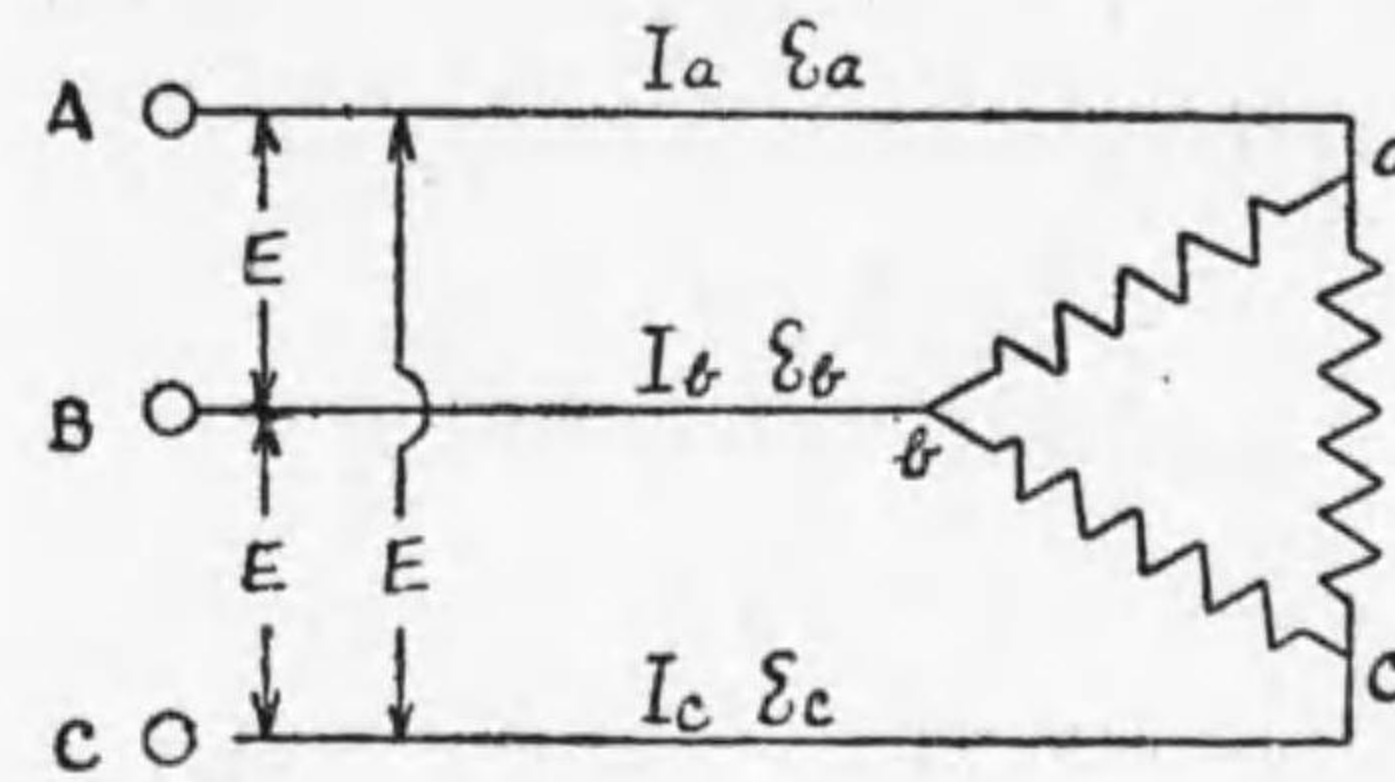
$p'$  の 0.05 と  $p'\alpha = 0.07$  の線との交點と  $\tan \varphi_r$  の目盛に相當する  $\cos \varphi_r$  0.9 の點との間の距離を測れば  $\sqrt{(1+p')^2 + (\tan \varphi_r + p'\alpha)^2}$  は求め得らる。次に之に  $\cos \varphi_r$  を乗ぜしものは、今求めし距離を以て  $\tan \varphi_r$  に相當する  $\cos \varphi_r$  の線〔最下の水平線の最左端  $O$  點より放射状に引ける線〕の上にとる。即最上の 0.9 の線の上にとれば、 $p$  は  $p'$  の目盛にて直に  $p' = 0.07$  なる値を求めるを得。

$\tan \varphi_r$  の長さの取り方は 0.475 の時は左  $\cos \varphi$  の目盛 0.4 より上に  $p'$  の目盛上 75 を取れば  $0.4 + 0.075 = 0.475$  の長さを得。之を最下水平線上に左よりとれば 0.5 の點に合致す。

此の表は電力の損失より計算して電壓降下の如何になるやを豫め大體を知らんとするものなり。

### 5. 三相交流三線式の電壓降下

(a)  $\Delta$  接続 各相平衡せるものとせば



	電流	各線間の電壓降下
a b	$i_{p2}$	$\epsilon_{p1}$
b c	$i_{p1}$	$\epsilon_{p2}$
c a	$i_{p3}$	$\epsilon_{p3}$

第 114 圖  $\Delta$  接続

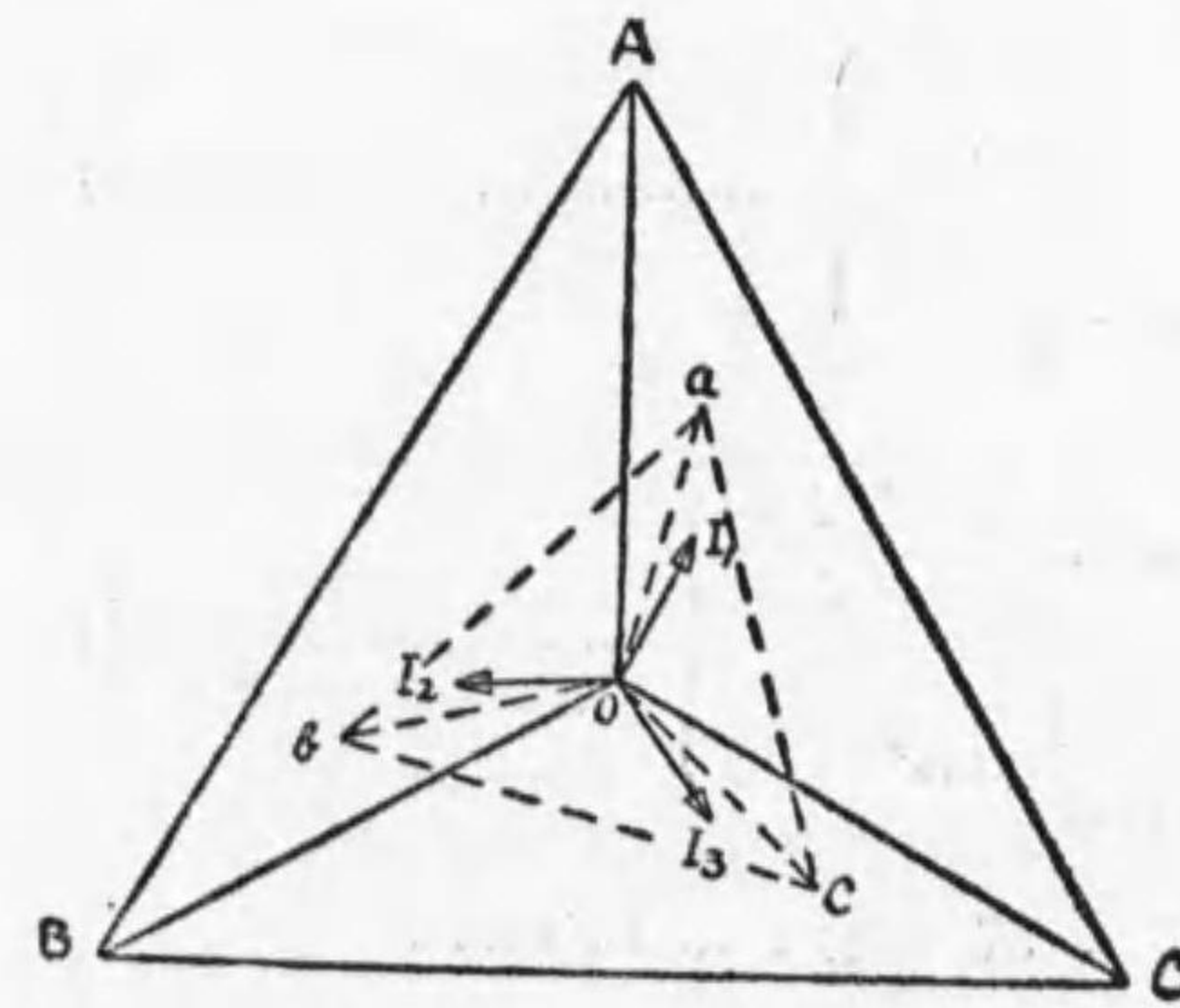
$$I_a = I_b = I_c = \sqrt{3} i_p$$

$$i_{p1} = i_{p2} = i_{p3} = i_p$$

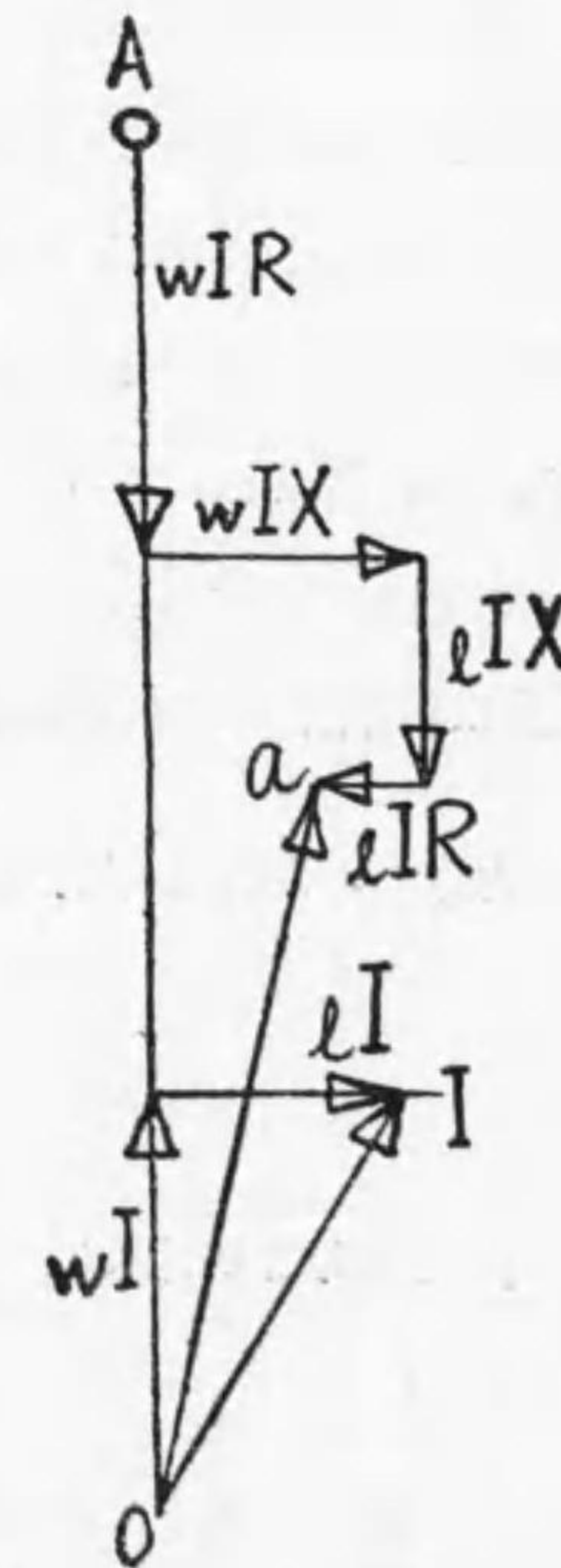
$Aa$ ,  $Bb$ , 及び  $Cc$  の一線の電壓降下は、 $\epsilon_a = \epsilon_b = \epsilon_c$  となり  $I_a R \cos \varphi_r + I_a X \sin \varphi_r$  と等しとする事を得。

$R$  ..... 一線のオーミック抵抗

$X$  ..... 一線のインダクティブ抵抗とす



第 115 圖  $\Delta$  接続ベクトル圖



第 116 圖  $\Delta$  接続ベクトル圖



oa, ob 及 oc は等しき大きさにして, OA, OB, 及 OC に對して等しき角をなす故に,  $ab=bc=ca=\sqrt{3} \times OA = \sqrt{3} (OA - I_a R \cos \varphi_r$

$$+ I_a X \sin \varphi_r) = \sqrt{3} (OA - \varepsilon_{aA}$$

$$\varepsilon_p = AB - ab = \sqrt{3} OA - \sqrt{3} (OA - \varepsilon_{aA}) = \sqrt{3} \varepsilon_{aA}$$

$$\varepsilon_{p1} = \sqrt{3} (w I_a R + I_a X)$$

$$= 3 (w i_{p1} R + r i_{p1} X) \dots\dots\dots(14)$$

$$= 3 i_p l (\cos \varphi_r + x \sin \varphi_r) \dots\dots\dots(14)'$$

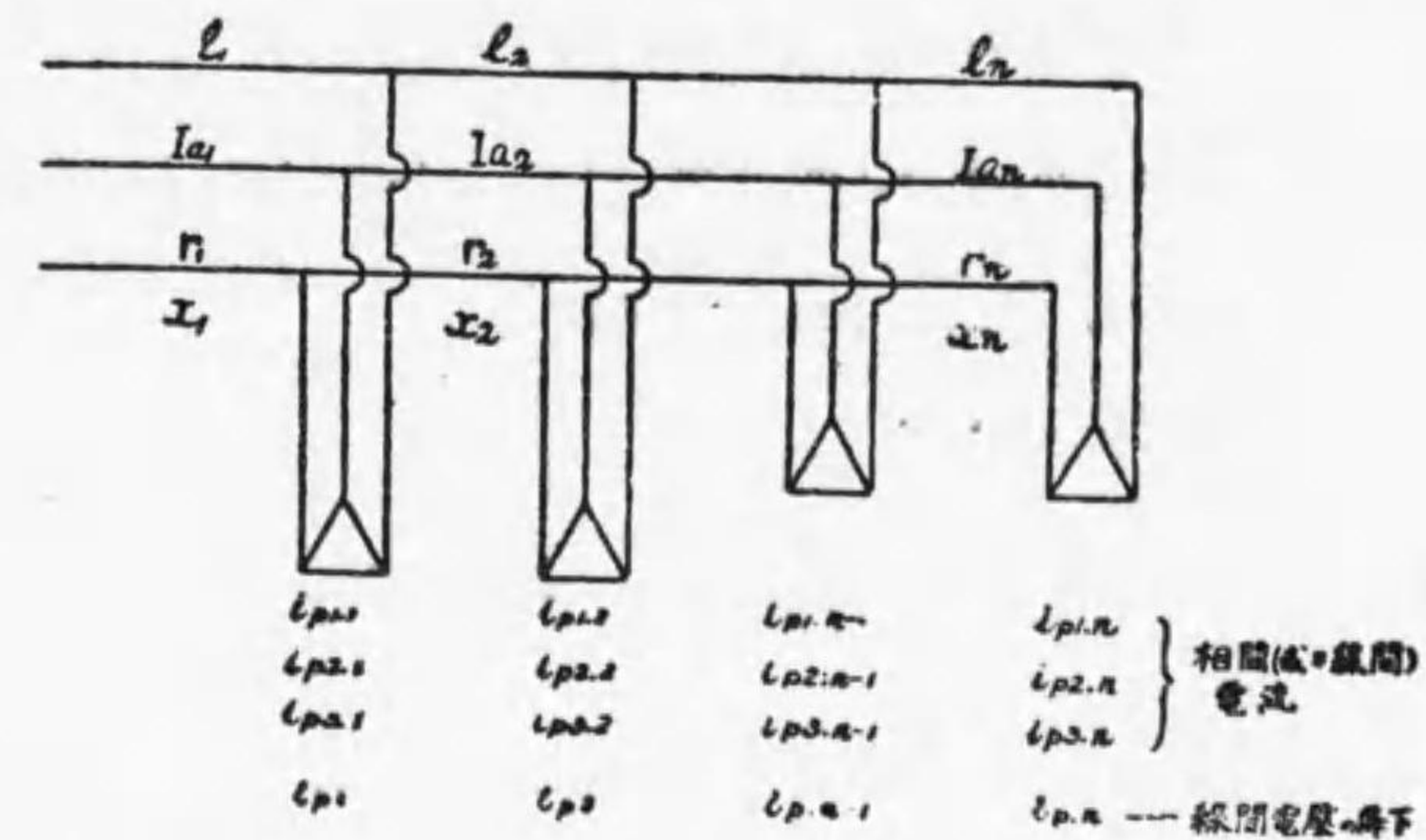
斷面積を求むるには,  $\varphi_r$  が知れて居るものとし, 前に述べしが如く  $x_1$  を適當の數に假定し,  $r_1$  を出し, 次に此  $r_1$  に對して  $x_2$  を求め, 再度の計算をなし, 第二の  $r_2$  の價を求め, 此の太に對する  $x_2$  が近き數なれば, 其の線は求むるものなれども, 猶異なる時は  $x_3$  に對する第三の  $r_3$  を求め,  $x_4$  を出し, かくして  $x_3$  と  $x_4$  が一致するに至りて止む。或は  $(r \cos \varphi_r + x \sin \varphi_r)$  なる價を算出し表とせば, 直に斷面積を求むを得。(表は電氣協會架空電線路建設要則案参照)

$$\left. \begin{aligned} \text{力率} = 1 \text{ なる場合は } \varepsilon_p &= \frac{3 i_{p1} l}{K q} \\ q &= \frac{3 i_{r1} l}{K \varepsilon_p} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(14)''$$

$$\left. \begin{aligned} \text{損失電力より見れば } w &= 3 I_a^2 R = 3 \frac{I_a^2 l}{K g} \\ g &= \frac{3 I_a^2 l}{K w} m m^2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(15)$$

w.....watt    K = 57 (銅) l ... in meter

若し第 117 圖の如く多くの負荷ある場合には



第 117 圖 多くの△接続の負荷ある配電線

最後の負荷電壓の降下

$$\varepsilon_{pn} = \sqrt{3} \left\{ w I_{a1} R_1 + w I_{a2} R_2 + \dots\dots\dots + w I_{an} B_n \right.$$

$$\left. + I_{a1} X_1 + I_{a2} X_2 + \dots\dots\dots + I_{an} X_n \right\}$$

$$R_n = r_n l_n = m_n$$

$$X_n = x_n l_n = n_n \quad \text{とせば}$$

$$\varepsilon_{pn} = \sqrt{3} \left\{ \sum_1^n w I_a m + \sum_2^n I_a n \right\}$$

(1) にて解けると同様に

$$\frac{w I_{a1}}{\sqrt{3}} \cdot m_1 = m_1 (w i_{p1} + w i_{p2} + \dots\dots\dots + w i_{pn})$$

$$\frac{I_{a1}}{3} \cdot n_1 = n_1 (i_{p1} + i_{p2} + \dots\dots\dots + i_{pn}) \quad \text{なれば}$$

$$\sum_1^n w I_a m = \sqrt{3} \left\{ w i_{p1} m_1 + w i_{p2} m_1 + \dots\dots\dots + w i_{pn} m_1 \right.$$

$$\begin{aligned}
 & + w i_{p2} m_2 + \dots + w i_{pn} m_n \} \\
 & = \sqrt{3} \{ w i_{p1} m_1 + w i_2 (m_1 + m_2) + \dots + w i_{pn} (m_1 + \dots + m_n) \} \\
 & M_n = m_1 + m_2 + \dots + m_n \text{ とせば} \\
 & = \sqrt{3} \sum M_n w i_p
 \end{aligned}$$

同様に  $\sum_1^n I_n = \sqrt{3} \sum N_n i_p \quad N = n_1 + \dots + n_n$

故に  $\epsilon_{pn} = 3 \left\{ \sum_1^n M w i_p + \sum_1^n N i_p \right\} \dots \dots \dots (16)$

$$\epsilon_{pn} = 3 \left\{ r \sum_1^n (w i_p \lambda) + x \sum_1^n (i_p \lambda) \right\} \dots \dots \dots (16)'$$

$(r_1 = r_2 = \dots = r \quad x_1 = x_2 = \dots = x)$

$$\left. \begin{aligned}
 \epsilon_{pn} &= 3 \sum_1^n i_p \lambda \{ r \cos \varphi + x \sin \varphi \} \\
 \cos \varphi_1 &= \cos \varphi_2 = \dots = \cos \varphi \\
 r_1 &= r_2 = \dots = r \\
 x_1 &= x_2 = \dots = x
 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (16)''$$

茲に於ける  $M_n = m_1 + m_2 + \dots + m_n$

$N_n = n_1 + n_2 + \dots + n_n$

$m_n = r_n l_n \quad n_n = x_n l_n$

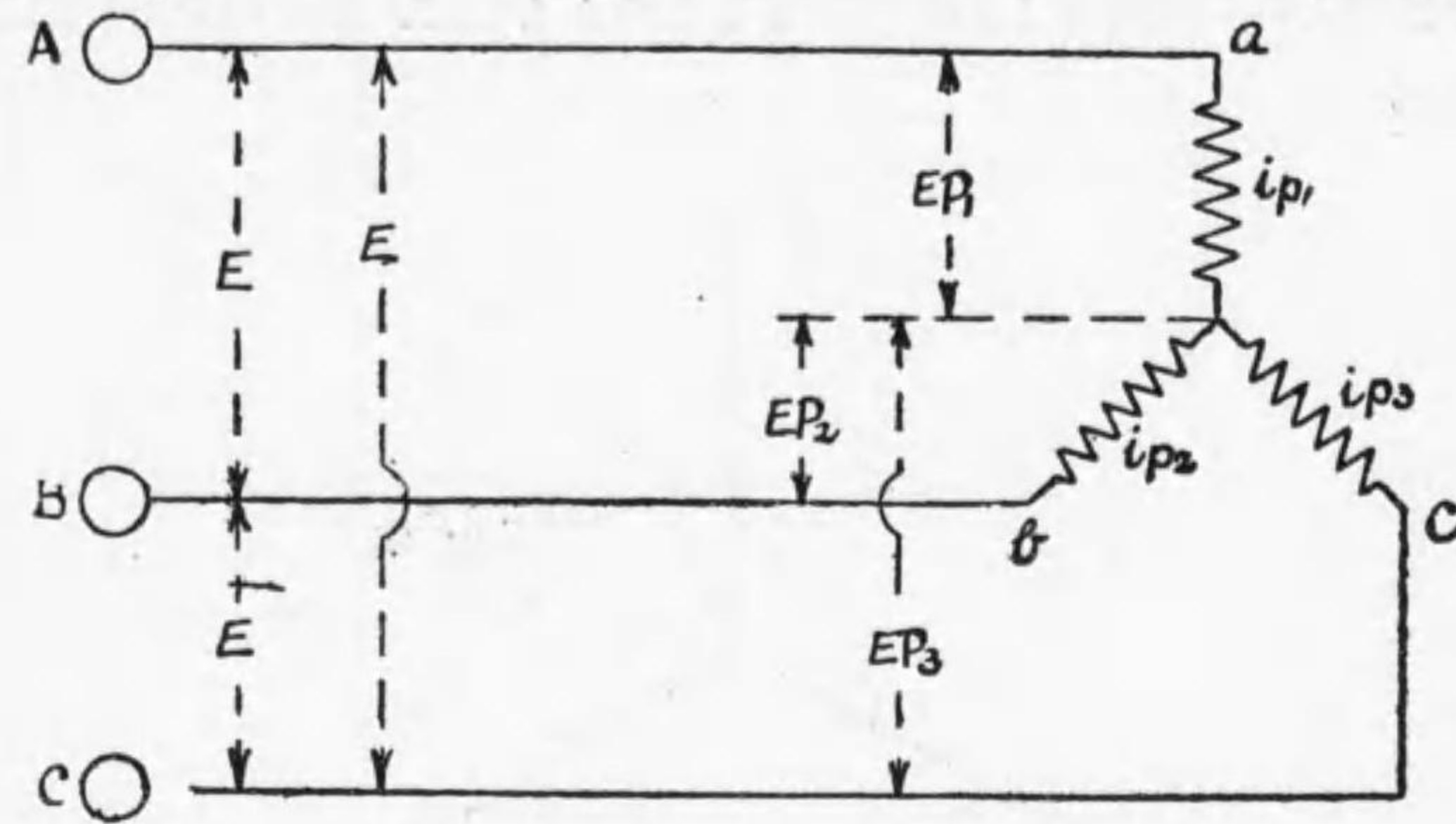
(b) Y-接続 Y-接続に於ては

$I_a = i_{p1}$

$I_b = i_{p2} \quad E_p = \frac{E}{\sqrt{3}} \quad \text{なり。}$

$I_c = i_{p3}$

線間電圧降下の式は、(a) の場合の式  $i_p$  の代りに  $\frac{i_p}{\sqrt{3}}$  を以て置換せば



第 118 圖 Y-接続

得らる。即

$$\epsilon_p = \sqrt{3} (w i_{p1} R + i_{p1} X) \dots \dots \dots (17)$$

數多くある時は

$$\epsilon_{pn} = \sqrt{3} \left\{ \sum_1^n M w i_p + \sum_1^n N i_p \right\} \dots \dots \dots (17)'$$

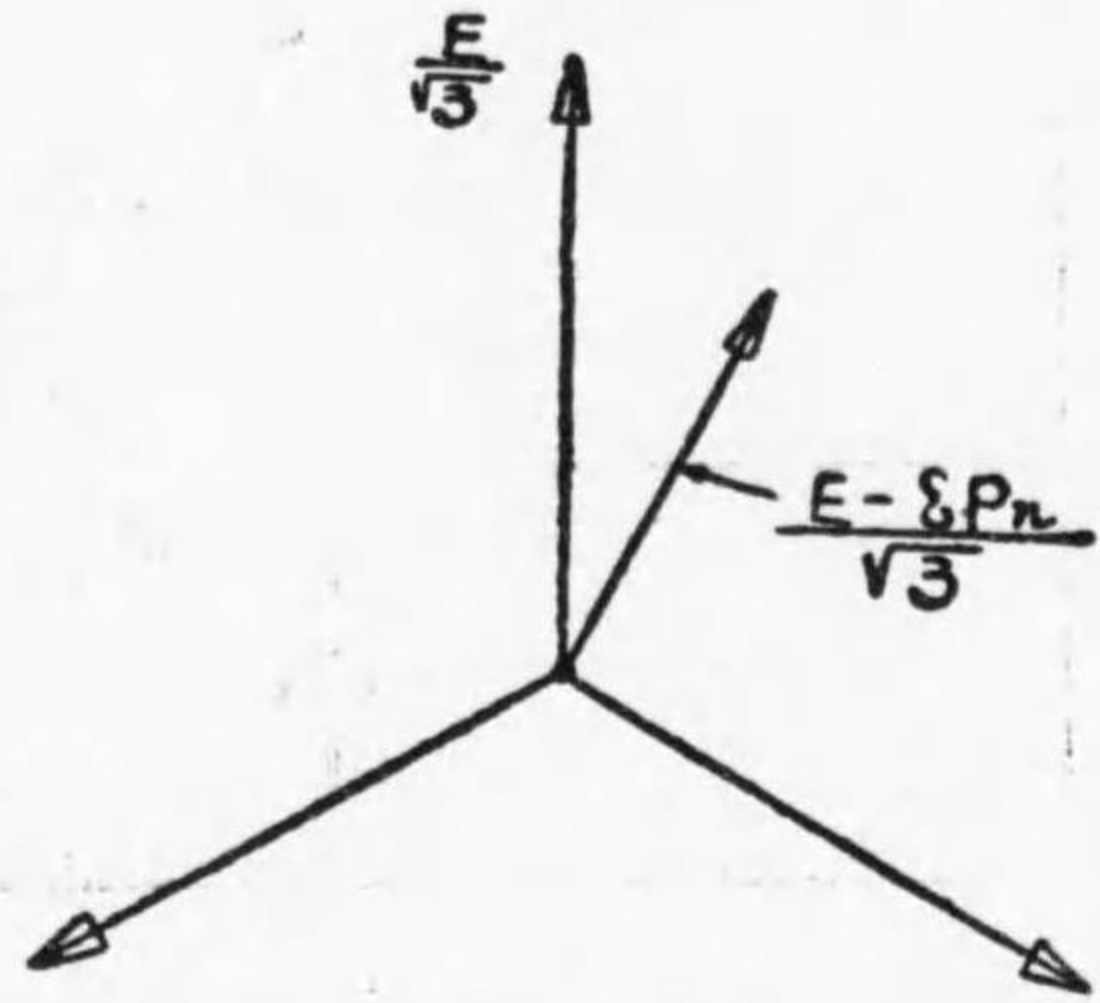
$$\epsilon_{pn} = \sqrt{3} \left\{ r \sum_1^n (w i_p \lambda) + x \sum_1^n (i_p \lambda) \right\} \dots \dots \dots (17)''$$

$r_1 = r_2 = \dots = r_n = r$

$x_1 = x_2 = \dots = x_n = x$

$$\left. \begin{aligned}
 \epsilon_{pn} &= \sqrt{3} \sum_1^n i_p \lambda (r \cos \varphi + x \sin \varphi) \\
 \cos \varphi_1 &= \cos \varphi_2 = \dots = \cos \varphi_n = \cos \varphi \\
 r_1 &= r_2 = \dots = r_n = r \\
 x_1 &= x_2 = \dots = x_n = x
 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (17)'''$$

中性点と各負荷端子との電圧降下を求めんとせば、圖に示せる關係を有する故



第 119 圖 人接続の電壓降下

$$\frac{E}{\sqrt{3}} - \frac{E - \epsilon_{pn}}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \epsilon_{pn} \text{ が求むる所のものなり。}$$

損失、電力を基とせば

$$w = 3I_a^2 R = \frac{3I_a^2 l}{Kp} \dots\dots\dots(18)$$

$$\therefore p = \frac{3I_a^2 l}{Kw} \dots\dots\dots(19)$$

$$\begin{aligned} w &= 3m_1(i_1 + i_2 + \dots + i_n)^2 \\ &\quad + 3m_2(i_2 + \dots + i_n)^2 + \dots + 3m_n(i_n)^2 \\ &= 3 \left\{ m_1 \left( \sum_1^n i_p \right)^2 + m_2 \left( \sum_2^n i_p \right)^2 + \dots + m_n (i_n)^2 \right\} \end{aligned}$$

若し  $r_1 = r_2 = r_3 = \dots = r_n$

$$w = 3r \left\{ l_1 \left( \sum_1^n i_p \right)^2 + l_2 \left( \sum_2^n i_p \right)^2 + \dots + l_n i_n^2 \right\}$$

$$= 3r \sum_1^n l \left( \sum_p^n i \right)^2$$

然るに  $r = \frac{1}{Kq}$

$$\therefore q = \frac{1}{Kw} \sum_1^n l \left( \sum_p^n i_p \right)^2 \dots\dots\dots(20)$$

△の場合は  $i = \sqrt{3} i$  とせば宜し。

### 第五章 交直配電線路

#### 1. 導體の斷面積に就て

(a) 斷面積一定の場合と電流密度一定の場合との容積比較 直流の場合に於て斷面積一定なる時、 $\epsilon$ なる電壓降下に對して

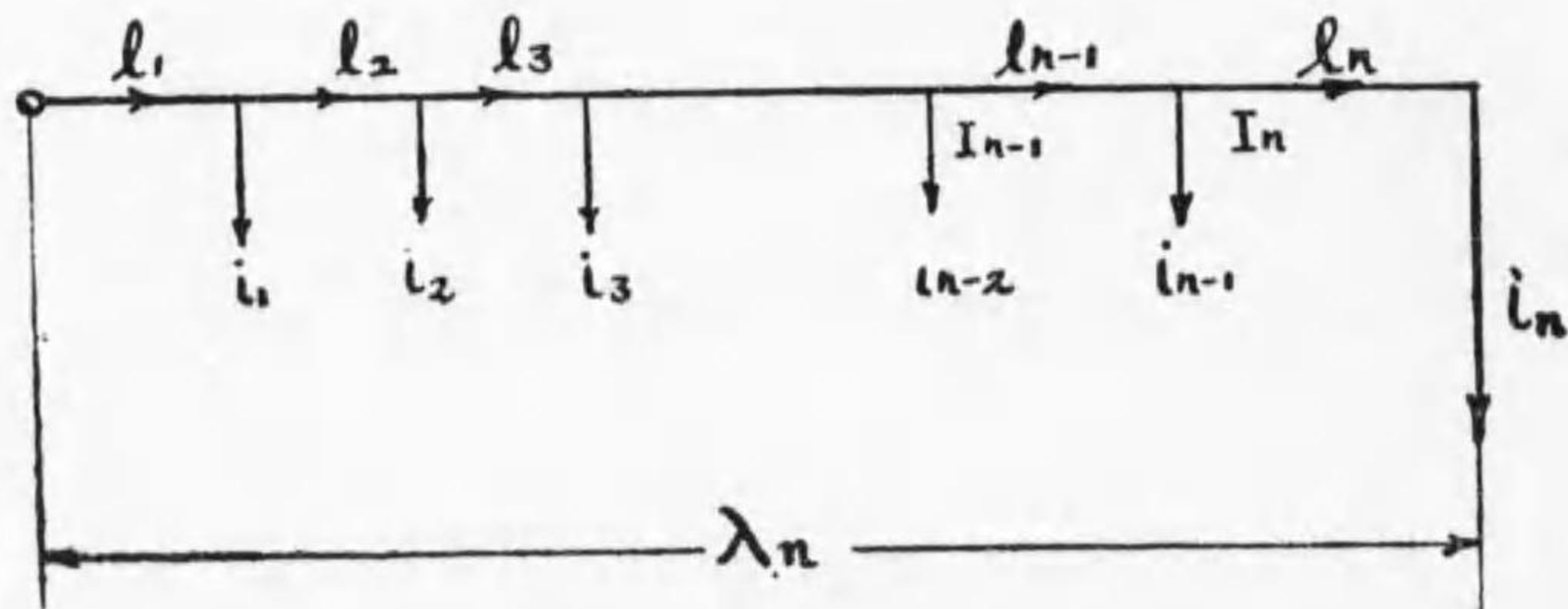
$$\text{斷面積} \dots \dots q = \frac{2}{K\epsilon} \sum Il$$

$$\text{容 積} \dots \dots V = 2\lambda_n q = 2\lambda_n \frac{2}{K\epsilon} \sum Il \dots \dots (a)$$

又電流密度一定なる場合は次の關係を有す。

$$\frac{I_1}{q_1} = \frac{I_2}{q_2} = \frac{I_3}{q_3} = \dots \dots = \frac{I_n}{q_n} = \delta$$

$$\begin{aligned} \text{而して } \frac{\epsilon}{2} &= \frac{I_1 l_1}{Kq_1} + \frac{I_2 l_2}{Kq_2} + \dots \dots + \frac{I_n l_n}{Kq_n} \\ &= \frac{1}{K} \delta \{l_1 + l_2 + \dots \dots + l_n\} = \frac{1}{K} \delta \lambda_n \end{aligned}$$



第 120 圖 配電線電流分布圖

$$\therefore \delta = \frac{\epsilon}{2} \frac{K}{\lambda_n}$$

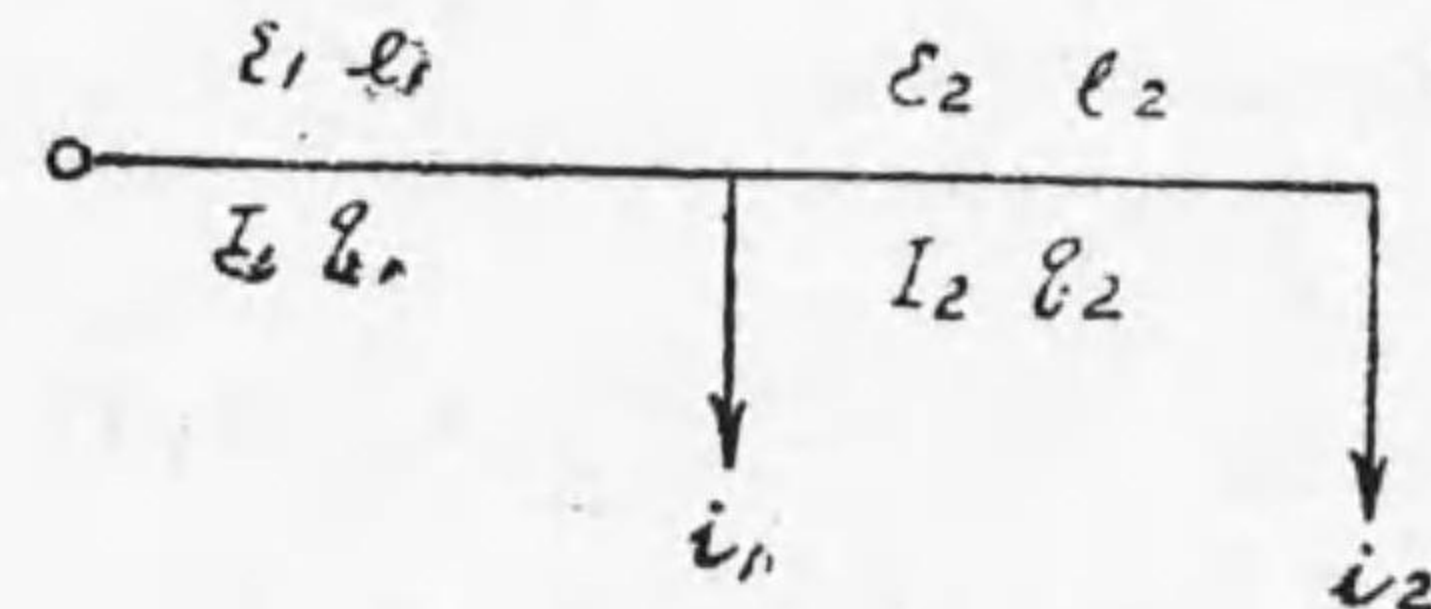
然るに斷面積は  $\dots \dots q_1 = \frac{I_1}{\delta}$  ;  $q_2 = \frac{I_2}{\delta}$  ;  $\dots \dots q_n = \frac{I_n}{\delta}$  ;

$$\begin{aligned} \text{故に容積は} \dots \dots V &= 2(l_1 q_1 + l_2 q_2 + \dots \dots + l_n q_n) \\ &= \frac{2}{\delta} (l_1 I_1 + l_2 I_2 + \dots \dots + l_n I_n) = \frac{2}{\delta} \sum Il \\ &= 2\lambda_n \frac{2}{K\epsilon} \sum Il \dots \dots (b) \end{aligned}$$

(a)(b) 兩式を比較するに、斷面積一定なる場合と電流密度一定なる場合とは、其最大電壓降下と負荷状態とを同一なりとせば、導體容積の相等しきを知る可し。即ち何れの方式にするも導體の容積從て重量は相等しけれども、電流密度を一定ならしむる事は建設上非常なる手数を要するのみならず、電線の貯藏も多種なるを要するが故に、以上兩者の中間をとり或る點迄は一定の太さの線を布き、其點より一段細くして或る點迄其儘布く様にするを良しとす。

(b) 最も經濟的なる斷面積 圖の配電線に於て電線の容積は

$$V = 2(l_1 q_1 + l_2 q_2)$$



第 121 圖 配電線電流圖

$$q_1 = \frac{2I_1 l_1}{K \epsilon_1} \quad q_2 = \frac{2I_2 l_2}{K \epsilon_2}$$

全體の電壓降下を  $\epsilon$  とすればは

$$\epsilon_1 = \epsilon - \epsilon_2$$

$$\therefore V = 4l_1 \frac{I_1 l_1}{K \epsilon_1} + 4l_2 \frac{I_2 l_2}{K \epsilon_2} = 4 \frac{I_1 l_1^2}{K(\epsilon - \epsilon_2)} + 4 \frac{I_2 l_2^2}{K \epsilon_2}$$

$\epsilon$  は一定なりと假定し、 $\epsilon_2$  を變じて容積の最小なる價を求むる爲、

$\frac{\partial V}{\partial \epsilon_2} = 0$  として斷面積  $q_1, q_2$  の比を求めん。

$$\frac{I_1 l_1^2}{K(\epsilon - \epsilon_2)^2} - \frac{I_2 l_2^2}{K \epsilon_2^2} = 0$$

$$\therefore \frac{I_1 l_1^2}{K \epsilon_1^2} = \frac{I_2 l_2^2}{K \epsilon_2^2}$$

$$\left( \frac{I_1 l_1}{K \epsilon_1} \right)^2 = \left( \frac{I_2 l_2}{K \epsilon_2} \right)^2$$

$$\frac{q_1^2}{I_1} = \frac{q_2^2}{I_2} \quad \therefore \frac{q_1}{q_2} = \sqrt{\frac{I_1}{I_2}} \dots\dots\dots(21)$$

即ち此關係を有する時容積は最小となる。

數多くある場合に於ても同様にして、 $\epsilon$  を一定とせば最小容積は  $\frac{q_1^2}{I_1} = \frac{q_2^2}{I_2} = \dots\dots\dots = \frac{q_n^2}{I_n}$  なる條件を満足する時なり。

而して此の比の値を  $C^2$  とせば

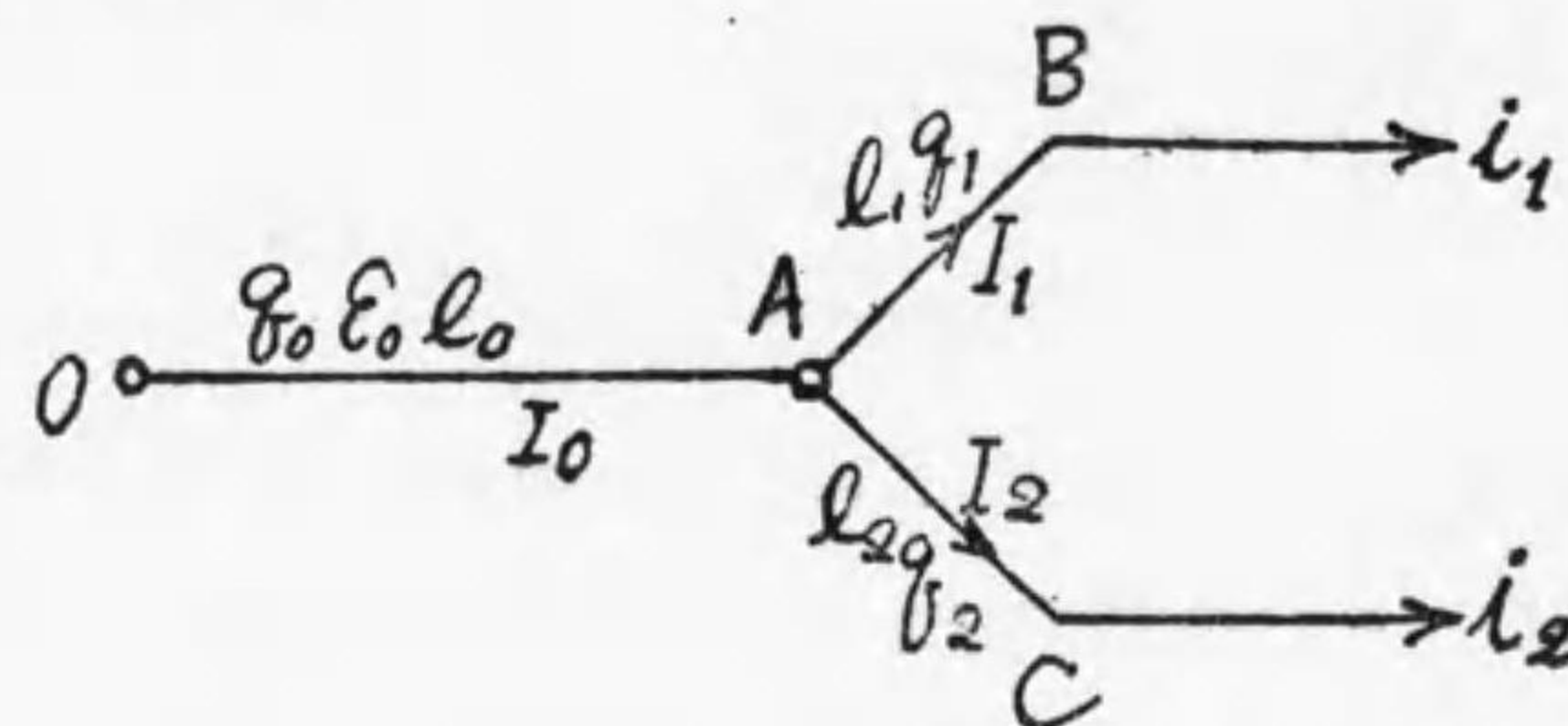
$$q_n = C \sqrt{I_n}$$

$$\frac{\epsilon}{2} = \sum \frac{Il}{Kq} = \sum \frac{Il}{KC\sqrt{I}} = \frac{1}{KC} \sum \sqrt{Il}$$

$$\therefore C = \frac{2}{K\epsilon} \sum \sqrt{Il}$$

茲に注意すべきは最小なる導體重量は必ずしも經濟的ならざる事なり。

(c) 分岐導體 (直流の場合) 配電線路の性質上 B 及び C 點の電壓降下は同一ならしむ。



第 122 圖 分岐線路

$$\text{即} \quad \epsilon_1 = \epsilon_2, \quad \epsilon_0 = \epsilon - \epsilon_1 = \epsilon - \epsilon_2,$$

$$q_0 = \frac{2(i_1 + i_2)l_0}{K \epsilon_0} = \frac{2(i_1 + i_2)l_0}{K(\epsilon - \epsilon_1)}$$

$$q_1 = \frac{2i_1 l_1}{K \epsilon_1} \quad q_2 = \frac{2i_2 l_2}{K \epsilon_2} = \frac{2i_2 l_2}{K \epsilon_1}$$

$$\frac{V}{2} = \frac{2(i_1 + i_2)l_0^2}{K \epsilon_0} + \frac{2i_1 l_1^2}{K \epsilon_1} + \frac{2i_2 l_2^2}{K \epsilon_1}$$

$\epsilon_0 = \epsilon - \epsilon_1$  とし  $\frac{\partial V}{\partial \epsilon_1} = 0$  なる方程式を作り、最小容積となる關係を求むれば次の如し。

$$\frac{2(i_1 + i_2)l_0^2}{K(\epsilon - \epsilon_1)^2} - \frac{2i_1 l_1^2}{K \epsilon_1^2} - \frac{2i_2 l_2^2}{K \epsilon_1^2} = 0$$

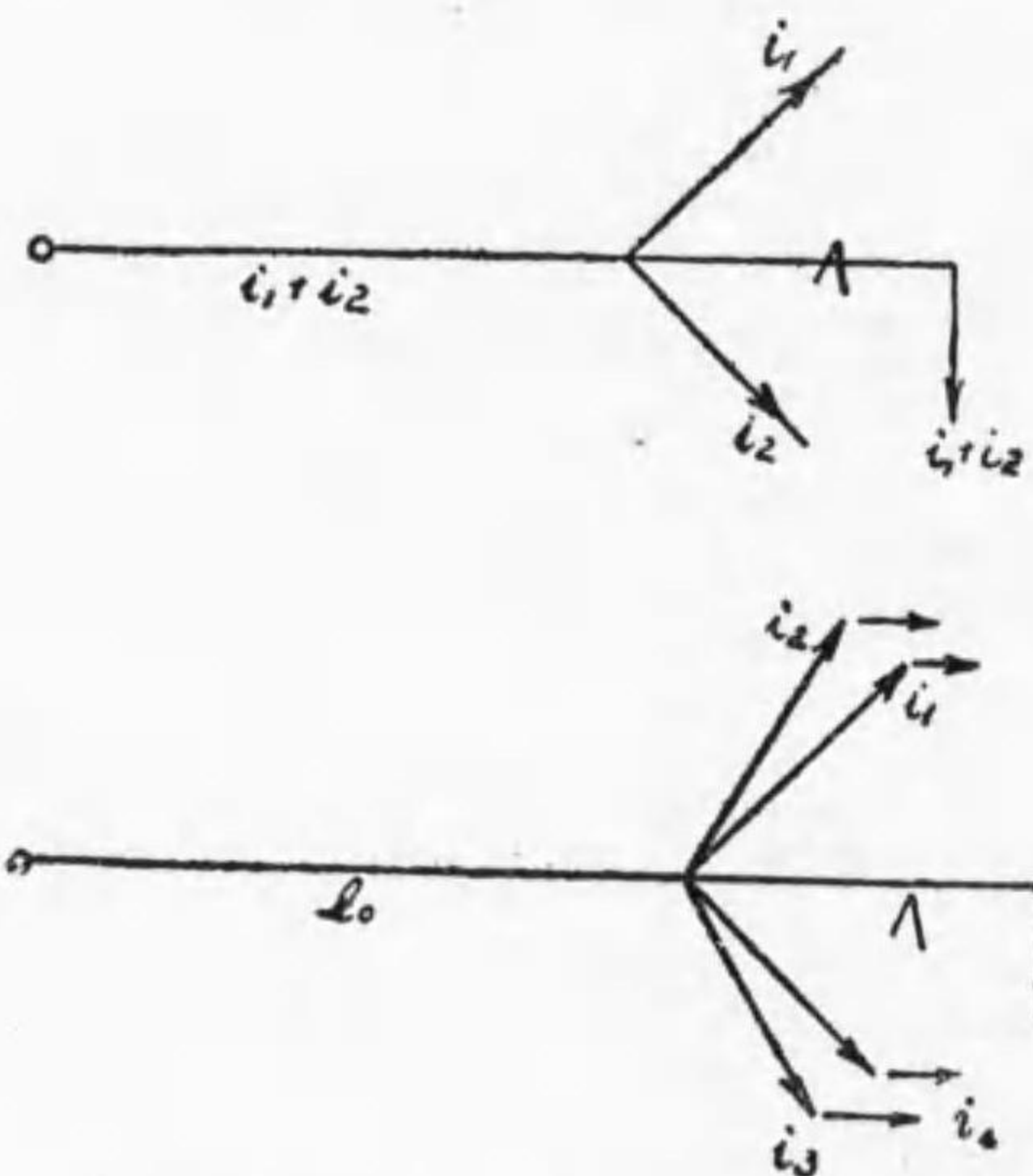
$$\frac{(i_1 + i_2)l_0^2}{(\epsilon - \epsilon_1)^2} = \frac{i_1 l_1^2 + i_2 l_2^2}{\epsilon_1^2}$$

$$\therefore \frac{l_0}{\varepsilon - \varepsilon_1} = \frac{\sqrt{i_1 l_1^2 + i_2 l_2^2}}{\varepsilon_1} = \frac{\Lambda}{\varepsilon_1} \text{ と置けば}$$

$$\frac{l_0 + \Lambda}{\varepsilon} = \frac{\Lambda}{\varepsilon_1} = \frac{l_0}{\varepsilon - \varepsilon_1}$$

$$q_0 = \frac{2(i_1 + i_2)l_0}{K(\varepsilon - \varepsilon_1)} = \frac{2(i_1 + i_2)(l_0 + \Lambda)}{K\varepsilon} \text{ となる。}$$

即ち A 点の先  $\Lambda$  なる距離に  $(i_1 + i_2)$  なる電流が掛り、其の  $l_0 + \Lambda$  の距離にて同じく  $\varepsilon$  なる電圧降下ある時の断面積に等しき時、最小なる容積を與ふ。



第 123 圖 分岐線の等価回路

一般に圖の如き時は

$$\Lambda = \sqrt{\frac{i_1 l_1^2 + i_2 l_2^2 + \dots + i_n l_n^2}{i_1 + i_2 + \dots + i_n}} = \sqrt{\frac{\sum i l^2}{\sum i}}$$

即ち分岐点より  $\Lambda$  なる距離に  $\sum i$  なる電流が掛り、 $\varepsilon$  なる電圧降下を與ふる時最小なる容積を求め得べし。

猶一の枝の先きが又數本に分岐せる場合には、枝の最後の分岐点に於て  $\Lambda$  に相當するものを求め、 $\Lambda$  の先に其の枝の電流掛れるものとし、漸次枝の數を減じ、最後に  $l_0 + \Lambda$  なる先きに  $\sum i$  の電流かゝれる様にして  $q_0$  を求め、次に A 点の電圧降下を全體の電圧降下より減じたるものを、新たな電圧降下として次の分岐点に同様に進み、凡ての断面積を計算するを得。

此式には平方根があり、計算上甚だ不便なれば、實際上最も經濟的なる條件と大差なき結果を與へ、且簡單なる次の方法を用ふ。

$$\text{今 } \Lambda = \frac{\sum i l}{\sum i} \quad q_0 = q_1 + q_2 \text{ と假定せば}$$

$$\frac{\varepsilon_1}{2} = \frac{i_1 l_1}{K q_1} = \frac{i_2 l_2}{K q_2}$$

$$\therefore \frac{q_1}{q_2} = \frac{i_1 l_1}{i_2 l_2} \dots \dots \dots (c)$$

$$\begin{aligned} \frac{\varepsilon_1}{2} &= \frac{i_1 l_1 + i_2 l_2}{K(q_1 + q_2)} = \frac{i_1 l_1 + i_2 l_2}{K q_0} = \frac{i_1 l_1 + i_2 l_2}{K q_0} \times \frac{i_1 + i_2}{i_1 + i_2} \\ &= \frac{i_1 + i_2}{K q_0} \Lambda \end{aligned}$$

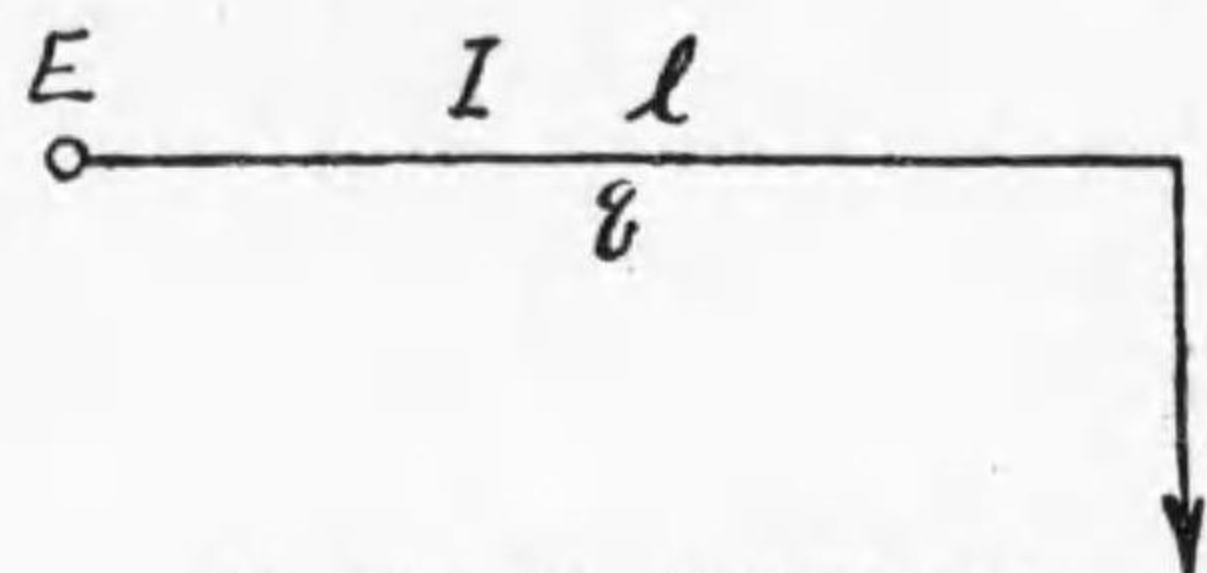
$$\varepsilon_1 = \frac{2(i_1 + i_2)}{k q_0} \Lambda \quad \varepsilon_0 = \frac{2(i_1 + i_2) l_0}{k q_0}$$

$$\therefore \varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_0 = \frac{2}{k q_0} (i_1 + i_2) (l_0 + \Lambda)$$

$$\therefore q_0 = \frac{2}{k\varepsilon}(i_1 + i_2)(l_0 + \Lambda) \dots \dots \dots (d)$$

(d) 式より見れば  $l_0$  の先  $\Lambda = \frac{\sum i l}{\sum i}$  なる所に  $\sum i$  の電流が掛り、 $\varepsilon$  なる線間電圧降下を與ふる様  $q_0$  を求むれば宜し。而して  $q_1$  と  $q_2$  との比を (c) 式より求め、 $q_0$  を此の比に分てば各線の太さを得べし。

(a) 断面積と電圧との關係 力率一の場合を考へ送電電力を  $P = IE$



とし電圧降下を線間電圧のパーセンテージにて表はし

$$\varepsilon = \frac{p'}{100} E \text{ とすれば,}$$

第 124 圖 断面積と電圧

$$q = \frac{I 2l}{K\varepsilon} = \frac{\frac{P}{E} L}{K \frac{p'}{100} E}$$

$$= \frac{100 PL}{K p' E^2} \dots \dots \dots (22)$$

( $L = 2l$ )

$L, P$  及び  $p'$  を一定のものとして

$$q = \frac{C_1}{E^2} \dots \dots \dots (22')$$

即 断面積は送電電圧の自乗に逆比例するを知る。

例へば 10 000V 及び 20 000V の送電電圧の時の断面積を夫々  $q_1, q_2$  とし、送電電力、送電距離、及び電圧降下の割合相等しとせば、

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{(10\,000)^2}{(20\,000)^2} = \frac{1}{4} \text{ となる。}$$

又  $q = \frac{100 PL}{K p' E^2}$

$$L = \frac{q K p' E^2}{100 P} \dots \dots \dots (23)$$

之れより送電電力、断面積、及び電圧降下の割合等しとせば、送電距離は送電電圧の自乗に比例するを知るべし。

即  $L = C_2 E^2 \dots \dots \dots (23)'$

又  $V = q L = \frac{100 P L^2}{K p' E^2}$

故に電線の重量を同一とし、電力及び電圧降下の割合を一定とせば

$$L = C_3 E \dots \dots \dots (23)''$$

即ち送電距離は電圧に比例す。

次に電力損失一定なる時を考ふるに次式に於て

$$W = 2I^2 \frac{l}{Kq} = I^2 \frac{L}{Kq}$$

電流一定ならば

$$L = C_4 q \dots \dots \dots (23)'''$$

又  $W = \frac{I^2 L}{Kq} = \frac{I^2 E^2 L}{E^2 Kq} = \frac{P^2 L}{E^2 Kq}$  なるを以て

$W, q$  及び  $L$  を一定とせば

$$P = C_5 E \dots \dots \dots (24)$$

次に電力損失の百分率を與へられたりとせば

$$\frac{\frac{I^2 L}{Kq}}{P} = \frac{PL}{E^2 Kq}$$

故に  $L$  及び  $q$  を一定のものとして

$$P = C_e E^2 \dots \dots \dots (24)'$$

即ち送電電力は送電電圧の自乗に比例す。

### 2. 饋電點の數及び位置

饋電點の位置、及び數の撰定の良否は配電線路に於ける全體の經濟に重大なる影響を與ふるものにして、設計の當初に於て充分の注意を要す。小なる都會の饋電點は、大なる負荷のある近くに置かるゝ事、最も好ましく、其數も負荷の性質にて異れども、饋電點の距離 100 V にて 200—300 米の間、200 V にて 300—500 米の間とす。然れども大都會に於てはかく簡単に定むる事能はず。全體の費用の最も小なる様撰定するを要す。

配電線は短き程、同一電壓降下に對して小なる斷面積にて足るが故に、饋電點の數を増せば宜しきが如く見ゆれども、反對に feeder の費用大となり、必らずしも經濟ならず。かく互に反對の傾を有するが故に凡ての經費の最小なる可き數を直に撰定する事は困難なり。然し全然不可能の事に非ず、要するに計算の問題に歸す。

幸に直流の場合に就ては Segel 氏が (E.T.Z. 1899. S 807—826) 種々の形の不規則なる負荷状態に就きて計算の結果、次の式を與へたるが故に、之れを用ふるを便とす。

$$[S] = \frac{W}{E} \sqrt{\frac{rc}{10(Lm + \frac{1}{2}s)PK\delta w}} \dots \dots \dots (25)$$

$$[l] = \sqrt{E} \sqrt{\frac{10(Lm + \frac{s}{2})PK}{rc\delta w}} \dots \dots \dots (26)$$

[S]—ファイダーの數。

W—配電網の全體の負荷を(ワット)にて表はす。

$$\delta w = \frac{W}{O}$$

O—配電網の面積を平方米にて表はす。

L—ファイダーの平均の長さ (米)。

E—配電網の使用電壓。

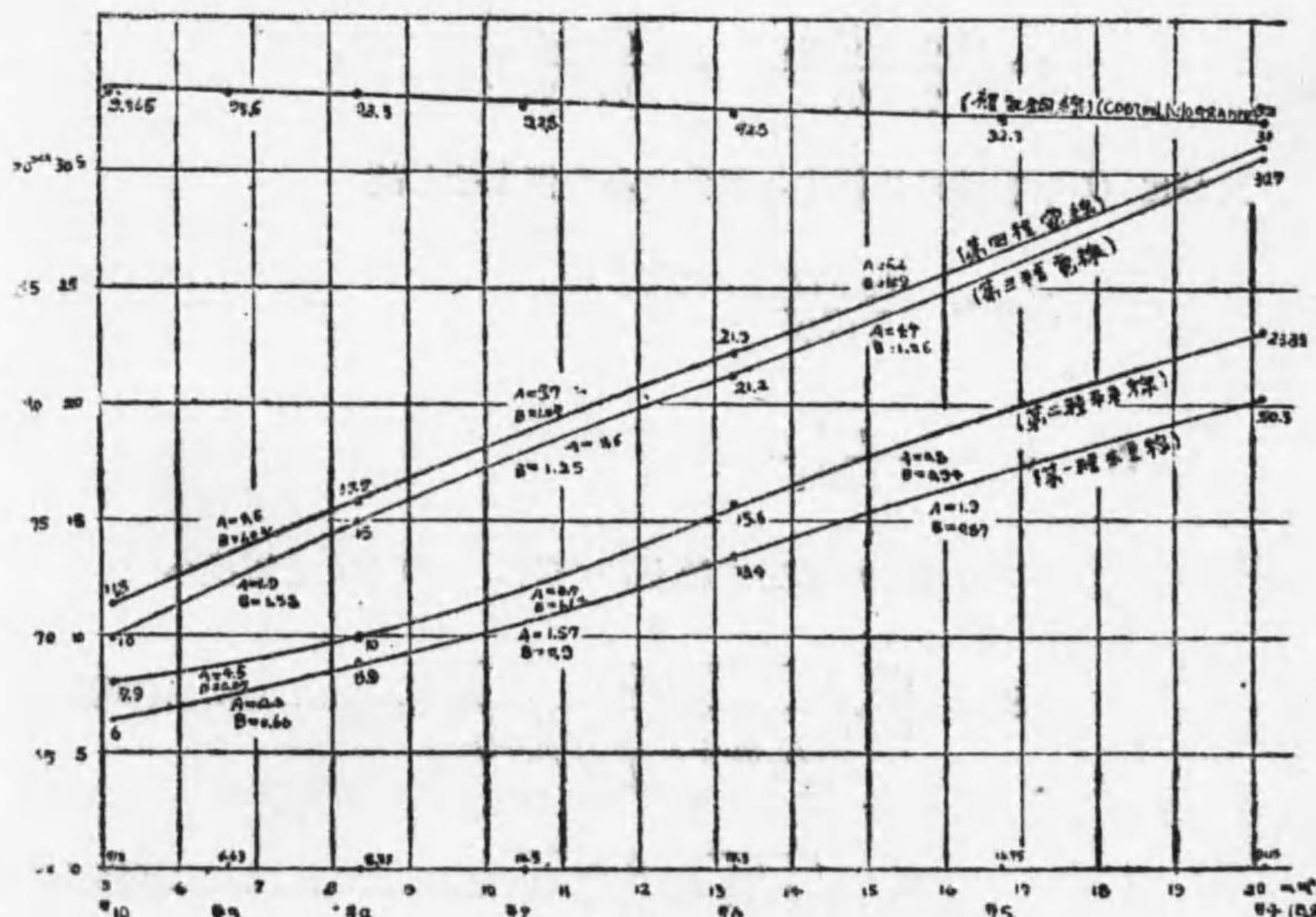
m—碍子をも含ませたる 1 米のファイダーの布設費。

s—一の饋電點の費用。

P—配電線電壓降下の百分率。

K—導體の電導率 ( $mm^2, m$ ) (銅の場合  $K=57$ )

r—導體材料の比重。



第 1 圖 電線價額表



$C$ —導體材料 1kg の價。

$[l]$ —二つの饋電電點の距離 (米)。

電線の價格は大體二つの常數を含むものを以て表さる。

即ち  $C_0 = (a + bq).l$

$a$  — 一米の製造工賃の斷面積に關係なき經費

$b$  — 單位斷面積單位長に對する材料の價 (金屬, 絶縁物其他)

$a$  及び  $b$  の決定は異なる斷面積の二種の電線の價格より求め得べし。

$C_1 = a + bq_1$        $q_1$ —の斷面積を有する 1 米の電線の價格

$C_2 = a + bq_2$        $q_2$ —の斷面積を有する 1 米の電線の價格

$a = C_1 - bq_1 = C_2 - bq_2$

之れより

$$a = \frac{C_2 q_1 - C_1 q_2}{q_1 - q_2}, \quad b = \frac{C_1 - C_2}{q_1 - q_2}$$

又茲に  $C$  を容積に比例する部分のみの價とせし故

$$lbq = \frac{lqrC}{1000}$$

$$\therefore b = \frac{rC}{1000}$$

$a$  を  $m$  の方に移し,  $rC$  に  $1000 \times b$  を置換へ

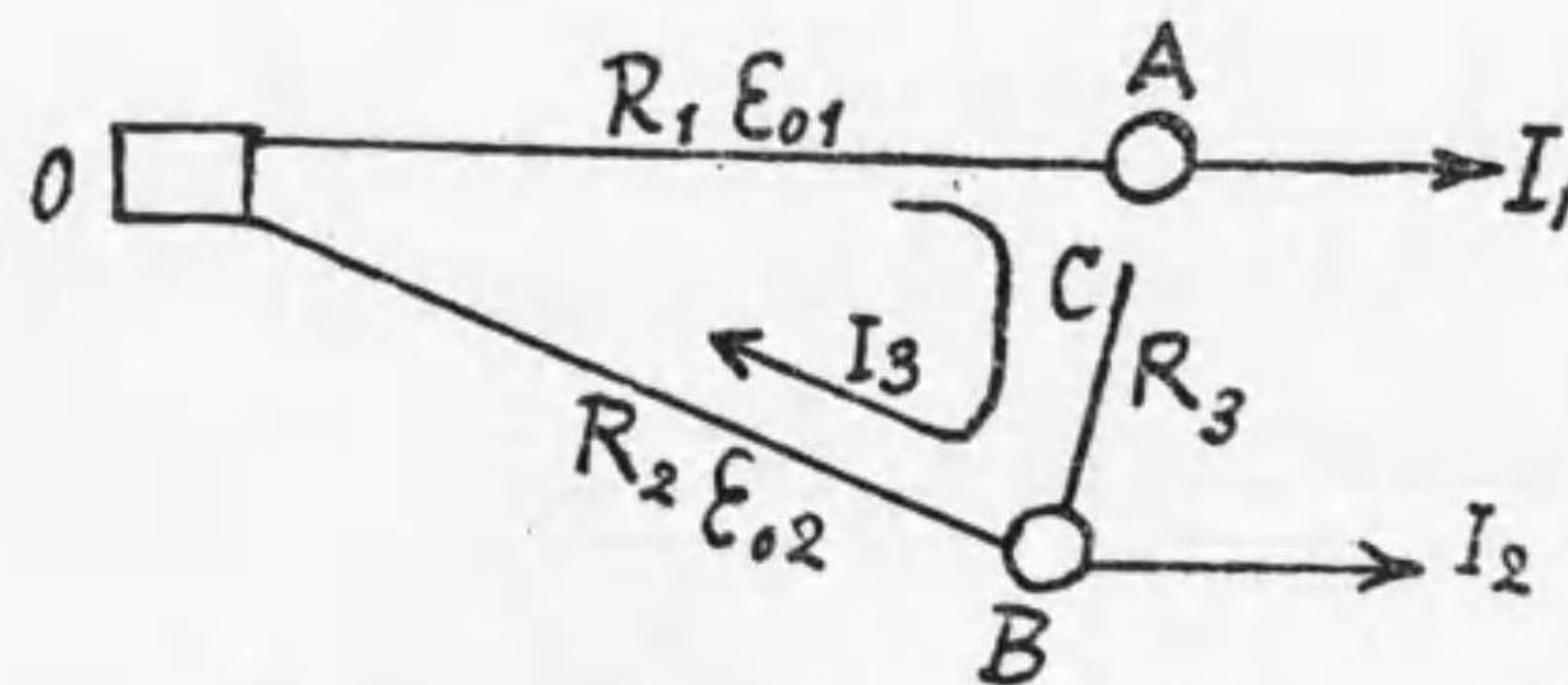
$$[S] = \frac{W}{E} \sqrt{\frac{100b}{L(m + \frac{S}{2L})PK\delta w}} \dots\dots\dots(25)'$$

$$[l] = \sqrt{E} \sqrt{\frac{L(m + \frac{S}{2L})PK}{100b\delta w}} \dots\dots\dots(26)'$$

之等の式を用ひて, 大體の數及び距離を定む。feeder の斷面積を定むるに際して, 電壓降下の適當の割合を定めざる可からず。普通約 10% となせども, 發電所或は變電所よりの距離小ならば, 電流密度によりて制限せられ, 降下は上記の値より小となる。

### 3. 均 壓 線

$OA$  及  $OB$  なる二本の feeder あり。 $A$  及  $B$  の負荷は異なる時間に於て最大となり, 或は時季を異にして負荷状態を變ずる場合,  $A$  と  $B$  とを接続せば, 互に助け合ひて最大電壓降下を減するを得。此の接続を均壓線 (equalizer or tie line) と云ふ。

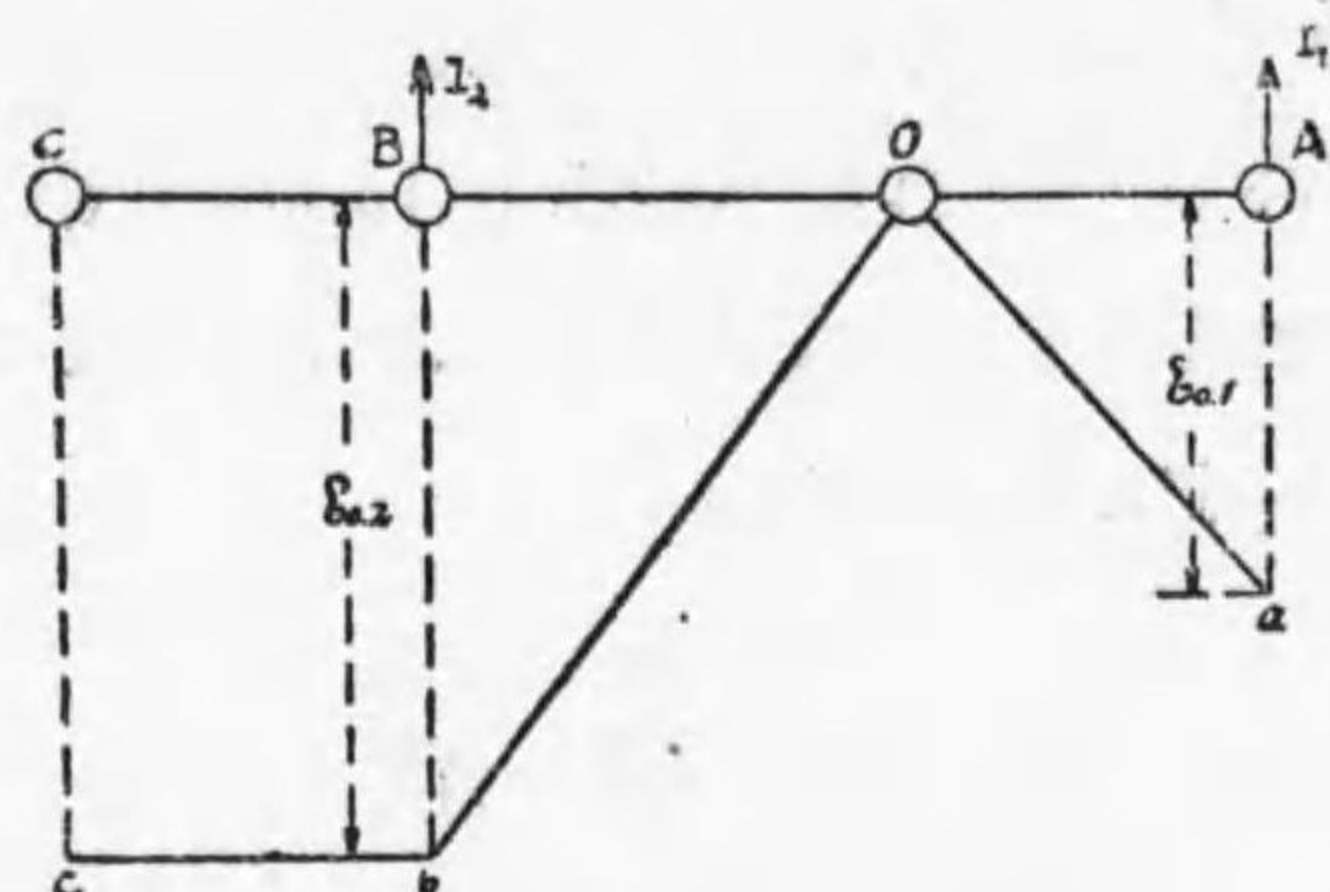


第 126 圖 均 壓 線

先づ最初に均壓線が  $A, C$  間に於て離れて居り,  $\epsilon_{02} > \epsilon_{01}$  なる場合を考へ, 次に  $AC$  を接続せる場合を考へ  $\epsilon_{01}, \epsilon_{02}$  の變化を見んとす。

第 127 圖に於て  $CBOA$  の線を  $O$  點の電壓とし,  $A$  點の電壓は  $A_a$  即  $\epsilon_{01}$  丈之より低く  $B$  點の電壓は  $B_b$  即  $\epsilon_{02}$  丈  $O$  點より低しとす。 $C$  點の電壓は  $B$  點の電壓と同一なり。

次に  $AC$  を結べば,  $A$  と  $C$  との間の電壓の差によりて, 均壓電流  $I_3$



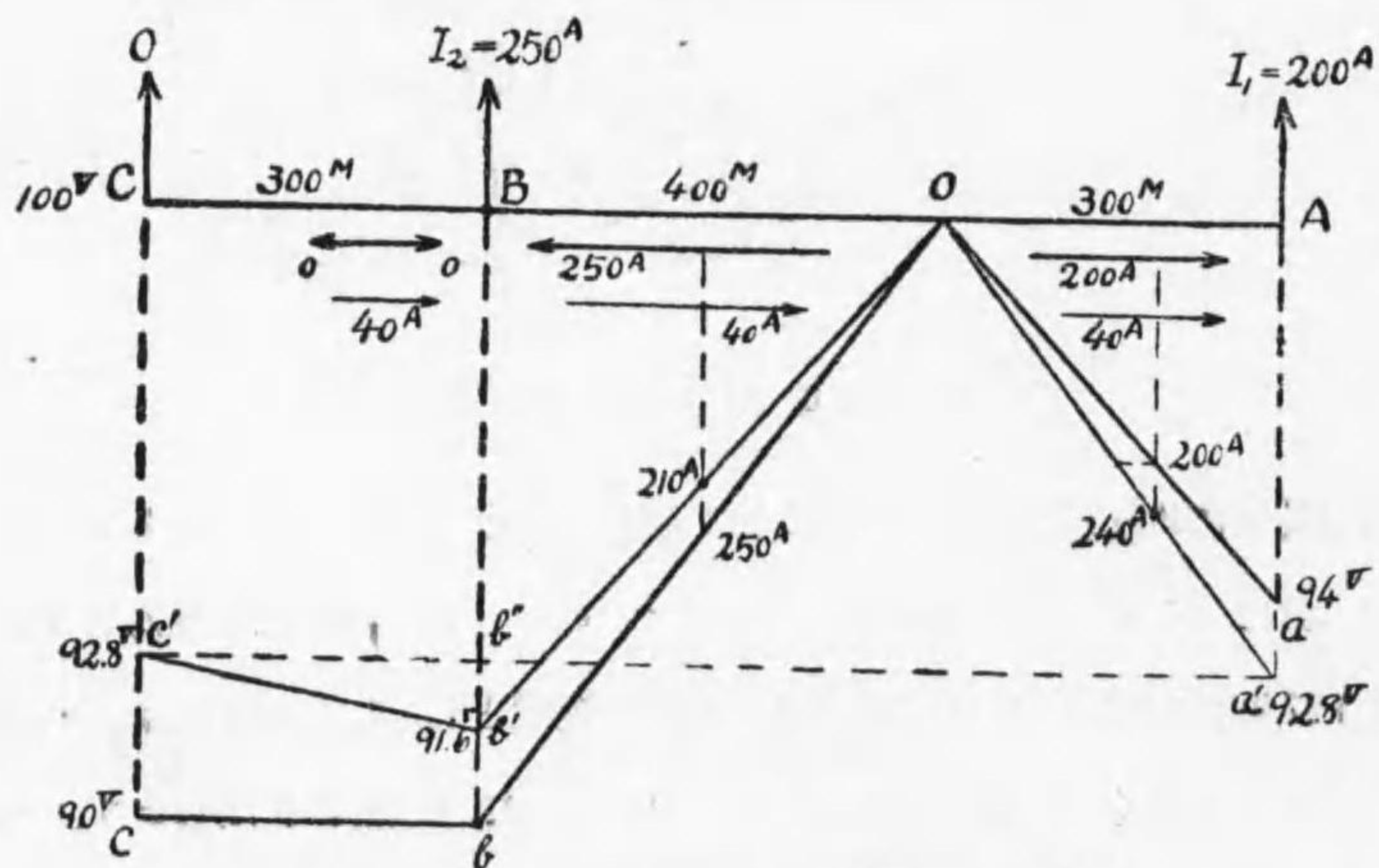
第127圖 分岐線電壓

を通す。而して B 點に就て考ふれば、

$$(I_1 + I_2)R_1 + I_2 R_2 = (I_2 - I_1)R_2 \quad R \text{ は往復線の抵抗とす。}$$

$$I_2(R_1 + R_2 + R_2) = \epsilon_{0.2} - \epsilon_{0.1}$$

$$I_2 = \frac{\epsilon_{0.2} - \epsilon_{0.1}}{R_1 + R_2 + R_2}$$



第128圖 均壓線による分岐線電壓の變化

之れ直に上圖より a b の高さの相違より求め得べし。而して A 點と B

點との電壓の差は、初めは  $I_1 R_1 - I_2 R_2$  なりしものが、 $I_2 R_2$  となれり。従て  $R_2$  の値を小にせば其の差を如何程にも小にする事を得。第128圖に於ては同一太さとして計算せる一例を示すものにして、C と A と引き離し置く時は、a, b, c, の電壓は、各 94V, 90V, 90V なれども、C と A とを結べば、a の電壓は 92.8V となり、B 點は 91.6V となる。

而して  $aa' = I_2 R_1$

$bb' = I_2 R_2 \quad bb'' = I_2 R_2$  なり。

又配電幹線は均壓線として、利用する事を得るものなり。

### 4. 經濟的方面よりの考察

1888年にロードケルビンの、電氣金屬導體につき發表せる經濟的法則は次の如し。

毎年導體内に失はるゝ電力量の價格と、電線の投資に對する一年間の金利とが相等しき時、其導體の斷面積は最も經濟的なり。

之れ有名なるケルビン法則なり。上記文面は漠然たる所あれば、後世之を次の如く補正せられたり。

最も經濟的なる導體の斷面積は、其中に失はるゝ電力量の一年間の費用が、導體の重量又は斷面積に比例する部分の投資の、一年間の金利及び減損に等しき時なり。

此の最も經濟的なる斷面積も、電壓降下に制限せられ實際的價値を減少せらるゝ場合あれども、尙此の法則は我々にとりては一の貴重なる指針なり。今

$C_{inv} = \text{線路の投資に對する金利及び償却の年額(修繕費を含む)}$

$C_l$  = 線路に失はるゝ電力量の年額,

$C_{il}$  = 線路中に失はるゝ電力に対する発電所機械等の資金に対する金利及び償却の年額,

$(a+bq)$  = 電線路 1 米に対する投資額  $a$  及  $q$  は定数なり(前節参照)

線路  $l$  米に対する一ケ年の金利及び償却金は

$$C_{inv} = (a+bq)l \frac{P_c}{100}$$

$P_c$  = 金利及び償却の年に對する百分率,

電力量の損失は一年間一定ならず。亦一日の中に於ても絶えず變化するものなれば、大體一年間の損失が何時間の損失に當るかを假想し、此時間を  $T$  時間とす。即ち

$$WH = \int_0^t i^2 R dt = I^2 R T \quad \text{とす。}$$

線路中に失はるゝ電力費の年額は

$$C_l = \frac{I^2 l T}{Kq} k$$

$k$  を  $1k.W.H.$  の價とす。此價の賣値なるか原價なるかは、其時の營業状態により、電力の不足せる時は賣値に、過剰ならば原價をとる可きものと思惟す。

電線路の中にある損失の爲に、一定の電力を受電所に受くるには 送電點を發電所とするも變電所とするも、其の損失丈大なる容量の機器及び建物を要す。

電線路の損失は

$$W = \frac{I^2 l}{kq} \text{ watt}$$

單位電力に對する資金を  $m$  圓とす。此中には建物其他の保險料税金等も含む。

$$C_{il} = \frac{I^2 l}{Kq} m \frac{P_c}{100}$$

$P_c$  = 金利及び償却の年に對する百分率

以上を合計せば一ケ年の經費は

$$M = (a+bq)l \frac{P_c}{100} + \frac{I^2 l T}{Kq} k + \frac{I^2 l m P_c}{Kq \times 100}$$

此中には斷面積を含む項と然らざるものあり。即

$$M = Aq + B + \frac{C}{q} \quad \text{の形のものなり。}$$

$A$   $B$  及び  $C$  は  $q$  には關係なき數にして

$$A = \frac{blP_c}{100} \quad B = \frac{alP_c}{100}$$

$$C = \frac{I^2 l T k}{K} + \frac{I^2 l m P_c}{K \times 100} = \frac{I^2 l}{K} \left( k T + \frac{m P_c}{100} \right) \text{ なり。}$$

此の式を微分して最小なる條件を求むれば

$$\frac{\partial M}{\partial q} = 0 \quad A - \frac{C}{q^2} = 0$$

$$q = \sqrt{\frac{C}{A}} \quad \text{となる。}$$

$$\therefore q = I \sqrt{\frac{l}{K} \left( k T + \frac{m P_c}{100} \right) \frac{blP_c}{100}}$$

平方根の値を  $F$  なる文字を以て表せば

$$q = IF \dots\dots\dots \text{最も經濟的なる斷面積}$$

$$\frac{l}{q} = \frac{1}{F} \dots\dots\dots \text{最も經濟的なる電流密度}$$

$$\varepsilon = I \frac{l}{Kq} = \frac{l \frac{I}{q}}{K} = \frac{l}{Kq} \dots \dots \dots \text{最も経済的なる電圧降}$$

下直流或は交流  $pf \cong 1$  の場合

以上の電圧降下は一線に対するものなり。

實際に於て最も経済的なる電流密度は  $0.28-1.5 \text{ amp/mm}^2$  にして

最も経済的なる電圧降下は一線 100 米に 1 ヴォルト位なり。

受電電圧の與へられたる場合には

$$E_r + 2\varepsilon = E_s \text{ (二線式) となり送電端電圧 } E_s \text{ の最も経済的なるものを求め得べし。}$$

次に線路のみを考ふれば一年間の経費は

$$M = (a+bq) l \frac{p_0}{100} + \frac{I^2 l T}{Kq} k = Aq + B + \frac{C}{q}$$

$$\frac{\partial M}{\partial q} = A - \frac{C}{q^2} = 0$$

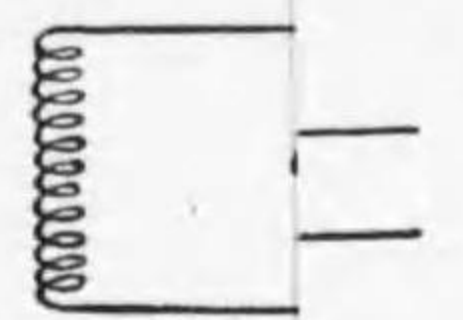
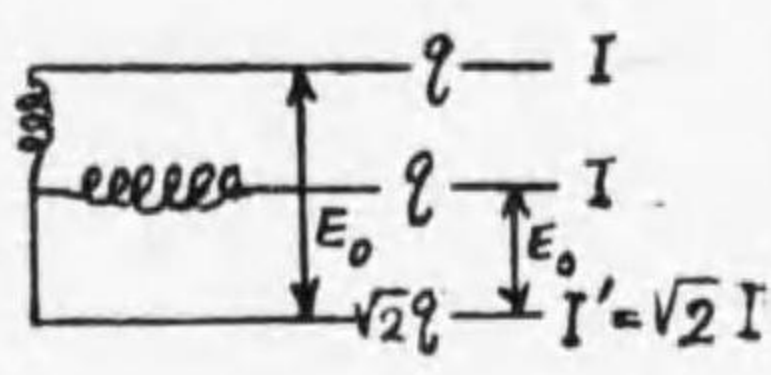
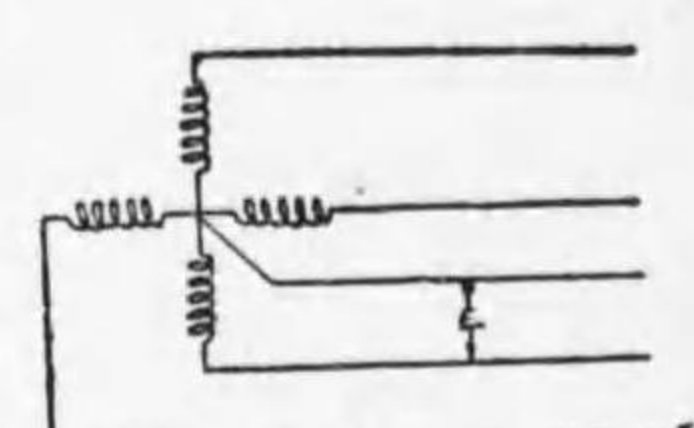
即  $Aq = \frac{C}{q}$

此式は、即損失電力量の代價は、 $q$  に比例する部分の一年間の金利及び償却に等しき事を示す。即ケルビンの最も経済的なる條件を示す。

### 5. 配電方式及び其比較

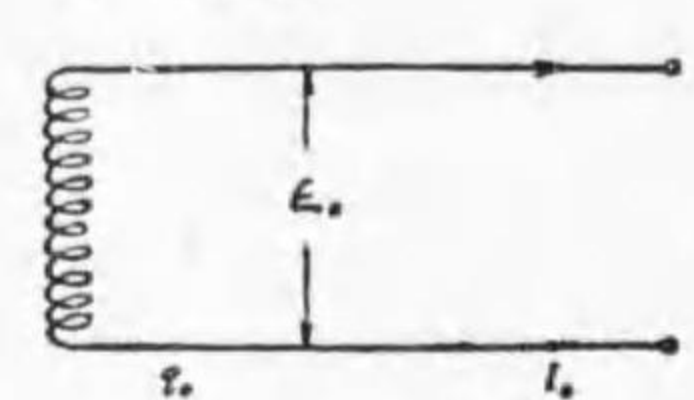
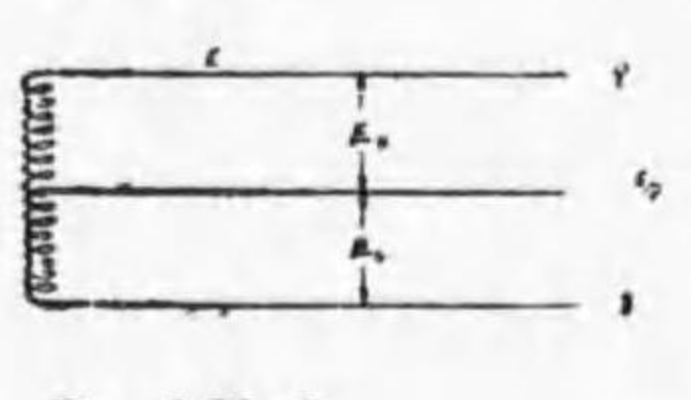
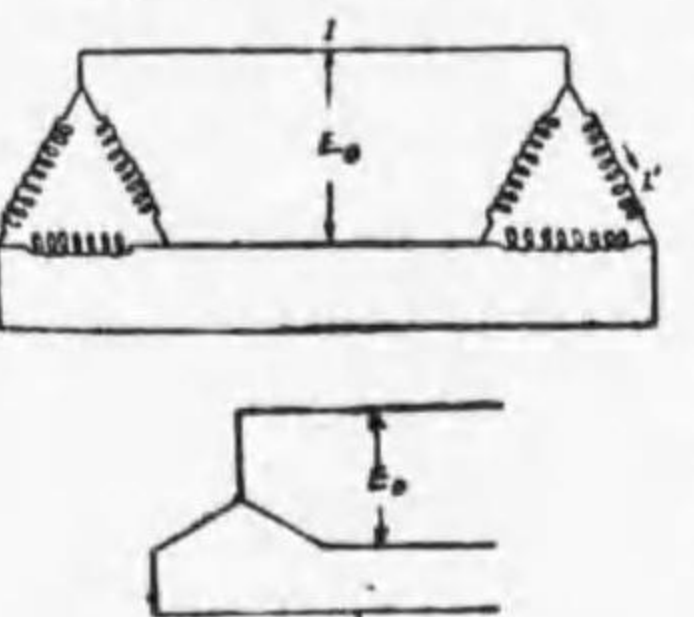
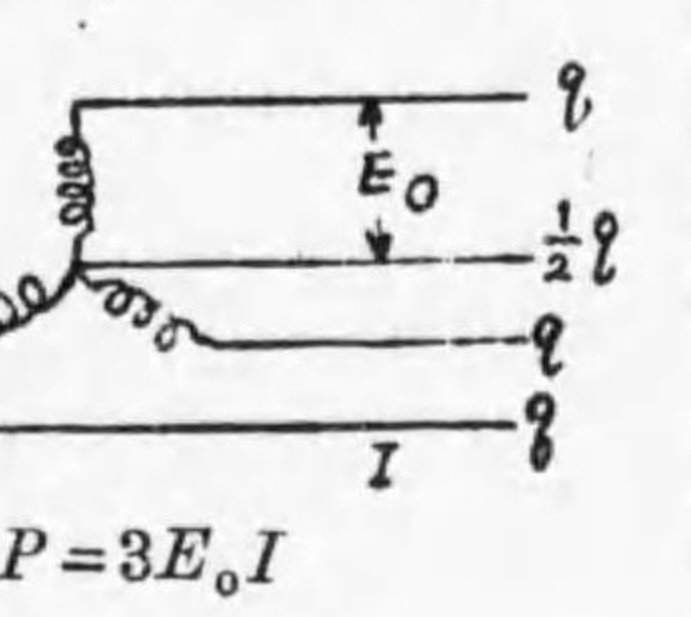
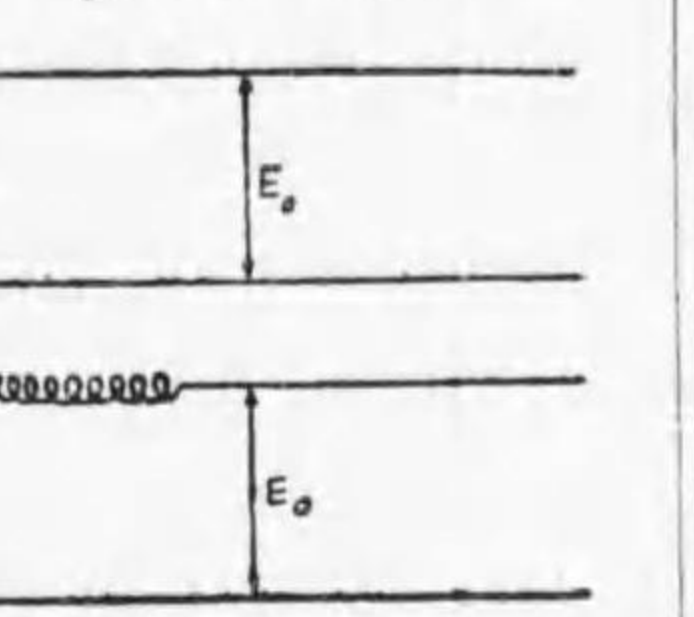
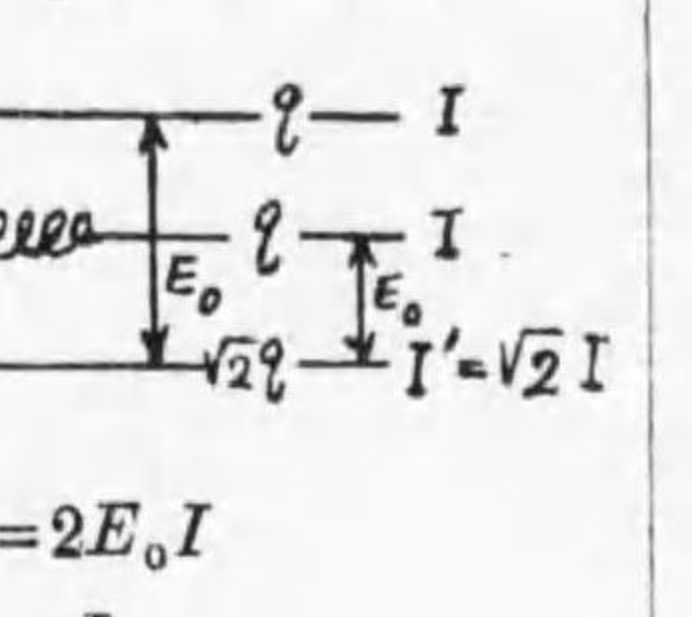
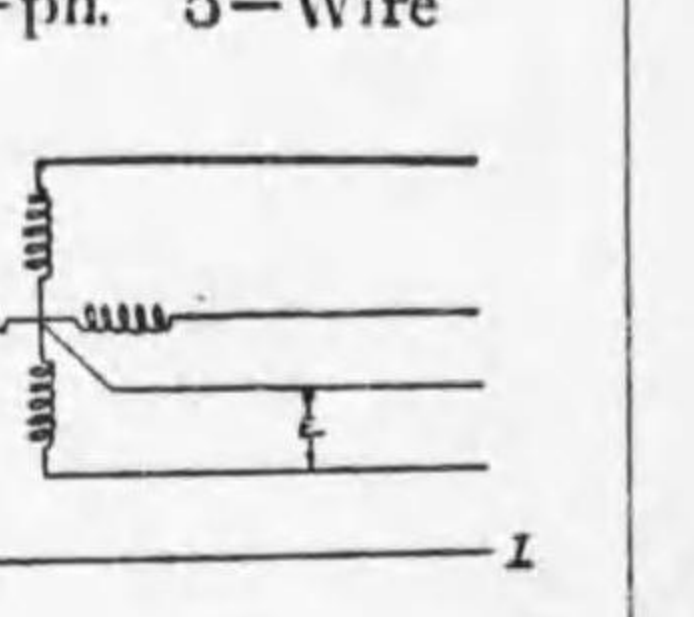
同一の電力を送り、同一の電圧にて同一線路損失を與ふる、各種方式の銅の容積に対する比較は第 43 表の如し。

最小なる銅線の容量を與ふるものは表にあるものゝ中には四相五線式なり。次に单相三線式、次に三相四線式、三相三線式の順序となる。

<p>(1) D.C or 2-Wire</p>  <p>Power <math>P = E_s I</math></p> <p>Loss <math>I^2 R = I^2 \frac{l}{Kq}</math></p> <p><math>V_s = 2q_0</math></p>	<p>(6) 2-ph. 3-Wire</p>  <p><math>p = 2E_s I</math></p> <p><math>I = \frac{I_0}{2}</math></p> <p>Loss <math>= 2 \left( \frac{I_0}{2} \right)^2 \frac{l}{Kq}</math> <math>+ \left( \frac{I_0}{2} \times \sqrt{2} \right)^2 \frac{l}{Kq \times \sqrt{2}}</math></p> <p><math>= I_0^2 \left( \frac{2 + \sqrt{2}}{4} \right) \frac{l}{Kq}</math></p> <p><math>q = \frac{2 + \sqrt{2}}{8} q_0</math></p> <p><math>V = 2 \left( \frac{2 + \sqrt{2}}{8} \right) q_0 l</math> <math>+ \sqrt{2} \frac{2 + \sqrt{2}}{8} q_0 l</math></p> <p><math>= \frac{(2 + \sqrt{2})^2}{8} q_0 l</math></p> <p><math>\frac{V}{V_s} = 0.729</math></p>	<p>(7) 4-ph. 5-Wire</p>  <p><math>P = 4E_s I</math></p> <p><math>I = \frac{1}{4} I_0</math></p> <p>Loss <math>= \left( \frac{I_0}{4} \right)^2 \times \frac{l}{Kq} \times 4</math></p> <p>(neutral zero current)</p> <p><math>= I_0^2 \frac{2l}{Kq_0}</math></p> <p><math>\therefore q = \frac{1}{8} q_0</math></p> <p><math>V = \left( 4 \times \frac{1}{8} + \frac{1}{16} \right) q_0 l</math></p> <p>(neutral = <math>-\frac{1}{2} q</math>)</p> <p><math>= \frac{9}{16} q_0 l</math></p> <p><math>\frac{V}{V_s} = 0.281</math></p>
---	--	---

第 四 拾 參 表

Comparison of Distribution Systems  
Effective Line Voltage=Cont. Line Loss=Cont. and P.f=1

<p>(1) D.C or A.C 2-Wire</p>  <p>Power <math>P = E_0 I_0</math></p> <p>Loss <math>I_0^2 R = I_0^2 \frac{2l}{Kq_0}</math></p> <p><math>V_0 = 2q_0 l</math></p> <p><math>\frac{V_0}{V_0} = 1</math></p>	<p>(2) D.C or A.C 3-Wire</p>  <p><math>P = 2E_0 I</math> <math>\therefore I = \frac{1}{2} I_0</math></p> <p>Loss <math>= \left(\frac{I_0}{2}\right)^2 \frac{2l}{Kq}</math></p> <p>(neutral zero current) <math>= I_0^2 \frac{2l}{Kq_0}</math></p> <p><math>q = \frac{1}{4} q_0</math></p> <p><math>V = \frac{5}{8} q_0 l</math></p> <p><math>\frac{V}{V_0} = 0.3125</math></p> <p>If we put the sect. area of the neutral wire = that of the out side wires then <math>\frac{V}{V_0} = 0.375</math></p>	<p>(3) 3-ph. 3-Wire</p>  <p><math>P = 3E_0 I'</math> <math>= \sqrt{3} E_0 I = E_0 I_0</math></p> <p><math>I = \frac{I_0}{\sqrt{3}}</math></p> <p>Loss <math>= 3I^2 \frac{l}{Kq} = I_0^2 \frac{l}{Kq}</math></p> <p><math>q = \frac{q_0}{2}</math></p> <p><math>V = 3 \times \frac{q_0 l}{2}</math></p> <p><math>\frac{V}{V_0} = \frac{3 \frac{q_0}{2} l}{2q_0 l} = \frac{3}{4} = 0.75</math></p>	<p>(4) 3-ph 4-Wire</p>  <p><math>P = 3E_0 I</math> <math>\therefore I = \frac{I_0}{3}</math></p> <p>Loss <math>= \left(\frac{I_0}{3}\right)^2 \frac{3l}{Kq}</math> <math>= I_0^2 \frac{2l}{Kq_0}</math></p> <p><math>q = \frac{q_0}{6}</math></p> <p><math>V = \left(\frac{3}{6} + \frac{1}{12}\right) l q_0</math> <math>= \frac{7}{12} l q_0</math></p> <p><math>\frac{V}{V_0} = \frac{7}{12 \times 2} = 0.292</math></p> <p>If the sectional area of the neutral wire = <math>q</math> then <math>\frac{V}{V_0} = 0.333</math></p>	<p>(5) 2-ph. 4-Wire</p>  <p>This is Equivalent to two Single phase Systems.</p> <p><math>\frac{V}{V_0} = 1.</math></p>	<p>(6) 2-ph. 3-Wire</p>  <p><math>p = 2E_0 I</math> <math>I = \frac{I_0}{2}</math></p> <p>Loss <math>= 2\left(\frac{I_0}{2}\right)^2 \frac{l}{Kq}</math> <math>+ \left(\frac{I_0}{2} \times \sqrt{2}\right)^2 \times \frac{l}{Kq \times \sqrt{2}}</math></p> <p><math>= I_0^2 \left(\frac{2 + \sqrt{2}}{4}\right) \frac{l}{Kq}</math></p> <p><math>q = \frac{2 + \sqrt{2}}{8} q_0</math></p> <p><math>V = 2\left(\frac{2 + \sqrt{2}}{8}\right) q_0 l</math> <math>+ \sqrt{2} \frac{2 + \sqrt{2}}{8} q_0 l</math> <math>= \frac{(2 + \sqrt{2})^2}{8} q_0 l</math></p> <p><math>\frac{V}{V_0} = 0.729</math></p>	<p>(7) 4-ph. 5-Wire</p>  <p><math>P = 4E_0 I</math> <math>I = \frac{1}{4} I_0</math></p> <p>Loss <math>= \left(\frac{I_0}{4}\right)^2 \times \frac{l}{Kq} \times 4</math></p> <p>(neutral zero current) <math>= I_0^2 \frac{2l}{Kq_0}</math></p> <p><math>\therefore q = \frac{1}{8} q_0</math></p> <p><math>V = \left(4 \times \frac{1}{8} + \frac{1}{16}\right) q_0 l</math></p> <p>(neutral = <math>\frac{1}{2} q</math>) <math>= \frac{9}{16} q_0 l</math></p> <p><math>\frac{V}{V_0} = 0.281</math></p>
--	--	---	--	---	---	---

電線の数多き程銅の容量は小なれども、碍子腕木及び布設費等に多額の費用を要し、全體より見て必ずしも経済的とならず。三相三線式、三相四線式等が多く用ひらるゝ所以は、簡単に回轉磁場を作り得る理由の外之に歸因す。

(a) 直流配電と交流配電の比較 交流の利とする點は電壓の變化自在なるにあり。直流の優れる點は電動機の負荷の場合回轉速度を易く變更し得る事にあり。

交流配電は以上の理由により、大なる範圍に配電し得れども、直流に於ては最大距離 3 km 以内に限らる。直流に於ても交流の變壓器に代るに電動發電機を用ふれば變壓し得れども、交流の簡且便なるに及ばず。

然れども直流に於ては蓄電池と並列に用ひ得べく、送電不能の場合に於ても配電に支障なからしむる利點あれば、人口稠密なる大都市の中央部或は大邸宅等に配電するに適す。又蓄電池に晝間過剰の電力を貯藏し、夜間並列に供給し得て負荷状態を改善する事を得。

直流式は又簡單なる自家用小發電所に採用せらる。

(b) 單相交流二線式及び直流二線式 直流に於ては此の方式が廣く用ひらるれども、交流に於ては單相交流にて回轉磁場を作るに不便なれば主として電燈電熱に用ひられ、動力には小なる電動機例へば扇風機等の負荷に用ひらるゝのみなり。

今迄叙述し來りし所のものは多く此の方式なり。斷面積と電力損失とに關し今少しく述べんとす。

$$w = 2I^2 R \dots\dots\dots \text{損失電力}$$

$$P_r = E_r I_r \cos\phi_r \dots\dots \text{受電電力}$$

$$P_s = E_s I_s \cos \phi_s \dots\dots \text{送電電力}$$

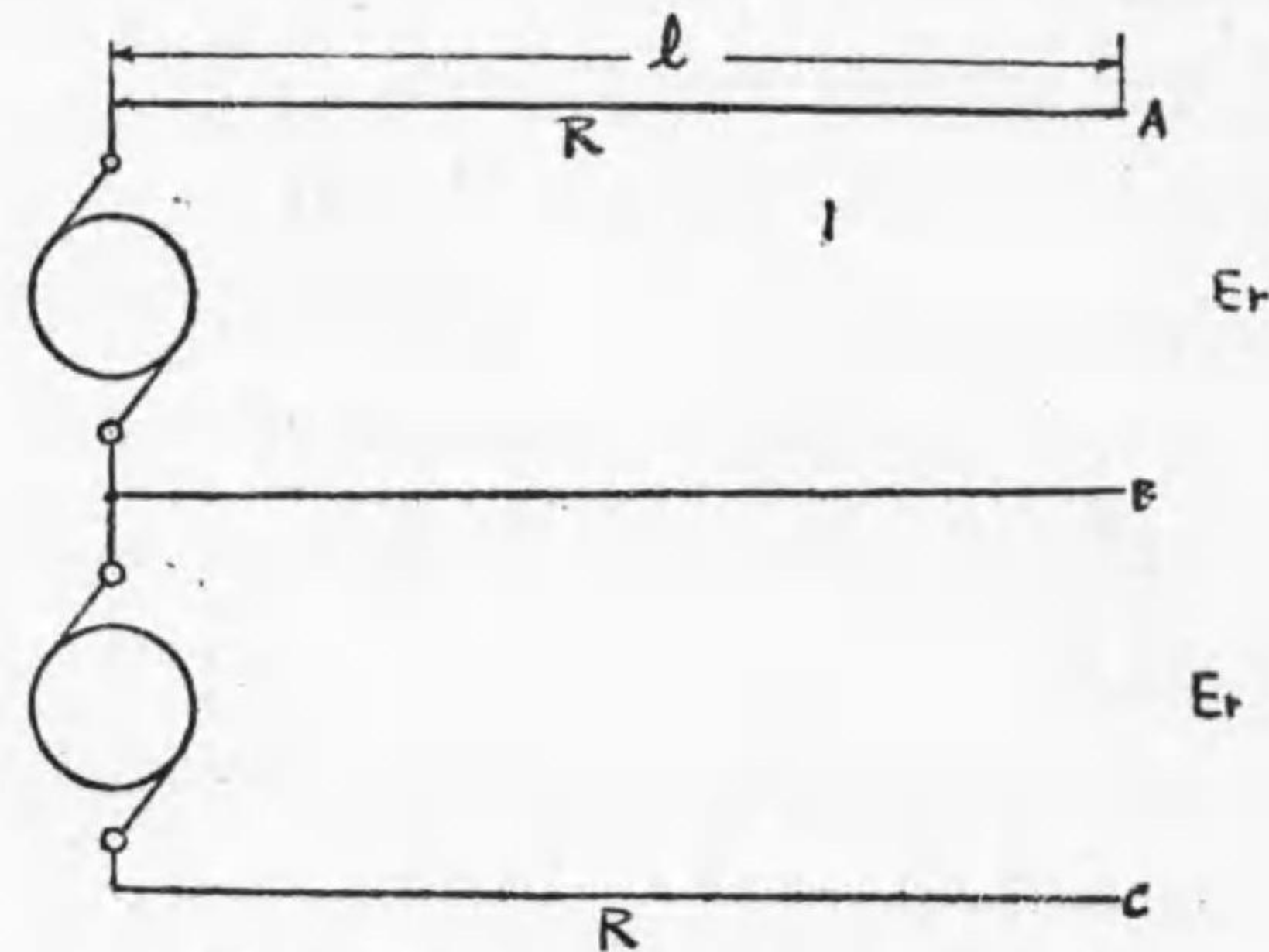
$P' = \dots\dots\dots$  損失電力の送電電力に対する百分率とす。

$$P_s = \frac{P_r}{1 - \frac{P'}{100}}$$

$$2I^2R = 2 \frac{l}{Kq} \left( \frac{P_r}{E_r \cos \phi_r} \right)^2 = \frac{P'}{100} P_s = \frac{\frac{P'}{100} P_r}{1 - \frac{P'}{100}}$$

$$\begin{aligned} \therefore q &= \frac{2l}{K} \times \frac{1 - \frac{P'}{100}}{P_r \times \frac{P'}{100}} \times \frac{P_r^2}{E_r^2 \cos^2 \phi_r} \\ &= \frac{2l}{K} \left[ \frac{1 - \frac{P'}{100}}{\frac{P'}{100}} \times \frac{I_r^2}{P_r} \right] \dots\dots\dots (27) \end{aligned}$$

(c) 直流三線式 此の方式は銅の経済的なる爲用ひらるゝ事あり。



第 129 圖 直流三線式

B なる中性線を通る電流は不平均電流なり。今假りに之を零なりとす

れば

$$P_r = 2E_r I$$

$$2I^2R = 2 \frac{P_r^2}{4E_r^2} \times \frac{l}{Kq}$$

又  $P_s = \frac{P_r}{1 - \frac{p}{100}}$  (直流の場合には損失電力の割合は電壓降下の割合に等し)

$$\therefore 2I^2R = P_s \times \frac{p}{100} = \frac{P_r}{1 - \frac{p}{100}} \times \frac{p}{100}$$

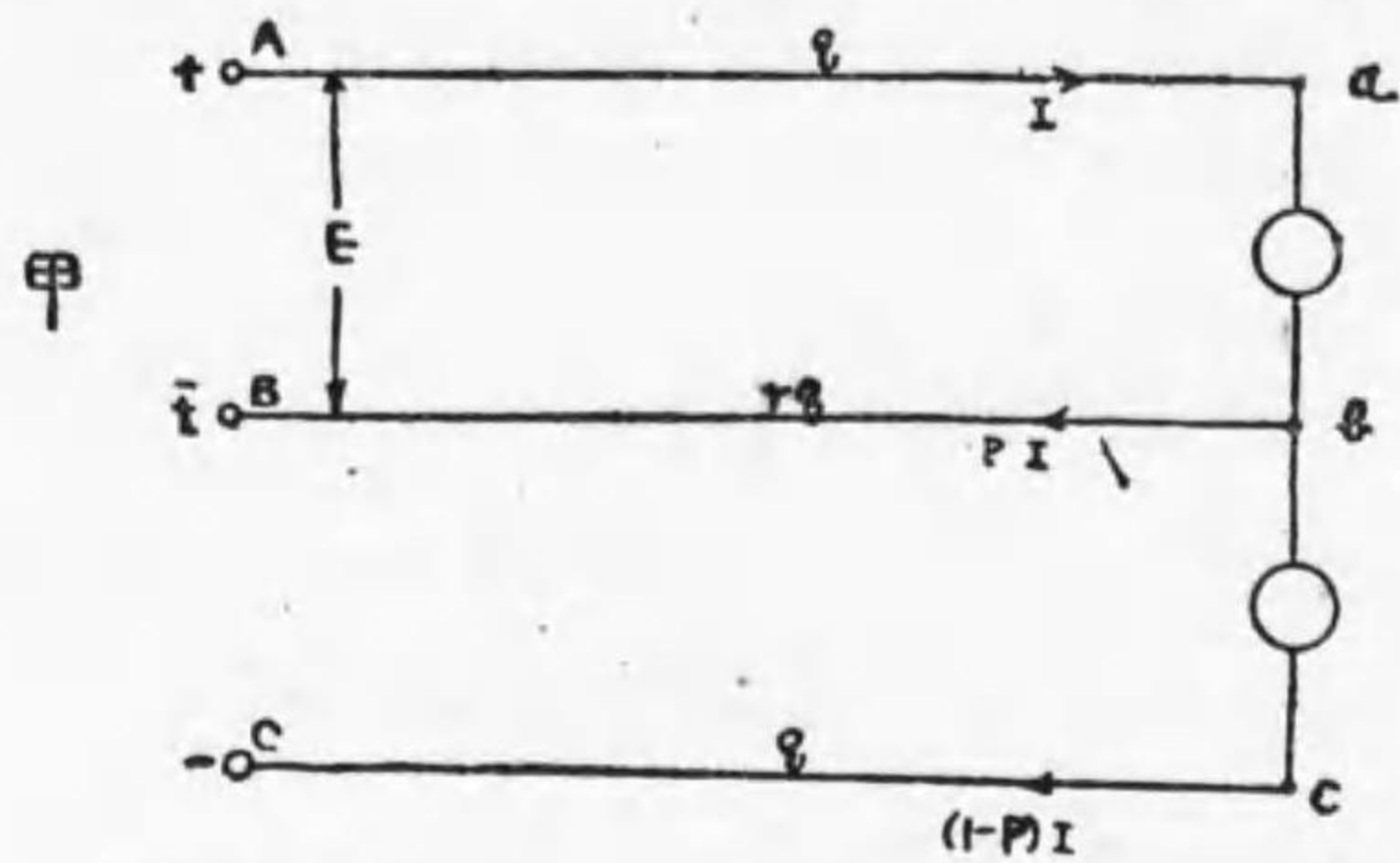
$$\therefore q = \frac{1 - \frac{p}{100}}{P_r \times \frac{p}{100}} \times \frac{2P_r^2 \times l}{4E_r^2 K}$$

$$= \frac{\left(1 - \frac{p}{100}\right) P_r l}{2 E_r^2 K \frac{p}{100}} = \frac{2l}{K} \left[ \frac{1 - \frac{p}{100}}{\frac{p}{100}} \times \frac{I^2}{P_r} \right] \dots\dots (28)$$

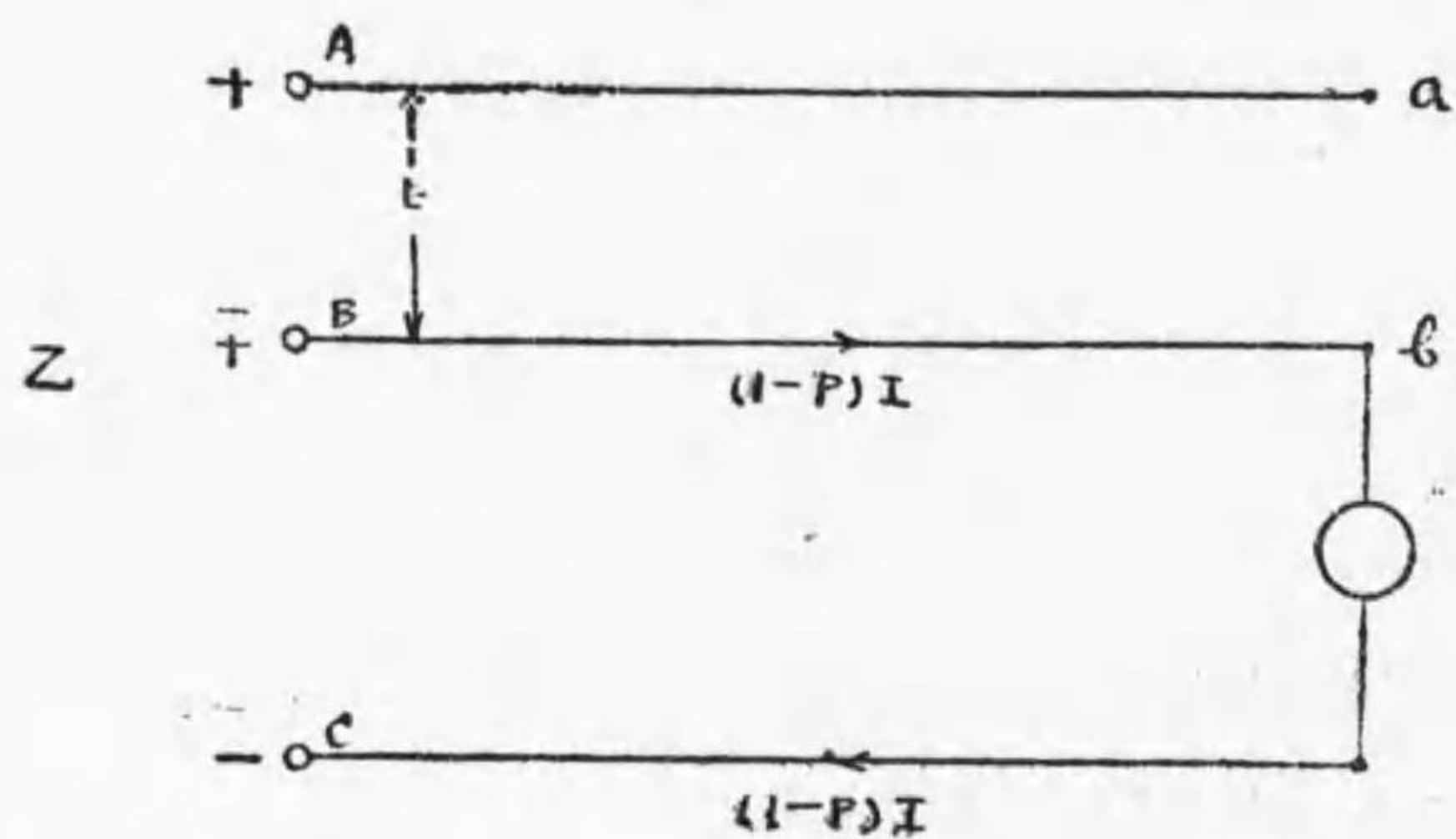
中性線の断面積は兩外側線の  $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{4}$  にとるを普通とす。負荷の不平均の度によりて決定すべきものとす。

直流三線式に於ては、各線に対する負荷の不均衡著しき場合には之を平衡せしむる様努むるを要す。然らざれば受電電壓の變化甚だしく場合によりては送電端より電壓の大なる事あり。

例へば第 130 圖の如く負荷不平衡にて ab 間の負荷が bc 間の負荷より大なる場合 AB 間の電壓と ab 間の電壓の差即 ab に至る間の電壓降下は  $= I \frac{l}{Kq} + \frac{pIl}{Kr q} = \left(1 + \frac{p}{r}\right) \frac{Il}{Kq}$  となり ab 間の電壓は AB の電壓より常に小なり。次に ab 間の負荷を去りし第 131 圖の時には此の間の電壓降下は  $= \frac{-(1-p)Il}{Kr q}$



第 130 圖 直流三線式の両側に負荷せる場合



第 131 圖 直流三線式の片側に負荷なき場合

此の値は負数となり此場合 AB 間の電圧より ab 間の電圧大となる。

此の負荷及無負荷の状態に於ける ab 間の電圧の變動は其差にて

$$\begin{aligned} &= (1 + \frac{p}{r}) \frac{Il}{Kq} + \frac{(1-p)Il}{Kr q} = \frac{Il}{Kq} \left\{ 1 + \frac{p}{r} + \frac{1}{r} - \frac{p}{r} \right\} \\ &= \frac{Il}{Kq} \left( 1 + \frac{1}{r} \right) = \frac{Il}{Kq} \times \frac{1+r}{r} \end{aligned}$$

此處に於て  $r = \frac{1}{2}$  とすれば

電圧變動  $= \frac{3Il}{Kq}$  となり二線式より遙かに劣るを見る。

次に第 130 圖に於ける bc 間の電圧を考ふるに

$$\begin{aligned} E - \frac{(1-p)Il}{Kq} + \frac{pIl}{Kr q} &= E - (1-p - \frac{p}{r}) \frac{Il}{Kq} \\ &= E - (1 - \frac{1+r}{rp} p) \frac{Il}{Kq} \end{aligned}$$

$1 - \frac{1+r}{r} p < 0$  の場合あり得

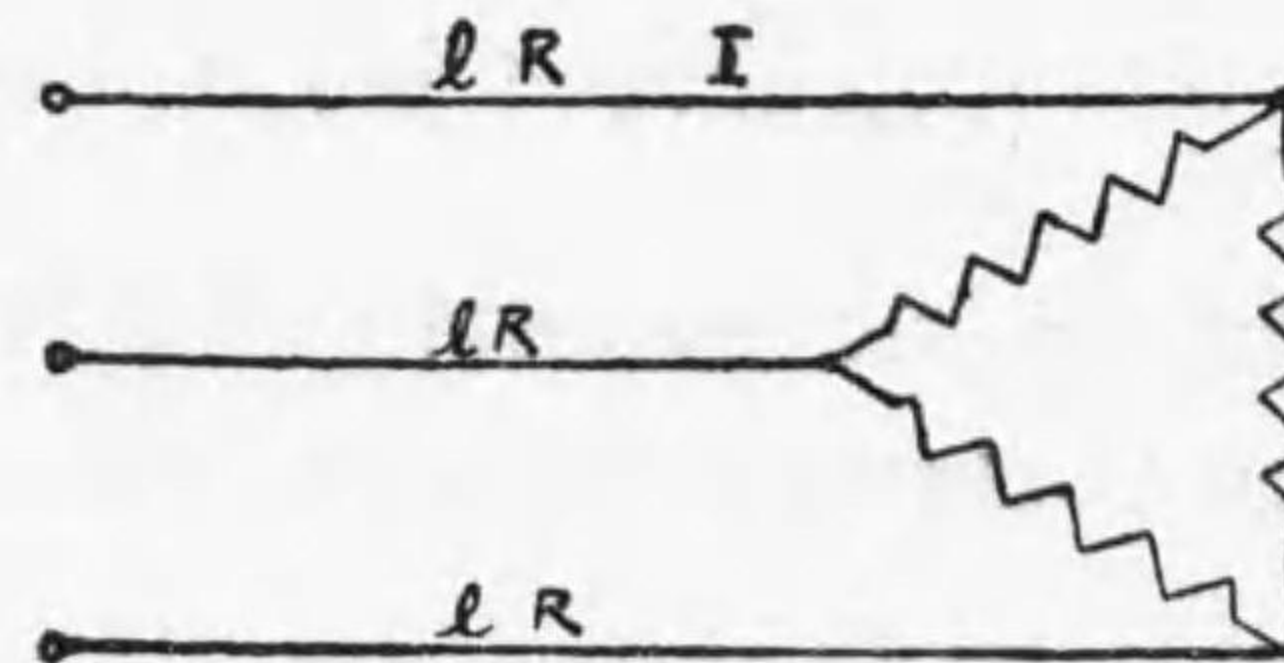
$r = \frac{1}{2}$  とすれば

$$1 - \frac{1+r}{r} p = 1 - 3p$$

$\therefore P > \frac{1}{3}$  の時は  $1 - \frac{1+r}{r} p$  は負となり電圧降下負となり

即 BC 間の電圧より bc 間の電圧大なり。即負荷に  $\frac{1}{3}$  以上の不平衡を來せる場合片側受電電壓却つて大となる。

(d) 三相三線式 此の方式は回轉磁場を作る最も簡單なる方式にして此中二線宛を取れば電燈電熱等に用ひられ、三線をとれば多相電動機負荷に供給するを得べし。



第 132 圖  $\Delta$ -接続



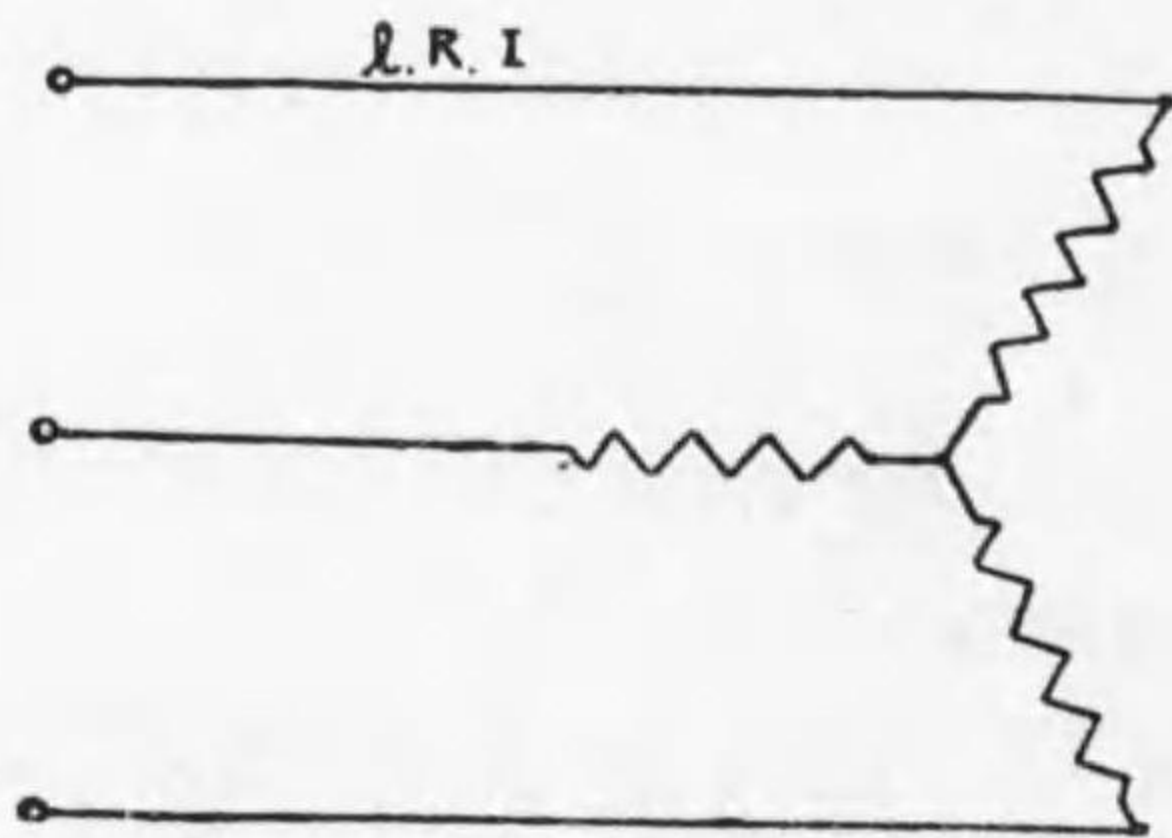
(i) △-接続 此方式の断面積に関しては既に(10)に於て詳述せり。  
然して前に求めし式に  $w = \frac{p'}{100} P_s$  ;

$$p_s = \frac{P_r}{1 - \frac{p'}{100}} \quad \text{として次の式を得, 平均せる負荷状態にして}$$

漏洩電流はなきものとす。

$$q = \left[ \frac{1 - \frac{p'}{100}}{\frac{p'}{100}} \times \frac{P_r}{E_r^2 \cos^2 \phi_r} \times \frac{l}{K} \right]$$

(ii) Y-接続 此方式に於ても同様の結果となる。

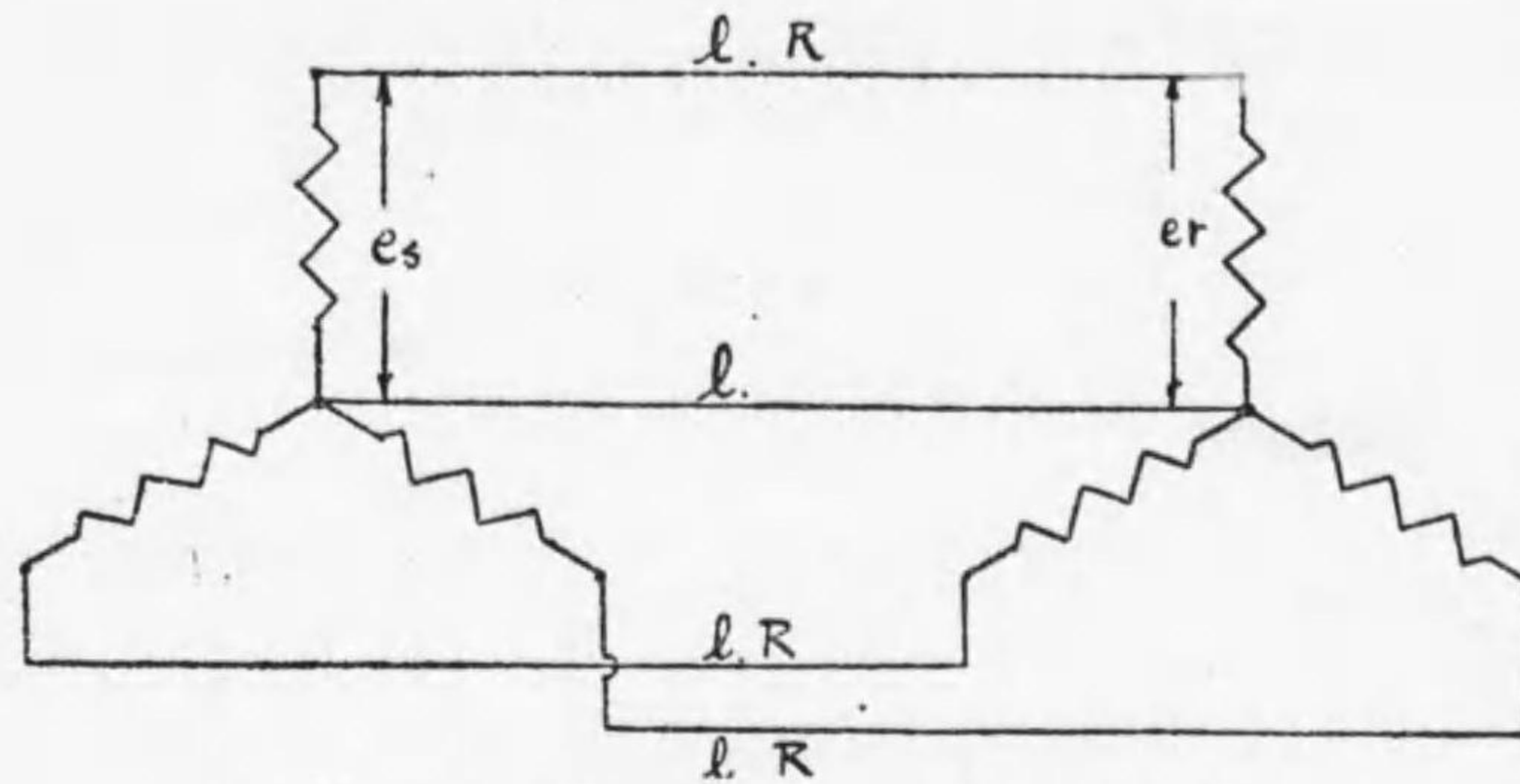


第 133 圖 Y-接続

$$q = \left[ \frac{1 - \frac{p'}{100}}{\frac{p'}{100}} \times \frac{P_r}{E_r^2 \cos^2 \phi_r} \times \frac{l}{K} \right]$$

(e) 三相四線式 此の方式は銅線の經濟上配電線として廣く用ひらる。中性線と外部線との間に電燈電熱等を負荷し, 外部三線の間を動力を負荷するを得。

e ..... 中性線と外線との間の電壓



第 134 圖 三相四線式

I ..... 外線を通る電流

$$P_s = 3e_s I_s \cos \phi_s \quad P_r = 3e_r I_r \cos \phi_r$$

$$I_s = I_r = I$$

$$E_s = \sqrt{3} e_s \quad E_r = \sqrt{3} e_r$$

$$w = 3I^2 \frac{l}{Kq}$$

$$I = \frac{P_r}{3e_r \cos \phi_r}$$

$$\therefore w = 3 \frac{P_r^2}{9e_r^2 \cos^2 \phi_r} \frac{l}{Kq}$$

$$\text{又 } w = \frac{p'}{100} \times P_s = \frac{p'}{100} \times \frac{P_r}{1 - \frac{p'}{100}}$$

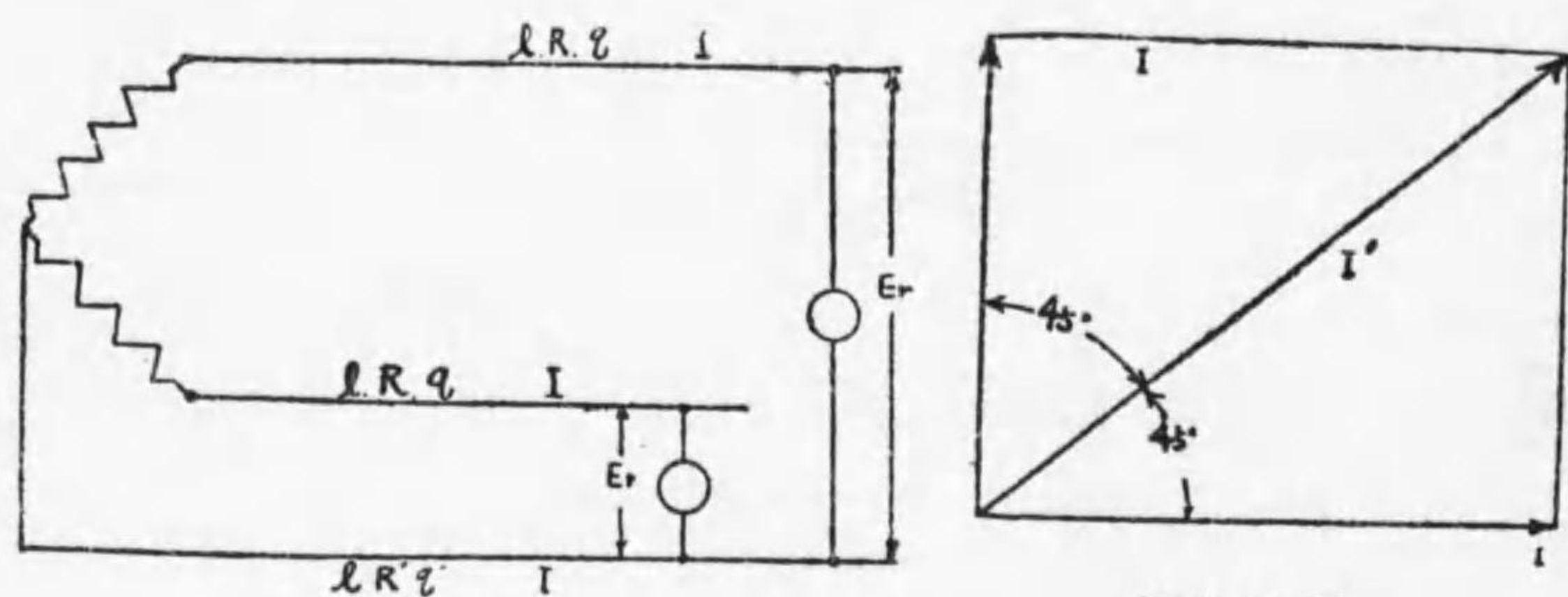
$$e_r = \frac{E_r}{\sqrt{3}}$$

$$\therefore q = \left[ \frac{1 - \frac{p'}{100}}{\frac{p'}{100}} \times \frac{P_r}{E_r^2 \cos^2 \phi_r} \times \frac{l}{K} \right] \dots \dots \dots (29)$$

$E_r$  の代わりに  $\sqrt{3} e_r$  を用ふれば

$$q = \frac{1}{3} \left[ \frac{1 - \frac{p'}{100}}{\frac{p'}{100}} \times \frac{P_r}{E_r^2 \cos^2 \phi_r} \times \frac{l}{K} \right] \dots \dots \dots (29')$$

(f) 二相三線式



第 135 圖 二相三線式 二相三線式電流ベクトル圖

$I' = \sqrt{2} I$  なる故に同一電流密度を與へ

$q' = \sqrt{2} q$  とす。

$$w = \frac{\frac{p'}{100} P_r}{1 - \frac{p'}{100}} = (\sqrt{2} I)^2 \times \frac{l}{\sqrt{2} K_l} + 2 I^2 \frac{l}{K_l} = I^2 \frac{l}{K_l} (2 + \sqrt{2})$$

$$P_r = 2 E_r I \cos \phi_r$$

之より  $I$  を出せば

$$I = \frac{P_r}{2 E_r \cos \phi_r} \text{ 之を } w \text{ の式に代入す。}$$

$$w = \frac{P_r^2}{4 E_r^2 \cos^2 \phi_r} \cdot \frac{l}{K_l} (2 + \sqrt{2})$$

又  $w = \frac{p'}{100} \frac{P_r}{1 - \frac{p'}{100}}$  なる故に

$$q = 0.8535 \left[ \frac{1 - \frac{p'}{100}}{\frac{p'}{100}} \times \frac{P_r}{E_r^2 \cos^2 \phi_r} \times \frac{l}{K} \right] \dots \dots \dots (30)$$

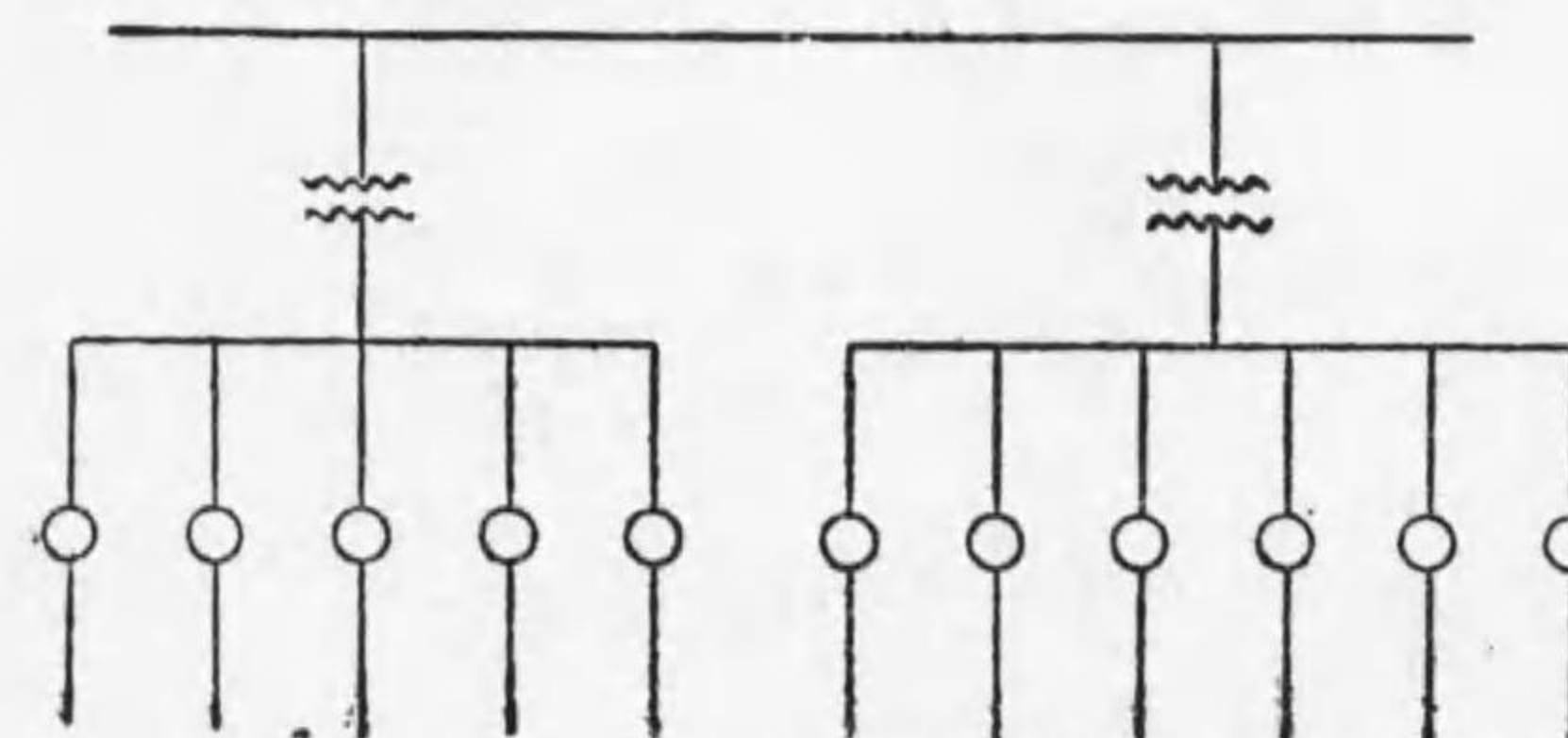
$$q' = \sqrt{2} q$$

### 6. 變壓器の數に就て

配電線に於ける變壓器の數は前述の饋電點と同様の意味を有し、變壓器の數多ければ同一電壓降下に對し、細き電線を使用するを得るが故に、配電線路費としては減少すれども、變壓器の價格大となり、或程度以上となれば全體として不經濟となる。殊に單位出力に對し一基の容量の大なる程安價なるものなれば、變壓器としては大なる容量のものを用ひ、廣き場所に配電するを欲するなり。

此の間饋電點の數と同様に最も經濟的なる數存在す可し。

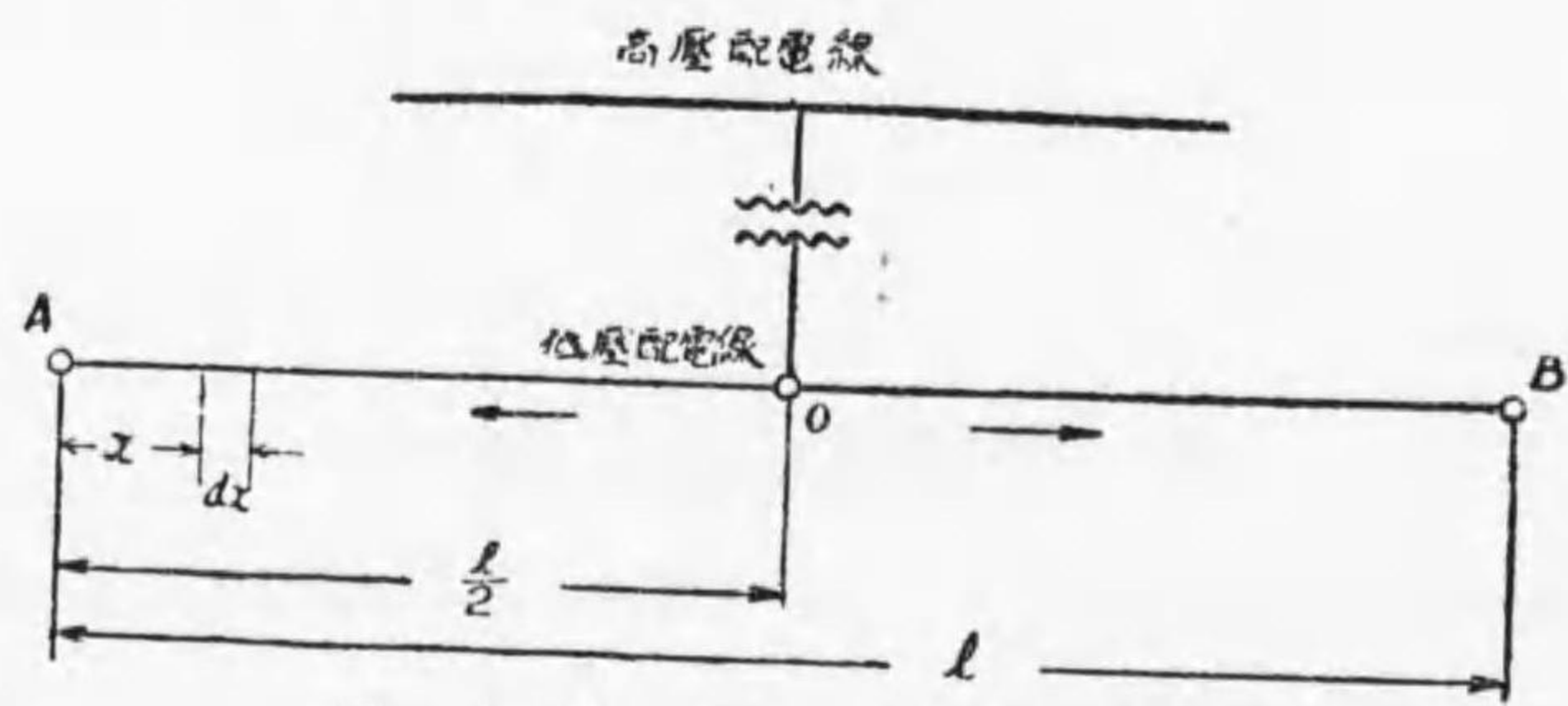
市街地に於て1米の距離に對し  $S$  ワツトの電力の消費ありとす。一の變壓器の兩側に負荷せらるゝ事圖の如からしむ。市街地全長  $L$  米とし變壓



第 137 圖 配電線變壓器の負荷

器の数を  $n$  とす。

全体の負荷は一樣に分配せられ居るものとして、一分岐線に就て同一の電力の損失を與ふる等價距離を求むれば



第 138 圖 配電線變壓器負荷

單位の長さ毎に  $i$  アムペアの電流の負荷あるものとす。

$\frac{1}{Kq} \int_0^{l/2} (xi)^2 dx$  は 0 點より A 點迄の全部のジュール損失なり。全部の電流が或一點 0 より  $\Lambda$  なる所に掛れるものとし、前と同一の損失を與ふるものとせば、即  $\frac{l}{2} i$  なる電流が 0 より  $\Lambda$  なる距離に掛れる場合の電力の損失が、實際の  $\frac{l}{2}$  の間の損失と同一のものとなせば

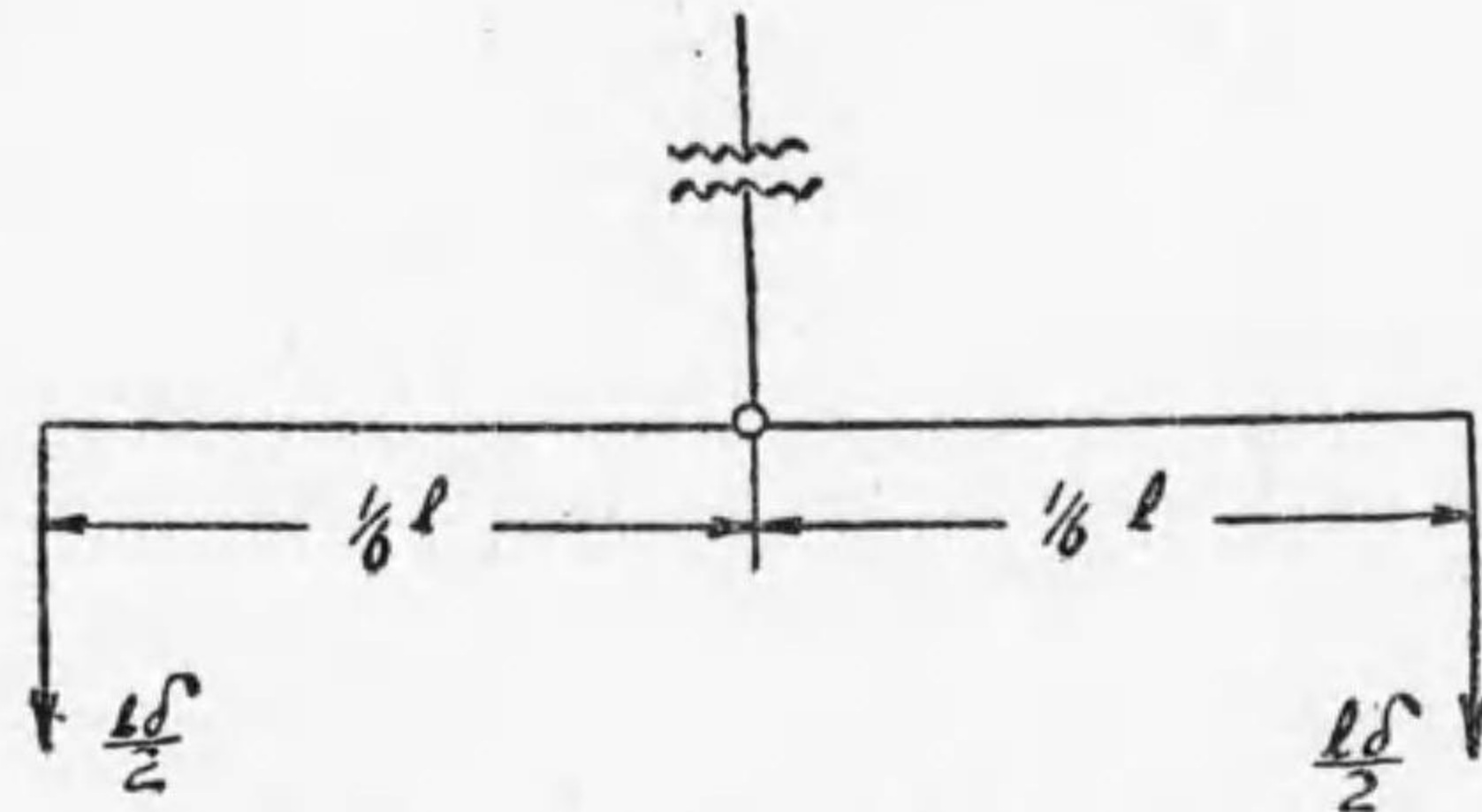
$$\int_0^{l/2} (xi)^2 dx = \left(\frac{l}{2} i\right)^2 \Lambda$$

$$i^2 \int_0^{l/2} (x^2) dx = i^2 \left[ \frac{x^3}{3} \right]_0^{l/2} = i^2 \left[ \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^3}{3} \right]$$

$$\therefore \frac{\left(\frac{il}{2}\right)^2 \times \frac{l}{2}}{3} = \left(\frac{l}{2} i\right)^2 \Lambda$$

$$\therefore \Lambda = \frac{l}{6}$$

即 0 點より OA の間の  $\frac{1}{6}$  の所に全部の負荷あるものと思ふを得。即圖の如し。



第 139 圖 變壓器負荷の等價距離

高壓配電線の通過せる市街の全負荷を  $P$  とす。

$$\frac{P}{L} = \delta \quad \text{watt/meter} \quad \frac{L}{n} = l$$

$l\delta = W$ .....一個の變壓器の出力

一個の變壓器の一侧の往復線の電力損失は

$$w = 2(I)^2 \times \frac{l}{6Kq}$$

一方の側に供給する電力は

$$\frac{W}{2} = EI \cos\phi \quad \text{なり} \quad \therefore I = \frac{W}{2E \cos\phi}$$

$$\therefore w = 2 \left( \frac{W}{2E \cos\phi} \right)^2 \frac{l}{6Kq}$$

$$= \frac{1}{12} \times \frac{W^2}{KqE^2 \cos^2\phi} \times \left( \frac{L}{n} \right)$$

然るに又  $w = \frac{p'}{100} \times \frac{W}{2}$   $p'$ .....損失電力の百分率

$$\begin{aligned} \therefore q &= \frac{1}{12} \times \frac{W^2}{KE^2 \cos^2 \varphi} \times \frac{2}{W \times \frac{p'}{100}} \times \left(\frac{L}{n}\right) \\ &= \frac{1}{6} \times \frac{W}{KE^2 \cos^2 \varphi \times \frac{p'}{100}} \left(\frac{L}{n}\right) \end{aligned}$$

然るに  $W = \frac{P}{n} = \frac{L\delta}{n}$

$$q = \frac{1}{6} \times \frac{\delta}{KE^2 \cos^2 \varphi \times \frac{p'}{100}} \times \left(\frac{L}{n}\right)^2$$

電線1米の値を  $(a+bq)$  とす。

此の市街全部の電線の代價は (二線式とす)

$$\begin{aligned} K_l &= (a+bq) \times 2ln = (a+bq)2L \\ &= \left\{ a+b \times \frac{1}{6} \times \frac{\delta}{KE^2 \cos^2 \varphi \times \frac{p'}{100}} \times \left(\frac{L}{n}\right)^2 \right\} 2L \end{aligned}$$

此の式中  $n$  を除きたるものは一定なりとすれば

$$K_l = C_1 + \frac{C_2}{n^2}$$

$$C_1 = 2aL$$

$$C_2 = \frac{1}{3} \frac{b\delta L^3}{KE^2 \cos^2 \varphi \times \frac{p'}{100}} \quad \text{となる。}$$

變壓器の値は又

$$K_t = (A+BW)n \quad \text{を以て表はすを得。}$$

$A$  及び  $B$  は定數にして  $W$  のある範圍迄は一定のものと見做し得

$$= An+BP = C_3 + nC_4 \quad \text{とす}$$

故に配電線路、變壓器全體の價は

$$K = K_l + K_t = C_1 + \frac{C_2}{n^2} + C_3 + C_4 n$$

電力の損失は既に與へられし場合なれば、此價の最小なる  $n$  を求むれば可なり。

$$\frac{\partial K}{\partial n} = C_4 - 2 \frac{C_2}{n^3} = 0$$

$$\therefore 2 \frac{C_2}{n^3} = C_4$$

$$n^3 = \frac{2C_2}{C_4}$$

$$n = \sqrt[3]{\frac{2C_2}{C_4}}$$

此式に  $C_2, C_4$  の價を入るれば

$$\frac{2C_2}{C_4} = \frac{2b\delta L^3}{3KE^2 \cos^2 \varphi \times \frac{p'}{100} \times A}$$

$$\begin{aligned} \therefore n &= \sqrt[3]{\frac{2}{3} \times \frac{b\delta L^3}{AKE^2 \cos^2 \varphi \times \frac{p'}{100}}} \\ l &= \frac{L}{n} \\ W &= l\delta = \frac{P}{n} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(31)$$

$$(31) \text{ より } l = 1.145 \sqrt[3]{\frac{AKE^2 \cos^2 \varphi \times \frac{p'}{100}}{b\delta}}$$

銅に對しては  $K=57, \sqrt[3]{57}=3.85$

$$l = 4.4 \sqrt[3]{\frac{AE^2 \cos^2 \varphi}{b \delta} \frac{p'}{100}}$$

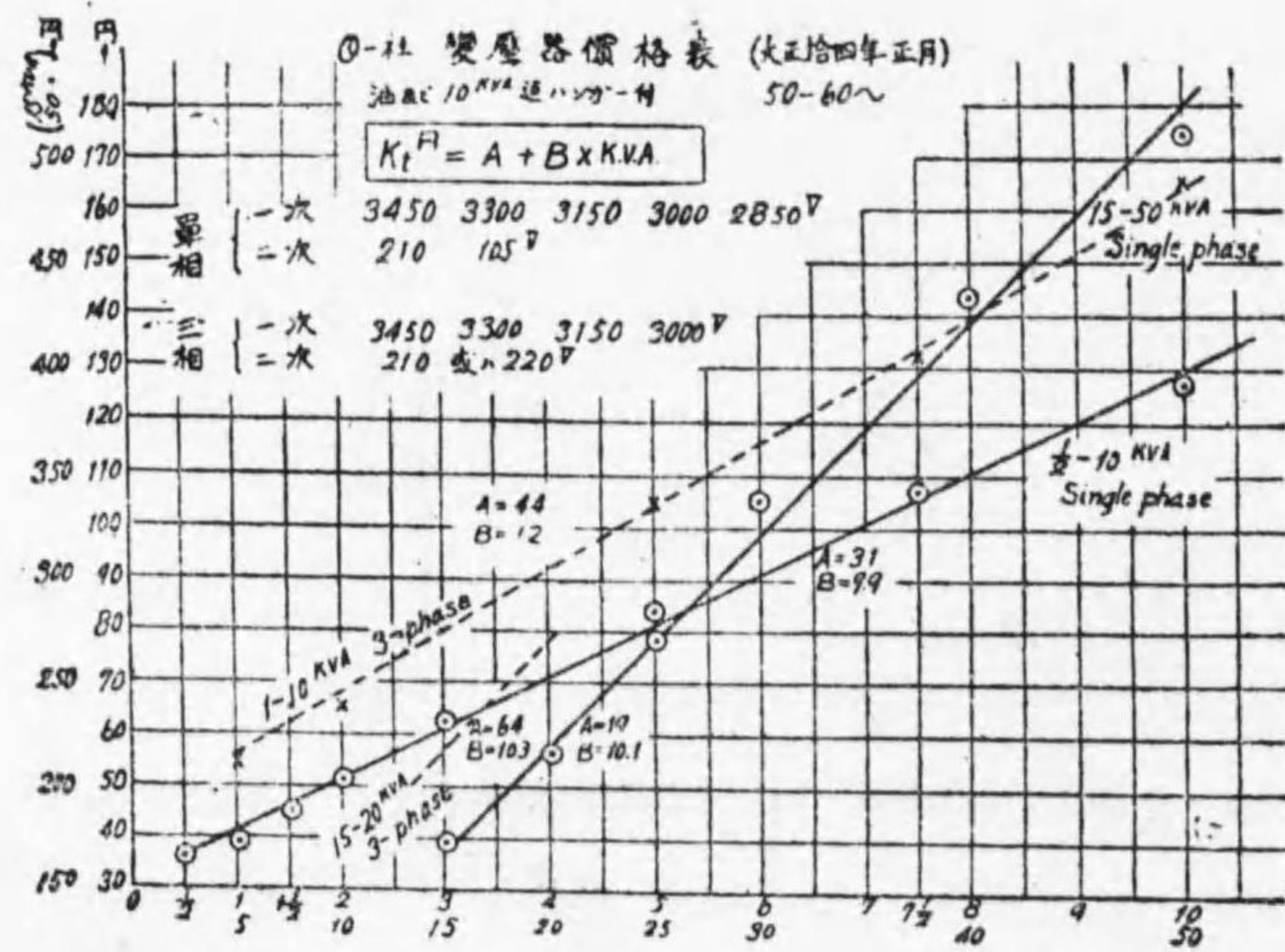
今  $E = 110 \text{ V}$        $\cos \varphi = 1$

$p' = 2$        $K = 57$       とせば

$$n = \sqrt[3]{\frac{2}{3} \times \frac{b \delta L^3}{110^2 \times \frac{2}{100} \times 57 A}} = \frac{L}{28} \times \sqrt[3]{\frac{b \delta}{A}}$$

### 7. 配電線の絶縁

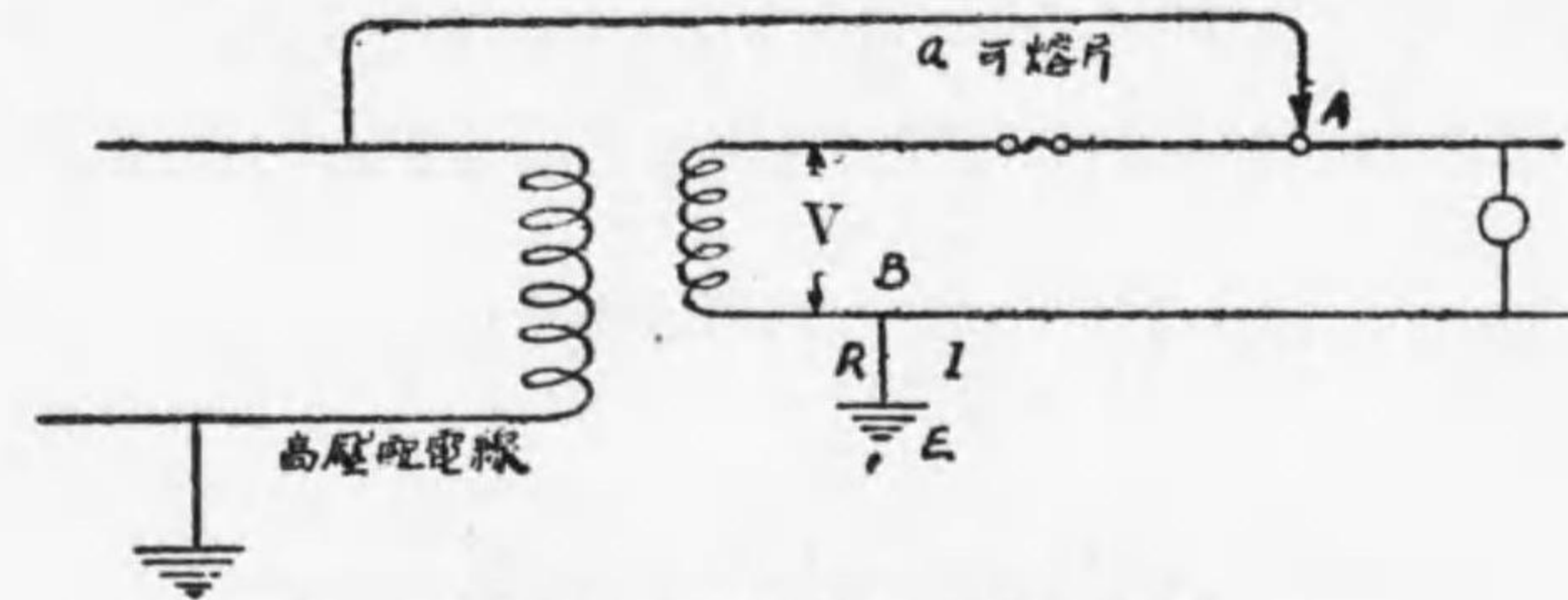
直流配電線は兩線共大地と絶縁せられる。交流配電に於ては、高壓配電線路は充分絶縁せらるゝ事を望む。然れども低壓配電線に於ては常に人畜に接近する所に布線せられ、電柱上に於ては高壓配電線の直下に架線せら



第 140 圖

る故に、一旦高壓線よりの漏洩あれば、低壓線に數千ボルトの電壓を生じ、之に觸るゝものをして殺傷し、時に火災を起す危険なしとせず。故に低壓線に於ては變壓器の一端に於て完全に接地し其危険なからしむ。

出來得べくんば變壓器の中性點を接地するをよしとす。接地せざる變壓器の引出線には可熔片を用ふるを得れども接地と變壓器との間には、絶対にフューズ又は遮斷器を用ふべからず。之れ安全を期する爲なり。



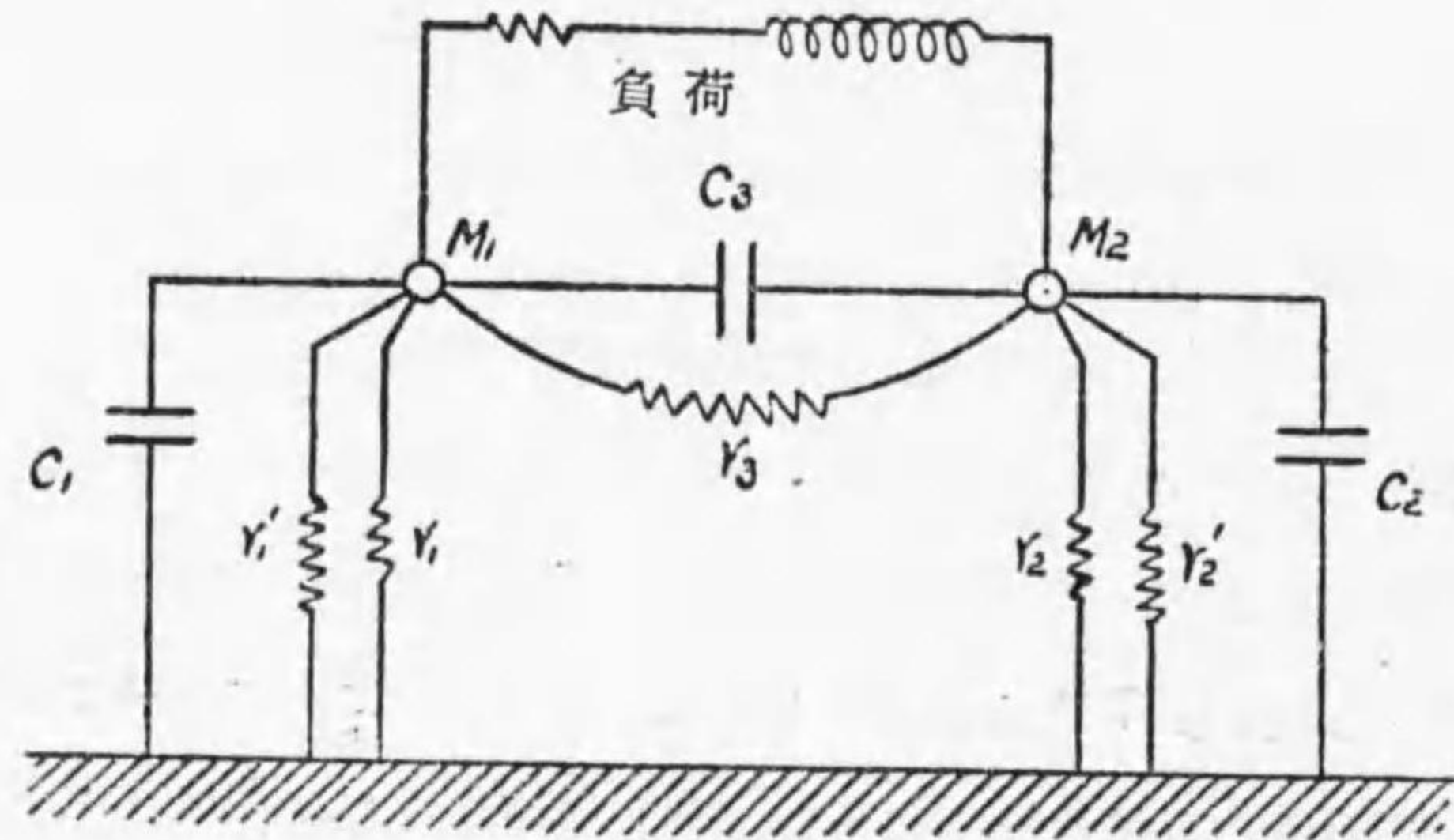
第 141 圖 變壓器の兩側の接觸

今高壓の一端が A 點に觸れたりとせば、高壓線に於ても絶對的に絶縁不良の所なしとせず。人此時低壓線に觸れんか、高壓の電氣は其人を通じて短絡すべし。然し E なる接地ある時は、人の之れに接する前に既に短絡せられ、高壓側の可熔片熔斷す可し。若し熔斷せざる場合ありとするか、大地と B との間には接地線の抵抗に短絡電流を乗せし電壓 IR を生ず。A と大地との間には IR + V の電壓を有するのみにして危険なし。然し若し B と E との間に或は此場合に於て、B と負荷との間に可熔片を挿入し置かば、A 點の高壓線に觸るる時 A の可熔片と共に熔斷す可し。其後人畜の低壓配電線に觸れんか、直に大なる電撃を受く可し。B と變壓器線輪の間に可熔片を入れるとせば、變壓器線輪中に於て高壓絶縁の破れし時、該可熔片は熔斷し(a)は依然として存す可し。故に高壓は全配電

線に傳る。

高壓配電線に於ては配電の確實を期する爲常に絶縁に注意し、不良箇所の出現を停電せざる以前に発見し、速かに修復するを要す。高壓配電線の引出口には漏電計を備へ、接地状態を知ると雖も完全ならず。完全なる配電をなさんとせば送電中絶縁抵抗を測る事必要なり。

交流配電線に用ひらるゝ絶縁抵抗を測るサフルカ氏の方法を次に示す。配電線は線間又は大地との間に静電容量並に漏洩抵抗を有し、又ダイエレクトリック ヒステリシスの損失等も存在す。之を圖を以て示せば



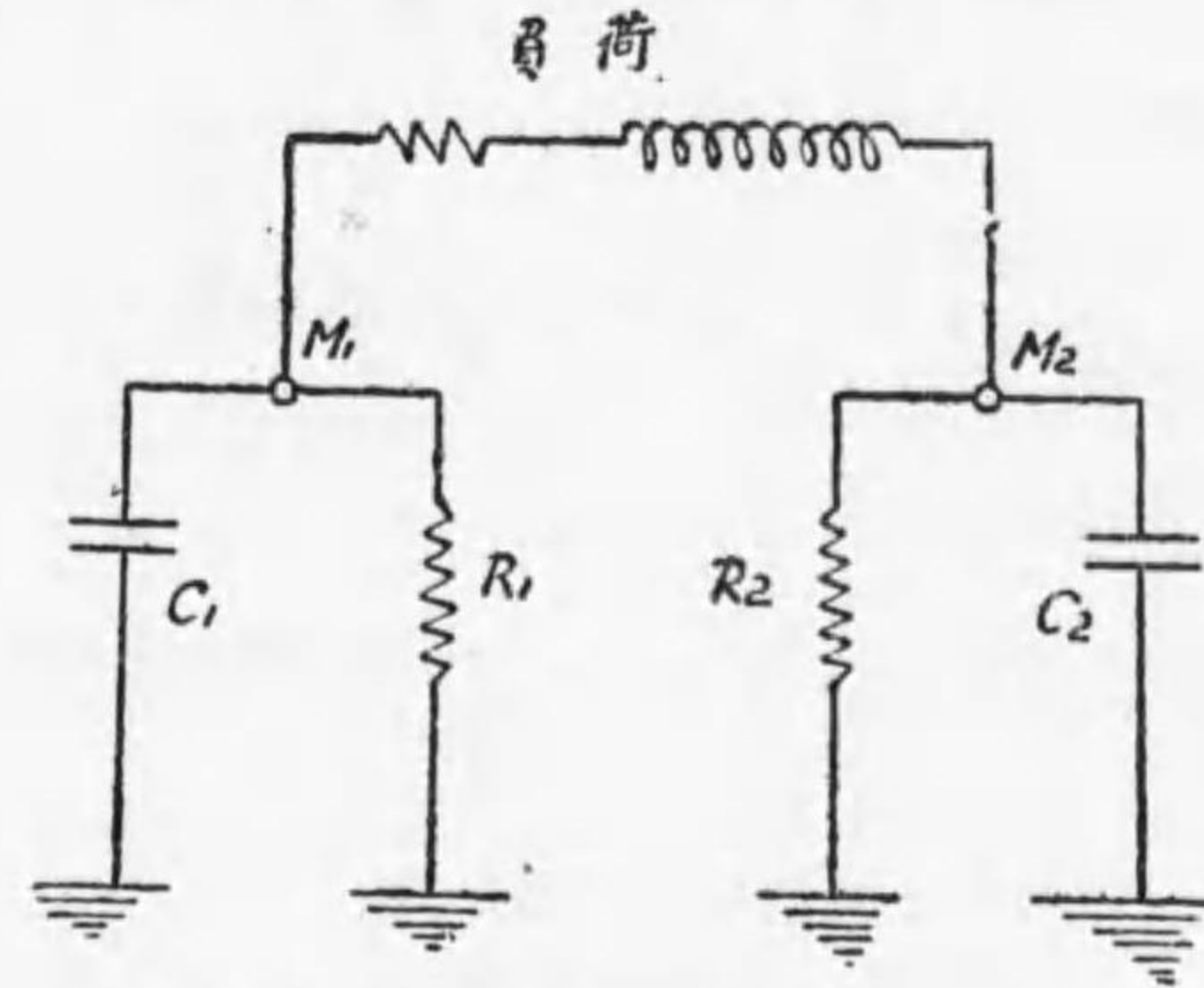
第142圖 配電線の線間イムピーダンス

- $C_1 C_2$  及び  $C_3$ .....各線と大地との静電容量及び線間容量
- $r_1 r_2$  .....各線と大地間の等價漏洩抵抗
- $r_3 r_1'$  及び  $r_2'$ .....絶縁物のヒステリシス損失に相當する電流に対する抵抗

此中  $r_3 C_3$  は負荷の中に入れ分離するを得ず。又  $r_1 r_1' r_2 r_2'$  は一の等價抵抗となりて之亦分離するを得ず。故に之を次の第143圖の如く記

す。

此の  $C_1 C_2 R_1 R_2$  を見出すには次の方法による。



第143圖 配電線の線間等價イムピーダンス

- (1) 静電電圧計にて  $M_1 M_2$  の大地との間の電圧を測る。之を各  $V_1 V_2$  とす。
- (2)  $r_1'$  なる抵抗を以て  $M_1$  と大地との間を短絡す。其時の各電圧を  $V_1' V_2'$  とす。
- (3)  $r_2'$  なる抵抗を以て  $M_1$  と大地とを續ぎ其時の大地との電圧差を各  $V_1'' V_2''$  とす。
- (4)  $r_3'$  なる抵抗を  $M_2$  と大地との間に入れ前同様各線と大地との間の電圧を測る。

此四つの結果より  $C_1 C_2 R_1 R_2$  を得可し。

第一の試験の結果にては

$$\left(\frac{V_1}{R_1}\right)^2 + (V_1 C_1 \omega)^2 = \left(\frac{V_2}{R_2}\right)^2 + (V_2 C_2 \omega)^2 \dots\dots\dots (i)$$

第二の試験により

$$V_1'^2 \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{r_2'} \right)^2 + (V_2' C_1 w)^2 = \left( \frac{V_2'}{R_2} \right)^2 + (V_2' C_2 w)^2 \dots (ii)$$

第三の試験により

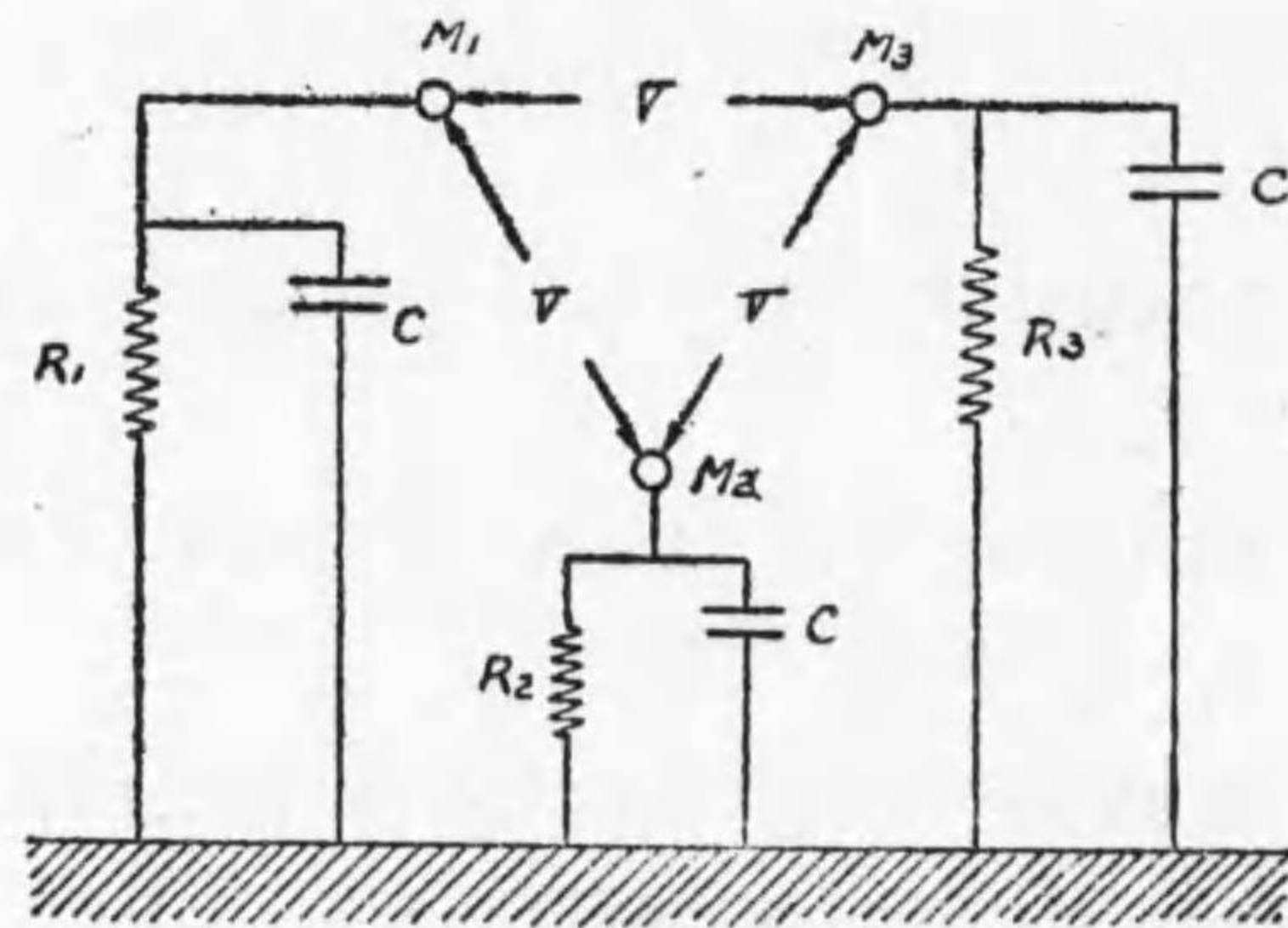
$$V_1''^2 \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{r_2'} \right)^2 + (V_1'' C_1 w)^2 = \left( \frac{V_2''}{R_2} \right)^2 + (V_2'' C_2 w)^2 \dots (iii)$$

第四の試験により

$$V_1'''^2 \left( \frac{1}{R_1} \right)^2 + (V_1''' C_1 w)^2 = V_2'''^2 \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_2'} \right)^2 + (V_2''' C_2 w)^2 (iv)$$

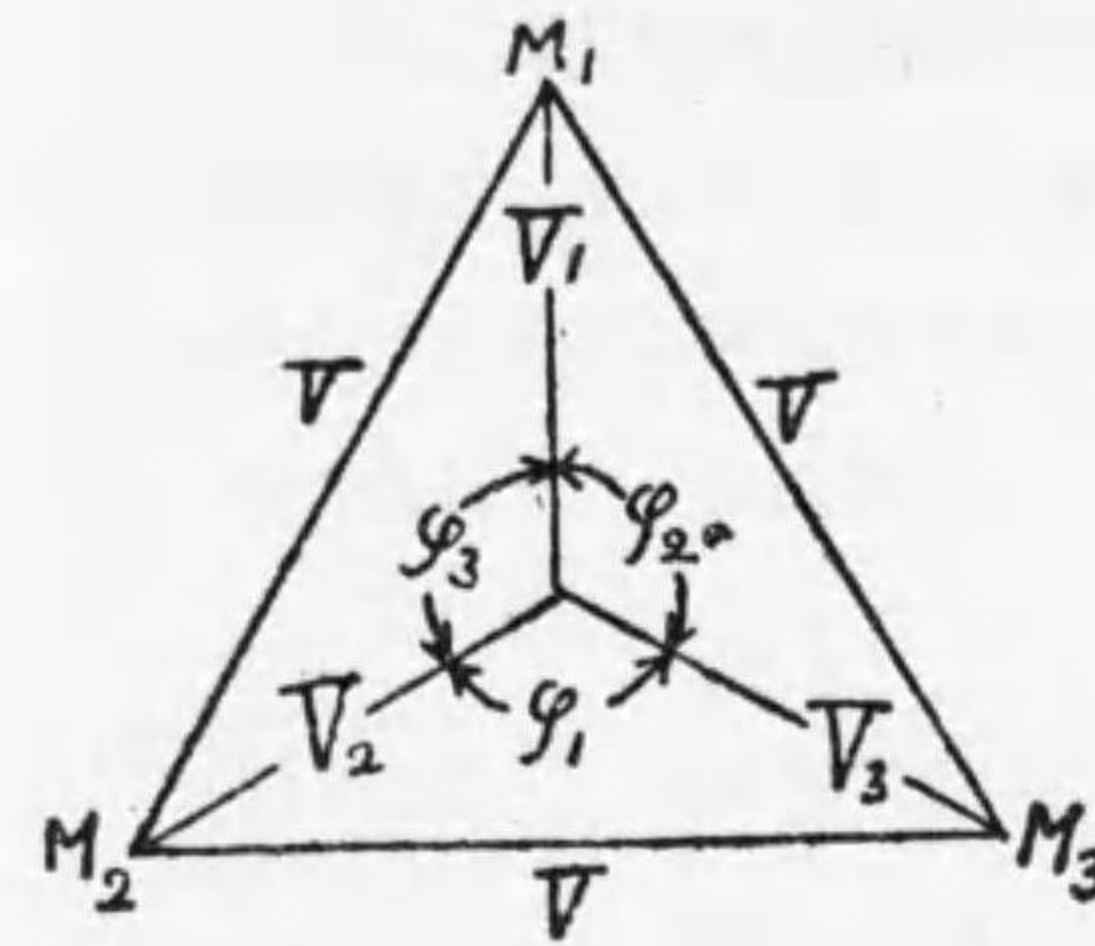
此の四つの式より四つの未知数を出す事を得。

三相三線式にも此の方法を適用する事を得。(第144圖)



第144圖 三相配電線間のイムピーダンス

高圧配電線は市街地に於て三心地下ケーブルを用ふるものとす。大地に對する静電容量相等しく  $C$  なりとす。大地に對する電壓は  $V_1, V_2, V_3$  とし、各線間電壓は相等しく  $V$  なりとす。今ある尺度を以て  $V$  ヲヴォルト



第145圖 三相配電線の電壓

を示し、一の正三角形の圖を引く。  
 $V_1, V_2, V_3$  は此の三角形の中に  $M_1$  より  $V_1$ ,  $M_2$  より  $V_2$ ,  $M_3$  より  $V_3$  の所にあり。即0點之れなり。(作圖上求めたりとす)。

各相の大地に流るゝ電流の和は、零なる條件を用ひて次の式を作る。

$0 M_1$  の上に各漏洩電流を投影す。

$$\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2 \cos \phi_3}{R_2} + \frac{V_3 \cos \phi_2}{R_3} + V_2 C w \cos(\phi_3 + 90^\circ) + V_3 C w \cos(\phi_2 - 90^\circ) = 0 \dots (i)$$

次に此の電流ベクトルを  $0 M_1$  より  $90^\circ$  進みし線の上に投影す。

$$V_1 C w + V_2 C w \cos \phi_3 + V_3 C w \cos \phi_2 + \frac{V_2}{R_2} \cos(\phi_3 - 90^\circ) + \frac{V_3}{R_3} \cos(\phi_2 + 90^\circ) = 0 \dots (ii)$$

次に  $M_1$  と大地との間に  $r_1$  なる抵抗を以て短絡し、 $V_1', V_2', V_3'$  なる電壓を測り、 $\left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{r} \right)$  を  $\frac{1}{R_1}$  に入れ、以下は前同様にして他の二つの式を作るを得。

此の四つの式より  $R_1, R_2, R_3$  及び  $C$  を易く求め得可し。

### 8. 架空配電線路建設

電力の需要地定まり、之に配電する場合は先づ配電方式及び配電電壓を定め、饋電點、及び饋電線の數、大きさ等を決し、次に高圧配電線の大き

變壓器の數，大さ位置等を決定し，更に低壓配電線の太さ等算出す可し。

之等配電線路に用ふる電柱は木柱を多く使用すれども，高壓配電は市街地に於ては地下線にするをよしとす。木柱は年と共に高價となる爲，鐵柱を用ふる事近年益々多く，特に簡單なる三角柱又はベーツ柱の如き，最も配電線路に適するものなり。

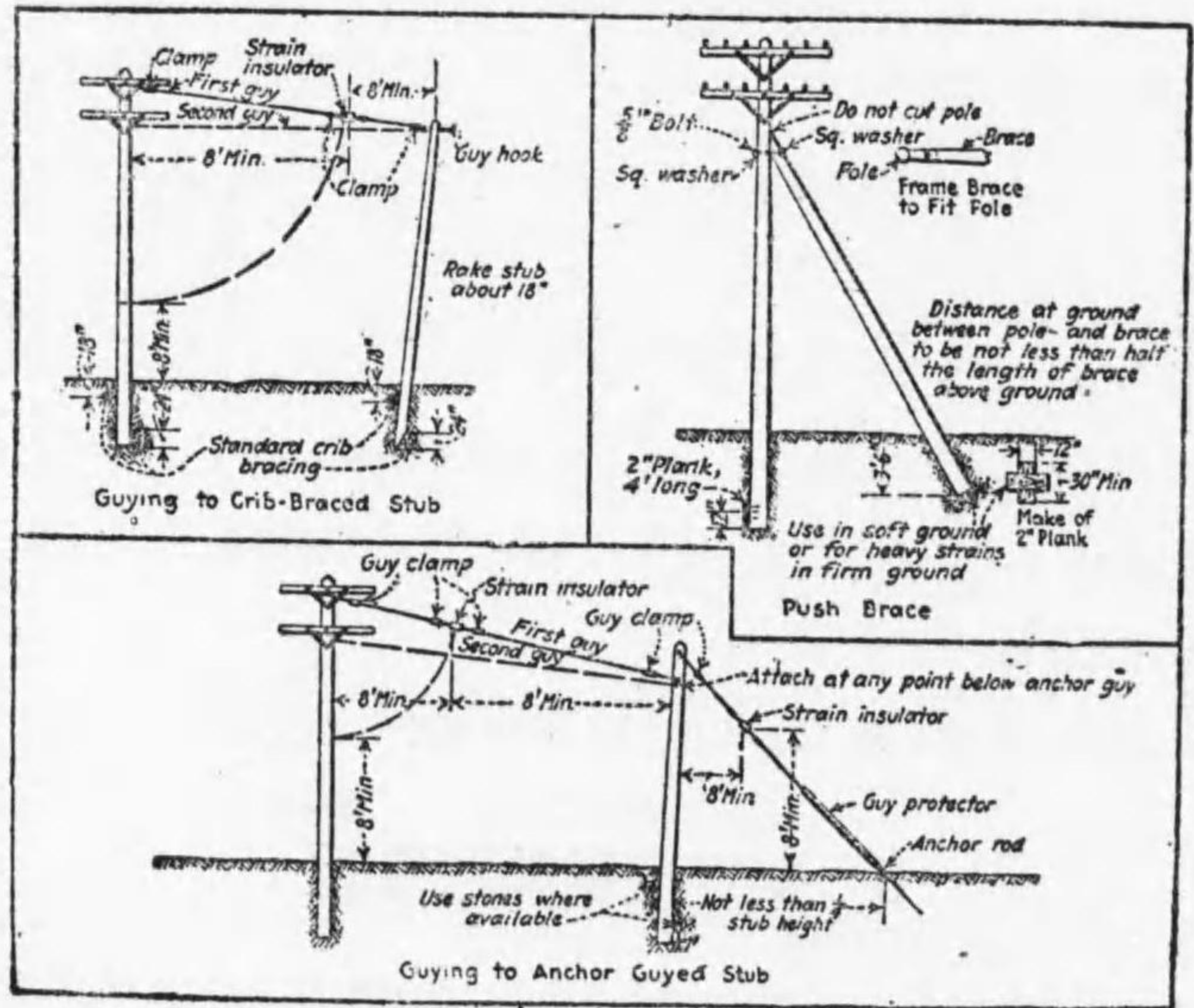
木柱，鐵柱等は改めて詳述する故茲にては省略す。

腕木及びアームタイの取付方等は第146圖に示す。

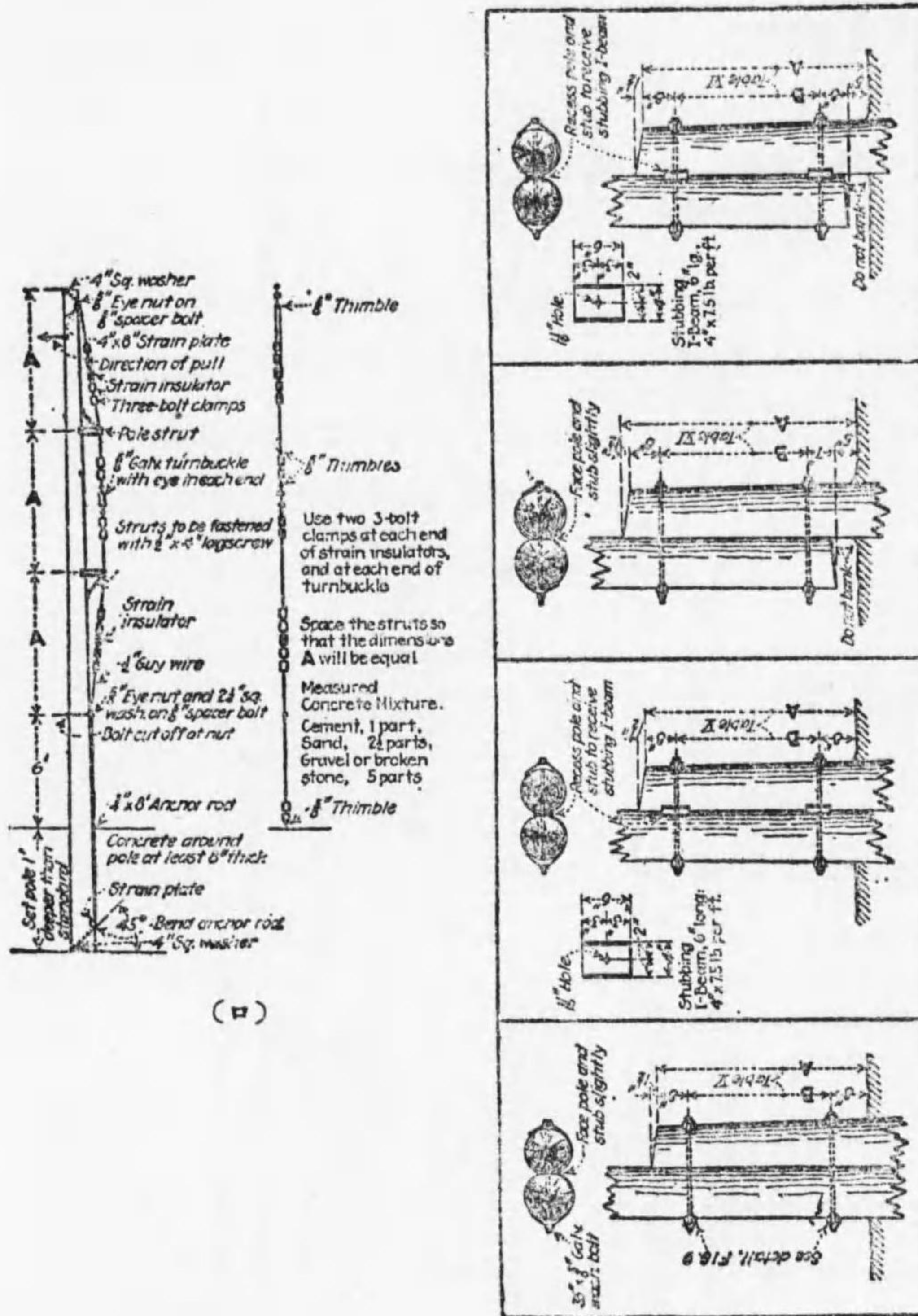
配電線に用ふる腕木の寸法は次の如し材料は樺の如き堅材を用ふ。

引込二線用                      2 尺                      2 寸角

第146圖 架空配電線の構造 (一)



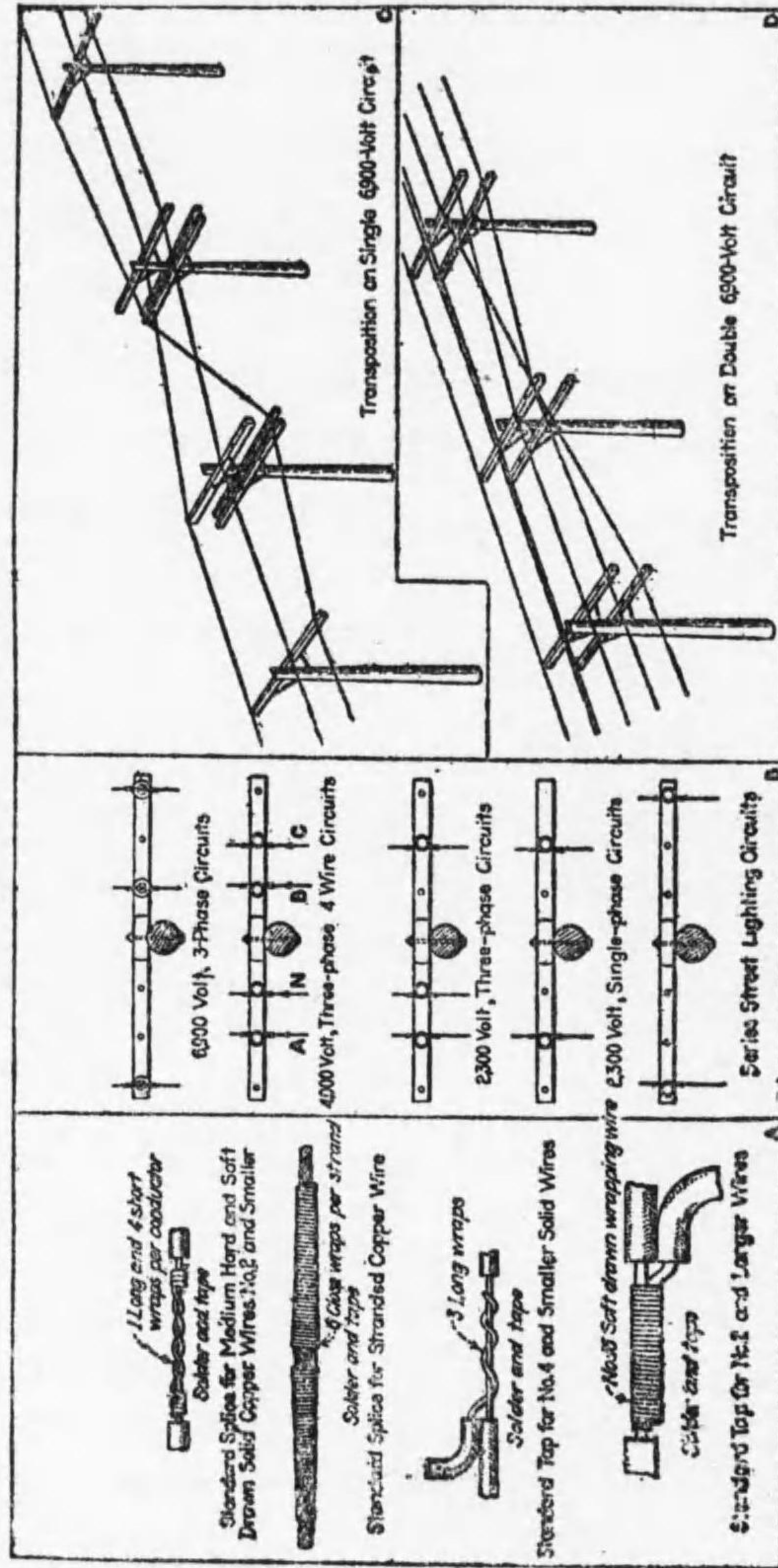
(1)



(17)

(18)





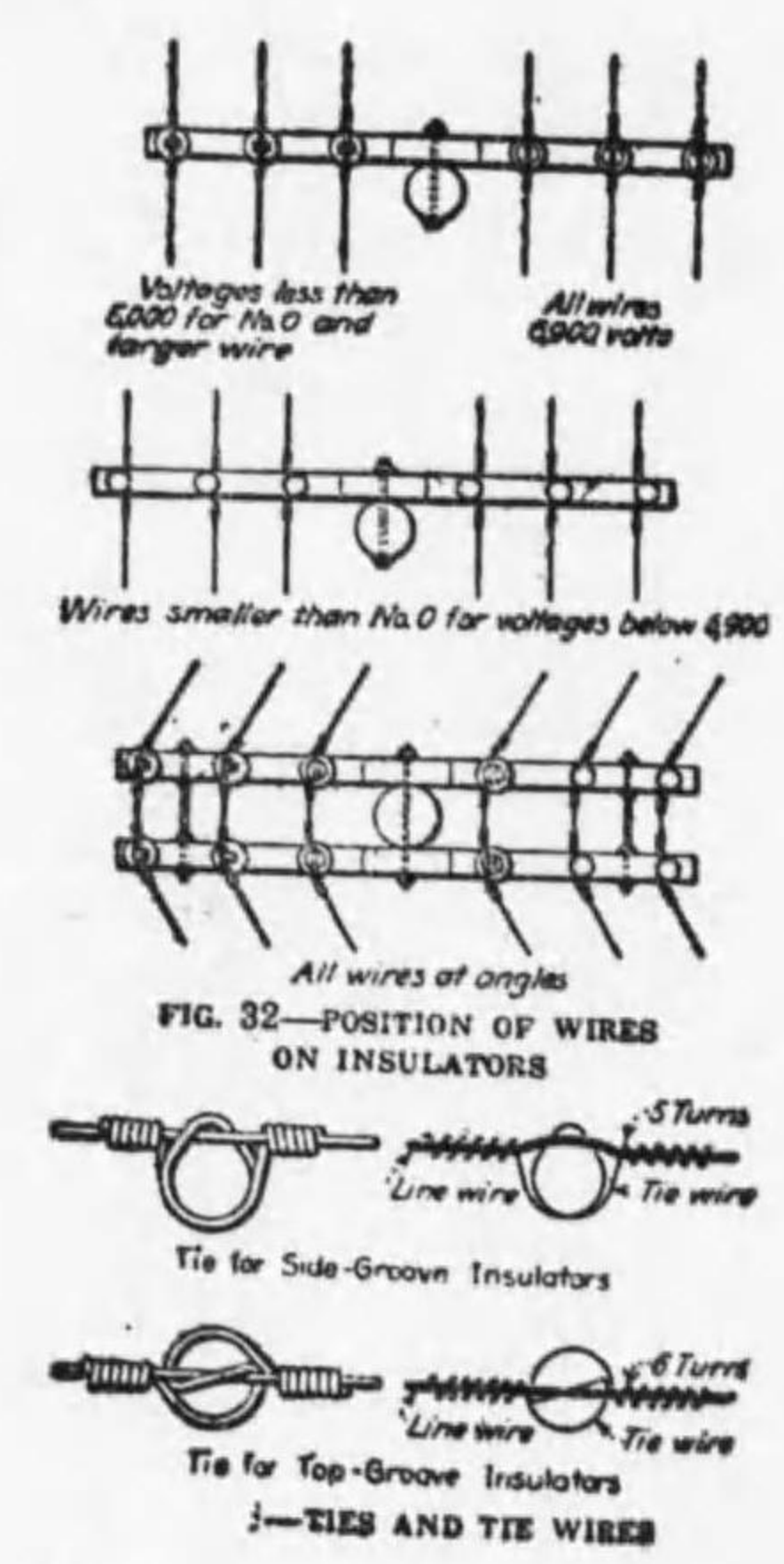
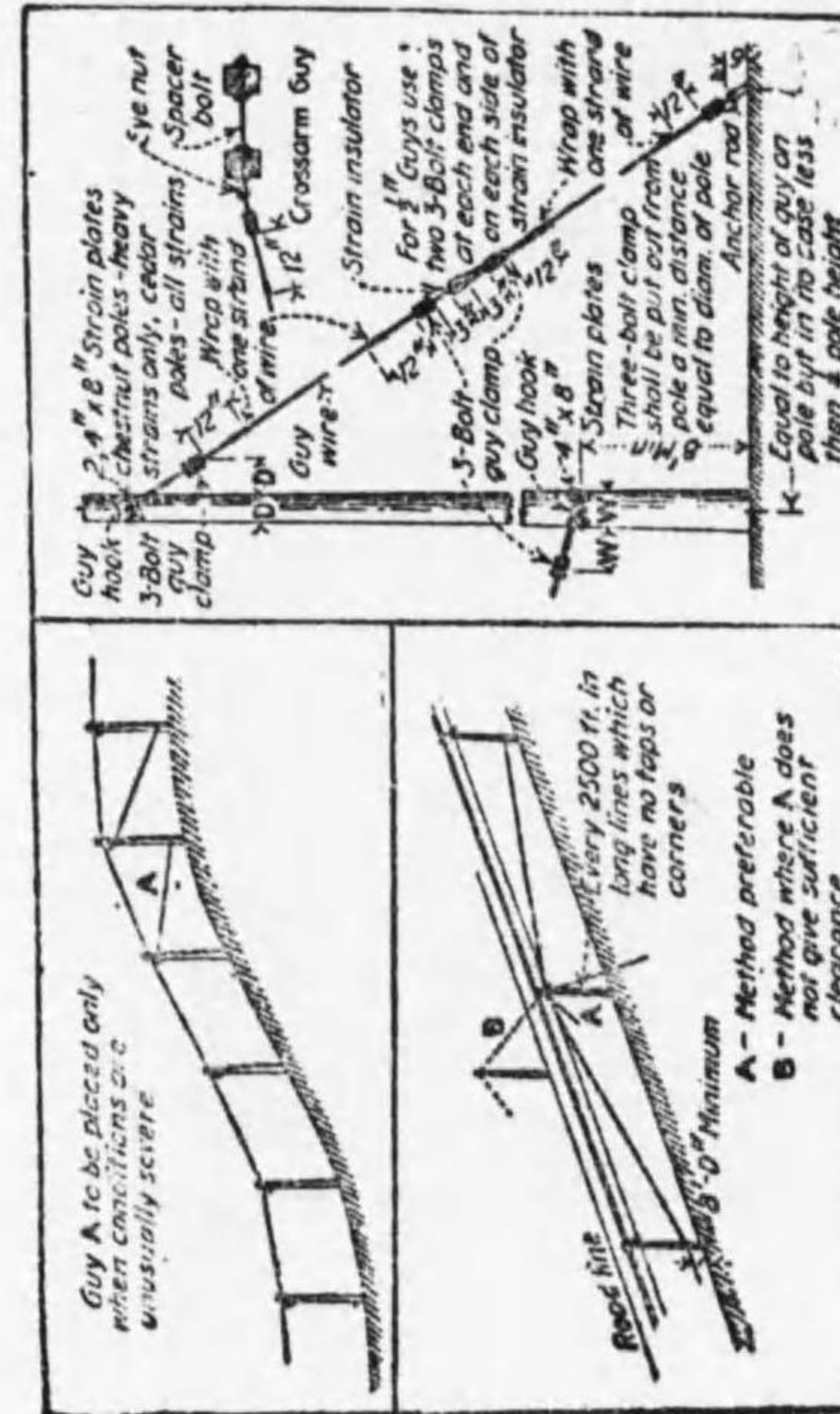
(=)

引込三線用	4 尺	2.5 寸角
高壓又は低壓二線用	3 尺	2.5 寸角
同 三線用	4 尺	2.5 寸角
同 四線用	4 尺—5 尺	2.5—3 寸角
同 六線用	6 尺	3—3.5寸角

アームタイは細長き鉄板にして腕木と電柱との間に取付け、其傾くを防ぐ。5—6 尺以上の腕木使用の時に用ふ。長さは 2尺—3尺 を普通とす。

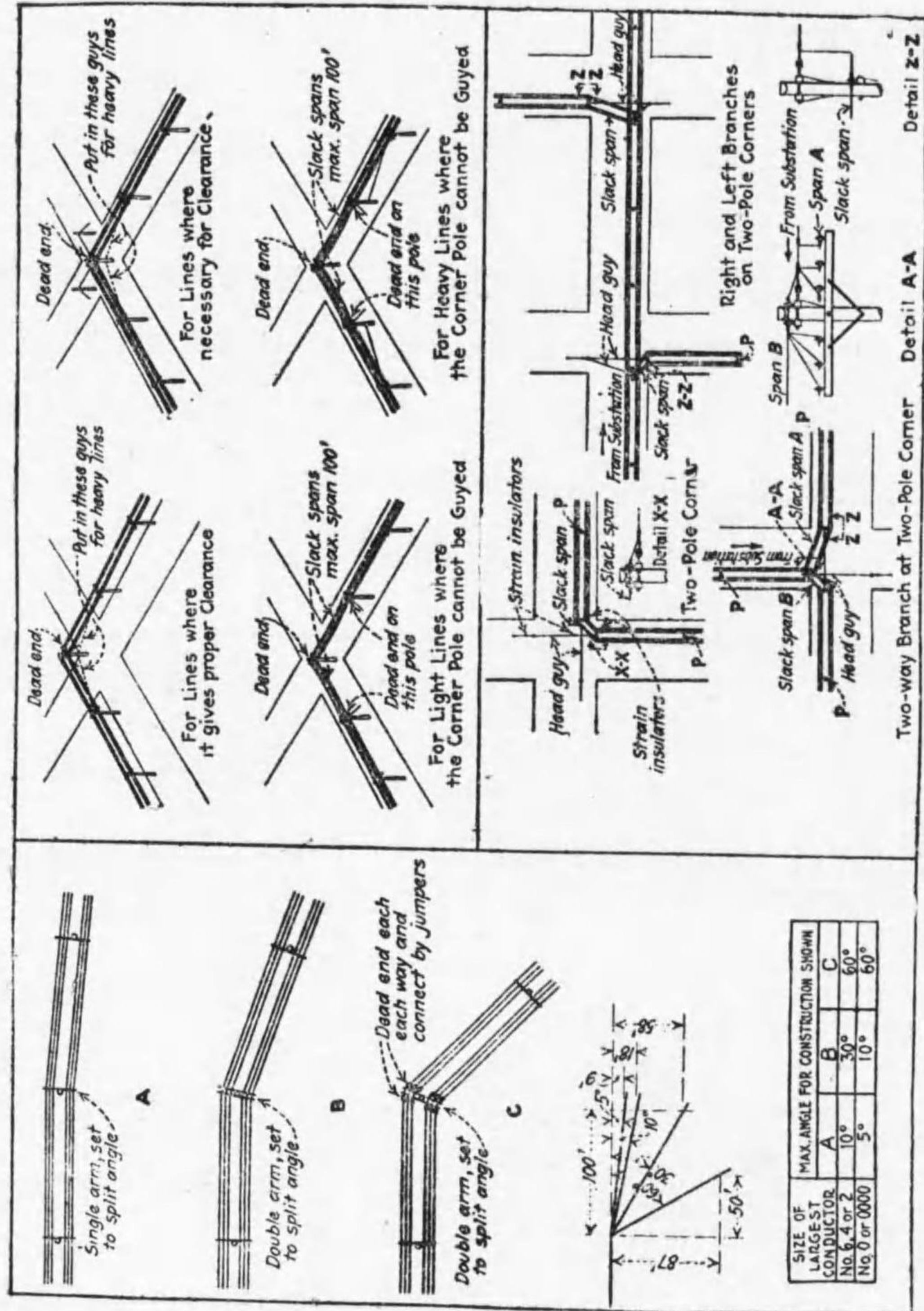
支線 木柱の取付方は送電線の條にて述ぶ可し。次に線路構造を圖を以て示し説明に代ふ。(第 146 圖乃至第 148 圖参照)

第 147 圖 架空配電線の構造 (二)



(A)

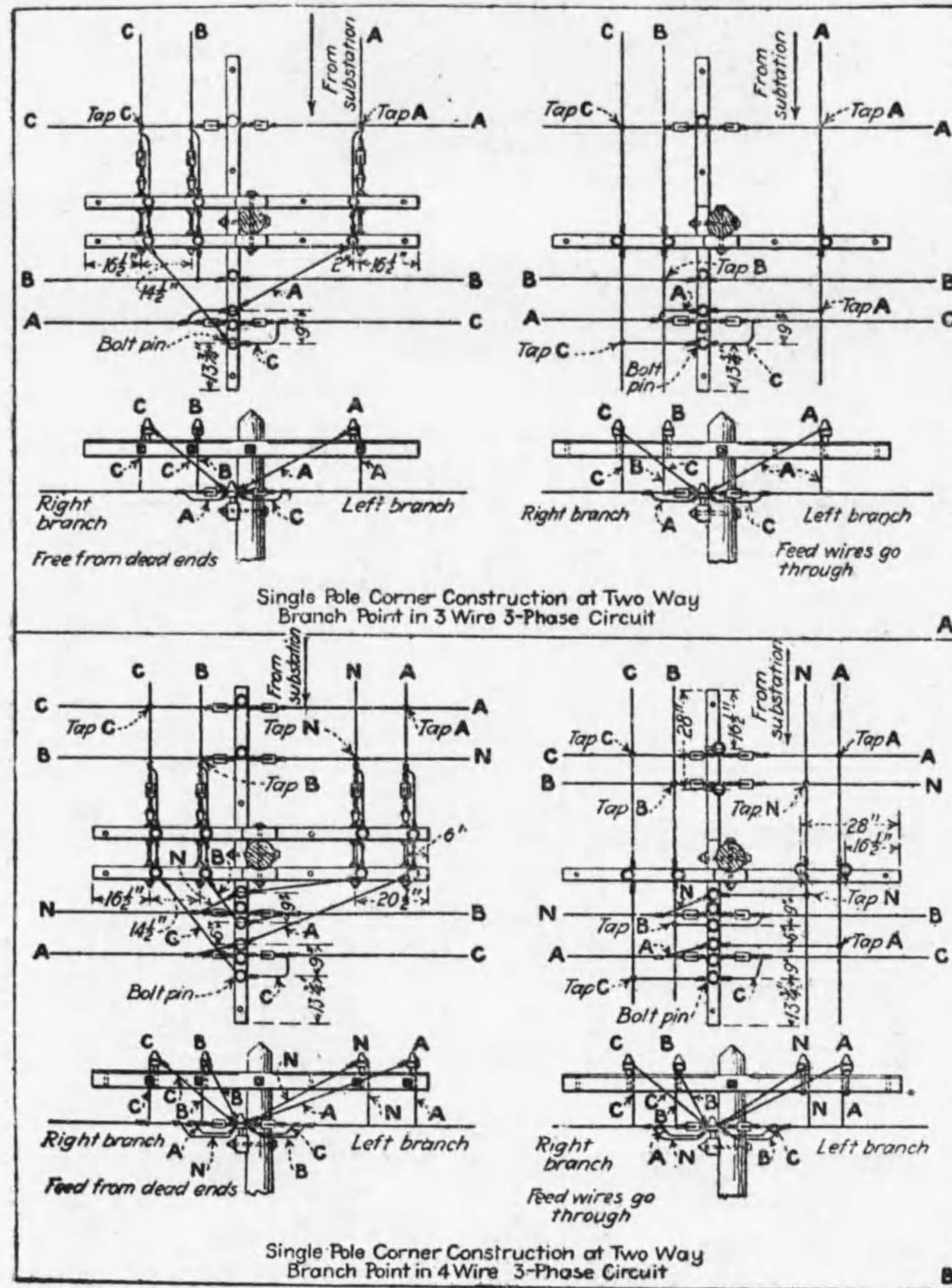
(B)



(2)

SIZE OF LARGEST CONDUCTOR	MAX. ANGLE FOR CONSTRUCTION SHOWN		
No. 2 or 0000	A	B	C
No. 2 or 0000	5°	10°	60°

第 148 圖 架空配電線の構造 (三)



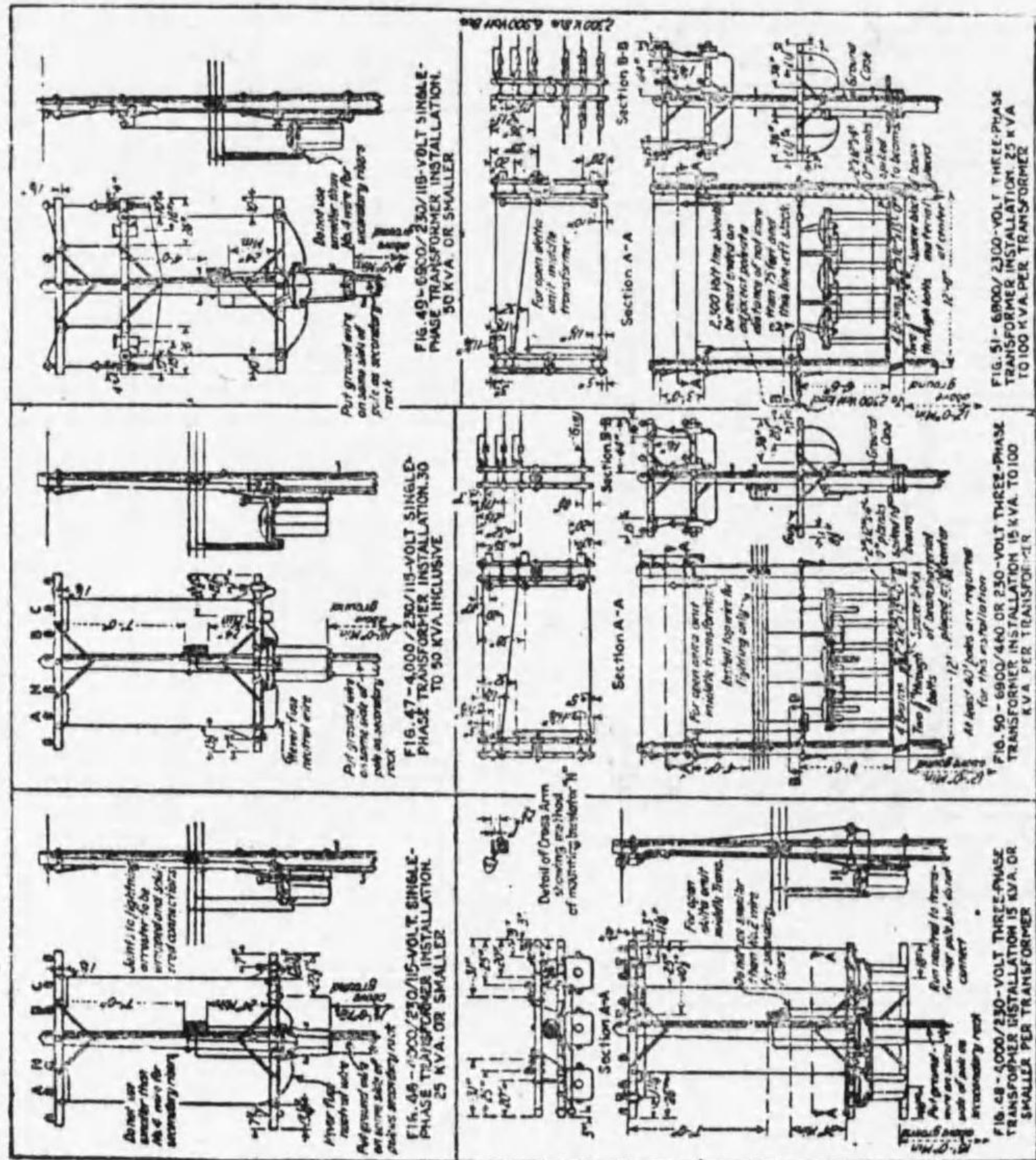
(1)



( )



( )

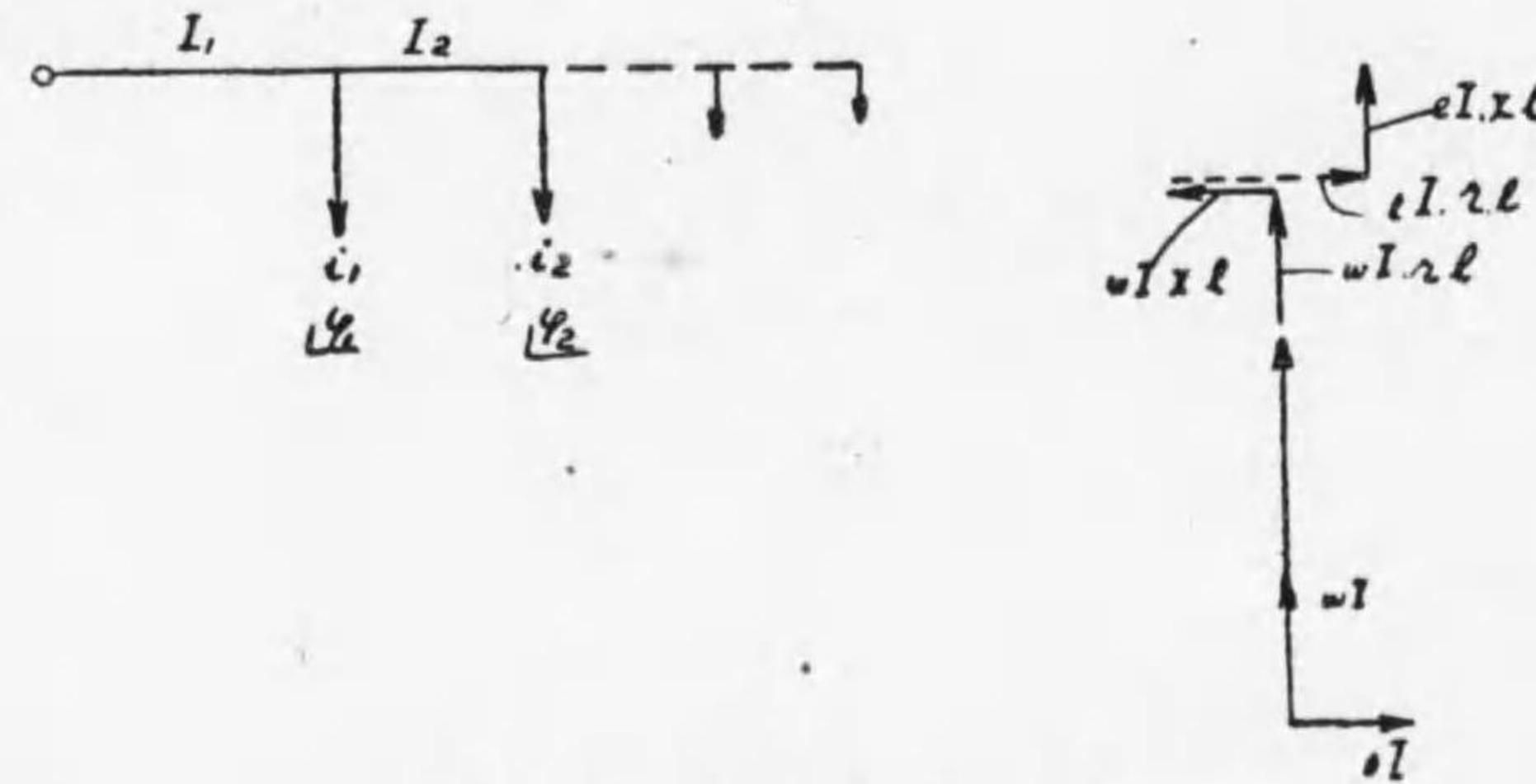


( )

之等の圖は主に El.-World, 1924 より採る。

### 9. sine, cosine, tangent, 圖の利用

計算を簡単にする爲、各負荷端に掛る電壓の位相は凡て同一にして送電端の電壓の位相も同一とす。



第149圖 配電線負荷圖

各線中に於ける電流は

$$wI_1 = i_1 \cos \phi_1 + i_2 \cos \phi_2 + \dots$$

$$eI_1 = i_1 \sin \phi_1 + i_2 \sin \phi_2 + \dots$$

$$wI_2 = i_2 \cos \phi_2 + i_3 \cos \phi_3 + \dots$$

$$eI_2 = i_2 \sin \phi_2 + i_3 \sin \phi_3 + \dots$$

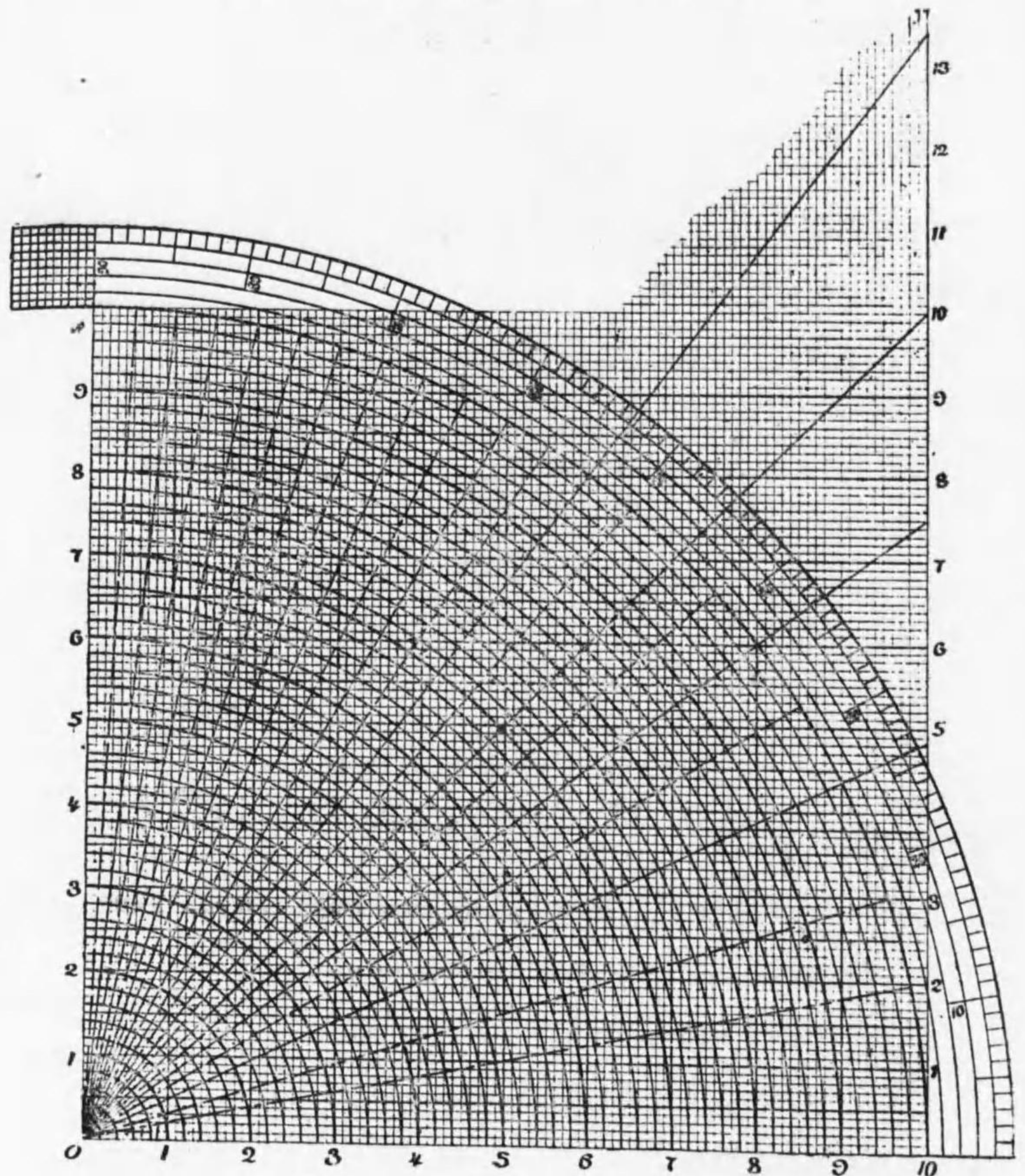
前端負荷の點に於ける

電壓降下の水平要素は (第149圖に於て)

$$r_1 = r_2 = \dots = r, \quad x_1 = x_2 = \dots = x \text{ の時}$$

$$\sum x l w l - \sum r l i I = r \{ \alpha \sum l w l - \sum l i I \}$$

$$\left( \alpha = \frac{x}{r} \right)$$



第150圖 負荷計算用線圖

垂直要素は  $\sum r_l I + \sum x l I = r \{ \sum l_w I + \alpha \sum l I \}$

然るに  $\sum l_w I = l_1 (i_1 \cos \varphi_1 + i_2 \cos \varphi_2 + \dots)$   
 $+ l_2 (i_2 \cos \varphi_2 + i_3 \cos \varphi_3 + \dots)$

$$+ l_n i_n \cos \varphi_n$$

$$= \lambda_1 i_1 \cos \varphi_1 + \lambda_2 i_2 \cos \varphi_2 + \dots + \lambda_n i_n \cos \varphi_n$$

同様に  $\sum l I = \lambda_1 i_1 \sin \varphi_1 + \lambda_2 i_2 \sin \varphi_2 + \dots + \lambda_n i_n \sin \varphi_n$

$$\therefore \text{水平要素} = r \{ \alpha \sum i \lambda \cos \varphi - \sum i \lambda \sin \varphi \}$$

$$= r \{ i_1 \lambda_1 (\alpha \cos \varphi_1 - \sin \varphi_1)$$

$$+ i_2 \lambda_2 (\alpha \cos \varphi_2 - \sin \varphi_2) + \dots \}$$

$\alpha = \tan \theta$  とせば

$$\alpha \cos \varphi - \sin \varphi = \frac{\sin \theta \cos \varphi - \cos \theta \sin \varphi}{\cos \theta} = \frac{\sin(\theta - \varphi)}{\cos \theta}$$

$$\therefore \text{水平要素} = \frac{r}{\cos \theta} \{ i_1 \lambda_1 \sin(\theta - \varphi_1) + i_2 \lambda_2 \sin(\theta - \varphi_2) + \dots + i_n \lambda_n \sin(\theta - \varphi_n) \}$$

$$= \frac{r}{\cos \theta} \{ \sum i \lambda \sin(\theta - \varphi) \}$$

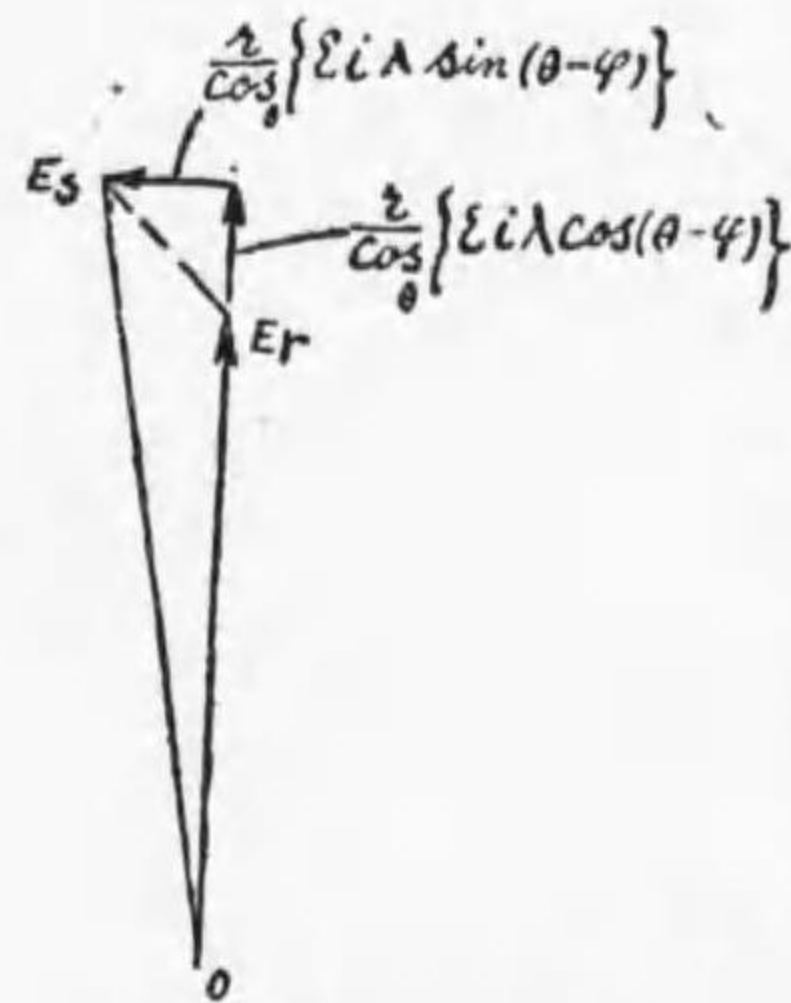
$$\text{垂直要素} = r \{ \sum \lambda i \cos \varphi + \alpha \sum \lambda i \sin \varphi \}$$

$$= r \{ \lambda_1 i_1 \cos \varphi_1 + \alpha \lambda_1 i_1 \sin \varphi_1$$

$$+ \lambda_2 i_2 \cos \varphi_2 + \alpha \lambda_2 i_2 \sin \varphi_2 + \dots \}$$

$$= r \{ \sum i \lambda \{ \cos \varphi + \alpha \sin \varphi \} \} = r \{ \sum i \lambda \frac{\cos(\theta - \varphi)}{\cos \theta} \}$$

$$\therefore \text{垂直要素} = \frac{r}{\cos \theta} \{ \sum i \lambda \cos(\theta - \varphi) \}$$



第 151 圖  
交流配電線負荷ベクトル圖

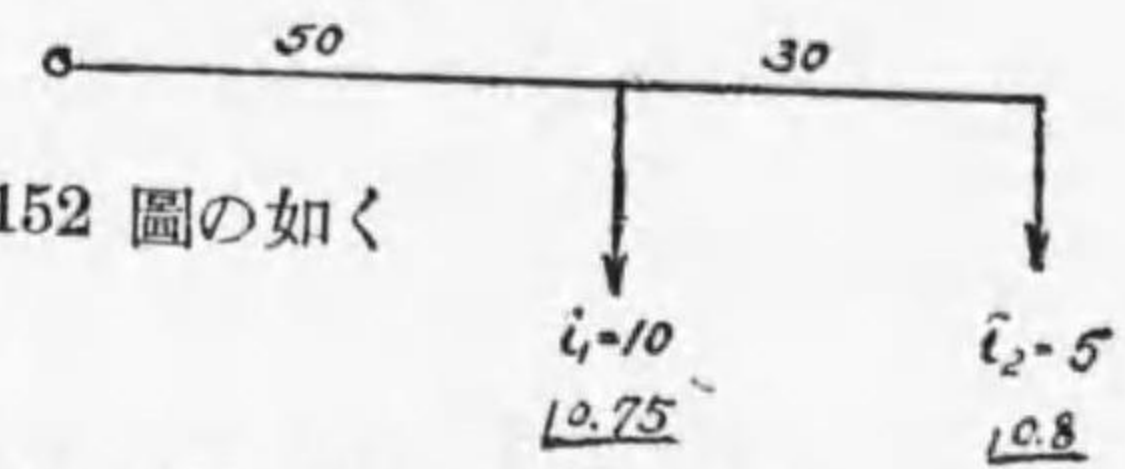
水平要素の  $E_s$  に対する影響は全く無視し  
得る程小にして、垂直要素のみが  $E_s - E_r$  に関

係し 
$$\frac{r}{\cos \theta} \left\{ \sum i \lambda \cos(\theta - \varphi) \right\} = E_s - E_r$$

とする事を得。

此の値を出すに、正弦、餘弦、正切の線圖を  
利用せば非常に便利なり。

例ば第 152 圖の如く



第 152 圖 配電線負荷の一例

$i_1 \lambda_1 = 500$

$i_2 \lambda_2 = 400$

$\alpha = \tan \theta = 0.5$  なりとせば第 150 圖に於て最右側垂直線の目盛 (5) の所  
と 0 點とを定規にて繋ぎ、角度の圓との交點を求むれば  $\theta = 26.5^\circ$  を得。  
0.75 の餘弦の角は約  $41.3^\circ$  其差は約  $14.8^\circ$  となる。

500  $\cos 14.8^\circ$  を求むるには、定規を以て  $14.8^\circ$  の線と、水平線の目盛の  
5 の圓周との交點 0 點よりの水平距離を知れば可なり。此値は 4.83 なり  
故に  $500 \times \cos 13.5^\circ \cong 483$

次に  $\varphi_2$  は約  $36^\circ 53'$  なれども大體  $37^\circ$  とす。  $\theta - \varphi_2 = 10.5^\circ$

$$\sum i \lambda \cos(\theta - \varphi) = 483 + 393 = 876$$
 を得。

次に  $\frac{876}{\cos \theta}$  を求むるには  $\tan \theta = 0.5$  ならば 0 と  $\tan$  の 5 との線  
とを結び、最下水平部の 8.76 の線を垂直に上げ、0 と 0.5 とを結ぶ線と  
の交點を見れば 9.8 圓の所にあり。故に

$$\frac{876}{\cos \theta} = 980$$
 となる。

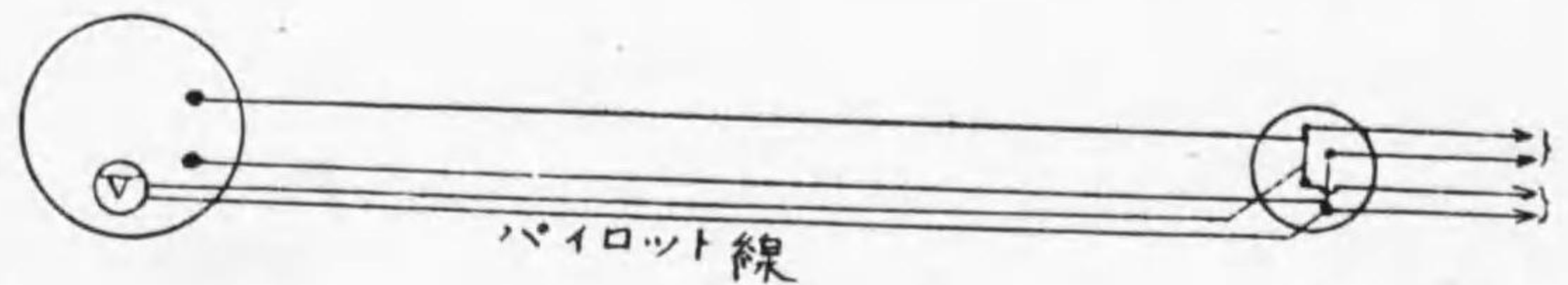
∴ 電壓降下は  $r \times 980$  ヴォルト

$r = 1 \times 10^{-3}$  ならば 0.98 ヴォルトの降下となる。

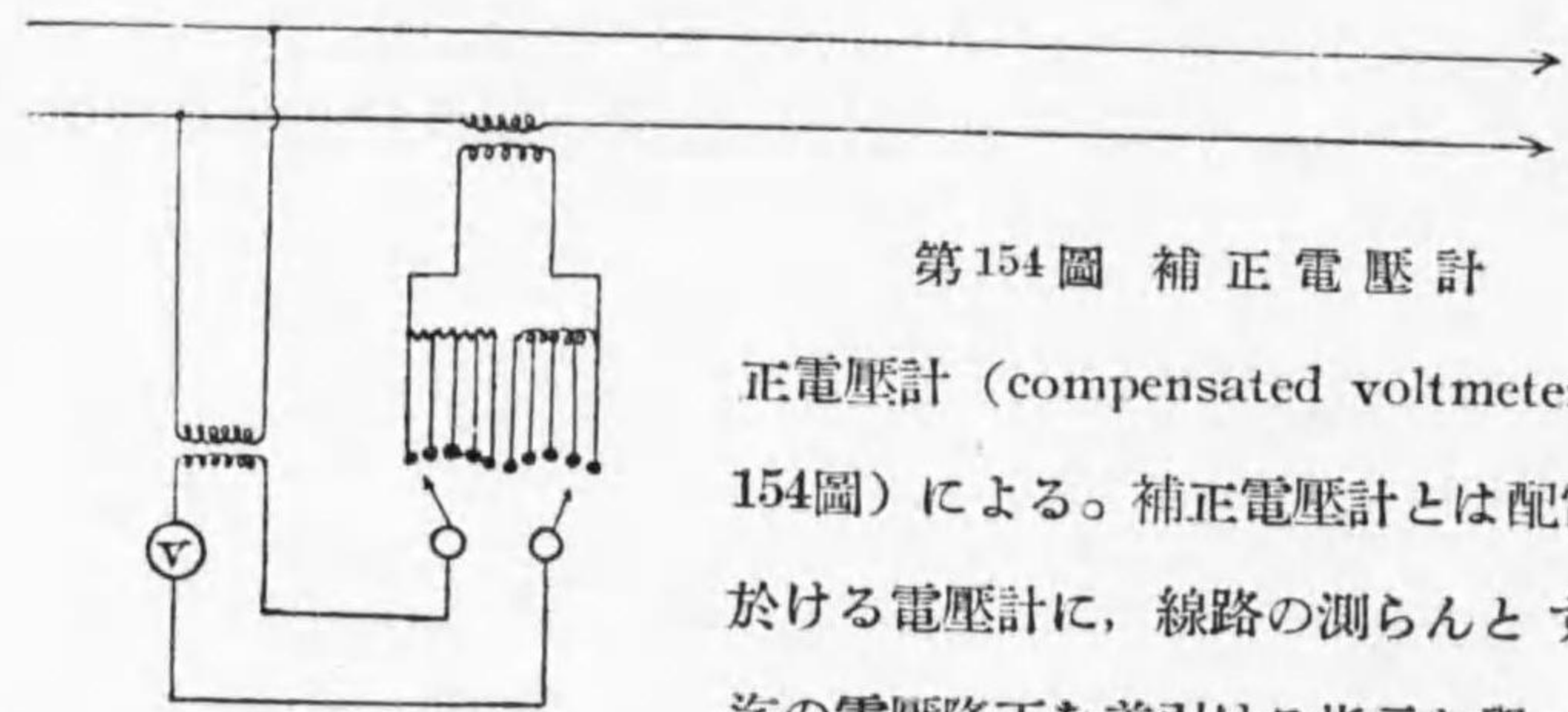
## 第六章 配電線路電壓調整其他

### 1 遠隔せる所に於ける電圧 電流電力等の指示装置

遠く距たりたる所即散在せる變電所、饋電點等の電圧、電力の指示は負荷配給主任 (load dispatcher) に取りては唯一の參考資料なり。電圧を指示せしむるにはパイロット線 (pilot wire) (第153圖) により、或は補



第153圖 パイロット線

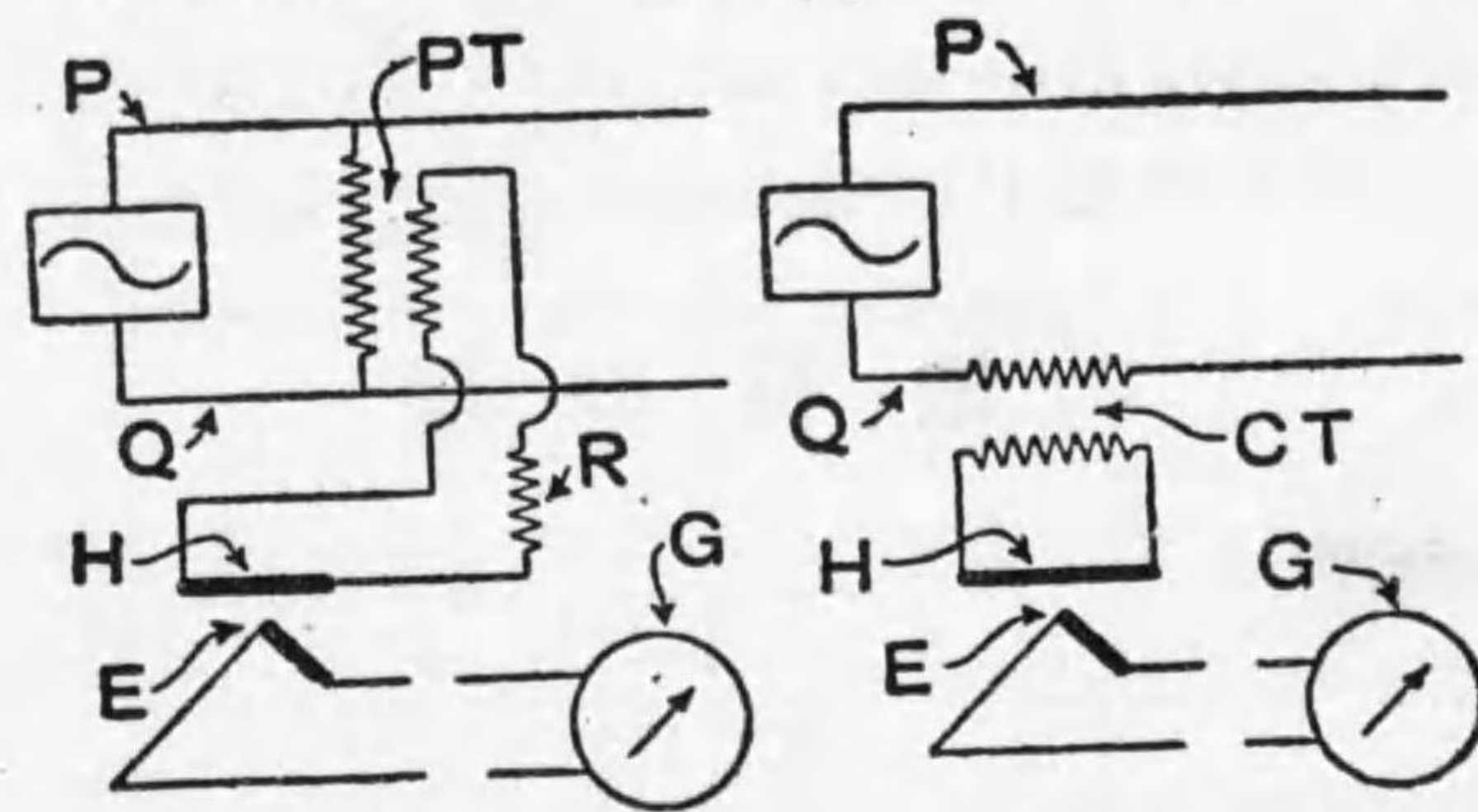


第154圖 補正電圧計

正電圧計 (compensated voltmeter) (第154圖) による。補正電圧計とは配電所に於ける電圧計に、線路の測らんとする點迄の電圧降下を差引ける指示を與へしむるものにして電流に應じ適當の補正をなさしむるものなり。其原理は圖を見れば明なるべし。

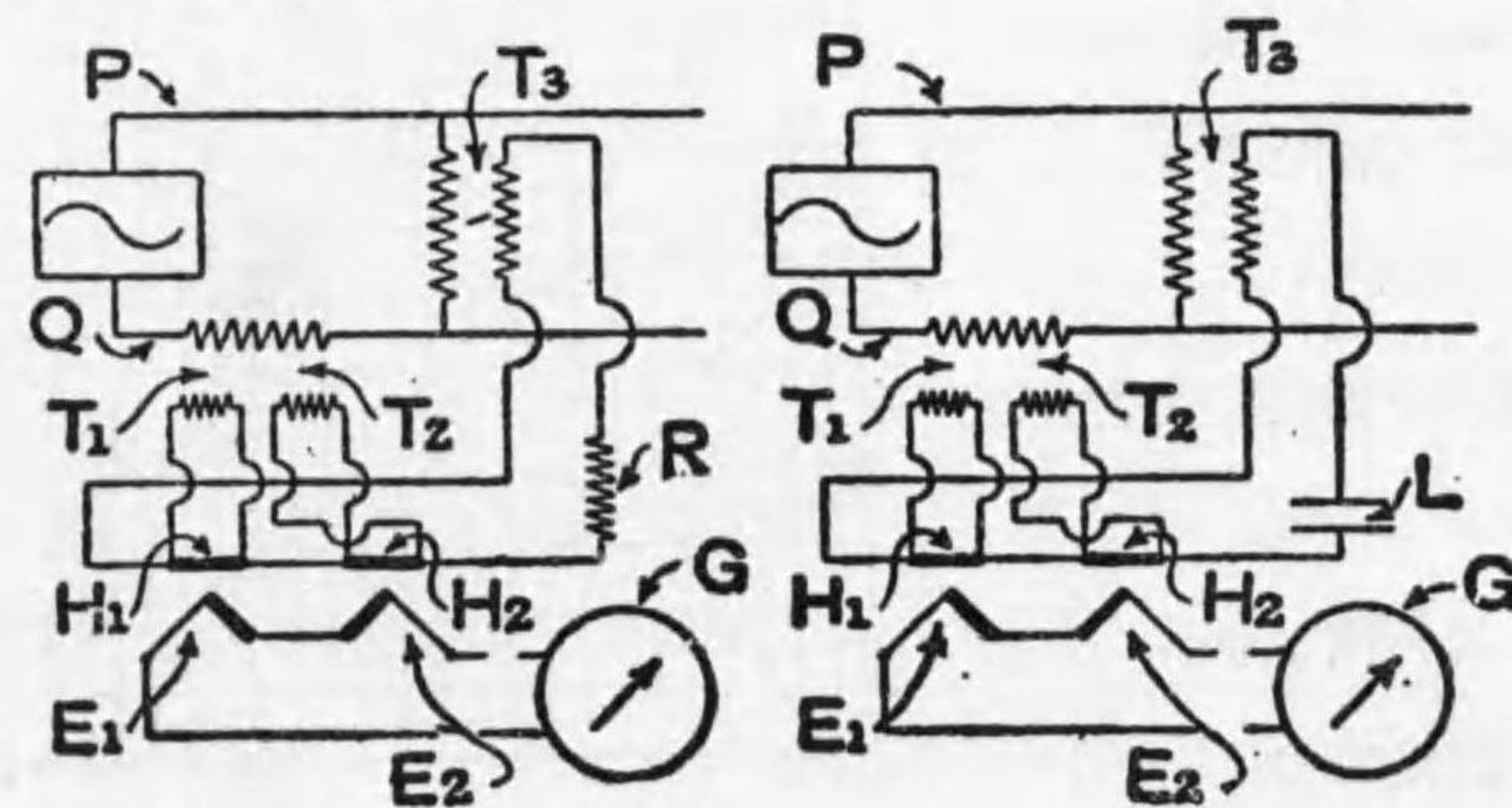
E Fawsett 氏に考案せられ、Newcastle-on-Tyne Electric Co. にて數

年來使用せられ居るものは、熱電堆を利用せるものにしてミリヴォルトの電圧を發生せしめマイクロ電流計にて讀む。電圧指示計には電圧變成器を用ひ其二次に電熱器を接続す。第155圖に於て  $H$  は電熱器  $E$  は熱電堆なり。電熱器の回路には  $110V$  の電圧を用ひ熱電堆には  $40$  ミリヴォルトを發生せしむ。此の装置により  $10$  哩の距離に於て ( $50 \text{ ohm/mile}$ ) 讀む事を得。



(1) (2)  
第155圖 熱電堆を利用する方法

電流を知るには第155圖(2)の如く接続す。電流變成器の容量は  $5VA$ 、 $5:0.2$  の比例のもの用ひらる。



(1) (2)  
第156圖 熱電堆を利用する方法

電力を知るには第156圖(1)の如き接続を用ふ。熱電堆に起る起電力は兩電流のベクトル和の自乗に比例す。故に  $V$  を電壓、 $A$  を電流とせば  $H_1, H_2$  に通過する電流の自乗は夫々

$$(V + A \cos \phi)^2 + (A \sin \phi)^2, (V - A \cos \phi)^2 + (A \sin \phi)^2 \text{ なり。}$$

熱電堆を逆に接続せば此の差に相當する電壓を生ず可し、即ち  $(VA \cos \phi)$  に相當するものを得。第156圖(2)は無効電力の指示を得る接続なり。この接続に於ては第156圖(1)の抵抗の代りに蓄電器を用ひたり。

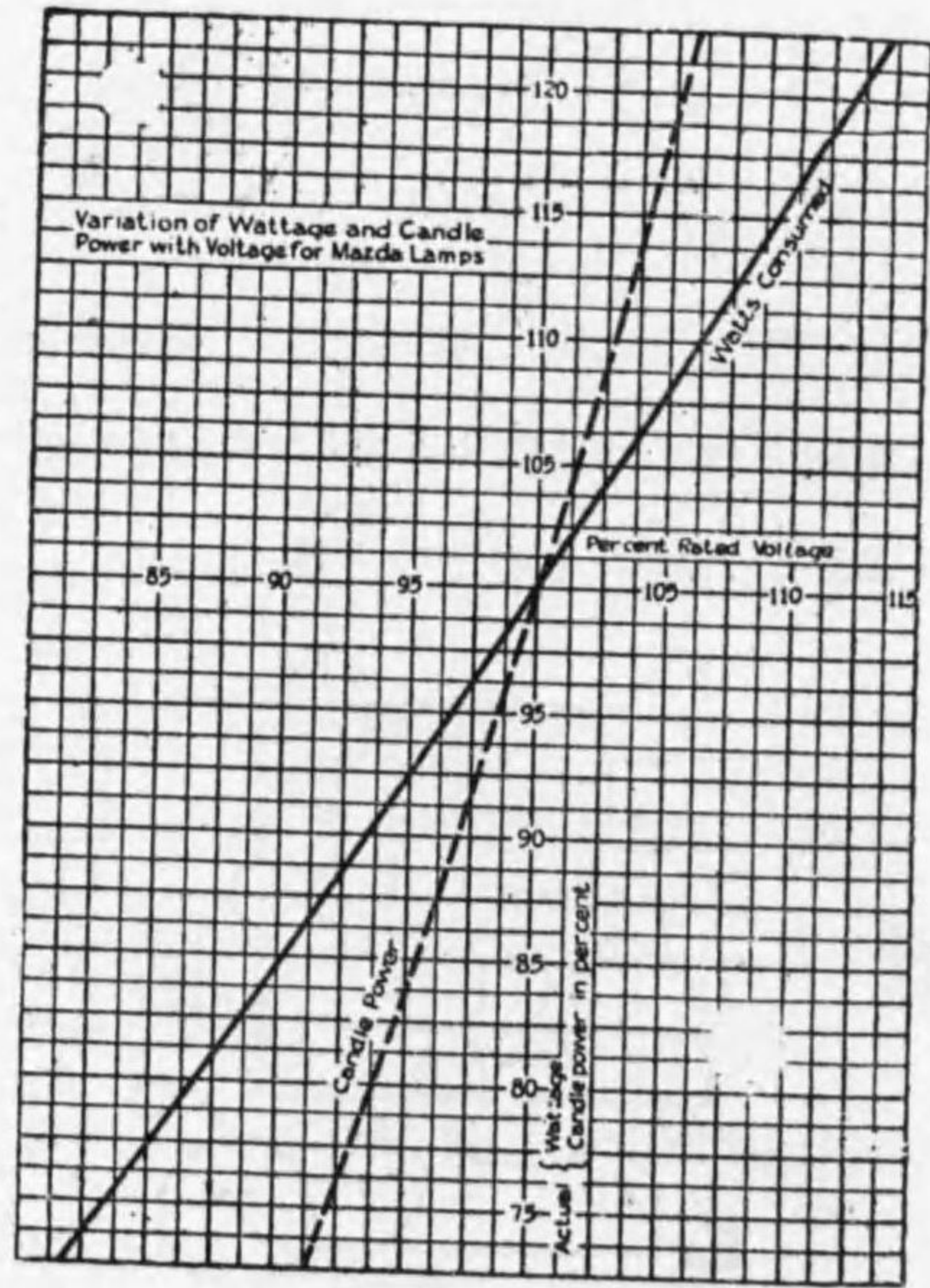
## 2 電 壓 調 整

電壓を一定ならしむることは定電壓式配電の必要條件なり。電壓の變化の爲電燈負荷に於ては明暗を生ず。之れ最も嫌厭する所なり。配電線の電壓を調整するには發電機の電壓を調整せしむる方法と配電線の電壓を直接調整する方法とあり。以下順を追ふて述ぶべし。

### (i) 發電機の電壓を調整する方法

此中に又三種あり。

- (a) 振動接觸式
- (b) 振子式



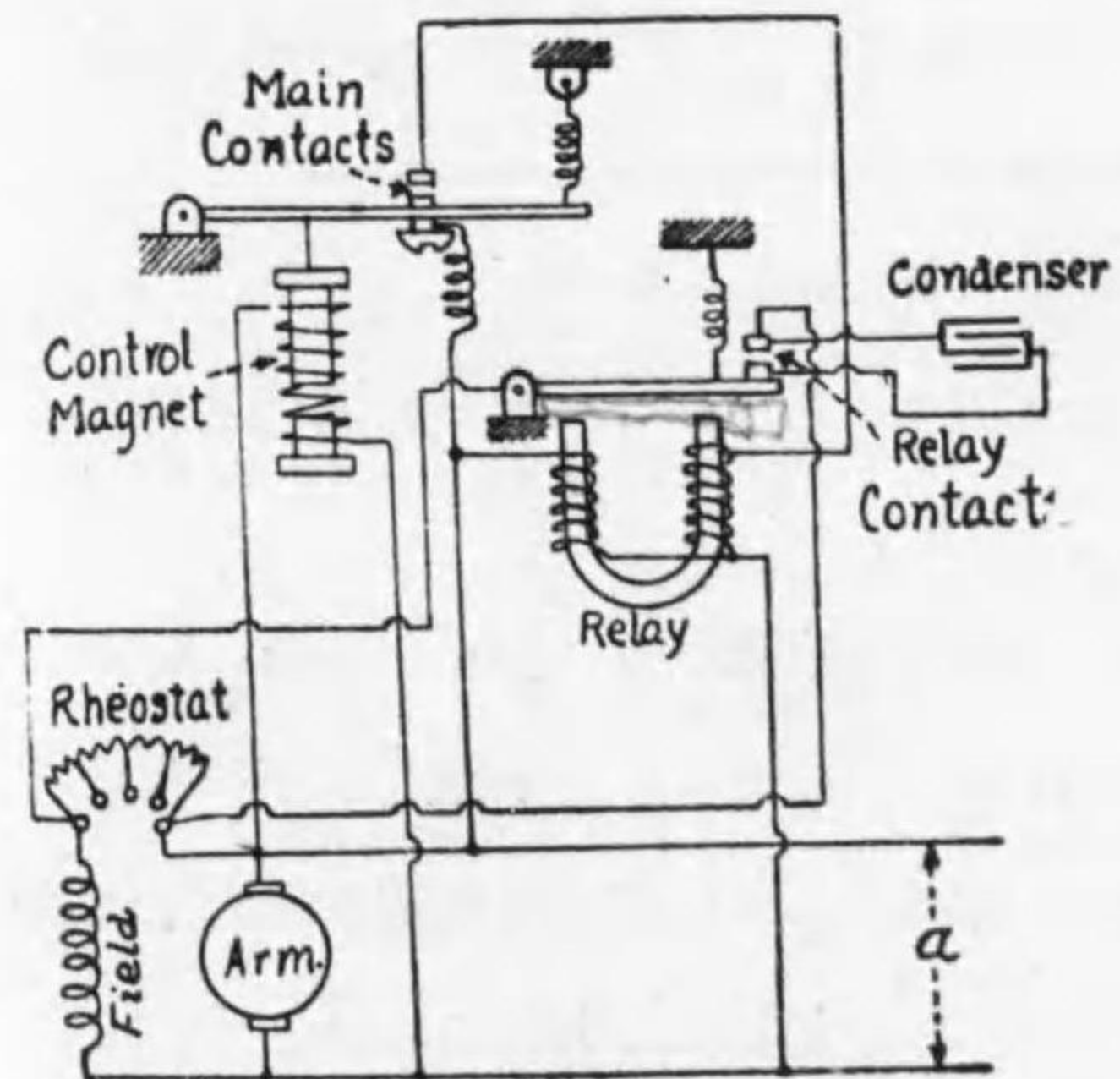
第157圖 電壓によるワット及燭光の變化 (mazda lamp)

(c) 抵抗式 之なり。

振動接觸式とはチリルレギュレーター及び、フツスレギュレーターの如く發電機、或は交流の場合に於ては勵磁機界磁回路に挿入せる抵抗を瞬間的に短絡し、電壓を調整するものなり。振子式とは振子を用ひて接觸せし電壓を調整するもの、抵抗式とは磁界の電氣抵抗を變化せしむる方法なり。

### (a) チリル調整器 (Tirril Regulator)

チリル調整器に二種あり。自動直流發電機に用ふるもの、他勵發電機又は交流機に用ふるもの之なり。前者を  $TD$  型と云ひ後者を  $TA$  型と云ふ。 $TD$  型の大體の構造は第158圖に示すものにして、(a) は電壓を調整すべき回路なり。control magnet は上下二つの鐵心よりなり、下部は固

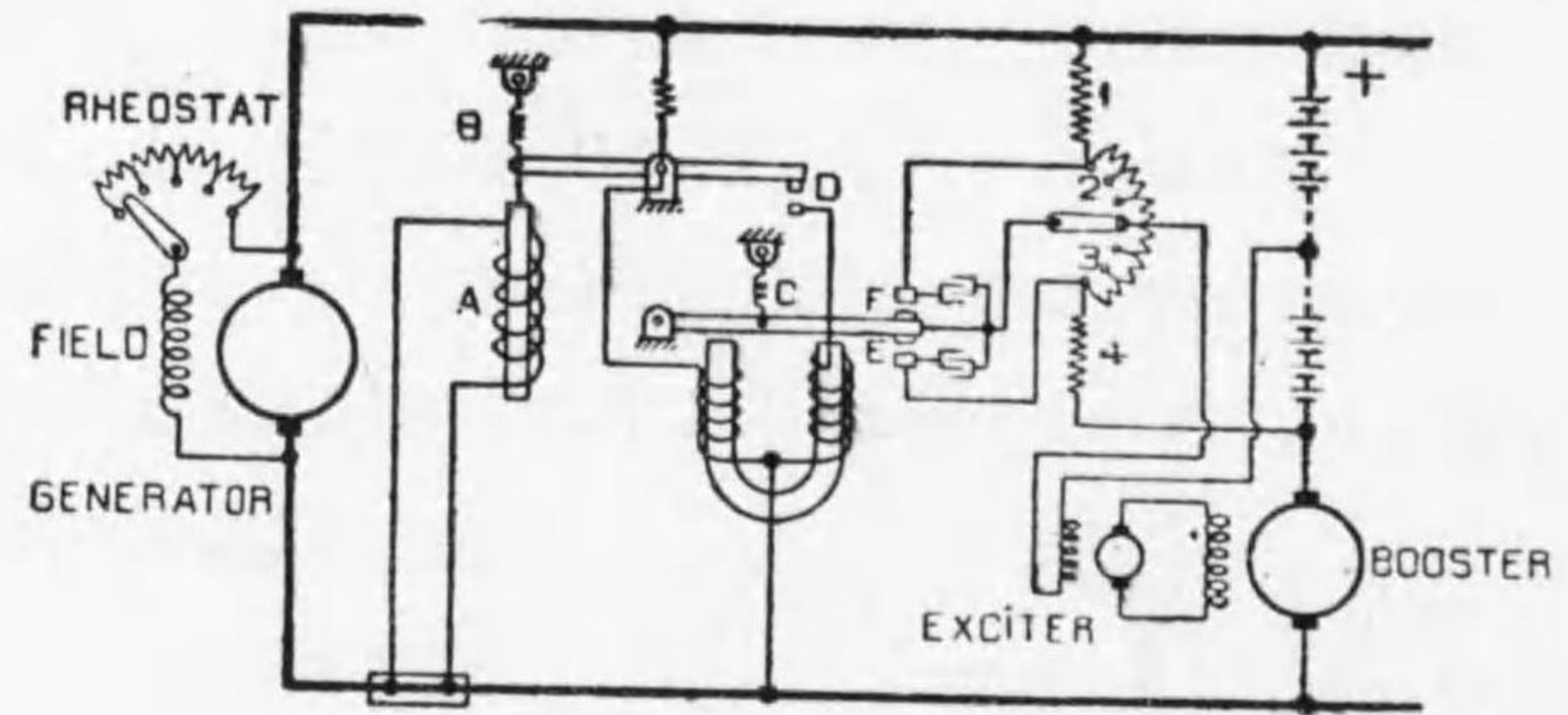


第158圖 TD型チリル調整器

定し上部は動くを得。(a)の電壓上昇せりとせば此磁石によりて main contact 開く。此接觸點は電壓の低き場合に於ては發條の作用により相接す。此接觸の遮斷せらるゝや差働捲線を有する繼電器 (relay) は働きて其上部の鐵板を引き relay contact を開く。此際接

觸點間に火花の發生するを蓄電器 (condenser) にて防ぐ。此状態に於て rheostat と記せる抵抗は發電機磁界に直列に入る。之れが爲に (a) の電

壓は下り、main contact は再び接觸すべし。此の時挿入せらるる抵抗の大きさは之が永久に存在するとせば、(a) の電圧は規定電圧の 30—40% ならしむる如くす。従て抵抗の挿入により電圧は其發電機之特性曲線に沿ふて下る可し。此電圧の降下  $\frac{1}{2}\%$  以内に於て main contact は閉ぢ relay contact は rheostat を短絡せしむ。此の短絡により電圧は規定電圧より大ならしむ。而て上昇規定電圧の  $\frac{1}{2}\%$  以内に於て control magnet が働く如く調整す。かく常に接觸點は開閉して線電圧をして上下 2% 以内に止む

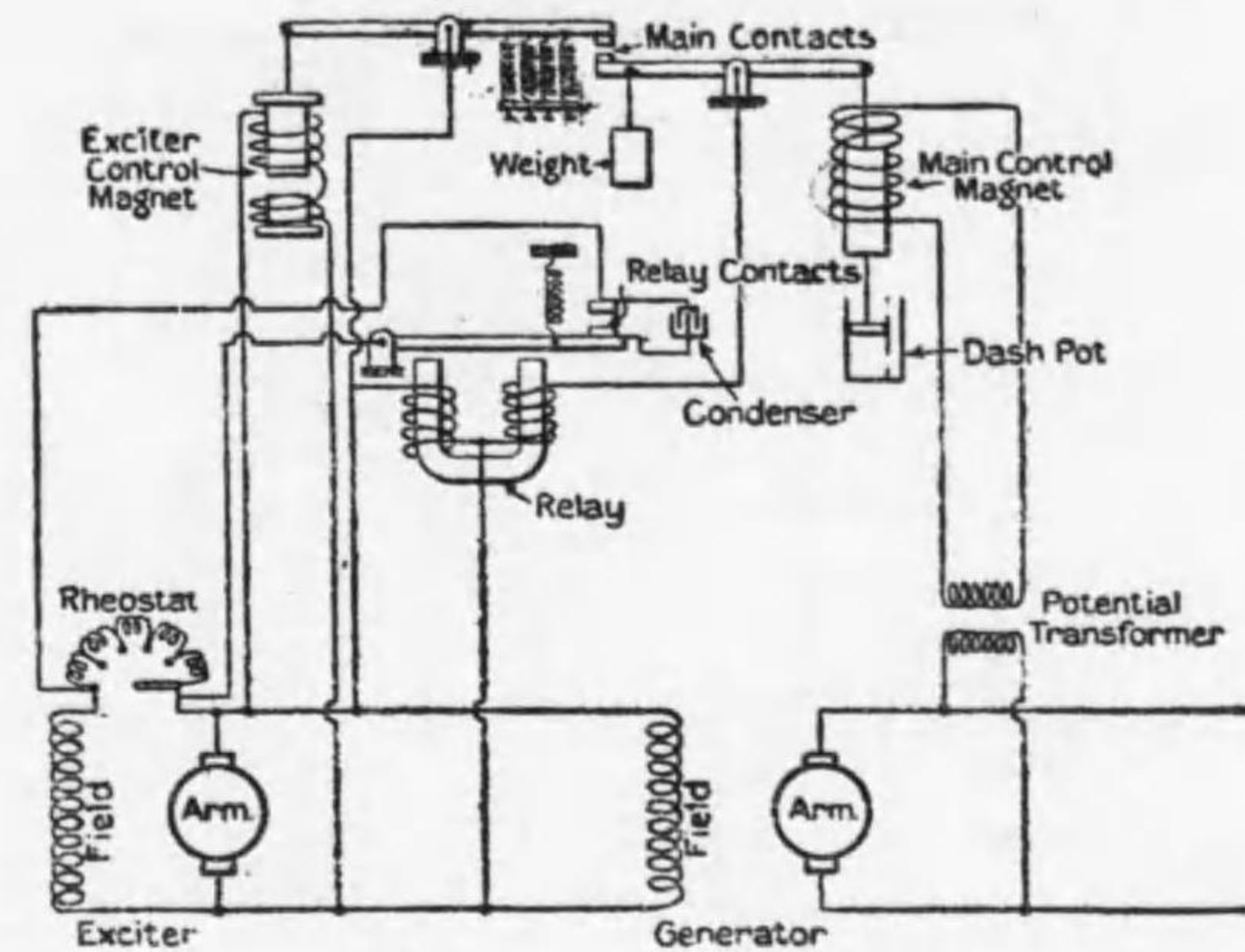


第 159 圖 TD 調整器利用の一例

るを得可し。第 159 圖は蓄電池とブースターの存在せる回路に用ひたるものなり。

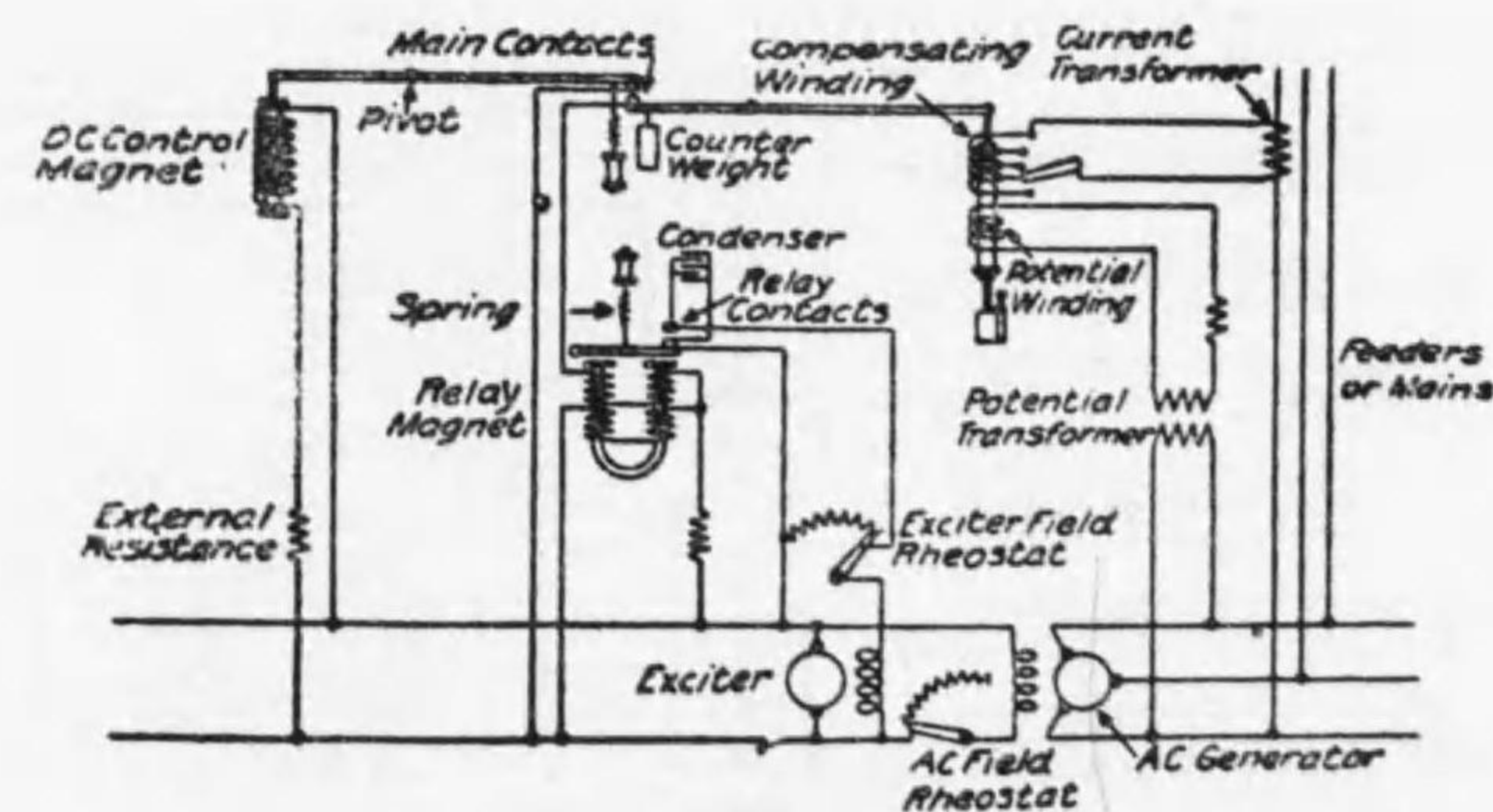
TA 型も之と大差なし、第 160 圖は其略圖なり。圖中 main control magnet の鐵心は規定電圧の場合重り (weight) と平衡し電圧の規定以下となれるときは main contact は接觸す。又此鐵心は規定電圧の下に於てはコイルの何處の位置に於ても一様なる力を以て引かるる如くす。

今規定電圧より下れるものとせば main contact は閉ぢ磁界抵抗は短絡せらる。之により勵磁機の電圧は上昇し exciter control magnet により main contact は開かんとす。此際交流側の電圧が規定電圧より僅かに下



第 160 圖 甲 TA 調整器利用の例

れる時は main contact は早く開路せらる。かくして main contact は常に振動し TD 型と同様に作用するものなり。負荷の量により途中の配電線の電圧降下を補償する爲め發電機端子電圧を上昇調整せしむる事を得べし。

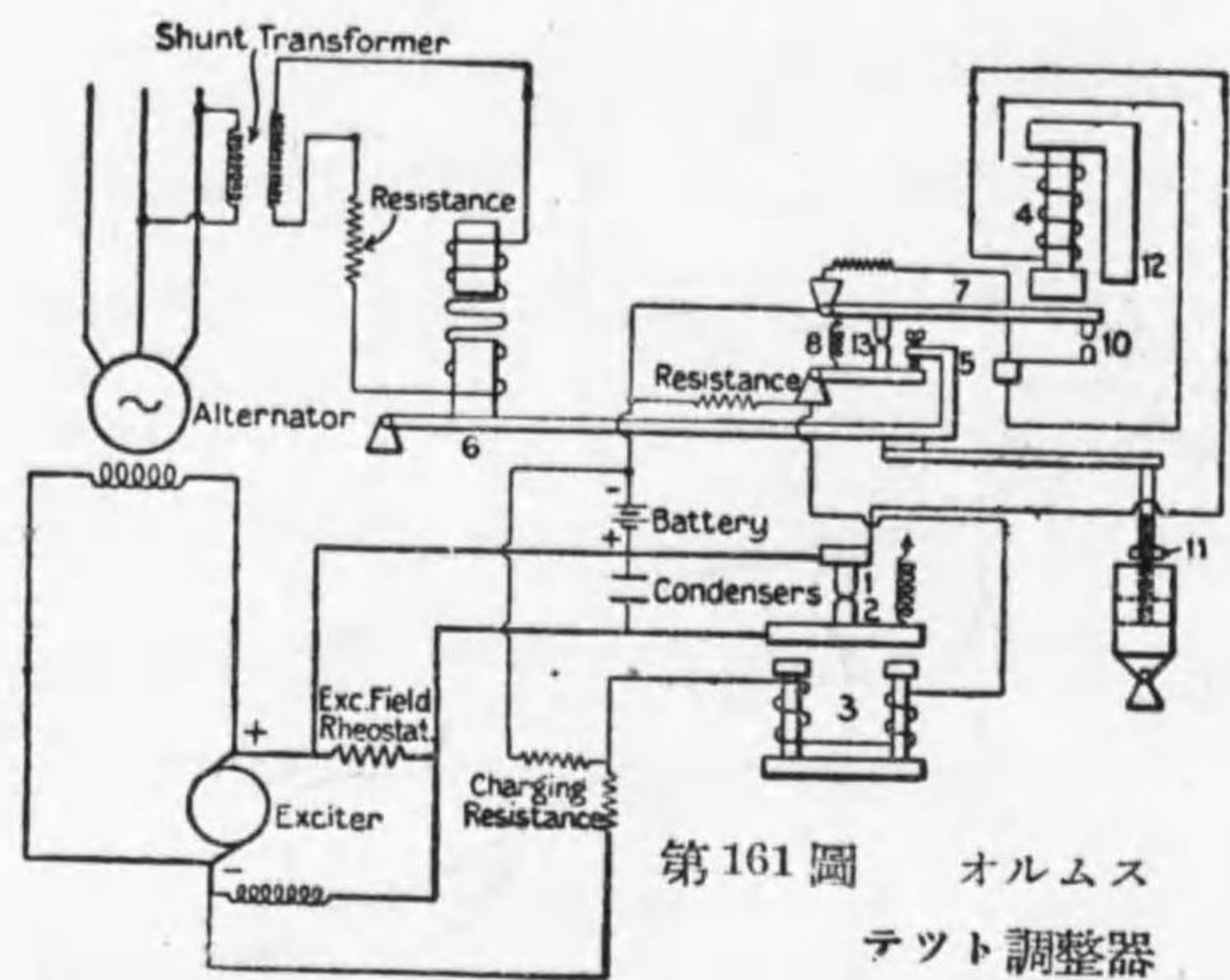


第 160 圖 乙 送電線電壓降下補償調整法

(b) オルムステット調整器 (Olmsted Regulator)

此調整器は第 161 圖に示す如きものにして電池—1—4—10—7 は一の回

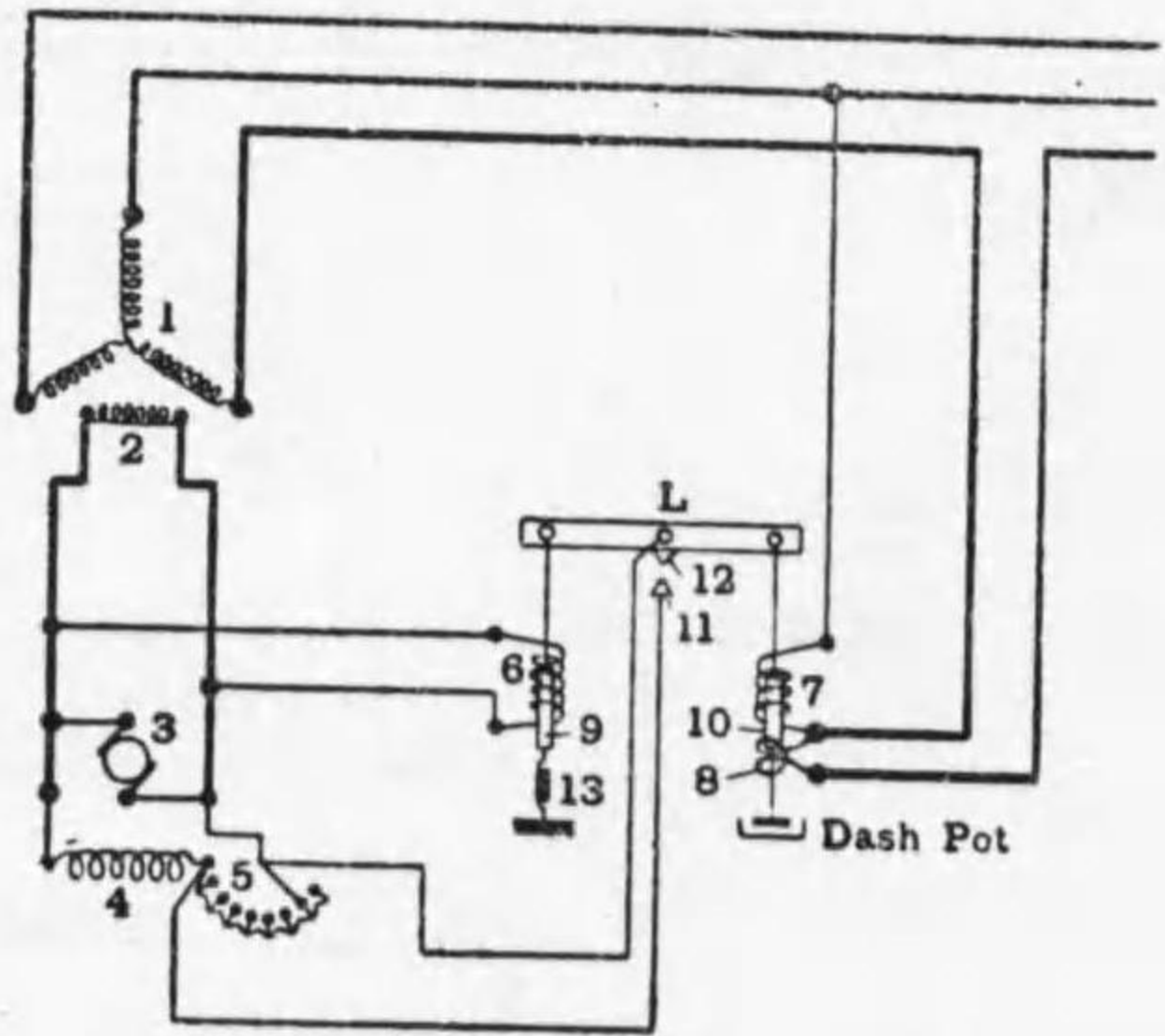




第161圖 オルムステット調整器

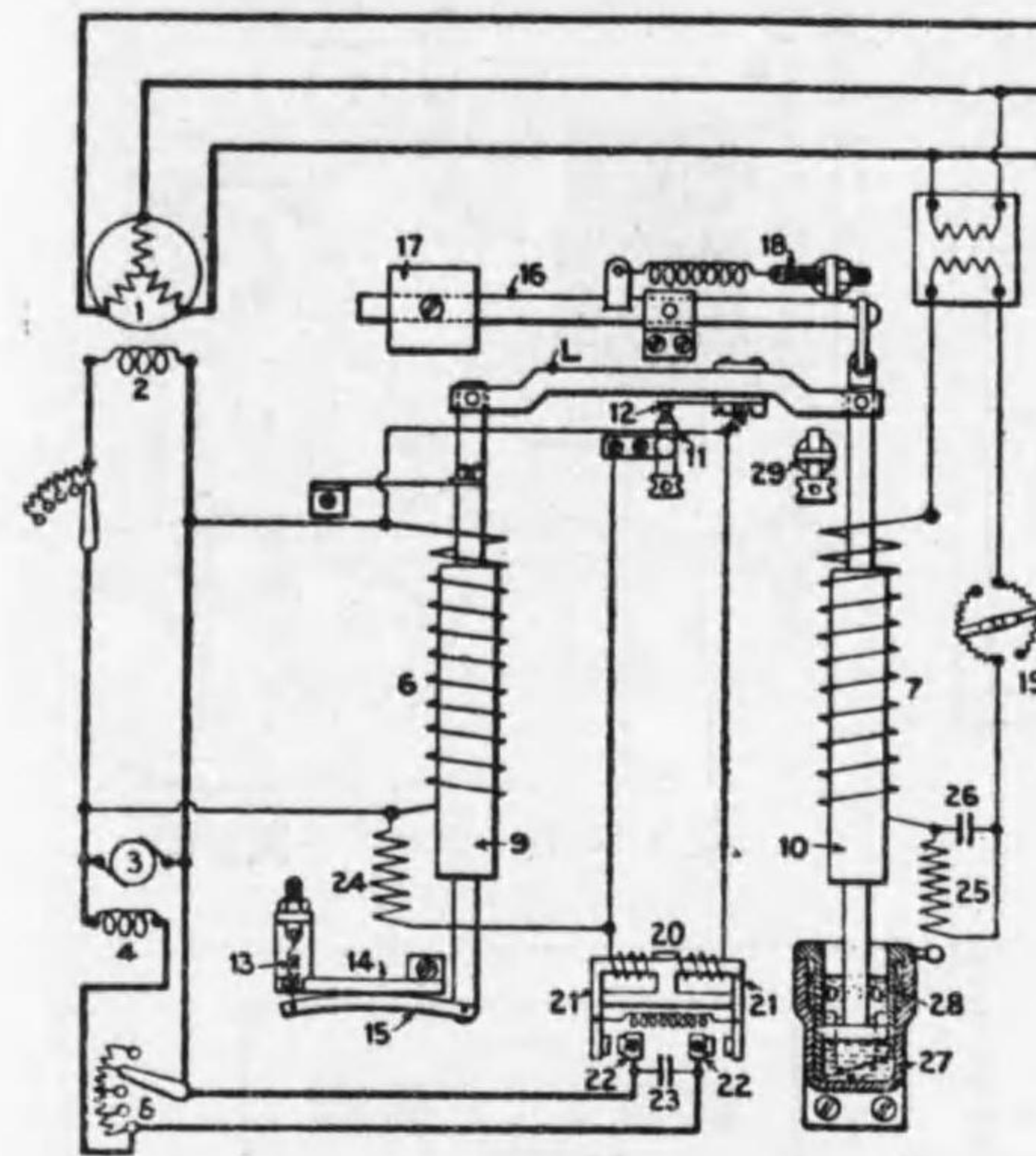
線を爲し、接觸點(10)は(4)の電流によりて開き其回路に抵抗を入る。これが爲に(10)は再び閉ち此の作用を反覆す。(13)の下接觸點は(8)によりて(7)に接續せられ、(5)によりて抑制せられざれば(7)と共に振動す。(13)の接觸は(3)の電流を増加し(1-2)の接觸點を開き、勵磁機界磁回路に抵抗を挿入す。(13)の接觸離るれば(1-2)は再び抵抗を短絡す。此(13)の離合を(5-6)により、一定にせんとする線間電壓にて作用せしむ。例へば電壓降下せりとせば(5)は下降し、(13)の接觸する時間より離れ居る間を長からしむ。従て(1-2)の接觸する時間長く電壓を上昇せしむ。

(c) フツス調整器 (Fuss Regulator)



第162圖 フツス調整器

第162圖 第163圖に示すもの

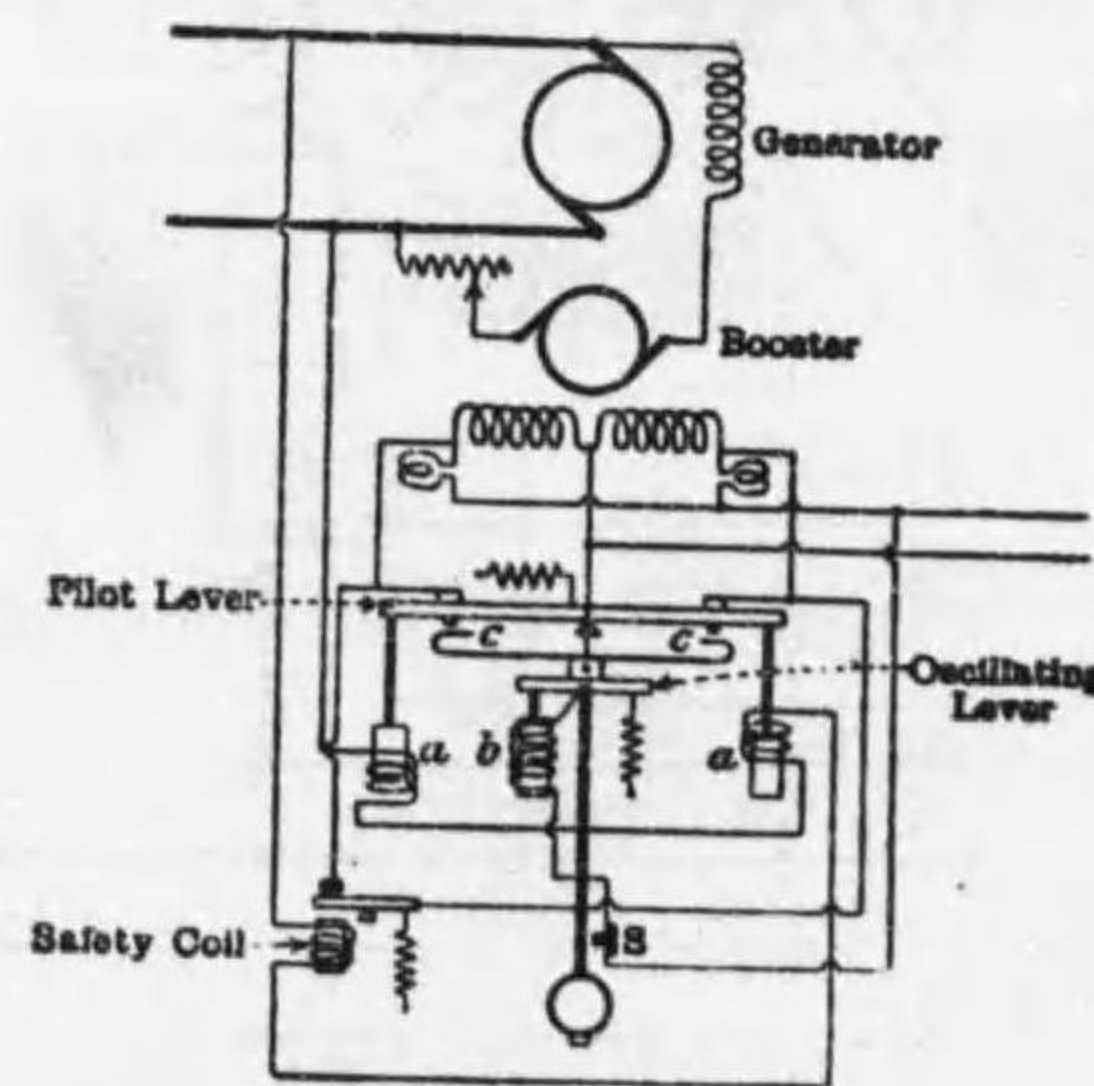


第163圖 フツス調整器

(d) テーラースコットソン調整器 (Taylor Scotson Regulator)

第164圖に示す如き振子式のものにして、ブースターを用ひ其勵磁捲線は二組に分ち、ccの接觸にて左右交互に勵磁せらる。b及び

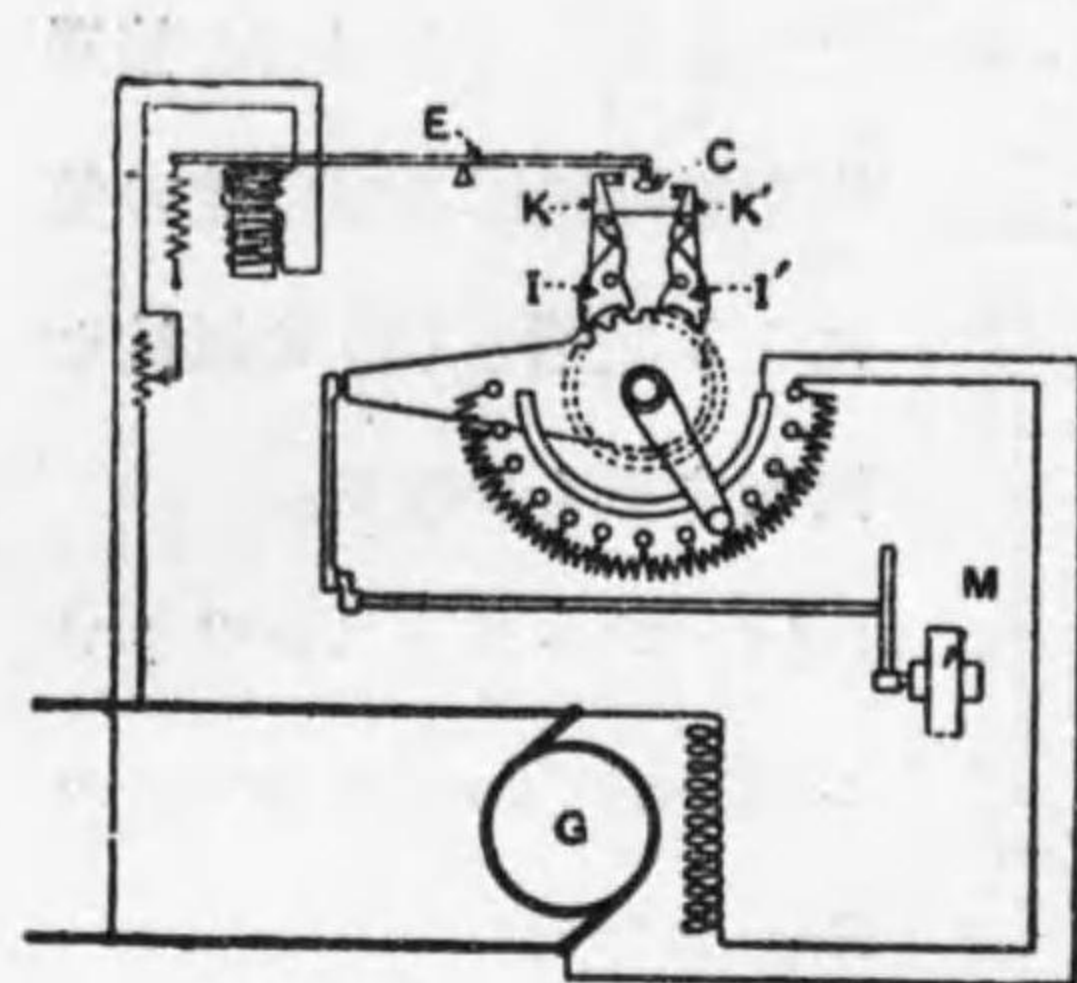
Sは振子を動かす装置、aaは調整せんすとる電壓により pilot lever を左右に傾けしむるコイルなり。電壓の下降せる場合は、ブースターの電壓を上昇せしむ可き磁界線輪を勵磁する時間長し。



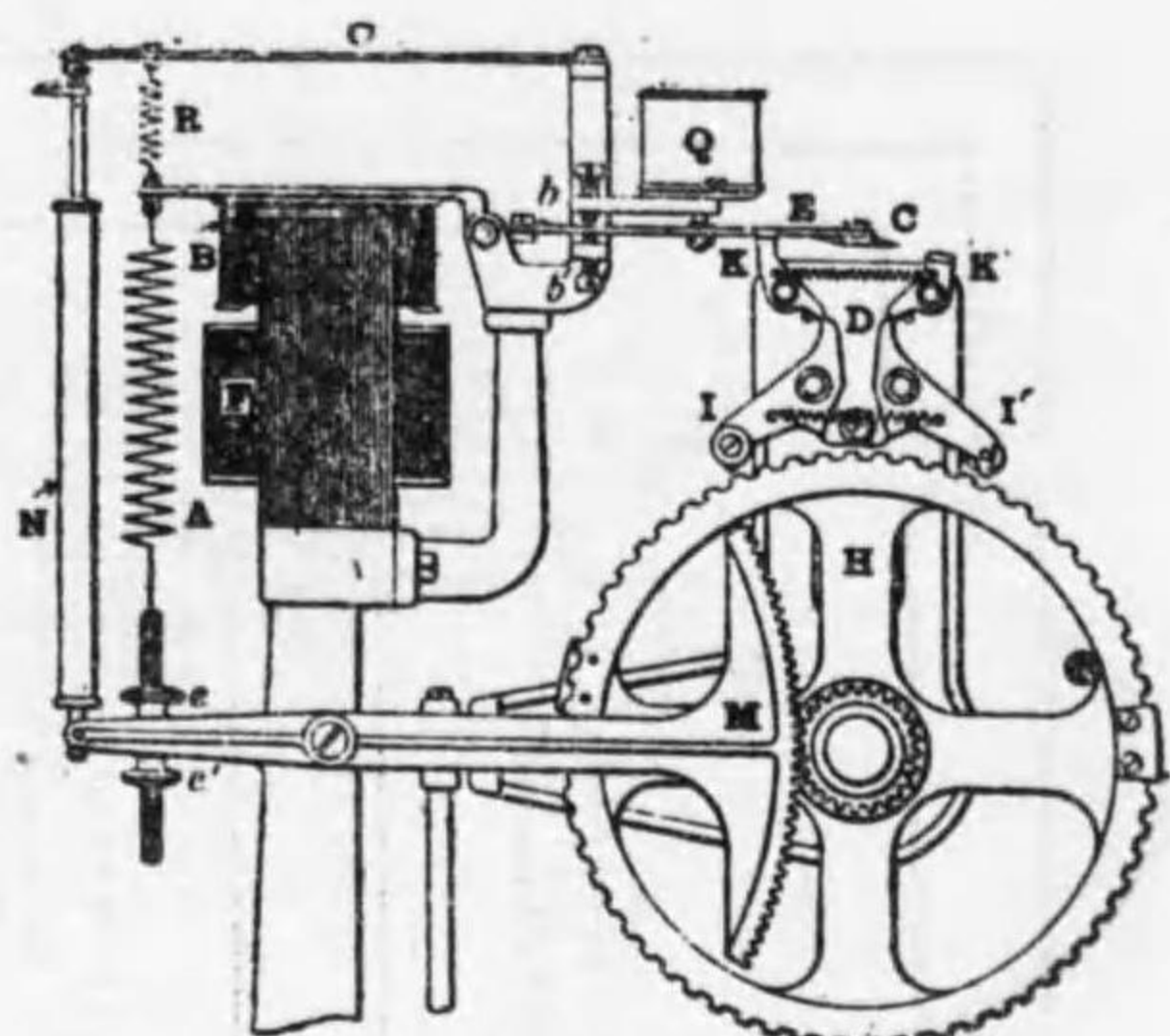
第164圖 テーラースコットソン調整器

(e) チュリー調整器 (Thury Regulator)

此調整器は抵抗式のものにして第165圖第166圖の如き構造を有す。Mは常に回轉する電動機にして KIの附屬せる部分を左右に回轉せし



第165圖 チュリー調整器

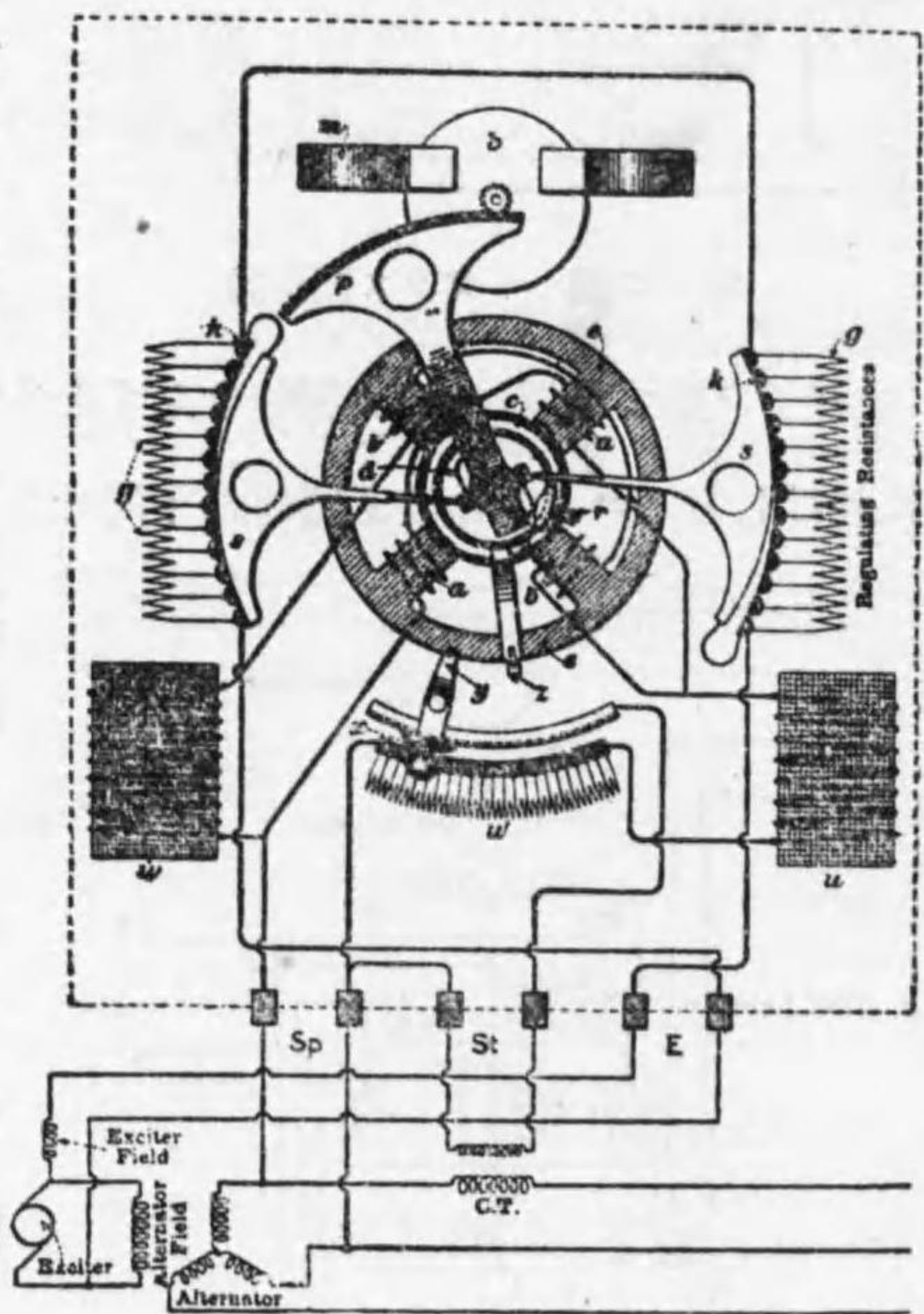


第166圖 チュリー調整器

む。C 點が KK' 何れにも觸れざる中間にある間は II' は抵抗器の接點を變化せしめず自由に左右に動く。然し電壓下れりとせば C は上り K の一端に觸る、此状態に於ては I は抵抗を減するが如く齒輪を回轉すべし。かくして電壓上昇せば C は下り適當の所にて止る。電壓高きに過ぐれば K' I' によりて抵抗を増加せしむ。

(f) ブラウンボベリ調整器 (Brown Boveri Regulator)

第167圖に於て C はアル



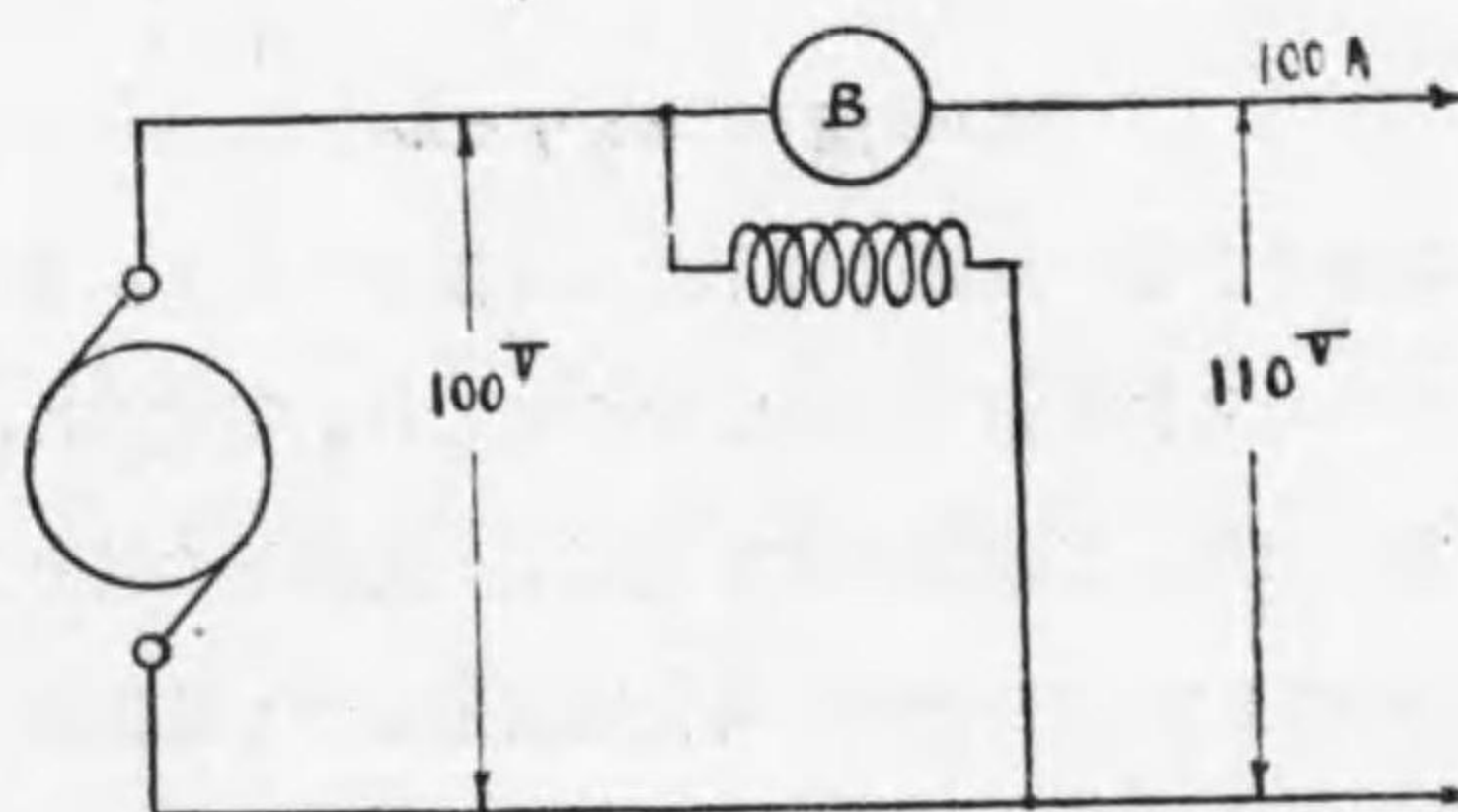
第167圖 ブラウンボベリ調整器

ミニウム圓筒,  $wu$  は抵抗器,  $e$  は電磁石なり。ss の扇形接觸片は C の回轉によりて勵磁機磁界線輪にある抵抗を増減す。C は交流側電壓によりて回轉力を生ず。此力は發條によりて平衡され居れども電壓の上下するに從て發條に逆つて回轉し、或は發條に回轉せらる。此回轉作用を ss に傳へ適當に抵抗を加減するものなり。m は永久磁石にして OP はブレーキなり。

(ii) 饋電線の電壓を調整する方法

(A) 直流の場合

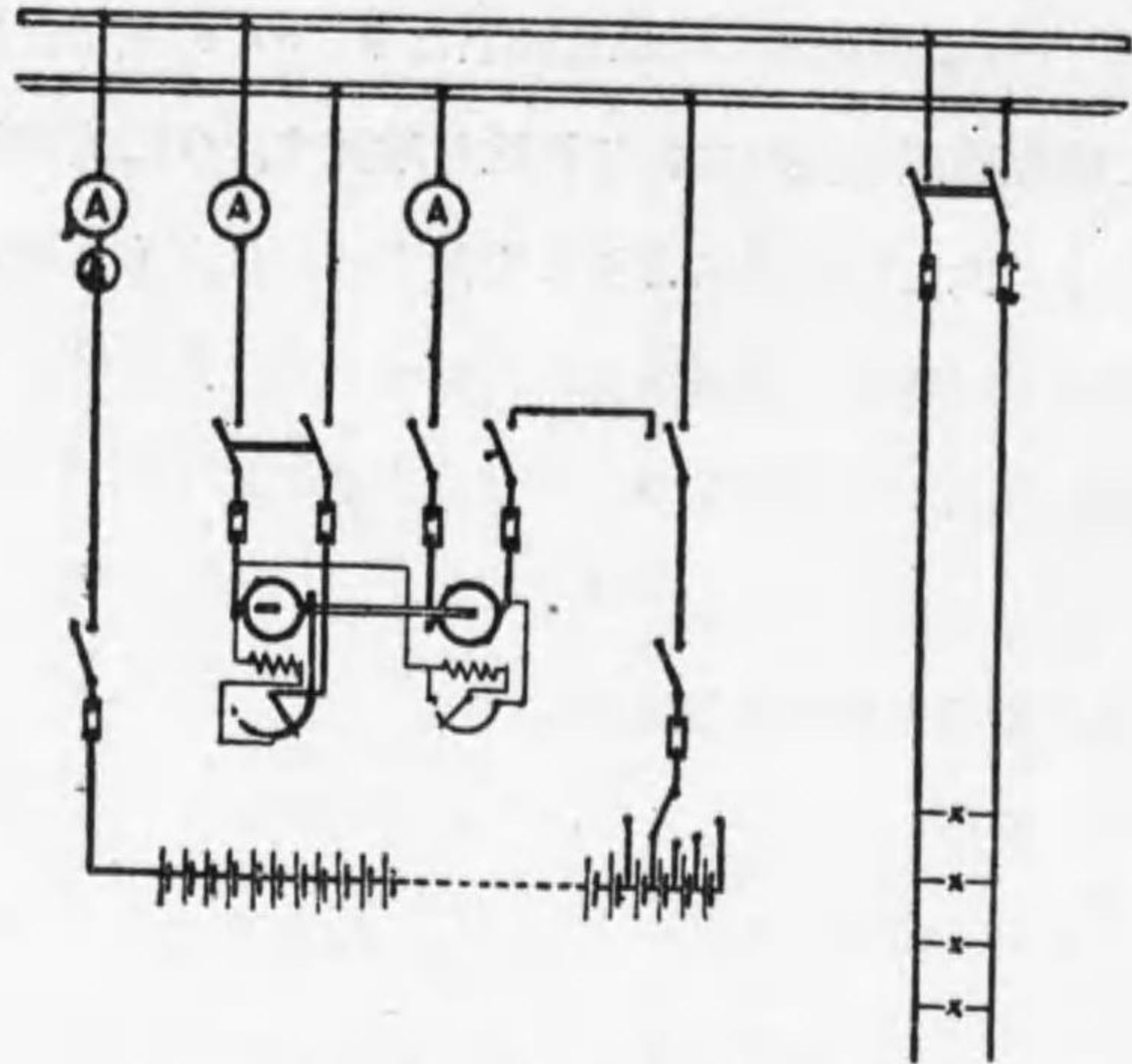
(a) エンドセル及びブースター



第168圖 ブースターを用ひ電壓を高むる圖

第168圖の如き配電線路中に於て電壓を 100V より 110V に上昇せんと欲する時, booster B なる直流發電機を用ひ勵磁電流を加減する事により、電壓を調整するを得べし。第168圖の如き場合ブースターの容量は  $(110-100) \times \frac{100}{1000} = 1 \text{ k.W.}$  なり。然し入力を考へる時は能率を 80% とせば  $\frac{1}{0.8} = 1.25 \text{ k.W.}$  となる。

直流回路に於ては蓄電池を用ひ、負荷の大なる時一部分之に負擔せしめ負荷小なる時充電せしむ。之れ線路の電壓降下を調整するのみならず負荷



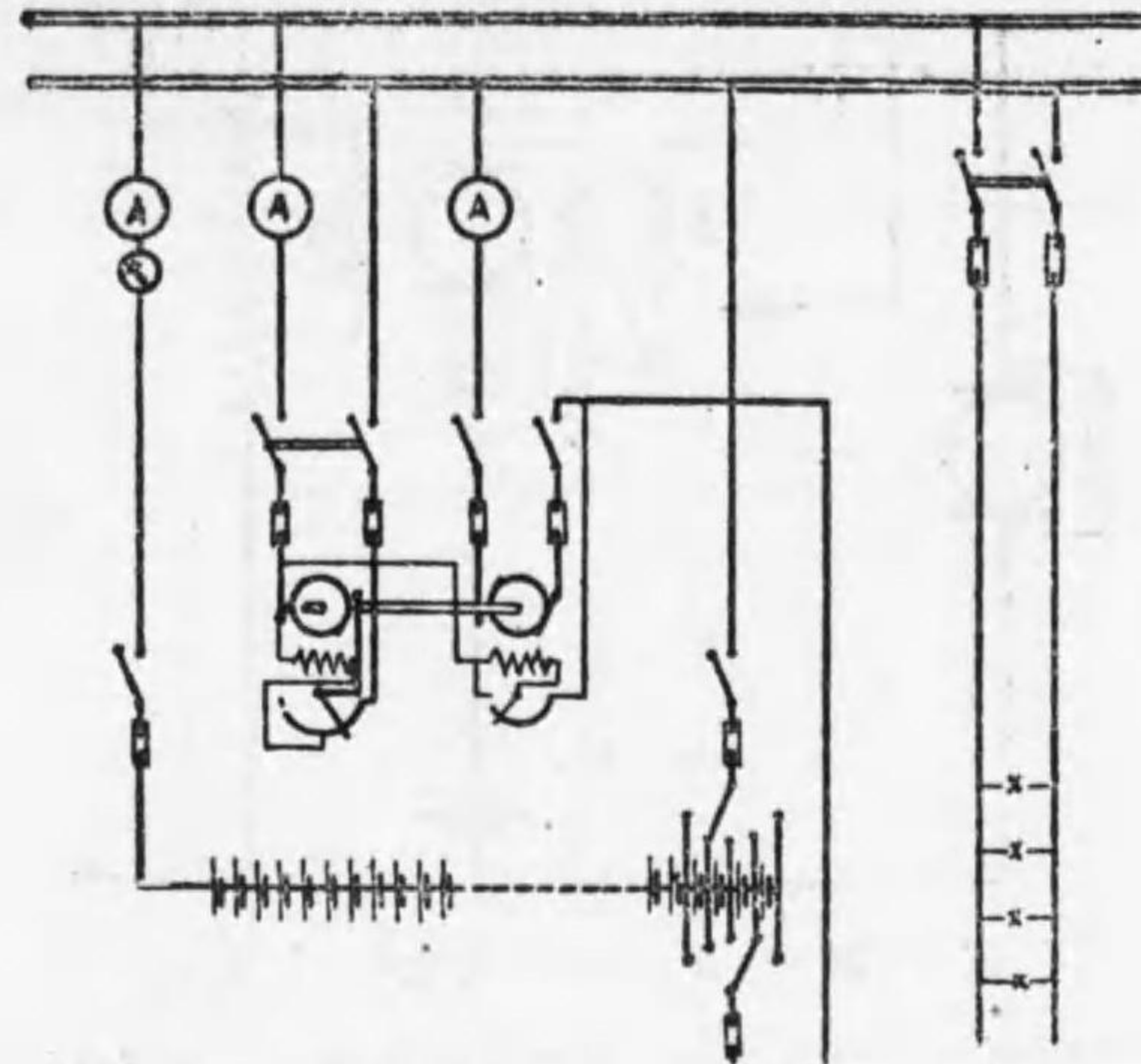
第169圖 エンドセル

を平等にする利あり。第169圖は簡單なる方法の一なり。蓄電池を充電する時はブースターを入れ放電する時は休止せしむ。蓄電池には圖の如く開閉器を備へ、電壓に応じて適當の數を使用す。此電池の數を定むるには充電、放電時の電壓による。即此接続の場合は充電しつつ饋電線に接続する事不可能なれば、充電後の電壓  $2.1V$  を最高とし  $1.8V$  を放電最後の電壓とす。もし饋電線電壓  $110V$  ならば放電の最後には  $\frac{110}{1.8} = 61$  個の電池を直列に續くを要し、放電の初めには  $\frac{110}{2.1} = 52$  個を直列にせば宜し。故に其差  $61 - 52 = 9$  個は切離し得る様開閉器接觸點に接続せざるべからず。此電池をエンドセル (end cell) と云ふ。

若し第170圖の如き接続にして充電しつつ一方に送電する場合に最高電壓  $2.7V$  ならば

$$\frac{110}{1.8} = 61,$$

$$\frac{110}{2.7} = 41$$

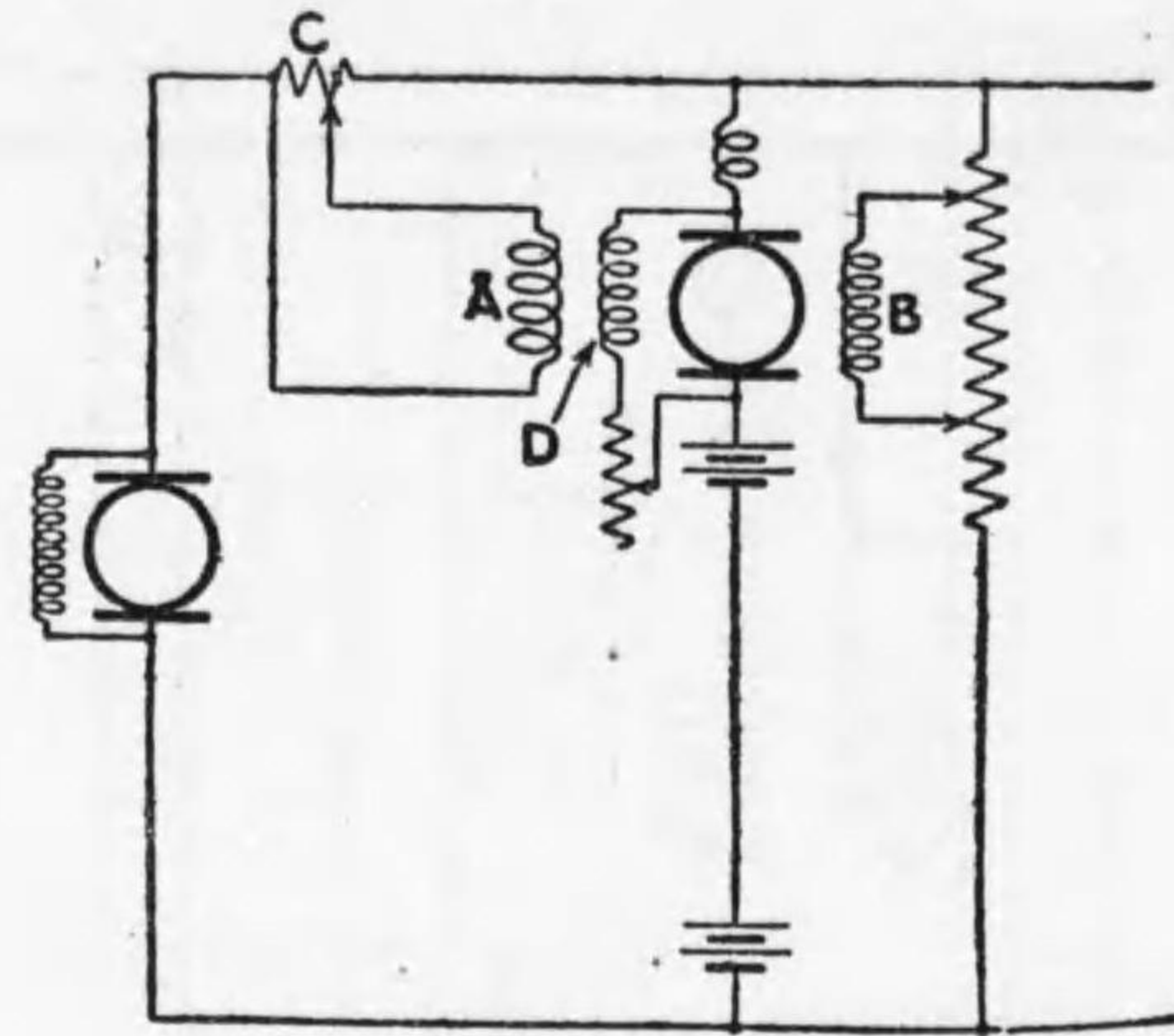


第170圖 エンドセル

$61 - 41 = 20$  之れ end cell の數なり。かく蓄電池の數を切り變へる開閉器を end cell switch と云ひ、前者を single end cell switch, 後者を double end cell switch と云ふ。

(b) ランカシア自動可逆ブースター (Lancashire automatic reversible booster)

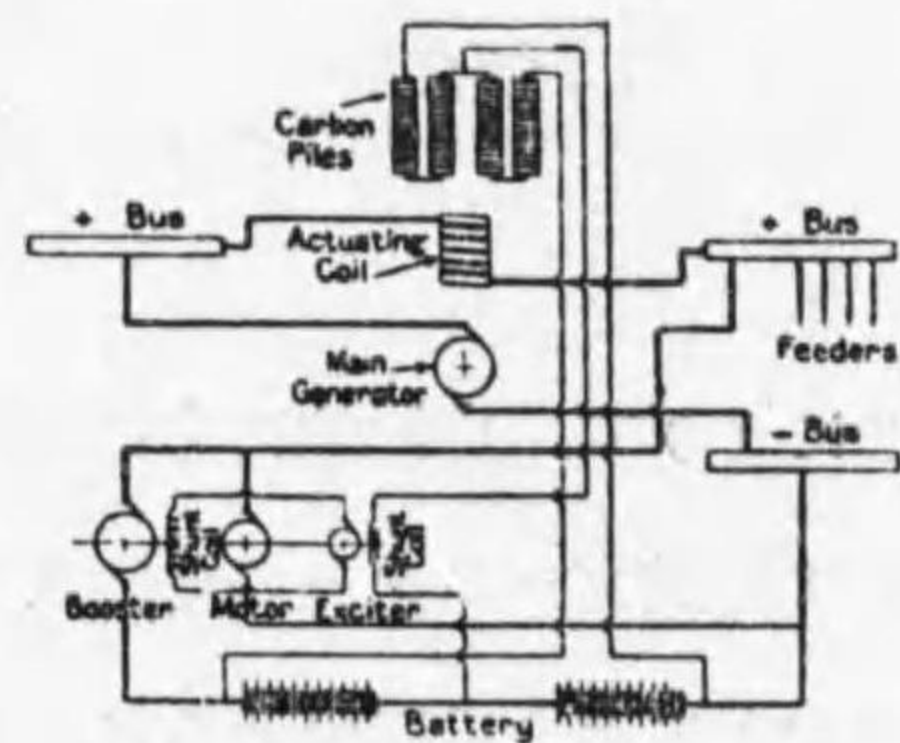
上述の如き開閉器を用ひず巧妙なる方法によりて、自動的に充電放電を行はしむるものあり。第171圖はランカシア可逆ブースターの略圖なり。 $D$  は界磁線輪にして母線と蓄電池との電壓の差によりて勵磁せられ、蓄電池の電壓を母線の夫に等しからしむ。 $AB$  は負荷電流電壓によりて勵磁せられ規定負荷の場合は其作用互に打消す。負荷増大せりとせば  $A$  の磁界は強くなり、蓄電池は放電し負荷の一部を負ひ、規定負荷になれる場合再び蓄電池は充電せらる。



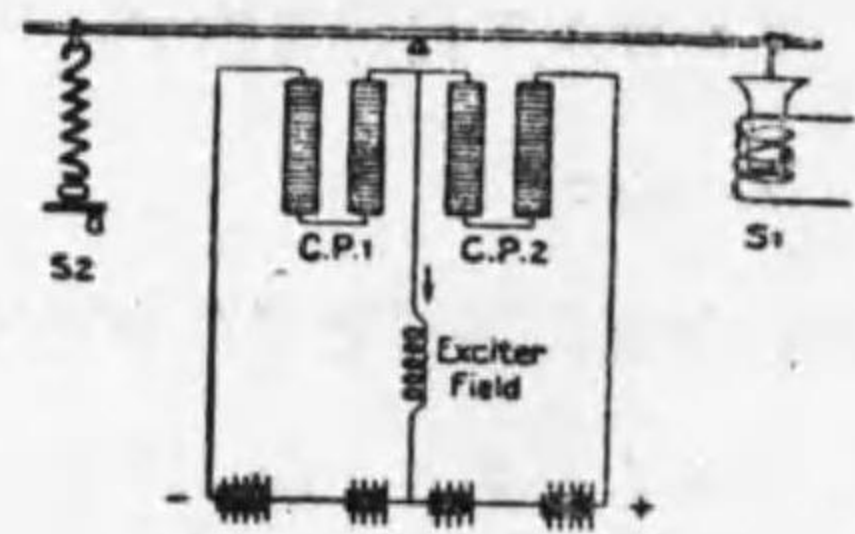
第171圖 ランカシア可逆ブースター

(c) エンツ自動可逆ブースター (Entz automatic reversible booster)

此ブースターは電動機、勵磁機及び發電機の直結せるものよりなり、勵磁機は特別の調整機を通し蓄電池によりて勵磁せらる。調整機は炭素板の堆積よりなり、第172圖上部に示すものにして、左右二群の炭素板に分れ



第172圖  
エンツ自動可逆ブースター

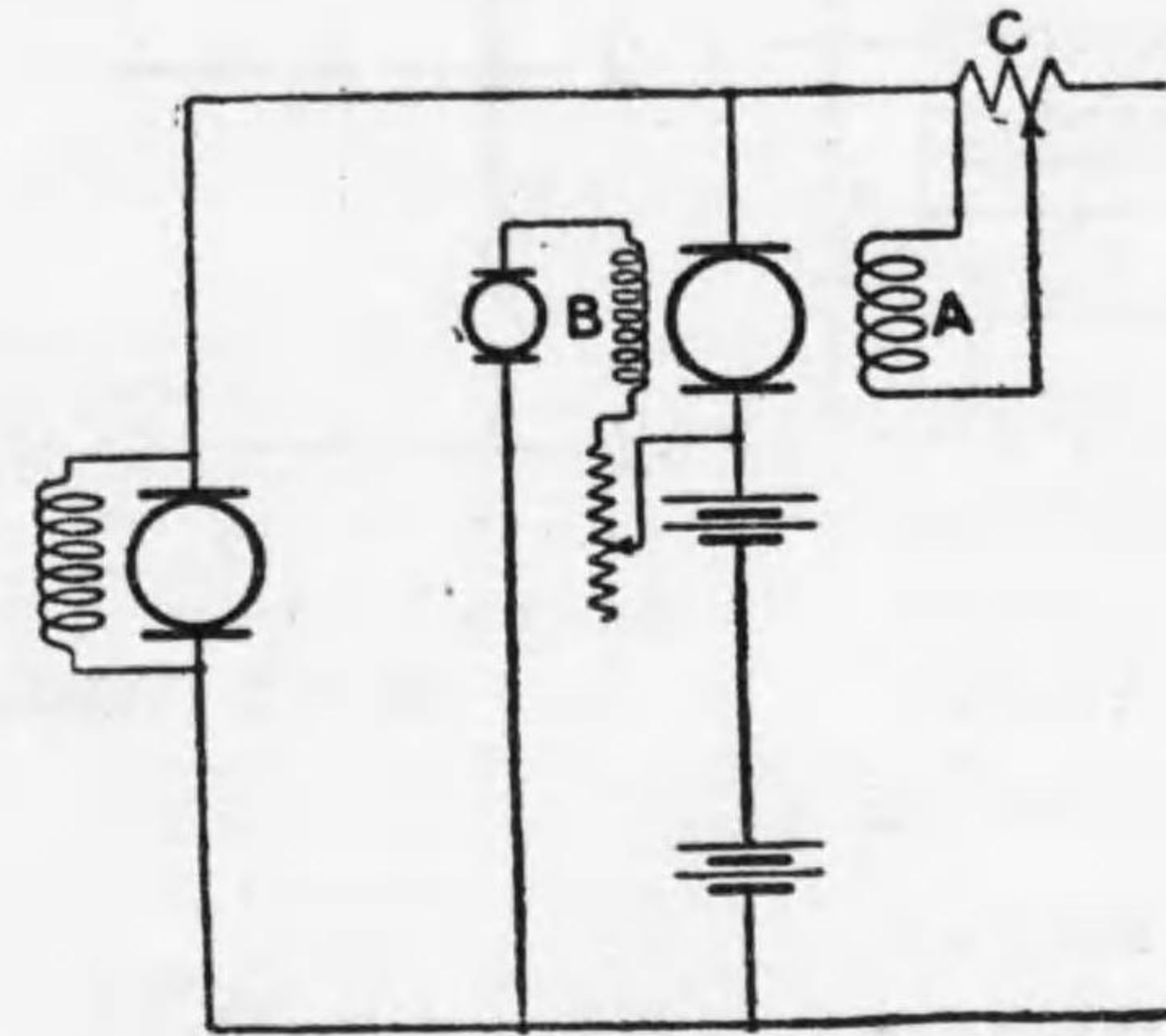


第173圖  
エンツ自動可逆ブースター

其中間に勵磁機の磁界捲線は接続せらる。負荷電流の増減に従ひ左右の炭素板は其壓力を増減す。之により勵磁機の磁界捲線に通る電流は方向を變じ、従つてブースターの起電力の方向を變ふ。今負荷電流増加せりとせば圖

に於て右側の炭素板は壓力を増加し左側の炭素板の壓力は減す。此時ブースターの電壓を増加せしむる如く接続せば可なり。

(d) ハイフィールド自動可逆ブースター (Highfield automatic reversible booster)



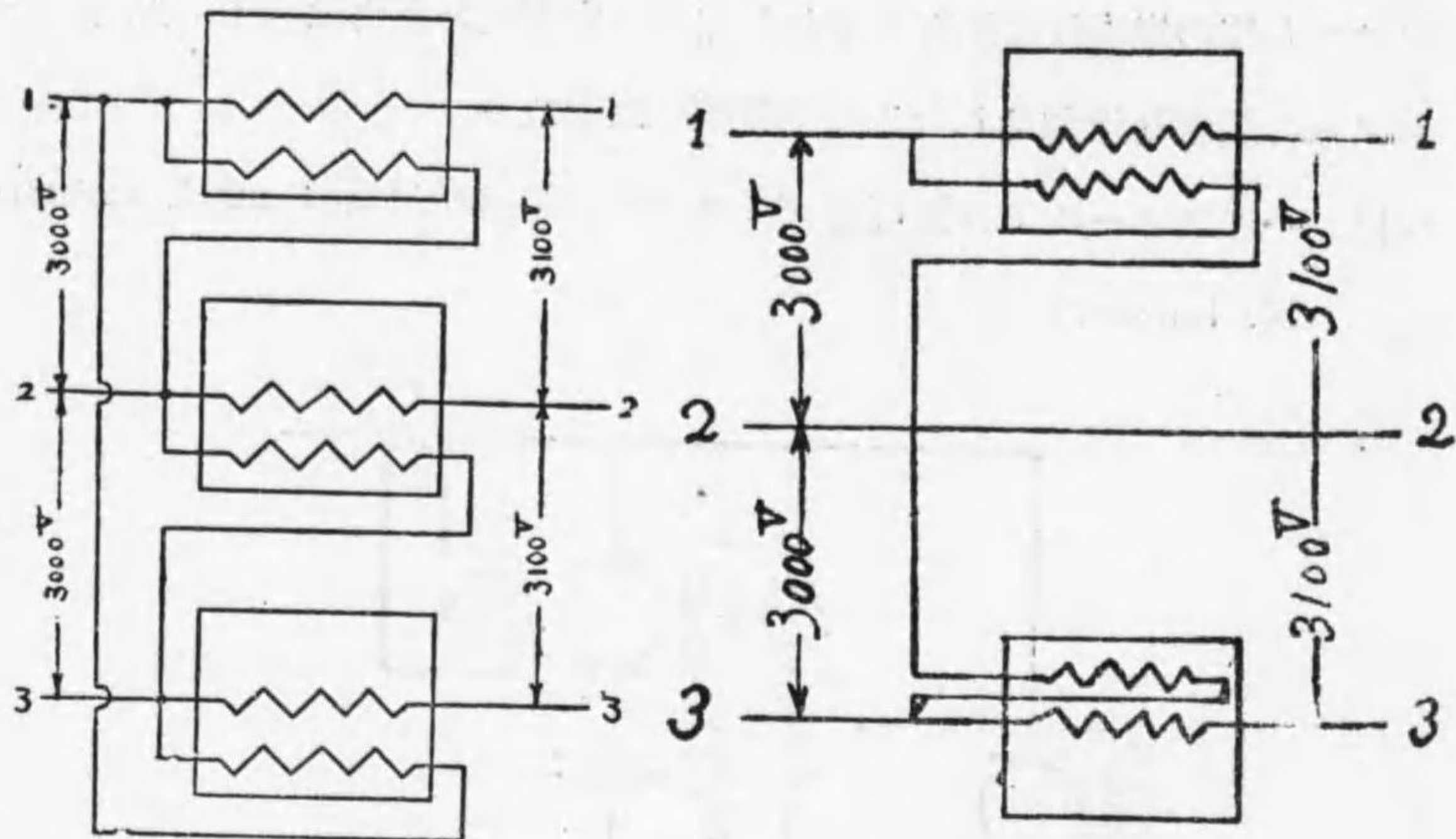
第174圖 ハイフィールド自動可逆ブースター

此ブースターは前記エンツブースターと共に一般に用ひらる。第174圖に示す如き接続を有し發電機の界磁線論は二つよりなる。一は饋電線の電流の一部を通じ勵磁機及び蓄電池によりて勵磁せらる。或饋電線の電流に對してはブースター及び蓄電池は饋電線の間浮漂する如く調整せば、或る電流以上の負荷ある場合蓄電池は放電し其負荷を助く可し。

(B) 交流の場合

交流電壓の調整には單捲變壓器、或は誘導調整器によるか蓄電池と同轉變流機を併用したる方法によるを要す。

(a) 單捲變壓器 (Autotransformer or booster transformer)



第175圖 單捲變壓器

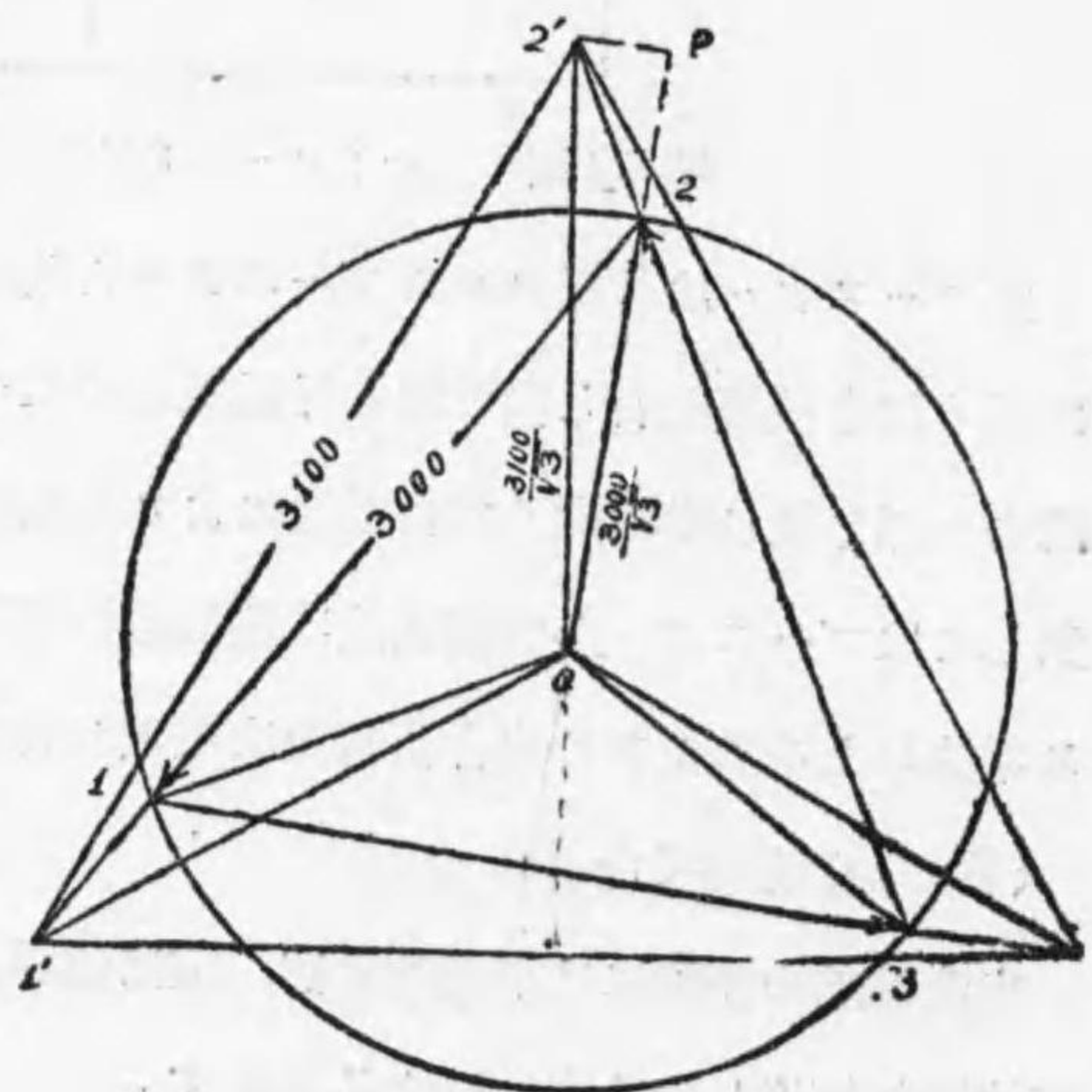
第176圖 單捲變壓器

單捲變壓器は第175圖第176圖の如く接続す。之等のベクトル圖を示せば第177圖第178圖の如し。

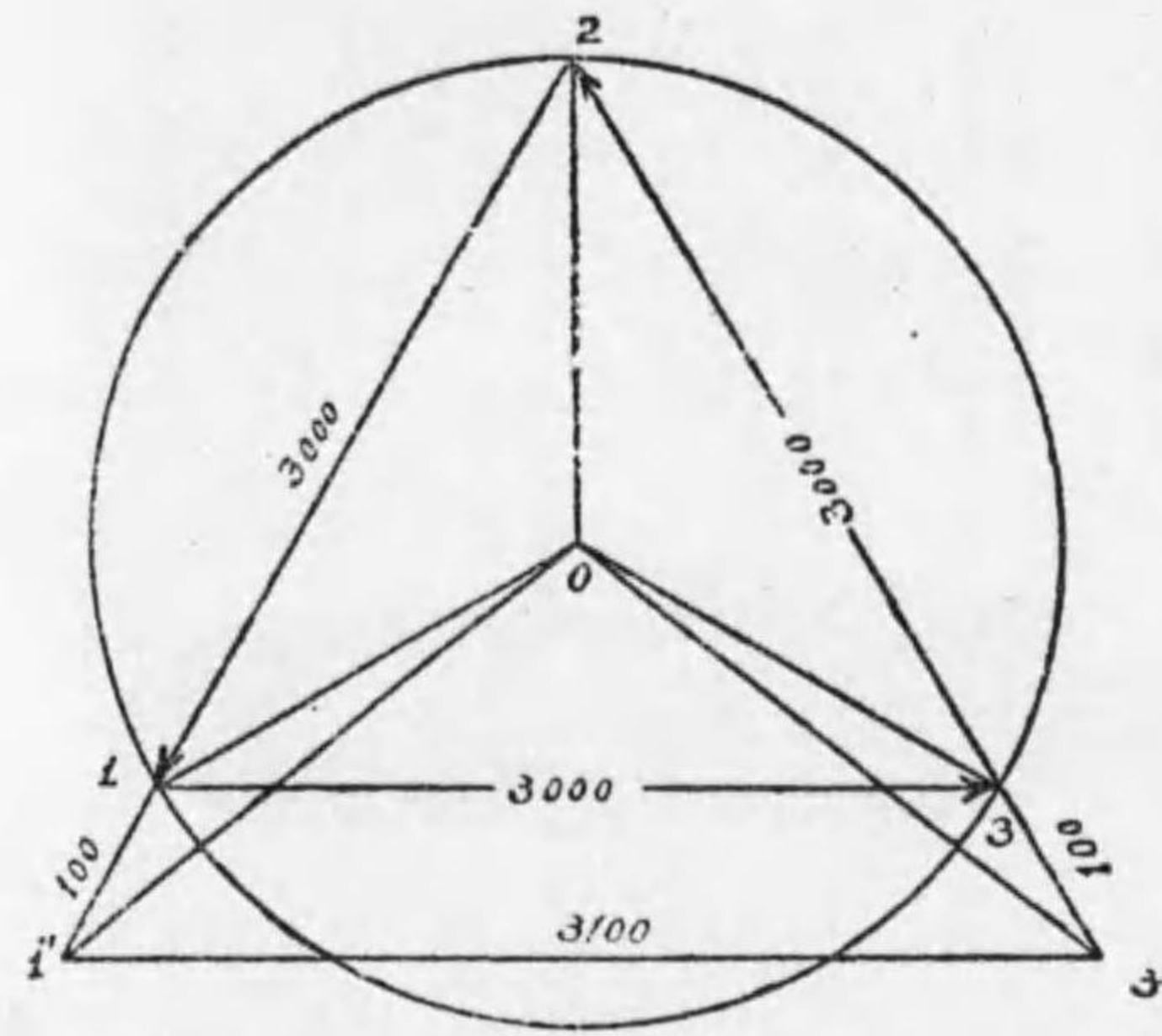
此ブースター變壓器の一個の發生電壓を  $E$  とせば前者に於ては

$$\left(\frac{3100}{\sqrt{3}}\right)^2 = \left(\frac{3000}{\sqrt{3}} + \frac{\sqrt{3}}{2}E\right)^2 + \left(\frac{1}{2}E\right)^2$$

$\therefore E \cong 65 V$



第177圖 單捲變壓器のベクトル圖



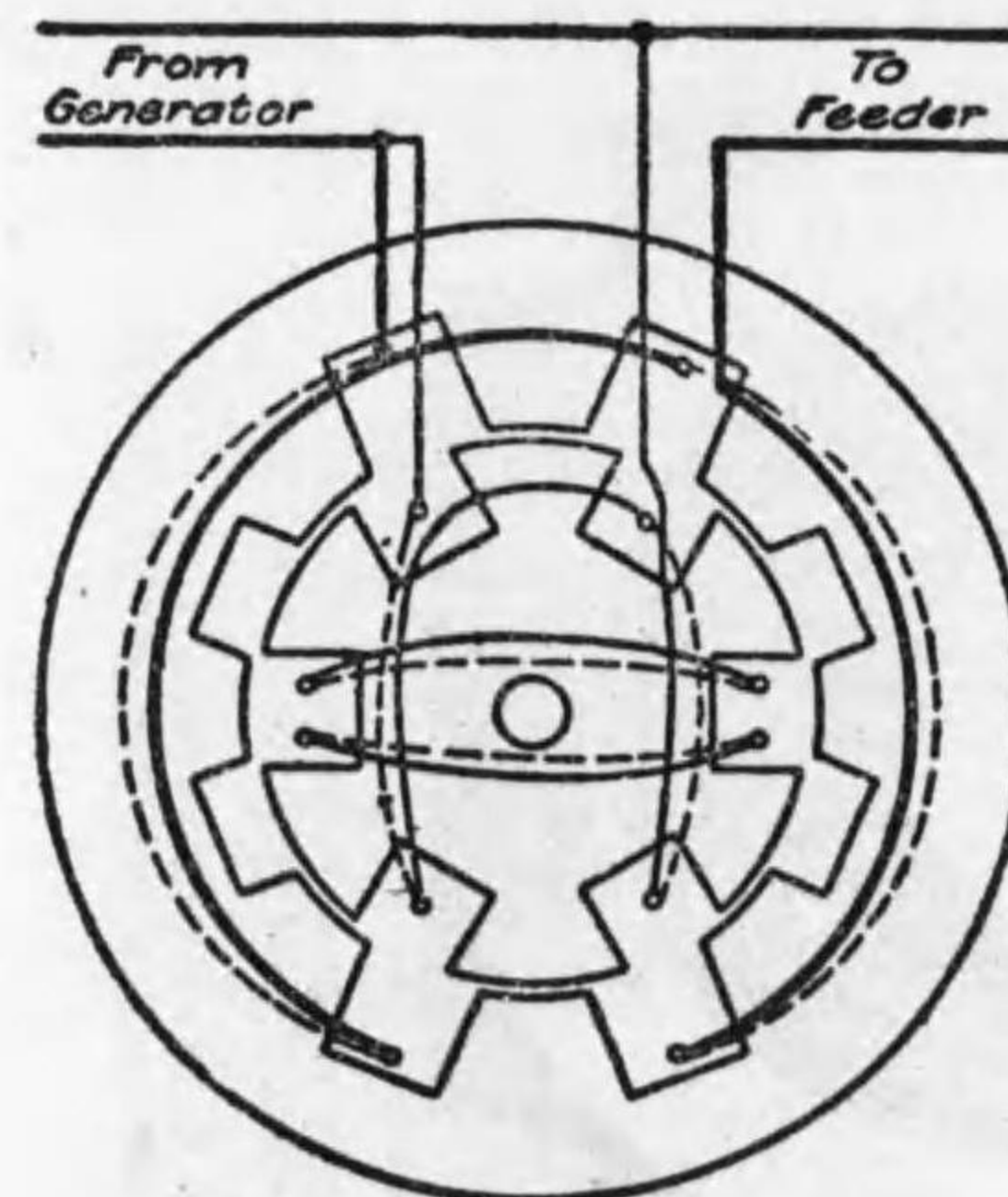
第178圖 單捲變壓器のベクトル圖

後者の場合には各 100 V にて前者より大なり。之等變壓器の容量は此電壓に通過する電流を乗せしものにして、今各線 20 A の負荷電流あるものとせば前者に於ては  $65 \times 20 = 1300 V.A.$  即  $1.3 kV.A.$  後者の場合は  $\frac{100 \times 20}{1000} = 2 kV.A.$  なり。此變壓

器に多くのタップを付け電壓調整をなし得るものあり。

(b) 誘導調整器 (Induction regulator)

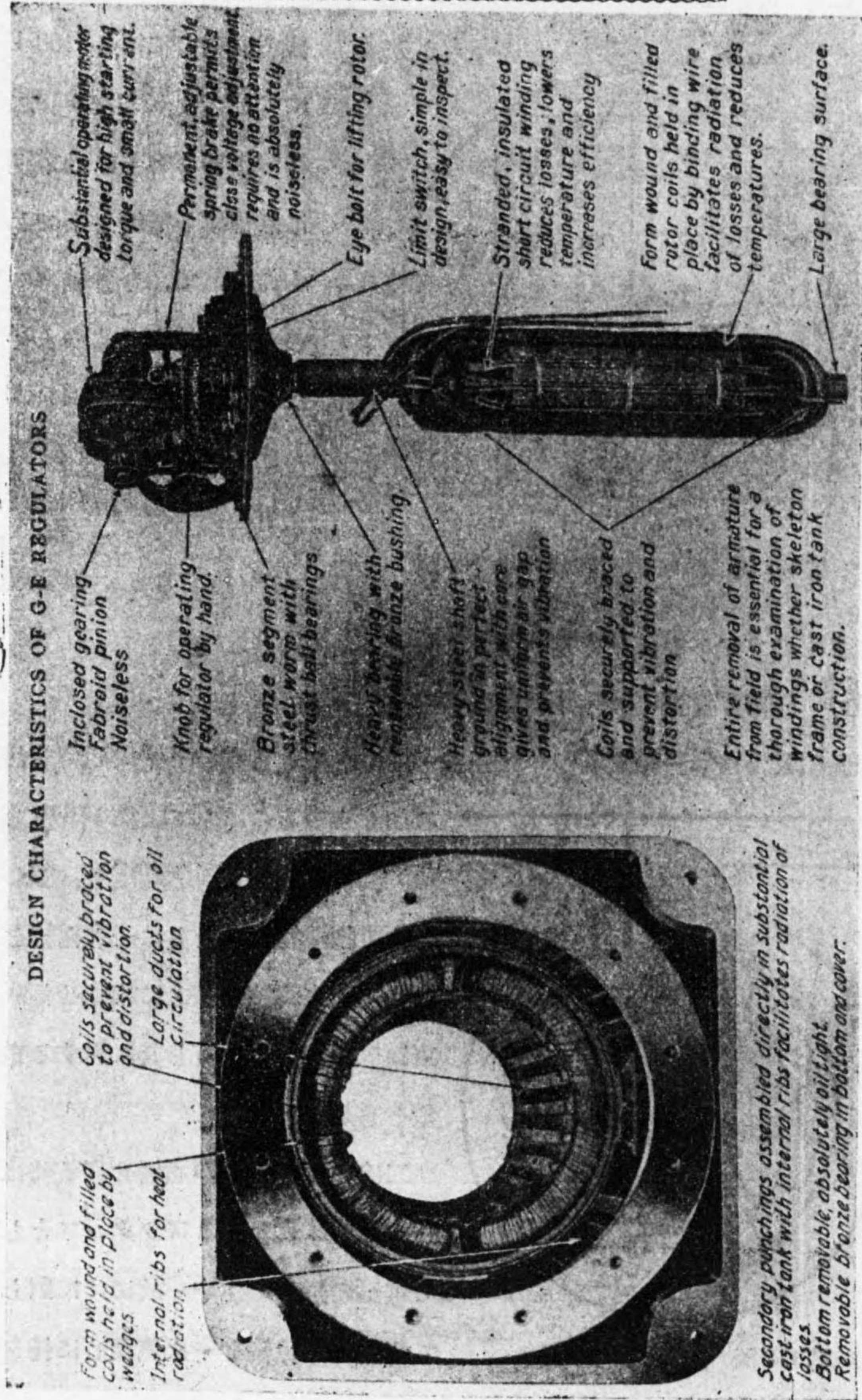
誘導調整器とは單捲變壓器の一次捲線が之に附屬せる鐵心と共に回轉し得



第179圖 誘導調整器

る如くせるものにして 第179圖第180圖に示せるもの之れなり。圖の如く單相の場合に於ては一次捲線がある角度を回轉せば之に相應せる磁束は二次捲線と鎖貫し共に對する電壓を誘起す。

二次捲線を磁束の通過せざる時は一次捲線は大なるリアクタンスとして電壓の降下を生ず。故に之に對して短絡せる線輪を一次側鐵心に捲き

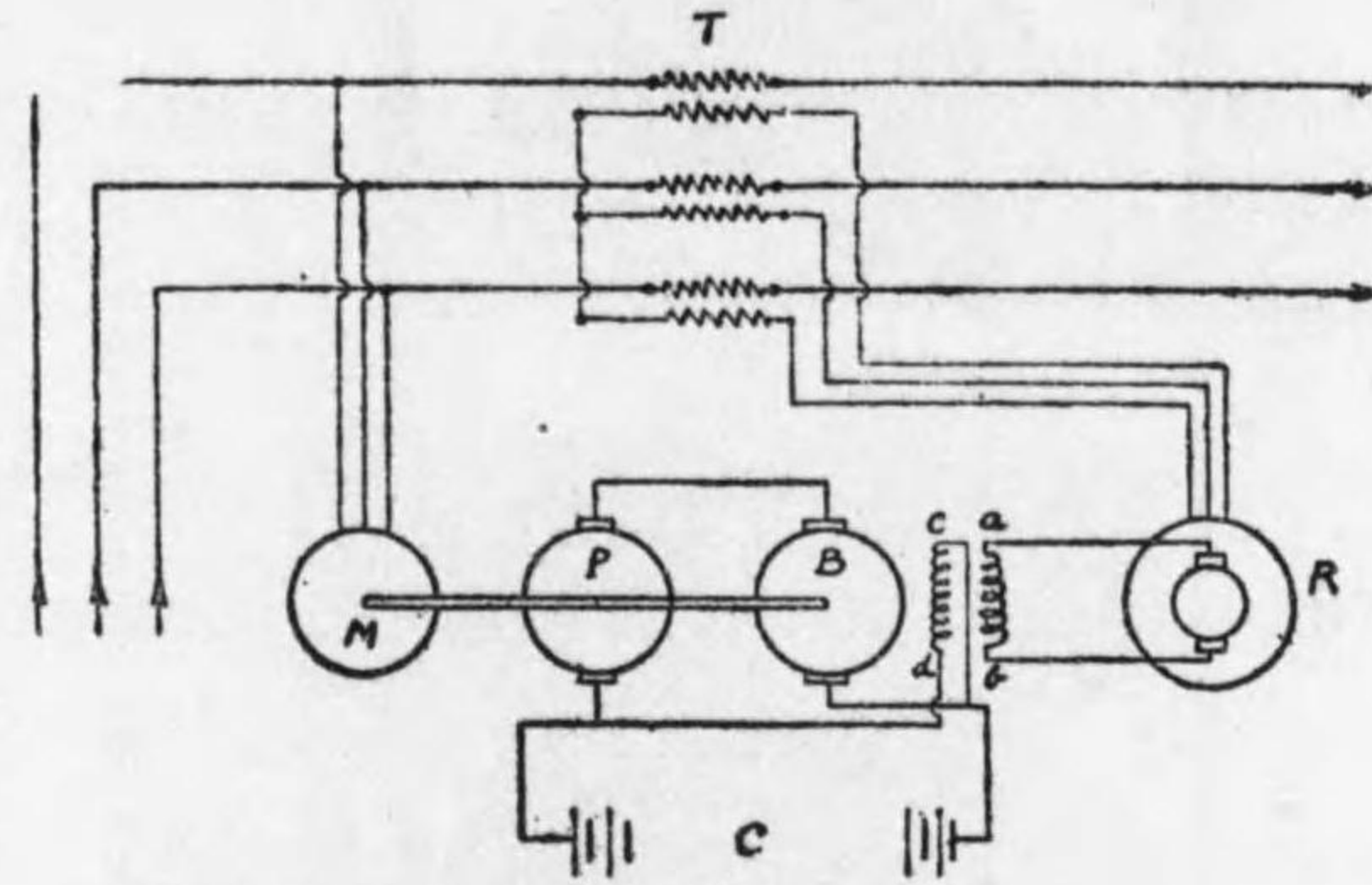


第 180 圖 誘導調整器

リアクタンスを小ならしむ。

(c) 蓄電池を用ふる方法

蓄電池を用ふる方法は直流の場合と同様に負荷大なる場合に其一部を蓄電池に依つて回轉せらるる誘導發電機にて供給せられ、負荷小なる場合は前記發電機は電動機となりて直流機により充電す。獨逸國特許 Nu 161 805



T... Transformer  
M... Induction Motor, Induction Generator  
P... D.C. Generator, D.C. Motor  
B... Booster  
R... Rotary Converter  
C... Secondary Cells

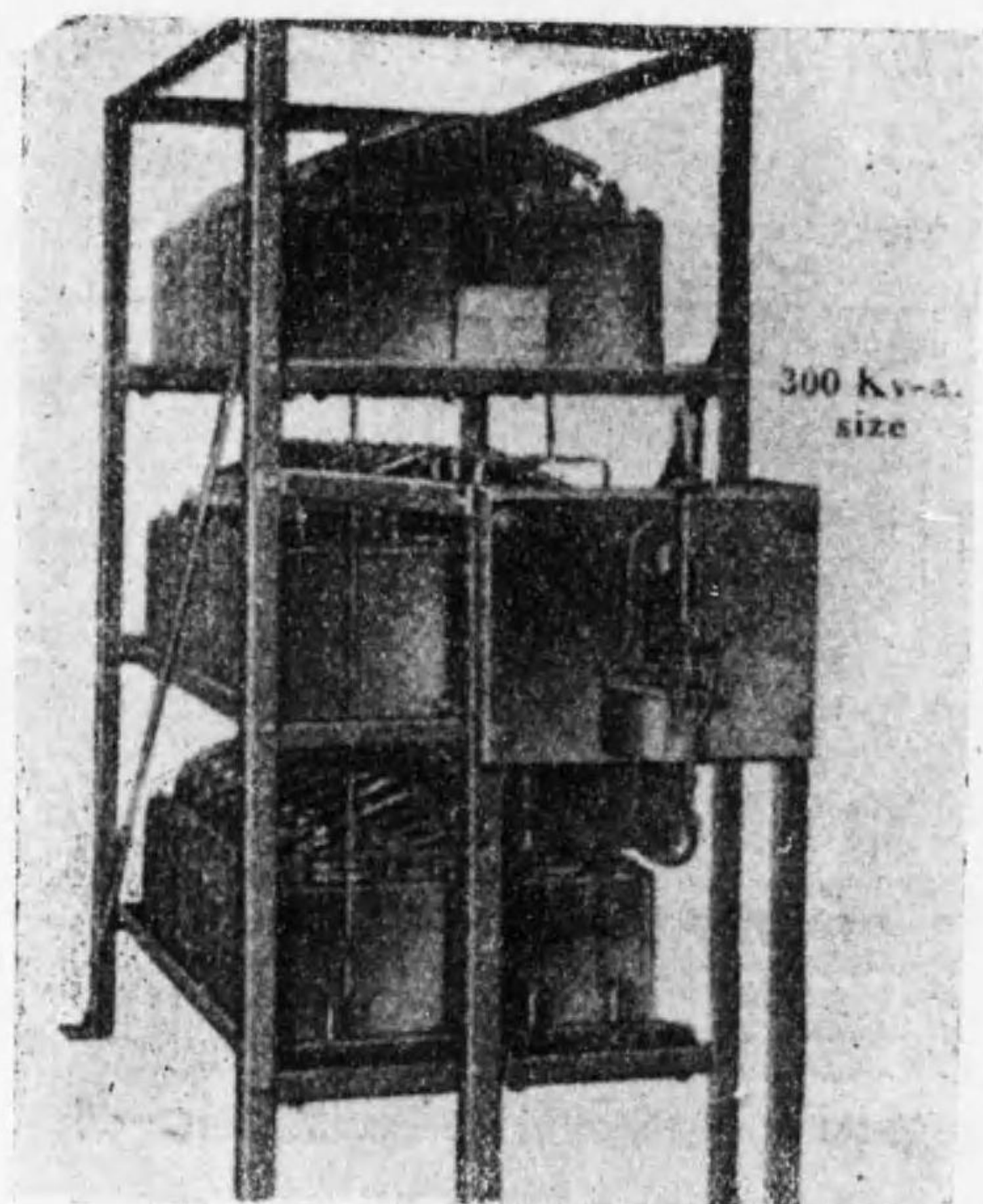
第 181 圖 蓄電池を用ふる交流電壓調整の一例

によるものは第 181 圖に示せるものなり。

ab 及び cd は共にブースター磁界捲線にして規定負荷の場合は互に相殺しブースターは起電力なし。若し負荷電流増加せりとせば ab 捲線により B の電壓は蓄電池の電壓と逆に働き、P は直流電動機となり M を回轉し、M は誘導發電機となりて負荷の一部を負ふ。若し之に反し負荷減小せりとせば cd は ab に打勝ち、B の電壓を蓄電池の夫に相對し P と B との起電力にて c の電壓に逆ひて充電す、此際 M は電動機となる。R なる

rotary converter より出づる直流は交流負荷，即變壓器電流に殆ど比例すれども特別のものを用ふるをよしとす。

線間電圧高き場合は静電容量を負荷に並列に入れ線中の電圧降下を減少せしむるを得。第182圖は此種静電容量の一なり。



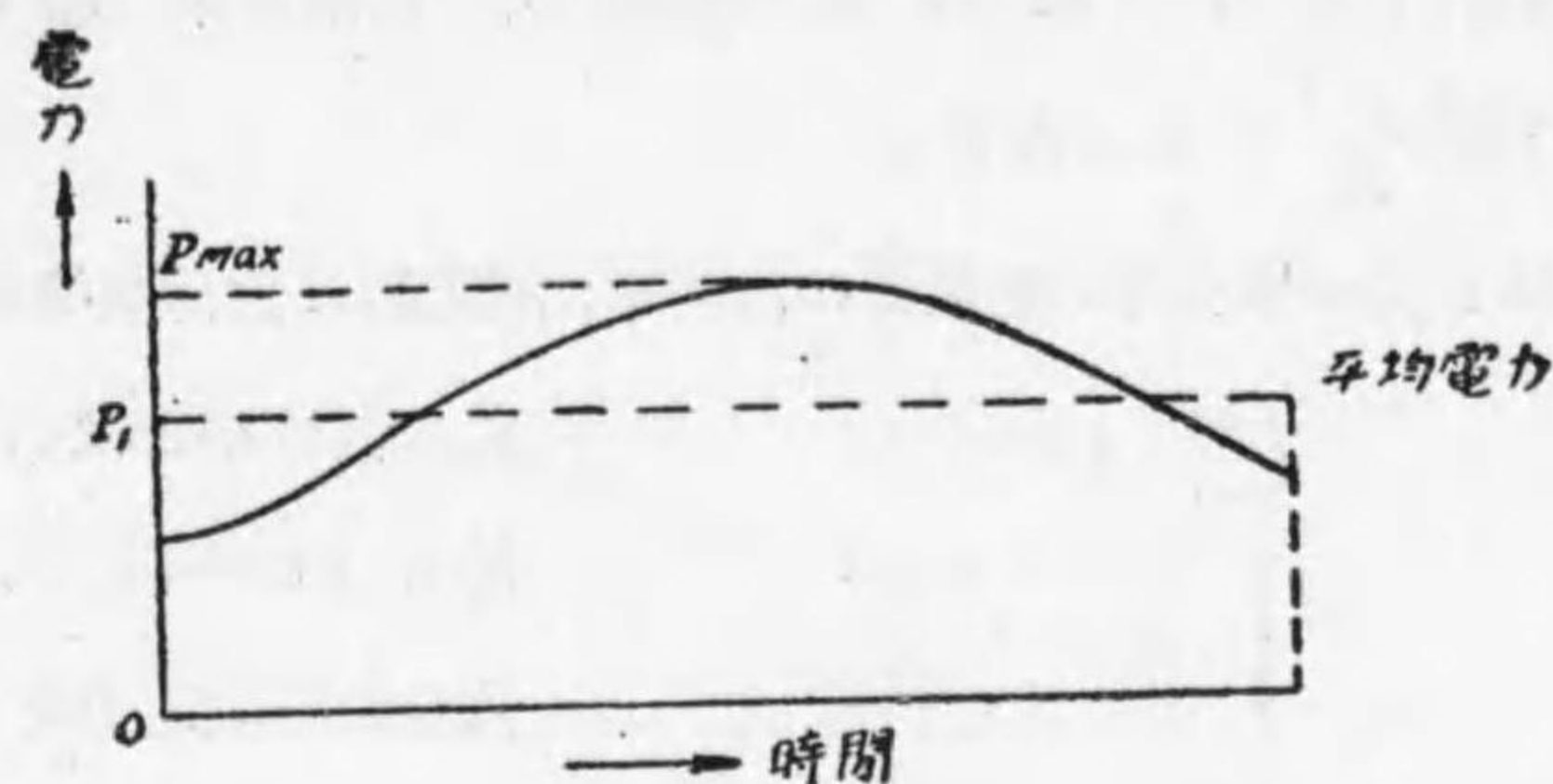
第182圖 電圧調整用静電容量

### 3 負荷率需要率及び散荷率

#### 負荷率 (Load factor)

ある機械，設備等の負荷率とはある期間内に於ける平均負荷電力と其期間内の最大需要電力との比を云ふ。第183圖を見れば明なるべし。

#### 需要率 (Demand factor)



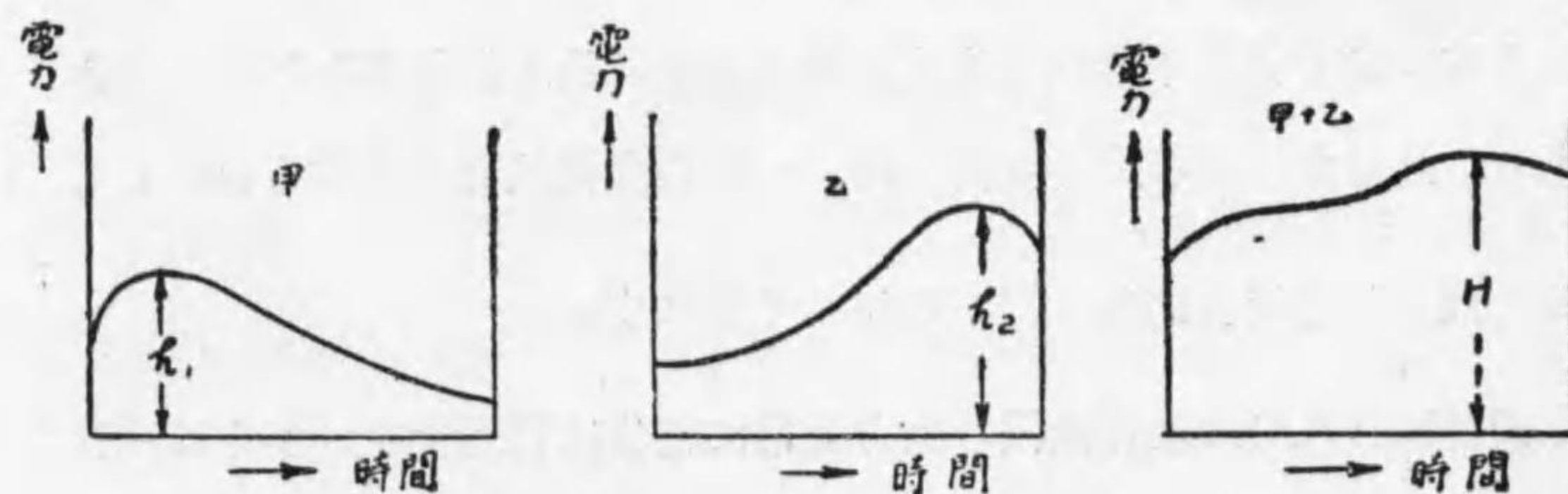
$$\text{Load factor} = \frac{OP}{OP_{max}}$$

第183圖 負荷率の説明圖

ある系統の需要率とは其系統に接続せられたる全體の負荷に對する最大需要電力の割合なり。即ち其系統に接続せられたる全體の記録板に記載せられたる馬力數に對する電力の和を以つて，實際に用ふる最大電力を割りしものなり。今 5 K.W. 4 K.W. 及び 3 K.W. の大きさの負荷が一の系統に接続せられ居るとし，此三つの負荷の和は實際最大 10 K.W. を要せりとせば需要率は  $\frac{10}{12}$  なり。

#### 散荷率 (Diversity factor) 不齊率

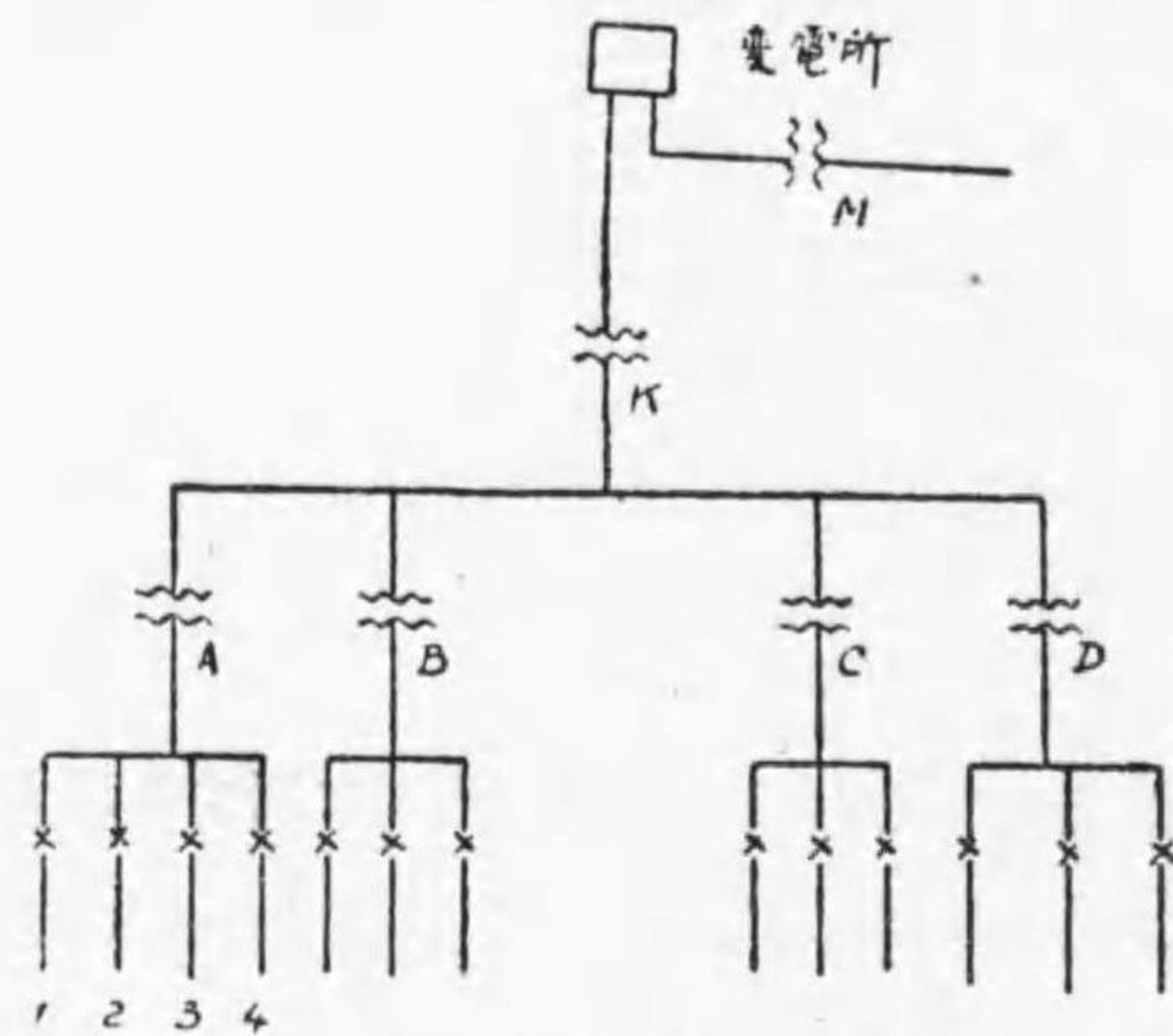
一個一個の負荷の最大電力の和と，之等の負荷の接続せられたる系統の



第184圖 散荷率の説明圖

最大電力との比を散荷率と云ふ。第184圖に於ては散荷率 即 Diversity factor は  $= \frac{h_1+h_2}{H} > 1$  なり。

散荷率には負荷の散荷率、變壓器の散荷率、配電線の散荷率等種々あり。



第185圖 各種散荷率の説明圖

負荷散荷率とは第185圖に於てAの一群(1)(2)(3)の負荷の最大電力を  $h_1, h_2, h_3$  及  $h_4$  とし、Aの部分の最大電力を  $H$  とせば

$$\text{負荷散荷率} = \frac{h_1+h_2+h_3+h_4}{H}$$

配電線變壓器散荷率とは、A.B.C. 及び Dの變壓器の

最大負荷を  $H_1, H_2, H_3$  及  $H_4$  とし  $K$  の最大電力を  $K$  とせば

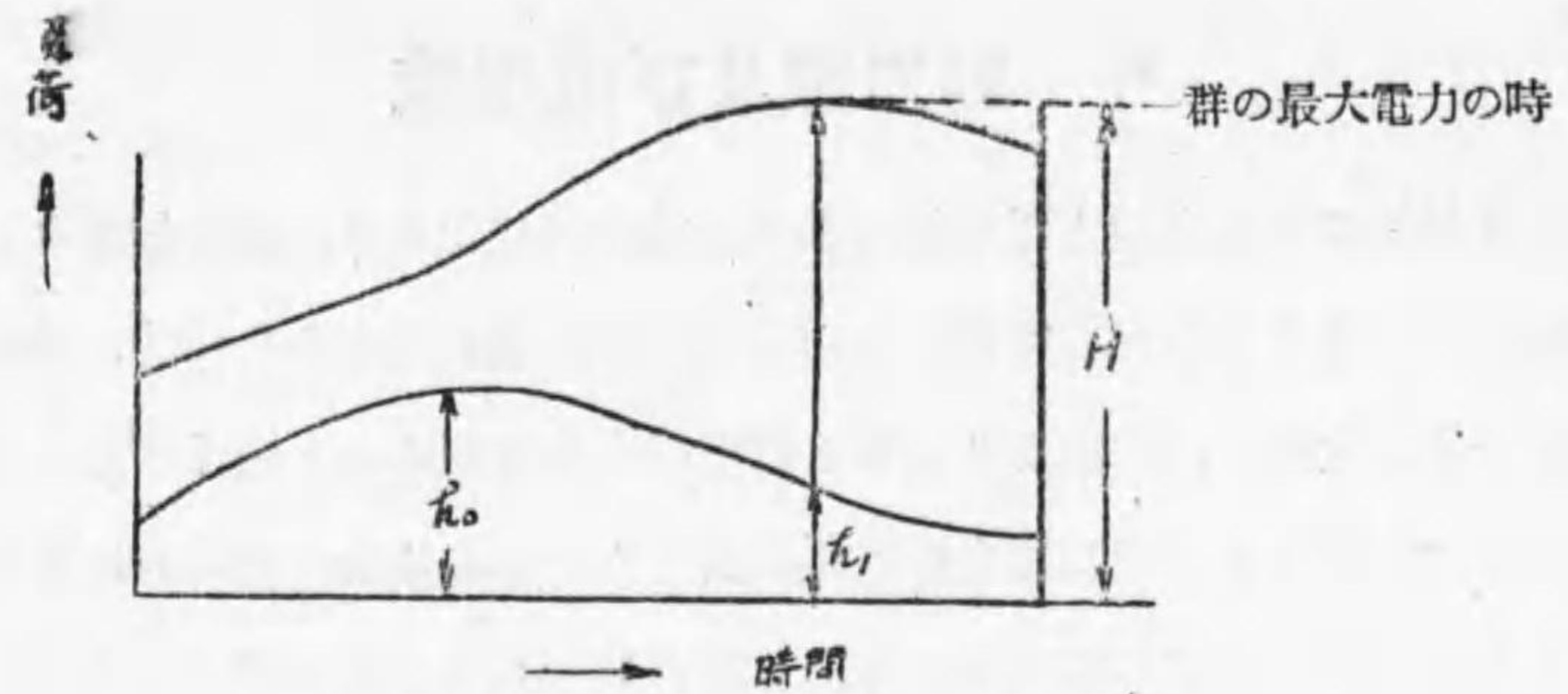
$$\text{配電線變壓器散荷率} = \frac{H_1+H_2+H_3+H_4}{K}$$

又配電線散荷率とは同様に

$$\frac{K+M}{\text{變電所出力の最大}} \text{ となる。}$$

以上是一群の散荷率なれども之と異なる意味に於て散荷率なる語を用ふる事あり。之は此一群の最大負荷の時、一個の負荷状態を表すものにして、第186圖の如き場合には  $\frac{h_1}{h_0}$  を以つて表はす。

需要家の凡ては取付機械の出力を常に充分に利用せず、多くは一日二三時間多くとも數時間全出力を出さしむるのみ。且一つの需要家の全出力を



第186圖 散荷率の説明圖

出す時刻は他の需要家の全出力を出す時刻と相違す、従て負荷率需要率は常に1より小に、散荷率は常に1より大なり。之れが爲送電線配電線の太さ、變壓器の大きさ等は取付電力より小なる電力に對して設計せるものにして充分なり。

例ば下表の如しとせば變電所の出力1に對し配電幹線には1.1の電力を供給するを得。配電幹線1の電力設備は配電線の1.2の設備を満足せしむるを得。従て變電所1の出力の設備は配電線  $1.2 \times 1.1 = 1.32$  の出力の設備に満足を與ふ。同様に變電所1の出力の設備は需要家の負荷

$$1.4 \times 1.3 \times 1.2 \times 1.1 = 2.38$$

の電力に適當なり。

	負荷 變壓器	變壓器 配電線	配電線 配電幹線	配電幹線 變電所
散荷率	1.4	1.3	1.2	1.1



#### 4 動力線及び電燈線

配電線路には動力線と電燈線とあり、或は晝間線あり、夜間線あり。動力線に於ては大なる負荷變動あるが爲電燈線を兼ねしむるを得ず、又電壓降下一般に大なれば此點よりしても電燈線として用ふるを避く可し。但し晝間電力を動力に、夜間は之を電燈に供せんとする場合は此限りに非ず。只其負荷の重疊せざる様適當の方法を用ふるを要す。次に示す戸上式自動配電装置は巧に其切換を行はしむるものなり。其説明書の一部を其儘茲に記す。

(第一案の特長) 本案は全く一回線で、何等補助線等を使用せず、晝間夜間、晝夜間の配電を爲し得るので、單に本案用自動開閉器を、晝間又は夜間の分岐線に設置しただけで宜しく、何等幹線の増設、變更を要しないから部落又は市間配電等、長距離配電に最も經濟的であります。

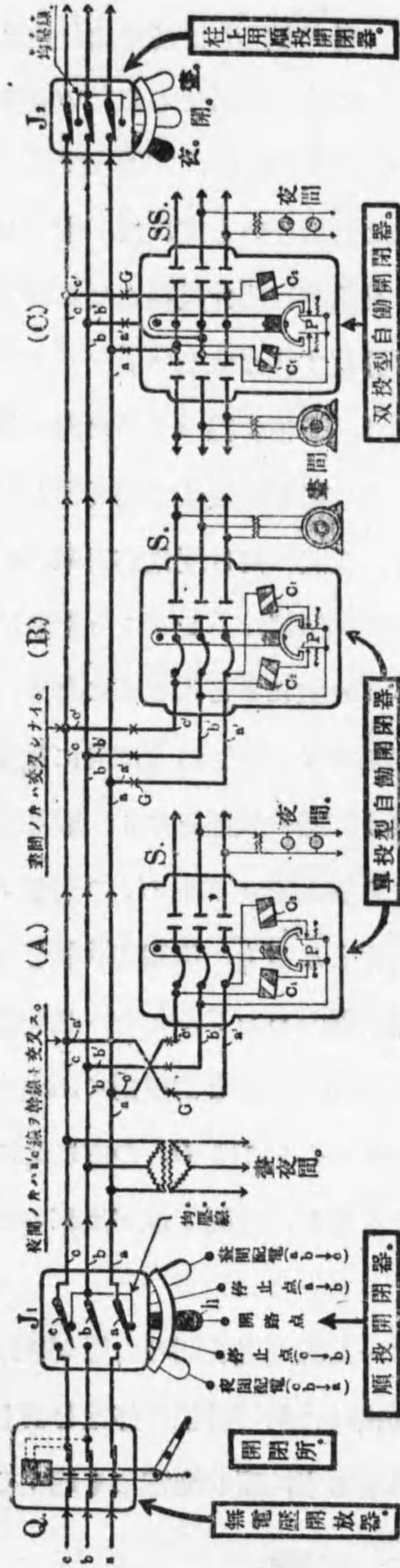
(第一案用器具) 本案に要する器具は第187圖に示す如く開閉所又は變電所内に、無電壓開放器及び順投開閉器を設置し、線路の晝夜分岐線に單投又は双投型の自動開閉器を適當に設置するので、順投開閉器のハンドルを晝夜間何れにか倒す事により、極めて簡単に自動切換配電が出来ます。

(各器の結線法) 第187圖に於て、 $J_1$ は順投開閉器で、開閉所内に設置す。 $S$ 又は $SS$ は夫々單投又は双投型自動開閉器で、晝、夜、分岐點に設置す。順投開閉器 $J_1$ を出た $abc$ 三相幹線の内、中央線 $b$ を、必ず各自自動開閉器の口出線(又はコイル線) $a'b'c'$ の内、中央線 $b'$ に結ぶので、晝夜間の別は、残りの幹線 $ac$ 線と、口出線 $a'c'$ 線との交叉の如何に依る。即ち上圖分岐線 $A$ に於ては夜間に使用されて居るから、幹線の $a$ 線に $c'$ 線

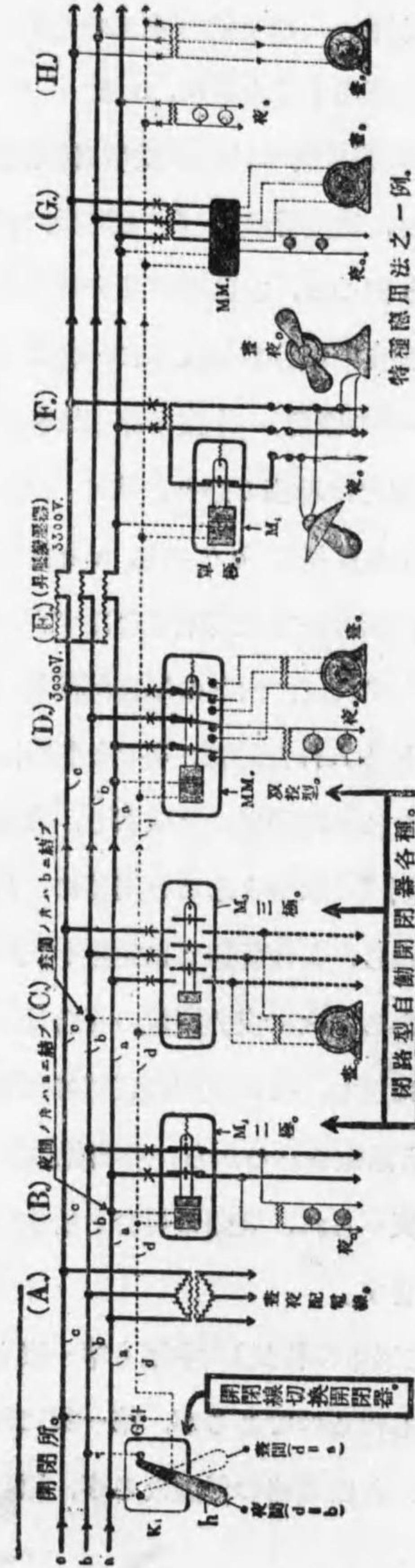
を又 $c$ 線に $a'$ 線を結び交叉せしめて居るが、分岐線 $B$ に於ては、之れを晝間に使用するために、 $a$ を $a'$ に $c$ を $c'$ に結び交叉せしめない。次に $c$ 分岐線に於ては、双投型自動開閉器 $SS$ が使用され、本器と幹線との結線を、晝間分岐線 $B$ と同様、何等交叉せしめないとすれば、本器の電源より向つて、右側が晝間分岐線となり、左側が夜間分岐線となるのである。晝夜連続分岐線は單に、幹線から直接分岐すれば宜しい。

(第一案の原理) 本案の原理は極めて簡單で、三相幹線 $abc$ の内、始め $ab$ 線だけ單相で送り、次に $c$ 線を入れて三相となせば晝間配電が出来るとすれば逆に $cb$ 次に $a$ と送電すれば、夜間にだけ配電出来るので、今同圖に於て晝間配電をなすために、順投開閉器のハンドル $h$ を右に倒したとすれば、内部の單極開閉器 $abc$ が $ab$ 次に $c$ と入る事になり、始め $ab$ と入れた時に、各自自動開閉器の電磁石コイル $C_1$ の方に先に電壓が與へられ、可動鐵心を吸引し、夜間分岐線は開路の状態となり、晝間分岐線は閉路の状態となると同時に、反對側にある電磁コイル $C_2$ の接點 $P$ を開くから、其後幹線 $c$ に電壓が與へられ三相となるも、依然其状態を保つのである。次に夜間配電の場合は、順投開閉器のハンドル $h$ を一旦開路の位置に戻し、次に夜間の位置に倒す時は、晝間の場合と恰度逆に、 $cb$ 次に $a$ と送電されるから、各自自動開閉器の電磁コイルには $C_2$ の方に先に電壓が與へられ、晝間の場合と恰度逆の働きをなし、夜間配電出来るのであります。

(第二案甲の特長) 本案も第一案と同様、一回線で晝夜間の自動切換配電をなし得るのであるが、第一案に比し、切換時に何等幹線の停電を要しない事、各器價格の低廉なる事、原理の簡單なる事、環狀配電にも適する



第 187 圖 第一案の原理



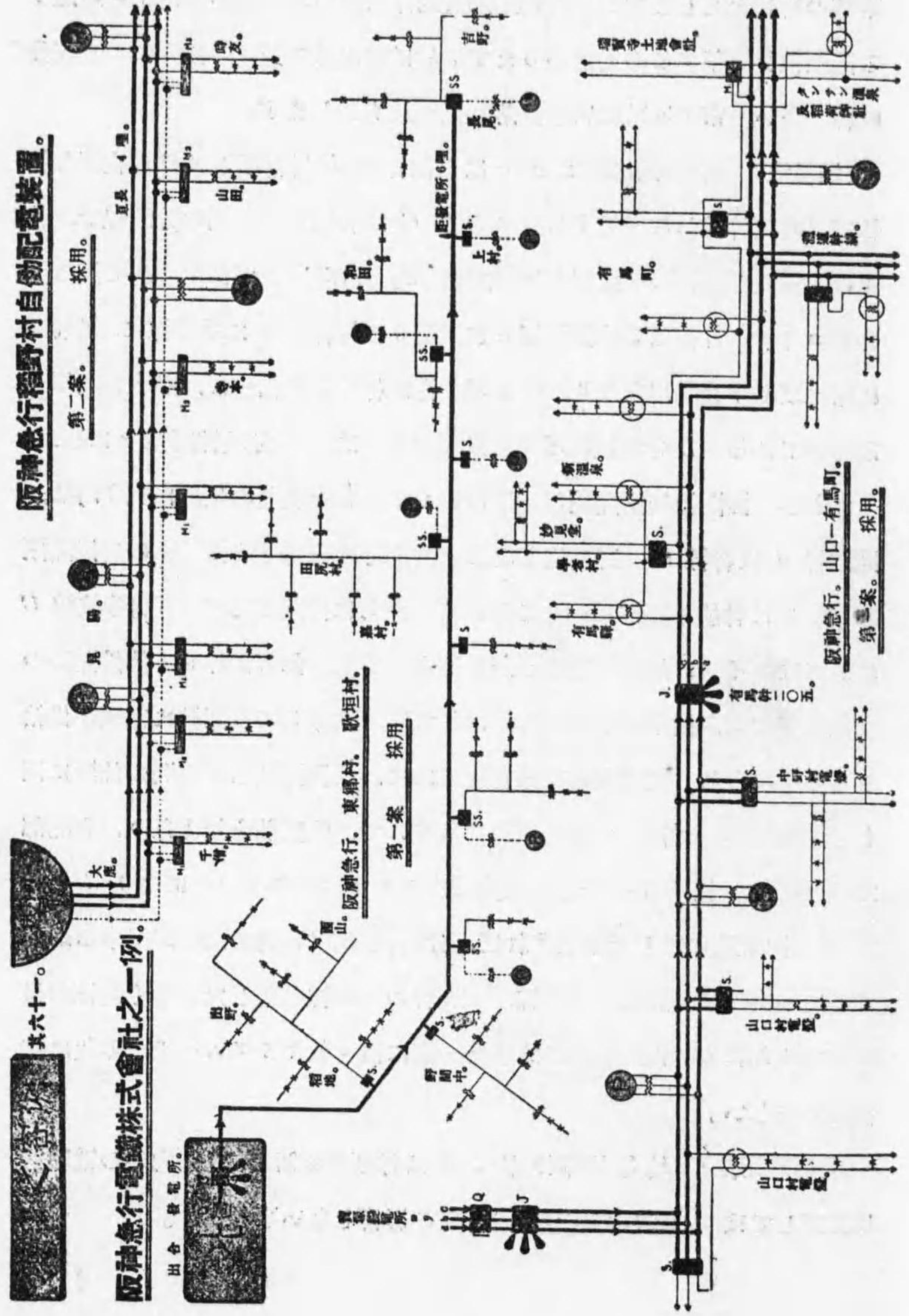
第 188 圖 第二案の原理

事等の特長を有しますが、自動開閉器動作用の極めて僅かの電流を通過する開閉線を添架する必要があります。故に饋電線の長さの割合に、晝夜分岐線の多い、市街地又は密集部落配電に最も適します。

(結線法) 第188圖に於て  $abc$  は三相幹線、 $d$  は開閉線、 $A$  は晝夜間分岐線で、直接幹線から分岐する。 $B$  及び  $C$  は夜間及び晝間の分岐線で、各々の二極及び三極の閉路型自動開閉器  $M_2$  及び  $M_3$  が使用されて居る。各器コイルの片線は必ず開閉器  $d$  に、残りの片線を  $B$  に示す様に、幹線  $a$  に結べば必ず夜間用となり、 $C$  に示す様に幹線  $b$  に結べば、必ず晝間用となるのである。 $D$  分岐線に示す双投型の本器は、 $B$  分岐線同様  $a$  に結ぶ。

(原理) 開閉線切換開閉器  $K_1$  のバンドル  $h$  を夜間の位置に倒す時は、開閉線  $d$  は幹線  $b$  と同電位となる。然る時は夜間分岐線  $B$  の自動開閉器  $M_2$  には幹線電圧が與へらるるから、直ちに開路するが、晝間分岐線  $C$  に於てはコイルに加はる電位が同電位となる故、何等動作せず依然開路の状態を保つ。双投型の本器  $MM$  に於ては、動作して夜間線に電圧が供給さるる事になる。次に晝間配電をなすには、切換開閉器を晝間の位置に倒し、開閉線  $d$  を幹線  $a$  と同電位になすので、恰度前と逆となり、晝間部だけに配電が出来る。今若し開閉所内ダumasキツチ  $G$  により  $d$  を幹線  $c$  と同電位になしたりとすれば、分岐線  $B, C$  共に配電が出来る。要するに本案は、晝間線、夜間線、晝夜線の三回線を架したと全く同様の目的が達せられる。尙開閉線には本器一臺に僅々數ミリアムペアなる故に鐵線にて宜しい。

(特種應用法)  $E$ 。第188圖に於て  $E$  は昇壓變壓器で、10%内外の電壓遞昇に對しては、本装置器具の動作に、何等影響しない事を示す。



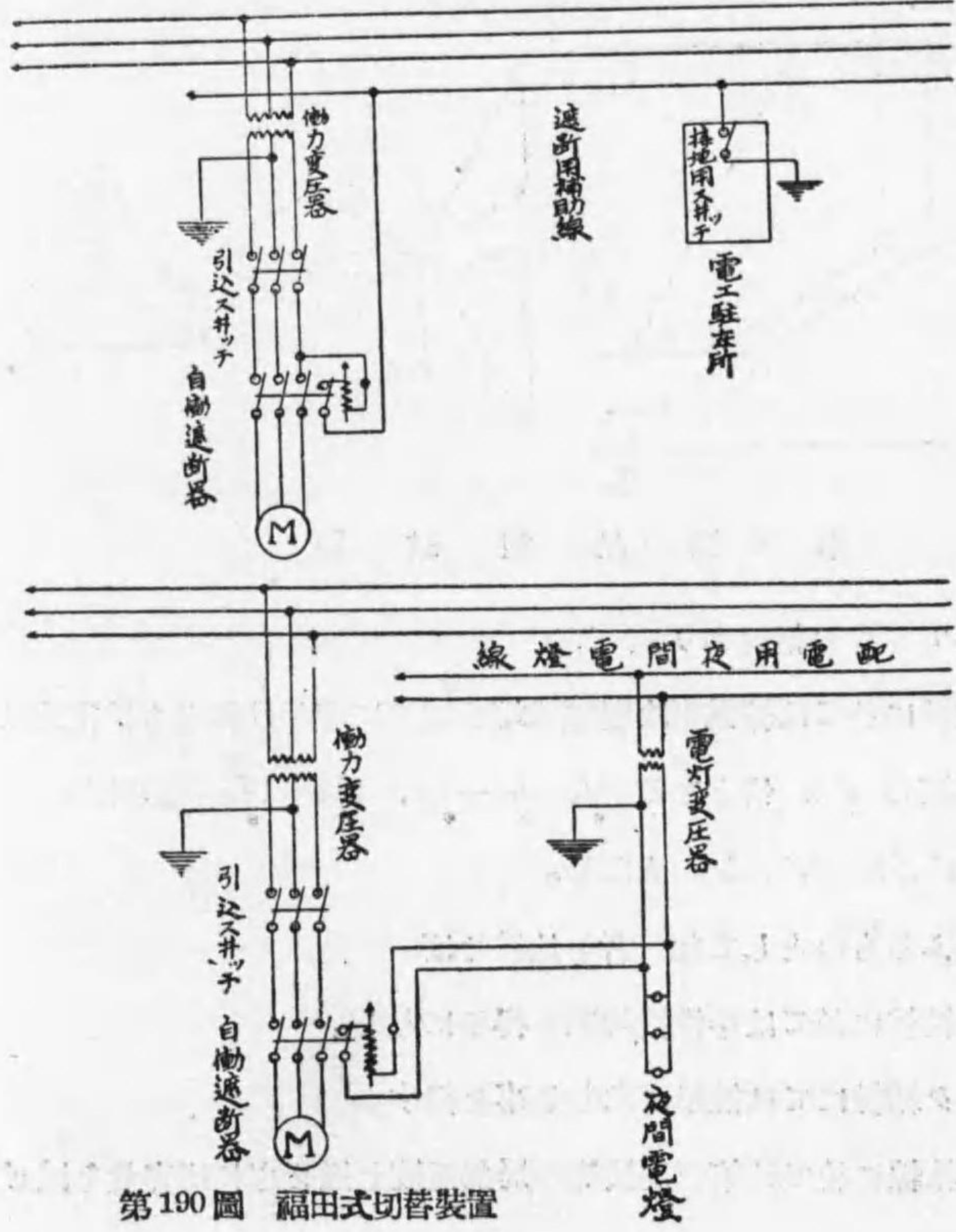
第 189 圖

F。は同じ變壓器を、晝夜扇風機、夜間電燈等に使用する場合の一例で單極の本器が使用され夜間電燈電壓線の片線を切換る事にして居る。

G。は閉路双投型自動開閉器を、晝間動力變壓器の低壓側に使用し、晝間動力變壓器を夜間電燈に利用する場合を示し低壓側を切換る。

H。臨時電燈又は動力ある場合は、圖に示す如く自動開閉器を省く事が出来る。この場合は開閉線に負荷電流の通ずる事に注意。

以上は戸上式の説明なれども此種切換に對し其他種々の考案あり。其の



第 190 圖 福田式切替装置

簡單なるものに第 190 圖に示す福田式の如きあり。

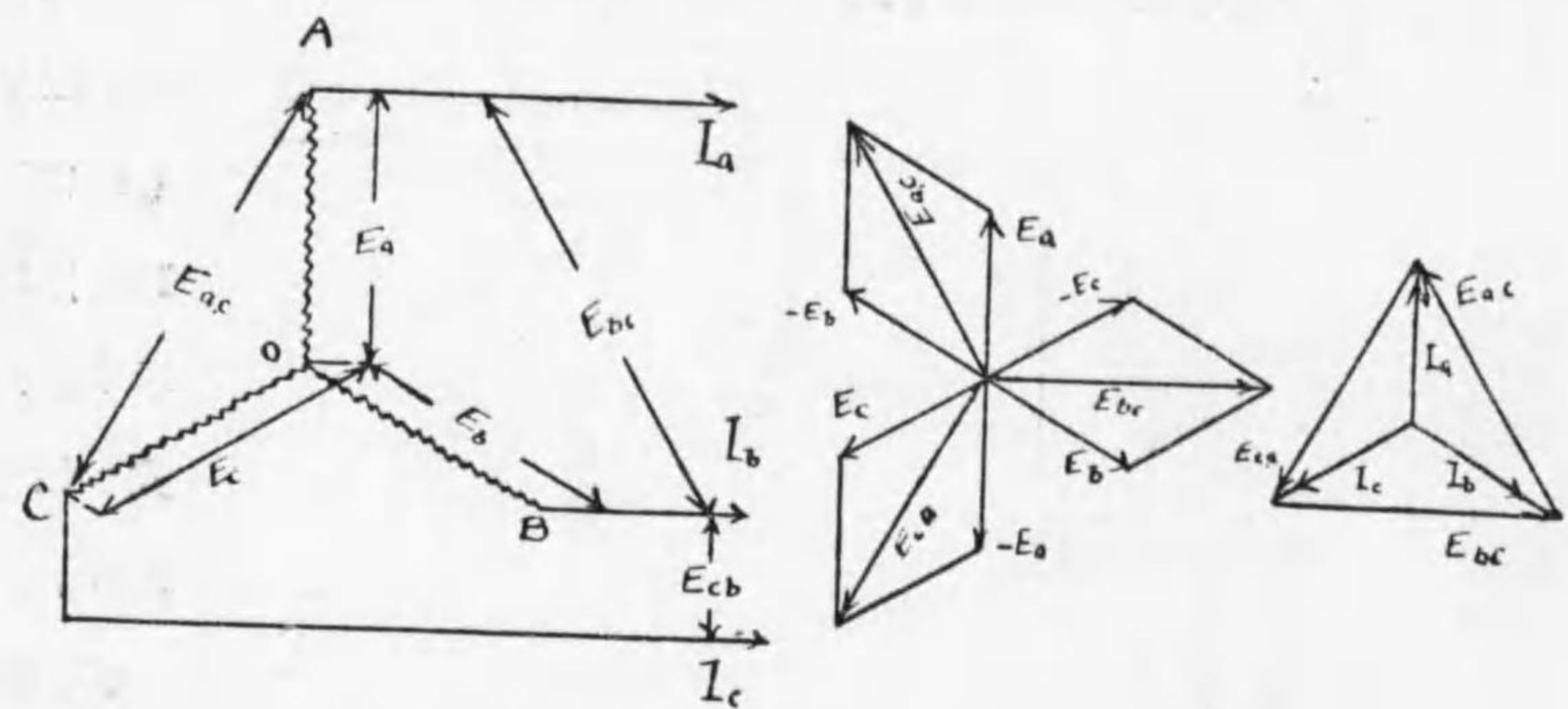
晝夜間の配電は理想的なれど未だ一部の外實現するに至らず然れども一般社會の電氣的

智識の向上と共に遠からずかくなる可きものと思ふ。

### 5 變壓器の結線法

#### (a) 星型結線及びデルタ型結線(Y及びΔ型結線)

星形結線に於ては線電流は全部變壓器捲線を通過するが故に捲線電流と同一なり。然し變壓器端子電壓は圖に示せる如く線間電壓の  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  倍と



第 191 圖 星型結線

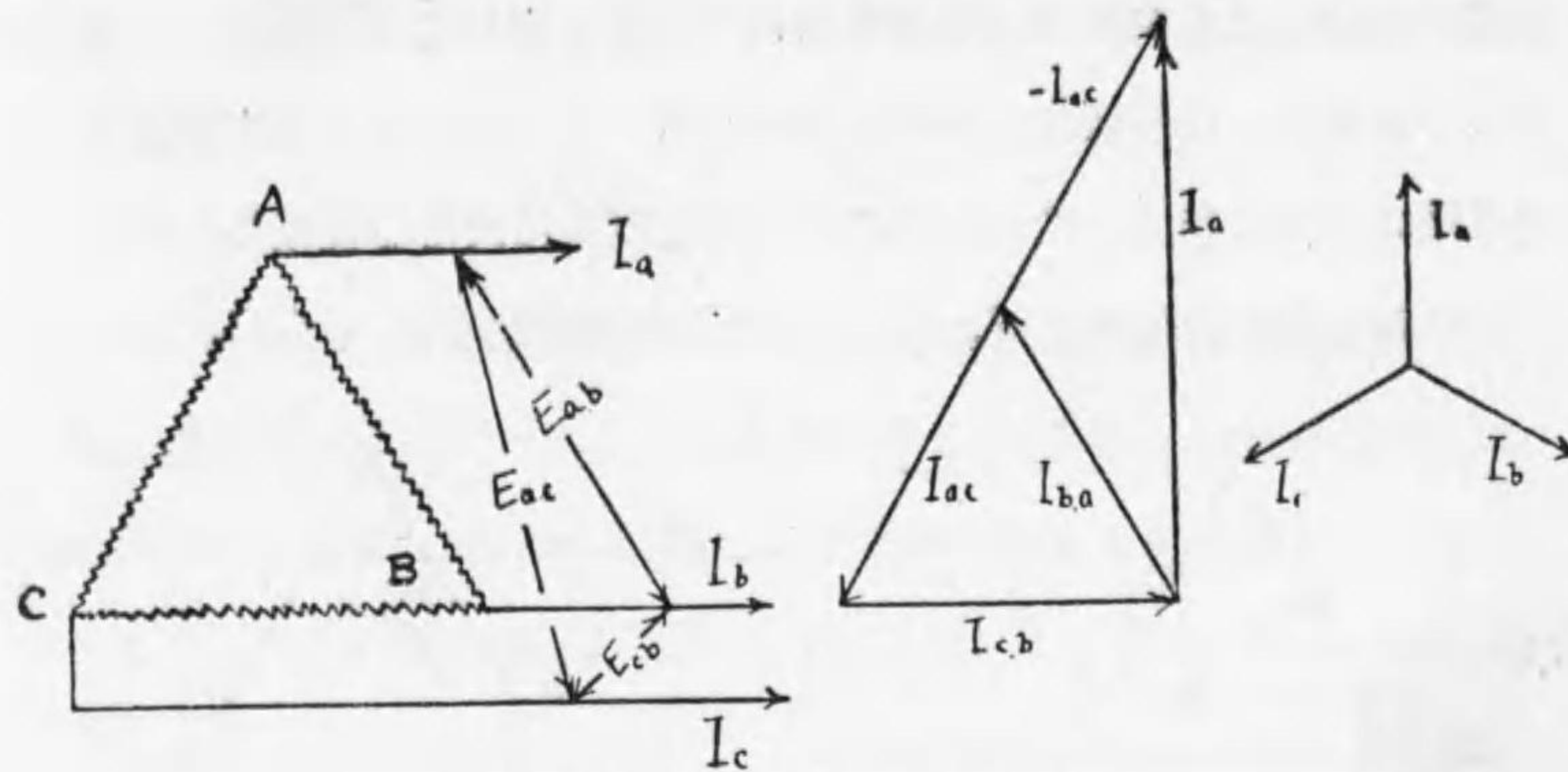
なり位相に於て  $30^\circ$  の相違あり。

デルタ型結線に於ては線電圧は變壓器端子電壓に等しけれども線電流は變壓器捲線電流の  $\sqrt{3}$  倍となる。 $I_a = I_{ab} - I_{ca}$ ,  $|I_{ab}| = |I_{ca}|$  ならば

$$I_a = \sqrt{3} I_{ac} = \sqrt{3} I_{ab} \text{ となる。}$$

配電線路に用ふるものとして此二者を比較せば

- (1) 星形結線に於ては中性接地点を得るに易し。  
デルタ結線にては簡単に求むる事を得ず。
- (2) 星形結線に於ては第三周波等の局部電流を通ぜざれば容量を減ぜ



第 192 圖 デルタ結線

らるゝ事なし。

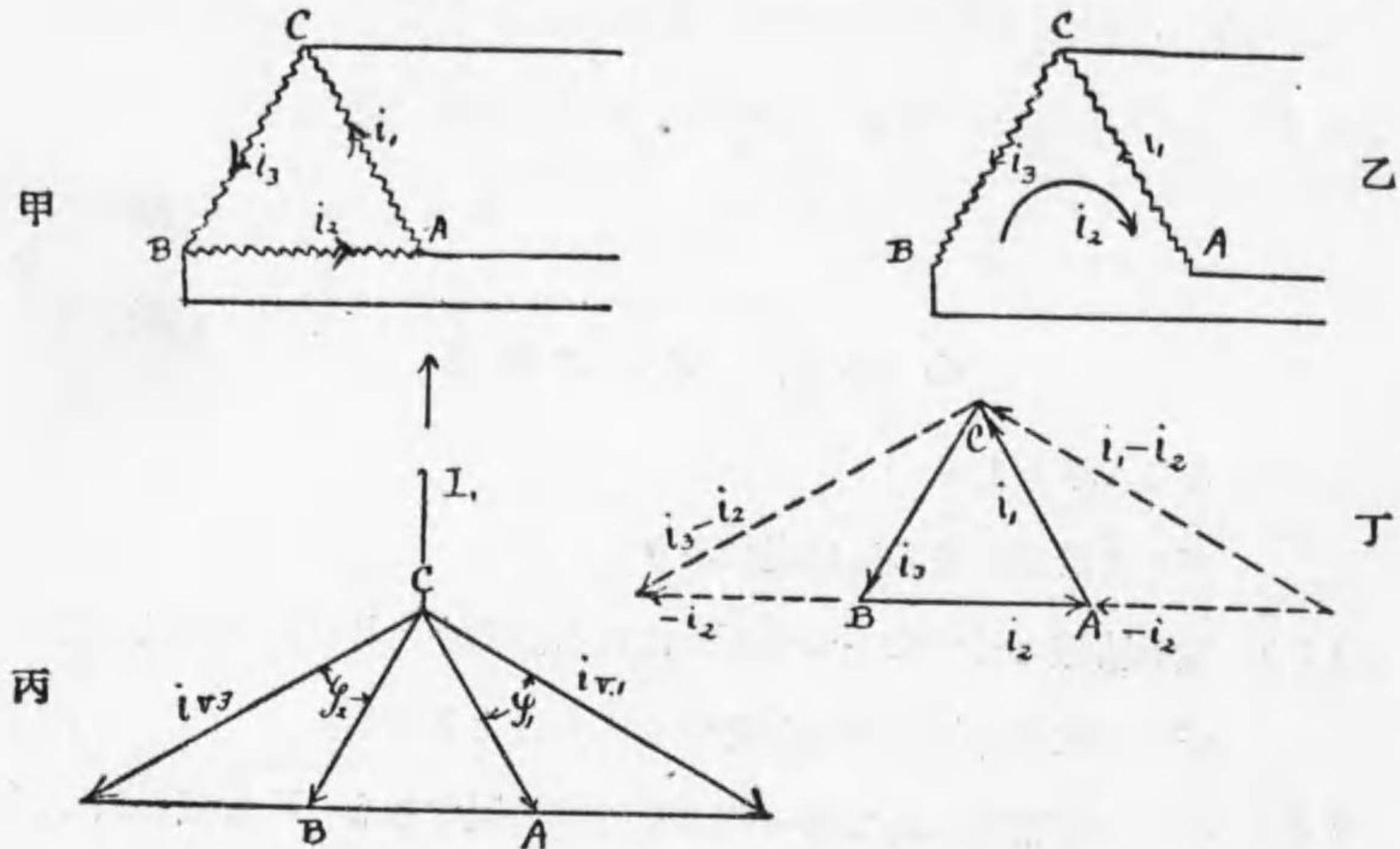
デルタ結線に於ては此處れあり。

- (3) 星形結線に於ては一つ變壓器に係る電壓小なれば絶縁の點に於てデルタ結線の線電圧全部を受くるものより優る。
- (4) デルタ型結線に於ては一個の變壓器破損するも V 接続を以て三相電流を供給せしむる事を得れども星形接続に於ては不可能なり
- (5) デルタ型結線は電圧高からざる場合には絶縁に関する費用星形結線の時と變らず。線電流大なる場合にはデルタ型の方都合宜しき事あり。

#### (b) V-結線

Δ-結線に於て一の變壓器を取去りしものは V 形をなすを以て此名あり。此接続は Δ に接続せられし變壓器の中一つが焼損せる如き時、又は將來の負荷増加を見越し先づ二つの單相變壓器にて三相三線式を以て配電し、負荷増加せる場合同型の單相變壓器一個を加へ Δ 型に接続し以て其

負荷に應ず。之れ初め三相の變壓器にて供給し容量の不足を感じ三個共取替へるに優る。此接続法に於ては負荷力率 1 なる時に於ても變壓器内の電流電壓は同相に非ず、從て負荷の大きさ比し割合に大なる變壓器を要す。今第 193 圖に於て線電流を  $I_1, I_2, I_3$ 、變壓器捲線電流を  $i_1, i_2, i_3$  とす、此



第 193 圖 V 結線の説明圖

中  $AB$  間の變壓器を取去り前同様に負荷せしむれば、 $i_2$  なる電流は  $BCA$  の道を経て  $B$  より  $A$  に至るを要す。

$CB$  捲線に於ては  $i_{V3} = i_3 - i_2$

$CA$  捲線に於ては  $i_{V1} = i_1 - i_2$  なり。

之をベクトル圖にて示せば第 193 圖丙の如くなり、猶之を第 193 圖丁の如しと考へても宜し。即ち

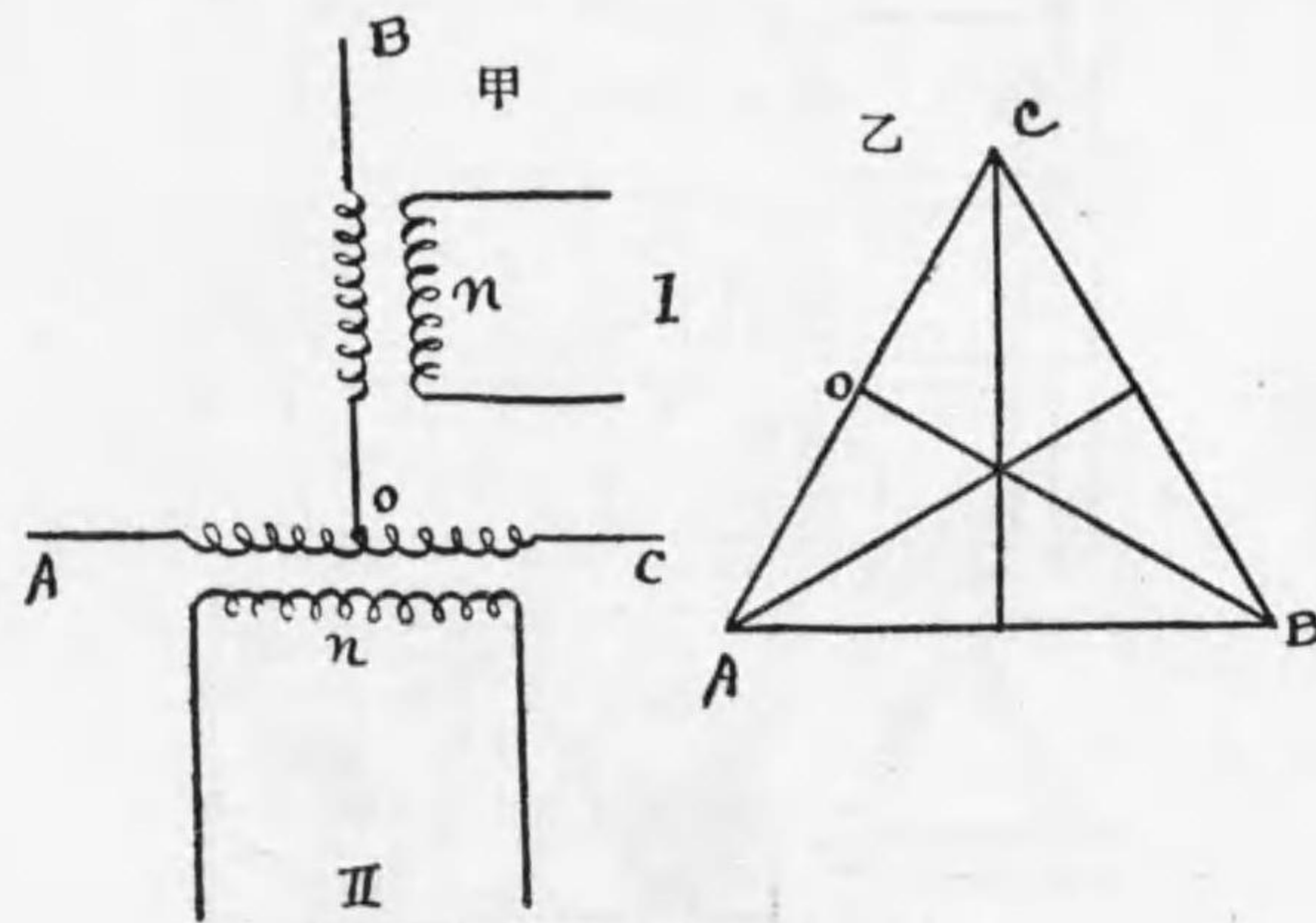
$$i_{V1} = I_2, \quad I_{V3} = I_3$$

而して各電壓は  $CA, CB$  となる。

之等のベクトル圖より見れば一方の電流は電壓より  $\phi_1$  丈進み一方は  $\phi_2$  丈後れる。 $I_1 = I_2 = I_3 = I$  にして負荷の力率 1 ならば  $\phi_1 = \phi_2 = \phi = 30^\circ$  となる。負荷の力率 1 より小ならば  $\phi_1, \phi_2$  の中就れか小となり他の一は大となる。變壓器出力は線間電壓を  $E$  とし負荷平衡にして無誘導なる時は一個の出力  $E I \cos \phi$  ワット、二個にて  $2 E I \cos \phi$  ワットとなる。即  $\cos \phi$  の乗ぜらるる丈  $KVA$  に対して小なる出力を有するなり。 $\Delta$  結線の場合に之と同一の變壓器三個を用ひ負荷力率を 1 としたる時は一個の出力  $E I$  ワット、二個の出力  $2 E I$  ワット、三個の出力  $3 E I$  ワットとなる。即  $V$  結線の場合は  $\cos \phi = \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.866$  の出力に減少す。

(c) T-結線

三相より四相又は二つの單相を得、四相より三相を作るに用ひらる。 $A, B, C$  は三相三線式の各一相の來れる點とす。 $AC$  は一つの鐵心の上に捲かれたる變壓器にして其中點を  $O$  とす。 $AC$  の鐵心には同一の磁束通るが

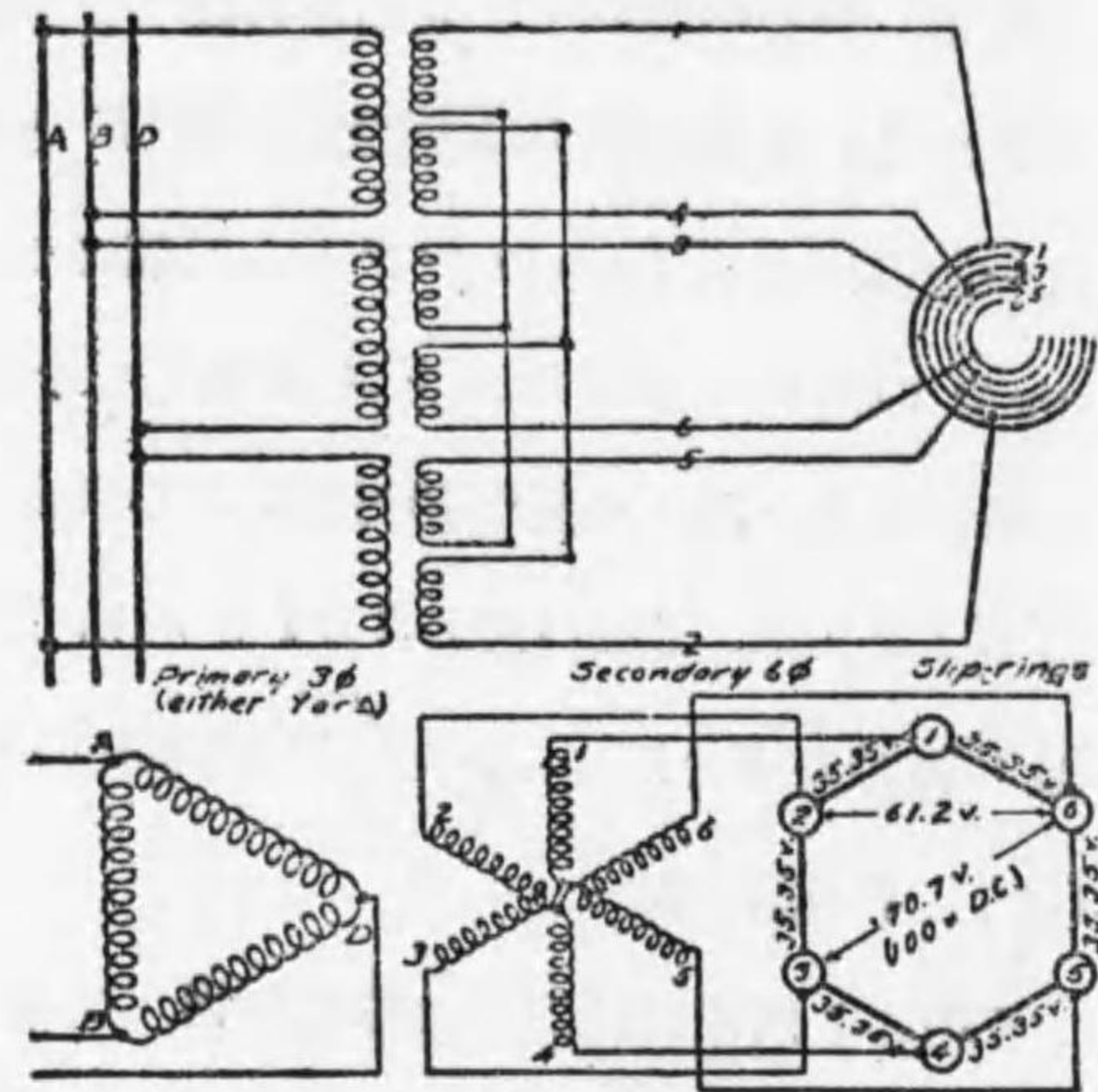


第 194 圖 T 結線の説明圖

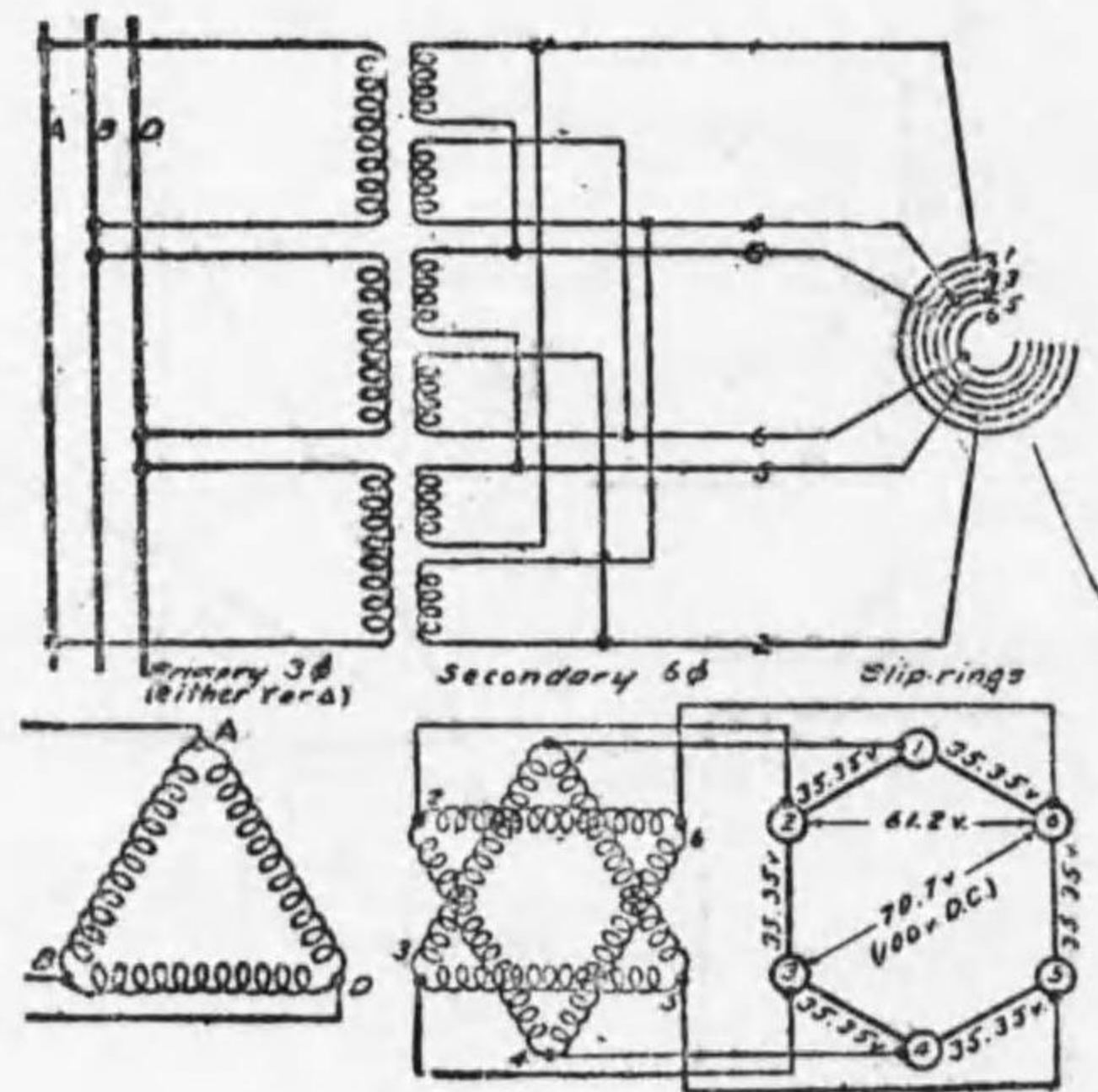
故に 0 點の電位は AC の中間にあり、即第 194 圖乙の 0 に相當す。第 194 圖甲 BO は同圖乙の BO に相當す。故に AC の捲線數 100 に對し BO の夫を 86.6 とせば、I 及び II に起きる電壓は同大にして 90° の位相の差を有す。此場合三相線の中性點は OB の上にあり。

(d) 三相より六相を得る方法

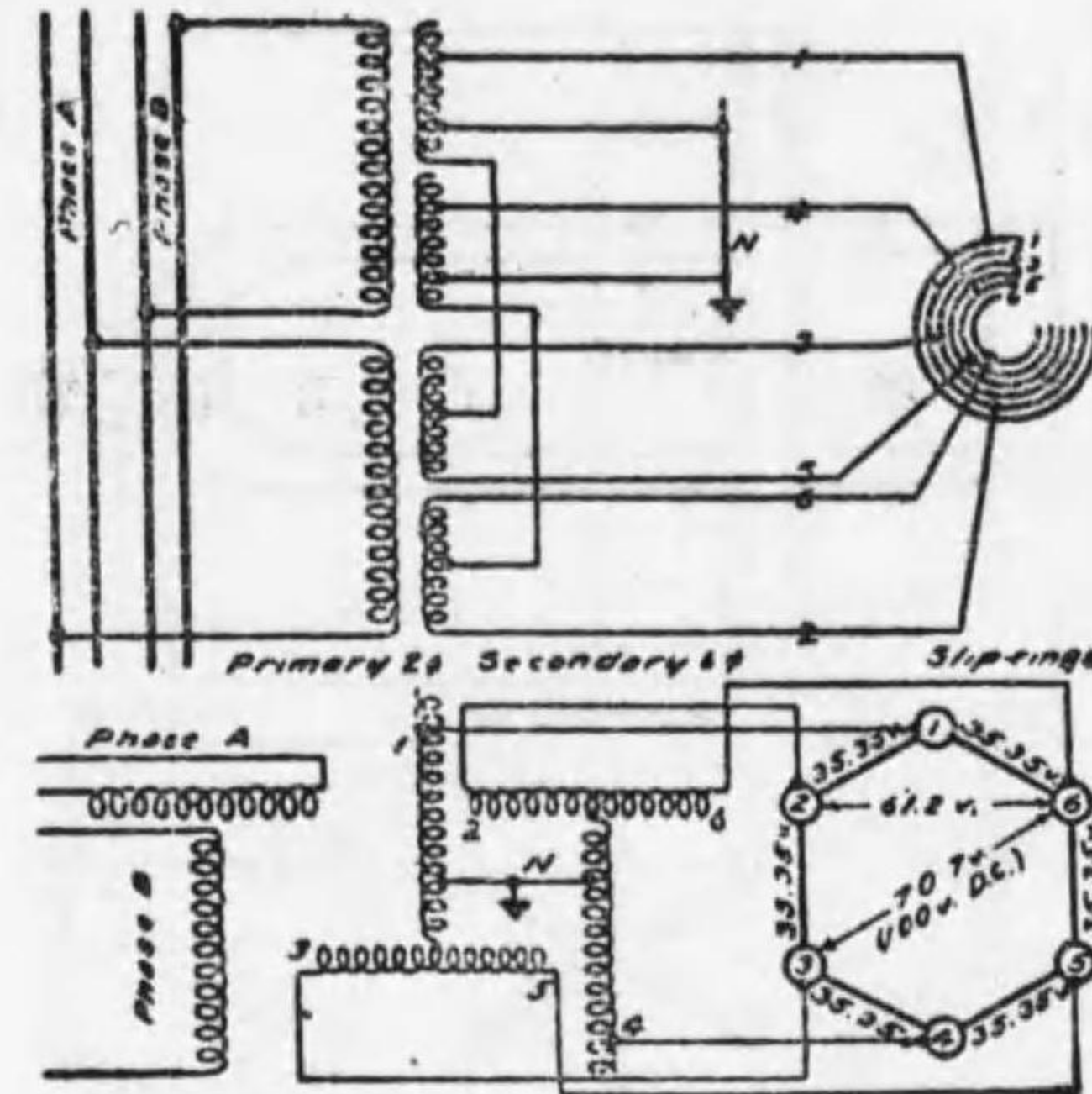
圖面を以て之を示す。



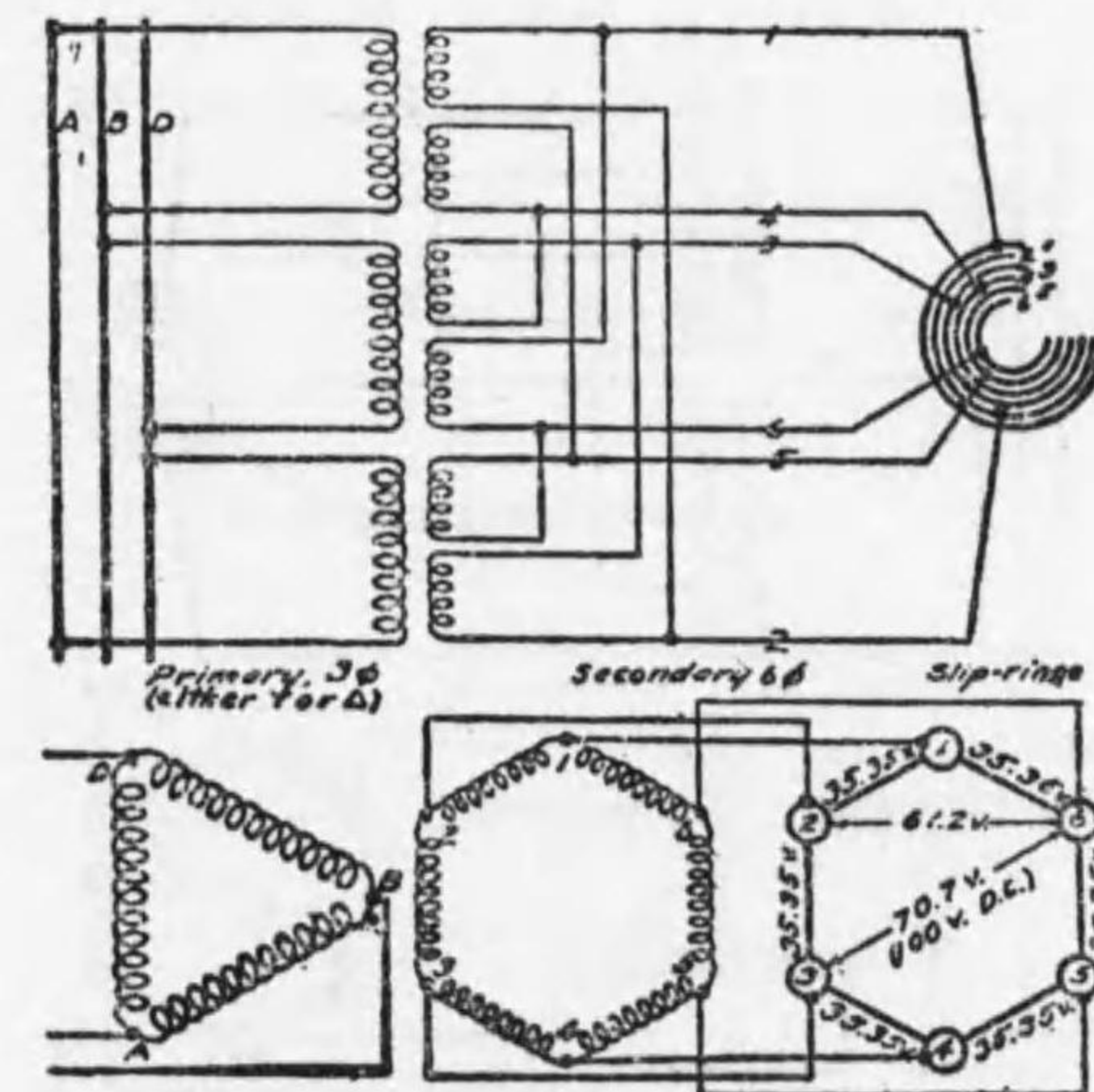
第 195 圖 二重星形結線 (一次三角形)



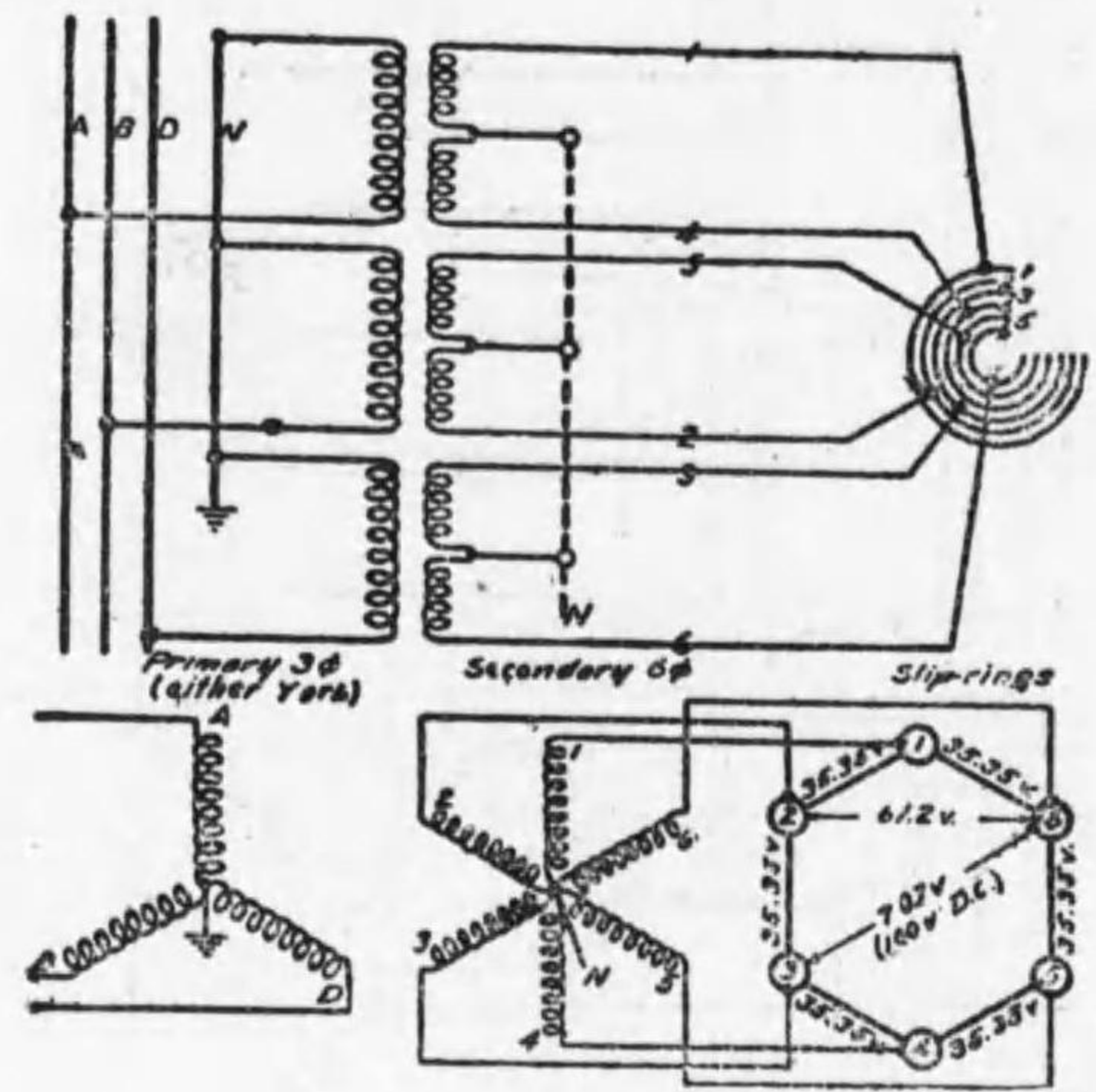
第 196 圖 二重三角結線



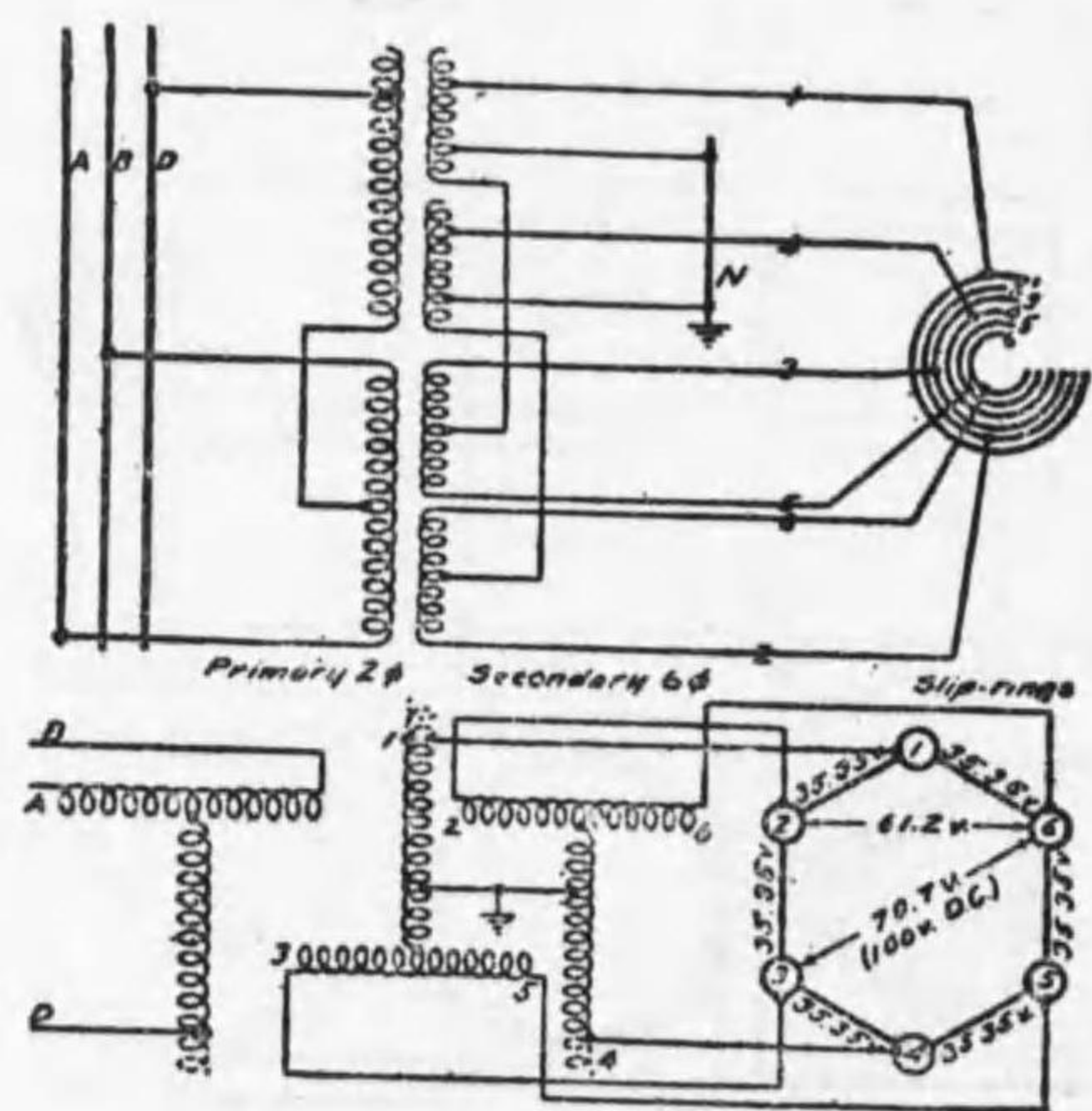
第 197 圖 二重 T 結線 (二相-六相)



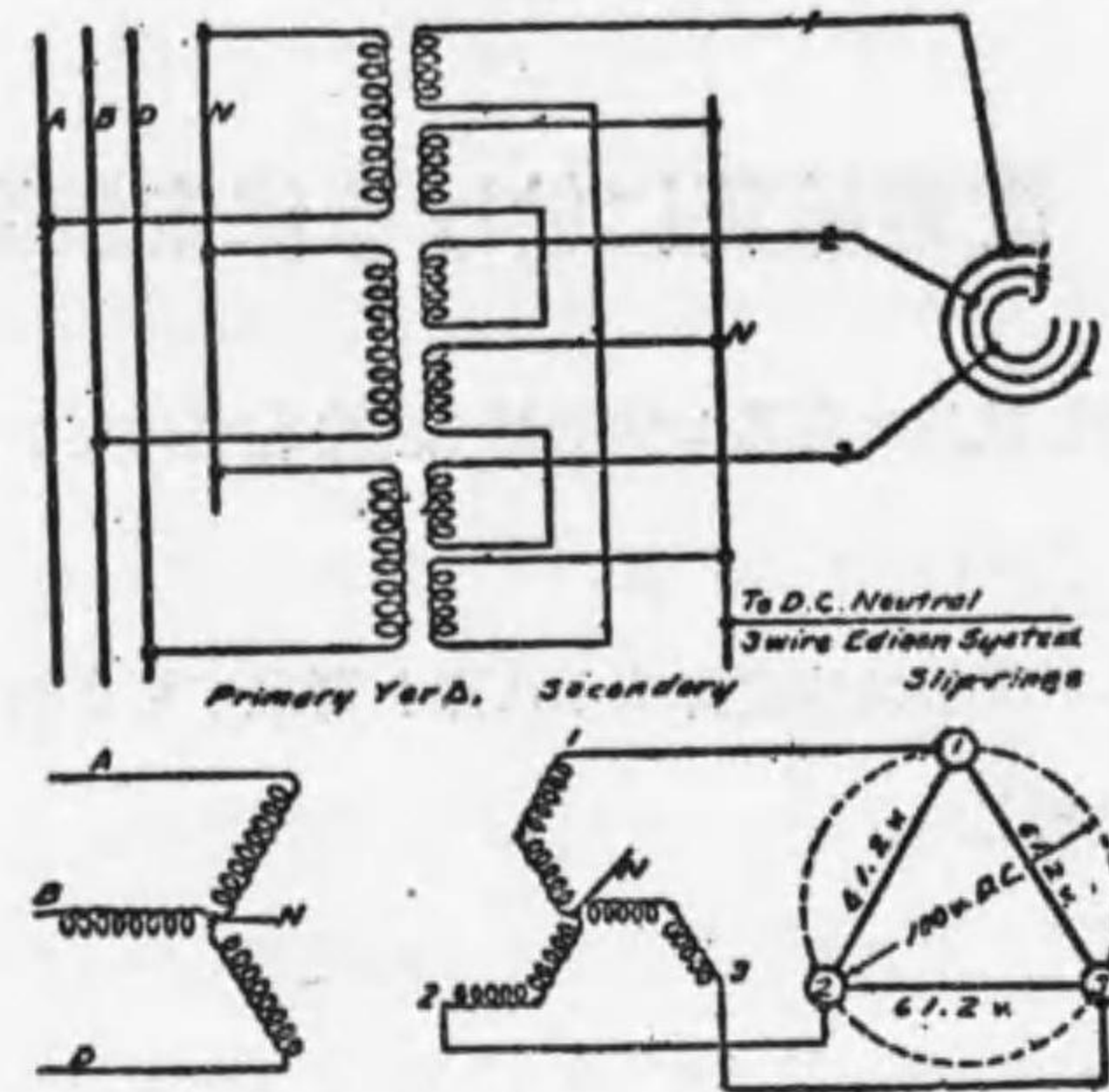
第 198 圖 環狀結線



第199圖 二重星形結線 (一次星形)



第200圖 二重T結線 (三相一六相)



第201圖 合成星形結線

## 第七章 保安装置

### 1. 配電線路に於ける保安装置

(A) 配電線路に使用せらるゝ避雷器(送電線路に用ひらるるものは電力輸送篇に收む)

避雷器の性質を考究し又は選擇するに際し考慮すべき條項は次の如し。

- (i) 火花電壓特性
- (ii) 放電容量
- (iii) 復舊性
- (iv) 壽命
- (v) 取扱上の便、不便
- (vi) 値段

火花電壓とは避雷器の空隙を通じ火花を生ずる電壓を云ふ。一般に避雷器は空隙を有す。此空隙を通じ放電する電壓を線路の絶縁材料、即碍子又は此線路に接続せられたる機械の耐へ得る最大より低くし之等機械器具を保護す。普通平常電壓の 1.5 倍に調整す。又或る電壓の掛りてより放電する迄の時間は、保護せらるゝものの夫より短からしむるを要す。此電壓の掛りてより火花の生ずる迄の時間を火花の遅れ (spark lag) と云ふ。同一の状態の下に於ては球間の放電時間最も小なり。故に兩極に球を利用せるものあり。或は又ラヂオアクチブの物質を用ひ、放射線を兩極の間に投げ火花の遅れを少からしむる事あり。

放電容量は全く避雷器のインピーダンスに關し、主として空隙と直列に入るゝ抵抗による。避雷器は大なる電壓のある間大地に放電せしめ、平常電壓になりし場合大地との接觸を斷つを要す。此作用を不必要なる程度迄過大視し高き抵抗を直列に用ふるは考慮すべき事なり。

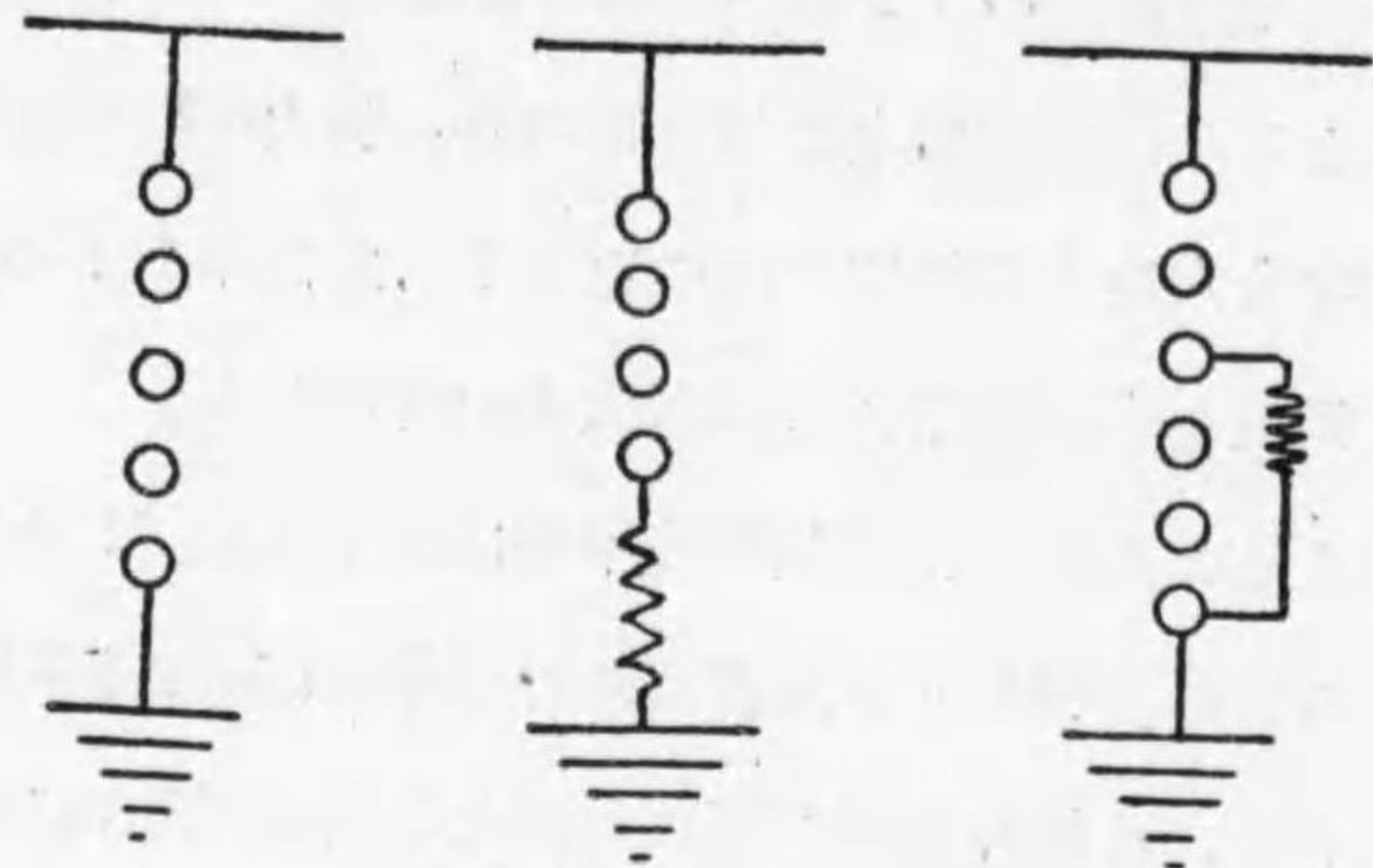
復舊性とは上述の高電壓電荷放電後平常に復する性質にして、避雷器として缺くべからざる性質なり。避雷器に可熔片を直列に使用するが如きは避く可き事にして、可熔片取換の間に如何なる異狀電壓の生ずるや測るべからず。只自己の有する復舊作用の失はれたる時働かす爲大なる可熔片を用ふるは此限りに非ず。復舊作用はアークの性質を利用するもの多し。アークは電流少き時其端子電壓大にして通過電流大なる時其電壓は少なり。即電流減少せば此アークを支へるに高き電壓を要す。異狀電壓の間は大なる電流を通ずれども、平常状態になりし場合直列に入れる抵抗の爲大地に流るゝ電流は減少しアーク抵抗は之れが爲に増大す。故に此アークを支へ得る電壓も大となる此電壓は線電壓より大となる事能はざれば、此電壓にて支へ得る電流より小となればアークは消滅す。其他アークを磁石を以て吹き消す方法等種々あり。壽命値段等は經濟上に關する事柄にして取扱上の便不便は其器の使用場所を制限す。

#### a. 多隙避雷器 (multi gap lightning arrester)

弱電流の保安装置として初めて使用せられしものは一箇の空隙を有する避雷器なり。電力線に於ては一個の空隙は放電の場合發電機より出づる電流もアークの爲短絡せられ焼損す。之れが爲 1894 年以後に於ては殆ど多隙型を用ふるに至れり。多隙避雷器にも次に示すが如く種々あり。

#### 第一 直列空隙のみを有するもの





第 202 圖 多隙避雷器

- 第二 直列空隙と直列抵抗を有するもの
- 第三 直列空隙とシャント抵抗を有する空隙と直列にせるもの
- 第四 以上三つ即直列空隙、シャント抵抗を有する空隙、直列抵抗等を有するもの。

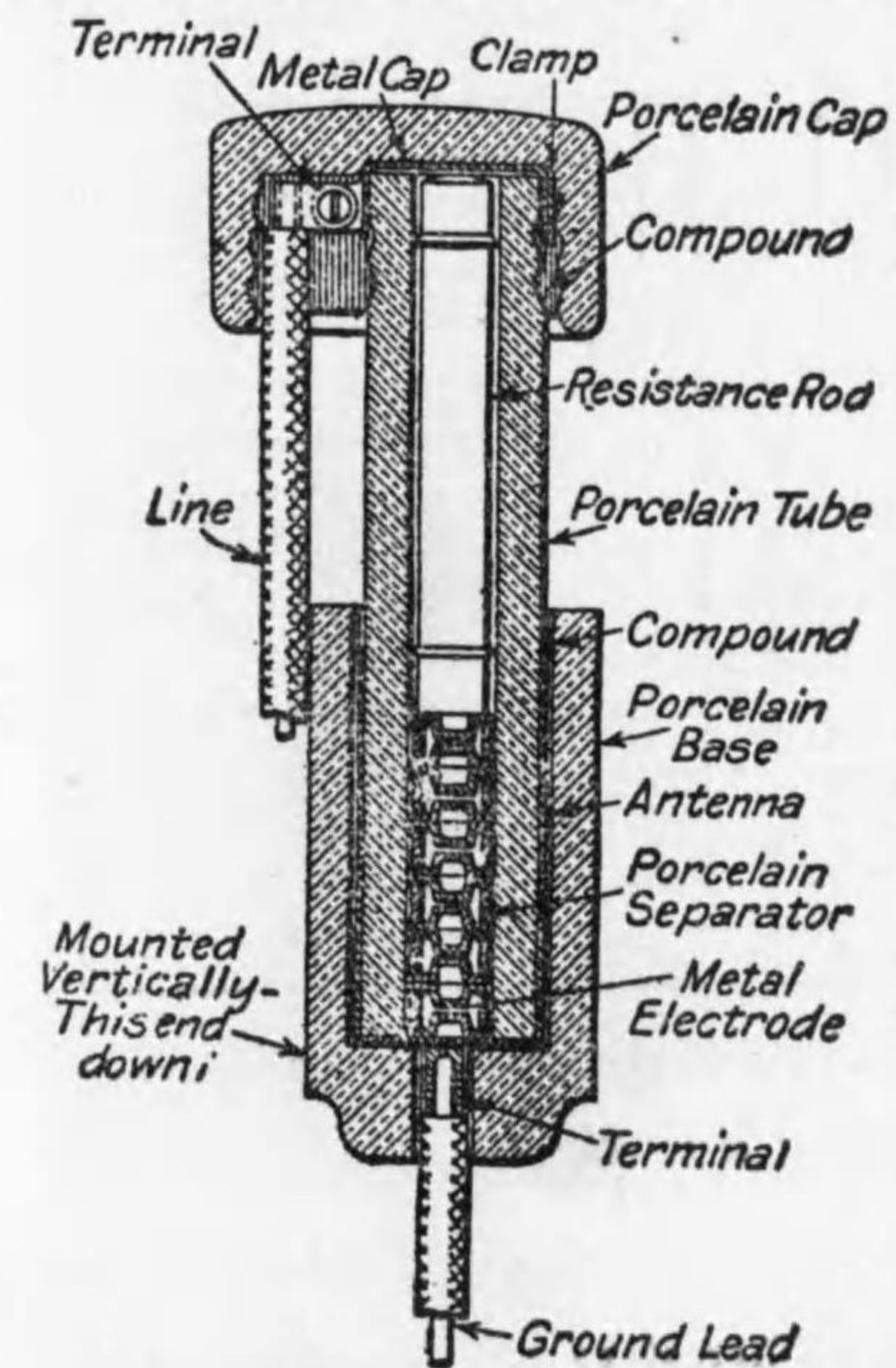
直列空隙のみのものは 2500 V. 数百キロワット以下に限らる。第二のものは 11000 V 2000 kW 以内に用ひらる。第三第四は夫れ以上に使用せらる。此型の復舊作用は

- (i) 大なる冷き金属の間に短き交流弧光の生ぜし場合に其弧光を保持し得る電圧より、再び発生せしむる電圧の方大なれば平常電圧となりて一旦零電流となりし時弧光を消滅せしむ。
- (ii) 空隙を通して高壓放電の後引續き發電機電流は通過すれども、半周波以内に於て其電流は減少し弧光抵抗は増加し自然弧光は消滅す。猶金属に亜鉛を合金として含む場合に於ては亜鉛の蒸氣は空氣と共に弧光抵抗を大ならしむ。
- (iii) 直列に抵抗を用ひられたる時は平常電圧となりし場合、發電機よ

り大地に逃る電流を制限し空隙電流も減少せしめ弧光消滅を早む。

(iv) 分岐抵抗の存在は放電容量を減ずる事なく發電機より來る電流を阻止するに役立つ。雷放電の起れる後半周波以内の間は發電機より來る電流も放電す。此際電流も大なれば短絡せられたる空隙並に抵抗と共に電流は通ず可し。次に零電流となりし後に於て第二の弧光を發生する虞れあり。此時電流は先抵抗を通りて流れ弧光を生ずる電壓を空隙に與へず、次の半波に於て全く弧光を消滅せしむ。

空隙を作る兩金属は多く眞鍮を以て作られ、布目を入れたる圓筒にしてポーセレン板の上に羅列せらる。本器を高壓に用ふる時は懸垂碍子の場合



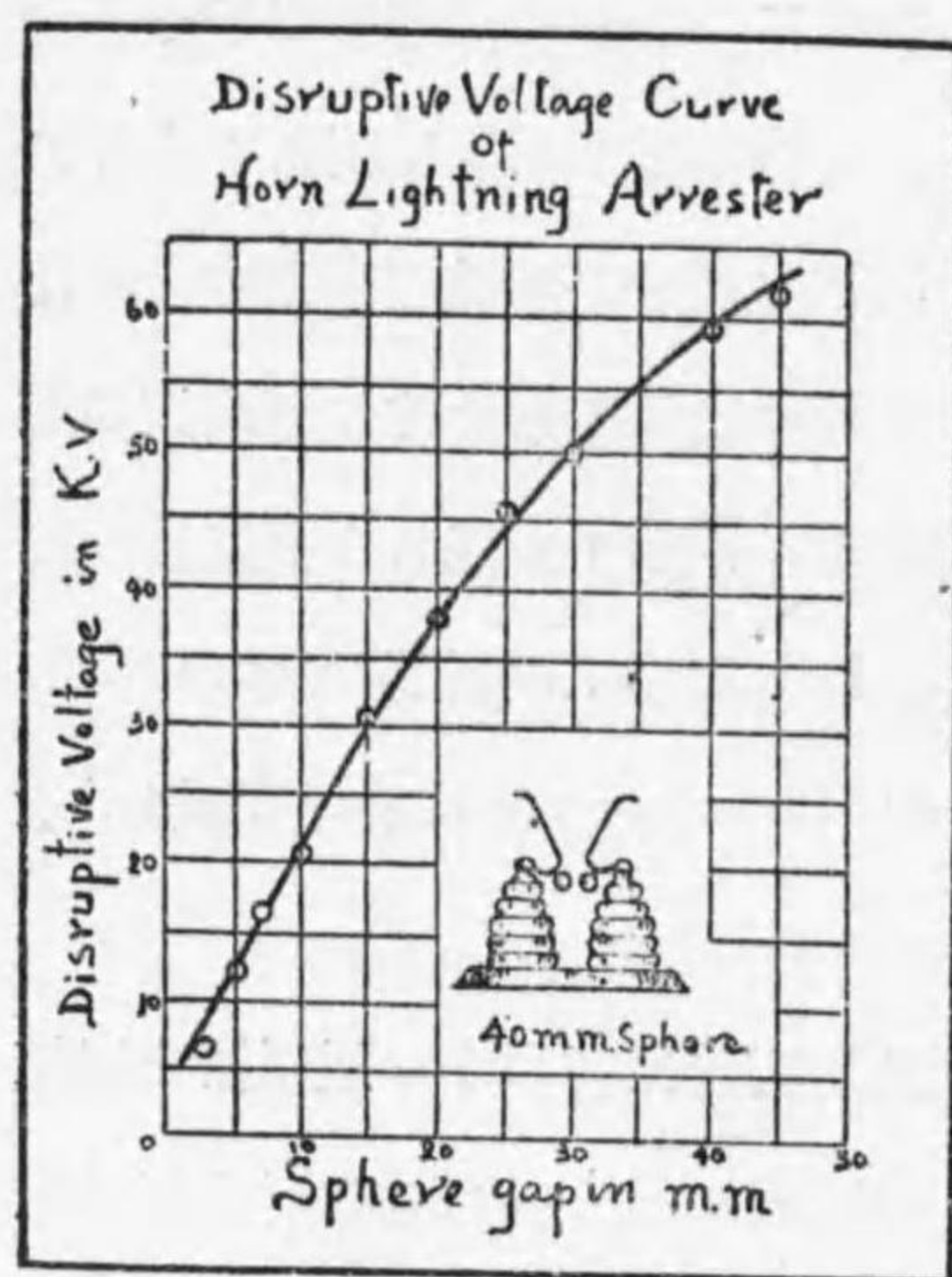
第 203 圖 壓室式避雷器

と同様に電壓平等に掛らす設計に困難を感ず。又線中靜電容量大なる時は電氣振動を生じ數周波の間放電の繼續する恐れあり。

b. 壓室式避雷器 (compression chamber multi gap lightning arrester)

此避雷器は前(a)の避雷器と同様の原理に基く。只異なる所は雷放電に際し一室内の空氣は壓縮せられ弧光を一層消滅し易からしむ。構造上屋外用に使用し配電線變壓器と同一柱に置き之を保護す。構造は第203圖に示す如く配電線より

来る線は上部より入り抵抗を通して放電間隙に到る。放電間隙は亜鉛の合金にて作られたる帽子形の金具を磁器製の圓筒にて距てたるものなり。雷放電は此間を通り下端より大地に去る。圖中〔アンテナ〕は接地せられたる金屬板にして、各帽子形電極と大地との間の靜電容量を大ならしめ、線に近き所の間隙は之が爲に大なる電壓を受け放電を早からしむ。放電電壓はかく少數の空隙によりて決定す。殘餘の空隙は發電機電流を制限し磁器製圓筒の冷却作用と共に弧光の消滅を助く。直列に挿入されたる抵抗は 2200 V の避雷器に於て 30—45 ohm、間隙の数は 8 個あり。此型の避雷

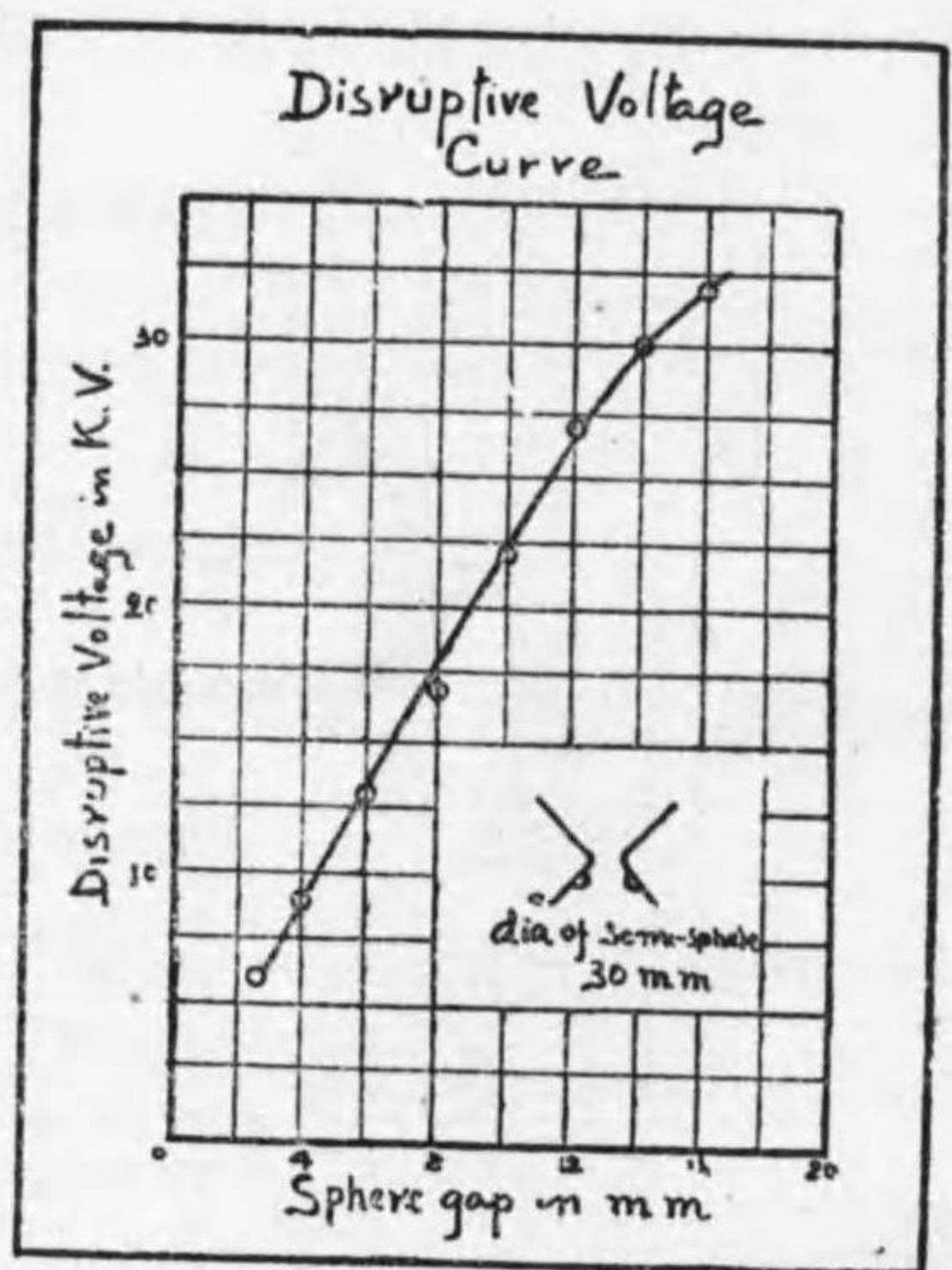


第 204 圖 角型避雷器

器は 7500 V 迄使用せらる。

C. 角型避雷器 (horn gap lightning arrester)

此避雷器は第 204 圖に示すが如き構造を有し L 形の電極を對立せしむ。

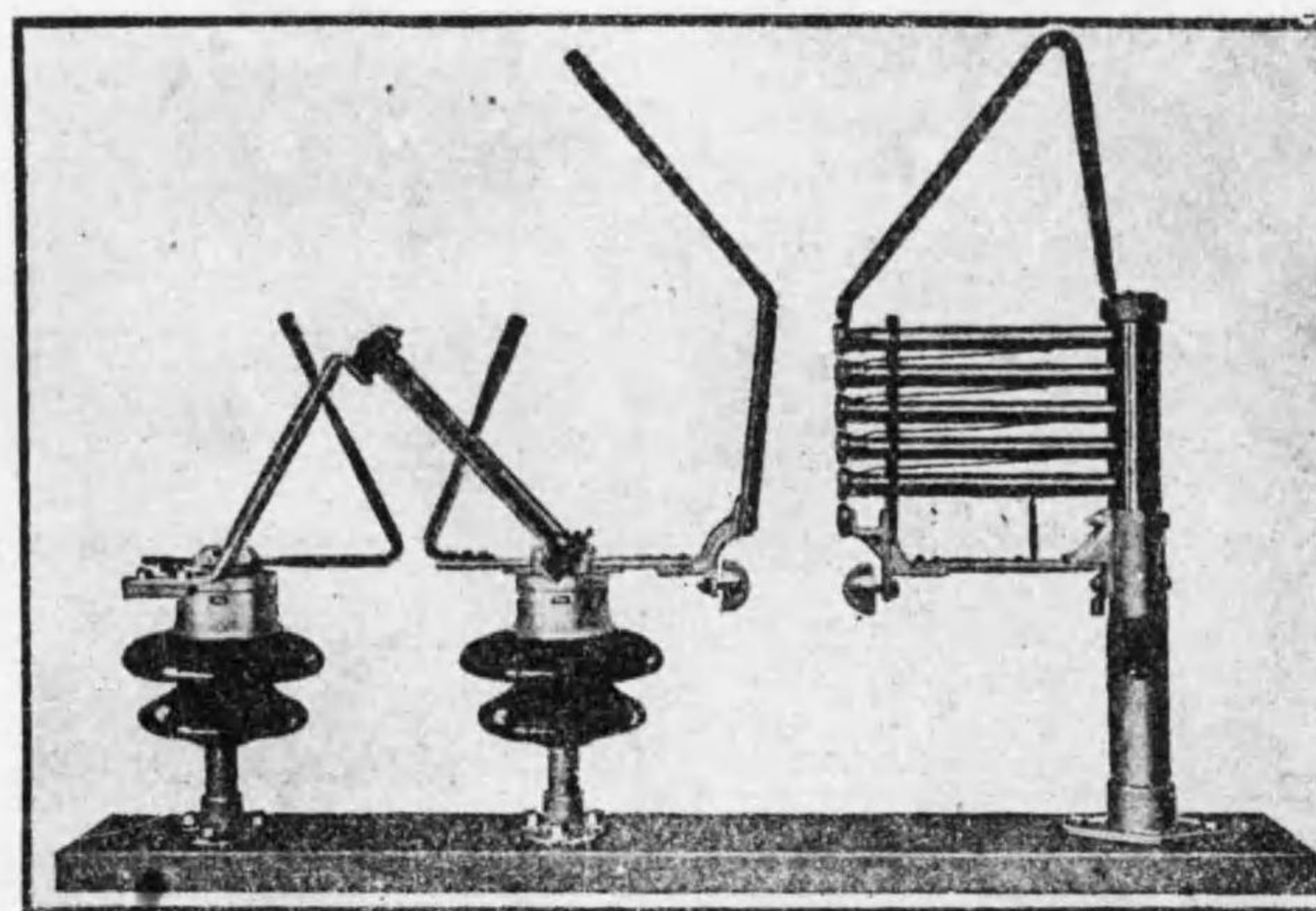


第 205 圖

雷電壓が兩電極最短距離の火花電壓より高き時は其間に弧光を發生せしむ。弧先は一は空氣の對流により、一は電磁的作用によりホーンを傳りて上昇す。此爲弧光抵抗は増大し電流は減じ遂に電壓の之を支へ得ざるに至りて消ゆ。

此型の避雷器には直列抵抗を用ひ發電機電流の繼續するを防ぐ。又ホーンの先に球或は半球を付け火花の遅れを少からしむ。(第 204 圖 第 205 圖 參照)

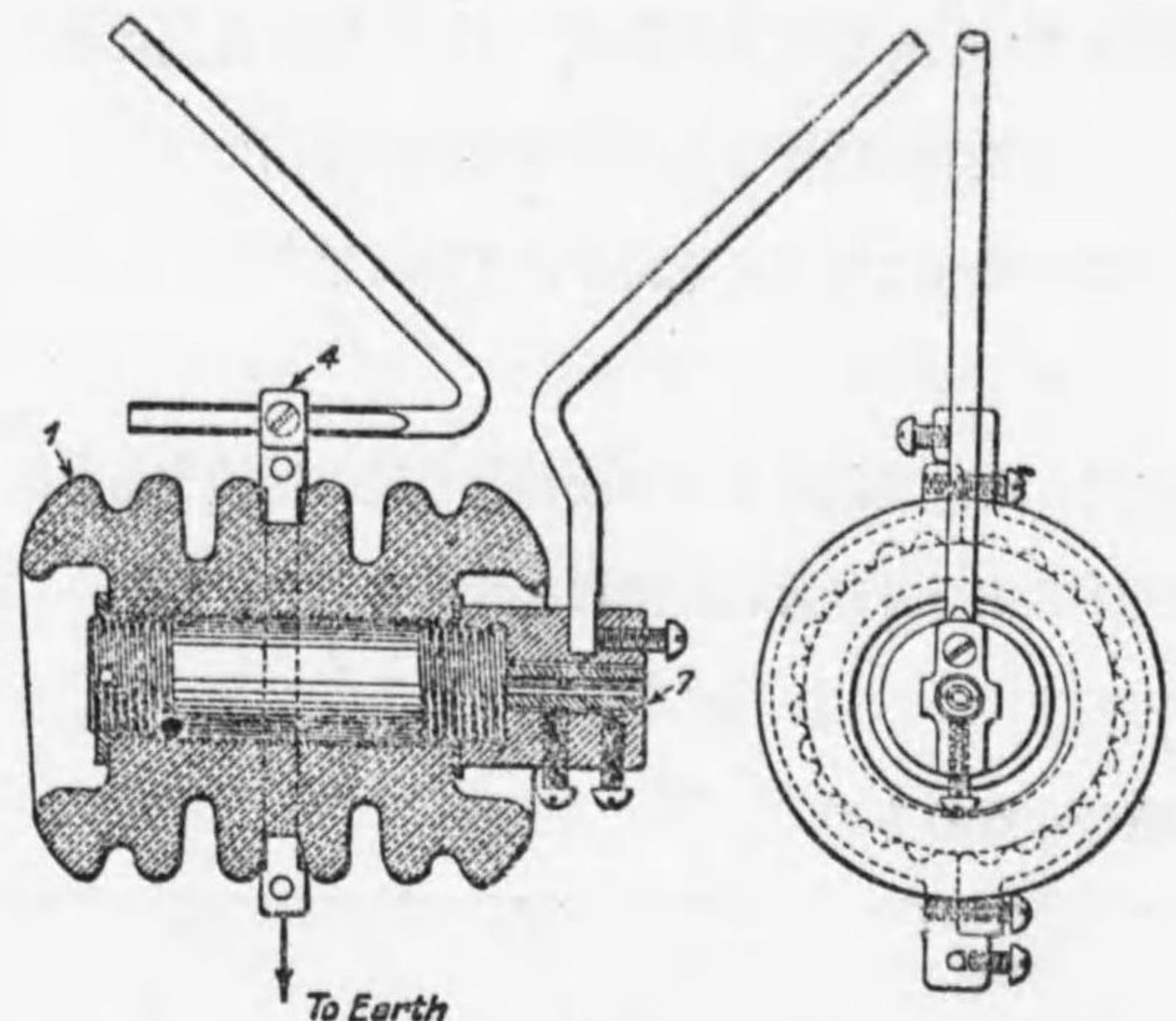
d. 種々組合せたるもの



第 206 圖 抵抗角型避雷器

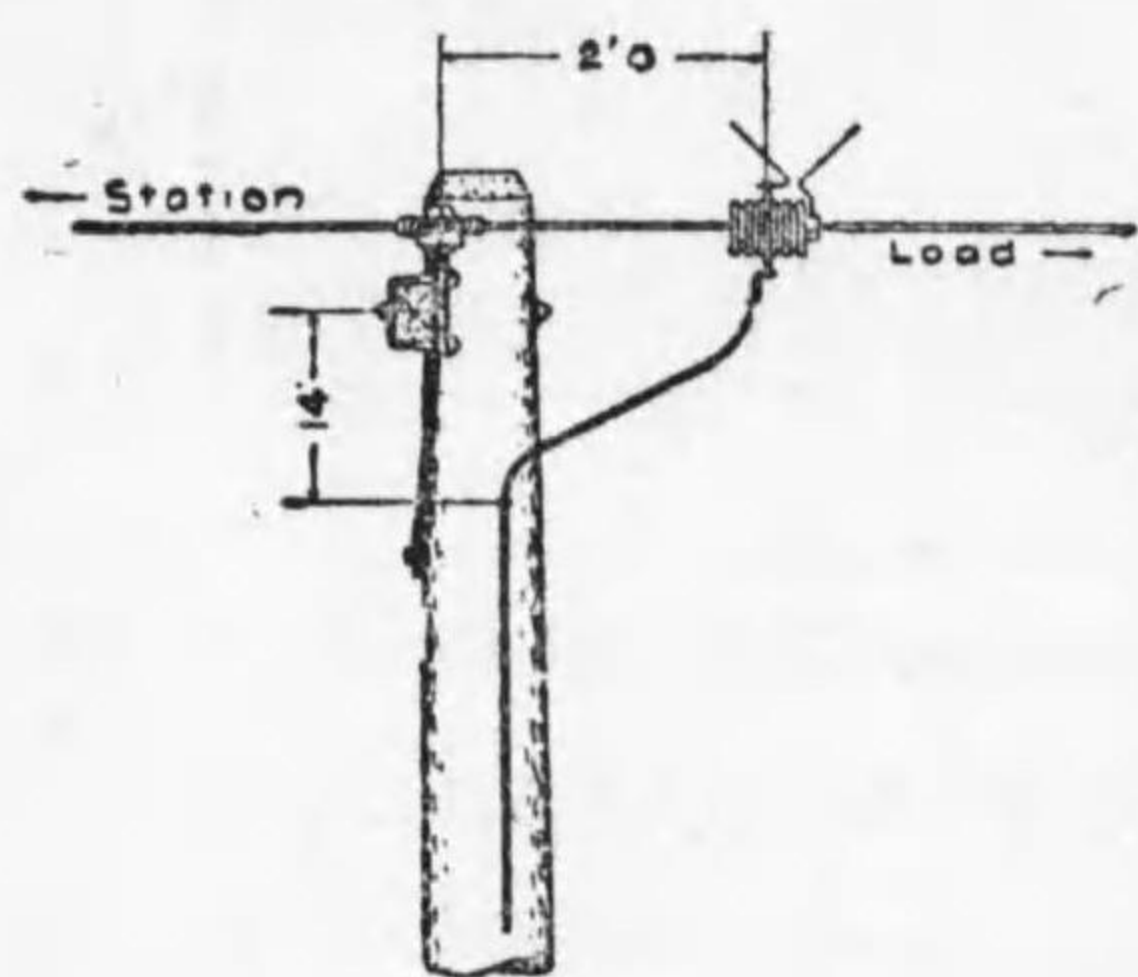
抵抗角型避雷器 (resistance horn arrester) は第 206 圖の如く弧光の上昇すると共に高き抵抗を自働的に挿入する如く工夫せられしものなり、11000—66000 V の間に使用せらる。

ユニバーサル避雷器 (universal lightning arrester or pierce lightning arrester)



第 207 圖  
ユニバーサル避雷器

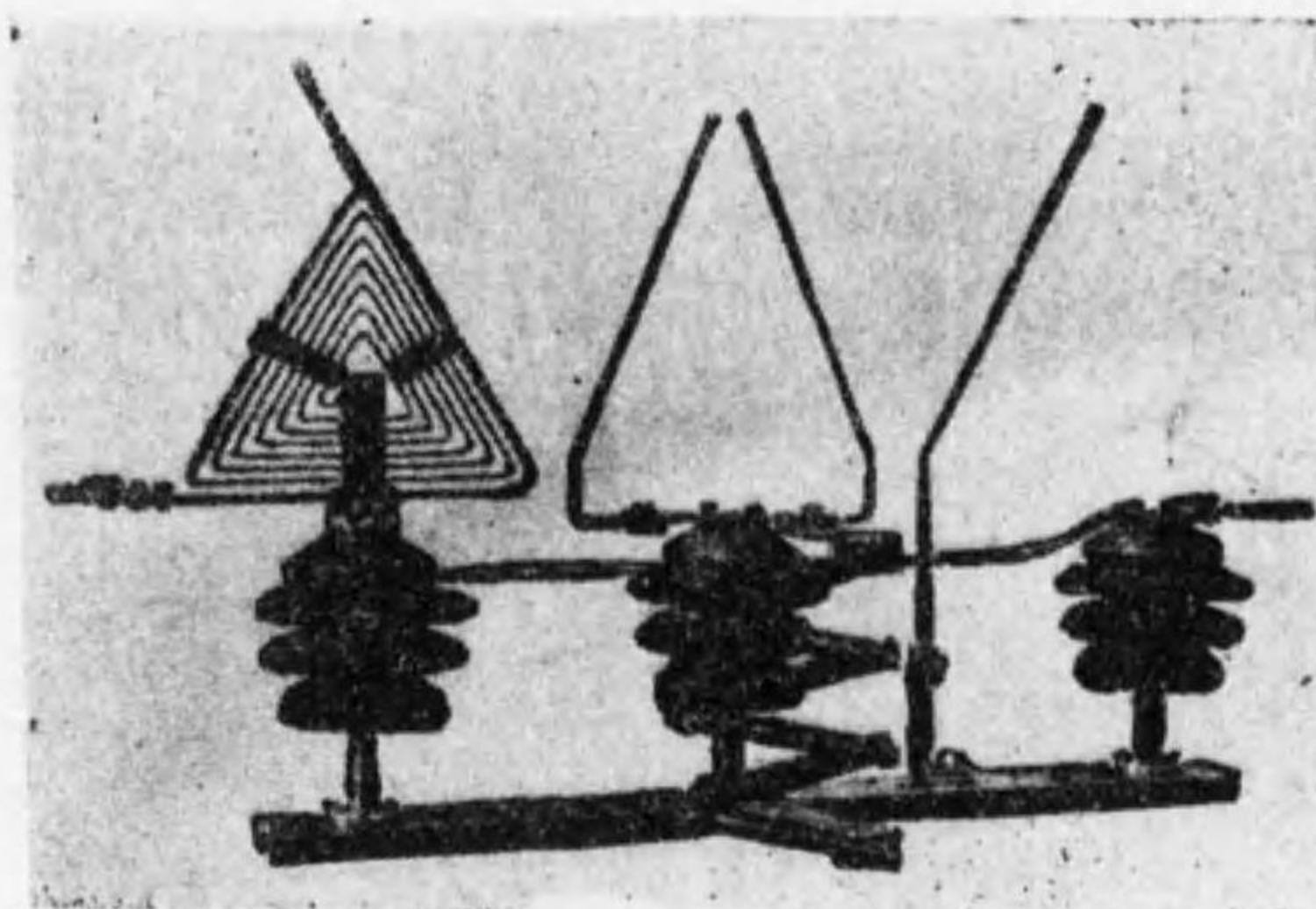
第 207 圖の如きものにして、中央にある鐵管中に電線を通し (7) なる部分に於て一方のホーンに接続す。他のホーンは直接接地せらる。鐵管は塞流線輪として働き 2200 V 以上に用ひらる。弧光に對し電流、腕木等の



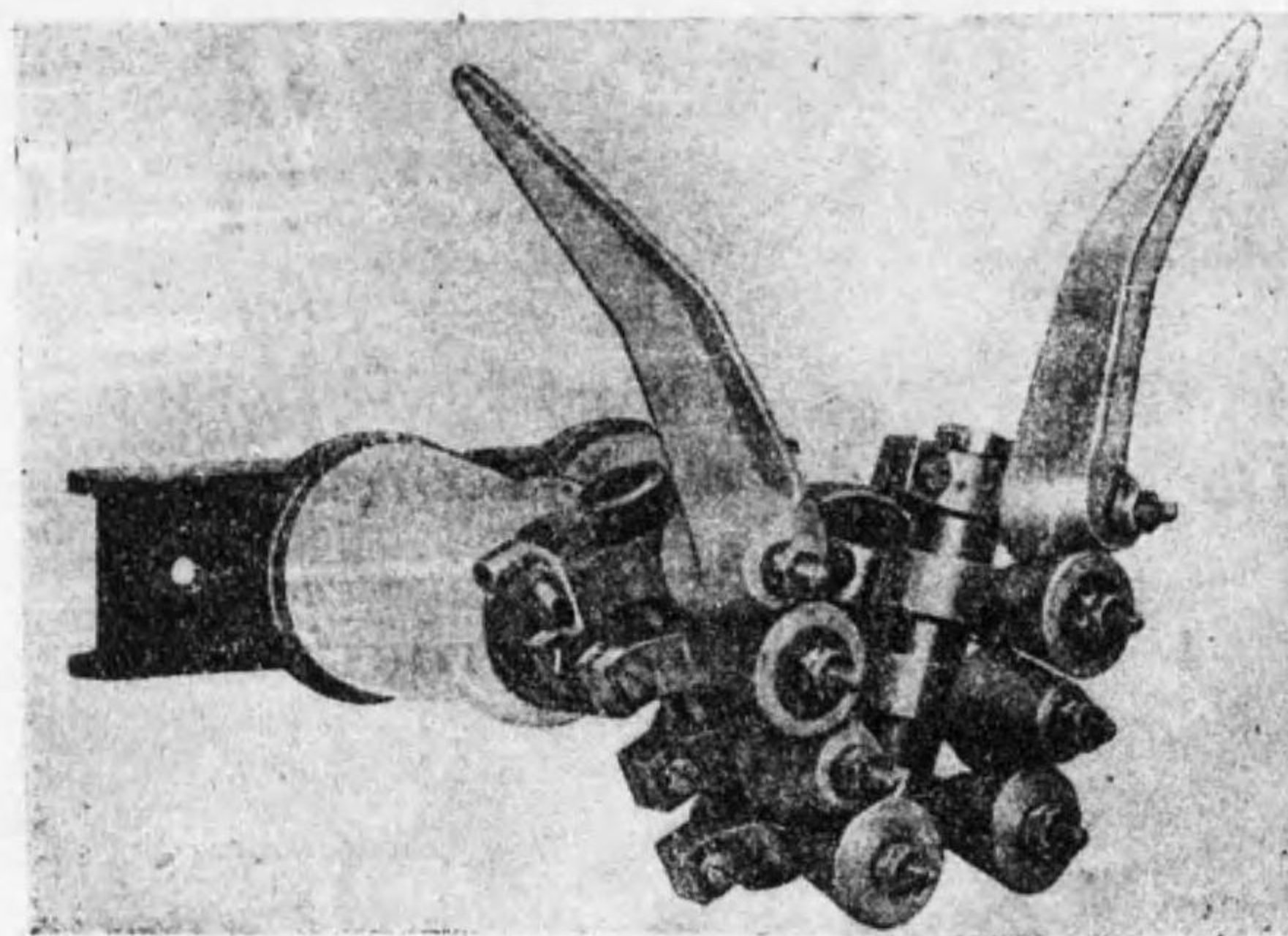
第 208 圖  
ユニバーサル避雷器の取付

安全を期する爲電柱より 2'-0" 離し第 208 圖の如く取付けらる。其他塞流線輪と一方のホーンとを兼用せしめし如きもの (第 209 圖), 或は多隙避雷器と角型避雷器等の理を併用せしもの (第 210 圖) 等あり。第 211 圖の如きはホーンを用ひたる極簡單なる避雷器なり。

e. 塞流線輪

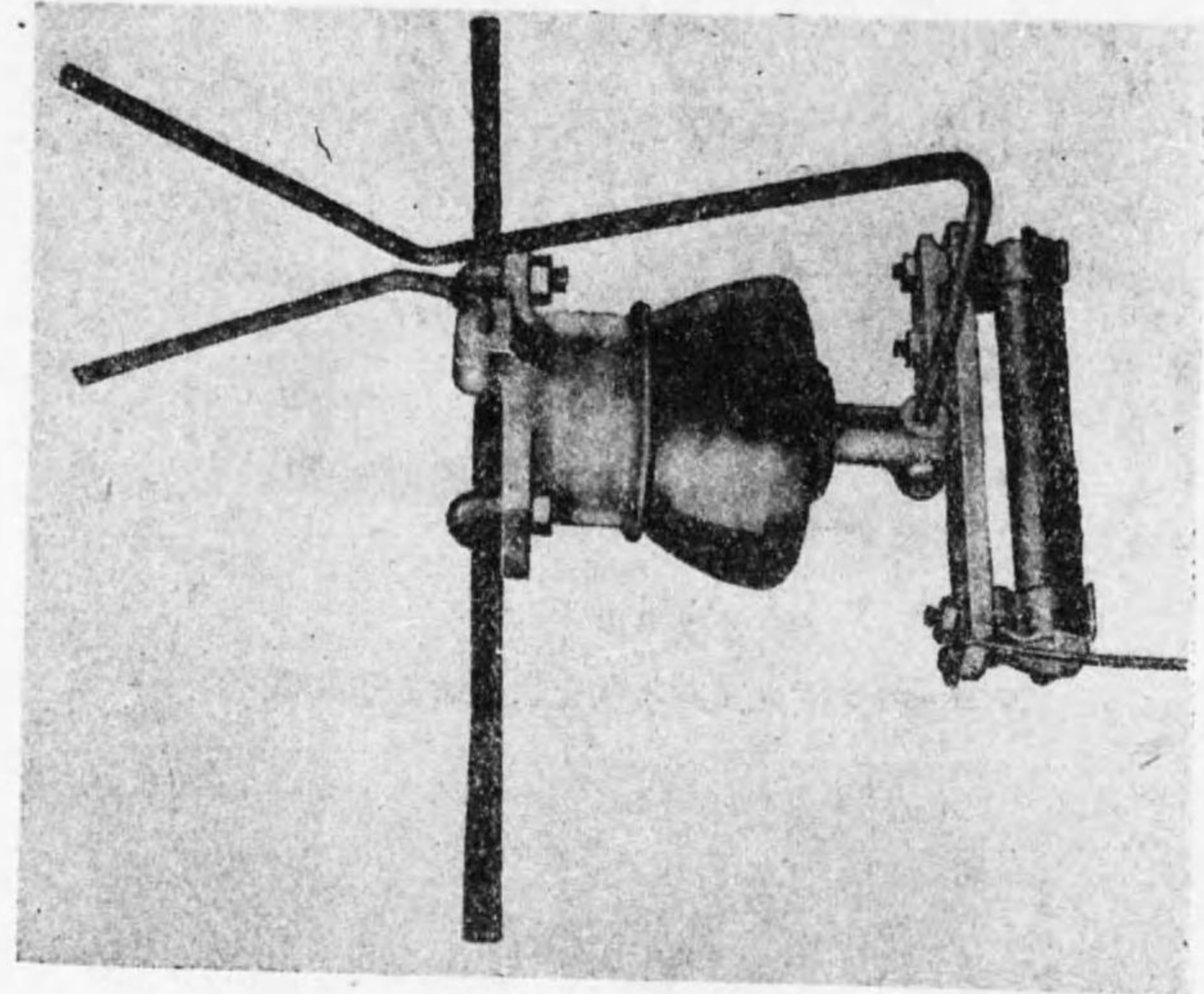


第 209 圖  
チョーキングコイルと角を兼用せる避雷器

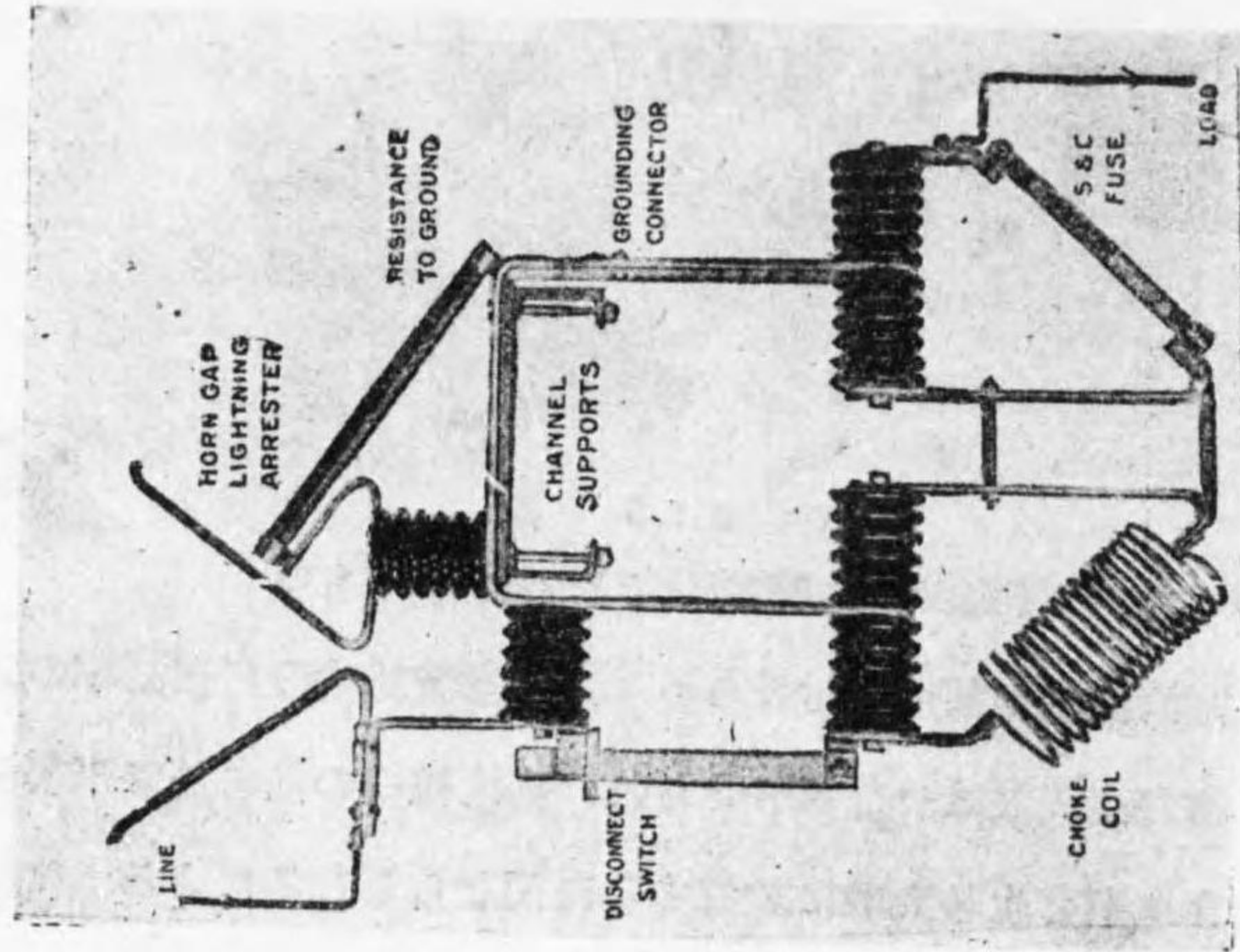


第 210 圖  
多隙避雷器と角型避雷器とを兼用せるもの

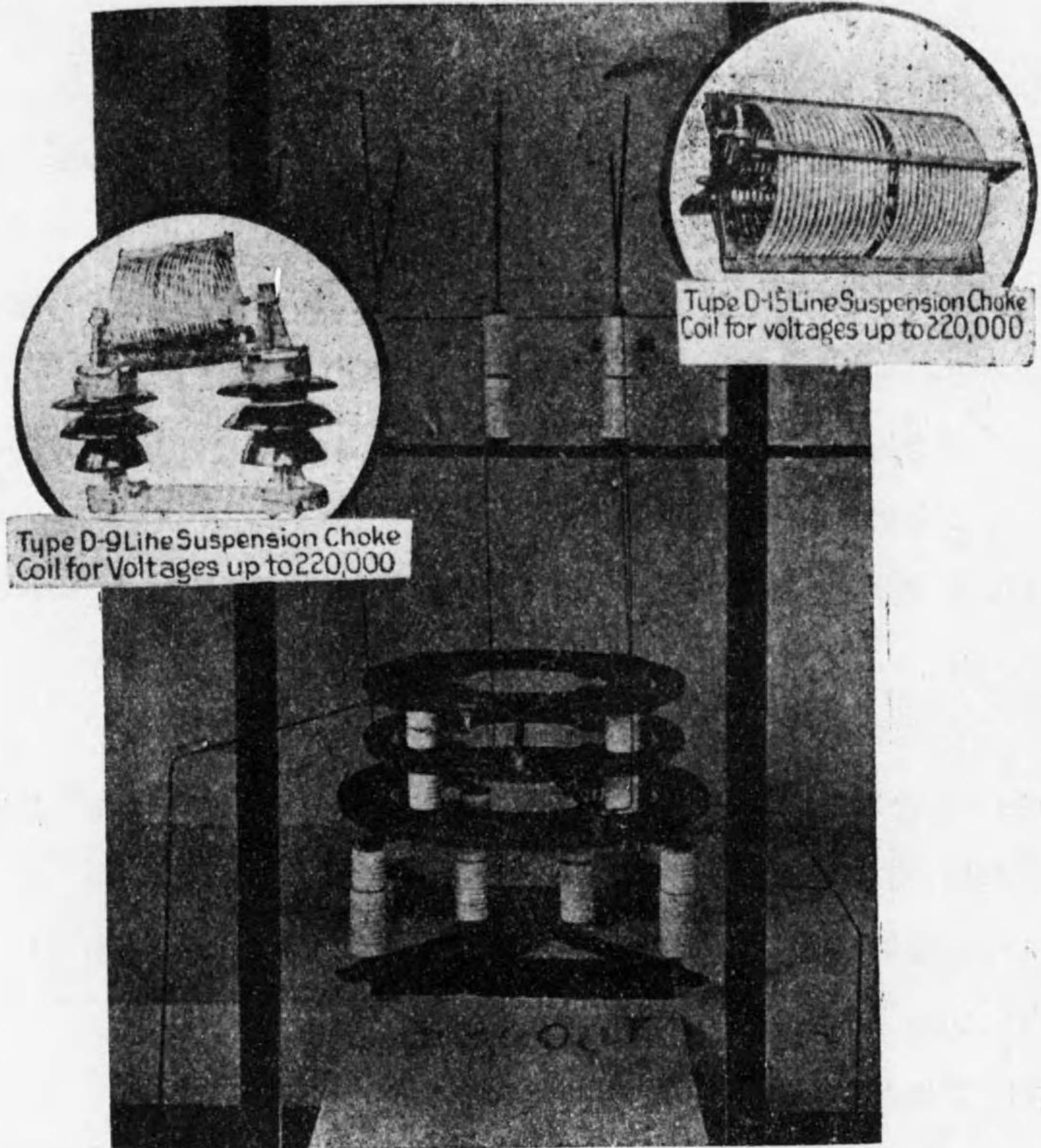
避雷器は塞流線輪の前に取付けらる。之れ塞流線輪の自己誘導の爲外部より來れる雷の高周波は一部反射せられ、塞流線輪の前に於て來襲波と重疊し一層高き電壓を生じ大地に放電するに便ならしむるによる。塞流線輪はリアクタンス高周波に對し大なれば高周波電流の侵入を制限す。此線輪



第 211 圖  
角型の極簡單なる避雷器



第 212 圖  
塞流線輪と組合せし避雷器



第 213 圖  
塞流線輪と組合せし避雷器

は機械的強度小なる虞れあれば特に丈夫なる構造を有せしむ。

f. 避雷器の接地に就て

接地に就きては Electrical World 1924. Vol. 83. {No 3 page (131—135)}  
 {No 4 page (183)}

に詳述せらる。次に其大體を譯述す。

接地する方法には幾多ありと雖も、パイプを用ふるを最も優れたるもの

とす。其利益は

- (a) 同一抵抗を與ふる他の埋設電極より安價なり。
- (b) 他の電極を埋設するには地を穿掘するを要す。パイプは單に打込むのみなれば經費小なり。
- (c) パイプと導線とは地表上に於て接続せらるゝが故に監視する事を得れども、埋設せる電極片にありては全く不可能なり。
- (d) 深き所に濕氣ある土地に於てはパイプならば 20 尺以上打込み得るが故に良き接地を得べし。
- (e) 埋設電極を用ふる時は土地を廣く掘る爲其場所を選ばざるべからず。パイプ電極に於ては土地狭くとも打込み得れば足るが故にパイプに非ざれば不可能の場合あり。

パイプの代用として銅を被せし鋼棒を用ふる事あれども高價なり。接地抵抗は次の四者よりなる。

- (a) 接地線及地板の接続線。
  - (b) 電極夫自身の抵抗。
  - (c) 電極と大地との間。
  - (d) 大地の抵抗。
- (a) の抵抗は *B & S* # 6 以上を用ふ（變壓器の接地には、*B & S* # 2 以上 2 零—4 零番を用ふ）る故に全體の抵抗に對しては省略し得る程度なり。表皮作用大なる爲鐵線は用ふべからず。
- (b) の抵抗も亦小にして (c) の抵抗も電極のペイント其他油等に汚染せられざるものを用ひ大地と電極と密着せしめ置かば又全體に對し非常に小なり。鐵の電極の錆 ( $Fe_2O_3$ ) は水を滲透するが故に抵抗に對して大なる

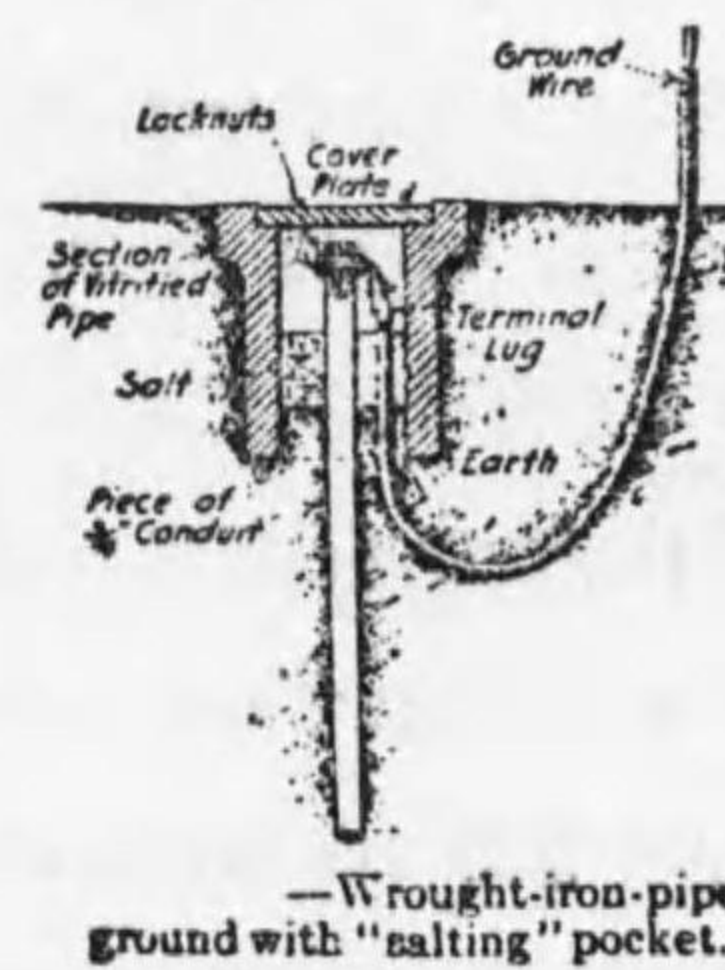
影響なし。

かく考へ來らば最も重大なるものは大地夫自身の抵抗なり。パイプを用ふれば其周圍最も電流密度大にして、換言せば斷面積最小なれば抵抗最も大なり。測定の結果によればパイプを中心として 6—10 尺の間に全抵抗の 90% は存在す。大地の抵抗は地質により、時により、温度により非常の差あれども大約 2000—10000 ohm/cm<sup>3</sup> にしてパイプの打込む深さにより亦抵抗の相違あり。その理由は、

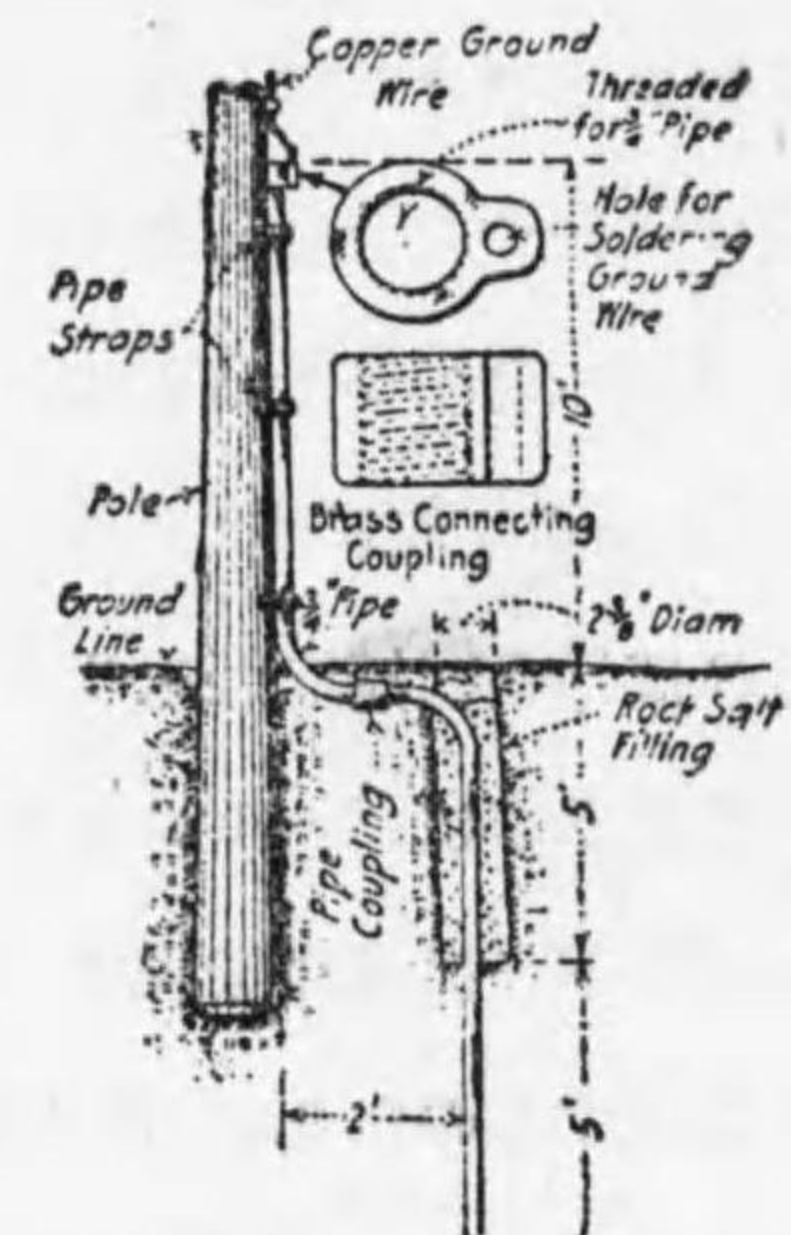
- (a) 大地とパイプの接觸面積は深さに比例す。
- (b) 深き程土壤の抵抗は濕氣の爲減少す。
- (c) 深き程温度の變化の爲抵抗の變化せらるゝ事

パイプを打込むには先パイプより細き鋼棒を打込み抜きとりて、次にパイプの先きに帽子を付け打込むなり。

導線と電極との接続につき電氣化學作用起らざる様注意しビツチ、ター



第 214 圖  
接 地 法



第 215 圖  
接 地 法

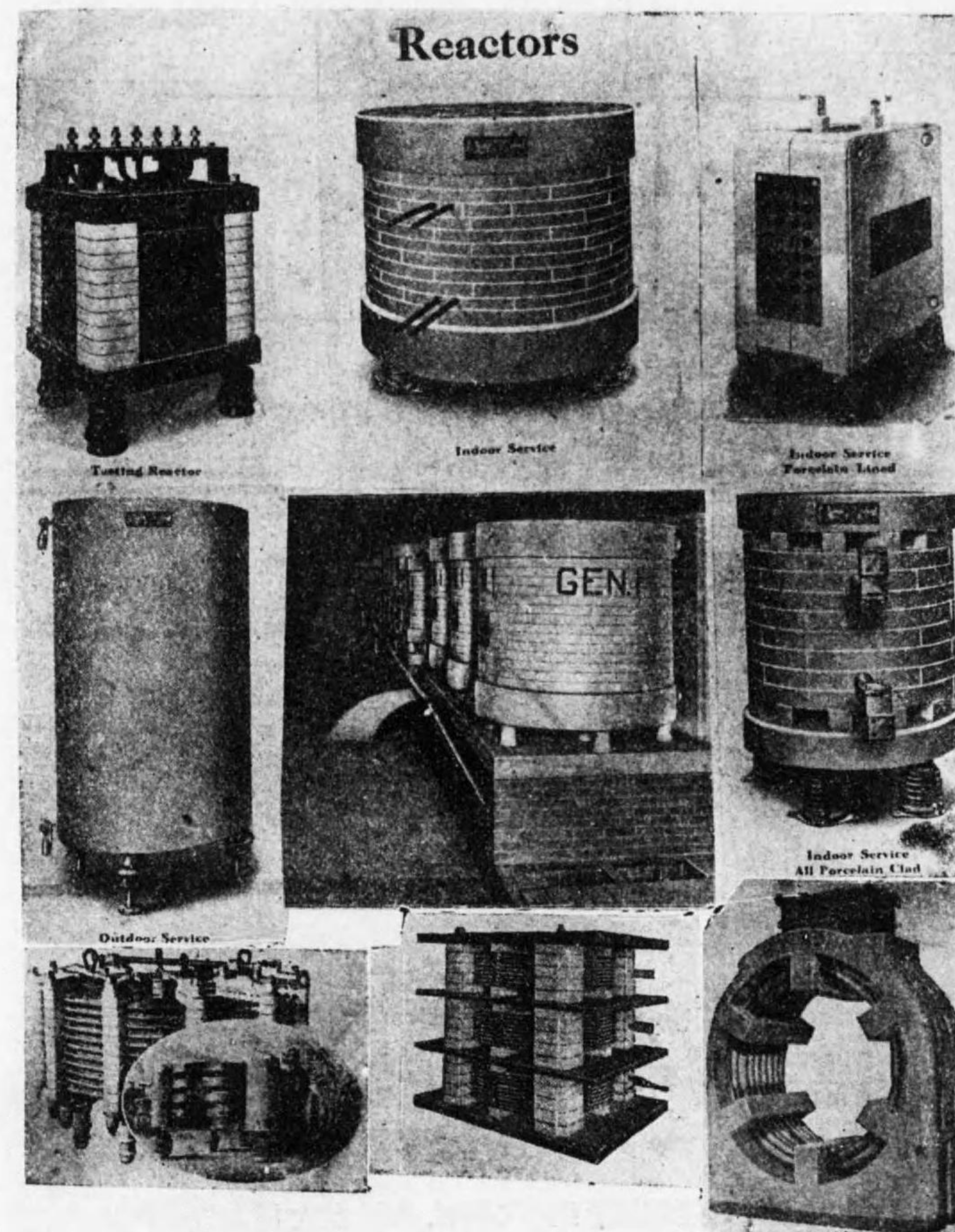
ル等を以て保護するを要す。

パイプの数は土地によらて異り、時に 100 本のパイプを並列にするを要する事あり。之れ甚だ不経済なれば食鹽、鹽化カルシウム、等を土地に加へ常に濕氣を含ませ抵抗を減ぜしむ。食鹽及鹽化カルシウムはパイプを腐蝕せしむるものなれば洗濯ソーダを用ふる事あれども抵抗大なる缺點あり。

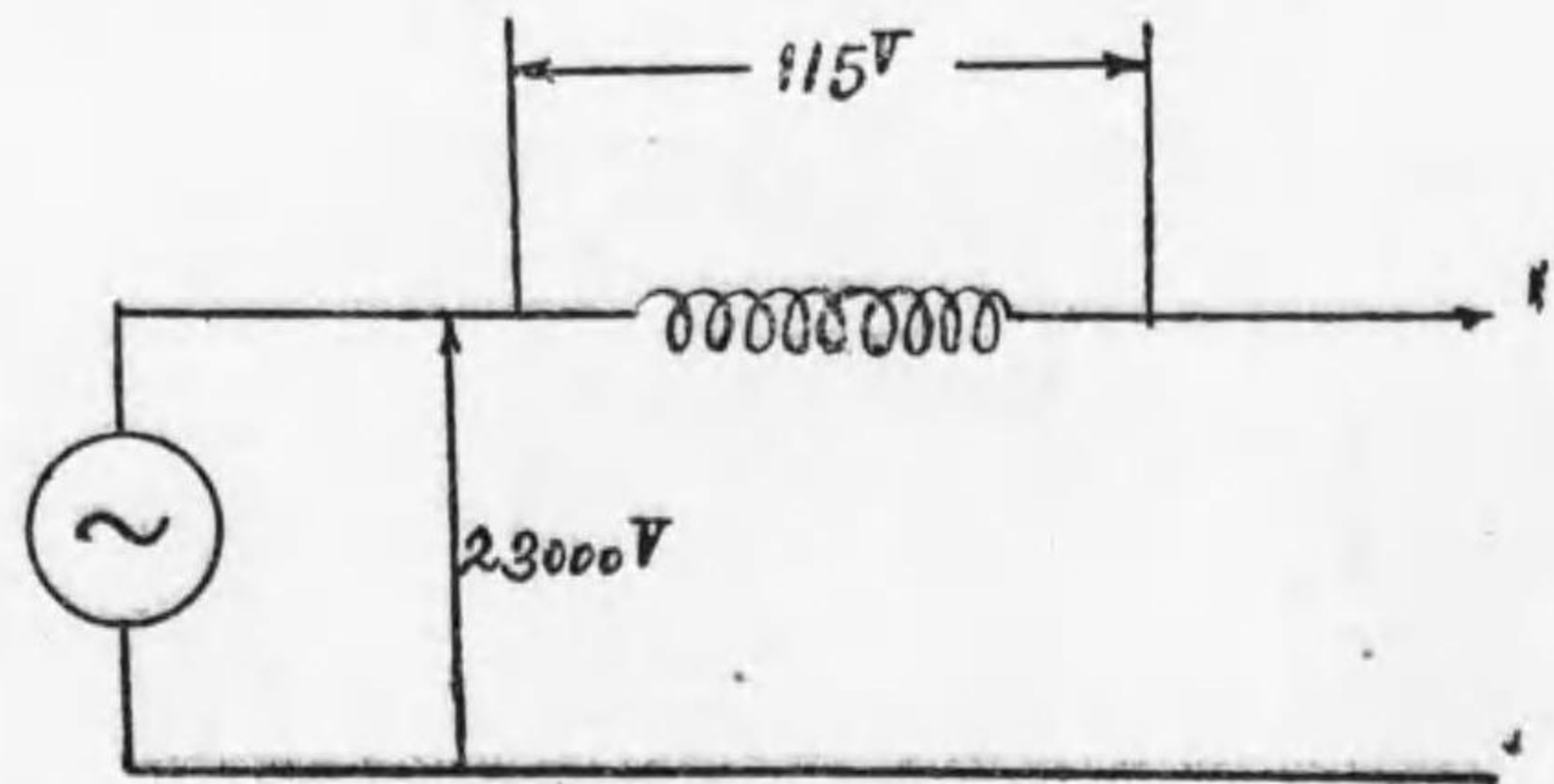
第 214 圖、第 215 圖はかゝる際の接地方法を示す。

### (B) リアクタンス線輪

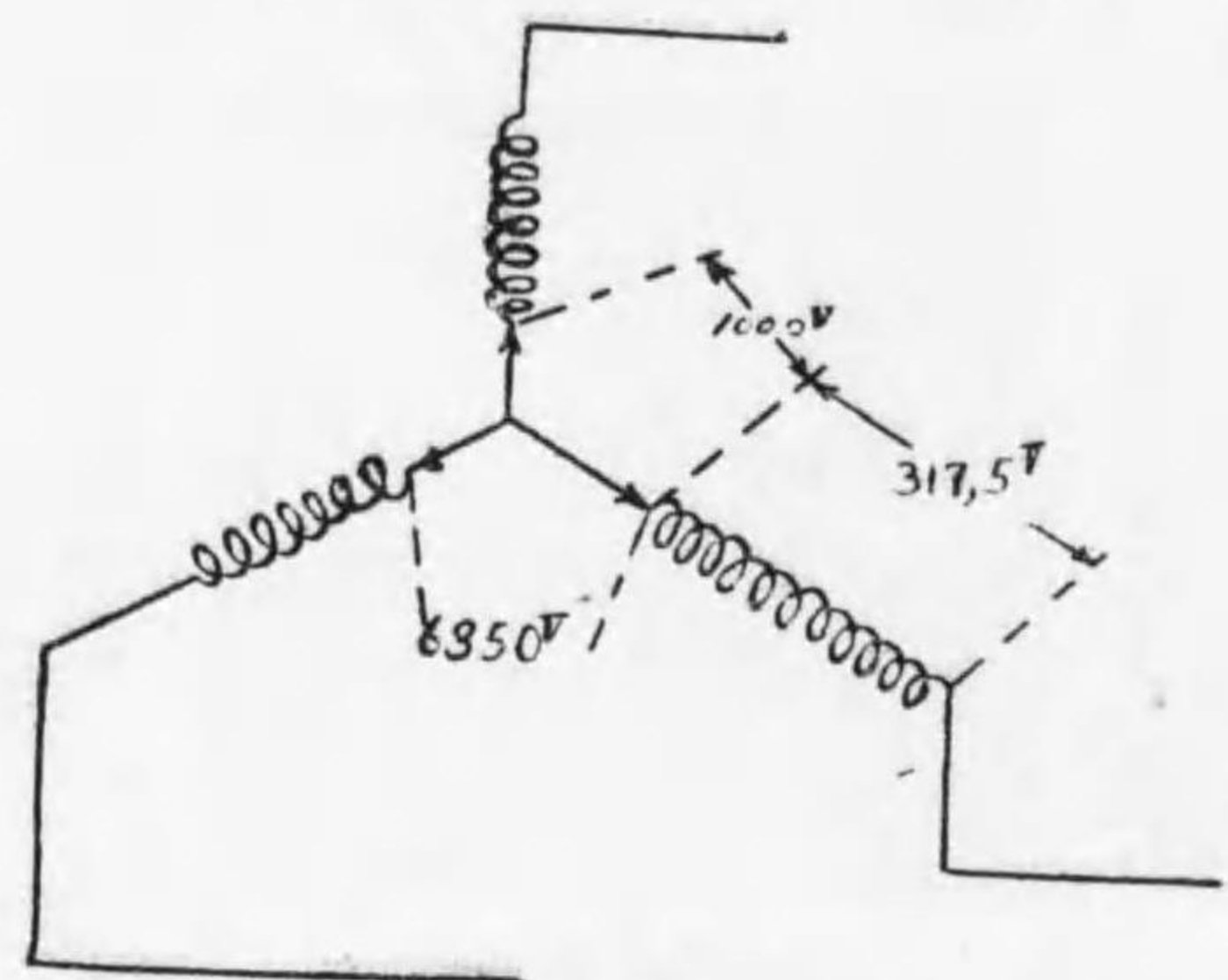
饋電線、母線等に短絡を惹起せし場合は、大なる短絡電流の爲發電機變壓器等の線輪間に非常なる機械力を生ずるのみならず、油入開閉器の容量も大なるものを要す。同一母線に接続せられたる健全なる饋電線の電壓も殆ど零となり凡ての機械は停止する虞れあり。此短絡電流を制限する爲に第 216 圖の如きリアクタンス線輪を用ふ。例へば饋電線に於て母線に近き所にて短絡せりとせば、リアクタンスなき場合は母線の電壓は殆ど零となり、之に附屬せる他の饋電線の電壓も殆ど零となる。然るに若し 3% のリアクタンスを用ひ平常電流の 20 倍の電流を生ぜりとせば、母線電壓は平常の 60% の電壓に保つを得。繼電器によりて短絡線路を切離す迄の時間短ければ他の機械は停止せずして運轉するを得べし。リアクタンスコイルの大きを示すにパーセントを以てす。之れ平常電流の通過せる時のリアクタンス降下（抵抗は無視す）を、其點の平常電壓にて除せしものを百分率にて表はすものなり。例ば單相の場合、平常第 217 圖の如き時は  $\frac{115}{2350} \times 100 = 5$  なれば之の大きを 5% のリアクタンスと謂ふ。三相三線式ならば第 218 圖に於ては



第 216 圖  
リアクタンス線輪



第 217 圖  
単相のリアクタンス線輪の電圧降下



第 218 圖  
三相のリアクタンス線輪の電圧降下

$$\frac{317.5}{6350} \times 100 = 5 \text{ となり矢張り } 5\% \text{ なり。}$$

各饋電線に用ふるリアクタンスの大きさは普通 5—10% の間にあり。大なる發電所にて多くの饋電線を出づる時は 3% 位を用ふる事あり。之れ等の容量は短絡電流の大きさ、平時のワット損失等も考へて決定せざるべからず。

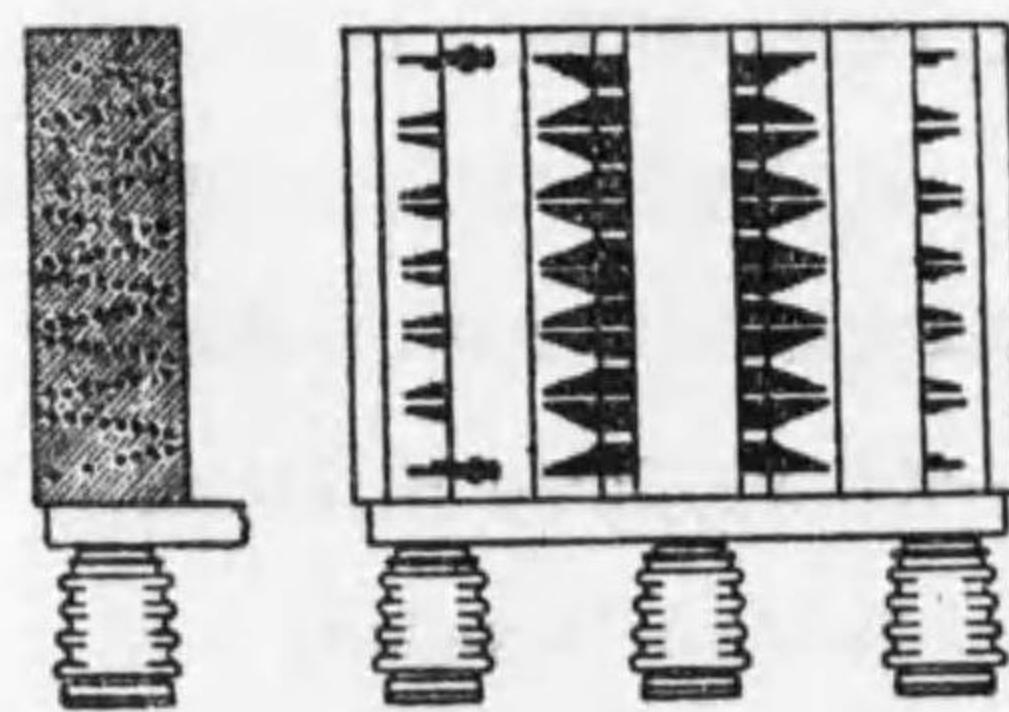
リアクタンスコイルの型には種々あり、Metropolitan Eng Co. にて作

られたるポーセレン絶縁物にて囲まれたるもの、或は G. E. Co 等にて作るコンクリートに裸導體を用ひしもの等あり。

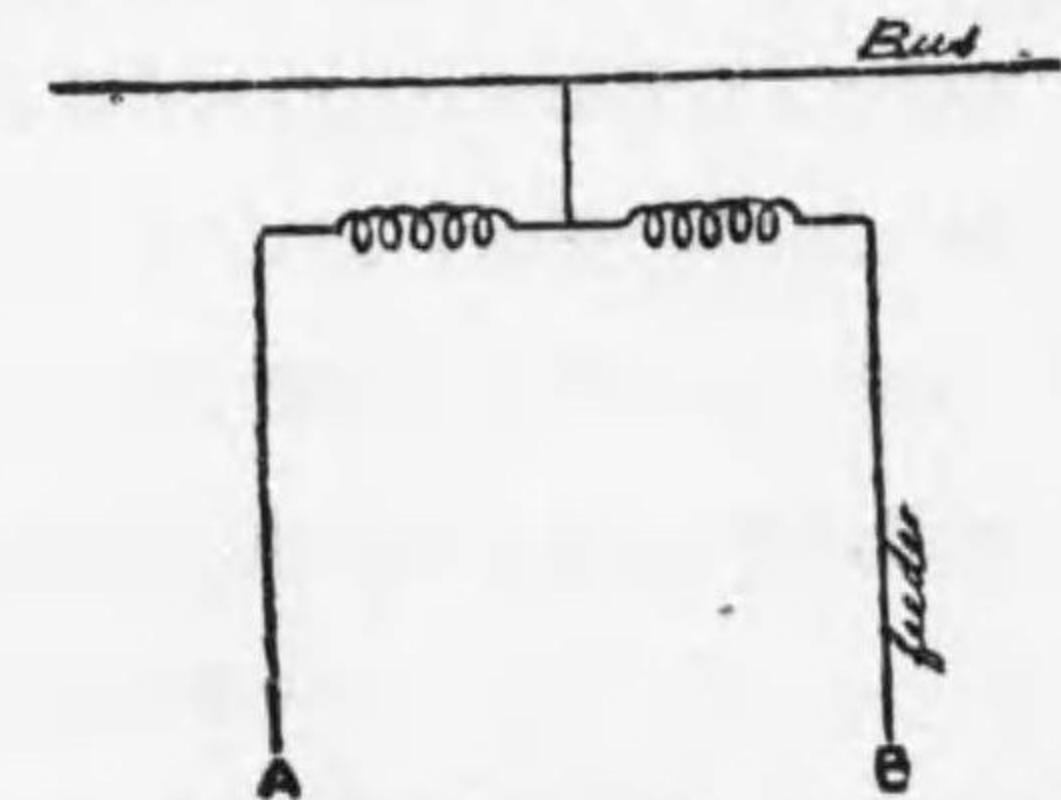
Metropolitan Co にて作れる 280 KVA, 25~, 6 600 V, 1 750 A のコイルの數字を掲ぐれば次の如し。

No. of turn	34
Reactance in ohm	0.0914
Ohmic resistance	0.00195
Calculated a. c. resistance	0.00195
Eddy current loss	0.186 KW.
$I^2R$ loss	6.05 KW.
Temp rise full load for three hours	33°C

此全部ポーセレンにて囲まれしものは高價なれば一部分丈ポーセレンにせるものあり。第 219 圖の如く G.E. Co. のコンクリート中にある各線の V 字形をなせるは大なる電位差のある部分に大なる距離を有せしむる爲なり。饋電線用としては相互誘導をなすリアクタンスコイル使用せらるゝ事あり。之れ平常は全く互に打消すが故にリアクタンス無きものとして



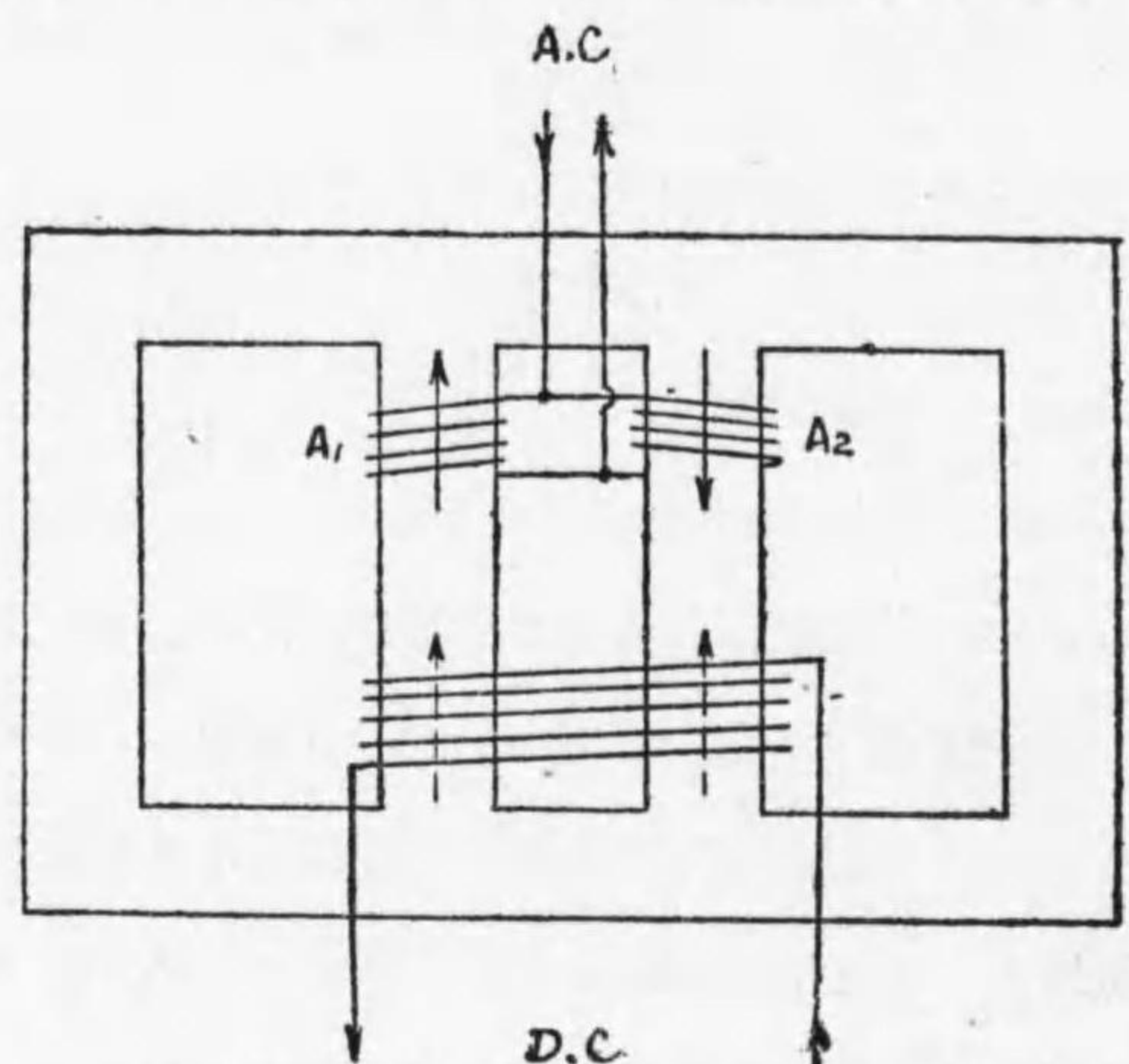
第 219 圖  
G.E.Co. リアクタンス線輪



第 220 圖  
相互誘導を利用せるリアクタンス線輪

働き、短絡を生ぜし時のみリアクタンスとして働かせんとする考案なり。  
(第 220 圖)然し若し兩饋電線が兩方共に短絡せらるゝ時は全く用をなさざれば使用個所に注意せざるべからず。

以上は皆な鐵心を有せざるものなり。鐵心を有するものは平常リアクタンス多く短絡を生じ、大なる電流の通ずるに當り飽和して何等の効なし。但し直流にて鐵心を勵磁する場合は全く反對の作用をなす。第 221 圖の如



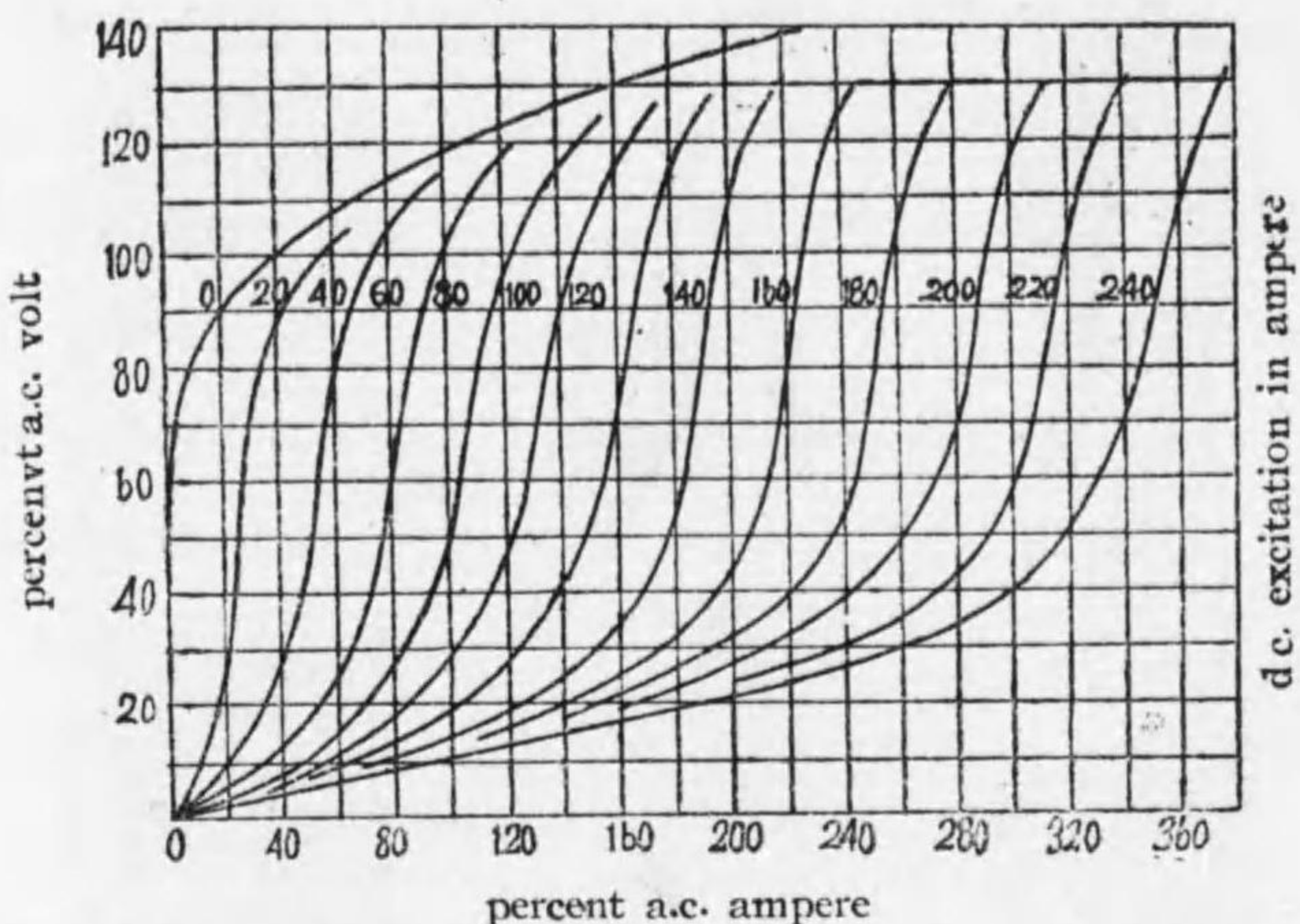
第 221 圖 鐵心を用ひたるリアクタンス線輪

く接続せば直流勵磁電流の大きさにより交流の電流の相違によりリアクタンス線輪の電壓の變化する事第 222 圖の如し。直流勵磁を大にせば平常小なるリアクタンスも大なる短絡電流に對しては大なるリアクタンスとなる。

(文獻, A.I.E.E. 1924, No 7. page 604—607. By David K. Blake)

( " " No.10. page 958—966. By A. Boyajian)

之と同理論に基き饋電線電壓を自動的に調整し得る單捲變壓器も製作せらる。



第 222 圖 直流勵磁及交流によるリアクタンス線輪の電壓變化

(c) 繼電器

繼電器とは線路又は之に接続せる機械に異常状態の發生せる場合其部分を完全なる主體より切離し、又は警告を發する媒介をなすものにして以前は單に故障の起れる時、故障部分を可熔片の如く切離すものなりしが送電配電事業の進歩發達と共に、停電を極めて少なる部分に止め完全なる部分は他の故障の爲に何等影響を受けざる、所謂撰擇作用の完全なるものを要求するに至れり。

a. 繼電器の種類

繼電器は原理により次の四種に大別せらる。

(1) 可動線輪と永久磁石を用ふるもの (D'Arsonval principle type)

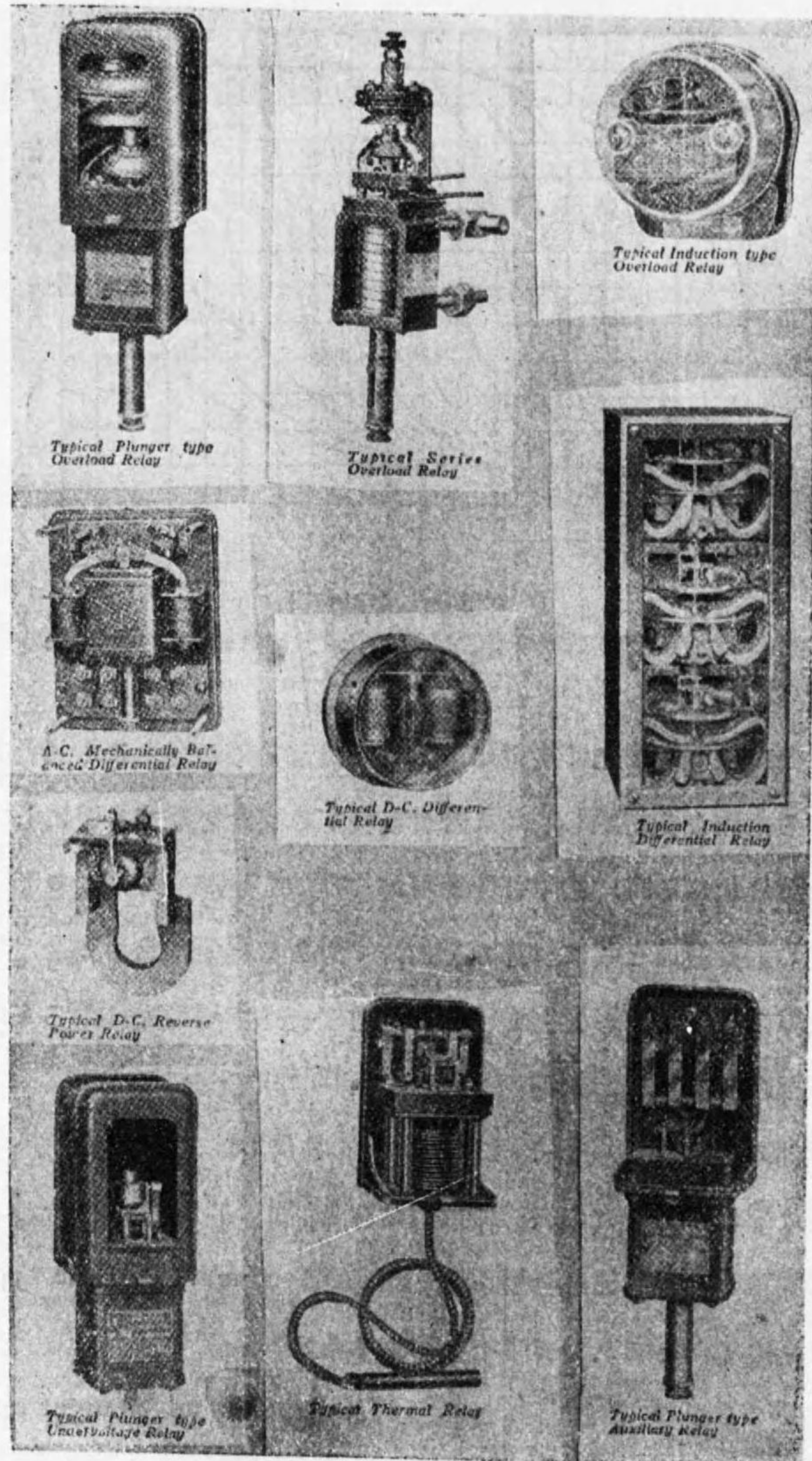
(2) ソレノイドとプランチア-を用ふるもの

(Solenoid and Plunger type)

(3) 誘導型

(Induction type)





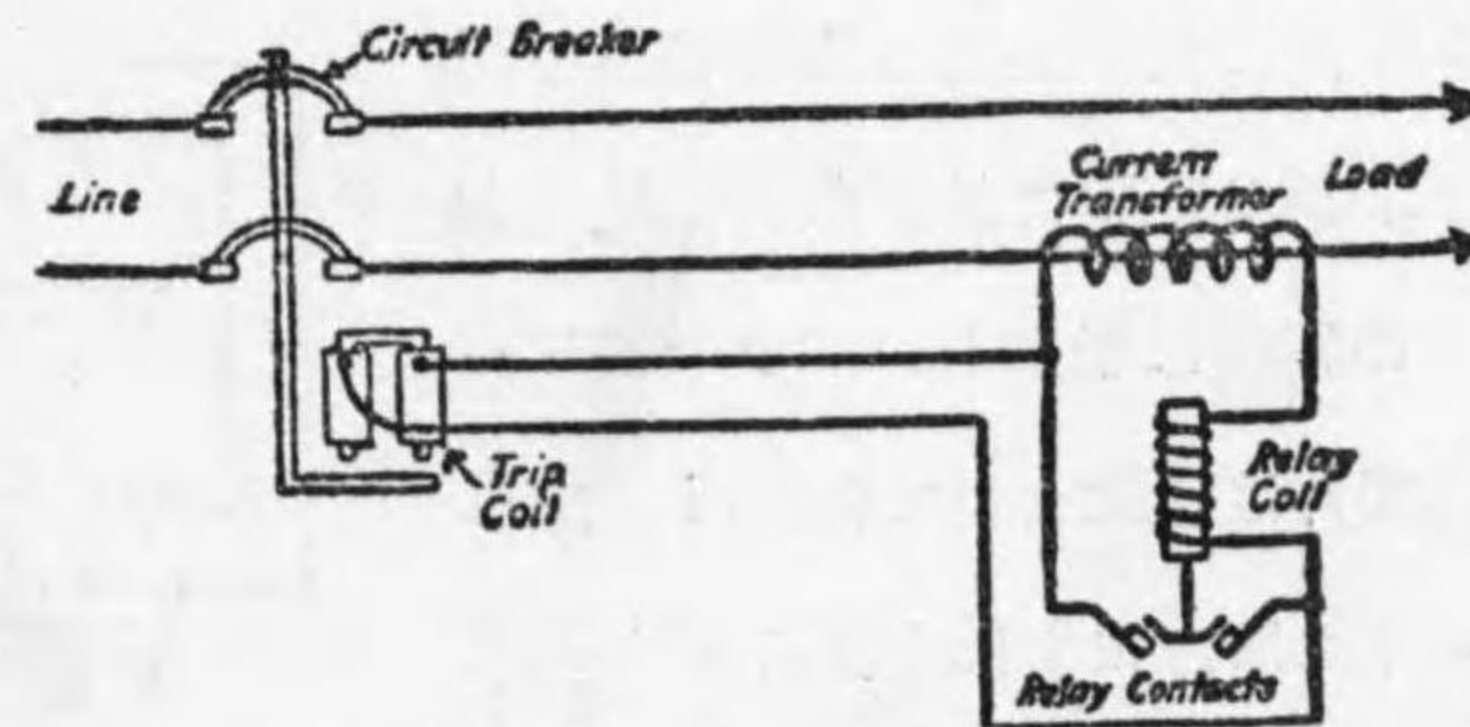
第 223 圖 各種 繼 電 器

(4) 熱により物體の膨脹するを利用するもの (Thermal principle type)  
又働く時間によりて區別せば

- (1) 瞬時繼電器 (Instantaneous relay)
- (2) 定時限繼電器 (Definite time limit relay)
- (3) 逆時限繼電器 (Inverse time limit relay)

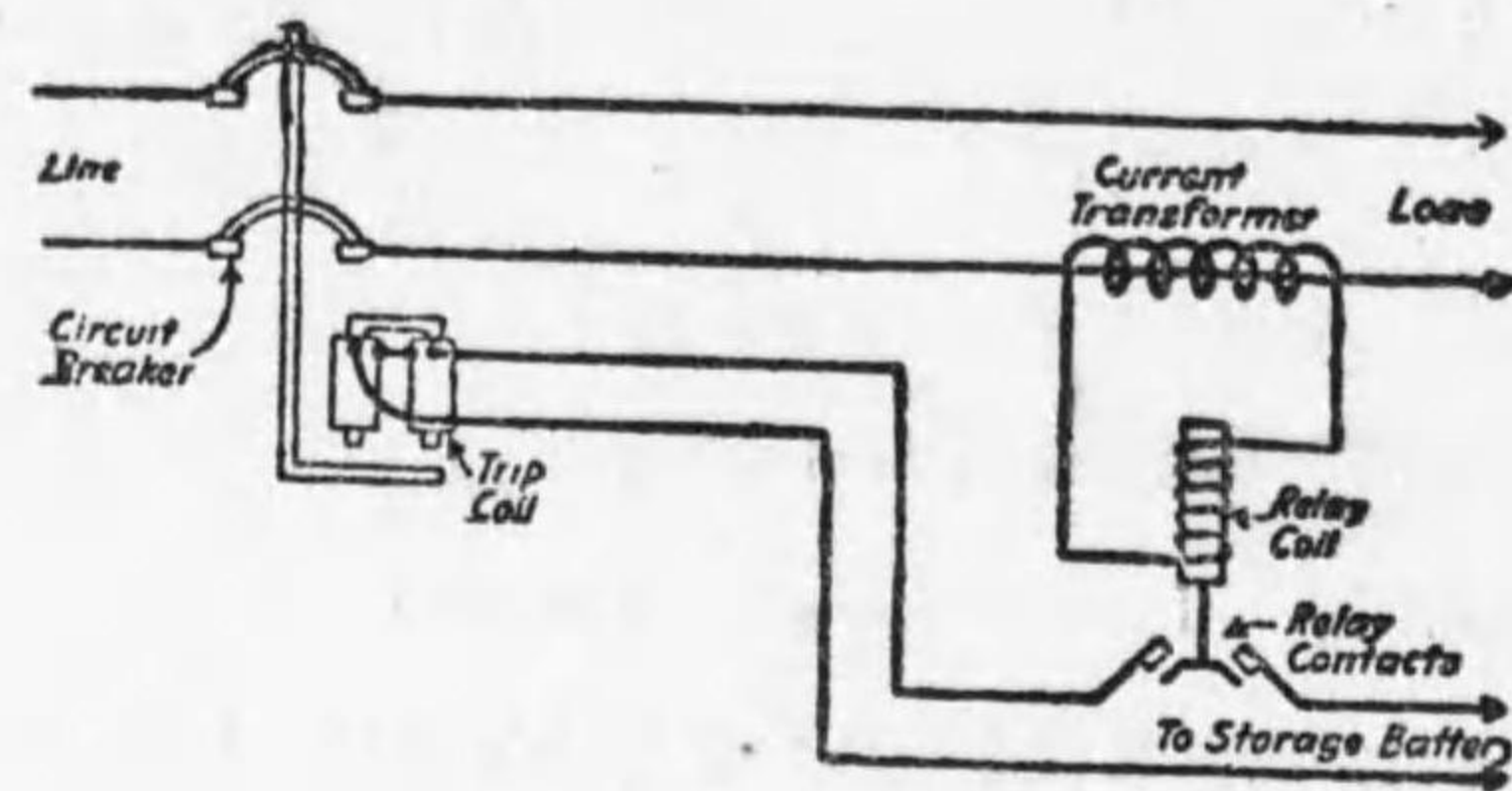
瞬時繼電器とは電路に異常現象の生ぜし場合瞬間に線路を切斷するもの、定時限繼電器とは異常状態となりし後一定の時間をおき働くもの、逆時限繼電器とは負荷に應じて以上の時間に變化を與へるものにして、例ば短絡電流を生ぜし如き場合其電流の多き程早く働く所のものなり。逆時の意味は異常状態と平常状態との差の大なる程少なき時間にて油入開閉器を働かしむる意なり。第 223 圖は種々のリレーを示す。

繼電路は第 224 圖第 225 圖の如く接続せらる。圖中リレーコイルとあるは線路の異常状態、例ば電流の増加或は電壓の上昇等に際し、油入遮斷器を働かしむるトリップコイルに電流を通ぜしむる様に働くコイルなり。此トリップコイルの回路の接続法により次の如く分類せらる。



第 224 圖 開路型 繼 電 器

- (1) 開路型繼電器 (Circuit opening relay) (第 224 圖)
- (2) 閉路型繼電器 (Circuit closing relay) (第 225 圖)

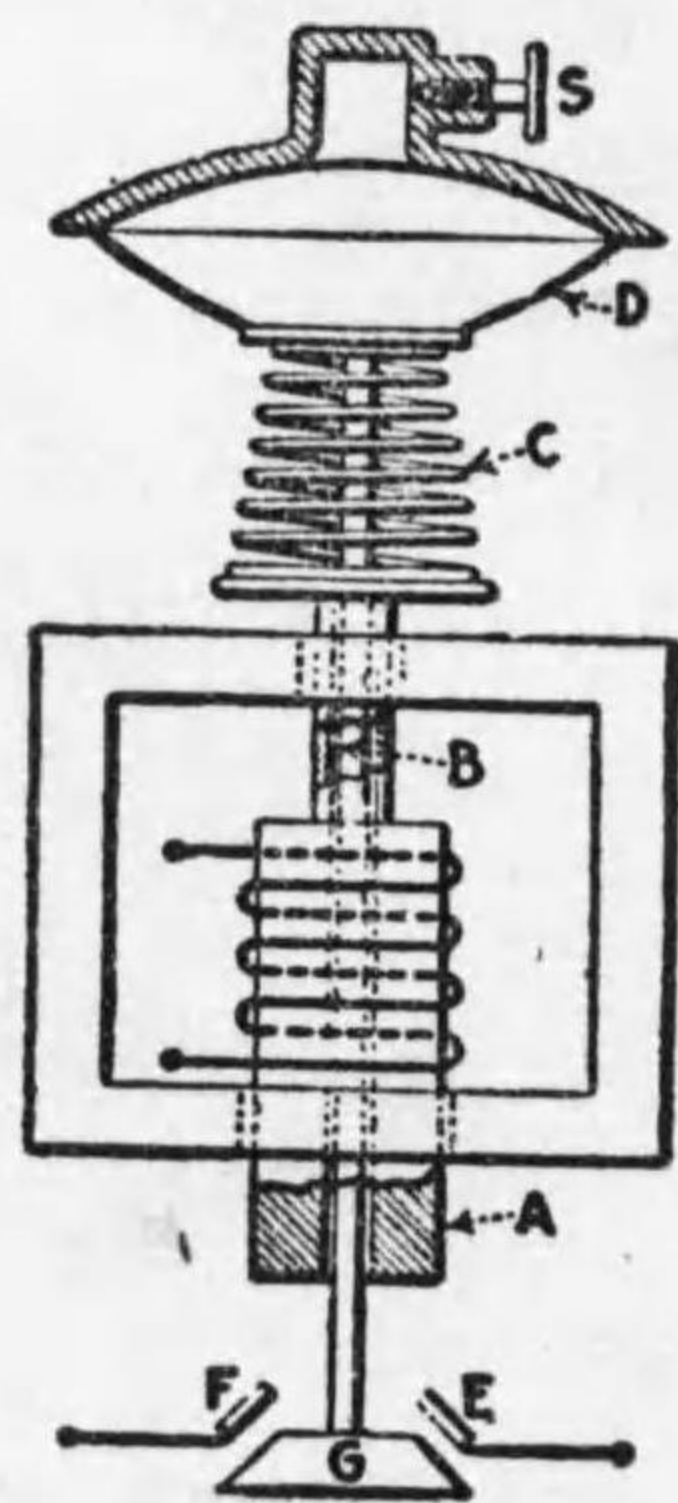


第225圖 閉路型継電器

前者は過負荷電流の通ぜる場合、リレーコイルはリレー接觸點を開きてトリップコイルに電流を送り、開閉器を開かしむる接続にして、後者はリレーコイルによりリレー接觸點を閉ぢ、他の電源より來る電流をトリップコイルに送り所要の目的を達するものなり。

b. プランヂャー型継電器 (Plunger type relay)

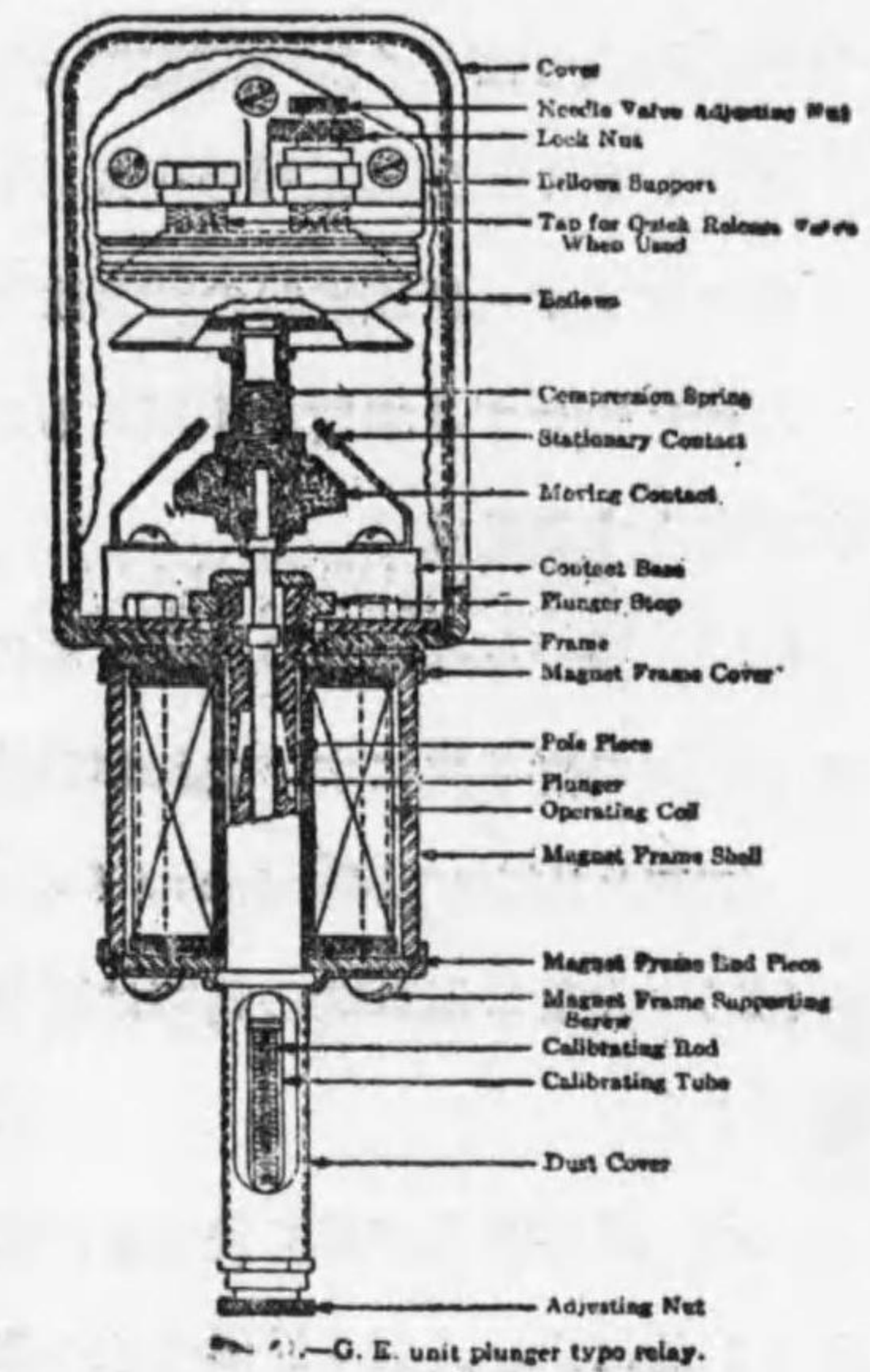
第224圖、第225圖、第226圖、第227圖に於て、第224、225圖は瞬時継電器にして、第226圖及第227圖は夫々定時限継電器及び逆時限継電器なり。第225圖に於て負荷電流増加せば relay coil の電流は増加し、プランヂャーは引上げられ接觸片は之によりて短絡す。之れが爲トリップコイルは直に回路を開く可し。之を定時限にするには第226圖の如く發條と革製の鞆 (leather bellows) 或は油入制動壺 (oil dash pot) とを用ふ。鞆の上部には S なるネ



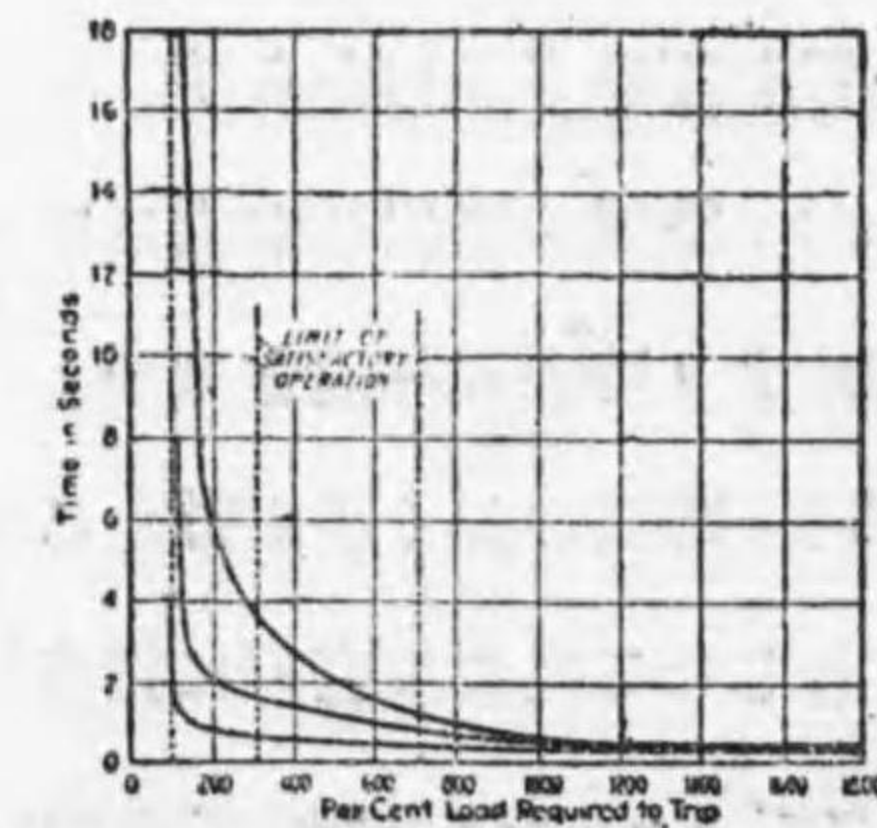
第226圖 鞆型、閉路型定時限継電器(W.H.Co.)

ジに依りて調整せらるゝ空氣孔あり、鞆の下部には發條を通じて A なる鐵心と接続せらる。中間の B G は發條及び鐵心に關係なく、鞆の下部とリレー接觸點 G とを接続す。G は鞆の下部上昇する時 F E に接觸す。油制動壺を用ふる時は鞆を去り G の下方に置く。此構造に於ては A の上に捲かれたるコイルに異常電流の通る時は先づ發條 C を壓す、C は D なる革製鞆の下部を壓し其中にある空氣を S より脱出せしむ。D の下部上昇すると共に B G は上昇し F E を短絡す。此過負荷電流の生じてより F E の短絡せらるゝ迄の時間は D 中の空氣の脱出の速度による。S の孔を一定に調整せりとせば空氣脱出の速度は D の下部を押す力に比例す。然るに發條 C の A により加へらるゝ力は電流の大小により異れども、發條の C に加へる力は殆ど一定なり。従つて S より出づる空氣の速度は一定となり F E の異常状態發生後より閉ぢる迄の時間は異常状態の程度に關係なく一定となる。

逆時限継電器は此發條を取去りしも



第227圖 逆時限継電器



第228圖 逆時限継電器特性曲線

のにして過負荷繼電器に於ては電流の増加は  $S$  を出る空気の手を早め  $E F$  の短絡を速かならしむるものなり。此繼電器の特性は第 228 圖の如きものなり。此使用する範圍は電流と時間の逆比例する部分にして、電流非常に増大せば全く瞬時繼電器となる。

ブランヂャー型繼電器の得失。

ブランヂャー型繼電器の特徴は構造簡單にして堅牢なる點にあり、從つて精密を要せざる場所に使用するに適す。

其缺點とする點は

(1) 軸の革は時日の経過するに從つて乾燥し龜裂を生じ或は天候によりて柔軟の度を異にす、之れが爲時限の正確を期し難し。

(二三ヶ月毎に手脚油 (neats foot oil) を塗布せば多少此缺點を除く事を得)

(2) 大なる過負荷の爲革は延び或は破るゝ處あり、之れ亦時限の正確を缺く。

(3) 逆時限繼電器に於ては非常に大なる過負荷の場合は瞬時繼電器となるが故に之を放射狀饋電線 (Radial feeder) に用ふるに當り或る程度迄撰擇作用あれども、其程度を超ゆれば凡ての繼電器は同時に働く爲定時限繼電器を用ひざるべからず。

(4) 空氣の脹出孔の大きにて時限は定まるものなれば金屬の錆又は塵埃等により時限に相違を生ず。

(5) 時限のかく不正確なる爲、定時限繼電器を用ひても撰擇作用を完全ならしむる爲には直列に數多用ふるを得ず。

(1 秒より小なる時間に區分する事實上困難なり、5 個直列に使用するとせば最後のものは 5 秒を要す之れ餘りに長きに過ぐ)

(6) 絶えず振動するが故に螺旋 (screw) 等の緩む處あり。

(7) 一度鐵心の引上げられ再び舊狀に復するにトリツブコイルを働かせる最小電流の 40—50 % 以下に減少せざるべからず。

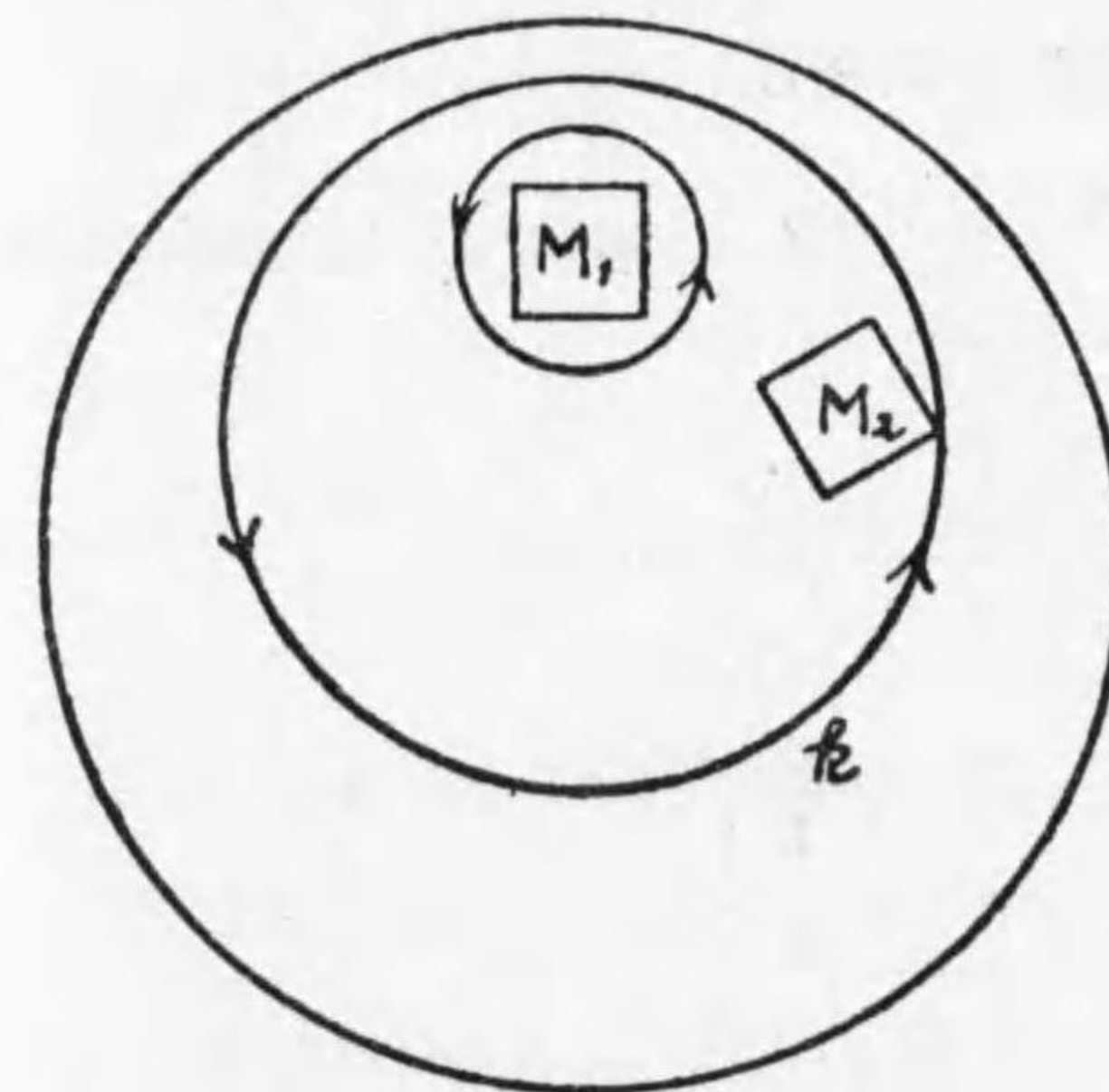
(8) 油制動壺を用ふる場合は温度により油の粘着性を變じ從て時限を變ず。

(9) 此型の繼電器の時限を正確にせんとせば非常に大なる勞力と費用とを要す。

(10) 以上種々の理由により時限目盛を時々試験せざるべからず。

#### C. 誘導型繼電器

此繼電器の原理は誘導型積算電力計の夫と同一なり。第 229 圖に於て  $M_1$   $M_2$  を位相の異なる電流捲線を有する二つの電磁石とす。各磁石極間に通する一のアリミニウム圓盤あり、此中に生ずる電流に各磁極は働き回轉せしむ。 $M_1$  の磁束の變化によりて生ずる電流を畫けば  $k$  の如し。此電

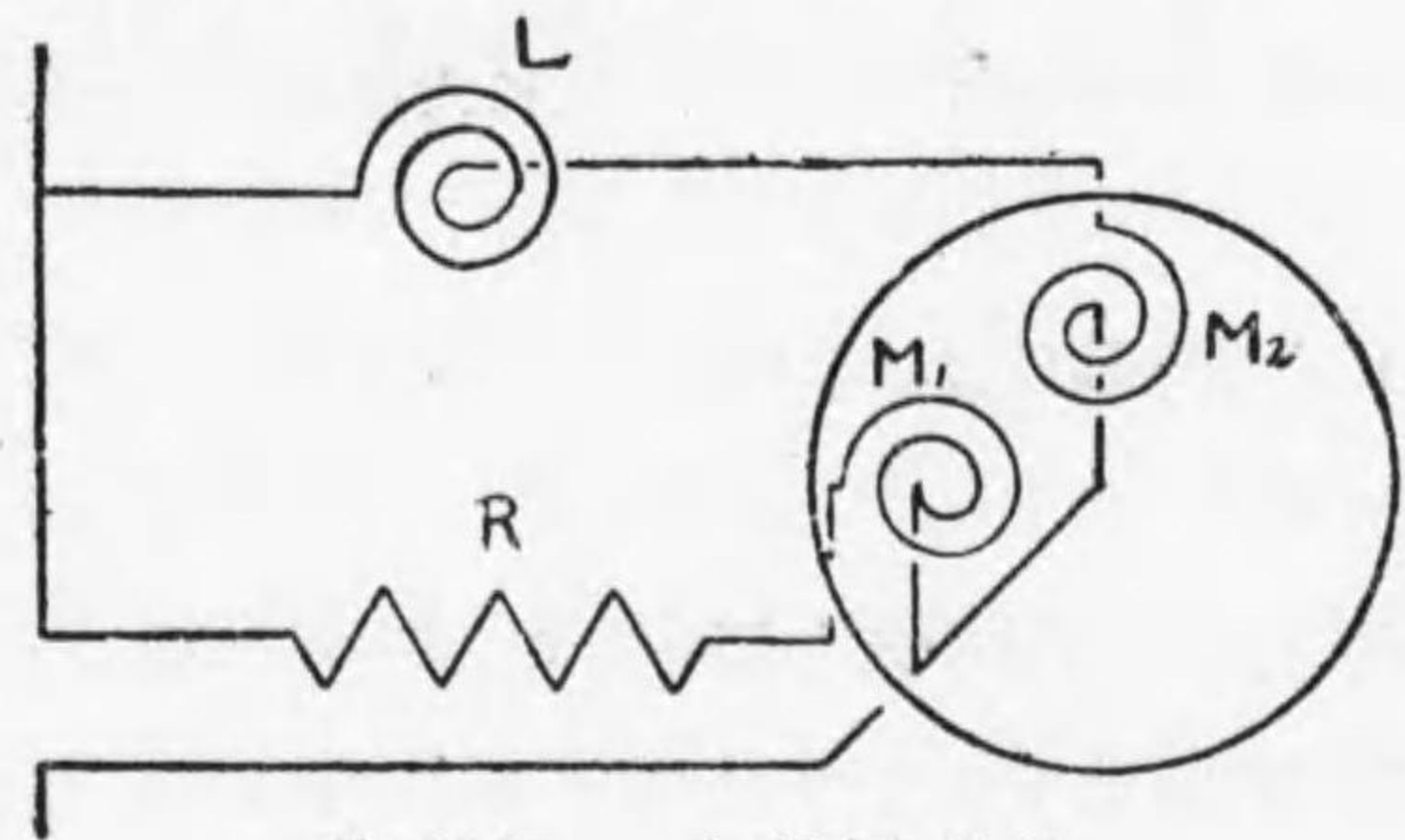


第 229 圖 誘導型繼電器の説明

流は  $M_1$  に對しては左右對稱の位置にあり且方向異なるが爲に回轉力を生ぜず。然るに  $M_2$  に對しては非對稱の位置にある故に其磁束によりてアリミニウム板は回轉力を生ず可し。 $M_1$  によりアリミニウム盤に生ずる電流は  $M_1$  を通る電流に對し殆ど  $\frac{\pi}{2}$  どの位相の遅れを生ず。此電流と  $M_2$  の磁束との力は同相に

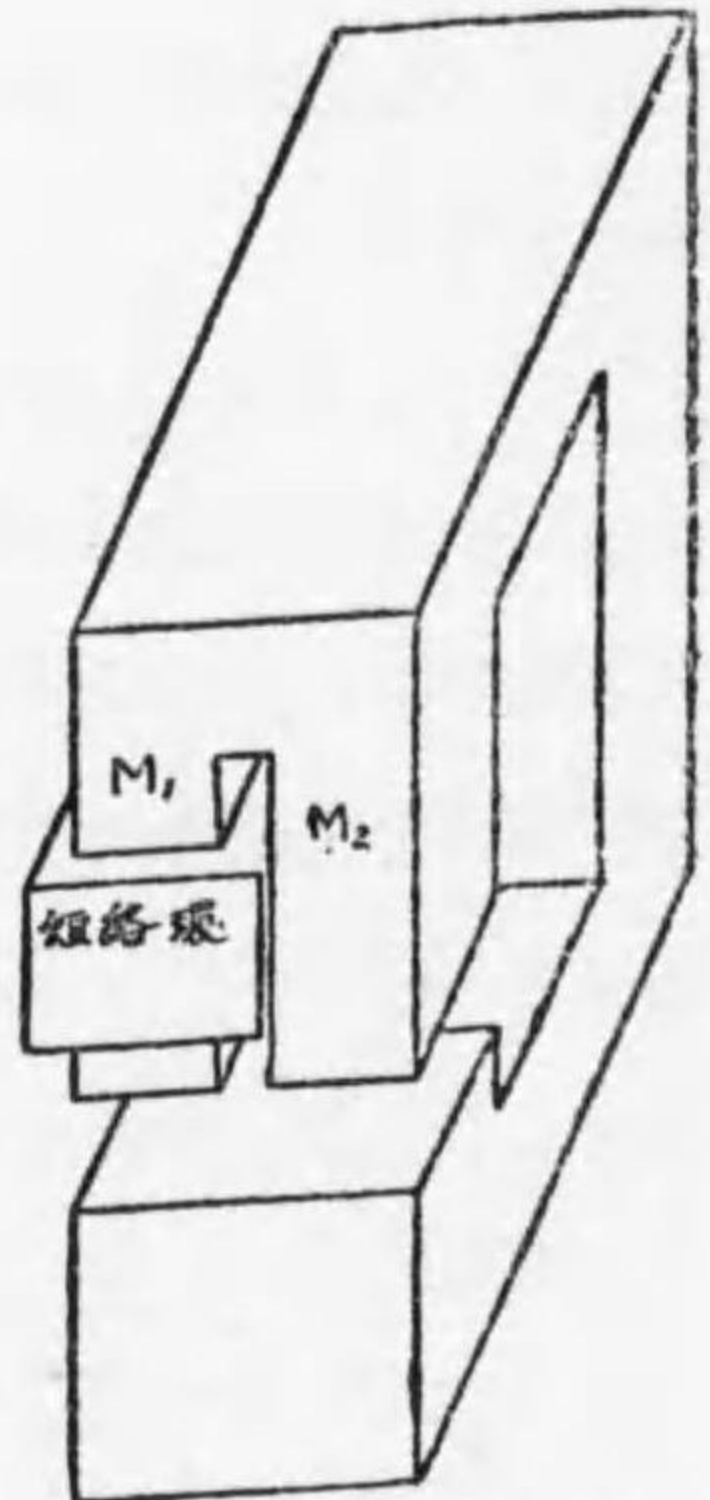
来る時最大なれば  $M_1$  の電流と  $M_2$  の電流とは  $\frac{\pi}{2}$  の位相の差ある時回転力最大なり。此位相差を作る方法に次の三種あり。

- (1) 分割回路法 (Split circuit system)
- (2) 短絡線輪電極法 (Shaded pole system)
- (3) 変圧器法 (Transformer system)

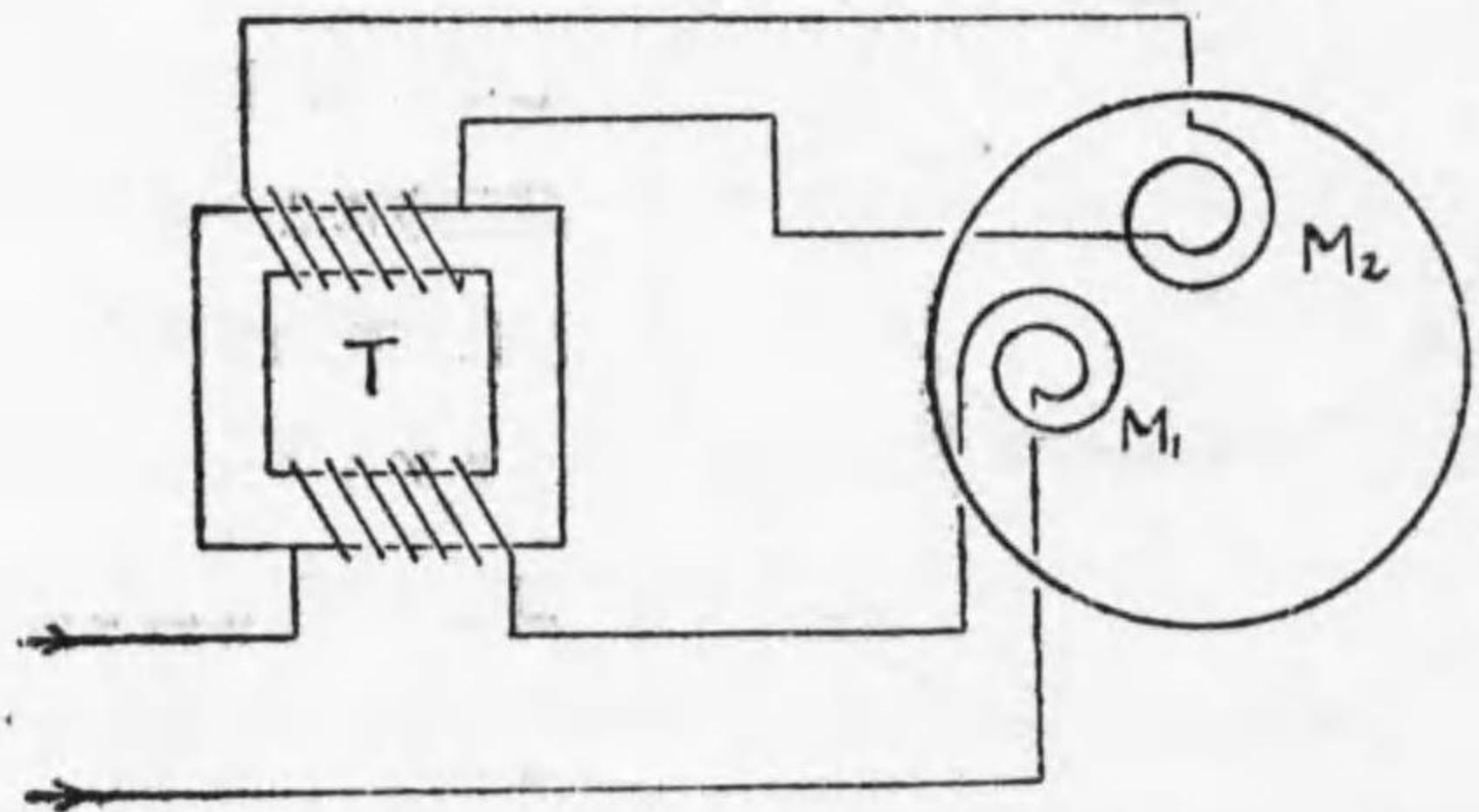


第230圖 分割回路法

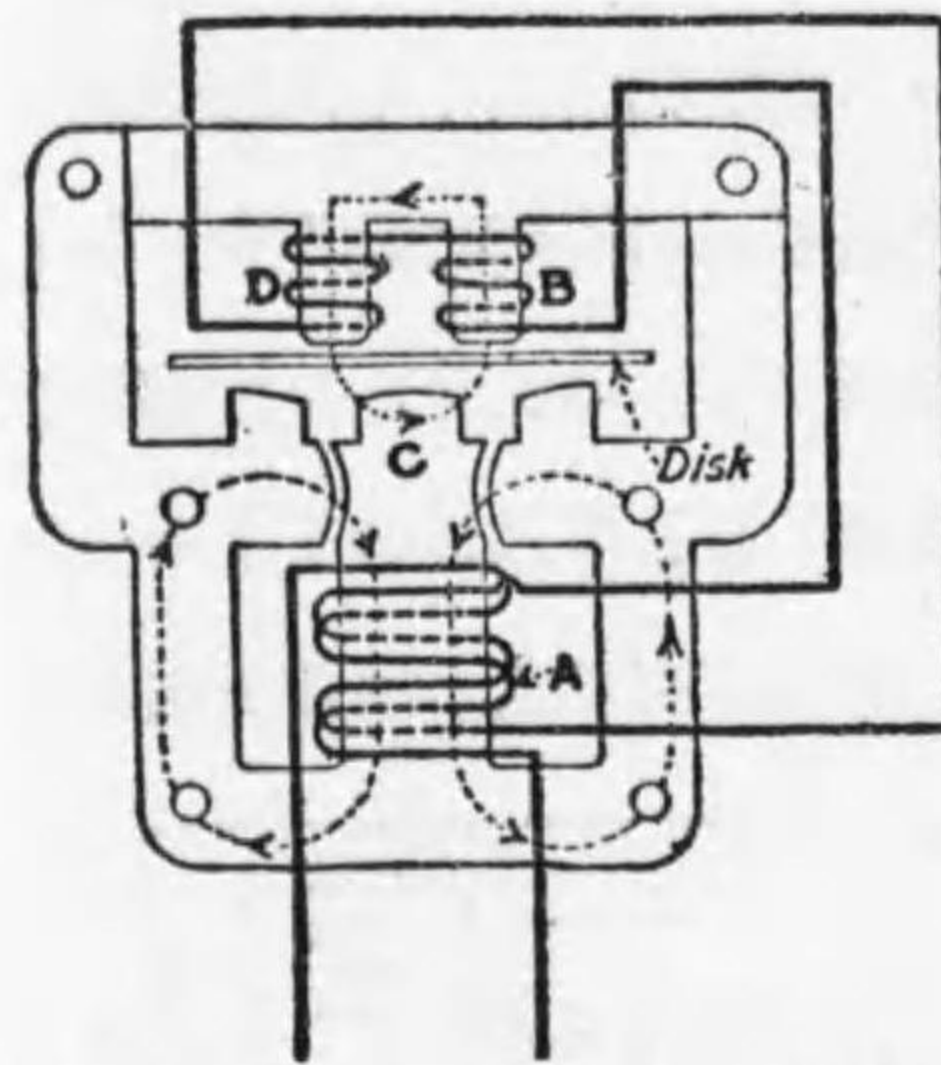
分割回路法とは第230圖の如くせるもの、短絡線輪電極法とは第231圖の如き鐵心にコイルを捲けるもの、變壓器法とは第232圖の如きものなり。實際には第233圖の如きものを用ふ。



第231圖 短絡線輪電極法



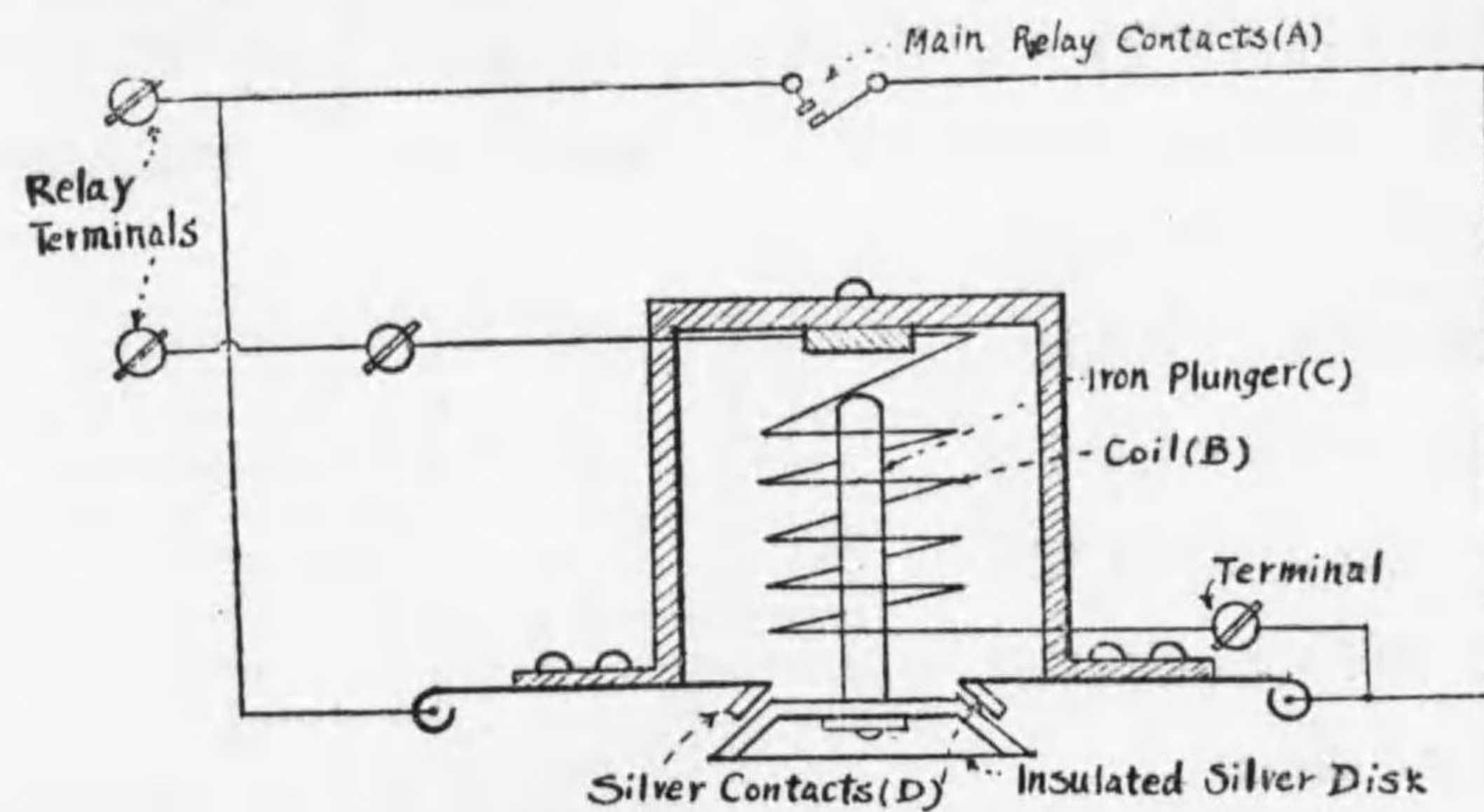
第232圖 變壓器法



第233圖 W.H.Co.逆時限繼電器

Aに由りて生ずる磁束により BD のコイルの電流は生ず、従て AC を通る磁束と DCB を通る磁束は  $\frac{\pi}{2}$  に近き位相の差を生ず、AC の磁束は DB の部分をも通過する故に中間にあるアルミニウム盤に回転力を與ふ。此回転力を發條にて平均せしめ異常状態となりし時に之に打勝ち回転しトリツ

ブ回路を閉づ。誘導型繼電器は一般に纖弱なるものなれば接觸點も大ならしむる事能はされば補助接觸閉閉器を用ふ。第234圖の如き其一種なり。繼電器働きて A を閉づれば B のコイ



第234圖 補助接觸閉閉器利用の例

ルに電流が通り C は上昇し D の大なる接觸片を以てリレー回路を閉づ。開く場合は繼電器主接觸點を燒損せしめざる様 A 點より先きに開く。

時限調整

可動接觸片が浮遊せば時限に變化を生ず。即5アンペアにて或る時限を有するものが4アンペアにてはアルミニウム盤を相當大なる角度回轉し居るべし、此時僅か1アンペアの増加にて繼電器は殆瞬間に動作す。かゝる不都合をなからしめんが爲に回轉圓盤の磁極の下には孔をあけ回轉力を減少せしむ。然し規定電流以上とならば回轉を初め孔は磁極の下より去り負荷に應じて逆時限的にリレー回路を閉づ。實際に於て或る過負荷迄逆時限とし夫以上の過負荷とならば定時

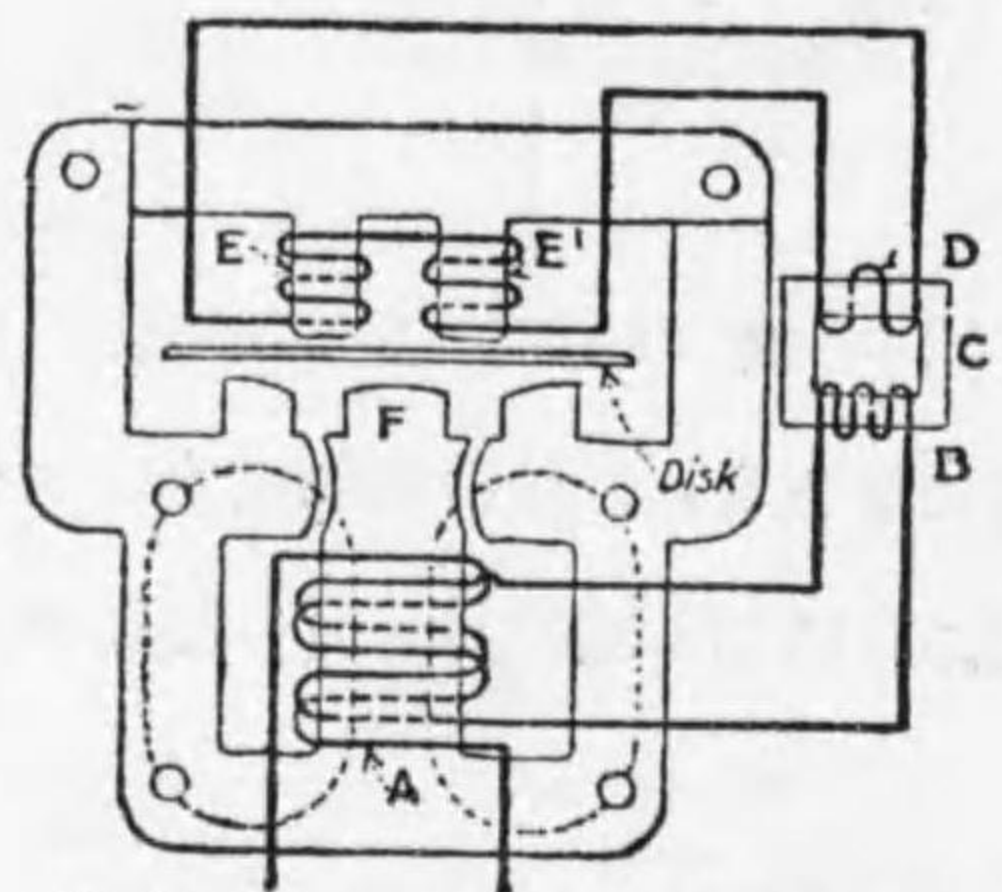
限にし撰擇作用を完全に行はしめんとす。此場合にはトルクコンペンター (Torque compensator) を用ふ。第235圖に於てBCDとせるは小變壓器にして鐵心を小にし或る負荷迄は二次電流は一次電流に比例し

増減すれども其増加大なる時は鐵心飽和し二次電流の増加は一次電流に従はず殆ど一定となり定時限繼電器として働く。其の特性曲線は第236圖の如し。

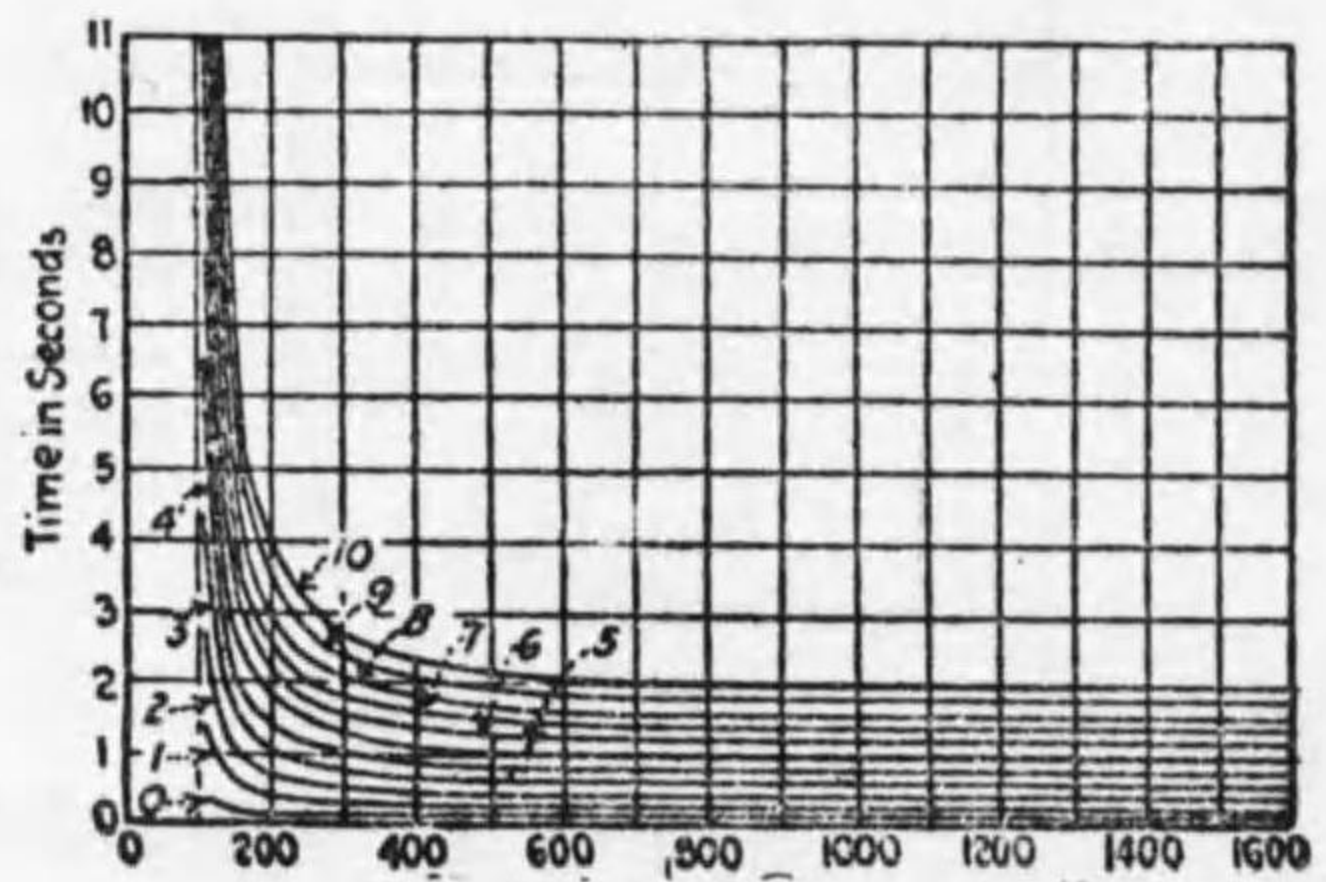
d. 電力繼電器

繼電器を使用目的に従つて分類せば

- (1) 電流繼電器 (Current relay)



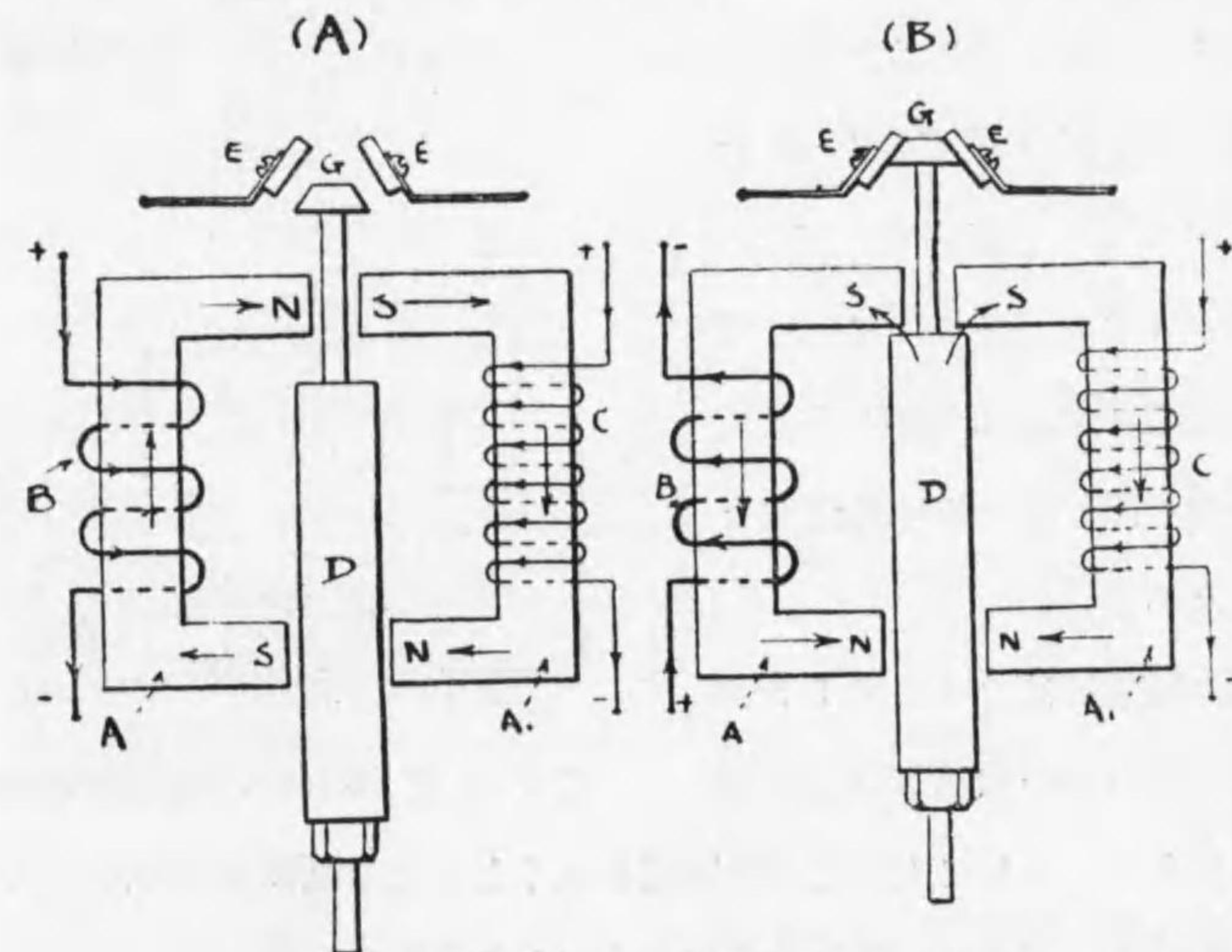
第235圖 W.H.Co. 定時限繼電器



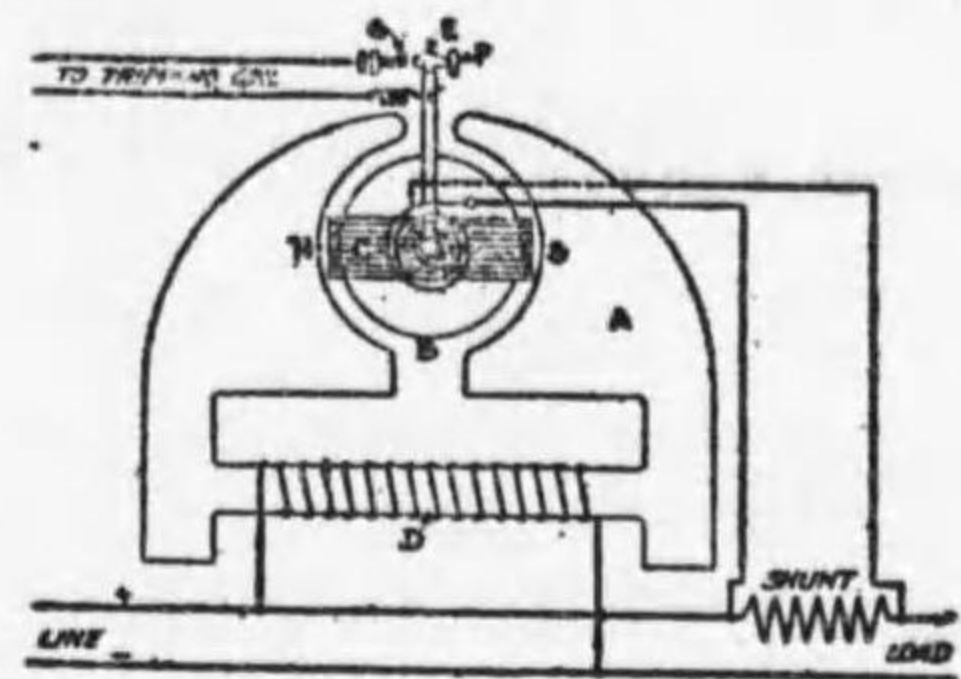
第236圖 W.H.Co. 誘導型繼電器のタイムロード曲線

- (a) 過負荷繼電器 (Over load relay)
- (b) 過小電流繼電器 (Minimum current relay)
- (2) 電壓繼電器 (Voltage relay)
  - (a) 高電壓繼電器 (Over voltage relay)
  - (b) 低電壓繼電器 (Under voltage relay)
- (3) 電力繼電器 (Watt relay)
  - (a) 逆流繼電器又は逆電力繼電器 (Reverse power relay 或は Power directional relay 又は Reverse current relay)
  - (b) 差働繼電器 (Differential relay)
- (4) 周波數繼電器 (Frequency relay)
- (5) 溫度繼電器 (Temperature relay) 等となる。

電流繼電器、電壓繼電器は前に記せるプランヂャー型及誘導型之に屬



第237圖 逆電力繼電器

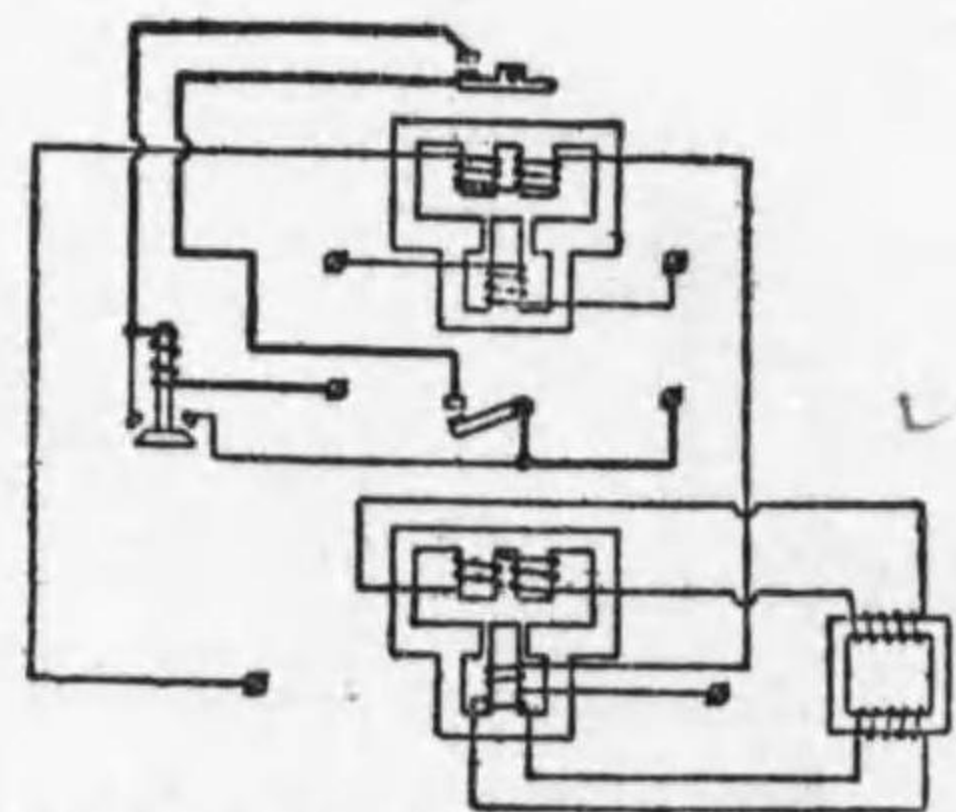
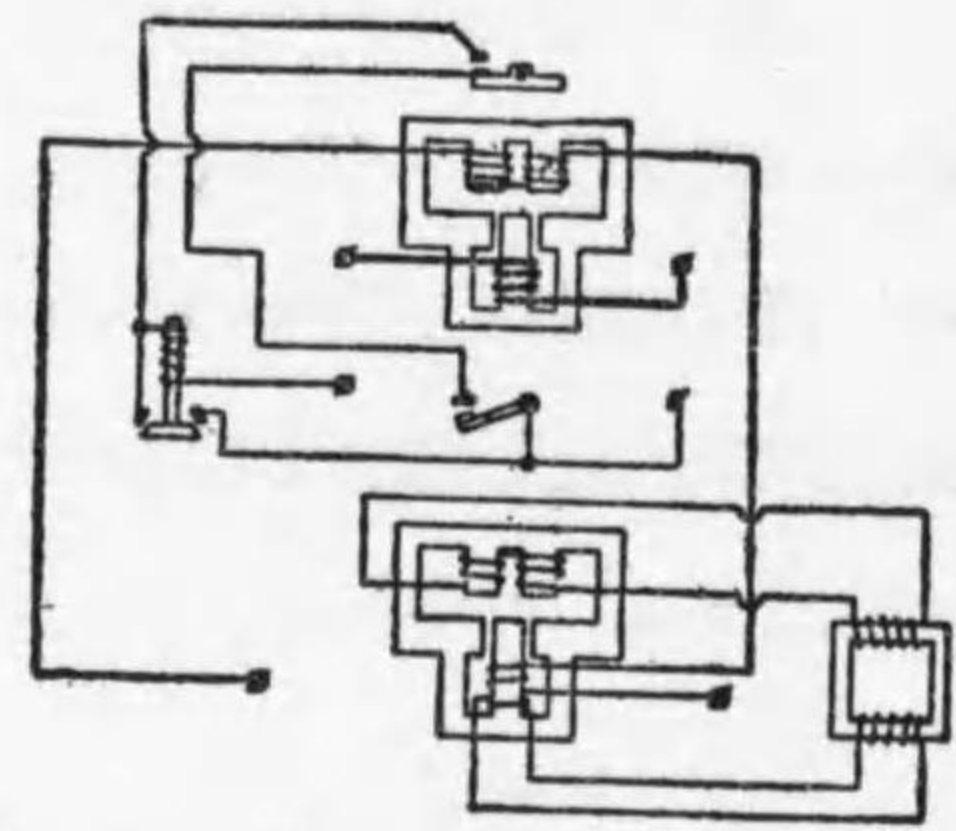
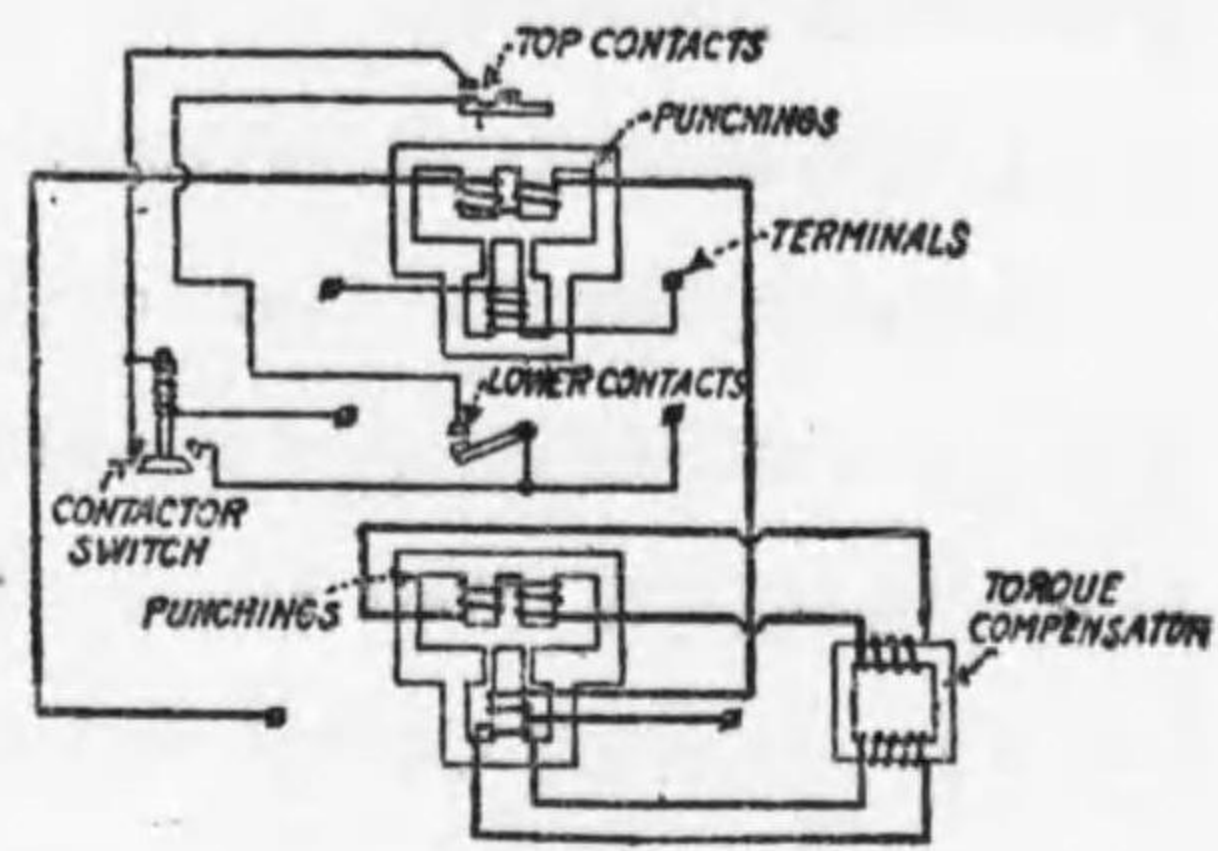


第 238 圖 逆電力繼電器

す。直流電力繼電器の中逆電力  
繼電器は第 237 圖に示せるもの  
及び第 238 圖に示せるもの之に  
屬す。第 237 圖はブランチャ  
型にして *B* は電流線輪 *C* は  
電壓線輪なり平常の場合は左圖  
の如く、異常状態を生じ逆流せ  
りとせば右圖の様になり *D* を  
引上げ *E F* を短絡す。第 238  
圖はダルソンバール型にして電  
壓にて勵磁せらるる磁石と負荷  
電流の一部を通ずる可動線輪と  
よりなる。

交流の繼電器はウェスティング  
ハウス社のものは第 239 圖に示  
せる如きものにして上圖は電流回路を太くし中央の圖は電壓回路を太く最  
下のものはトリップ回路を太くせるものなり。

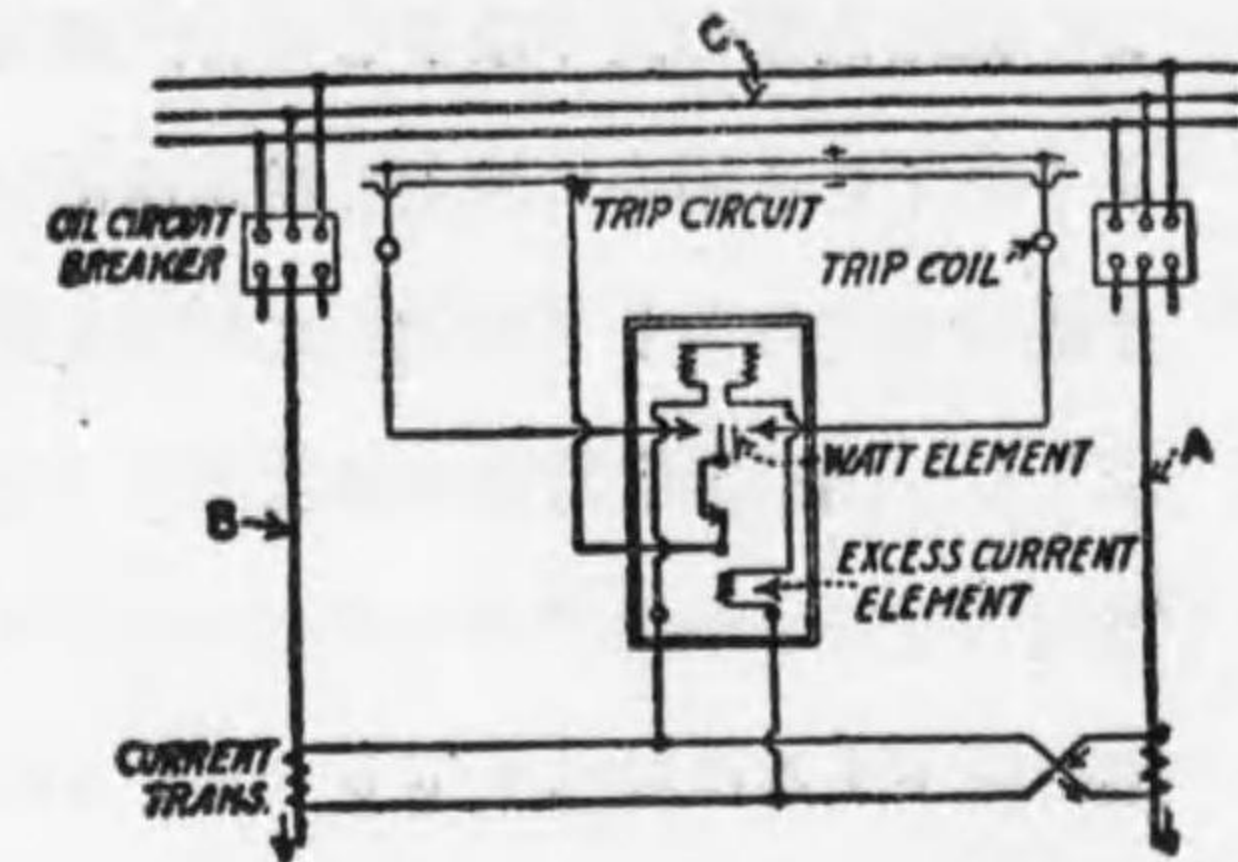
A.C. POWER-DIRECTIONAL RELAYS



第 239 圖 W.H.c.o. 交流逆流繼電器

せる如きものにして上圖は電流回路を太くし中央の圖は電壓回路を太く最  
下のものはトリップ回路を太くせるものなり。

此繼電器は上下二つのものよ  
りなり上部は逆電力となりし  
時迅速に作用するもの、下部  
には普通の過負荷繼電器なり。  
上下兩方のトリップ接觸點閉  
ぢる時に於てコンタクター開  
閉器は閉ぢ油入開閉器を開く。



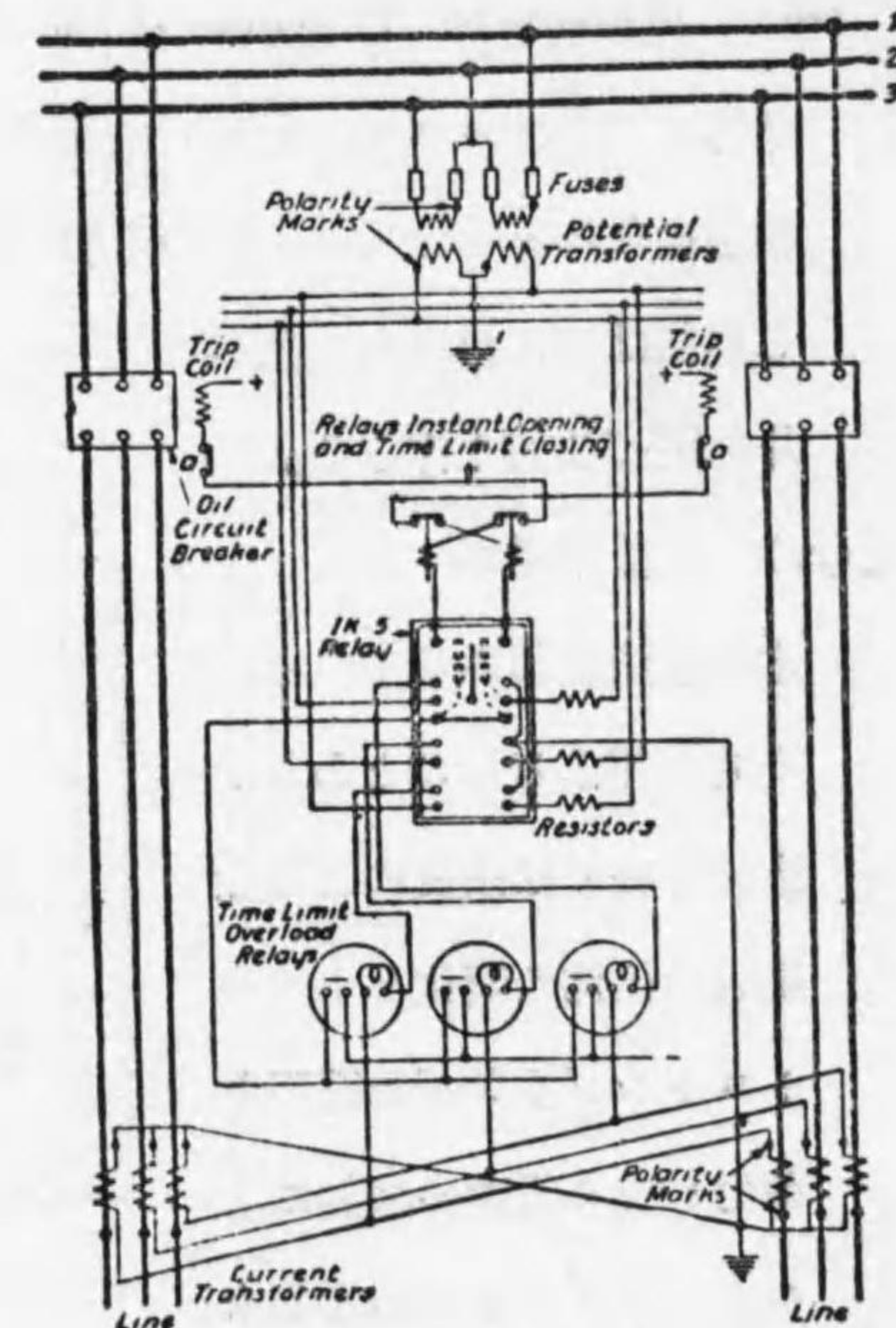
第 240 圖 差動逆電力繼電器

差動逆電力繼電器は Double-contact relay とも稱せられ第 240 圖の如  
く接続せらる。*A* と *B* との饋電線が同一電流の通過せる間は變壓器丈に  
電流を通すれども若し一方の  
電流の逆流する事あらば電流  
と電壓とにより回轉する上部  
繼電器は何れかの方向に回轉  
し逆流せる饋電線の油入開閉  
器を開く。下部の繼電器は逆  
流の大なる時に働く普通の過  
負荷繼電器なり。圖に於ては  
電壓線輪を省けり。三相三線  
式に於ける並列饋電線保護用  
として第 241 圖の如く接続す。

e. 其他の繼電器。

(i) 電壓繼電器

高電壓繼電器は通常電壓



第 241 圖 差動逆電力繼電器

より線路電圧の高くなりし場合此線路を開き低電圧繼電器は一定電圧より降下せる場合に注意を呼ぶ爲に警鈴をならす。高電圧の時は電燈を焼切る虞れあり又低電圧にて其回路を開けば尠からざる不便を蒙る爲なり。高電圧繼電器の構造は全く過負荷繼電器の夫と同様なり。低電圧繼電器は平常プランヂャーが上りトリツブ回路は開き居れども電圧の降下するに従つて下りトリツブ回路を閉づ。

(ii) 過小電流繼電器

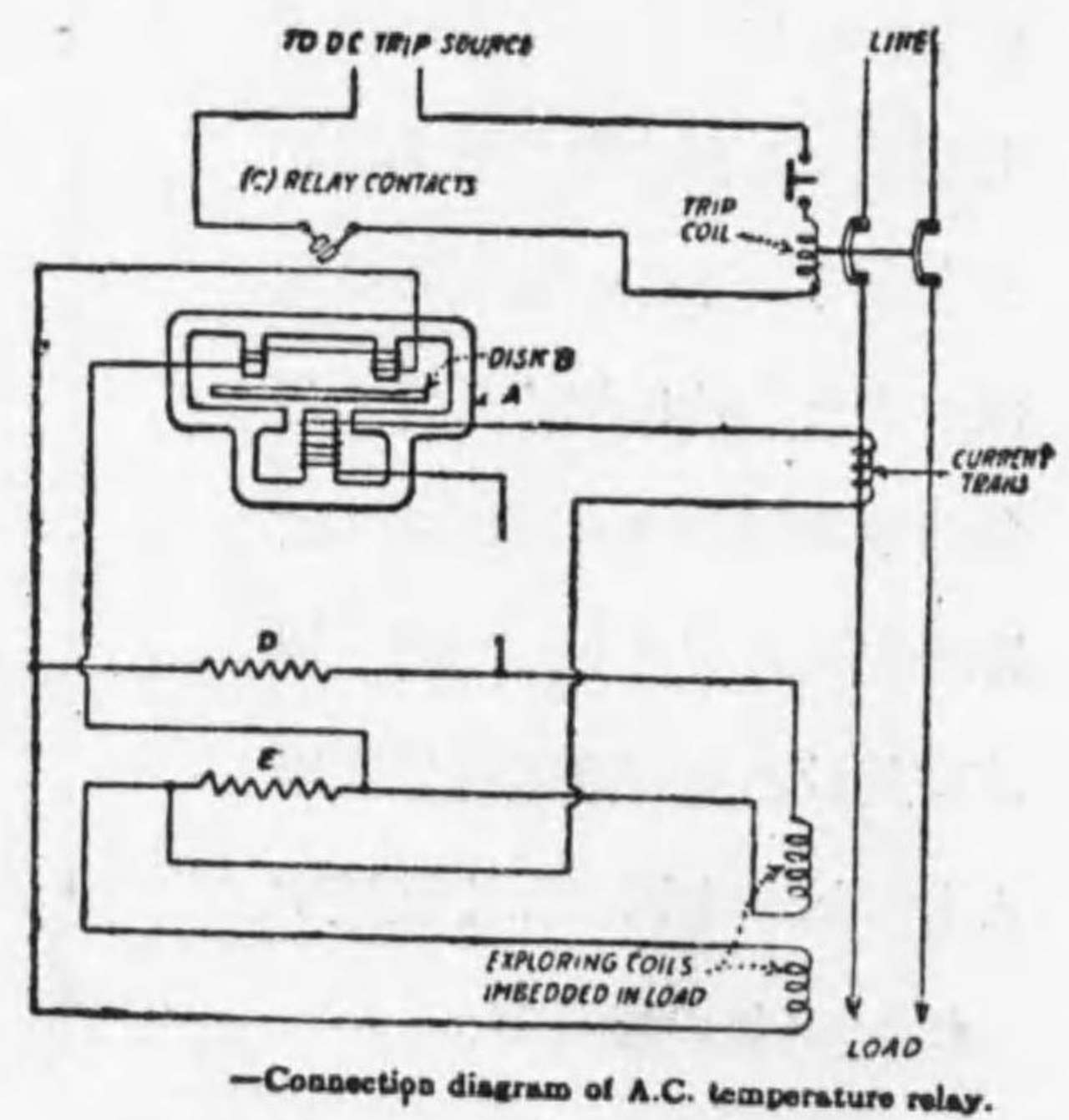
之は定電流アークランプの回路に用ひらる。低電圧繼電器と同様の構造を有し警鈴をならす。

(iii) 逆相繼電器 (Reverse phase relay)

平常はアルミニウム盤は右に廻りトリツブ接觸片は開き居れど、一相逆になれる場合又は一相の電圧 75% 以下となる時は回轉力は減少し發條は之に打勝ちて接觸片を閉づる如く作らる。

(iv) 温度繼電器

之に直流を用ふるものと、交流を用ふるものとあり。直流に於ては温度による金屬線の抵抗の變化をホイートストンブリツヂの原理を利用し或る程度の増加によりてトリツブを働かせるものなり。

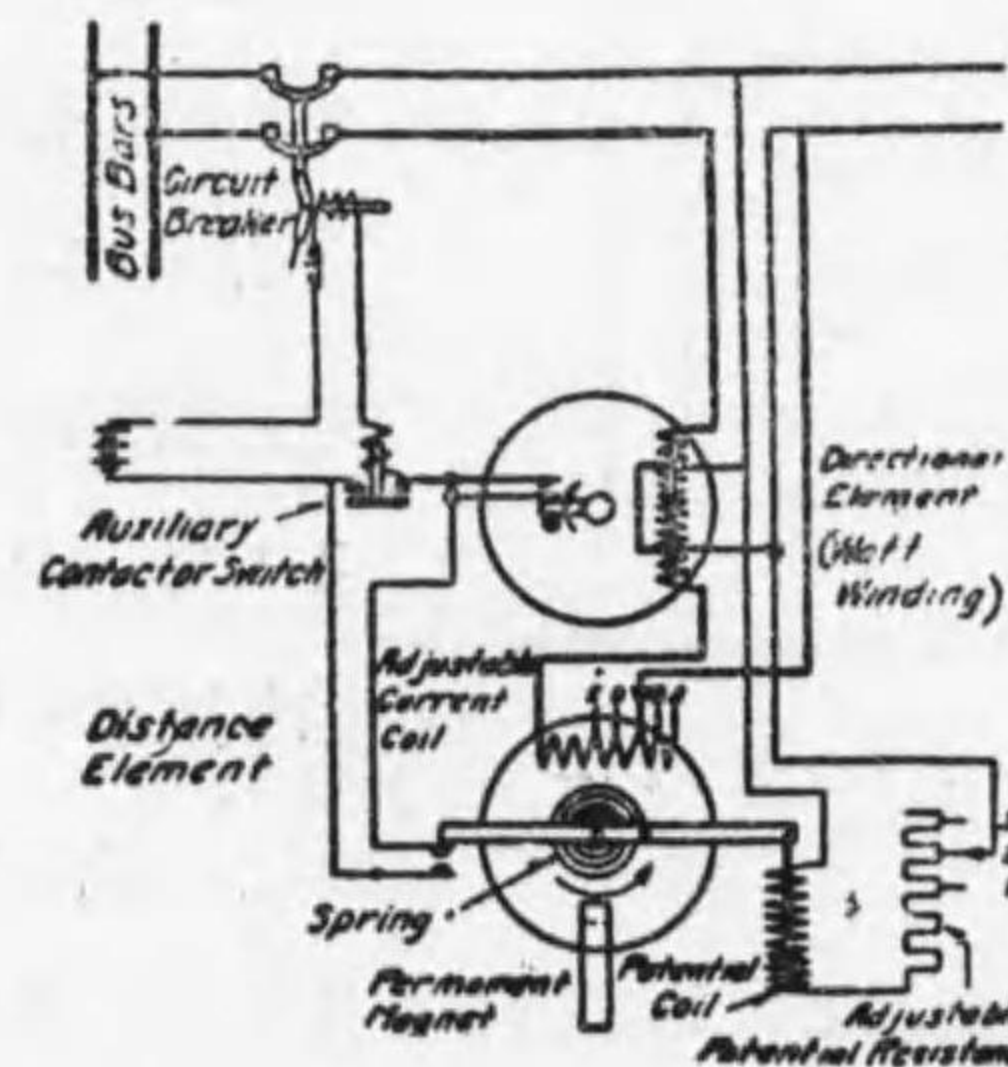
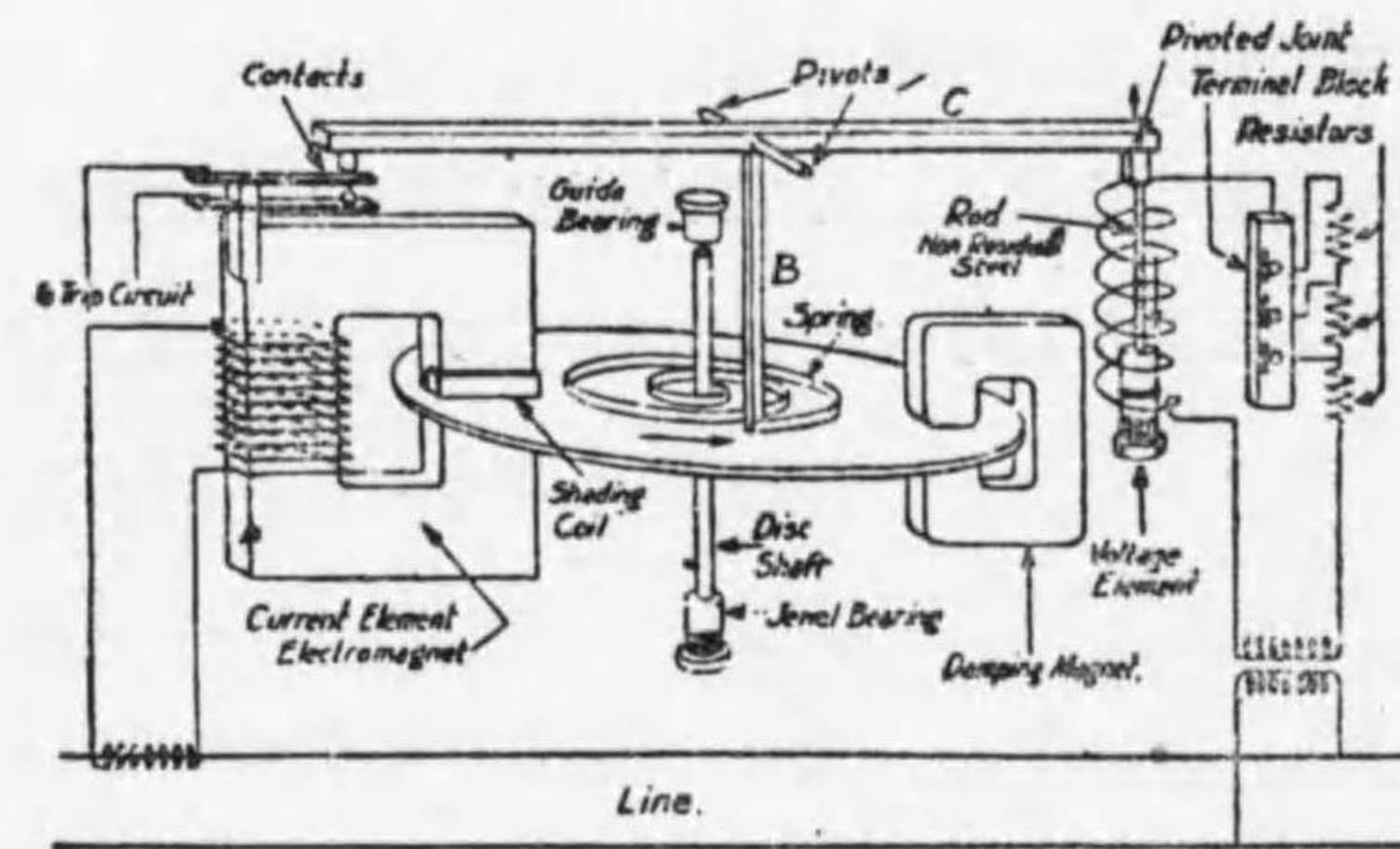


第 242 圖 交流温度繼電器

交流温度繼電器は過負荷し且温度の上昇せる場合にのみ働かしむる構造を有す第 242 圖の如し。之れ其線が測らんとする部分に挿入しあれども、最高温度の部分より熱は其點に傳導し來れるものにして、其時より冷却せんとするか加熱せられんとするかは温度のみにては不明なり。故に電流の量も加味し、加熱せられんとする時に働作せしむるなり。

(v) デイスタンス繼電器 (Directional distance relay)

ウェステイングハウス社の製品にして第 243 圖の如き構造を有す。短



第 243 圖 デイスタンス繼電器

絡の生ぜし場合は電圧は下り電流は増加す。此兩者を巧に組合せ短絡點に  
 近き繼電器程早く働かしむる様製作せらる。繼電器の作用する時限は電壓  
 の高き程大ならしめ、電流の大なる程少からしむれば

$$\text{時限} \propto \text{電壓}$$

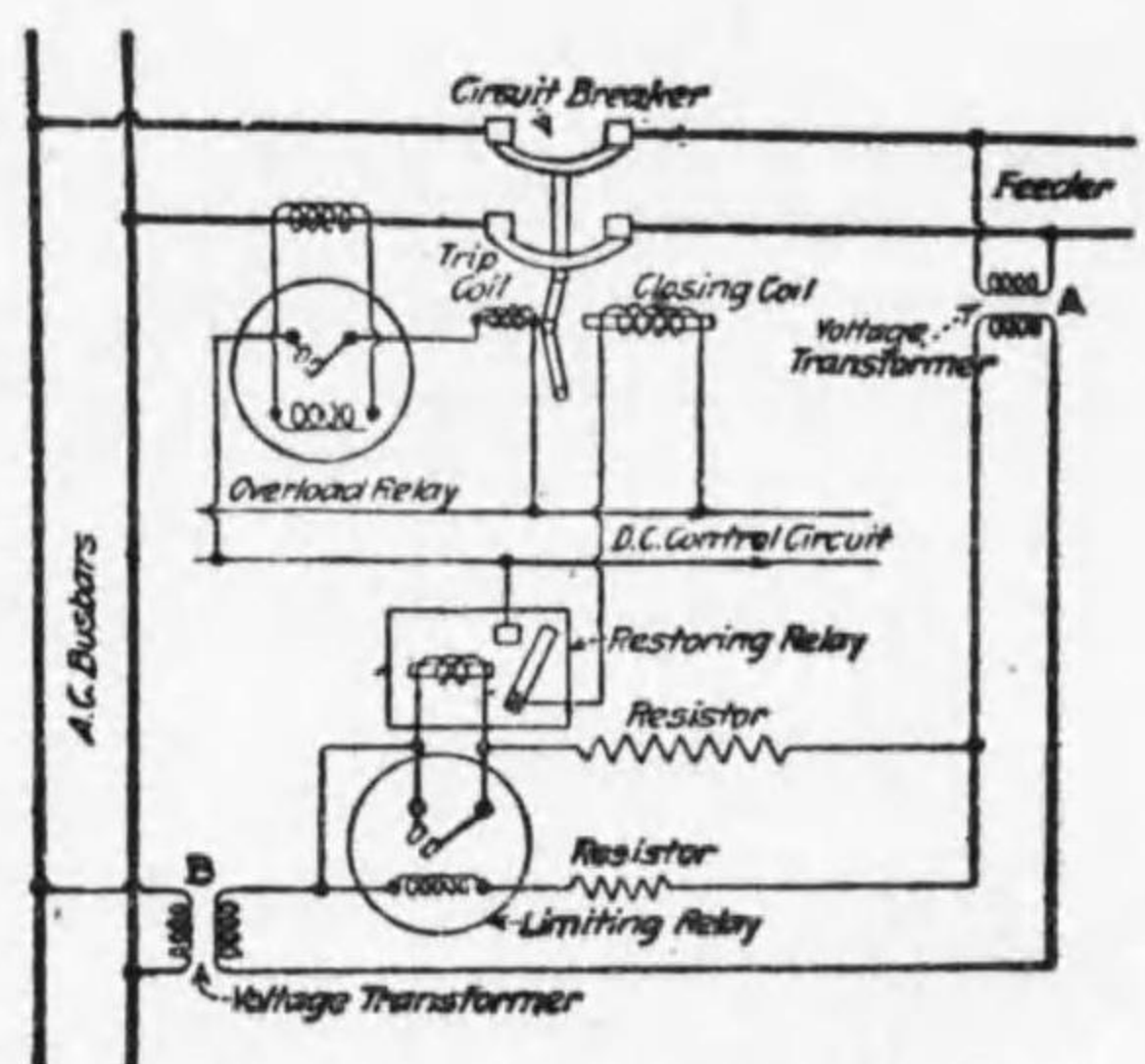
$$\text{時限} \propto \frac{1}{\text{電流}}$$

故に 時限  $\propto \frac{\text{電壓}}{\text{電流}}$  となる。

而して電壓は電流と短絡を生ぜし所迄のインピーダンスの積なれば

$$\text{時限} \propto \text{短絡點迄の距離}$$

となり撰擇作用完全に行はる。其他自動的に復歸せしむる繼電器あり。故  
 障原因の一瞬にして去りし時油入開閉器を再び自動的に閉ち送電停止をな



第 244 圖 リストアリングリレー

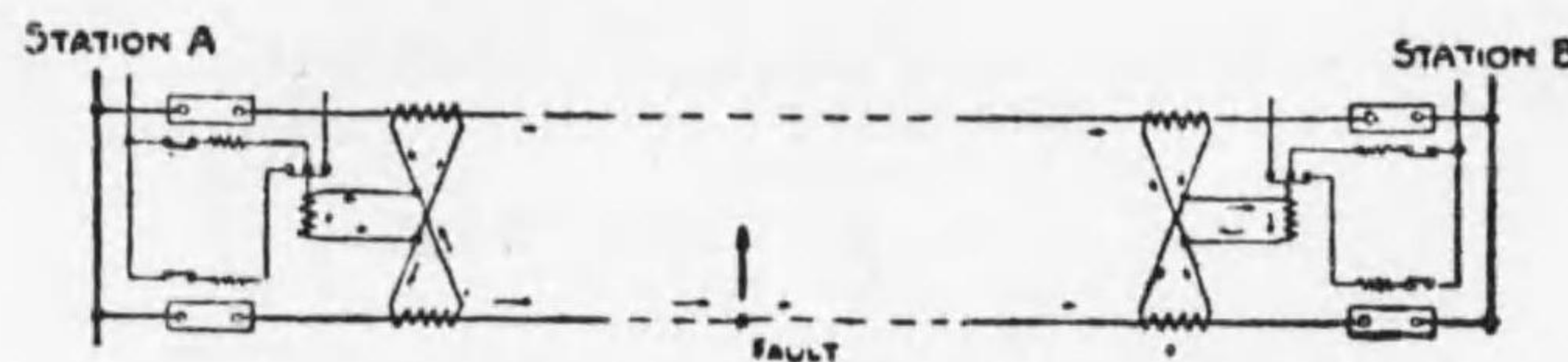
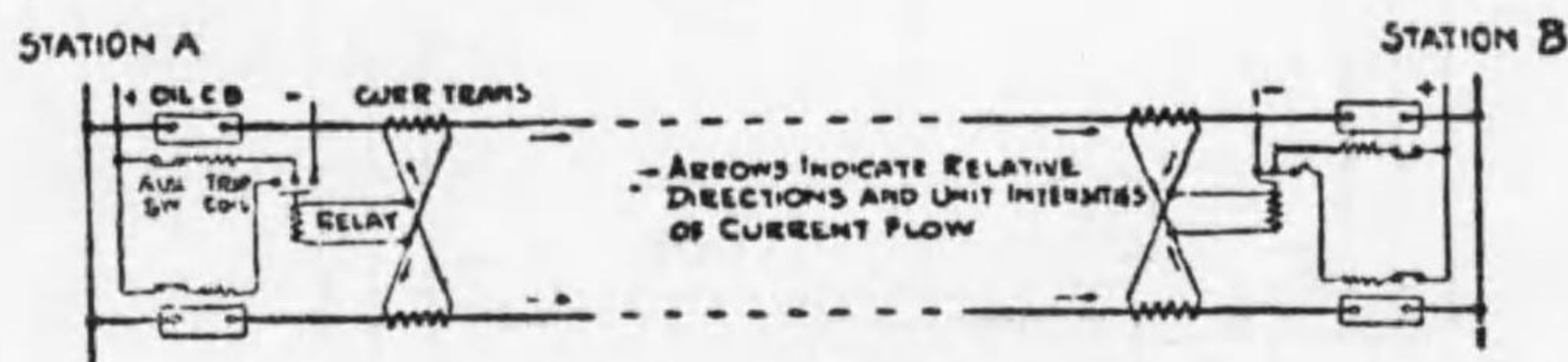
らしむるものなり。其接続は  
 第 244 圖に示す如し。A 及び  
 Bの變壓器は互に相對する如く  
 接続せられ平常は restoring  
 relay の線輪には電流流れされ  
 ども feeder に短絡を生ぜば過  
 負荷繼電器によりて遮斷器閉か  
 る、爲 restoring relay の接觸  
 點を閉づべし。之が爲 closing  
 relay は働き遮斷器は閉づ、若  
 し此間故障原因の除かれ居るならば僅少の停電にて再び送電せらるゝもの  
 なれば電動機の如きは回轉を止むる事なかるべし。然し永久的故障原因な

る時は過負荷繼電器にて再び遮斷器は開かれ以上の動作を反覆すべし。然  
 し此作用は弱き發條と強き制禦磁石を有する limiting relay によりて制  
 限せられ、運動緩慢なる limiting relay の restoring relay の線輪を短絡  
 する迄繼續せらる。一旦 limiting relay の接觸片の閉ぢらるゝや遮斷器  
 を閉づる事なく永久送電の中止となる。

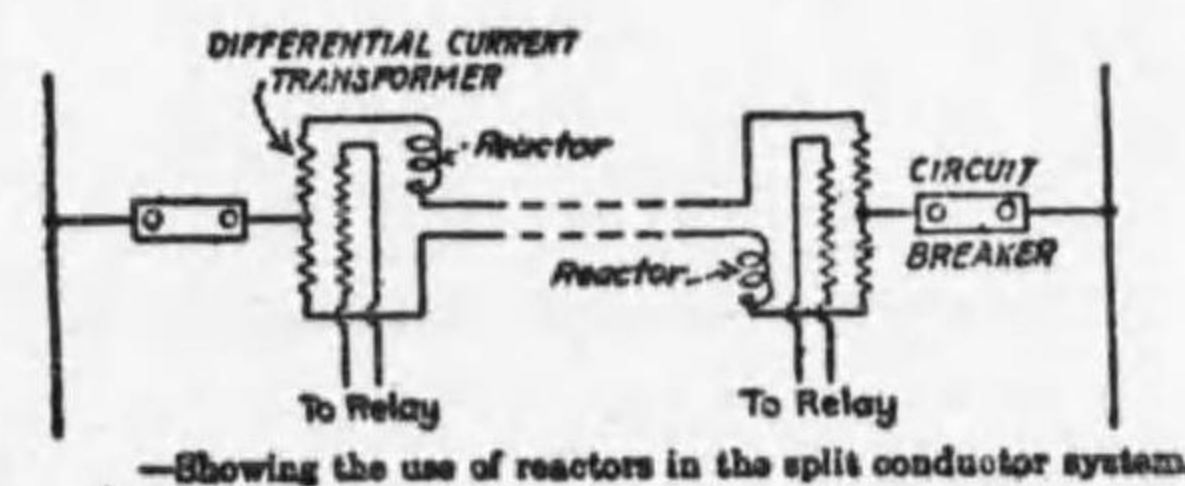
(D) 平行饋電線の保護

平行饋電線を保護するに下記の如き種々の方法あり

- (1) 逆時限繼電器區分法 (第 248 圖)
- (2) 平衡負荷繼電器法 (第 245 圖)
- (3) 分割導體法 (第 246 圖)



第 245 圖 平行負荷繼電法

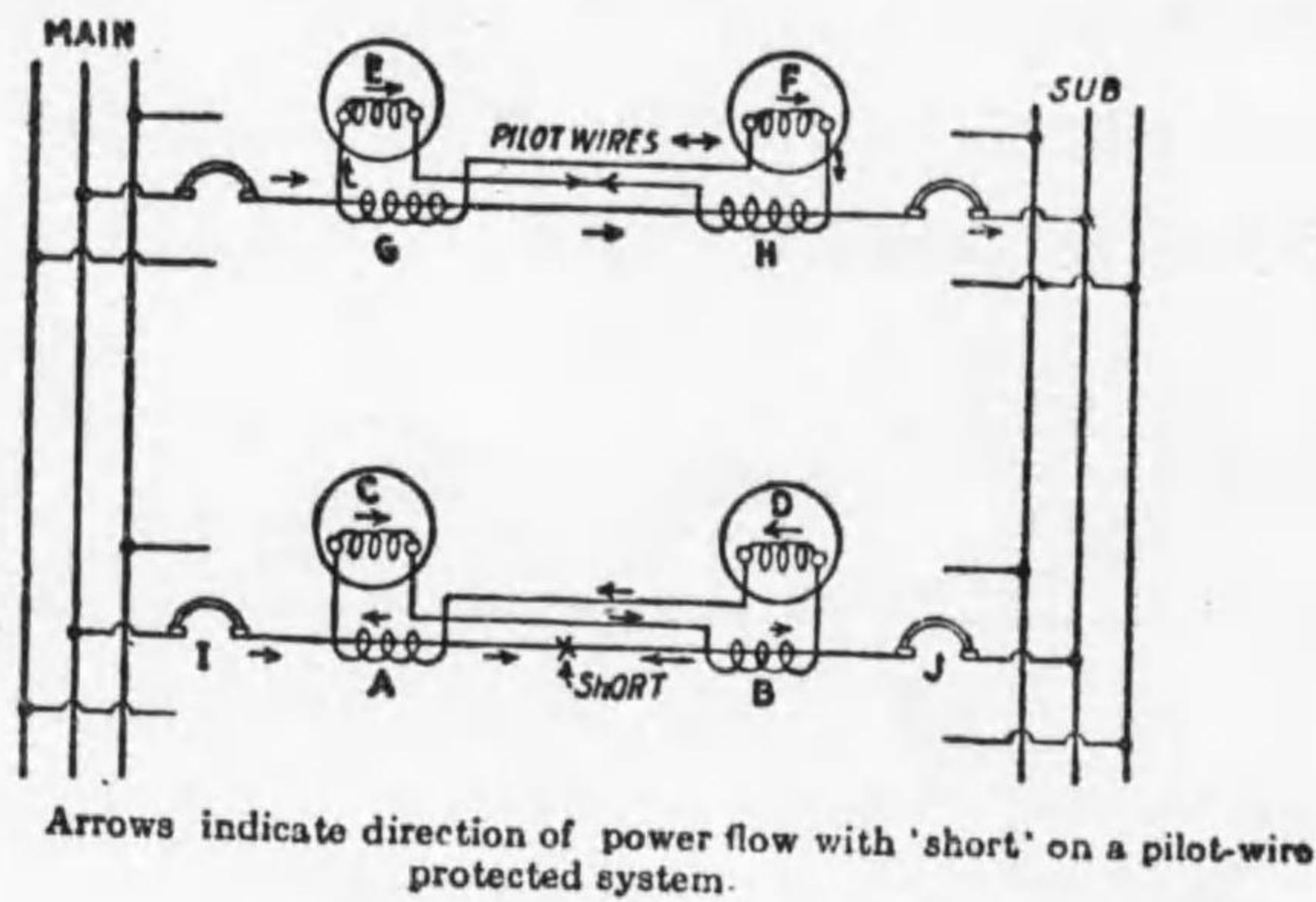


第 246 圖 分割誘導法

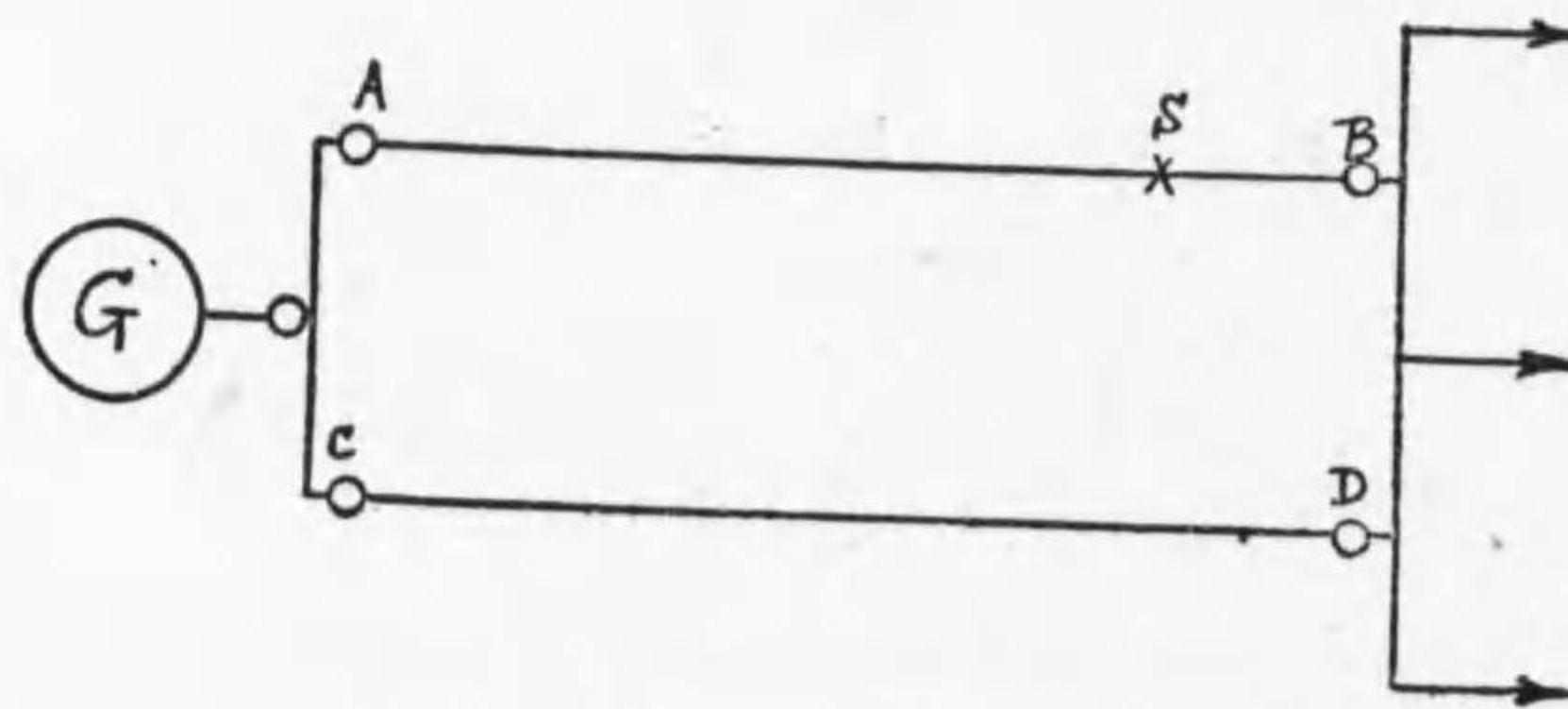


- (4) パイロット線法 (第 247 圖)
- (5) 電力繼電器法
  - (a) 逆電力繼電器法 (第 239 圖)
  - (b) 差働繼電器法 (第 240 圖) (第 241 圖)
- (6) バイアシング變壓器法 (biasing transformer method)

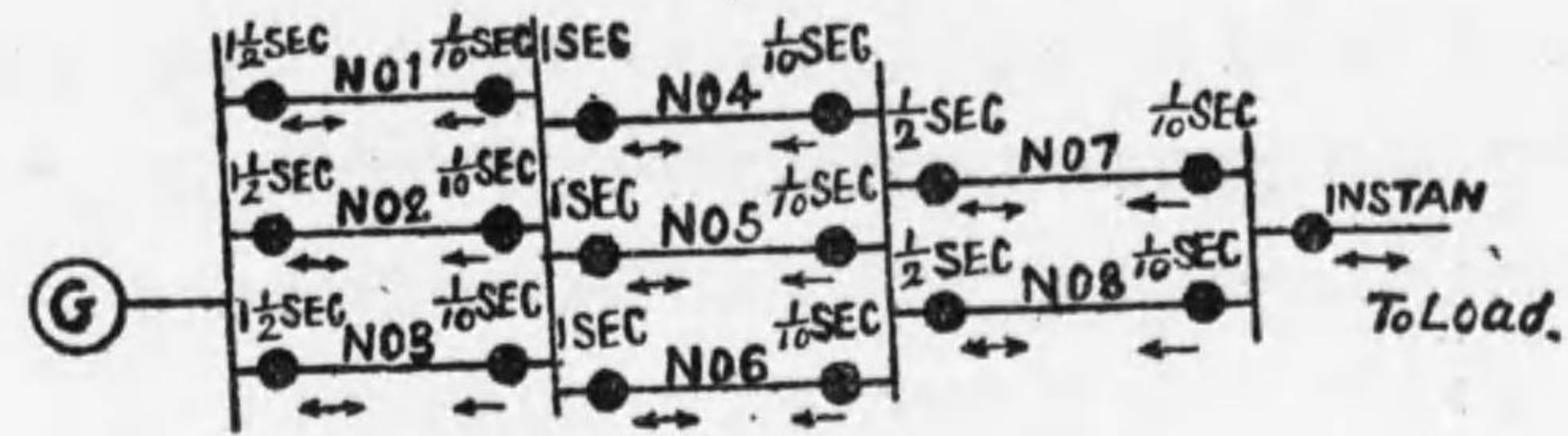
逆時限繼電器法とは過負荷繼電器を饋電線の両端に置く。第 248 圖に於て S 點に短絡を生ぜりとせば ABCD を通じて大なる電流流る然し此時に



第 247 圖 パイロット線法



第 248 圖 逆時限繼電器區分法



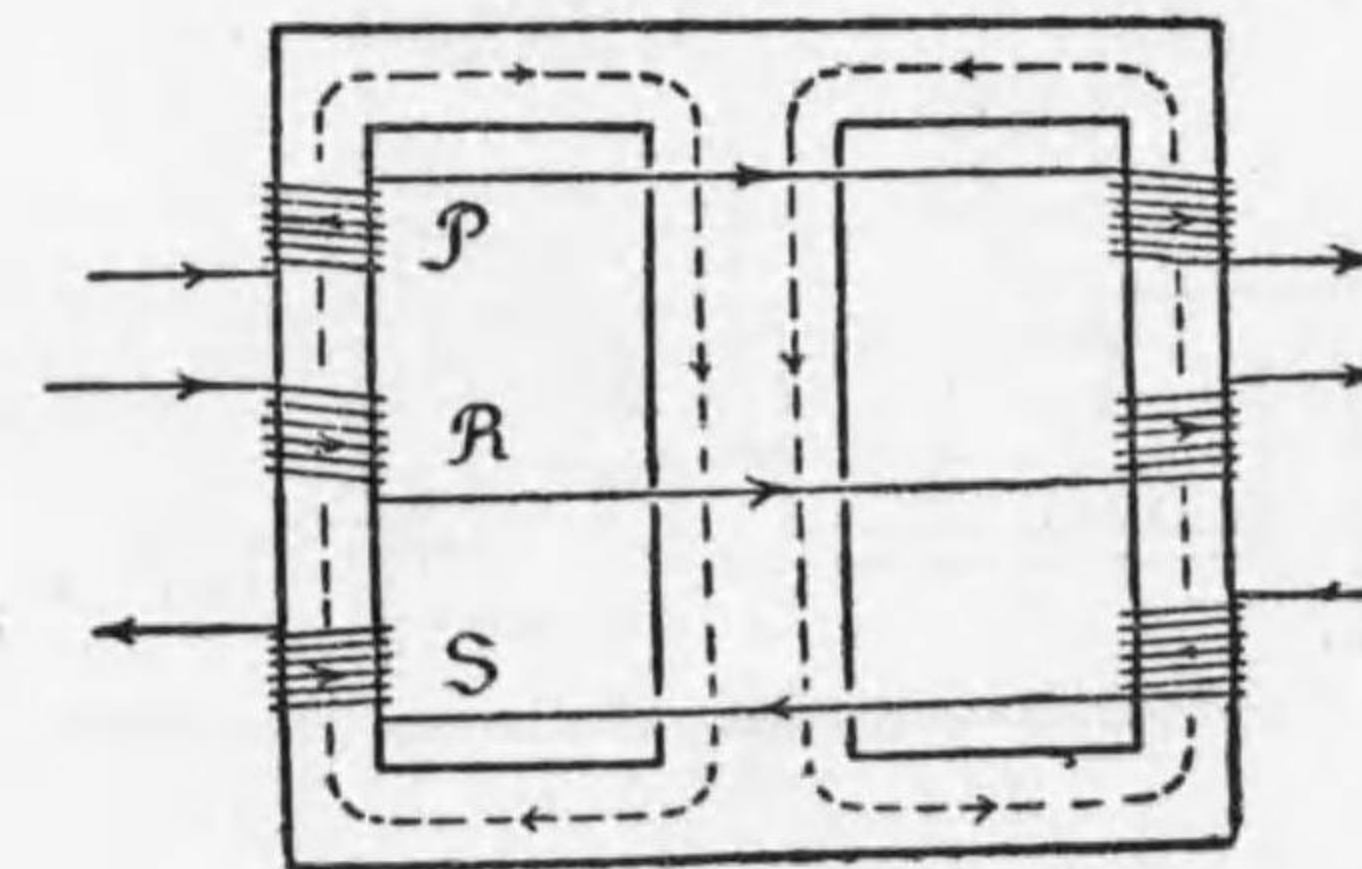
- Circuit Breaker
- ↔ Overload Relay
- ← Reverse Power Relay

第 249 圖 逆時限繼電器區分法

流る、最大電流は B ならば B 先づ切れ、次で A 遮断す。かくして故障ある部分は健全なる部分より除かる可し。然し抵抗を有する短絡を生ぜし場合は逆電力繼電器の如く速かに働かず。故に第 249 圖の如くするをよしとす。

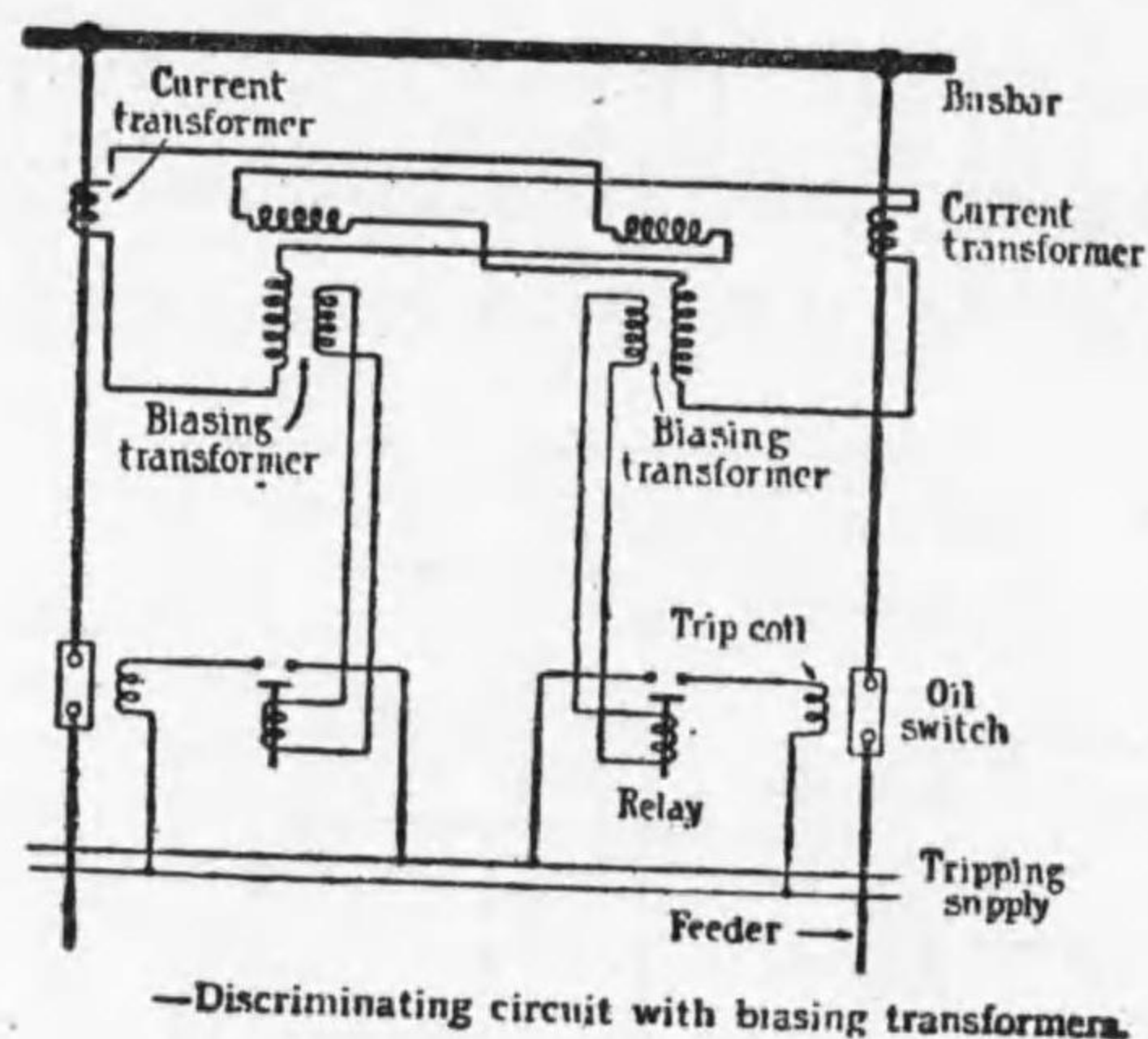
平衡負荷繼電器法とは多くの饋電線のある場合其饋電線を二つ宛の組に分け過負荷繼電器 (電流繼電器) を圖の如く接続せるものなり。分割導體法パイロット線法, 電力繼電器法等は圖に就いて見らる可し。

バイアシング變壓器法とは第 250 圖の如き特別なる變壓器を用ふる方法

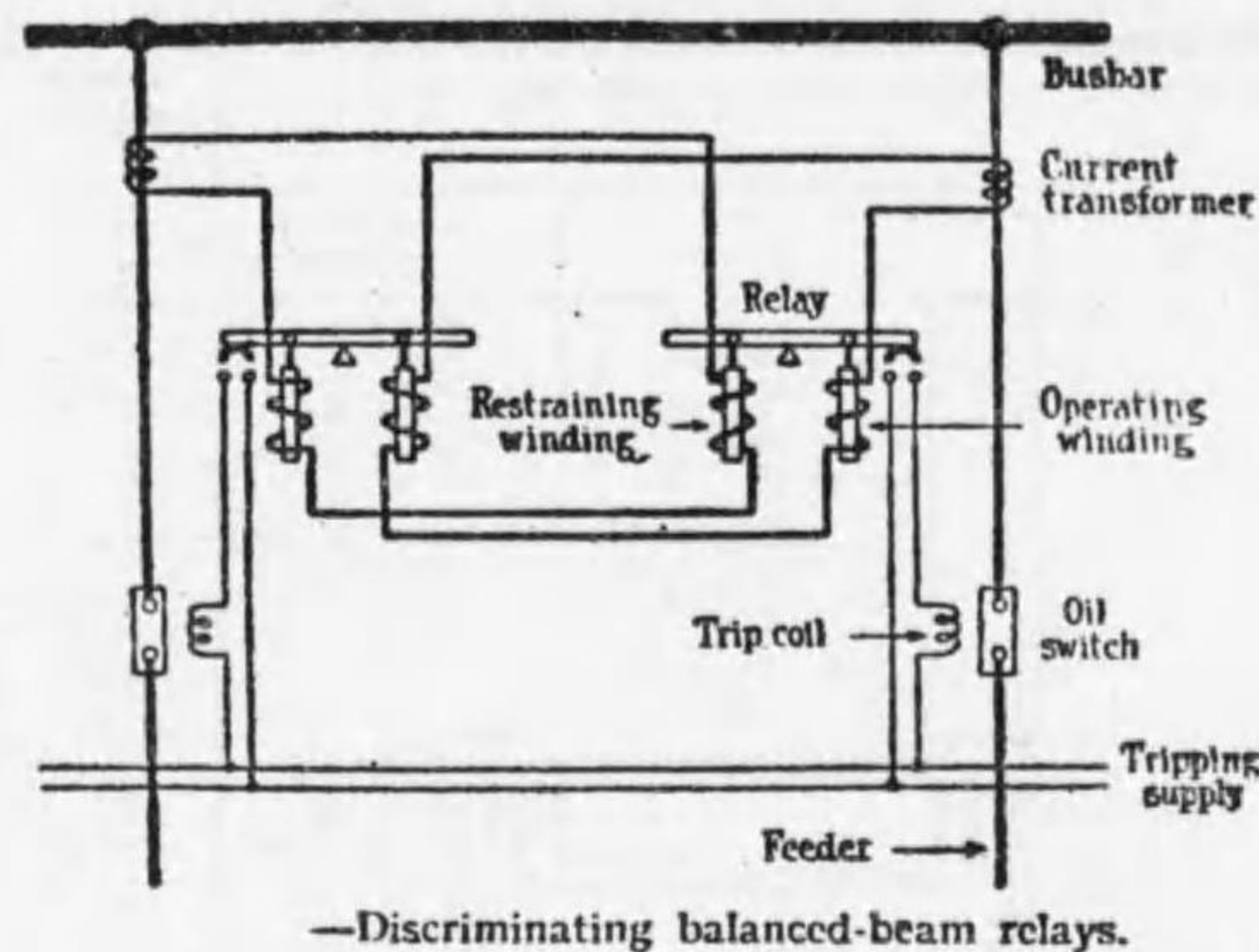


第 250 圖 バイアシング變壓器法

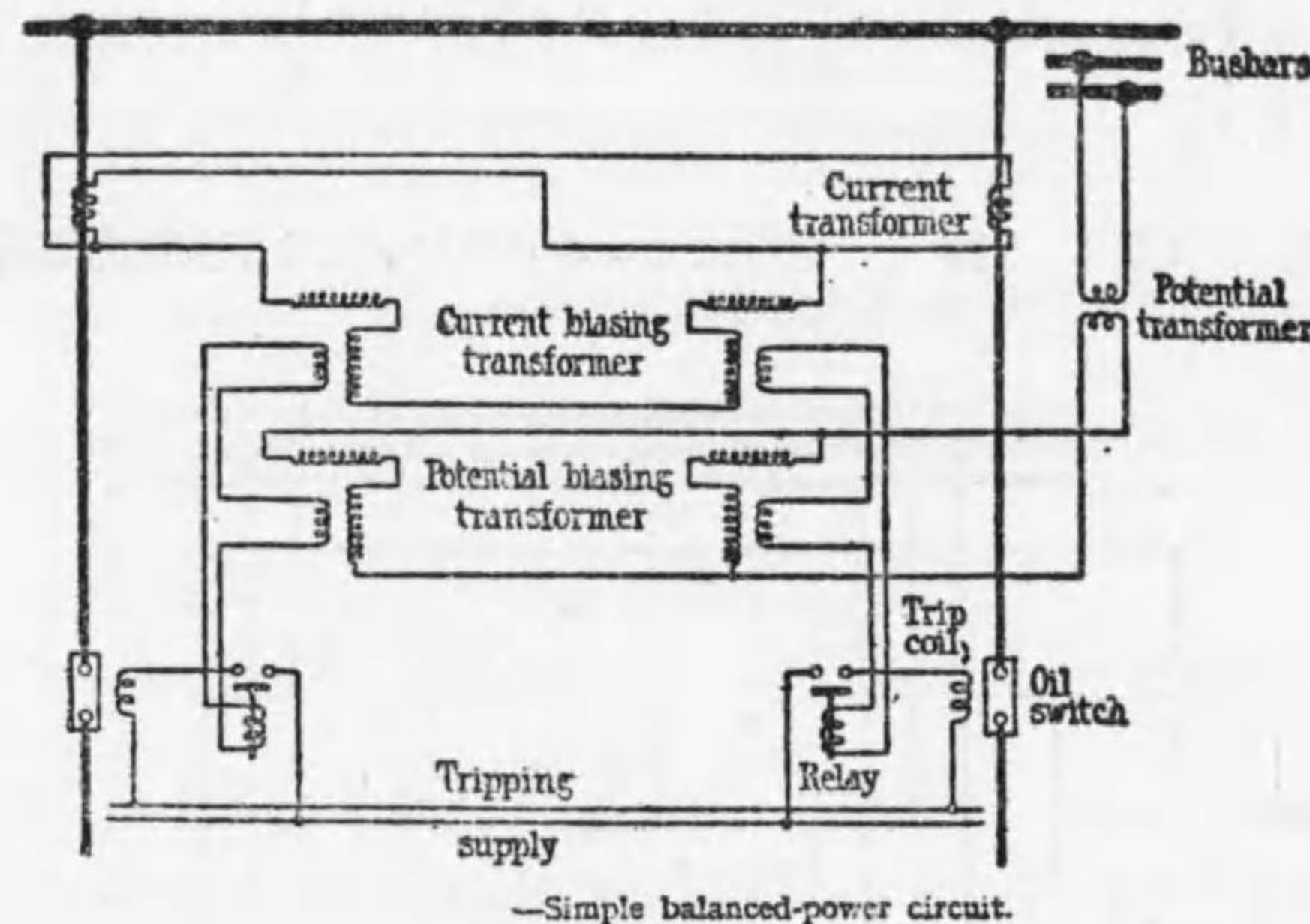
にして差働的に働く前記継電器の一定の負荷の差によりて作用すると異り  
 負荷大なる時は大なる差の生ぜざれば動作せざるものなり。圖中  $P$  は一  
 次捲線にして此電流の増加する時リレーは働く可きものとし、 $S$  は二次捲  
 線にしてトリップ回路を閉づる役目をなす。 $R$  は抑制捲線にして  $P$  及び  
 $S$  とは誘導的何等関係なき様捲かれ單に鐵心を勵磁す。 $P$  の電流の  $S$  を  
 通してトリップ回路を閉づる場合  $P$  に流るゝ電流と  $S$  に流るゝ電流と  
 の比は  $R$  の勵磁により磁界リラクタンスの増加を生ずる故に一定ならず  
 $R$  電流の大なる程一定  $S$  電流に對し  $P$  電流は大となる。之を並列饋電線  
 に應用せば第 251 圖の如し。第 252 圖は之と相當する差働繼電器の接続な  
 り。Biasing transformer と記せる部分の三つの捲線の中上部は抑制捲  
 線、下部長き方は一次捲線、短き方は二次捲線なり。此變壓器を用ふれば  
 種々の繼電器を得。第 253 圖、第 254 圖、第 255 圖及第 256 圖等に就て見



第 251 圖 並列饋電線に應用せるバイアシング變壓器法



第 252 圖 差働繼電器の接続



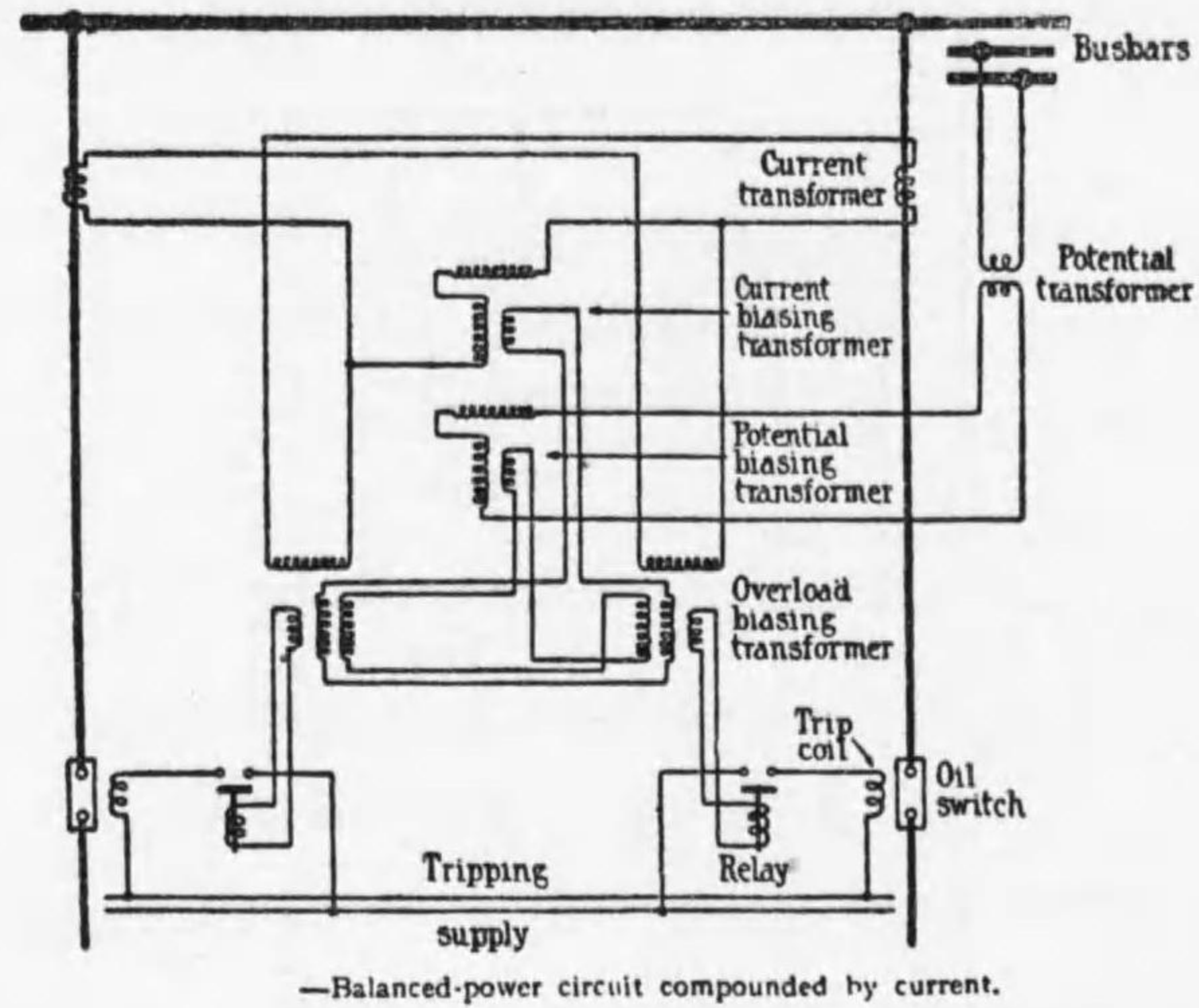
第 253 圖 單純平衡電力回路

らる可し。

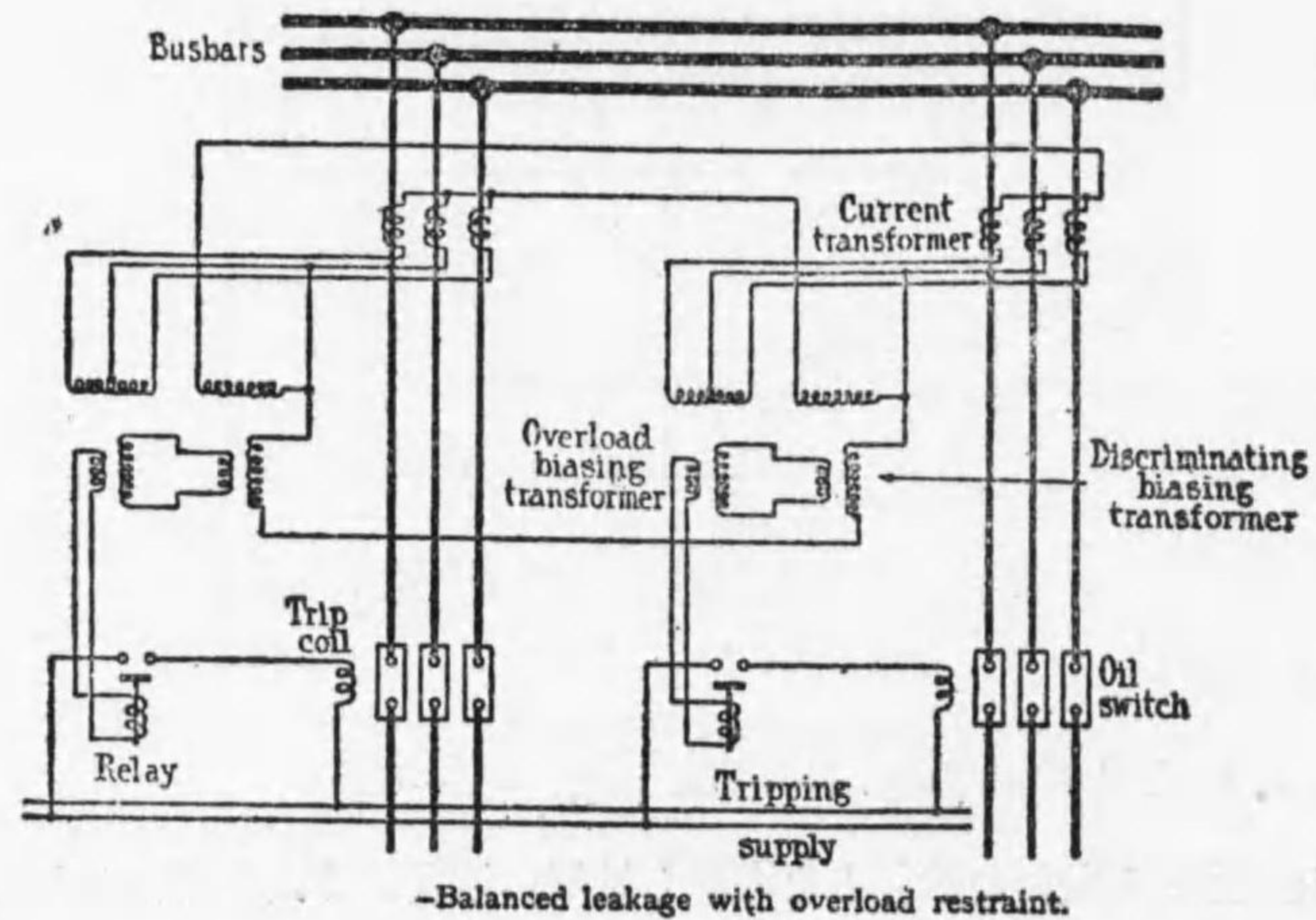
(文獻 *J. I. E. E.* 1924 July. No. 331 page 561-628)

以上の方法と負荷の状態とを考慮し適所に適當の方式を用ふるを要す。

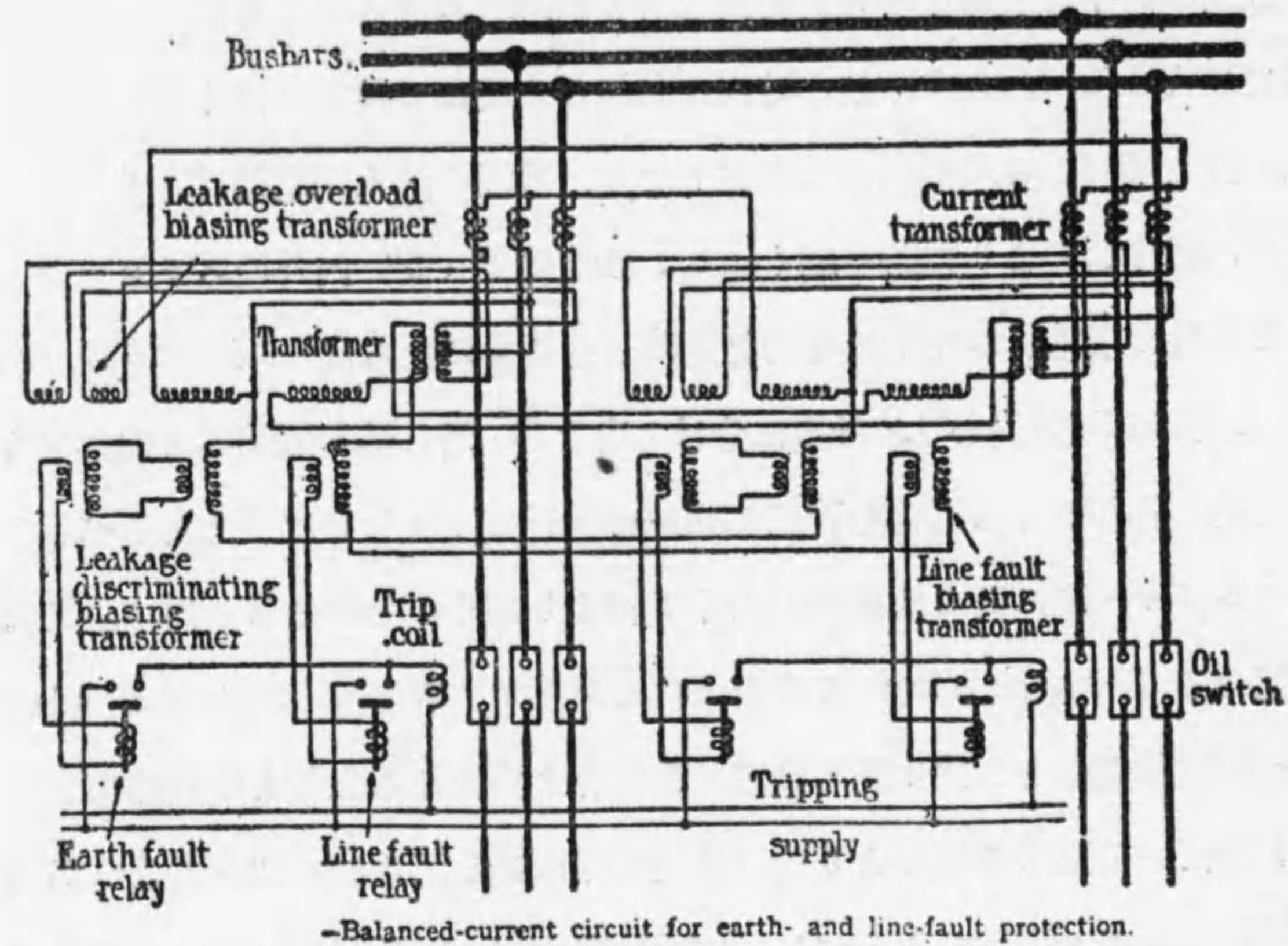
(E) 放射狀線路 (Radial system) の保護



第 254 圖 電流にてコムパウンドせる平衡電力回路



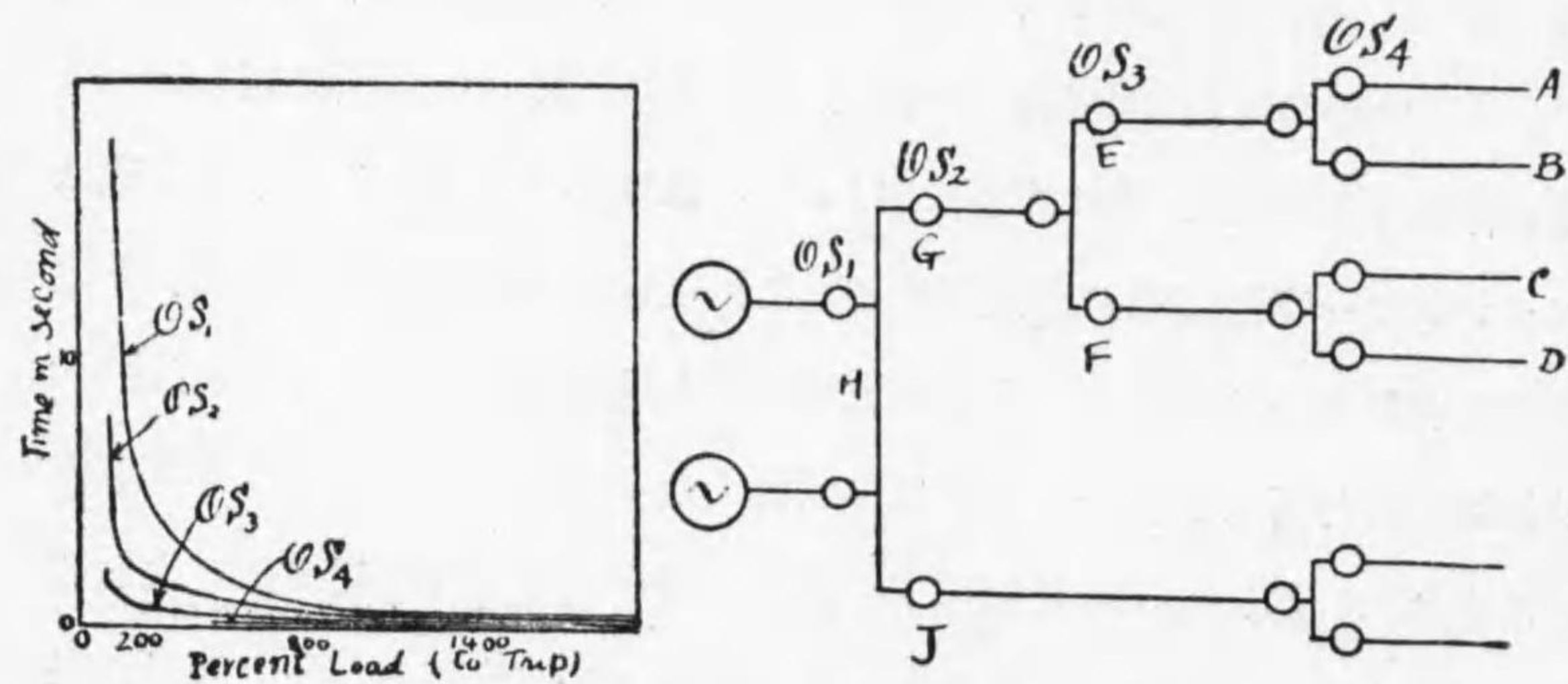
第 255 圖 過負荷動作の平衡漏洩法



第 256 圖 接地及線故障保護の爲めの平衡電流回路

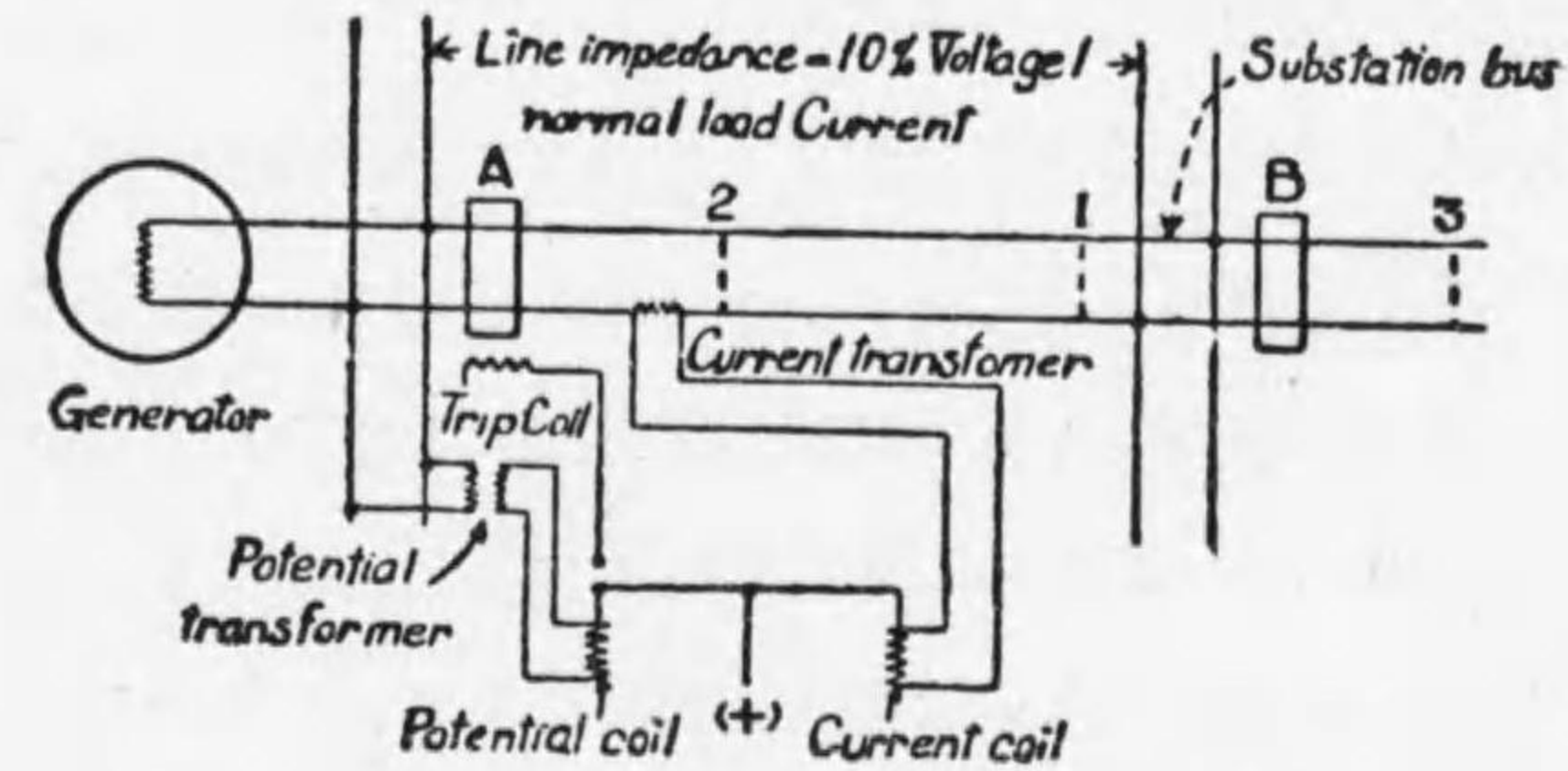
放射状線路に於ては時限調整を適當にせば過負荷繼電器にて保護するを得。例へば負荷の先きに行くに従つて時限を短くし第 257 圖に示す  $\theta_{s_1}$   $\theta_{s_2}$   $\theta_{s_3}$   $\theta_{s_4}$  の順に同圖左の曲線に相當する様調整せば A の短絡に際し B C D 等の停電する事なく E の短絡に對し F J に響影する事なし。第 257 圖はブランチャー型繼電器の曲線なれば或る程度迄の過負荷に對し時限調整は有効に利用せられ得れど、大なる短絡に際し瞬時繼電器となる事前述の如ければ撰擇作用なし。従つて A に非常に大なる電流通過せば  $\theta_{s_2}$  も  $\theta_{s_4}$  と共にきれ B 線にも停電を引起す。然るに誘導型繼電器を用ふれば大なる短絡に際しても定時限となし得る故に満足なる撰擇作用をなす。時限の限定に對し亦繼電器の型、油入開閉器の構造分岐線路の數等によりて異れど

も最大の時限は発電機の短絡に対し許し得べき時間とするを要す。之れが爲に最大2秒以内とす、最小時限は負荷の先端にて瞬間に働くものとし前記2秒と瞬間との間に適當に調整をなす、普通の油入開閉器はトリップコイルの働作してより電路を開く迄0.3秒を要す(5"内外のストロークとして)故に繼電器の完全に時限を調整し得るものならば0.3秒, 0.6秒, 0.9秒, 1.2秒, 1.5秒, 及び1.8秒等に分ける事を得。然し油入開閉器も繼電器も理想的に働作せざる場合を豫想し0.4-0.5秒宛に區分せば安全なるべし。プランヂャー型に於ては前述の如く1秒より短く區分する事を得ず。又前に記せる Distance relay は此場合巧に應用する事を得。Distance relay を定時限繼電器とし之に瞬時繼電器を組合せ完全なる保護と撰擇作用を行はしめば一箇所の短絡により他の分岐回路にある同期機の如きも之れが爲に擾亂せらるゝ事尠なるべし。(文献 Electrical World 1923, March 1 page 619-623) 普通線路に短絡を生ぜば短絡電流は一時増大して減少す此爲過負荷繼電器を用ふればリレー接觸の短絡せられざるに先ち短絡電流

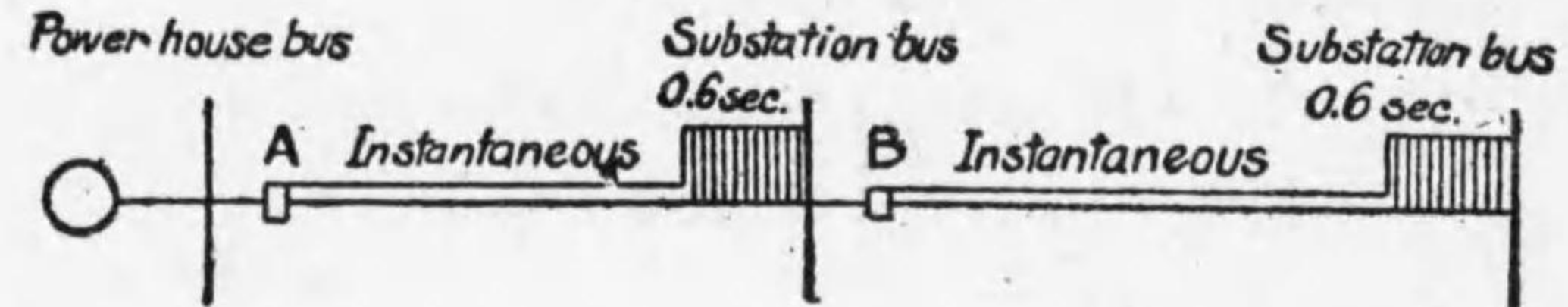


第 257 圖 放射狀線路

は減じ作用せられざる事あり然るに Distance relay は電壓の降下と電流の増加とを利用せるものにして短絡の場合は必ず電壓の降下を生ずるものなれば其作用完全なり。第243圖及第258圖に就いて考ふれば説明を要せ



第 258 圖 (甲) 短絡に対する保護接続



第 258 圖 (乙) 短絡に対する保護接続

ざる可し。直列にある繼電器に撰擇作用を行はしむる爲に distance relay に適當なる時限を與ふれば宜しきも實際に於ては各線の通過電流に應じたる過大電流にて瞬間に働く繼電器を加へ普通平常電流の  $1\frac{1}{2}$  -2 倍の過大電流にてトリップせしむ。此場合に用ふる distance relay は A にあるものは B 點にて短絡を生ぜし場合電流と電壓とが平衡を保つ如く調整す従つて A 點にある distance relay は B より遠き所に短絡を生ずる場合は働かず。故に此二組の繼電器のある回路に短絡を生ぜし場合短絡點が A 線又は B 線の先端近くに存在する時は, A 又は B の定時限のディスク

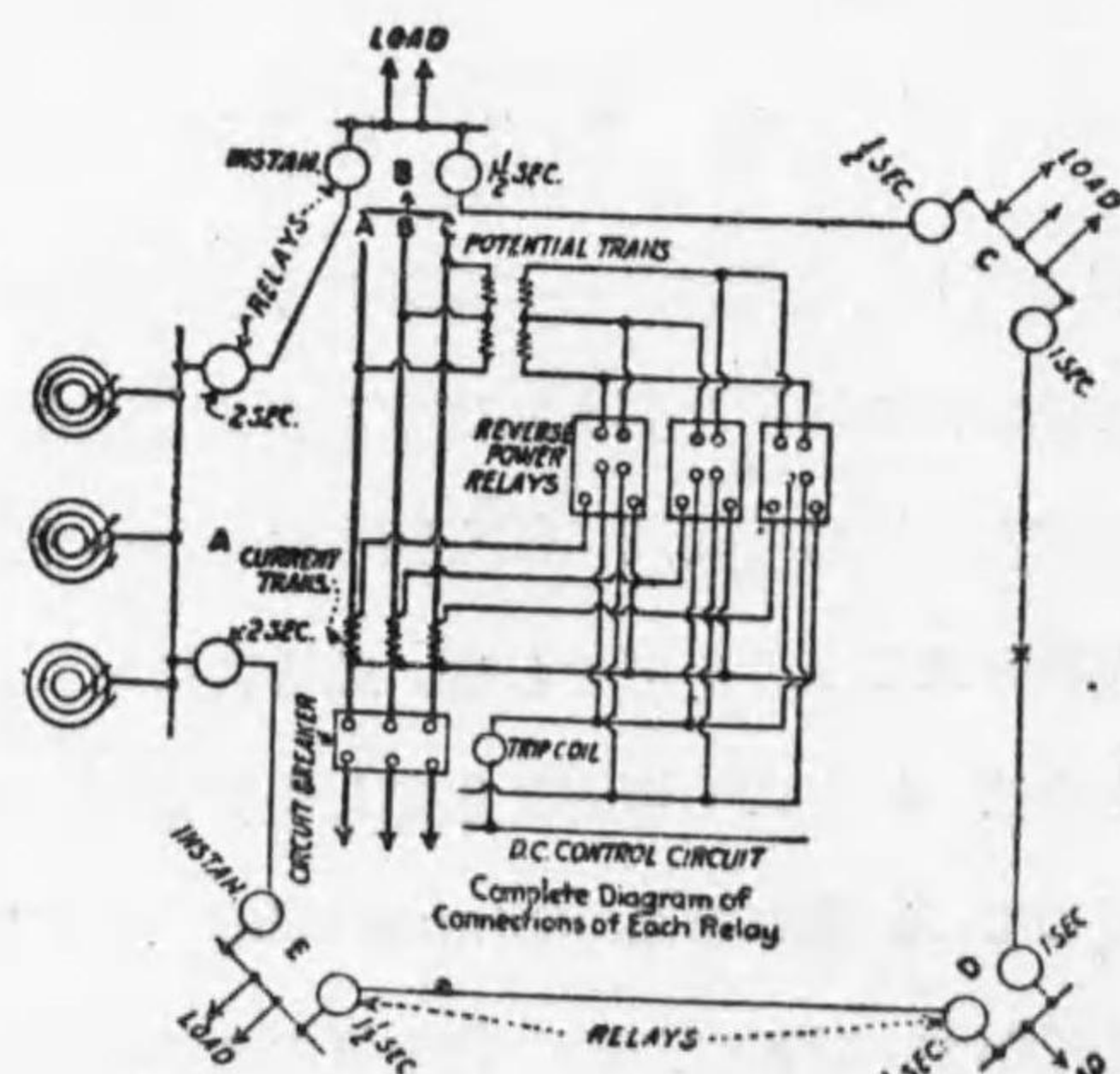
ンス繼電器先づ働き先端より或る距離丈近く起れる時に於て瞬時繼電器が動作する如くす。従て B 線の B 點に近き所に短絡を生ぜし場合 AB の定時限繼電器の時限を同一とするも B より先きに A の作用する虞れなし。

(F) 環状線路の保護

環状線路に於ては電流の方向は常に一定なるものに非ず。負荷状態に依つて變化するものと豫測するを要す。従て茲に使用する繼電器も前二者とは自ら異なる。普通用ひらるゝものは差働繼電器にして之に過負荷變電器を併用せば安全なり。例へば第 259 圖に於て A にある兩繼電器は過負荷繼電器とし BCDE 等にあるものは電力繼電器にして其の點より外に出づる場合に過負荷の時にのみ働く如きものを使用せりとし、各繼電器の時限を第 259 圖の如くせば完全に保護する事を得べし。

- 即  $A(a_1, a_2) - 2$  秒
- $B \begin{cases} b_1 - \text{瞬時} \\ b_2 - 1\frac{1}{2}$  秒
- $C \begin{cases} c_1 - \frac{1}{2}$  秒 \\ c\_2 - 1 秒
- $D \begin{cases} d_1 - 1$  秒 \\ d\_2 - \frac{1}{2} 秒
- $E \begin{cases} e_1 - 1\frac{1}{2}$  秒 \\ e\_2 - \text{瞬時}

今 X 點に短絡を生ぜりとせば此時に働き得る繼電器は  $d_1 e_1 a_2$  及び  $c_2 b_2 a_1$  なり。其中時限の最小なるものは 1 秒なる  $d_1$  と  $c_2$  なれ



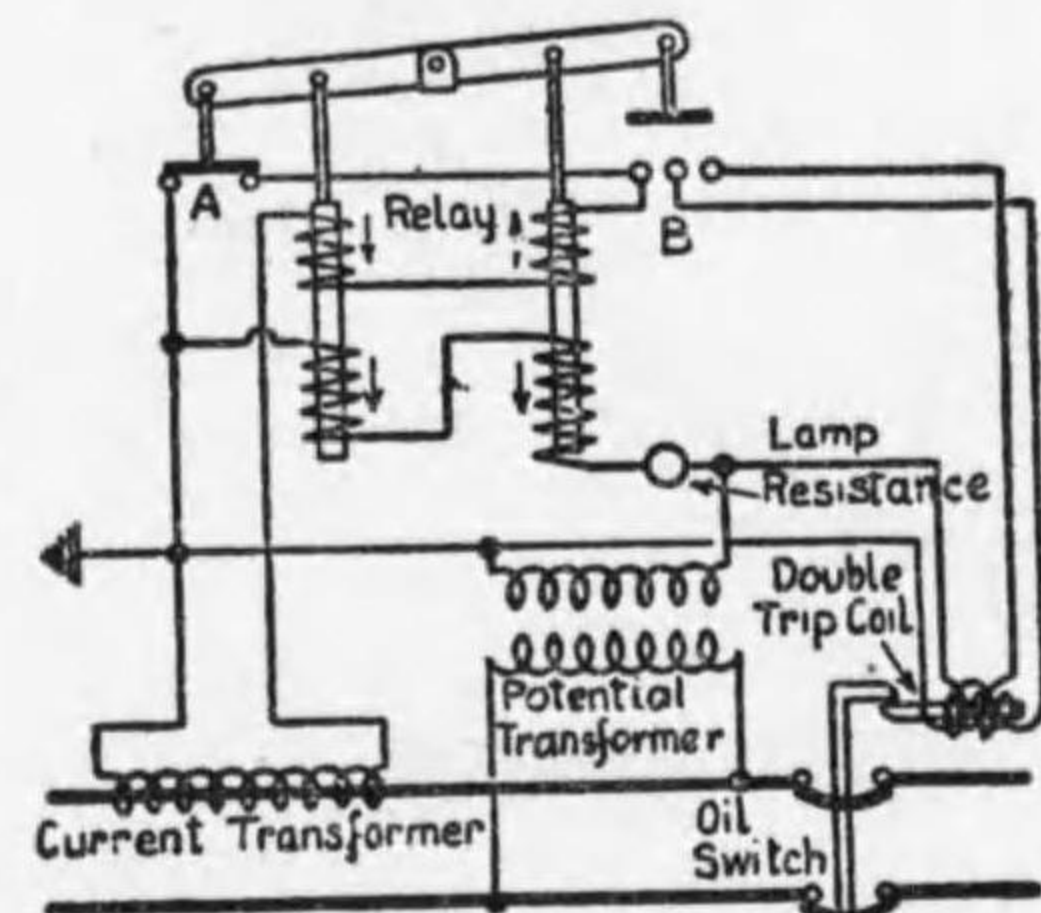
第 259 圖 繼電器接続一例

ば故障線は他に關係なく切離す事を得るなり。

亦第 260 圖乃至第 264 圖の如き繼電器を用ひて保護するを得べし。

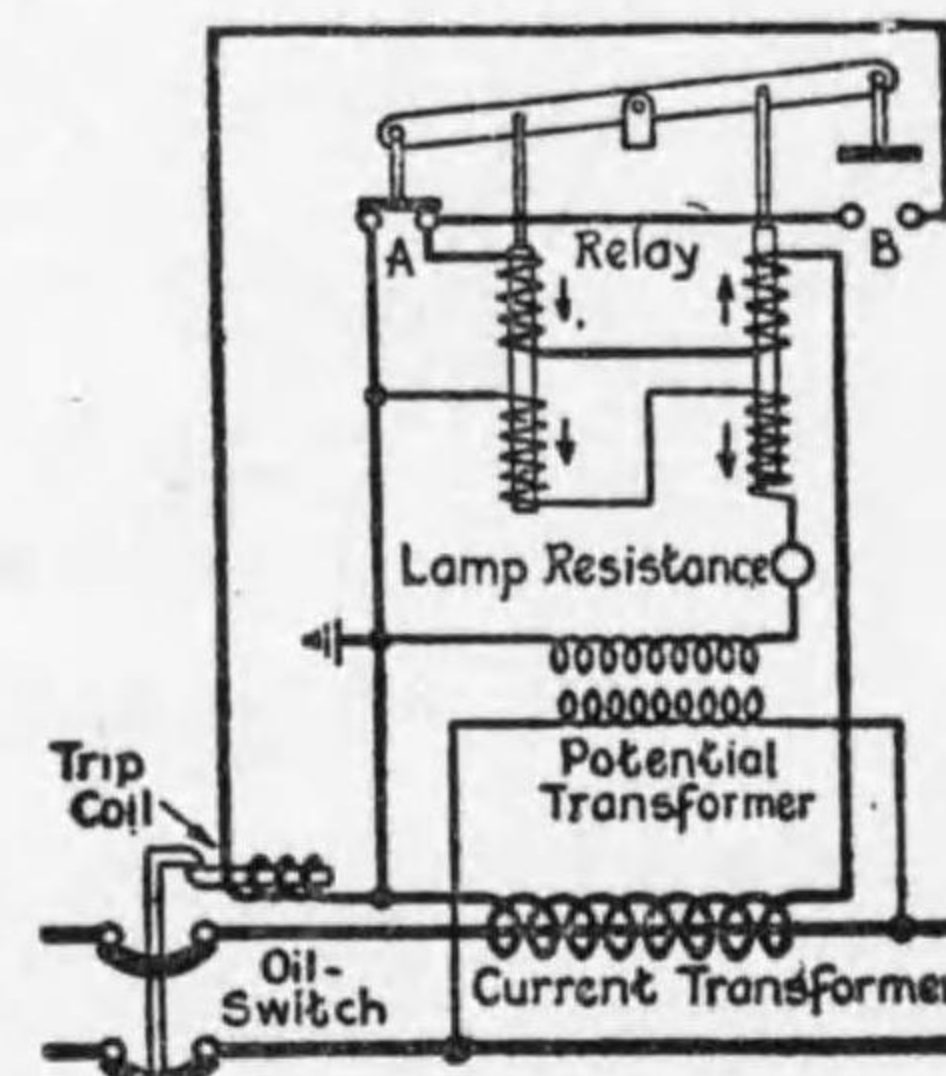
(G) 繼電器用變成器の數及び接続法

(i) 電流變成器 (カーレントトランスフォーマー)



第 260 圖

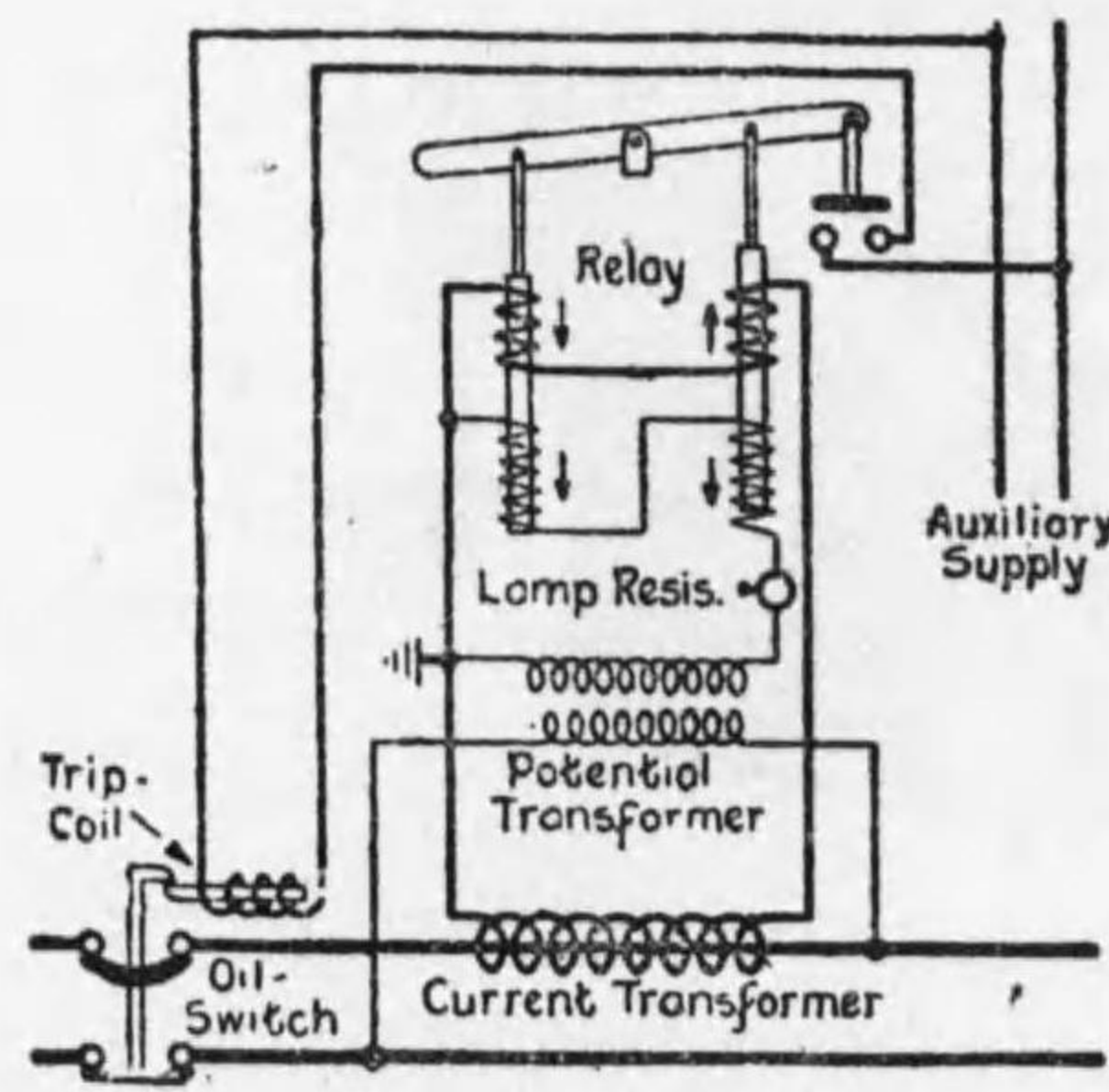
電流及電壓トリップを有する開路繼電器



第 261 圖

電流トリップのみを有する開路繼電器

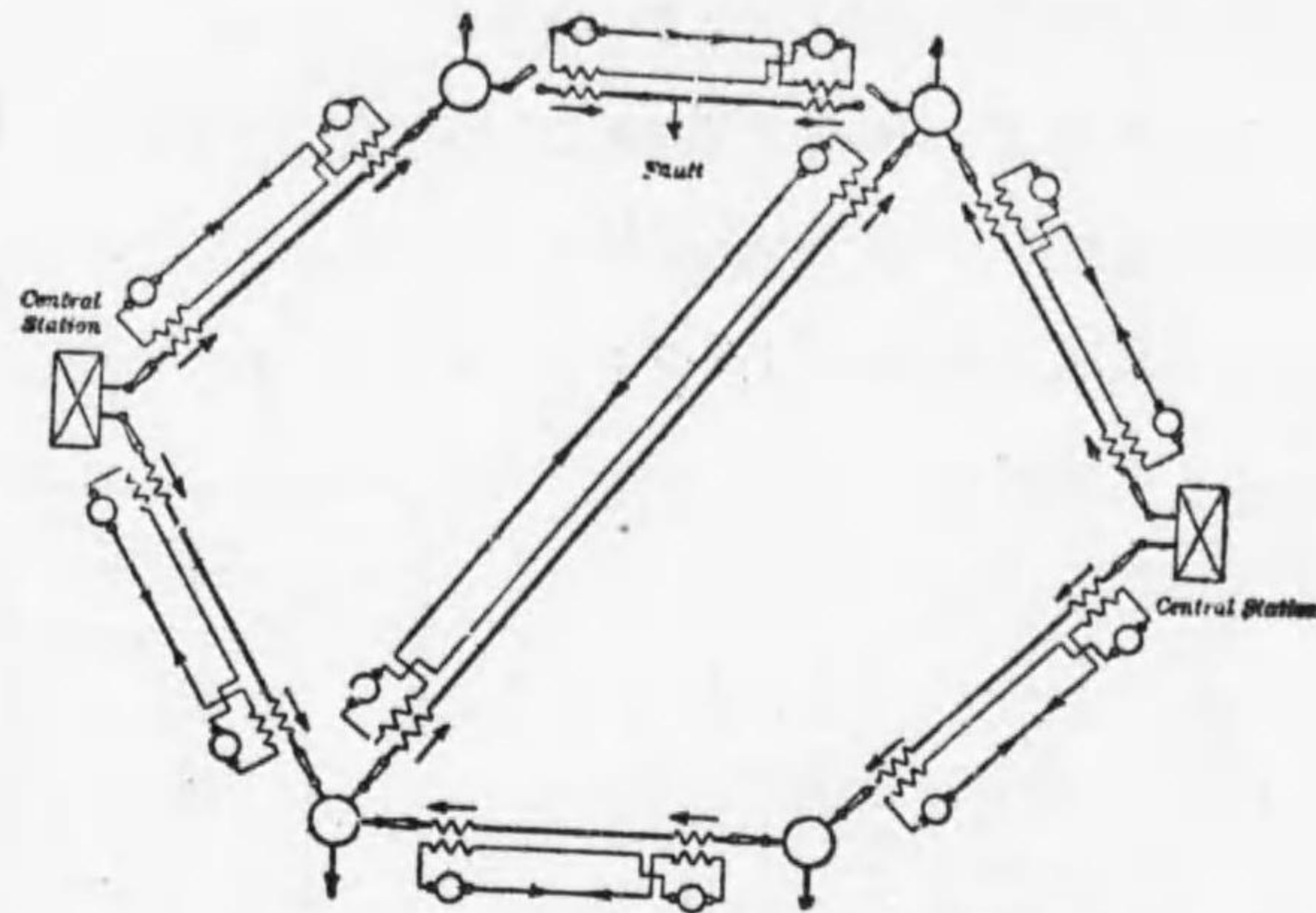
過負荷、逆流其の高電壓等に対し線路及之に附屬せる機械器具を保護すべき繼電器電流は多く保護せらる可き回路に取付けられたる電流變成器又は電壓變成器によりて供給せらる。



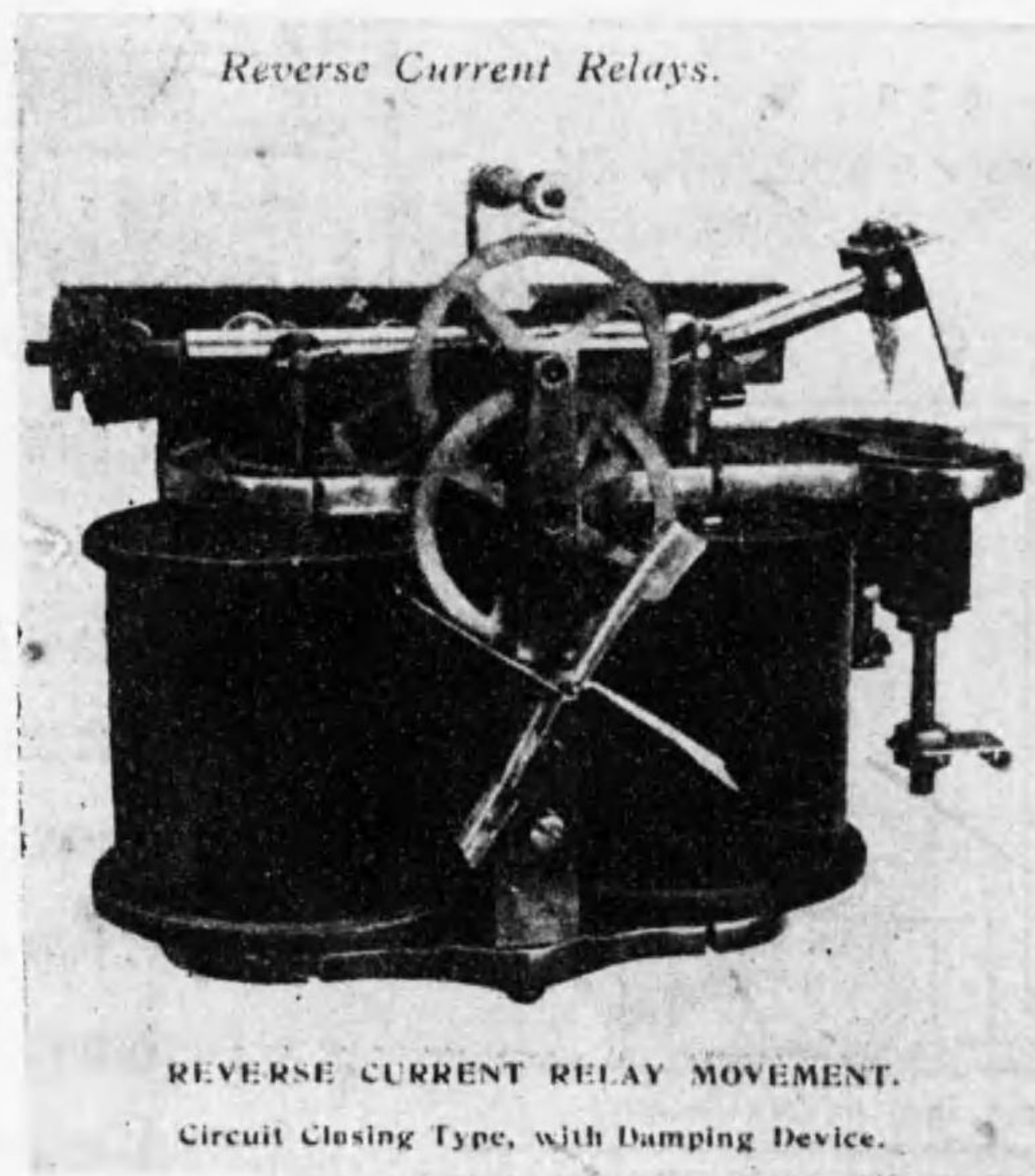
第 262 圖

閉路繼電器

單相二線接続式の場合は電流變成器を各線に入れ過電流に対して保護す。非接

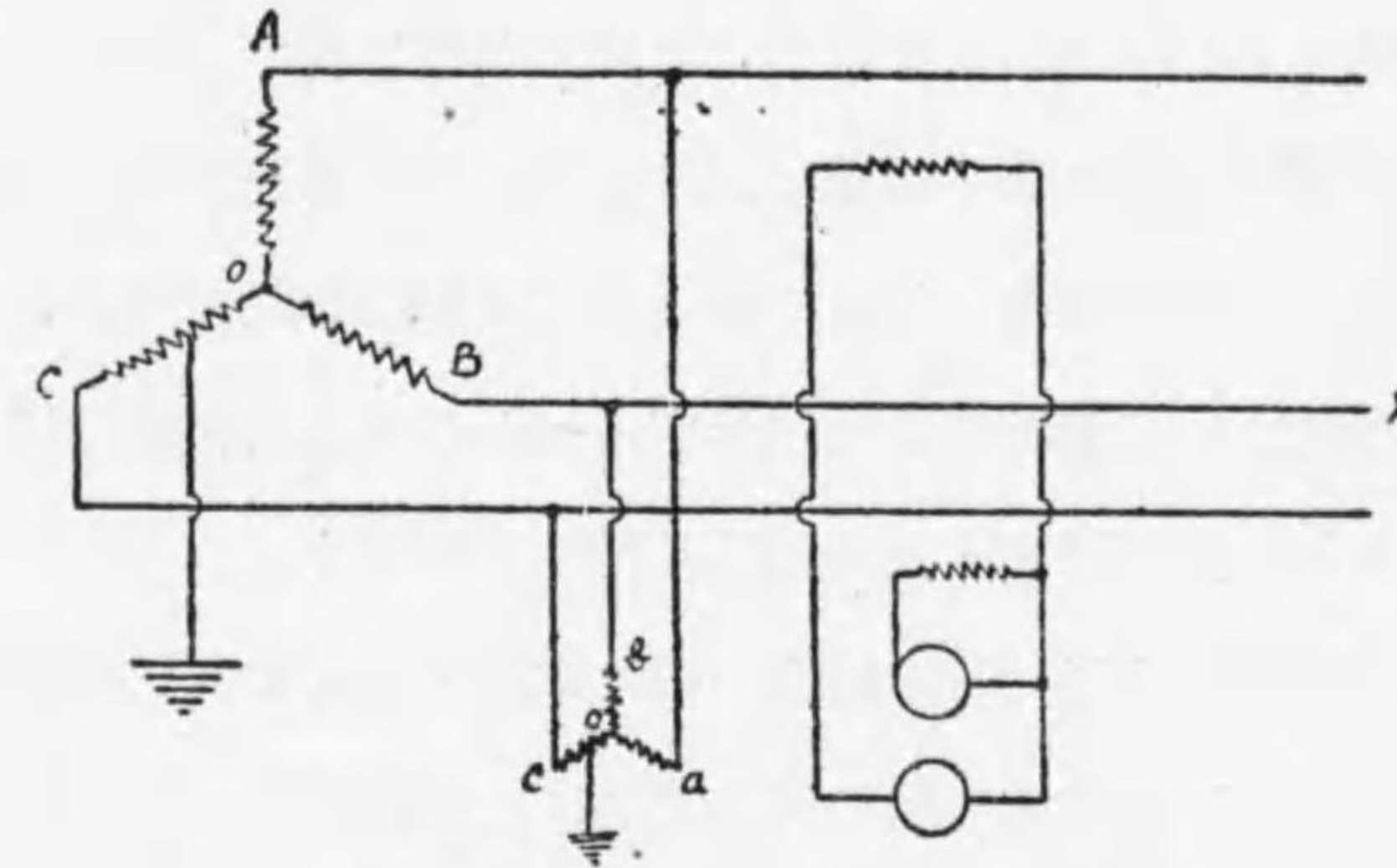


第 263 圖 差働保護装置の電纜網接続



第 264 圖 制動装置を有する閉路型逆流継電器

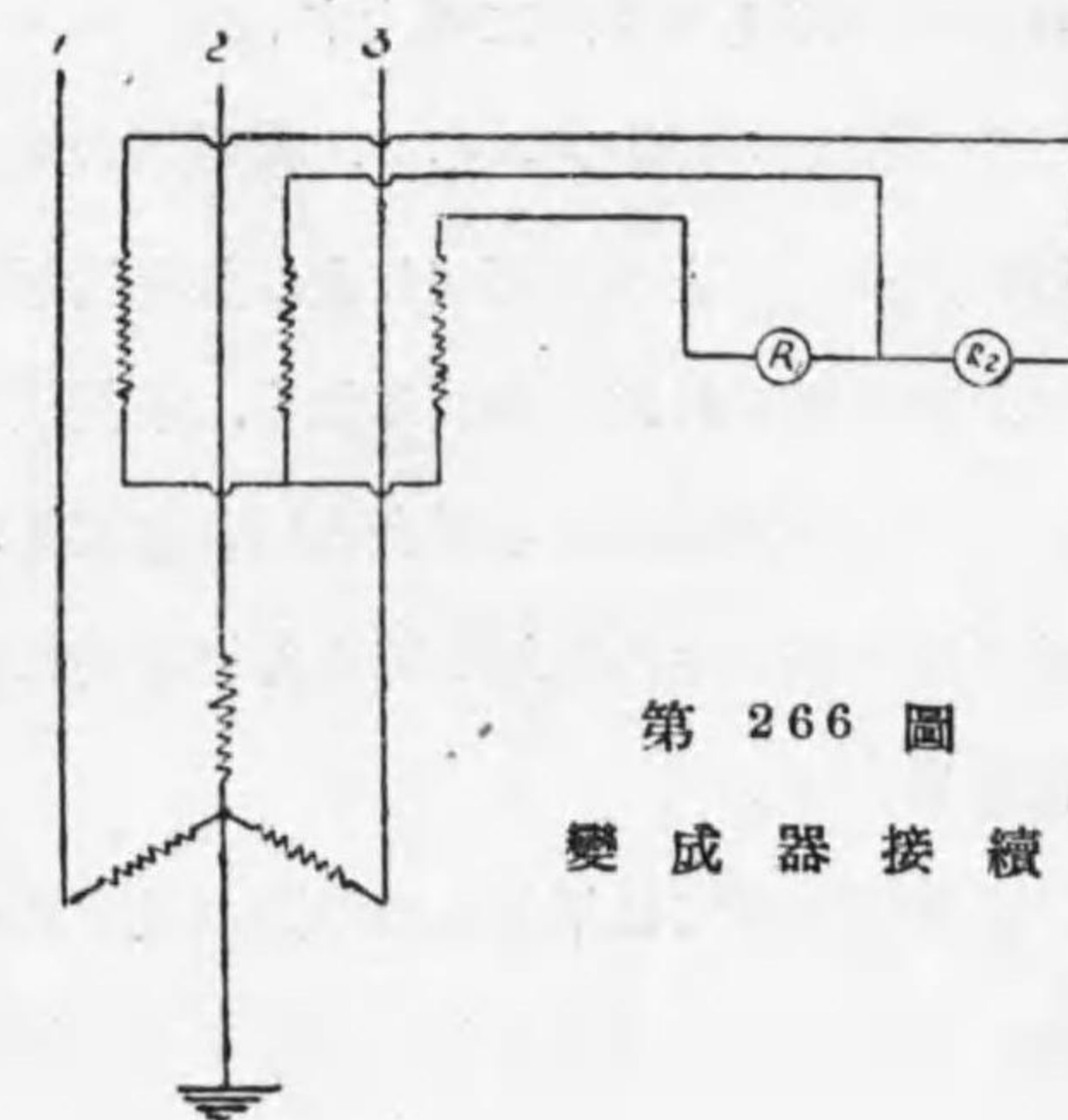
地式の場合是一個にて足る、二相三線式の場合は二個の電流變成器を必要とす。



第 265 圖 變成器接続例

接地式三相三線式の場合は三個の電流變成器を必要とす。非接地式の場合は通例二個にて足ると雖も第 265 圖の如く主變壓器  $O, C$  の中間にて地氣を生じ又は繼電器に至らざる間の負荷の變壓器或は電動機  $o, c$  の間に地氣を生じ居る際線路  $X$  に於て地氣を生ぜば  $O, C$   $o, c$  の捲線を焼損するのみならず完全なる  $O, B$   $o, b$  をも同時に焼損するに至る故に三個の繼電器を用ふるを安全とす。

變成器の接続法は其の線に異常状態の起りし時に繼電器を働かせしむる目的なれば他の線の影響を受けざる様にする事を必要とする。



第 266 圖 變成器接続

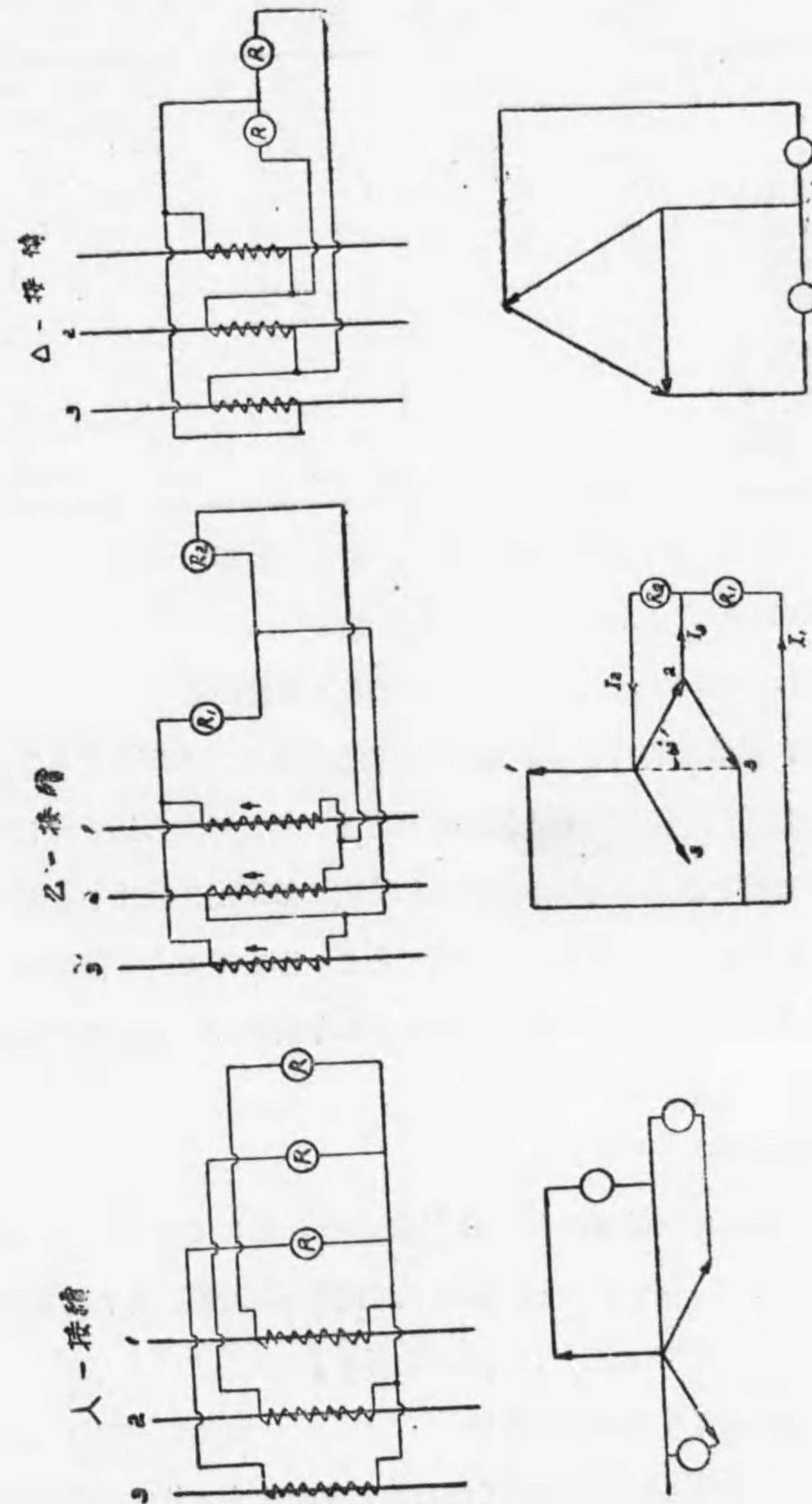
例へば第266圖の如くする時は(1)に地氣を生ぜる場合(1)にある電流變成器の電流は増加せんとすれども線路(2)及び(3)の電流は増加するを得ず之等に對する二次電流も亦任意に増減する事を得ず。茲に於て(2)又は(3)を経る過剰電流による磁束は漏洩となり自己誘導係數を増加し繼電器に充分の電流を流さず又(1)と(3)との間に短絡を起す事あるも變壓器(1)(3)の電流は(2)の變壓器を通過せざるべからず。之れ前理により不都合を生ずるなり。故に第267圖の如く接続するを要す。

以上三種接続法の中Y接続の場合一相の電流に相當する二次電流は繼電器を通り他のものは通らず。然るに△接続に於て繼電器に來る線は二相の△の合成電流なれば一相の $\sqrt{3}$ 倍の電流を通す。故に同一型の變成器及び繼電器を用ふるものとせばYの場合と△の場合とに於て各相の過負荷動作電流を異にす。例へばYの場合500アムペアの回路電流の時繼電器作用してトリップが働くものとせば、△接続の場合は  $\frac{500}{\sqrt{3}} = 288$  アムペアの時に働く。又各相500アムペアにて働く様に調整せば一相の過負荷の限度はYの時より遙かに増大す。

平常電流 450 アムペア、繼電器の働く電流を500アムペアとし各變流器の比を  $\frac{1}{100}$  とせば第44表の如き結果を得。(第268圖、第269圖對照)

上表より見れば明かなる如く、Y接続の場合は各相の平均負荷せる場合と一相のみ過負荷せる場合と過負荷電流の許さるゝ範圍は同一なり。△に於ては一相のみの増加の時と各相平均に増加せる時とは許さる可き通過電流を異にす。

Z接続に於てはYと△の中間に位するものにして繼電器電流は直列變壓器の電流と大さ及び位相を異にせる電流を通す。



第 267 圖 變 成 器 接 續 法

第 4 4 表

	繼電器電流			變壓器電流		
	Y	△	Z	Y	△	Z
平均負荷平常電流	4.5	7.794	4.5	4.5	4.5	4.5
平均負荷、繼電器 の動作する電流	5.0	8.66	5.0	5.0	5.0	5.0
二相平均平常負荷 一相過負荷、繼電器 の動作する電流	5.0	8.66	5.0	5.0	5.48	5.38
上記負荷に於て繼電器 の動作する時の一相變壓器過負 荷電流の百分率				$\frac{5.0-4.5}{4.5} \times 100$ =11.1	$\frac{5.48-4.5}{4.5} \times 100$ =21.7	$\frac{5.38-4.5}{4.5} \times 100$ =19.5

$I_1 = (1) + (3) \dots \dots \dots (R_1)$  を通る電流 (第 267 圖参照)

$I_2 = (1) + (2) \dots \dots \dots (R_2)$  を通る電流

$I_3 = (2) - (3) \dots \dots \dots (R_1)(R_2)$  を通る電流の差

故に繼電器の数は二個にして Y 接続の時使用せしものを利用せらる。  
平均せる過負荷の時は前二者と同一なれども二線は平常の通りにして一線だけ大なる電流を通する時は繼電器の働く時の變壓器電流は Y より △ の 5.48 に對し 5.38 となり、Y と △ の中間にあり。即ち接地式三相線路に於て地氣を生ぜる如き場合最初に作用するものは Y 次に Z 最後に △ の順序となる。

(ii) 電壓變成器

二相三線式又は三相三線式に於ては二個の變壓器にて充分なり。殊に V-V 接続の時は △-△ の時と同様にして變壓器の数を減じ得る故に △-△ は用ひられず。次に二三の接続法を示す。

(iii) 電流變成器電壓變成器取扱法

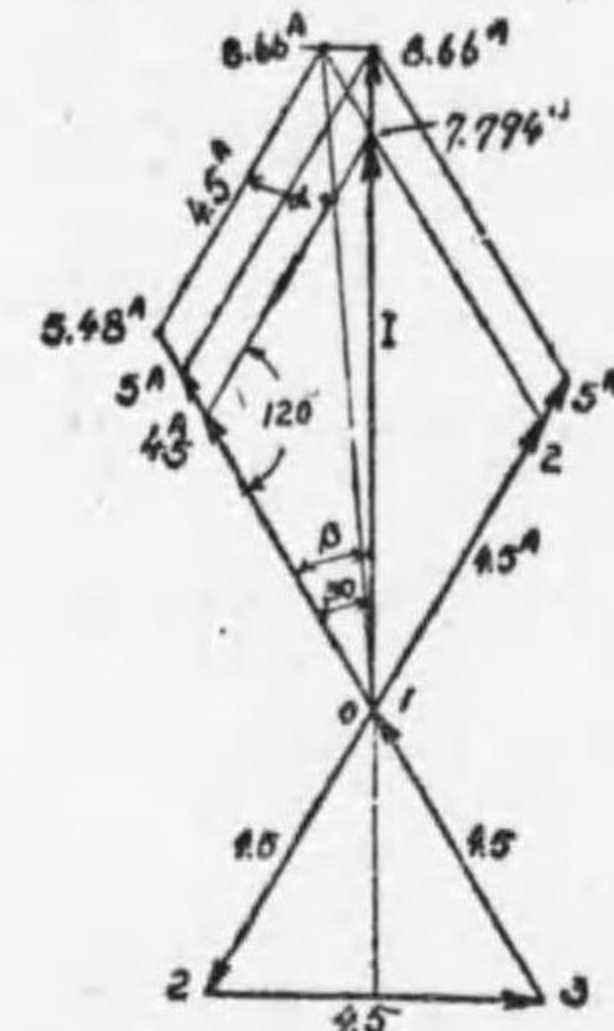
電流變成器に於ては二次導線を開く時は高電壓を生ずる故に危険なれば

必ず繼電器等を取外す時は短絡して後に爲す可し。

電壓變成器に於て其の端は短絡すべからず。過大電流による焼損を虞るればなり。

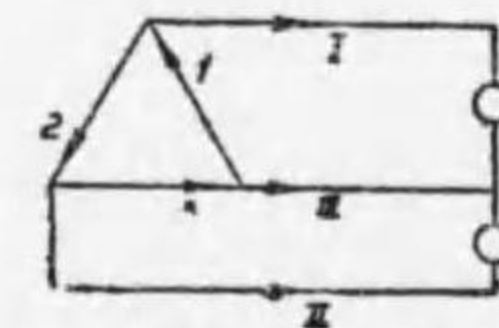
電流變成器二次側に可熔片を用ふべからず。二次回路の開く虞れあればなり。

變壓器一次側には必ず可熔片を用ふるを要す。變壓器内に於て一次側の高壓線と二次線と短絡せる場合可熔片なき時は其の相を短絡するのみならず二次側に高壓を生じ配電盤監視者に危険を與ふることあるべし。

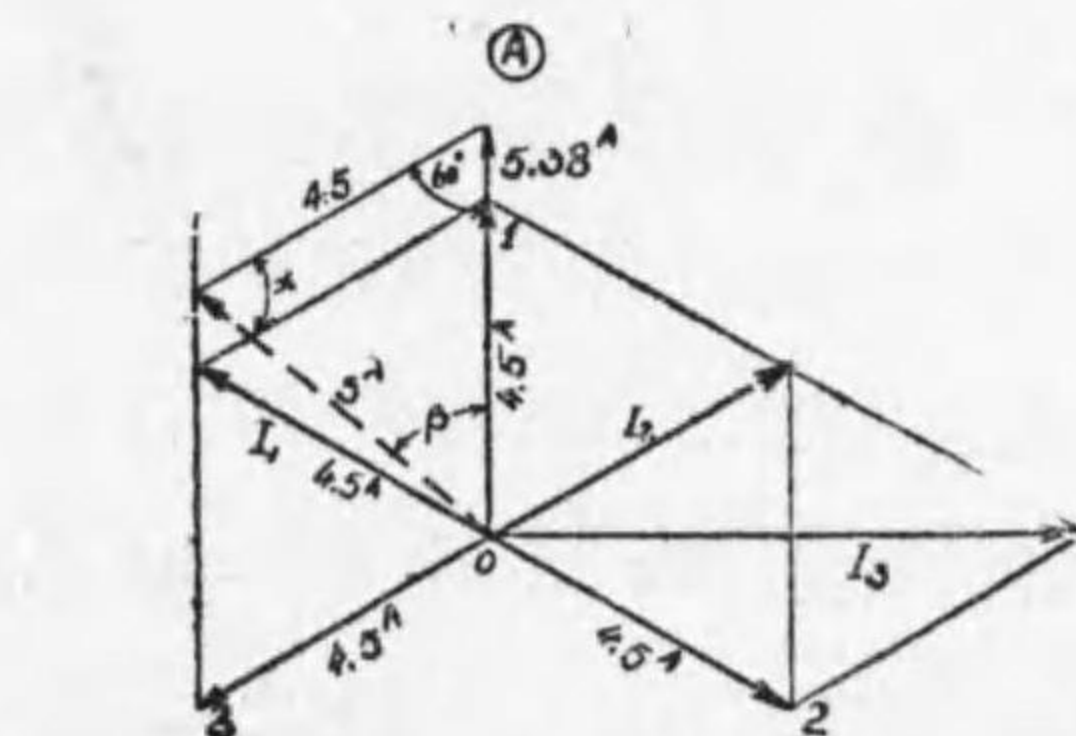
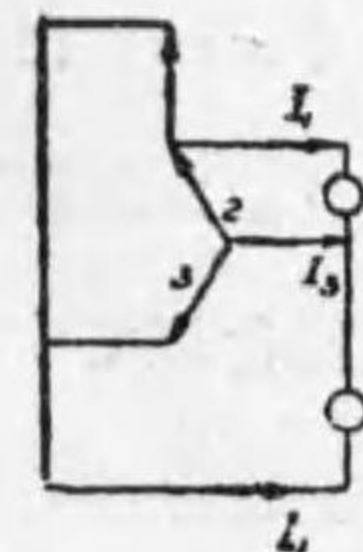


$$OA = \frac{8.66 \sin 30^\circ}{\sin 120^\circ} \quad \alpha = 180 - 120 - \beta \quad \sin \beta = \frac{8.66 \sin 120^\circ}{8.66}$$

$$\therefore OA = 5.48 \quad \alpha = 33^\circ 15' \quad \beta = 26^\circ 45'$$



第 268 圖  
△-接続繼電器用變壓器電流圖



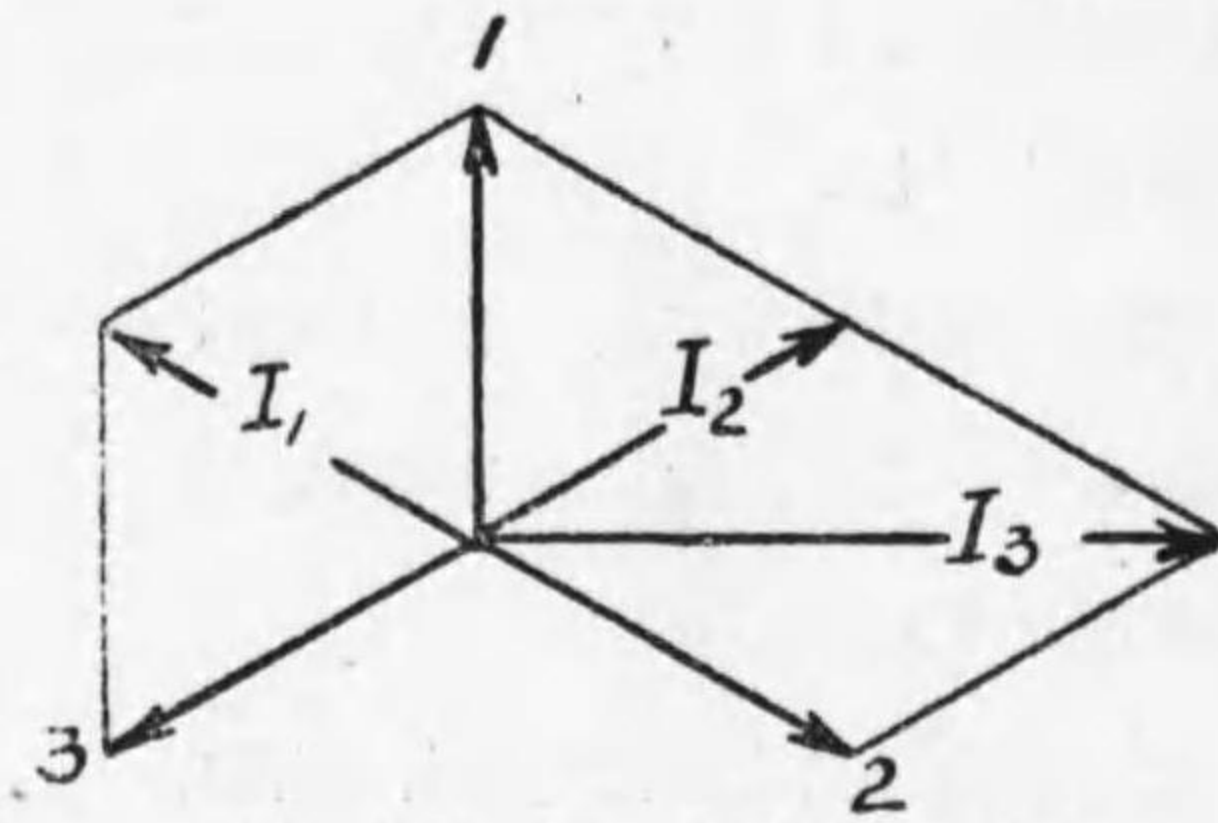
$$OA = \frac{5.38 \sin 60^\circ}{\sin 60^\circ} \quad \alpha = 180 - 60 - \beta \quad \sin \beta = \frac{4.5}{5.38} \sin 60^\circ$$

$$\therefore OA = 5.38 \quad \alpha = 68^\circ 44' \quad \beta = 51^\circ 16'$$

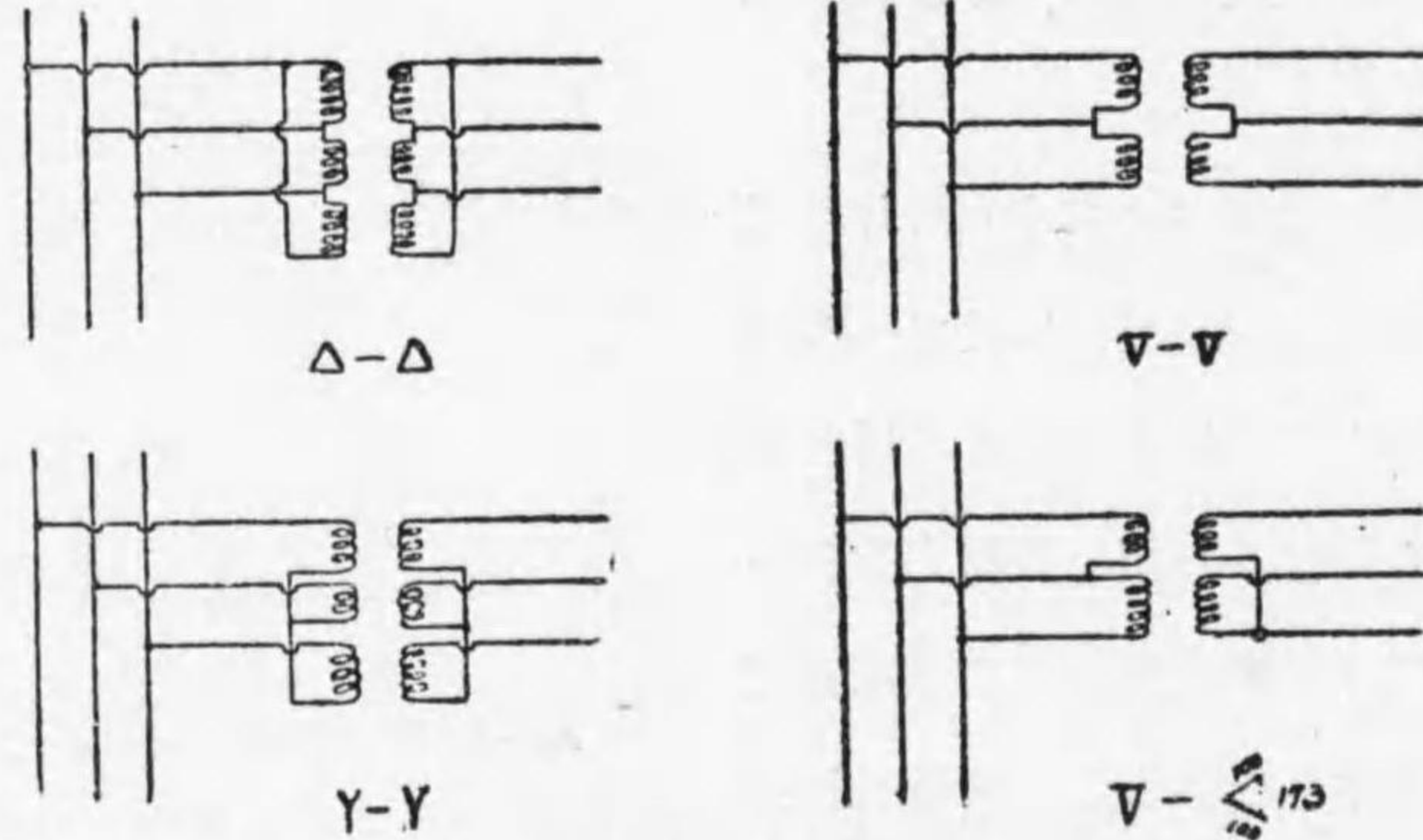
第 269 圖 Z-接続繼電器用變壓器電流圖



變壓器一次側に此短絡電流を制限する爲め抵抗を入れ置く事あり。平常は電流僅かなれば電壓降下は殆ど無視するを得れども大なる電流の流るるを制限すべし。



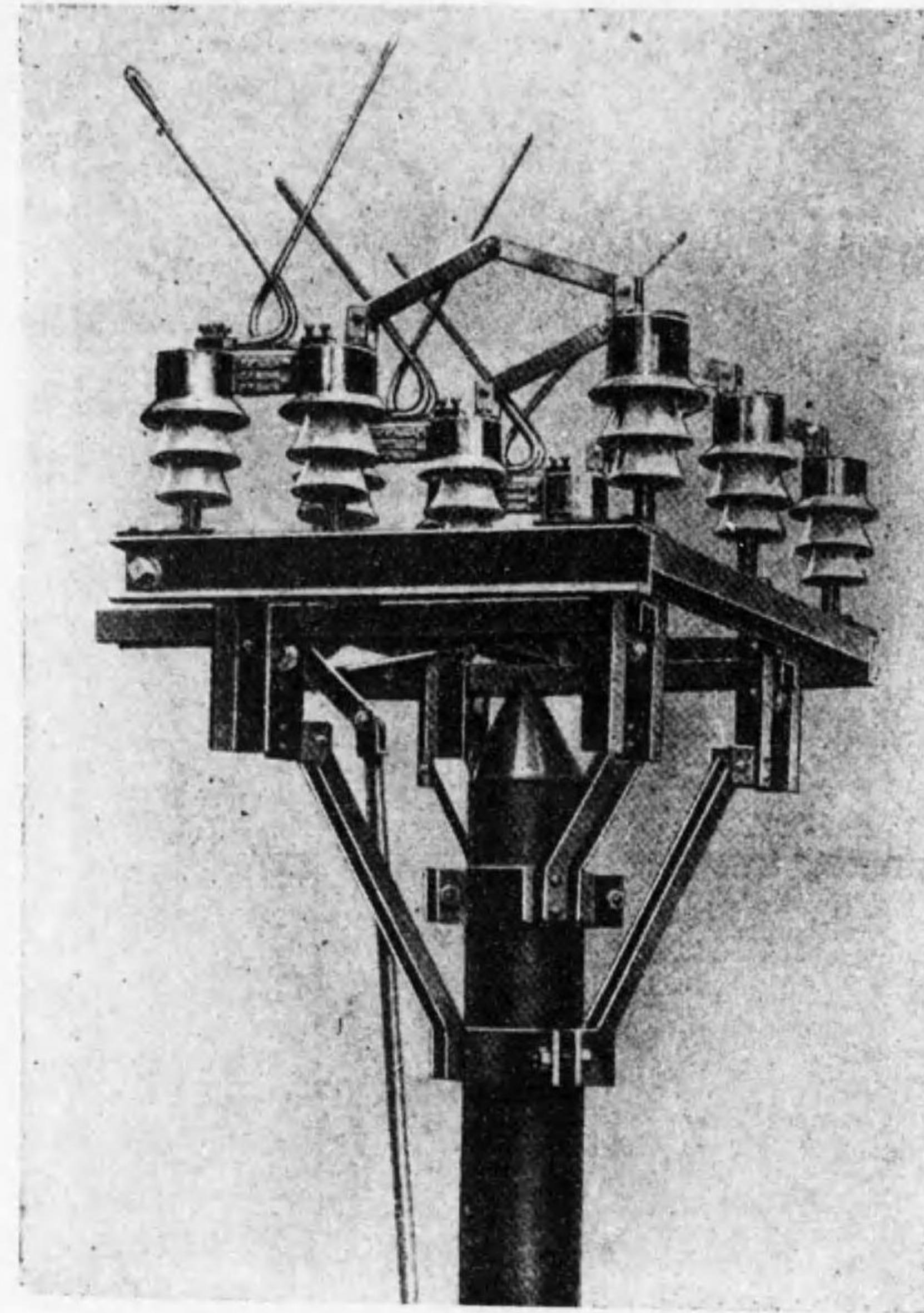
第 270 圖 Z-接続の電流



第 271 圖 電壓變成器の接続

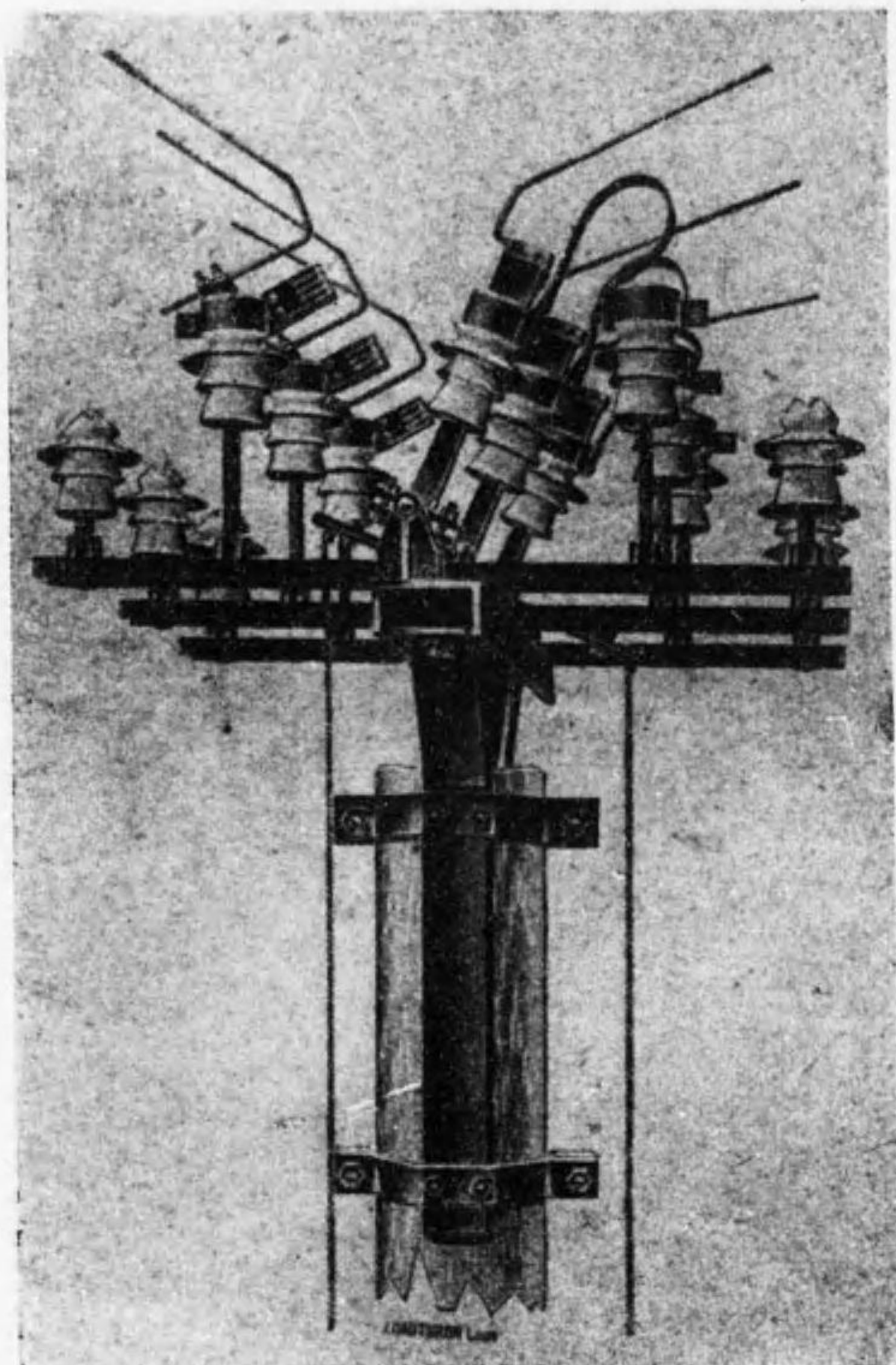
### 2. 油入開閉器油入遮斷器

高壓殊に大電流の通過中其回路を遮斷する事は頗る困難なり。之れ大なる連続弧光を生じ、夫れが爲に種々の障害を生ずればなり。電流通過中開路するには空中遮斷器 (air break switch) 又は油入遮斷器を用ふ。空中遮斷器とは遮斷に際して生ぜし弧光を之に附屬せる角 (horn) に移らしめ角型避雷器と同一原理に基き之を消滅せしむるものなり。此遮斷器は多く屋外に置き非自働的に作らる。此遮斷器は性質上繼電器を以てする如き輕敏なる働作に適せず。第 272 圖は閉ち居る所、第 273 圖は開ける所なり。



第 272 圖 空中遮斷器

油入遮斷器は油中に於て開路する装置にして、油中に生ぜし弧光は油によりて冷却せられ、且電流の第一回の零となれる瞬間に油は兩電極の間に入り第二の弧光を出發せしめざるを理想とす。然し實際に於ては電流の第一回の零の瞬間に於て弧光は一時消滅し第二の電壓の來れる際兩電極の間隔充分ならず、加之第一回到ける大電流弧光に由りて生ぜる瓦斯は大部分冷却凝結せらるれども猶残留せるものあり、又弧光通過後の油は絶縁性を



第 273 圖 空中遮斷器

減ずる。之等の爲第二の弧光を生ず。之れ周波數大なる場合に殊に起り得可し。第二回の電流零の場合再び弧光は消滅し更に第三回の弧光を生ぜしむ。斯くて二回三回の後に於て全く遮斷せらる此回数に少からしむるには壓力の大なる所即油の深き所に於て迅速に遮斷するを要す。油入開閉器遮斷器の構造等は項を改めて述べる事とし次に大正十三年三月制定の日本電氣工藝委員會標準規程を掲ぐ。

## 日本電氣工藝委員會

## 油入遮斷器及び油入開閉器標準規程

## 定義

- 101 油入遮斷器 (oil circuit-breaker) とは回路に異常状態を發生したる時絶縁油中に於て其回路を遮斷する装置 (可熔片以外の) を謂ふ。
- 102 油入開閉器 (oil switch) とは回路の接續を絶縁油中に於て開閉轉換する装置を謂ふ。
- 103 自動 (automatic) 遮斷器とは自動的に回路を遮斷する油入遮斷器を謂ふ。
- 104 非自動 (non-automatic) 油入遮斷器とは自動的には回路を遮斷せざる油入遮斷器を謂ふ。
- 105 手働 (hand operated) 油入遮斷器又は油入開閉器とは人力に依り接觸部を操作するものを謂ふ。
- 106 ソレノイド操作 (solenoid operated) 油入遮斷器又は油入開閉器とはソレノイドの動作により接觸部を操作し得る装置を具備せるものを謂ふ。
- 107 電動 (motor operated) 油入遮斷器又は油入開閉器とは電動機の動作により接觸部を操作し得る装置を具備せるものを謂ふ。

## 定 格

- 201 油入遮斷器及び油入開閉器の定格は次の各項を以て表示するものとする。
- (イ) 定格電流 (ロ) 定格電壓
- (ハ) 定格周波數
- (ニ) 定格遮斷容量 (第 301 項記載—油入遮斷器のみに適用)
- (ホ) 定格最大電流 (第 302 項記載)

## 遮斷容量及最大電流

- 301 油入遮斷器の遮斷容量とは普通の回路 (説明書参照) に於て貳分間を隔て引續き二回遮斷し得る定格電壓に於ける電流實効値を謂ふ。
- 302 油入遮斷器及び油入開閉器の最大電流とは其電流を一秒間通ずるも異狀を認めざる電流實効値を謂ふ。

## 温度制限

401 油入遮断器及油入開閉器を攝氏 40 度以下の周圍温度に於て定格周波數、電壓、電流にて連續使用したる時各部の可測温度上昇は次の制限を超過すべからず。

## 甲、接觸部及油

定格 2000 アムペア以下	30°C
定格 2000 アムペアを超過するもの	40°C

## 乙、線輪

(イ) 温度測定を寒暖計によりて行ふ時。

絶縁材料としてワニス類にて處理することなき木綿、絹、紙其他類似の材料を用ひたる場合 35°C

絶縁材料として木綿、絹、紙及び類似の材料をワニス類にて處理して用ひたる場合 50°C

マイカナイト、石綿、其他高温度に耐へ得る材料を用ひたる場合 70°C

(ロ) 温度測定を抵抗法に依りて行ふ時は上記數字に 5°C を加へたるものを制限とす。

(ハ) 輪線の導體に直接寒暖計を取付け得る場合には上記數字に 10°C を加へたるものを制限とす。

402 短時使用線輪の温度制限は第 401 項乙に準ず。(第 502 項参照)

403 短時使用操作用電動機の温度制限は日本電氣機器標準規程に準ず。(第 503 項参照)

404 周圍温度の測定は日本電氣機器標準規程に據る。

## 試 験

501 油入遮断器及び油入開閉器の温度試験は各部の温度が一定となる迄定格周波數及定格電流にて行ふものとする。

502 短時使用線輪の温度上昇は連續拾回開閉操作を行ひたる後抵抗法によりて測定するものとする。

503 短時使用操作用電動機の温度上昇は連續拾回開閉操作を行ひたる後測定するものとする。

504 油入遮断器及び油入開閉器は其定格電壓により次の試験電壓を各極間及導電部分との間に加へ 60 秒間耐ふる事を要す。

(イ) 定格電壓 600 ヴォルト以下のものにおいて定格電壓の 2 倍に 1000 ヴォルトを加へたるもの。

(ロ) 定格電壓 600 ヴォルトを超過するものにおいて定格電壓の 2.25 倍に 2000 ヴォルトを加へたるもの。

505 屋外に使用する油入遮断器及油入開閉器にありては第 504 項の外尚注水状態に於て定格電壓の 2 倍に 1000 ヴォルトを加へたる試験電壓に 10 秒間耐ふる事を要す。

506 上記注水状態とは比抵抗 7000 オーム種以上の水を 45 度の傾斜に於て毎分 3 耗の割合を以て注ぎたる場合を謂ふ。

507 試験電壓の周波數、波形及電壓測定は日本電氣機器標準規定に依る。

## 銘 板

601 略

602 油入遮断器及油入開閉器の銘板には次の各項を成る可く記入す可し。

(イ) 定格遮断容量 (油入遮断器のみに適用)

(ロ) 定格最大電流

油入遮断器及油入開閉器標準規程説明書

## 定義

油入遮断器 (oil circuit-breaker) とは定格電流に於て遮断し得ることは勿論なるが、油入開閉器は異常状態に於て回路を遮断することを得ざるを原則とす。換言すれば其遮断容量極めて少く定格電流と大差なきものなり。

ソレノイド操作用油入遮断器及開閉器又は電動油入遮断器及び開閉器は通常手働にて接觸部を操作することを得るにより手働油入遮断器とは第

106 項及び第 107 項に記載せる如き装置を具備せざるものを謂ふ。

又壓搾空氣と電磁作用とを並用する Electro-pneumatic のものあれども其使用の範圍餘り廣からざれば特に條項を設けざりき。

#### 遮斷容量

油入遮斷器は其遮斷容量の電流を遮斷したる後引續き定格電流にて適當なる機會迄使用し得ざる可からず。

普通の回路(第 301 項)とは的確に定義すること困難なれども二三の例によつて其意義を明にせんとす。短絡を遮斷すれば殆ど凡ての場合殊に油入遮斷器を以て遮斷する場合には回路に電氣振動起り、此振動による高周波の電壓と定格周波數の電壓とを重疊したるものが接觸部間に發現す。電氣振動による電壓の周波數、減衰係數、最高値等は種々の條件によりて變化するを以て之を暫く考慮に入れざることゝす。遮斷後發現する定格周波數の電壓(實効値)は其回路の状態に依り著しく異なる。例へば制動子捲線を備へ、且つ發電子反作用の極めて大なる發電機を其端子に於て短絡し永久状態になりたる後に短絡を遮斷すれば遮斷後直に接觸部間に發現する定格周波數の電壓は比較的小にして若干の時間を經過したる後漸次増大して始めて無負荷電壓に達す。即ち斯くの如き回路に於ては油入遮斷器の rupturing duty は比較的小なり。然るに發電所が遠隔なる變電所を通じ、力率の低き(遅れ電流)負荷にて運轉せる時、變電所にて短絡の起りたる時を考れば發電所より遠く隔つるを以て發電子反作用の影響は比較的小にして、短絡前の負荷が遅れ電流を取り居たる關係上發電機の勵磁を強くしたるのみならず Ferranti 效果の爲めに短絡を遮斷したる後直に接觸部間に發現する定格周波數の電壓は定格電壓より著しく高くなる事ある可し。斯く

の如き回路に於ては其定格電壓並に遮斷する時の電流が前例と同一なりとするも rupturing duty は甚だ大となる。多數の發電所より長距離の送電線、多くの變壓器等を經過せる點に於て短絡が起り且つ附近に同期機が存在せざれば、短絡を遮斷したる後に接觸部間に發現する定格周波數の電壓は大體定格電壓に等しかるべし。遮斷すべき短絡電流並に遮斷後直に發現する定格周波數の電壓が同一なりとするも、場合により油入遮斷器の rupturing duty には著しき差異ある事を忘るべからず。例へば極めて容量の大なる發電機(無負荷電壓  $E$ )を大なるリアクタンス  $X$  にて短絡せる時は其の電流は  $E/X$  にして、遮斷後直に發現する定格周波數の電壓は  $E$  なり。此の發電機を大なる抵抗  $R$  にて短絡せる時は其電流は  $E/R$  にして遮斷後直ちに發現する定格周波數の電壓は  $E$  なり。故に  $R=X$  ならば二つの場合に於て遮斷すべき電流並に遮斷後直に發現する定格周波數の電壓は同一なれども、油入遮斷器の rupturing duty は發電機が抵抗を以て短絡せられたる時は小なれどもリアクタンスを以て短絡せられたる時は極めて大となる。是れ全回路のリアクタンス中に蓄積せられたる電磁エネルギーが大なるを以て強力なる電氣振動を惹起し、其結果 rupturing duty を大ならしめたるものと思ふ事を得可し。

短絡電流の力率(發電機空隙磁束による)が rupturing duty に及ぶ影響に關しては十分なる資料に乏しきも、其力率が 0—20% の間にある時は rupturing duty に大差なく力率が之れより高き時は rupturing duty は小となるべきなり。乃ち普通の回路とは次の如く了解して差支なかるべし。

普通の回路とは短絡電流の力率が低くして遮斷後直に發現する定格周波

數の電壓が定格電壓と大差なきが如き回路状態を云ふ。

二分間を隔て（第301項）とは同一の油入遮断器を同一回路状態に於て引續き遮断試験を行ふに當り一回遮断して再び遮断するまでに経過する時間に依りて遮断容量が影響せらる可きは極めて明かなり。即一回遮断したる後、長時間を経過して再び遮断する時の遮断容量と一回遮断したる後極めて短時間の後再び遮断する時の遮断容量とを比較すれば後者の小なること明かなり。然れども此時間を變化することに依りて遮断容量が如何に變化するか、即ち時間に對する所謂定格曲線（curve of rating）はもとより油入遮断器の型に依りて異なるべきも實驗が困難なる爲據るべき實驗成績無きは甚だ遺憾とす。只製造家の見込を以て判定するのみなるが如し。米國に於ける著名の製造家並に本邦に於ける著名製造家も慣例により二分を標準とせるものゝ如きを以て、假りに之を採用し將來なるべく本委員會に於て之に關する實驗を行ひたき希望を有す。

二回（第301項）とは前記の時間を一定に保ち置くとしても回数によりて遮断容量が左右せらるゝ事亦極めて明なり。回数に對する所謂定格曲線（curve of rating）も亦時間に對するものと同様に實驗の據るべきもの無し。米國に於ける實例を見ても或は一回とするもの、二回とするもの、三回とするものあり。標準回数として何回を採用すべきかは決定せられざるものゝ如し。二回位が妥當なるには非ざるかと考へたれば假りに二回と決定したれども出來得る限り實驗を行ひ幾分なりとも據る所を明にせんとす。

#### 最大電流

最大電流は米國電氣工程師會の標準規程には未だ制定しあらざるも試験は

遮断容量に比すれば遙かに容易にして、本標準には規定せり。尙5秒間流して異常を認めざる電流をも最大電流（5秒間の）として規定することあれども主として機械的の強度を試験するが目的なるを以て1秒間の最大電流を此標準に採用する事に決定せり。

#### 溫度制限

2000 アムペアを超過するものにおいて其接觸部の設計困難なるのみならず從來の經驗に徴し使用上差支なきを以て外國の例をも參酌して少しく溫度制限を寛大にせり。

油の溫度と油中接觸部の溫度とは多少の差あれども便宜の爲其制限を同一とせり。

#### 試験

短時使用の線輪及び電動機の定格を規定するには操作の回数を以てするが最も便利且つ實用的なるを以て本文の如く決定せり。其回数は外國の例をも參酌し拾回を以て適當と認めたり。

空氣の濕度により套管の閃火連絡電壓には差異あるべき筈なるを以て試験電壓も亦試験する時の濕度に應じ變化せしむべきなれども適當なる資料に乏しく且つ本文に規定せられたる試験を行へば實用上十分なるを以て濕度を考慮に取らざる事に決定せり。

又海拔上標高の高き場所に使用するものにおいて遮断器の弱點が套管の閃火連絡にありとすれば、之を標高の低き場所に於て試験するには當然規定以上の電壓を加ふべき筈なれども斯くする時は溫度の變化をも同様に考慮に取らざれば不合理なり。本文に規定せられたる試験を行へば實用上十分なるを以て本標準には空氣密度の變化を考慮に取らざる事に決定せ

り。然れども特に標高の高い場所に使用するものによりては定格電壓のより高いものを用ゐるを得策とす。

銘板  
略

## 第八章 屋内線工事

### 1. 引込線

需要家附近にある低圧配電線より、電線は必要箇所に引込まれる。此の配電線分岐点より需要家引込口の開閉器に至る迄を引込線 (Service wire) といふ。此の開閉器より可熔片を経て各所に分岐す、之を屋内線といふ。

電柱と需要家引込口との距離大ならば引込線の長さ大となり、弛度を増し、風致を損ずるのみならず交通を阻害し、風の爲に短絡を生じ易きが爲に中間に小柱を用ひざるべからず。兩支點間の距離は、小柱を用ひざる時は最大約 45 米(25 間)、小柱を用ふる時は 36 米(約 20 間)とす。

引込線の地表上よりの高さは電壓によりて變化す可きものにして、電氣工作物規程第三十一條によれば、交通に支障なき限り最低限度として次の數字を與ふ。

交流 150 ヴォルト	} 未滿	取付點 2.5 米
直流 300 ヴォルト		
交流 150 ヴォルト	} 以上	2.5 米 (第三種又は第四種絶縁 電線を使用する場合)
直流 300 ヴォルト		3.5 米 (第一種又は第二種絶縁 電線を使用する場合)

以上は最低の限度にして道路横斷の場合 6 米(≒19.8 尺)以上、普通の場合に 5 米(≒16.5 尺)以上にすべき規定なり。

引込線の太さは需要電力によりて決定するものなれども機械的強度より 2 耗以下のものは使用すべからず。即引込線 20 米以内に於ては B&S 12 番或は BWG 14 番以上、20 米以上の長さの時は B&S 10 番或は BWG

14 番以上を用ふるを要す。

多くの引込線は低圧配電線より別口に引出すより、或る點迄一回線を用ひ適當の所にて分岐する方便とする場合多し。此の時此共同引込線を連接引込線といふ。此引込線は工作物規程第八十四條によりて制限せらる。即

- (i) 道路を横斷せざる事
- (ii) 引込線より分岐する點より 60 米以内の区域内なる事
- (iii) 屋内を通過せず且人の容易に觸れざる様取付くる事

引込線は高壓線と交叉する場合其下位に架設せらる可きものなれど、已むを得ず上部に架線する場合には殊に太き線を用ひ工事等に際しても一層深き注意を要す(工作物規程細則第四十六條参照)。引込線と屋内線との間には、可熔片及び遮斷器ありと雖も、人家に取付ある線なれば之等保安装置の外に於ても種々の障害あるを豫想せざる可からず。一引込線の短絡より其附屬せる變壓器の故障、或は一次又は二次線にある可熔片の熔斷とならば其變壓器にて供給する負荷全體の停電を生ず。故に之に備うる爲に引込線の中途に遮斷子(キャッチホルダー)を入れ需用家の負荷に相當する可熔片を附す。非接地二線式引込線ならば片線に入れ、故障の多く起り得可き道路横斷の如き時は兩線に入る。三線引込線の時三線共に入るゝを普通とす。然し接地式に於ては接地せられし一線には絶対に可熔片は挿入す可からず。又直流三線式の中性線には可熔片を用ふるを得ず、之れ不平衡負荷の大なる場合の中性線の切斷は負荷端に於ける一方の電壓を異狀に上昇せしむるが爲なり。

## 2. 屋内線工事

屋内工事を分ちて大體次の四種とす。

- (i) 露出工事
- (ii) 隠蔽工事
- (iii) 木製線樋工事
- (iv) 金屬管工事

露出工事とは文字の如く凡ての電線露出し檢閲に自由なる工事なり。隠蔽工事とは天井裏等容易く目に觸れざる所に施す電氣工事にして、木製線樋工事とは栗、樺、檜、檜、鹽瀬、柏等の如き堅材を以て作りたる木樋の内外に耐火塗料を施したるものに電線を入れる工事なり。金屬管工事とは金屬管中に電線を入れ配線するものをいふ。

- (i) 露出工事 (電氣工作物規程本則第九十八條, 同第百條, 細則第五十五條)

本工事は展開せる場所、點檢し得る掩蔽場所に施さる。電線には第二種絶緣電線以上のものを用ひ、人の觸るゝ虞れある場合は第三種絶緣電線を使用するを要す。

本工事に於ては電線相互間 3 種以上を離隔し、電線と造營物との間は 6 耗以上たるを要す。

- (ii) 隠蔽工事 (電氣工作物規程本則第九十八條, 第百一條, 細則第五十三條, 第五十六條)

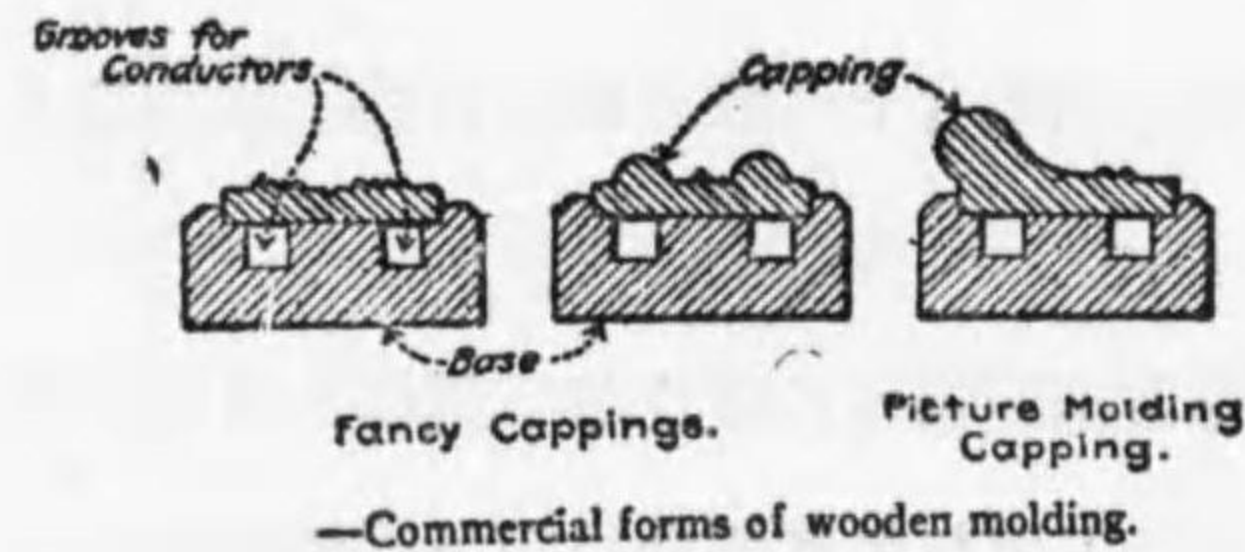
本工事は點檢し得る掩蔽場所に施す場合は第二種絶緣電線を使用するを得れども、點檢し得ざる掩蔽場所に施す時は第三種絶緣電線を用ふるを要し、且つ乾燥せる場所に限り許さるゝ工事なり。

電線は工世上已むを得ざる場合の外、造營物の側面又は下面に取付け、

造營材に沿ふて取附くときは電線支持點間の距離を1米以下となす可し。第三種絶縁電線を用ふる時は其外に電線相互間の距離6糎以上、電線と造營物との距離3糎以上を離隔する事を要す。第二種絶縁線を使用せる場合は以上の外、造營材の側面又は下面に取付く時は電線相互間の距離12糎以上、電線と造營材との距離3糎以上を離す。造營材の上部に取付く時は造營材との距離を大にし15糎以上とす。

(iii) 木製線樋工事 (本則第九十八條, 第一百二條, 細第五十七條)

本工事は乾燥せる戸棚又は押入内及び乾燥せる展開せる場所に施さる。工事に使用する木樋は線を壓せざる様充分の大きさを有し電線相互間12糎



第 274 圖 木樋

以上、電線と線樋を取附くる造營材とは6糎以上電線と線樋を取附くる金屬捻子とは6糎以上の間隔を置くを要す。普通第274圖の如き木樋を用ふ。電線には第四種絶縁線を用ひ木樋の中にては出來得る丈安全ならしむる爲に接續點ある電線を用ふべからず。

(iv) 金屬管工事 (本則第九十八條, 第一百三條, 細第五十八條)

此工事は如何なる場所にも施すを得れども、經濟上多く他の工事の不能なる所に用ひらる。即工事後工作物を破壊せざれば點檢し得ざる場所の如き所に用ひらる。之工事に用ひらるゝ金屬管には使用箇所によりて引拔鋼管、鍛接又は銲接管其他特別に製作せられたる〔コンヂットチューブ〕なる鋼管などあり。管は腐蝕せられざる様内外に塗料を施し又内面の屈曲箇所

及び其端は平滑にし、敷線に際し電線の被覆を損ぜざる様にするを要す。天井裏等破損の虞れなき所には鉛管を用ふるを得可し。此工事に用ふる電線は凡て接續點なき第四種絶縁線を用ひ、2糎以下の時を除き7本以上より成る撚線なるを要す。濕氣の多き所には特に丈夫なる捻子目を有する瓦斯管を用ふ。金屬管は極短き場合の外凡て電氣的に接續し之を接地す。コンヂットチューブの値段寸法は次の如し。

第 45 表

外 徑	厚 サ B.W.G.	捻子ナシ電線管		捻子切電線管		
		普通鋼製	酸素銲接セシモノ薄鋼製	厚 サ B.W.G.	捻子山 ビッチ	定 價 1尺=付 ¥ 鍛接又ハ引板 鋼管
1/2"	24	0.062	0.064	20	17	0.077
5/8"	24	0.068	0.070	20	17	0.088
3/4"	24	0.075	0.077	18	17	0.106
7/8"	22	0.083	0.090	18	16	0.118
1"	22	0.112	0.115	18	16	0.135
1 1/4"	20	0.148	0.155	18	15	0.180
1 1/2"	20	0.186	0.244	18	15	0.234
2"	18	0.312	0.354	16	15	0.390
2 1/2"	18	0.480	0.520	16	15	0.690
3"	18	0.615	0.642	16	15	0.855

(本品は内外共凡て絶縁用エナメル塗焼, 定價は大正 13 年夏)

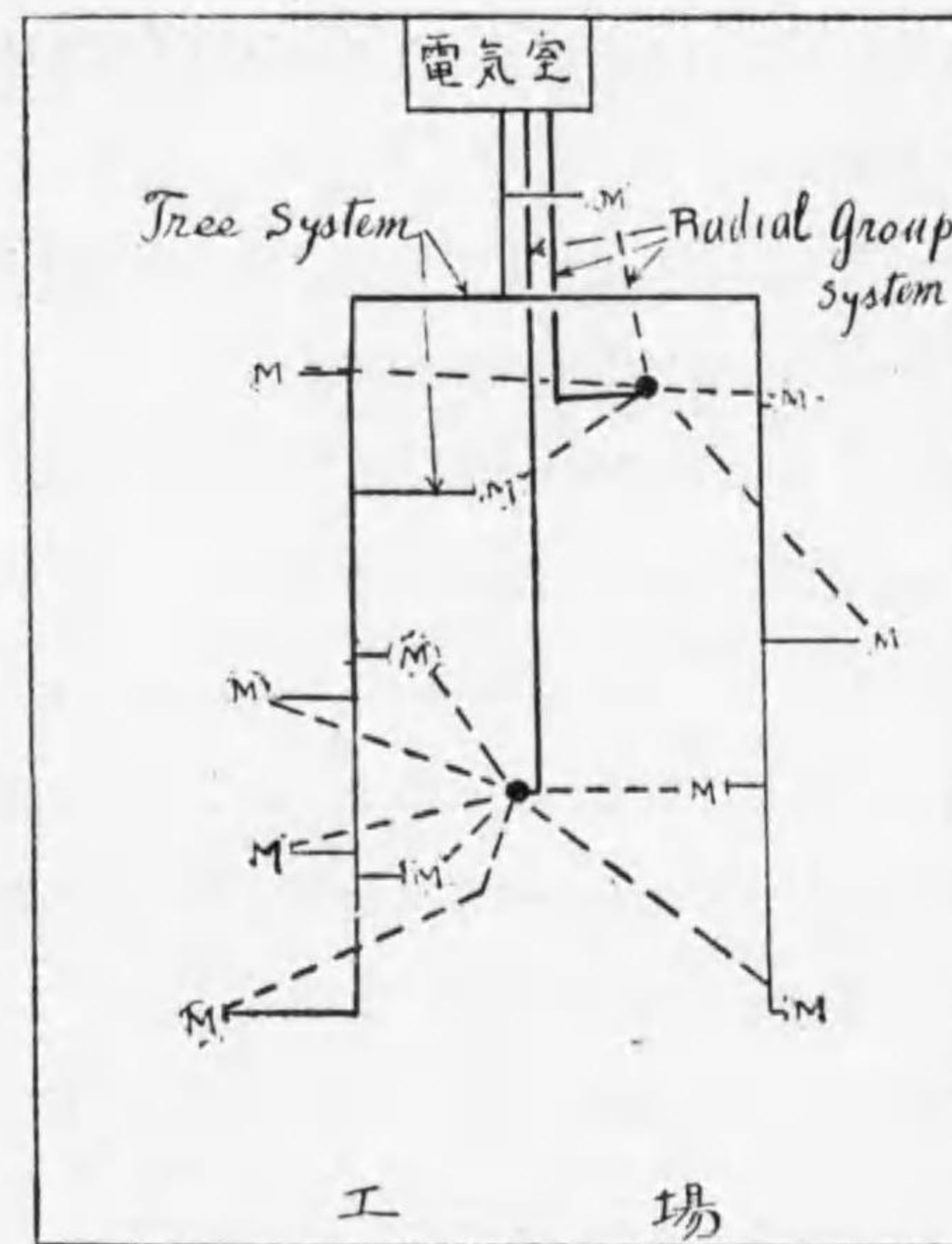


第 46 表

B&S Gauge	Amps	Conduit size of wires			
		size of conduits			
		No of wires			
		1	2	3	4
14	15	1/2	1/2	1/2	3/4
12	20	1/2	3/4	3/4	3/4
10	25	1/2	3/4	3/4	1
8	35	1/2	1	1	1
6	50	1/2	1	1	1 1/4
5	55	3/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4
4	70	3/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2
3	80	3/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2
2	90	3/4	1 1/4	1 1/2	1 1/2
1	100	3/4	1 1/2	1 1/2	2
0	125	1	1 1/2	2	2
00	150	1	2	2	2 1/2
000	175	1	2	2	2 1/2
0000	225	1 1/4	2	2 1/2	2 1/2
225 000	230	1 1/4	2	2 1/2	2 1/2
250 000	240	1 1/4	2 1/2	2 1/2	3
300 000	275	1 1/4	2 1/2	2 1/2	3
400 000	325	1 1/4	3	3	3 1/2
500 000	400	1 1/2	3	3	3 1/2

3. 配 線 方 式

電動機に対する配線に四法あり。



第 273 圖 配電方式説明圖

- (a) 放射式 (Radial system)
- (b) 環状式 (Ring system)
- (c) 群放射式 (Radial group system)
- (d) 樹状式 (Tree system)

放射式とは主配電盤より一電動機に一回線宛の配電をなす方法にして、環状式とは環状をなせる幹線を敷き之れより各電動機に送電する方法。群放射式とは一群の負荷の中心迄饋電線を敷き之れに各電動機を接続する方法

なり。樹状式とは一の幹線より木の枝の如く負荷するものを云ふ。

放射式配線は最も信頼度大に又融通性に富む方法なれども経費を要する事大なり。

環状式は信頼度前者に劣れども相當大なる信頼度と融通性を有し経費の點に於て前者より優る。

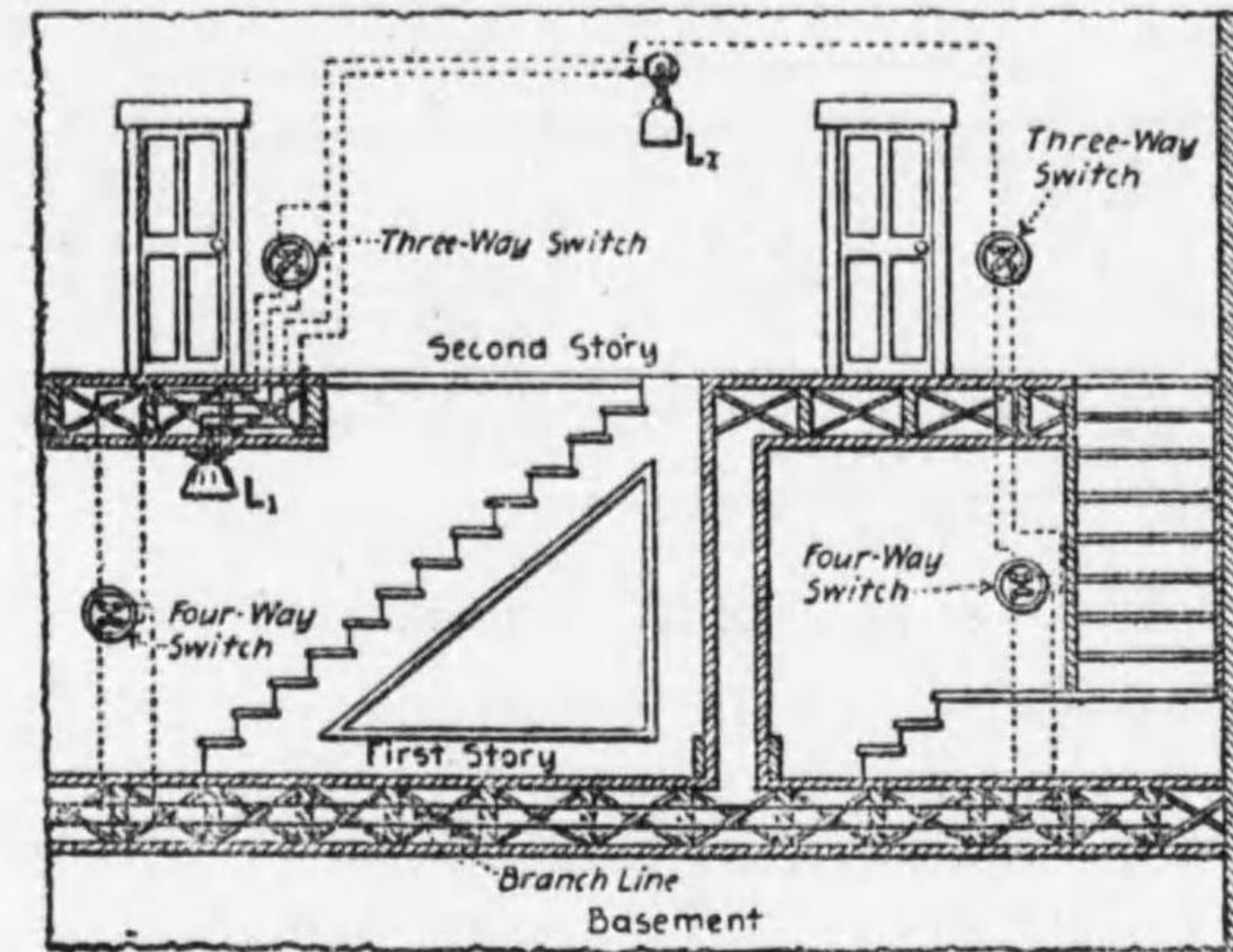
他の二方式は信頼度前二者に劣れども経費の點に於て優る。然し此経費も電壓によりて變化するものにして次の如し。

	Radial system	Ring system	Radial group system
220 v ...	100	84.5	80.1
440 v ...	82.7	72.8	74.3

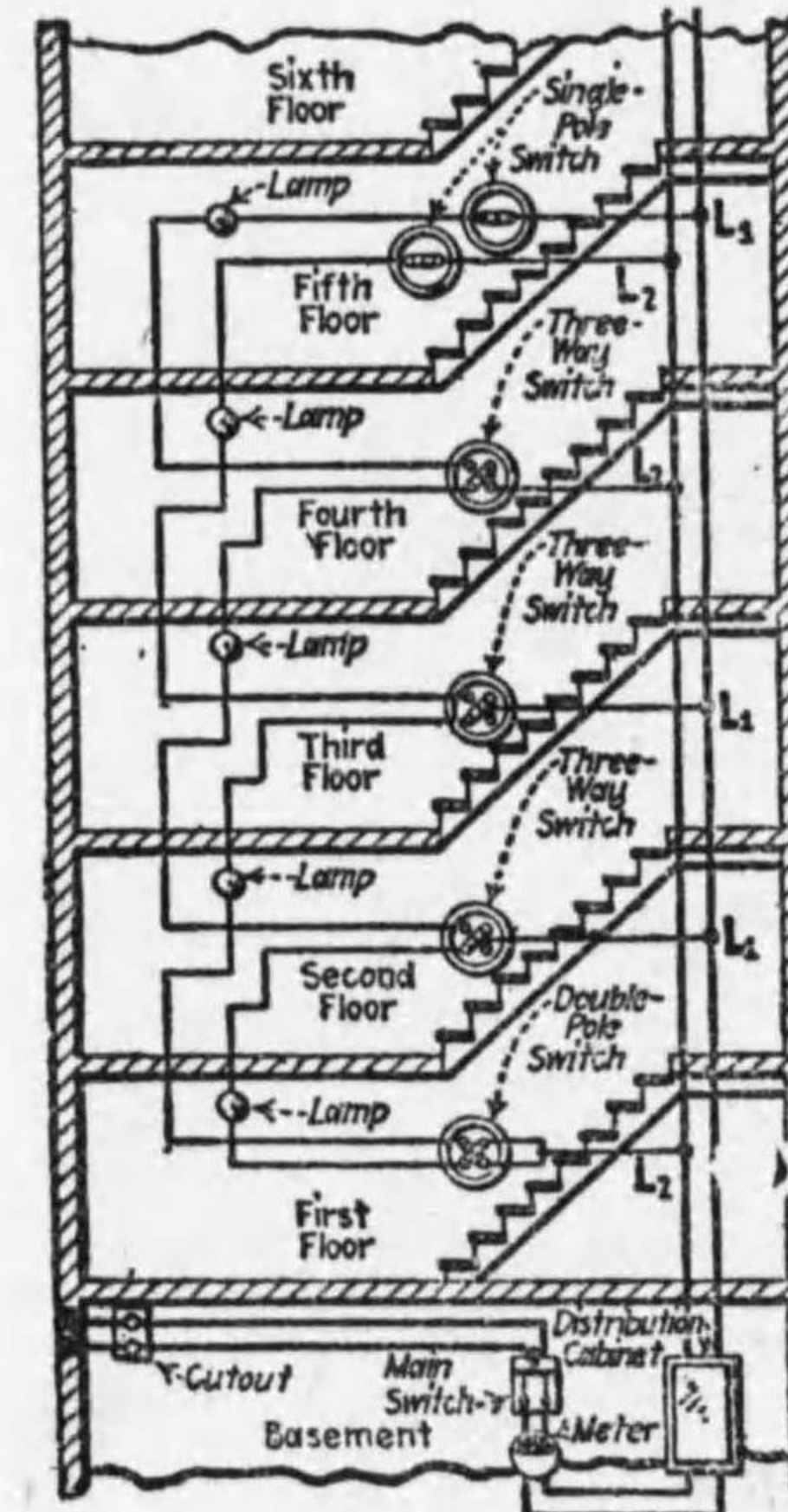
樹状式は最も安く出來得る方式なれど幹線より遠くなるに従て端子電壓の降下大となり、此降下を小にせんとせば太き配線を用ひざるを得ず。且つ一の電動機の負荷状態の他の負荷に影響する事大なり。

電燈の配電に於ても以上と同様に配線する事を得れども、樹状式に於ては可熔片開閉器等の散在するが爲火災の危険多し。故に一個所に集むるを要す。

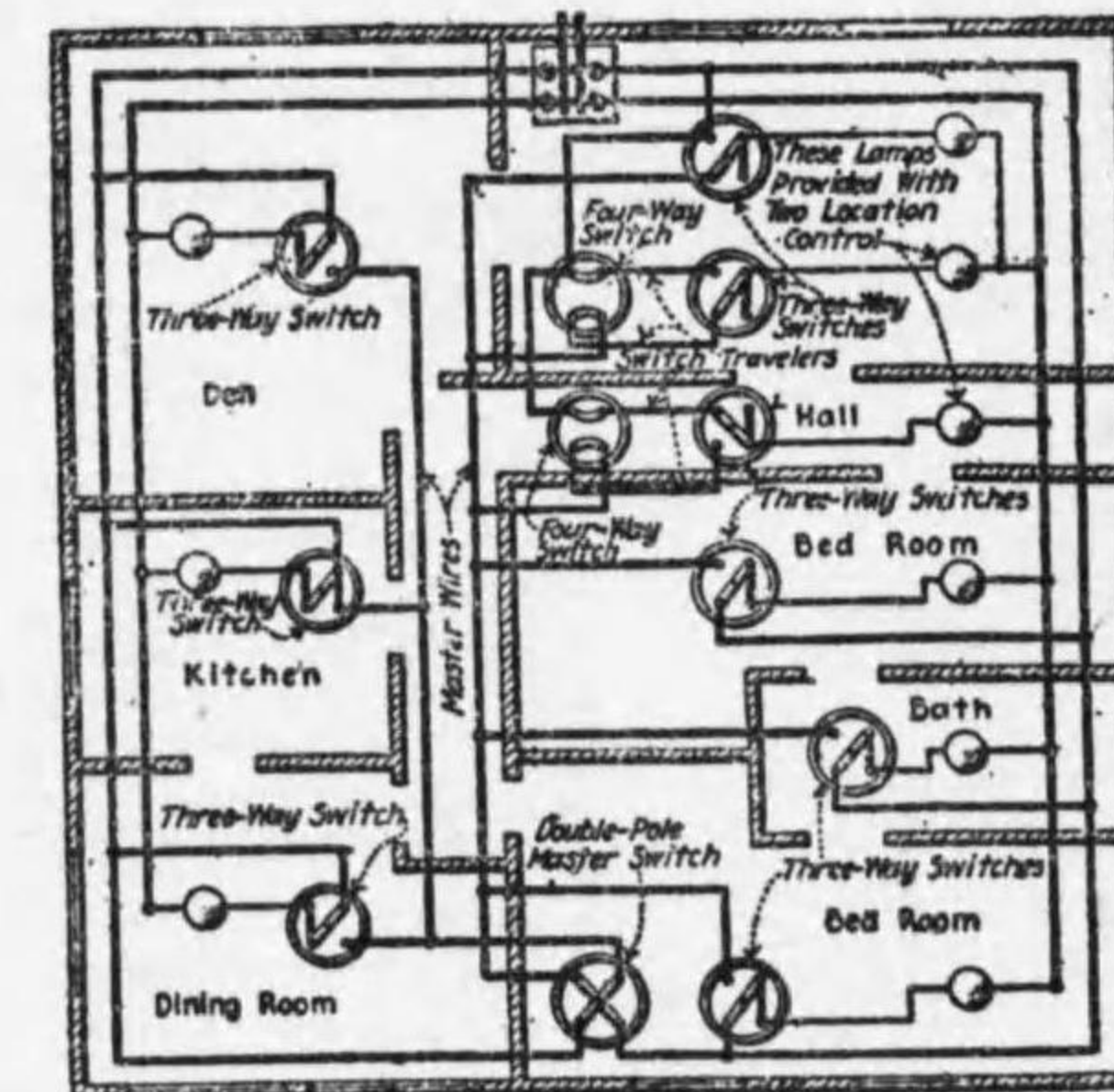
電燈其他の充分に利用し得るや否やは全く電氣器具の利用如何と配線の巧拙による。詳細に渡り茲に述ぶる事を得ざれば二三の圖を以て之を示す。



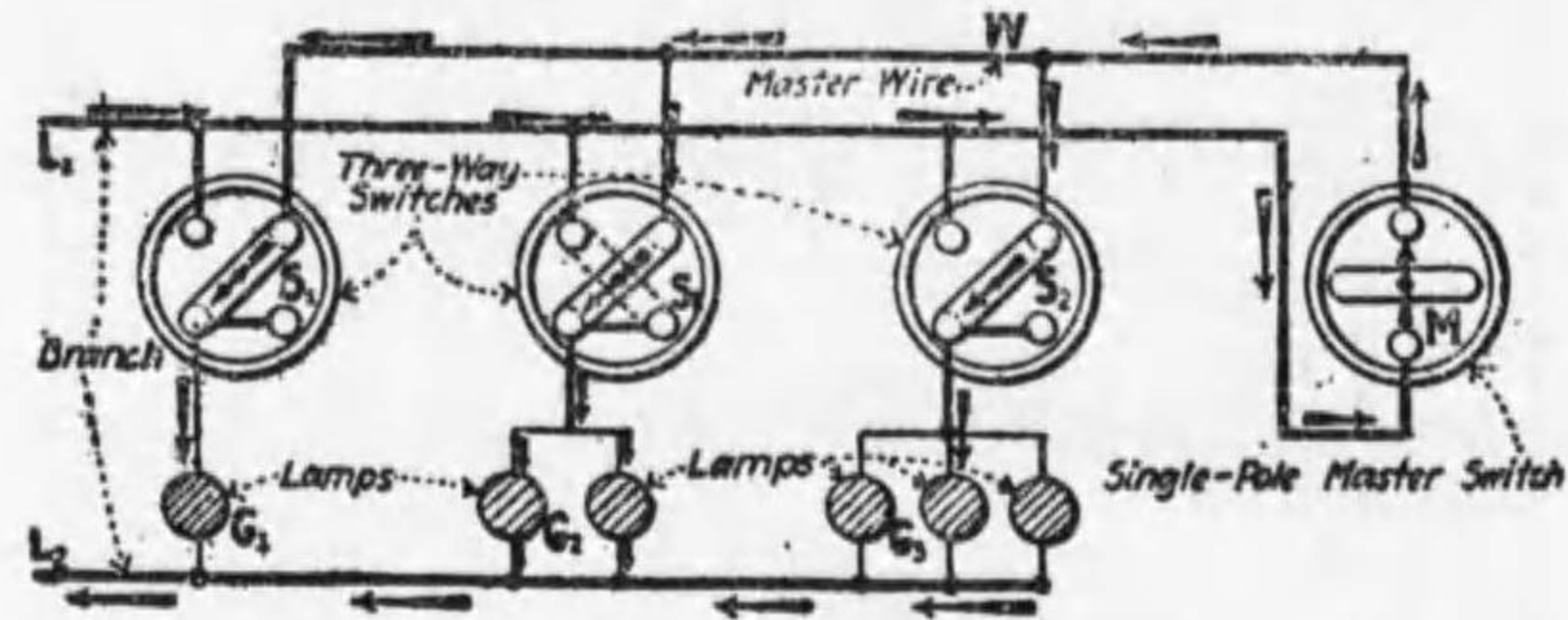
第 276 圖 四ヶ所にて一の電燈を點滅し得る配線



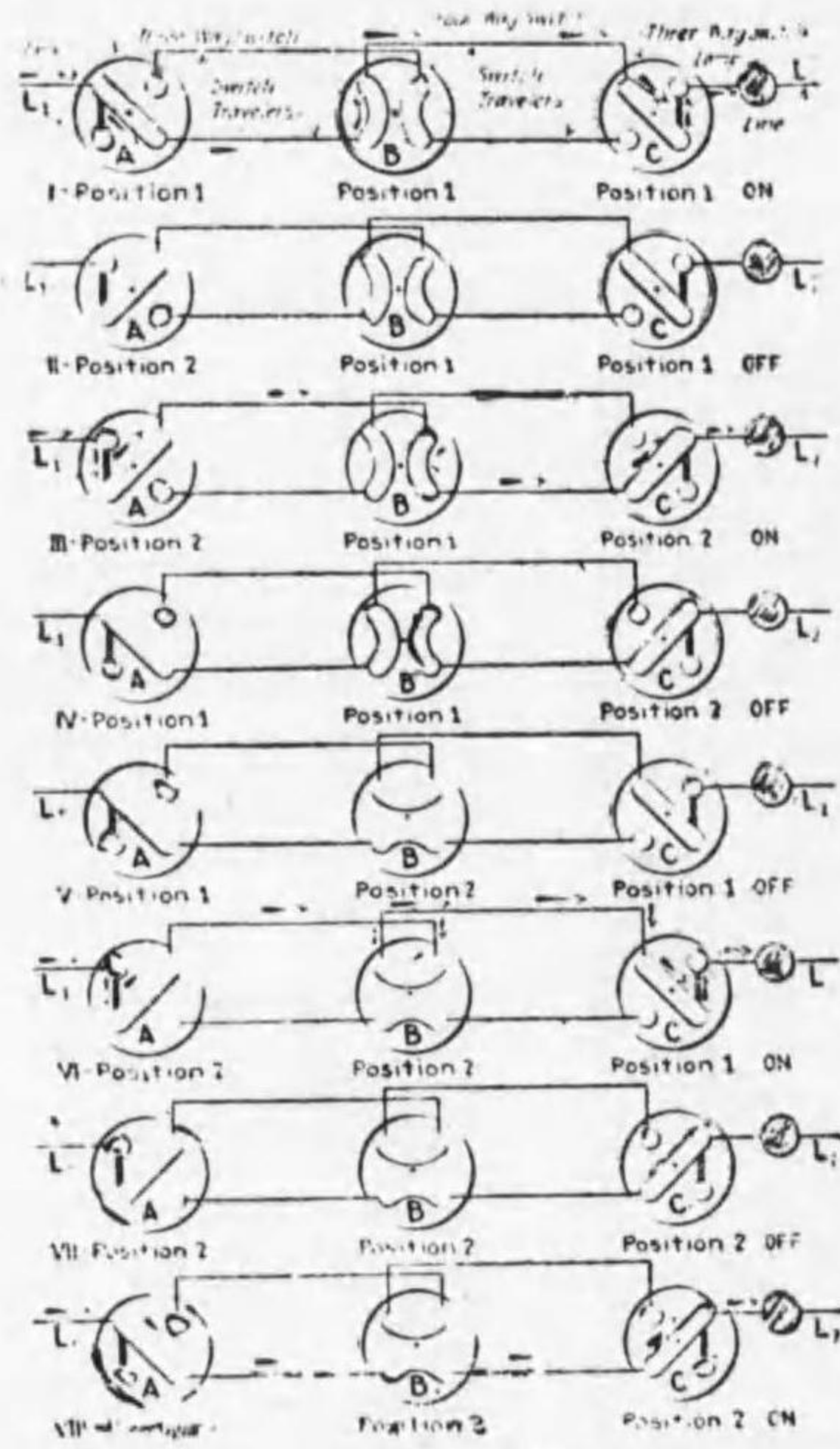
第 277 圖  
階段にある電燈を上下するに從つて點滅せしむる配線



第 278 圖  
常時に全部の電燈を一のスヰツチにて點滅せしむる配線



第 279 圖 簡單なる制禦回路を有する配線



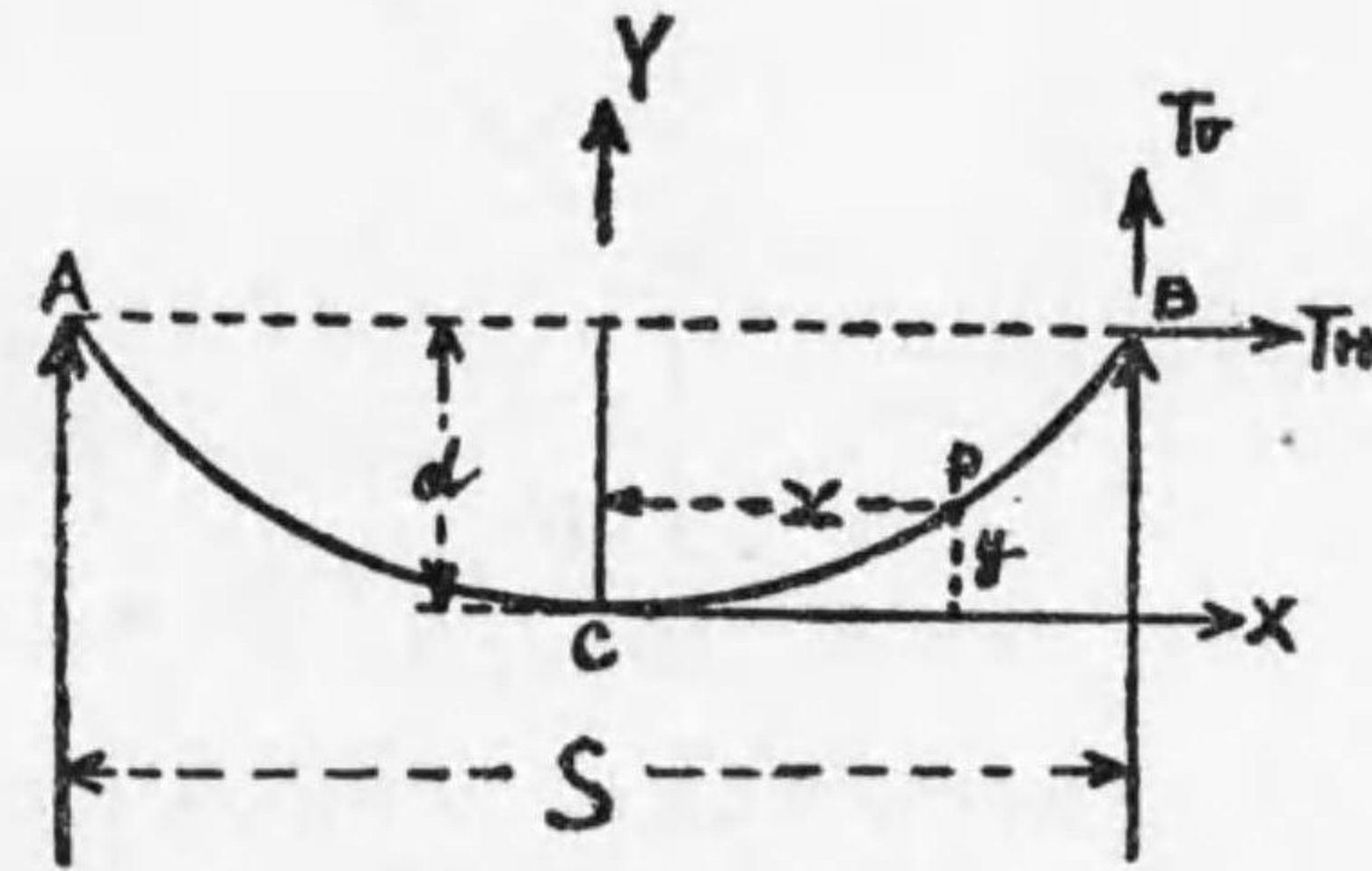
三分所を自由互滅を得る配線

第 280 圖

## 第九章 送配電線の張力 弛度及び實長に就て

### 1. 拋物線としての計算

送電線は垂曲線 (catenary) に近き曲線をなせども精密を要せざる場合には拋物線 (parabolic curve) として計算して差支なし。以下拋物線として取扱ふ。圖に於て  $AB$  を二本の電柱に依りて支へらるゝ二點とし  $C$  を最低の點とす。  $C$  點を原點とし  $CX, CY$  を二軸と考ふれば次の方程式を得。



第 281 圖 拋物線

$$y = \frac{4d}{S^2} x^2 \dots\dots\dots (32)$$

式中  $d$  = 曲線中央に於ける弛度 (dip or sag)  
 $S$  = 柱間距離 (Span)  
 $C$  = 原點

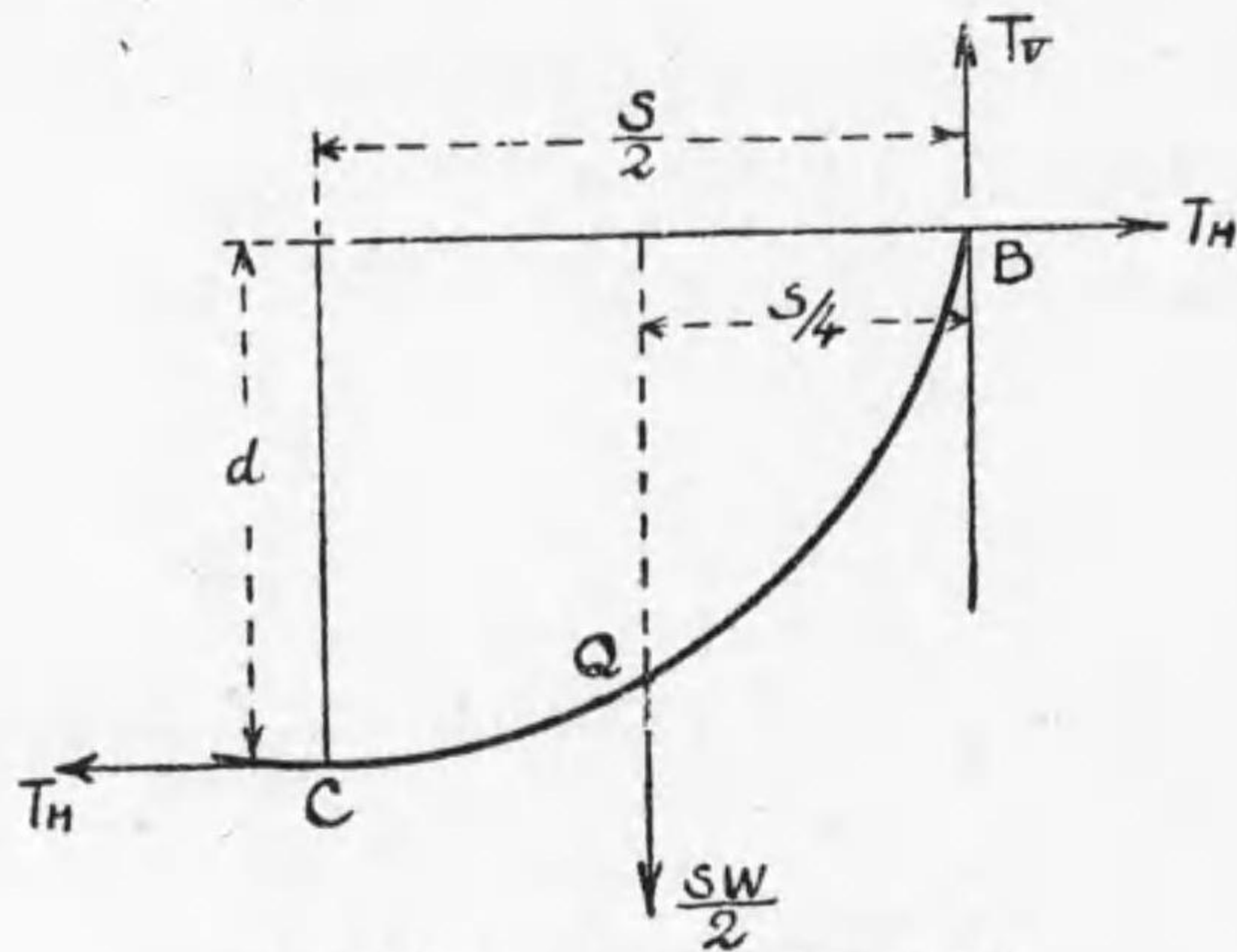
$x$  &  $y$  = 曲線中任意の  $p$  點に於ける座標

最下點  $C$  に於ける張力 (tension) は水平分力のみにして之を  $T_H$  とす。水平分力は線中何處に於ても相等し。

支點  $A$  及び  $B$  に掛る重量は氷雪等のなき場合には夫々

$$T_v = \frac{SW}{2} \quad W = \text{電線の單位長さ毎の重さ}$$

となる。今  $B$  點を考へ  $B$  點の廻りの外力の力率の利を求む。



第 282 圖 張力計算用圖

$Q$  點を  $B$  より  $S/4$  の距離にある點とし  $Q$  點に  $BC$  迄の電線の重量が掛かれるものとし電線の長さは水平距離に等しとす。

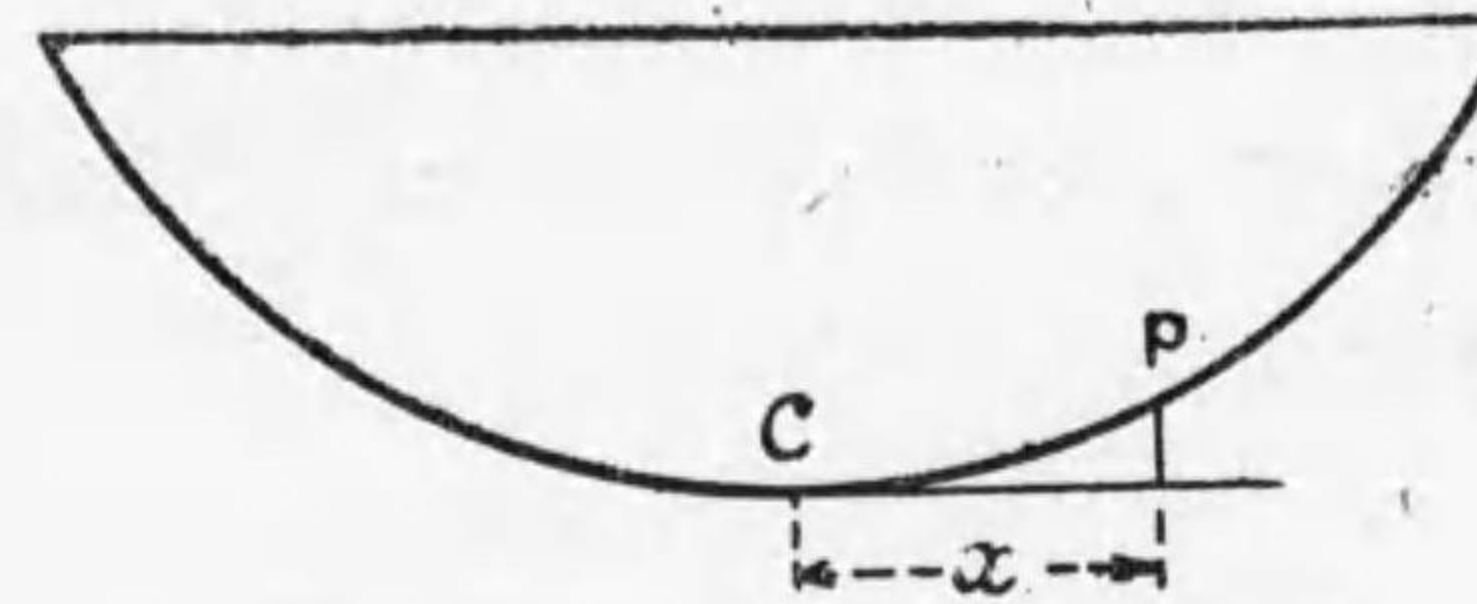
$$T_H \times d - \frac{WS}{2} \times \frac{S}{4} = 0$$

$$T_H = \frac{WS^2}{8d} \dots \dots \dots (33)$$

$$d = \frac{WS^2}{8T_H} \dots \dots \dots (34)$$

曲線中任意の點の張力を  $T$  とせば

$$T = \sqrt{T_H^2 + T_v^2} \quad T_v \dots \dots \text{任意の點の張力の垂直分力}$$



第 283 圖 張力計算用圖

然るに  $T_v$  は  $Wx$  に略等し

$$\begin{aligned} \therefore T &= \sqrt{\left(\frac{WS^2}{8d}\right)^2 + W^2x^2} \\ &= \frac{W}{8d} \sqrt{S^4 + 64d^2x^2} \end{aligned}$$

$T$  の最大なる點は  $x$  の最大なる所即  $A$  及び  $B$  點にして

$x = S/2$  の所なり。即ち

$$T_{\max} = \frac{WS^2}{8d} \sqrt{1 + \frac{16d^2}{S^2}}$$

$$\frac{T_{\max}}{T_H} = \frac{(35)}{(33)} = \sqrt{1 + \frac{16d^2}{S^2}} \dots \dots \dots (35)$$

$$\cong 1 + \frac{8d^2}{S^2}$$

然るに  $d$  は  $S$  に対して普通非常に小なるものにして

$\sqrt{1 + 16 \times \frac{d^2}{S^2}}$  は 1 に非常に近き數にて、普通 1~2% の差あるのみなり。例へば  $\frac{d}{S} = \frac{2}{100}$  とせば

$$\sqrt{1+16\frac{d^2}{S^2}} = \sqrt{1+16 \times \frac{4}{10000}} = \sqrt{1+\frac{64}{10000}}$$

$$\log 1.006 = 0.0026$$

$$= \sqrt{1+0.0064} \cong 1.0032 \quad \frac{1}{2} \log 1.006 = 0.0013$$

となる故に概略の計算には水平張力と同一の張力が凡ての點に掛かれるものとして大差なし。

## 2. 送電線の實長

拋物線を形作るものとせば

$$l = S \left( 1 + \frac{8}{3} \frac{d^2}{S^2} - \frac{32}{5} \frac{d^4}{S^4} + \dots \right)$$

$$\cong S + \frac{8}{3} \frac{d^2}{S} \dots \dots \dots (36)$$

送電線は温度によりて伸縮し Span を一定のものとせば dip を増減し張力に変化を生ぜしめ張力による電線の伸びに影響を與ふるものなり。

温度による変化は其地方の最低温度を標準とし  $t^\circ C$  の温度上昇ありたる時は

$$l_t = l_0(1 + \alpha t)$$

$l_0$  = 最低温度に於ける長さ

$l_t$  =  $t^\circ C$  の温度上昇のありたる時の長さ

張力による長さの変化に付て考ふるに、全く張力を掛けざる時の長さを  $l_0'$  とすれば

$$l_0 = l_0' + \frac{T_0 l_0'}{qE} \dots \dots \dots \text{tension } T_0 \text{ の時の長さ}$$

$$l_T = l_0' + \frac{T_T l_0'}{qE} \dots \dots \dots \text{tension } T_T \text{ の時の長さ}$$

$q$  = 電線の断面積

$E$  = 弾性率 =  $\frac{\text{unit stress (lbs per sq inch)}}{\text{unit stretch (elongation per inch length)}}$

$T_0$  = 張力 (電線の到る所等しきものとす)

故に伸びは  $l_T - l_0 = \frac{(T_T - T_0) l_0'}{qE}$  となる。

此の項は  $E$  の値が硬銅線に於ては  $16 \times 10^6$  lbs steel wire に於ては  $27 \times 10^6$  lbs の程度の大なるものにして  $l_0'$  の非常に大ならざる場合には省略する事を得。

最低温度に於て

$$l_0 = S \left( 1 + \frac{8}{3} \frac{d_0^2}{S^2} \right)$$

$$l_t = l_0(1 + \alpha t) = S \left( 1 + \frac{8}{3} \frac{d_0^2}{S^2} \right) (1 + \alpha t)$$

此時 dip を  $d_t$  とせば

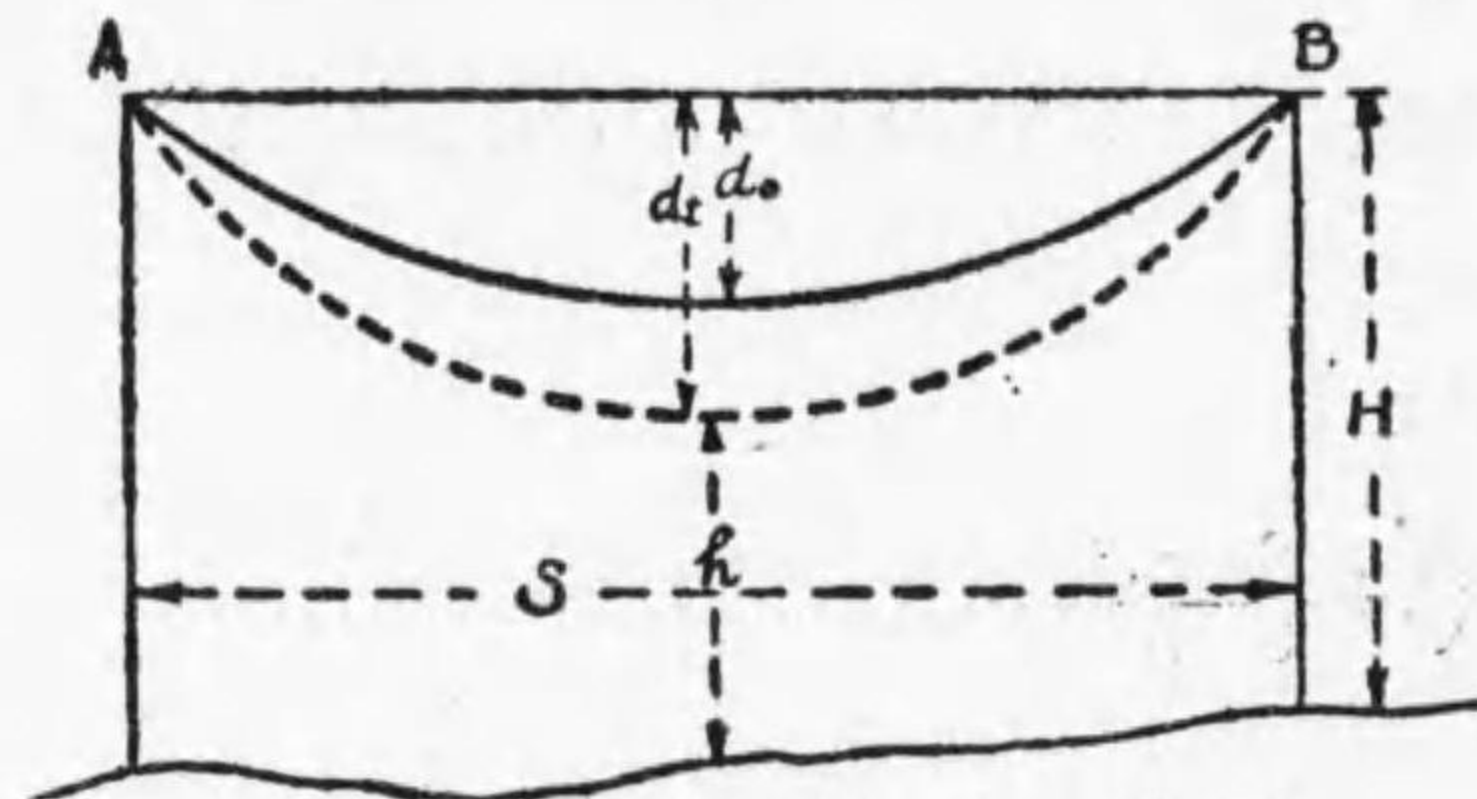
$$l_t = S \left( 1 + \frac{8}{3} \frac{d_t^2}{S^2} \right)$$

$$\therefore 1 + \frac{8}{3} \frac{d_t^2}{S^2} = \left( 1 + \frac{8}{3} \frac{d_0^2}{S^2} \right) (1 + \alpha t)$$

$$= 1 + \frac{8}{3} \frac{d_0^2}{S^2} + \alpha t + \frac{8}{3} \frac{d_0^2}{S^2} \alpha t$$

$$\begin{aligned} \therefore d_t^2 &= \left\{ \frac{8}{3} \frac{d_0^2}{S^2} (1 + \alpha t) + \alpha t \right\} \frac{3S^2}{8} \\ &= d_0^2 (1 + \alpha t) + \frac{3\alpha t S^2}{8} \\ d_t &= \sqrt{d_0^2 (1 + \alpha t) + \frac{3\alpha t S^2}{8}} \dots\dots\dots (37) \end{aligned}$$

其地方の最低温度に於ては電線の長さは最小にして、弛度も又小なり。従つて張力の最大なる時なり。最高温度の時電線の地表上の高さ  $h$  を定め最低温度の時の安全なる張力より  $d_0$  を出し温度上昇より  $d_t$  が知れる。従て柱の高さ  $H$  を定むる事を得。



第 284 圖 柱の高さの定め方

實際の場合に於ては風壓氷雪の重量もある故に電線の重量  $W$  の中には単位長に積る氷雪の重量及び氷雪の附着せる線の単位長に與へる風壓の合成力を取るを要す。通常雪の多き時は風少く風の吹かぬ時に積雪多きものなれど寒國に於ては雪が積り之れが雪とけの水の爲に電線に凍り附着せる間に風の吹き來る悪き状態を考へて双方合成の場合を考ふる方安全なり。一體送電事業は或る一面に於ては建築土木と同様なる意味を有するものにして單に經濟上のみより考慮する事は會社全體の上より見て不當なり。經

濟上より考ふれば何年に一度あるやも知れざる暴風に堪へ得る程度に丈夫にするよりもむしろ暴風に倒れても其時建て替へる方よき場合多し。然れども文明の進むに従ひ停電の及ぼす有形無形の損失は益々甚大となる。先年東京地方の震災の際にも電燈のみにては停電を免れたらんには人心の動搖、災害の波及は其の一半に止りしならんと想像せらる。保安上の意味よりしても耐風に對しては少くとも現在迄の記録にあるものに耐へる事必要なり。逓信省電氣工作物規程第四十七條の一に依れば

電線の弛度は其地方の最低温度に於て安全係数を 5 以上とし電線の重量を支持し得る様計算したるものなることと定められたり。

細則第十五條に電線の最小扯斷力を示す。

硬銅線	50 000 <sup>lb</sup> per sq inch
軟銅線	30 000 " "
アルミニウム線	23 000 " "
鐵線	50 000 " "

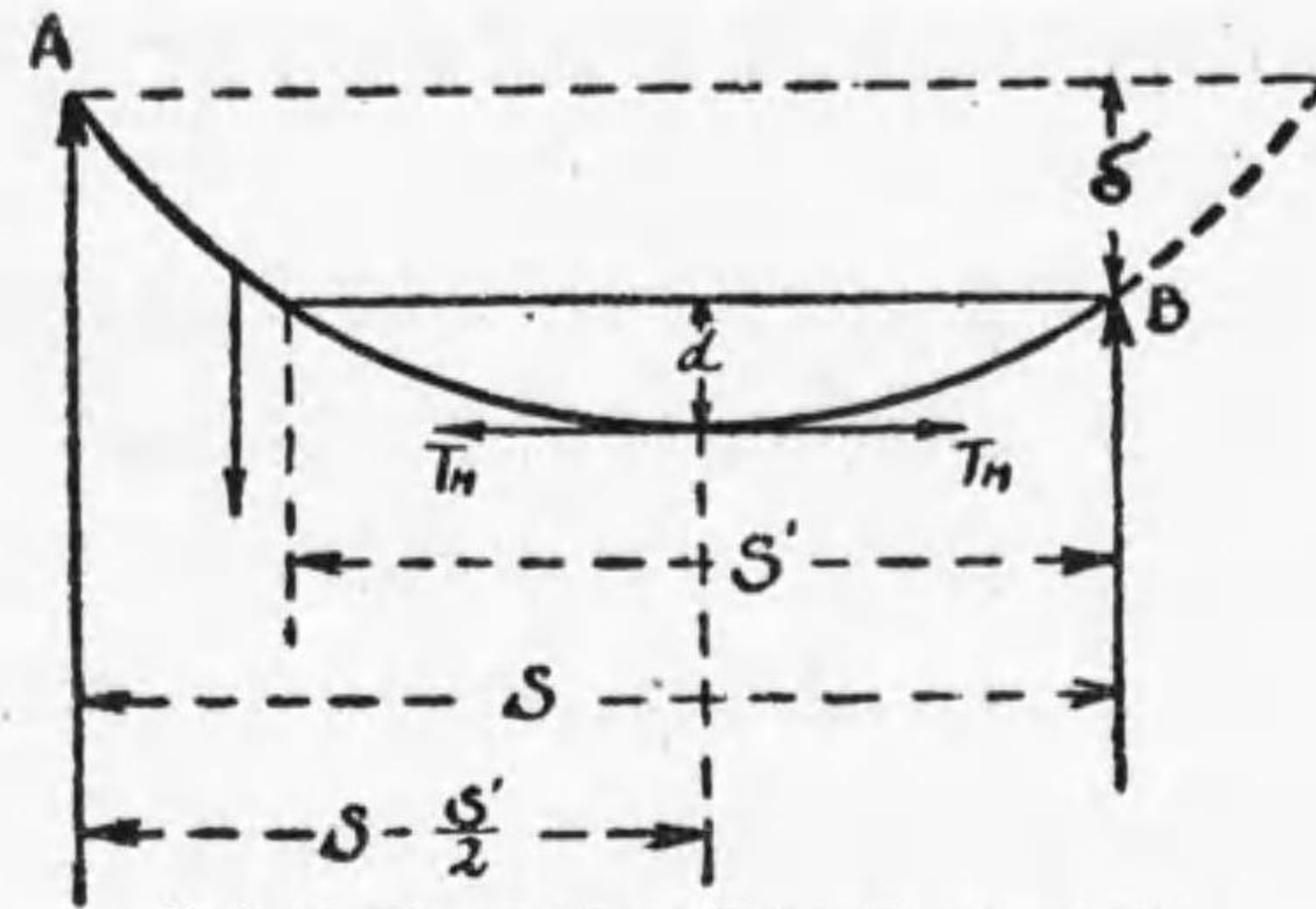
### 3. 兩支點の高さの異なる場合

第 285 圖に於て  $A$  及び  $B$  の廻りの力率の和をとる、

(A) の廻りの力率、

$$T_H(\delta + d) - \left( S - \frac{S'}{2} \right) W \frac{S - \frac{S'}{2}}{2} = 0$$

or  $T_H(\delta + d) = \frac{W}{2} \left( S - \frac{S'}{2} \right)^2 \dots\dots\dots (a)$



第 285 圖 兩支點の高さを異にせる場合

(B) の廻りの力率の和

$$T_H d - \frac{S'}{2} W \times \frac{S'}{4} = 0$$

$$T_H d = \frac{W}{8} S'^2 \dots\dots\dots (b)$$

(a) 及び (b) より  $T_H d$  を消去すれば

$$T_H \delta + \frac{W}{8} S'^2 - \frac{W}{2} \left( S - \frac{S'}{2} \right)^2 = 0$$

$$T_H \delta - \frac{W}{2} \left( S^2 - S S' + \frac{S'^2}{4} - \frac{S'^2}{4} \right) = 0$$

$$\frac{S S' W}{2} = \frac{W}{2} S^2 - T_H \delta$$

$$S' = \frac{2}{W S} \left( \frac{W S^2}{2} - T_H \delta \right)$$

$$= S - \frac{2 T_H \delta}{W S} \dots\dots\dots (38)$$

此の式により  $T_H$  を最小扯断力と安全係数より適當に定むれば  $S'$  を

求むるを得。次に同一高さの支點の  $S'$  なる Span のものとして取扱ふ。

以上拋物線として取扱ひたる式を集むれば

$$y = \frac{4d}{S^2} x^2 \dots\dots\dots (32)$$

$$T_H = \frac{W S^2}{8d} \dots\dots\dots (33)$$

$$d = \frac{W S^2}{8 T_H} \dots\dots\dots (34)$$

$$T_{\max} = \frac{W S^2}{8d} \sqrt{1 + \frac{16d^2}{S^2}} \dots\dots\dots (35)$$

$$l \cong S + \frac{8}{3} \frac{d^2}{S} \dots\dots\dots (36)$$

$$d_t = \sqrt{d_0^2 (1 + \alpha t) + \frac{3 \alpha t S^2}{8}} \dots\dots\dots (37)$$

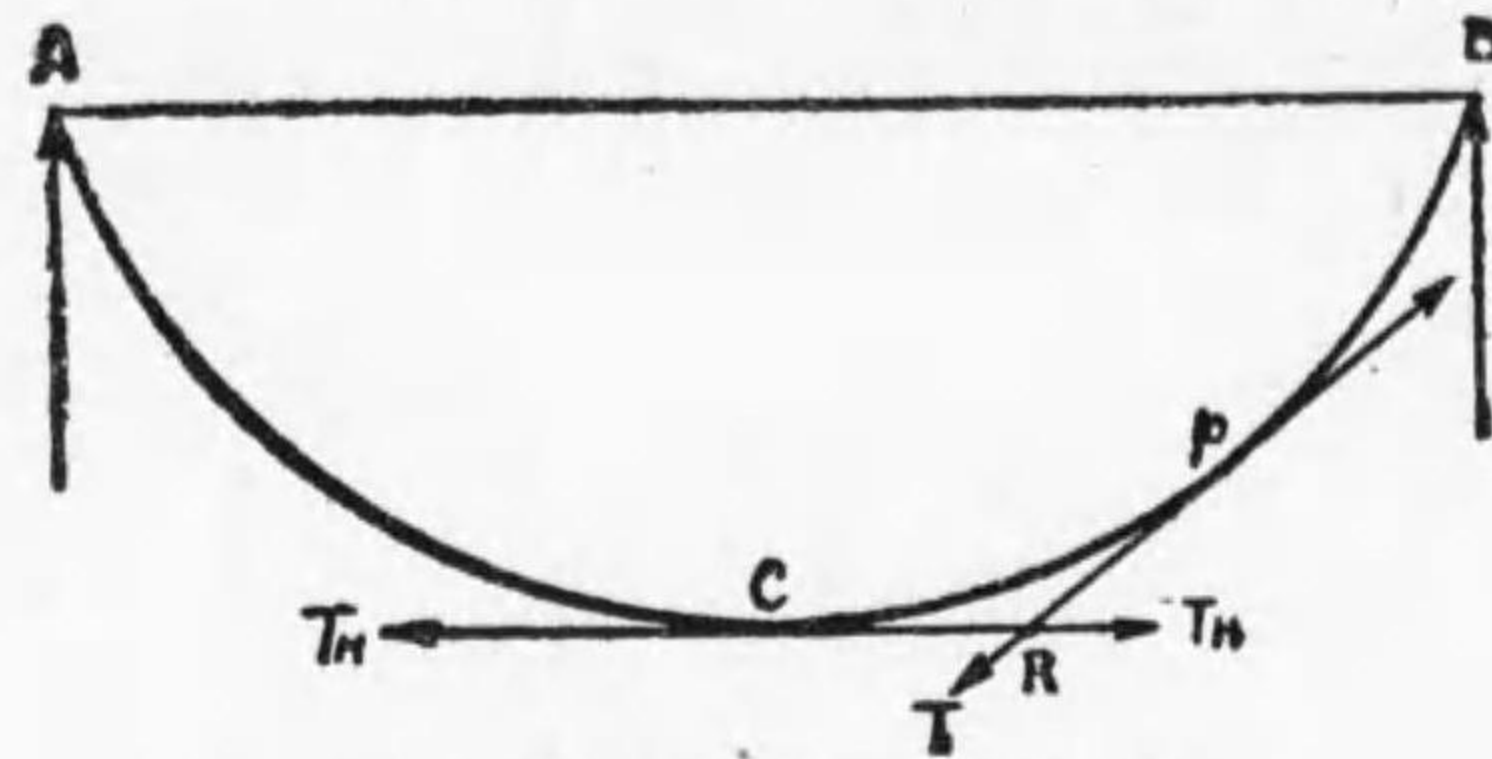
$$S' = S - \frac{2 T_H d}{W S} \dots\dots\dots (38)$$

之等の式を活用せば如何なる場合の張力も弛度も計算する事を得。例へば今雪の爲に一呎毎の重量の重くなれるとせば (36) の式より  $d$  を出し (33) (34) 及び (35) の式にて  $T_H$ ,  $d$  及び  $T_{\max}$  を計算する事を得。

### 4. 垂曲線としての計算

一樣なる密度を有する弾力なき線が二つの支點にて兩端が固定せられて居る場合此線のなす曲線を catenary と云ふ。

今  $A, B$  を二支點とし  $C$  を最下點とし  $P$  を任意の點とす。



第 286 圖 垂曲線

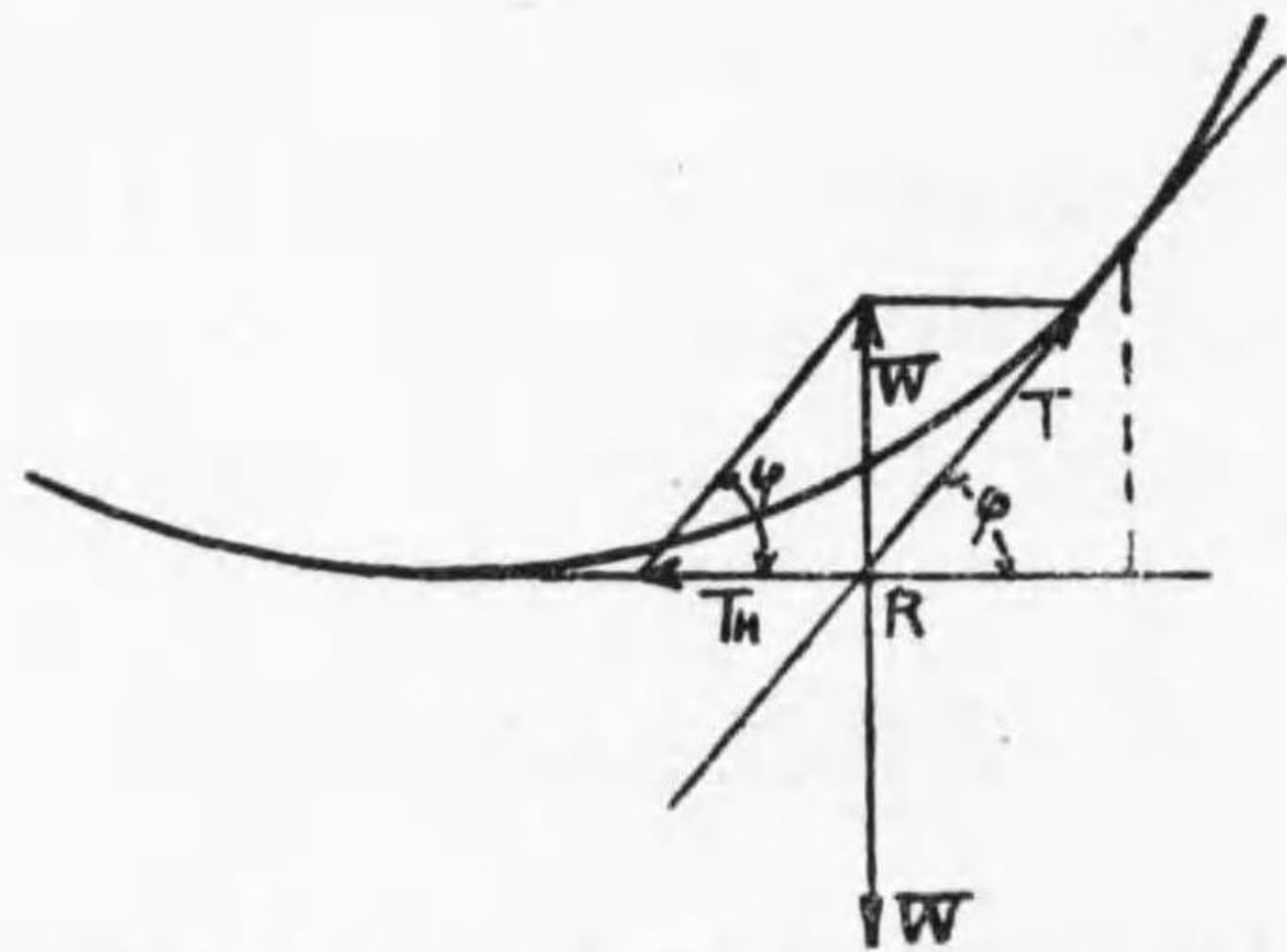
C P なる曲線を考ふるに、

P 點に於ては其の點の接線の方に T なる張力が働く。

C 點に於ては水平に T<sub>H</sub> なる力が働く。

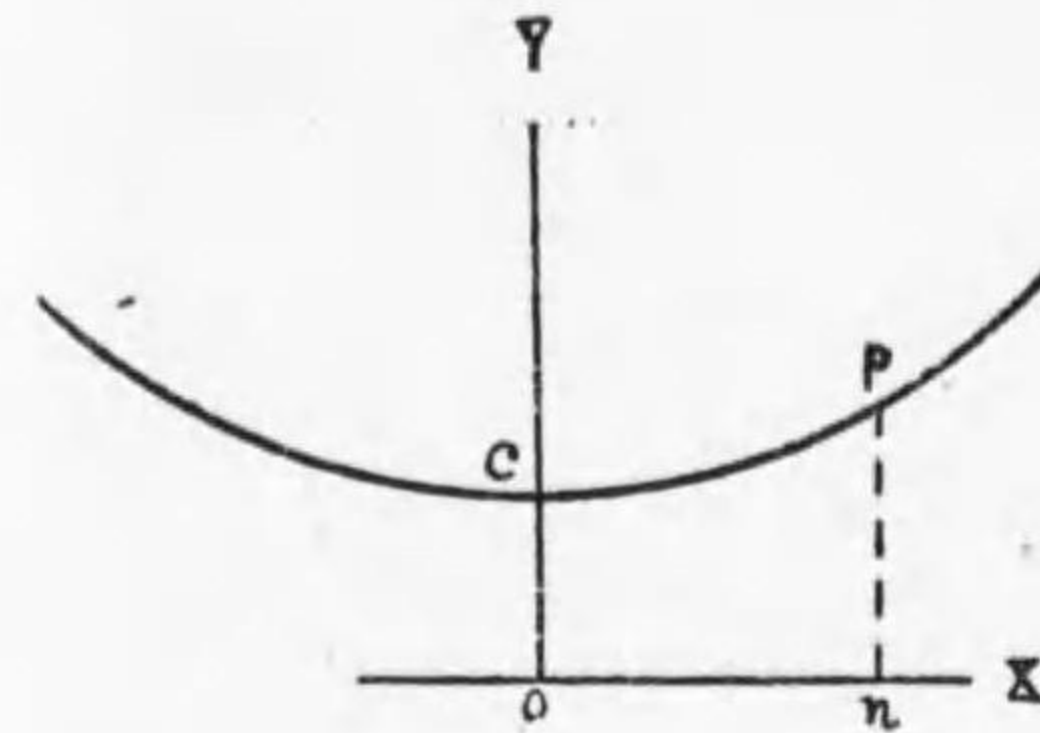
P と C との間に於ては其間の線の重量の合成力が或點より垂直に下つて居る。

以上の三力が平衡を保持して居る。従て此三力は R なる點にて一點に會す。



第 287 圖 垂曲線の一點に於ける力線圖

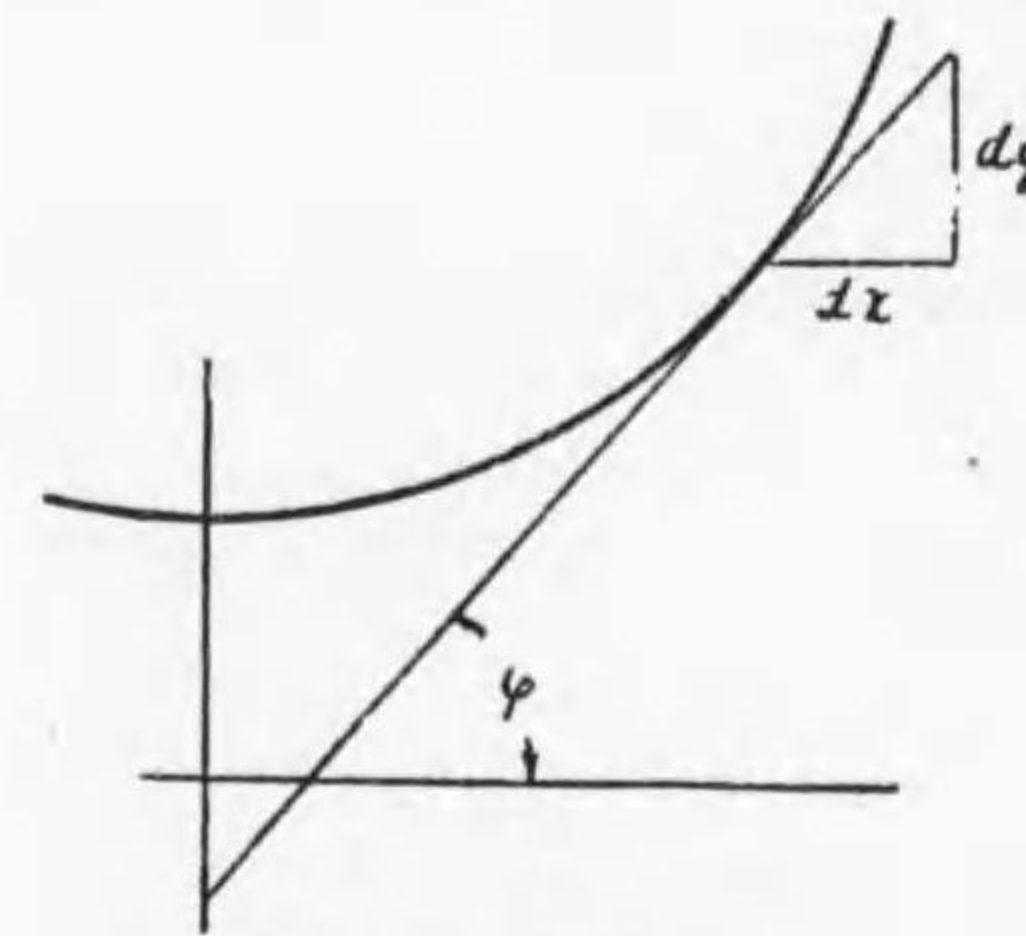
$$\tan \varphi = \frac{W}{T_H}$$



C. P の間の電線の長さを  $\lambda$ ,  $T_H$  lbs の目方を有する電線の長さを  $a$  とす。

$$\frac{W}{T_H} = \frac{\lambda}{a} \quad \therefore \lambda = a \tan \varphi \dots (39)$$

CO = a として兩軸 OX, OY を定むること第 288 圖の如くせば P 點の座標は  $x = on, y = np$  となる。



第 288 圖 垂曲線

$$\therefore \frac{dy}{dx} = \tan \varphi$$

$$\frac{dy}{d\lambda} = \sin \varphi$$

$$\frac{dx}{d\lambda} = \cos \varphi$$

$$\frac{dy}{d\varphi} = \frac{dy}{d\lambda} \frac{d\lambda}{d\varphi} = \sin \varphi \times a \frac{d \tan \varphi}{d\varphi}$$

然るに

$$\frac{d \tan \varphi}{d\varphi} = \frac{1}{\cos^2 \varphi}$$

$$\frac{dy}{d\varphi} = \frac{a \sin \varphi}{\cos^2 \varphi}$$

$$\frac{dx}{d\varphi} = \frac{dx}{d\lambda} \frac{d\lambda}{d\varphi} = \cos \varphi \cdot a \cdot \frac{1}{\cos^2 \varphi} = \frac{a}{\cos \varphi}$$

之等を積分して



$$\left. \begin{aligned} \therefore y &= a \cdot \sec \varphi + K_1 \dots\dots\dots \\ x &= a \log_e(\sec \varphi + \tan \varphi) + K_2 \dots\dots\dots \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (40)$$

$K_1$  及び  $K_2$  は積分常數である。

$y = a$  の時  $x = 0$   $\varphi = 0$

$\therefore K_1 = 0$  &  $K_2 = 0$

又  $\sec \varphi + \tan \varphi = e^{\frac{x}{a}}$

$$\sec \varphi - \tan \varphi = \frac{1}{\sec \varphi + \tan \varphi} = e^{-\frac{x}{a}}$$

$$\left[ \begin{aligned} \sec \varphi \cdot \tan \varphi &= \frac{1 - \sin \varphi}{\cos \varphi} \\ &= \frac{1 - \sin^2 \varphi}{\cos \varphi (1 + \sin \varphi)} = \frac{\cos^2 \varphi}{\cos \varphi + \cos \varphi \sin \varphi} \\ &= \frac{1}{\sec \varphi + \tan \varphi} \end{aligned} \right]$$

$$\therefore 2 \sec \varphi = e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}}$$

$$2 \tan \varphi = e^{\frac{x}{a}} - e^{-\frac{x}{a}}$$

$$\left. \begin{aligned} \therefore y &= \frac{a}{2} \left( e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right) \\ \lambda &= \frac{a}{2} \left( e^{\frac{x}{a}} - e^{-\frac{x}{a}} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (41)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{即ち } y &= a \cdot \cosh \frac{x}{a} \\ \lambda &= a \cdot \sinh \frac{x}{a} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (42)$$

(39) 式を作る場合  $\frac{W}{\lambda} = \frac{T_H}{a}$  (= 單位長の目方) とせり。今之を  $\omega$  を以て表はせば

$$a = \frac{T_H}{\omega}$$

即ち  $a$  は一般に水平張力を單位長の目方にて除せるものなり。

(a)  $y$  の値  $y = a \cdot \cosh \frac{x}{a} = a \left[ 1 + \frac{\left(\frac{x}{a}\right)^2}{2!} + \frac{\left(\frac{x}{a}\right)^4}{4!} + \dots \right]$

$$= x \left[ \frac{a}{x} + \frac{\frac{x}{a}}{2!} + \frac{\left(\frac{x}{a}\right)^3}{4!} + \dots \right]$$

$$y = x f_y \text{ と置くと } f_y = \frac{a}{x} \cosh \frac{x}{a}$$

(b)  $\lambda$  の値  $\lambda = a \sinh \frac{x}{a}$

$$= a \left[ \frac{x}{a} + \frac{\left(\frac{x}{a}\right)^3}{3!} + \frac{\left(\frac{x}{a}\right)^5}{5!} + \dots \right]$$

$$= x \left[ 1 + \frac{\left(\frac{x}{a}\right)^2}{3!} + \frac{\left(\frac{x}{a}\right)^4}{5!} + \dots \right]$$

$= x f_\lambda$  と置けば

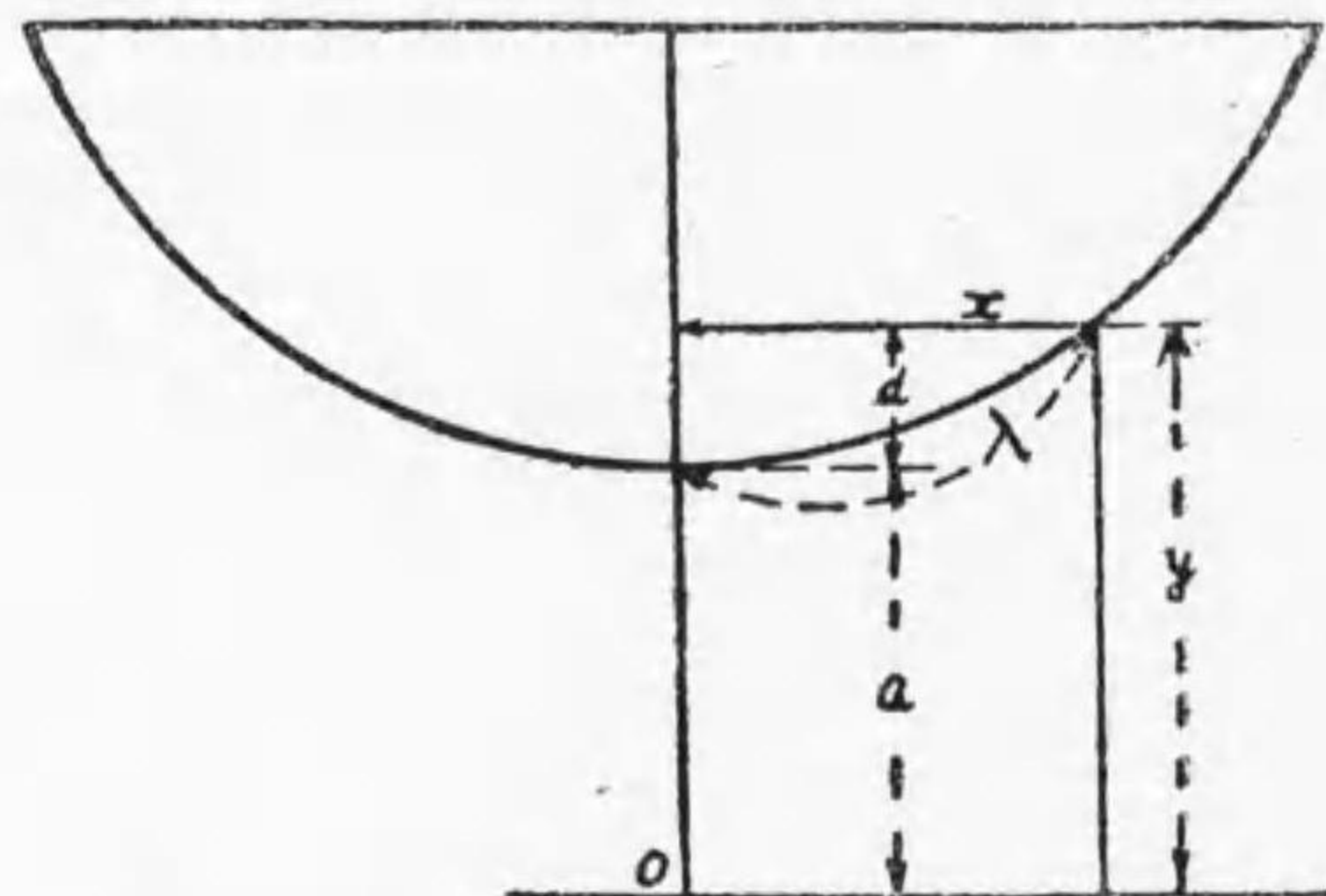
$$f_\lambda = \frac{a}{x} \sinh \frac{x}{a}$$

(c) 弛度 d の値  $d = y - a = x \times \frac{a}{x} \cosh \frac{x}{a} - a$

$$= x \times \frac{a}{x} \cosh \frac{x}{a} - x \times \frac{a}{x}$$

$$= x \times \frac{a}{x} \left( \cosh \frac{x}{a} - 1 \right)$$

$\equiv xfa$  と置けば



第 289 圖

$$fa = \frac{a}{x} \left[ \cosh \frac{x}{a} - 1 \right]$$

以上の  $f_y$ ,  $f_\lambda$  及び  $fa$  の値を第 47 表として次頁に示す。

(d) T の値

圖より見れば

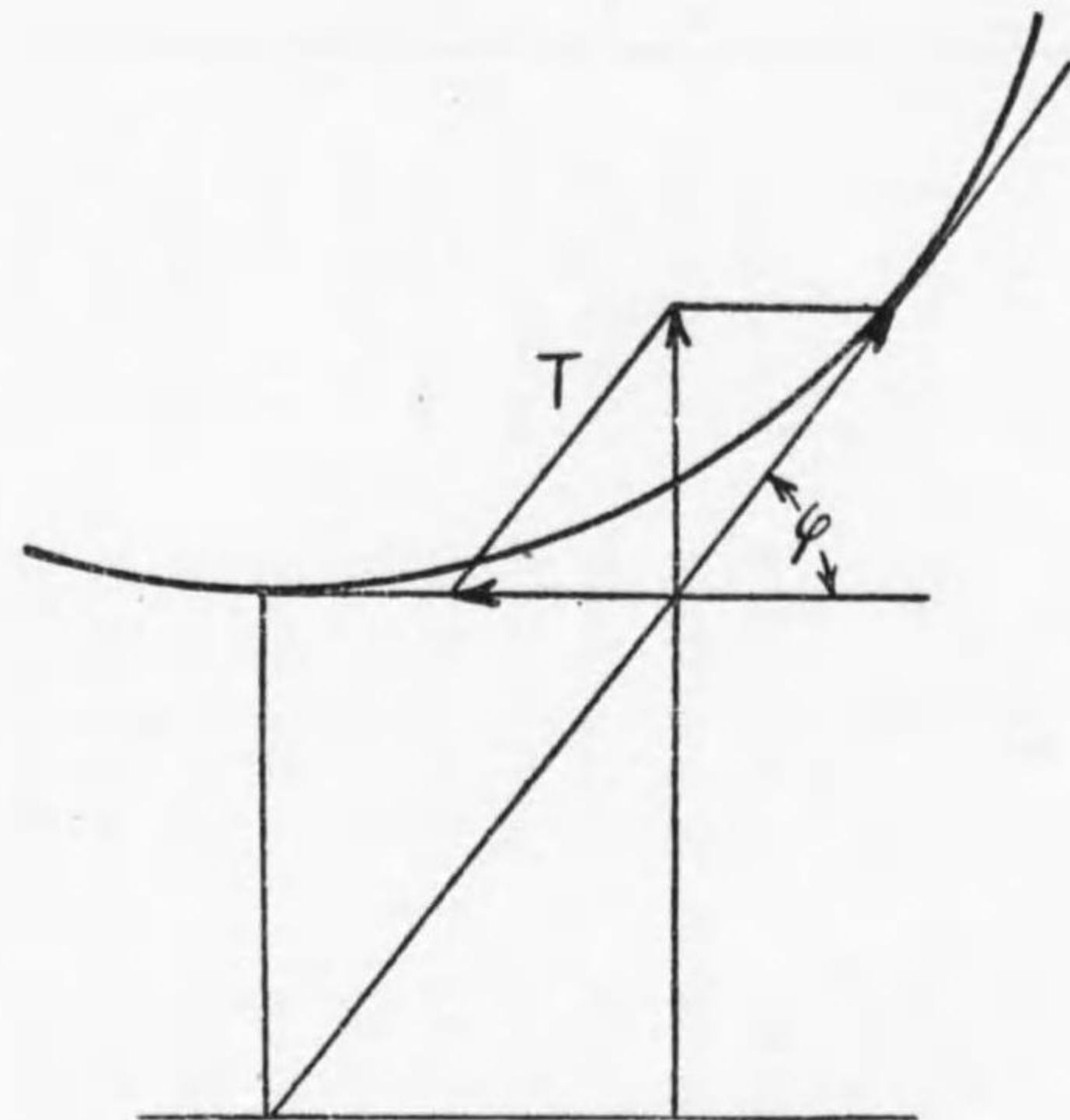
$$T \sin \varphi = W\lambda \text{ ならざるべからず。}$$

$$\therefore T = \frac{W\lambda}{\sin \varphi}$$

然るに

第 47 表

$\frac{x}{a} = \frac{K}{K}$	$\sinh K$	$\cosh K$	$f_\lambda = \frac{\sinh K}{K}$	$f_y = \frac{\cosh K}{K}$	$fa = \frac{1}{K} (\cosh K - 1)$
0.04	0.0400106675	1.0008001061	1.0002666800	25.020002650	0.020002650
0.06	0.0600360065	1.0018005401	1.0006001080	16.669667566	0.030009001
0.08	0.0800853606	1.0032017064	1.0010670070	12.540021330	0.040021330
0.10	0.1001666750	1.0050041075	1.0016667500	10.050041075	0.050041075
0.12	0.1202882070	1.0072096441	1.0024017000	8.393405360	0.060072030
0.14	0.1401577820	1.0098160171	1.0032684400	7.212971550	0.070114407
0.16	0.1606835410	1.0128270898	1.0042846000	6.330169310	0.080169310
0.18	0.1809735759	1.0162437873	1.0054087500	5.645798818	0.090243260
0.20	0.2013360025	1.0200667555	1.0066800125	5.100333778	0.100333778
0.22	0.2217787996	1.0242977643	1.0080363300	4.655898928	0.110444380
0.24	0.2423156127	1.0289385057	1.0096275500	4.287243770	0.120576270



第 290 圖 垂曲線の力線圖

$$\tan \varphi = \frac{dy}{dx} = \frac{d\left(a \cosh \frac{x}{a}\right)}{dx} = \sinh \frac{x}{a},$$

$$\sin^2 \varphi = \frac{\sinh^2 \frac{x}{a}}{1 + \sinh^2 \frac{x}{a}} = \frac{\sinh^2 \frac{x}{a}}{\cosh^2 \frac{x}{a} - \sinh^2 \frac{x}{a} + \sinh^2 \frac{x}{a}}$$

$$= \frac{\sinh^2 \frac{x}{a}}{\cosh^2 \frac{x}{a}} = \tanh^2 \frac{x}{a},$$

$$\therefore \frac{1}{\sin \varphi} = \frac{\cosh \frac{x}{a}}{\sinh \frac{x}{a}} = \operatorname{cath} \frac{x}{a},$$

$$\therefore T = W\lambda \coth \frac{x}{a}$$

然るに  $\lambda = a \sinh \frac{x}{a}$

$$\therefore T = W \cdot a \sinh \frac{x}{a} \frac{\cosh \frac{x}{a}}{\sinh \frac{x}{a}} = W a \cdot \cosh \frac{x}{a}$$

又  $y = a \cdot \cosh \frac{x}{a}$  なるを以て

$$T = W \cdot y.$$

$$T_v = T \sin \varphi.$$

$$= T \tanh \frac{x}{a}.$$

$$T_H = T \cos \varphi = T \sqrt{1 - \sin^2 \varphi} = T \sqrt{1 - \tanh^2 \left(\frac{x}{a}\right)} = T \operatorname{sech} \left(\frac{x}{a}\right)$$

(e)  $a$  の値

$$a = y - d.$$

$$= x f_y - x f_d = x(f_y - f_d)$$

$$= x f_a \quad \text{と置けば}$$

$$f_a = \frac{a}{x},$$

(f) 以上の總括

$$y = a \cosh \frac{x}{a} = x f_y \quad f_y = \frac{a}{x} \cosh \frac{x}{a} \quad \frac{x}{a} = K.$$

$$f_y = \frac{1}{K} \cosh K.$$

$$\lambda = a \sinh \frac{x}{a} = x f \lambda \quad f \lambda = \frac{a}{x} \sinh \frac{x}{a} \quad f \lambda = \frac{1}{K} \sinh K$$

$$d = a \left( \cosh \frac{x}{a} - 1 \right) = x f d \quad f d = \frac{a}{x} \left( \cosh \frac{x}{a} - 1 \right) \quad f d = \frac{1}{K} (\cosh K - 1)$$

$$T = W y = W a \cosh \frac{x}{a} = W x \frac{a}{x} \cosh \frac{x}{a} = W x f y$$

$$T_{\max} = W \frac{1}{2} S f y$$

$$T_v = T \tanh \frac{x}{a} = T \frac{f \lambda}{f y}$$

$$\text{或は } T_v = W a \cosh \frac{x}{a} = \frac{\sinh \frac{x}{a}}{\cosh \frac{x}{a}} = W a \sinh \frac{x}{a} = W x f \lambda$$

$$T_H = T \operatorname{sech} \left( \frac{x}{a} \right) = \frac{T}{\cosh \frac{x}{a}}$$

$$\text{或は } = \frac{T \frac{a}{x}}{\frac{a}{x} \cosh \frac{x}{a}} = T \cdot \frac{a}{x} \cdot \frac{1}{f y}$$

$$a = x f a \cdot = \frac{a}{x} \quad a = \frac{x}{K} \quad \therefore f a = \frac{1}{K}$$

(以上の  $a$  は  $T_H^{\text{lbs}}$  の目方を有する電線の長さなり。)

以上の式を用ひて種々の値を見出すには  $\frac{a}{x}$  或は  $\frac{x}{a}$  又は  $a$  の値を知らざるべからず。

電線に許し得可き最大張力は電線及び碍子の許さる可き力を與ふれば定まるものにして

$$\frac{T_{\max}}{W \times \frac{1}{2} S} = \frac{a}{\frac{1}{2} S} \cosh \frac{\frac{1}{2} S}{a} \quad \text{となり}$$

$\frac{T_{\max}}{\frac{1}{2} W S}$  は計算より知る事を得。故に右邊の値は表中  $\frac{1}{K} \cosh K$  の行に於て此數字を求め、 $K$  の値を出せば  $K = \frac{\frac{1}{2} S}{a}$  ならば

$$a = \frac{\frac{1}{2} S}{K} = \frac{S}{2K} \quad \text{となり、} a \text{ の値を求め得し故に他のものは凡て計算する事を得。}$$

#### (g) 温度に対する更正

温度の上昇するに従つて電線は伸び極僅かなれども一呎當りの目方  $W$  は減ず。従て  $a$  の値も異つて来る。

$$\lambda_t = x f \lambda = a_t \sinh \frac{x}{a_t}$$

$$\lambda_s = \lambda_0 \{ 1 + \alpha(t - t_0) \}$$

但  $\lambda_0$  = 最低温度  $t_0$  の時の  $C$  點よりの電線の長さ

$\lambda_t = \ell C$  の時の  $C$  點より電線の長さ

$$x = \frac{S}{2} \quad \text{とせば}$$

$$\lambda_0 \{ 1 + \alpha(t - t_0) \} = \frac{S}{2} f \lambda$$

$$f \lambda = \frac{\lambda_0 \{ 1 + \alpha(t - t_0) \}}{\frac{S}{2}} = \frac{a_t}{x} \sinh \frac{x}{a_t}$$