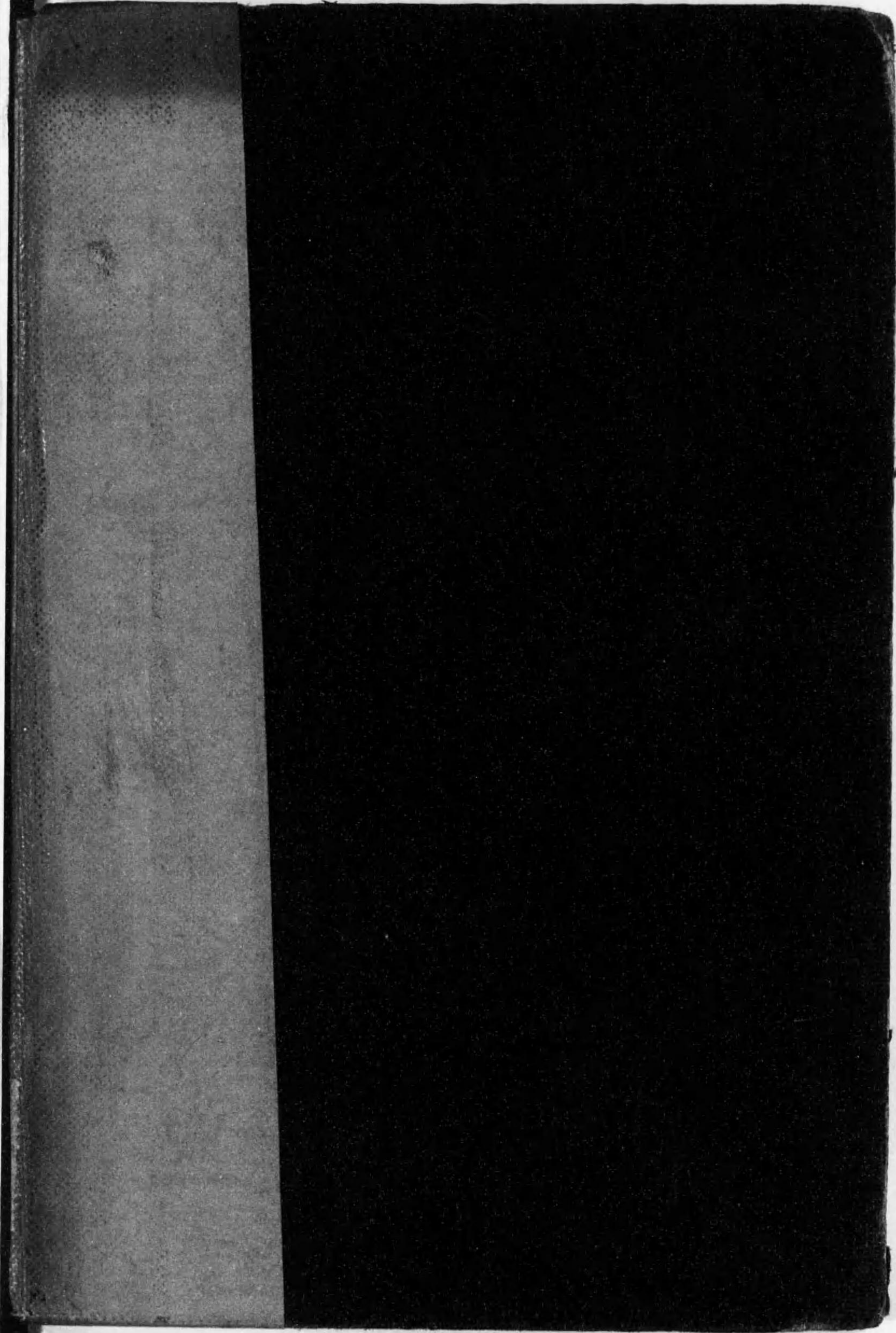
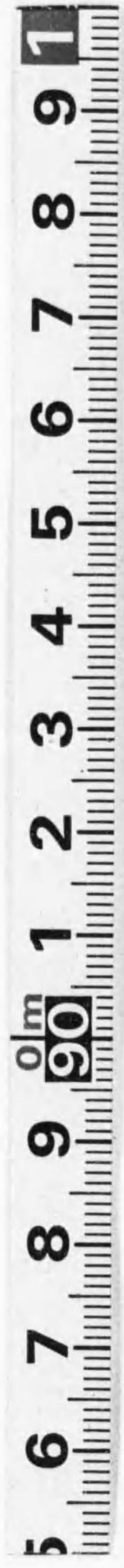


始



541
170

ガ ー ラ ー ド 氏

開閉器及配電器具

(上)

電 氣 工 學 會

541
170

541-170

(1)

ガ
ー
ラ
ー
氏

開閉器及配電器具

上 卷 目 次

第一章 材 料

原料の仕様書.....(1)

第二章 電路開閉器

中低圧回路.....(22)

高圧特別回路の遮断.....(29)

種々の状態の下に於ける短絡電流.....(31)

交流機の瞬時及び常規短絡電流.....(33)

油入開閉器の開放速度.....(37)

米國式の大容量開閉器.....(41)

歐洲式油入開閉器.....(42)

油入開閉器の型及び構造.....(42)

リモート・コントロール・スイッチ.....(45)

大電流の機械的制御開閉器.....(47)

配電盤用開閉器.....(48)

リアクタンス形油入開閉器.....(48)

交流無電圧コイルの直列抵抗.....(52)

放路開閉器.....(53)

可熔安全器(フューズ).....(55)

常用電流と常規熔解電流.....(59)

可熔線の長さとの関係.....(61)

ターミナルの大きさの影響.....(64)

可熔線中の電力損失.....(65)

ホープの複合フューズ.....(67)

カットアウト・フューズ.....(67)

エンクローズド・フューズ.....(68)

荷重の種類の影響.....(70)

大 正

14. 8. 28

内 交

短絡の程度	(70)
エンクロズド・フューズの外筒	(71)
エンクロズド・フューズの線及び填充物	(72)
エンクロズド・フューズの指標	(74)
フューズの限時性	(75)
フューズの磁力的開放	(76)
油入フューズ	(78)
鑛山用開閉器	(82)
最も發火し易い混合瓦斯	(84)
瓦斯の發火	(85)
鑛山用油入開閉器	(87)
防火構造の試験	(93)
第三章 危険なる電流を防ぐ器具	
自動的ならざる保安器具	(95)
寒流リアクタンス	(95)
リアクタンス・コイルの計算	(96)
リアクタンス・コイルの型	(97)
リアクタンス・コイルの据付	(104)
最大短絡電流	(105)
發電機用リアクタンス・コイル	(107)
フィーダー用リアクタンス・コイル	(103)
母線用リアクタンス・コイル	(110)
相互誘導リアクタンス・コイル	(115)
自動保安器	(117)
直流回線の自動遮斷器	(117)
直流リレー	(113)
直流逆電流自動遮斷器	(120)
交流回線に於ける過負荷の保護	(123)
變流器二次線を直ちに遮斷器トリップ・コイルに接続するもの	(124)
過負荷保護に對する瞬間働作のリレー	(125)

交流自動遮斷器の限時性に及ぼす負荷の性質の影響	(129)
三相式回線に於ける過負荷リレーの接続	(130)
逆 V に結ばれたるリレー	(132)
トリップ・コイルの並列フューズ	(136)
ソレノイドの原理で作られたる交流限時過負荷リレー	(139)
多相交流リレー	(144)
電熱型逆時過負荷リレー	(146)
誘導型限時過負荷リレー	(148)
過負荷リレー用カーレント・トランスフォーマー	(156)
過負荷リレーのトリップ・コイルの勵磁	(157)
自動遮斷器の遮斷機構に直接に取り付けたる限時装置	(158)
Statter の限時装置	(159)
Ellison の限時装置	(164)
交流逆電流リレー	(165)
逆電流リレーの理論	(166)
逆電力リレー	(171)
逆電流リレーに及ぼす電壓の影響	(173)
リレーの調整	(175)
交流發電機の勵磁電流の中絶	(175)
交流發電機保護の爲め自動勵磁開閉器を使用する方法	(176)
フキーダーの他端に於ける逆電力リレー	(176)
交流逆電力リレーの實例	(178)
Everett and Edgcombe's 交流逆電力リレー	(179)
逆電力リレーの電壓調整	(184)
逆電力リレーに使用する定電壓變壓器	(185)
交流逆電力リレーの接続	(185)
中性點を接地せる回路への接続	(186)
平衡保安装置。	
メルツ、プライス式保安装置	(189)
メルツ、プライス式ケーブル保安	(190)
平衡電壓式用變流器	(192)

発電機、及變壓器のメルツ、プライス式保安	(194)
リレーを有する場合	(197)
變壓器の平衡電流式保安	(198)
分岐フキーダーの平衡保安	(200)
平衡保安器に於ける交流トリップ	(201)
メルツ、プライス式に於てトリップ電流の決定	(202)
" " " 充電々流の作用	(203)
" " " パイロット線の破損	(203)
フキーダーの平衡電流保安	(203)
導線を分割する保安方法	(205)
漏洩電流の防護	(209)
接地線に對する漏洩電流トリップ・コイルの接續法	(212)
漏洩電流防護用三相平衡變壓器	(213)
三個の變流器を使用する漏電リレー	(216)
Winhey のリレー	(217)
並列フキーダー保護	(221)
聯交レバース・リレーに由る保護	(224)
變流器を逆に接續する方法	(225)
逆接續變流器を有する聯交逆流リレー	(226)
逆接續變流器を有する並列又は並列環狀幹線の保護	(227)
並列フキーダー保安の範圍	(229)
電壓下降の逆作用を應用せるレバースリレー	(230)
逆流リレーと共螺せる電壓變壓器の廢止	(232)
第四章 電流量を調整する器具	
抵抗線の電流容量	(235)
螺旋形の抵抗	(237)
調整用抵抗の構造	(238)
調整器にてステップの有効数を増加せしむる装置	(243)
手動調整器	
直流發電機用分岐調整器	(247)

ポテンシオメーター型の調整器	(261)
同上の標準曲線	(266)
分岐調整器の全電力容量	(269)
保安抵抗を有する分岐調整器	(271)
分離勵磁發電機の調整	(274)
自動電壓調整器	(277)
Tirrill regulator	(280)
Westinghouse 型自動電壓調整器	(286)
Fuss の自動調整器	(291)
Taylor Scotson の自動調整器	(297)
抵抗器型自動調整器	(302)
Thury 調整器	(303)
ハンチングを防ぐ Thury の調整装置	(304)
Thury の高速度調整器	(308)
Brown-Boveri の自動電壓調整器	(309)
Union Elec. Co. の自動調整器	(318)

ガーラ
ード氏

開閉器及配電器具

第一章 材料

原料の仕用書

開閉器制御器の製造には勿論原料の善良なるものを要し、之れ等原料の購入には適當なる仕様書に依る可きなり。工學標準會に於ては工業の方面に亘りて常に嶄新なる仕様書を發表しつつあるを以て、工業家を利する處大なる可し。各工場にて原料を購入する場合には、此の工學標準會にて決定したる仕様書を基礎とす可きであるが、勿論各々自家の特殊な要求に應ずる仕様書を發するは數々起る事なり。多くの場合、供給者は永い取引の經驗上或る得意先にては如何なるものを要求しておるかを理解し、之れに對して適當なるものを供給して居る。依て急に供給者を變更すれば往々製品の品質を害ふ事があるから、精細に研究した後でなければ供給者は變更せざるを可とす。

大理石 配電盤用としては通常白色のシシリー産の大理石を指定するが、之れはあまり柔かに過ぎ適當ならず。現今では「電氣用として適當なるもの」と云へば充分である。時としては黑白の大理石を使用する事あれども質が非常に硬く、加工するに普通の大理石の二三倍の工賃を要する。若し黒色を要する場合には黒色のエナメルを塗りたる石盤石を使用するがよい。配電盤用として大理石の優れるは單に外觀の美なるにあれど、

石盤石よりよごれ目も早く油の滲を除くのは困難である。米國では青いパーモント・マーブルが可なり使用され仲々立派であるが英國では得難い。

配電盤用石盤石、大理石盤の仕様

一、大きさの伸縮誤差は下の範囲内たる事

面積 $\frac{1}{2}$ 平方呎以下の石盤は各方向上下 $\frac{1}{8}$ " 以内、面積 $\frac{1}{2}$ 平方呎以上 2 平方呎以下は各方向上下 $\frac{1}{4}$ " 以内

2 平方呎以上は $\frac{1}{8}$ " 以内

而して各盤を組み立てたる際配電盤の全長の伸縮は規程の長さの上下 $\frac{1}{8}$ " 以内

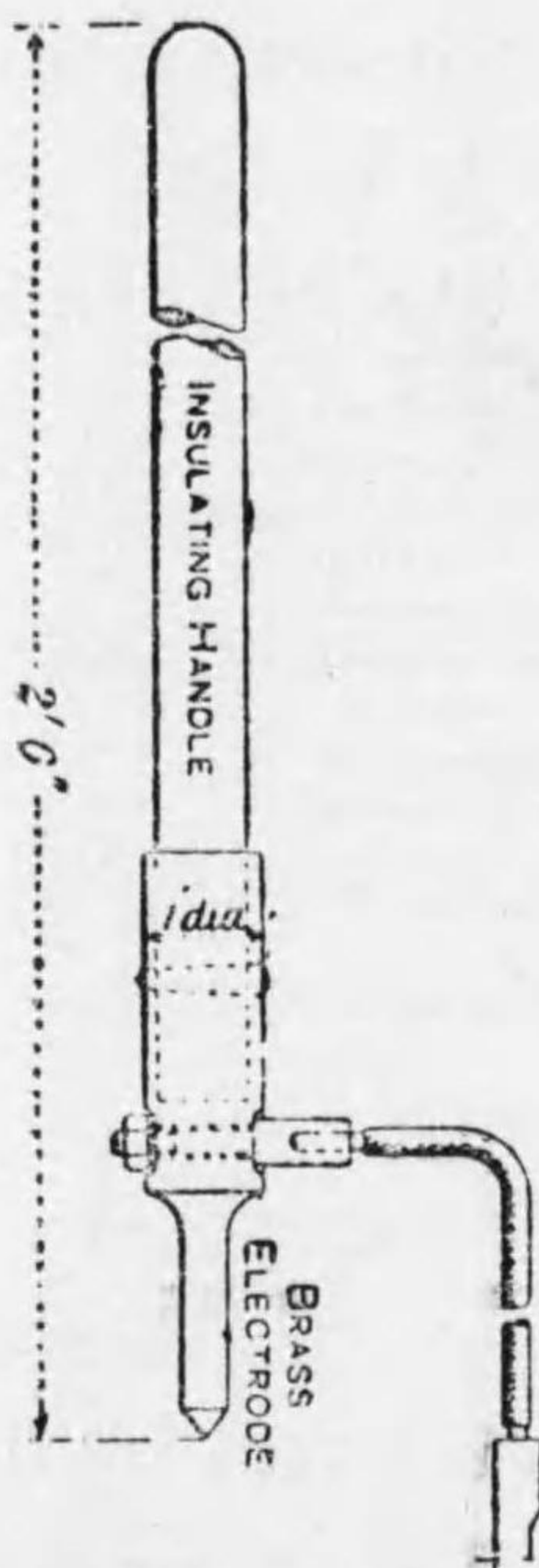
開閉器用盤に在りては長さ、幅は上述の如くにて厚さは $\frac{3}{8}$ " までは上下 $\frac{1}{16}$ "、 $\frac{5}{8}$ " 以上 1" までは上下 $\frac{1}{4}$ " の伸縮を許す。

二、一般の要項

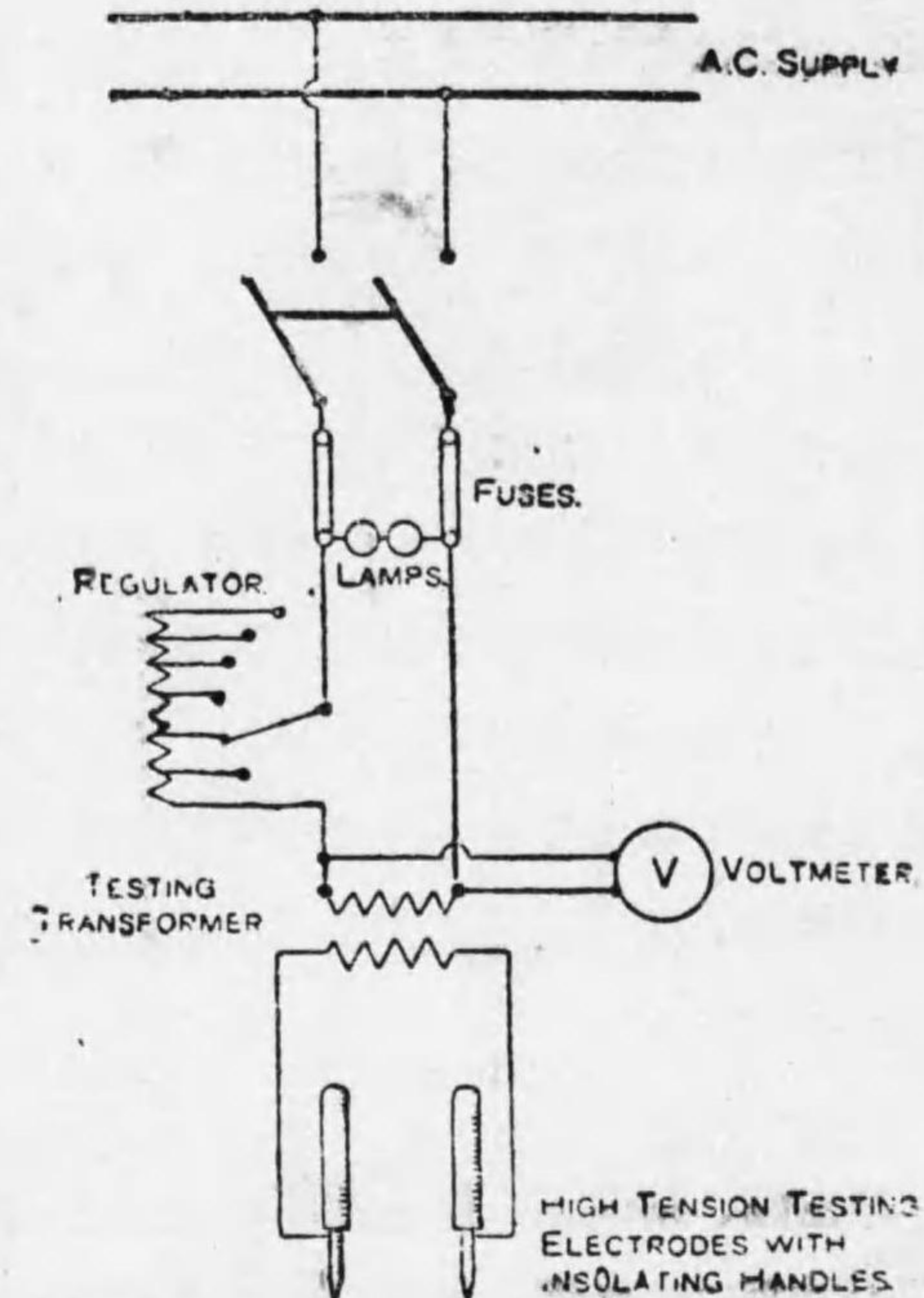
石盤は電気用として精選せるものにて礦脈を有せず、硫黄其の他の斑點なく組織一樣にして正角水平なるを要す。尙肉眼又は揮發油 (quick evaporating liquid) にて發見せらるゝ如き龜裂なきものたる可し。表面の縁邊は丸く (半徑 $\frac{3}{32}$ ") 削るか又は斜面に削り落す可し。

石盤の試験 石盤を購入したる場合には瑕、絶縁を害する不純物の有無等につき検査を行はねばならない。尙ほ電氣的の試験としては小變壓器 (2.5 K.W. 位) にて交流 2,000 volt の電壓を、第一圖に示すが如き端子棒二本にて石盤面に與へ、端子

第一圖



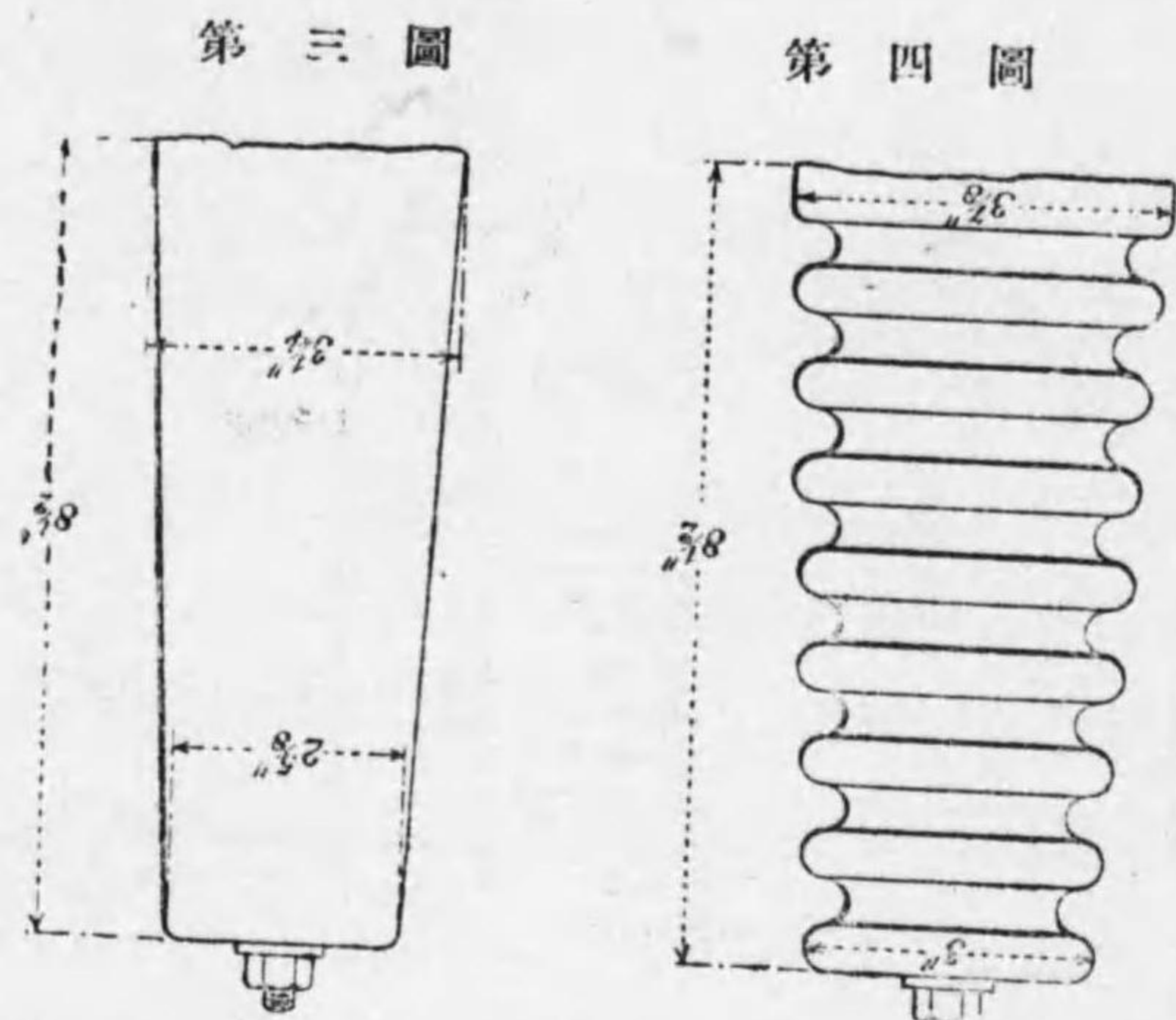
第二圖



棒を面上諸所に移して各部を試験する。石盤が良質なる場合には微かなる青い火花が見えるが、礦脈などを含んで居る場合には長い電弧を生じ、甚だしきは礦脈を通じて火花が各所に起る。第二圖は此の試験の接続圖なり。

碍管 變壓器、油入開閉器等に使用される陶器の碍管は表面に釉藥を塗りて焼きたる硝子状のものなるを要す。近時第三圖に示せるが如き表面波状をなしたるもの屋内用にさへ使用されておるが、此の發達の経路は屋外用の傘形のものから來たので、屋外用としては雨を防ぐ爲めに傘形にする必要が起るけれ

ども屋内にて使用する變壓器や油入開閉器等のブッシングには此の必要はない筈である。



plain porcelain bushing corrugated porcelain bushing

第三圖、第四圖の如き兩種のブッシングに就きてなしたる試験の結果によれば、(参照 The Electrician, 1908. 五月十五日發行、第六十一卷第百六十頁) 屋内用としては波状面は何等の効力なく破壊電壓は單に極間の空間最少距離に依るものなる事を示せり。波状面となして長い漏洩路を與ふるは碍管がよごれたる場合には好都合ならむも、同時に此の種の碍管に在りては表面を清淨ならしむる事が頗る困難となり、却て表面の平なるものに及ばないのである。依て現今にては屋内用のブッシングには表面の平な圓錐形のものを使用する様になつた。

碍子の試験 碍子の試験は出來得る限り使用中と同様な状態に於てなさねばならない。即ち油入開閉器のブッシングは中に

金屬棒を入れ、ブッシングを箱に支持する所には錫鉛を巻き此の兩點に試験電壓を加ふ可く、屋外用のものは雨中にて試験可し。而して試験電壓は一般に使用電壓の三倍とす(次項参照)。之等試験の仕様に關しては Welbourn 氏の論文を参照可し (Proceeding, I.E.E. 1914. 第 LII 號 202 頁)。

高壓試験 開閉器、制御装置は工場より發送せらるる前高壓試験を行ふ。最低電壓は交流 2,000 ヴォルトで、低壓回線に使用せらるゝものと雖も用途によりては此の位の耐壓試験を行ふ事が必要である。試験の電源(交流發電機又は變壓器)があまり小容量であると試験電流によりて著しく電壓の降下を來すから少くも 5 K.W. 以上なるを要す。試験電壓は下表の如き値を採るを可とす。

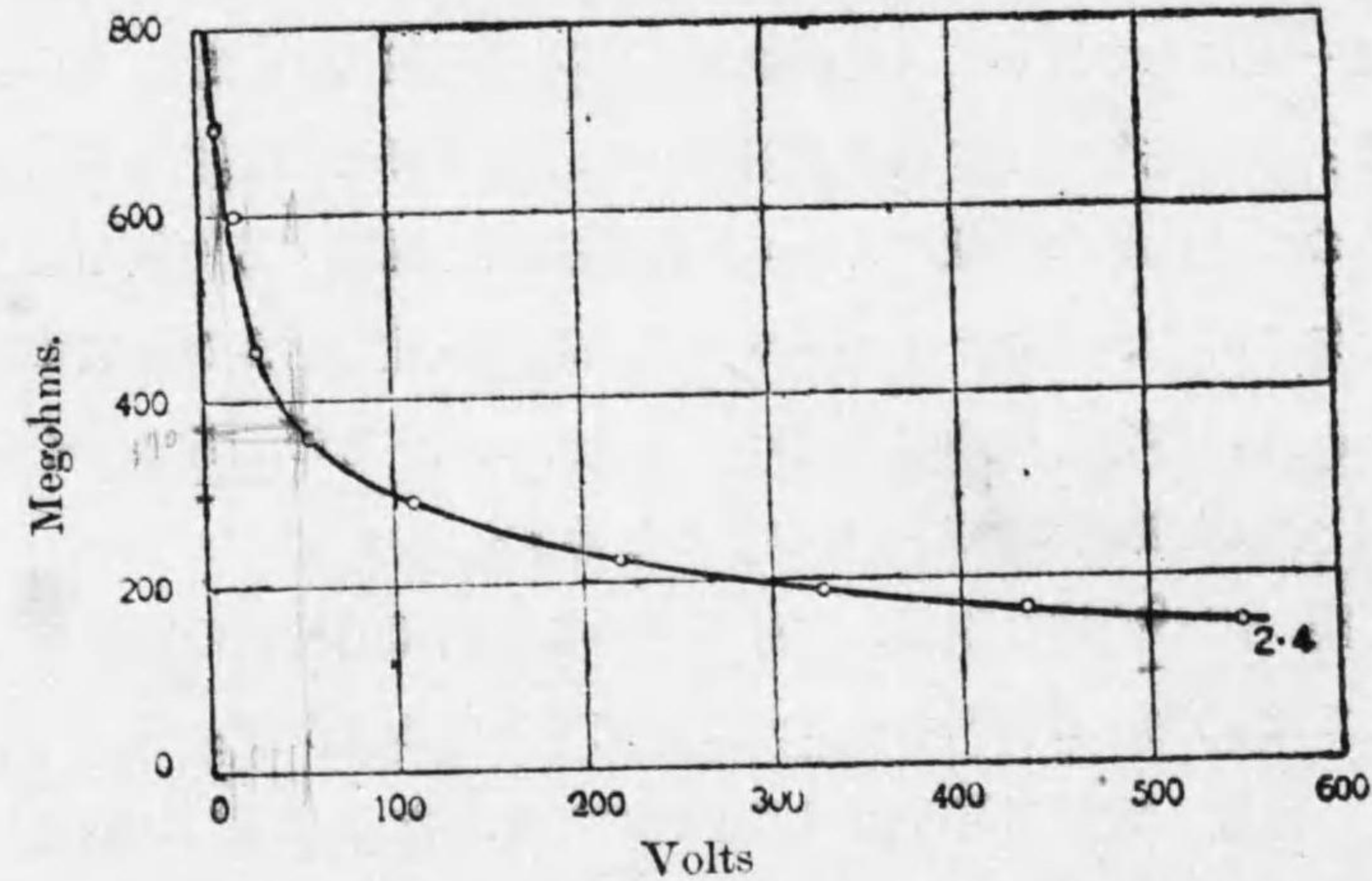
開閉器、制御器試験電壓表

使用電壓	試験電壓	試験時間
500 volts	2,000 volts	15 minutes
1,000	3,000	"
2,500	7,500	"
5,000	15,000	"
7,500	22,500	"
10,000	25,000	"
11,000	27,000	"
15,000	30,000	"
18,000	33,000	"
20,000	35,000	"

絶縁抵抗 開閉器類の絶縁抵抗をオームメーターにて測定す

る事は仕上の不完全、絶縁物の瑕等製作上の缺點を検出する上に於て尤も重要な事で、又高圧試験の際高圧を加ふれば破壊を起さず多量の電流が通る様な場合に、不良の個所を検出するにオームメーターが使用せられる。絶縁抵抗の絶対値に至りては殆んど無価値のものであるが、猶一部には其の最少の價を規定する者あり。工學標準會に於ても電流計、電壓計の標準仕様を定めたる中に其の絶縁抵抗を規定する値を與へたるは困つた事である。然し追々メガオーム幾何と規定する事は廢れ、高圧試験に信頼する様な傾向になつて居る。尙此の點に關しては S. Evershed 氏の精細なる論斷あり (Proceeding, I.E.E. Vol. LII page 51. 1913 or the Electrician, Nov. 28th 1913. Vol. LXXII page 318 参照)。Evershed 氏は凡て纖維質又は吸收性の絶縁物の絶縁度は滲透 (impregnate) せしめたる与否とに拘らず濕氣の吸收如何に依るものなるを示せり。洩漏を起す水分は絶縁物の内外面に薄膜をなして附着し、絶縁物自身の眞のダイエレクトリック強は測定によりて得たる絶縁抵抗とは頗る異なるものである。絶縁抵抗は又電壓によりて異なるものにて電壓高ければ抵抗少きものなり。之れ等兩者の關係は水蒸氣の電導と同様な法則に従ふもので**第五圖**の曲線に示すが如し。圖は 2.8 lbs/□" の壓力の下に於て種々の直流電壓を加へて測定せる結果にして 50 ヴオルトの際には 360 メガオームありたるものが 500 ヴオルトに於ては 150 メガオームとなる。此の比は 2.4 で如何なる材料でも或る電壓と、其の 10 倍の電壓との間に於ては略一定である。

第五圖



半乾燥したる紙の絶縁抵抗 (2.8 lbs/□" の壓力を加ふ)

即ち

$$\frac{v \text{ ヴオルトに於ける抵抗}}{10 \times v \text{ ヴオルトに於ける抵抗}} = \frac{R_v}{R_{10v}} = \text{常數}$$

Evershed 氏の實驗によれば完全なる吸收性の絶縁物に於ては此比は平均 2.2 なり。實際にはマイカ、エポナイトを吸收性の絶縁物と重ねて使用する等の如く、種々の絶縁物を混合使用する場合が多いが、斯かる場合には此の比 2.2 はより小となり精密なる試験をなせば吸收性、不吸收性の絶縁物の間に分類する事が出来やうが、日常の試験に之を行ふは不便である要するに絶縁抵抗は容易に其の價を決定せらる可きものではなく簡單な試験結果で良否を決定するはつまらぬ事である。

絶縁抵抗は試験電壓と共に變ずる外、電流の極性も大なる影響を有してゐる。此の現象は陶製の絶縁物に於て最も著しく、

釉薬の不完全な陶器を試験する時 + の電極の下に於ては電圧は一定にして置いても絶縁抵抗が 20~30 倍も高まる事がある。之れ電解作用の爲め絶縁體中の漏洩電路を閉塞するに基くもので之れ等の現象によりても絶縁抵抗を規定するの無用なるを知る可く、2,000 ヴォルト以上の高圧試験を行ふが至當である。此の場合には出来るだけ正弦曲線に近いものを探り少くも 12 分以上安全に耐ふるものなるを要す。

銅 銅の純粹の程度、電導率其の他の物理的特性の標準に關しては、最近工學標準會に於て決定する處ありたり。

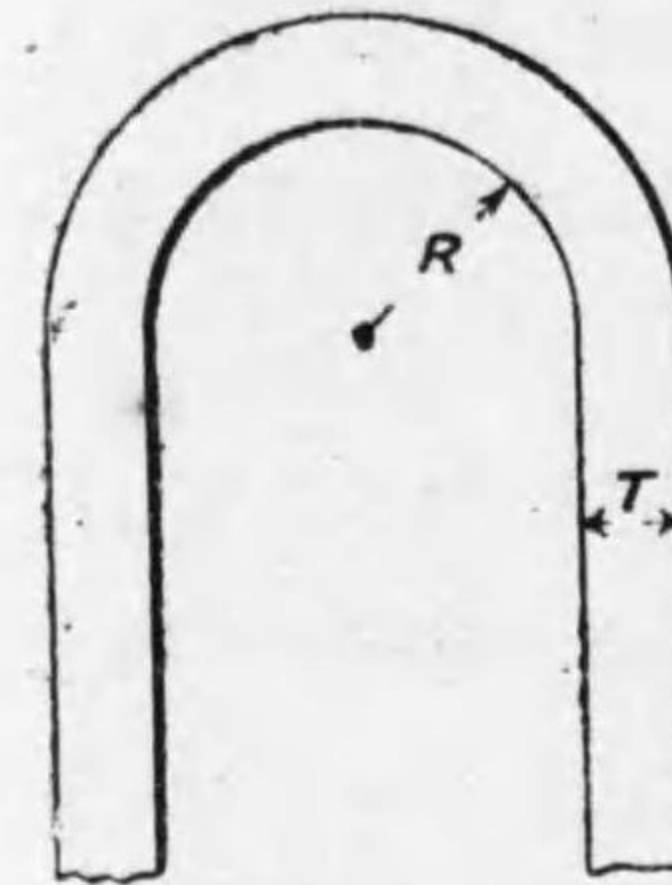
仕様 電氣用銅は工學標準會にて決めたる標準に依る可し。

購入の際は下の如く分類す。

- (1)、硬引銅
- (2)、彈條用硬引銅、(厚さ $\frac{1}{8}$ " 以下の彈條接觸を作る銅條)
- (3)、軟銅、(配電盤接續用)
- (4)、伸銅、(厚さ $\frac{1}{8}$ " 以上の彈條接觸を作る銅條にて内徑が厚さの 2 倍なる半圓弧に撓めらるるもの即ち $R=2T$) (第六圖)

厚さ $\frac{1}{8}$ " 以上の場合に硬引銅條を用ふれば撓める際に一層硬くなり遂に破壊するに至る。即ち (4) 種の銅は (2) と同様の仕上とし精確なる寸法に作り多少柔かとなし撓むる際に破壊を起さざる様に出来て居らねばならぬ。

第六圖



銅の屈撓試験

開閉器等に使用する硬引銅は研磨の爲め特別の仕上を要す。

アルミニウム使用の利益 多量の電流を通ずる開閉器にはアルミニウムを使用せば銅に比して 33% の利あり。低壓盤に使用せらるる太き母線、接續條は概ね断面矩形をなしておる。アルミニウムの比抵抗は銅の 1.66 倍であるから同一断面

面積に對し單位表面積に同一の電力損失を與ふるには、アルミニウムは銅の $\sqrt{\frac{1}{1.66}} = 0.777$ 倍の電流を通ず。單位長さに同一の電力損失を與へ同一の電流を送るにはアルミニウムは銅の 1.66 倍の断面面積とせねばならぬ。然るにアルミニウムの方は断面面積が大であるから多くの放熱表面積を有し、同一の電力損失とせば單位表面積から放散される電力はアルミニウムの方が少なく、従て單位面積の電流密度を増大する事が出来る。銅條の標準電流密度を 1,000 amp/□" とせば、同一電流に對しアルミニウムに 1.66 倍の断面面積を與へたりとせば 600 amp/□" の電流密度となる。

今 d_a = 一封度のアルミニウムの價格

d_c = 一封度の銅の價格 とし

輾延せるアルミニウム一立方吋の重量は 0.0977 封度にして銅は 0.321 封度なり、A を銅の断面面積とすれば銅條の一呎の價は $12 \times A \times 0.321 \times d_c$ にて、同一電流を送るアルミニウムの

一呎の價は $12 \times A \times 1.66 \times 0.0977 \times d_a$ となる。

即ちアルミニウム條の價は銅條の價の $0.505 \frac{d_a}{d_c}$ 倍となる。此の式により容易にアルミニウムを使用して利益であるかどうか明に解るであらう。

配電盤用としてのアルミニウムは概ね軟輻されたもので、接觸面には特別の注意が必要である。アルミニウムを空中に曝しておけば高抵抗を有する酸化物を表面に作るからペイントを塗り空気に當てぬ様にせねばならぬ。

アルミニウム母線の接觸部の作り方 接觸部は捻子にて密着せしめソルダを用ふ可からず。接觸面は出來得る限り大となし精巧に仕上ぐるを要す。アルミニウムと銅とを接續する場合には、銅の表面に錫鍍するか又は錫鉛を接觸面に挿入す。接觸部は水分に堪ゆるペイントを塗るか又は適當なる物體にて包み空氣、水分等が浸入せざる様になすべし。水分は電解作用を起し易く接觸部を腐蝕せしむる危險物である。アルミニウムに穿てる捻子穴は捻子より大となしフアイバー、マイカ等の絶縁物を挿入し、捻子頭、ナツト、座金等もアルミニウムより絶縁するを要す。

アルミニウムの耐久力 實驗の結果アルミニウムの耐久力は充分で、唯海風、鹽水に曝されたる場合には固障が起つておる。然し之れはアルミニウム中に不純物を含んでおる場合で若し純粋度が 99.3% 以上ならば全く固障を起さざるものである。

開閉装置に使用する木材 木材は火災の危險があるから成る

可く使用せざるを可とすれども、全く使用せざるわけには行かない。チークを油で處理して用ふれば絶縁度も高まり火災の危險も比較的少い。仕上に關し均一を保つ爲め一定の標準を定めておくがよい。著者は下の如くなせり。

1. スピリットを用ひ精巧に磨き上げたるもの。
2. 表面を硝子状となしたるもの。
3. バニッシュを滲透せるもの此の場合には細孔をよくバニッシュにて埋める様にせねばならない。

油入開閉器、變壓器等には絶縁用、冷却用として多量に油を使用す。之等の目的に用ふる油は石油を分溜して作れるものにて、其の化學的成分は $C_n H_{2n+2}$ なる一般式を有するパラフィンの混合で、猶 $C_n H_n$ なるオレフィンをも含有す。數年前迄は開閉器には樹脂油を用ひたが現今にてはすべて上述の石油より分溜せる礦油を使用しておる。開閉器や變壓器用としては各特殊の要求があり夫々之に適當したものを作らねばならない。變壓器用としてはあまり必要な事でないが、低温度に於ても粘度(濃さ)をあまり増加せしめぬ事は開閉器用には必要な事である。

【註】我國に於ては木製配電盤には重に樺板をバニッシュにて仕上たるものが用ひられチークの代用として桧を用ふる事あり。木材の絶縁度は木汁の多少によりて著しく變化するものなれば、よく乾燥し木汁を除去し、高温度の油中に數時間浸し置くを可とす。然しあまり高温度となせば或種の木材は甚だしく脆弱となる。充分乾燥し絶縁塗料を含ましめたるものは著しく高壓に耐ふるものである。

る。

水分の影響 油は水分を吸収し易く、少しでも水分を含めば著しく絶縁度を害するものであるから油入の機械は水分が入らぬ様注意せねばならぬ。

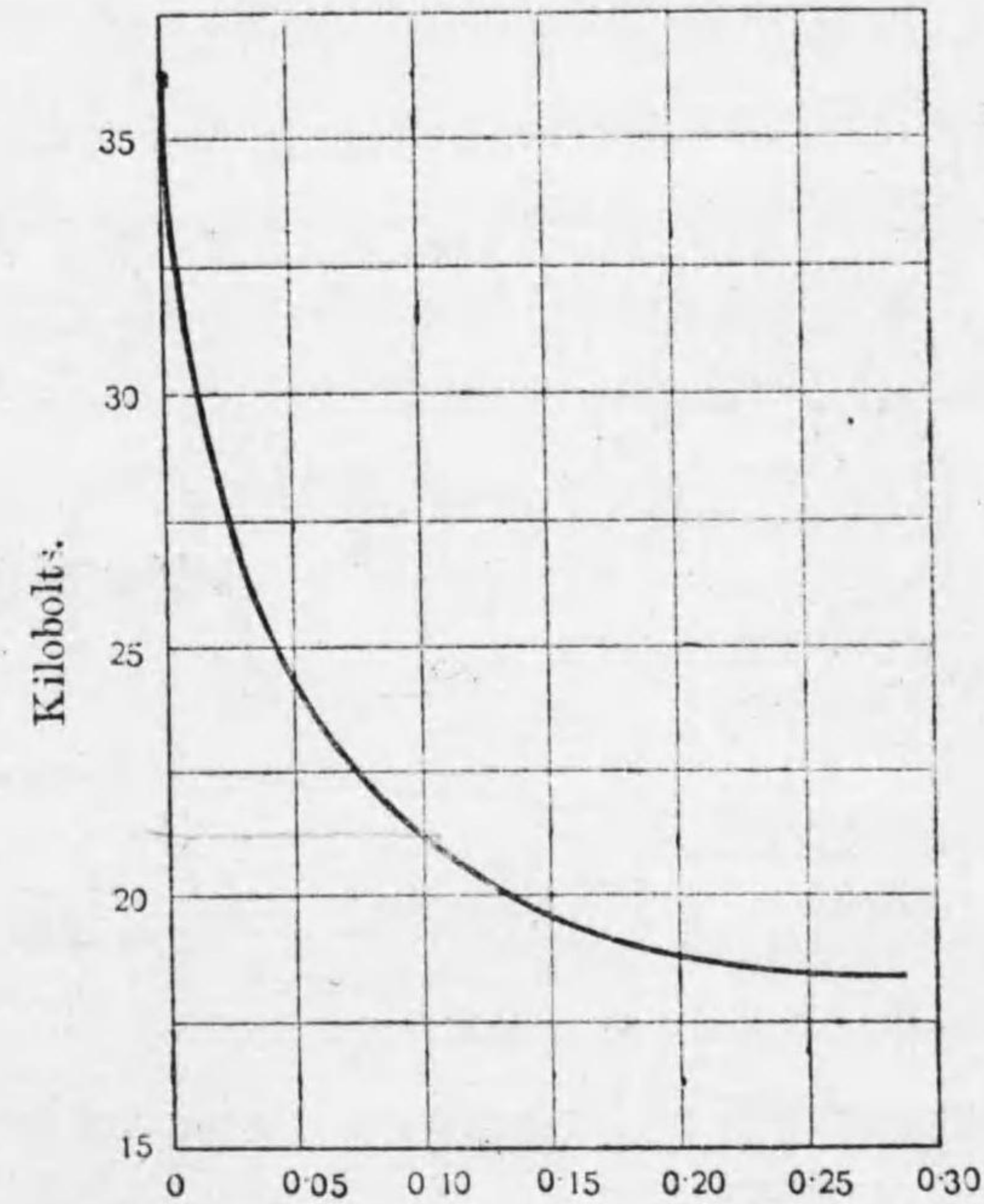
然し、常に全く無水の状態に保つ事は困難であるから、寧ろ少し位水分を吸収しても差支なき様、充分の安全率を取つておく事が必要である。又油入の機械を使用する者は簡単な試験器を備へ、絶縁度の低下した油は直ちに取換へる様にせねばならぬ。

第七圖の曲線は油中の水分が如何に絶縁度に影響するものなるかを、明かに示してある。即ち 1% の 0.03 の水分(油一クォート中に五、六滴の水分、一クォートは我六合三勺餘)は絶縁度を 25% も減じて了ふ。従て油槽に油を充す際によく油槽を乾燥し、油を送るには木樽に入れず鐵製の樽につめる様になすべし。

油中の水分の有無を測るには、高壓試験を行ふのが一番安全であるが猶種々の簡便法が行はれてある。

1. 水分を多量に含むものは一週間乃至十日間位静かな場所におけば水分は樽の底部に沈澱し來る可し。
2. 淡い硝子板を油面の上方に置き、油を 100 C 以上に熱す。水分ある時は硝子面に曇りを生ず。
3. 赤熱せる火箸を油中に挿入せる時水分あれば音響を發し、水分なければ單に煙を吹出すのみなり。又油を皿に入れて熱する時も同様の現象を起すべし。

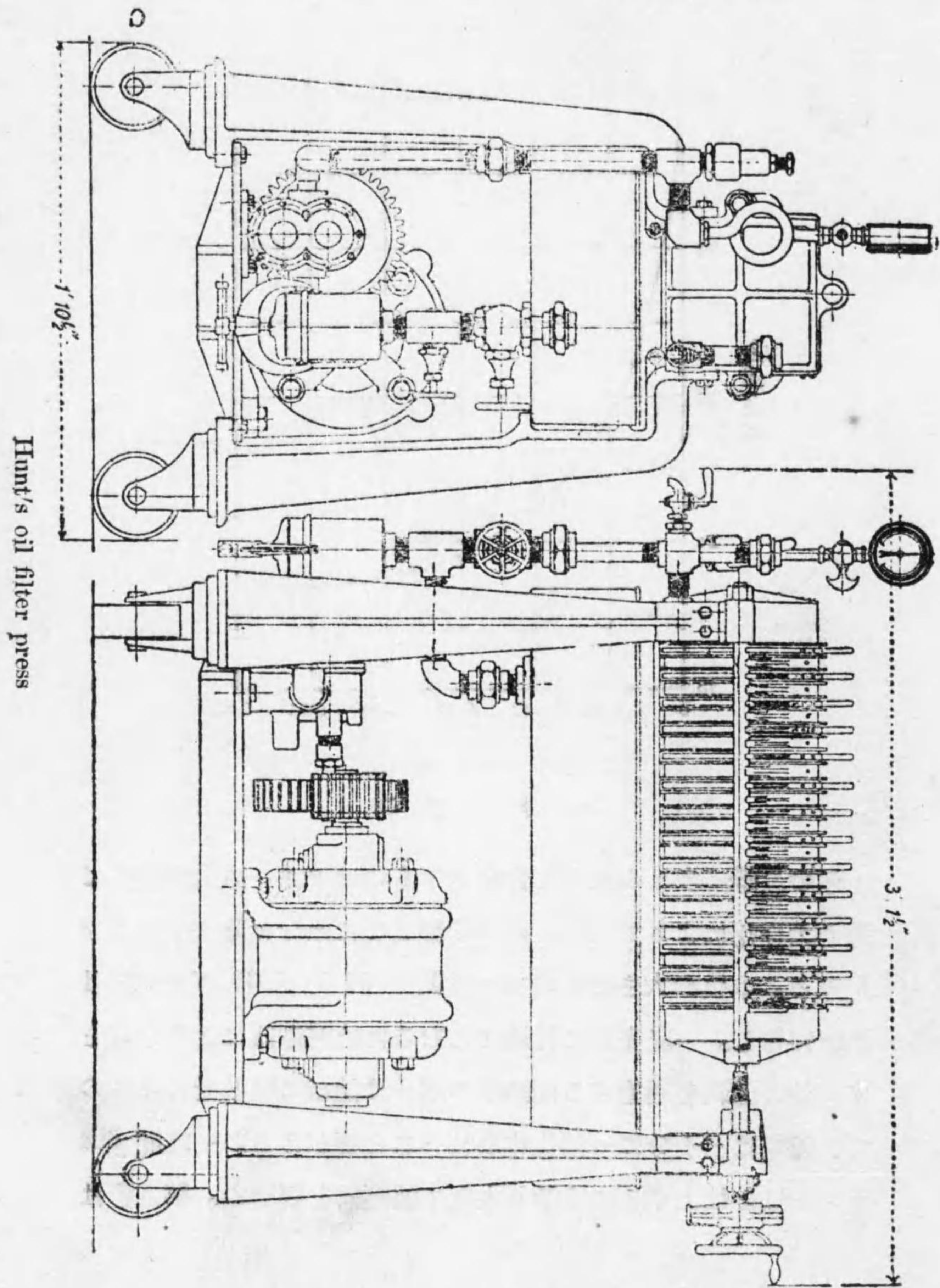
第七圖



Per cent, water.
水分の影響

油の乾燥 多量の水分を含有するものはクリーム分離機にて遠心力作用によりて、1% の 0.7 位までに水分を除去する事が出来る。中位の大きさのもので一時間に 50 乃至 60 ガロン位仕上げ得べし。一層完全に乾燥せしむるには濾壓器によるを可とす。油が濾紙を通過する際油中の水分は濾紙に吸収せらるるので、濾紙は三十分一回位宛取替へる必要がある。一時間 604 ガロン位を仕上ぐるには餘り大なる濾壓器を要せぬ。**第八圖**は

第八圖



濾壓器で、油は電動機軸に取付けられたるポンプで濾紙を通るのである。變壓器のケースにパイプを取付け使用中と雖も函内の油を乾燥する事が出来る。濾紙は非常に濕氣を吸収し易いから、乾燥室を作り置いてよく乾燥し、直ちに濾壓器の框に取付ける様にせねばならぬ。尙變壓器油の詳細なる處置に關しては、1906、十月の Elec. Journal に掲げられたる S.M. Skinter 氏の論文、A.I.E.E. Vol. XXIX, 1910 の Tobey 氏の論文を参照せられる可し。

油中の硫黃 油中に硫黃を含めば銅線を腐蝕するから、完全に之を除去するを要す。

Tobey 氏は上記の論文中に於て其の影響を述べ、上の如き實驗結果を與へたり。此の實驗は磨き上げたる銅線を熱して 85°C の温度の油中に入れ、黒變するに要するに要する時間を測定せるものなり。

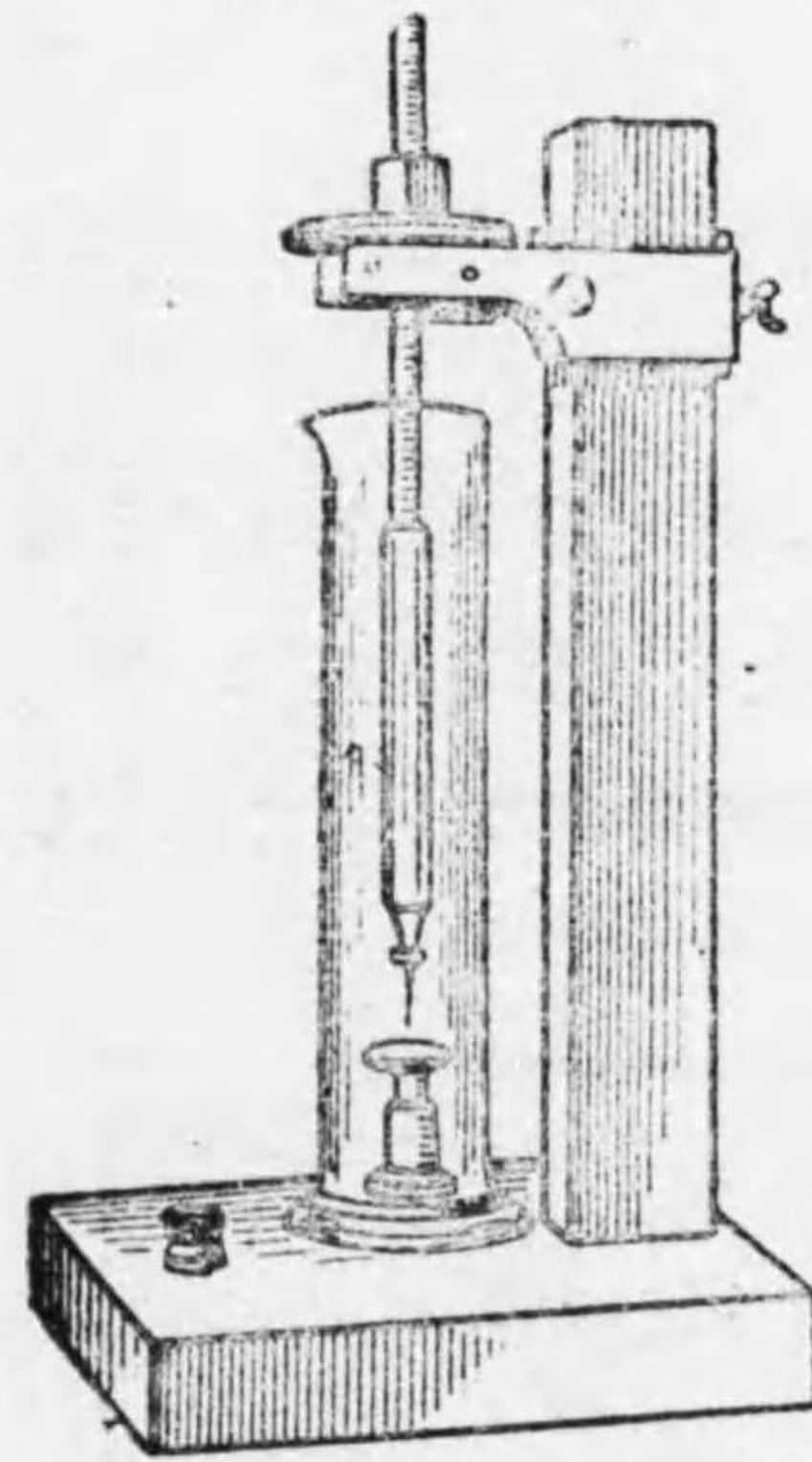
硫 黃 百分率	銅線を黒變せしむるに要する時間
1% の 1/10	2分-3分
" 1/100	30分
" 1/1,000	15-20時間
" 1/10,000	不明

油の絶縁抵抗 絶縁抵抗は油の絶縁度を示す標準とはならない。油の温度が上昇すれば絶縁度は多くなるが抵抗は漸次減少す。之れ其の漏洩電流の電導が、電解的で即ち温度係数が異なる爲ならむ。永く加熱すれば絶縁抵抗は遂に一定となる、之れ水分が全く除去せられたるものと考ふる事を得べし。而して此

の場合の絶縁抵抗は油が常温にある場合に比し頗る小なる値を示す。

油の破壊電圧 油のダイレクトリック強は、油中単位距離の間に破壊を起さずに加へ得べき最大の電圧で、此の電圧は電極の形状に大なる関係を有し、圓盤と針とを、使用した場合が最も小である。

第九圖



器

第九圖は簡單なる油の試験器で、中央の硝子管は直径2吋位で一合五勺許りの容量のもので、針は破壊を起す度毎に取替へねばならぬ。普通の油にてはかかる試験装置に於て1/16吋の間隙に破壊を越すには8,000~11,000 ヴォルトを要す。斯様な試験装置では精確な物理的の、ダイレクトリック強を測定する事は出来ぬが、商工業上の比較的の試験には頗る簡便である。正確なダイレク

トリック強を測定するには破壊電圧に對し油中に於ける最大の電氣的應力を計算し得る正しい形を備へた器械を使用せねばならぬ。試験用變壓器の中性點を接地し、兩方の電極を1/2吋の球を用ひたる場合には油中の最大應力は、凡そ

$$R_{max} = \frac{V}{0.125} \times 1.173 \text{ volts/in.}$$

で V は電極間の最大電圧なり。1.173 は電極の形状、其の間の距離等によりて變ずる係數で Alexander Russell 氏は此の係數の種々の値を示されたり。 (“Journal” I.E.E. Vol. XI, 1908. page 9)。上述の如く 1/2吋 徑の球を使用した場合には40,000 乃至 50,000 ヴォルトの破壊電圧を要する。

【註】 油の絶縁性に関しては電氣學會雜誌第三百四十二號所載久保進氏の論文を参照せられたし。

引火點 引火點は燃焼し易き瓦斯が放散される溫度で、油の仕様書中には最低引火點を規定するを要す。油を變壓器に使用したる後其の引火點を測定せば、屢々非常に其の低下せられて居る事を發見するが、之は變壓器コイルに用ひた絶縁用コンパウンド中にナフサを含有し之れが完全に除去せられずして油中に浸されたる爲め、ナフサは油に吸収せられ、依て引火點を低下したるものである。故に焔をマンホールなどに差し入るゝ事は危険である。

粘度 變壓器油は使用中は熱の爲めに常に循環して居るが、寒冷の地に用ひられた油入開閉器に在りては、寒冷の爲め油の粘度を増加し遂に使用に耐えざるに至り、又粘度があまり少なければ電弧を消滅せしむる力を弱むるから開閉器用油には或る最大及び最小の溫度に於ける粘度を規定する必要がある。粘度を測定するにはレトウードの粘度計が最も良好ならむ。

酸及びアルカリ 油中に酸又はアルカリの存在するや否やを測定するには、同容量の水と共に分離機に入れ 100°C に保ちつゝ完全に分離し、其の水溶液を 20% のアルコールを有する

コチユール丁幾にて試験す。中性なる時は赤色、アルカリ性なる時は堇紫色、酸性なる時は黄色を呈す。此の試験によりレヂンの有無を測定する事を得。即ちレヂンは水及び油の分界點に小さな白色の形状をなして集る。又硫酸及び硫化物が存在すれば、之れに鹽化バリウムを加ふれば白色の沈澱を生ずべし。

礦物性不純物 油中に礦物性不純物が含有せられ居るや否やは、之れを蒸溜又は燃焼せしめ其の殘滓を検すれば可なり。

變壓器油の標準仕様 下に示すは變壓器油の標準仕様で、最良にはあらざらむも、猶使用電壓 30,000 ヴォルト内外以下のものには充分なるものである。

性状 油は動物性油を全く含まざる良質の礦油たる可く、粘度を増加す可き如何なる物質をも含有せず、又空中に於て 82°C 迄に加熱せる際酸化するが如き物質を含有せざるを要す。

酸を含有せざる事 油は全く酸類の痕跡をも有せず、且つ長時間空中に於て 82°C に加熱するも酸を發生せざるを要す。

乾燥 油は完全に乾燥せられ、濕潤の場所に於ても容易に濕氣を吸収せざるものたる可し。

絶縁度 油の絶縁度は充分大にして、直徑 $\frac{1}{4}$ 吋の眞鍮棒の先端を半球狀に丸め、油中に於て之れに交流電壓を加へたる場合に 0.07 吋の間隙を 9,000 ヴォルト以下の電壓にて破壊せざるものたる可し。但し試験中の温度は 18°C とす。(此の値は間隙が約 1 吋なる時 91,000 ヴォルトに相當す)。

不純物 油は清淨に濾過せられ、塵埃其の他の不純物を含有せざるものなるを要す。

引火點 密閉せられたる試験器にてせ試験る際油の引火點は 154°C を降らざるを要す。

油泥 第 22 頁を見よ。

開閉器油の標準仕様 開閉器用の油も大體に於て變壓器用と同様であるが、引火點は少しく高く即ち 190°C 位なるを要し、又粘度は前述の如く上下二種の温度に於けるものを規定するを要す。通常 4°C 乃至 21°C に於ける粘度を指定し、其の値はレトウードの粘度計により 4°C の時 850 を超過せず、21°C に於て 100 を下らざるものなれば可なり。製造家が油を貯藏する際、唯一種を貯藏し變壓器にも開閉器にも同様のものを使用せむとせば、引火點の成る可く高きものを選ぶ可し。

油の取替 變壓器に使用せられたる油は、濕氣を吸収せざる様にせば、殆んど取替の必要がない。時期を定めて變壓器函内の油の絶縁性を試験し、満足なる結果を得ば取替を要せぬ。然し開閉器の場合には電路開放の際電弧を發生し、之れに依つて無定形炭素を生じ長時間(一週間も)油中に浮遊す。之れは油の絶縁性を低下するものであると考へられ、開閉器が負荷状態にて開放された時には其度毎に油を取替て居る者もある。(Transactions A.I.E.E. Vol. XXIX, 1910. p. 1120)

Digby 氏及び Milles 氏は 200 回電路を遮斷して試験したるも (Journal, I.E.E. Vol. XLV, 1910. p. 193) 別に絶縁性の低下を認め得なかつた。要するに規定荷重の下に於て作用する場合には、油の炭化はあまり著しい害を生ぜざる可し。夫れよりも却て濕氣を吸収して絶縁性を害する事が多いから、作用

したると否とにかゝらず放電間隙で一定の時期を定めて試験するがよい。従て油槽は油の出し入れに便利な構造なるを要す。

變壓器油の壽命 (油泥 Sludge の發生) 油入變壓器に於て永く油を取替すに置けば捲線の周りに油泥が沈澱して油孔を塞ぎ、油の流通を害するから遂に熱の爲めに焼損を來す事がある。従て仕様書中には此の點に關する一項を加ふ可きである。露國産の油は米國産のものに比し油泥の發生少く、又精製の程度により其の發生を防ぐ事を得。Michie 氏の研究 (I.E.E. 三月十九日 1913.) によれば油泥は油の酸化物で、従て其の發生を防ぐには油槽を出来るだけ氣密となし、オゾーンの發生を防ぐを要す。油泥が捲線面に沈澱するは銅線が觸媒作用をなすが爲めである。精製を永く繼續すれば油中の飽和せざる部分、酸化し易き部分を除き去る事が出来るが、油の値段は段々増加して來る。かゝる油は開閉器には溫度上昇の大なる 1,000 アンペア以上のものゝ外必要のなきものである。

油泥に關する試験は少しく面倒であるが次に其の一方法を示さむ。

容量 200c. cm. の凝結頸を有するフラスコに 100c. cm. の油を入れて 150°C に熱し之に一秒時につき三泡 (0.07c. ft. 毎時) の割合にて清淨なる空氣を通す。斯くして生ぜる沈澱物を石油スピリットにて處理して重量を測定す。沈澱物の重量は 45 時間試験の後之の全體の油の重量の 0.05% 以上に昇らざるを可とす。(此の試験中 4 $\frac{1}{2}$ 平方吋の表面積を有する磨かれた銅

片をフラスコ中に浸しおく)。簡単に試験せむとする場合にはオゾーンを含める空氣を加熱した油の中に吹込み、沈澱物の發生量を標準の油の試験結果に比較す。

Alexander Duckham & Co. にては下の如き試験をなしておる。

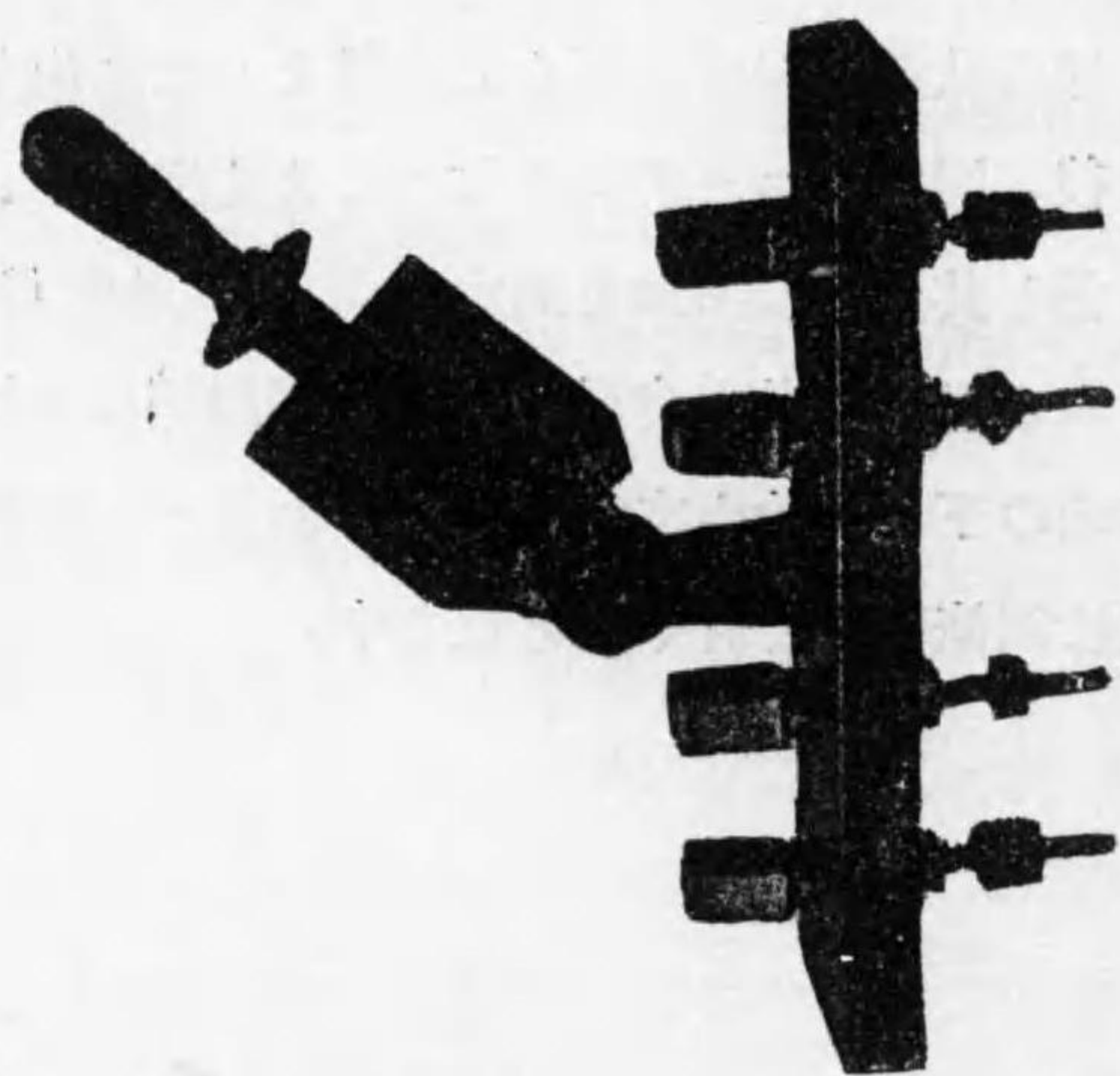
試験用油を 22 時間 180°C に熱して油泥發生の傾向を精査す。

半オンス位の各種の試験油を 85mm×35mm の大きさのピーカーに入れ之等を油槽に入れて加熱す、油槽の中央には寒暖計を入れて溫度を測り、ピーカーは時々位置を變じて各試験油を成る可く一樣の状態に保つ。斯くて油槽より取り出し 12 時間冷却したる後、同量のエーテルを加へてよく混交し、濾過紙を以て油泥を濾し其重量の増加を測定す。最大油泥發生重量は 0.03% 以下たる可し。此の會社に於ては不規則なる結果を生ずると云ふ理由の下に試験中空氣、酸素、オゾーン等を油中に吹き込み、又は銅條を浸し置く事をなさず。

第二章 電路開閉器

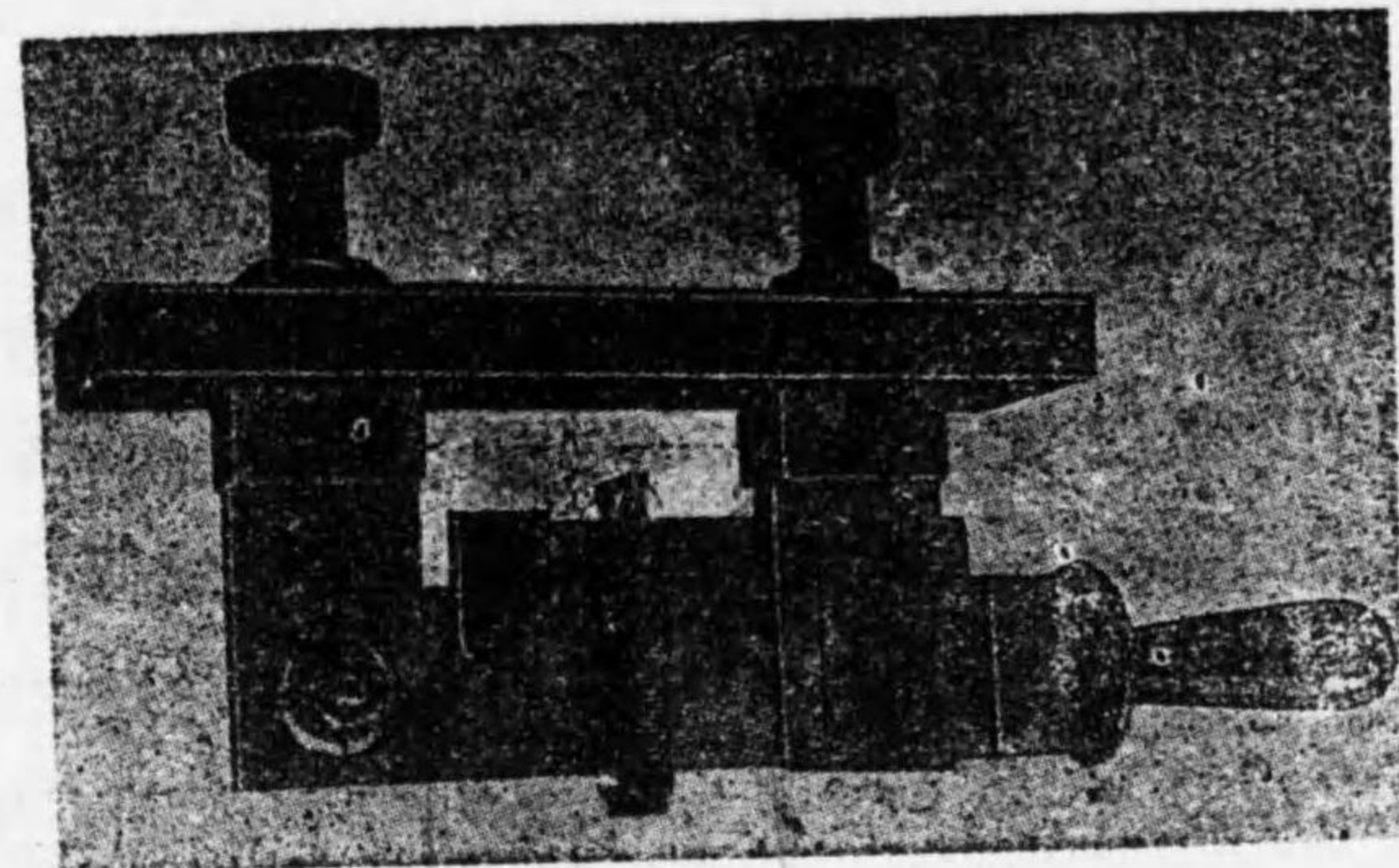
中低壓回線 英國では 650 ヴォルト及び 250 ヴォルトを超過せざる回線と夫々中及び低壓回線と定めておる。之等の回線の開閉には双形開閉器が使用せられ、100 アンペア以下の場合には、荒い使用には双部を丈夫にする爲め第十圖の如く鐵の骨を有するものが使用せらる。電流の多いものは第十一圖に示す様なものが取扱にも便利で價格も安い。

第十圖



近頃は製作上の技術が進歩して來た爲め接觸部の抵抗も頗る少くなり、始んど此の點に就き仕様を規定する必要がない位になつた。第十一圖の如き 1,600 アンペアの二極双形開閉器に於て全荷重電流が通つた場合の接觸部に於ける電壓落下を測定せ

第十一圖



しに、

蝶番接觸部……3.5 及び 2.7 ミリヴォルト

開閉接觸部……7.5 及び 10.5 ミリヴォルト

にて全體にて 24.2 ミリヴォルト、即ち全荷重にて 39 ワツトの電力損失を生ずるのみである。

【註】 大鷹恒一氏著電氣機械器具上卷 35 頁参照

開閉器、カットアウトの格定 開閉器、カットアウトの格定は頗る不統一で、同一の格定を有するものにては製造所により大きさ、遮斷容量等に著しき差が認められ或る製造所の器具は之れより大きく格定せられた他の製造所の器具より尙大なる事がある。勿論電氣機械の格定は仲々重大なる問題で、多くの委員會で盛んに研究されておるから早晩適當な方式が定められ渾沌たる現狀に替はるに相違ない。此格定に就ては中低壓回線より却て高壓回線の機械の方が深く研究されて居る様である。(「油入開閉器の撰定」の項参照)

格定の相違は他國の器具と比較した場合に尤も著しい。獨逸の製品は英國の製品に比較して一般に小さい之れは表面上格定の相違で、必ずしも獨逸品が悪いと云ふわけではない。唯質は良いが格定された容量と安全に使用せらるゝ最大容量とが英國の製品に比して頗る接近しておるのである。

如何なる機械でも、格定は其の所要の目的を遂行し得る容量を基としなければならぬ。従て若し單に電流を輸送する目的のみなれば、器具は一定の溫度上昇以内の電流輕送容量で格定す可きである。然し開閉器やカットアウトに單に電流を輕送するのみならず、電路を遮斷する役目を有つておる。之れ等の器具は單に電流を輕送するのみなれば、溫度上昇の爲めに障害を起す事は極めて稀であるが、若し設計が不完全なれば電流を遮斷する容量が小で短絡の場合には用をなさない。従て開閉器やカットアウトの格定は輸送電流に對する容量よりも寧ろ或る電壓の下に何アンペアの電流を遮斷し得るかの遮斷容量を以て定む可きである。即ち 15 アンペアを通ずるに適當なりと云ふより、250 ヴォルトに於て 300 アンペアの電流を遮斷し得と云ふが如し、此の格定の仕方は最も正しい方法で此の種の器具を比較する場合には常に標準となす可き原則であるが、現今では之れに對して適當な試験法がない。依て中低壓の開閉器カットアウトの格定は電流輕送力を以てし、外に此の格定された値に乗じて規定電壓にて安全に遮斷し得る最大電流を算出し得可き係数を規定するを以て満足せねばならない。然らば如何にして此の係数を定む可きかゞ次に起る可き問題である。

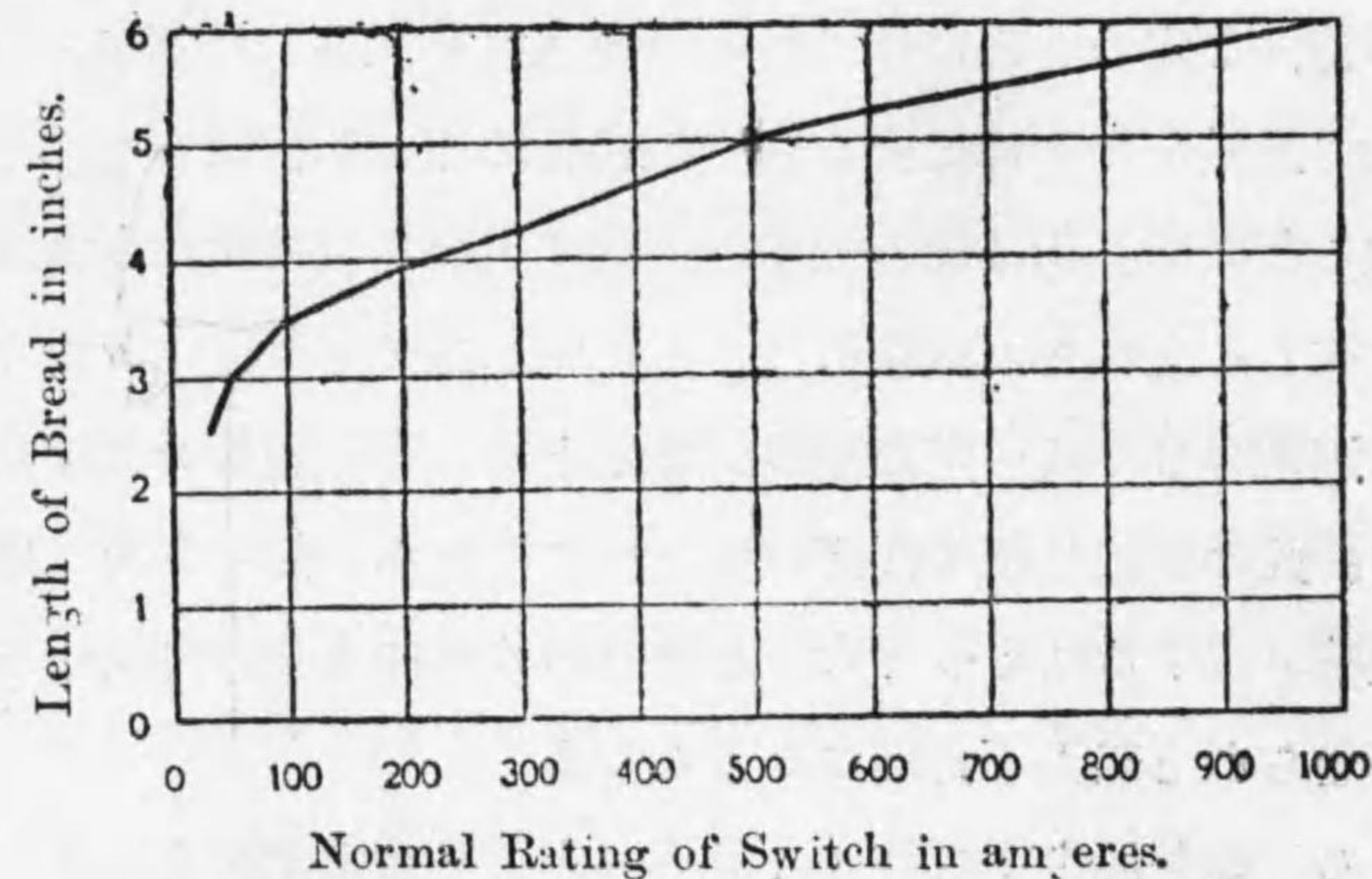
先づ第一に考へねばならぬのは、種々の状態に於て發生する短絡の程度の異なる事である。或る場合には普通の極く簡単な形をなしたカットアウト、即ち安全遮斷容量の小さなものでも満足に目的を達する事が出来るが、又普通のものでは用に堪へず大きなものとか或は特別な装置のものを要する場合も多い。同一の配電網中に於ても電源よりの距離により短絡の程度を異にし、一定の條件の下に於て生ずる短絡の程度を式示するは甚だ困難な事で實際の試験に依らねばならない。油入開閉器の場合には一定の式で表はす事が企てられた、之は幹線及び機械内に於ける抵抗による電壓降下を基礎としたもので後に挙げたる種々の状態の下に於て交流回線に發生する短絡の値の項を参照され度し。屋内用のカットアウトに就ては使用者は各々勝手な試験法を定め、之に依て自家の購入品を試験して居る。然し正して比較をなすには全く同一の條件の下に數回反覆して平均を取るを要す。尙ほ此の標準の試験は出来るだけ實際な状態になすべし。之れ等の試験にはどんな開閉器でもカットアウトでも、遮斷容量には一定の極限があると云ふ事を記憶せねばならない。此の極限を超れば破壊されてしまふ。即ちあまり過大な試験を課するはもつと大きな器具の代りにも充分に使用されねばならぬと云ふ不合理になるのである。

器具の試験を規定する代りに最小の大きさを指定する者があるが、各部必要な寸法を悉く指定する事は出来ないから之はやらぬ方がよい。例へば或るカットアウトに於て開放距離を 6 吋と指定しても、接地せる外函までの距離が 1/2 吋のみなれば全く

無稽の事である。若し又大さの外試験に合格すればよいと定むれば、恐らく指定寸法のものより頗る小なるもので試験に合格す可く、殆んど寸法を指定する必要を認めない。之れ等は製造家の自由に委して標準試験を以て満足するがよい。然し遮断容量は其の大きさに依るのであるから開放の最小を規定するは確かによい事である。同一の設計で作られた二個のカットアウトに於て一方が開放距離、端子間の距離、外函との間隔等が他より大なれば之は安全率が大であると云ふ事が出来る。

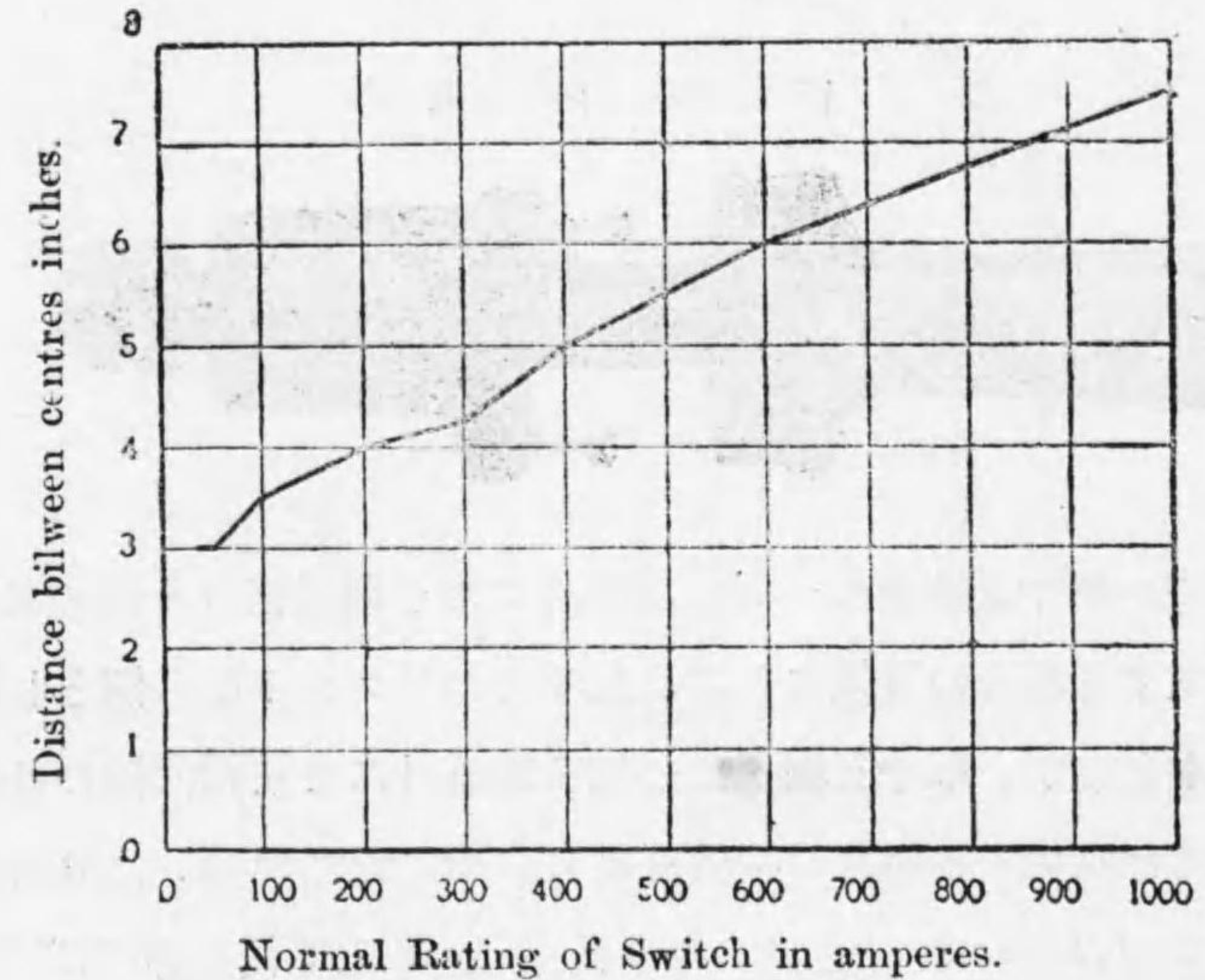
双形開閉器の開放及び中心距離 双形開閉器の開放距離は第十一圖の A で表はされる。第十二圖は現今英國に於て行はるゝもので 500 ヴォルト用速断開閉器の場合である。

第十二圖



第十三圖の曲線は 500 ヴォルト双形開閉器の中心距離で極間に絶縁壁を設けざる場合なり。此の曲線は裏面接續に普通の大きさの銅條を使用して、反對の極間の距離が 2 吋となる様に作

第十三圖



中壓双形開閉器の中心距離

られてある。これは 650 ヴォルト 500 アンペア以下の発電所配電盤に対する内務省の規定で、之れ以上は最少距離を 2 吋と定めてある。

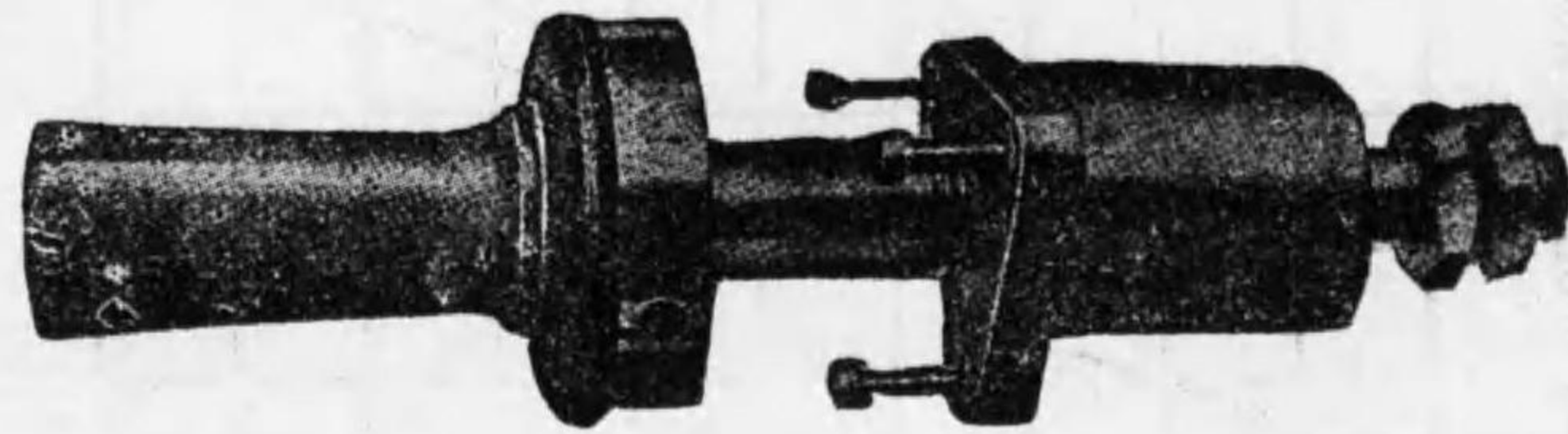
位置の関係上此の距離を取る事が出来ない時には絶縁鞘を装置するか絶縁テープを巻かねばならぬ。

中低壓栓開閉器 栓開閉器は多くの母線の電壓を一個の電圧計で測定したり、又ば試験用配電盤の電路の切替接續をなしたり種々の目的に使用され、第十四圖は其の一種を示す。

栓開閉器はソケットと栓との二部より成り、ソケットは配電盤の後面に取付け前面より栓を挿して電路を作る様になつておる。200 ヴォルト以上の回線に在りてはソケットの穴が塵埃の

爲めに塞がり短絡を起すを防ぐ爲め2吋以上に作るを要す。

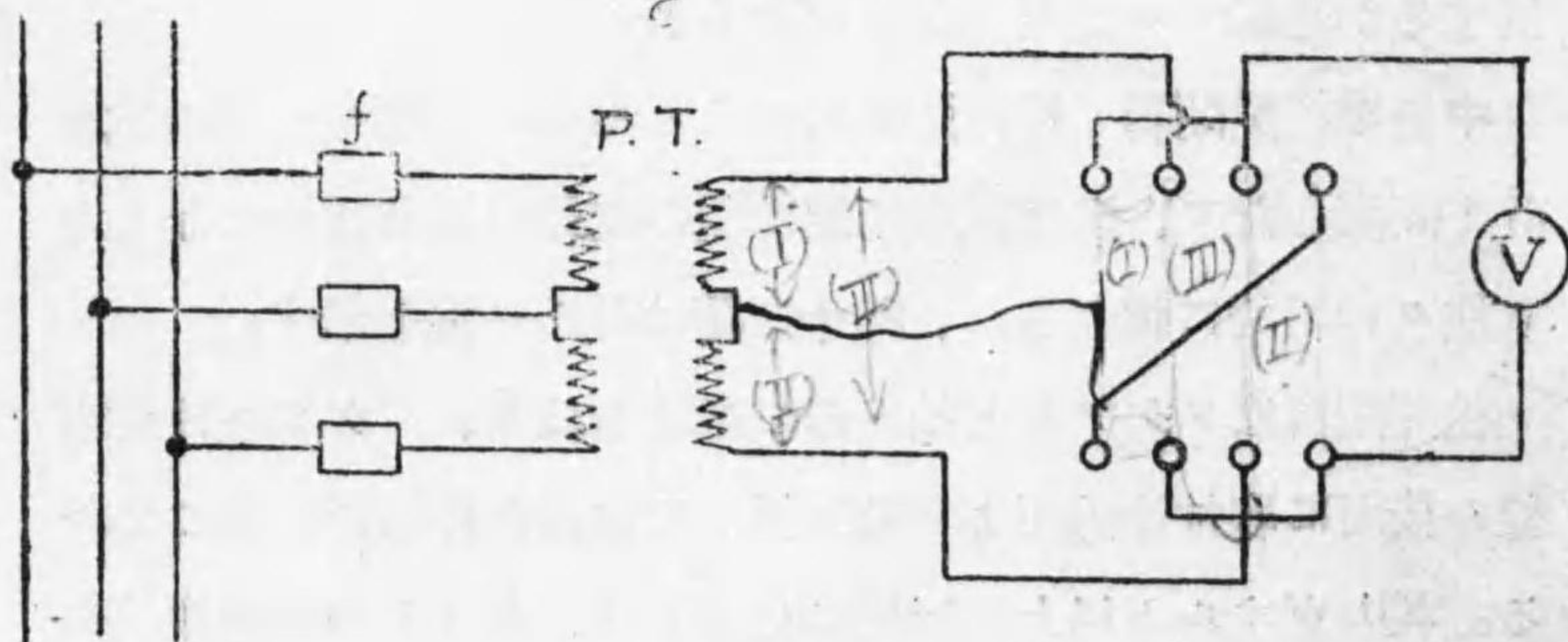
第十四圖



【註】第十五圖甲は一個の電圧計にて三相回線の各線間電圧を測定する場合の接続にして、此場合にソケットは八個とし栓は四本を要す。第十五圖乙は一個の電流計にて三相回線の各線の電流を測定する場合の接続圖なり。圖に於て C.T. は變流器にして 1.2.3.4 は ソケットなり。1 と 2 とに栓を挿せば A 線の電流、3 と 4 とに栓を挿せば C 線の電流、2 と 3 ならば A.C. の合成即ち B 線の電流が測定せらる。

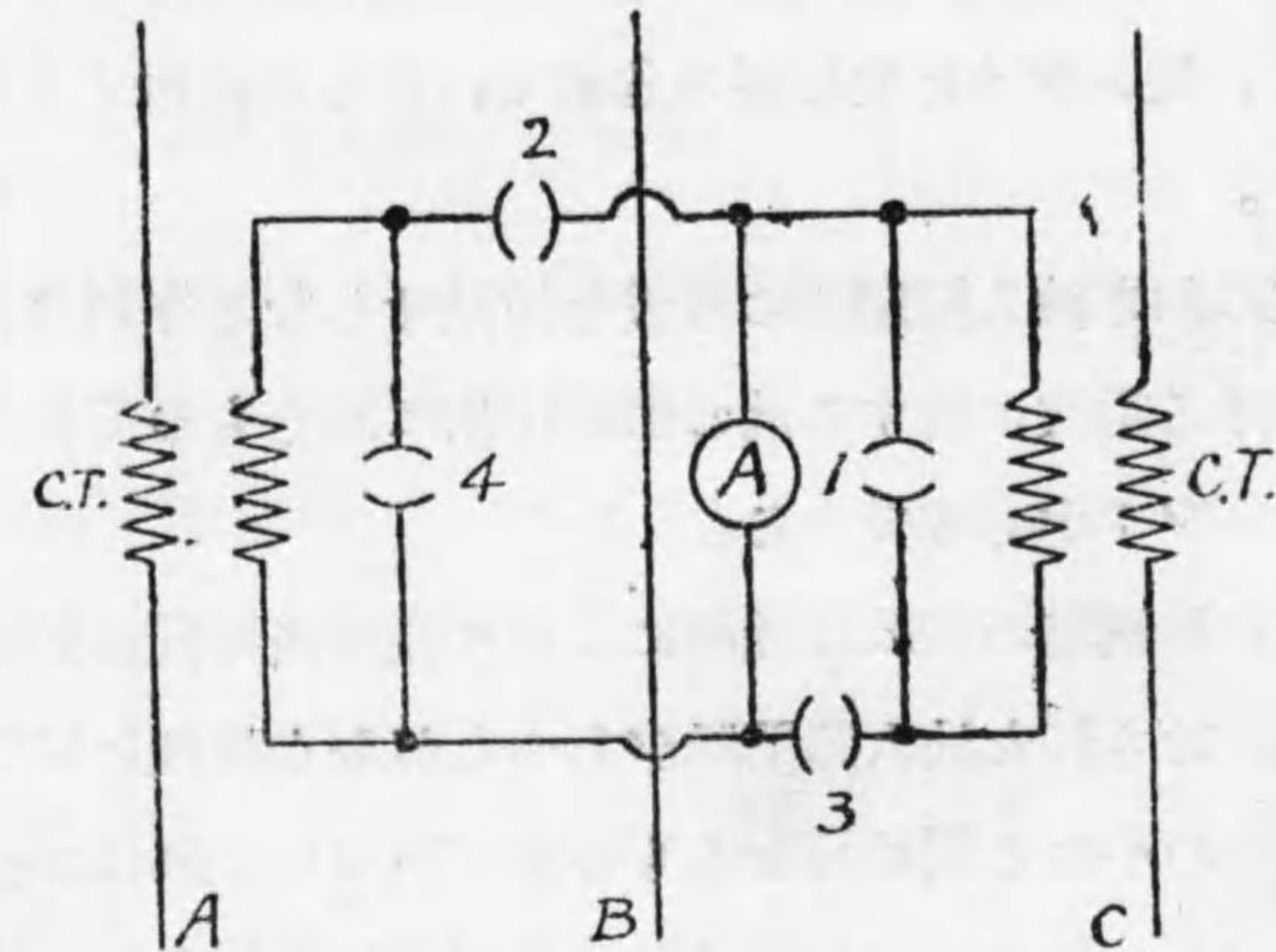
第十五圖

甲



第十五圖

乙



高壓、特別高壓回線の遮断。油入開閉器 高壓交流回線の開閉制御には自働油入開閉器が標準の器具として使用されておる。低壓交流回線にはカーボンプレーギの電路遮断器も用ひられるがやはり油入開閉器を用ふる方がよい。高壓、特別高壓回線に至りては其の能率及び信頼し得べき點に於て、殆んど之れに比較す可きものもない位である。

油入開閉器の最もよい特性は交流回線開放の際、電流が零又は殆んど零となりたる場合に遮断する點で電流の通ずる回線を開けば開放部に於て電波を生ずるが此の電波は油中に起る爲め油の爲めに冷却せられ、且つ油の壓力を受ける。電弧を成して起る高温度の氣流を吹き消すには、電流が零となる場合即ち電波の方向が將に反轉せんとして基線を通過する際が尤も抵抗が

少く、此の際電路は遂に開放せられる。此の點はエア・ブレーキの電路遮断器とは非常な相違で、交流回線に用ひられたエア・ブレーキ電路遮断器は電流が最大の値に在る時電路を開くから、長い電波を生じ頗る危険で、決して使用す可きものではない。

前述の如き油入開閉器の電波を消滅せしむる作用は、接觸部に發生せる電波に対する油の壓縮作用に基くものであるから、相當のヘッドが必要である。

以前は接觸部の開放は油面にて起り開放後可動部を油中に浸す様に設計された油入開閉器があつたが全く原理を誤てるもので、容量の小なる間は可なるも容量が増加して來れば甚だ差支へを生ずる。種々誤てる設計の油入開閉器が作られた結果、現今では構造の細部や大きさ、強さ、等には相違があるが原理に於てはどこの製造家も一致した設計の油入開閉器を作る様になつた。此の最後の問題たる大きさ、強さ即ち遮断容量は今日仲々重大な問題で、油入開閉器を使用した爲めに屢々苦い経験を嘗めて居る。容量の少ない發電所に於て規定電壓、電流にては満足に使用する事が出來ても、電路内に生ずる激しい短絡の爲めに用に堪えない場合が往々ある。高速度でセルフインダクションの少いスチーム・タービンが用ひらるる様になつてから、此の障害は一層多くなつた。スチーム・タービンを原動機とする發電所に於ける短絡は蒸汽機關の場合より激しいものである。

依て種々の場合に生ずる短絡の程度に關して或る標準を定むる事は必要な事で、油入開閉器は此の値より大なる遮断容量を

有せしめねばならぬ。

種々の状態の下に於て交流 回線に發生する短絡

次に Verband Deutscher Elektrotechniker の提議せる短絡の値を定むる略式を擧げむ。

常規短絡電流とは短絡が起つた第一瞬時に發生する過大の電流でなく、其の後常規の状態で流れて來る短絡電流を意味するものである。自動遮断器を有する開閉器のクレーが限時性を有せず瞬間動作のものなれば下の法則は大いに注意して適用せねばならぬ。

(a) 母線電路遮断器 同時に該母線に接続せられつゝある總ての機械の全負荷電流の三倍。

即ち若し全負荷電流各 195 amperes なる發電機を四基有する發電所に於ては、母線に直ちに接続されてをる開閉器の常規短絡容量は $3 \times 4 \times 195 = 2,340$ amperes となる。發電所の補助電力線を開閉する遮断器でも、大なる幹線を開閉するものと同一の短絡容量を有せしめねばならぬ。

(d) 母線より遠き幹線の終端に在る遮断器 全負荷電流に於ける降下が $n\%$ ならば

$$\frac{100}{n} \times I \text{ amp.}$$

なる遮断容量を與へねばならぬ。但し I は幹線の全負荷電流

とす。

(c) 環状幹線に接続せらるゝ遮断器 電流が環状幹線の尤も甚だしい結果を與ふる部分よりのみ流るるものとして (b) によりて計算す。環状幹線より分岐されたる回線に接続せらる可きものは (b) と同様として取扱ふ。

(d) 變壓器の二次回線の遮断器 母線に直接に接続されてをる變壓器の二次回線の遮断器は

$$\frac{100}{d} \times I \text{ amp.}$$

なる遮断容量を與ふ可し。但し I は變壓器の全負荷電流にして d は全負荷に於ける變壓器内の降下 % なり。此の値は變壓器容量の凡そ 30 倍なり。

(e) 變壓器の一次線が全負荷電流 I amp. に於て $n\%$ の降下を起す幹線を経て母線に結ばれ變壓器内には全負荷電流 I に於て $d\%$ の降下を起すが如き場合には、變壓器二次回路の遮断器は

$$\frac{100}{d+n} \times I \text{ amp.}$$

の遮断容量を與ふ。

(f) 二次幹線端に於ける遮断器 全負荷電流 I amp. に於て $d\%$ の降下を起す變壓器の二次幹線端に在る遮断器は、 n_1 , n_2 を夫々此の變壓器の一次、二次幹線の全負荷の際の降下とせば、

$$\frac{100}{d+n_1+n_2} \times I \text{ amp.}$$

の遮断容量を與ふ可し。

(g) (b), (c), (d), (e), (f) 各項に關し開閉器は其の發電所自身の短絡容量より大となすを要せず。

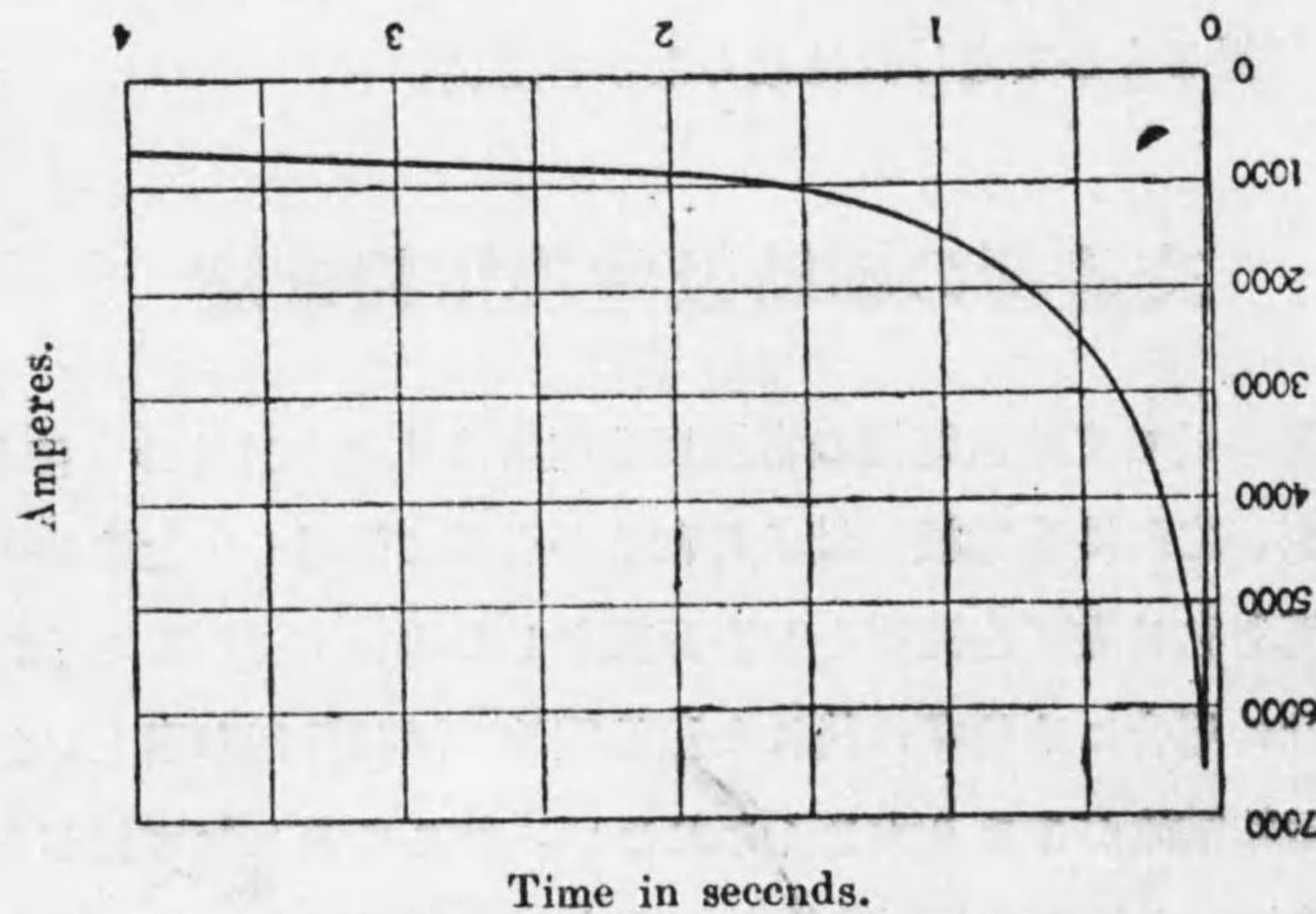
以上は常規短絡電流で、開閉器は規定電壓の下に於て之れ等の電流を遮断し得るを要す。Verband Deutscher Elektrotechniker では遮断器は此の電流を完全に二回まで遮断し得る様定められたれども、著者は之れでは不完全で、充分安全ならしむる爲め此の状態でどここの部分も直さず少くとも 6 回は完全に遮断し得るものでなければならぬと思ふ。

交流機の瞬時及常規短絡電流

前節に於て交流發電機の常規短絡電流は凡そ全負荷の 3 倍としたが、之れは發電機の端子を初めから互に短絡してをき除々に運轉を初め遂に全速度とし全勵磁をした場合に流るるもので、此の場合には位相の後れた短絡電流の減磁作用が著しい爲め、短絡電流があまり大きくなれない。然るに若し發電機が全速度全勵磁の下にて運轉せらるる内急に短絡が起つたとすれば、發電機的全電壓によりて短絡電流が流れ其の値は全荷重の 20 倍にも達する。此の瞬間には短絡電流の減磁作用は充分作用する暇なく只僅かなアーマチュアの self induction によりて制限されるのみで、reactance voltage を發電機的全電壓に等しからしむるには非常に大きな電流を送らねばならぬ事になる。ターボ發電機の短絡電流をオツシログラフで撮て見ると全

荷重の 20 乃至 30 倍に達する事が解る。此の瞬間短絡電流は矢張普通の交流の様に強弱が交番するが、決して負の値になる事はない。唯基線の上方に於て強弱が交番し、平均の値は常に基線の上方に在り、數秒後此の電流は漸次常規短絡電流に接近し來る。瞬間短絡電流は 5,6 秒乃至 30 秒位續くが激しい部分は其の内の僅少な時間で、一般に一秒後には常規短絡電流の 2 倍位になつてしまふ。

第十六圖 (比用、別添)



(4,000 キロ、5,800V 三相交流ターボ發電機
全負荷電流 400A の短絡電流)

第十六圖は 5,800 volts. 4,000 k.W. の三相交流發電機 (Carville Station, Newcastle Elec. Supply Co.) の實驗結果で、短絡發生後の電流の變化の状態を示す。

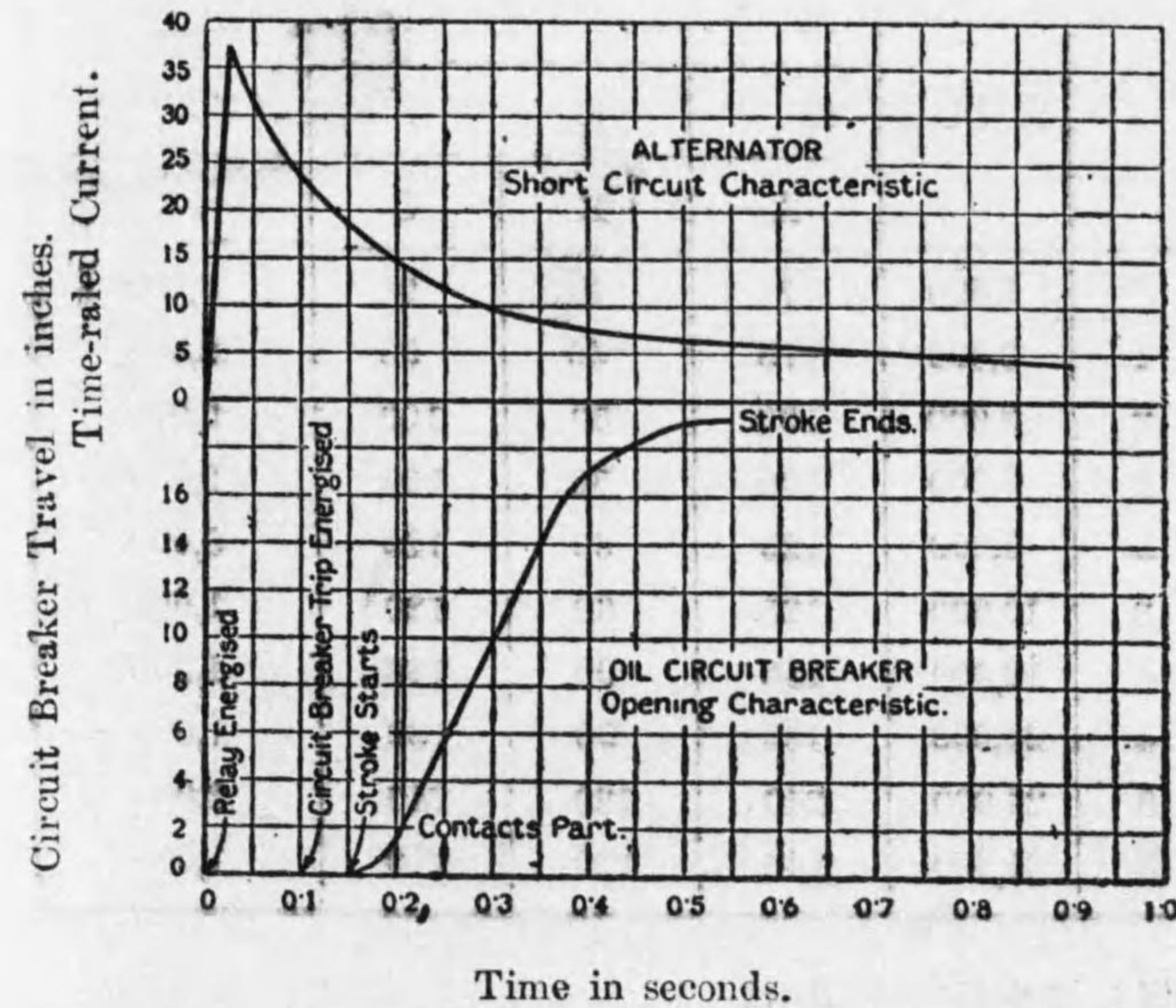
即ち 0.1 秒後に電流は常規短絡電流の約 10 倍となり、1 秒後には之れより少し多ひ位に減じてしまふ。

斯くの如く瞬間短絡電流の流れる時間が極めて僅少であると云ふ事は、遮斷器の容量を定めるのに尤も重大な事で、若し開閉器の自動遮斷器に 1 秒間の限時性を與ふれば前節の算式の略正しきを知る可し。又限時性を 1 秒以内にすれば、開閉器の遮斷容量を著しく増加せねばならない。 ("Proc.," A.I.E.E. Feb. 1915. page 271. Randall 氏 Oil Circuit Breaker 参照)。

然しクレーの限時性以外 2 クレーや、トリップコイル接觸部等を働かすには或る時間を費さねばならぬ。

此の關係は第十七圖に示す。即ち先づ第一にクレーコイルが

第十七圖



作用し、次でトリップ・コイルに電流が送られ之れに依て接觸部の開放が始まるので、クレーの限時性は甚だ少なるものなる

にかゝらず、實際の電路が遮断せらるる時は瞬間短絡電流は常規短絡電流の 2,3 倍に減じ、全く開放せらるる時には遂に常規短絡電流となつてをる。 ("Proc." A.I.E.E. Vol. XXX. part 1. page 500. を見よ)。

油入開閉器の選擇 實際の場合の短絡や電流遮断に對し、適當な開閉器を選定する事は最も重要な事であるが、現在の科學の状態では多くの製造家の製出する開閉器の正確な最大遮断容量に對し、明瞭な解答を與ふる事が出来ないから之れは頗る困難な問題である。

	使用電壓	最少の大きさ(ミリメートル)			遮断容量 (アンペア) 常規短絡電流
		空 中	油 中		
		A	B	C	
1	1,500	75	40	90	3,000
1	3,000	75	40	90	2,000
2	3,000	100	50	100	6,000
2	6,000	100	50	100	2,000
3	6,000	125	60	120	6,000
3	10,000	125	60	120	1,000
4	12,000	180	90	180	4,500
4	24,000	180	90	180	1,000
5	24,000	240	120	240	2,000
5	35,000	240	120	240	1,000

但し最少の大きさ A は

- (1) 大地迄の距離
- (2) 他の極又は相間の距離。

(3) 開放距離、

B は、

- (1) 大地迄の距離、
- (2) 油の上面迄の距離、
- (3) 他の極又は相間の距離、
- (4) 開放の場合同一線路の極間の距離、

C は、

開放の場合固定接觸部の開放點より油面までの距離、

是等の寸法はすべて最少直線距離を示す。

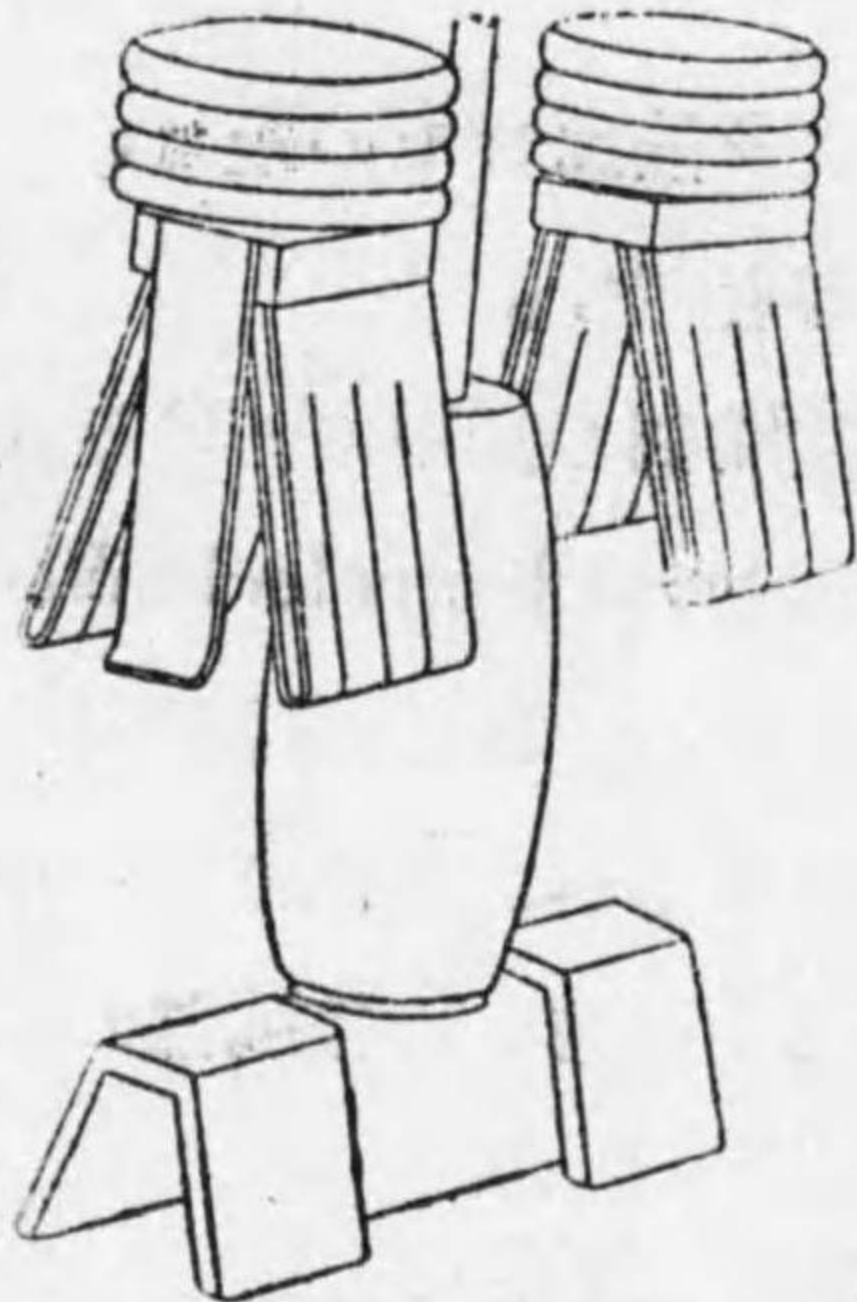
以上は開閉器の遮断容量は其の大きさと接觸部の油中に於ける深さに依るものとしての Verband Deutscher Electrotechniker の規定で屋内用の開閉器に適用さる可きものである。開閉器の遮断容量に就ては勿論其の大きさも重要であるが、猶此の外、見過す可からざる要件がある。之れ等の内先づ第一に接觸部の開放せらる可き速度を考へねばならぬ。

油入開閉器の開放速度 低壓開閉器より得たる經驗により、油入開閉器の開放速速の重要なるは直ちに想像し得らるる處ろで、油入開閉器が開放せらるる時には油中に電弧を生じ、此の電弧は早い程よく消滅せしむる事が出来るから開放速度は早い方がよい。油入開閉器には重要接觸部に電弧を生じて之れを焼損するを防ぐため、最後の開放は接觸部に於て行ひ此の點に電弧を生ぜしむる様になつてをる。而して急速度なる開放を行ふ爲めには之等の接觸部は相當の長さを有し、接觸部が開かれて電弧が発生せむとする際には已に、開閉器の機構は或る距離を

動き出来るだけ大きい加速度を得て居らねばならぬ。従て補助接触部を單に主要接触部の保護にのみ用ふるは誤つてをる。

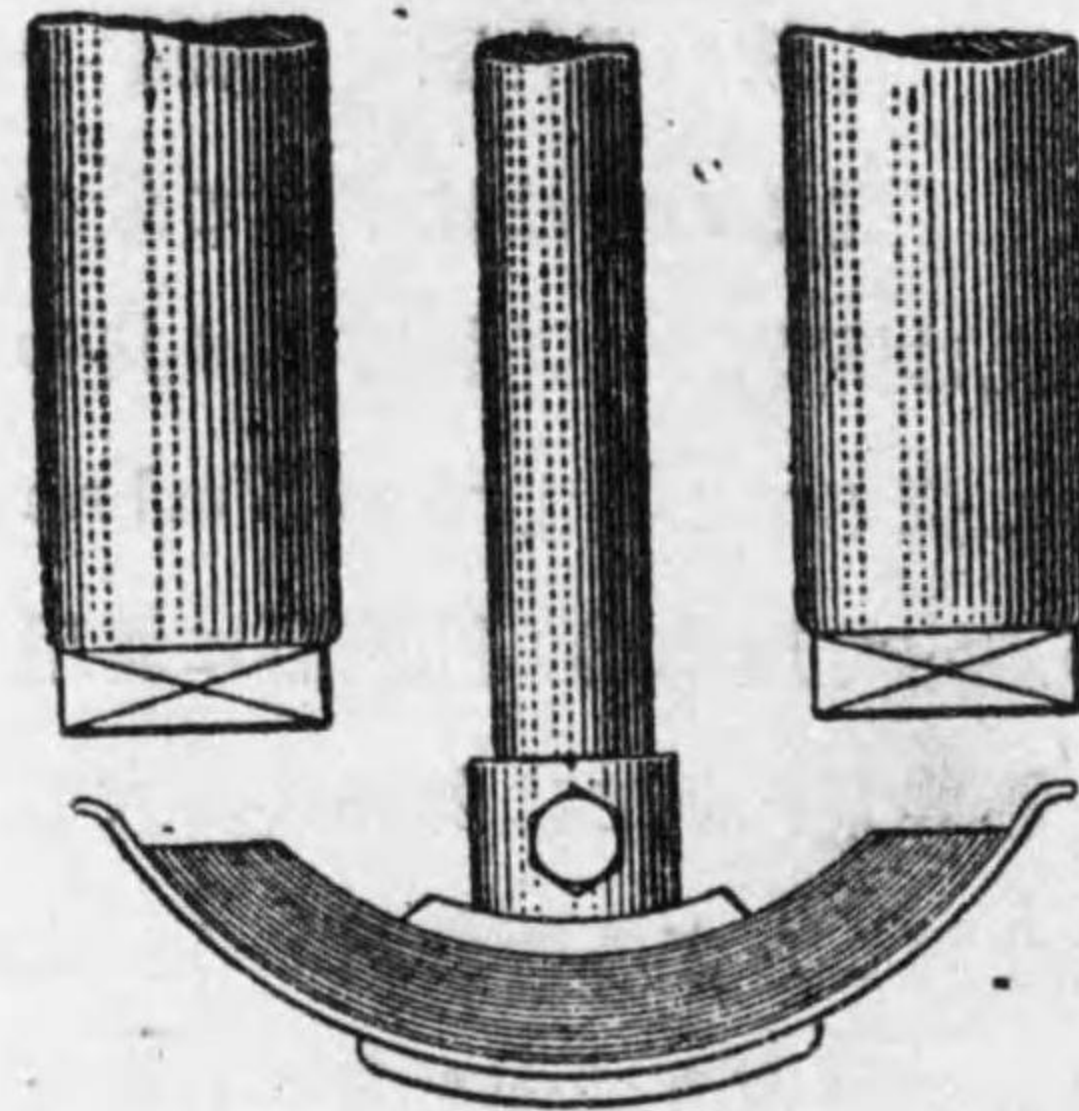
第十八圖、第十九圖、第二十圖は油入開閉器接触部の三種を示したもので、第十九圖では補助接触部が短かく機構が開放迄に早い速度になる事が困難で、従て開放は迅速に行はれない。

第十八圖



長い補助接触部を有する油入開閉器

第十九圖

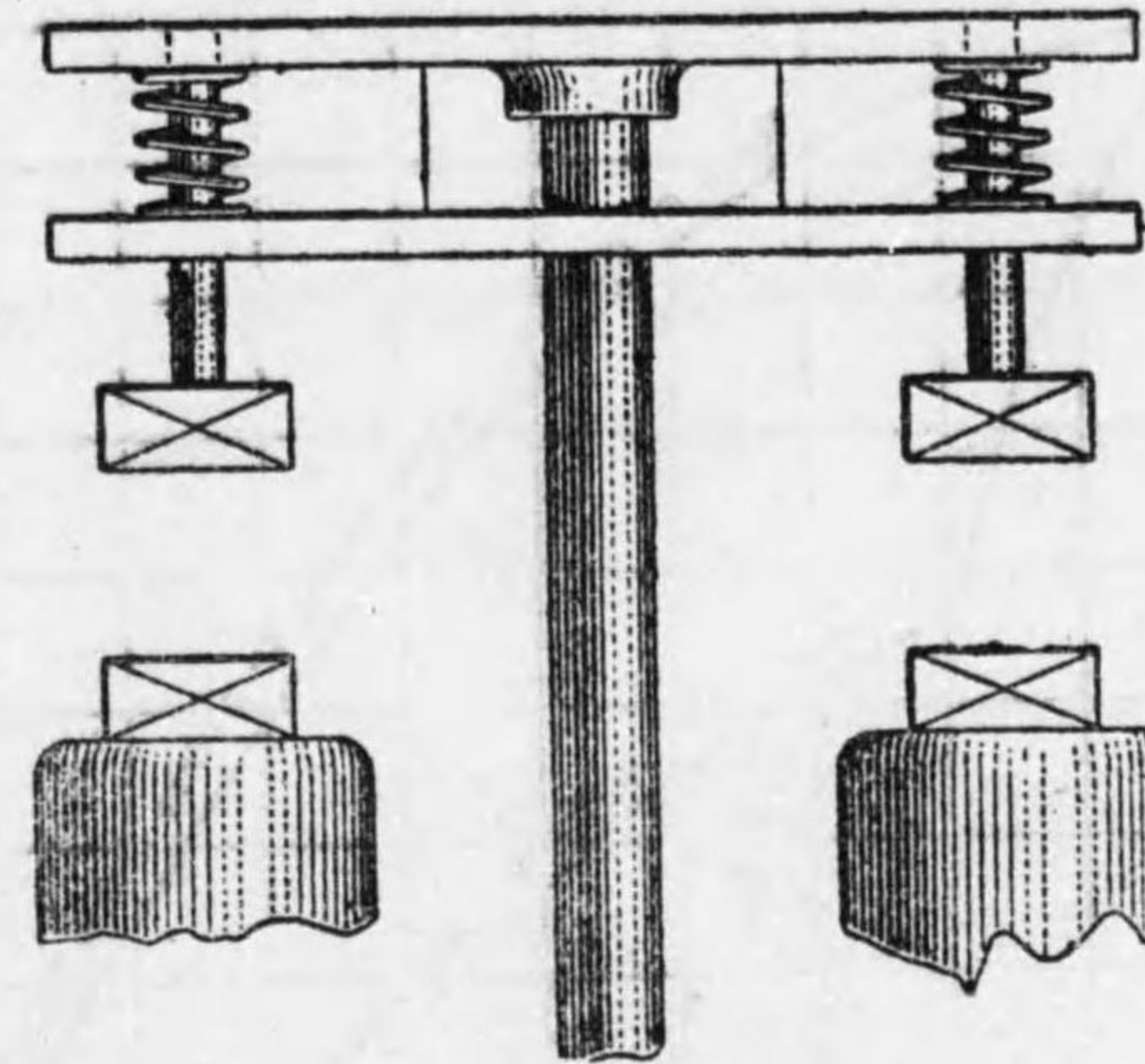


短い補助接触部を有する油入開閉器

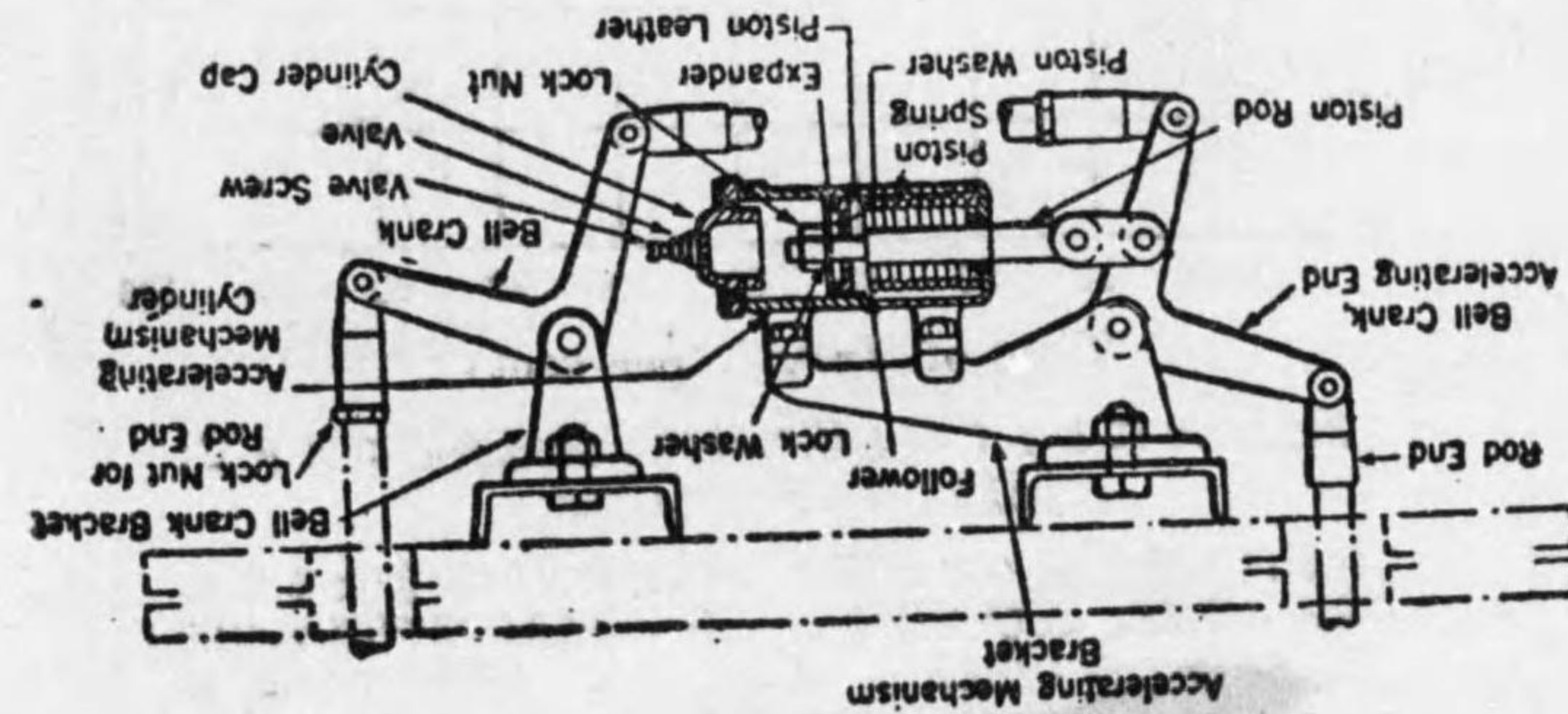
然るに第十八圖では補助接触部が開放される迄には機構は相當の距離を移動し、開放が急激に行はれる。第二十圖に於ては補助接触部を短く開放速度が遅いから、スプリングを附して機構が或る加速度を得るまで接觸を保つ様にせねばならない。

油入開閉器の開放が單に電力にのみ依るものなれば、各部の摩擦などの減速作用により自由落體の速度より遅い筈である。第二十二圖は電力により自由に落下する場合と、特殊の設計を

第二十圖



第二十一圖

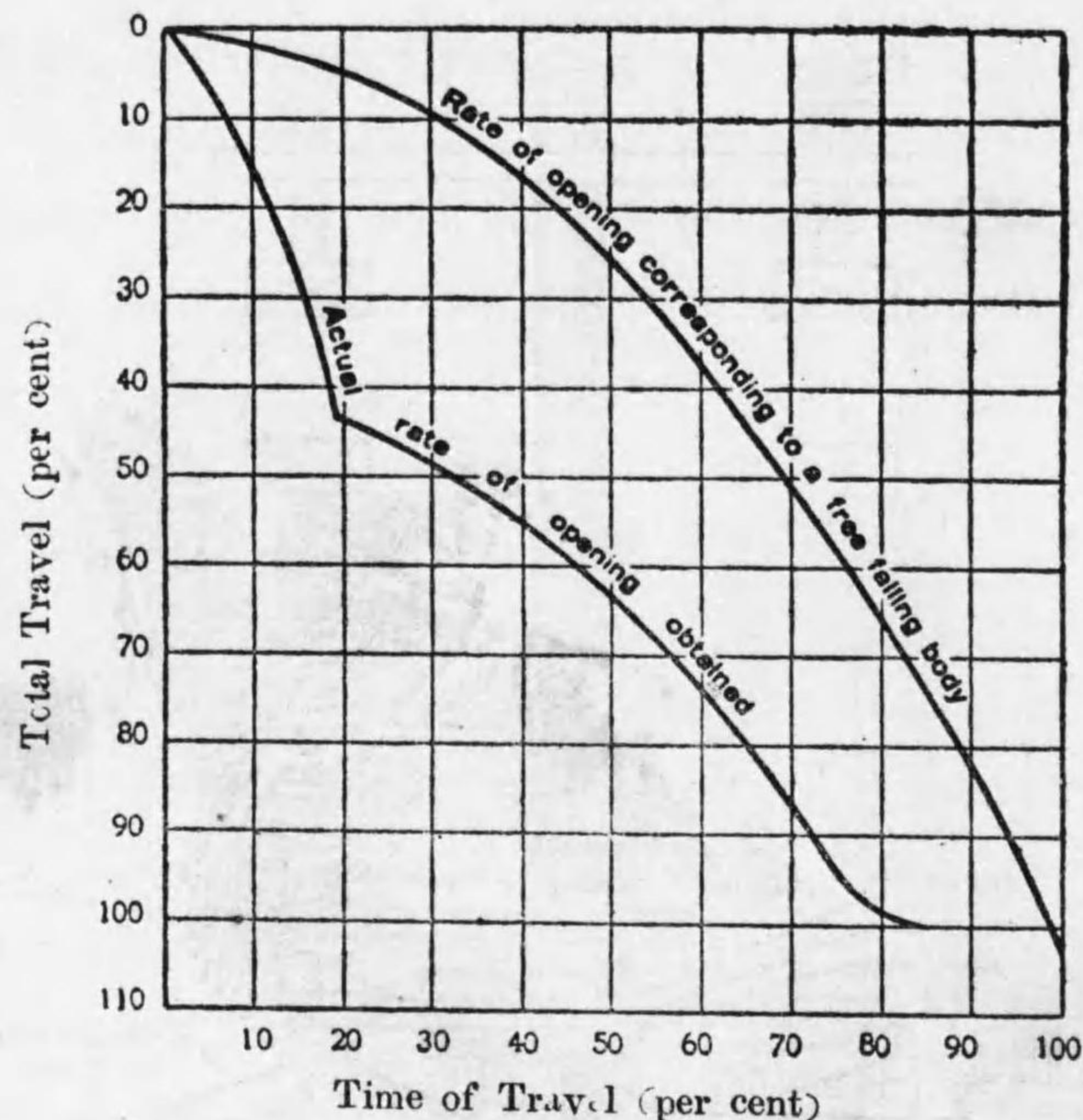


油入開閉器の加速装置

此機構は普通リモートコントロールの開閉器に付けるもので開放の速度を早めるスプリングとストロークの終りに運動量を吸収して衝激を與へぬピストンとがある。

なし油入開閉器の實際の開放速度とを比較したもので、現今は大いに此の初速を増大する事に注意する様になつた。従てストロークの終りにあまり速度が大となり機械的破壊を起し易いか

第二十二圖



重力のみによるものと他の特殊な加速装置によりて開放するものとの比較

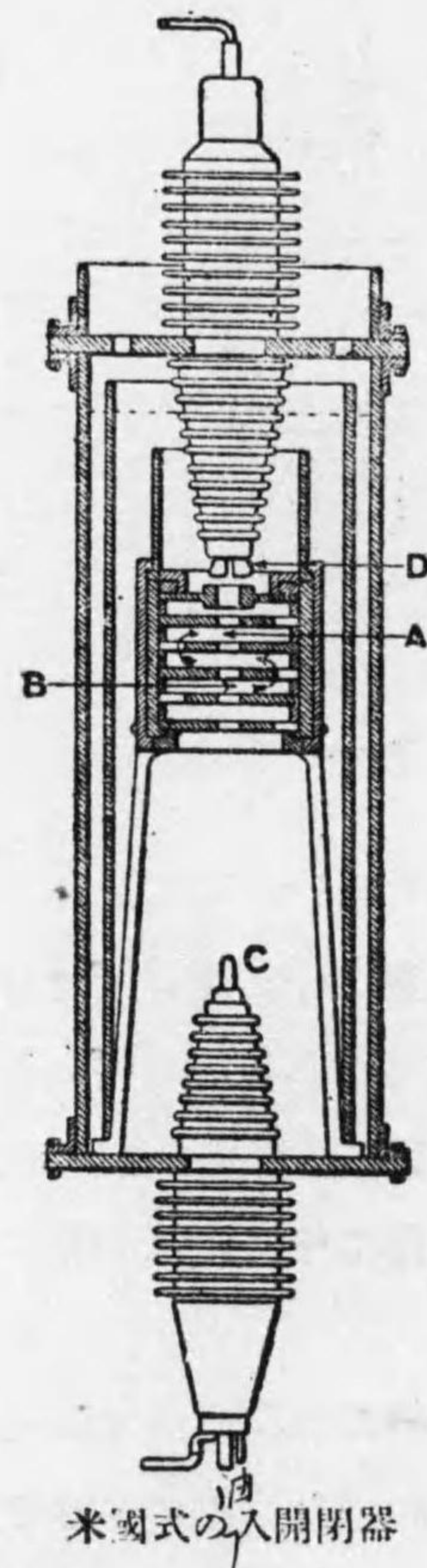
本圖は加速装置のない開閉器の尤もよい場合なる自由落體の曲線、及び加速装置を有する特高用開閉器の開放の割合を示す曲線で、後者に於ては開放距離の初めの40%は已に大なる加裝度を有して居る主要接觸部により大なる速度で引張られた補助接觸により開放速度頗る早く、終りの頃は其の運動量を吸收され速度が減ず。

らストロークの終りには此の大なる速度を吸收する装置を施さねばならぬ。第二十一圖はかかる油入開閉器の機構を示したものである。

次に油入開閉器遮斷容量を定むるに、其の大きさ、堅牢なる

事、開放の速度、或は使用す可き油の性質等の外、開放の際發生する電弧を出來得る限り有効に抑壓する爲め、多量の油を電弧と接觸せしむる事に就て考へる必要がある。此の目的の爲め米國では接觸部のまわりに小隔室を作り、少量の油を急速に電弧のまわりに流動せしむる方法を探り、歐洲では長き多數の接觸部を設けて多量の油に接せしめて居る。

第二十三圖



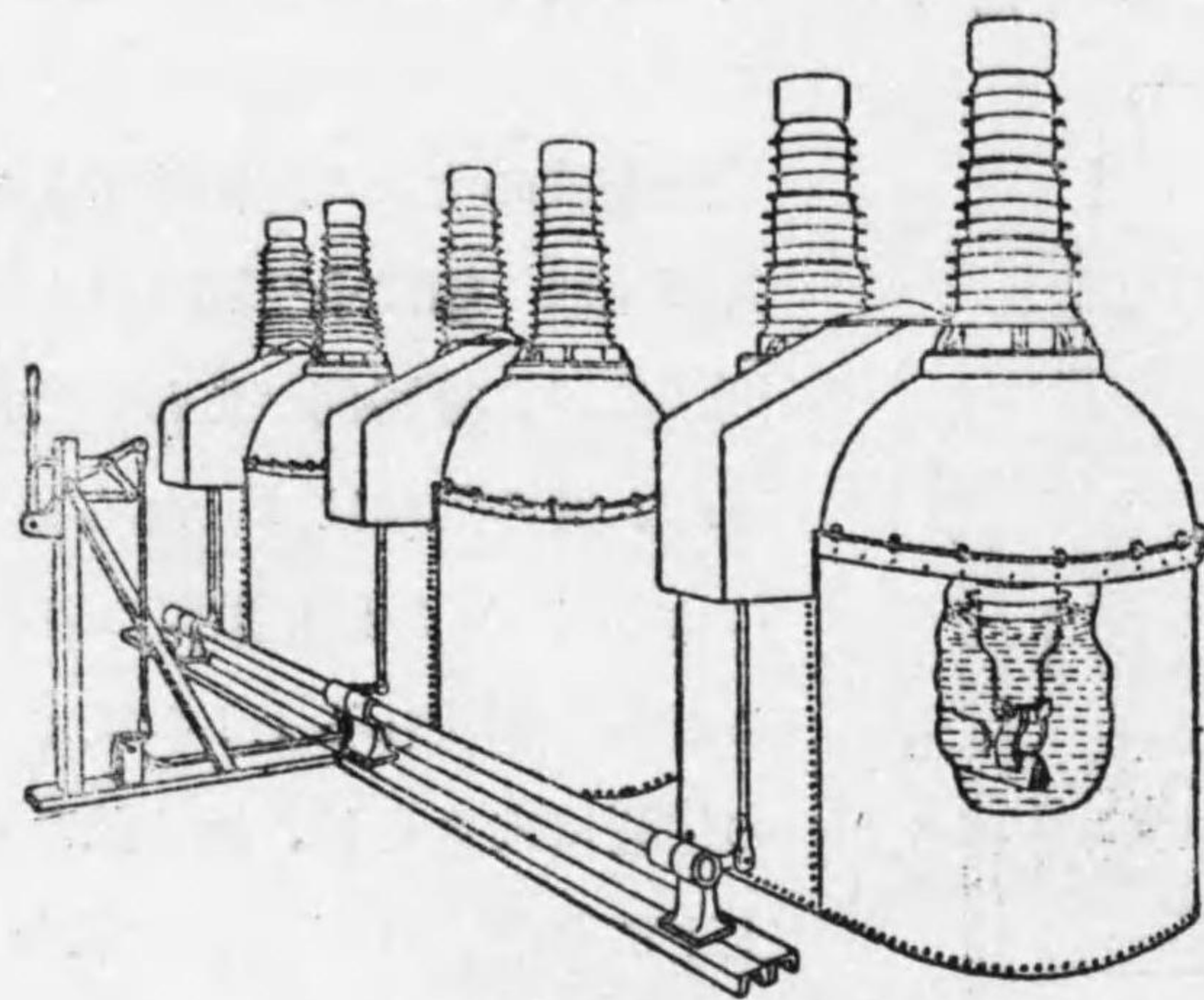
る。

米國式の大なる遮斷容量を有する油入開閉器 第二十三圖は此の種の油入開閉器で、接觸部のまわりは圓筒で被はれ、其の内部は B なる多數の隔板によりて A の如き數箇の小室に分たれる。B の相隣れる上下の板は主に反對の位置に穴を有し、油は此の穴により上下に通ず。D は固定接觸部 C は可動接觸部なり。DC の両者が分離せらるれば電弧は A の中央の穴を通じて發生し A に壓力を生じ、油を矢の如き方向に流動せしめて電弧を消滅せしむ。此の式の特長とする處は少量の油を用ひ機械的に油に壓力を與へて急速に油を流通せしむる點で、此の式は一般に油中の接觸部の外に之より早く開放せらる可き油中に在らざる主要接觸

部を有する缺點がある。

歐洲式油入開閉器 歐洲式と云ても勿論米國にも行はれて居るが、比較的歐洲に多く行はれてをるので斯かる分類法をなしたまでである。此の式の油入開閉器には油を電弧のまはりに流動せしむ可き機械的方法を備へず、**第二十四圖**に示した様に

第二十四圖



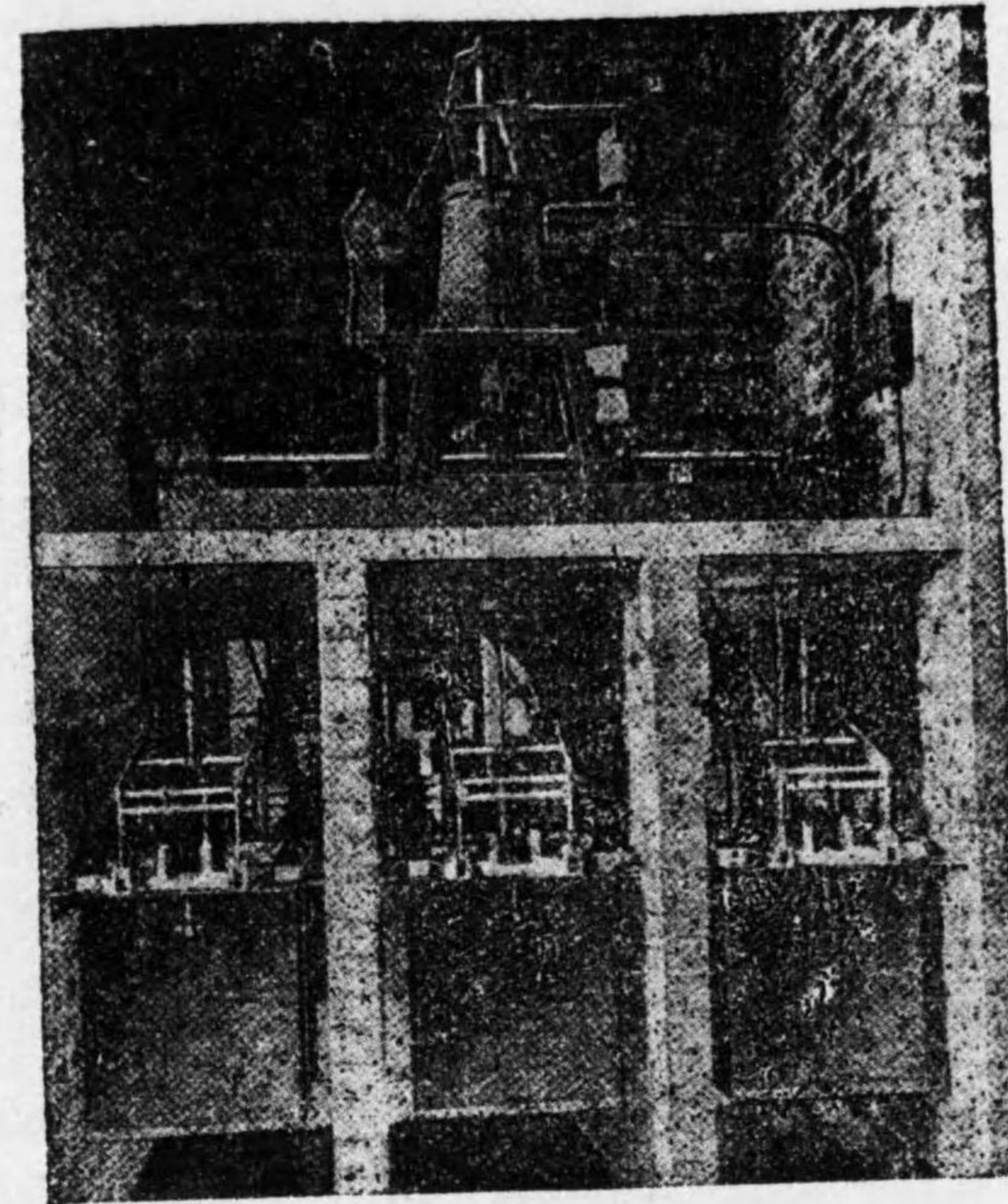
大なる三相油入開閉器

一極に二つの開放部を有し油量大なり

多くの開放面と多量の油を使用してをる。**第二十四圖**に於ては各相は皆別の油槽に入り一相に二箇の開放部がある。油槽に入るターミナルは 50,000 ヴォルト以上の高壓に使用せらるる様な組合せたターミナルが使用されて居る。**第二十五圖**は一相に四箇の接觸部を有する油入開閉器を示す。

油入開閉器の型及び構造 油入開閉器も他の操縦ギヤと同様に頑丈でなければならぬが、猶其の外次の様な諸點に注意せ

第二十五圖



Feranti oil switch

40,000 volt まで使用し電氣的に制御さる一相に四個の接觸部あり。

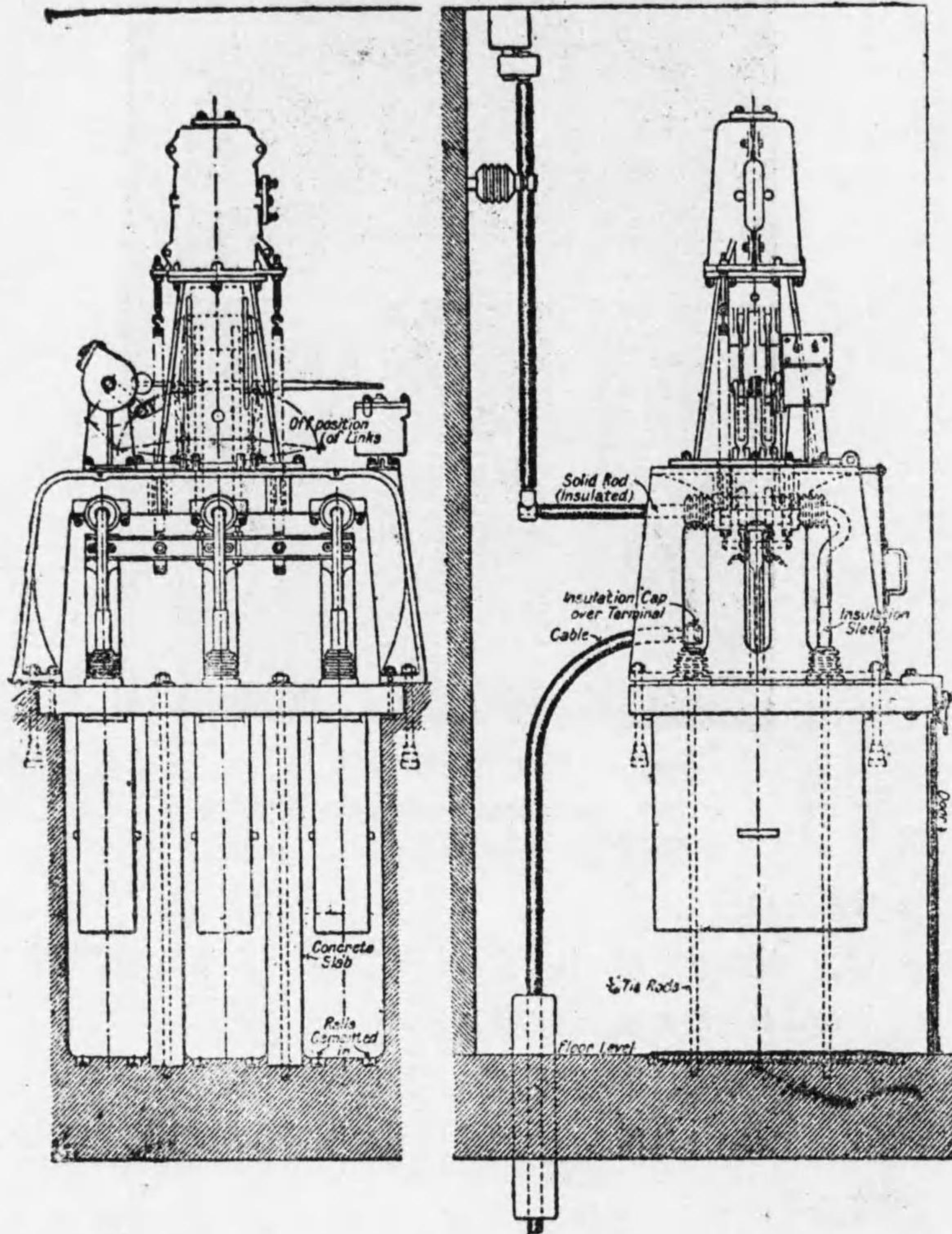
わばならぬ。

- (1) 開閉器が開かれてをるか閉ぢられてをるかが配電盤の前面から明に解る様に作る事、
- (2) 接觸部は平滑に開閉され作用確乎なる事、
- (3) 木材は油槽の内張に使用する外開閉器の機構中に使用せざる事、

【註】 現今未だ木材の如く強靱にして絶縁性に富み廉價なる材料を缺く爲め接觸片の腕として使用する事多し。

(4) 陶製絶縁物は張力に對し脆弱なるを以て張力を受くる

第二十六圖



リモート・コントロール自働油入開閉器
500 アムペア 6500 ヴォルト (Feranti Co.)

部分に使用せざる事、

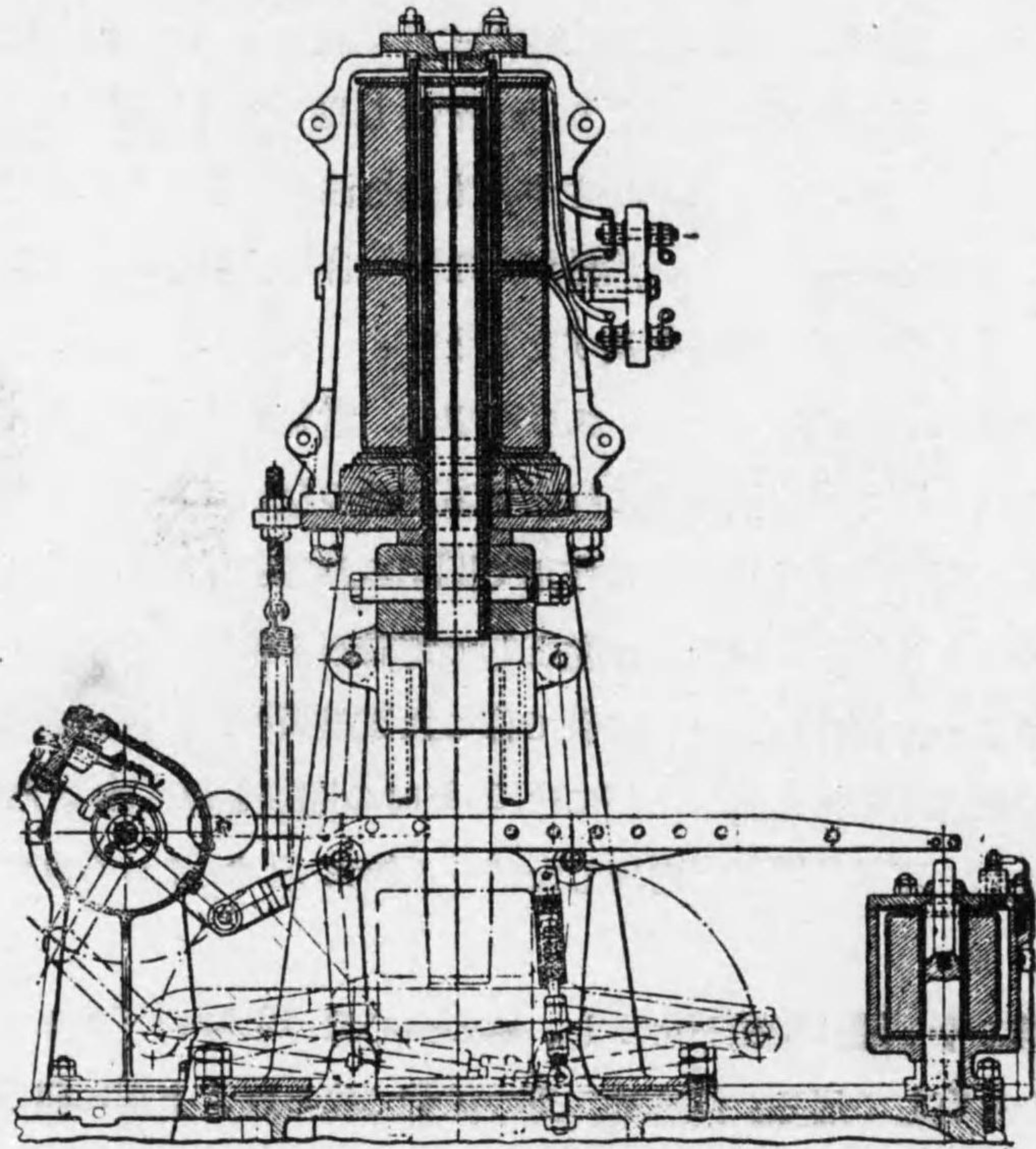
(5) 油槽の外側には室内温度に於て満さる可き油面を刻し、且つ容易に外部より油面を検し得る装置を施し置くを要す。猶油槽を取り外さずとも油を注入し若しくは抜き去る事を得る様にし、油槽が大なる場合には軽く油槽を取り外し得る様な装置を施すを可とす。

リモート・コントロール・スイッチ 電氣的に遠方から操縦する油入開閉器は機械的に操縦する餘地のない様な場合に使用され、電動機又は電磁石の作用で開閉される。電磁石の方が電動機よりも簡単で現今では主として電磁石を使用してをる。

第二十六圖はヘランチ會社で作つた電磁石作用の開閉器で、各相別々な油槽を用ひ内部には 1/2 吋の間隔を以て木で内張をなし、可動接觸部は處理したチーク棒に取り付けられてをる。

第二十七圖は電磁石を示し、其の鐵心は 12 吋の「ストローク」を有して居る。鐵心は二重の鐵管で作られ、上端に磁極を作るため薄板が取付けられて居る。此の構造に依る時は渦流による減速作用がないから敏活に作用せしむる事が出来る。第二十七圖の右側の電磁石は「トリップコイル」で左側に小さな「コントローラー」がある。之れは開閉を配電盤面に示す電灯用のもので、又開放の際には「トリップ・コイル」の回線を開く。此の開閉器を扱ふには配電盤に取付けられた「コントローラー」と二個の押「ボタン」とを以てし、「コントローラー」の廻轉は「ダツシボット」で減速される。

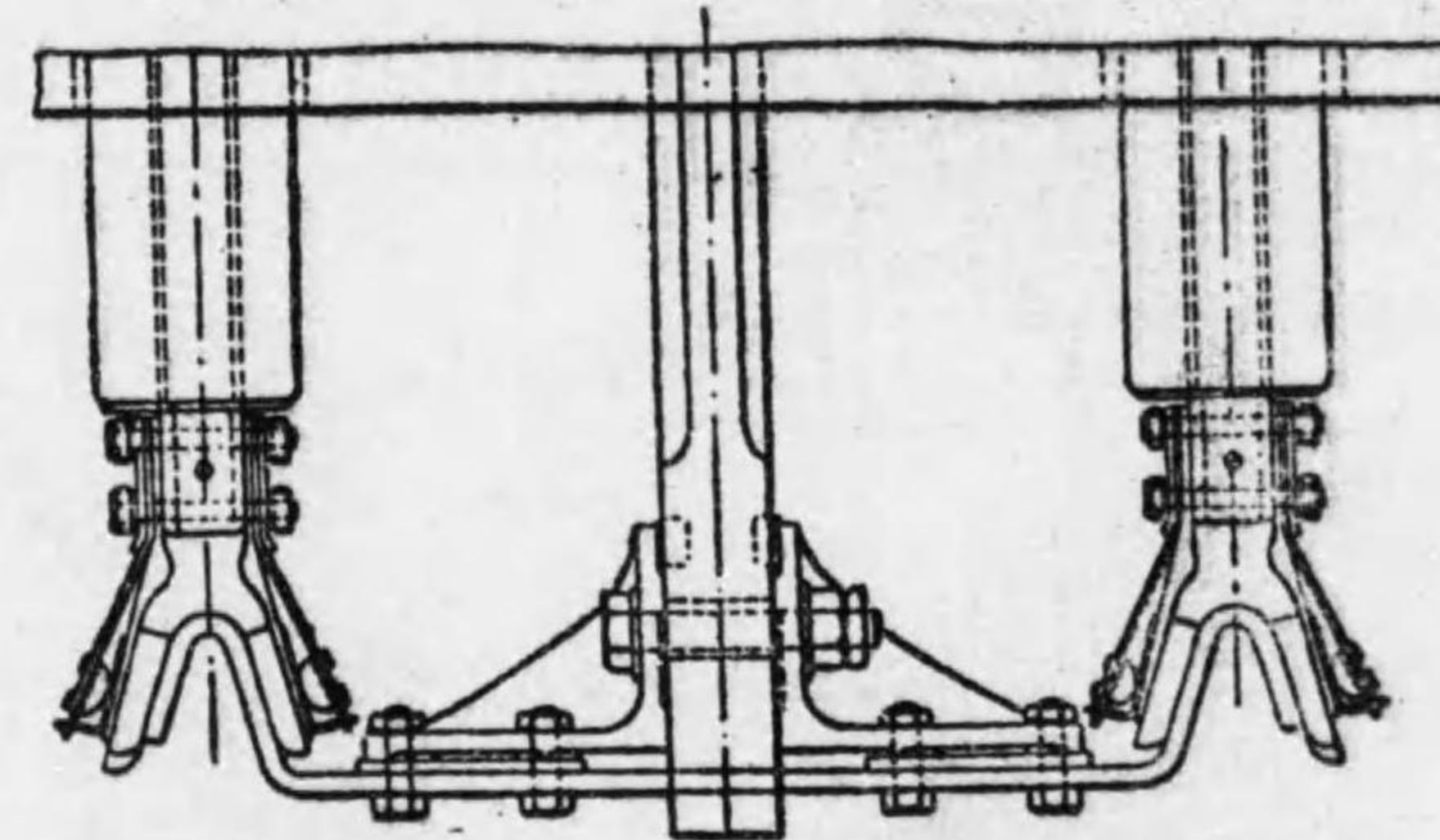
第二十七圖

リモート・コントロール油入開閉器の運轉用ソレノイド
(Feranti Co.)

此の開閉器に於ては

- (1) 接觸部を閉づるには押ボタン、又は小開閉器等により尤も簡單なる装置となし、等期の瞬間に開閉器を入れる事が出来る様になす事、
- (2) 閉ぢかけた開閉器を開いたり躊躇したりせざる様急速に作用する事、

第二十八圖

リモート・コントロール油入開閉器の接觸部
(Feranti Co.)

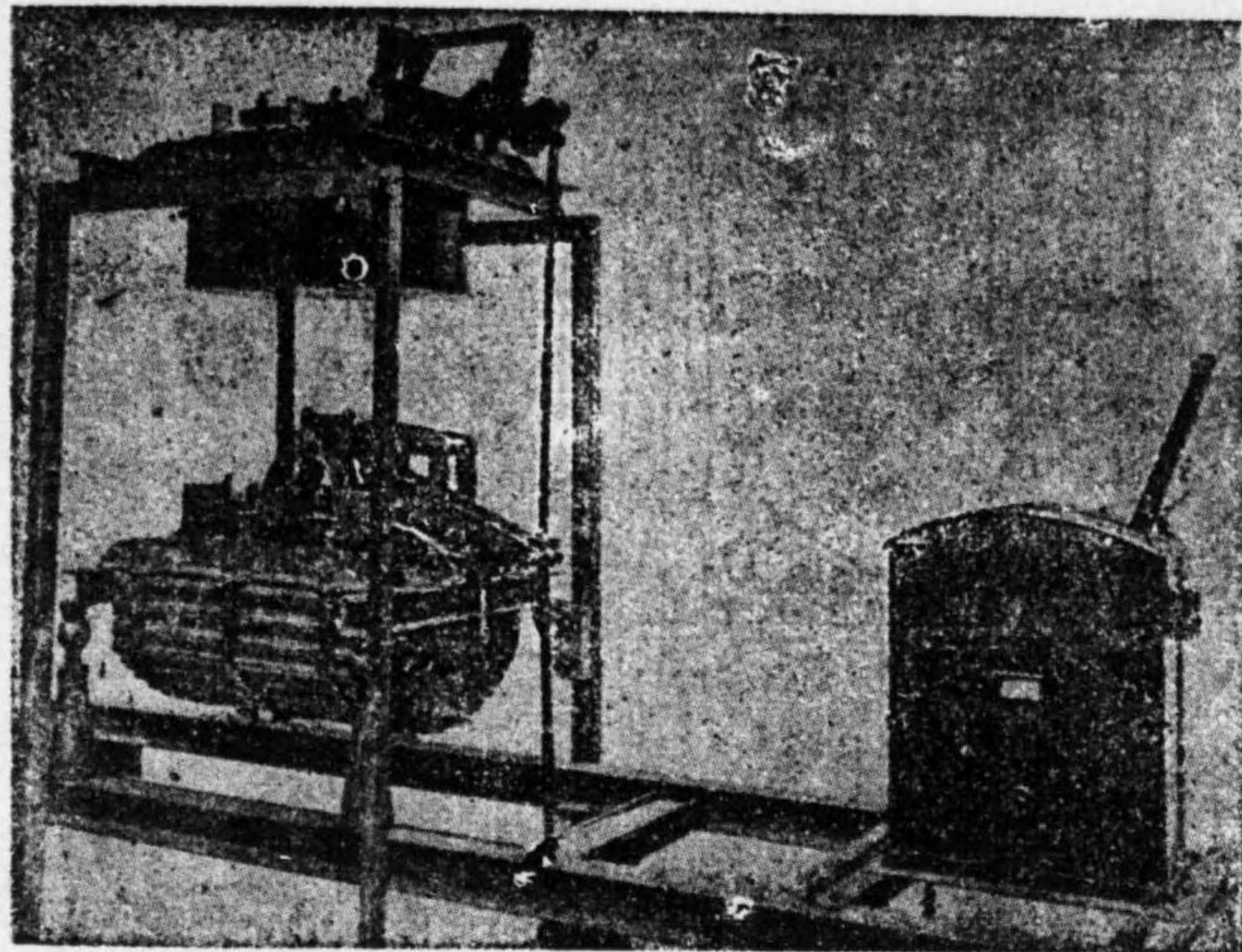
- (3) 短絡を知らずして開閉器を入れた時には自動的に直ちに開放せられ、假へ把手は閉ぢられても接觸部は開かれて居る様になす事、
其が尤も重要な事である。

大電流の機械的制御開閉器 第二十九圖は 1,000 ヴォルト、6,000 アンペアの油入開閉器で之れを取扱ふには特に頑丈な機構を要する。

又之れを開放するには多くの電力を要するから繼電器で作用する「トリップ・コイル」を用ふ。

主要接觸部と補助接觸部は各別々の油槽に納められ、補助接觸部は全電流の約 8% の電流を通じ主要接觸部より早く電路を閉ぢ最後に開放せらる。即ち電流は此部分に起る。主要接觸部の運動は短距離で遅く遮断容量は主として輕快なる補助接觸部に在る。

第二十九圖

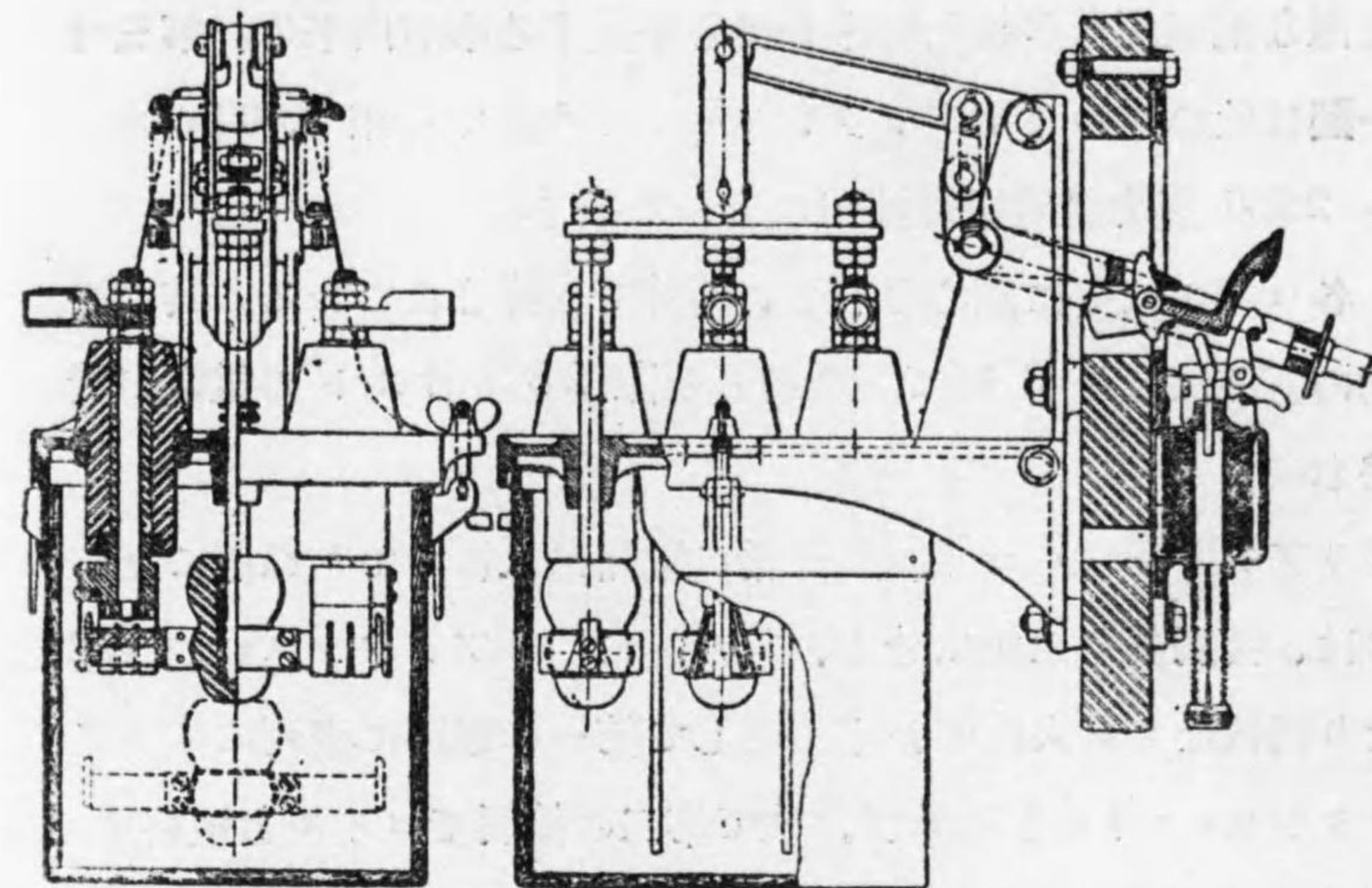


大電流の油入開閉器、主要接觸部と補助接觸部は別々の油槽に入れらる (Feranti Co.)

配電盤用開閉器 第三十圖は G.E. 製配電盤用油入開閉器にて可動接觸部を支ふる棒は鋼鐵で、陶製碍子で絶縁されて居る。此の取付け方によれば碍子に脹力を及ぼさない。

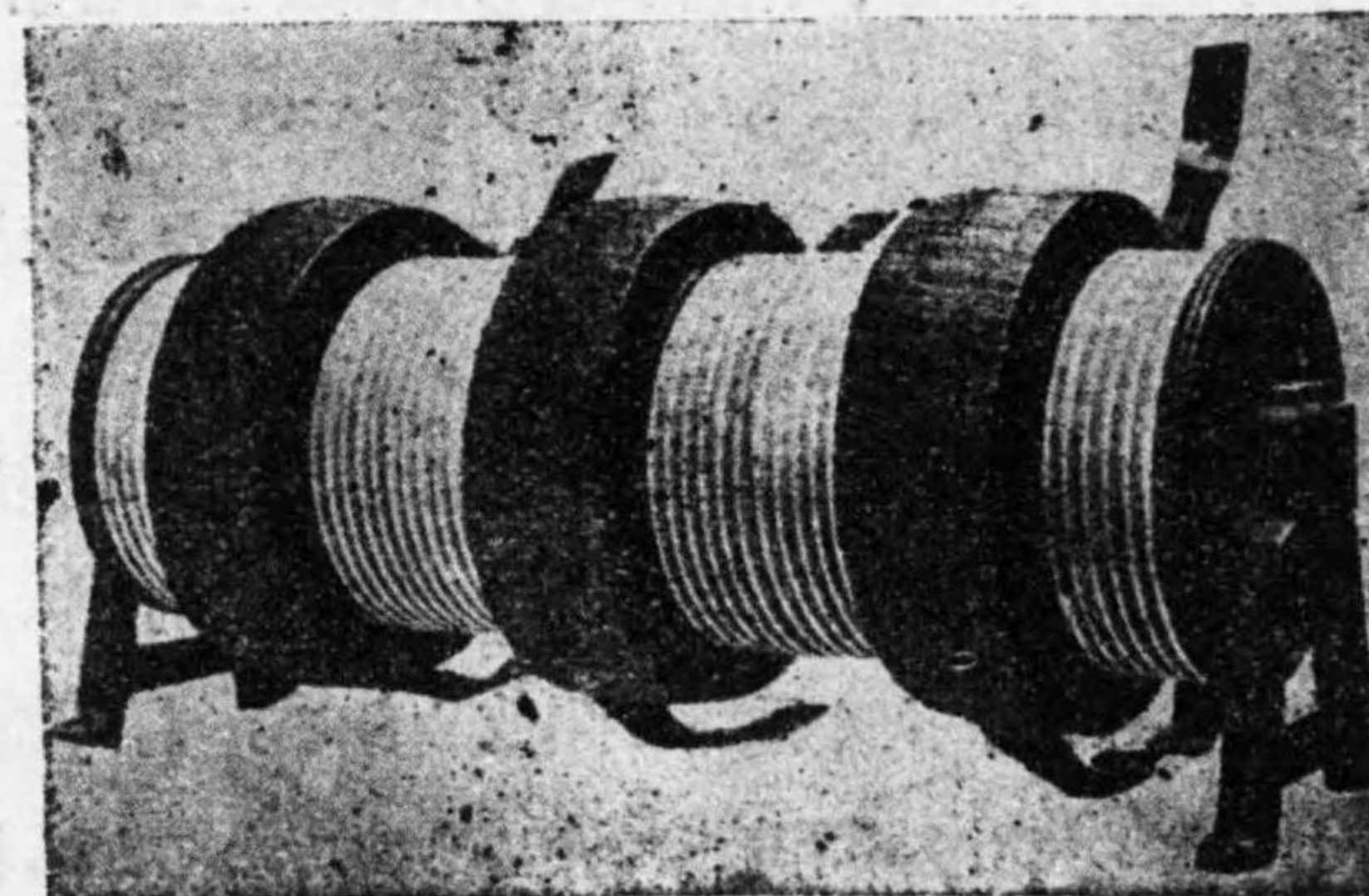
リアクタンス形油入開閉器 高壓の交流機の電路が閉ぢられた瞬間には入口の數回に高壓が集中せられ、之れ等のコイルは常用電壓より甚だ高き電壓を受ける。此の場合に變壓器なれば入口の數回に特別に強い絶縁を施す事が出来るが、電動機にありては之れは簡単に行はれない或は全然不可能である。依て高壓回線の電動機には其の油入開閉器に抵抗又は「リアクタンス・コイル」を附し、電路を閉ぢた瞬間に高電壓を一時此處で喰ひ止め電動機のコイルには常用電壓を加ふる装置をなしたものが

第三十圖



3,000 volt 油入開閉器(配電盤に取付けたるを示す)

第三十一圖



5,000V. 50V. 三相 2,280 馬力誘導電動機用リアクタンス・コイル
ある。最も簡單なのは電動機回線に直列に塞流線輪を入れたもので、此の式では塞流線輪は常に電路に結ばれ従て常に電力の

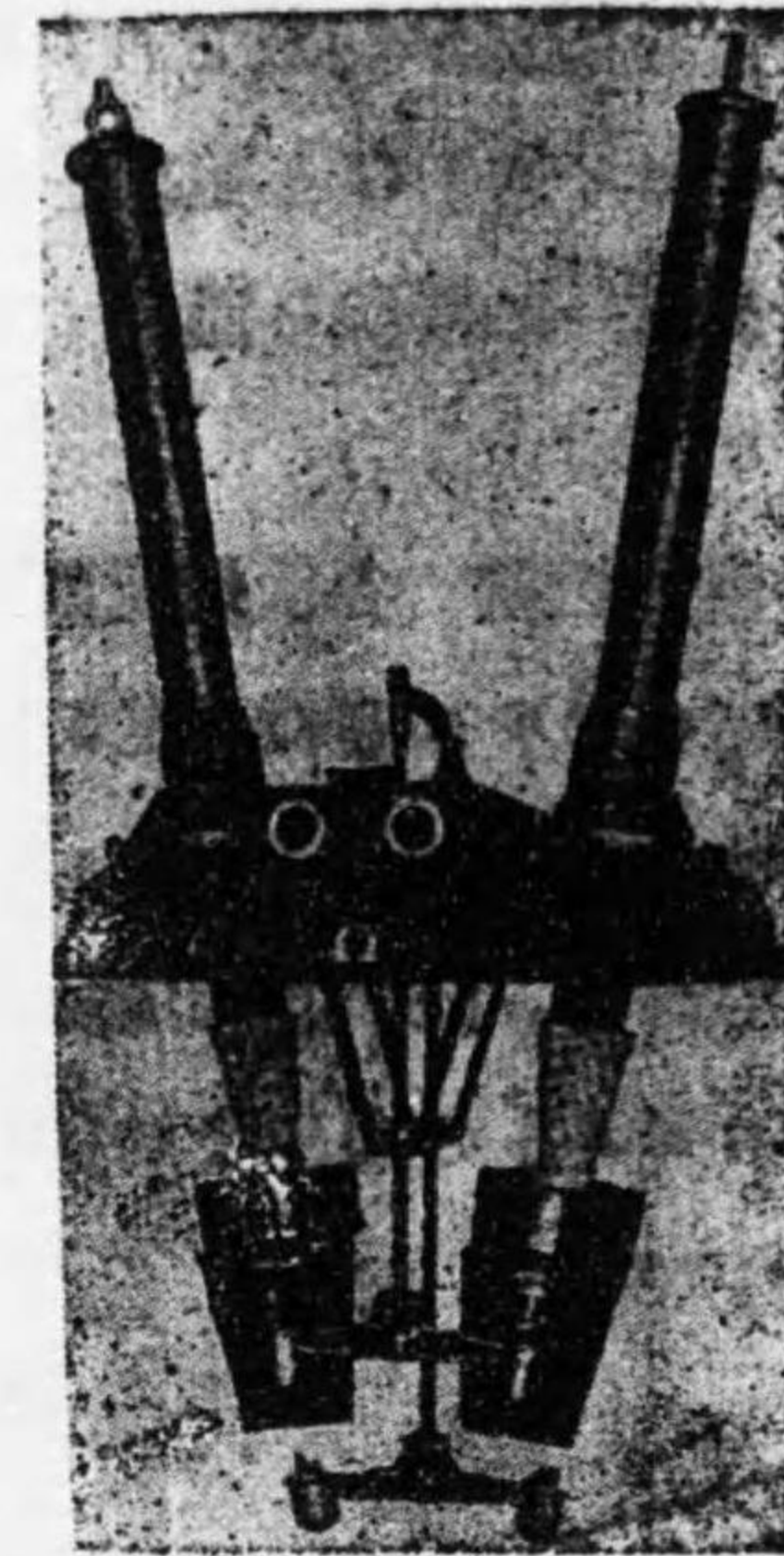
損失、電圧の下降を來すの缺點あり。然し簡單である外電路に急激な電氣衝動が起した時電動機を保護する事が出来る。第三十一圖は此の種の「リアクタンス・コイル」で三相 5,000 ヴォルト 2,280 馬力誘導電動機用のものである。

各コイルは中に鐵心を有し、碍管で絶縁されておる。其の平均の直徑は凡そ 8 吋で、全荷重の際 2.3 ヴォルトの電圧が費される。

「リアクタンス・コイル」を常に電路に入れておかぬ様になすには、接觸部を二組に分ち、其の間に「リアクタンス・コイル」なり抵抗なりを入れておく。而して第一に電路に直列に「リアクタンス・コイル」を結び、次で第二の接觸でコイルを短絡す。開放の際はこの反對の作用で、先づ一つの接觸部を開いてコイルを直列に電路に入れ電流を減じ、次で全く開放す。若しリアクタンスの値が充分なれば、電路が直ちに開放される場合に比し容易に遮斷が行はれる。即ち「リアクタンス・コイル」を使用せば遮斷容量を増大する事が出来るので現今大なる交流回線の遮斷には可なり使用される様になつた。

第三十二圖は此の種の開閉器の一相を示し、二組の接觸部がある。第一の接觸部を開けば、コイルが電路に直列に入り、第二の接觸部をも開けば、全く電路は開放せらる。「リアクタンス・コイル」は極めて小時間電路に入るものであるから細き線を用ふる事が出来る。第三十三圖は電路が順次に開閉せらるる状を示し A は閉電路にて運轉の状態を示し「リアクタンス・コイル」は短絡され、B は主要接觸部開き「リアクタンス・コ

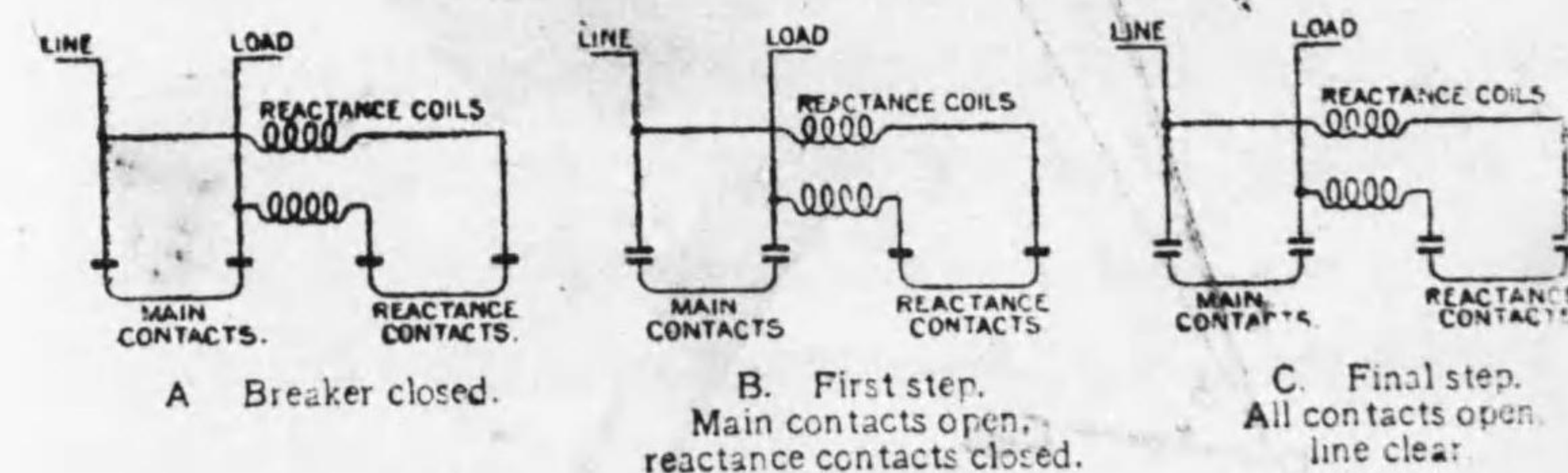
第三十二圖



リアクタンス型油入開閉器

100,000 ヴォルト用のもので、リアクタンス・コイルはターミナルに捲き付けられ主電接觸が開けば電路に直列に結ばれ補助接觸部はバリアー(隔板)の主要接觸と分ち第三十三圖にはリアクタンス・コイルの入る状態を示す。

第三十三圖

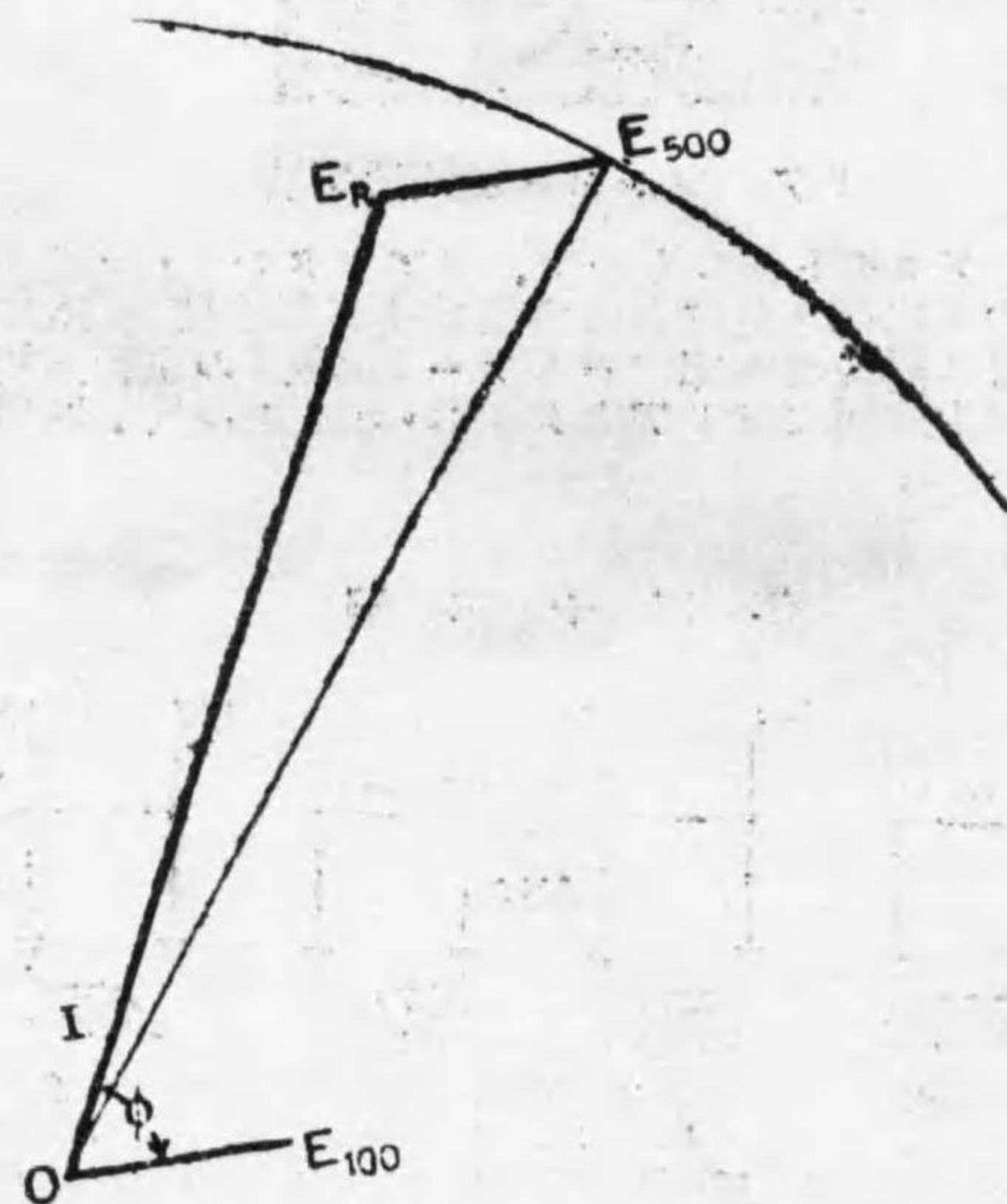


第三十二圖のリアクタンス型油入開閉器で電路を開放する順序を示す。

イル」が直列に入りたる場合、Cは全々開放せられたる状態なり。Bの位置に於て主要接觸部が開放された時此處に發生する火花は「リアクタンス・コイル」Cと並列となるを以て不安定な状態となり、交流波が第一に基線を通過する點で吹消される。

交流無電圧コイルの直列抵抗 各製造家は製作を簡單ならしむる爲め、例へば 100 ヴォルト等の一定の電壓の標準型の捲線を造り、高い電壓には直列抵抗が「ポテンシャル・トランスフォーマー」を使用しておる。此の直列無誘導抵抗を求むるには使用状態に於ける「コイル」の力率を知らねばならない。

第三十四圖



今 I=電流、

E=電壓=100 (例へば)、

P_w =コイルの消費する電圧ワット

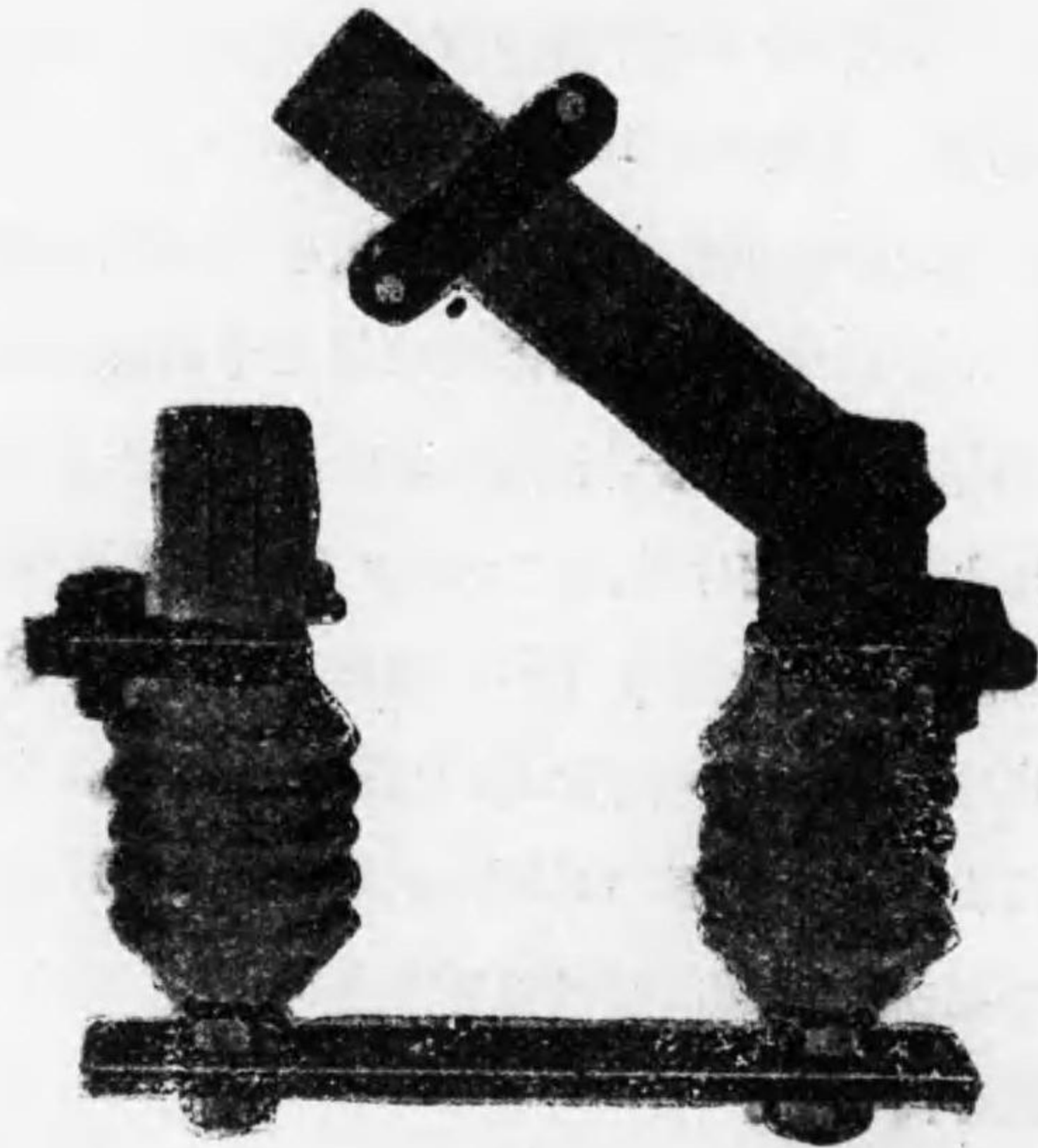
$\cos\phi$ =力率 とせば $100I\cos\phi=P_w$

此の式より ϕ の角度を求むる事が出来る。他の電壓例へば 500 ヴォルトに使用する場合の抵抗は**第三十四圖**の如くにして求めらる。OE₁₀₀ を適當な寸法で 100 ヴォルトに相當する様に引き、之れより ϕ だけ後れてコイルを通る電流 OI を引く此の電流は無誘導抵抗を通り OR₁ 電壓を消費す。O を中心とし OE₅₀₀=500 ヴォルトの半徑で弧を書き、E_RE₅₀₀ を OE₁₀₀ に等しく並行に引き、三角形 OE_RE₅₀₀ を作る。OE_R は OE₁₀₀ と同じ寸法で抵抗の兩端に於ける電壓を示し、之を I で除せば所要の抵抗を得べし。

放路開閉器 放路開閉器は線路内の機械の修繕、掃除、切替母線の區劃等に使用する可動開閉器で、主として高壓、特高回路に使用せらる。安全に點檢し得る爲め油入開閉器を併用するを可とす。放路開閉器は單に電流を通じ得る容量以外に機械的に充分の強さを有し、點檢の爲め開閉したる際、自ら電路を閉ぢ又は開かざる様な構造をなし、且つ開閉の状態を明かに見得る様になし置くを要す。漏洩電流は「ターミナル」から「アース」へのみ通り、決して兩「ターミナル」間に流通せしめてはならぬ、従て**第三十五圖**に示した様に兩「ターミナル」を支持する絶縁碍子を接地せる金屬體で聯結するが如き構造となすを可とす。

電路に短絡などが起た時に往々電磁力によりて放路開閉器が

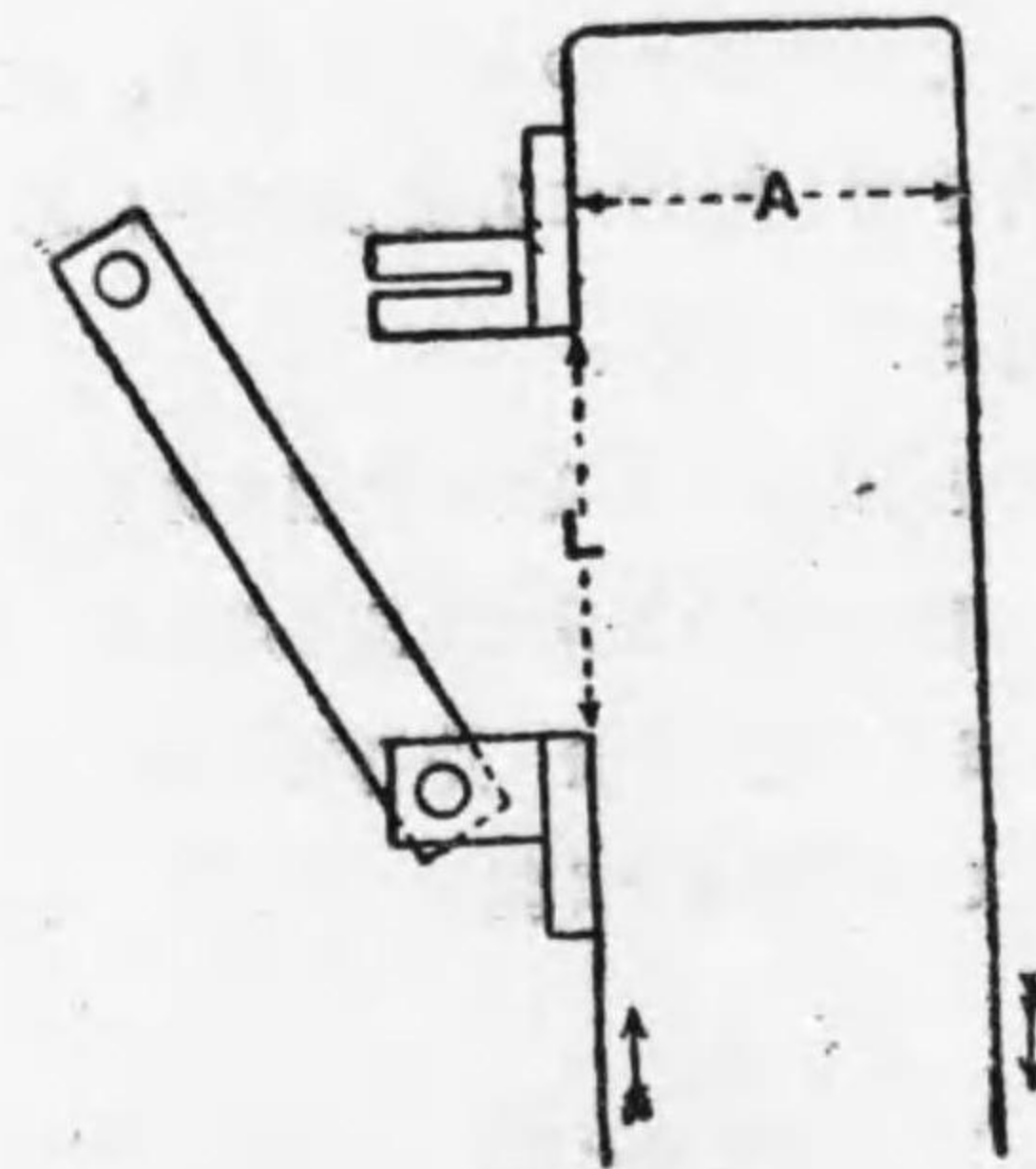
第三十五圖



止鉤を有する放路開閉器

開放せらるる事がある。これは**第三十五圖**に示した様に止鉤を設けるもよいが或程度までは配線を適當に設計すれば避ける事が出来る。磁力に依る電線の運動は常に其の中に含まれる磁束を最も多くする様に働くもので、例へば矩形をなした電路は之れを圓形にせば尤も多くの磁束を其の中に含む事が出来るのであるから、短絡の場合の如く電流が激増して電磁力が充分大となれば遂に丸く變形されてしまふ。**第三十六圖**の場合に於て開閉器が閉ぢておる時より開きかかつた時の方が中に包まれる面積は廣いから、電流が激増すれば開閉器は開放されてしまふ。著者の経験によれば之れ等の故障は主として高壓交流回線に起

第三十六圖

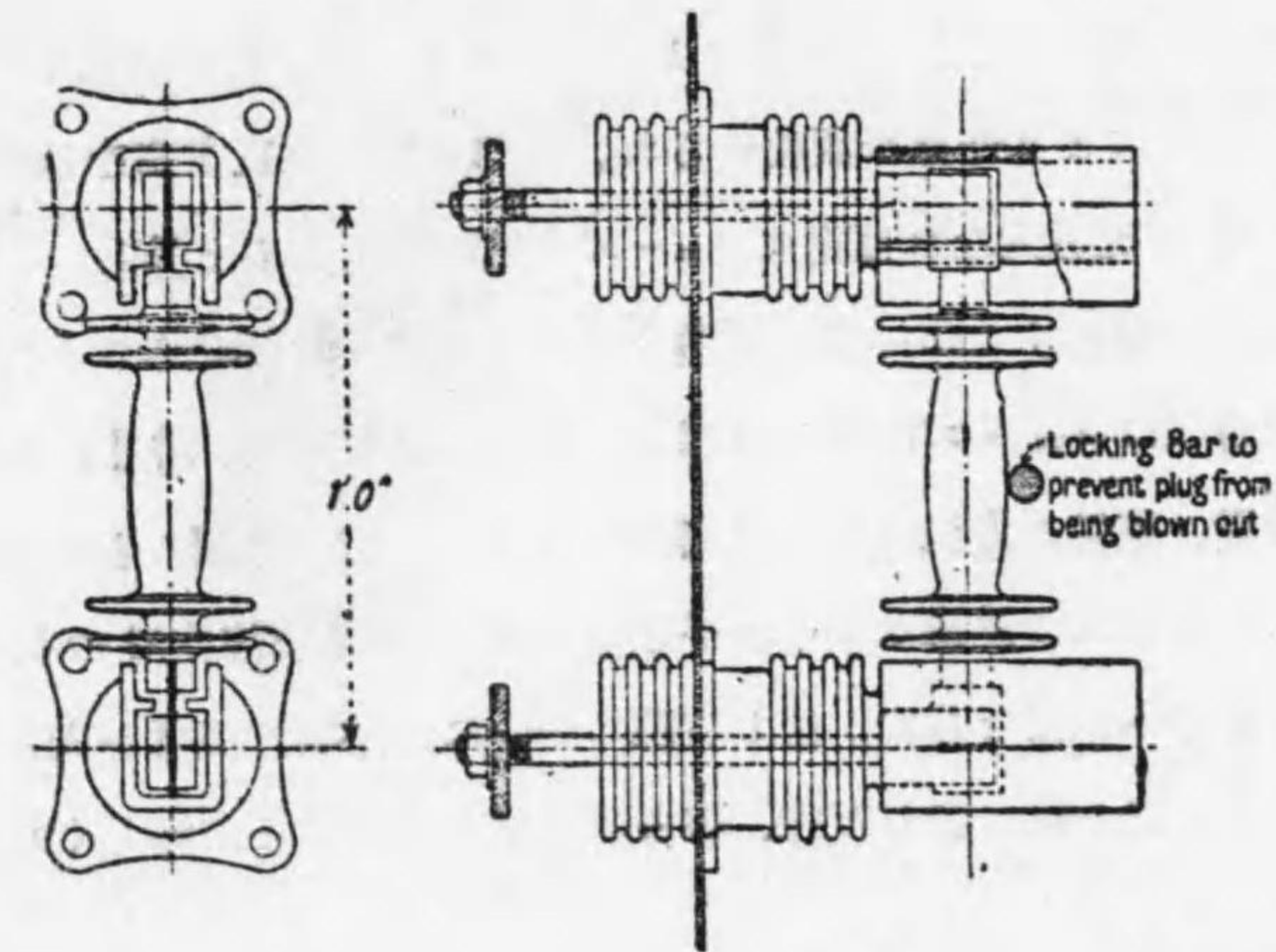


り、直流回線にては遭遇した事がない。之れ大電力の發電所は交流が多く又交流發電機の短絡に際しては大なる瞬間電流が流るるためである。

第三十七圖に示せる放路開閉器に於ては開放部は單に止鉤によりて接觸を保ち、電流は開放部に於て直

角に曲り、電磁力を増す鐵框を有しておる。之れは皆故障の原因で電流は出来る限り屈曲なく眞直に送る可きものである。

第三十七圖



可熔安全器 (フューズ Fuse) 弱電流回線の保護には簡單で

低廉なる點に於て可熔安全器に優るものはない。可熔安全器は電熱的に熔解する金屬線と之れを支持するものとより或り、電撃や燃焼の危険を防ぎ、電弧を吹き消し附近に害を及ぼさしめざる等の點に於て種々の設計が施されておる。

【註】 フューズの目的は過大の電流によりて電線路の焼損を防ぐもので、金屬線又は條を電路に接続し此の可熔金屬線は電流通過の爲、ジュールの法則により熱を發生し、或る豫定の電流（熔解電流 I_f ）の發生する電熱は遂に之を熔解に至らしめ電線路を開閉するものである。

フューズの大きさは、(1) 電流の大きさ（斷面積を定む）、(2) 電壓（線の長さを定む）、(3) 金屬の種類及び装置の方法、(4) 熔解電流通過の時間等に関係する。

フューズ線の大きさを數學的に決定するのは中々困難な事である。 I_f なる電流が r の抵抗を有するフューズに通れば I_f^2 ワットの電力損失を生じ、毎秒 Q グラム・カロリーの熱を生ずる。此の熱量中一部は傳導、副射により外界に放散せられ、一部は線の温度を高むる作用をなす。 Q が充分大なれば遂にフューズの熔解温度まで上昇し、で固體を液體に變化するに一定の潜熱を與ふれば遂に熔解せらる。従て理論的計算にはフューズの熱比傳導度、比熱、温度係數、潜熱、比重、放熱係數、装置の方法（空中に曝露さるるか、筒中に藏めらるるか、油中にあるか又は垂直なるや水平なるや等）、熔解電流作用の時間の長短等を考へねばならぬ。然し實際の場合には熔解は温度か夫れ以上、上らぬと云ふ點に達した時、即ち發熱量と放熱量とが等しくなつた時起るものと考へてよい。

即ち $0.24I_f^2 = \frac{h(t_s - t_1)ap}{\rho} \dots\dots\dots(1)$

I_f 熔解電流アムペア、

h 表面の性狀、装置の方法等によりて異なる放熱係數、

t_s 熔解温度 °C

t_1 最初の温度 °C

ρ t_s に於ける比抵抗（1 立方吋に對する）、

a 斷面積平方吋、

p 輪周の長さ、

多くの場合低電流には斷面圓形の、大電流には矩形のフューズを使用す。

(1) 式よりフューズの大きさは他の條件の一定なる時比抵抗 ρ が少い程又熔解温度 t_s が高い程一定の熔解電流 I_f に對して小となる。従て從來一般に用ひられて居る鉛、錫、鉛錫の合金、鉛錫蒼鉛の合金の外、銀、銅、アルミニウム等がフューズ線として適當なるを知る可し。然しアルミニウムは強く加熱せば遂に脆くなるからあまり使用せられない、而して銅、銀は熔解温度が高いからターミナルを過熱する憂あり、従て主として 200 乃至 300 アンペア以下の小なる電流に適す。

純粹なる鉛は表面酸化し易く往々内部は解熔しても此の表面の酸化物は残り電路を開放せざることあり。鉛、錫、蒼鉛の合金は空氣に犯さるる事なく最も廣く行はれて居る。

多極のフューズは極間が電孤で連がる事があるから充分の距離を與へ或は耐火性の隔板を入れる。此の點に於て銅や銀は熔解の際多くの金屬蒸氣が發生せぬから電孤の危険は少い。金屬蒸氣又は液化せる金屬は種々の障害を起すから 250 ヴォルト以上にはオープン・フューズを用ふ可からず、硝子、陶器、ファイバー等の筒に藏める。然し密閉すれば爆發するから通風孔を設け置く可し。又砂、アスベスト粉石英粉、油等の中に装置する事あり。

熔 解 温 度 t_s°C

銅.....1080 度	鉛7+錫3..... 257 度
真鍮.....1015	鉛3+錫2..... 232
銀..... 965	鉛1+錫1..... 213
アルミニウム... 625	鉛2+錫3..... 189
鉛蒼..... 326	鉛1+錫1.7..... 183
鉛..... 269	鉛1+錫1+蒼鉛1 110
錫..... 230	

熔解潜熱グラムカロリー

(1 グラムの金属を液化するに要する)

鉛..... 5.4	銀..... 24.7
蒼鉛..... 12.6	鉛..... ?
錫..... 14.6	真鍮..... ?

比 重 (立方寸) グラム

アルミニウム線 2.75	銀.....10.5-10.6
錫(ロール)..... 7.3-7.5	鉛.....11.25-11.37
銅線.....8.9	鉛(液体).....10.37
蒼鉛.....8.9-10	

比 熱 (グラムカロリー 1 C1 グラム)

鉛.....0.031	銀..... 0.056
蒼鉛.....0.031	真鍮.....0.092
錫.....0.056	銅..... 0.092

(比抵抗 ρ₀ オーム (0°C に於ける) 及び温度係数 α
長さメートル、断面積 平方ミリメートル)

	ρ ₀	α
蒼鉛	1.39	0.354% 1°C 毎
鉛	0.279	0.387%
錫	0.14	0.365%
真鍮	0.065	0.165%
銅	0.0167-0.175	0.33-0.4%
銀	0.016	0.377%

常用電流と常規溶解電流 Schwartz 及び James の定義によれば常規溶解電流と可熔線が最大の不変温度に達する時間内に於て可熔線を熔解する最小の電流なり。

可解線の常用電流とは可熔線が過大の温度に達せず、且つ何等の故障を起さず連続して送り得る最大の電流なり。

錫鍍せる銅線の常用電流は常規溶解電流の 1/2 にするを通則とす。

Preece 氏の表は熔解電流 I_r は次の理論公式に基けるもので

$$I_r = Ad^{3/2}$$

d は線の直径、A は常数である。(此の式の基本は第五章にて説明す)(次頁の註参照) Schwartz 及び James 氏は実験上

$$I_r = Ad^{0.6}$$

なる公式を作ったり。d は線の直径にて A, b は常数なり。次に d を cm. inch. mm. にて示したる場合の常数の値を示さ

む。

	線り太 さ S.W.G.	I _f	b	A		
				cm.	inches.	mm.
錫鍍せる銅:—						
長さ2吋以上(水平)	47—33	1—10	1.195	821.3	2,501	52.4
長さ6吋以上(水平)	33—18	10—100	1.403	1,768.0	6,537	69.9
長さ2吋以上(垂直)	47—33	1—10	1.195	775	2,360	49.4
長さ6吋以上(垂直)	33—18	10—100	1.403	1,680.0	6,220	66.6
長さ4吋(水平)大なる「ターミナル」を有す。	33—18	10—100	1.586	2,980.0	13,100	77.5
同上(垂直)	33—18	10—100	1.586	2,844.0	12,470	73.8
長さ1吋(水平)小なる「ターミナル」を有す	47—33	1—10	1.264	1,172.0	3,828	64.1
同上(垂直)	47—33	1—10	1.264	1,112.0	3,611	60.5
同上「ターミナル」大	47—33	1—10	1.24	1,690	5,890	77.3
長さ1吋(水平)「ターミナル」小	47—33	1—10	1.32	1,567	5,360	75
同上(垂直)	47—33	1—10	1.32	1,480	5,060	70.8
長さ4吋(垂直)「ターミナル」凡そ100grms. Manchester Corporation house service box 中に納む。	33—18	10—100	1.614	3,228	14,530	78.5
錫:—						
長さ3吋以上(水平)	43—20	1—10	1.131	146.6	420.6	10.84
長さ6吋以上(水平)	20—7	10—80	1.32	239.3	819	11.46
銀:—						
長さ5吋以上(水平)	35—18	7—70	1.287	967	3,210	50
アルミニウム:—						
長さ4吋以上(水平)	42—22	3—45	1.461	3,188	8,539	75.7
同上 (for critical current with spring attachment)	42—20	2—30	1.271	640	2,091	34.3

可熔線の長さとは融解電流との関係 「ターミナル」の冷却作用が一定なる場合、可熔線の長さが増した爲め融解電流の變化する割合は可熔線の長さの小なる場合の外あまり大なる影響はない。次ぎに Schwartz, James 兩氏の研究結果を表示せむ。

錫鍍せる銅	長 さ					
	6吋	5吋	4吋	3吋	2吋	1吋
115 アンペア	2.5%	6.5%	15%	32%		
10 アンペア				2	5	30

【註】 融解電流とフーズの長さ太さの関係 (1) 式によれば融解電流 I_f はフーズの長さ l に関係せざる様であるが、長さにつれて冷却作用大となり、又長さは電圧によりて變ぜねばならぬ。Herzog, Feldmann 兩氏の實驗によれば長さ l の影響は次の式で表はされる。

$$I_f^2 \sqrt{l} = kd^3 \dots\dots\dots(2)$$

k は常數にて d は線の直徑なり。

而して丸線の場合には $a = d^2 \frac{\pi}{4}$, $p = \pi d$ であるから

$$I_f^2 = \frac{h}{0.24} (t_s - t_1) \frac{1}{\rho} d^3 \frac{\pi^2}{4} = k_1 d^3 \dots\dots\dots(3)$$

同氏の實驗によれば夫以上延長しても融解電流の影響のない長さは

d = 23mm に対して l = 2~2 1/2 吋 (凡 5 アンペア)

d = 31mm に対して l = 2 1/2~2 3/4 吋 (凡 8 アンペア)

d = 43mm に対して l = 3 1/2~4 1/4 吋 (凡 13 アンペア)

d = 55mm に対して l = 4~4 3/4 吋 (凡 18 アンペア)

なり。而して 2 1/2 吋 ~ 4 1/2 吋の間に於ては其の平均の 3 1/2 吋とせる時の融解電流 I_f に上下 7.8% の差を生ずるのみである。(3) 式を

變化すれば $I_f = \sqrt{k_1 \sqrt{d^3}} = k_2 d^{3/4}$ (4)

又(1)式は $I_f = k_3 \sqrt{ap}$ (5)

となる。而して $\sqrt{ap} = \frac{\pi}{2} d^{3/2}$ なるを以て(4)式より

$$k_2 = \frac{\pi}{2} k_3 = 1.57 k_3$$

断面短形なる時 b を幅 δ を厚さとせば

$$\sqrt{ab} = \sqrt{2b\delta(b+\delta)}$$

依て $I_f = k_3 \sqrt{ap} = \frac{2}{\pi} k_2 \sqrt{2b\delta(b+\delta)}$ (6)

之等の値は l の影響がない時に正しいものである。獨逸では

$l = 2$ 吋 — 30 — 50 アンペア

$l = 2^{1/4}$ — 100 " "

$l = 2^{1/2}$ — 200 " "

$l = 2^{3/4}$ — 400 " "

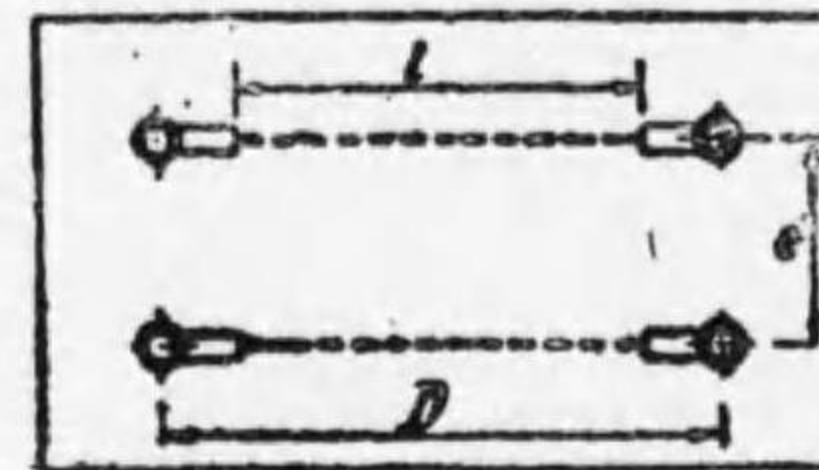
$l = 3$ — 700 " "

以上となす可き規定になつておる。

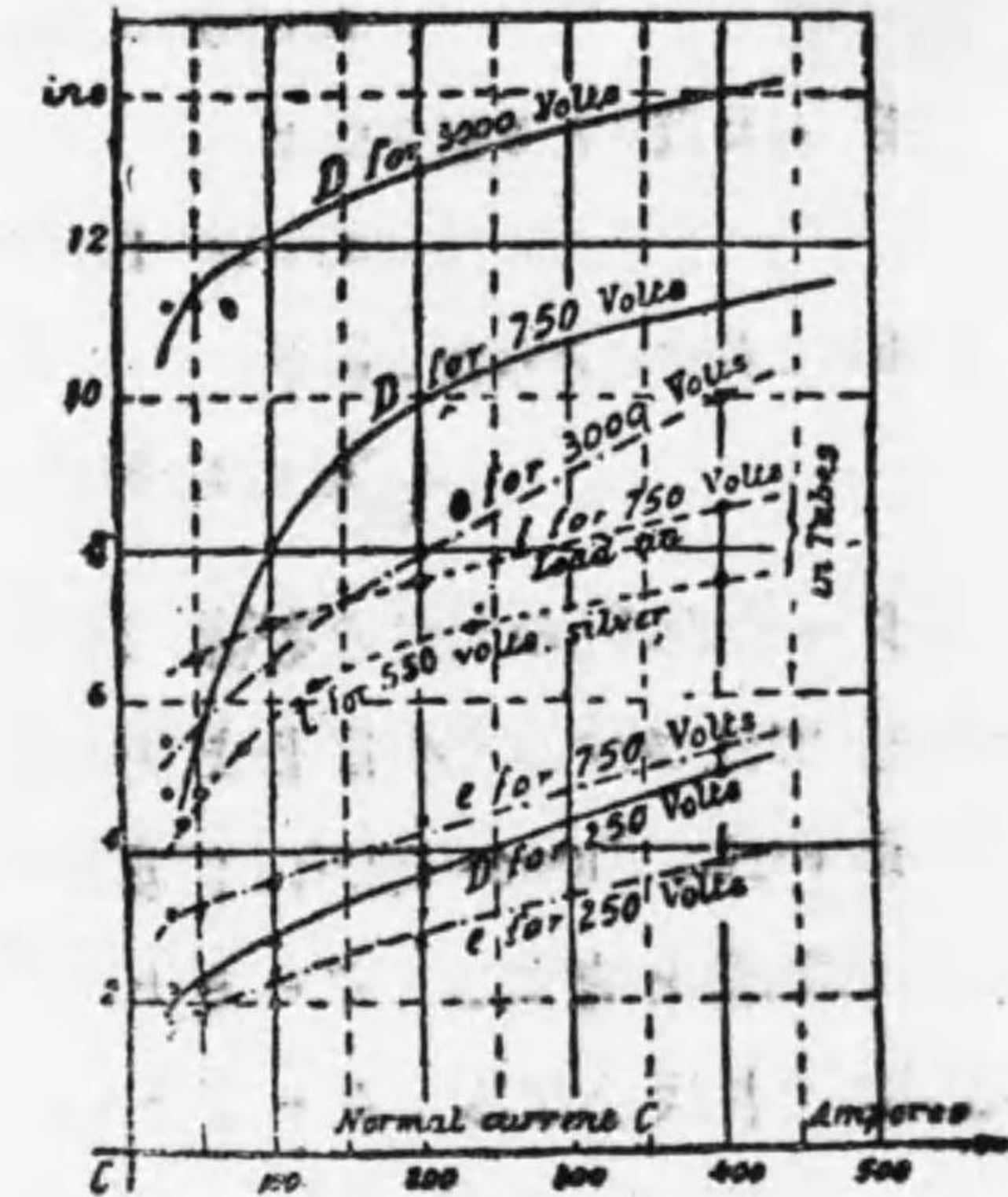
ターミナル間の距離 D 極間の距離 e の適當なる値を擧ぐれば下の如し。

e アンペア	250 ヴォルト		750 ヴォルト		3000 ヴォルト	
	D	e	D	e	D	e
30—50	$2^{3/16}$	$1^{3/4}$	$4^{3/4}$	$3^{1/4}$	11	$5^{1/2}$
100	$2^{3/4}$	$2-2^{1/2}$	8	$3^{1/2}$	12	$6^{3/8}$
200	$3^{1/2}$	$2^{1/2}-3^{1/4}$	10	$4-4^{3/8}$	13	8
400	5	$3^{1/2}-4$	11	$5^{1/8}$	14	10
1000	7	$5^{1/2}-6^{1/2}$	—	—	—	—

第三十八圖



第三十九圖



第三十九圖は之を曲線にて示したるものなり。

(4) 式に示す常数 k_2 の値は C. Hoehenegg 氏の種々の實驗の結果は

鉛線 k_2 (1) = 1408 空中

$$\therefore I_f = 2c \dots 1048 d^{3/4}$$

(2) = 2010 = 短き硝子、陶器等の筒内に藏む

$$\therefore I_f = 2c = 2010 d^{3/4}$$

鉛條 k_3 (1) = 900

$$\therefore I_f = 2c = 900 \sqrt{25(b+\delta)}$$

(2) = 1280

$$\therefore I_f = 2c = 1280 \sqrt{2b\delta(b+\delta)}$$

又鉛 3 錫 2 の割合の合金にありては

$k_3 = 1194$ 空中

∴ $I_f = 2c = 1494d^3$

$k_3 = 807$ …… 空中

長い筒に藏めたる場合には

$I_f = 2c = 1344d^3$

銀線を筒中に入れたる場合、

$I_f = 2c = 8448d^3$

「ターミナル」の大きさの影響 現今行はれておる様な「ターミナル」では多少の大小はあまり影響はない。

Schwartz, James 兩氏は常規熔解電流 42 アンペアに對し 1b. の順量を有する「ターミナル」を使用して試験した。其の結果によれば小なる「ターミナル」に比し（錫鍍せる銅線）

- 15 アンペア 長さ 4 1/2 吋 の場合に 6%
- 10 アンペア 長さ 2 1/2 吋 の場合に 3%
- 10 アンペア 長さ 1 1/2 吋 の場合に 5%

の増加となる。

振動 可熔線に振動を加ふれば熔解電流を 3% 減ず、(錫、鉛)。

兩端開放された圓筒にて包被すれば熔解電流を 12% 減ず。

陶器との接觸 錫鍍せる銅可熔線を半開の陶器の筒に納むれば

- (1) 線を陶器と直接せざる様に装置すれば常規熔解電流を 2% 増加し、
- (2) 堅く緊張し陶器に接觸せしむれば 10% 増加す、

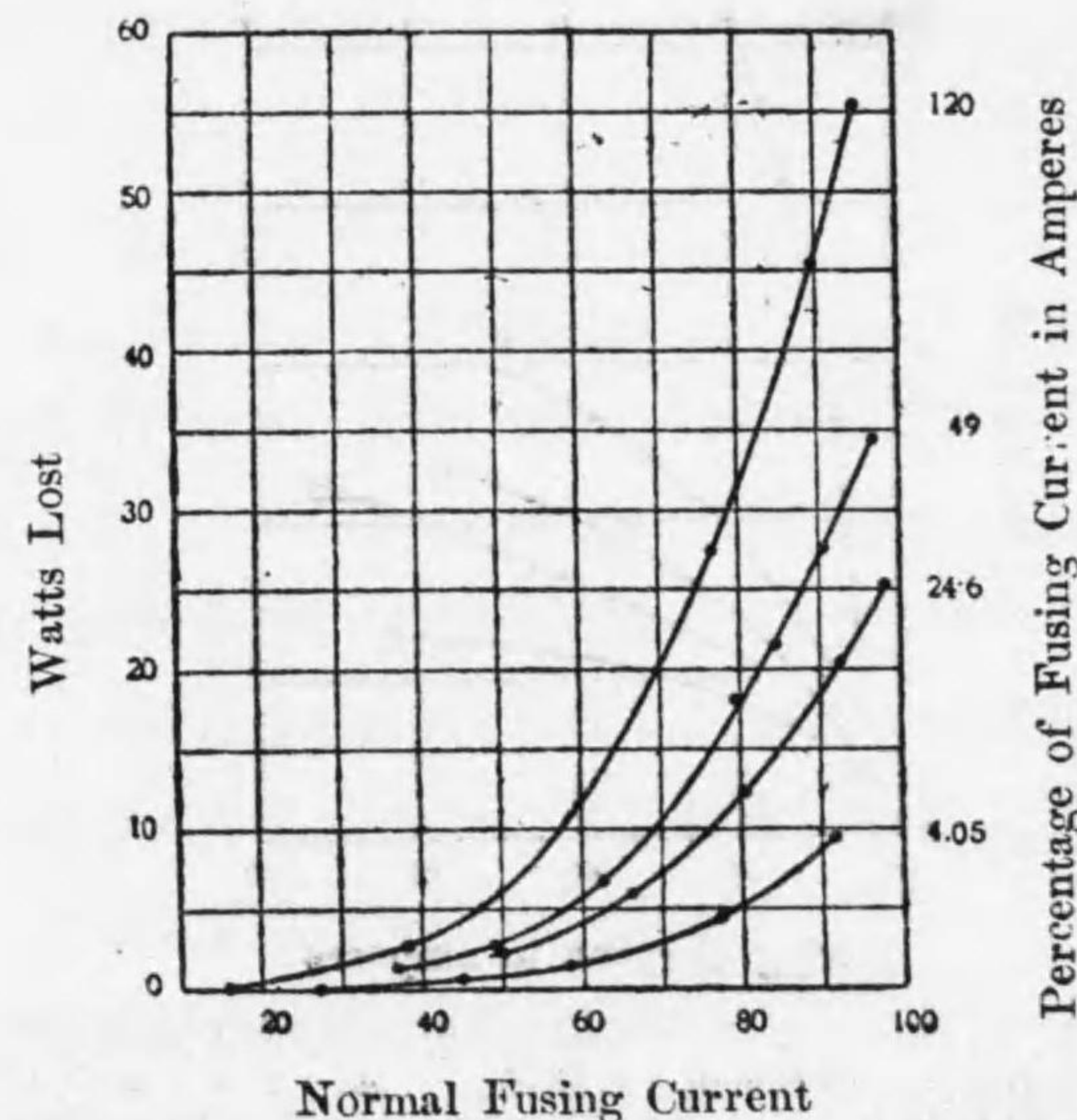
銀線を上述の如く装置せば

- (1) の場合は 10% 増加し、
- (2) の場合は 52% の増加を來す。

「ダムバー」型の「ホルダー」中に陶器と接觸せしめぬ様に装置せば熔解電流 5% を増し陶器と接觸せしめダムバーを除く時は 14% の増加を來す。

可熔線中の電力損失 可熔線に電流を通せば電力の損失を來し熱を發生す。可熔線として使用された金屬の種類により發熱量も異なるが、あまり多くなれば特殊の方法により之れを放散せしめねばならぬ。殊に室内配線の場合には一層の注意を要す。

第四十圖



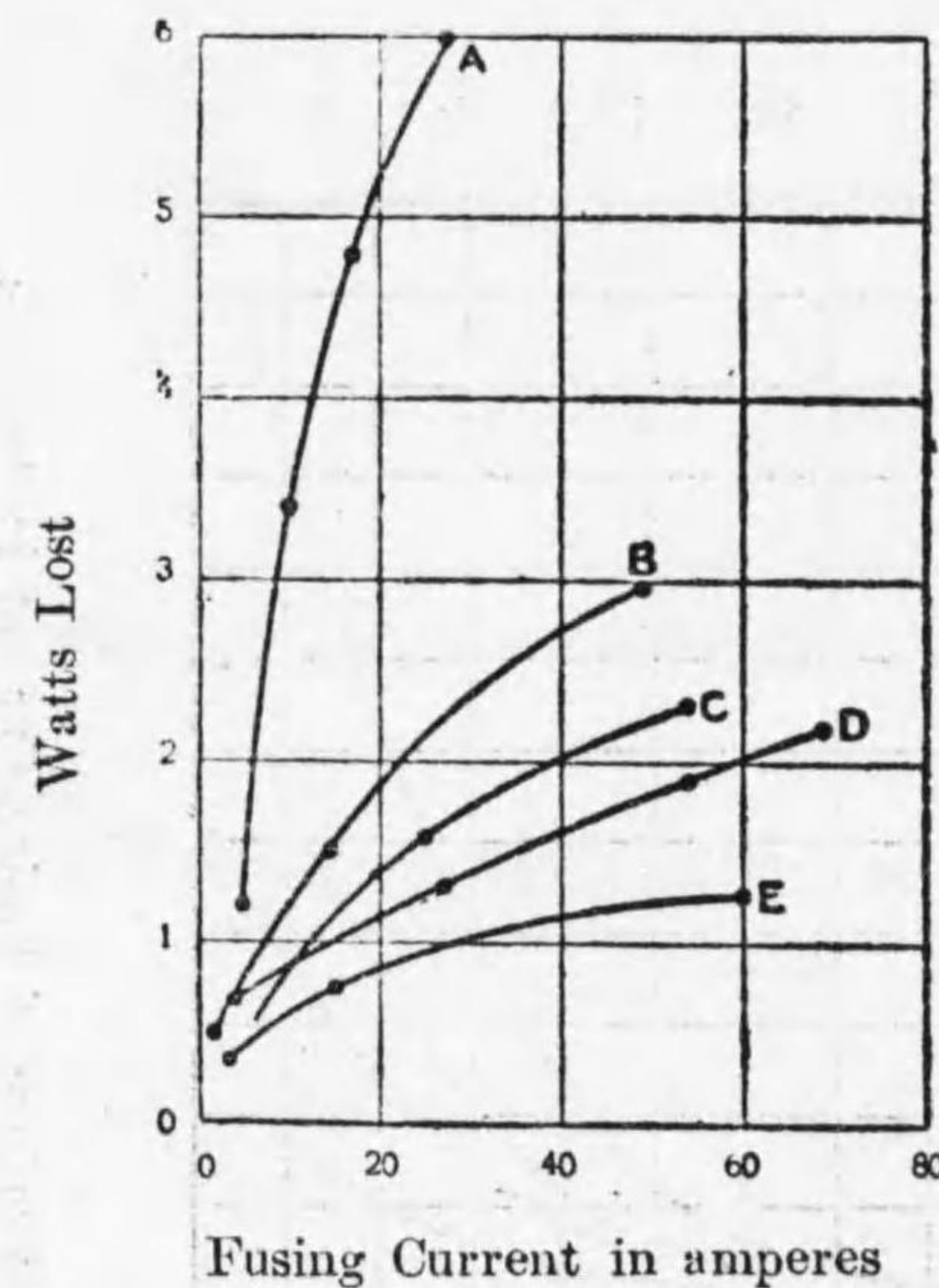
長さ 8.5 cms. にて種々の直径を有する錫鍍銅線の熔解電流の % と電力損失との關係。

配電盤の装置される大容量のフューズにありては熱の発生も多く、抵抗は温度の増加につれて増して行くから電力の損失は益々多くなる。之れは銅を使用した場合に尤も甚だしく、従て銅可熔線には常規熔解電流の $\frac{1}{2}$ 以上の電流を送らざるを可とす。

第四十圖に於ては 8.5 cm. 長さなる種々の太さの錫鍍せる銅可熔線の熔解電流と電力損失との關係を示せり。

第四十一圖は長さ 8.5 cm. なる各種の可熔線に於て熔解電流の $\frac{1}{2}$ の電流を送りたる場合の電力損失を示す。即ち錫は最も

第四十一圖



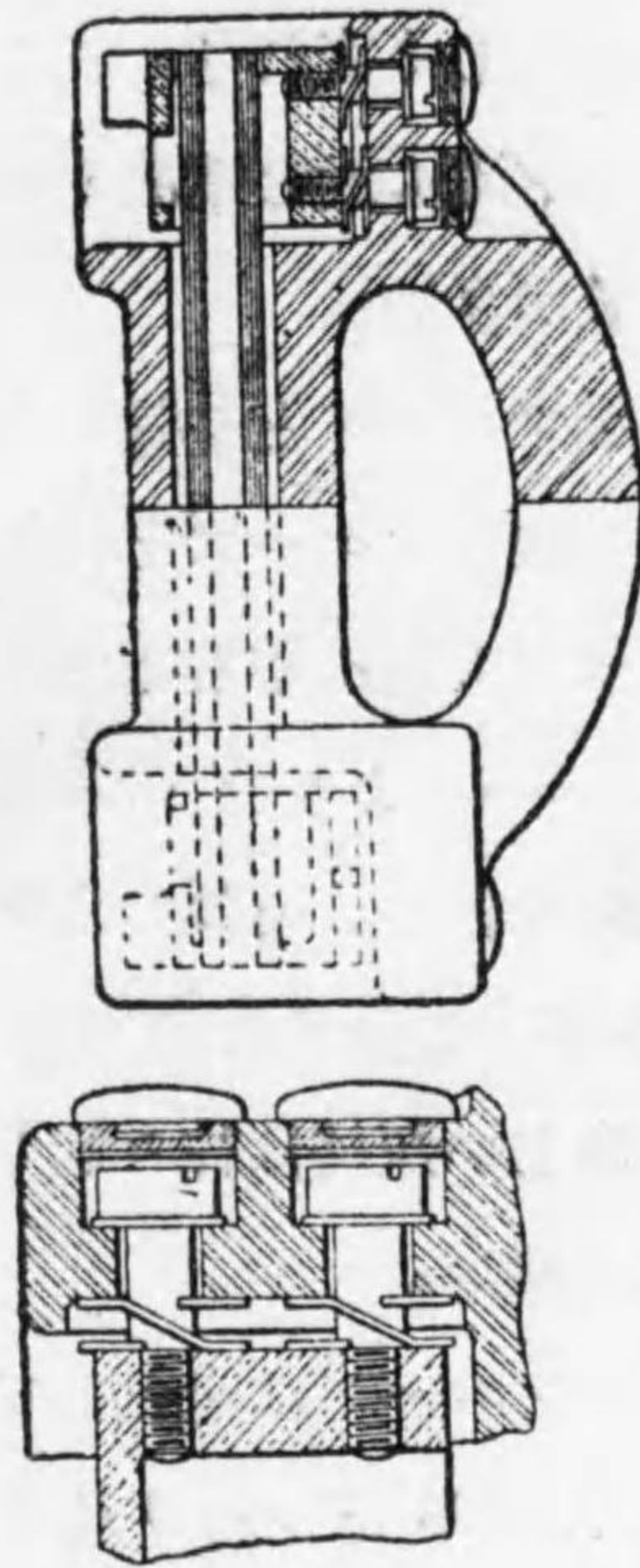
長さ 8.5 cm. なるフューズ線の 50% の熔解電流にをける電力損失と熔解電流との關係。 A. アルミニウム B. 錫鍍銅 C. アルミニウム(メフリング・アッタツチメントを有す) D. 銀 E. 錫

電力損失が少い。若し熔解電流の 90% の場合の電力損失の曲線を畫けば、錫の電力損失の少いのが一層著しく表れる。従て錫は銅やアルミニウムに比し一層常規熔解電流に近き電流を長く通す事が出来る。然し電弧を發生する量が多い。

「ホープ」の複合フューズ Hope 氏は銅フューズと錫鉛の合金フューズとの特長を併用す可く、之等の複合フューズを作りたり。之れは銅を中心にしたる合金フューズで常に熔解電流の 90% の電流を通ずる事を得、而かも銅フューズより熱せらる事少し。然し短絡の際熔解して揮發する分量多く、電弧の危険多大なり。常用電流の 5 倍までは銅心が熔ける分に合金に熔けて居ると稱せられて居るが、之れより激しい短絡は往々起り得る事であるから完全なフューズとは云ひ難い。

カットアウト・フューズ カットアウト・フューズは主として陶製の筒内にフューズを藏めたるものにて、600 アンペア位まで作る事が出来る。短絡の爲めフューズ線が熔解すれば、熱の爲め筒内の空氣が急激に膨脹して筒の兩端より噴出し、電弧を消滅せしむ。此の理論に基き筒には膨脹したる空氣を自由に筒外に放出す可き孔を穿ちよく通風に注意せねばならぬ。又電弧によりて生ぜる金屬蒸氣を冷却し、之れが消滅を助くる爲めフューズ臺の接觸「ターミナル」は成る可く大となすを可とす。フューズ線は直接に陶器筒に接せしめず内側にアスベストの筒を入れ、陶器の破壊せらるるを防ぐ。金屬蒸氣の發生量少なる點より銅、銀線等がよいが價格の低廉なる爲め主に銅線が使用せらる。然し銅線は稍熱くなるから通風に注意するを要す。此

第四十二圖



點に關して種々の特許あり。或るものはフューズ臺の兩端に薄い金屬の冷却用翼を附したるものがあるが、これは翼にも電流が通る爲め使用者に電撃を與ふる危険あり。又冷却を煙突の作用によりて行へるものあり。使へばアスベスト筒と外の陶器の筒との間に間隙を有し、其の兩端を開放し置けば茲に空氣が流通して熱を運び去る可し。第四十二圖は其の一種を示す。

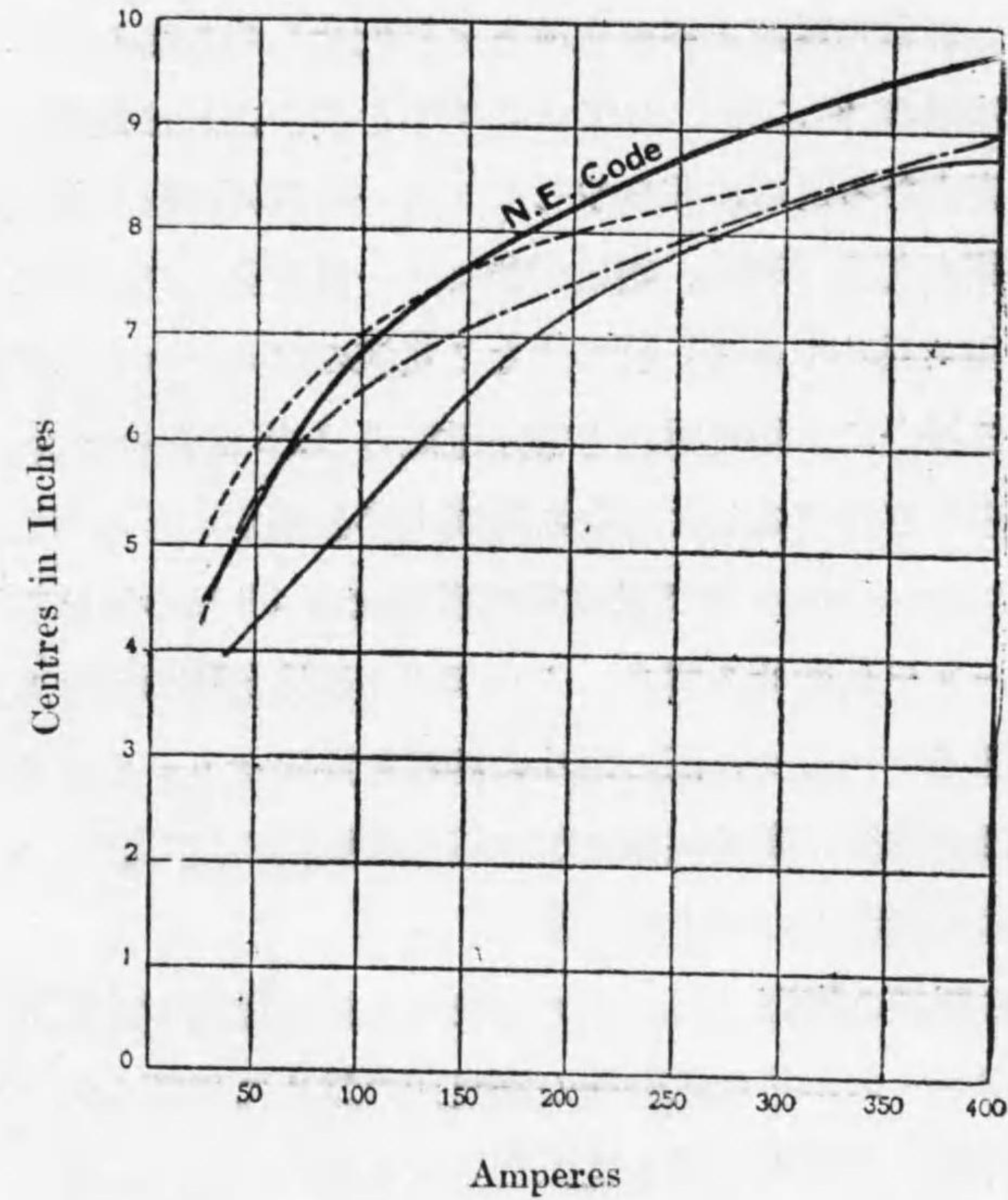
エンクローズド・フューズ エンクローズド・フューズは筒中にてフューズを入れ、其のまはりには電弧を消滅せしむ可き粉を充したるもの

にて、最も初めに作られた Mordey のフューズは銅線をファイバー筒に入れボイラーの煙管の煤粉を填充したものであつた。エンクローズド・フューズは取替に多くの費用を要せる爲めあまり用ひられなかつた。

エンクローズドフューズの標準 1908 年 Schwartz 及び James 兩氏が標準決定の見地より研究結果を發表せし以來未だ夫れ以上の研究發表せられず。

第三十四圖はエンクローズド・フューズのターミナルの中心の距離を示すものにて英國に於ける著名なる三製造會社及び米

第四十三圖



國に於ける標準の値なり。即ち常用電流 100 アンペアの場合には中心距離は $5\frac{3}{8}$ 吋乃至 7 吋にして何等一定せる處ろなし、

フューズ線として標準となる可き適當なる金屬は銅及び銀で銅は熔解電流を常用電流の 2 倍以下とする事は出來ないが、コンディット或は箱の中に在る護膜被覆の銅線の溫度上昇に對し尙充分なる安全率を存してゐる。電氣工師會の規則にはフューズは熔解する事なく 100% 以上の過負荷を通じてはならぬ

と規定してある(10 アンペア以上は 200% の過負荷)。銀線は銅より一層常用電流と容解電流とを接近せしむる事を得べく、此の比は銅の 2 に對し 1.43 となす事を得。之れは銀線が銅より放熱度大なる爲めに非らずして(同一の電流に對し銀の溫度上昇は銅の凡そ 90%)、銀線が銅より一層安全に高溫度に於て使用し得る爲めである。従て大なる電流のフューズとして銀を使用する場合に、熔解電流を常用電流の 1.43 倍とせば、短かき線を使用せざれば各部に大なる溫度上昇を來すに至る可し。

Schwartz, James 兩氏は常規熔解電流の 33 倍の短絡電流にてフューズを切斷せる場合、ターミナルには何等の害をも及ぼさしめざるターミナル間の最小の距離を測定せり。かかる短絡の状態は室内線、配電線等に起り得べき短絡の最も激しいもので、實に常用電流の 66 倍に當る。

荷重の種類の影響 フューズの使用された電路が電動機回路で、フューズが單に電動機の過負荷の爲めに切斷された時には、電動機の逆電壓の爲め電弧を生ずる事は少いが、若し短絡の爲めに切斷されるとせば電路のインダクタンスにより激しい電弧を發生する。Schwartz, James の實驗によれば、普通のインダクタンス(凡そ 0.023 ヘンリー)に於てターミナルに害を及ぼさない最少距離はインダクタンスのない場合に比し 30% 増加する。實際の場合に荷重は概ねインダクタンスを有するから此の點を考察して設計するを可とす。

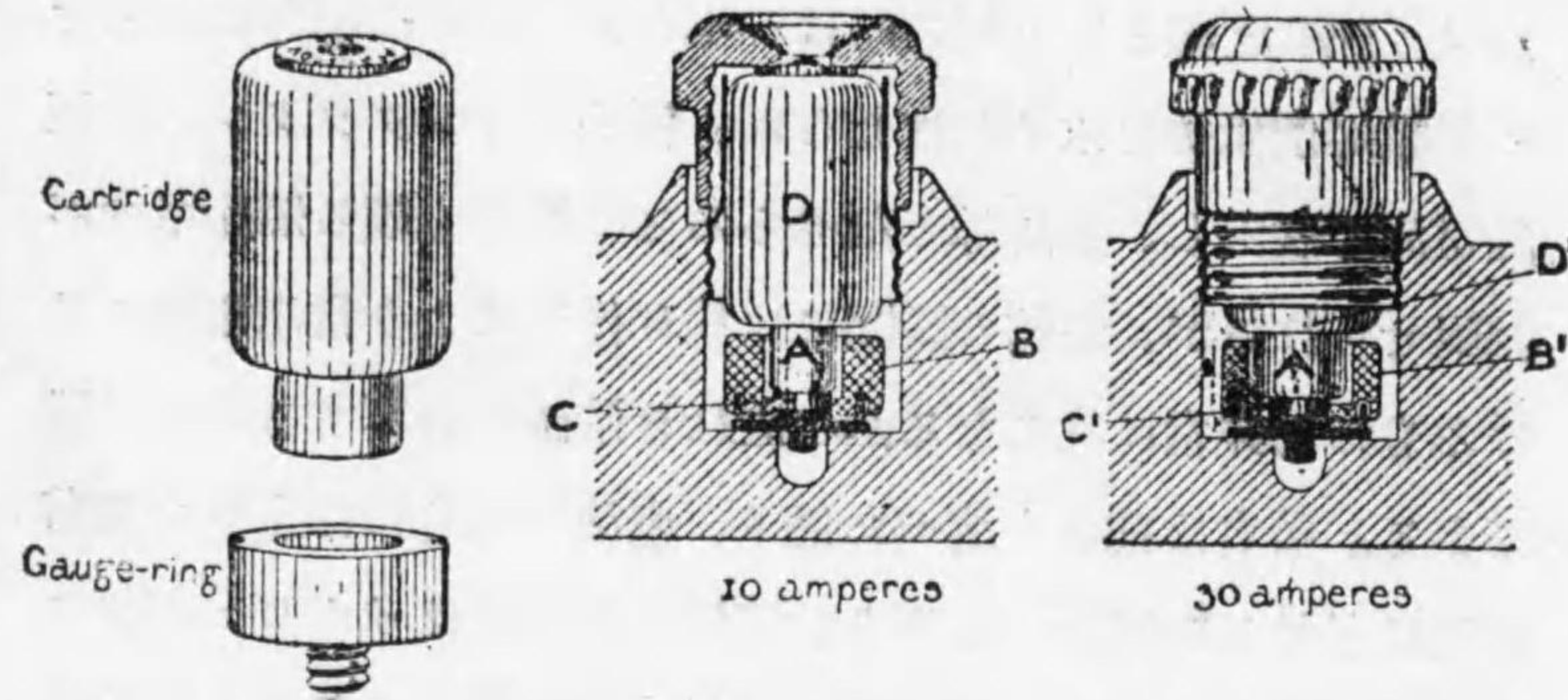
短絡の程度 短絡の程度は、供給電壓と母線、及びフューズ間の抵抗によりて定まり、母線への接続が一本のケーブルなる

時は其の抵抗は容易に求められるが、數本のケーブル接続せられ又は網狀配線となり居る時は一本のケーブルの場合に換算せる所謂等價抵抗を求めねばならぬ。線路のインダクタンスは短絡電流を制限し、無誘導と稱せらるる線路でも頗る短絡電流が制限せられるが、短絡の瞬間には飽和作用により常用電流に於けるものと非常に異てをるから之れを精確に計算する事は困難である。著者は前にも述べた通り、直流の場合には常規全負荷電流に於ける電壓降下を取り、交流の場合にはイムピーダンスを取らむとす。之等の値は實際に適合する精確なるものには非らざれども、猶全體として比較の基礎となす事が出来る。

フューズの切斷せらるる時は其の兩端子間に於て或エナジーが分離せられる。此のエナジーは最大の短絡電流及びフューズの構造に關係するもので、長い限時性を有せるフューズは短かい限時性のフューズより、又質量の大なるものは小なるものよりも多くのエナジーを要す。長さ大なるフューズは其抵抗が電流を制限する爲めエナジーを要する事少し。而して此のエナジーを減少せしむ可き最も有効なる方法はフューズの熔解する時發生するフューズの蒸氣を消滅又は冷却するにある。

クンクローズド・フューズの外筒 エンクローズド・フューズの外筒としては現今一般にファイバー又は陶器が使用せられ、(英國、米國にては重に前者を、獨逸では後者を使用す)陶器の方が構造上優れておる。又陶器なればフューズを臺に入れる時適當な容量のものでなければ入れられぬ様な装置を簡単に

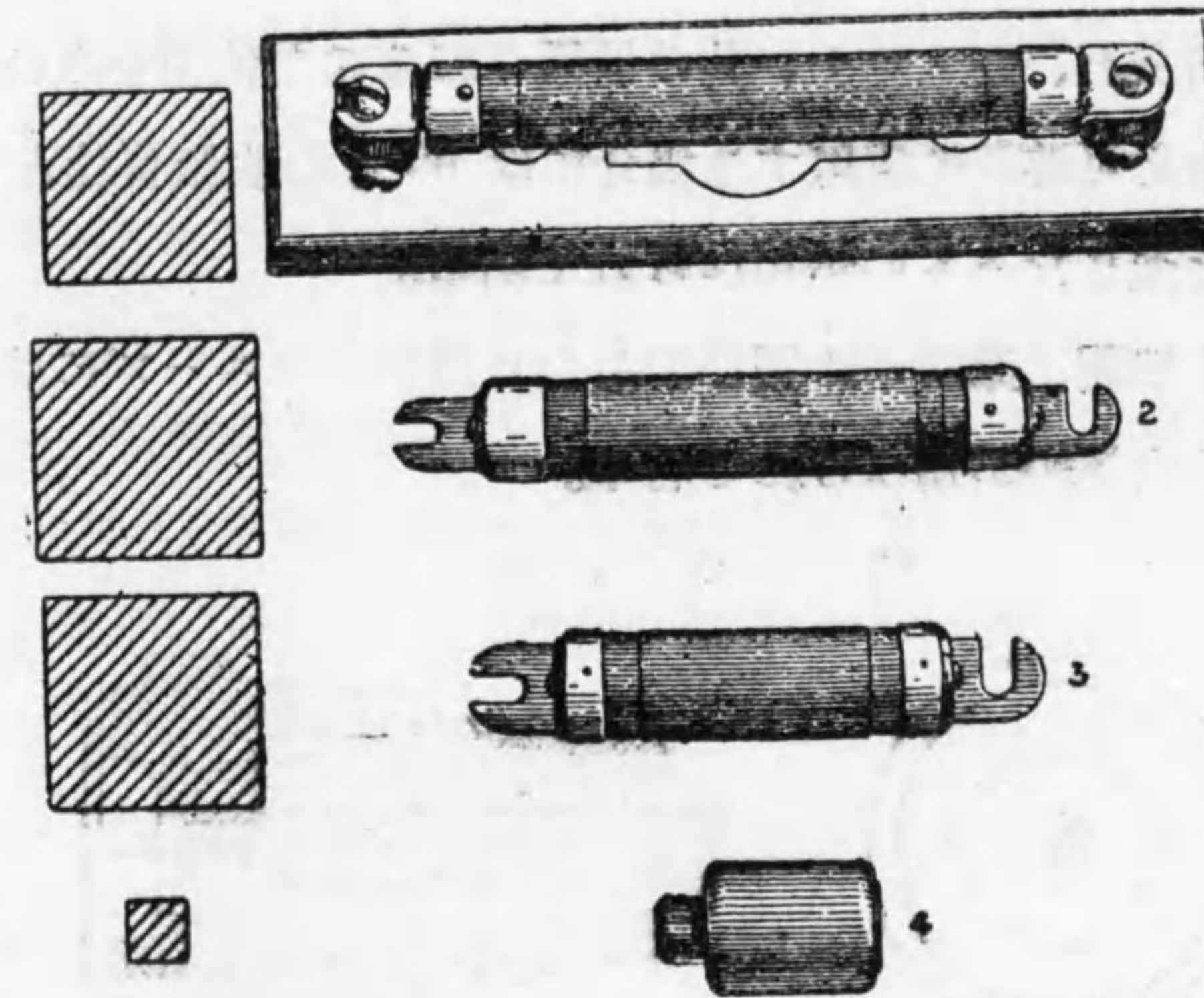
第四十四圖



作ることが出来る。第四十四圖は其一例で、BB' は滑石で作られた環で其の穴は規定された電流に對し夫々一定の大きさを有す。フューズには AA' の筒が附せられ BB' の穴に適合す。従て誤て容量の異なるフューズを使用する事なし。エンクローズド・フューズの外筒に氣孔を設くれば能率を害するを以て孔を作らず。

エンクローズド・フューズの線及び填充物 Refford 氏は ("Proc." I.E.E. Vol. XLV, 1910, page 635) 種々實驗の結果エンクローズド・フューズの可熔線には銀線がよいと論じて居る (Schwartz, James 兩氏は銅を最良とせり)。而して熔解電流と常用電流との比を 1.8 乃至 15 (電流大となれば比小となる) とせるが Schwartz, James の銅線の場合には、此の比は 2 以上となせり。即ち銅線を使用するより銀線の方が常用電流に比し熔解電流を少くする事が出来、熔解される金屬の容積も少い。第四十五圖は Refford 氏の論文中より取りたるもので

第四十五圖



50 アンペア 500 ヴォルト用エンクローズド・フューズの容積の比較

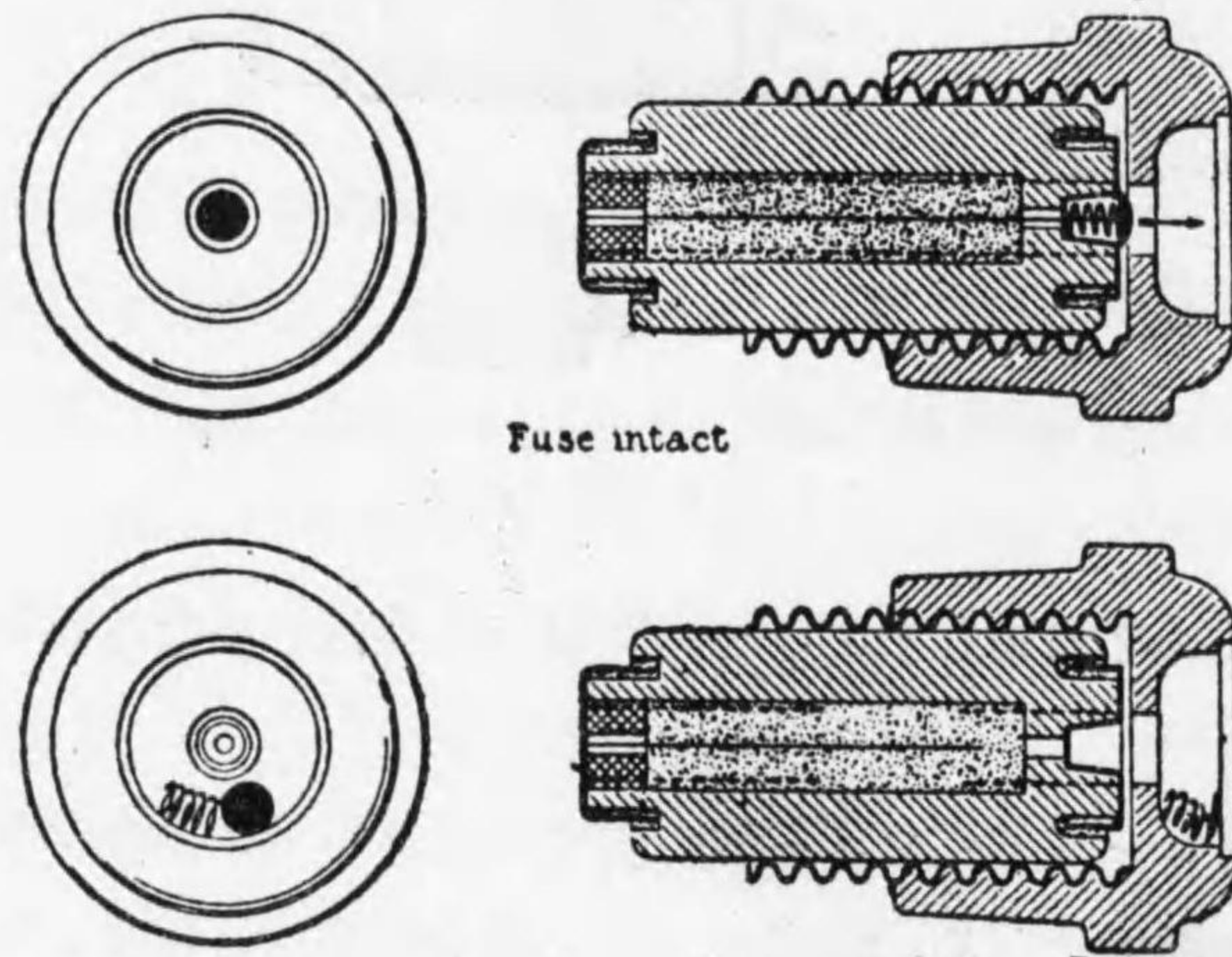
如何に銀線を使用したフューズ可熔線の容積が小なるかを知るに足る。

エンクローズド・フューズの填充物はフューズの熱を吸収して電流を消滅せしめ、爆發の危険を減ずる作用をなす。可熔線が高温度になつた時之と化學作用を起すが如き填充物を用ふる場合あれど、かゝる物質を用ふる際には化學作用によりて生じたる物質が導體となり、可熔線自身は切斷されても猶電路は此の所成物を通じて形成せらるが如き事なき様注意せねばならない。單に機械的作用のみを起す填充物を極く細い粉末となし固く筒中に填めた場合に最もよい結果が得られる。細き可熔線に填充物が接觸熔解電流に影影を及ぼさしめざらしむる爲め、

筒の中央に穴を設けたるものがある。填充物としては粉末状となせる石灰石、耐火粘土、其の他種々のものを使用せられ、錫鉛の合金を可熔線に使用する場合には 50% の炭酸曹達と 50% の骨灰を混じたるものが用ひられて居る。

第四十四圖、第四十六圖の示した質逸製のフューズにはエメリー又は白墨粉が用ひられて居る。

第四十六圖 (甲)



第四十六圖 (乙)

エンクローズド・フューズの指標 エンクローズド・フューズは可熔線が切斷して居るや否や外部より検する事が出来ぬから、細い可熔線を筒中の主要可熔線に並列に附し其の一部を筒外に表し、主要可熔線が切斷されると同時に切斷せしむる様になし、之にて筒中のフューズが切斷せるや否やを知る様になつて居る。

第四十六圖は巧妙なる指標の一種を示す。これは主要可熔線に並行なる細い可熔線にて指標を張り、線が切斷されるればスプリングの力にて前室に落脱する装置である。

フューズの限時性 すべてフューズは過負荷が起てから熔解さるゝまでには或る時間を要し、此の時間は過負荷の大なる程短かい。電氣事業規則によれば此の最大の時間は常規熔解電流の 20% 大なる電流でフューズが常温にある時より初め遂に熔解された時迄を以てす。限時性は種々の原因により甚だしく變化するから、各種のフューズにつき正しい時間を定むる事は出来ない。Schwartz, James は比較の基礎を得る爲め下の如き定義を與へたり。即ち

フューズの限時性は常規熔解電流より 50% 大なる電流にて常温の状態より初め漸次増加して遂に熔解切斷さるゝまでの時間を以て表はす。

此の定義に基けば容量の大なるエンクローズド・フューズの熔解切斷に要する時間は 4.55 となる可し。Refford 氏は此の時間は 15 以内でなければならぬと云ふて居る。然し著者の考では電氣事業規則の規定でも悪くはないと思ふ。短絡の場合には此の時間が頗る短かい。Schwartz 氏は短絡電流を常規短絡電流の 33 倍に制限したる場合のオツシログラフ試験を行ひたるに僅かに 1 秒の $\frac{1}{10}$ にも達しなかつた。現今行はれて居る良設計のエンクローズド・フューズは、激しい試験に於て急速に電路を開き、電弧を吹き消し之れを通じて流るゝ電流を切り、電路の電流を電路の抵抗の許すだけのものに制限してしまふ。此

の急激なる電路開放はインダクタンスにより電流の昇騰を起すが、實際に高まる電壓は數百ヴォルトに過ぎざれば電路に害を及ぼす事は極めて稀である。特殊の状態にありては低壓直流回線にても非常な高い電壓の昇騰を來すが之れ等の點に就きては第八章にて詳述せむ。

【註】 Murdock 氏の實驗によればフューズ線の長さ l の熔解の時間に及ぼす影響下の如し。

一定の電流 13.3 アンペアを通じたる時

$l = 8$ 吋とせば	熔解の時間	3 秒
2 吋	"	6.5 秒
1 吋	"	12.5 秒
$\frac{3}{4}$ 吋	"	9.2 秒
$\frac{5}{8}$ 吋	"	∞

フューズの長さを 3 吋に保ちたる時

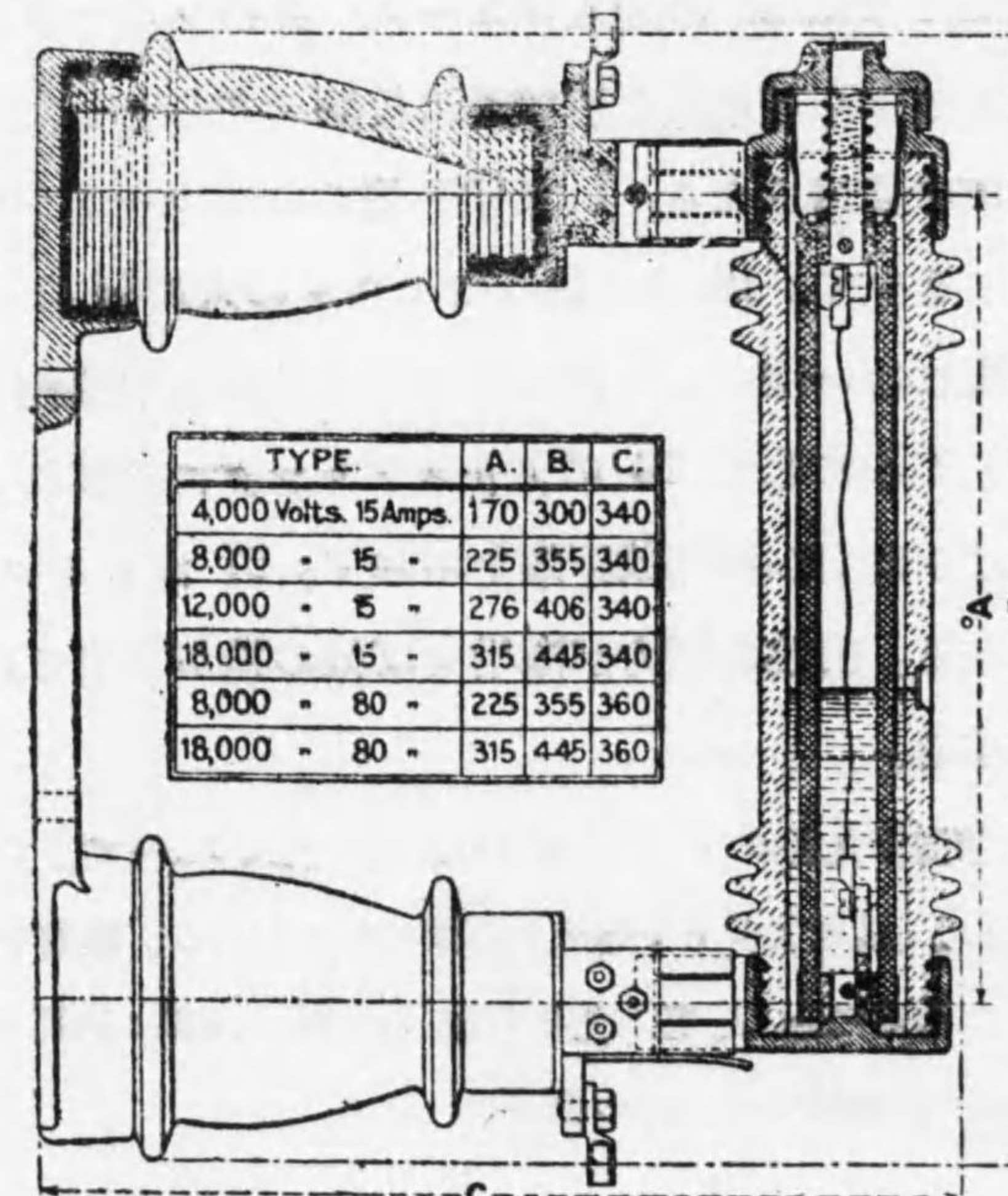
$I_f = 16.6$ アンペアを通せば	熔解時間	2.1 秒
$= 12.25$	"	4.5 秒
8.4	"	23.0 秒
6.32	"	∞

フューズの磁力的開放 磁力により電弧を吹き消す装置はよい考案で、之をなすには導線やターミナルを適當に排置せねばならぬ。これは實際上出來得べき事であるが、フューズ・ホルダーを有するものでは磁力により全體を吹き飛ばす事になるから、開放型のフューズにのみ應用する事が出来るが、此の種のフューズは現今あまり用ひられて居ない。

油入フューズ 高壓交流回線發達の初期に於ては油入フューズが可なり用ひられた。初期の油入フューズは銅線をスプリングに鑢付し筒内に半ば油を充し可熔線は油面上に在る。可熔線が切斷せらるればスプリングにて油の中に引き込まれ以て電弧を消滅せしむる作用をなす。現今の様な大容量の回線には之れ等は不適當である。可熔線を全く油中に入れたものがあるが之れは油の冷却作用により作用を不確實にする缺點がある。

次に示す油入フューズは稍良好なるものにして油入開閉器に比して價格が低廉であるから一顧に價する。

第四十七圖



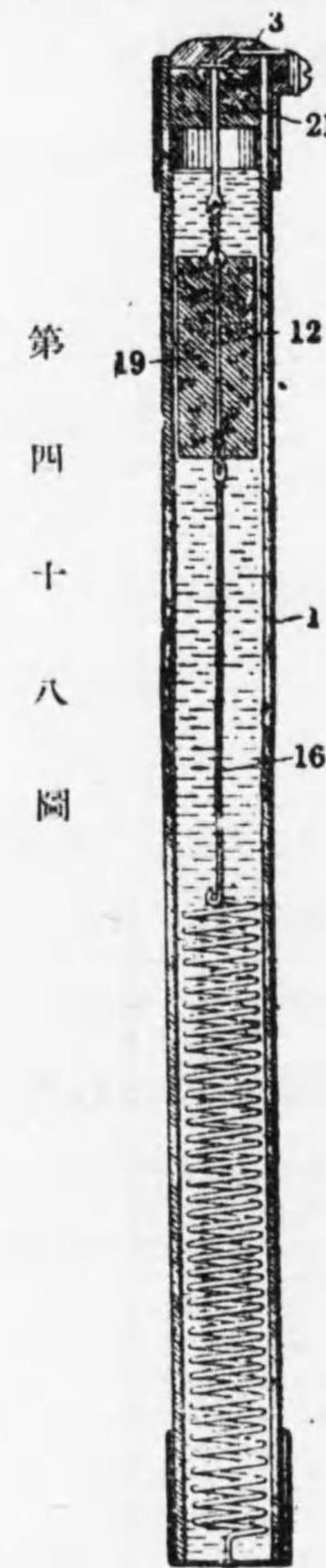
Isenthal の油入フューズ 第四十七圖に示すもので、外は陶器筒で内側にカードボードで作った筒がある。此の筒は凡そ長さの $\frac{3}{4}$ 位まで鋼筒を被せて丈夫にされ、上部のスプリングにて下端圓錐形の臺の上に壓着されて居り、可熔線は此の内筒の内に在る。内筒には内外の油及び空氣の壓力を一定にする小孔がある。可熔線は油面上に在る部分に於て熔解し此部分の壓力を高め、電流を制限すると同時に上部のスプリングを押して内筒を押し上げ電路を切る。此の場合油も内筒の内側より外側に噴出し電路の遮斷を助く。上部の蓋は内筒が押し上げられた時突上げられ以てフューズの作用せるを示す。

Schweitzer Conrad の油入フューズ 此のフューズは第四十八圖に示せる如く可熔線を直接油に接觸せざらしめたるもので小なる電流に使用される。1 は硝子管で中にカーボン・テトラクロライドを充す。12 は可熔線でコルクの穴に藏められた油に直接に觸れない様にしてある。コルク片の直徑は硝子管の内徑より少しく小にして 16 によりスプリングに結ばれ、可熔線が切斷せば下に引かれ開放距離を増加す。21 はコルクの栓、3 は封蠟である。内部の壓力が激増せば此の栓が放出され管の爆發を豫防する。

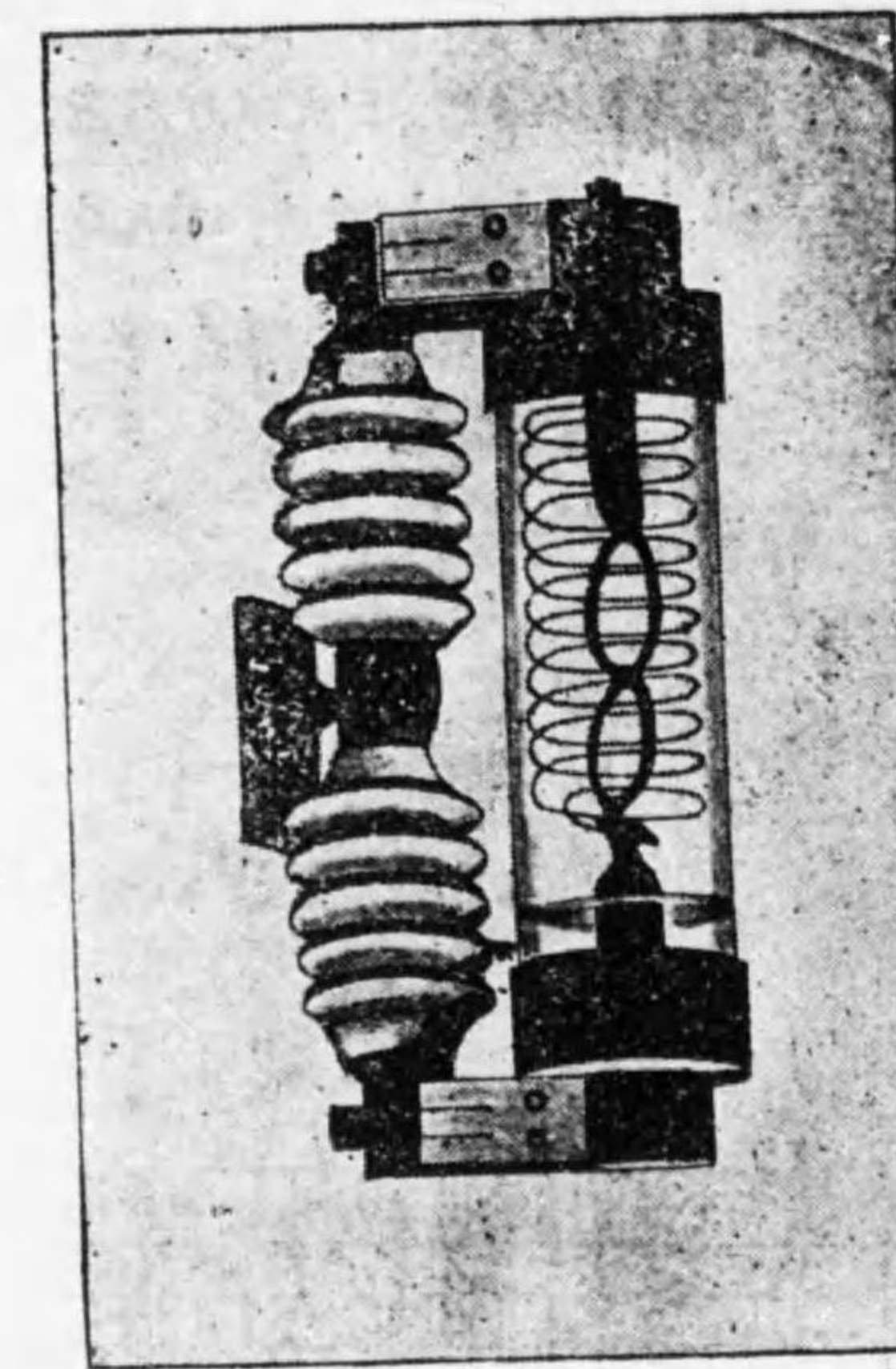
【註】 第四十九圖は F. Collischoun 氏の油入フューズにて、可熔線は銀を使用し油面より上で熔解する様になつて居る。第四十九圖乙、曲線 I は常用電流 C、常規熔解電流 $I_f = 2C$ 、銀線の直徑 d 時間の關係を示す試験結果で、此の曲線は

$$I_f = k_2 d^{\frac{3}{2}}$$

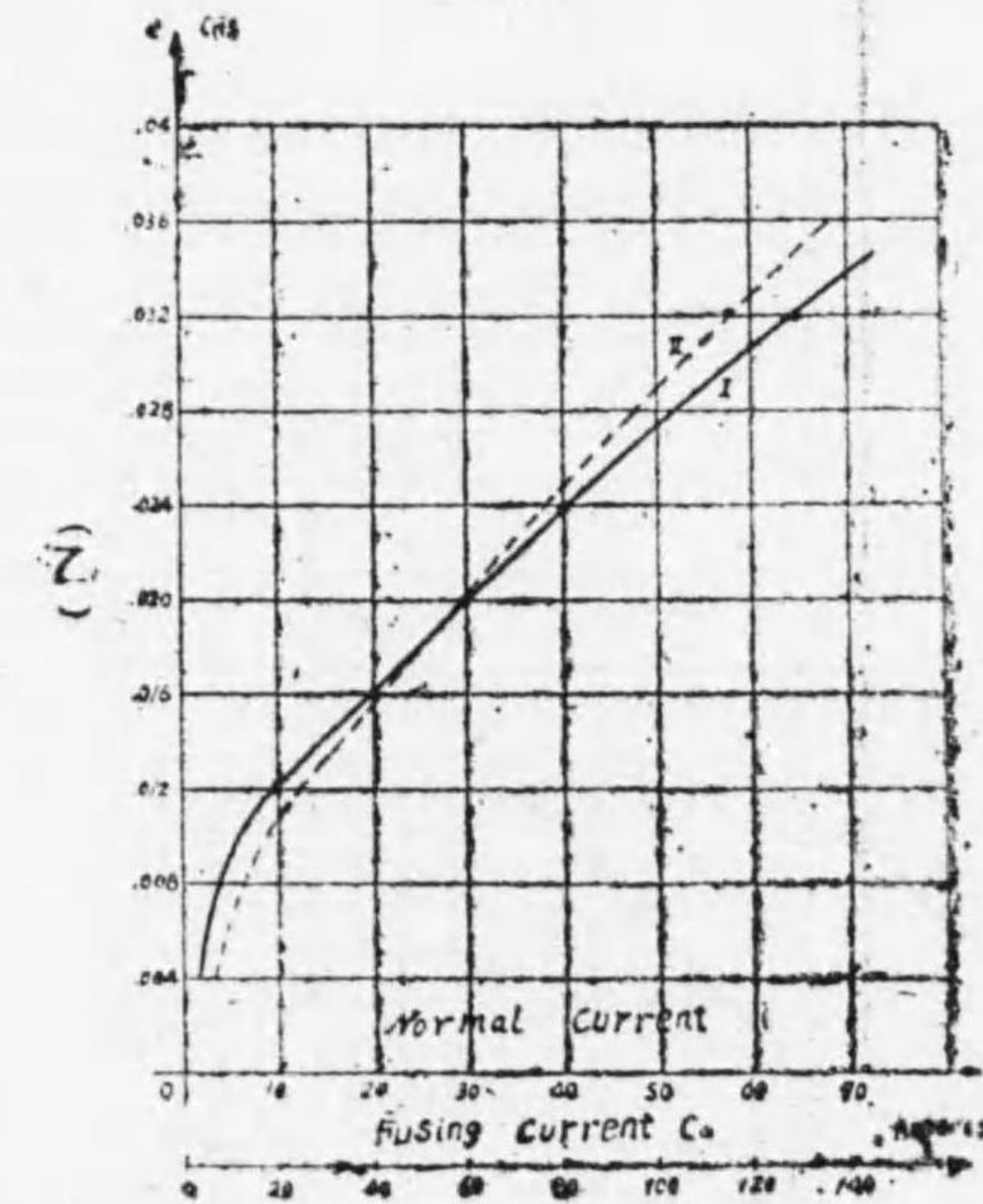
第四十九圖



第四十八圖



(甲)



(乙)

なる式に於て $k_2 = 2100$ として畫きたる II の曲線と稍異てをる。I の曲線 $I_f = k'_2 d^m$ はなる式の方が近い。此の式は

$$\log I_f = \log k'_2 + m \log d$$

$$\log I_f = y, \log k'_2 = a, \log d = x$$

とせば $y = a + mx$

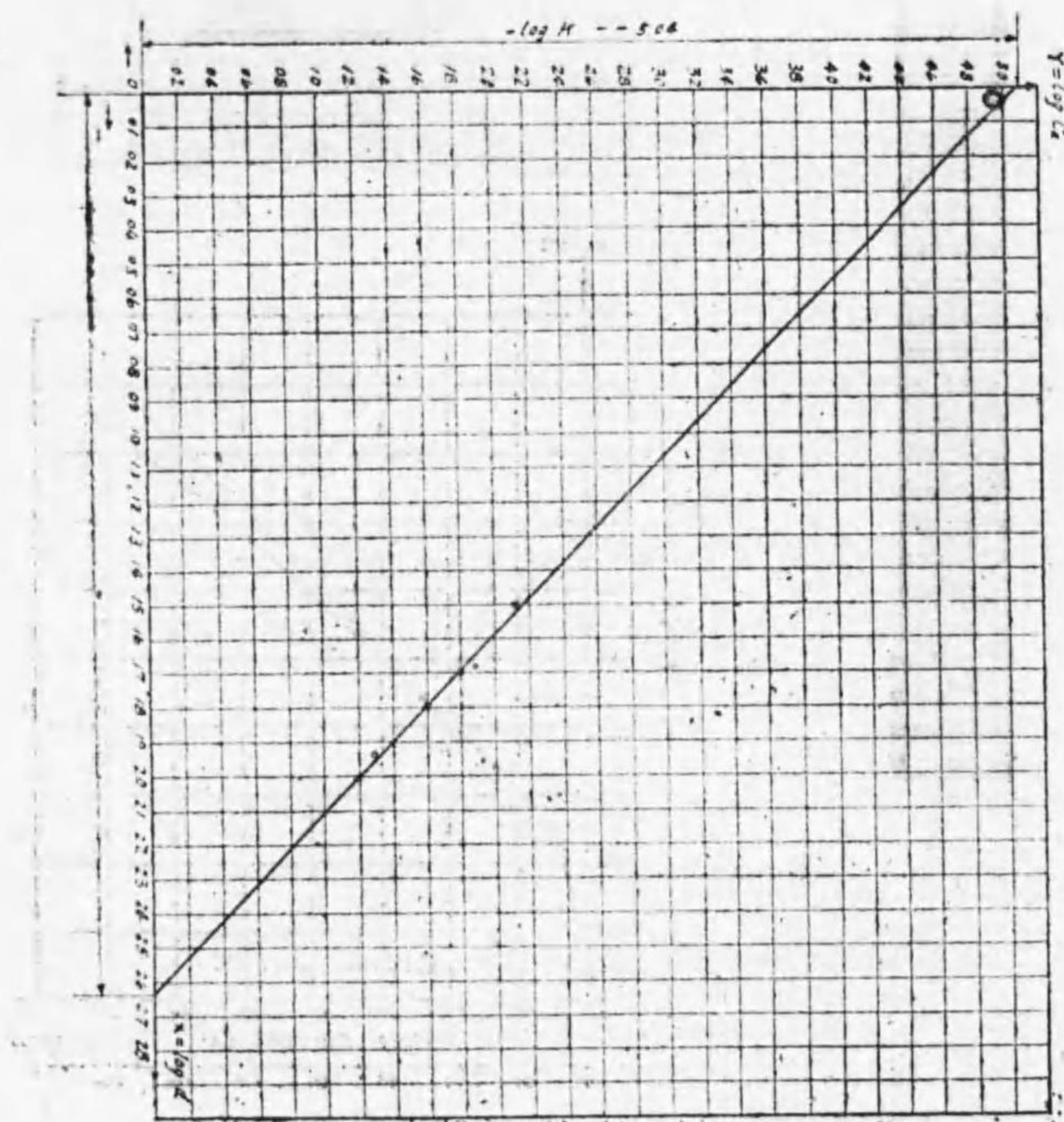
にて直線をなす。

曲線 I に於て

$$I_f = 20 \text{ アンペア} \dots d = 0.0118''$$

$$38.5 \text{ " } \dots d = 0.01575''$$

第五十圖



$$58 \text{ " } \dots d = 0.0197''$$

$$80 \text{ " } \dots a = 0.6236''$$

$$130 \text{ " } \dots d = 0.0315''$$

$$\text{低て } y = \log I_f = 1.301 \dots x = \log d = 1.9281$$

$$1.585 \dots 1.8027$$

$$1.763 \dots 1.7055$$

$$1.903 \dots 1.6721$$

$$2.114 \dots 1.5017$$

此の値は第五十圖に表はされ殆んど直線をなす。

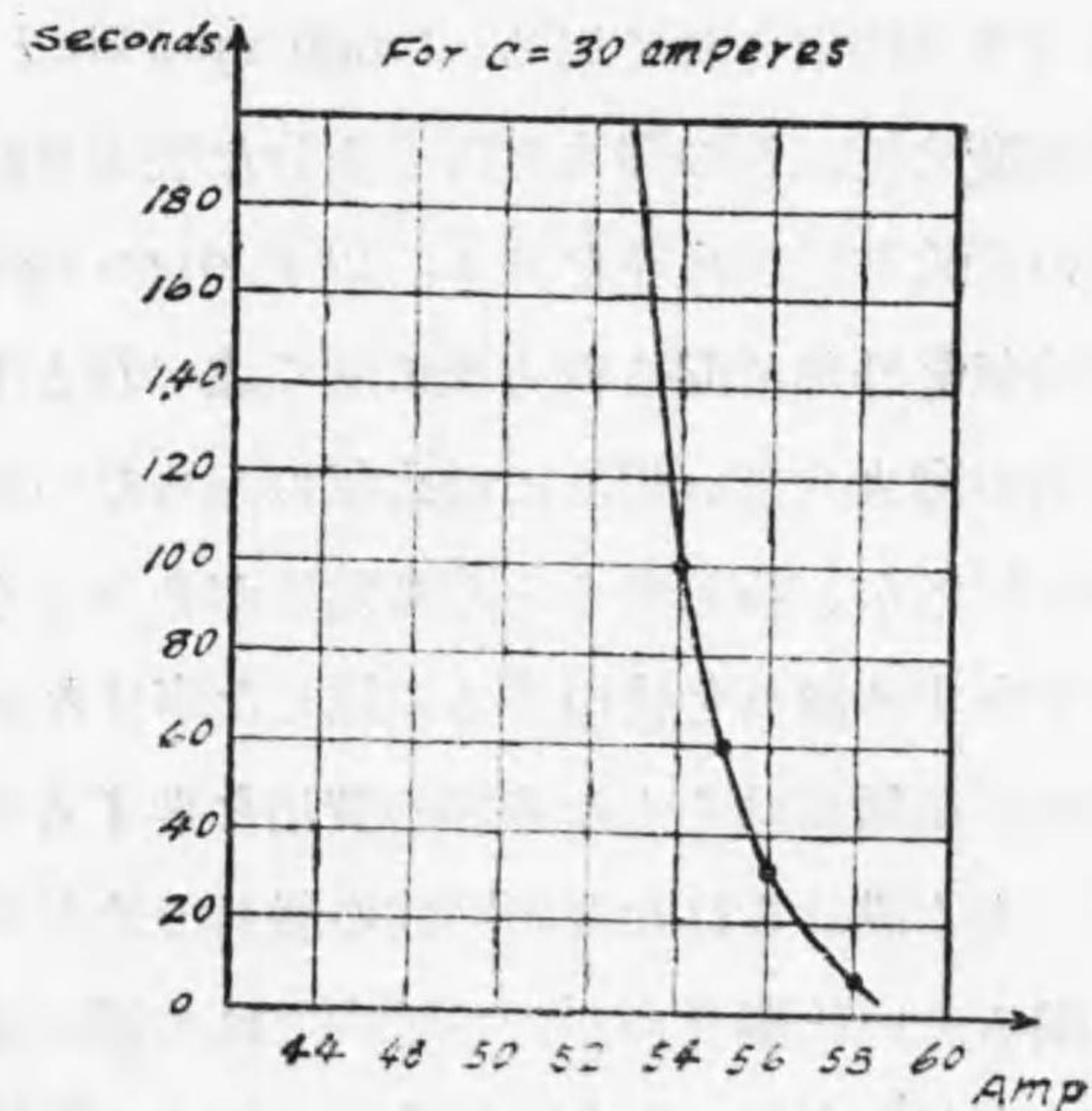
$$\text{而して } a = \log k'_2 = 5.04$$

$$\therefore k'_2 = 109,600$$

$$m = \frac{a}{b} = \frac{5.04}{2.625} \approx 1.92$$

$$I_f \approx 109,600 d^{1.92}$$

第五十一圖



第五十一圖は第四十九圖用の常用電流 30 アンペアのフューズに、冷い状態から急に大電流を通じた場合の熔解時間を示す。即ち 30 アンペアのフューズは 52 アンペアに 5 分間保つが夫れより急に短縮せらる。

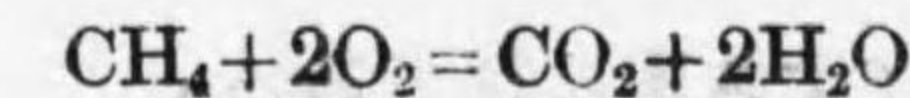
鑛山用開閉器 炭坑に使用する開閉器類は第一に強力なる機械的強さを有し、第二に内部から火花電弧、焰、或は瓦斯等が漏れ爆發性の外氣を熱して發火せしめざるやう充分の装置を施さねばならぬ。此の點に關しては炭坑の取締規則 No. 132 中に規定せられ、其の第 60 條の 1 には之を使用せば瓦斯又は炭粉の爆發を起す危険がある場所には電氣は絶対に使用を禁ずとあり。No. 132 は平常は瓦斯はなくとも瓦斯量が危険な程度 (1% 以上) に増し易い場所は何處でも適用せられ、且つかゝる坑内に使用するすべての機械は open sparking の危険なき構造となす可き様規定されて居る。Open sparking とは其の機械の周囲の發火性瓦斯の發火を防ぐ充分な装置を缺いた爲めに遂に瓦斯の發火を起す火花を云ふ。以下 open sparking を防ぐ方法や火氣を外部に漏さぬ方法に就て述べむとす。上述の規則には瓦斯の發火し易い場所には火氣の漏らない装置を要すと規定されて居るが、少しでもそんな危険がありそうなら勿論斯様な装置を有する器具を使用するに越した事はない。勿論斯様な瓦斯のない場所にはそんな多額の費用を要する器具を使用しなくとも、よく設計された全密閉式の器具で充分である。

鑛山業は頗る荒い仕事であり、又坑内では普通の場合と異り充分な管理注意が出来ないから、坑内に使用する開閉器類は充

分の機械的強さを與ふるを要す。

猶密閉された開閉器函内には電路の開放の際發生せる電弧の爲に爆發する瓦斯に充され易く、之れが爲めに内部の壓力が非常に高まり、蓋其の他弱い部分を吹き飛ばす事が往々ある。

開閉器函内の爆發瓦斯の性質 開閉器函の内部が清淨で炭粉などのない場合には其の中で起る爆發は重に炭化水素 (主としてメタン) と空氣中の酸素との作用に基くもので



上式に示す如く三分子の瓦斯から三分子出來 (水は蒸氣の状態にある)、爆發は單にメタンの燃焼により生ぜる熱で瓦斯が熱せらるゝ爲めに起る。水蒸氣が凝結すれば函内の壓力は急に外部の壓力より低下するから函外の瓦斯を吸収する。従て充分の冷却作用を有する大きな箱を使用すれば函内の爆發を豫防することが出来る。發生せる熱量が全く瓦斯を熱するに費されたと假定すれば、其の混合瓦斯の比熱を求め容易に函内に爆發を起す最高壓力を計算することが出来る。

火花又は電弧による坑内瓦斯の着火 炭坑内の瓦斯の着火する極限、及び爆發を起す最小の電弧に就き多くの研究が行はれ、中でも W.N. Thornton 教授は其の主なる研究者である。(Iron & Coal Trade Review, Vol. LXXXIX, 1914, p. 255) 1913 年の十月 Senghenydd に起つた爆發は電氣信號より起りたる open sparking によるならむと云ふ疑より多くの人々が非常に此の點に注意を集めた。詳細は C.P. Spark 氏の論文 ("Proc". I.E.E. Vol. LIII. 1915, page 389) を参照せられた

し。

Thornton 氏の研究によれば、メタンの空中に於て發火する最少量は容積に於て 5.6% であるが、エタン其他高次の炭化水素が共に存在して居る時には此の極限は混合瓦斯の熱に逆比例して減少する。メタン分子は一グラムにつき 189.1 エタンは 336.6 キログラムカロリーであるから、エタン 30% メタン 70% の混合體は空中に於て燃焼を起す最少量は 4.5% に減ずる。然し斯様にエタンが多量に存在する事は稀である。

最も發火し易い混合瓦斯 Thornton 教授は混合瓦斯體内に於て電路を切りて着火せしめ其の最少の電流を測定せり。而して其結果によれば直流の場合には空中にメタン 8% (容積) ある場合とエタン 5% ある場合とで、又交流にありてはメタン 10.2% エタン 7% なり。斯く交流のスパークと直流のスパークとは頗る異つた結果を生じ猶電壓によりて變ず。例へば交流 1000 ヴォルト、40 サイクルの着火電流は 100 ヴォルトの直流と同様の結果を與ふ。猶 100 サイクルの交流は最も着火し難きを發見せり。依て斯様なサイクルは通常の電力回線には使用せられぬが交流ベル・シグナルには之を使用する方がよい。

セルフ・インダクションの影響 通常セルフ・インダクションは電路開放の際發火作用を増し、丁度發火を起す可き電路のエネルギーは 0.02 乃至 0.6 ヘンリーの間は殆んど同様である。ベルのインダクタンスは 0.5 ヘンリー位であるから此の事實はベルの回線に最も重要で、此の場合發火電流は 0.5 アンペアである。従てベルの接觸部は函内に密閉するを可とす。勿論

接觸部に生ずるスパークはコンデンサーを並列に用ひて防止する事が出来るが、斯様な安全装置を施したとていつでも爆發を防ぎ得る様な構造は施さねばならぬ。

瓦斯の發火 フューズによる瓦斯の發火 發火性の瓦斯が發生し易い處ろではフューズは防火函内に密閉す可し。Thornton 氏は 2 ヴォルトの電路に於てさへもオープンフューズは危険であると云て居る。

ケーブルの漏洩アークによる發火 鎧装せるケーブルの接手が不完全なれば之れより電流が漏れ、アークを發生し遂に瓦斯を發火せしむるに至る。500 ヴォルトの回路に於て 0.02 アンペアの漏洩アークは瓦斯を發火するに足る力を有て居る。従て接手は充分完全となし且つ時々點檢するの要あり。

蓄電氣的放電による發火 蒸氣の噴出廻轉せるベルト等よりは靜電氣的に刷子狀放電を生ずる事がある。Thornton 氏は刷子狀放電には瓦斯を發火せしむる力なき事を發見したが、刷子狀放電が擴大してスパーク放電となれば遂に瓦斯を發火せしむるに至る。ベルトよりの放電は 50,000 ヴォルトに達する事もあるが、其の電力は極めて僅で危険の状態に達する事は少ない。

キャパシチー・スパークによる發火 0.0054 ジュウルのエネルギーのキャパシチー・スパークは瓦斯を發火せしむ。之れは凡そ 500 ヴォルト、0.05 マイクロ・ファラツドのキャパシチーを放電せしめた場合でケーブル回線の開閉器を開いた時に往々起るものである。

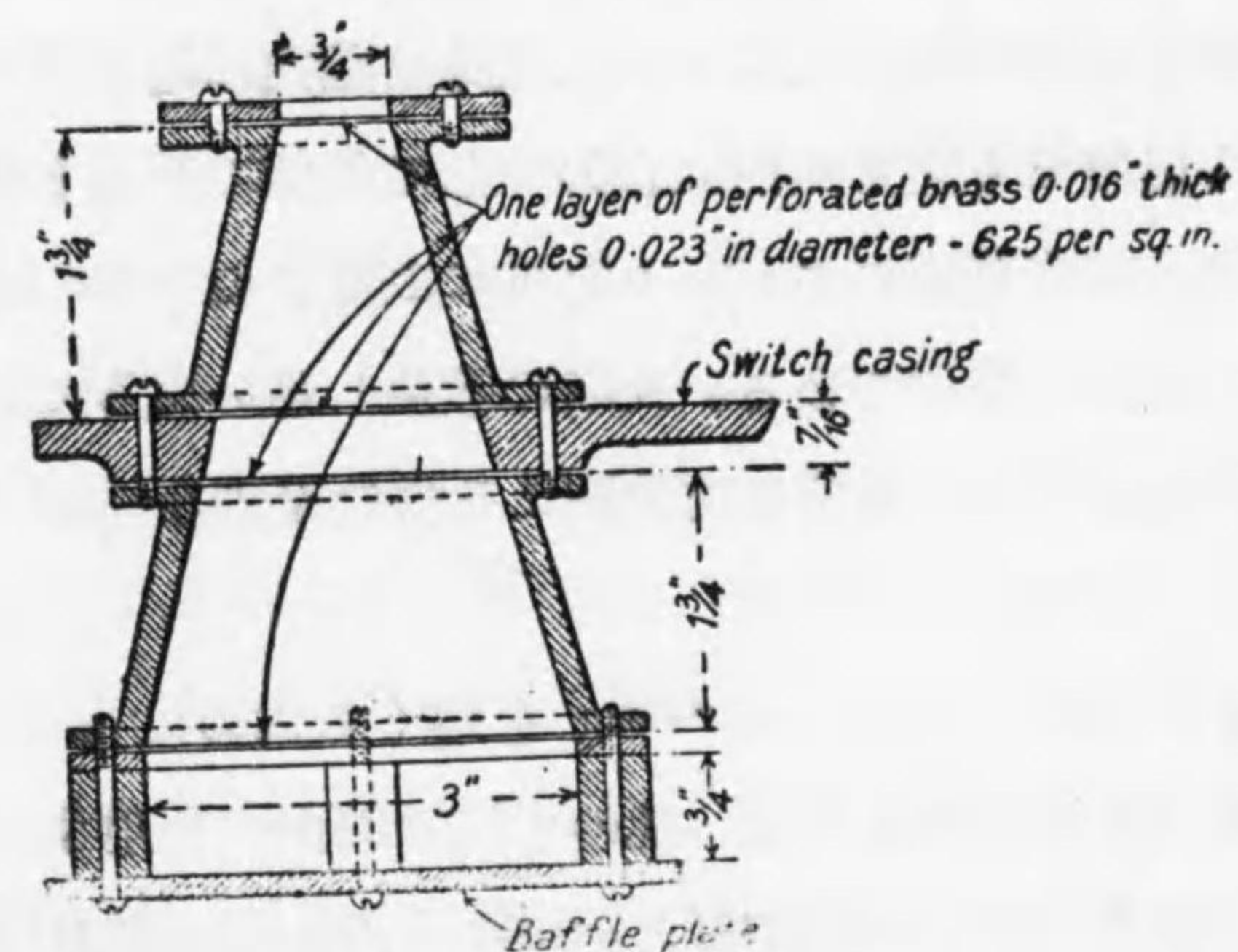
瓦斯の發火に對する炭粉の影響 霧狀の炭粉はアークの爲めに發火し、其の最少電流は 480 ヴォルトに於て直流 3.5 アンペア乃至 5.8 アンペア、交流 14 アンペア (40 サイクル) である。此の場合に少しでも瓦斯があれば甚だ危険で僅か 0.5% の瓦斯でも爆發を起す。1911 年の炭坑條例では 1.25% 以上瓦斯のある處ろへは電氣の使用を禁止して居る。而して發火す可き最少の瓦斯量は 5.5% であるから安全率は 4 になつて居る。5.5% 以下の瓦斯でも炭粉があれば勿論危険である。

結論 以上述べたる處ろにより一般の結論としてたとへ瓦斯の發火爆發を起すには一定の電壓、電流、電力を要するものであるが開閉器やフューズなどはすべて危険物と見做して之等を火焰が外に漏れない爆發に耐ふる丈夫な函の内に密閉するがよい。疑もなく之は最もよい方法で又容易に行はれる處であるから是非實行したいと思ふ。勿論之れは爆發の恐ある鑛山に限るもので斯様な心配のない處ろに無理に適用するには及ばぬ。

之等の器具を密閉する函を爆發に堪ふる様にするには充分の強さを與へて内部に生じた壓力に耐えしめねばならぬ。1913年 シーメンス會社で發表せる處によれば此の壓力は 110 封度毎平方吋なり。然し重い小さい函の中では函壁の急激なる冷却作用により此れだけの壓力に達するや否や疑はしい。「開閉函内の爆發瓦斯の性質」の項で述べた化學式に依て見れば瓦斯の燃焼により發生せる水蒸氣が急激に凝結すれば壓力の高まり方は非常に少くなる。Clark, Crocker 兩氏の實驗によれば (Iron & Coal Trade Review, May 22, 1914, Vol. LXXXVIII, p. 7

85) 第五十二圖に示した様な函の中に入れた小開閉器に於て壓力は 20 封度毎平方吋しか上らなかつた。

第五十二圖



鑛山用油入開閉器 鑛山用開閉器としては油入が最もよい。之等は油中にて開閉され開放の際スパークを外に出す事がない。

1905 年に發布された英國の炭坑條例には開閉器は氣密な函に密閉するか或は油中にて開放す可しと規定したが、1913 年に改正された規則によれば全々油中に於て開閉するが如く火花の外に表はれぬ装置 (no open sparking) とす様定められた。

油入開閉器に於ても油面が下るか或は大きい電流を遮斷した場合などにはアークが油面に表はれることがある。米國の鑛山局では油入開閉器を試験する場合には開閉部以上の油は製造者の指定した高さの 25% とし、且つ油槽を全く氣密とする定め

になつて居る。

米國鑛山局では瓦斯のある鑛山に使用する開閉器は油入又は爆發に耐ふる型 (explosion proof type) と定め油入とは限らない。然し爆發に耐ふる型と云ふ意味は函内に起たどんなスパークでも爆發でも之を函内に止め決して外部の瓦斯を發火せしめぬ事で、丁度英國のスパークを外に表はさぬ (no open sparking) 装置と同様である。瓦斯の發生し易い處ろに使用する油入開閉器は内部の爆發に充分耐える様な堅固な構造となすを要す。

函の耐火構造 (open sparking を避くる爲めに)。

1. 窓に金網を張る方法 此の方法は鑛山で使用する安全燈と同様の理由であるが開閉器の内部にも澤山の瓦斯が充満して居る時はスパークにより爆發し網を急激に熱して火花を外に表はすから、網は幾重にも重ね且隔板を設け外氣に接する迄には充分の冷却壁を作るを要す。猶内部に過大の壓力を生ぜしめざらしむる爲め網目は内部容積に對し相當の大きさを有して居らねばならぬ。第五十二圖は此の種の保護装置の一種を示し 250 ヴォルト 200 アンペア二極單投双形開閉器用で此の装置を三個使用す。各四枚の保護網あり開閉器の空容積は 0.46 立方呎である。之れを次項で述ぶる様な方法で米國鑛山局で試験せるに焰が外部まで漏れ遂に不合格となつた。鑛山局の報告によれば (Iron & Coal Trade Review, 1914) 割網が充分熱を吸収するに足らず且つあまり距離が多すぎた爲めである。猶鑛山局では同様の原理で而も一層よい設計の開閉器を試験せり。之れは内

部の空容積は 0.8 立方呎で各四個の保護装置を有し、各外側には厚さ凡そ $\frac{1}{8}$ 吋の眞鍮の有孔板を、其の直ぐ次ぎへ 70 メツシの銅網を附せり。眞鍮板の孔の直徑は $\frac{1}{4}$ 吋で各 0.2 吋を隔て 545 個あり之れ等の保護装置の總體の開口は 12.6 平方吋あり。試験の際には瓦斯を充満せしめ且つ炭粉末を保護装置の中へ篩ひ込みたり。試験成績はすべて良好で開口が廣いから壓力の上昇は非常に少く僅か一平方吋につき 4 封度許りである。試験の初め三四秒間爆發に次で瓦斯が燃焼し大なる音響を發せり。依て金網を張つても適當にさへ設計すれば充分スパークの外に漏れるのを防ぐ事が出来るのは明かである。此の方法は密閉式としては内部に發生する壓力が甚だ大で機械的構造上製作不可能なるが如き場合に用ひ得べし。然れども機械的構造の可能なる場合には強て使用せざる方が宜しからむ。

2. 保護板の使用 此の方は重にシーメンスやアルゲマイネで大電動機の保護に使用して居るもので、小電動機なれば次ぎに述ぶる様な方法が宜い。大電動機の場合に之を應用せば構造が頗る大きく重くなるから保護板を使用するを可とす。之れは前に述べた保護網と同様の理由で、開口には各多數の薄金屬板 (巾 2 吋位) を 0.2 吋以下の距離に瓦斯に屈曲せる複雑な通風路を與ふ様に装置し、瓦斯の有する熱を吸収して危険なからしめたるものなり。薄板を装置するに多少電動機の通風を導く様にし一定の出力に對し大きさを小とす。此の方法は薄板の間に塵がたまり往々故障を起す事あり。

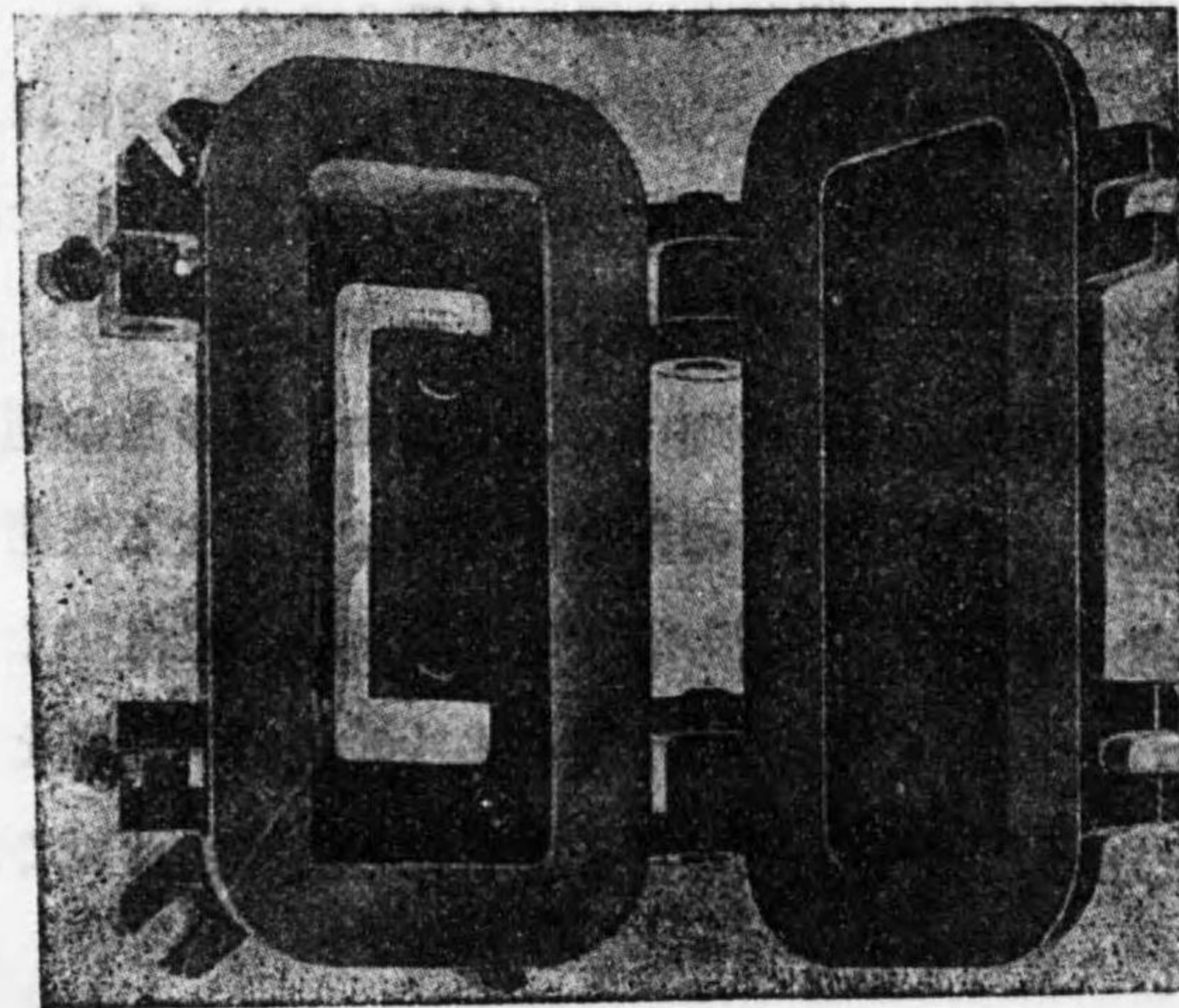
3. 機械的保護 (接合面を廣くする事) 函と臺との接合面

を充分廣くし且つよく仕上げて摺り合せを完全にすれば、接合部からスパークが漏れる様な事はなくなる。尙熱せられたる内部の瓦斯は少量宛外部に押し出され安全瓣の作用をなす、而して外に押し出さるる迄には函壁を上り冷却されてしまふ。或る技術家は函と蓋との間には凡 $\frac{1}{8}$ 吋位の空隙を存するを可とすと稱し、又或る者は接合部の接觸面は幅を $1\frac{1}{2}$ 吋位とし粗仕上をなし仕上目の小溝を内部に通ずるを可とすと云て居る。

Union Elec. Co. では仕上目の深さを $\frac{1}{16}$ 吋とし、ピッチを $\frac{1}{8}$ 吋とし、小なる瓦斯ノ放出路を多數に作りたり。

著者の考ではすべて之等の考は誤りで接合部は出来るだけ完全にしなければならぬと思ふ。完全なれば幅は狭くてよいが然し實際には仲々完全なる仕上は得難く且つ砂塵などの爲に完全

第五十三圖

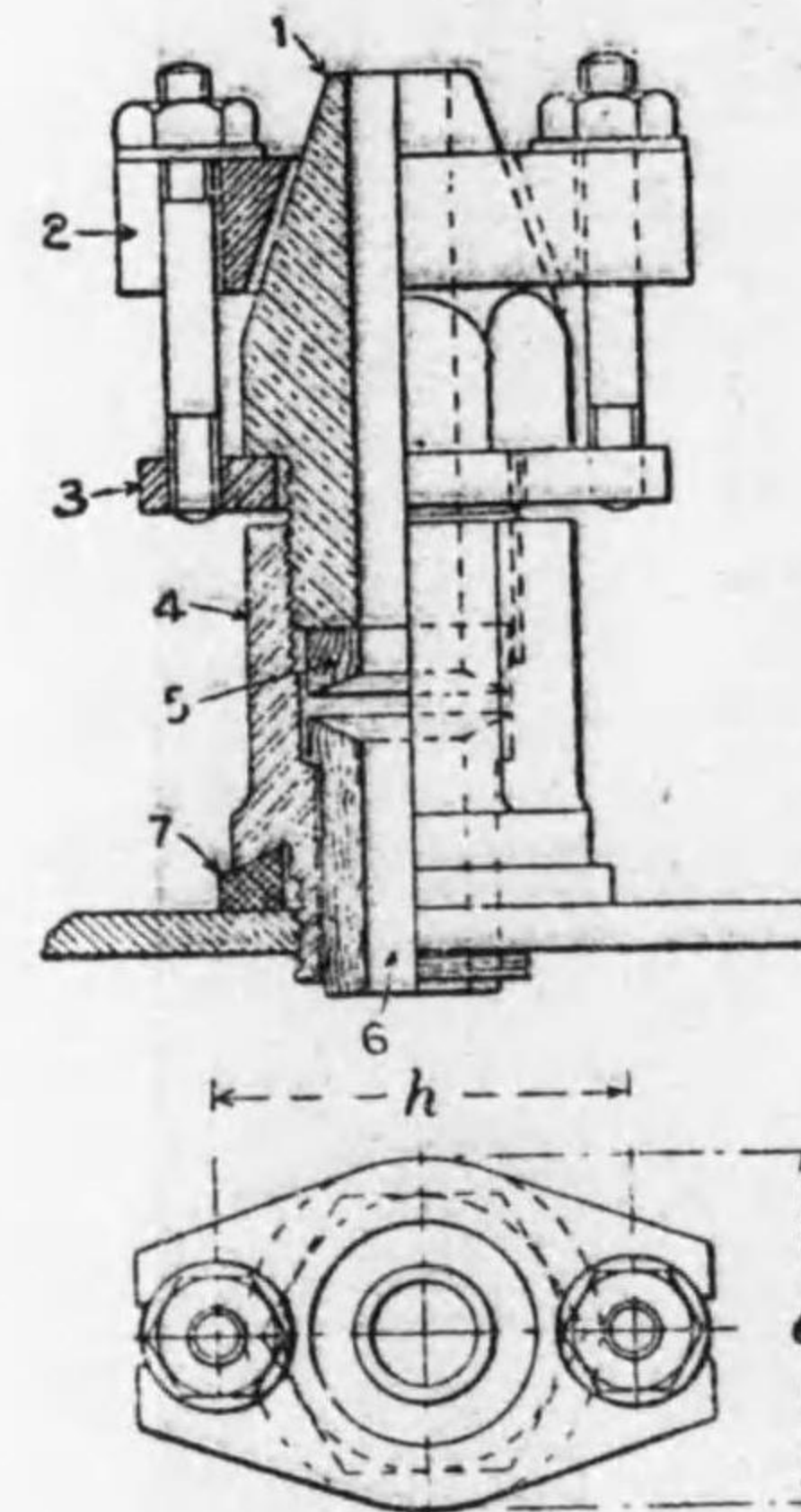


15 amperes フェーズ

に合はせる事は困難であるから接合面の幅を廣くし、瓦斯が外に出るまでには充分冷却せねばならぬ。

第五十三圖は此の理論で作られたるフェーズ函、第五十五圖はスキツチ・フェーズ函である。

第五十四圖



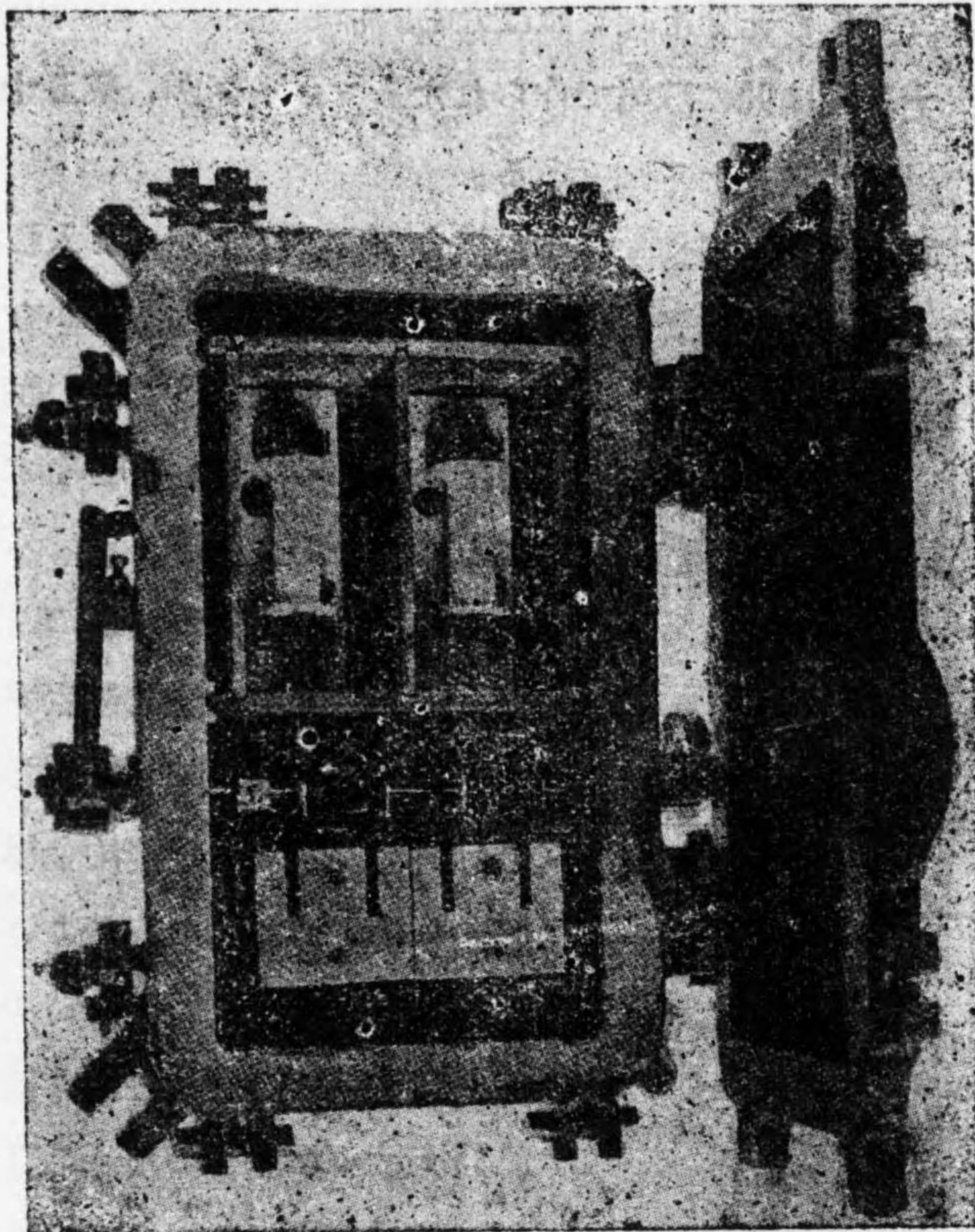
Cable gland

接合面にパツキングを入れ接合を完全にすれば勿論内部からスパークが漏れる様な事は無いが、鑛山などではパツキングをなす可きものにしなかつたり、或はパツキングの位置が不完全であつたりなどにより思はざる過失を生ずる事が往々あるから、却て斯様な餘分の材料を使用せず直接に金属と金属とを接す様にした方がよいのである。米國の鑛山局でも特に之を規定して居る。勿論之れは接合面のパツキングであつた函を貫通する軸などへは充分のパツキングを施す必要がある。之等は蓋を開けても何等影響を蒙らず且つ其の状態を時々點検して見る事が出来るから安心してパツキングを施す事が出来る。

第五十六圖は軸に填蓋をなせる防火函で軸の穴は出来るだけ長い方がよい。函に捻子を立てる心要がある時には捻子穴は中まで通さず半途で止めて置かねばならぬ。以上の注意はケーブルの引込にも適用す可く、之等はアスベスト又はヘンプで堅く

第五十六圖は軸に填蓋をなせる防火函で軸の穴は出来るだけ長い方がよい。函に捻子を立てる心要がある時には捻子穴は中まで通さず半途で止めて置かねばならぬ。以上の注意はケーブルの引込にも適用す可く、之等はアスベスト又はヘンプで堅く

第五十五圖

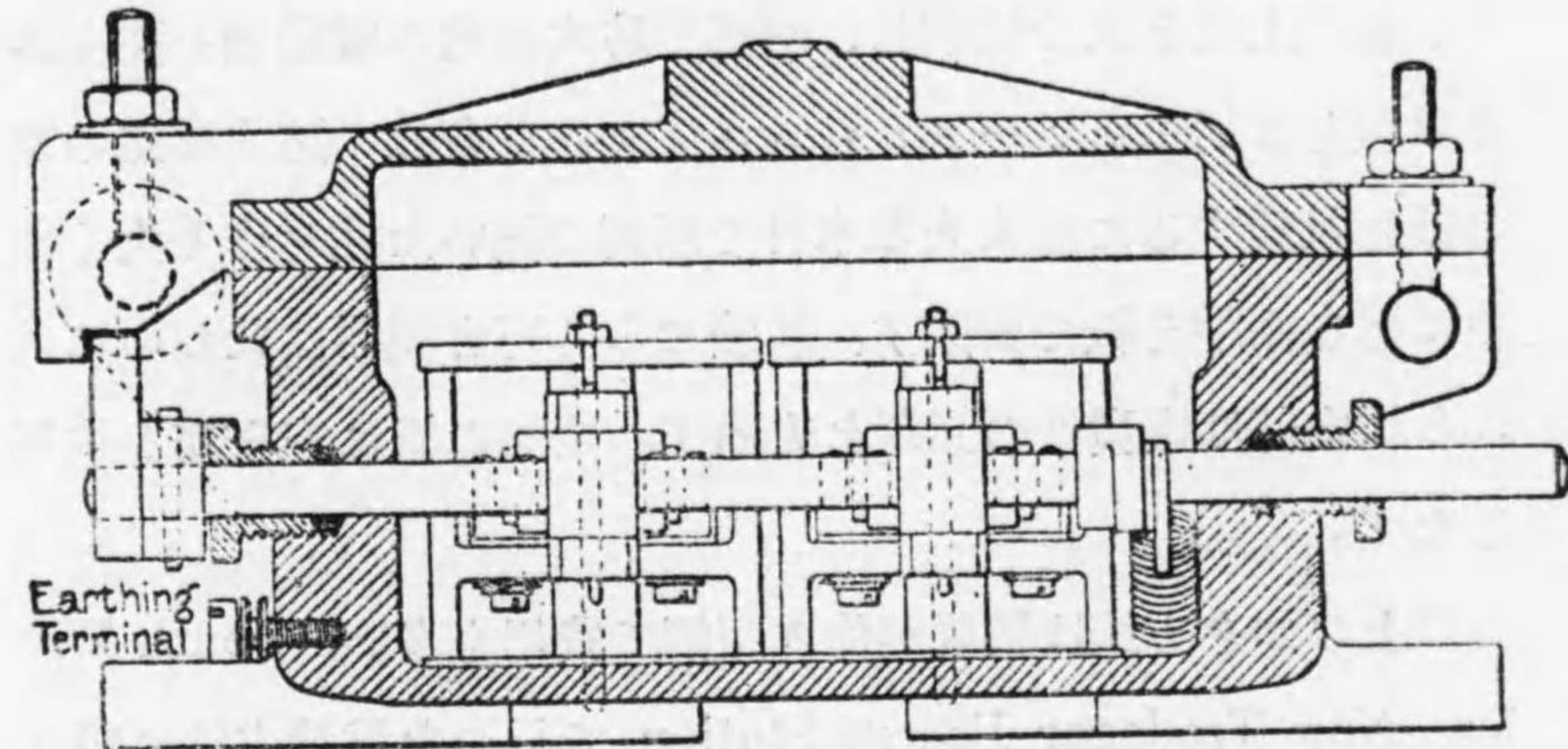


500V 15A 二極スイッチ・フューズ

填充される。鎧装ケーブルは丈夫に函に固定し電気にもよい接觸を作らねばならぬ。

フランジの幅 スパークを漏さざる爲めの接合面の幅は第一に機械仕上の完全の程度によりて變ず。接觸面は 1.5 ミル (0.0015 吋) の空隙を残すまでに縮むれば充分である。蓋を保

第五十六圖



持するボルトは成る可く近くし出来るならば中心距離は 4 吋を超えざらしむる可し。此の外猶内部の容積に應じて接合面の幅を廣げねばならぬ。内部の容積が大なる程爆發は激しくなる。下の値は著者が實驗上得たるものである。

開閉器函内の空容積	フランジの幅
100 立方吋	1 吋
250 ʹ	1½ ʹ
500 ʹ	2 ʹ

防火構造の試験 防火構造の函を試験するには函を爆發瓦斯中に置き内部の瓦斯に著火するので、若し此の際外部瓦斯の爆破を起せば不合格となす。米國鑛山局では此の試験をなす爲め鐵板で直徑 10 呎長さ 30 呎の圓筒を作り兩側より各 7 呎の處ろに紙の隔壁を設け之れが破壊さるれば爆發を起したものと認める。

伯林のアルゲマイネでは地下にセメントで瓦斯タンクを作り、其の上面を紙で密閉し、内部で防火構造の電動機や開閉器を試験して居る。シーメン・シュツケルト會社で防火構造の電動機を試験するには丈夫な木材で兩側の開いた箱を作り全く空中に置き兩端を紙で密閉す。試験せらる可き機器は此の中に入れられ内部は爆發性の瓦斯を充滿す。兩側の紙は安全瓣の作用をなす。

以上の如き方法は装置が仲々面倒で費用も多い。South Wales New Tredegar Rescue Station で行つた試験方法は頗る簡單で單に函の内部に瓦斯を滿し暗室内に置き之をスパークで著火するもので、若し内部の焰が外に漏るれば暗室内であるから容易に認められる事が出来る。之れは燈火用瓦斯で實驗する事が出来ピットガスより激しい試験が出来る。従て若し燈火用瓦斯で耐えられたとすればピットガスには充分耐えられる。斯様な試験は函が爆發する危険があるが普通の開閉器などの函は内部に發生せる壓力に對し充分安全な程度に丈夫にするは容易である。

第三章

危険なる電流を防ぐ器具

電路を流通する電流は導體の容量以上に超過した場合漏洩して他の通路を通る時、或は規定の方向と反對の方向に流るる場合等には危険な結果を生ずるもので、此の危険を豫防する器具は主として此の危険状態の發生に基きて作用する自動器具である。

發電所の容量の増大につれ自動器具の範圍を越し遂に自動的ならざる保安器具を要するに至つた。先づ此の自動的ならざる保安器具に就て述べむとす。

自動的ならざる保安器具

塞流リアクタンス 容量の大なる發電所に於ては油入開閉器を制御する自動保安器が充分信用し得るものであつても、短絡の場合には電路の電流が非常に増大して油入開閉器では之れを遮断しきれない場合が起る。數年前技術家中に保安裝置は却て故障を増すものとして使用せざる方がよいと云ふ議論が行はれた。

之れは保安器具の不完全なるが爲めで現今では事業に故障を少からしむるには有効なる保安器を用ひねばならぬと考へらるるに到れり。

塞流リアクタンスはチョーキング・コイルで常に電路に直列に結ばれて居る。依て平常は少しの電力の損失があり、短絡の場合には短絡電流を自動油入開閉器で扱ひ得る値に制限し発電機其の他電路内の機械に故障を與へぬ様にする。

発電機に急激に大なる電流が通れば其の導線間に大なる電磁力を起し捲線を歪め或は発電機を破壊してしまふ。ターボ・オルタネーターのステーター捲線（鐵心中に在らざる兩端の部分）などにては殊に激しいが、近頃まで此の電磁力はどの位の値になるものか餘り顧慮せられなかつた。

實際には非常な力になる事が解り今は捲線を丈夫に保持する装置を施すに至つた。

リアクタンス・コイルの計算 L をリアクタンス・コイルの自己誘導係（ヘンリーにて）とせば、コイルのリアクタンス X は

$$X = 2\pi fL$$

但し f は周波度数

コイルを通る全負荷電流を I アンペアとせばリアクタンス X による電圧は抵抗を省略して

$$e = IX \text{ ヴォルト となる。}$$

E を線間電圧（三相式回線に於て）とせば、中性點とターミナル間の電圧は

$$\frac{E}{\sqrt{3}} \text{ ヴォルト}$$

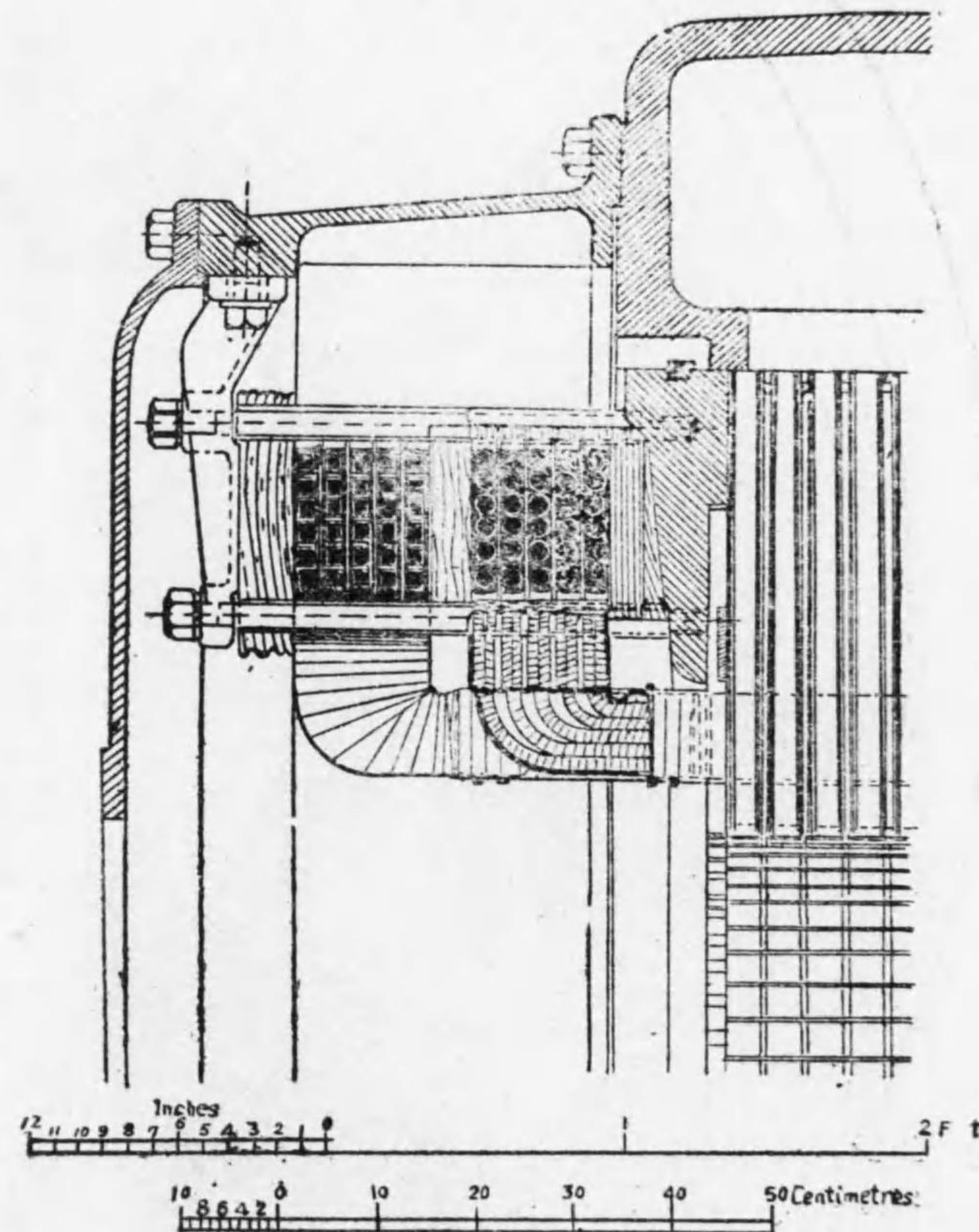
で、之れに對してリアクタンスの百分率は

$$100 \frac{I \times \sqrt{3}}{E}$$

なり。

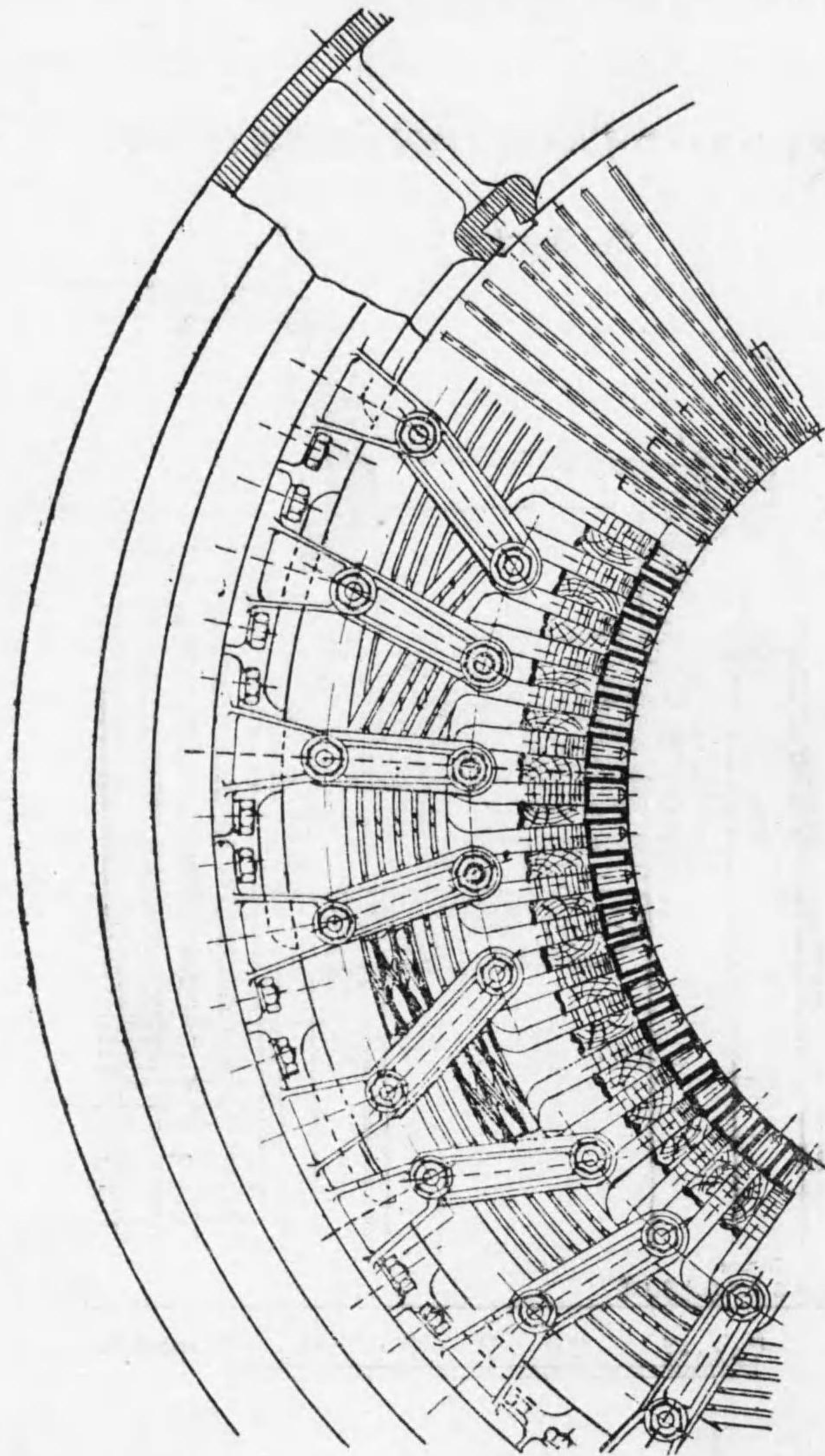
リアクタンス・コイルの型 陶器で包めるリアクタンス・コ

第五十六圖 (甲)



【註】ターボゼネレーターの捲線を丈夫に保持する装置を示す。

第五十六圖 (乙)

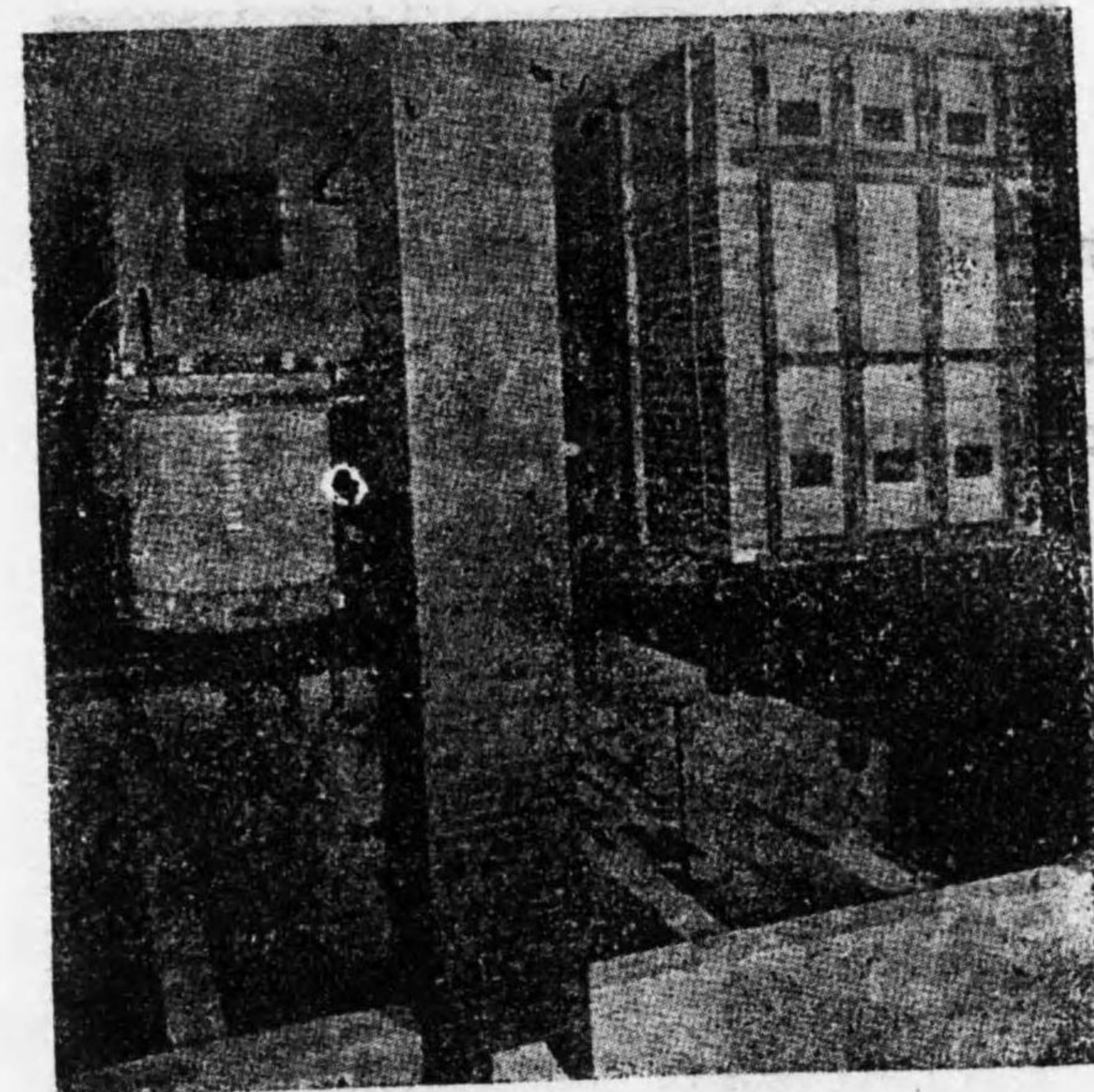


【註】ウエスチングハウスの誘導電動機の際の短絡防止に編み付けた鉄線を巻き之れを床線にてコイルに編み付けた鉄線の外輪に太き絶縁を防止する

イル ニュー・ヨークの Metropolitan Engineering Co. で作るリアクタンス・コイルは米國の大發電所で得た經驗を基礎として設計してあるので非常に評判がよろしい。

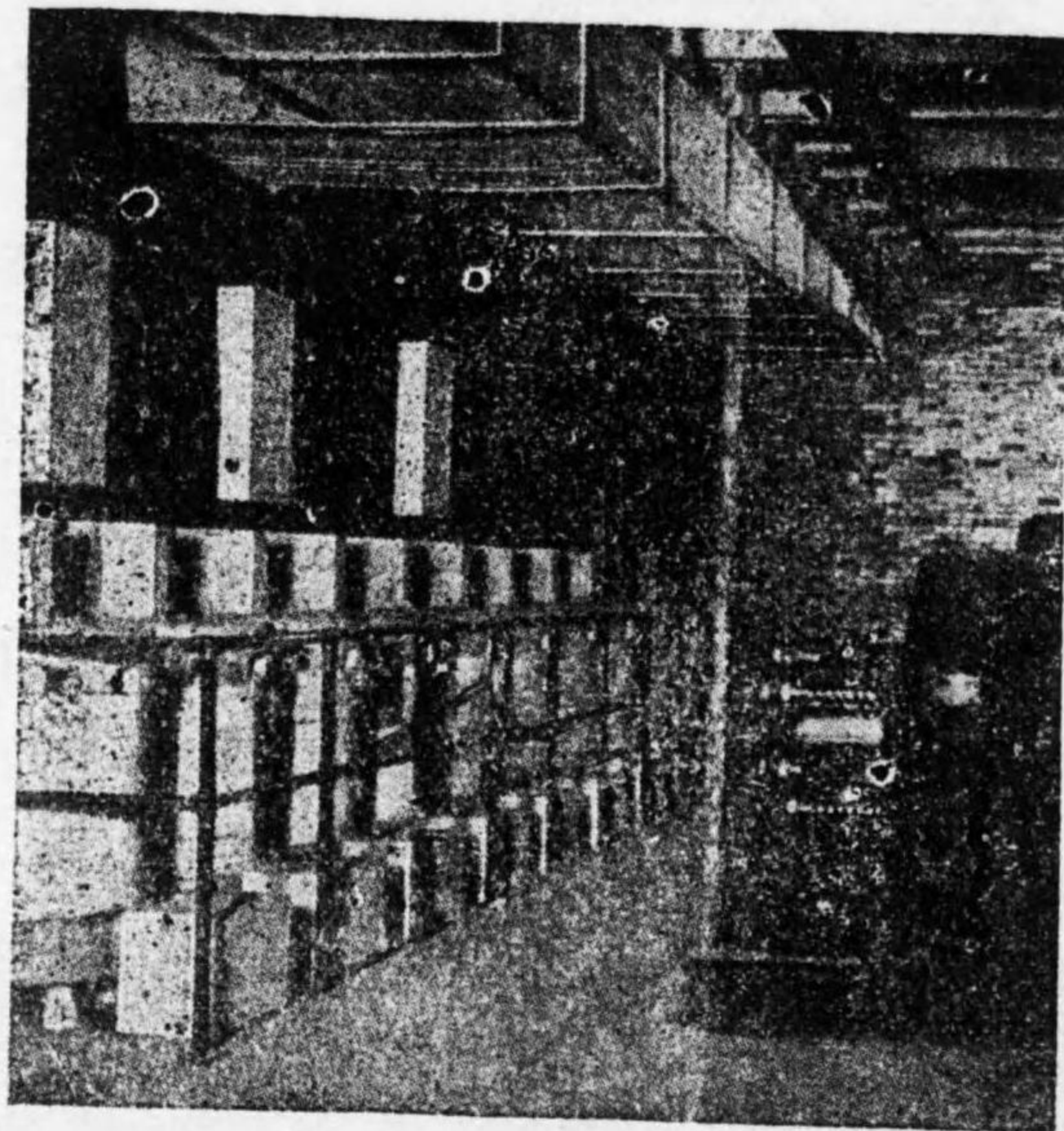
製造家はリアクタンス・コイルの製作に就き先づ外部に對する電氣的、機械的保安に注意せり。リアクタンス・コイルは高壓回路に接続されるから、蟲や小鳥などが接觸しても非常な障害を起す。Metropolitan Engineering Co. にて作るリアクタンス・コイルは高壓に耐ふる陶器の筒で被はれるから頗る安全である。第五十七圖、第五十八圖、第五十九圖は之れを發電所

第五十七圖



陶器筒中に納めたる 2,000 アンペア 18% のリアクタンス・コイル 120,000 kVA の環狀回線を四部に分つ

第五十八圖

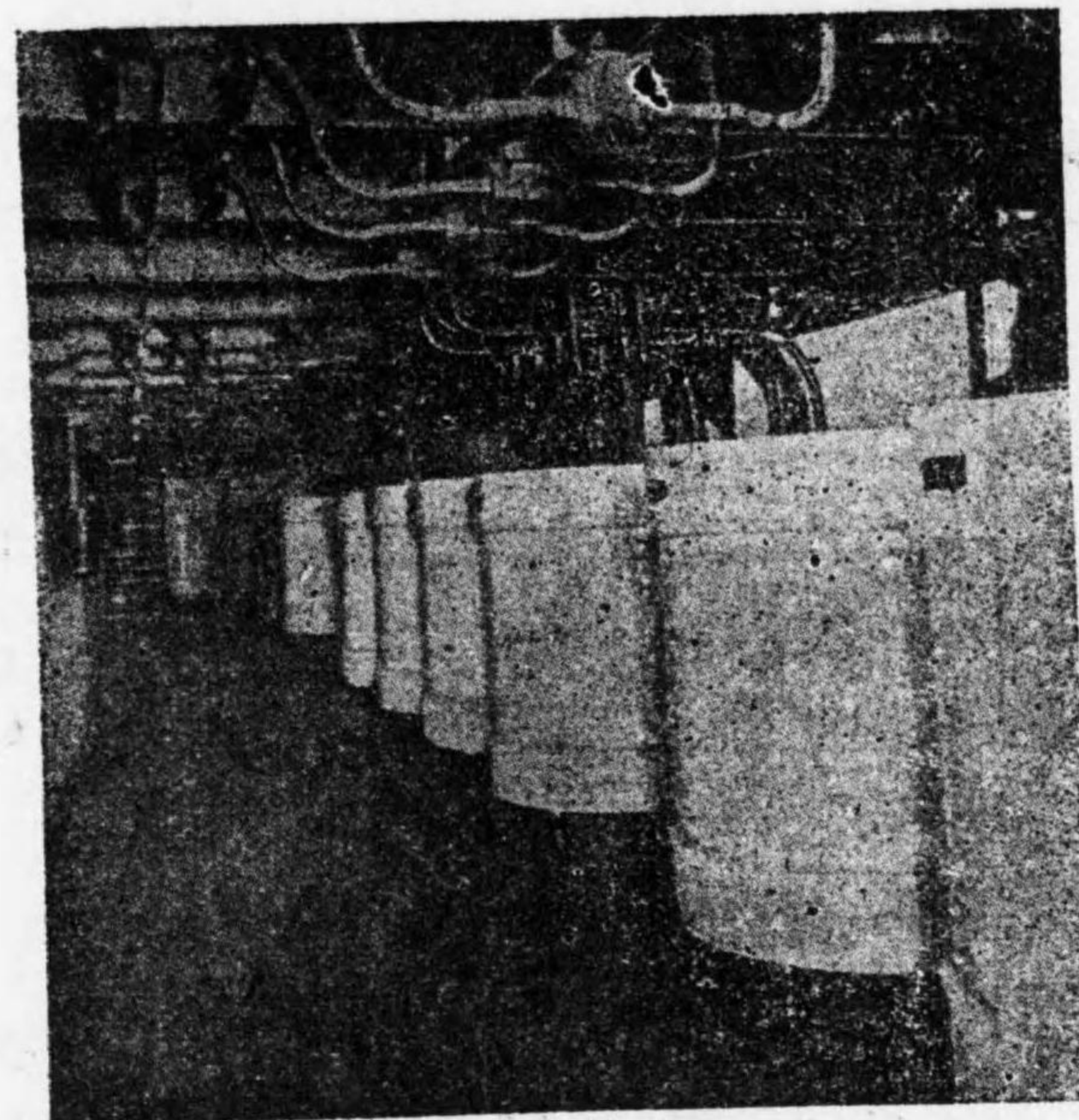


に据付けた有様を示し、第六十圖は其の断面である。三相回路には之を三個使用する。

第六十圖に示す Metropolitan Engineering Co. 製のリアクタンス・コイルは下の如き大さとなつて居る。

回数	34
リアククンス	0.0914 オーム
リアクタンス %	4.2%
等價抵抗	0.00204
抵抗	0.00195 ₁ オーム
計算上の交流抵抗	0.00198 ₂ オーム
電流	1.750 アンペア

第五十九圖



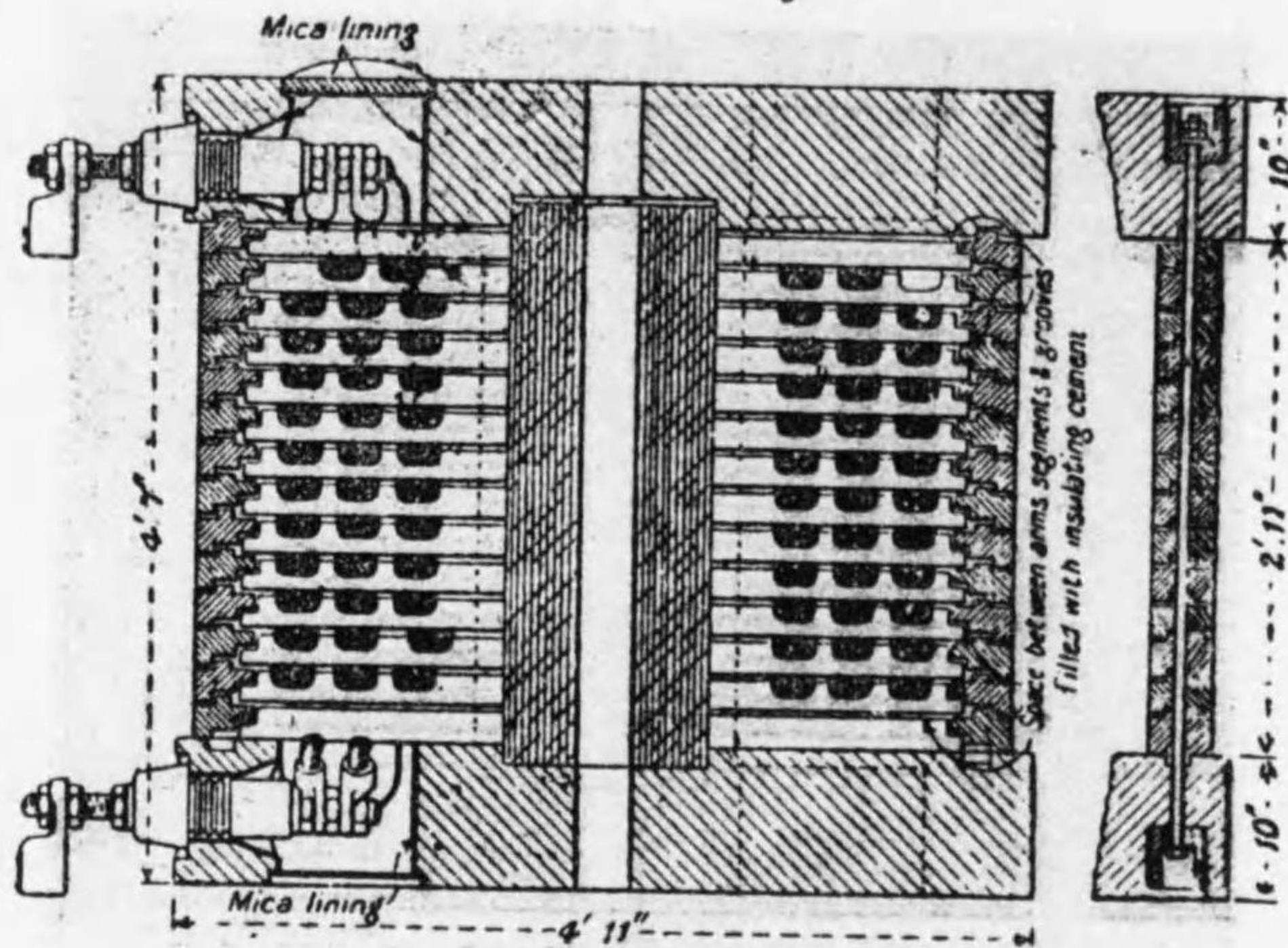
φ 000 kVA 發電機用 6% リアクタンス・コイル

IR 損失	6.05 kW
渦流損失	0.186 kW
全損失	6.236 kW
温度上昇(全負荷三時間後)	33°C.

全く陶器で被へば値段が高くなるから一部分にのみ陶器を使用せる第六十一圖の如きリアクタンス・コイルあり。

開放型 第六十三圖は開放型のリアクタンス・コイルを示し、心はコンクリートにて作られ中に真鍮の運搬用ボルトに使ふ錨板が埋め込まれて居る。コイルの間には絶縁油で處理した木を

第六十圖



280 kVA 25 -, 6,060 volt 1,750 アムペア用

入れ、之れに溝を穿ち其の中に導線を納め移動を防ぐ。導線には裸の撚線が使用され両端のコイルは特に大なる間隔を作り高い電圧が茲に集中せられたる時絶縁を破るを防ぎたり。

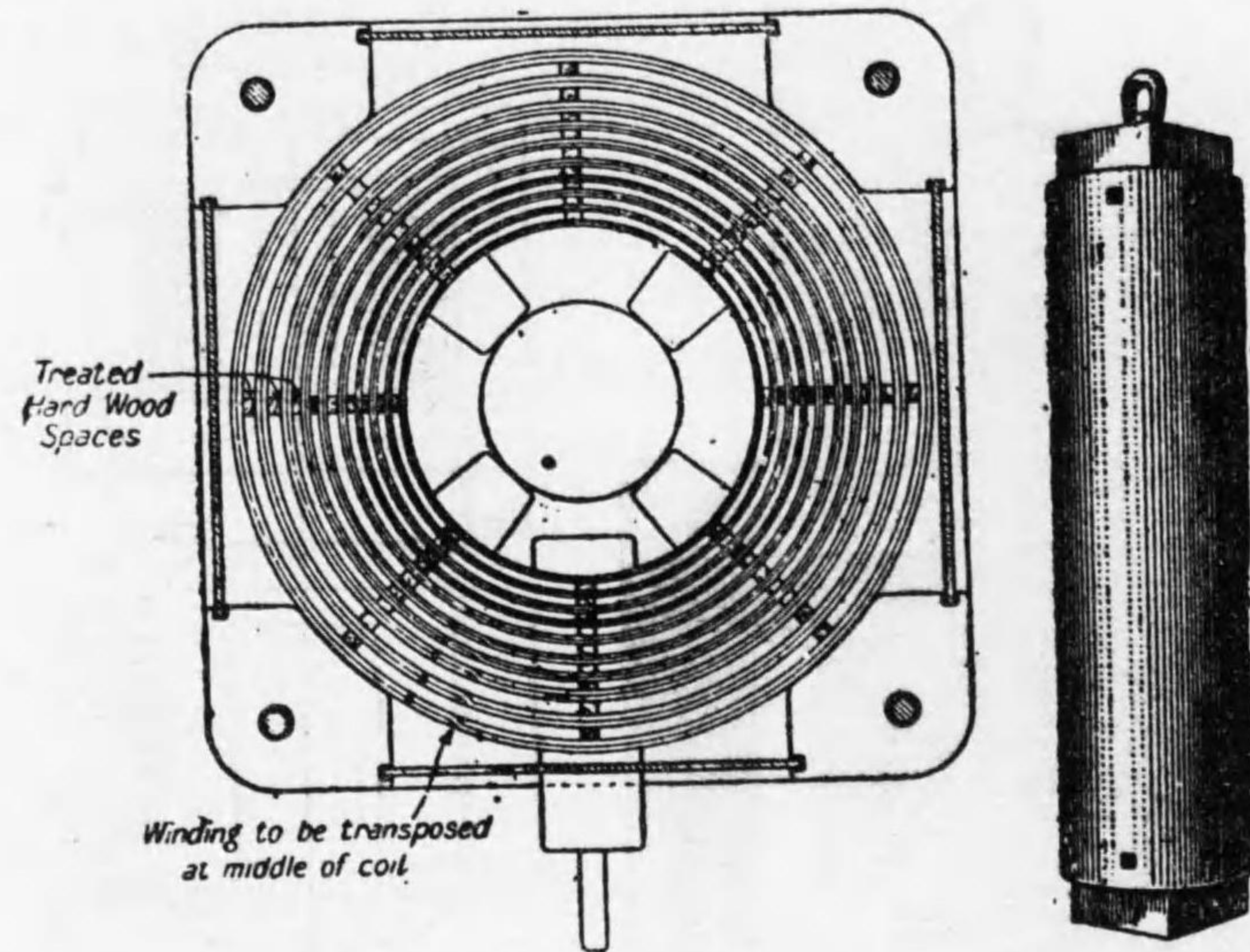
General Electric Co. ではこの方法で作つて居る、唯コイルの間には木の代りに陶片を使用す。

【註】 ウェスチングハウス會社で作る開放型リアクタンス・コイルはコンクリートを用ひず眞鍮のボートを立てコイルの間に用ふる絶縁物はコンパウンドである。

鐵を以て被へるリアタタンス・コイル 以上述べたる種々の形は皆磁路に鐵心を有せざるもので、一般に多くの漂逸磁力 (stray field) を有して居るから出来るだけ鐵の構造物から遠ざけて設備せねばならぬ。

第六十一圖

第六十二圖



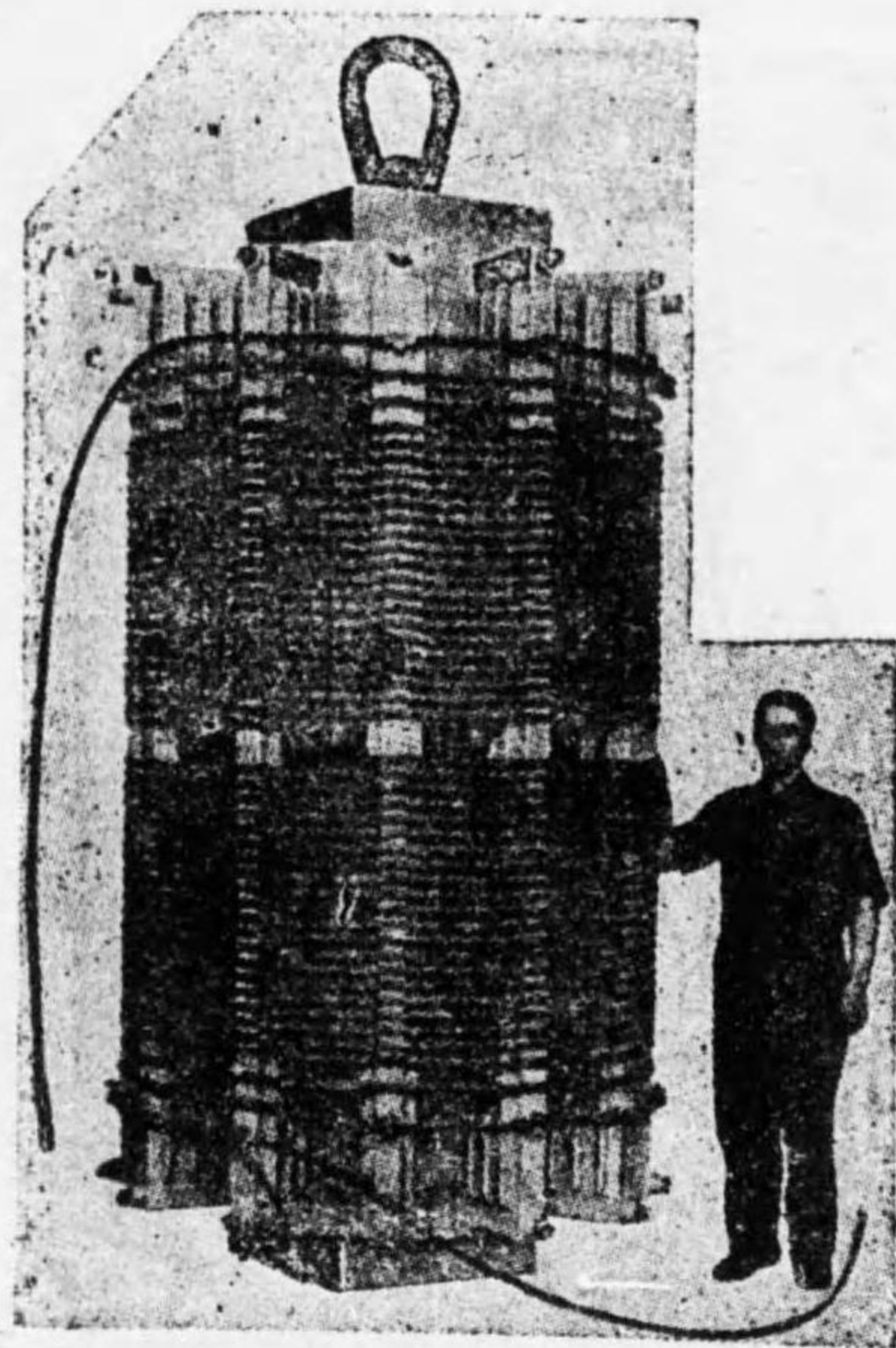
Metropolitan Eng. Co. に作らるる一部分に陶器を用ひたるリアクタンス・コイル

第六十三圖に示せるリアクタンス・コイルの心 (陶器)

鐵を以て被へるリアクタンス・コイルは此の缺點を補ひ猶外の得點を有して居る。

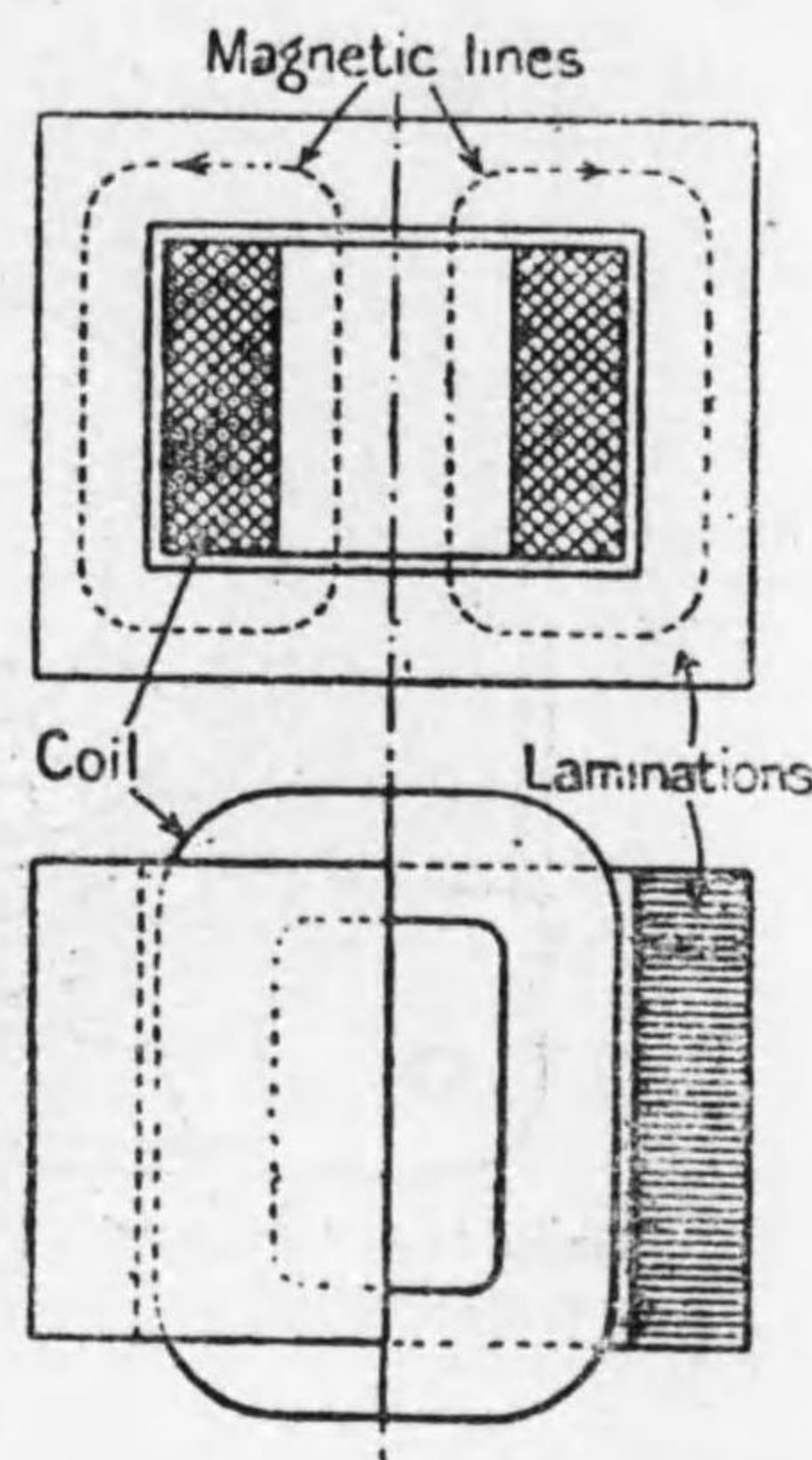
第六十四圖に示す如くコイルは中心に鐵を有せざれば漂逸磁力は吸収するが短絡等の大電流で鐵が磁氣飽和を起す事はない。フキーダー (feeder) に使用されるリアクタンスコイルは短絡の際には常規電流の 20 乃至 30 倍の電流を受けるから、若し其の磁路に鐵を使用せば忽ち磁氣飽和を起し電流が増加するとリアクタンスが之れに比例して増加せず、保安の目的を充分達する事が出来ない。且つ鐵心に非常な熱が起るので普通

第六十三圖



General Electric Co. 製リアクタンス・コイル 25~720 kVA 1,200 volt, 600 amperes.

第六十四圖



ウエスチングハウス會社 磁路の一部に鐵を有するリアクタンス・コイル

フキータ用リアクタンス・コイルの心は空虚となす。然れども母線に入るリアクタンス・コイルの場合には短絡電流は常規電流の4倍乃至10倍であるから、第六十四圖に示した様な磁路の一部に鐵を有するリアクタンス・コイルが頗る經濟的で斯様なコイルは變壓器の如く油槽中に納められる。

リアクタンス・コイルの据付 リアクタンス・コイルを必要とする様になつたのは畢竟高壓の大容量の發電所が出来て來た爲めで、電氣事業發達の初期に於て發電容量小なる間は短絡電流は幹線の抵抗や容量の小なる間は短絡電流は幹線の抵抗や容量

の小さな事にて制限され、普通の開閉器やフューズで安全に制御する事が出来た。

近來發電容量も著しく増大し而も數ヶ所の大變電所を連結して運轉さるる場合も多くなつたので、其の短絡電流を制限するに何か特殊の方法を講じなければ、現今製造せらるる遮斷器の種類では到底安全を期する事が出来なくなつた。リアクタンス・コイルの使用は斯かる場合に頗る安全率を増加す。技術家は其の關係せる電路内にリアクタンス・コイルを装置す可きや否やの問題を考究する際には、先づ靜かに同時に運轉せられつつある發電機の数や配電線の状態より、起り得べき最大の短絡電流を計算し、此の値と油入開閉器の遮斷容量とを比較し、周波數や電壓の下降の危險を考察せねばならぬ。殊に電路に瓦斯電動機や廻轉變流機の在る場合には充分の研究を重ねなければならぬ。

リアクタンス・コイルは可なり場所を占むるから發電所内に装置する場合には其の建物に就ても豫め特別の設計を施さねばならぬ。第五十七圖、第五十八圖、第五十九圖に於てはコイルは皆順次に一列に並べられ別に區劃壁を作らない。陶器で被へる構造のリアクタンス・コイルは之れでもよいが第六十三圖の如きものは油入開閉器の如く油槽内に納めねばならぬ。斯様なリアクタンス・コイルは過大の溫度上昇を來さざらしむる爲め冷却法に注意せねばならぬ。又出来るならばリアクタンス・コイルは別々の耐火壁中に區分するが最も安全である。

最大短絡電流 第二章に於て短絡電流を計算する Verband

Deutscher Electrotechniker の規定を述べたが、これは短絡の起つた初めの瞬間値でなく其の後平靜に復した値である。

此の初めの瞬間値を計算することの注意を述べやう。

リアクタンス・コイルを流通する最大短絡電流を考ふる際には眞の抵抗を省略しても其の差は極めて僅少である。而して 5% のリアクタンスを有せるコイルは短絡の起つた瞬間には全電圧が加へられても全負荷電流の 20 倍以上の電流は通ずる事は出来ない。

フキーダーに起る最も激しい短絡は極く発電所に接近して居る場合で、今 5000 kVA の発電機が並列に運轉せられつつある発電所に就て考ふるに、若し各発電機の固有リアクタンスを 15% とし、リアクタンス・コイルを装置せざるものとすれば最大の短絡電流は

$$6.66 \times 5,000 \times 3 = 100,000 \text{ kVA}$$

$$\left(\frac{100}{15} = 6.66 \right)$$

此の容量は到底フキーダーの油入開閉器の耐ふる所ではない。F.C. Barton 氏 (G.E. Review, April, 1914, page 426) の説によれば現今製作し得る油入開閉器の最大遮断容量は 50,000 kVA である。依て上記の如く差して大ならざる発電所に於ても、フキーダーに瞬間作用の油入開閉器を用ふれば、最大の容量の開閉器を用ふるも猶安全率の甚だ小なるを感すべし。

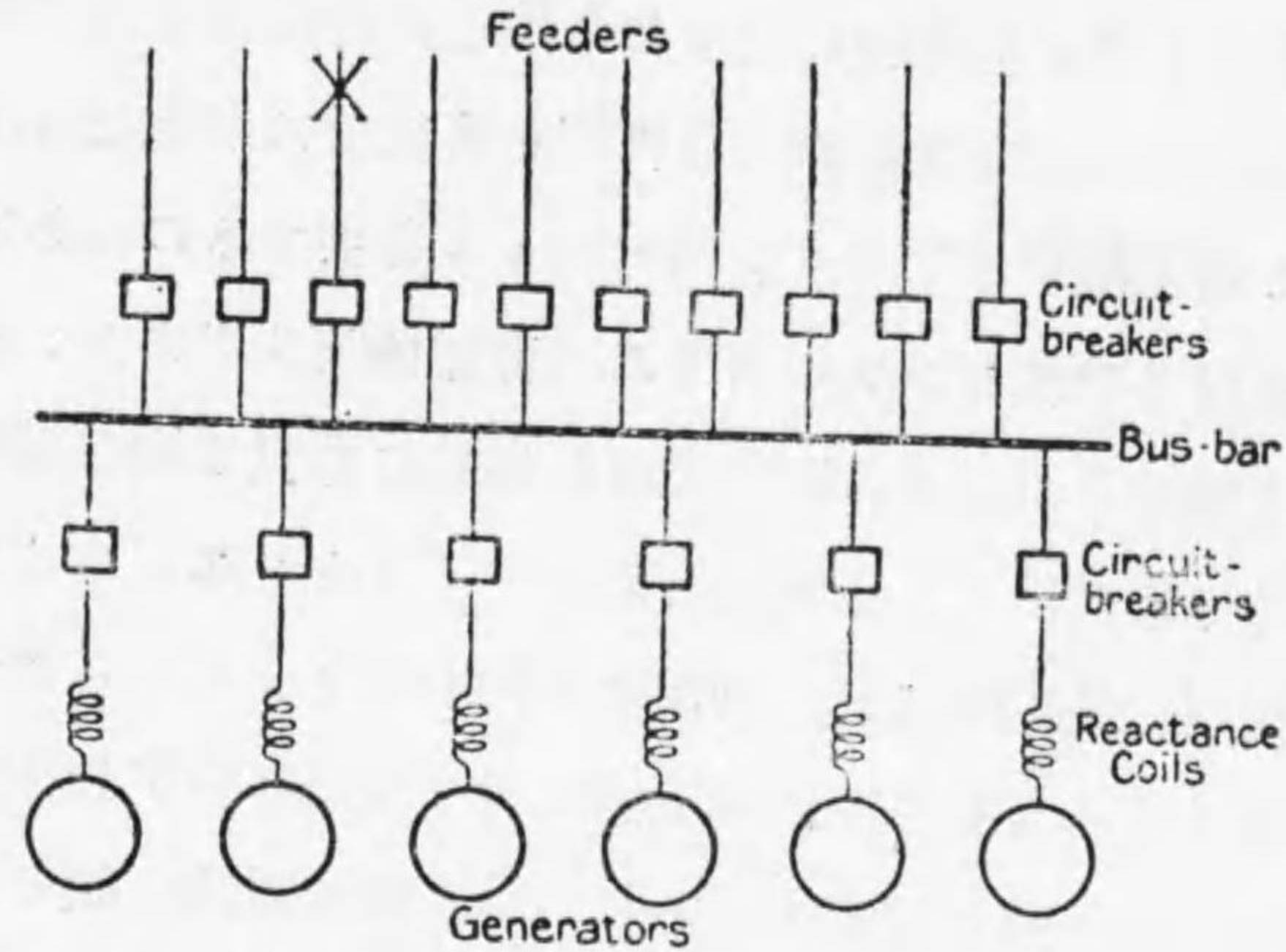
油入開閉器に限時装置 (time element mechanism) を附して短絡の起つた瞬間より多少後れて作用する様にしても、總發

電容量に比しフキーダーの開閉容量を甚だ大として置かばやはり危険である。開閉器に対する危険と同時に発電機の捲線の他の部分に起る大なる電磁力の作用をも十分に考慮せねばならぬ。従て発電機用リアクタンス・コイルを要するのである。

発電機用リアクタンス・コイル 発電機用リアクタンス・コイルは発電機と母線との間に結ばれ短絡の際発電機の破壊されるのを防ぐ事が出来る。若し此處にリアクタンス・コイルを使用せざれば短絡電流は單に発電機の固有リアクタンスに依りてのみ制限せらるるもので、発電機のアーマチュア的作用は短絡の初めには何等の効力もないから此の短絡電流は頗る大である。若し発電機捲線の有するリアクタンスが充分大であれば特にリアクタンス・コイルを使用する必要もなく、出来るならば此の方針を採つた方がよいと思ふ。従つて発電機捲線に大なるリアクタンスを與ふ可きや否やは設計上重大なる問題で、発電機捲線のリアクタンスのみで短絡電流を大いに制限することが出来る様にすればよいが、これは仲々困難である。等期機械の平衡を保ち油入開閉器の容量を減じ得るに於ては発電機用リアクタンス・コイルはフキーダーや母線に使用するリアクタンス・コイルより有効ではない。

これは第五十六圖に於て明である。若し X の部分に完全短絡が起つたとすれば此の點に向つて急激に大なる電流が通り母線の電圧は零となり等期機は其の平衡を失するに至る可し。50 サイクルのターボ・ゼネレーターは凡そ 15% 乃至 20% の固有リアクタンスを有し 25 サイクルの機械は之れより數 % 小

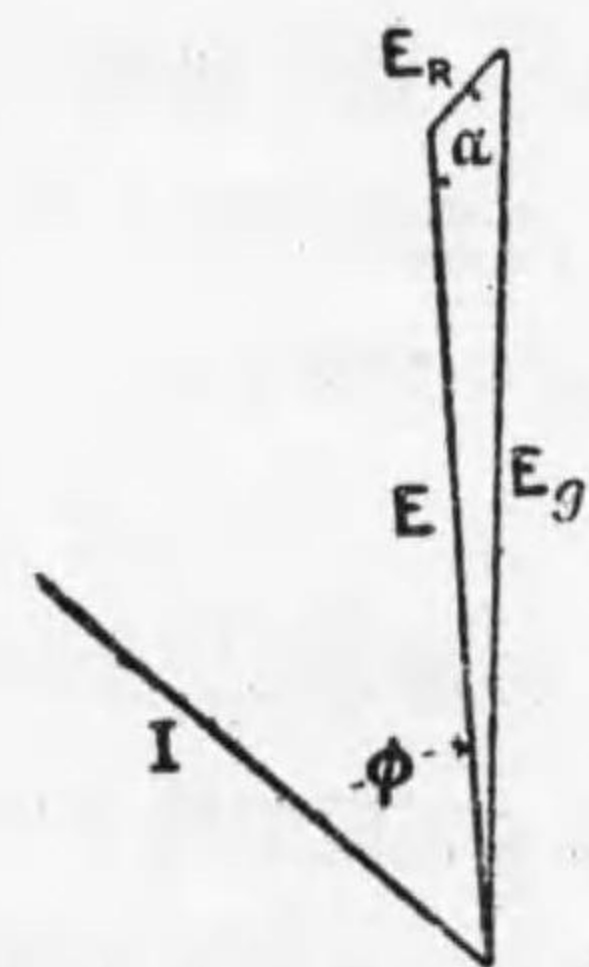
第六十五圖



發電機用リアクタンス・コイルの接續

である。之等の場合に凡そ 7.5% のリアクタンスを與ふれば充分で、發電機捲線や油入開閉器を破壊する事はない。然し第六十五圖の様な場合にはフキータの油入開閉器が破壊され易

第六十六圖



フキータ リアクタンス・コイルの兩ターミナル間の電壓を定むる圖

い。

發電機内の短絡の場合には其のリアクタンスは障害を自己のみに限定し變壓所の機械には及ぼさない。

フキータ用リアクタンス・コイル

發電機捲線を短絡に耐ふ様堅固に編打しておけば故障は配電網中に起るのが大部分であるから、發電機リアクタンス・コイルよりもフキータ・リアクタンス・コイルの方が一層必要である。フキータ

一・リアクタンス・コイルに於て考ふ可きは母線電壓を變化する必要起る爲め其の兩端子間に費さるる電壓なり。

コイル兩端子間の電壓 第六十六圖に於て I を三相フキータの一相の全負荷電流とし、E を中性點と各端子間の荷重側の電壓 (即ち各端子の電壓の $\frac{1}{\sqrt{3}}$) E_R を電流 I が通た場合のリアクタンス・コイルの兩端子間の電壓とせば E_R は I に直角をなし E_g は母線電壓を示す。

一相のフキータに依て輸送せらるる電力 (リアクタンス・コイルに關係なく) は

$$EI \cos \phi$$

E と E_R のなす角 $\alpha = \phi + 90^\circ$

$$E_g = \sqrt{E^2 + E_R^2 - 2EE_R \cos(\phi + 90^\circ)}$$

$$= \sqrt{E^2 + E_R^2 + 2EE_R \sin \phi}$$

今 I の電流が通つた時リアクタンス・コイルの兩端の電壓を $E_R = 0.03E$ 即ち 3% とし百分率で示せば

$$E_g = \sqrt{(100^2 + 3^2 + 2 \times 100 \times 3 \times \sin \phi)} \times \frac{E}{100}$$

荷重の力率を 70% (= $\cos \phi$) とせば

$$\phi = 45^\circ$$

$$\therefore E_g = \sqrt{(10,009 + 600 \sin \phi)} \frac{E}{100}$$

$$= \sqrt{10433} \frac{E}{100}$$

$$= \frac{102.1}{100} E$$

即ち力率 70% 全負荷の場合にはリアクタンス・コイルにより吸収される電圧を補ふ爲め母線電圧を 2.1% 高めねばならぬ。力率 100% の時には此の調整は殆んど必要がない。

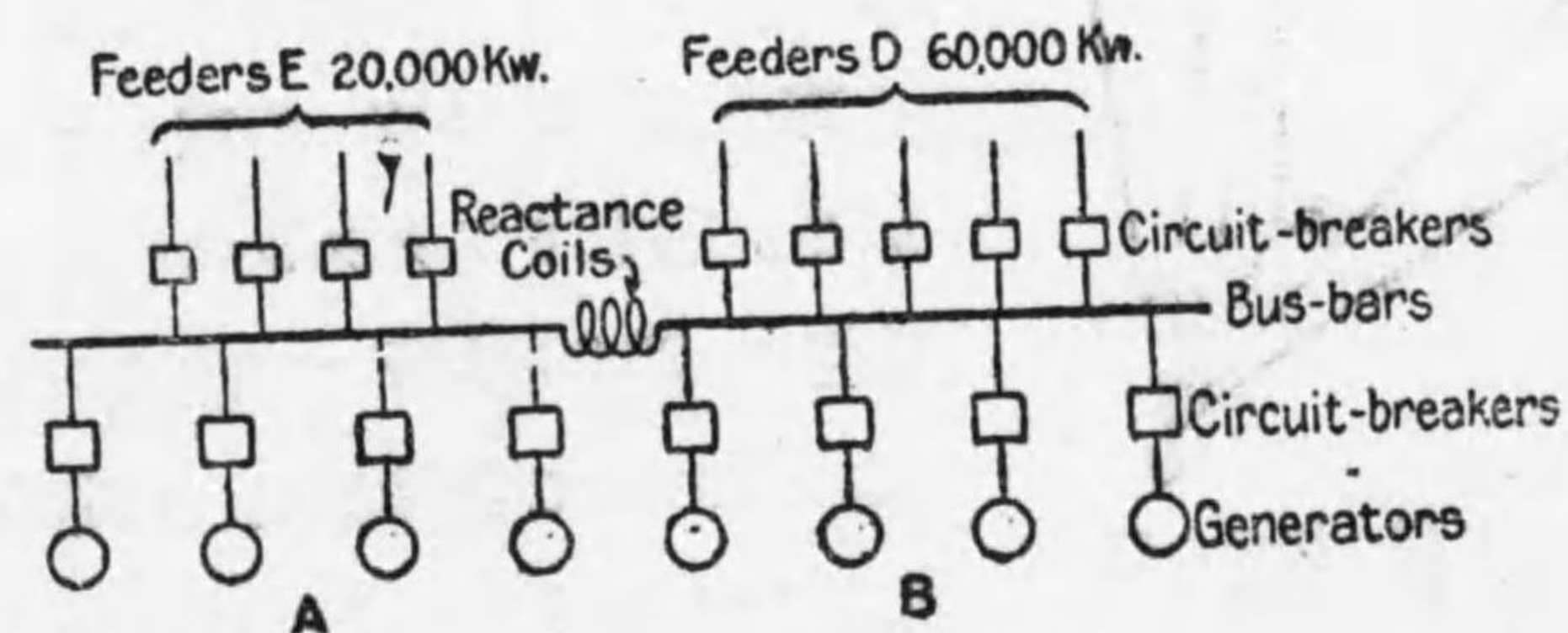
フキーダー・リアクタンス・コイルの大きさ 上には 3% のリアクタンス・コイルを採つたが斯様な小さい値は発電所の容量甚だ大で発電機容量がリアクタンス・コイルの容量に比し甚だ大なる時、又はフキーダーの外母線にもリアクタンス・コイルを使用する等の場合に限られ、普通は 5% 乃至 10% のコイルを使用するを可とす。之れ等は短絡せられたるフキーダーにより母線電圧が甚だしく降下するを防ぐため充分大なるを要し斯様に大きくして置けば短絡が起つても発電機や油入開閉器の他に故障を興ふことはない。又短絡したフキーダーの電流が其のリアクタンス・コイルで制限する事を得ば、其の油入開閉器の容量も小なるものでよい。或るフキーダーが完全に接地された場合には勿論其のフキーダー内の等期機械は平衡を失するが、他の回線の等期電動機には影響を及ぼさない。猶リアクタンス・コイルにより等期機械より母線に電力を逆輸するを防ぐ事が出来る。フキーダー・リアクタンス・コイルには斯様な利益があるが、母線や発電機に起つた短絡には効力がない。

母線用リアクタンス・コイル リアクタンス・コイルを母線間に装置するは発電機ターミナル又はフキーダーに装置する場合より複雑して居り、発電機の並列運轉又は母線間の電圧の變化に就て考へねばならぬ。母線用リアクタンス・コイルは中央発電所の區劃、或は最大容量の発電所の設計の問題と共に考究

せらる可きもので、區劃された各発電所は各発電機原動機を備へた獨立のもので母線は互に結合されて居る。各區劃の母線よりは夫々フキーダーを出し各フキーダーは互に並列に作用するが時には獨立に使用する事も出来る。而してリアクタンス・コイルは母線と母線との間に結ばれる。依て故障は單に一區劃に止まり大なる電流が茲に集中される事を防ぐ。一般に一區劃は 20,000 kW 乃至 40,000 kW で**第六十七圖**は其の一例を示す。

リアクタンス・コイルの大きさを定むるには發電系統の設計や

第六十七圖



母線を二部に區劃し中間にリアクタンス・コイルを使用するを示す

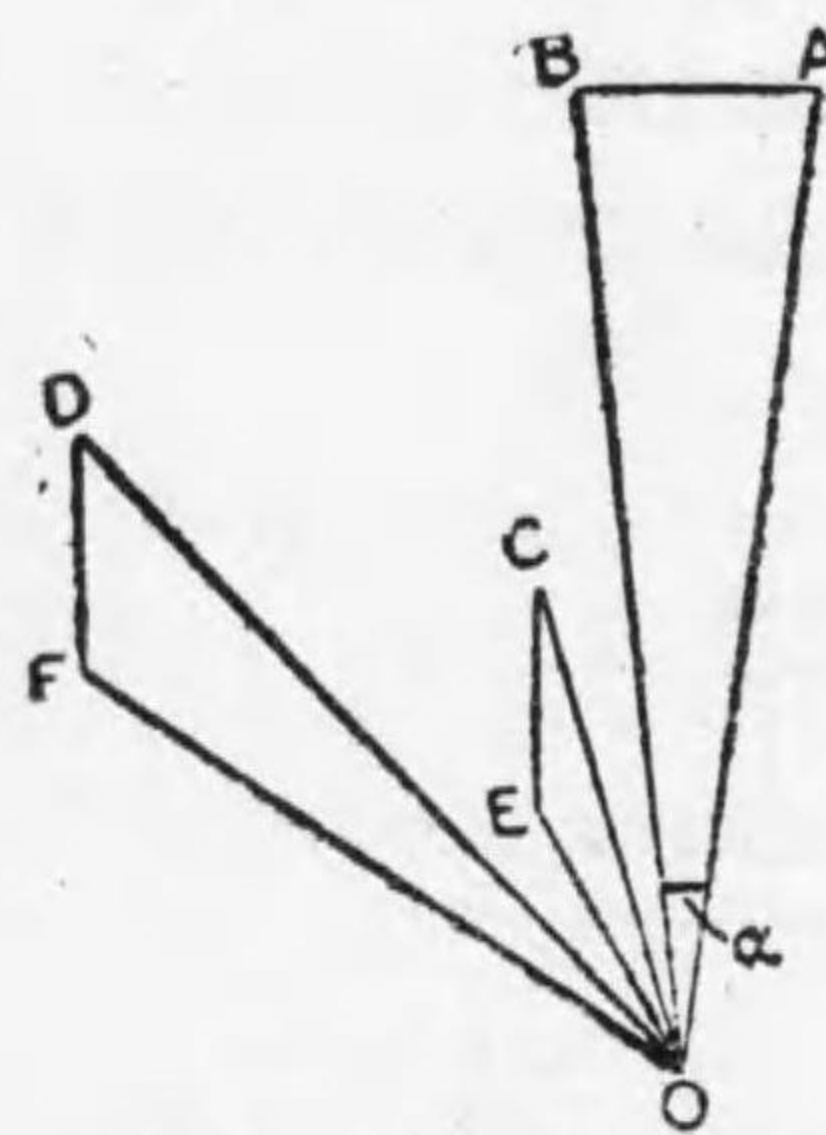
連結せられたる一発電所より他に輸送す可き電力を考へ、短絡の場合に電流を充分に制限し而も発電機の並列運轉に對しあまり大に過ぎざる様にせねばならぬ。

Faye-Hansen 及び Peck は一區劃の全負荷電流に於て規定電圧の 50% の電圧降下を起す位のものがよいと云つて居る。コイルの電流輸送容量は之を通じて送る可き最大電流によりて定む。此の値は時には一區劃の全負荷電流よりも小となる事がある。母線リアクタンス・コイルを切り又は結ぶ爲油入開閉器

を具備す可し。

第六十八圖は第六十七圖の場合の電圧電流の關係を示すもので各發電機は 10,000 kW 荷重の力率 80% (後れの角 37 度) なり。D, E 各部に於ける電圧を一様に保ち (通常各部の電圧は一様に保たる) 發電機は同様の荷重を負ひて運轉せらるるものと

第六十八圖



第六十七圖の場合の電圧電流の關係を示す

す。A の方の發電所は發電容量 40,000 kW に對し 20,000 kW の負荷で B は 40,000 kW の發電容量に對し 60,000 kW の負荷であるから A よりリアクタンス・コイルを通じて B の方へ 20,000 kW の電力を送つて居る。若しリアクタンス・コイルの容量が 20,000 kW の電流に對し兩端の間に於て常規電壓の 25% の電壓下降を來すものとせば、三角形 A

OB に於て $OA = OB =$ 發電機電壓、AB はコイルの兩端子間の電壓で OA の 25% なり。OD, OE は各電壓より 37° 後れたフキーダーの電流を示し、DF, EC はリアクタンス・コイルを通る電流で AB に直角をなす。然れば OC は A より供給せらるる電流、OF は B より供給せらるる電流を示す。

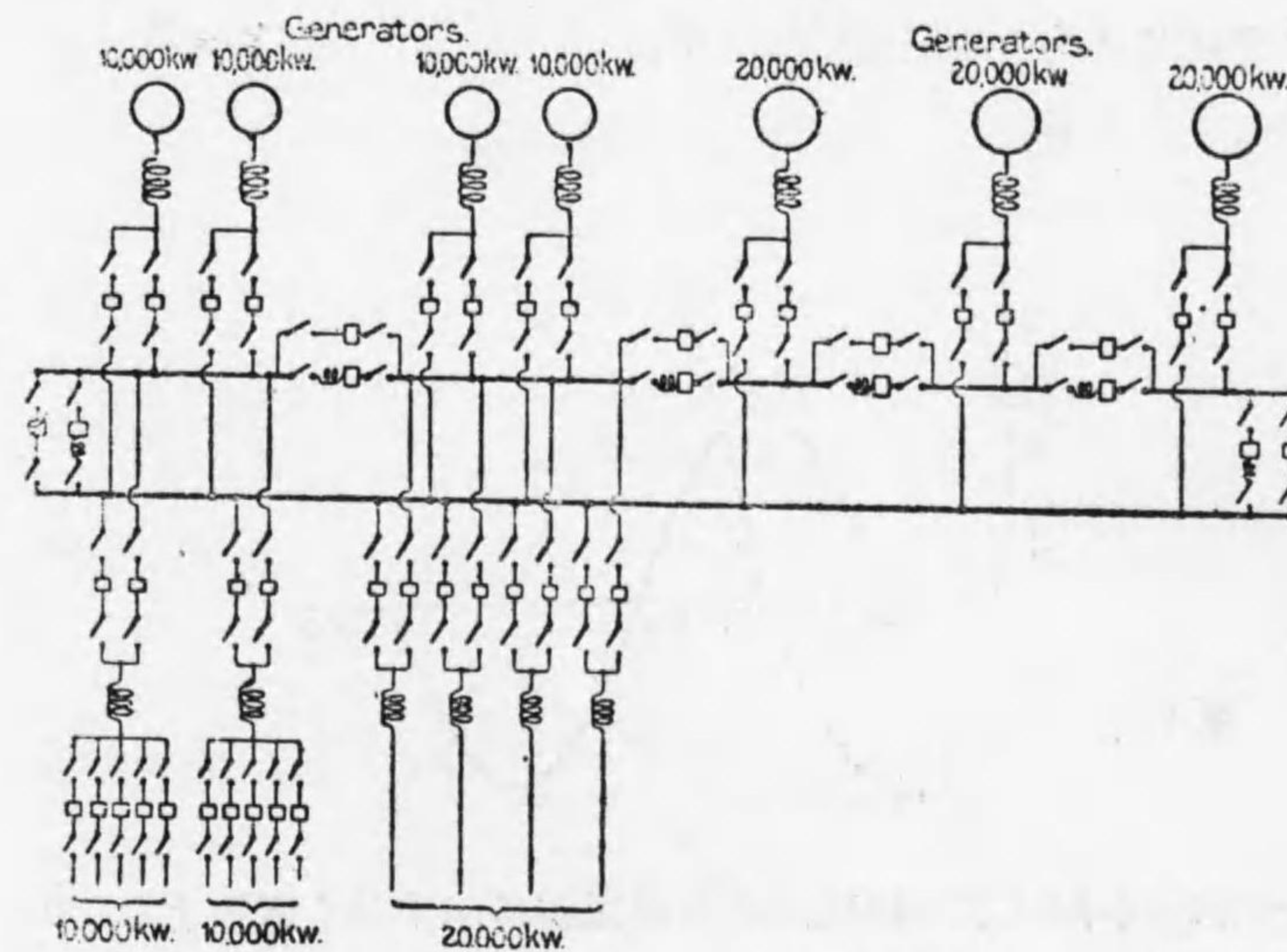
母線リアクタンス・コイルは發電機に短絡が起つた時には發電機の保安にはならないが他の區劃より大なる電流が流れて來るのを防ぐ。第六十八圖に於て知るが如く A, B の母線電壓は夫々 α の位相の差を有し之れは發電機的设计の場合に考へね

ばならぬ點である。

發電機、母線、フキーダー・リアクタンス・コイルを同時に使用する事は以上述ぶる處ろにより最も安全である事が解る。

第六十九圖は其の一例を示し、小さい方のフキーダーには全負

第六十九圖



1,000 kW の發電所に於けるリアクタンス・コイルの裝置

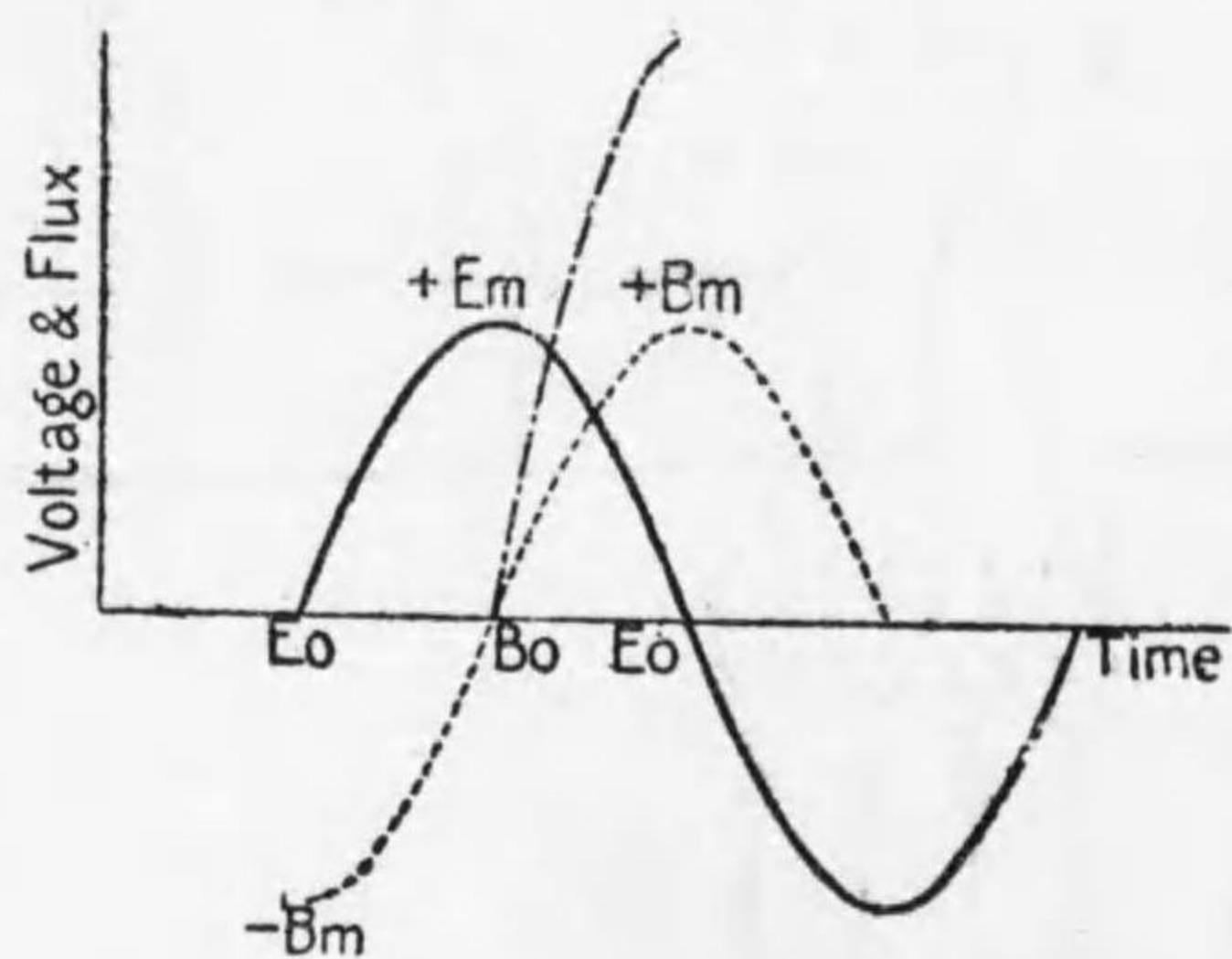
荷の際 5% の電流降下を有するものを附し、各 5,000 kW のフキーダーには 2.5%、各發電機には 5% のリアクタンス・コイルを附し、母線間には一區劃の全負荷電流が通つた時 50% の電流降下を起すものを裝置せり。斯様なフキーダーから供給を受ける變電所はケーブルを通じて母線より他に環流するを防ぐ爲め一區劃の母線より供給するを可とす。

重複作用 (Soubling effect) 既に述べたる如く短絡電流は

電路内のリアクタンスによりて制限せられ、若し電路内の全體のリアクタンスが 5% ならば短絡電流は常規電流の 20 倍に制限される。

然し或る場合には所謂重複作用の結果 40 倍に達する事がある。之れは第七十圖によりて理解せらる可く、太い曲線はリアクタンスコイルの逆電圧を示す。

第七十圖



平常の状態に於ては磁束の値は點線に示す如く電圧より 90 度後れた點線で表はされ電圧が E_0 より $+E_m$ に變ずるには磁束は $-B_m$ より B_0 まで變化する。

又電圧が $+E_m$ より E_0 に變ずるには磁束は B_0 より B_m まで變化する。即ち電圧が $\frac{1}{2}$ サイクルに於て E_0 より E_0 まで變化するには磁束は $-B_m$ より $+B_m$ まで即ち $2B_m$ の磁束の變化がある。

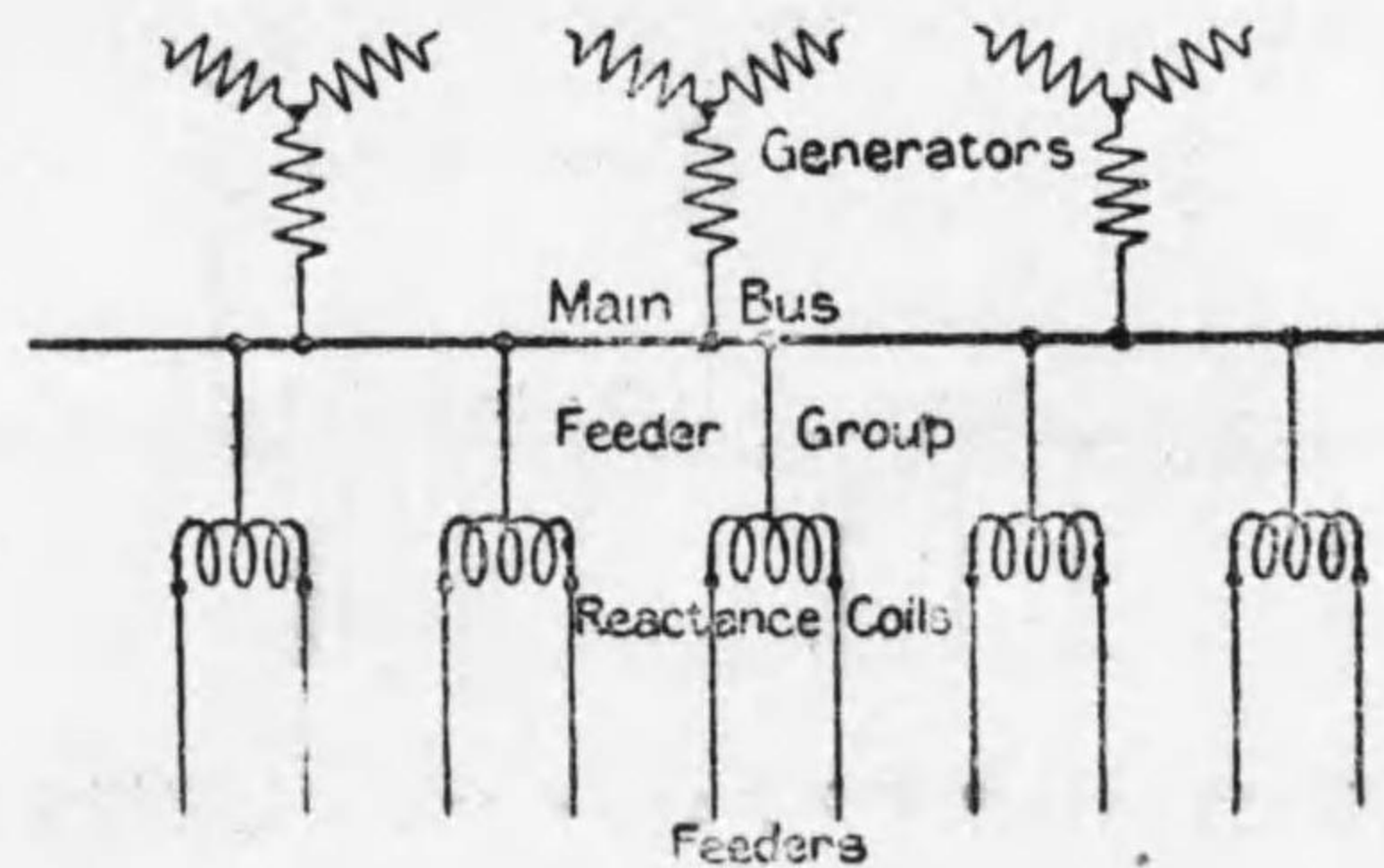
若しリアクタンス・コイルが電圧が E_0 なる瞬間に電路に結ばれたとすれば(かゝる状態は短絡の場合に往々起る)コイル

には磁束は無いが電圧が最初の $\frac{1}{2}$ サイクル間には E_0 より E_0 に變化するに $2B_m$ の磁束の變化を要する依ら、磁束の最大値は平常の場合(點線の曲線にて示さるる)の 2 倍に増加せねばならぬ。依て勵磁電流は 2 倍に増加される。

若しコイルに残留磁氣がある場合には一層悪い結果になるが通常リアクタンス・コイルは大部分は鐵心を有せず従て短絡電流が 100% 以上に高まる事は先づ起らない。勿論實際の増加は之れより少いが之れを考へて少くとも 2 以上の安全率を與ふるを要す。

相互誘導リアクタンス・コイル 之れは Metropolitan Engineering Co. にてなしたる興味あるリアクタンス・コイルの發達で、第七十一圖は之をフキーダーに使用せるを示す。

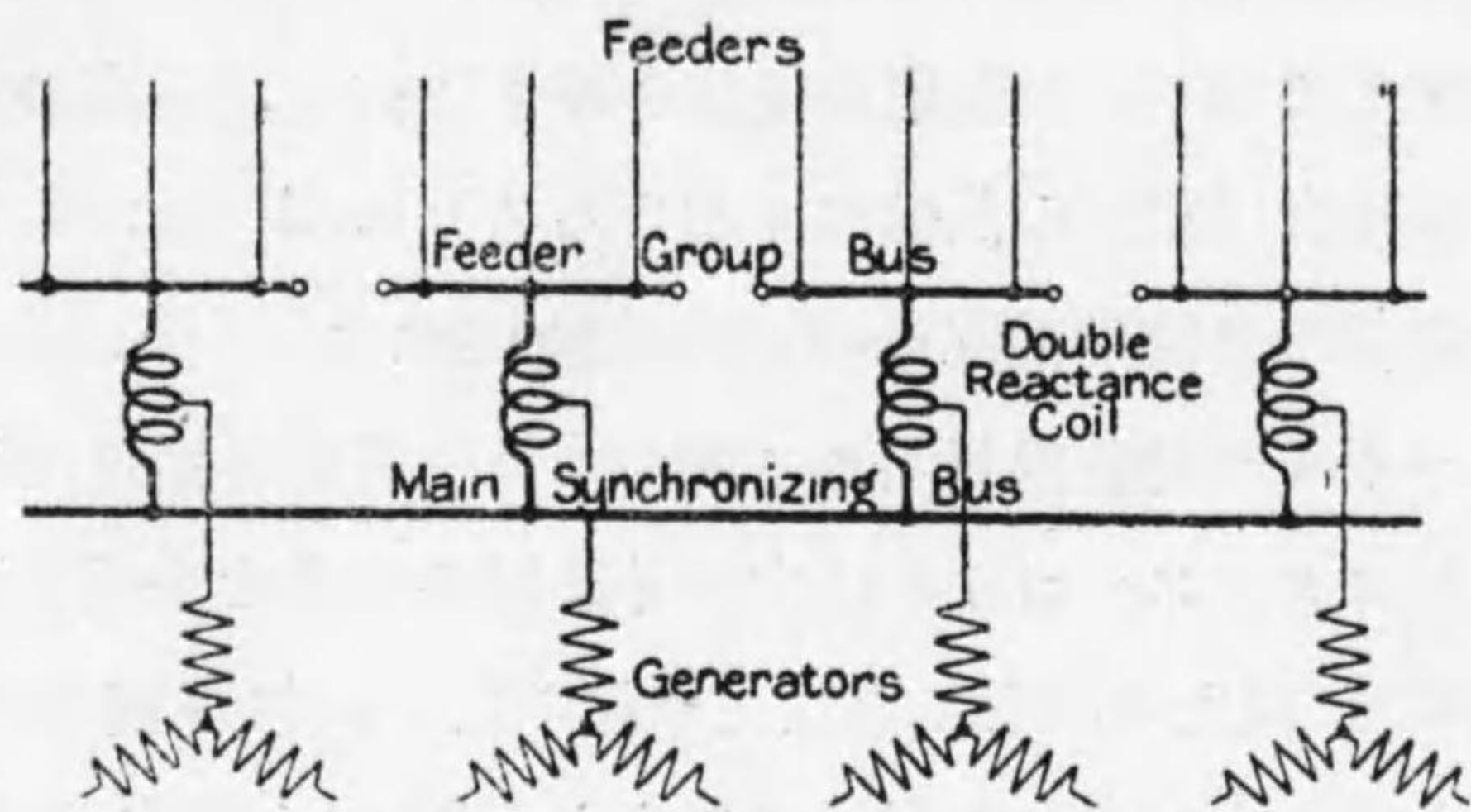
第七十一圖



平常の場合にはリアクタンスドロップは非常に少く而も短絡に對する保安は少しも減ぜらる事はない。

通常第七十一圖に示せる方法は各對のフキーダーが他端に於て互に接続せらるれば短絡に對して効果がなくなるから第七十

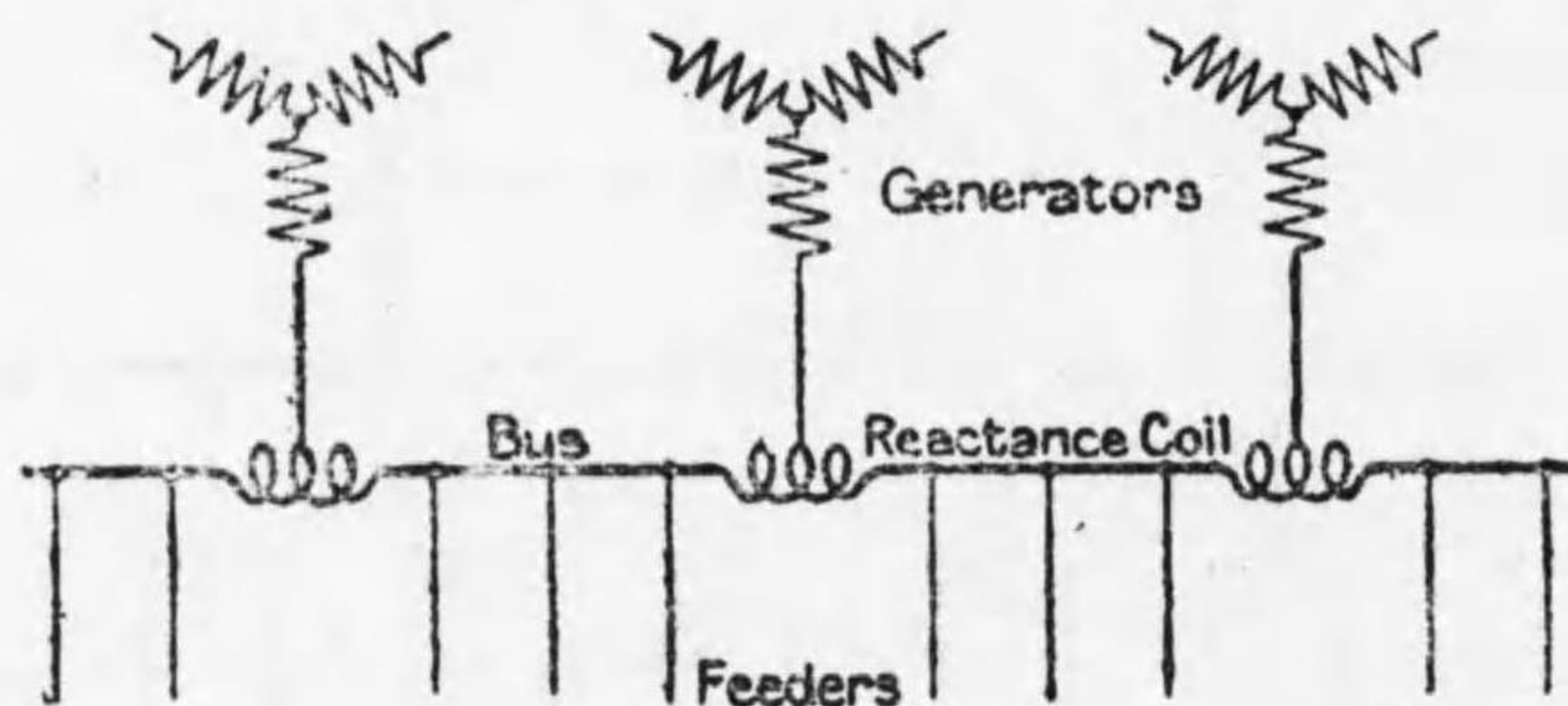
第七十二圖



二圖及び第七十三圖に示せる二つの方法が用ひらる。

第七十二圖に於てはリアクタンス・コイルは発電機、母線、フィーダー共通で第七十三圖は発電機と母線とに共通となつて居る。

第七十三圖



此等の方法は別々にリアクタンス・コイルを使用する場合に比し同一の保安に對し場所を要する事少く、又相互誘導作用によりコイルの一半を通る短絡電流により他の電壓を高く保たしむる效力を有する外又電流作用を増加するものである。

自動保安器

已に本章の初めに於て述べたる如く自動保安器は保護せむとする危険の状態が発生せる場合之れによりて自動的に作用する装置を有し、交流回線に於て種々面白い發達をなしてゐる。直流の回線の自動器は重にフューズの種類で、之れは第三章にて述べた通りである。フューズ以外の直流回線の保安器としては自動遮斷器がある。猶油入開閉器を直流回線に使用する事があるが著者の考では却て不適切で危険であると思ふ、而して事實上あまり使用せられて居ない。

【註】 油入開閉器で交流電路を遮斷する場合にはオツシログラフ試験で明かに示す如く交流波が零線を通過する時に遮斷される様になるが直流電路の場合にはかかる現象なく大なるエネルギーの本に遮斷せねばならない。

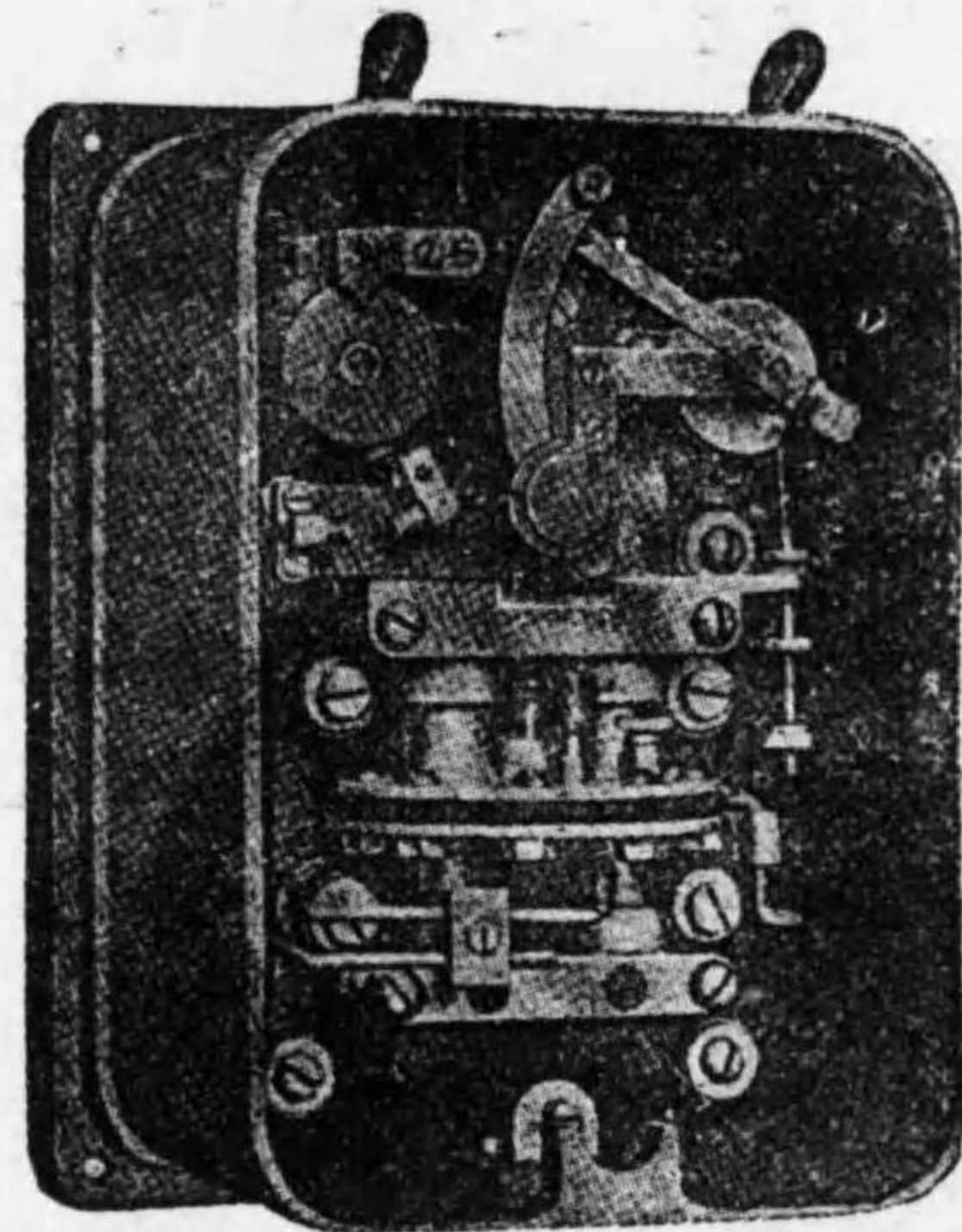
直流回線の自動遮斷器

直流回線の自動遮斷器には種々種類構造を異にするもの多く各製造家は自己の製品の特色を盛んに吹聴して居る。以下之等の大意を述べむとす。猶之等の自動遮斷器は適切なる装置を施せば交流回線にも使用せらる。然し之等は小なる電流の場合で一般には交流回線には油入開閉器が適當である。(第二章)

過負荷に對する保安器は過負荷が起つた場合に之れに依て作用を起す電磁石を有す。而して其の作用が内動作でなく一定の

猶豫時間を要する事は往々必要な事で、殊に牽引仕事に然りとす。^{*}之れは次項に述ぶるが如き或は後節にて述べむとするが如き遅速装置を電磁石の可働部に附するを可とす。之れは多くの場合適當であるが非常に精密な目盛を施さむとするが如き際にはもう一つの繼電器(リレー)を使用せねばならぬ。

第七十四圖



過負荷逆電流用クレー。ヘランチ會社

直流リレー Ferranti 會社で製造するクレーは第七十四圖に示す如き構造をなし、銅板が水銀槽中に浮かみ電流は此の圓板の輪周より中心に向つ流れ、圓板は永久磁石の極間に置かる

【注】* 電車の始動、捲揚機の始動等には大なる始動トルクを要し始動電流大であるが此の大なる始動電流に對して一々電路を切つては困る。此の始動電流は一定の時間を過ぐれば減少するものでリレーに猶豫時間を與ふれば始動電流と眞の過負荷とを區別する事が出来る。

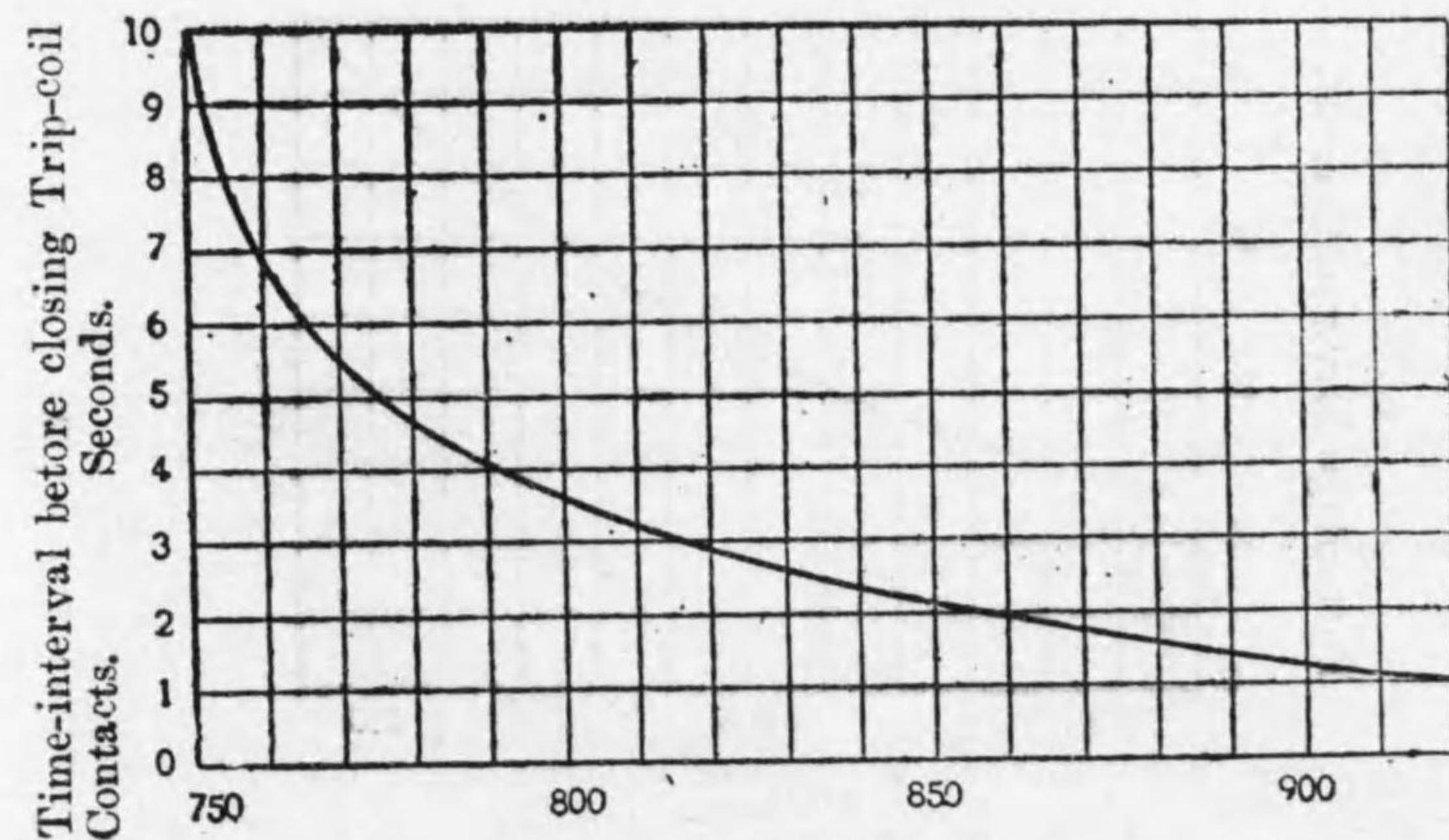
るを以て圓板は廻轉する。

リレーのターミナルは電流の主要電流を通ずる分岐路の(シャント)の兩端に結ばれ電流の一部を通ず。

此の分岐路は全負荷に於てリレーに 20 アンペアを通ず様に設計してあるから、電流計用のシャントを用ふる事は出来ない、いつでもリレー用として特に作られたシャントを用ひ、之れと共に試験しなければならぬ。Ferrantiの標準型シャントは 0.075 ヴオルトの電壓下降を來す様に作られてあるからリレーを動かす外、主要電流が充分でリレーによりてシャントより分けられた電流の割合が僅少であれば、電流計をも動かす事が出来る。

銅板の軸の一端には絹糸の捲かれた圓筒があり他端は開閉器のトリップコイル (trip coil) の回線を開閉する接觸片に接

第七十五圖



Amperes in Main Circuit.

Weight corresponds to minimum operating current of 750 amperes.

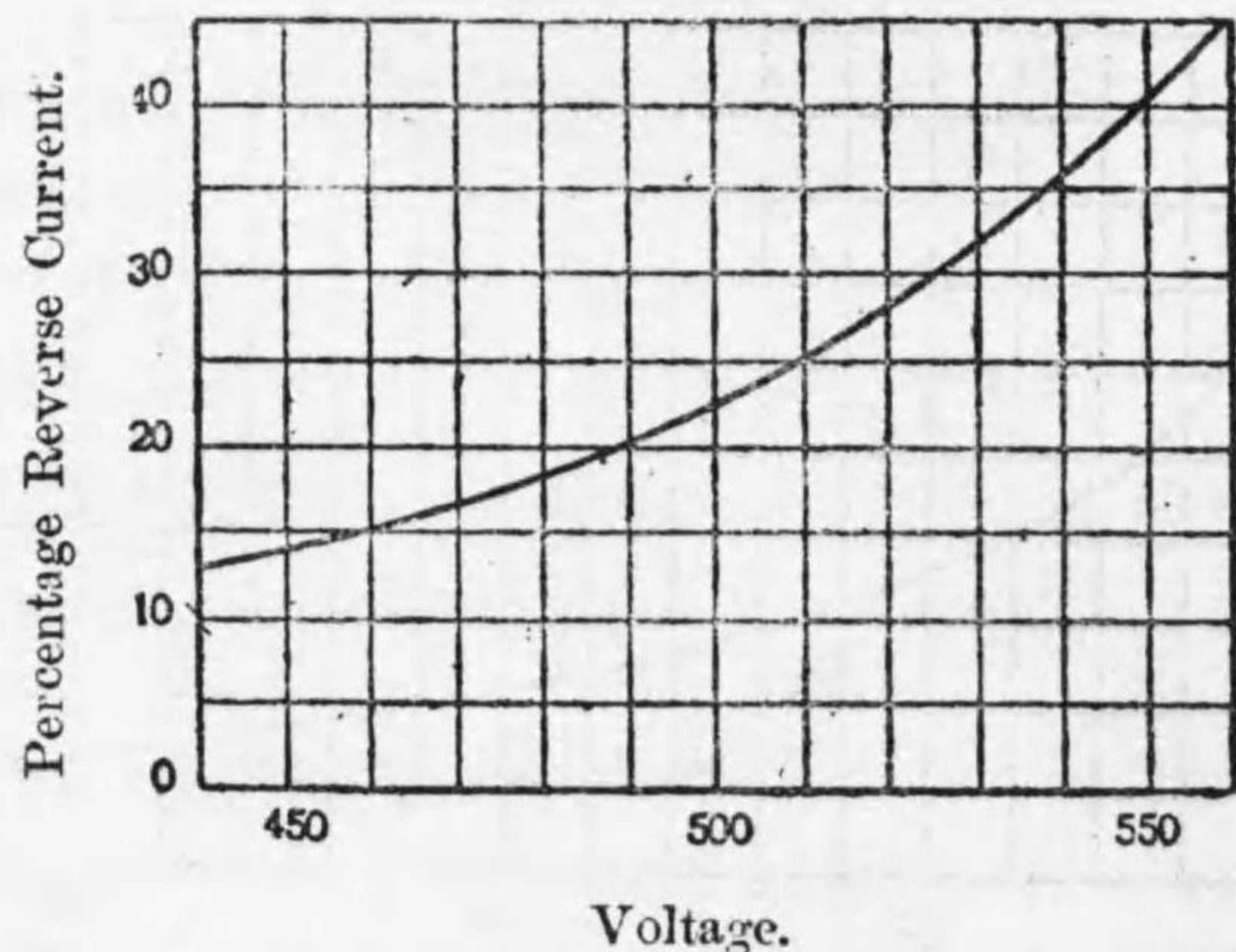
す。接觸片がトリップコイルの回線を全く開閉する間に同筒を幾分か廻轉するを要し茲に多少の猶豫時間を生ず。第七十五圖は製造者の發表せる時間と電流との關係を示す曲線なり。

此のリレーは極を有し電流が反對となれば運動の方向も反對となる。従て逆電流の保護としても使用する事が出来る。圓板の制御にスプリングを使用し接觸片がトリップ・コイルの回線を閉づる時間を短かくすれば殆んど瞬時間作用のリレーとする事が出来る。

此のリレーは逆電流用としてもよいが費用を多く要するから逆電流に對する直流發電機の保護には一般に次の如きものが使用されて居る。

直流逆電流自動遮斷器 逆電流用自動遮斷器の電磁石は電壓捲線及び電流捲線の二つを備へ電流の方向が反對となつた時作

第七十六圖



第七十七圖の如き遮斷機構を有する逆電流自動遮斷器に於て電壓の變化に伴ひ作用を起す可き逆電流の値の變化を示す

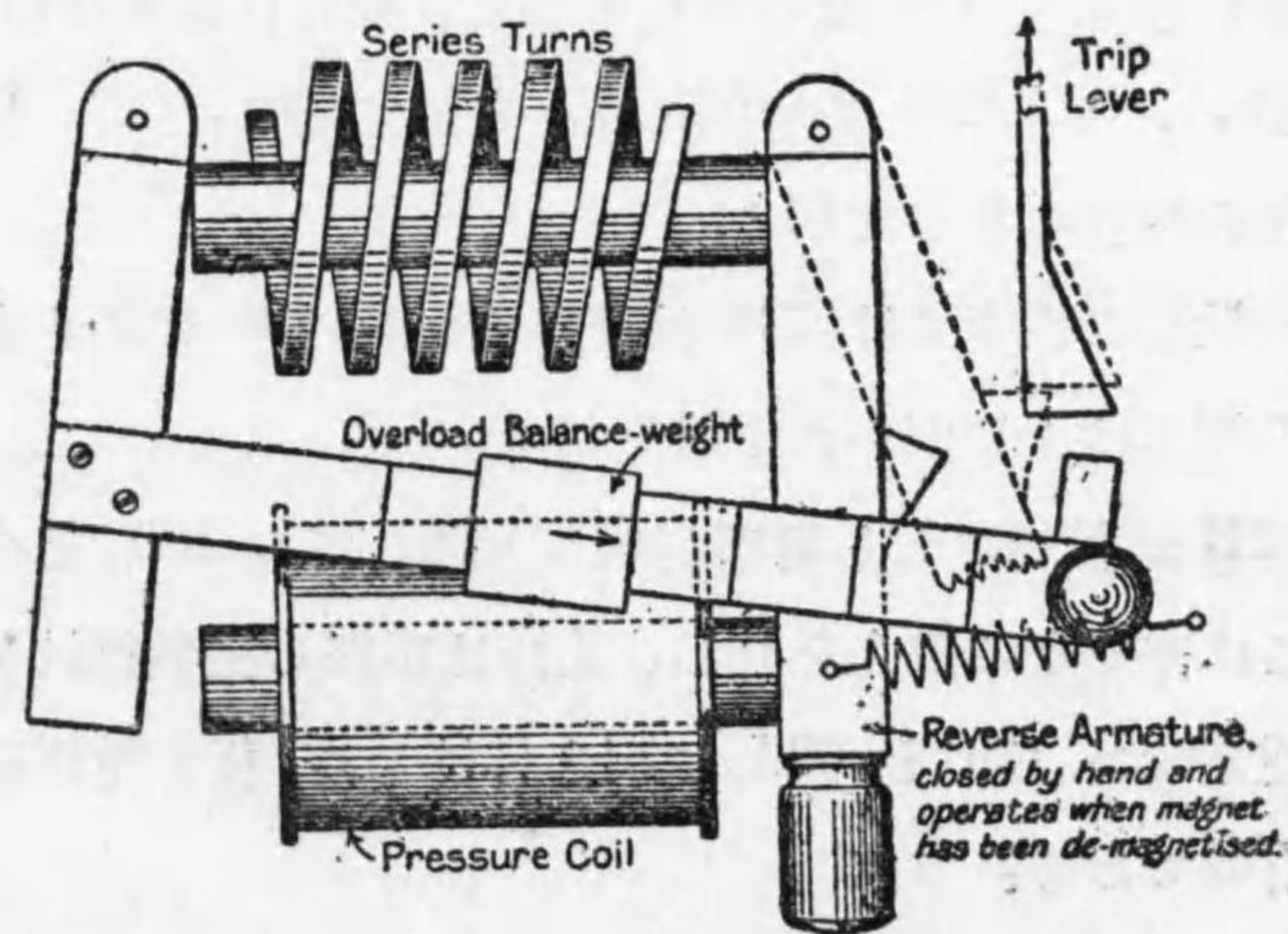
用する様になつて居る。母線電壓の變化は逆電流遮斷器の目盛の影響を及ぼすもので第七十六圖は其の關係を示す。

此の種の遮斷器は電壓を減すれば作用する逆電流も減するもので遮斷機構は第七十七圖に示した通りである。

平常の状態に在りては電壓捲線と電流捲線とは互に助け合ひ、スプリングの力に逆らひ鐵片を引き付けるが電流が逆になるときは兩捲線の磁化力は反對となり、其の鐵心は磁力を失ひ鐵片はスプリングの力に引かれて點線の如く遮斷用のレバーを押し上げる。

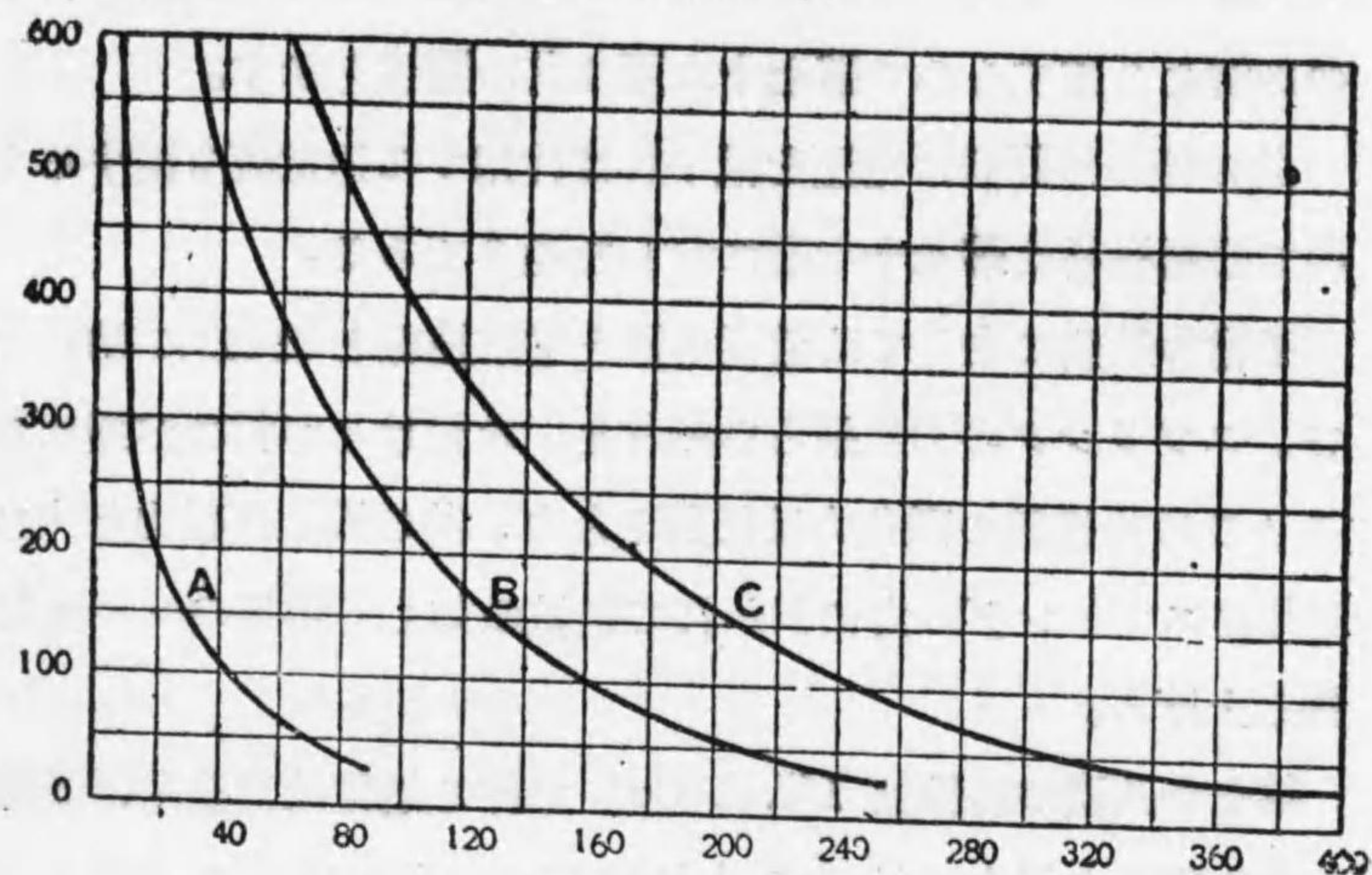
第七十八圖の曲線は I.T.E. Co. で作る逆電流自動遮斷器第七十九圖より得たる結果で A,B,C 三つの曲線は夫々 500 ヴォルトにして 8,40,75 アンペアとなつて居り、電壓が變化するも電流の變化は僅少である。

第七十七圖



直流回線の過負荷及逆電流用遮斷機構

第七十八圖



Amperes Reverse Current.

600A. 500V. 逆電流遮断器

第七十九圖に於て 111 は電流捲線で 189 なる鐵心を磁化し此の鐵心は兩端に 139 なる極片を有し、極片は電壓捲線 61A, 61B の鐵心、62A, 62B の中間に支へられて居る。62A と 62B とは反對の極性になつて居る。

平常の状態に在りては 139 は下に引かれ 131 にて止まり、逆電流の際には上に引かれ電路を切る。

62A, 62B は磁極を有し電壓が頗る下降しても 139 を少しく引上ぐるは充分なる磁力を有し、之れは磁路の磁氣抵抗を減ずるから逆電流が 139 を 62A に引き付けしめ、従て電路を開くに頗る有効である。

目盛は 6 のスケール (scale) に従ふて附せる重り 4 を捻子

第七十九圖



I.T.E. の逆電流自動遮断器

7A, 7 によりて動かしてなす。

交流回線に於ける過負荷の保護

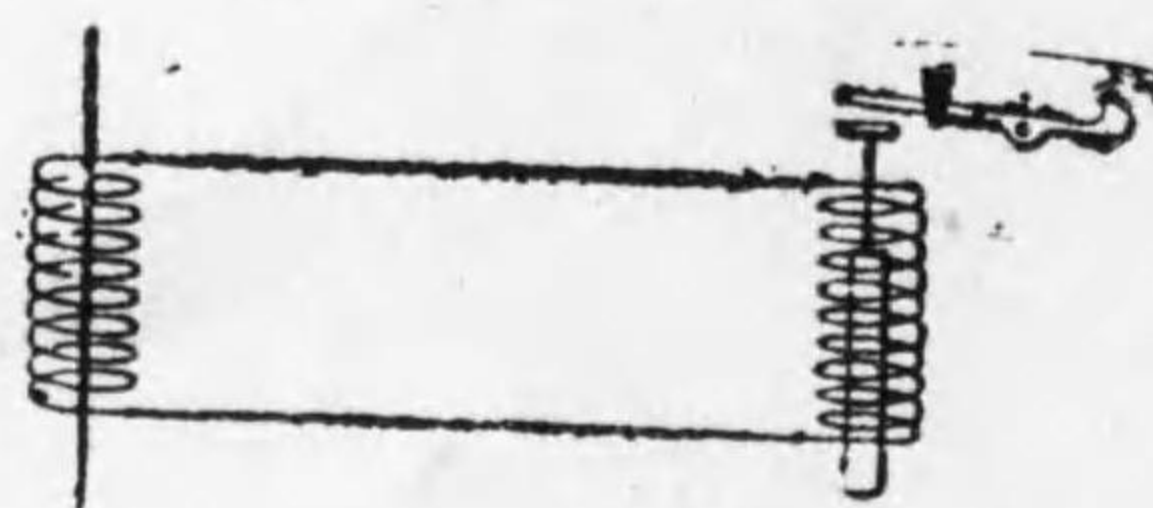
中低壓回線にはカーボン・ブレーキ (carbon brake) の遮断器で電磁石の鐵心に薄鐵板 (sheet iron) を重ねたものを用ひたものが往々使用されるが、本項ではカーレント・トランスフォーマー (current transformer) を通じて働く遮断器に就て述べむとす。

【注】 カーボンブレーキ・遮断器は接觸部 (少くとも最後) 開放さ

るる接觸部)に炭素片を使用し電路開放の際發生する電流により接觸部の金屬が熔解さるるを防ぎたる構造を有す。

カーレント・トランスフォーマーの二次回線を直ちに遮斷器トリツプ・コイルに接続するもの。此の方法は第八十圖に示したるが如くで、或る限られた場合にのみ使用すべきものである。

第八十圖



之れは勿論瞬間動作で猶豫時間はない。此の方法の缺點はカーレント・トランスフォーマーに掛かる荷の多い事で(全負荷に於て 25 乃至 50 ヴォルトアンペア或は夫れ以上となる事あり)、若しカーレント・トランスフォーマー容量が小であれば目盛を變ずる爲め電磁石の鐵心(plunger)の位置を變じたる時變壓器の比を變じ、従つて之より電流を送られる電流計や電力計の精確を缺くに至る。依てカーレント・トランスフォーマーの容量があまり小ならざる時には電流計は斯様な回線に接続してもよからうが電力計は決してかゝるカーレント・トランスフォーマー二次回線に入れてはならない。後節に(トリツプ・コイルの並列フューズの項)述ぶる如くトリツプ・コイルの並列に限時性(time limit element)を有するフューズを結べばカーレント・トランスフォーマーにかゝる荷重を減ずる事が出來

従て過負荷の際電路を遮斷するトリツプ・コイルの外ワットメーターやワット・アムメーターを此の回線に接続する事が出來る。

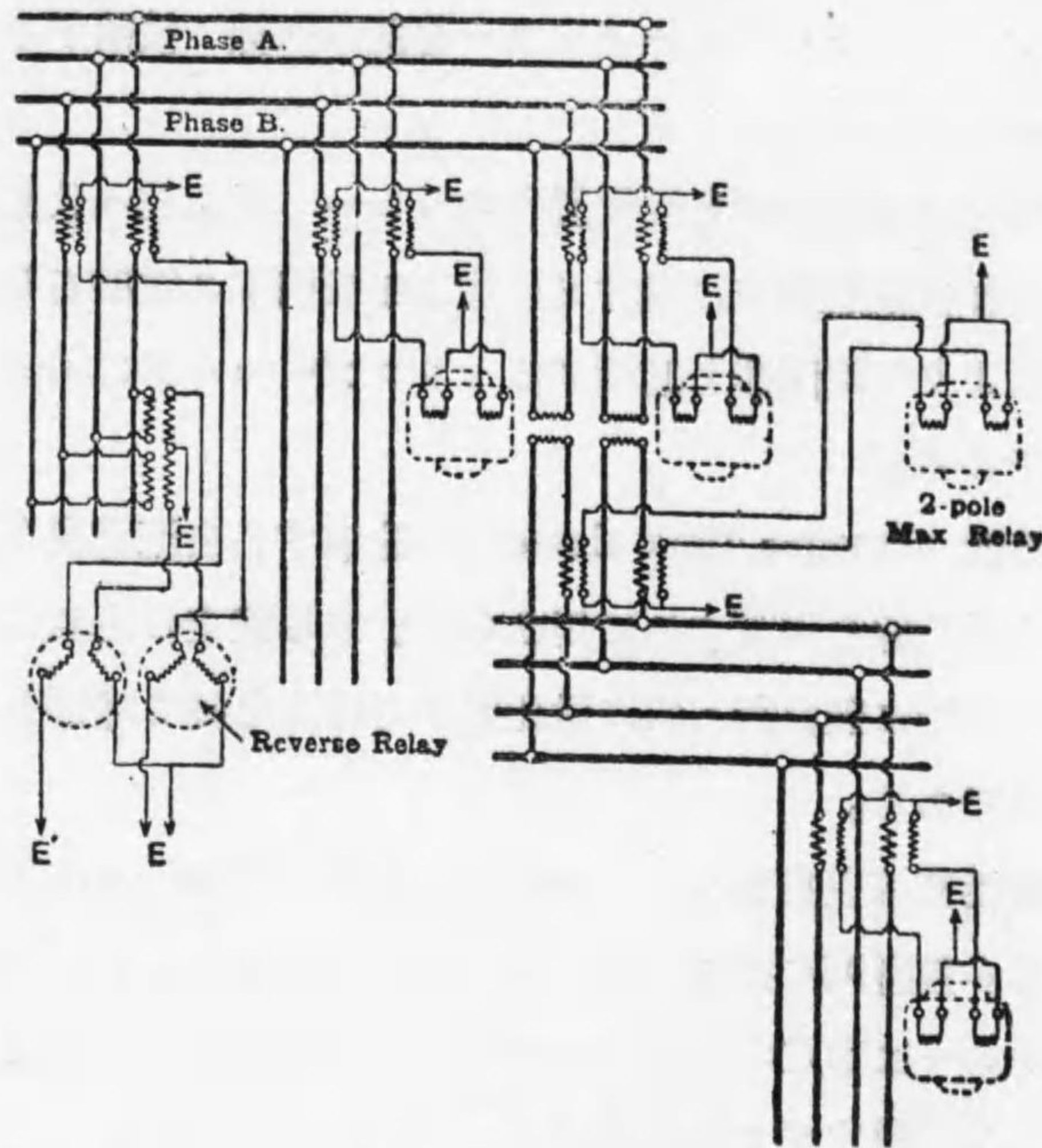
過負荷保護に對する瞬間動作のリレー 之も往々使用されるが、之れは構造簡單に鐵片又は鐵心を吸引する電磁石を有し、之れによりて開閉器を遮斷するトリツプ・コイルの回線を閉づるのである。

逆時性(Inverse time element)を有する交流過負荷リレー 之れは送電線を保護するに用ひられ、或る豫定の過負荷の状態が起つた時に過負荷の値に逆比例する時間を経て電路を遮斷するものである。

逆時性交流過負荷リレーの差別的動作 逆時性交流過負荷リレーが多數直列に接続されて居る場合に過負荷が之れ等を通過せばリレーは豫定の順序で作用するから供給區域に及ぼす障害を最も少く限定する事が出來る。

第八十一圖の例に就て考へむに、之れは二相曲線式で、(1)變壓器の一次線、(2)二次線及び、(3)フキーター、電動機の三つの限時性を有する過負荷リレーが直列に結ばれて居る。而して之等のリレーの作用する順序は先づ第一に(3)のリレー、次ぎに(2)のリレー、最後に(1)が動く様になつて居るを要し、どんなに過負荷の程度が大きくとも此の順序を亂してはならない。之れは非常に大切な點で使用者は之を確かむる爲め、各負荷に於けるリレーの動作を示す曲線を製造者より提出せしむべし。

第八十一圖



2-phase, 4-wire System. Synchronouy Motor

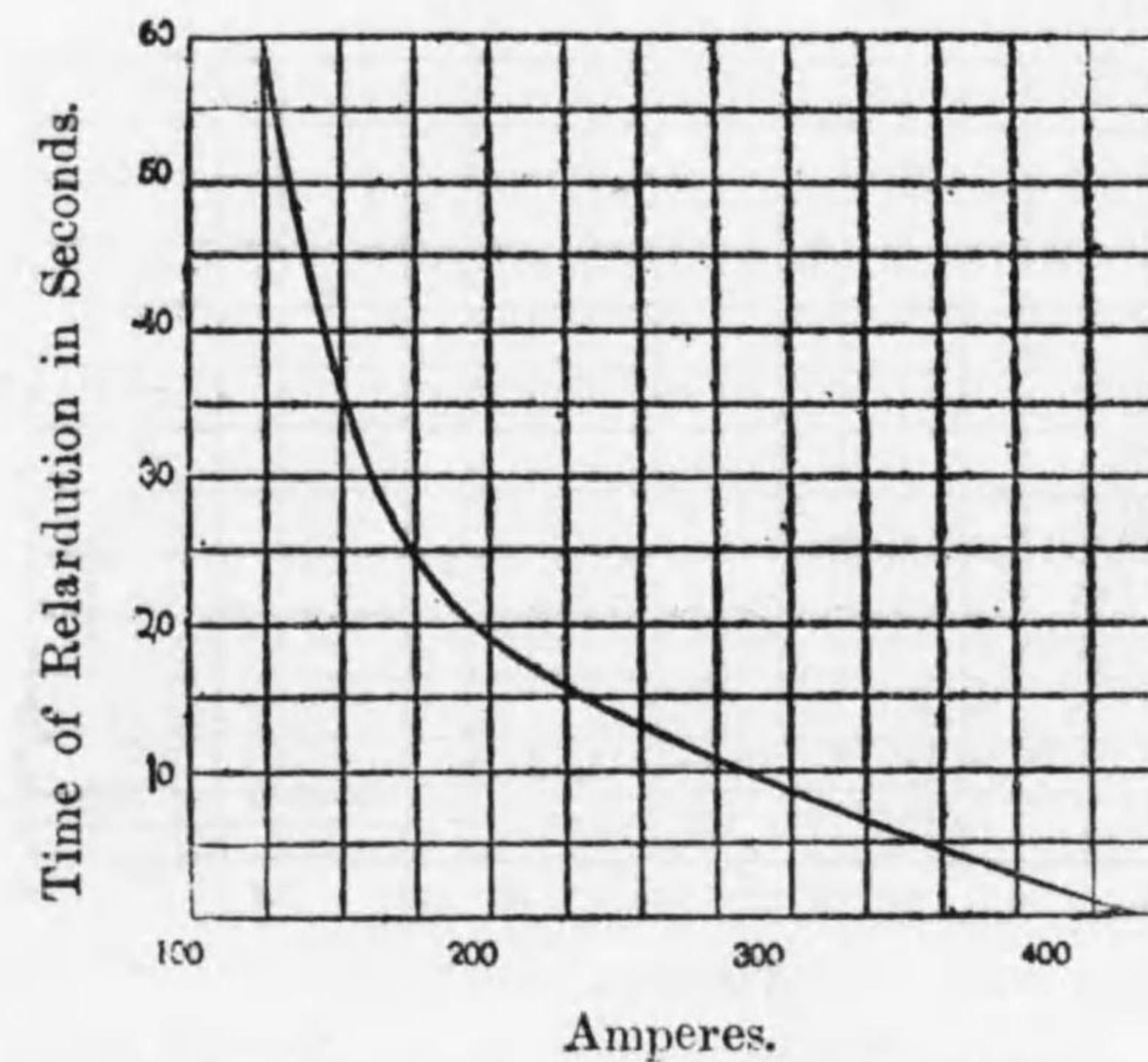
二相四線式

逆時性過負荷リレーの區別的動作を示す

此の曲線は種々の型のリレーに就きて採り見るときは一見甚だ類似の形を有すと雖も、精細に點檢せば重大なる相違を發見す可し。例へば第八十二圖に於ては此の目的に對し不適當なるリレーの曲線を示すもので、過負荷の程度の大なる程作用に要する時間は短かいが、或る過負荷に於ては時間は遂に零となる、即ち限時性は全く消滅し瞬間作用になつてしまふ。交流回

線に於て完全な短絡や接地が起つて過大な電流が流れる時間は極めて僅少な時間で、此の電流は通常保安器で制限し得る値より非常に大きいのである。斯様な場合に若し第八十二圖に示した曲線を描く様なリレーが使用されて居つたとすれば瞬間に作用し、第八十一圖に示せるリレーが皆斯様な性質を有して居れ

第八十二圖



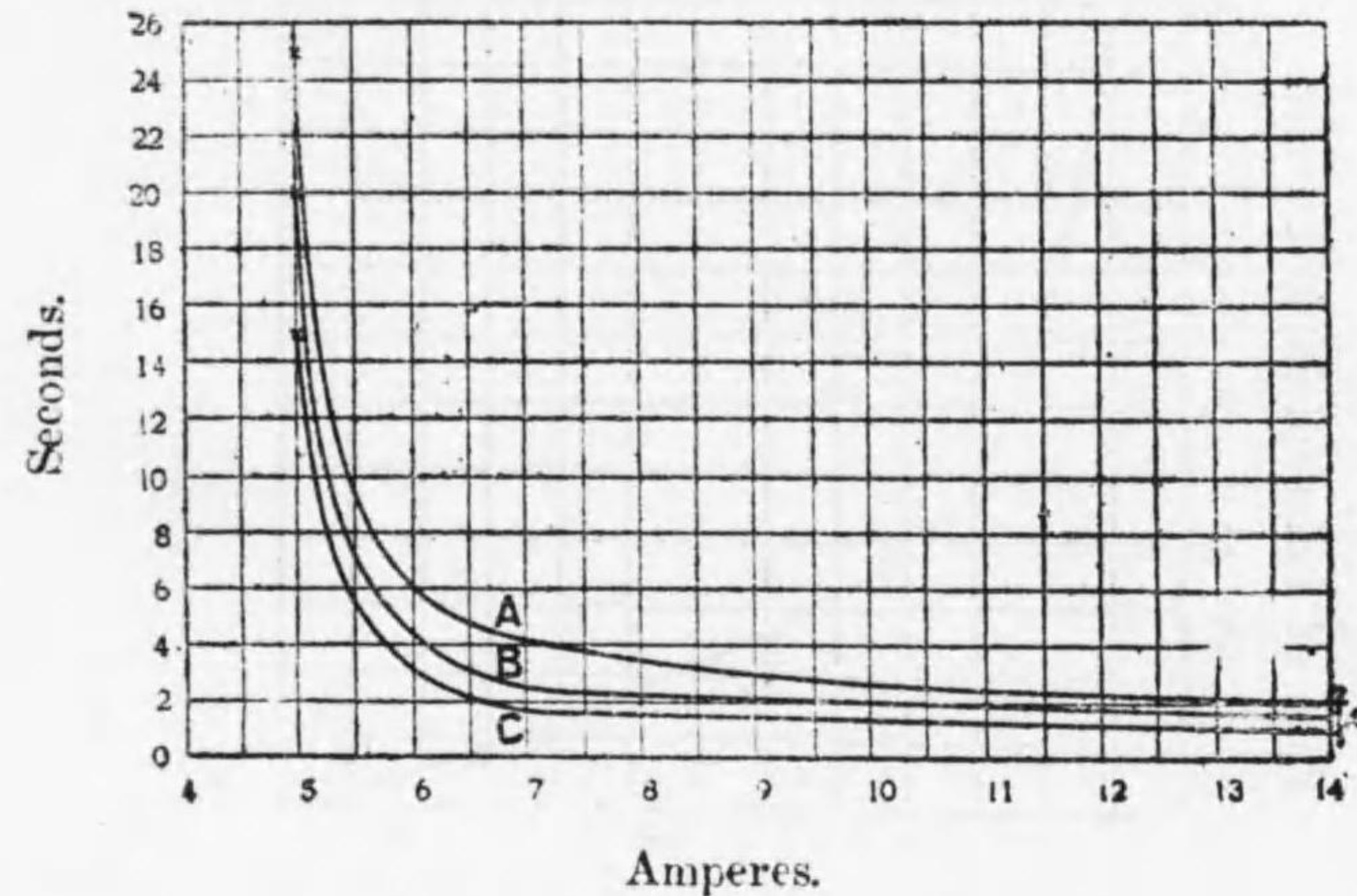
100 アムペアにて作用する様に作られた逆時性過負荷リレーの不良な曲線

ば區別的動作はなくなり、油入開閉器は一つの電磁石で運轉された様に皆同時に電路を遮斷し、一部分に起つた障害を供給區域全體を擴大してしまふ。

第八十三圖は第八十一圖の回線に使用する様製造されたリレーの曲線なり。之等はリレー自身の電流及び時間の關係を示すもので、カーレント・トランスフォーマーと共に使用した時

は之に變流比を乗せねばならぬ。最も重要なのは之等の曲線は大なる過負荷の際には夫々一定の時間に對し漸近線をなす事で、即ちどんな過負荷でも作用に要する最少の時間が A,B,C 夫々 2,1.4,1 秒を降らぬ事である。此の最少の時間があるのは此のリレーが誘導作用で動くからで、最少時間は廻轉子の等期速度に相當してゐる。

第八十三圖



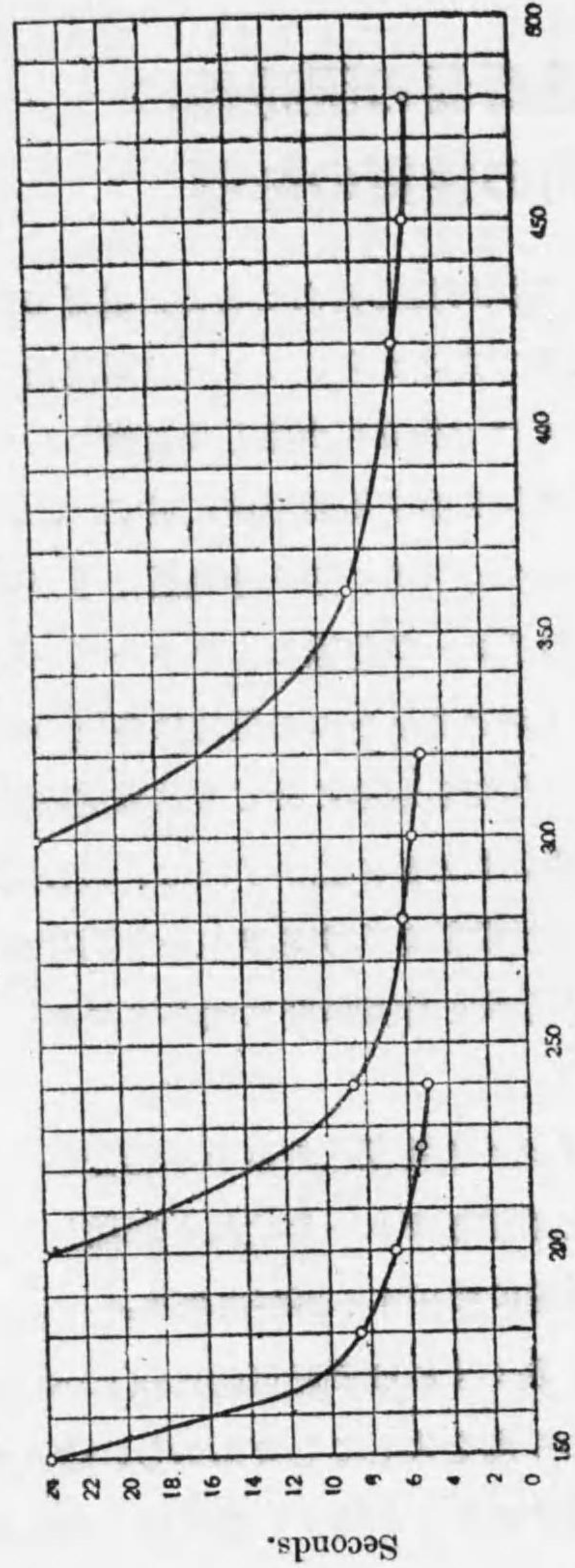
あまり大ならざる過負荷に於ては圓板はダムピング (damping) により等期速度以下で廻轉す。其の大きさを適當に定むれば圓板の等期速度に相當する最少時間を適當に定む事が出来る。斯くて如何なる過負荷に於てもリレーは常に C,B,A の順序に作用する。

交流自動遮断器の限時性に 及ぼす負荷の性質の影響

或る特別な場合にどの位の限時性を持たせるのが適當であるかを定めるのは仲々困難な事であるから、リレーは電流及び時間に對し廣い範囲にリレーだけで獨立に調整し得る様にして置かねばならぬ。一般に等期機械を有する變電所に於ては、誘導電動機の場合に比し限時性は少くする。第八十四圖は 6,600 ヴオルトの發電所フキーダのリレーの曲線で、フキーダ端に大部分誘導電動發電機の荷重がある。三つの曲線は各三つの異つた電流に對する曲線で、如何なる状態に於ても誘導電動機の開閉器をフキーダの遮断器より先きに動かすには、其の開閉器に第八十五圖に示す様な特性曲線を有するリレーを付けねばならぬ、即ち電動機リレーの最少の作用時間は殆んどフキーダ・リレーの半分である。

送電線端に殆んど 50 サイクルの等期機のみある場合の外は第八十四圖の示す様な曲線を有するリレーを之れと同様なる 6,600 ヴオルト發電所の送電線に使用する事が出来る。

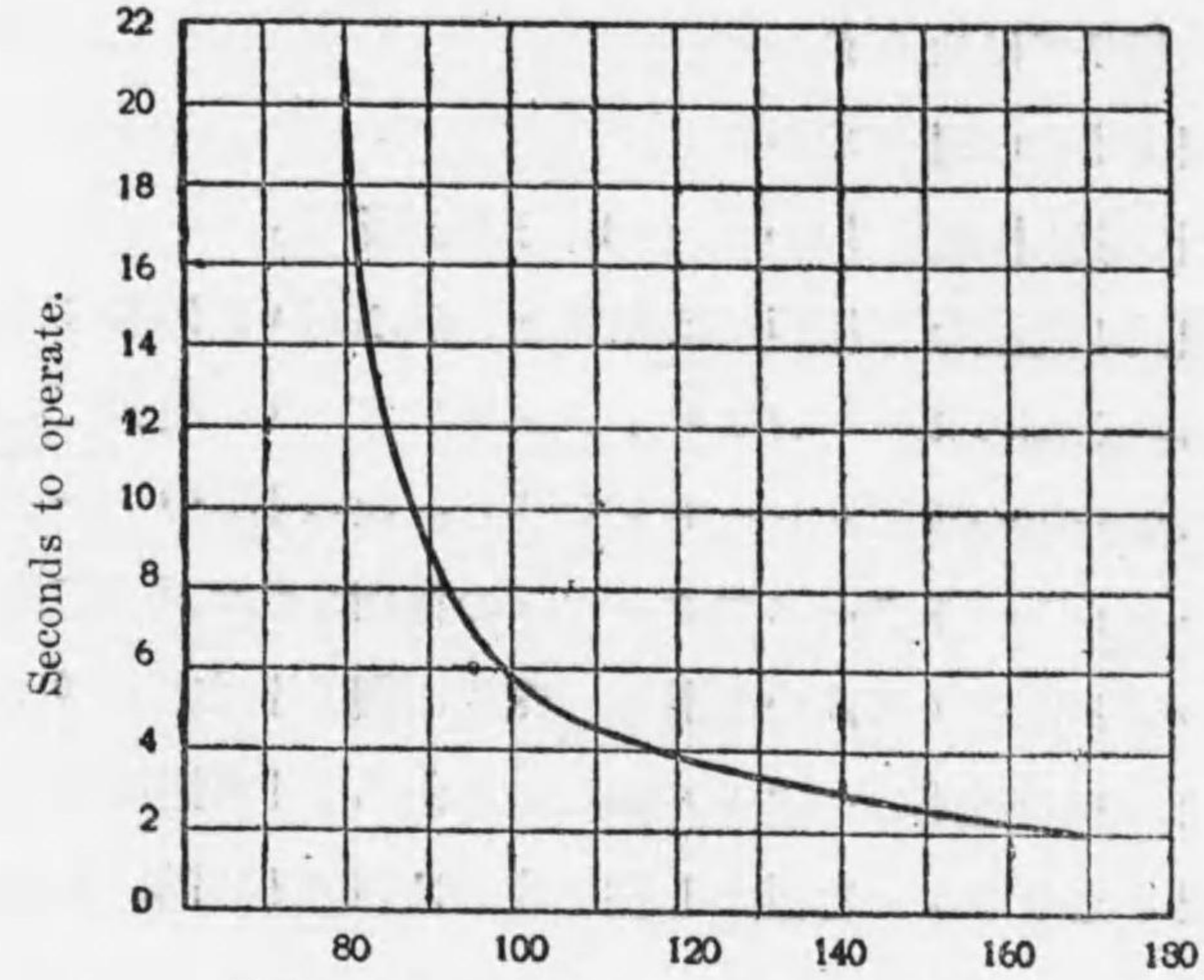
等期機械に對して限時性を長くすれば高壓回線に激しい短絡があつた時などに等期機械の平衡を失してしまふから、第八十六圖に示した様に時間を短縮することを要す。然れば故障のあつたフキーダに結ばれて居る等期機は外には其の影響を及ぼさないで済む。



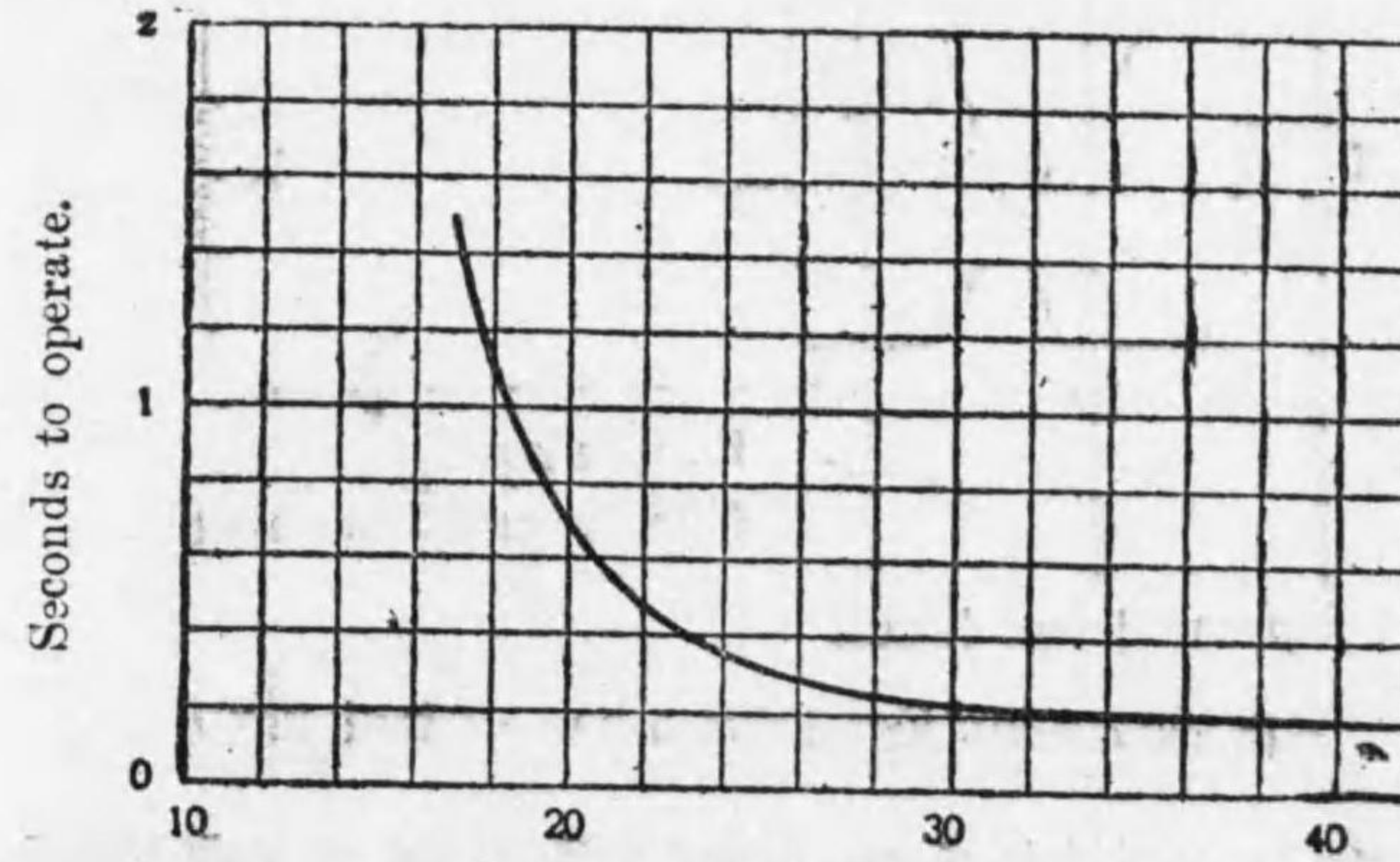
誘導電動発電機の變電所へのフキダシリレーの限時性曲線

三相式回線に於ける過負荷リレーの接続 三相三線式に於ては完全なる保護をなすには一つの遮断器につき二個の單極リレーを要するが、四線式又は中性點の接地されて居る場合には三個の單極リレーを要する。各相が共同して同一の可動片に作用するが如き多相式リレーを用ふるはよろしからず、(多相交流リレーの項参照)。多相回線に用ふるリレーも各相別々に作用する單極のリレーとしなければならぬ。カーレント・トランスフォー

マーもリレーと同數だけ使用す。逆 V (reversed v) の理を應用してリレーの數を減じやうと試むる者がある、此の接続法は



Primary amperes in controlled circuit
25 サイクル 6,600 ヴォルト變電所リレーの曲線
變電所は概ね誘導電動発電機の場合



50 サイクル等期機に送電するフキダシリレーの曲線

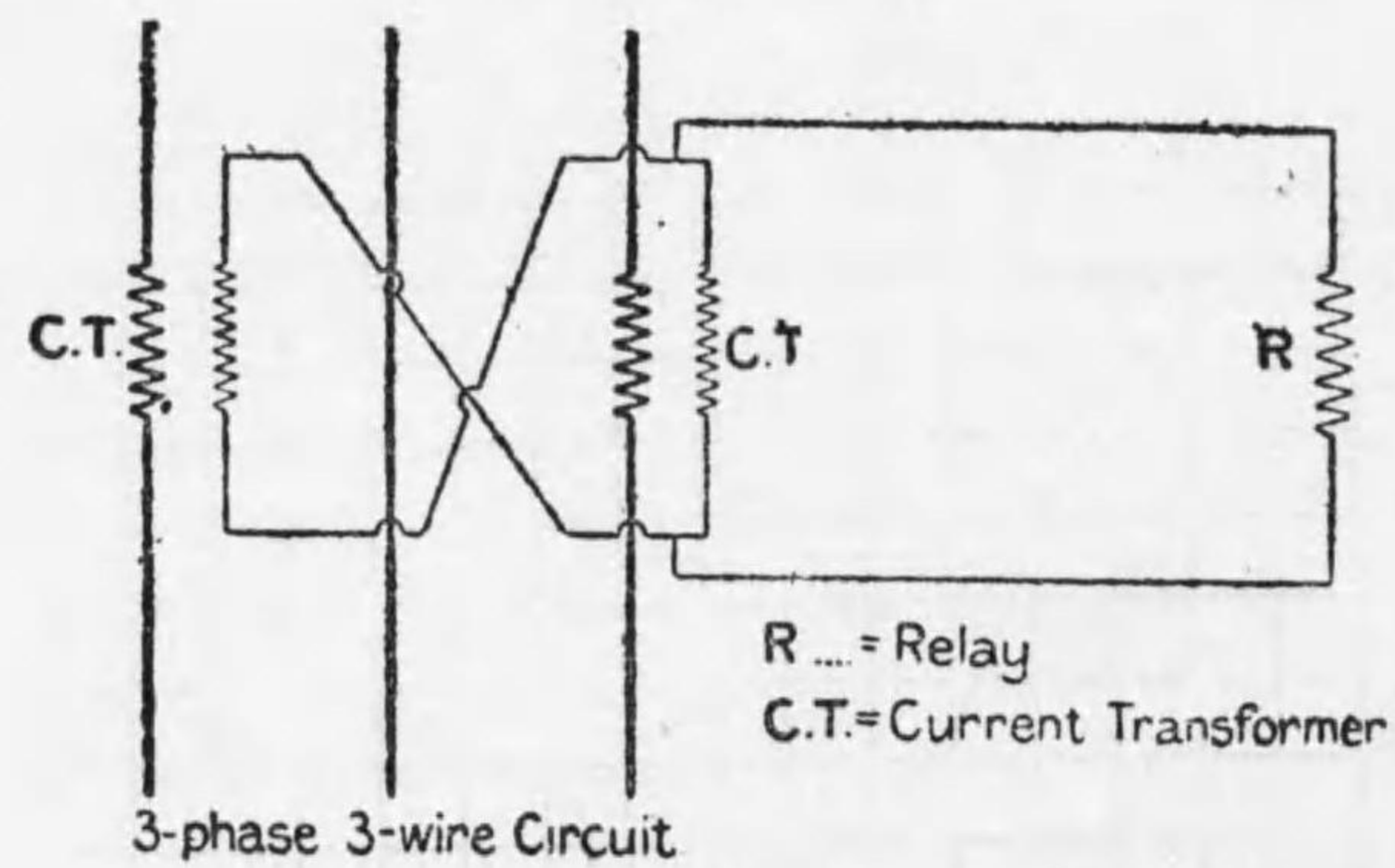
平衡荷重のワットメーターなどを動かすにはよいが、保安器を動かすに用ひてはならぬ。

其の理由は次の通りである。

逆 V に結ばれたるリレー (a) 三相三線式。

三相三線式の完全なる保護には理論上二個の別々な単極リレーを要する。二個のカーレント・トランスフォーマーを逆 V に接続すれば一個の単極リレーですむべし。此の場合リレーの電流はカーレント・トランスフォーマーの接続されて居る二相のベクトル和となる (第八十七圖)。皮相の観察をすればリレーの電流は兩相の電流のベクトル和であるから若し兩相が過負荷となればやはりリレーを動かして完全な保護が出来る様に思はれる。

第八十七圖

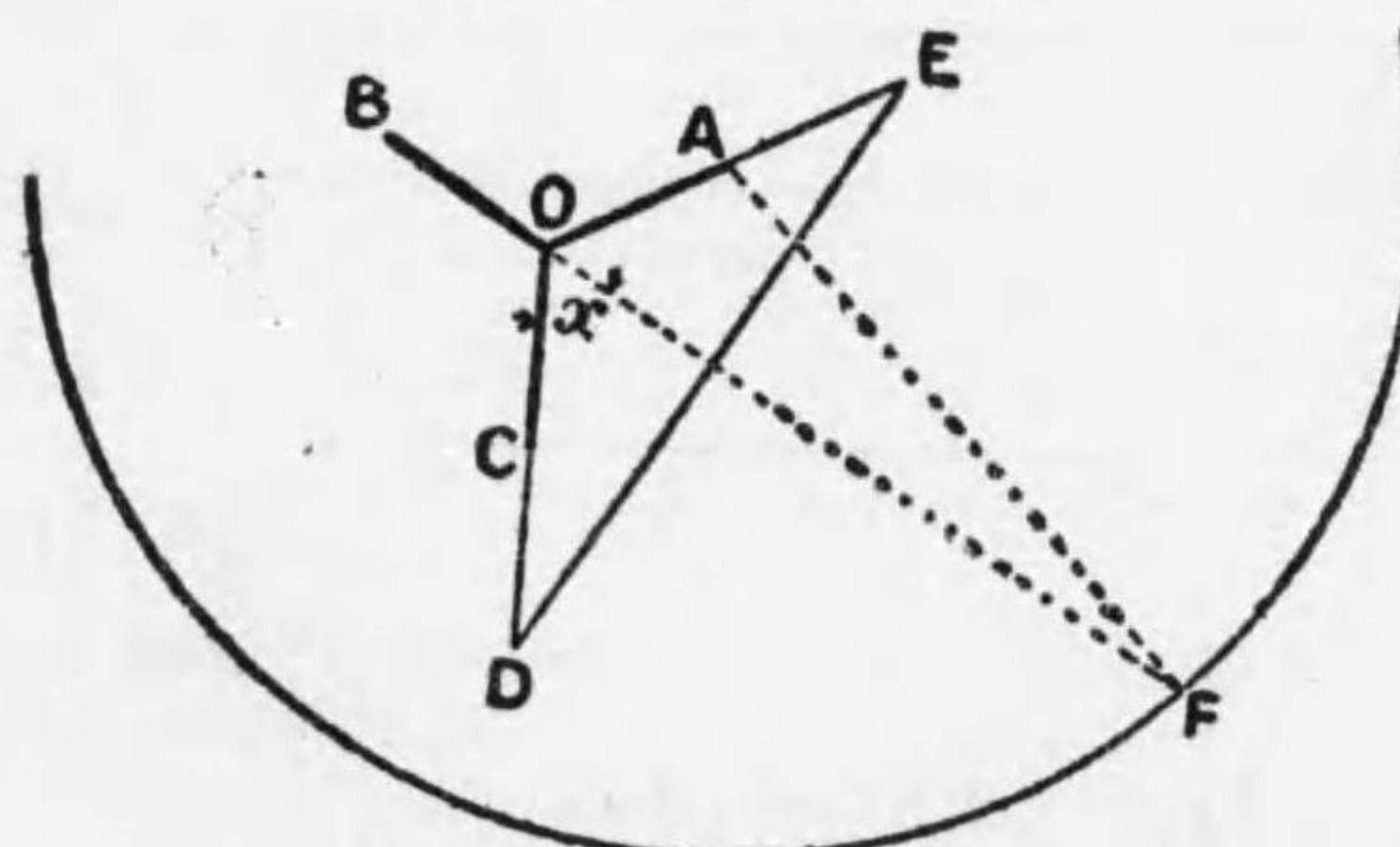


三相三線式回線に於ける誤れるリレーの接続(逆V)

然しリレーの電流をベクトルにより算出すれば此の方法により完全な保護が得らると云ふ事が疑はしくなる。例へば常規

全負荷に於てカーレント・トランスフォーマーの二次電流を 10 アンペアとしリレーは全負荷の 200% の電流にて作用する様調整されたと假定する、即ちリレーは 34.6 アンペアの電流が通つた時動くものとする。扱若しリレーの接続されて居る兩方の相に過負荷が起り各相の位相の差が同一であれば各相の二次電流が 20 アンペアの時電路は開かれる。然し過負荷は何れか一線にのみ起る場合もある、此場合には勿論各相の位相の差は異なるべし。各相の位相の差同一なるものとするも一線にのみ過負荷された時には 282% の過負荷にならねば動かない。實際の場合に一線だけ過負荷が起れば他の相に比し 60° 以上も位相が後れるから、斯様な場合に電路を遮断するには 368% の過負荷となるを要する。即ち此の接続法では過負荷の保護が不完全なる事が明かである。

第八十八圖



逆 V 接続のリレーのベクトル線図

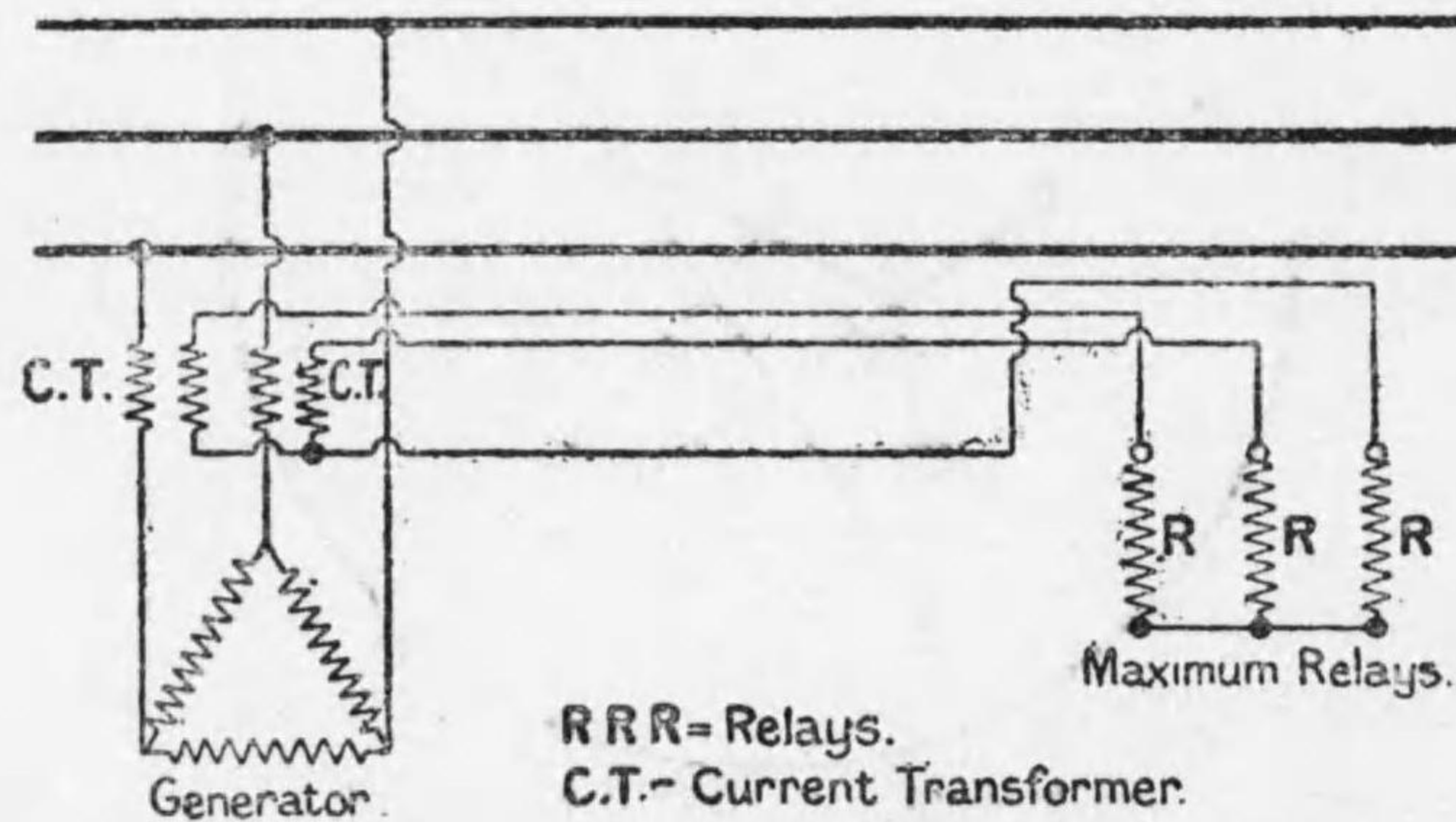
第八十八圖は以上のベクトル圖で OA,OB,OC は各相の常規全負荷電流で、若し OE=2OA ならば ED はリレーを動かす電流である。

A を中心とし ED を半径とする圓を書けば、或る位相の後の角 α に於て OC の相に流るる電流は OF である。此の場合 OA は一定と假定す。二つのカーレント・トランスフォーマーは勿論 OA, OC の相になる。

既に述べたるが如く三線式は二個のカーレント・トランスフォーマーと二個の単相リレーで完全な保護が出来るが、非常の重要な回線で絶対に安全を要する様な場合には次ぎに述ぶる如き理由により二個のカーレント・トランスフォーマーを用ひリレーを三極装置すべし。

リレーは可動部を有しキャシヤな構造になつて居るから之等の部分は往々調節を失する事あり、勿論製作、使用上に缺點さへなくば極く稀れな事ではあるが。

第八十九圖



三相三線式に於て單極のリレーを二個使用する場合に二線に短絡が起り、内一線にはリレーがないとすれば唯一つのリレーで遮断器を働かせなければならぬからリレーの働きは充分確で

なければならぬ。各相皆リレーで電路を切る事になり二つ同時にリレーに故障の起つて居る事は少いから一つの場合に比して餘程安全である。

カーレント・トランスフォーマーには可動部がなくリレーの如くキャシヤではないから三個使用する必要はない。

以上過負荷リレーに就て述べたが逆電流リレーでも同様である。

(b) 三相四線式。

三相四線式に於ける逆 V 接続は第九十圖に示した通りである。此の場合には三個のカーレント・トランスフォーマーと二個のリレーとを使用し、リレーを一個節約したのである。皮相の觀察によれば

$$R_1 \text{ の電流} = (c \text{ の電流}) + (a \text{ の電流})$$

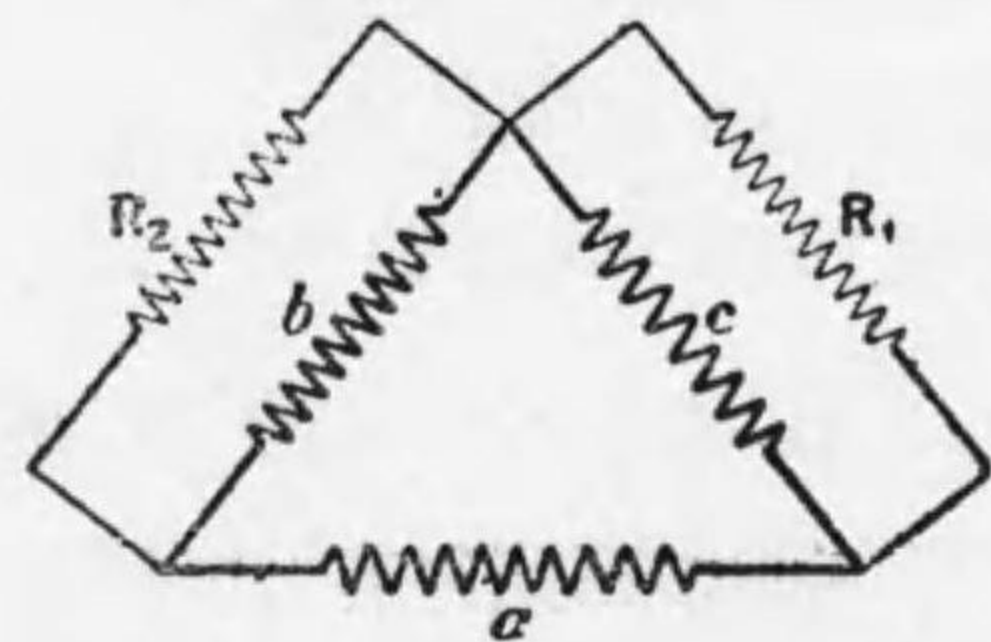
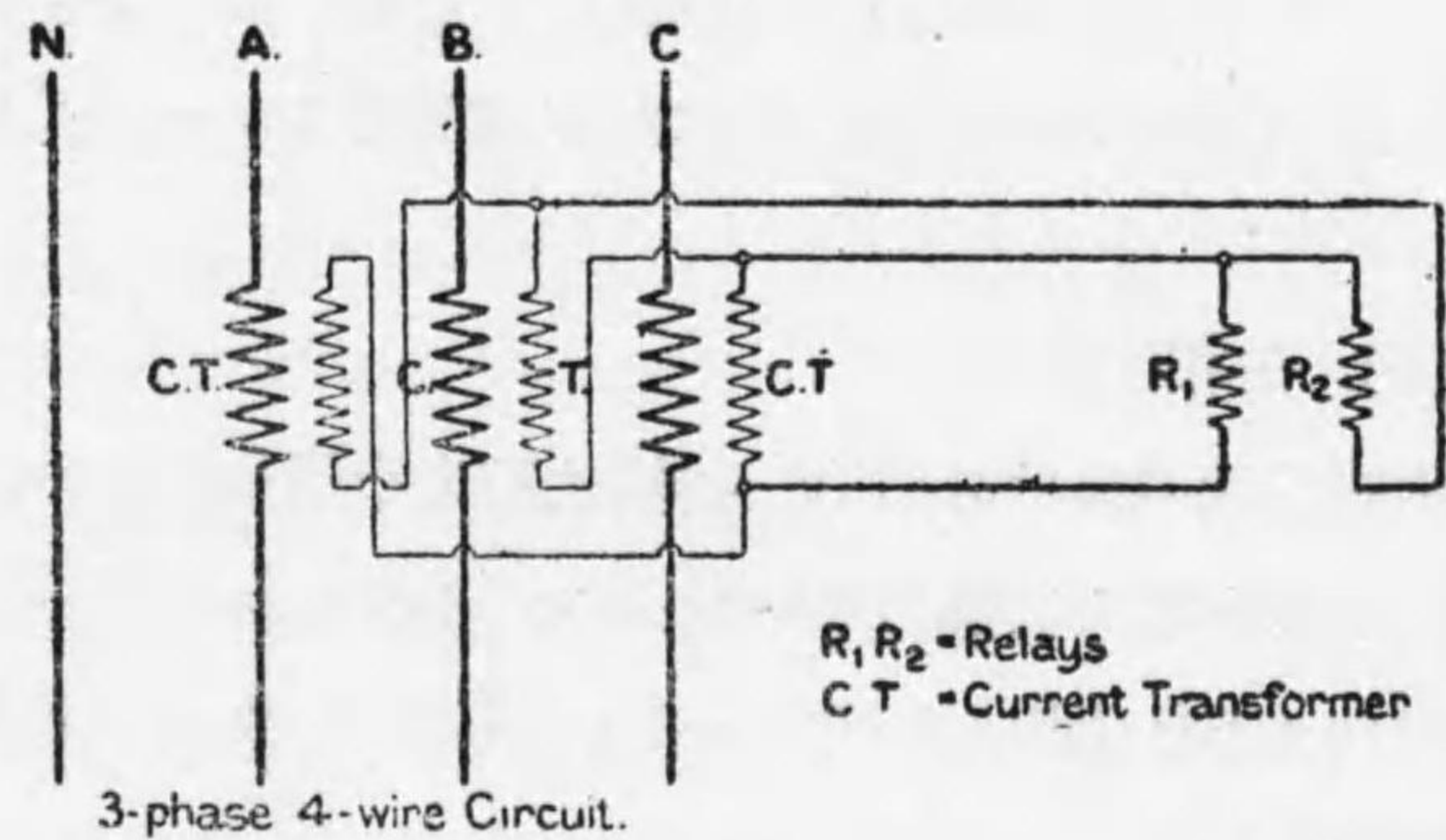
$$R_2 \text{ の電流} = (b \text{ の電流}) + (a \text{ の電流})$$

で過負荷電流は常に R_1 又は R_2 のリレーに感ずるが三相三線式の場合に述べたと同様で第四線の歸路を有して居るから一相のみ過負荷される事があり得る。若し此の過負荷が他相の電流に對し大なる位相の差を有すれば其の相が非常に負荷されても遮断器は働かざる可し。安全を期せむとせばどうしてもカーレント・トランスフォーマーと同數のリレーを使用するを要す。

再び第八十九圖に示した三相三線式の接続に歸るが、カーレント・トランスフォーマーを有せざる相及び其の電氣機械の捲線の兩方に同時に故障が起る場合を考へねばならぬ。斯様な場

合には故障はどのリレーにも表はれぬ事があり得る。依て三極リレーと三個のカーレント・トランスフォーマーを使用するを要する。重要なる線路には此の方法を採るのが安全である。

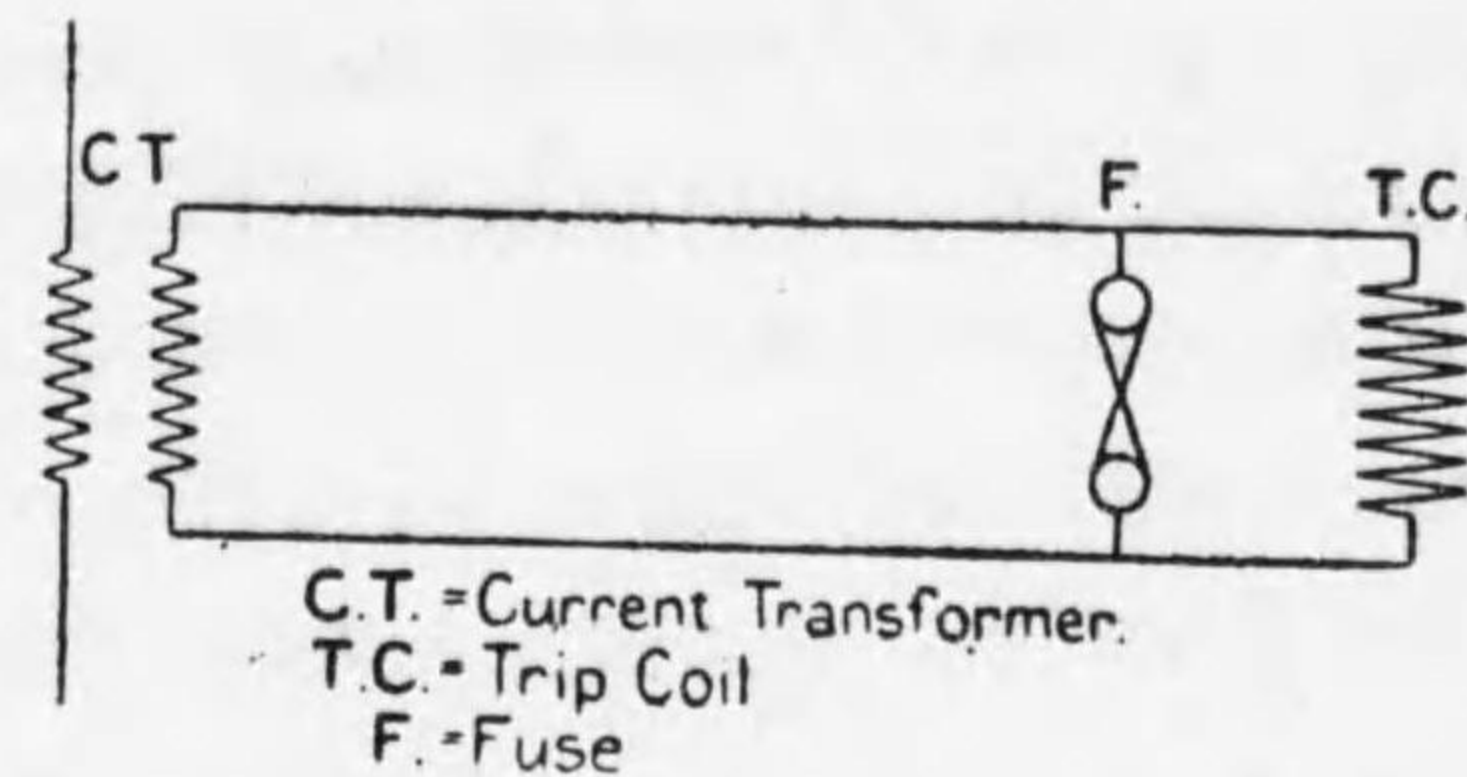
第九十圖



トリップ・コイルの並列フューズ 通常の自働遮断器に限時性を與ふる爲め第九十一圖に示した様にトリップ・コイルに並列にフューズを結ぶ事がある。カーレント・トランスフォーマーの二次電流は平常は主としてフューズに流れ、二次電流が非常に増加してフューズが遂に切斷されて後初めてトリップ・コイルの電流が通る。即ちフューズを熔解するに要する時間だけトリップ・コイルの作用時間が後れるわけである。

此の方法は交流の場合にのみ使用せられ得べく、直流回線に

第九十一圖



あつては全體の電流がトリップ・コイルを通りフューズを熔解するに適當なる電壓降下が得られない。

此の方法の得點は費用の低廉なる事で、其の能率は次ぎの如き事より判斷される。

限時装置の二つの主なる作用は次ぎの如し。

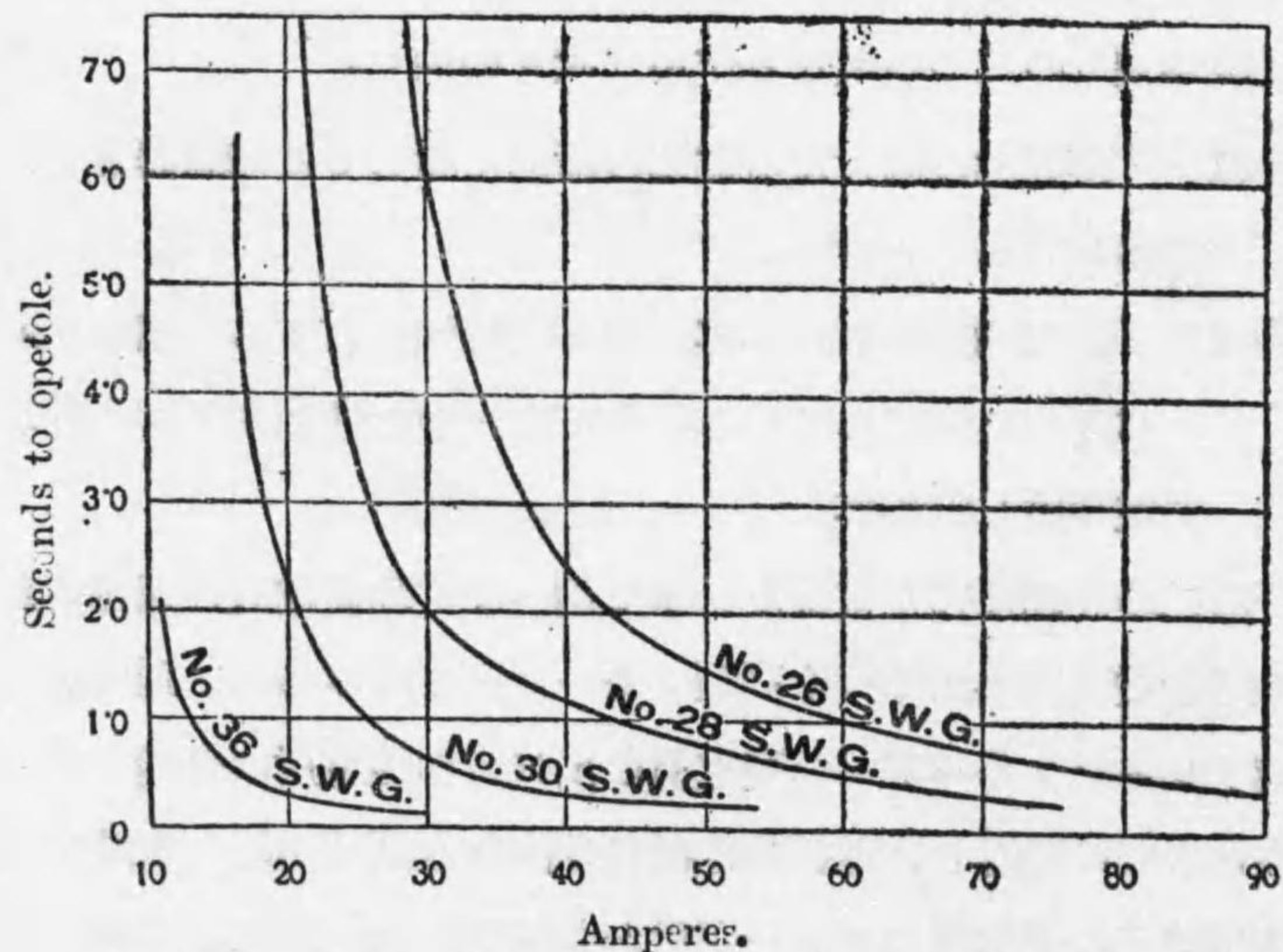
- (1) 瞬間的の過大なる電流の衝動に對しては遮断器として電路を開かしめる事。
- (2) 差別的動作を行ふ事。即ち限時性を有する二個のリレーが直列に結ばれて居る場合には一つを他より先きに動かす様調整し得る事。

第二の問題は甚だ重要なる事で例へば電動發電機の運轉されて居る變電所へ出て行く高壓フキーダーを考ふるに、逆時過負荷リレーをフキーダーの發電所の出口及び變電所の母線と電動機との間に装置し、電動發電機に危険な過負荷が起つた時には先づ第一に變電所のリレーが動かねばならぬ。然れば故障の起つた機械は忽ち電路より切りはなされ、他に障害を及ぼす事はない。然らば如何なる程度まで此の差別的作用が遂行せらるゝ

かを確むる爲め次ぎの如き實驗を行ひたり。

使用せられたトリップ・コイルは標準型の 10 アンペアのもので、50 サイクルにて 2.8 ヴオルトの電圧降下を來し、鐵心 (plunger) は 10 アンペアの電流が通つた時吸ひ上げらるゝ調整されて居る。實際の場合に近からしむる爲め、コイル及びフューズを並列に通る電流は一定に保ち 8 アンペアとし、夫れより電流を急に増加してトリップ・コイルが働くまでの時間を測定せり。**第九十二圖**は鋼フューズ線の大さを變じて得たる値でフューズの大さを變ずれば此の組み合わせに通る電流を變ずるのみならず、又甚だしく限時性に影響を與ふるを見る可し。従て

第九十二圖



トリップ・コイルと並列に結びたるフューズの實驗銅フューズの長さ 2" (50~)
トリップ・コイルの兩端子間の電壓 (10アンペア 50~に於て) = 2.8 ヴオルト

時間及び電流を各獨立して任意に調整する事は容易に出來ない——少くともフューズの長さを一定とし又同一の材料を使用するものとすれば。

№20 S.W.G の鋼線 2 吋の抵抗は 60°F に於て 0.011 オームである。トリップ・コイルのイムピーダンスは 0.28 オームであるから殆んど全體の電流がフューズに通る。即ち此の装置の作用する電流の調整はフューズ線の變化によりて爲さる可く、鐵心 (plunger) を上げたり下げたりする事は何の効果もない。

即ち太いフューズ線を用ふれば此の組み合わせを通じ得る電流及び作用の時間を増加する事が出来る。然しフューズを通る電流はカーレント・トランスフォーマーの二次電流で、之れは變電所でも發電所でも一般に等しいが、一次電流は發電所の方が大きい。即ちカーレント・トランスフォーマーの變流比は一次電流の大小によりて變化する。

依て重要な回線にはトリップ・コイルに並列にフューズを使用する事はよくない。唯電動機制御の配電盤に普通のフューズだけを使用すれば一時的の過負荷にて電路が切られてしまふ様な事を防ぐなどにはよい方法である。

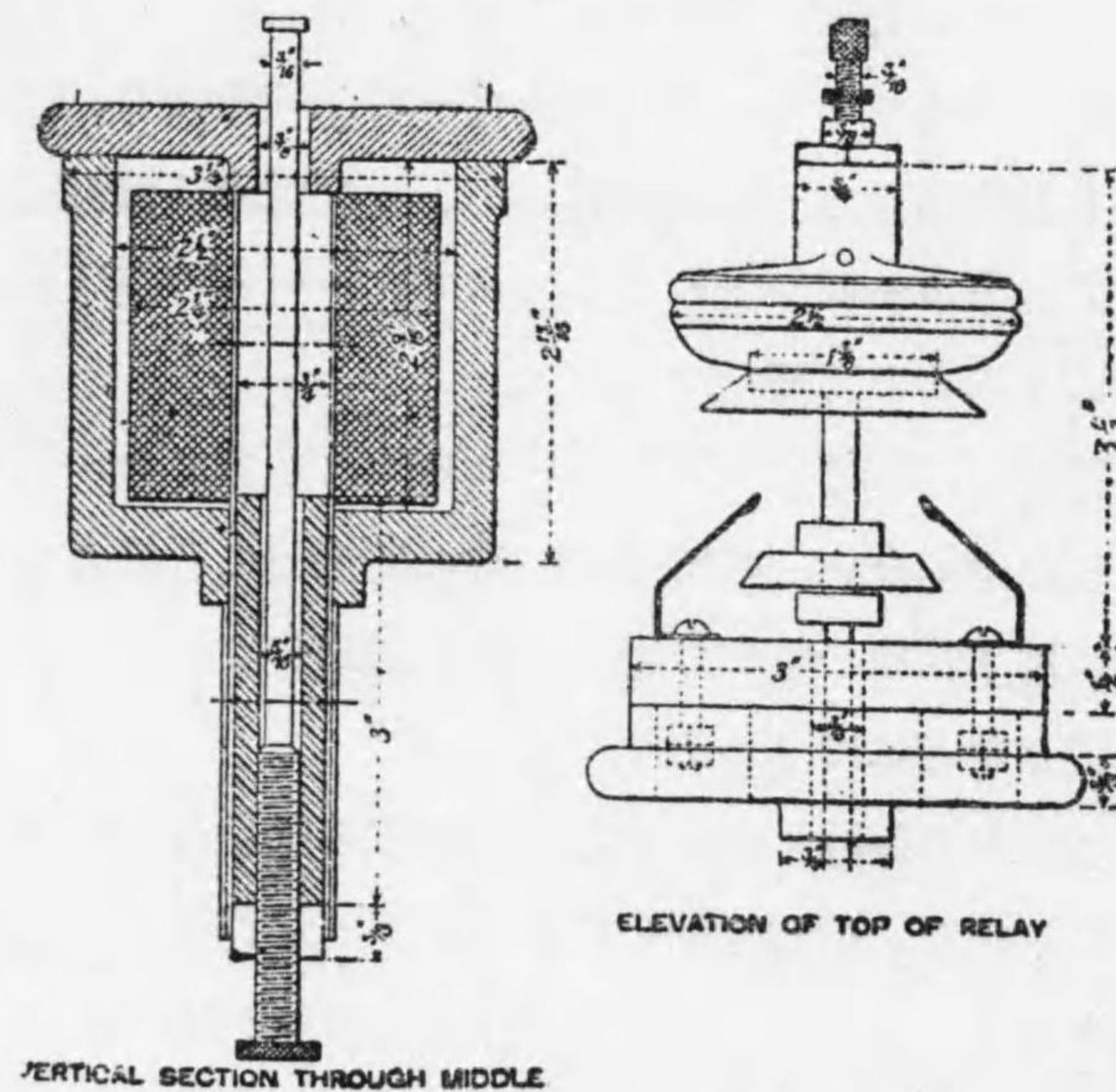
ソレノイドの原理で作られたる交流限時過負荷リレー ソレノイドの原理で、猶豫時間を與ふるリレーを作るに、第一に注意すべきはリレーのセルフ・インダクションを出来るだけ少くする事で、ソレノイド内の鐵心の位置によりリレーのセルフ・インダクションをあまり變化せしめぬ様に設計せねばならぬ。

若し此の注意が行きとゞいて居らなければ鐵心はソレノイド中に浮動しリレーの差別的動作を失ふ可し。

第九十三圖に示せるリレーに就て行ひたる次の如き實驗は明かに之を證してをる。

此のリレーはソレノイドの電流が或る値以上となつた時吸ひ上げられる可動鐵心を有し、此の鐵心は吹鼓に取り付けられ其の上方には小孔及び空氣瓣を有し、其の大小を調整する事により吹鼓内の空氣が鐵心にて押された時放出される（或は引かれた時吸ひ込まれる）割合を加減し、以て鐵心の吸ひ上げらるゝ

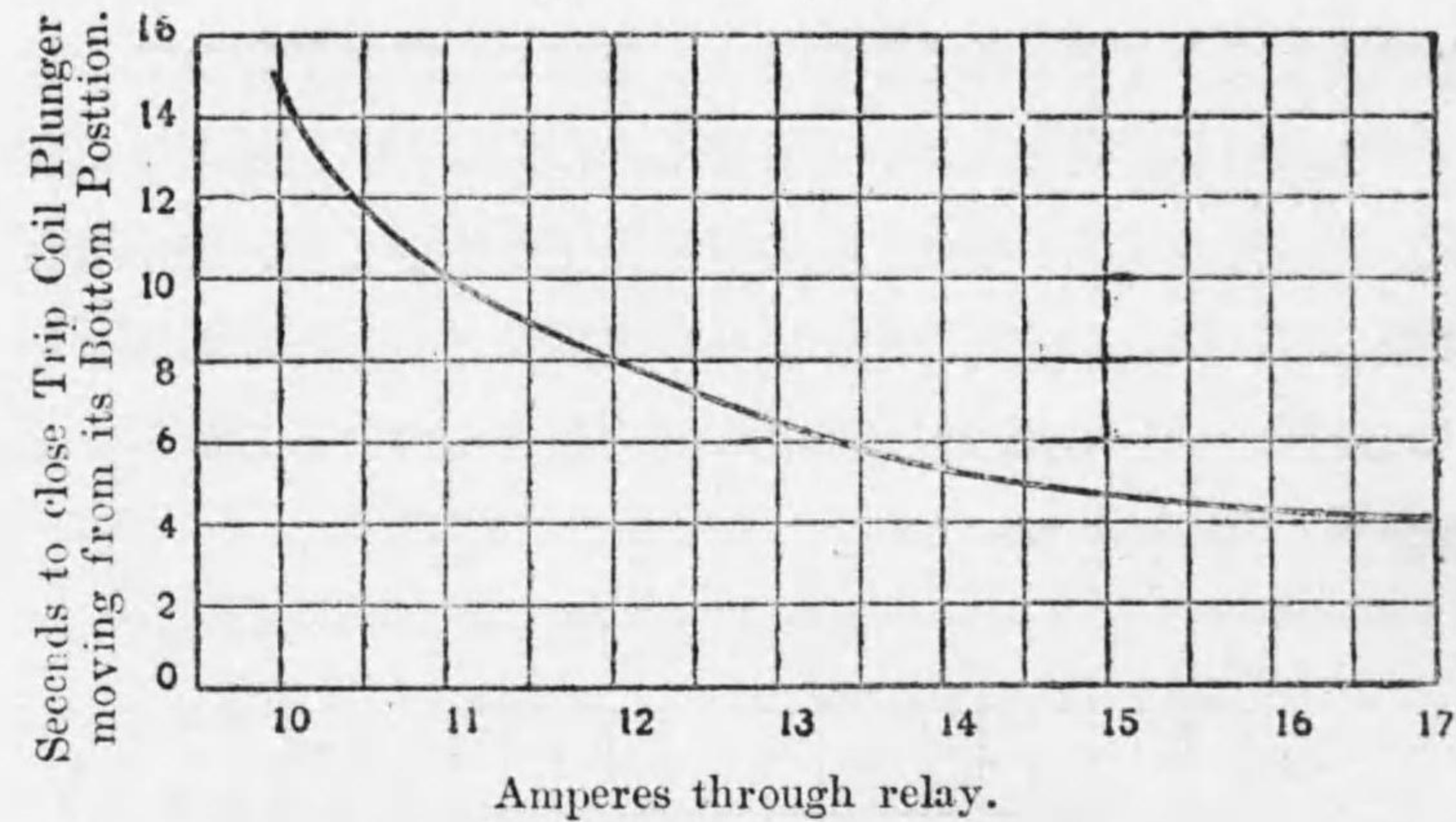
第九十三圖



吹鼓の減速装置を有するソレノイド・リレー餘程のセルフ・インダクタンスを有す。

速度を加減して猶豫時間の大小を得る装置となつて居る。かくて鐵心が或る高さまで吸ひ上げられるとトリップ・コイルの接觸を閉ち主要電路を開放する。第九十四圖はトリップ・コイルの回線を閉づる時間とリレーを通る電流との關係を示す曲線である。

第九十四圖



此のリレーの捲線の回数は凡そ 325 回である。

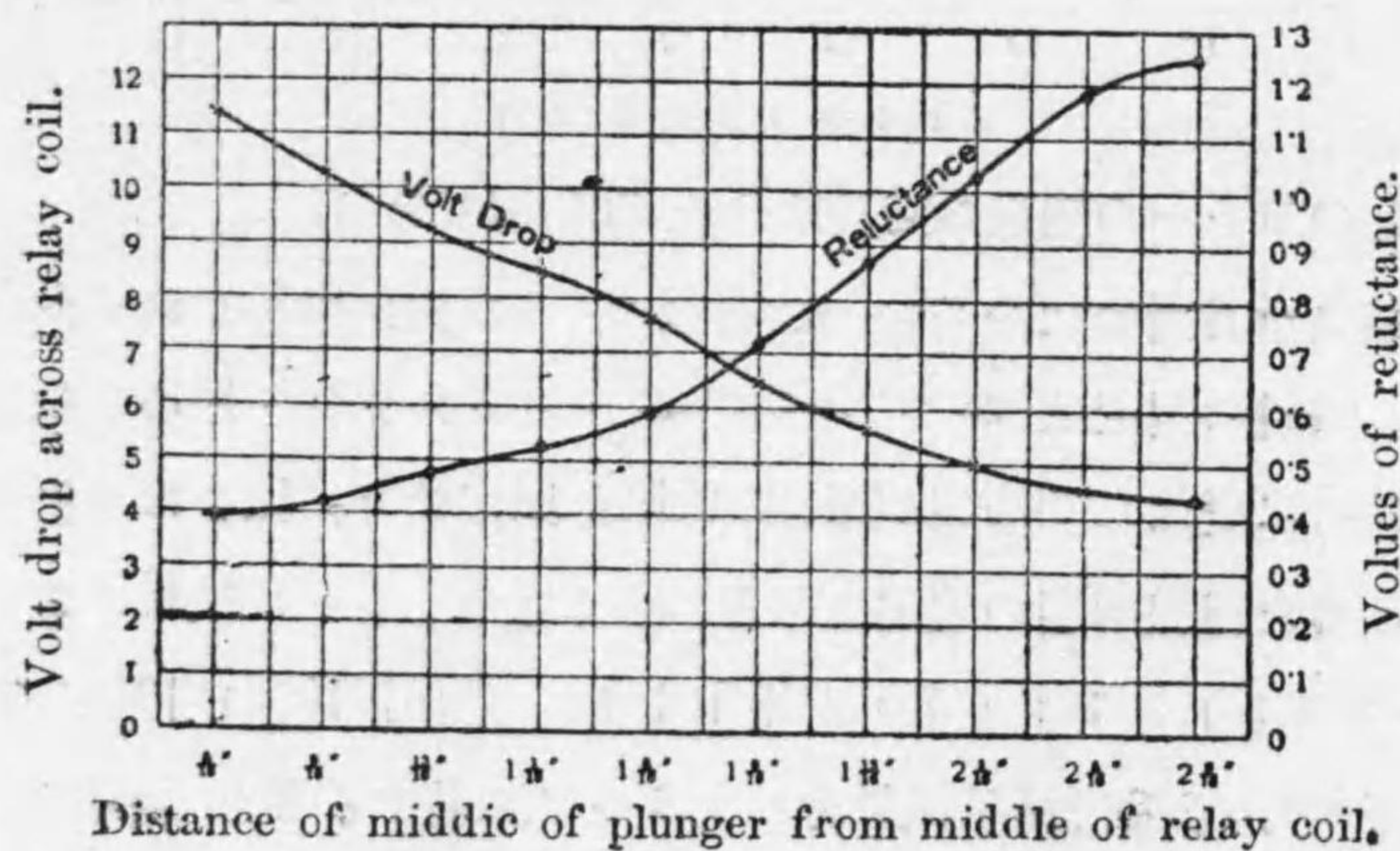
第九十五圖は此のリレーの電壓降下及び磁氣抵抗を示す曲線で、捲線の電流は 10 アンペア 50 サイクルに保ち鐵心の位置を種々に變化して捲線の兩端の電壓を測定せり。鐵心の位置を上げると捲線兩端の電壓は非常に多くなりリレーに吸収さるゝ (ヴォルト) × (アンペア) が増加する。此の試験及び捲線自身の抵抗*から自己誘導係数をヘンリーで算出する事が出来る。之れと捲線の回数とから磁路の磁氣抵抗を計算する事が出来

*直流を通じた場合の抵抗。

る。

鐵心の位置による磁氣抵抗の變化は**第九十五圖**の第二の曲線
 で示され、鐵心が上れば磁氣抵抗は減少する。扱リレーの磁
 力を一定にせば鐵心の吸引力は磁氣抵抗の自乗に逆比例するから、
 若し或る電流がリレーに通リ鐵心が上の方に引き上げられ
 たとすれば鐵心の位置が漸次高まる程之れを其の位置に保つ可
 き電流は減少する。即ち制御される電路の電流が平靜の状態に
 復するも鐵心は落ちずにいつまでも上の方に浮いたまゝで居
 る。若し再び電流が増加し鐵心が全く上り終るとも、其の移動
 は僅少で、吹鼓の減速作用は鐵心の運動がどこから始まるとも
 其の最初の少しの間は減速作用に効力なきものであるから此の
 場合全く限時性を與へない。

第九十五圖



ソレノイド・タイムエレメント・リレー
 の電壓降下及リアクタンス曲

過大の電流により鐵心が引き上げられ未だトリツプ・コイル

の回線を閉ぢない前に電流が元の平靜の状態に復した場合には
 鐵心は落下せずに上方に止まつて居り、次回に再び過負荷が起
 つた降には猶豫時間なく直ちにトリツプ・コイルを閉ぢてしま
 ふ事は實際によく起る事である。

實際の試験結果は下記の通りである。

リレーは 9 アンペア (始動電流) の電流が捲線に通つた時
 トリツプコイルの接觸を閉づる様に調整され鐵心を吸ひ付けた
 後電流を減じても落下せず、7.5 アンペアに減ぜられた時初め
 て接觸が破れ、而も 5.2 アンペア以下に降らなければ鐵心は下
 に落ちなかつた。5.2 アンペアは一次線の凡そ全負荷電流に相
 當して居る。

實際の場合に就て此の事實を考へて見ると、全負荷で働いて
 居る場合に瞬時性の短絡が起り鐵心を引き上げるに充分な電流
 に増加し而も之れに對してトリツプ・コイルの回線を閉づるに
 充分な時間がなく、早くも短絡はやみ又元の全負荷の状態に復
 する様な場合で、鐵心は落下せず上の方に止まり次回の短絡に
 は直ちに作用するから遮斷器は破壊されてしまふ。

従てかゝる種類のリレーは間歇的に過負荷や短絡の起る回線
 の安全装置としては不適であると云ふ事になるのである。

斯様な故障の原因は鐵心の位置により磁氣抵抗が甚だしく變
 化するが爲めである。ソレノイドは殆んど完全な鐵磁路を有
 し、唯中央は空隙があるが之れとても多少は鐵心にて短絡され
 て居る。若し磁束の歸路を與へざれば鐵心の位置が變じても磁
 氣抵抗が減少する事は非常に少くなり鐵心が上の方に浮んで居

る事は稀になる。

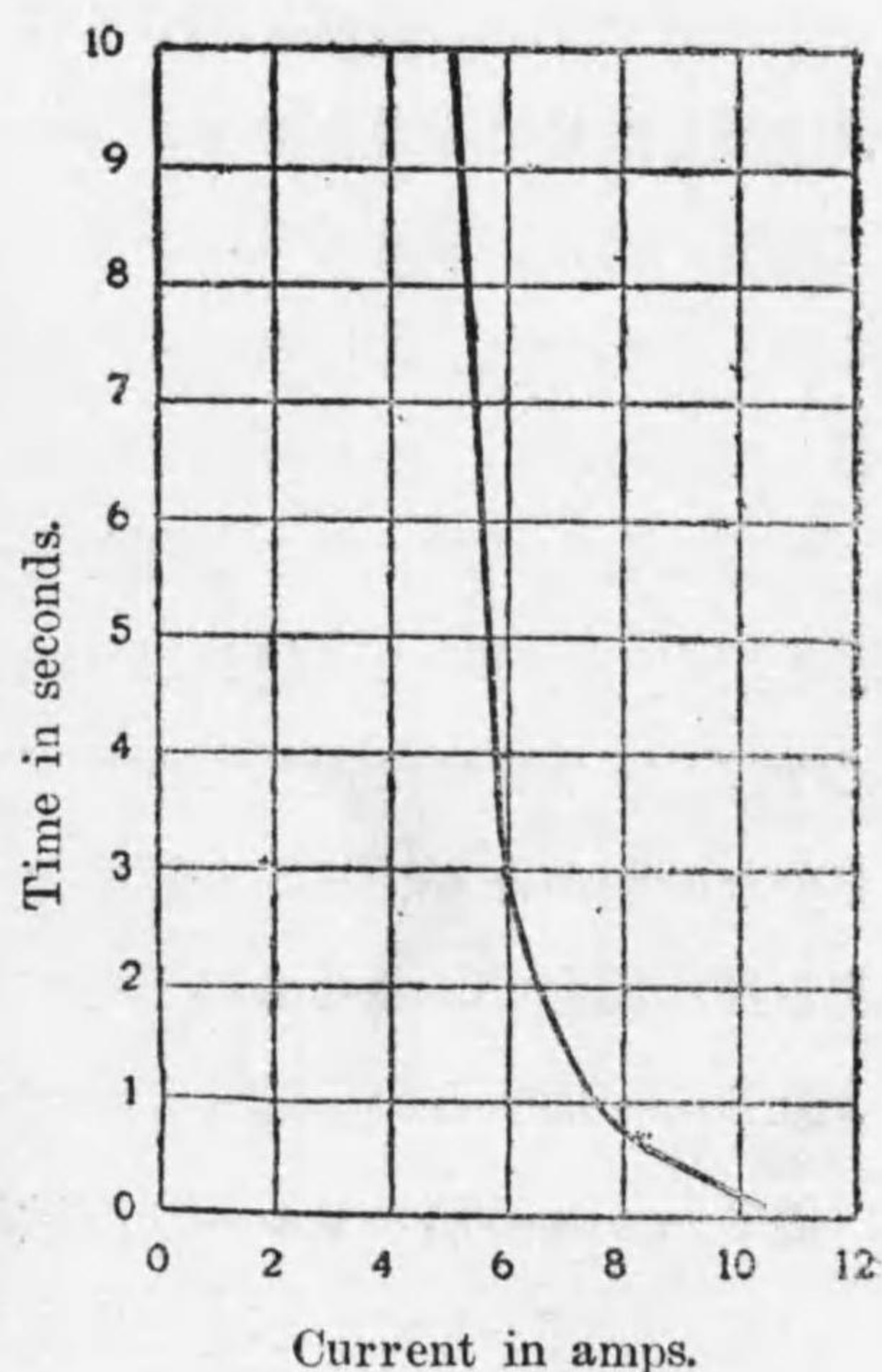
第九十六圖は G.E. 會社で此の理を應用して製造せるリレーで、制動壺 (dashpot) 内のグリセリンの分量を加減して減速時間を調整する。第九十七圖は制動壺中に普通のグリセリンを $\frac{1}{4}$ だけ入れた場合の圖線である。

第九十六圖



マキシマム・タイムエレメント・リレー (G.E. 會社)

第九十七圖



マキシマム・タイムエレメント・リレーの更正曲線 (G.E.)

多相交流リレー

(a) 過負荷リレー 多相交流リレーは一つの可動部が二相又は三相の電流で動かさるゝ様に作られる。

今か様なリレーを三相回線式に使用する場合を考へむ。此の場合には三相の各線の電流で勵磁される三つの捲線を有し 150% の過負荷が 30 秒續いた後に働くものとする。勿論リレーの作用力は各相各 $\frac{1}{3}$ 宛を出すもので、若し T をリレーの作用トルグとせば

$$T = K \left(\frac{3i_1}{2} + \frac{3i_2}{2} + \frac{3i_3}{2} \right) \quad \text{三の平均}$$

但し K は常數

$i_1 = i_2 = i_3 = i$ は各相の全負荷電流

次に各相同時に過負荷が起らず一相にだけ過負荷が起つたとする (接地中性點を有する三相回線式ではか様な過負荷は實際に起り得る事である)。此の一相の過負荷電流で多相電流リレーを作用せしむるのは各相同時に過負荷された場合に此の一相の出す可き力は多くなければならぬ。

而して他の二相の電流は平常の全負荷値に保たれて居れば

$$K(I_1 + i_2 + i_3) = \frac{1}{2} K(i_1 + i_2 + i_3) \quad \text{一相の過負荷}$$

$$\therefore I_1 = \frac{1}{2} i$$

即ち一線だけ過負荷された場合にはリレーを作用せしむるには過負荷は三相が同様に過負荷された場合の 2.5 倍に達しなければならぬ。勿論此の公式は唯比較説明に止まるもので、トルクとリレーの電流との關係は一層複雑なるは論を待たず。然し多相交流リレーを使用した場合には非常に大なる過荷電流が一相にあつても電路を遮斷せず過されると云ふ事を明かに示して居る。従て多相リレーは成る可く使用せず三線式、四線式

に對しては各單極のリレーを二個、三個使用するを可とす。

(b) 多相逆電流リレー 逆電流リレーに於ても多相リレーは過負荷リレーと同様な缺點がある。例へば一相に逆電流が起り 15% の時作用するとせば悪い状態で等期を企てた場合の如く各相同時に逆電流を生じた時には僅か 5% でリレーを作用せしむべし。又リレーを作用せしむるには各相同時に 15% の逆電流を要すとせば一相のみに起りたる場合には之れより一層多くの逆電流を起さなければリレーを作用せしむるに至らず。

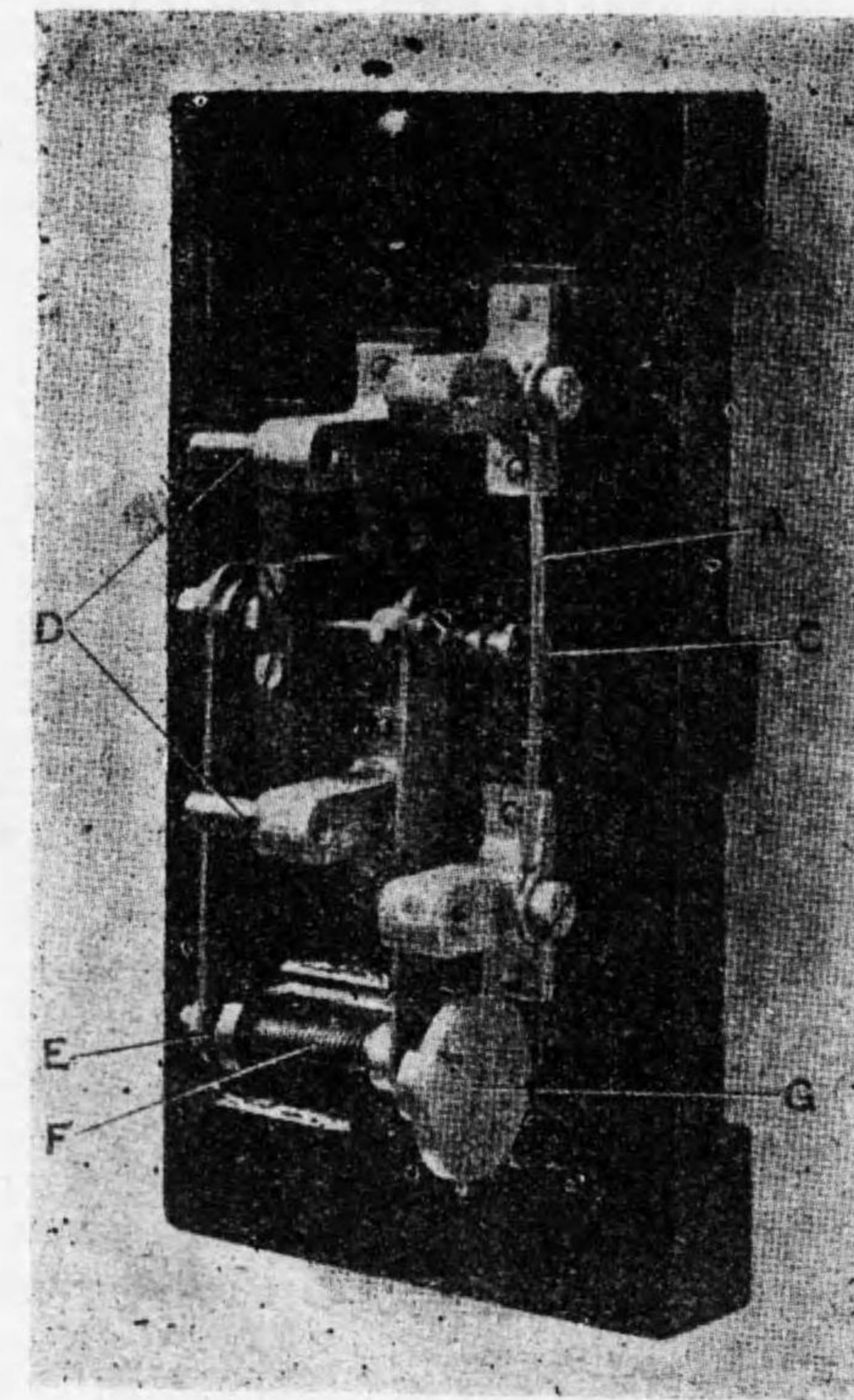
或る場合には一相にのみ逆電流が生ぜば他の平常の状態にある相の反対方向の電流の爲め中和されリレーの作用を中止せしめる事がある。依て完全な保護には單極のリレーを二個又は三個使用する方がよい。

電熱型逆時過負荷リレー 第九十八圖は Everett, Edgumbe & Co. で製造する電熱型過負荷リレーの内部で其の作用は下の如し。

圖に於て A なる抵抗線はカーレント・トランスフォーマーの二次線に結ばれ、平常の状態では C は下に保たれ、リツプコイルの接觸 DD を開いて居る。C の腕の他端は E の軸に篋まり F の彈條にて C を上に壓す。依て A が熱せられて C を緩めれば C は F の力にて飛び上り DD を接觸す。G は目盛盤なり。リレーは箱の外部に出された押鈕を押し再び元の状態に直して置かねばならぬ。

第九十九圖は K. Edgumbe が此のリレーに就て行つた試験成績である (Electrical Review. July 28th, 1911)。

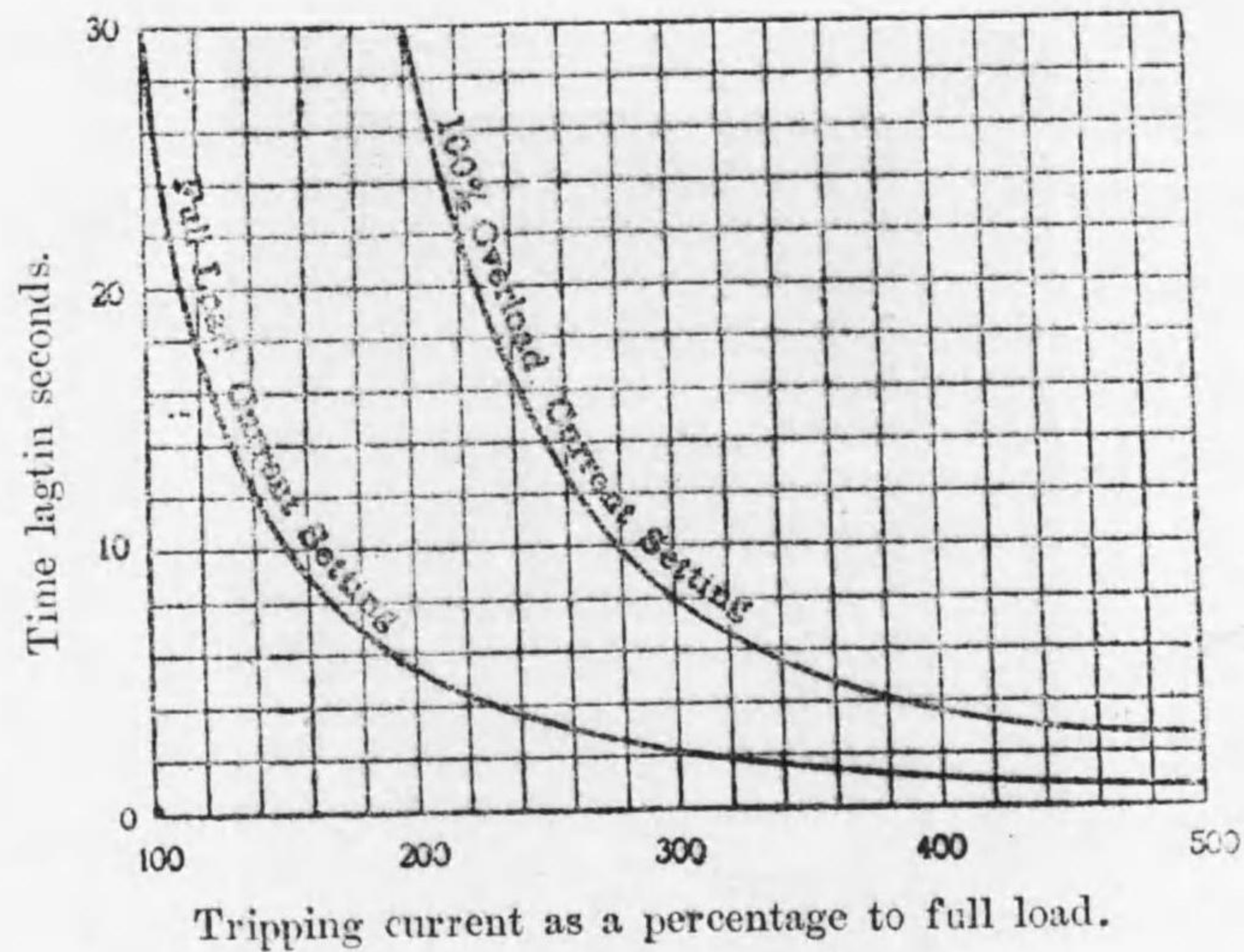
第九十八圖



電熱型逆過電流リレーの内部

此の兩曲線では過大の過負荷でも互に合する事はない。此の點の重要な事は已に述べた通りである。然し作用電流と時間とを別々に調整する事は出来ない。従て此のリレーはフューズ線を取り替へる手数はないと云ふものゝ差別動作の點に於てはトリツプ・コイルにフューズを並列に使用したものと大差はないのである。

第九十九圖



前圖の更正曲線

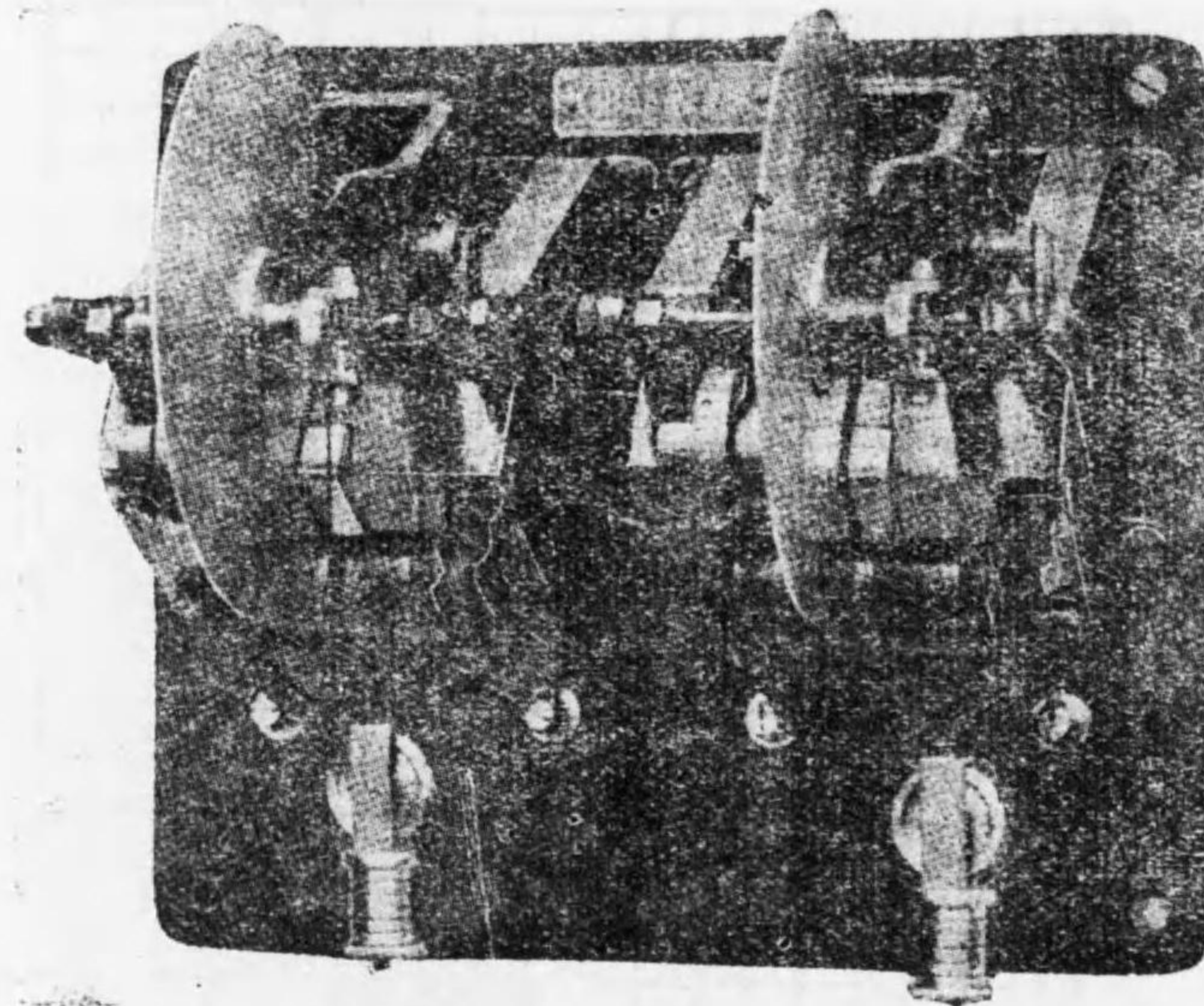
誘導型限時過負荷リレー

Brown Boveri & Co. の逆時過負荷リレー

Brown Boveri & Co. は誘導式のリレーを最初に作った会社で、其の構造は第百圖に示す如く圓板が廻轉して或る吊された重りを捲き上げて行く様になつて居り、作用の電流は此の重さの大きさを變化して調整される。又磁石を動かし空隙を變じて作用の電流を調整す。著者の考では重さを變ずる方法の方が簡單でよいと思ふ。

廻轉軸は捻子山の刻せられて居る筒を有し重りを吊る糸は之れに捲き付けられる。之れは糸が混亂し又は重り合つて捲き付けられのを防ぐ爲めである。吊糸は此の筒から重りの附せられ

第百圖



ブラウン・ボベリ會社マキシマム・インパース・タイムエレメント・リレー

た滑車を通り他端は框の一部に固定され、多少時間を變じ得る爲め茲にも少し捲き付けられて居る。

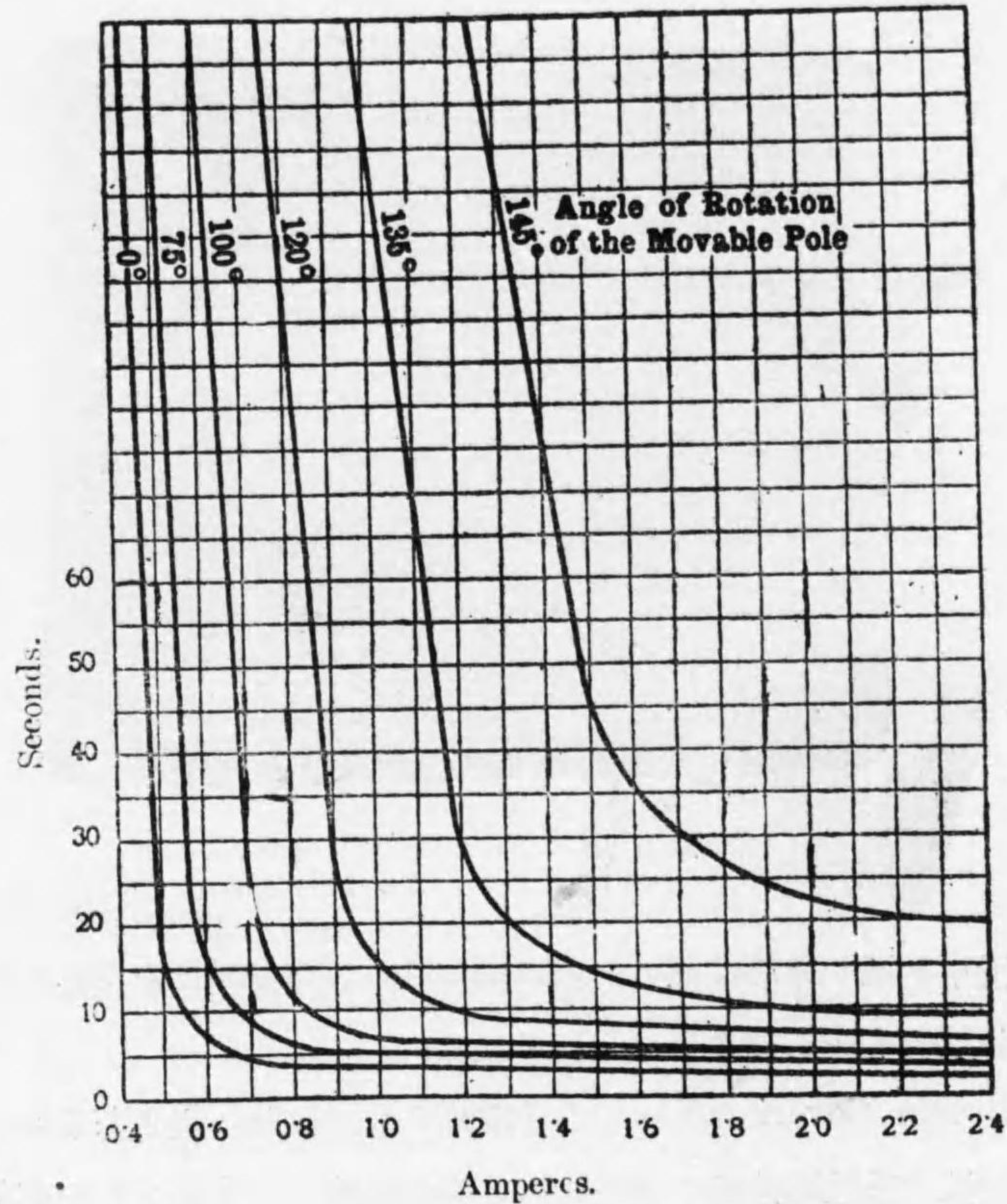
Brown Boveri & Co. の逆電流リレーは此の過負荷リレーと同様で唯電流捲線の並列捲線を有し限時性を省略せる點が異つて居る。

第百一圖は可動磁極の種々の位置に於ける電流と猶豫時間との關係を示すもので(重りを吊る糸は最も長く保たる)製造者の發表せる曲線である。

實際には斯様に永い時間を用ふる事はない。

Everett-Edgecumbe 過負荷リレー

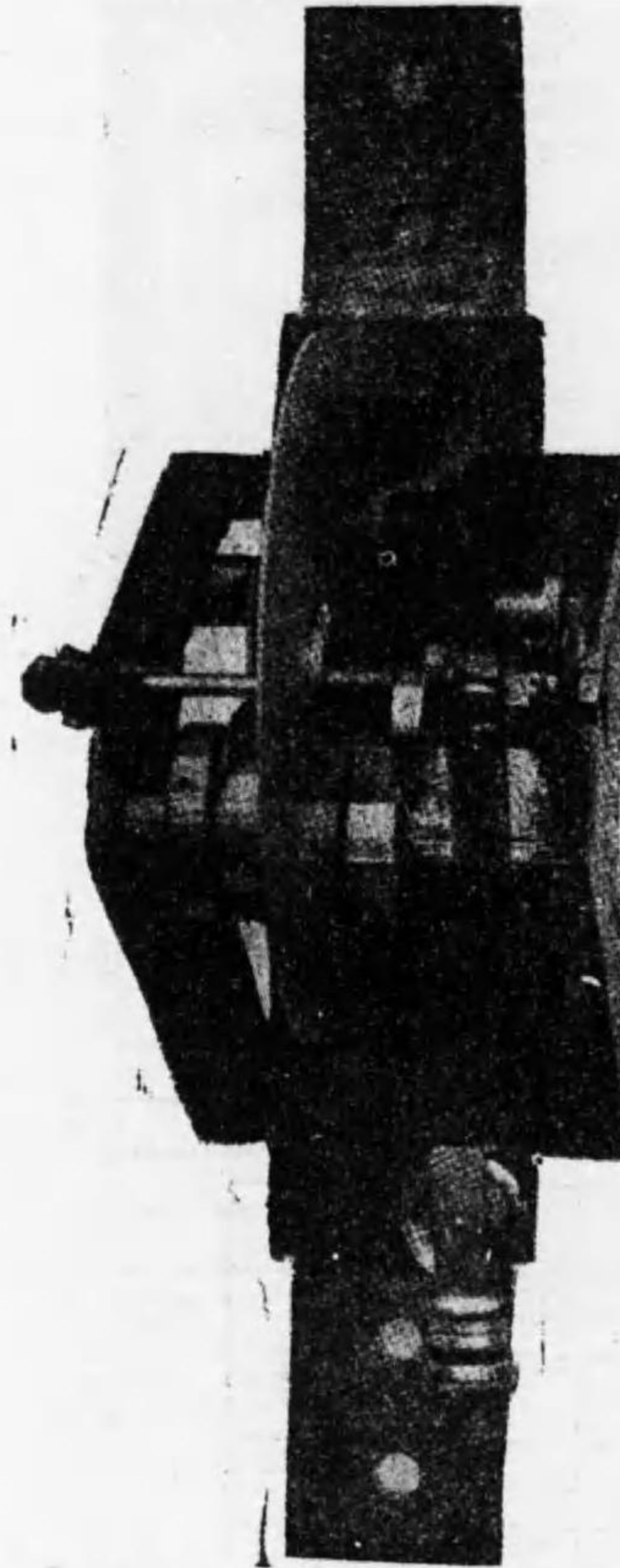
第 百 一 圖



前圖の更正曲線

第百三圖は此のリレーで誘導作用で働くものなり。此のリレーは非常に簡便な調整法を採れり。電流の調整は指示腕に吊られた平衡重量の位置を變じ時間は函の下部外面に出でたる捻子を上下して調整される。此の捻子を捻れば指示腕は上下され依てトリップ・コイルの回線が閉ぢらるゝ前に捲き付く可き絲の

第 百 二 圖



大銅片に取附くべきブラオン.
ボペリー會社リレー

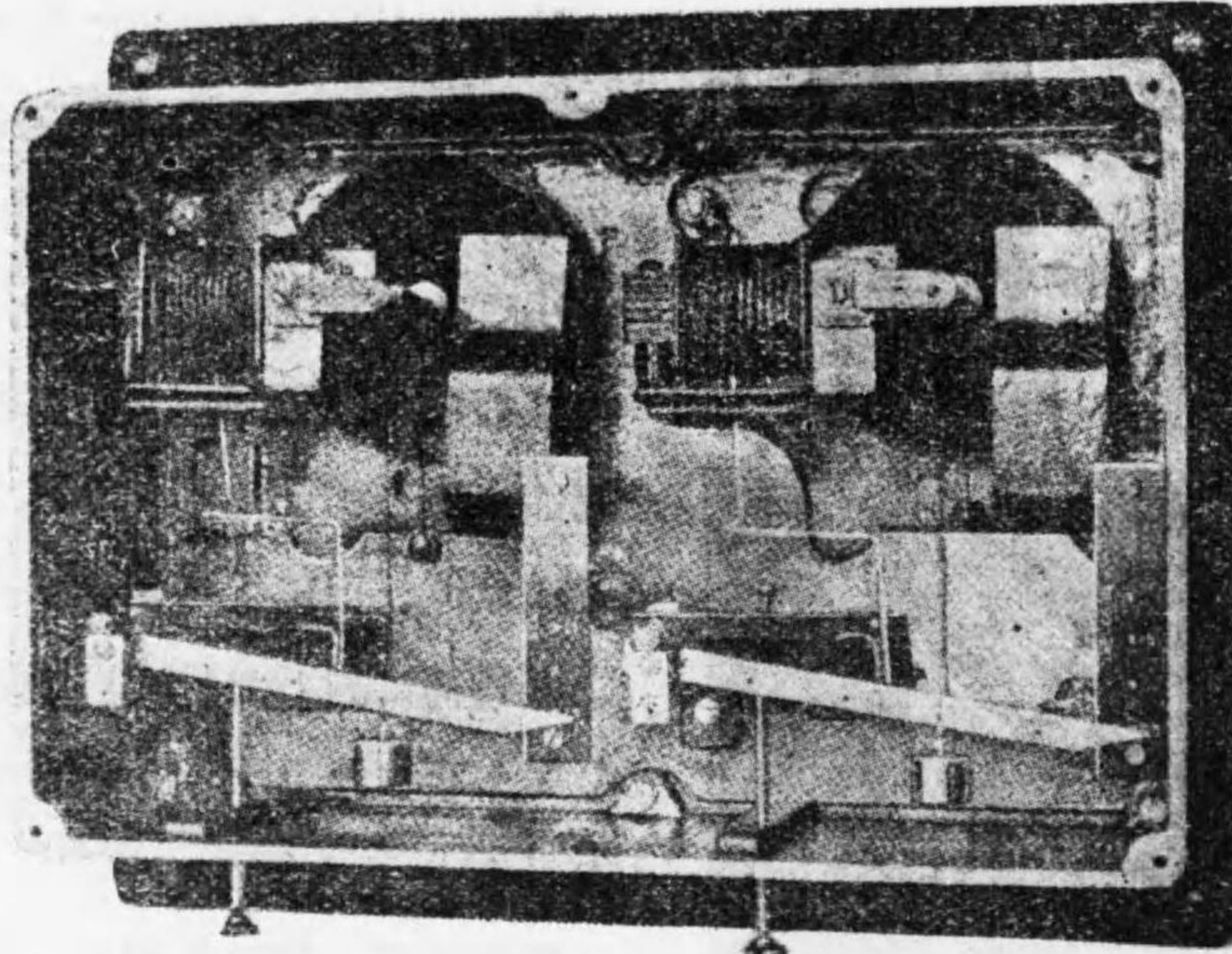
長さが伸縮される。

Ferranti Co. の初めに作つた型ではこの距離は常に一定で永久磁石の位置を變じたが、此の方法は非常な過負荷の際には圓板は等期速度で廻轉し最少の時間は調整の如何にかゝらず一定になり、己に述べた様に非常な過負荷に對しては差別的動作を失ふ事になり大害を醸成するに至る。

第百四圖、第百五圖は Everett-Edgcumbe Co. のリレーより取つた曲線で、之等は最少の時間は殆んど水平線となり、決して基線に交り又は互に交らざるを示す。極めて短時間内でも第百五圖に示す如く正しい曲線が得らるるのは注意する可き點である。

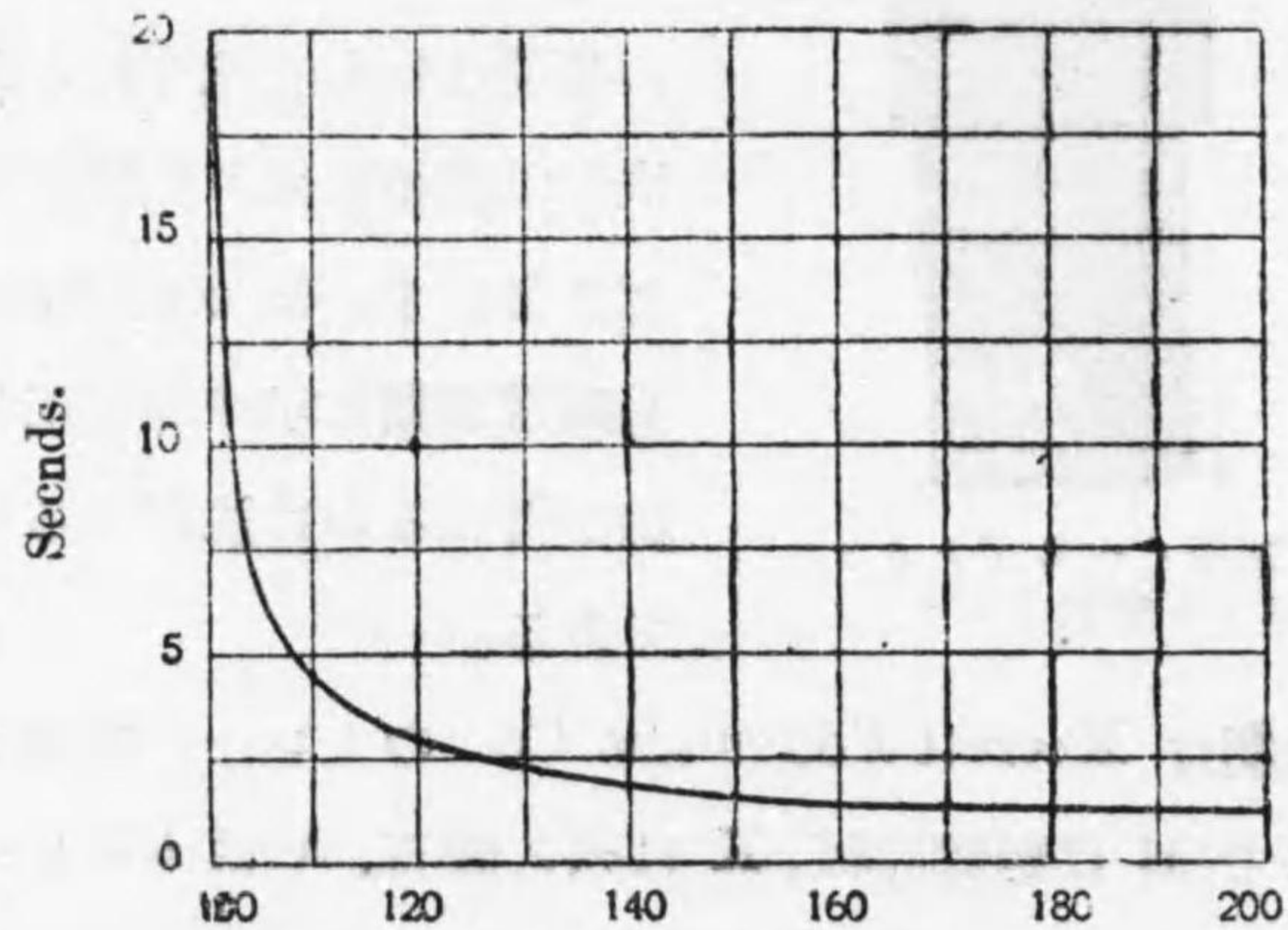
第百六圖は Everett-Edgcumbe Co. のリレーの作用を圖示せるもので B は廻轉圓板、K は永久磁石、A はカーレントトランスフォーマーの二次線に結ばれた電磁石でシェーディングボール*を有す。

第 百 三 圖



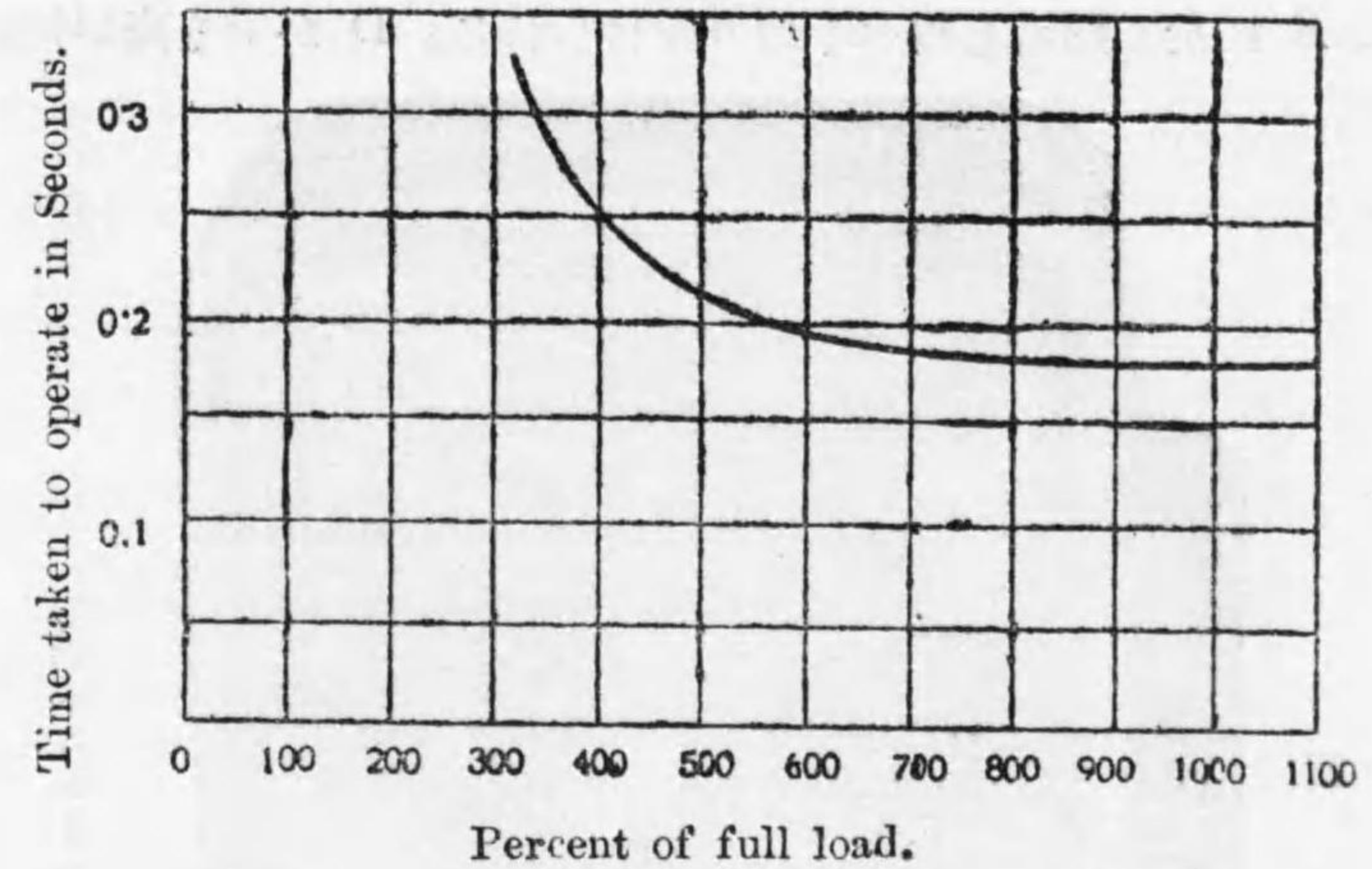
エバレット会社逆時誘導型リレー

第 百 四 圖



Percentage overload.
誘導型過負荷リレーの更正(エバレット会社)

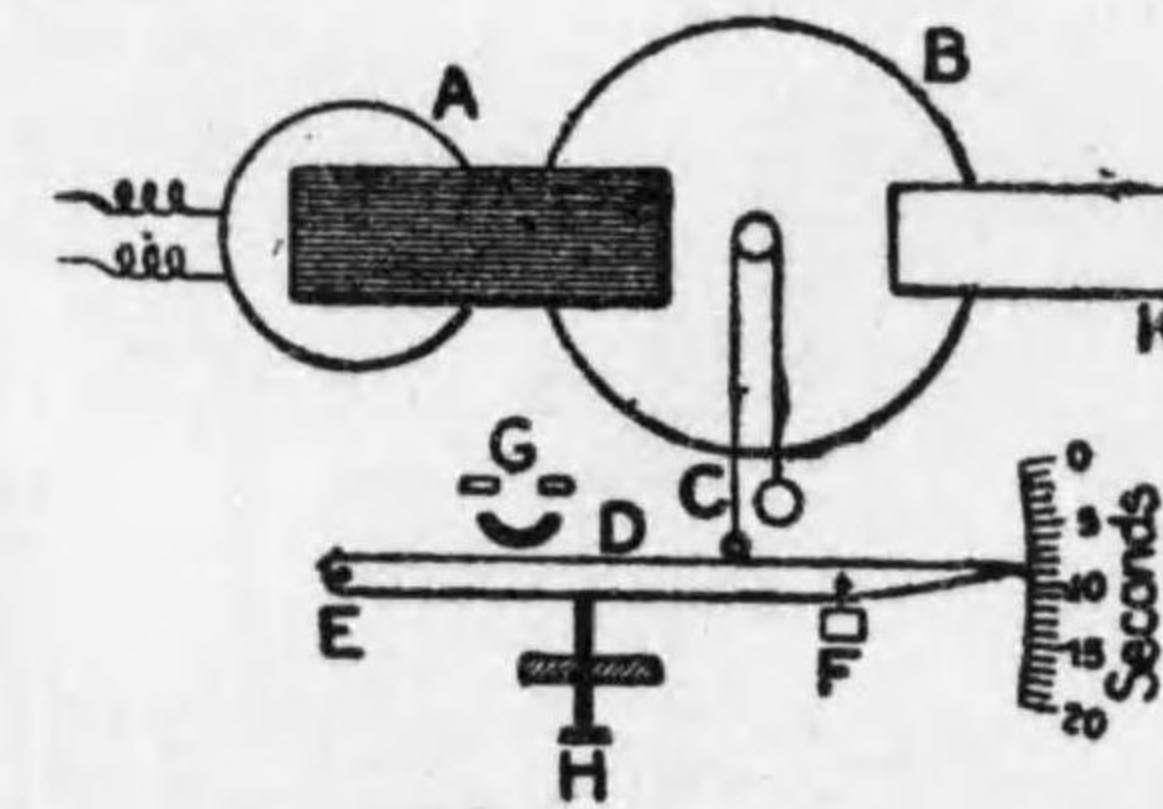
第 百 五 圖



誘導型過負荷リレーの更正

normal setting 5 A=100% Time setting=0.5 sel. 50 サイクル

第 百 六 圖

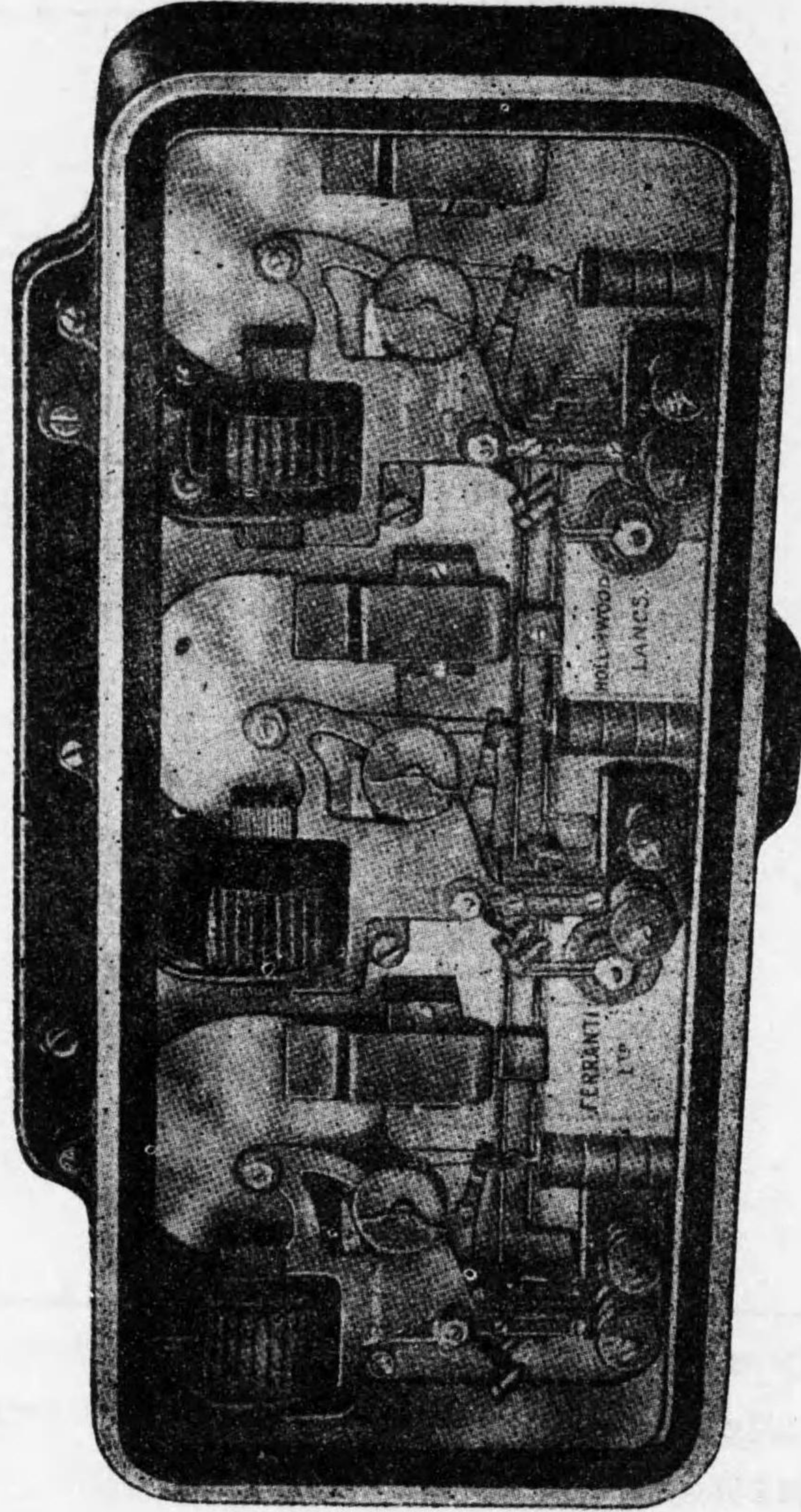


エバレット逆時リレーの働作

【註】* 単相交流回線の電磁石は電流の變化につれて吸引力が變化するから眞の磁極の一部には短絡銅環を嵌め誘導作用によりて此の部分に多相交流の作用を呈せしめ磁力を平均す。

B が廻轉すれば C の糸を捲き C は D の腕に結ばれ、D は E に於て廻轉し得べく取り付けられる。D が最も高い位置

第 百 七 圖

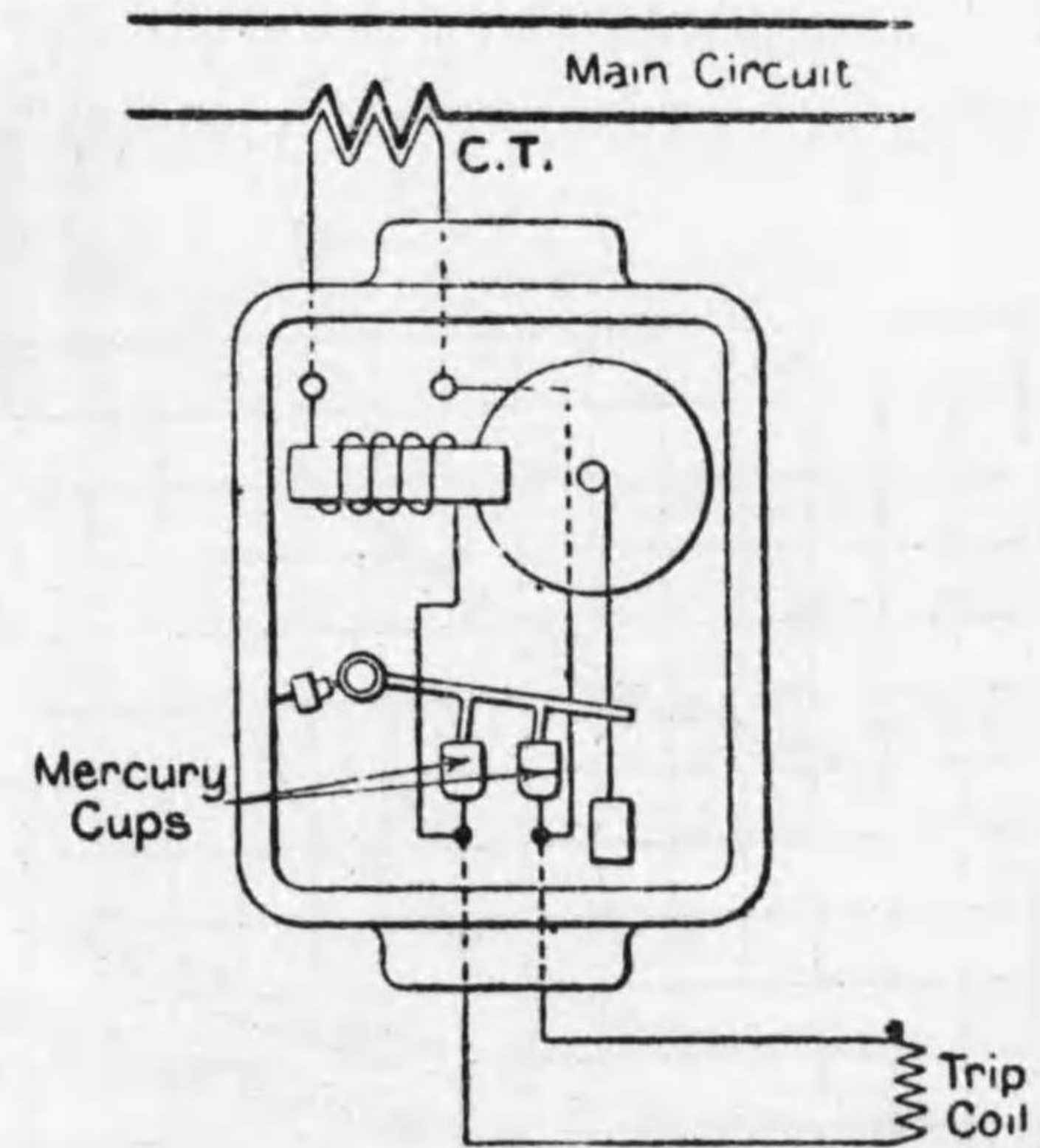


三極過負荷タイムエレメントリレー(フェラランチ會社)

に在る時 G の接觸が閉ぢられ遮斷器が働く。F の位置によりて電流を、H の捻子によりて時間を調整する。

Farranti Co. のリレー Ferranti Co. では第百七圖及び第百八圖に示す様な二種のリレーを作る。第百七圖のリレーは直流回線用で第百八圖は交流回線に使用されリレーを動かすカーレントランスフォーマーでトリップ・コイルをも動かす。これは平常はトリップ・コイルの接觸を短絡し置きトリップ・コイルの方には電流が通らぬ様にし、過負荷の際接觸を開きトリップ・コイルに電流を送りて遮斷器を働かすものである。

第 百 八 圖



交流用過負荷タイムエレメントリレーの働作

電流の衝動により一定の時間を経ない内にトリップ・コイルの短絡接觸を破る様な危険を防ぐ構造としなければならぬ。此

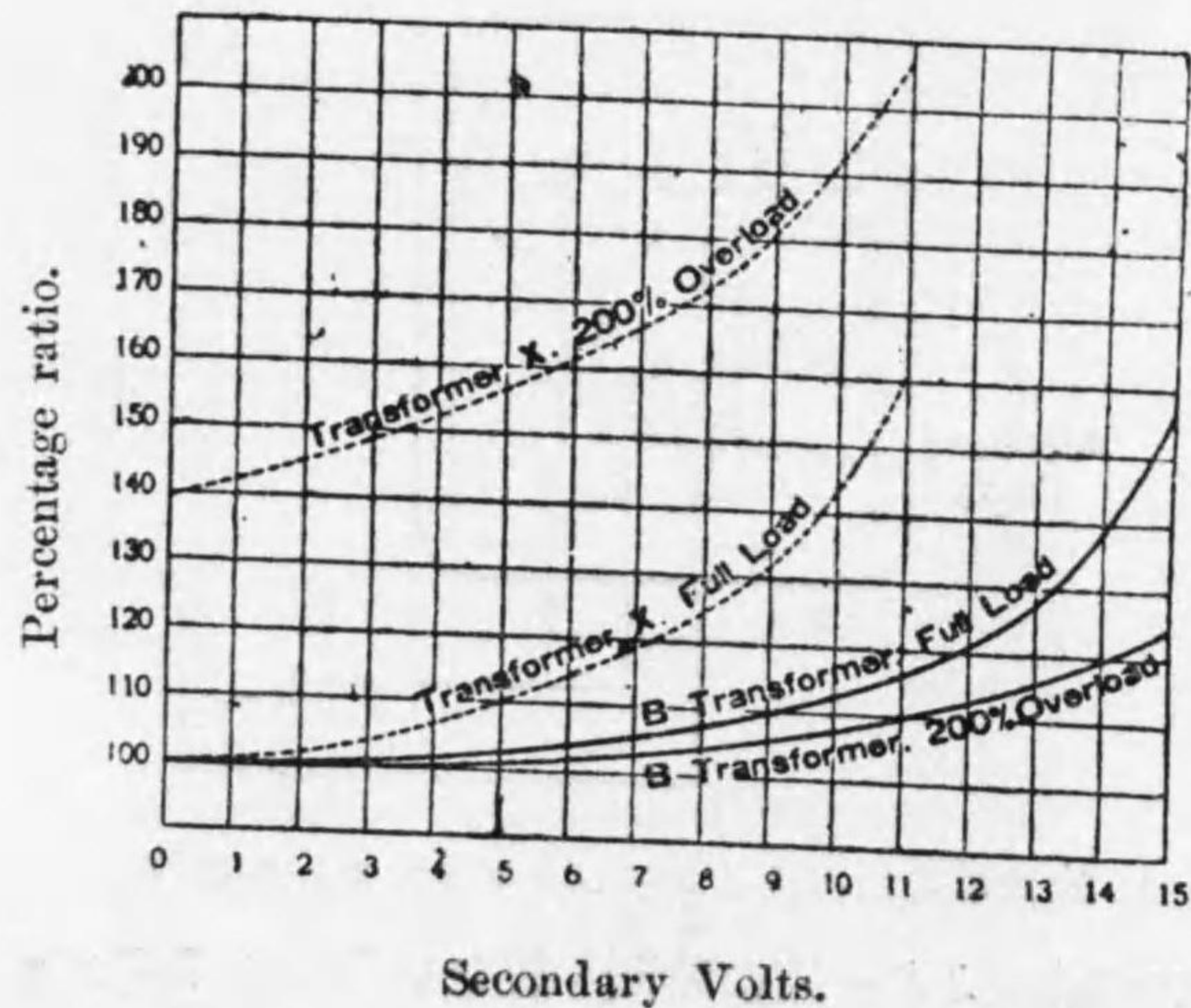
の装置は次節に述ぶる如き平常水銀壺を短絡しておる短捲片の附近に歸線を置き短絡片に生せる反撥力を中和すればよい。

過負荷リレー用カーレント トランスフォーマー

カーレント・トランスフォーマーは第七章に於て詳述す可く、茲では單に過負荷により電流の變化するを述べむ。

第百九圖の曲線は常規全負荷に於て二次回線の出力が 10 アムペア 5 ヴォルトなるカーレント・トランスフォーマーより得たるもので、B なるカーレント・トランスフォーマーはリレー用として特に設計されたもので 200% の過負即ち全負荷電流

第 百 九 圖



全負荷及び 200% 負荷に於てリレーに要する變流比の變化

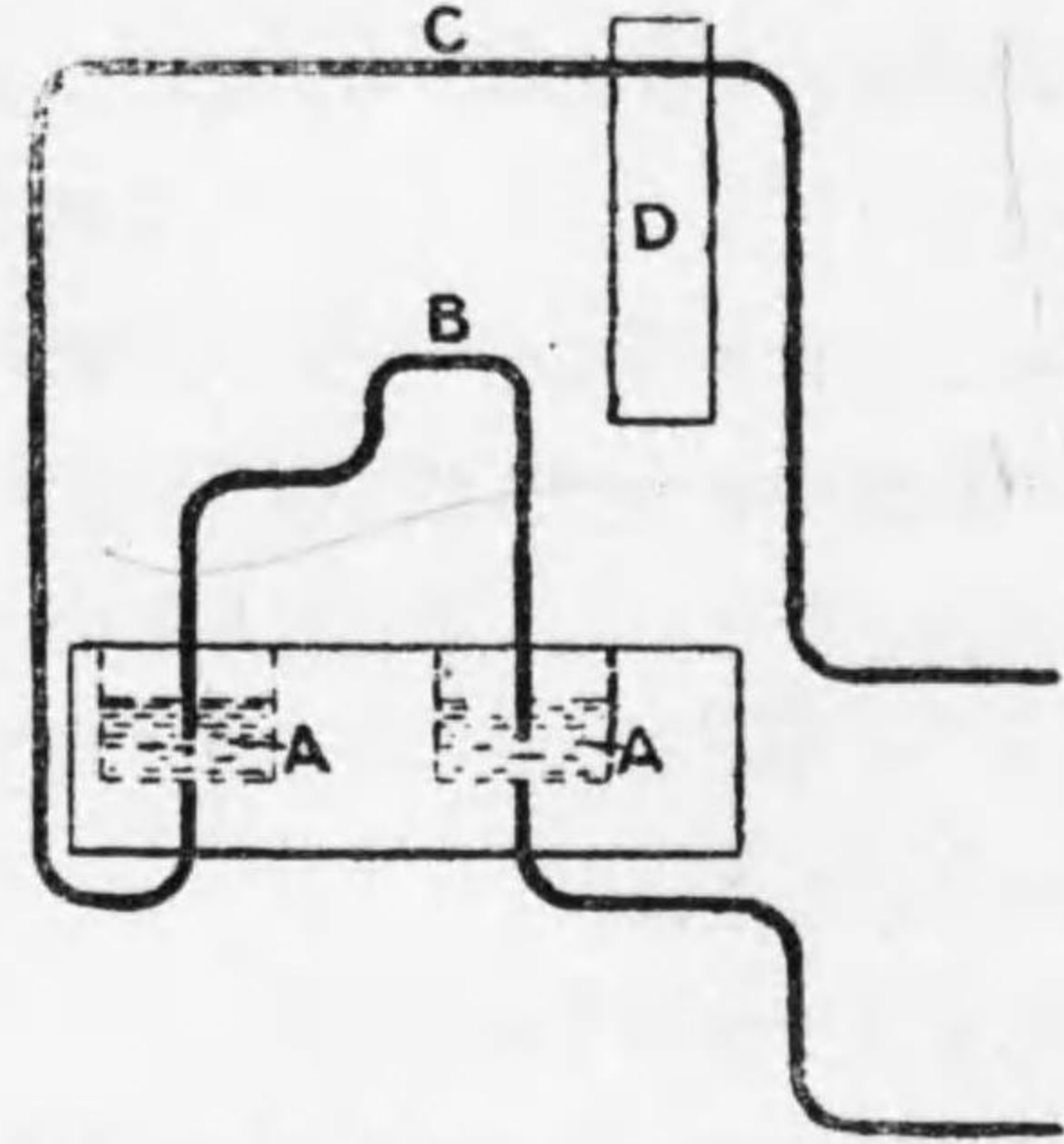
の 3 倍の電流に於ても變流比はあまり變化しない。然るに X なるカーレント・トランスフォーマーは餘程の漏洩磁束を有し 200% の過負荷に於ては四五十パーセントも變化する。依て斯様なカーレント・トランスフォーマーを使用せばリレー自身の差別的動作は充分確實であつても此の組み合せたもの全體とした過負荷の際不確實となるから、差別動作を要するリレーに使用するカーレント・トランスフォーマーを撰擇するには此の點に充分注意を拂はねばならぬ。

過負荷リレーのトリップコイルの勵磁

トリップ・コイルの勵磁は出来るならばいつでも他の獨立した直流回線から取るを良しとす。交流逆電流リレーの場合には其の交流發電機自身の勵磁機より直流は取らぬ方がよい——故障の場合には勵磁機は作用に必要な電壓を與へざる可きを以て。過負荷リレーのトリップ・コイルは往々母線より勵磁さるゝ事があるが、出来得べくんば之れは止めた方がよい。交流トリップ・コイルの最もよい方法は第百十圖に示せるもので、之れはトリップ・コイルは平常はリレーの接觸により短絡されて居る。或る過負荷が起つた時此の短絡は取り去られカーレント・トランスフォーマーの二次電流がトリップ・コイルに流れて行く従て此の目的に供するカーレント・トランスフォーマーは充分容量を有して居らねばならぬ。

第百八圖に示した方法のリレーの設計に注意す可き點は、急激な過負荷の際電磁反撥力によりリレーの猶豫時間を経過しない内に短絡片を水銀槽から切りはなす點で、之れは第百十圖の

第百十圖



短絡に際しリレーの瞬時動作を防ぐ装置

様にすれば避けられる。

圖に於て B は水銀槽 AA に浸され之を短絡する導體で、C は之れと反対方向に電流を送り B の電磁力を中和す。D は軟鐵片で此の作用を調整するに用ひられ急激に過大な過負荷が起つても B が電磁力で取り去らるゝを容易に防ぐ事が出来る。

自動遮断器の遮断機構に直接に取り付けたる限時装置

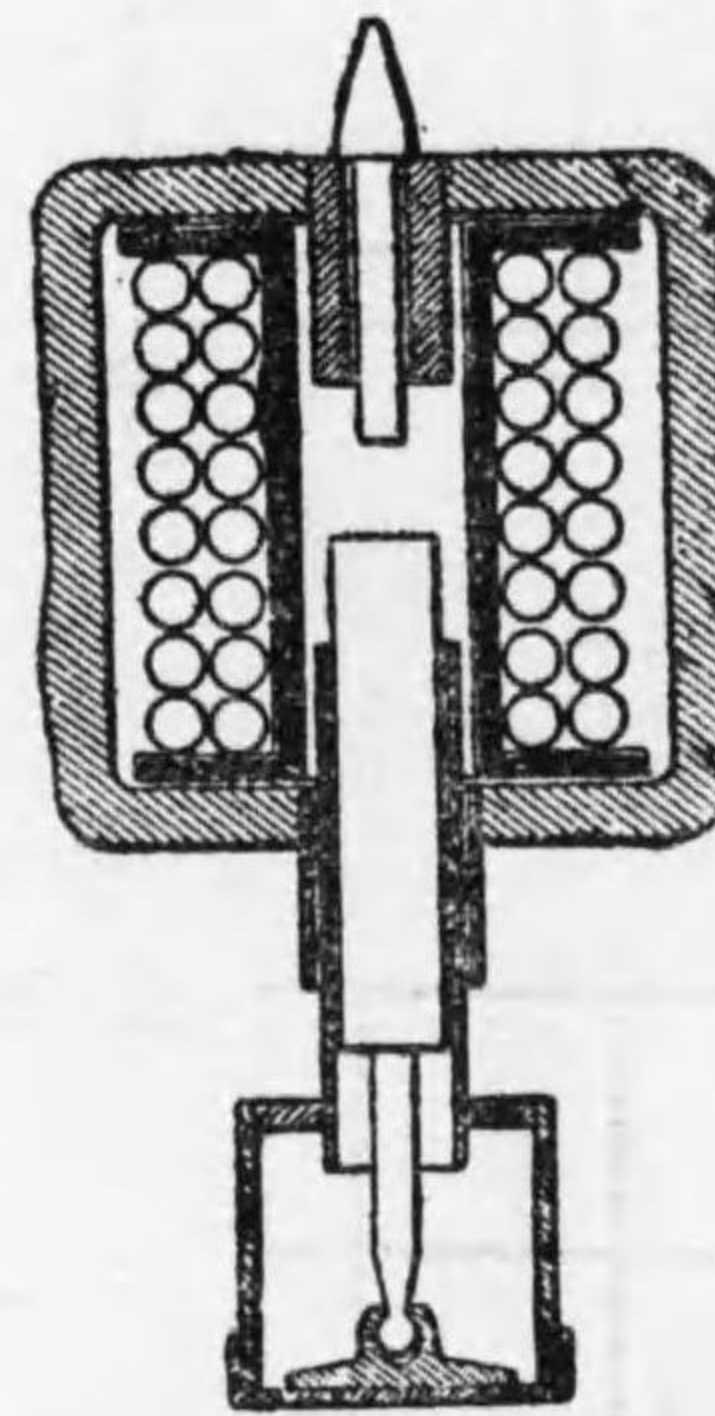
經濟的に自動遮断器に逆時動作の性質を與ふる方法は、其の遮断機構の可動部分に或る減速装置を附し或る時間中過負荷に耐えしむる様可動部の運動を後らかすにあり。此の機構には一般に制動壺又は吸盤が用ひられ、之等は別々のリレーを使用し

た場合の様非常に精密な調整をなす事は出来ないが簡單で低廉であるから電動機用開閉器などには適當なものである。

Statter の限時装置

J.G. Statter 氏の限時装置は以上述べた装置の内最も成功せるものの一で、之れは第百十一圖に示す如く單に金屬製の吸盤を遮断用ソレノイドの鐵心下端に付けたもので、此の盤の接觸部の離間される時間は過負荷の爲に逆比例して居る。

第百十一圖



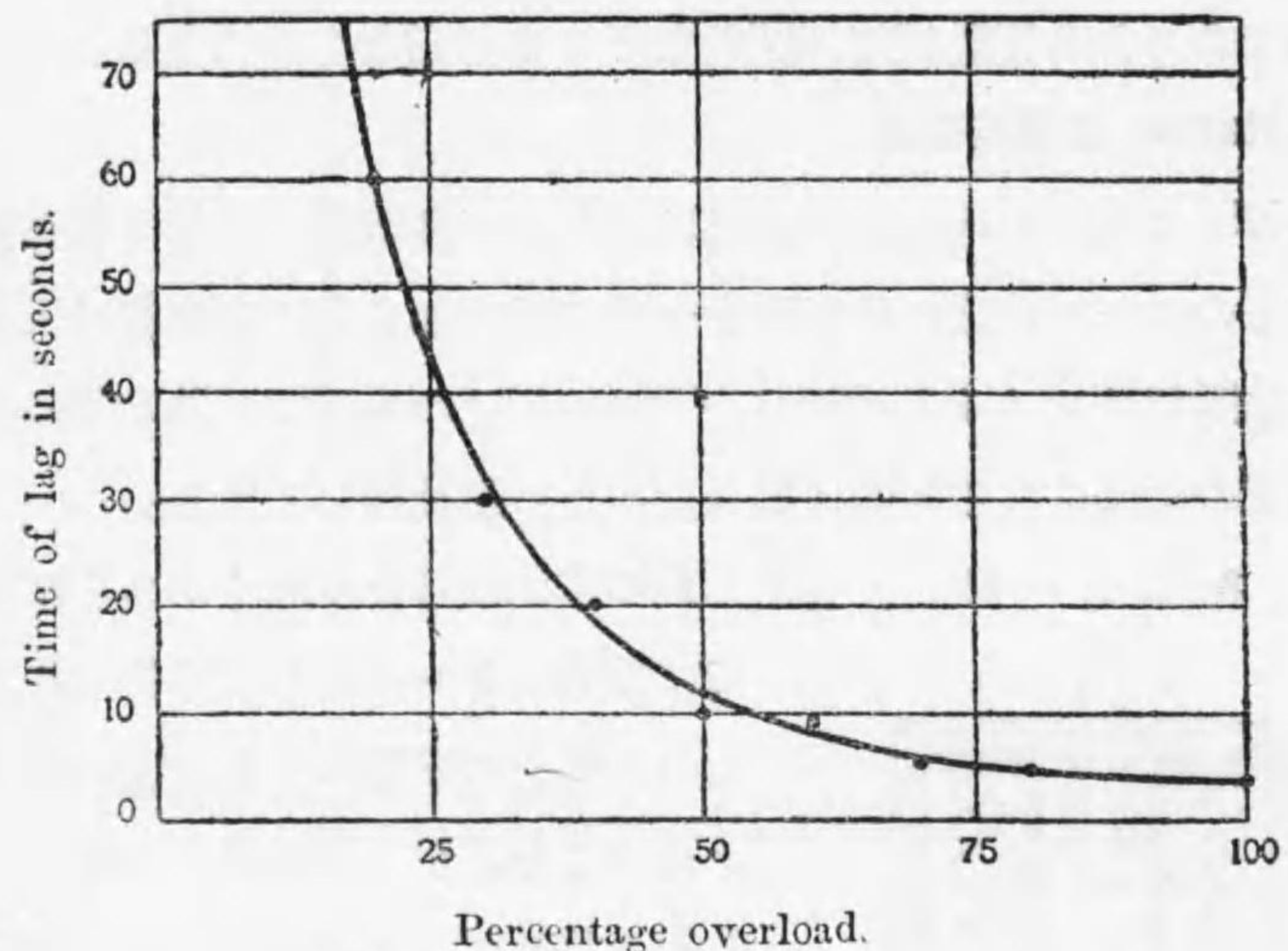
トリップ用ソレノイドに附せるスタッター氏 time-lag 装置

此の方法は可なり廣く用ひられ今では獨立のリレーとしても作られて居る。吸盤の状態により目盛の差異を生ずるを防ぎ又は結果を一様ならしむる爲め第百十五圖に示した様に吸盤は圓錐筒形をなす事多し。製造家の説によれば之れにより第百十二圖に示す曲線の様な特性とも、又は第百十三圖の如き特性ともなす事が出来る。

第百十三圖に於ては大なる過負荷に於ては限時性がなくなつてしまひ、此の結果を得る爲めには第百十

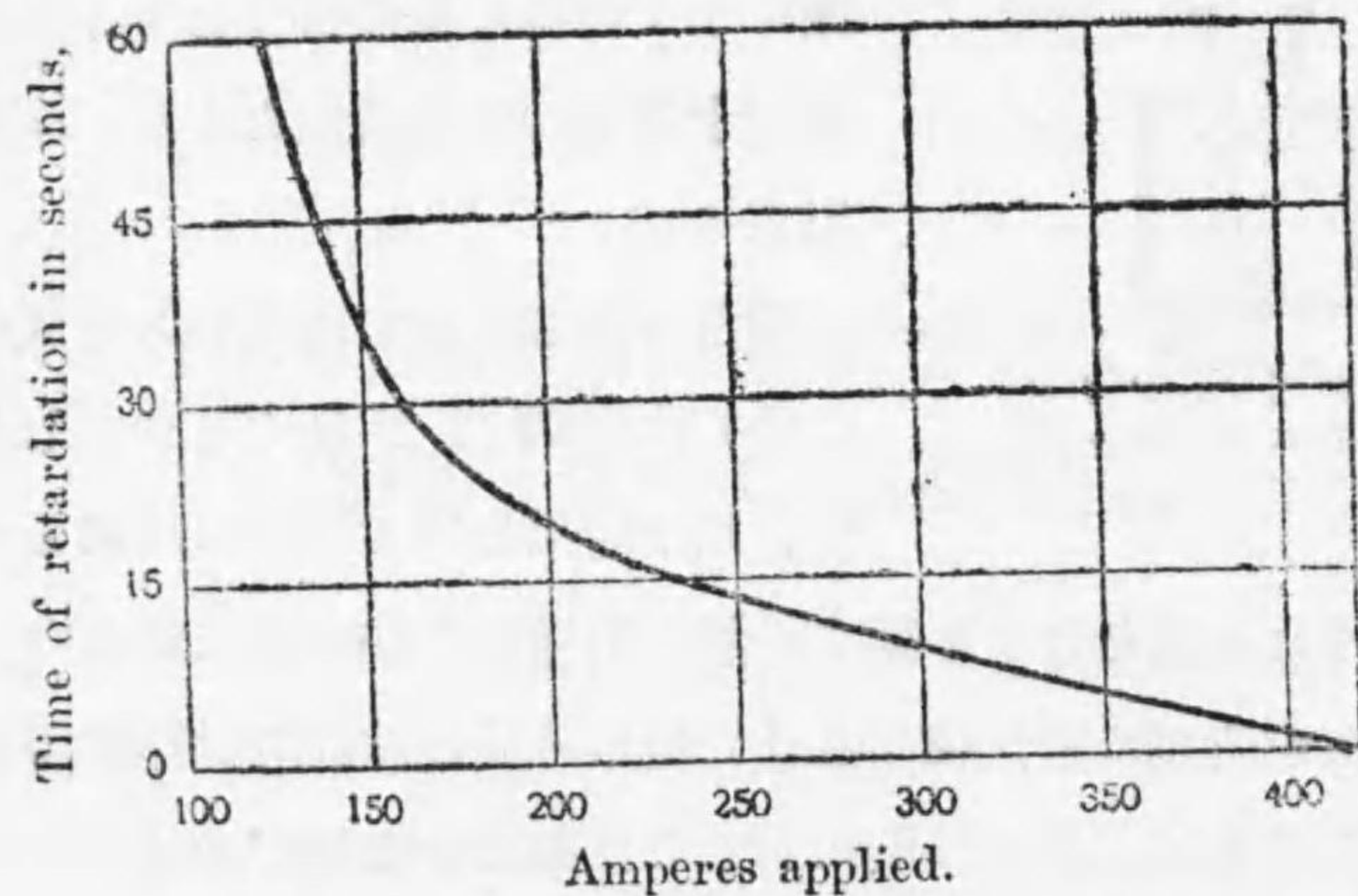
四圖の様な構造をなすを要す。然し斯様な方法は已に述べた様に遮断器が直列に數個使用されて居る時其の差別的動作を得るは不適當である。此の目的に對しては第百十二圖の曲線の如き特性を有するを要す。

第一百十二圖



スタッター氏 time lag 装置の更正

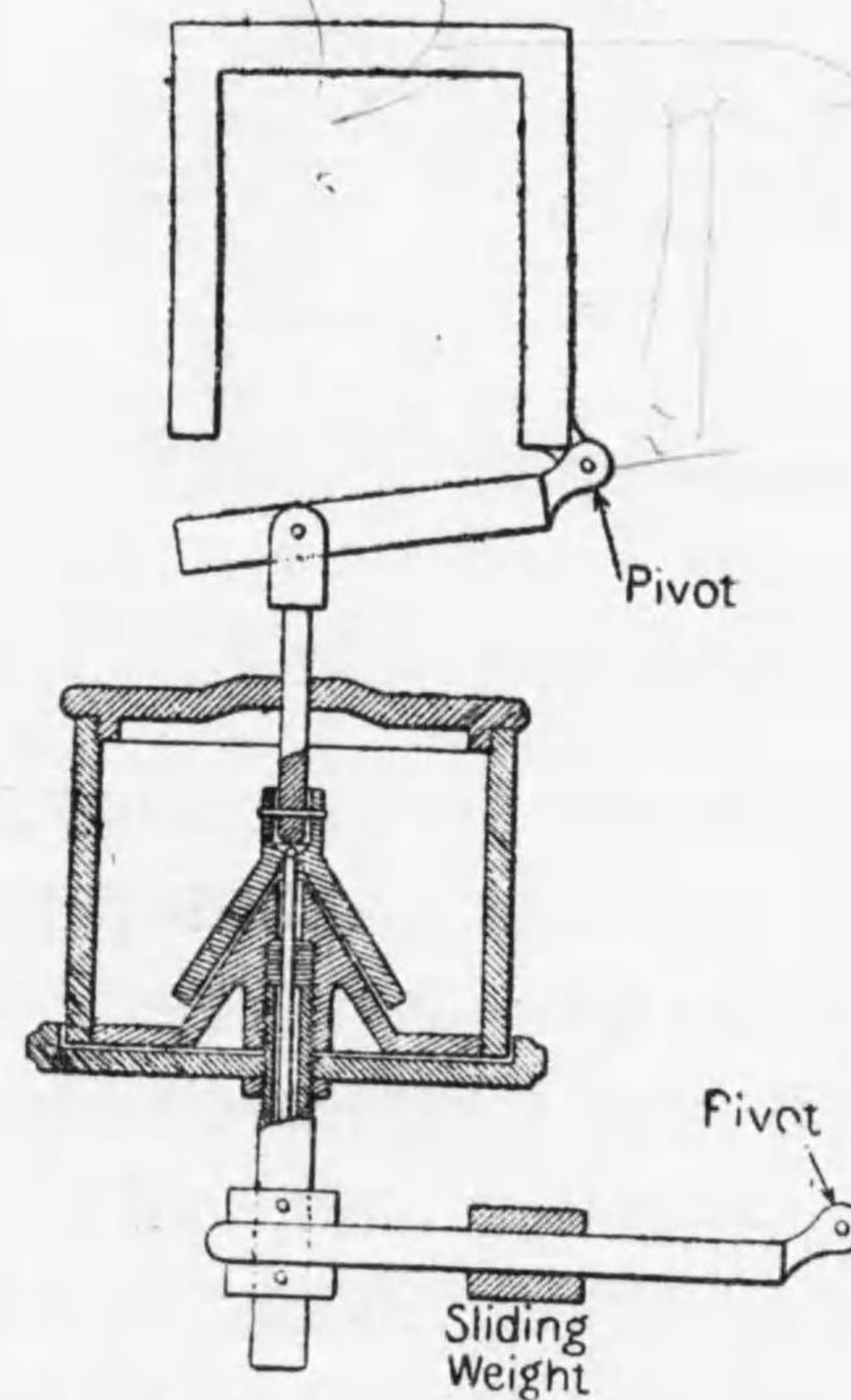
第一百十三圖



スタッター(長音符)式遮断器の更正(標準100 amp)

Statter の限時装置の主要なる點は遮断機構の運動が一定の時間を経過するまで制止され、此の時間を経過するや直ちに瞬間的に動作するにあり。依て鐵心は強く遮断機構を打つ事が出来、且つ一定の時間を経なければ働かないのであるから過負荷は已に過ぎ去つても惰力で鐵心が上り電路を遮断する等の危険はない。

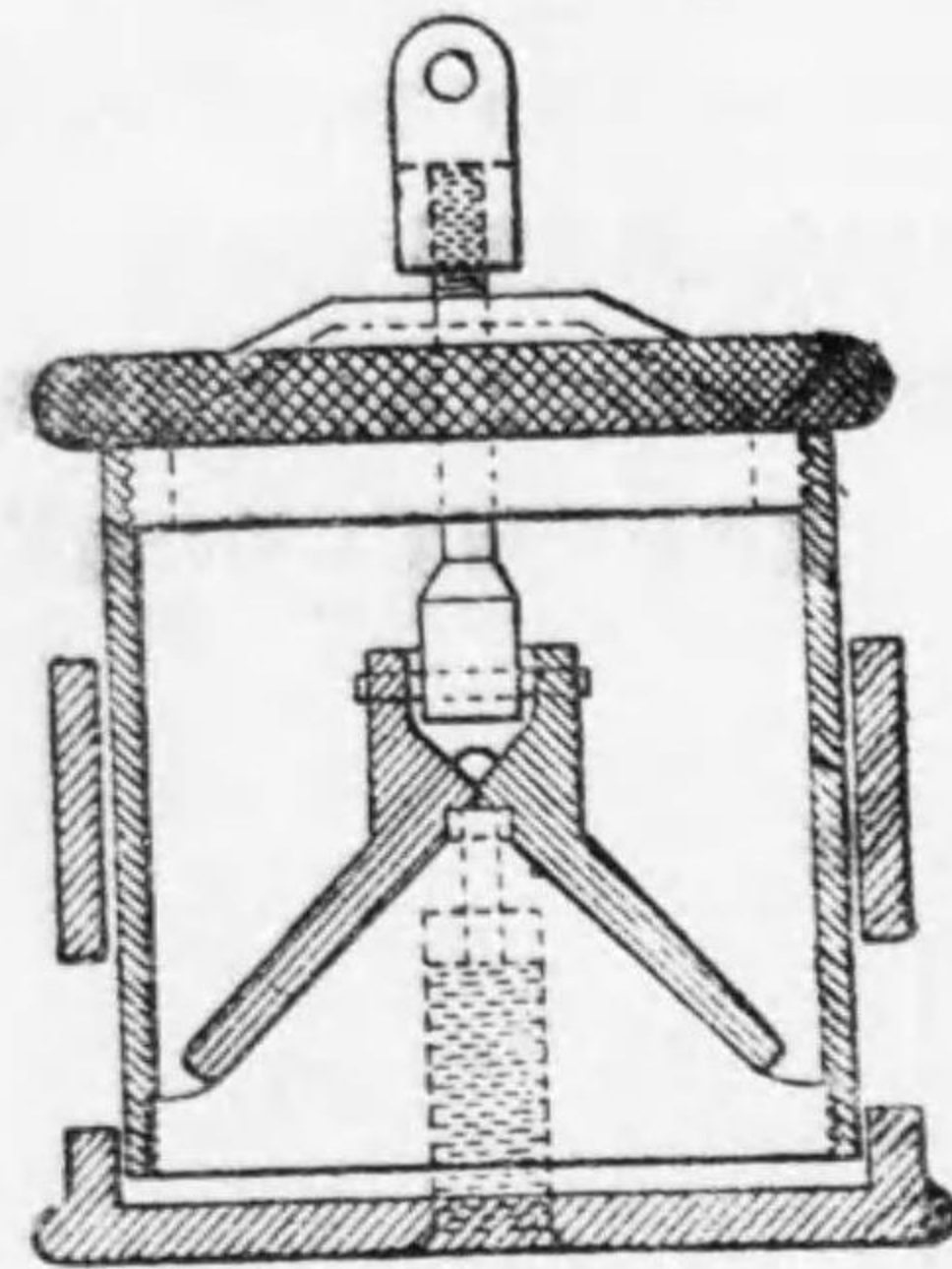
第一百十四圖



大過負荷にて即時に働かすべきスタッター(長音符)式装置

Statter の限時装置は尙電流及び時間を別々に調整するリレ

第百十五圖



スタッター氏コー形吸引器

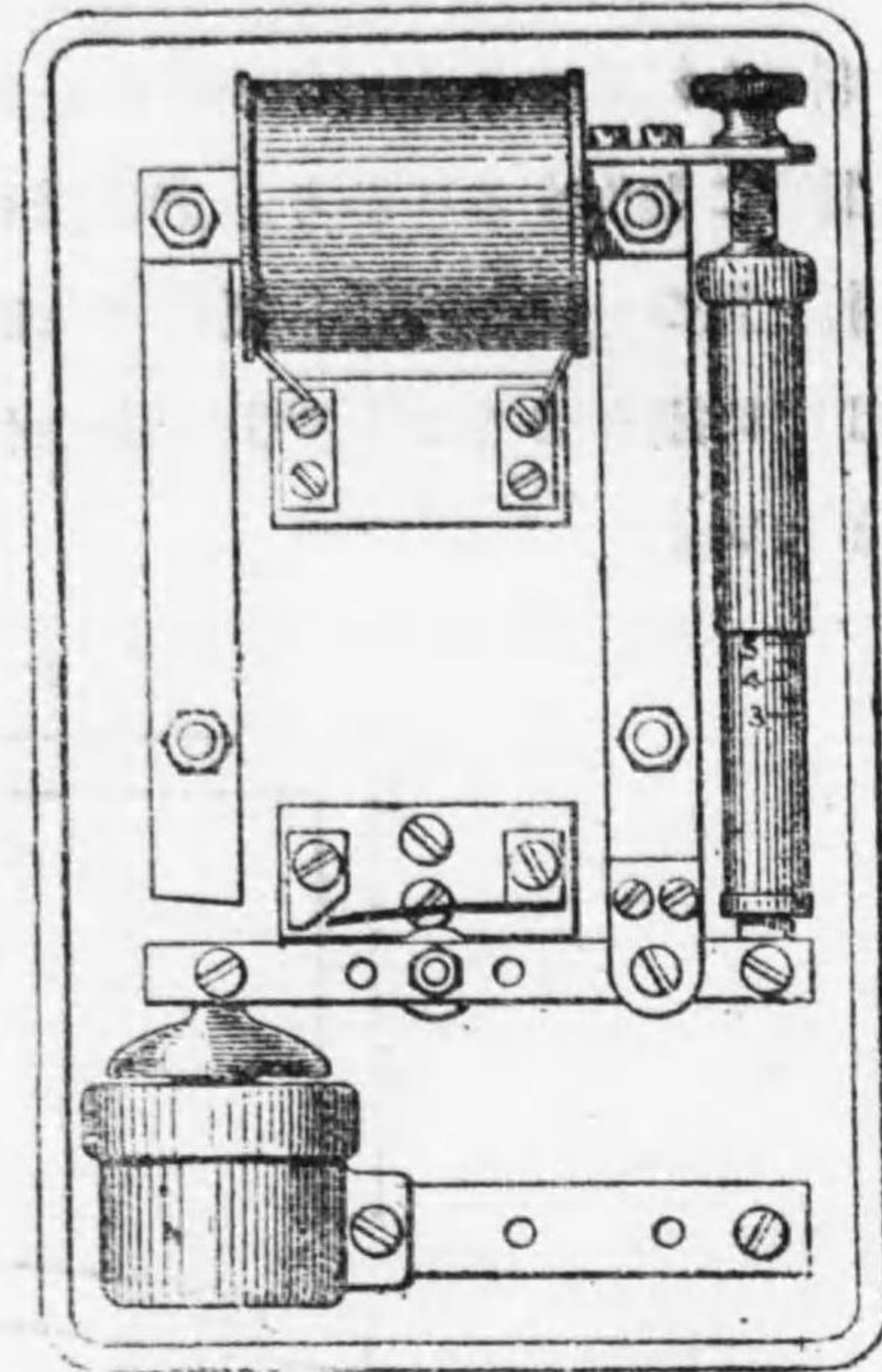
一にも用ひられ第百十六圖は其の一例なり。

第百十六圖のリレーに於

て電流の調整は右側の捻子でなす。左方下端に吸盤壺があり之れに横桿の長さを變じ得る様にしたる磁石の鐵片が取り付けられて居る。横桿を最も長く即ち鐵片の左端を取り付ければ猶豫時間が尤も長くなり右方に移す程時間は短縮される。

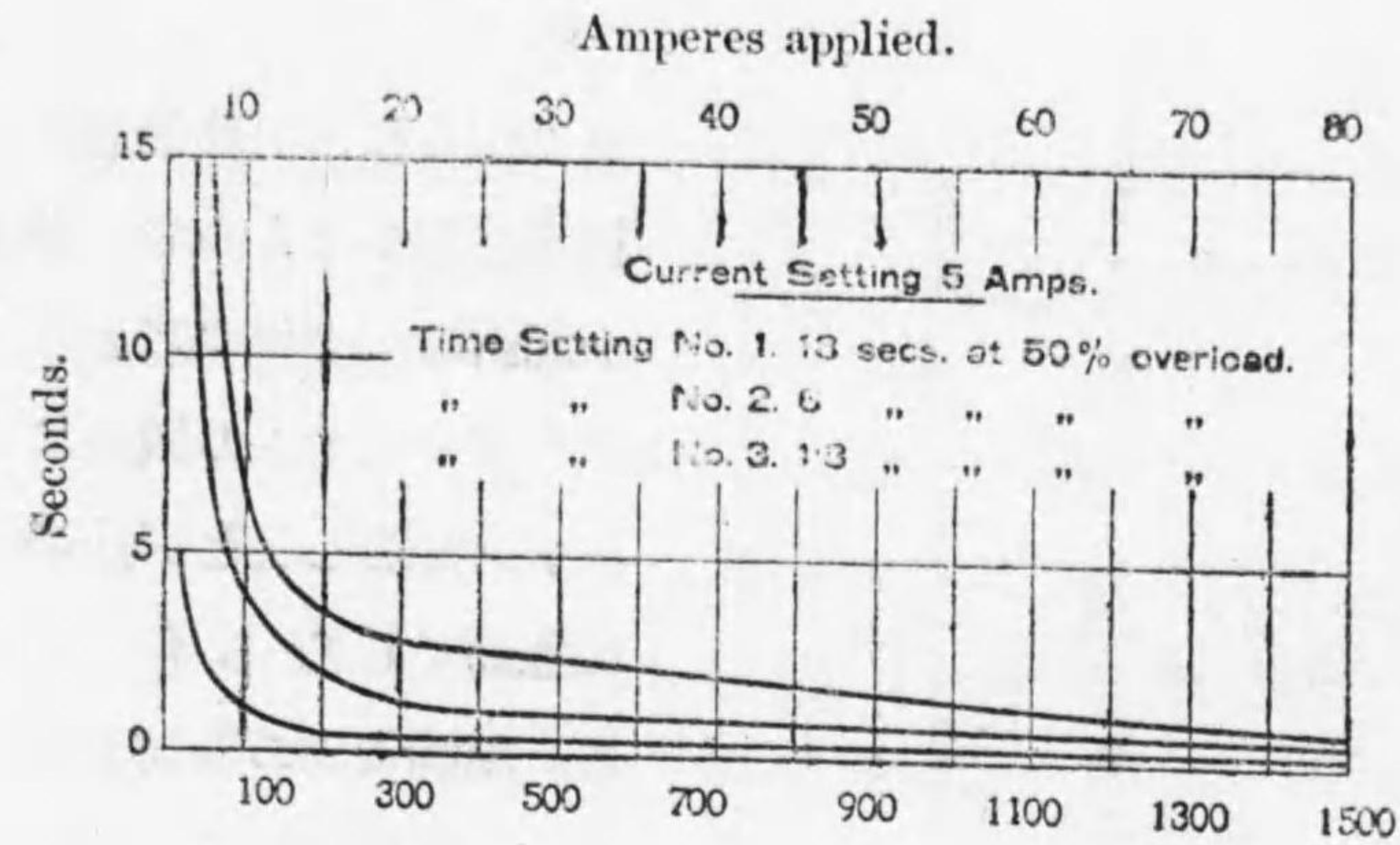
第百十七圖は其の特性曲線で、第百十八圖は Statter の限時装置を直流電動機の制御に應じた接続圖なり。斯様な場合には第百十三圖に示した様な特性が適當で少しの過負荷に對しては5分か6分位の猶豫時間を與へ、大なる過負荷に對して瞬間的の電路を開かしむべく以て大なる過負荷に於て整流子の損傷

第百十六圖



電流と時間とを獨立に調整せるスタッター氏リレー

第百十七圖

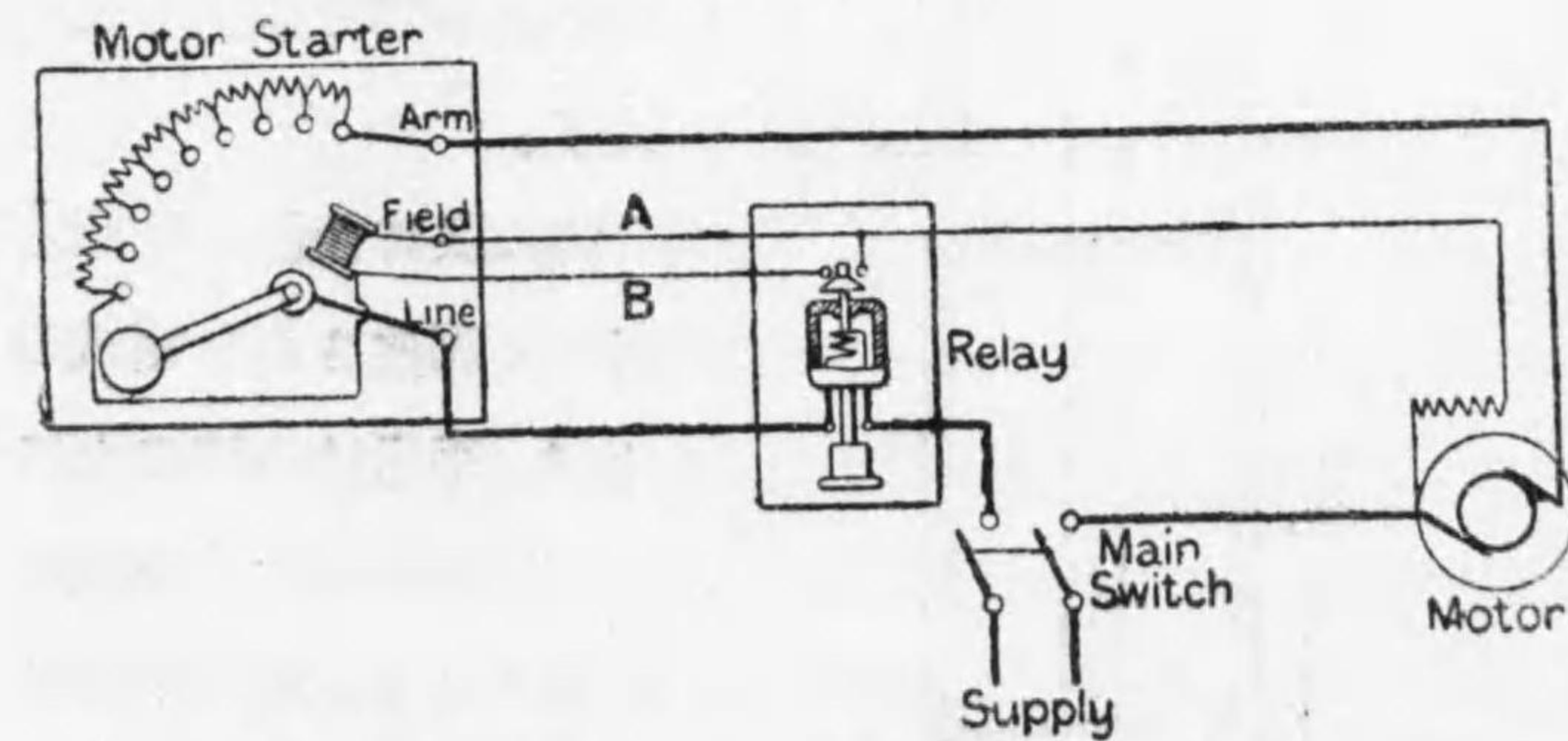


スタッター氏タイムエメンリレトローの更正

せらるゝを防ぐ。

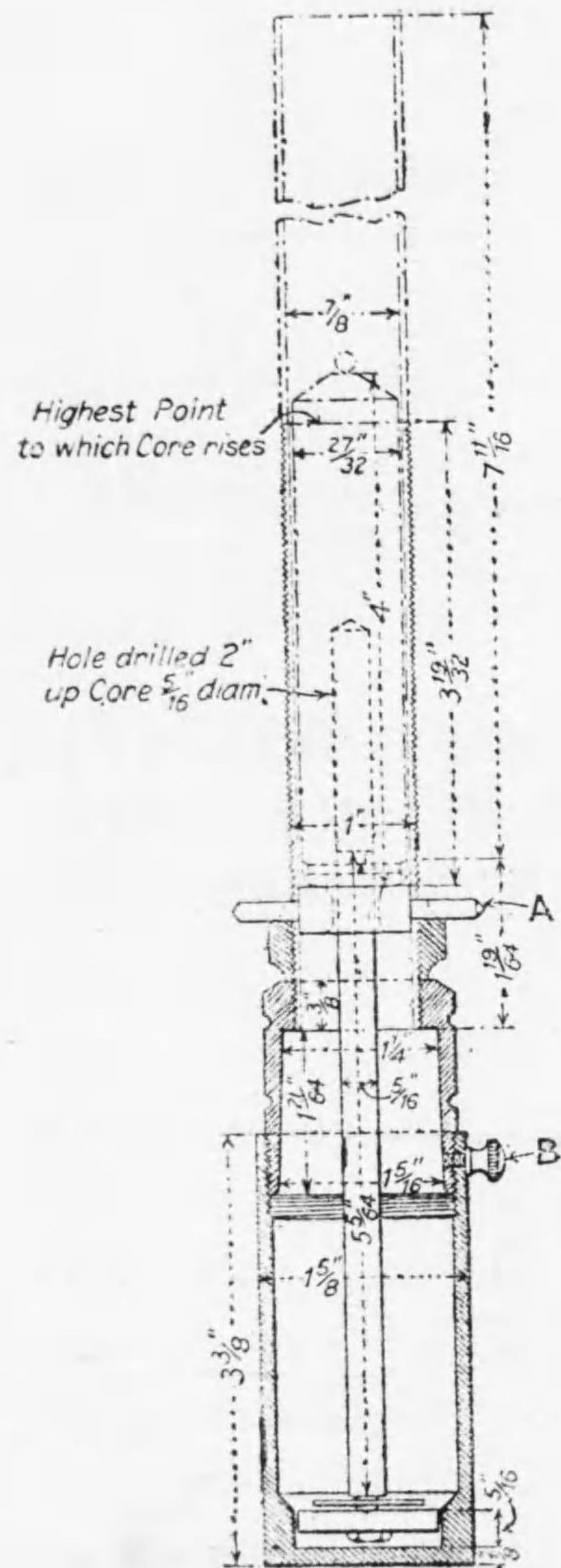
Statter の限時装置には尙圓錐狀をなせる吸盤面を捻子で僅か宛接觸面より分離し猶豫時間を變ずる装置をなせるものあり、或は膨脹係數の異なる金屬を用ひて溫度の猶豫時間に及ぼす影響を調整せるものあり。

第百十八圖



直流モーター制御用スタッター氏 time lag relay

第百十九圖



Ellison の限時装置

George Ellison 氏によりて作られた限時装置は制動壺を用いたもので、**第百十九圖**に示す如す遮断器トリップ・コイルの鐵心にピストンを附し之を制動壺内に運動せしむるものである。制動壺式の限時装置の固有の缺點を極少にするには(ソレノイドの原理で作られたる交流限時過負荷リレーの項参照)鐵心の運動中调速さるゝ部分を充分小としなければならぬ。此の部分はシリンダーの底部に於て狭い部分に閉ぢ込むを要す。

此の限時装置と時間とは別々に調整され、電流の方は A 平常はの棒の上に止つて居る鐵心を上下すれば調整される。鐵心が入れてある眞鍮の筒には捻子が切

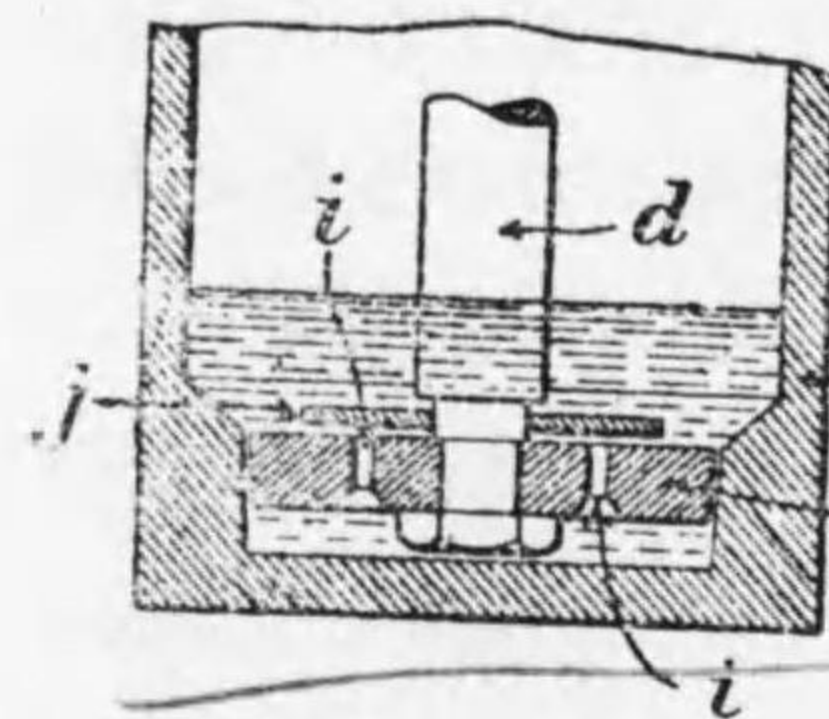
つてあるから制動壺全體を上下するを得從て鐵心も上下に動かさる。

時間の調整は制動壺の底部の狭い所にあるピストンの位置を變すればよい。これは B の捻子をゆるめシリンダーを下げればよいのである。

Ellison の限時装置は Statter の装置の様に鐵心の始動を遅延せしむるものではないが、而も吸盤式に於て吸盤の状態が異れば直ちにリレーの特性に影響を生ずるが如き事はない。

第百二十圖

第百二十圖は Ellison の特許の



第 24,115/1909 より取つた圖で、ピストンやシリンダーを示して居る。シリンダー c を圖の如く圓錐形にすれば良好なる結果が得られると稱せらる。ピストンには i なる小孔あり、又上部に j なる板がある。ピストンが落下する時には j 浮き上り i から自由に油が押し出されピストンが上る時には j は i を塞ぎ作用時間を永からしむ。

交流逆電流リレー

交流發電機の保安に尤も多く使用せらるゝは逆電力リレー (reverse power relay)、或は逆電流リレー (reverse current relay) で、此のリレーには少しの猶豫時間(凡そ二、三秒)を與へ以て交流發電機の同期の際に起る逆電流や蒸機鍋が稍粘着

した場合などの少しの障害に対しては作用せしめぬを可とす。停電などを絶対に不可とする公共事業に於ける交流機の保安に対しては此のリレーより以上のものはない。此の逆電流リレーの外に発電機に最大電流の遮断を附する技術家のあるは事實であるが、之れを附すれば激しい短絡が起つた時には全電線路に亘りて停電を引き起に至る可し。

公共事業に対しては絶対に全線の停電を避けしむる爲めに短絡はフキーダーの遮断で処理せしめ、発電機は何等害を蒙る事なく少時間短絡に耐ふる様に作らねばならぬ。然し炭坑其の他の粗い工業に於ては一時的の停電はさして重要でない場合がある。かかる場合には逆電流リレーと過負荷リレーとを交流発電機に併用するも悪くはない。斯くて多くの人々が望ましいと考ふる一段の保安を加ふる事になる。

逆電流リレーの理論

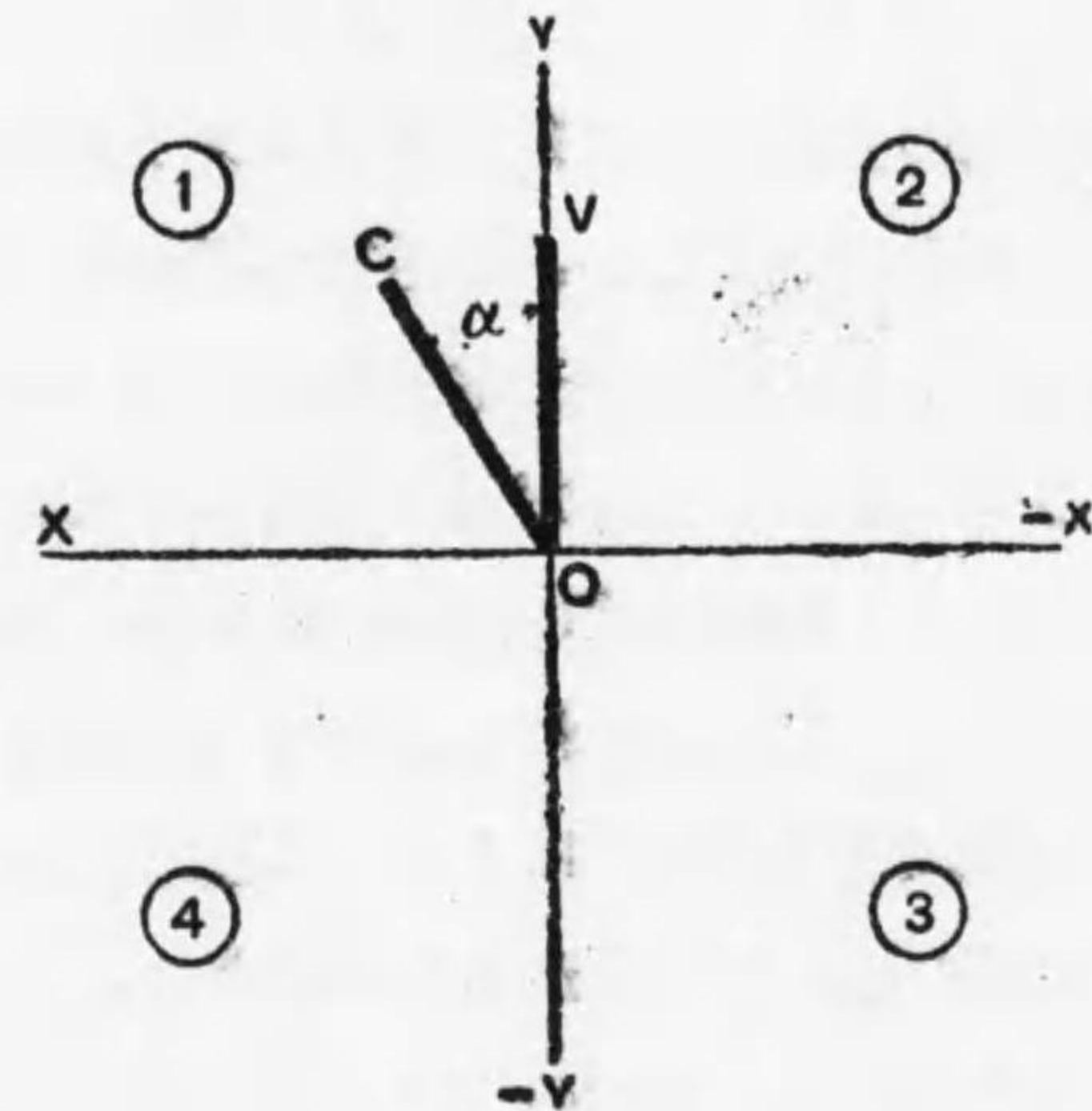
交流回線であるのに逆流と云へば不審に思ふ者があるかも知れないから次の様な説明も必要であらう。

先第一に電流の位相関係及び母線電圧に就て考へむ。此の電流は発電機と母線とを接続するケーブルを流るゝ電流で、猶此の発電機の外に之れと並列に運轉され同一の母線に電流を送つて居る交流発電機があるものと假定す。簡略にする爲め交流発電機は単相交流を出すものとす。通常の場合には**第二百一圖**で示され、OV は母線電圧、OC はケーブルの電流なり、即ち電流は電圧より α なる角度だけ後れて居る。此の α なる角度の大きさは

(a) 荷重のインダクション

(b) 発電機の勵磁

第二百一圖



等によりて變ず可く、電流 OC は OX, OY に圍まるゝ ① の象限に在る。力率は 0.3 位に降る事がある即ち α は 72° で O C は漸次 OX 近づく事がある。然し力率は低くとも発電機は平調に運轉し母線に電流を供給して居るから電流が ① の象限に在る間は逆電流リレーは作用しない。

又

(c) 荷重のキャパシター

(d) 発電機の勵磁の程度

になりては電流は ② の象限に来る事がある。即ち位相が進む事がある。著者は或る大電氣供給会社に於て一日の大部分はケーブルの静電氣容量や軽負荷の爲め力率が凡そ 0.3 となり電流

の位相の進む實例を知つて居る。即ち電流は殆んど $-XO$ と合し發電機はやはり電路に電力を供給して居る。即ち逆電流リレーを電流のベクトルが ② の象限に在る間は作用してはならない。

以上は勵磁電流の變化に依て電流のベクトルが (1),(2) の象限に移動する事を考へてない。發電機が電線路に對して電力の供給を續けて行くには其の端子電壓を維持して居らねばならぬ。而して發電機に位相の進んだ電流が流れると、其のアーマチュアの反作用により勵磁電流の勵磁作用を助け勵磁電流は減少しても端子電壓は一定に保たれる。依て發電機の荷重が誘導荷重であつても勵磁電流の變化によりては發電機と母線とを結ぶケーブルに位相の進んだ電流が通る事がある。

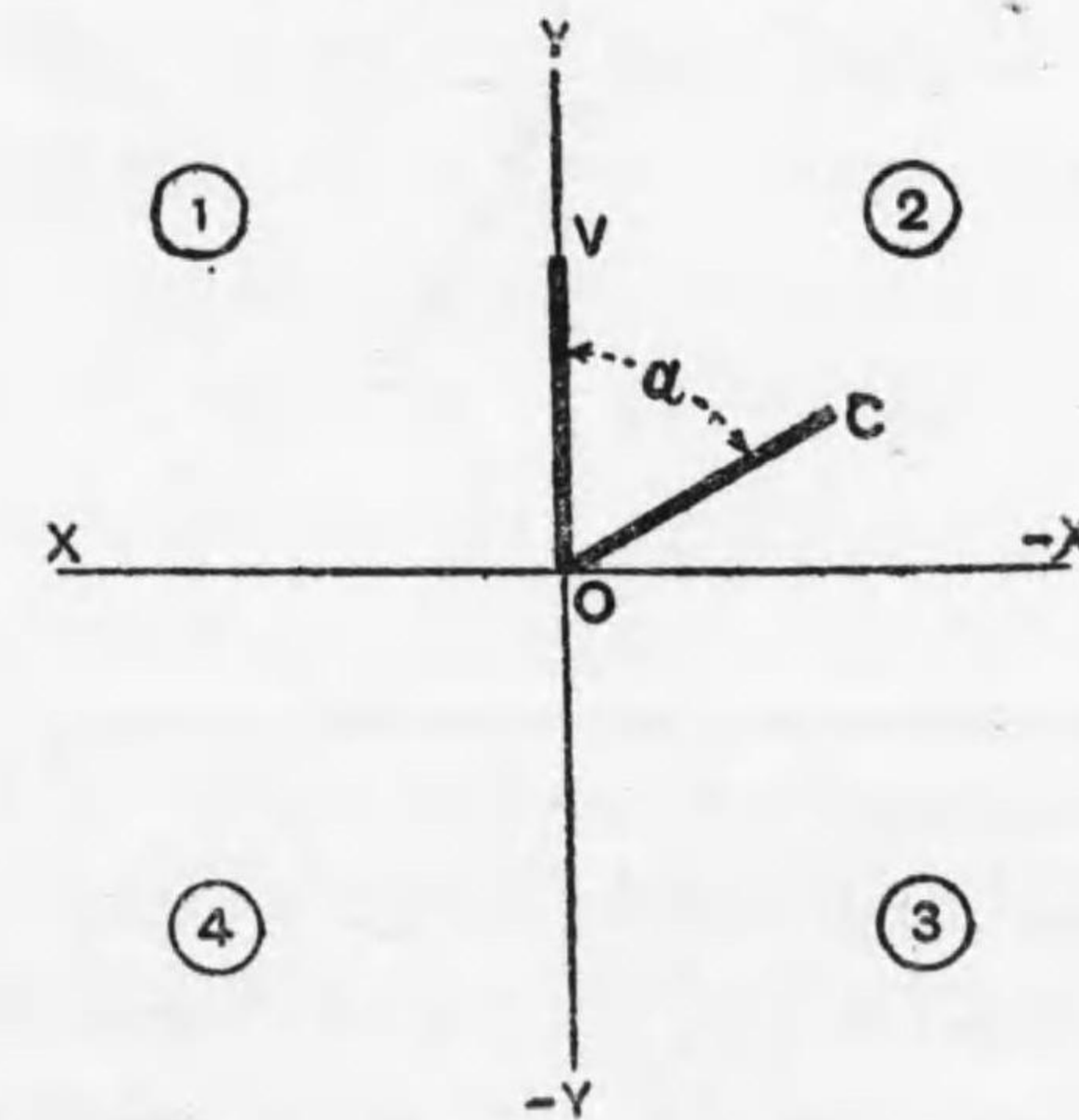
勵磁電流が漸次減少して電流の進みの角が或る値を超過すれば逆電流リレーは作用す可きであると論ぜられるかも知らぬが之れは間違つて居る。已に述べた通り荷重のキャパシターによる電流位相の進みは非常に大となる事があるが、斯様な場合に誰もリレーは作用す可きであると云ふ者もあるまいから、之れはリレーに荷重のキャパシターによる進み電流を數基の發電機間の勵磁電流の關係的大さによる進み電流との間の區別的動作を要求する事になり到底行はれざる事である。又荷重のキャパシターによりて生ずる最大の進みの角を定むる事も荷重は常に一定と見る事は出来ないから非常に困難な事である。猶リレーの動作力は之を通る電流に比例するもので作用を起す可き進みの角は電流と共に變化するものであるといふ事を考へねばなら

ぬ。

兎に角電流のベクトルが (1) 及び (2) の象限に在る間に逆電流リレーは作用してはならない。

次ぎに (3) (第百二十二圖) 及び (4) の象限に在る場合を考へむ。之れ等の場合に電流のベクトルが電壓のベクトル OV に對して如何なる位置に来るとも發電機は平調に在るものと假定す。(1),(2) の象限に在る場合には發電機は母線は電力を供給して居るが電流のベクトルが (3),(4) の象限に来た場合には母線より發電機の方に電力を送る事になり發電機は電動機となりて運轉される。即ち發電機としての作用は中止され母線より開放するを要す。

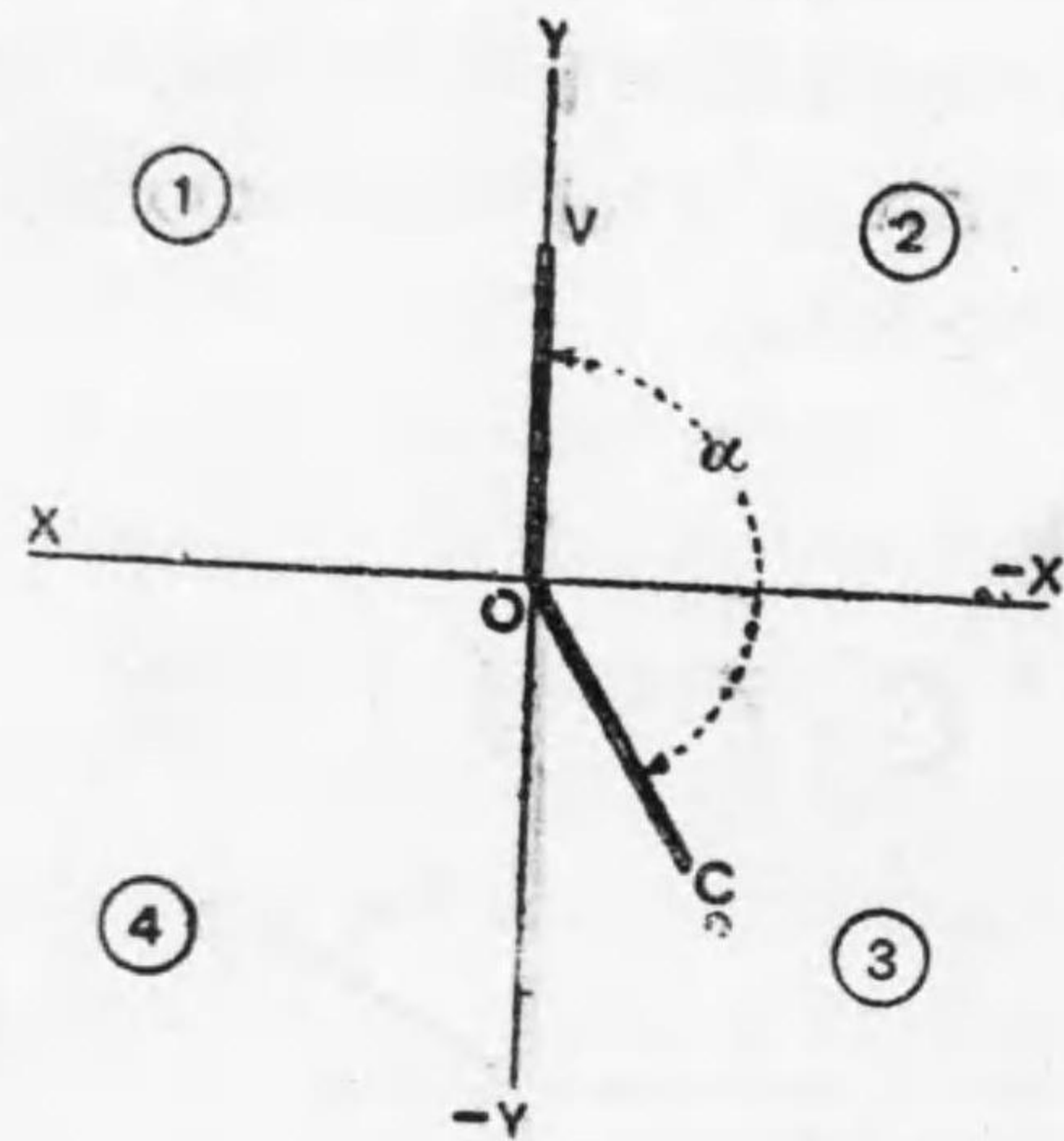
第百二十二圖



電流が (3) の象限に在る場合は低勵磁 (under excitation) の同期電動機に相當し勵磁電流を少くして蒸氣の供給を断ちた

る場合に起り、(3) 象眼に於ける電流の位置は其の程度によりて變ず。電流が(4)の象眼に在る場合は過勵磁 (over excitation) の等期電動機に相當し發電機を誘導荷重に對して大なる位相の後れた電流を供給する様に調整して蒸氣の供給を斷ちたる時、或は並列に運轉されて居る他の交流發電機の勵磁が不足で之を補充する場合等に起り之等の程度により(4) 象眼に於ける位置を異にす。

第 百 二 十 三 圖



【註】 等期電動機には或る勵磁電流に對してアーマチュアの電流が最小で力率が 100% なる點がある。之れより勵磁電流を増せばアーマチュアの電流は増し位相は進み、又之れより勵磁電流を減じてもアーマチュアの電流は増すが其の位相は後れる。此の一定の値より勵磁電流を増すを over excitation と云ひ、之より減ずるを under excitation といふ。

即ち交流逆電流リレーは電流のベクトルが(1),(2)の象眼に在る間は作用せず(3), (4)に來りたる作用するを要す。

此の作用をなさしむるには單にワットメーターと同様な構造に作ればよい、然れば發電機よりケーブルを通じて母線に電力が供給されて居る間はリレーは作用せず此の電力が反對方向に向つた時初めて作用するに至る。以上の作用をなさしむるに何故ワットメーターの構造とするかと云ふ疑を起す者はリレーの作用を起す力を考ふればよい。即ちリレーは電壓の實効値と、電流の實効値と、此の兩者の位相の差角の餘弦 (cosine) との相乗積によりて作用を起すもので、電壓電流の實効値は正の値で電流が(1),(2)の象眼に在る間は $\cos \alpha$ も正であるが(3), (4)の象眼に於ては負の値を取る。

即ち以上の作用をなさしむ可き簡単な装置はワットメーターに一對の接觸部を附し逆の方向になつた時此の接觸部を閉ちトリップ・コイルの電路を閉づる様にしたものである。然し之れはワットメーターの構造に限つたものではなく、力率計でも電流電壓間の位相の差が前後 90° 以上になつた時トリップ・コイルの回線を閉ぢる様に出来る。之れはリレーの作用を大なる範圍で電流電壓の大きさより影響を受けね様に出来る得點がある。一般に作られて居る逆電流リレーはワットメーター型で著者は逆電力リレー (reverse power relay) と云ふ方が正しいと思ふ。

猶外に考へねばならぬ事は發電機の勵磁又は蒸氣の供給に何か故障を起し運轉に陥つた場合である。此の場合に逆電力リレ

一を附して置けば如何なる現象を起すであらうか。

第一に蒸氣の供給が断えたとすれば、——發電機から母線に電力の輸送さるゝ事は止み却て母線より發電機に電力が送られ捲線の銅損失や鐵心のヒステリシス損失、エツデー・カーレント損失に費される。

然らば發電機の注入さるゝ電流はどの位の大きさのものであらうか。若しヒステリシスやエツデー・カーレントに基く損失を省略し全部捲線の銅損失を費されるものとすれば電流の最大値を求むる事は容易である。

逆電力リレーは全負荷の 10% で作用するものとし、且つ發電機捲線の抵抗による drop を 1% とすれば、若し P_w ワットを全負荷出力、 I を全負荷電流とせば I アンペアに於けるアーマチュアの I^2R 損失は $\frac{P_w}{10}$ ワットとなる。

全負荷の 3.15 倍の電流に於てはアーマチュア捲線の I^2R 損失は

$$\frac{P_w}{3.15^2} = \frac{P_w}{10}$$

$$(3.15^2 \cong 10)$$

即ち copper drop が 1% の發電機で全負荷の 10% で作用する逆電力リレーを附せば發電機捲線を通り得る最大の電流は全負荷電流の 3.15 倍である（勿論捲線の絶縁は安全に保たれて居るものとして）。此の位の電流は近來製作せられる發電機は小時間なれば充分通じ得るもので、又實際には鐵損失も決して省略し得る程小なるものでないら、最大電流は此の値より

小となり且つ母線の電圧も降下するので一層小となる。従て上述の様な場合には 10% で作用する様調整された逆電力リレーで充分保安の目的を達する事が出来る。

第二蒸氣の供給は断えないとすれば——或る周波に於て母線より發電機に電力が流れ他の周波に於ては發電機より母線に電力が流れる。前者の電力の大きさは發電機の I^2R 、ヒステリシスエツデー・カーレント損失より求められ後者は負荷の種類によりて求められ、之れは電燈の場合より等期電動機の荷重に於ては頗る區々である。非常に大なる電流が流れ得るが其の大きさや逆電力リレーの作用に就て精確な計算を行ふ事は困難である。然し實驗上 10% で作用する様調整された逆電力リレーならば此の状態にても安全に發電機を保護する事が出来る。尙讀者は此の點に關し詳細を知らむとせば“Electrical Magazine” Vol. IV. 1905. p. 373 を参照す可し。

猶最後に發電機のアーマチュア捲線が絶縁が破壊された時を考ふるに——此の場合には電力が母線から接地した捲線に向つて流れるから逆電力リレーで發電機を保護する事が出来る。

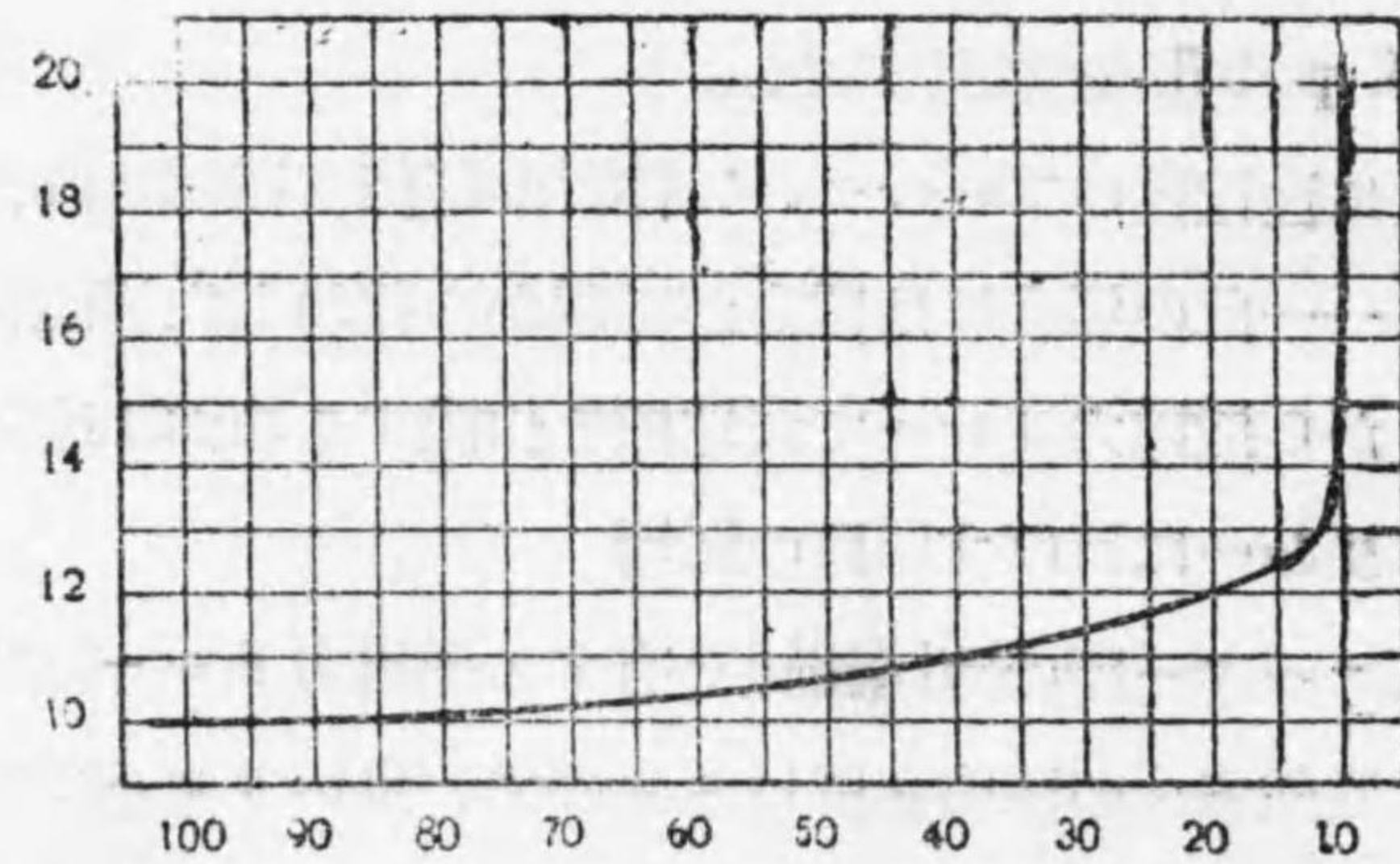
逆電力リレーに及ぼす電圧の影響

ワットメーター型の電圧捲線を有する逆電力リレーは電圧の變化より當然多少の障害を受けるもので、良いリレーでは電圧の變化が可なり廣い範圍に及んでも同一の電力の逆轉で作用を起すが而も電圧の下降と共に之れに比例して同一の電力に對して電流の増加する事は免れない。第二百二十四圖は Ferranti Co. で 第二百二十六圖に示す逆電力リレーに就て電圧の變化に對し

リレーを作用せしむる電力を設定せる結果で、是れに由つて觀れば電壓の變化が規定電壓の 10% 以内に在りては電力は殆んど一定なるを知るべし。

元より電力の逆轉が起つた時リレーが作用せぬ内にリレーに通る電壓と力率とによるもので此の電流は全負荷電流の 10% よりずつと多いであらう。且つ瞬時動作のリレーは使用する事が出来ないから電壓の降下に充分の時間を與へ此の障害を一層激しくする。然し故障を受けた發電機が他の完全な發電機と並列に運轉されて居る場合には、此の際電壓の下降はそんなに著しきものではなく多分最も多くとも 50% 位下降するに止まるであらう。兎に角リレーの作用は出来るだけ母線電壓の變化の影響を受けない様にせねばならぬ。

— 第 百 二 十 四 圖 —



交流逆電力リレー。電壓の變化に伴ふ作用電力の變化

逆電流リレーを作る事は屢々企てられたが概ね良好なる結果は得られなかつた。現今使用されて居る交流逆電流リレーは大低ワットメーター型のものである。

電壓が下降した時作用を起す逆電力を成る可く少く即ち電壓の下降による電流の増加を成る可く少く保つ様に種々工夫され第百二十七圖、第百三十圖に示せるリレーは其の一例なり。

リレー調整 發電機用逆電力リレーの目盛は發電機の全負荷の 10% の逆轉が起つた時或る猶豫時間を置いて作用する様に調整して置くのが最もよい。此の調整によれば發電機捲線に通る逆電流はそんなに大なる値とはならない。

交流發電機の勵磁電流の中絶

勵磁電流が減少し或は全く中絶されるれば捲線の電流は非常に増加し著しく端子電壓より位相が進んでくる。發電機が猶等期で蒸氣の供給も平調であれば發電機はやはり母線に電力の供給を續け、之を母線より切り離す必要はない。電流の増加は配電盤の係員が認めて其の原因を尋ね配電上差したる故障も起さず之を改善する事が出来る。勵磁電流が中絶された時發電機が亂調に陥つた場合には其の發電機を切り離すがよいが、若し之れに逆電力リレーが附けてあれば此の際母線から此の發電機に大なる逆流が起るからリレーによりて安全に保護される。

發電機の勵磁電流が全く中絶されて發電機を特に切り離したいと云ふ場合に行はるる正しい方法は、勵磁回線に閉路用リレーを結び置き發電機の遮斷器のトリップ・コイル回線を閉づるにあり。

以上逆電力リレーで發電機を保護する事に就て述べたが、此の場合リレーを接続す可き場所は母線と電源との中間で、猶變電所より逆に發電所に向つて電力を送るを防ぐ爲め、フキータ

一の他端へも接続するを要す。

交流発電機保護の爲め自動勵磁開閉器を使用する方法

交流発電機捲線の絶縁が破れた時勵磁電流が依然供給されて居れば、主要開閉器は開放されても猶非常な短絡電流が通る可し。リアクタンスの少いターボオルタネーター (turbo-alternator) では此の電流は瞬間に甚だ大なる値に達し (T.H. Shaw 氏 Proc. I.E.E., Vol. LIII. 1915. p. 374. によれば 10 秒以内)、全捲線に捲き直すを要する程の大損障を來す。此の障害を除く目的を以て勵磁回線に自動開閉器を附す。

然し若し勵磁開閉器を單に主要開閉器と結合せば主要開閉器を手で開放する時でも勵磁回線が開かれ運轉上甚だ不便である。又保安リレーのみと結合すれば主要開閉器は開かぬ場合でもリレーの作用で開放されてしまふ事がある。斯る場合には勵磁開閉器は開放するには及ばない。依て勵磁開閉器は保安リレー及び主要開閉器の兩方に結合し置き、兩方が同時に作用した時にのみ開放される様にして置かねばならぬ。

フキーダーの他端に於ける逆電力リレー

此のリレーは變電所又は配電網 (distributing network) から發電所に電力の逆流するを防ぐもので、此の逆流は通常長い線路を通過するから IR 及びインダクタンスによりリレーの電壓捲線に加はる電壓を下降せしむるから、此のリレーは發電機端に接続されたリレーよりも一層電壓變化の影響を蒙るものである。従て逆流が起つたら電壓があまり下降せぬ内出来るだけ早く作用せしむる方がよい。且つ發電機端の如く一つの發電機か

ら他へ逆電流の流る様な事はないから瞬時作用のリレーでもそんなに害はない。然し變電所に据付けられた機械のハンチング (hunting) により電力の一時的の逆轉が起る事がある。ハンチングは又電線路中軽い短絡が起り電壓が下降した場合などに一時的に起る事がある。斯様な場合に瞬時動作のリレーを用ふればハンチングの振幅が相當の大さなれば最初の逆轉で直ちに作用してしまふ (此の種のハンチングは程なく止むものであるから電線路を開放する必要はないのであるが)。而も猶豫時間のあるリレーは不適當なのであるから瞬時動作のリレーを使用せねばならぬとすれば、變電所の機械の起す差し支のない程度のハンチングはどの位のものであるかを調べる必要が起る。元より機械が恢復の見込のない様な亂調に陥つてしまへば之を切り離した方がよいのである。依てフキーダー端の逆電力リレーは何等の害も與へず程なく消滅する様なハンチングでは作用しない様な瞬時作用のものでなければならぬ。従てフキーダー端のリレーは一般に發電機端のリレーより多くの電力で作用する様に調整され、凡そ全負荷の 25% 逆電力が起つた時初めて瞬間に作用する様に調整されておる。フキーダー端の逆電力リレーの作用電力を大とする他の理由として次の事項がある。即ち發電機端のリレーに於て電動機に逆變せしむる電流は力率の非常に低いものであるから、リレーを作用せしむる電流をあま

【註】ハンチングとは電流又は速度が規定の値を中心とし上下に増減し漸次に振動が少くなり規定の値に近づく作用である。

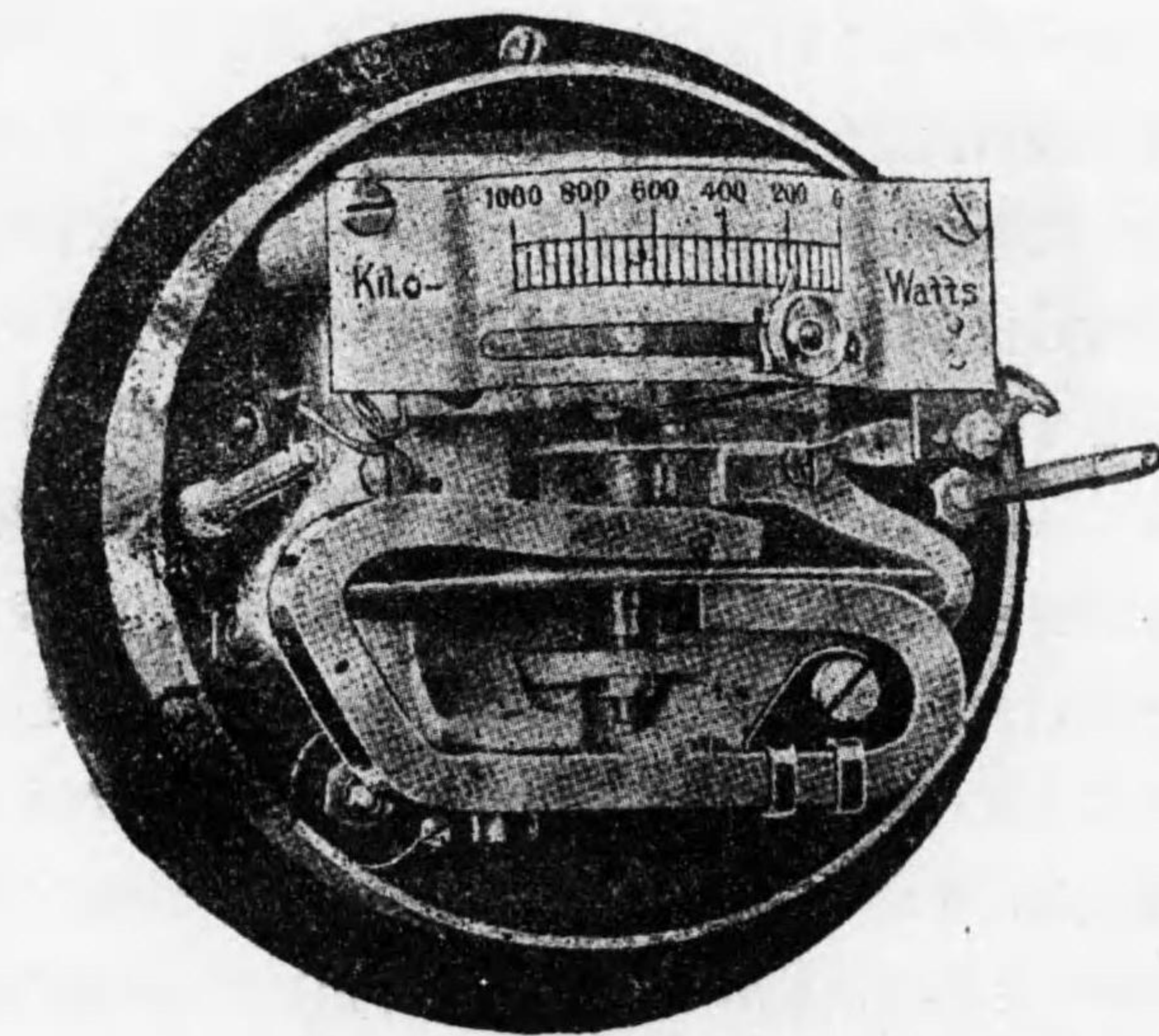
り大とせぬ様に制限すれば電力も従て僅少となるが、フキーダ一端の逆電力リレーにありては短絡點又は大地に電力を逆流せしむるを防ぐもので此の電流の力率は高く従て作用電力も割合に多くせねばならなくなる。

尙最後に一言せむに誘導電動機の變電所でも或る場合には短絡點に電力を逆流する事がある。

交流逆電力リレーの實例

第百二十五圖に示した逆電力リレーはウエスチングハウス會社製で瞬時作用のワットメーター型である。此のリレーの特殊

第百二十五圖

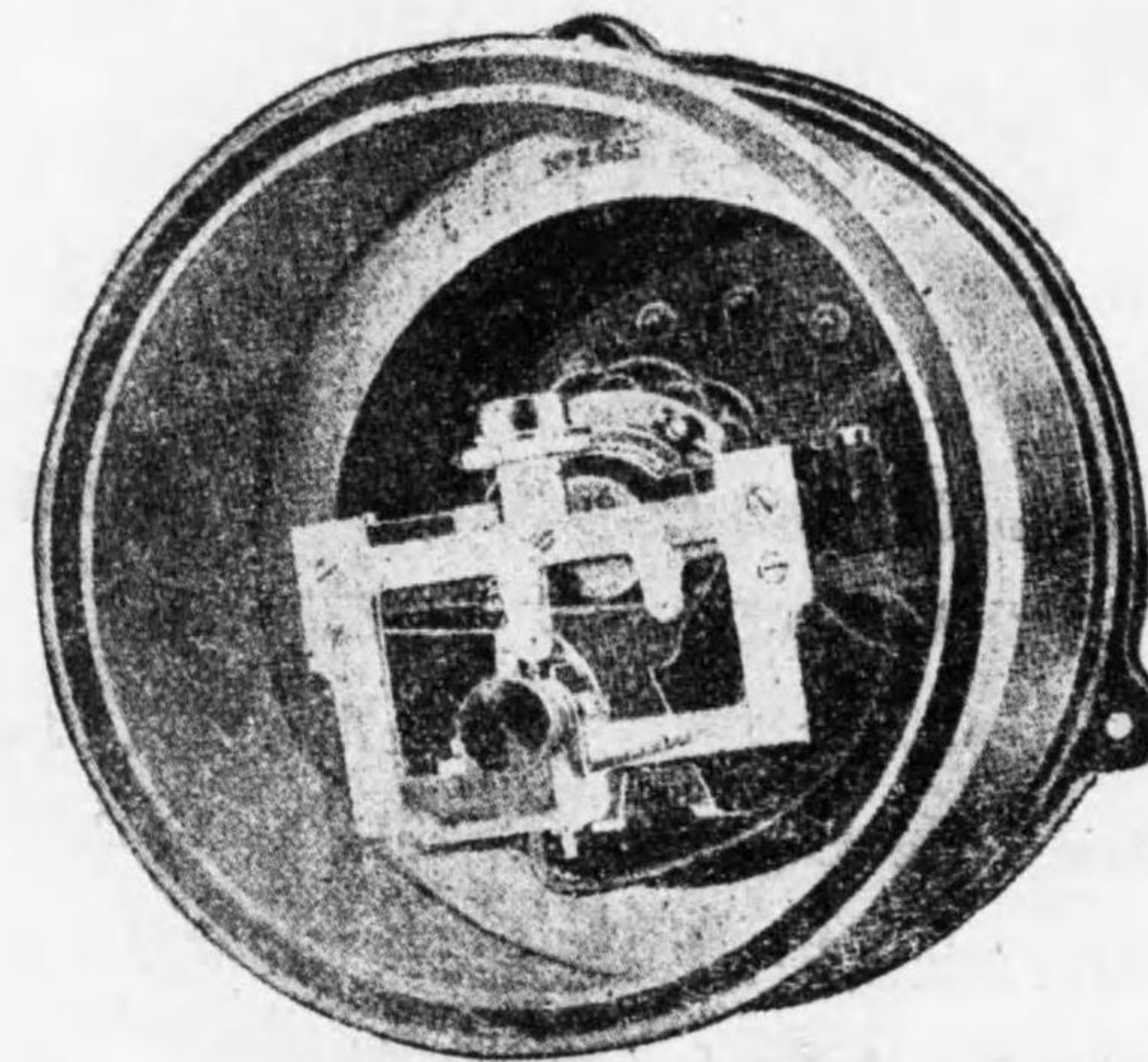


ウエスチングハウス會社交流逆電力リレー

なる點は其の目盛盤にある。第百二十六圖は Ferranti Co. の逆電力リレーで誘導型電力計の原理で作られて居る。此のリレ

ーはトリップ・コイルの接觸を閉づる前に廻轉盤は一廻轉せねばならぬから少しの猶豫時間を有して居る。廻轉盤の廻轉につれて吊られて居る重りを捲き上げしめ之れを制御す。トリップ・コイルの回線を開閉する接觸部には重りの付いた腕があり之れが廻轉軸から突出して居る腕に當り完全に開閉す。函の表面の捻子が出で居り之れによりてリレーを調整する事が出来る。

第百二十六圖

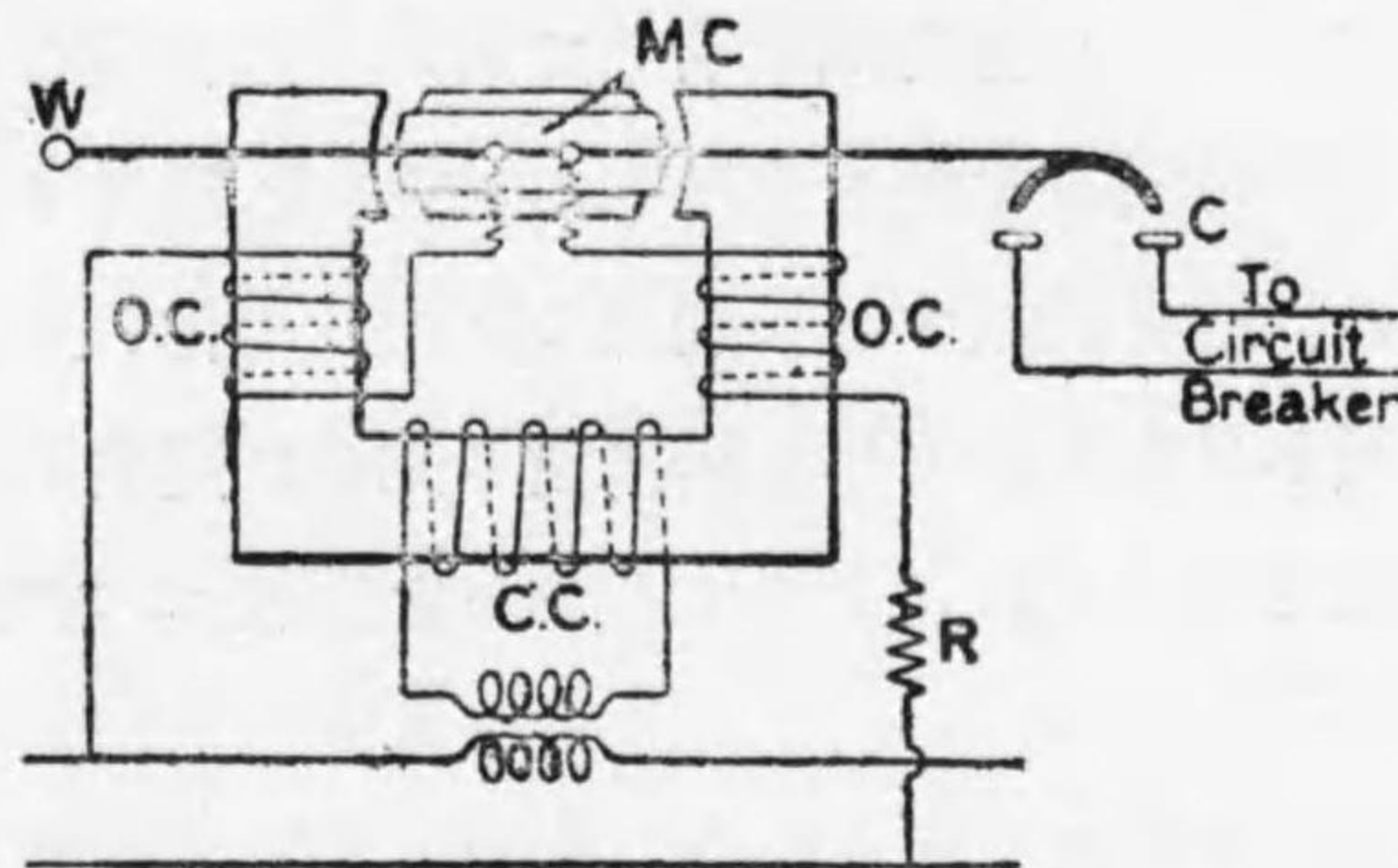


ヘランチ會社逆電力リレー

Everett and Edgecumbe's 交流逆電力リレー

此のリレーの作られた原理は第百二十七圖に示した線で、C Cなる荷重電流に比例する電流の通るコイルと、OCなる電圧に比例する電流の通るコイルとで勵磁される電磁石より成り、其の中に可動捲線 MCがある。MCのコイルは電圧捲線 OC

第二百二十七圖



Everett and Edgcombe 交流逆電力リレーの原理

と直列になつて居る。C はトリップ・コイルの回線を開閉する接触部で、W なる重りにより平常は開放されて居る。OC, CC のコイルは同方向に捲かれ MC を時計の針と反対の方向に廻す様な力を出す。逆流の場合には之れと反対方向に廻轉せむとし其の程度が充分大なれば遂に C の接觸を閉づ。

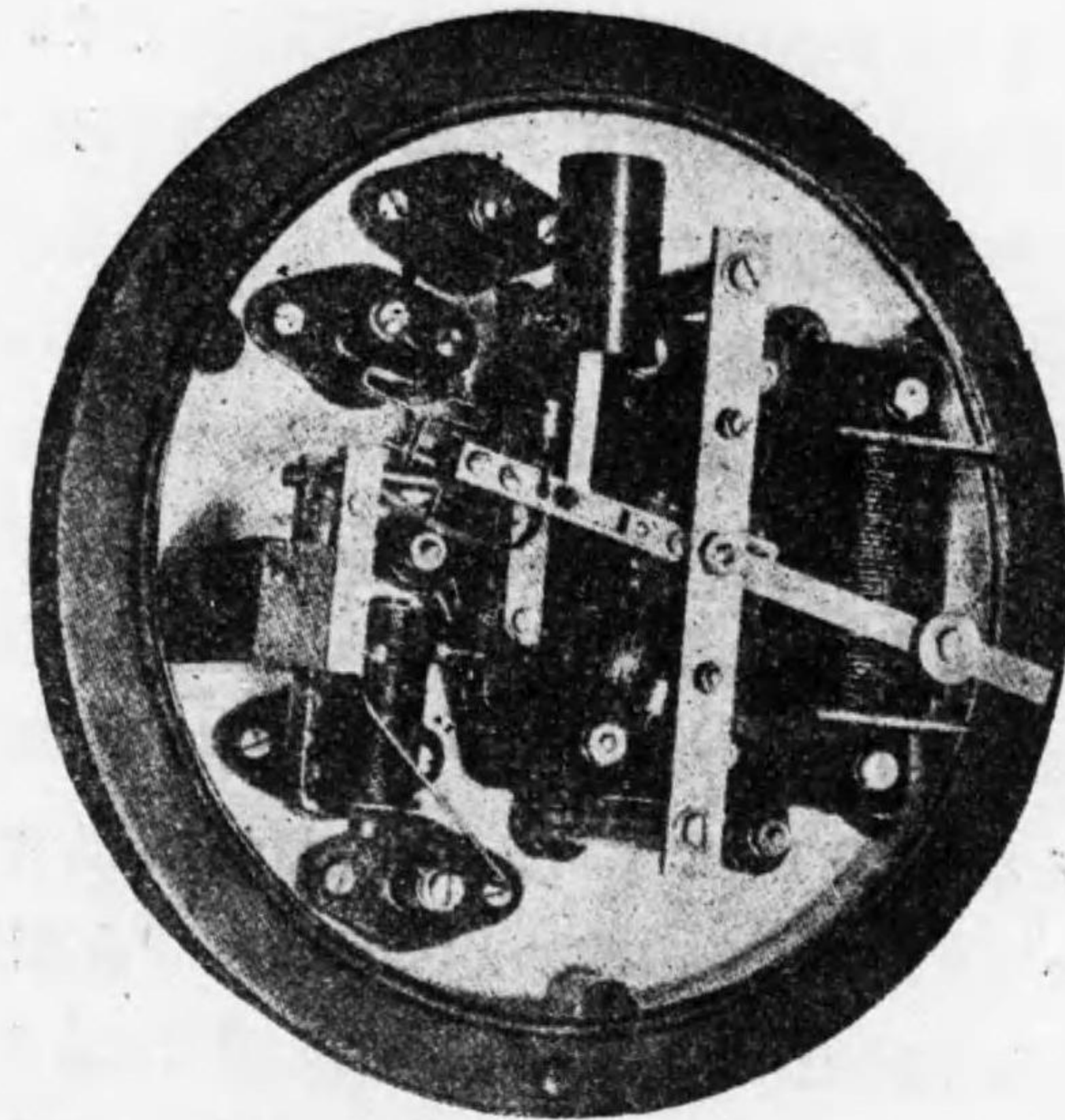
製造者は此のリレーは交流逆電流用として製造されたものである (Electrical Review, July 28, 1911 参照) と稱して居るが已に述べた如く此の稱へ方は誤りで交流逆電力リレーと云ふ方が正しく其の理由は下の如くである。

今 I を CC のコイルを通る電流とし E をリレーの電壓捲線の両端に加へられた電壓、T を可動捲線 MC の出すトルク (廻はす力)、 $\cos\phi$ を主要回線の力率、 K_1, K_2, K_3 等を常數、 P_w を主要回線の電力とすれば

$$T = K_1 EI \cos\phi + K_2 E^2$$

即ちトルク T は CC 及び OC が MC に及ぼす二つのトル

第二百二十八圖



Everett and Edgcombe 交流逆電力リレーの内部の構造

クの合成されたもので且つ

$$P_w = K_3 EI \cos\phi$$

であるから

$$T = K_4 P_w + K_2 E^2$$

此の式によればコイル MC の廻轉方向を定むるものは主要回路の電力で、従てリレーの作用は電力流通の方向によりて支配せられる。力率の低い場合や其の他の悪い状態の事で動くリレーの能率は其の作用が實際のワットメーターに近づく程度にて定められる。

猶上式を見るに其の左邊は二項より成り其の一は電力に他は

電圧に比例するもので、電力の逆轉が起つた場合には初項の値が反對となるのであるから、若し此の除電圧の方は元の通りであるとすればリレーの作用を起すには先づ初項の力が末項の力に打ち克つを要す。

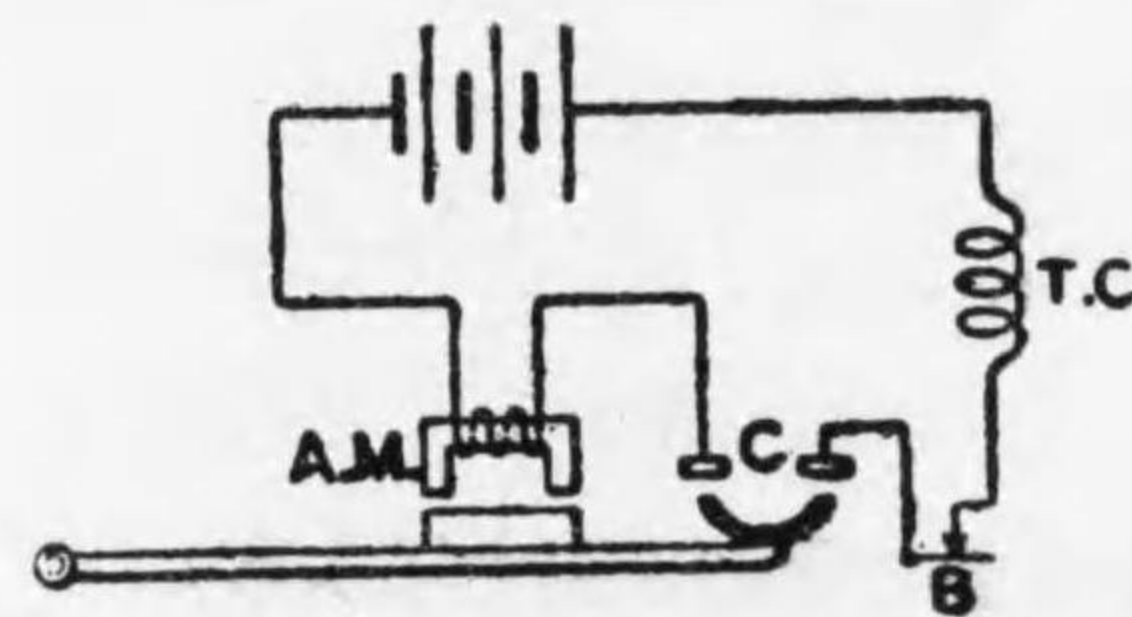
此の場合に電圧も共に下降すれば之れに打ち克つに要する力も少くなるわけである。即ち電圧の小さな程リレーを作用せしむるに要する逆電力は少くなる。電圧の降下と共にリレーを作用せしむるに要する電力の逆流を起す爲め、規定電圧の時に有して居つた感度が漸く悪くなるから、此の點に於ては斯様なリレーは眞のワットメーター・リレーよりも多くの電力を要する。然し又良い點もある、即ち若しリレーを例へば全電圧に於て 10% の逆流が起つた時作用せしむる様調整して置けば全電壓の $\frac{1}{5}$ に於て作用せしむる電力の逆流も 10% より可なり小なるものとなるであらう。製造者は凡そ電圧に比例して電力が減じて行くと稱して居る。

然し**第二百二十七圖**に示した様なリレーが果して全電圧に於て 10% の電力の逆流で作用する様に作り得るか否かは疑はしい。此の製造者はリレーを全電圧に於て 50% 以下の電力逆流で作用せしむる必要はないと稱して居る。之れは I を全負荷電流とし、作用電力は電圧に比例して變化するものと假定し、電流は母線電圧と 180° の位相の差があると假定すれば、全電壓の $\frac{1}{5}$ の電圧で作用を起すに要する電流は $\frac{1}{5}$ アンペア即ち全負荷電流の $\frac{1}{5}$ なる事を意味して居る。之れは即ち 10% の逆轉で作用する様に調整された眞の逆電力リレーの場合と同様の結果

を與ふる事になる。若し電圧が全電壓の $\frac{1}{5}$ に降つた場合は逆電力リレーを 5% に調整した場合と同様である。此の Everett-Edgcumbe リレーの原理は良いが感度が普通のリレーよりも鈍く、全電圧に於て 10% の逆電力で作用する様に調整し得れば普通の逆電力リレーより優れて居ると云ふ事が出来やう。

以上逆電流は母線電圧と 180° の位相の差ある場合、即ち逆の方向に力率 100% なる場合のみに就て考へたのであるが、リレーは力率の低い場合即ち電流位相の後れ又は進みの角が 90° より少し小なるか又は少しく大なる場合に就ても考へねばならない。後の場合にはリレーは作用す可く前の場合には作用してはならない。斯様な場合に逆電力リレーではワットメーターなのであるから區別的動作をなし得る得點がある。

第二百二十九圖



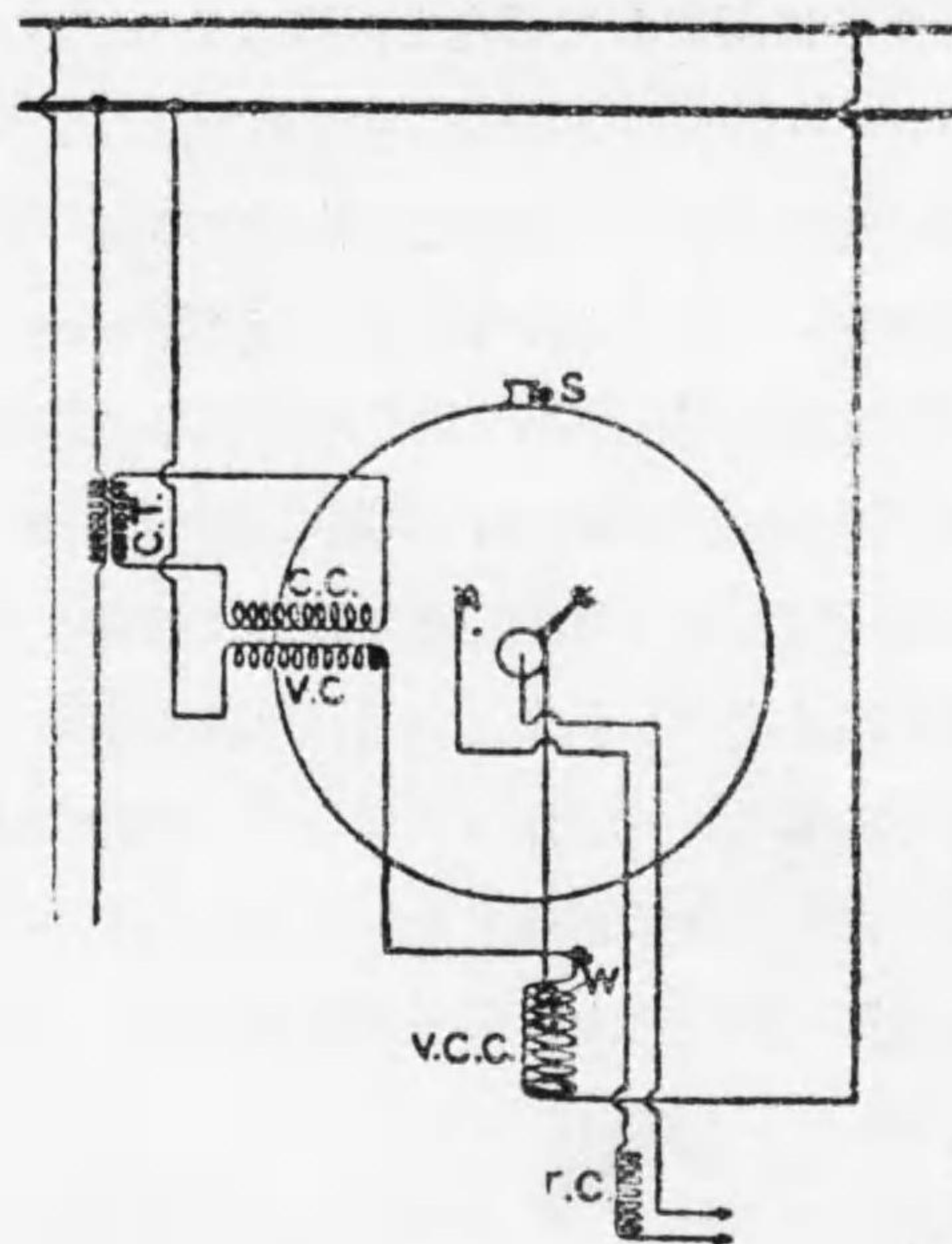
Everett-Edgcumbe 逆電流リレーの接觸部

Everett-Edgcumbe 逆電流リレーの接觸部は炭素片を有し接觸をよくする爲め**第二百二十九圖**の如き方法が施されて居る。

接觸部 C トリップ・コイル TC と直列に A.M. なる

補助電磁石があり C の接觸部が少しく閉ぢられると勵磁されてリレーを引き上げ C の接觸を固く密着す。従て別に B なる接觸部を設け之を開いて A.M. の勵磁を消滅せしめて C を開く。

第百三十圖



- C.T. = 變流器
- C.C. = 電流捲線
- V.C. = 電壓捲線
- V.C.C. = 電壓調整捲線
- W. = 平衡重錘
- T.C. = トリップコイル
- S. = 止め

逆電力リレーの電圧調整（平衡重錘の電磁吸引力による）

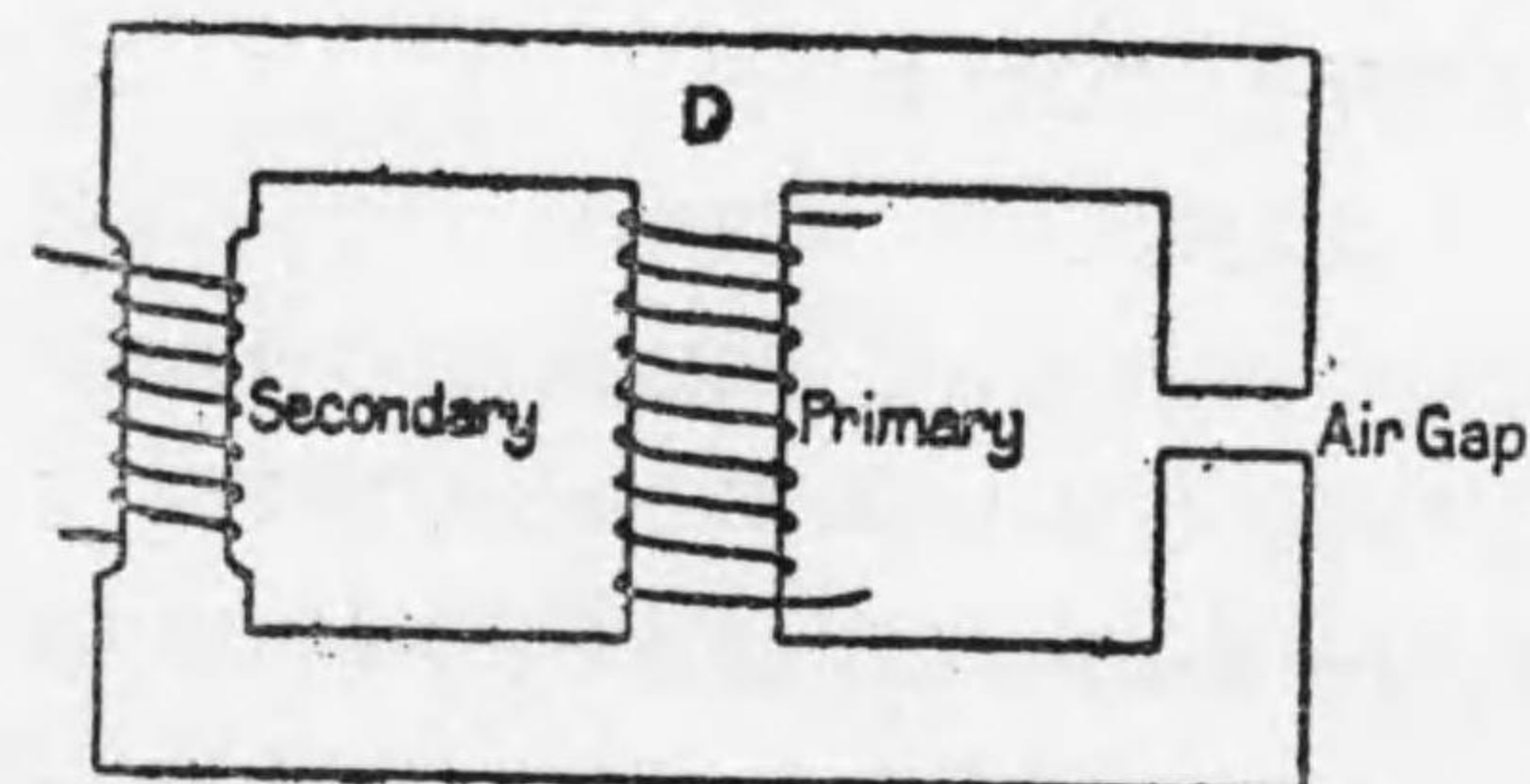
第百三十圖は逆電力リレーが電圧の下降により受ける影響を減せむとせる他の一方法にして（英國特許 16,575/1914）、此のリレーは電磁誘導作用の原理で動き作用を起す逆電力の大きさは平衡重錘の大きさにより、電圧の調整は此の鐵製の平衡重錘と電圧調整捲線との間の電磁吸引力によりて成さる。電圧が下降すれば吸引力が減じリレーを作用せしむる逆電力が少くなる。

即ち電圧が下降した時作用に要する逆電力は調整されないリレーよりも少い。此の調整方法は誘導型でないリレーにも應用することが出来る。

逆電力リレーに使用する定電圧變壓器

ウエスチングハウス會社では第百六十五圖に示す如く二重饋線の保安として逆電力リレーに定電壓變壓器を使用して居る。第百三十一圖は此の變壓器の原理を示すもので、規定電壓では二次捲線の鐵心の激しく磁氣飽和を受けてをる。従て一次電圧が

第百三十一圖



下降するに連れて二次捲線には益々多い割合で磁束が通り二次電圧は一次電圧の様に急に下降せぬ。斯様な變壓器は測定器用としては不適當であるが逆電力リレーに使用すればリレーの作用を改善する事が出来る。

交流逆電力リレーの接続

單相回線の場合には頗る簡單で普通のワットメーターと同じ様に接続すればよい。従て三相交流回線に就てのみ考ふれば澤山である。

多相逆電力リレーは單獨の單相リレー二個又は三個より成る