

ものなるを要し、三線式では二個、四線式又は中性点を接地したる場合には三個の單相逆電力リレーを要す。各單相リレーは各獨立のカーレント・トランスフォーマーを有せねばならぬ。

單相リレーの数を減少する爲め逆 V の接続法をなし四線式で三個のカーレント・トランスフォーマーに二個の單相逆電力リレーを使用した事があるが之れは已に述べた過負荷リレーの場合と同様な缺點がある。多相回線の保安上完全ならしむるにはカーレント・トランスフォーマーと同数の單相リレーを使用せねばならぬ。

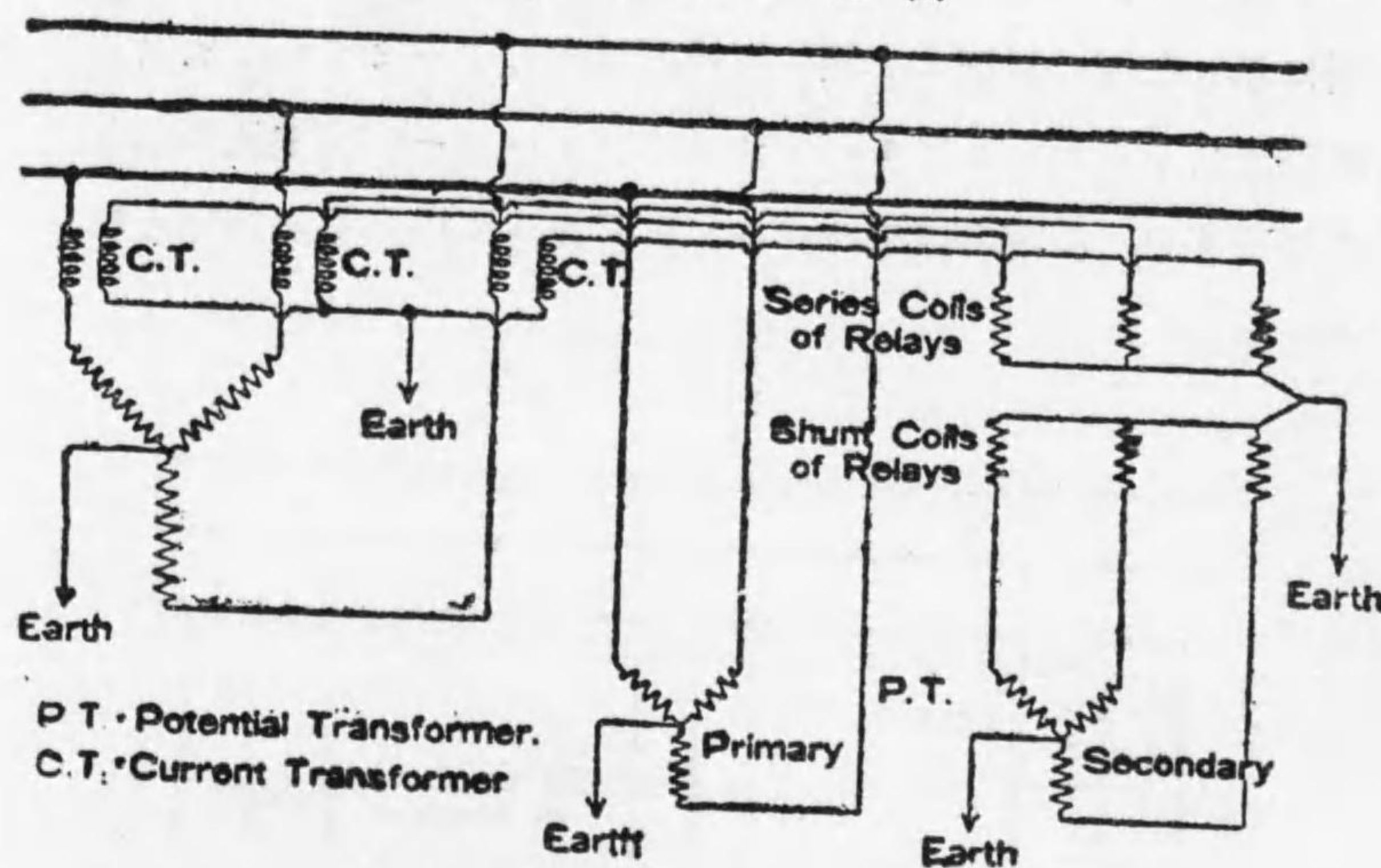
中性点を接地せる回線への接続

二基以上の發電機が並列に運轉せられ其の中性点は互に接続せられ又は接地されて居る場合には高周波の發電機に向て電力の逆流が起り得る (Electrical Engineer. 1907. 4 月 26 日参照)。第百三十一圖は適當な接続法を示すもので、要するに中性点を接地せる三相交流發電機に附ける逆電力リレーは三個の單相逆電力リレーより成り其の電流捲線、電壓捲線は星形に接続され、電壓捲線に結ばれて居るポテンシアル・トランスフォーマーは一次二次共星形に、三個のカーレント・トランスフォーマーの二次回線も星形に結線し、各星形の中性点を接地するを要す。

中性点を接地せざる三相回線の接続

此の場合はリレーがフキエーダーの他端にある變電所に起るもので、發電所では中性点が接地してあつても變電所で又接地する事は出来ない。中性点を接地せず又何等の接続をなさざる發

第百三十二圖



P.T. = Potential Transformer.  
C.T. = Current Transformer.

P.T. = Potential Transformer.

C.T. = Current Transformer.

中性点を接地せる三相發電機に對する三相逆電力リレーの接続電所も澤山ある。

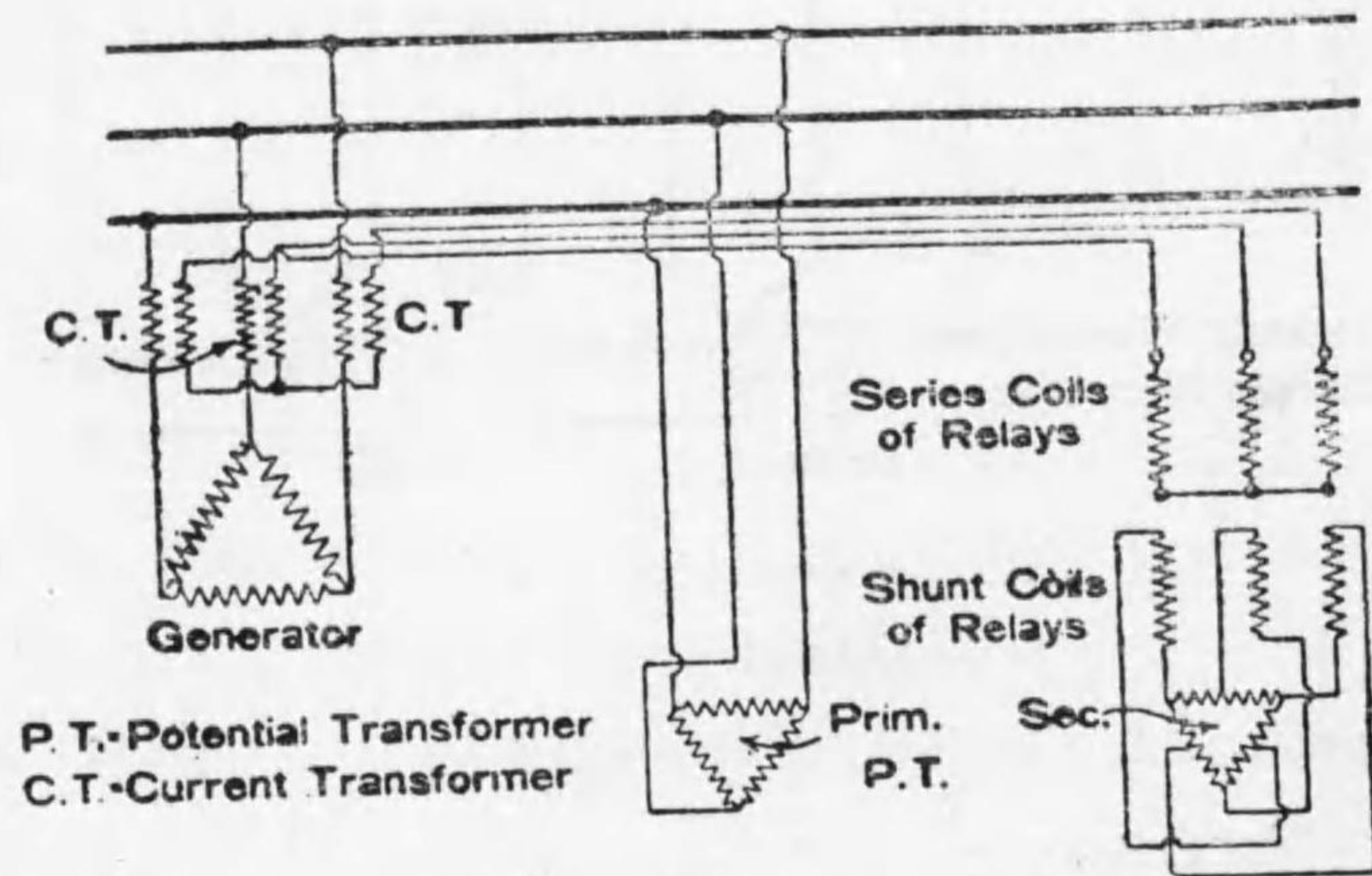
三個の單相リレーを使用した場合には其の電壓捲線も星形に接続した方がよい様に思はるゝが、皆星形に接続すれば電流捲線の方は差支ないが電壓捲線は三個各相等しい抵抗インダクタンスとする事は困難であるから、之れを單に星形に接続すれば星形の中央に眞の中性点が來らず、力率の低い場合にはリレーの作用を不確實ならしむ。

依てリレーの捲線に加へらるゝ電壓を一定に定むる事が必要で、夫れにはデルタ形に結んだ三相ポテンシアル・トランスフォーマー一個又は三個の單相ポテンシアル・トランスフォーマー



ーを使用し、低圧側は捲線の中央より口線を出して**第百三十三圖**に示した様に接続す。然れば電圧捲線のターミナルに加はる電圧は全くポテンシャル・トランスフォーマーの變壓比の通りになりリレーの電圧捲線のイムピーダンスには全く無關係となる。

第百三十三圖



P.T.-Potential Transformer  
C.T.-Current Transformer

P.T.=Potential Transformer.  
C.T.=Current Transformer.

中性點を接地せざる場合の乙種逆電力リレーの接続

以上述べたる處には三線式に於けるが如く三相回線に二個の單相リレーを使用した場合でも適用するを得べく、中性點を一致せしむる爲め特にインピーダンス・コイルを使用する事は良しからず。

過負荷リレーの章で述べた様に三線式でも三個のリレーを使用する方がよい場合があるが發電機の中性點が引き出してない

様な場合には二個の逆電力リレーで足る可く、二極のリレーを使用した場合には**第百三十三圖**に於て一つのリレーを取り去りたると同様の接続をなす。

### 平衡保安装置

(Balance System of Protection)

常規の状態に在りて回線の各部分の電流を互に平均せしむる様にした種々の保安器がある。不平衡が起つた場合には之れによりて遮斷器のトリップ・コイルを動かせるものである。常規の状態に於ては送り出されたる電流と歸る電流とは相等しきを要す。而して二個の平衡保安器具を（内一個は電路の何れか一端に在る）pilot wire（表示線）で結べば其の電路を完全に平衡せしむる事が出来る。大地に對して漏洩がある時には出て行く電流と歸る電流とが異なるから此の差により遮斷器を動かせる事が出来る。斯かる装置は電力の向ふ方向には無關係であるから環狀幹線を保護するには特に都合がよい。以上の原理は平衡保安装置として最も名の知れた Merz-Price の方法に應用されて居り以下之れに就て述べむとす。

### Merz-Price 式平衡装置

Merz-Price の平衡装置は理論上電壓の平衡、電流の平衡電磁平衡等を行ひ得べく、茲では實際に行はれて居るものゝみを



述べ理論上は出来るが実際にはよい結果の得られぬものは止めやう。Merz-Price の保安器はケーブルの保安に尤も多く使用され此のケーブルがフキーターでも二重フキーターでも環状幹線でも同一の原理で、特に環状幹線に用ふ場合が尤も有効である。

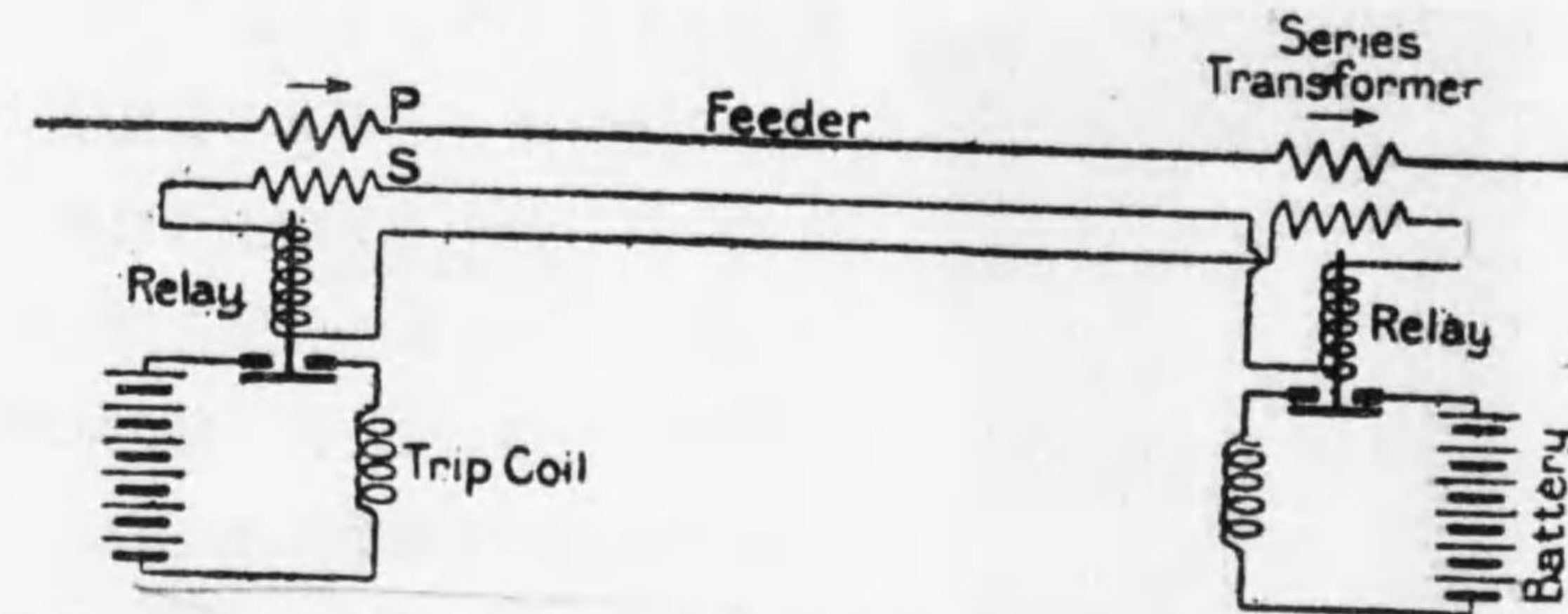
**Mrz-Price 式ケーブル保安**

此の式は電圧の平衡を得むとするものでケーブルの両端にカーレント・トランスフォーマーを置き、其の二次電圧を平衡せしむるにあり。第百三十四圖は其の接続圖で一本のケーブルのみを示す。圖に示された様に此の方式では二本のパイロット・ワイヤーを要し、カーレント・トランスフォーマーの二次回線は之れによりて互に逆の方向に接続されて居るからケーブルに電流が通つた時には此の二次回線には互に打消し合ひて電流が通らない。然し漏洩等によりケーブルの両端の電流に差を起せばカーレント・トランスフォーマーの二次電圧に差を起すらリレーに電流が通り其の値が充分大なれば両端に於て遮断器を動かせる。通常全負荷電流の 100% の漏洩が起つた時リレーを作用せしむる様に調整す。

第百三十四圖に示した接続圖に用ひたリレーは極簡単なもので、第百三十五圖に示した British Westinghouse Co. の製造である。British Thomson-Houston Co. で作つたリレーも之れによく似て居る (Faye-Hansen & Harlow, Proceeding. I.E.E., Vol. XLVI. 1911. p. 701 参照)。

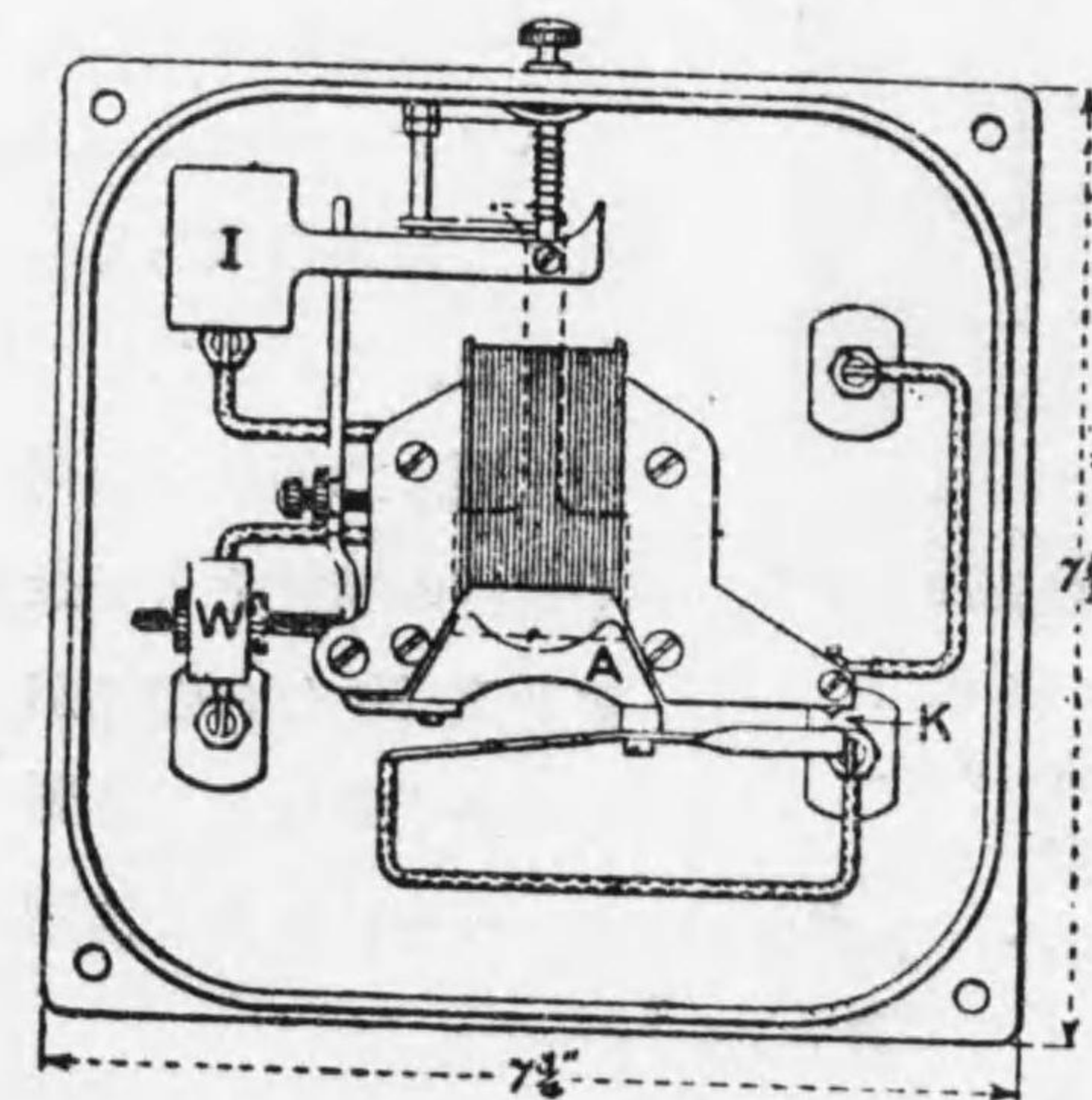
第百三十五圖に於て A なるアーマチュアの重さは W なる

第百三十四圖



平衡重錘によりて平均され K はトリップ・コイル回線を開閉する接觸點である。I は指標で之れが落ちるとリレーが作用した事を示す。平衡電圧式ではフキーターか極く短い場合の外常にリレーを要す。

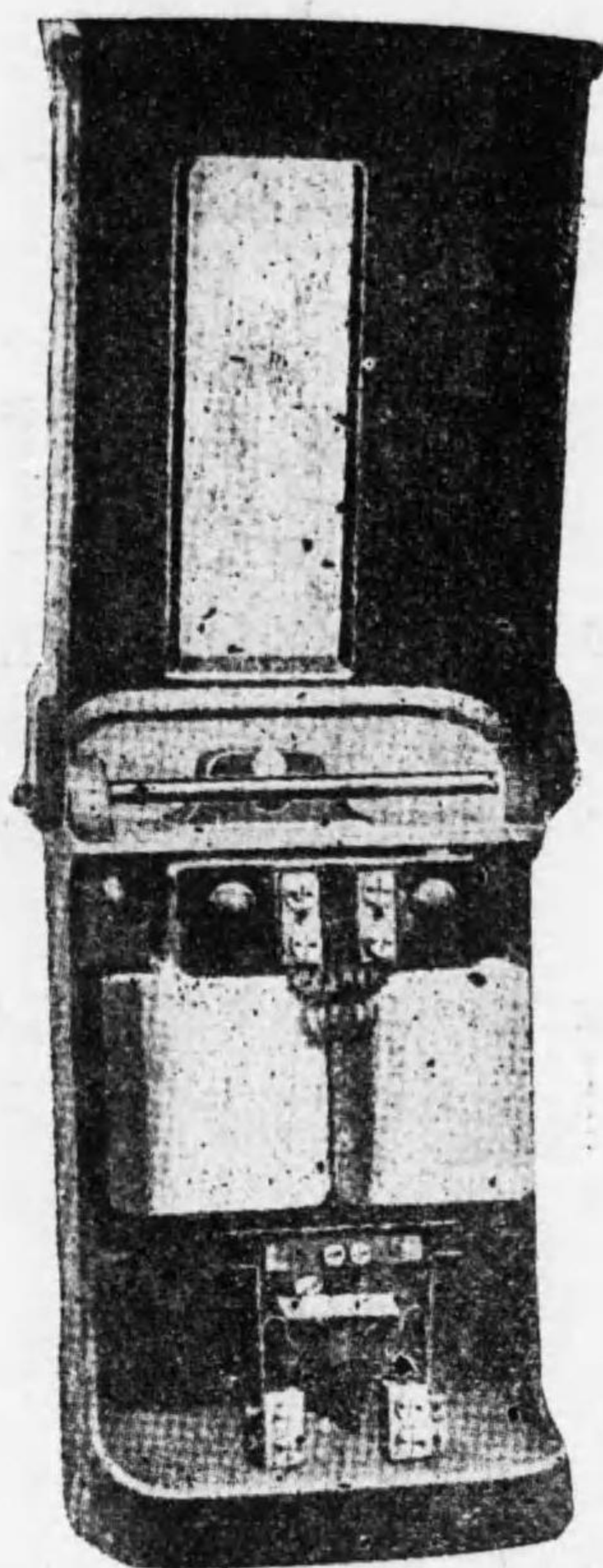
第百三十五圖



British Westinghouse Co. 製造 Merz-Price 式保安器用リレー



第百三十六圖



Reyrolle 會社製  
Merz-Price リレー

第百三十六圖は Reyrolle & Co. 製のリレーで小なる空隙を存する軽いアーマチュアのある電磁石より成りアーマチュアが上つた時トリップ・コイル回線の接觸を閉ぢ重い接觸片を落して之れと並列に電路を作り作用を確實ならしむ。

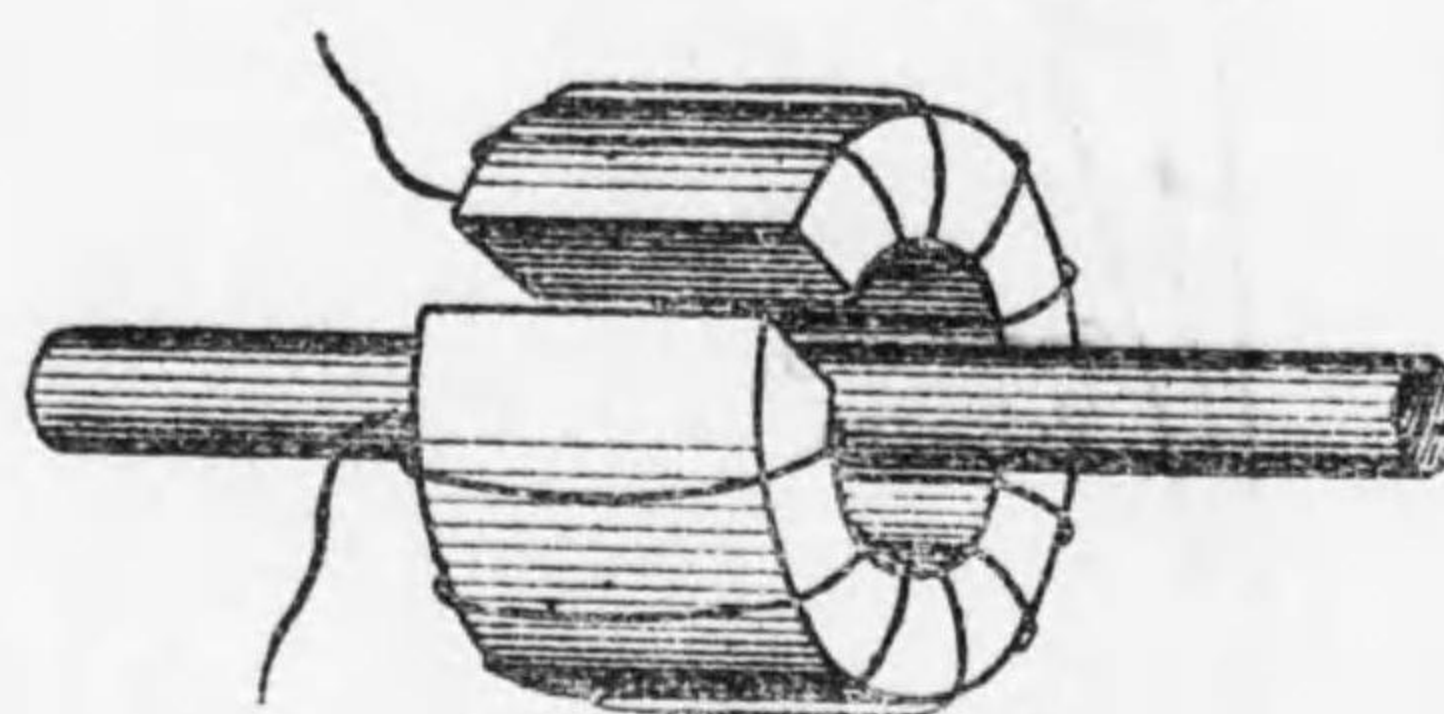
平衡電壓式に用ゆるカーレント・トランスフォーマー

平衡電壓式に用ふるカーレント・トランスフォーマーは少しく特殊の設計を要するは明である。先づ第一に此のカーレント・トランスフォーマーは二次回線を開放しても使用出来るものでなければならぬ。次ぎに二個の變壓器の二次電壓は如何なる負荷に於ても全く同様の特性を有し全負荷の 20 倍乃至 30 倍の短絡が起つた場合でも全く同様なるを要す。此の一

對のカーレント・トランスフォーマーは極めて精確に平均するを要す。

斯様な變壓器は磁路に或る空隙を有し作用中空隙の大きさを變ぜざる様堅固な構造となさねばならぬ。

第百三十七圖

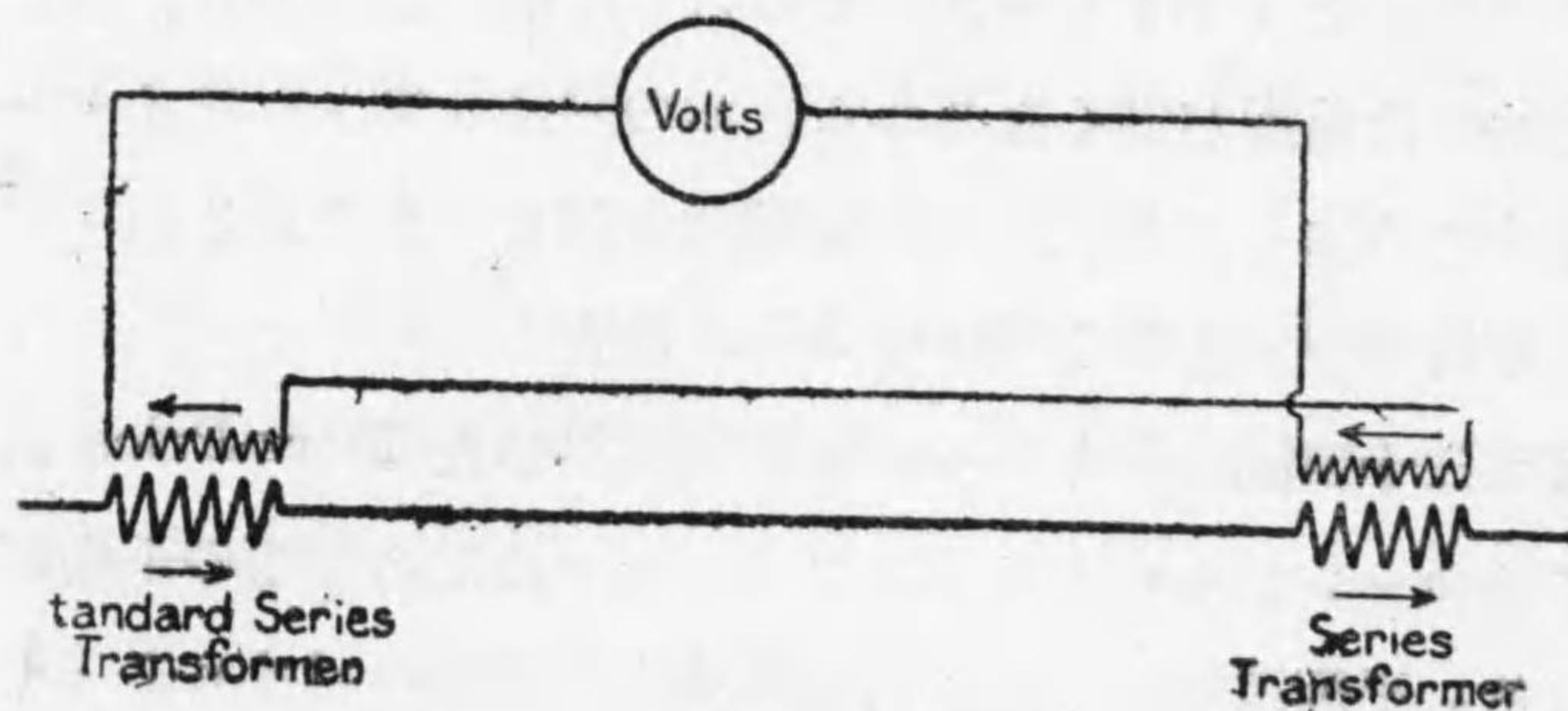


Merz-Price 式平衡電壓保安器用 Reyrolle Co. 製  
カーレント・トランスフォーマー

第百三十七圖は Reyrolle & Co. で作るカーレント・トランスフォーマーである。第百三十八圖は其の平衡試驗法なり。

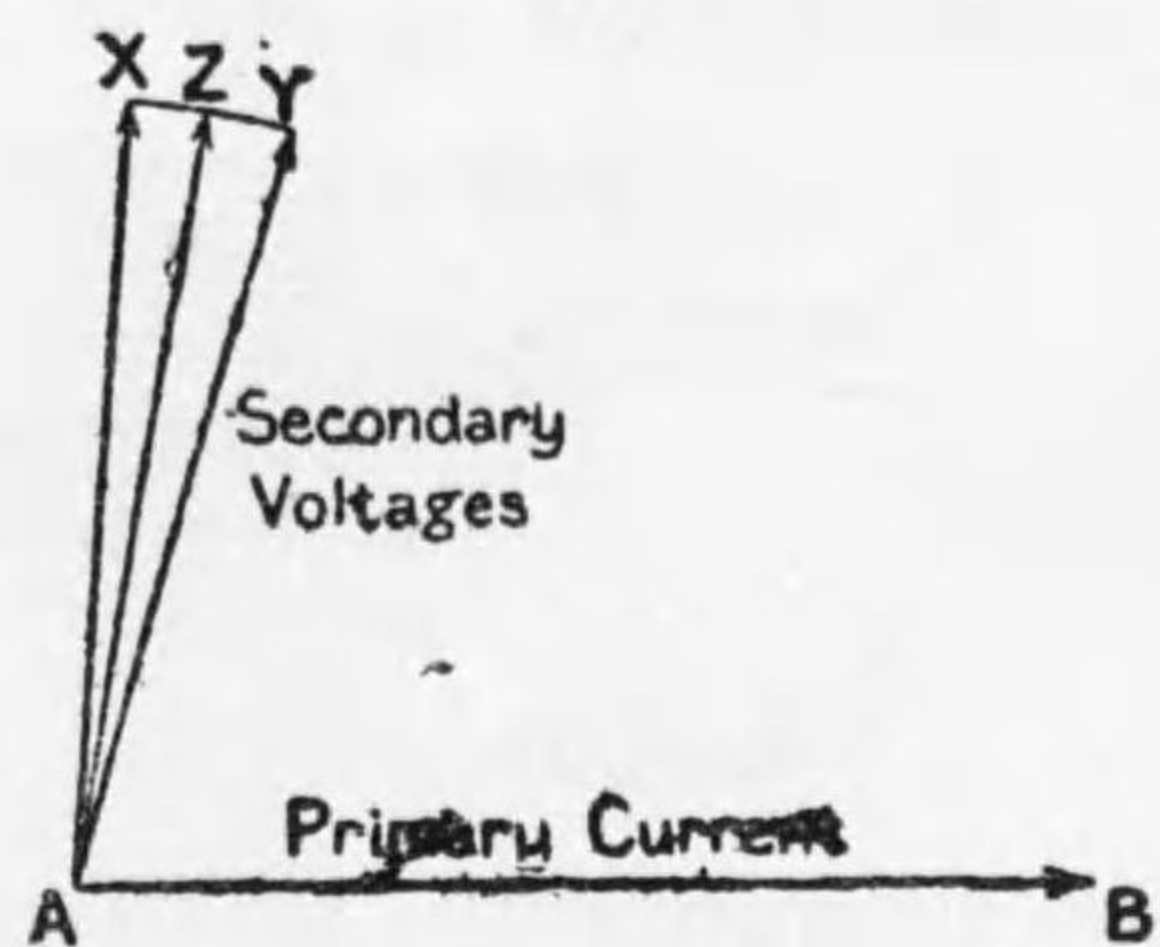
各變壓器は標準變壓器に對して順次に試験し二次電壓の値のみならず位相の差も相等しきを要す。其の必要は第百三十八圖のベクトル線圖で説明せらる可く、即ち AB は標準變壓器の一次電流、AZ は二次電壓を示し、AX, AY は夫々二個の試験された變壓器の二次電壓とす。而して此の三つの二次電壓は値に於て相等しとするも其の間に位相の差を存し、此の差は遮

第百三十八圖



Balancing of Series Transformers.





Vector Diagram for Balanced Transformers for use with Balanced-Voltage Merz-Price Protective Gear

Merz-Price 平衡電圧式用カーレント・トランスフォーマーの試験

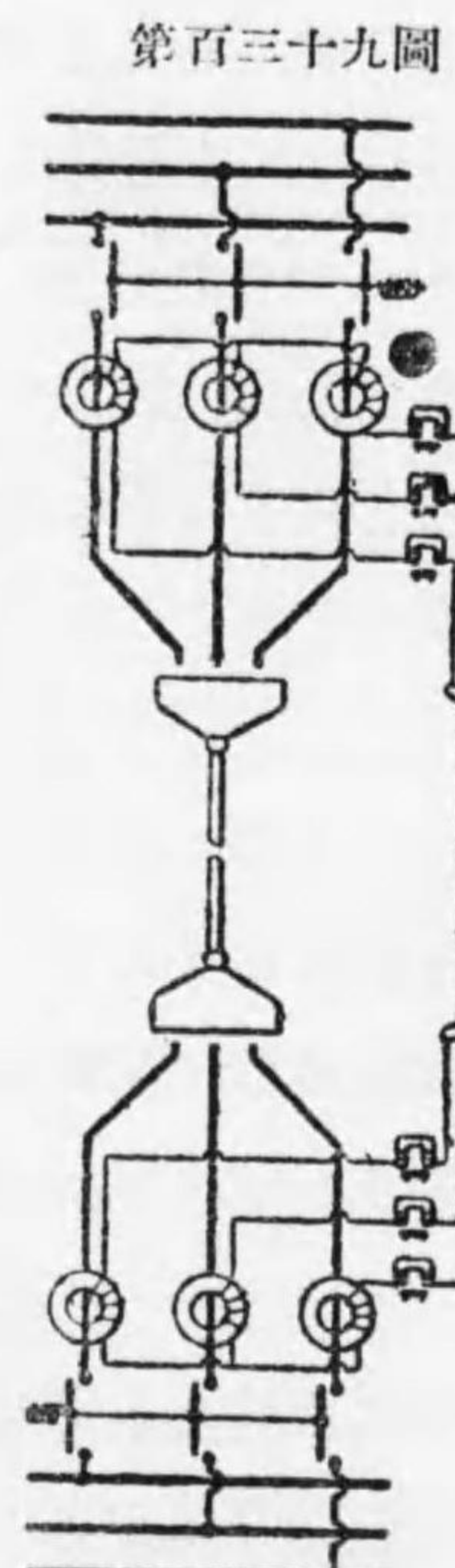
断器のトリップ・コイルを作用せしむるに足るべし。依て位相の差を測定し相等しくなるまで調整せねばならぬ。

第百三十九圖は平衡電圧保安器を、中性点を接地せる三相回線に接続せる圖で三本のパイロット・ワイヤーを要す。

中性点が接地されぬ場合にはパイロット・ワイヤーは二本で足る可く、カーレント・トランスフォーマーも三個の代りに兩端に二個宛となりリレーは三個の代りに唯一個で済む。然し此の方法では感度が鈍くなるから三本のパイロット・ワイヤーを使用する方法を三相式回線の標準法と認むべきである。

發電機及び變壓器の Merz-Price 保安

第百三十四圖の如きケーブル保護に用ひた Merz-Price 式に於てはカーレント・トランスフォーマーの二次電圧の平均が得られる。平衡電圧式では平衡電流式より所要のパイロット・ワイヤーが少いから一般にケーブルの保安に適用される(Hansen



Northumberland & Durham の Power Supply Undertakings で採用せる三相フキーダの Merz-Price 式平衡電圧保安器の接続

流れて居り、カーレント・トランスフォーマーは發電機捲線の兩端に（變壓器の場合には一次及び二次線側に）結ばる、常規の状態に在りてはカーレント・トランスフォーマーの二次電流は全く相等しくリレー又はトリップ・コイルに對して相等しく反對の力を加へて居るが、保護す可き機器の内部に故障が起つた場合には平均が破れてスイッチを開くに至る。

電流平衡式では平常はカーレント・トランスフォーマーの二次回線は閉電路をなすから此の變壓器に電流計などを結ぶ事が

& Harlow "Proceeding" I.E. E., Vol. XLVI. 1911. p. 675 参照)。然し平衡電圧式ではカーレント・トランスフォーマーはリレーを作用せしむる以外に例へば配電盤の計器を動かす等の事は出来ない。發電機とか變壓器とかの機械の保安に對してはパイロット・ワイヤーの長さが少くなるから平衡電流式が使用される。

平衡電流式ではカーレント・トランスフォーマーの二次回線には負荷に比例する電流が常に

流れて居り、カーレント・トランスフォーマーは發電機捲線の兩端に（變壓器の場合には一次



出来る。而して平衡電壓式の如く大なる過負荷に於てもカーレント・トランスフォーマーがよく平均を保つや否やを見又平均を保たしむる爲め二個のカーレント・トランスフォーマーは二次回線の負荷が全く相等しき様に調整するを要す。即ち一對の内一個は二次回線の電流計を有し他は之を有せざる様な時には之れに電流計と全く相等しいインピーダンスを有するコイルを接続す可し、

次に電磁平衡式に就て説明せむ。これは大體に於て電流平衡式に等しいもので唯別に平衡用の補助變壓器を使用し、二個のカーレント・トランスフォーマーの二次電流は補助變壓器の一次回線に流れ補助變壓器の二次電流はトリップ・コイルを通るやうになつて居る。

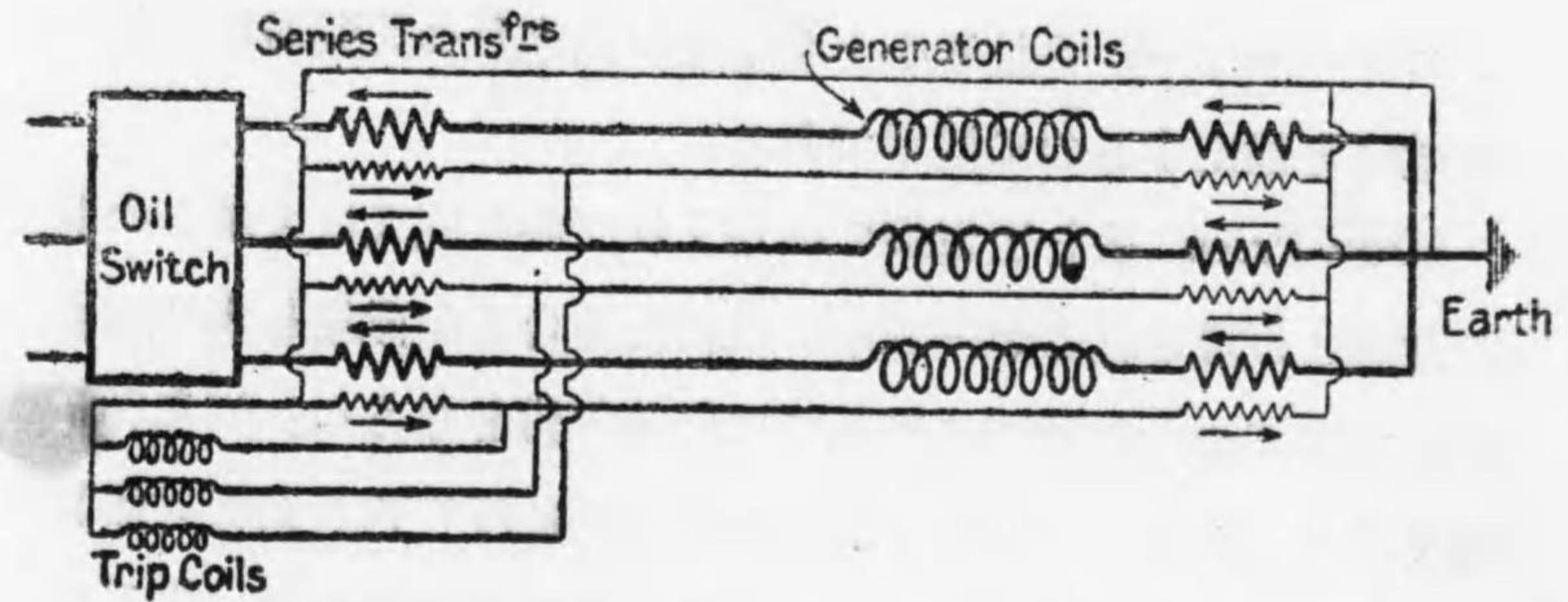
故障がない場合には補助變壓器の二次線には少しの電壓も起らず、故障の際には二個の補助變壓器一次線の平均が破れ開閉器を開く。然し一般に電流平衡式の方を用ひ之れはリレーなしでも使用する事が出来る。

**發電機の Merz-Price 平衡電流保安**

リレーを使用せざる場合 第百四十圖は其の接続圖で發電機は星形に結ばられて居る。

發電機捲線の兩側にカーレント・トランスフォーマーが結ばれ發電機の星狀點側の變壓器は發電機に付けて装置し又は發電機捲線の一部を配電室に引き來り茲にカーレント・トランスフォーマーを附す。故障の場合には二次電流は直ちにトリップ・コイルを動かしリレーはない。

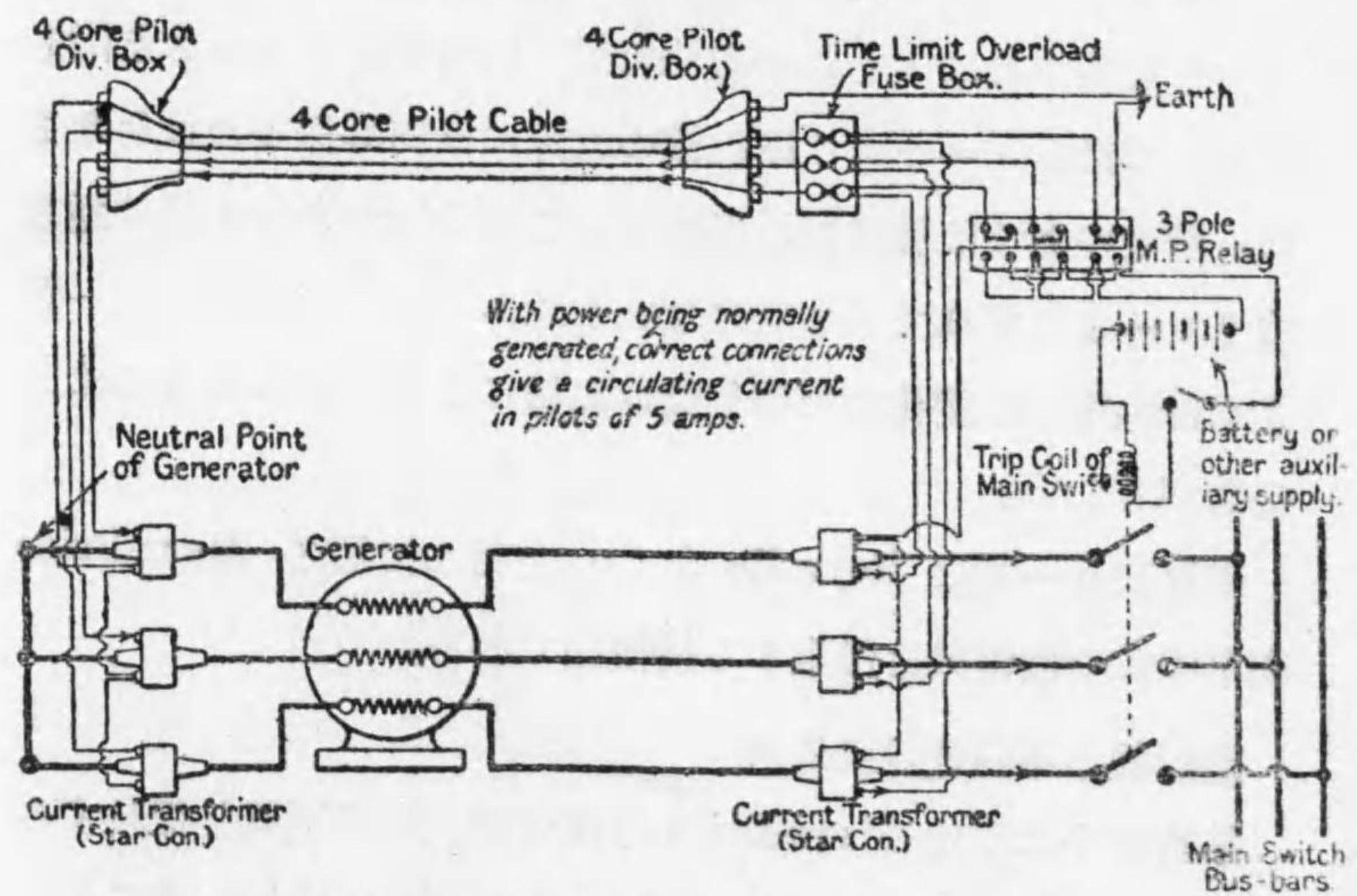
第百四十圖



星形三相發電機をリレー無し Merz-Price 平衡電流式で保護する接続圖

リレーを有する場合 リレーを使用する場合には第百四十一圖の如くに接続し唯二次電流はリレーに流れ之れによりてトリ

第百四十一圖



星形三相發電機をリレーを有する Merz-Price 電流平衡式で保護する接続圖



ツブ・コイルを動かす。リレーを使用すればカーレント・トランスフォーマーの容量を小とする事が出来且つ開閉器を開放する電流を豫定するのに簡単である。

Merz-Price 式を發電機に使用すれば各相間又は大地との間の故障は保護されるが一相中で破れた場合とか磁場を失ひ或は原動機に起つた故障等に対しては何等保護をなさぬ。過負荷を防ぐ爲め Reyrolle 會社では平衡保安器に限時性負荷保安器を附せり。これは一組のカーレント・トランスフォーマーの二次回線にフューズを直列に接続したもので、過負荷の際フューズが切斷せらるれば他の一組のカーレント・トランスフォーマーの二次電流がリレーに流れてトリツブ・コイルを動かす。

前にも述べた通り（交流逆電流リレーの項）發電機に過負荷リレーを附するはよくない方法で且つ限時性のフューズを附した處ろで此のフューズは原動機の故障には何等保安の役をなさぬ。著者の考では發電機の保護としては Merz-Price 或は逆電力リレーより優れて居る點はないと思ふ。殊に逆電力リレーがよく母線電壓の變化の影響を受けぬ様になつて居る場合には此の感が著しい。

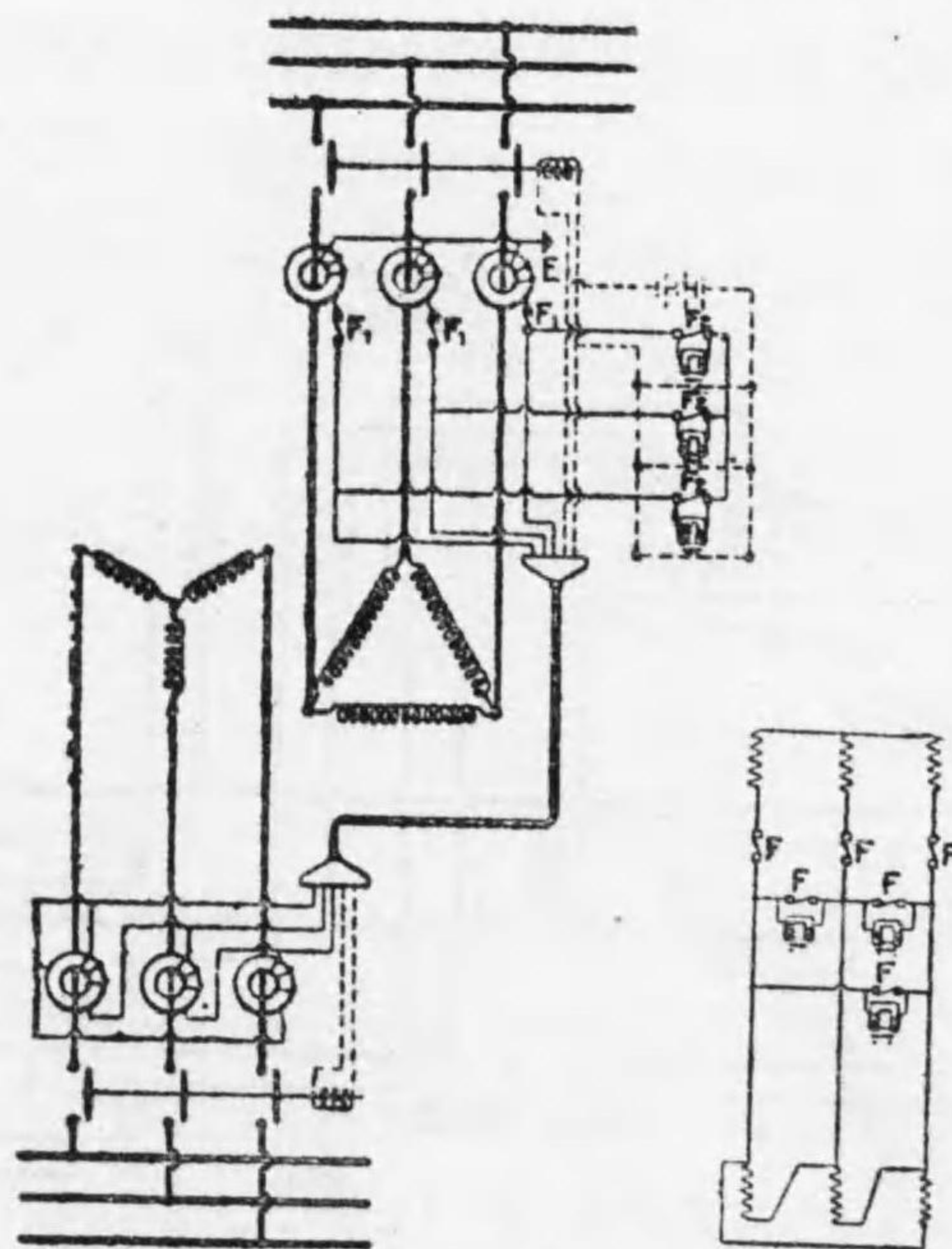
第百四十一圖は Reyrolle & Co. で行つて居る Merz-Price 平衡電流式で發電機を保護する接続圖である。

變壓器の平衡電流式保護

第百四十二圖は Merz-Price 平衡電流式で變壓器を保護する場合の接続圖で、Reyrolle & Co. では Merz-Price 式のみでは完全に變壓器を保護する事は出来ないと云つて居る。

而して低壓母線に短絡が起つた場合の様な過負荷に對する別な保安器が必要である。第百四十二圖には之れに對して限時性のフューズ  $F_1$  がカーレント・トランスフォーマーの二次線に直列に結んである。此のフューズが切斷すれば他のカーレント・トランスフォーマーの二次電流が直ちにリレーに流れてトリツブ・コイルを動かす。リレーに並列に  $F_2$  なるフューズが結ばれて居る。これは開閉器を閉づる際トリツブ・コイルが動かぬ様にする爲めで、開閉器を閉づる瞬間には鐵心の殘磁氣と

第百四十二圖



Merz-Price 平衡電流式變壓器の保安  
F = 限時フューズ

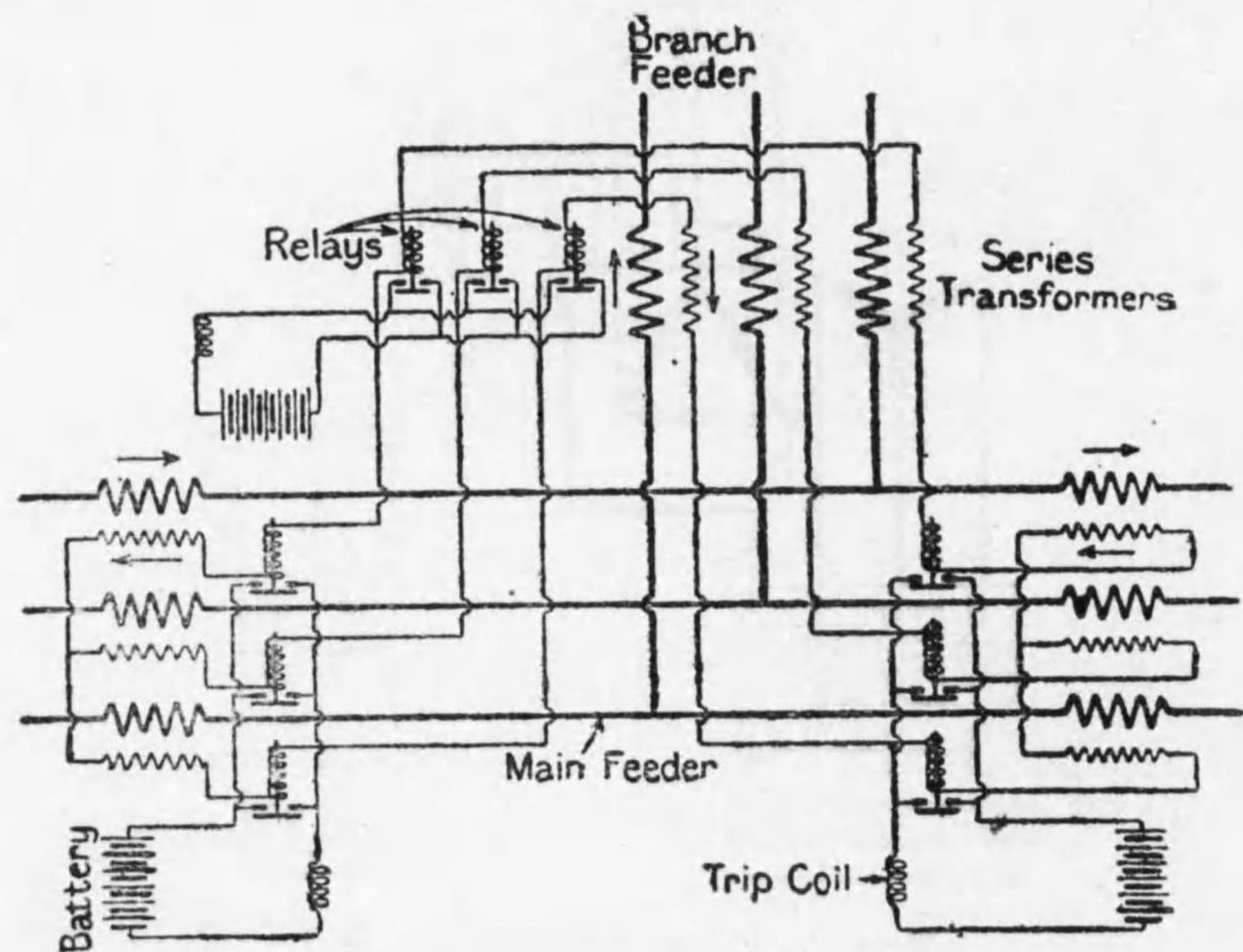


開閉器接觸の閉づる瞬間に於ける電壓との位相關係により非常に大なる勵磁電流が通り、單純な過負荷遮斷器の場合でも故障の原因となるから變壓器用開閉器には是れに對して猶豫時間を與ふる装置が必要である。Merz-Price リレーに並列に結んだフューズは瞬時動作の場合の一得點となつて居る。然し變壓器の保安としては此の方法はあまり複雑で著者の現在の考では一般に勧める事は出来ない。

**分岐フキーダーの平衡保安**

分岐（或は丁形）フキーダーに適用する Merz-Price 保安器は平衡電壓式が尤も適當で**第百四十三圖**に示した様な接続とな

第百四十三圖



Merz-Price 平衡電壓式による分岐フキーダーの保安接続圖

。平常の状態では三つのカーレント・トランスフォーマーの二次回線に誘發された電壓の和は零となるが、幹線又はフキーダーの或る部分でアース (earth) した場合等には此の平均が破れてトリップ・コイルを作用せしめ開閉器を開く。

此の場合にはカーレント・トランスフォーマーの二次電線は無負荷に對し常に直線の電壓特性を有して居らねばならぬ。此の特性に依り二次電壓は一次電壓に比例し以て負荷の保安をなすのである。

**平衡保安器に於ける交流トリップ**

故障のあつた際にパイロット・ワイヤーを通る電流が直ちにトリップ・コイルを働かすに用ひられない場合には別に此の目的に對して直流の電源を要す。Merz-Price 式に多くの経験を有せる技術家は多くはトリップには直流がよいと云つて居る。然し交流も用ふる事が出來**第百四十四圖**は其の接続圖である。

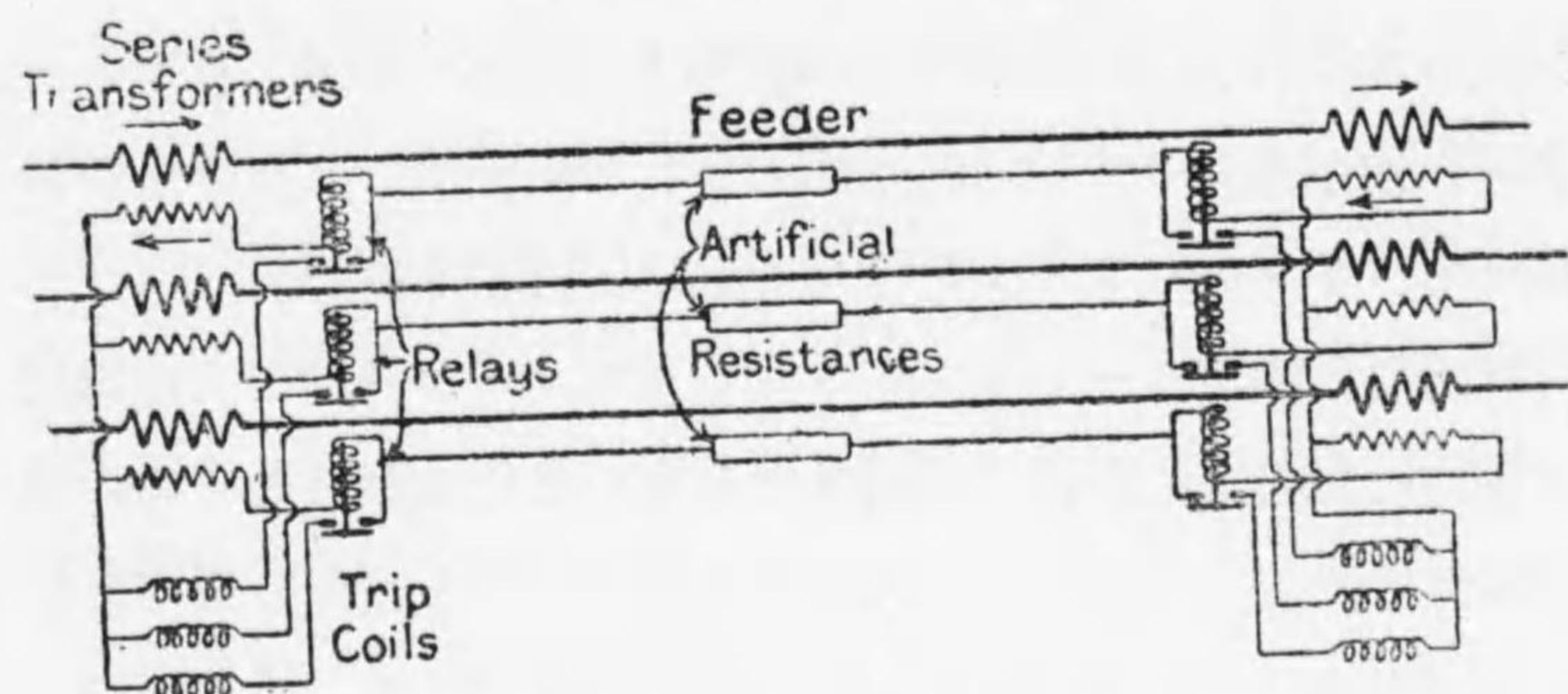
此の場合にリレーが動けばカーレント・トランスフォーマーの回線をトリップ・コイルを通じて閉づる様になつて居る。

フキーダーが長くなければパイロット・ワイヤーの抵抗を増し故障が起つた時カーレント・トランスフォーマーにトリップコイルを動かせるに充分な電壓を誘發せしむる爲め特別に抵抗を入れる。故障の際には兩端より給電されカーレント・トランスフォーマーは相助けてパイロット・ワイヤーに電流を送る。

而してパイロット・ワイヤーがあまり短かければ抵抗が少く殆んど短絡の様な状態となり、トリップ・コイルを動かすに充分な電壓を誘發する事が出来ない。従つて特別に抵抗を接続す



第四百四十四圖



交流トリップを有する平衡電圧式

るを必要するのである。

#### Merz-Price 式に於てトリップ電流の決定

Merz-Price 式は稍複雑であるが目盛試験は簡単になされる。殊に平衡電圧式では簡単である。リレーを使用すれば頗る簡単になり其のインピーダンスは甚だ小なるものであるから、トリップ・コイルの變化するインピーダンスに對して斟酌する必要はない。然し多くの場合目盛はパイロット・ワイヤーの長さ、カーレント・トランスフォーマーのインピーダンス等の影響を受けるもので此の保安器を完全に作用せしむる様に調整しトリッピング・カーレント (tripping current) を定むるには多くの熟練を要するものである。

Merz-Price 保安器の應用の範圍は甚だ廣いが出来るだけ簡単な方式を採る事が必要で且つ將來擴張の場合に容易に適應せしめ得るものでなければならぬ。此の式は元來頗る複雑な方法であり事業が頗る大で重要な場合にのみ適當なものと思はれ

る。

#### Merz-Price 式に於てキャパシティー・カーレントの作用

平衡電圧式に於てはパイロット・ワイヤーのキャパシティー・カーレント (capacity current) の作用を受けるもので之れを除く爲めには短絡の場合にパイロット・ワイヤーに誘發された最大電壓を出来るだけ少くして置かねばならぬ。此の電壓を定めてキャパシティー・カーレントの大きさを計算しトリップ・コイルを動かす程の大なる電流となるかどうかを確めねばならぬ。Faye-Hansen 及び Harlow は之れに對して 4 の安全率を取る可しと云つて居る。

#### Merz-Price 式に於てパイロット・ワイヤーの破損

平衡電圧式に於て (フキーダーに用ひられた場合の如く) パイロット・ワイヤーが切斷されると之れに關して何等の表示もなく、故障が起つては保安器は作用を起さない。従てパイロット・ワイヤーは時々検査するを要す。平衡電流式ではパイロット・ワイヤーを切斷すれば (電流が充分多く流るれば) 直ちに開閉器が作用する。

#### フキーダーの平衡電流保安

前にケーブルを保護する爲めに用ふる Faye-Hansen, Harlow 平衡電流式保安裝置に就て述べたが、此の式は次ぎの如き特長がある、即ち

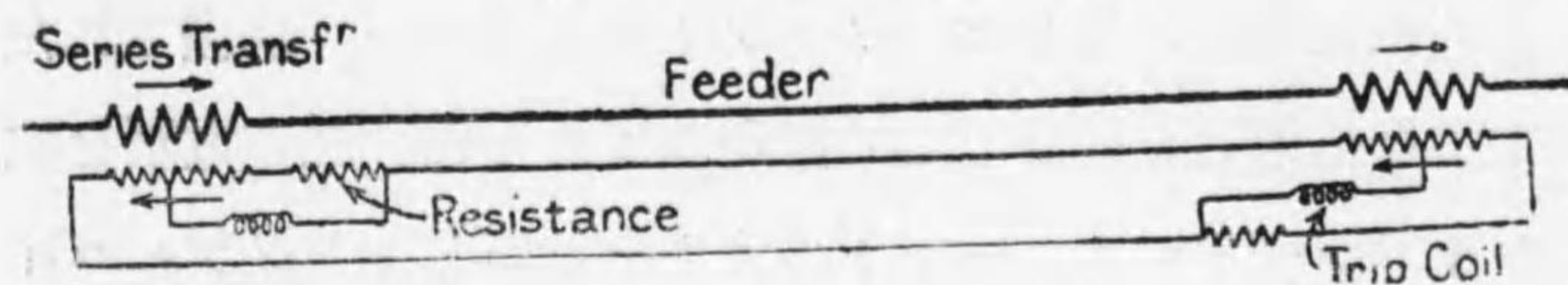
- (1) リレーを要せぬ事。
- (2) トリッピング・カーレント (tripping current) として他の電源を要せぬ事。



(3) 變壓器の極く精確な平衡を要せぬ事。

等で、**第百四十五圖**は單相のフキーターに適用せる場合を示せり。

第百四十五圖



此の装置は兩方のステーションに於てカーレント・トランスフォーマーの二次線より口線を出し適當なる抵抗を附して同一の電位に在る點(平常の状態に於て)を求め之れにトリップ・コイルを接続せるものである。此の抵抗は凡そパイロット線の一本の抵抗に等しきものとせば平常の状態にありてはカーレント・トランスフォーマーの二次回線の中央の齒と抵抗の終端とは同一の電位に在るを以てトリップ・コイルには電流は通らぬが、故障の際には此の平衡を破りトリップ・コイルに電流を送るのである。此の方法を三相式回線に應用すれば接続が稍複雑となり平均を保つ可き器具の数を増加するの不利あり。

Faye-Hansen, Harlow 氏は此の方法と直流又は交流にてトリップする平衡電壓式(**第百三十四圖**、**第百四十四圖**)との比較を試みたり。直流でトリップする平衡電壓式は全體として最もよい結果が得られパイロット線の電壓も最も低いが、トリップする爲め特に直流の電源を用意して置かねばならぬ缺點がある。交流でトリップする平衡電壓式(**第百四十四圖**)は直流の場合より稍劣つた結果となりカーレント・トランスフォーマー

の容量も大きくしなければならぬ。

Faye-Hansen, Harlow の方法では一層大なるカーレント・トランスフォーマーを要するが而も使用に堪えぬと云ふ程ではない。此の三式に對してトリップを起した時のカーレント・トランスフォーマーの二次出力は夫々凡そ 7 ワット、54 ワット、190 ワットである。

トリップを起すに要する故障の電流は Faye-Hansen, Harlow の方法でも平衡電壓式でも大差なく而も前者は三相式回線に對して後者が三本のパイロット線を要する時二本で足るの利あり。

此の式を用ひた結果が果してどんなであるかは未だ著者の耳にせざる處ろであるが、リレーを要せざればリレーの接觸部に於て起るスパークの危険なく瓦斯の多い坑内などに使用するに適して居ると思ふ。

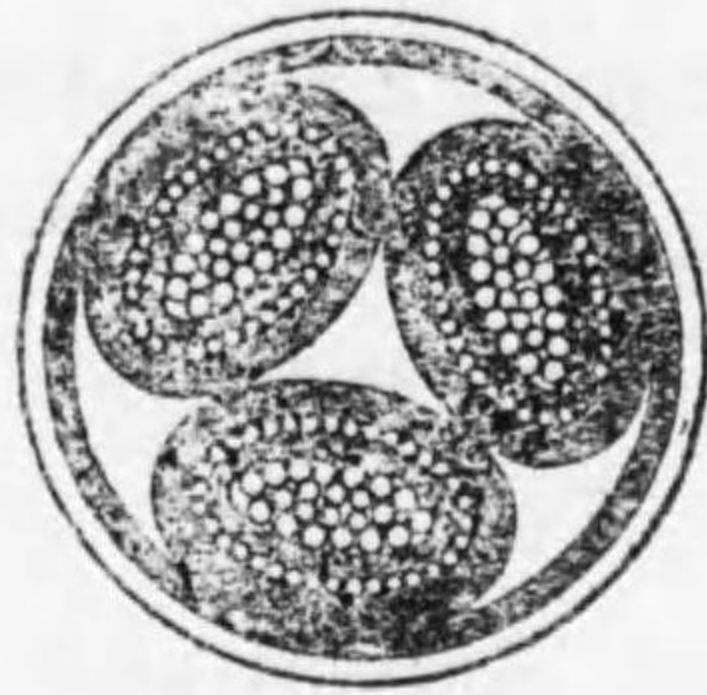
## 導線を分割する保安方法

Merz-Price 式ではすべて多少のパイロット線を使用して居る。Merz-Price 式の特長を探り而もパイロット線を省略せむとせる種々の企があるがケーブルの導線を分割せる方法は先づ成功せる方であらう。

此の方法は各相の導線を二つの部分に分つもので架空線の場合には分割した各部は別の碍子で支へられ即ち二重フキーターとなる。高壓回線に於ては分割された二部分間の絶縁は比較的

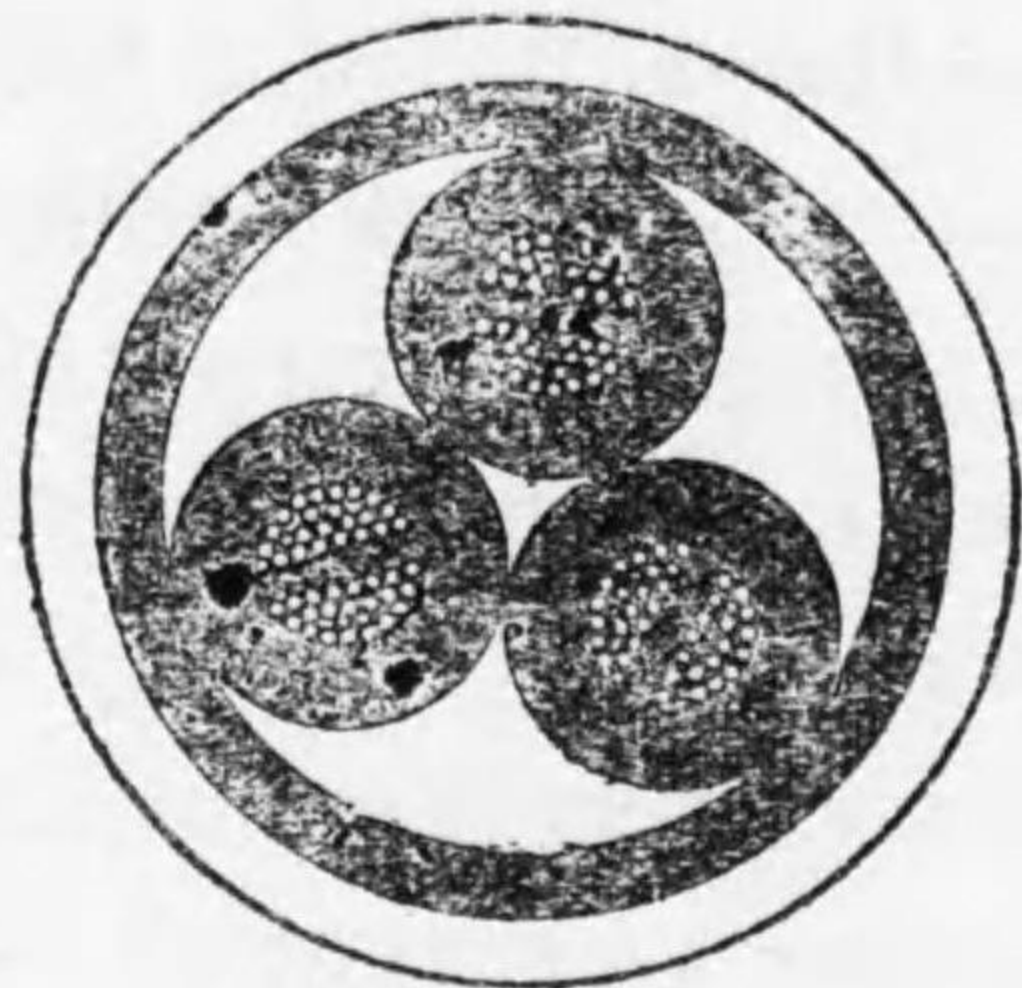


第百四十六圖



6,000 ヴォルト用三心ケーブル  
導線を分割す

第百四十七圖



20,000 ヴォルト用三心ケーブル  
導線を分割す

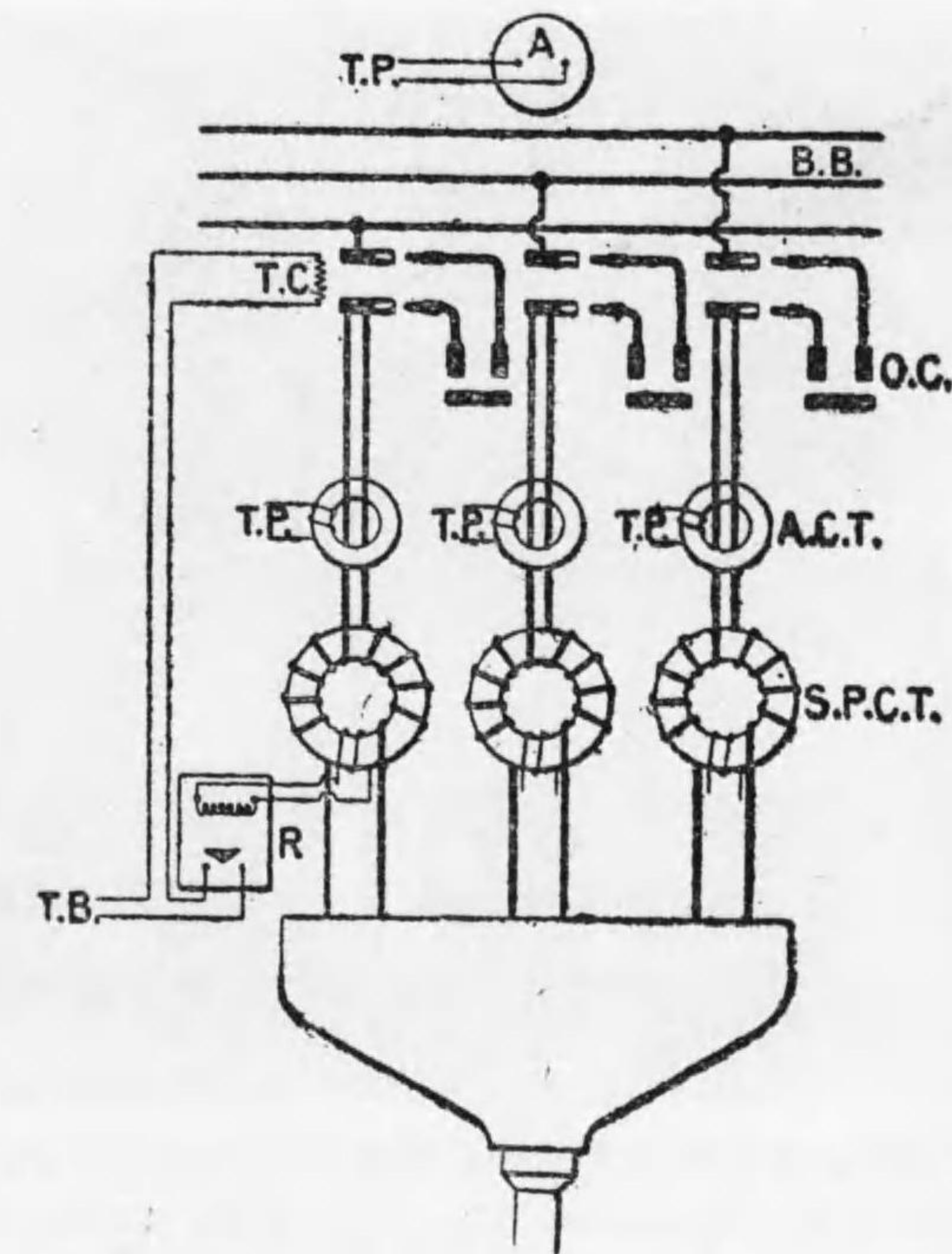
軽微とし之等と大地との間の絶縁を嚴重にする（英國特許第4,004/1911, 26,857/1911 参照）。ケーブルの場合には**第百四十六圖**、**第百四十七圖**に示す如き構造となし、**第百四十八圖**の如く接続す。

常規の状態に在りては導線の兩部の電流は相等しく保安用カレント・トランスフォーマーの電流は五に平均を保ちリレーの捲線に電流を誘發しない。然し故障の場合には導線の一半にのみ作用し（最初の瞬間に）又は兩部分の電流を不等ならしめ、従てカレント・トランスフォーマーの捲線に電流を通じて遮斷器を働かすに至る。

**第百四十九圖**は此の方式に使用される油入開閉器の一種で、各極はやはり二部に分割され栓状接觸部に於ては同心圓を成して居る。斯く各種の導體をも分割せる理由は下の如し。

✓ **第五十圖**は説明に便にする爲め線路の一相のみを示したもの

第百四十八圖

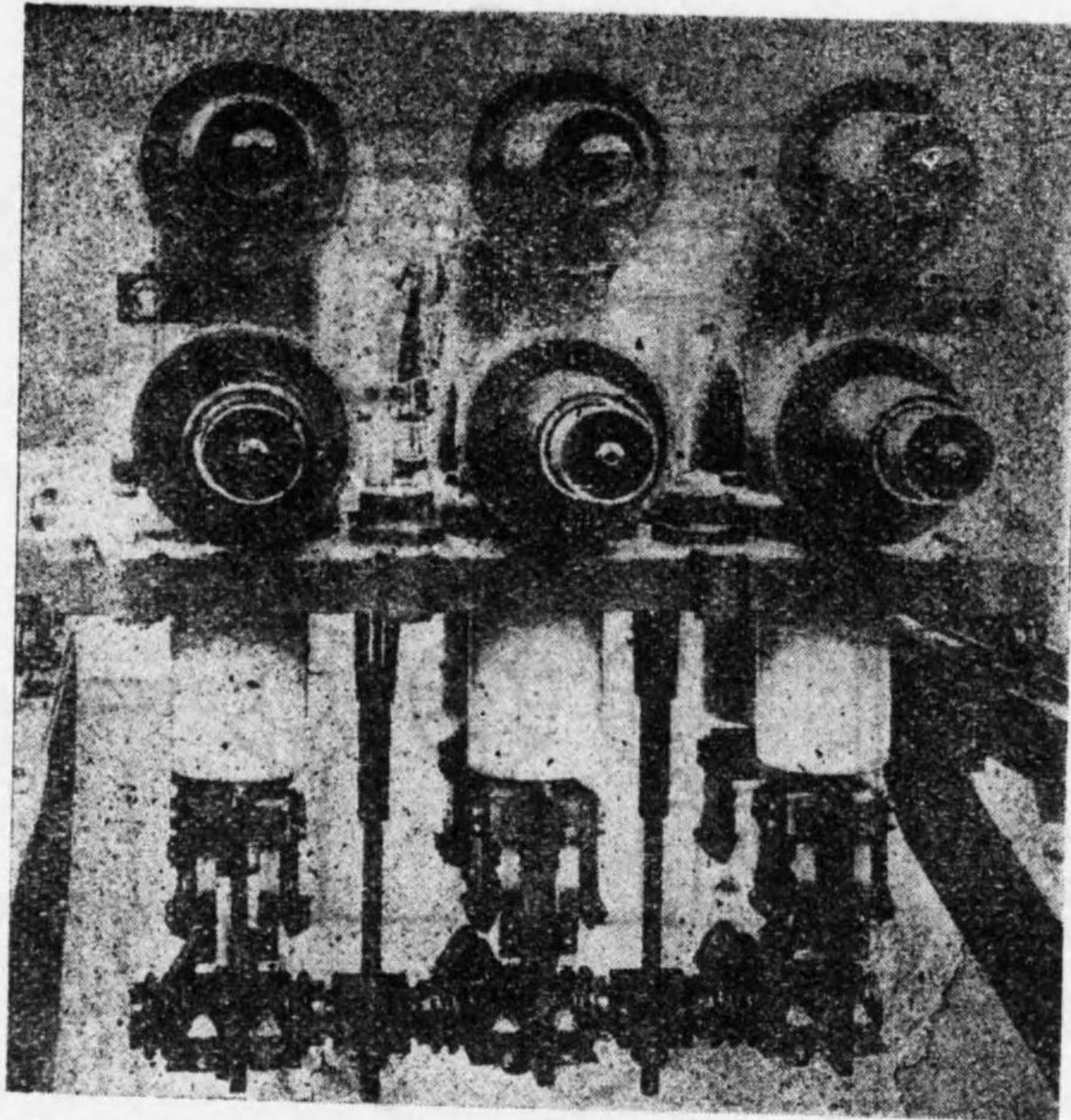


- A = 電流計
- B.B = 母線
- R = リレー
- T.B = バッテリーへ
- A.C.T = 電流計用カレント・トランスフォーマー
- OC = 油入開閉器、接觸
- S.P.C.T = 保安用カレント・トランスフォーマー (Split Conductor Protector Current Transformer)
- T.C = トリップコイル
- T.P = 電流計プラグへ

で右側の一部に漏洩の箇所がある。右側のカレント・トランスフォーマーの半分の捲線中の電流が反轉され従て其の鐵心は磁化され右側の開閉器が開放される。此の場合に若し右側の開閉器に於て開閉器の中まで導線が分割されて居らなかつたならば、左側のカレント・トランスフォーマーの兩線の電流は逆



第百四十九圖

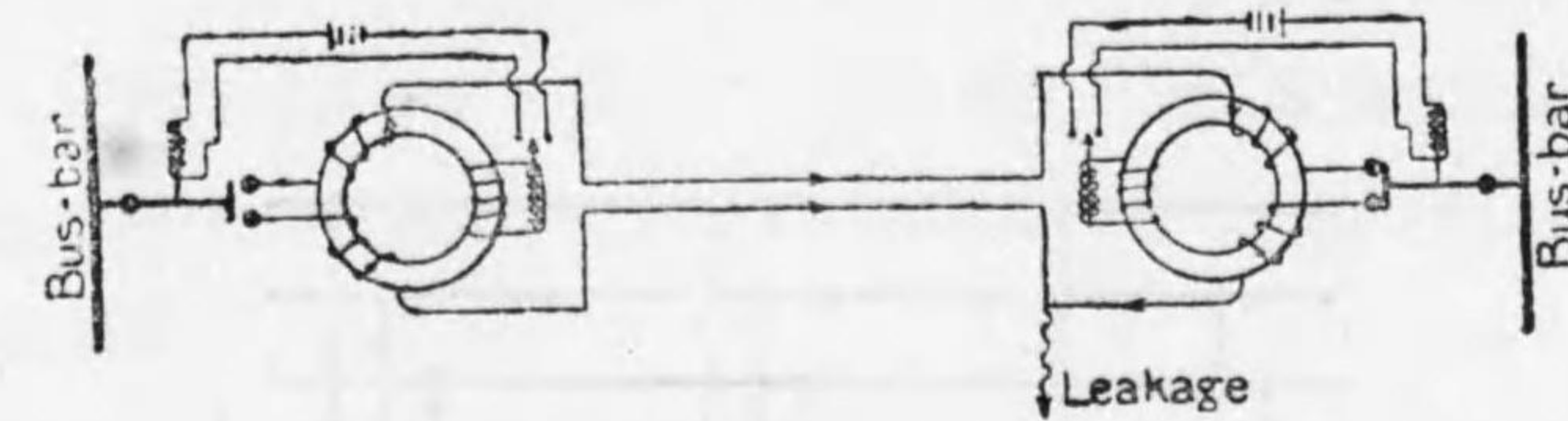


A. Reyroll 會社製 Split Conductor 保安裝置用油入開閉器 (Electrical Engineering Vol. X, Oct. 22, 1914 参照)

轉しないのであるから漏洩の場所に對して依然ケーブルの分割された兩部から並列に電流を送つて居る事になる。右側のカーレント・トランスフォーマーのイムピーダンスに基き其の捲線の兩半の電流の差により左側の開閉器をも作用せしむる様になるかも知れぬが、**第百五十圖**に示した様に開閉器内部までも導線を分けて置けば一層安全である。

斯様な構造となせば右側の油入開閉器が遮斷された後には漏洩電流は悉くケーブルの一半にのみ通り従て左側のカーレン

第百五十圖



ト・トランスフォーマーの捲線の一半にのみ流れるから尤も鋭敏に作用する。

可なり多くのインピーダンスを有する大なるカーレント・トランスフォーマーが付いて居る場合には何れか一方の開閉器のみ此の方法を講じ、殊にフキーダーの長い場合に然りとす。實際上多くのフキーダーの分割せる導線の電流は大なる過負荷に於てさへもよく平均して居るから大なるカーレント・トランスフォーマーがなくとも普通の分割しない開閉器を用ふる事も来る。勿論**第百四十九圖**、**第百五十圖**に示す如く分割した油入開閉器を用ふる方が一層鋭敏であつて之れを標準のプラクティス (practice) と考へねばならぬ。

以上述べたる導線を分割する保安方法は頗る複雑して居り、例へば單に tripping current を求むるにさへ装置した器具や線路の電氣的常數を基礎として計算せねばならず、是も熟練な技術家が取扱ふ場合の外殆んど推薦の出来ない方法である。

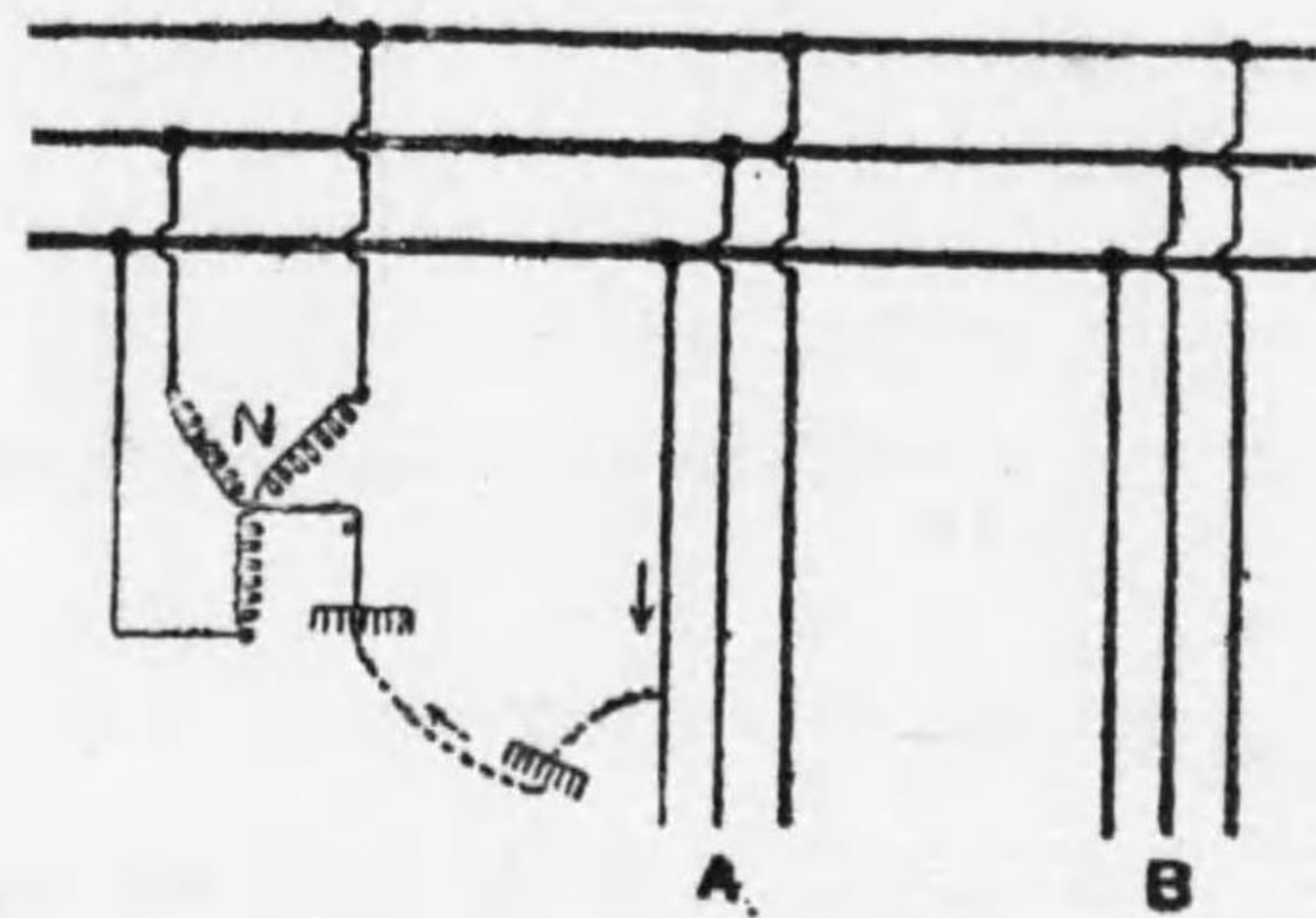
### 漏洩電流の防護

電路から電流が漏洩した場合に其の線を電路より切り離す方



法は種々あるが主として中性点を接地した三相回線で炭坑に多く実施されてをる。

第百五十一圖



中性点を接地せる三相回線の漏洩電流を示す

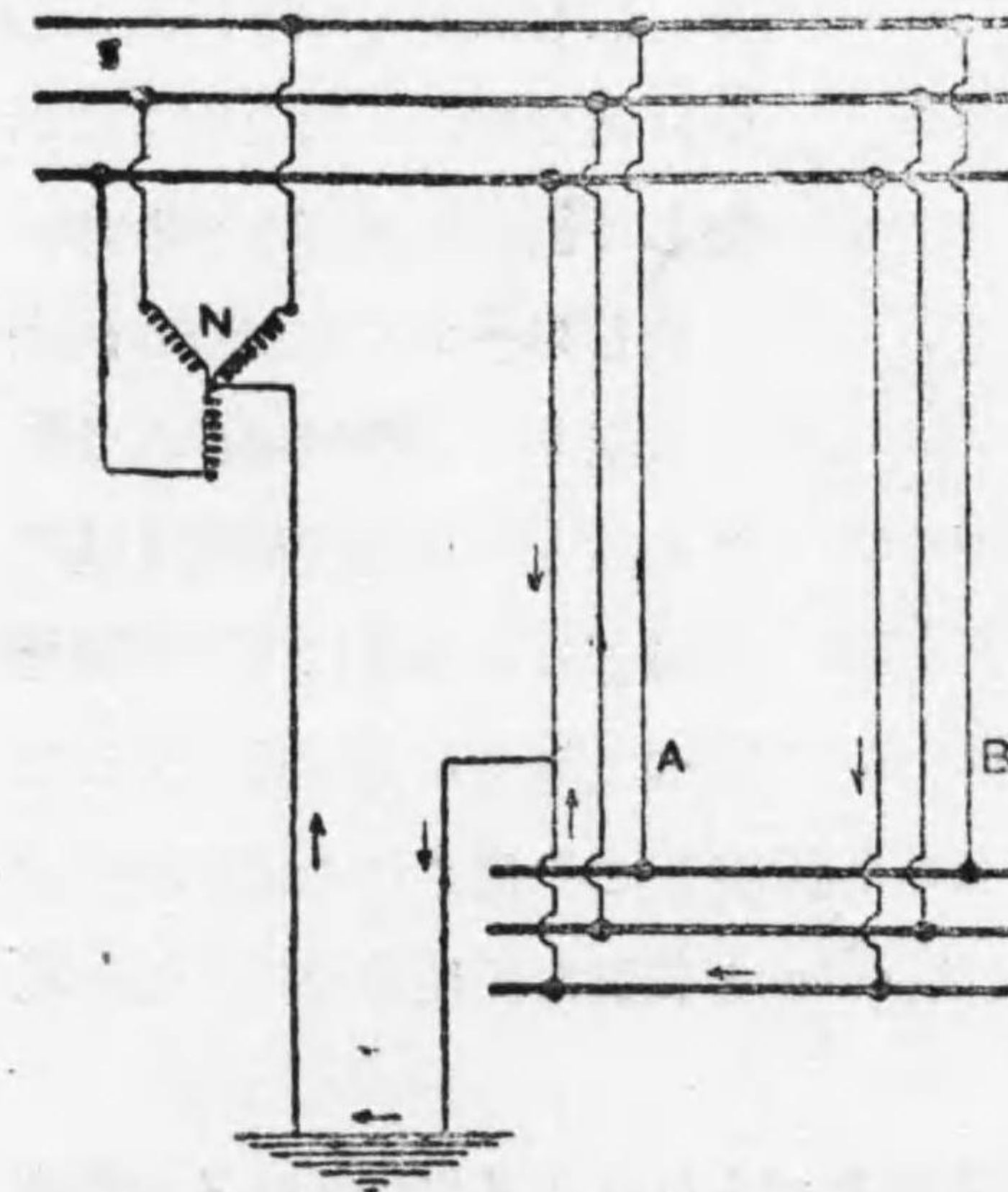
之等の方式の多くは三相回線に於て漏洩電流のない場合は三線の電流の代数和は如何なる瞬間でも零であるが、漏洩が一相に起つた時には零とならないと云ふ原理に依つたもので、例へば第百五十一圖に就て考ふるに常規の状態で漏洩がなければ三相の電流の代数和は零であるが、若し圖に示した様に一相が接地したとせば之より漏洩電流 I は中性点 N に向つて流れ三相の電流の代数的和は最早零とはならない。従て斯様な原理で作用せしむるには常に中性点は接地して置かねばならぬ。而して漏洩電流が I アンペアなれば A なる三線の電流の代数和は I アンペアとなり此の電流が遮断を動かすに充分なる大さなれば A の回線は遂に遮断せられる。

第百五十二圖に於ては A, B なる二回線は同一の母線に電流を供給して居る。即ち両者は互に兩端に於て接続されて居る、

換言すれば両者は並列に結ばれて居る。斯かる場合に A の回線に漏洩が起つても漏洩電流は單に A へのみ流れず、B の方にも並列に流通す可く、従て A, B 共各々漏洩電流の防護器を有して居れば兩方共遮断される。即ち遮断する必要もない回線をも切断してしまふ。

依て單純な漏洩電流防護器は並列のフキーダーには不適當である。實際此の保安器を用ふ可き場合は炭坑の地下線等の如く配電網より獨立した一回線のフキーダーなどに限られて居る。

第百五十二圖



並列二回線フキーダーの場合の漏洩電流

然し第百五十二圖に於て故障の起つたフキーダー A は完全なフキーダー B より漏洩電流は多いのであるから、第百五十三圖の漏洩電流リレーを兩者同一の感度として置けば必要なフキーダーを遮断する様な事なくして済む可し。

又第百六十四圖に

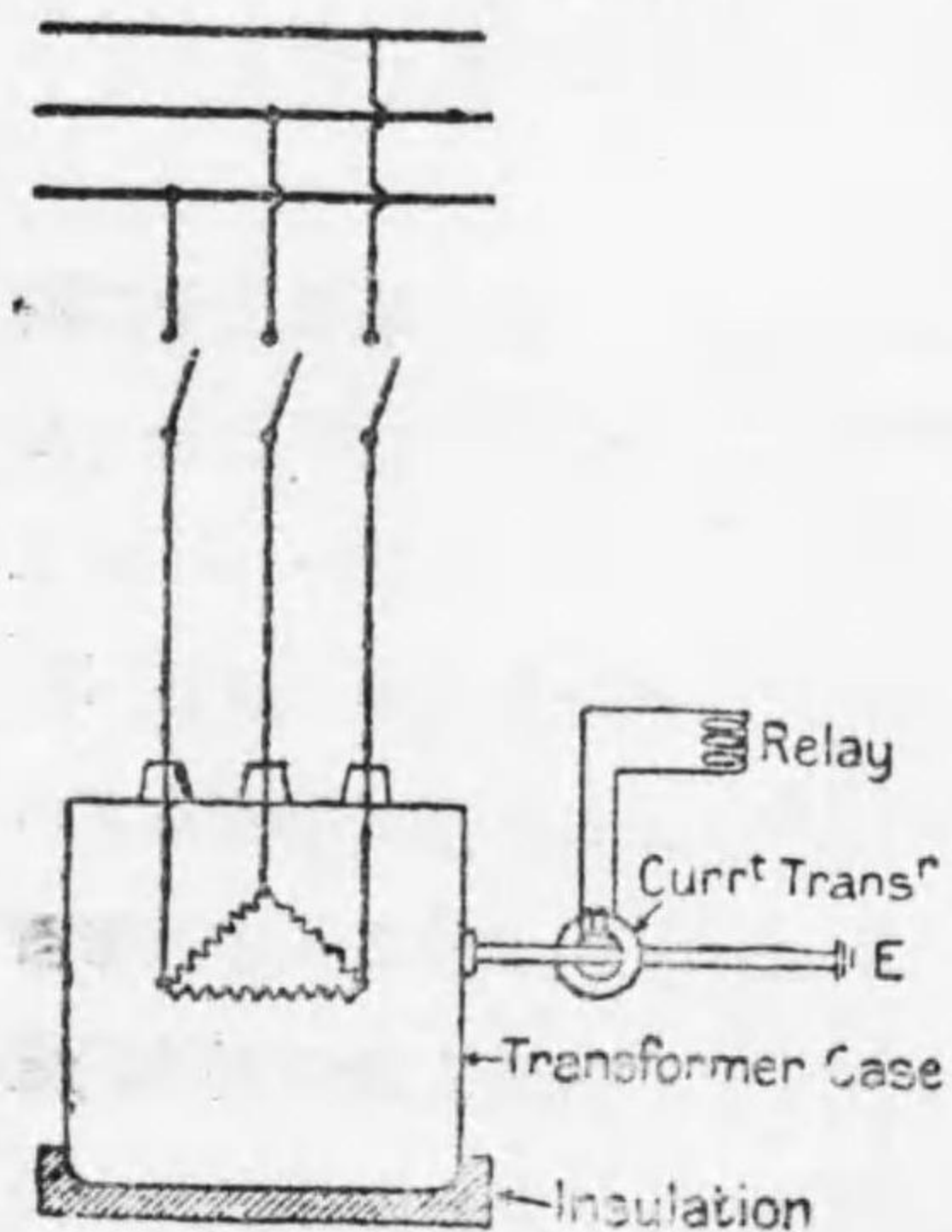
示したリレーと同様のものを使用する事も出来る、此の場合に漏洩電流の保護す可き回線を通るものは作用捲線の流れ他の完



全なフキーターを通るものは制止 捲線を流れる。(第百五十三圖)

接地線に対する漏洩電流トリップコイルの接続——或る場合には電動機なり變壓器なりのケースを絶縁して別に之に接地線を結び此の接地線にトリップ・コイル又はリレーを結んで置く事あり。此の方法は炭坑などに多く、漏洩が起つた場合には電

第百五十三圖



流は此の接地線を流れ従てトリップ・コイルを働かし故障の起つたフキーターを開放する。然し此の方法を用ふる場合は稀で他の状態を慎重に考察して後に用ふ可きである。

若しケーブルが鐵裝され全長に亘りてよく接地されて居るものとせば漏洩電流は全く接地線は通らずに並列電線を通つて歸る可し。此の方法を

實際に應用し得べき場合は唯絶縁臺上に裝置された電動機又は變壓器に於て frame 又は case を特別な接地線で接地した場合のみである。

交流回線に於て漏洩電流が大であればトリップ・コイルが直接に接地線に結ばれて居る時はトリップ・コイルの inductive drop により frame 又は case が危険な電壓に高まる事がある。

斯様な場合にはイムピーダンスの少いカーレント・トランスフォーマーを使用するを要し其の接続法は第百五十三圖の如し。(“Proc” I.E.E. Vol. LIII. 1915 p. 384 参照)。

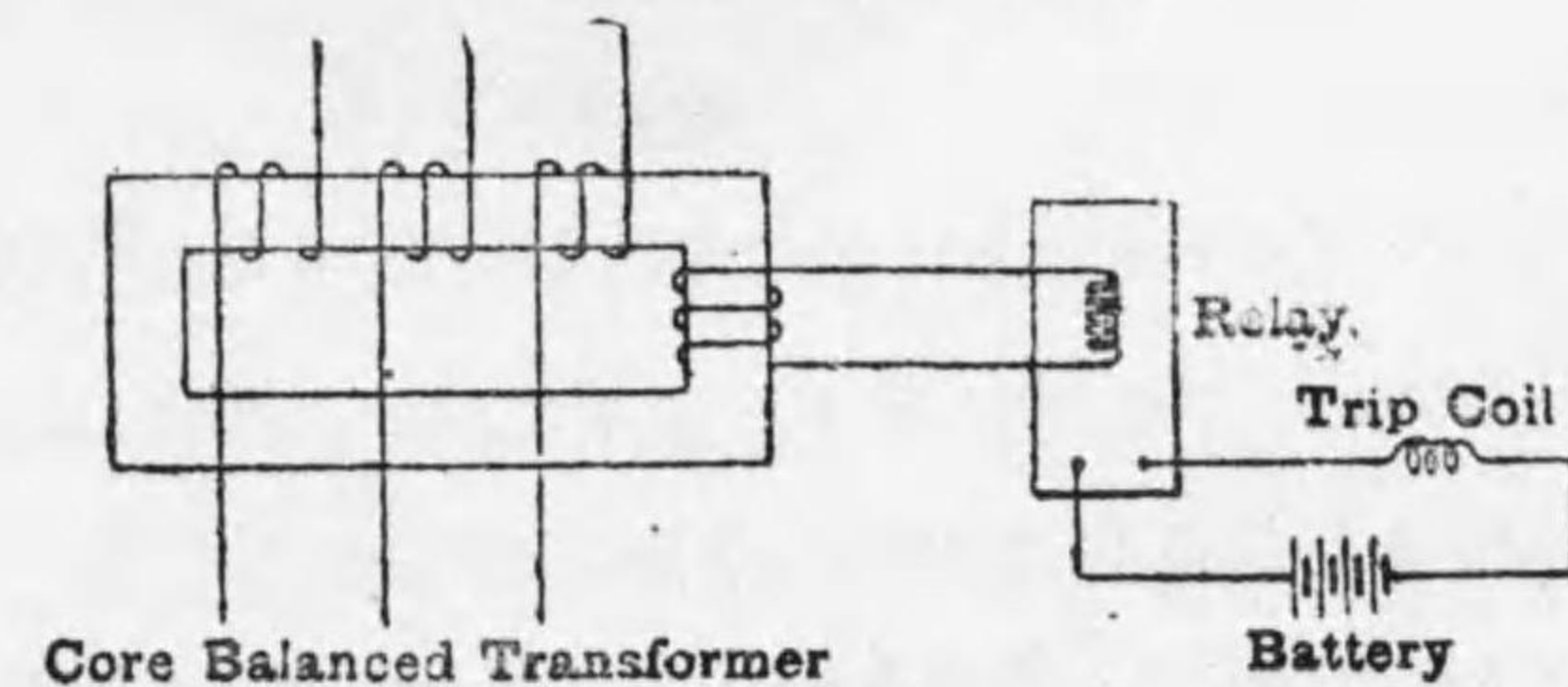
漏洩電流防護用三相平衡變壓器

第百五十四圖は屢々使用せらるる漏洩電流防護用三相平衡變壓器の一種で三相の捲線は同一の鐵心を勵磁するのである。常

【註】 H.W. Clothier の實驗によれば第百五十三圖の如き装置に於てカーレント・トランスフォーマーの一次線を唯一回線となしイムピーダンスの少いものを用ふれば 10,000 アンペアの交流漏洩電流が通つてもフレームの電壓は 2 ヴォルトを超過しない様にする事が出来る

規の状態に於ては鐵心は勵磁されないが漏洩が起つた場合には鐵心を勵磁し従て其の二次捲線に電流を誘發し、之れに依てリレーを働かせ遮斷器のトリップ・コイルの接觸部を閉づる。斯様な變壓器は規定負荷の 5% 漏洩で用作せしむる様に作る事

第百五十四圖



漏洩電流保護用三相平衡變壓器の接続

が出来るとが二次回線は三相の中何れの一次線に対しても等しい



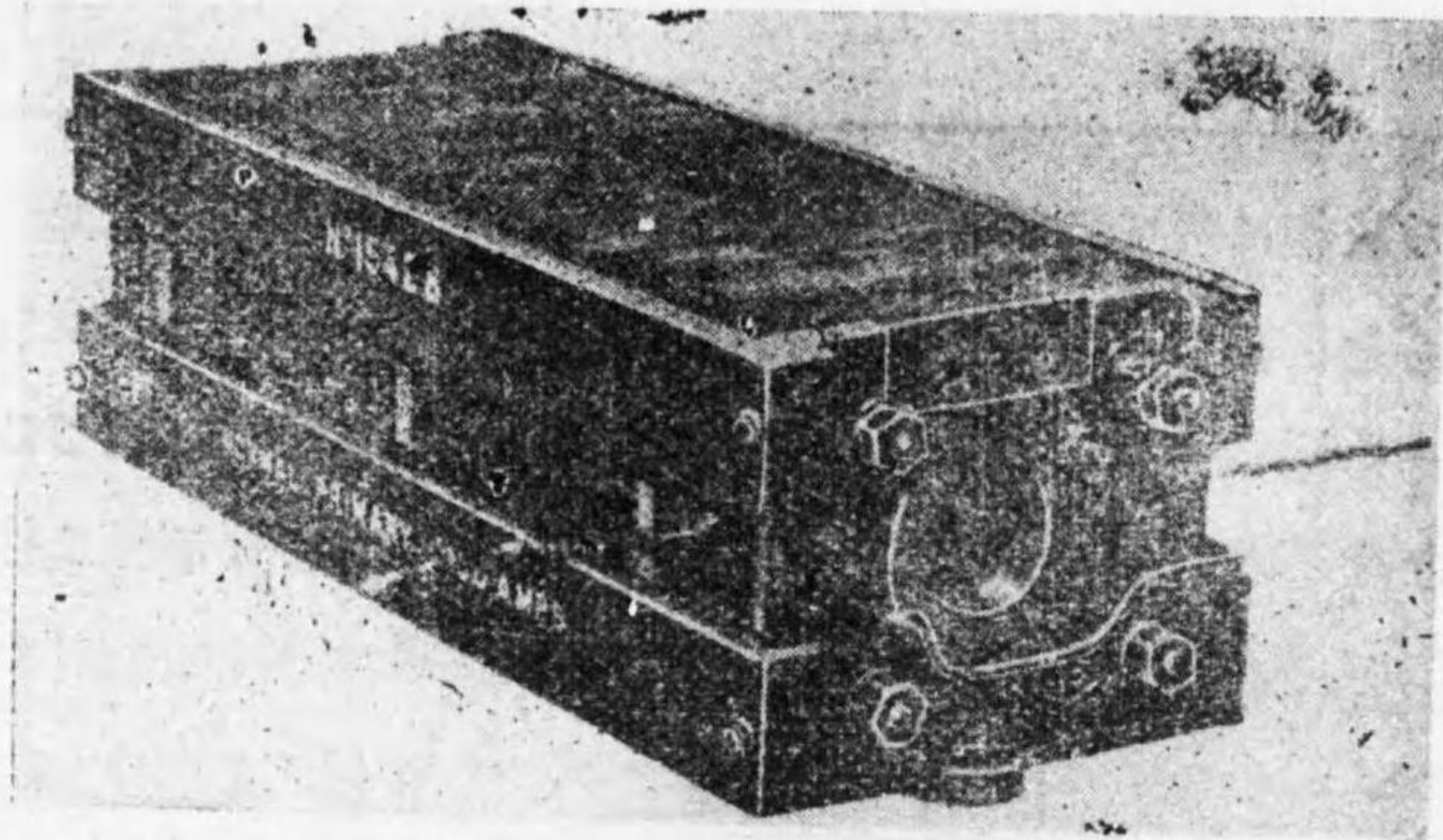
位置に置かねばならぬ。

第百五十五圖に示すは Ferranti Co. の製造する平衡變壓器で一次接線を有せず、唯鐵心は二部に分れ三相ケーブルの外側を圍む勿論ケーブルの鎧裝や銅鞘は取り去るのである。

此の變壓器の原理は第百五十四圖に示したものと全く同様で唯一次捲線は鐵心を通過する一本の導線なる點が相違して居るのみである。

斯様な構造では第百五十四圖に示したものの様に僅少な漏洩電流にも作用せしむる事は困難で、製造家は 30 アンペア以下

第百五十五圖



Ferranti Co. 製平衡變壓器(三相ケーブルの外側を被ふ様取付けらる)

即ち 100 アンペアのフキーターに於て其の 30% 以下の漏洩電流で作用せしむる事は保證しない。

又斯様な一回線の一次線を有する平衡變壓器に於ては各一次線の二次線に對する不均一な位置により實際には漏洩電流がなくとも各相の不平均等の爲め二次捲線に電流を誘發する事を防

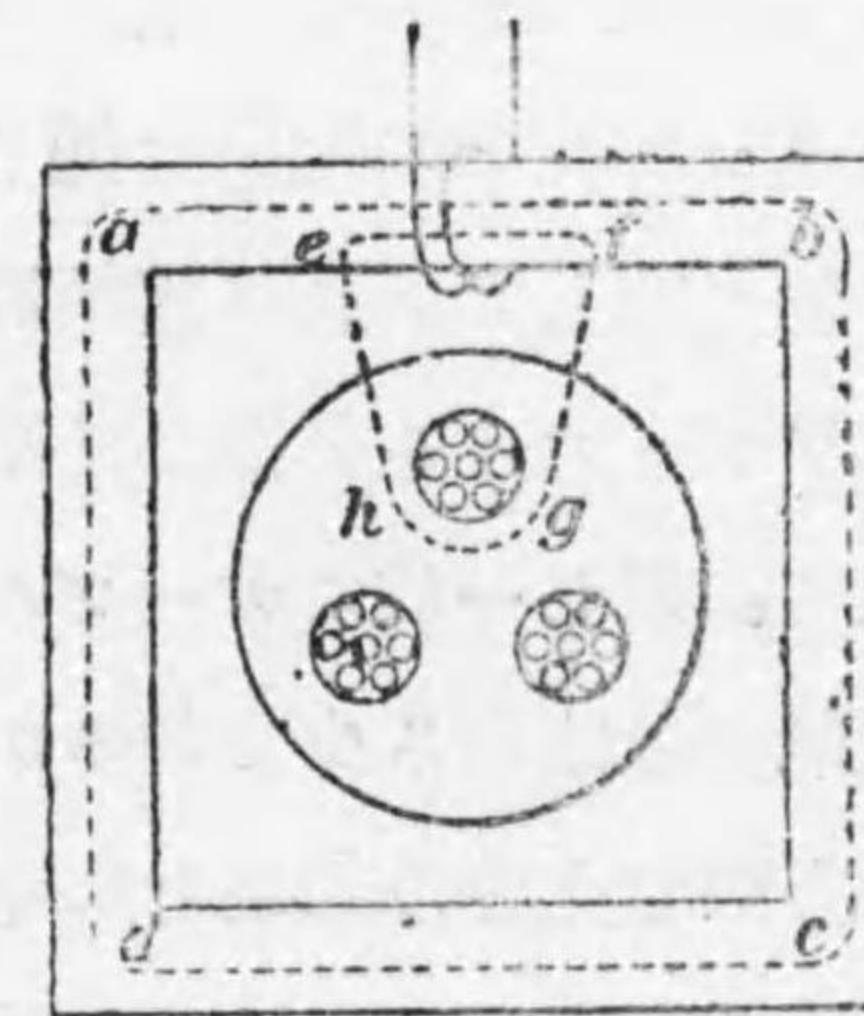
がねばならない。M.B. Field は之を防ぐ巧妙なる考察をなせり。第百五十六圖第百五十七圖は其の原理を示せるものなり。

漏洩電流がない場合には鐵心 *abcd* には磁束はないが一次線の二次線に對する位置の不釣合より *efgh* なる部分的磁束は存在する。此の磁束はケーブルの負荷が三相相等しからざる場合には可なり大となるものである。従て之れによりて二次線にはリレーを作用せしむるに足る様な大きい電流が誘發せられる。

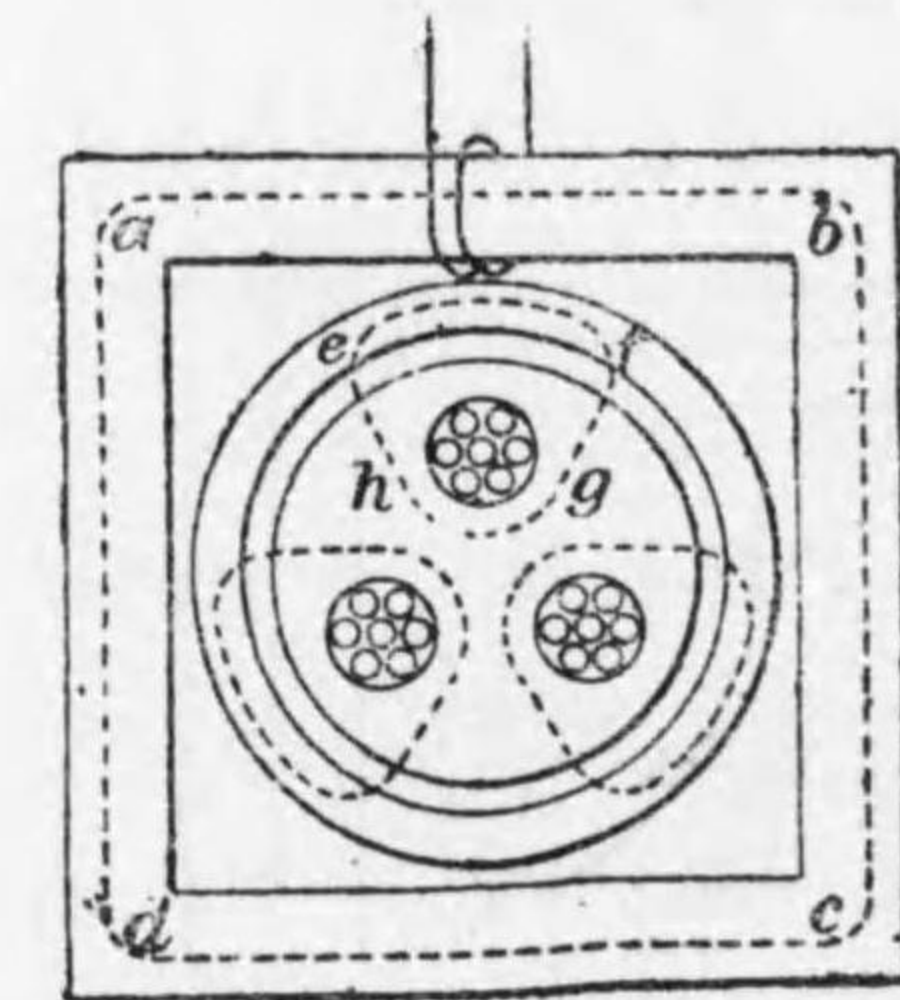
此の場合に若し第百五十七圖に示した様にケーブルと鐵心と

第百五十六圖

第百五十七圖



漏洩電流防護平衡變壓器



Field の考案にかゝる磁性帯を有する平衡變壓器

の間に更にケーブルを取り巻く磁性帯を作れば、位置の不均衡より起る部分的磁束は之れに吸収せられ鐵心の方には影響がなくなる。然し漏洩電流による磁束は磁性帯外の鐵心を通過するから之れによりてリレーを作用せしむる事が出来る。

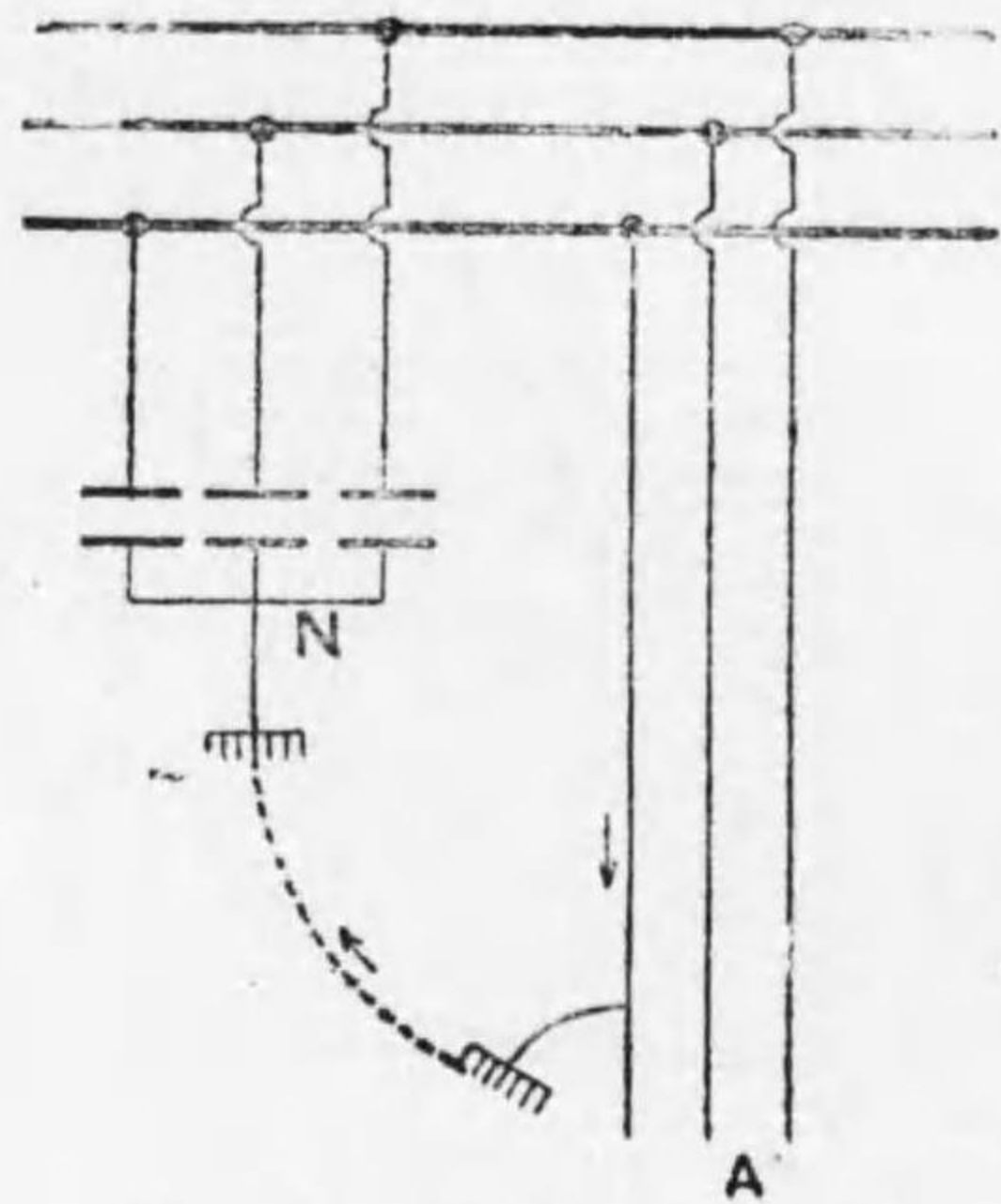
前にも述べた通り漏洩電流防護器は中性點を接地せる回線にのみ適用する事が出来るのであるが、他の點は全く絶縁せられ



唯一つの接地中性点を有する一回線を働かせたい場合がある。斯かる場合には變壓比 1 なる變壓器を用ひ其の二次回線に漏洩電流防護器を結ぶ事が出来る。

猶線路のキャパシター・カーレントが大なる時は常に接地して居る中性点を止めて漏洩電流防護器を用ふる事が出来る。此の場合には中性点はコンデンサー（其の容量は線路のキャパシター・カーレントに對應す）で形成せらるるものと見做さる。

第百五十八圖



大なる静電氣容量を有する三相回線の漏洩電流

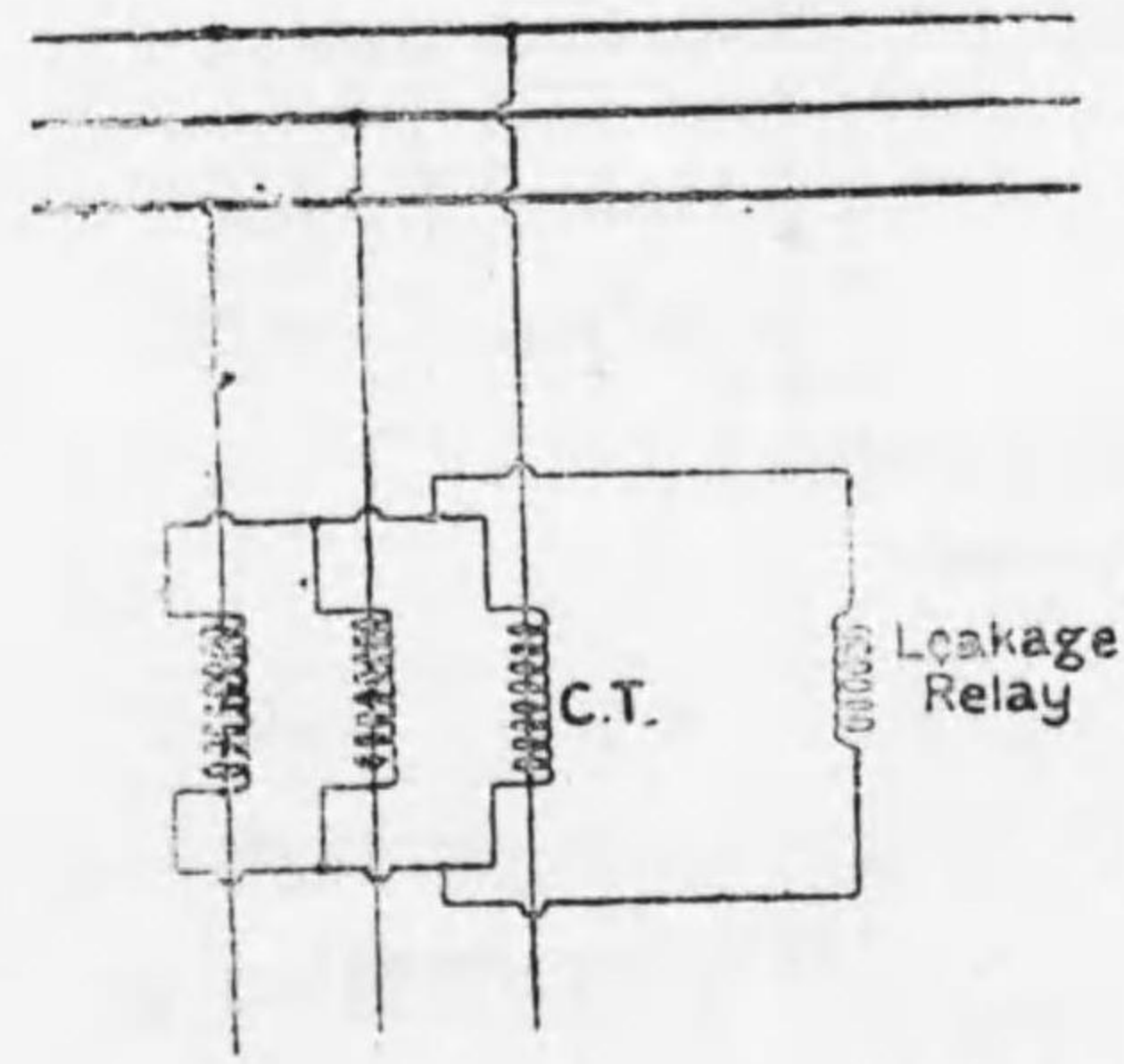
第百五十八圖は之を示すもので、漏洩電流はコンデンサーを通じて回線に流れる。若しコンデンサーが充分の電流を通じ得る容量を有して居れば遮断器のトリップ・コイルを働かす事が出来る。然し一般にケーブルの静電氣容量は頗る少であるから此の方法で充分の効果を擧ぐる事は難く、實際に中性点を接地する事が必要である。

三個のカーレント・トランスフォーマーを使用する漏電防護リレーの接続。

第百五十四圖に示した様な三つの一次捲線を有する特殊なカーレント・トランスフォーマーを用ふる代りに、第百五十九圖に示す如く普通のカーレント・トランスフォーマーを三個星狀に接続し其の兩星狀點に漏電リレーを換續する方法がある漏洩

電流のない場各にはリレーを通る電流はないが少しでも漏洩が起ればリレーに電流が流れ遮断器のトリップコイルを働かす可し。此の装置に依る時は全負荷電流の 5% 漏洩電流で作用せしむる事が出来る。

第百五十九圖



三個のカーレント・トランスフォーマーを使用する漏洩リレーの接続

此の場合に使用せられたカーレント・トランスフォーマーは同時に計器や過負荷遮断器（可熔片でシャントせるトリップコイル）にもも使用する事が出来充分な器具を要する事が最も少い。唯カーレント・トランスフォーマーは大なる過負荷でもよく平衡を保つや否やを検する事が必要である。

若し漏電防護装置を附するものとせば中性点を接地して居ても二相のみに過負荷保安器を附すればよい。

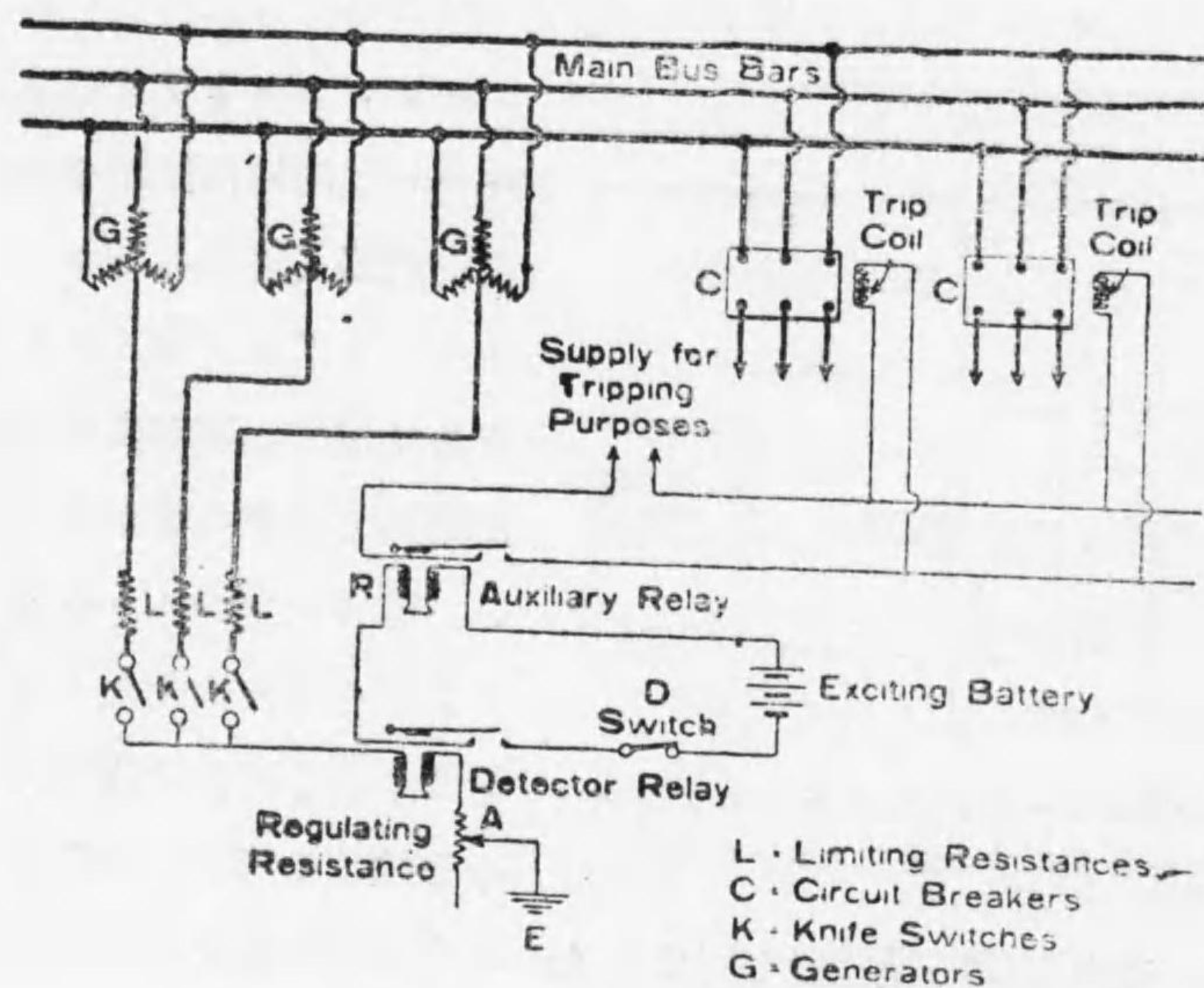
Winhey の漏電リレー

Winhey の漏電リレーは接地線に接続せらるる鋭敏なるリレーで實際の漏洩電流が中を流れる。此のリレーは漏洩の起つた特別の回線のみを遮断するを得ず、之れに接続せらるるフィーダーを全部遮断してしまふ。之れは 650 ヴォルト以上の電圧には使用する事が出来ないが直流にも交流回線にも使用する事を得。



Winhey のリレーは非常に鋭敏なリレーと遮断器のトリブコイルの電流を扱ふリレーとの二部分より成り、**第百六十圖**は交流回線に使用せる接続圖なり。

第百六十圖



Winhey の漏洩リレーを交流回線に用ひたる接続

発電機 G.G. の中性点は抵抗 L.L. 開閉器 KK を通じて接地されて居る。どの発電機が運轉されない場合は之れに對する K なる開閉器を開いて置く。R はトリブコイルを作用せしむる補助のリレーで、C なる遮断器は補助接觸部を有し此處で開放の際アークを發する様になつて居る。D なる開閉器はフキータを閉づる時リレーの回線を開き以てキャパシチー・カーレントの爲めに遮断器が開放されるのを防ぐ。

加減抵抗器 A と調整用捻子とに依り電路に結ばれて居る全體のケーブルのキャパシチー・カーレントにリレーが作用せぬ様調整される。A の抵抗は一相が全く接地した場合でも之れより漏洩する電流を 1 アンペアの數分の一に止めしむる様な値となす。

直流回線に用ふる Winhey の漏電リレーは**第百六十圖**と同様の接続をなすが、唯直流の場合には発電機の中性点がないから漏洩表示器の中性点に結ぶ。

即ち (+)、(-) の母線間に結ばれた抵抗の中央の點に接続す。

Winhey の漏洩リレーの特長とする處ろは其の鋭敏なる點にありて故障の起る最初の瞬間の流れる極く僅かな電流でも直ちに作用を起すと云はれて居る。

將來に於ける漏洩防護装置の必要

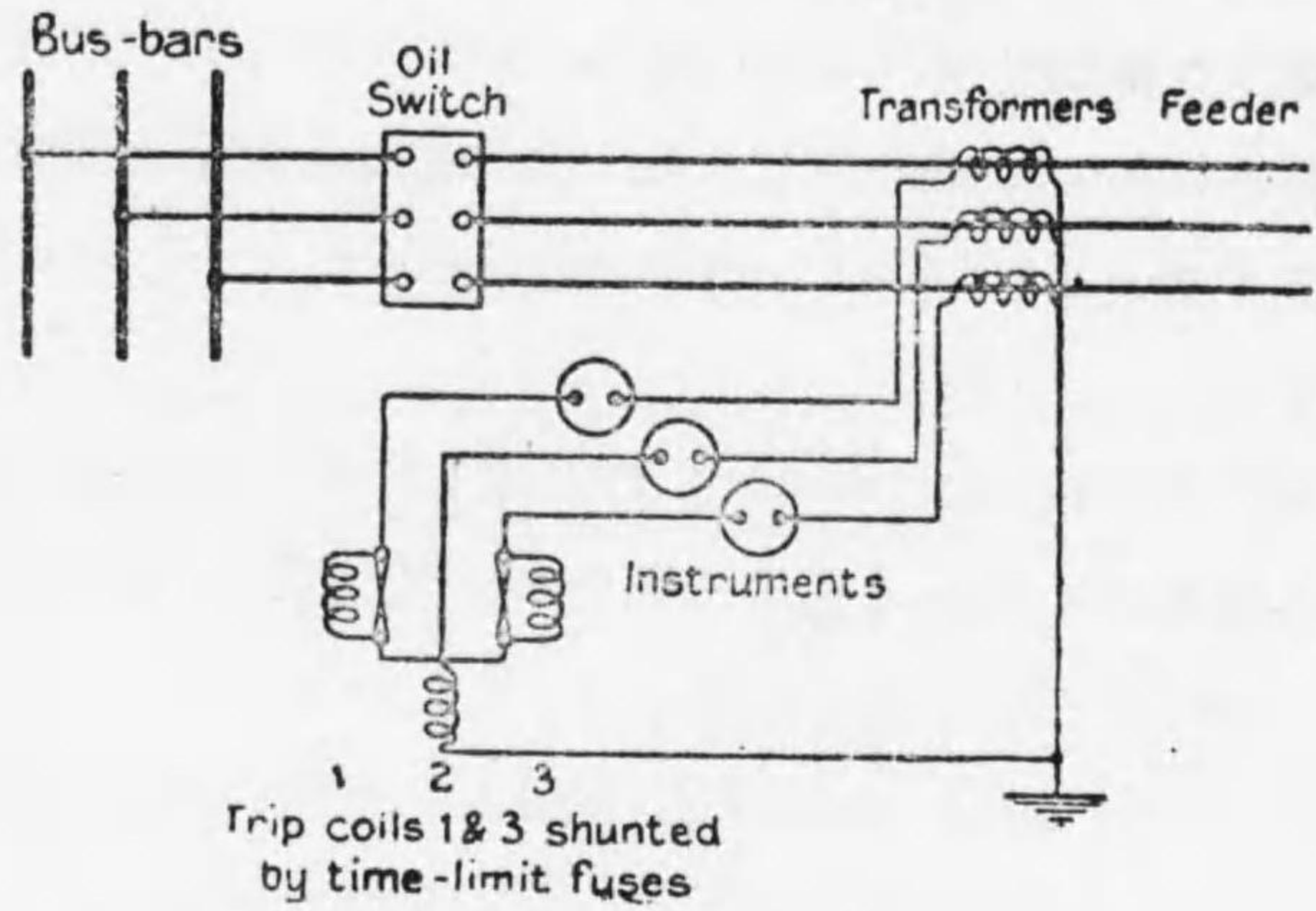
Wedmore 氏は ("Proc".I.E.E. Vol. LIII. 1915 p. 157) 最近將來配電系統の容量が漸次増加し來れば漏洩の多い場所は短絡の状態に達せぬ前に遮断する装置の必要が漸々増加して來るといふ説を發表した。

終端に於て互に結合されて居らない獨立のフキータなれば漏電リレーで此の目的を達する事が出来る。**第百六十一圖**は斯かるフキータに適當なる接続圖で可なり優れた方法である。

圖中 2 なるコイルは漏洩電流トリブコイルで直接に作用し全負荷の三分の一で作用する様に捲かれて居る。若し細かい調整が必要なればリレーを附すればよい。勿論必要に應じて此



第百六十一圖



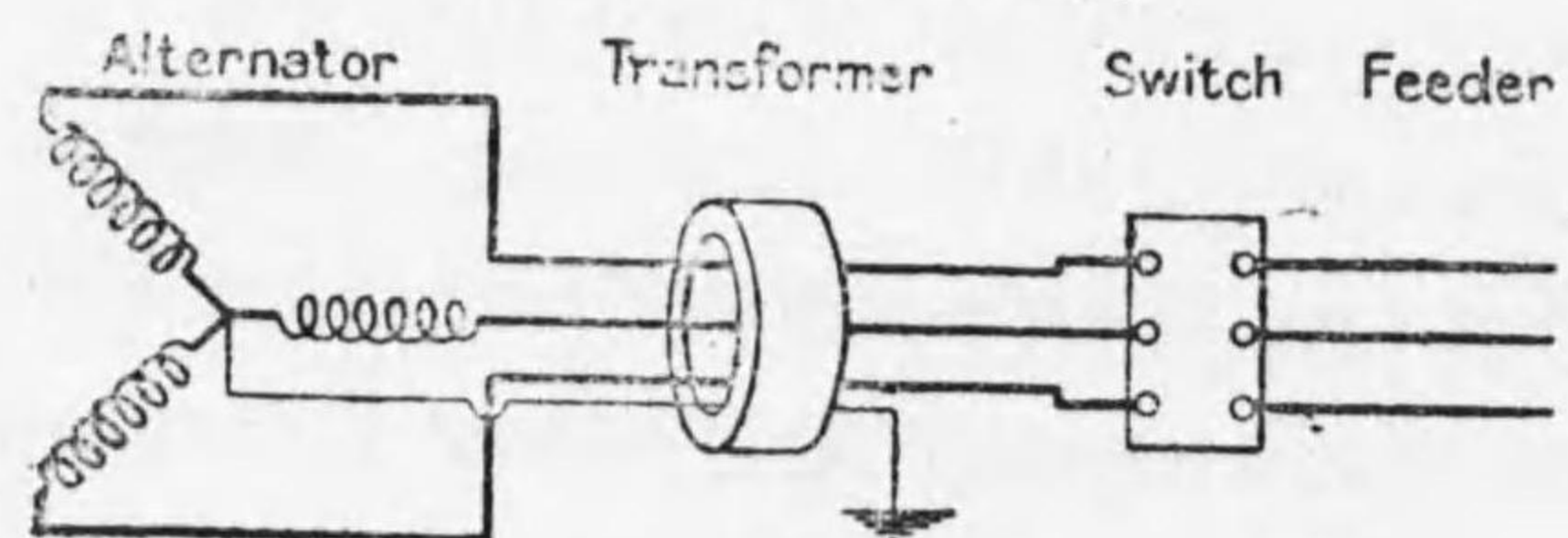
過負荷保安器と並用せる平衡變壓器

のリレーに逆時性一定時性を與ふる事が出来る。若し中性點とアースとの間に電流を制限する抵抗を結べば漏洩電流は少くなり直列に結ばれて居るリレー間に高度の差別的動作をなさしむる事が出来る。

### 電源の漏電保護

此の方法は第百六十二圖に示す如く中性點よりの接地線を幹線と共に平衡變壓器の鐵心の中を通すもので、若し此の變壓器

第百六十二圖



The relay connections are omitted

の右側にアースがあつた場合には故障の電流は變壓器の鐵心内

を二度反對方向に流れるから其の作用は中和されトリツプコイルを働かす事はないが、發電機内に故障が起つた場合には其の接地電流は唯一回變壓器内を通るのみであるから其の二次線に電流を生じてトリツプコイルは作用を起す。

此の保安装置は頗る巧妙であるが現在の著者の考では之を發電機に付けてよいかどうかは疑問であると思ふ。之を使用した場合には何か他の保安装置を並用して之を完全ならしめねばならぬ。

### 並列フキーダー保護

並列フキーダーの保護に關しては屢々深き注意が拂はれて居る。\* 讀者は已に Wedmore 氏の論文を視られた事と思ふ。

並列フキーダーの保護装置として特殊な點は故障を起したフキーダーのみを開放し他のフキーダーは依然電流の供給を續けさせて置く點である。

勿論普通の方法は並列フキーダーの初の所に限時性の過負荷リレーを附し終端に逆電流リレーを附するのであるが、此の方法は逆電流リレーが完全でなく殊にリレーの目盛を電壓によりて變ぜねばならぬ様な場合には障害が著しい。依て此の方式を根本より改良する方法が講ぜられ今之に依て簡単に説明を加へ

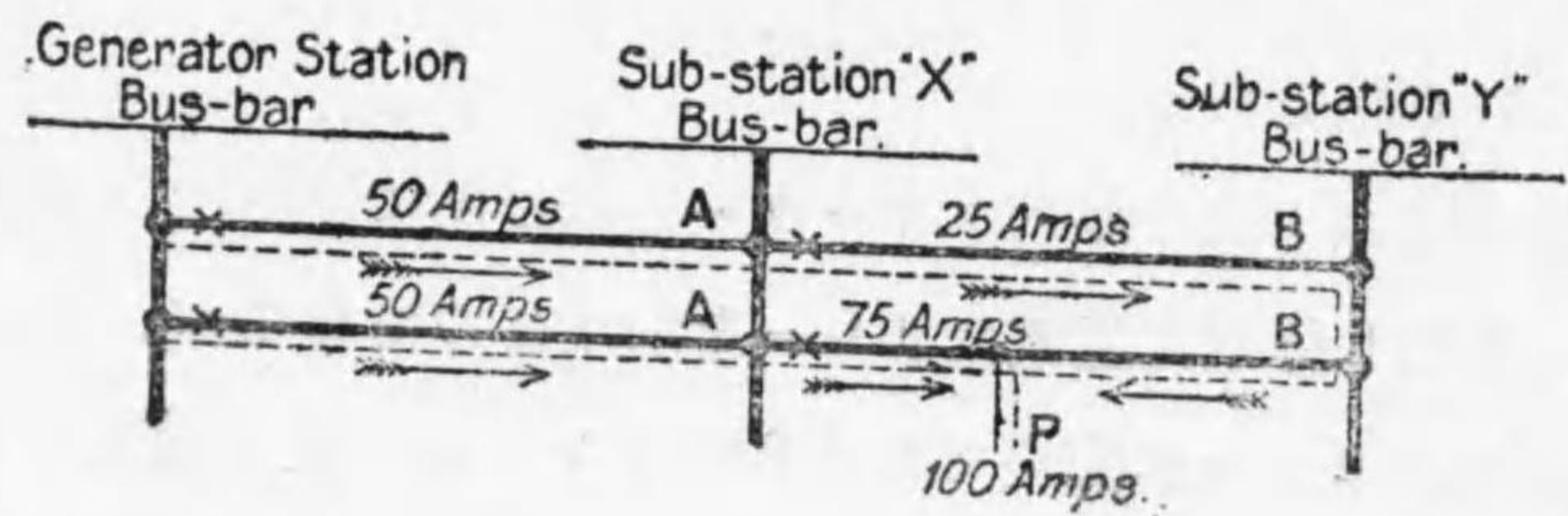
【註】 \* 此の點に關しては I.E.E. Journal VOLXXXII. 1903 Page 915 に記載せられたる Leonard Andrew 氏の論文を参照せられたし。



やう。

聯交リレーに依る並列フキーターの保安 聯交過負荷リレー (interlocked overload relay)。同様な二つのフキーターが其の両端に於て互に結合されて居る場合には各等分の荷重を負ふ。Interlocking の原理は二つのフキーターの電流が故障の爲め不等になつた時之れに依て作用を起さしむるにありて**第百六十三圖**に示す如し。**第百六十三圖**は A,A,B,B なる二對の並行フキーターによりて X 及び Y なる二箇所の受電所に電力を供給する場合で故障の電流が 100 アンペアなる時夫々 25 アンペア 75 アンペアの電流が通るものとせり。圖中十字標の場所に保安器があり、電流が不等になるのは BB のフキーターであるから此の保安器が働き BB の中何れかを遮断せねばならぬ。而して BB の中他より大なる電流の通るフキーターを切り離

第百六十三圖

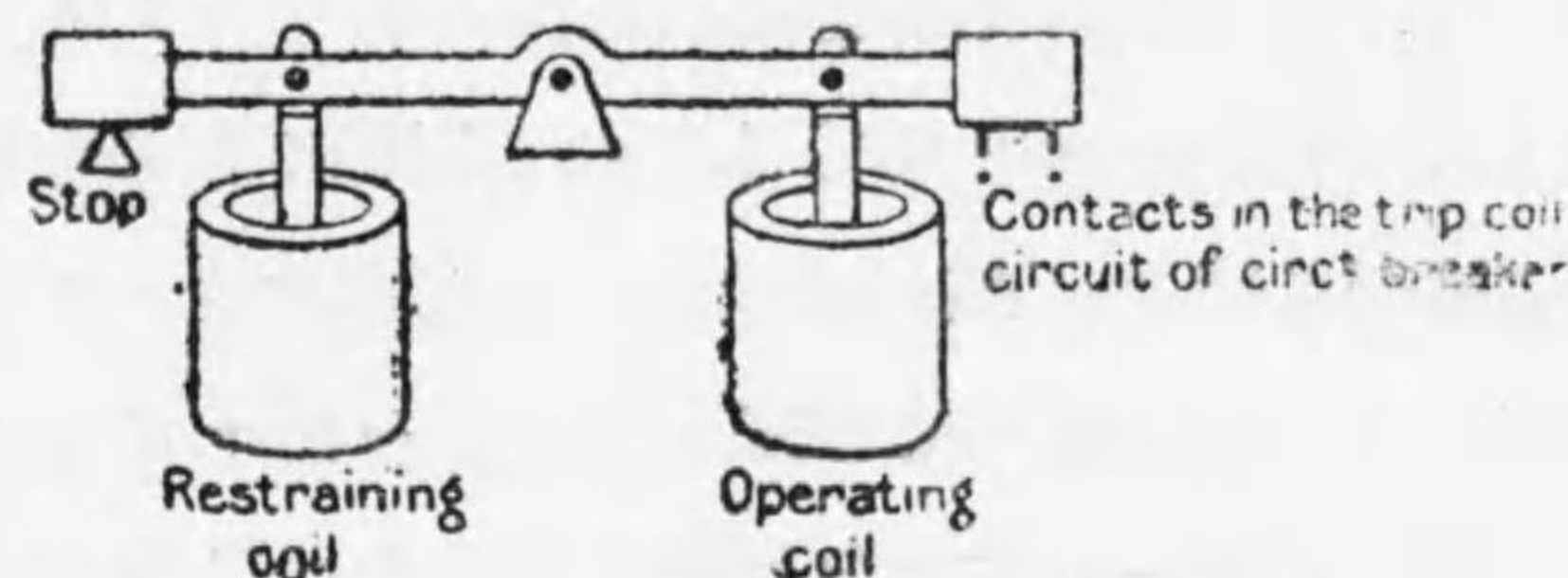


せばよいのである。

斯様な性質を備へて居るリレーは**第六十四圖**に示す如くで動作捲線を通る電流は保護さる可きフキーターより送られ抑制捲線の電流は之れと並行なる他の直接故障のないフキーターより来る。抑制捲線は動作捲線より少しく多くの(例へば 10%)回

数を有して居るから常態に於て二つのフキーターの電流が相等しい場合には動作捲線より 10% だけ大なる牽引力を出す。即ち動作捲線の電流が抑制捲線の電流より 10% 大となりたる場合にはは lever 引かれてトリツプコイルの接觸を閉ぢ故障を起したフキーターを開放する。

第百六十四圖



並行フキーターの保安用リレー

而して此の関係は實際に流れる電流が幾何であつてもよく保持され、完全接地の場合でさへも動作捲線の電流が抑制捲線の電流より 10% 大となつた時遮断器が働かねばならぬ。而して並行フキーターを流れる電流の分配は正しく豫定する事は出来ないから之れは尤も重大な事で兎に角動作捲線の電流が増した時確實に動作するを要す。**第百六十四圖**に示した装置に依れば遮断器を開放せしむるには少くとも 10% の不平均を要し此の不平均は故障によりてのみ得らるるものである。此の場合には二つのフキーター又はカーレント・トランスフォーマーが正しく平均して居らなくとも差支ない。

斯様な保安装置が各フキーターに一つ宛装置され故障の起つたフキーターを開放す。



然れば残つたフキーダーは全體の電流を負ふ事となり他のフキーダーのリレーの抑制捲線には全く電流が通らなくなるから何か方法を講ぜねば其のリレーも直ちに作用するに至る可し。之れは油入開閉器に補助接觸部を設くれば避けられる。

例へば、一つの油入開閉器のトリツピング・カーレント(tripping current) の電路を他の並列フキーダーに付けてある油入開閉器の補助接觸部に結び他の油入開閉器のトリツピング・サーキット(tripping circuit)も之れと同様に初めの油入開閉器の補助接觸部に結ぶ。然れば故障を起したフキーダーの油入開閉器が作用すると同時に他の完全なフキーダーに付いて居る開閉器のトリツブサーキットを切斷するから之を作用せしむる事なくして止む。猶斯様な方法で故障を起したフキーダーの油入開閉器が働いて其のフキーダーを遮斷した場合に他のフキーダーに限時負荷保安装置を結ぶ事も出来る。

上述の聯交過負荷リレーは並列フキーダー以外に故障が起つた時には何等の影響も受けない。依て數個の sub-station が直列に聯結されて居る場合の保安装置として尤も適當なものである。而して此の装置は全負荷電流以下の電流に於ても又即時動作ともなす事が出来る。

猶此の方法は單にフキーダーとアース間の保安のみに限らず又相間(phase)の保安にも用ひられる。並列フキーダーの一つに於ける相間の故障もアースとの間に起した場合と同様の結果をリレーに及ぼす。

#### 聯交レバース・リレーにのる並列フキーダーの保護

**第百六十三圖**に於ては聯交過負荷リレーヲ並列フキーダーの起點に附したが、故障を起したフキーダーを全く遮斷するには終端に逆電力リレー(reverse relay)を附する事が必要である。

之等のレバース・リレーをして故障の場合 sub-station より逆流する電力の衝動により完全なフキーダーまでも切斷する様な事なからしむる爲め interlock の原理を適用する事が出来る。此の方法には種々あるが**第百六十五圖**に示せるはウエスチングハウス會社(Faye-Hansen and Harlow, "Proceeding" I.E.E. Vol. XLVI. 1917 p. 698 参照)で行つて居る方法で、其の重なる點は差別的動作をなすレバース・リレーを用ふるにあり。リレーの可動部は故障の際常規の位置から動いて不良フキーダーのトリツブ・サーキットを閉づ、*c* 及び *d* は平衡變壓器で各兩方のフキーダーより來る二つの捲線で勵磁されてをる。電力の方向の如何にかゝらず電流が平均して居る間は平衡變壓器の第三の捲線に電流を誘發する事なく、此の捲線よりリレーに電流を送つて居るのであるからリレーは働かない。然し故障が起つた一方のフキーダーの電力が逆流すればリレーの可動部は其の方に偏動して之を遮斷す。

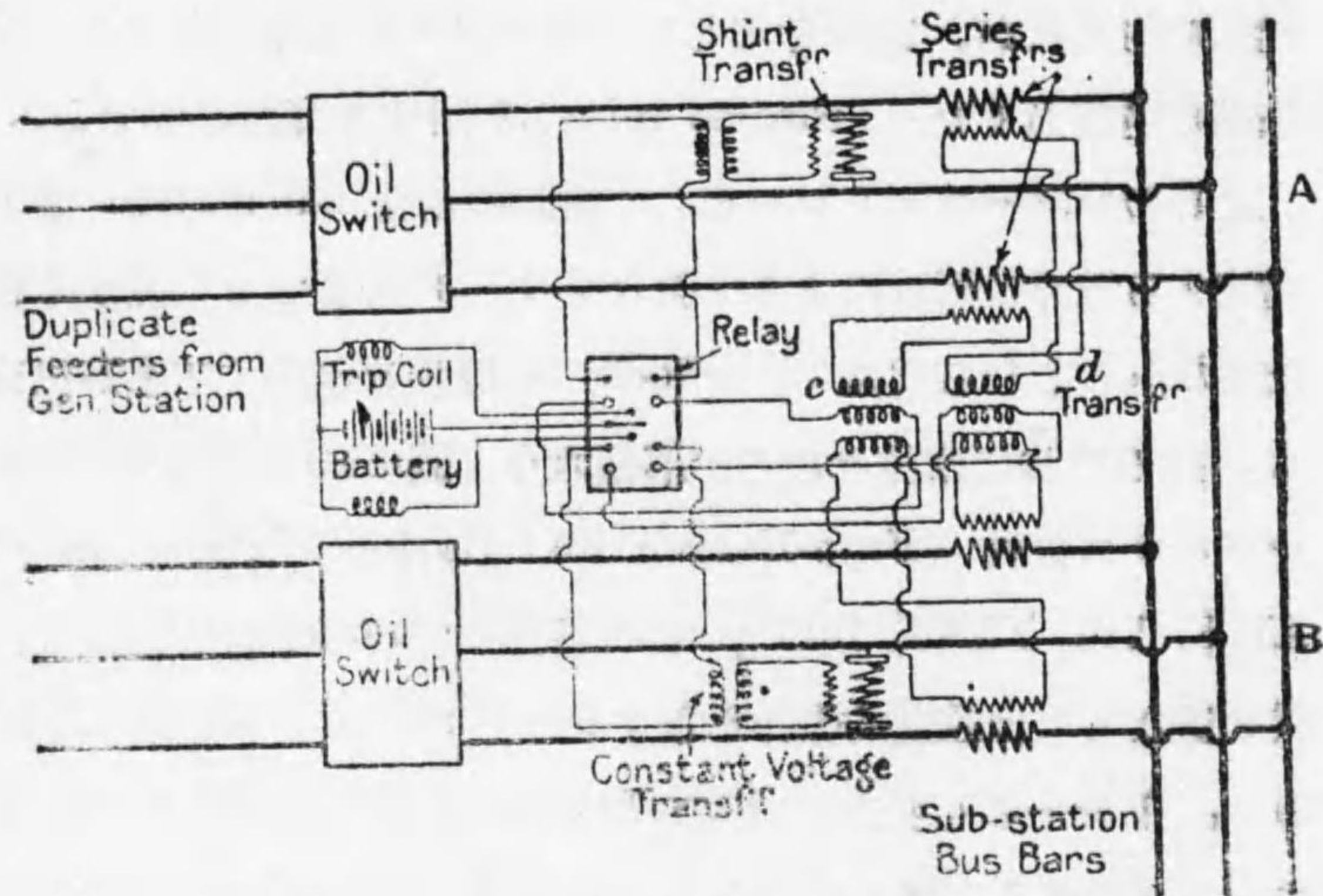
British Thomson-Houston 會社ではカーレント・トランスフォーマーを逆に接續して之れと同様の結果を得て居る。

#### カーレント・トランスフォーマーを逆に接續する方法

**第百六十六圖**は此の接續圖で並列フキーダーの終端に附せらる。此の接續法では電流が平均して居る場合には *a, b* 間には電壓はないが一つのフキーダーが逆流を起した場合にはトリ



第百六十五圖

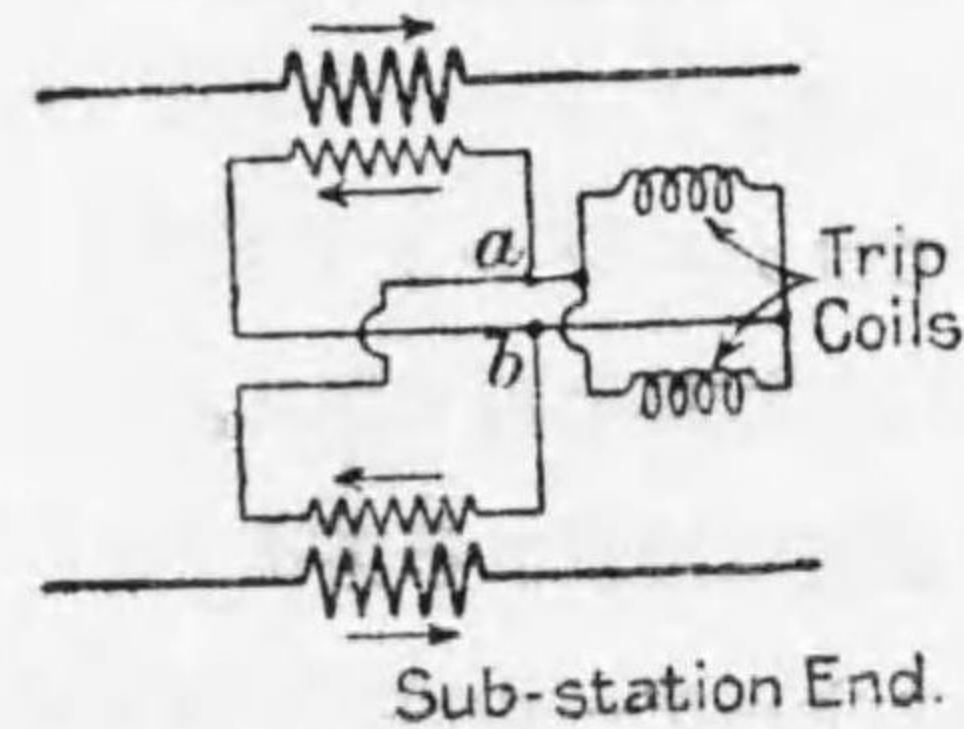


聯交レバース・リレーによる並列フエーダーの保護

ブ・コイルに電流が通り両方のフキーダーを遮断する。

逆に接続せられたカーレント・トランスフォーマーを有する  
聯交レバース・リレー

第百六十六圖

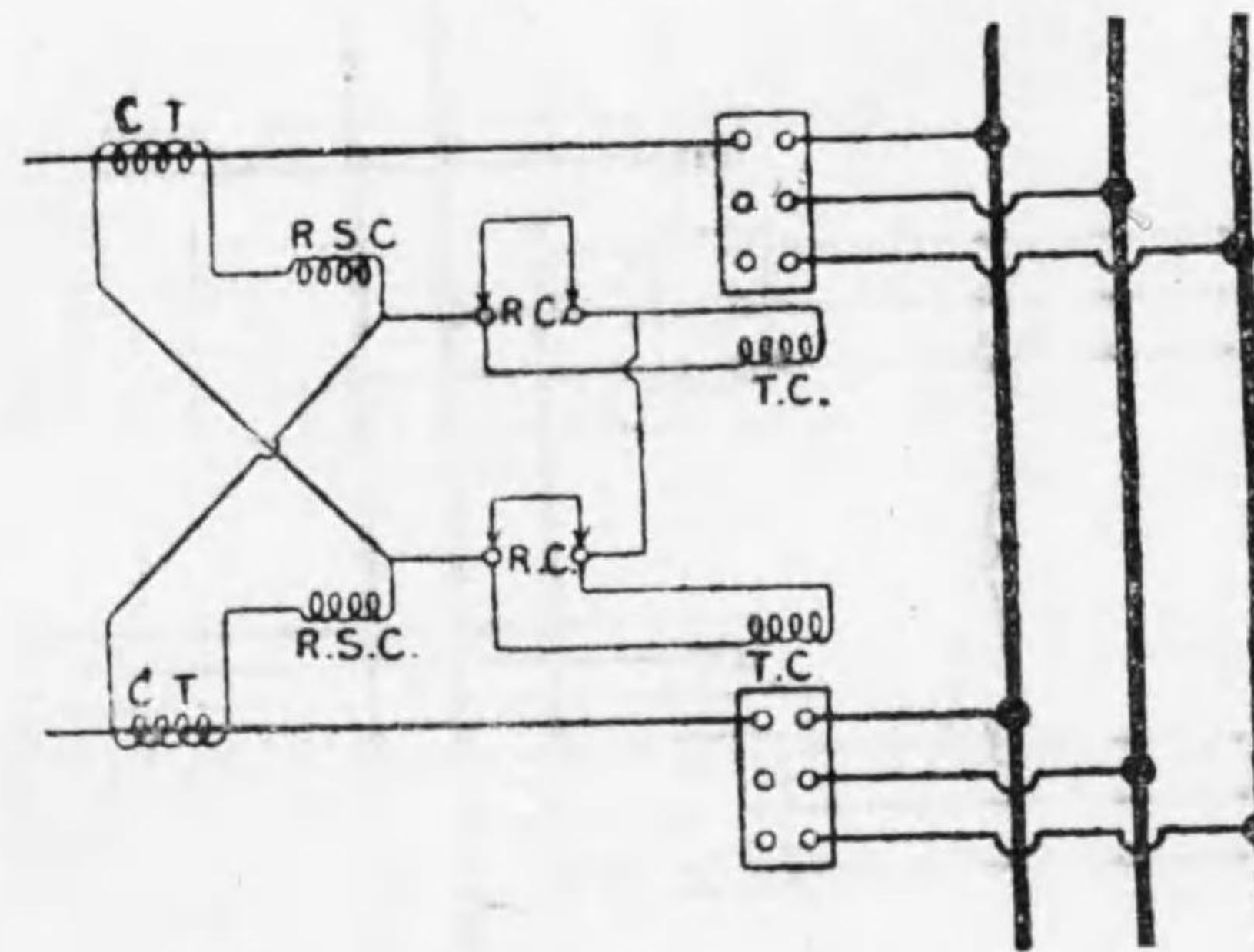


此の方法は Wedmore ("Proceeding" I.E.E. Vol. LIII, 1915 p. 163 参照) の考案で、各フキーダー端に一個のレバースリレーを結び、之れにより平常は第百六十六圖に示した二個のトリブ・コイルを短絡し故障を起したフキーダーの側のトリブコイルの短絡を除去して之を作用せしむるものである。第百六十七圖は

其の接続圖である。

第百六十七圖に示された接続では一方のフキーダーに故障が起つた爲め萬一兩方のフキーダーに逆流が起つた場合には兩方

第百六十七圖



C.T.=カーレントトランスフォーマー  
R.C.=リレーの接觸點  
R.S.C.=レバースリレー直列捲線  
T.C.=油入開閉器のトリブコイル  
注意。一相毎に之と同様な接続を要す。  
圖中リレーを電壓捲線に省略セリ。

共遮断されてしまふ。Wedmore は此の點に關して第百六十八圖に示す如き改良を施せり。之れに依れば萬一兩方のフキーダーに同時に逆流を起した場合でも直接故障のあるフキーダーは多くの逆電流を通じ其の差はやはり一本のフキーダーにのみ逆流が起つた時と同様の結果を來すから一方のリレーのみ作用し故障のあるフキーダーのみを遮断する事が出来る。

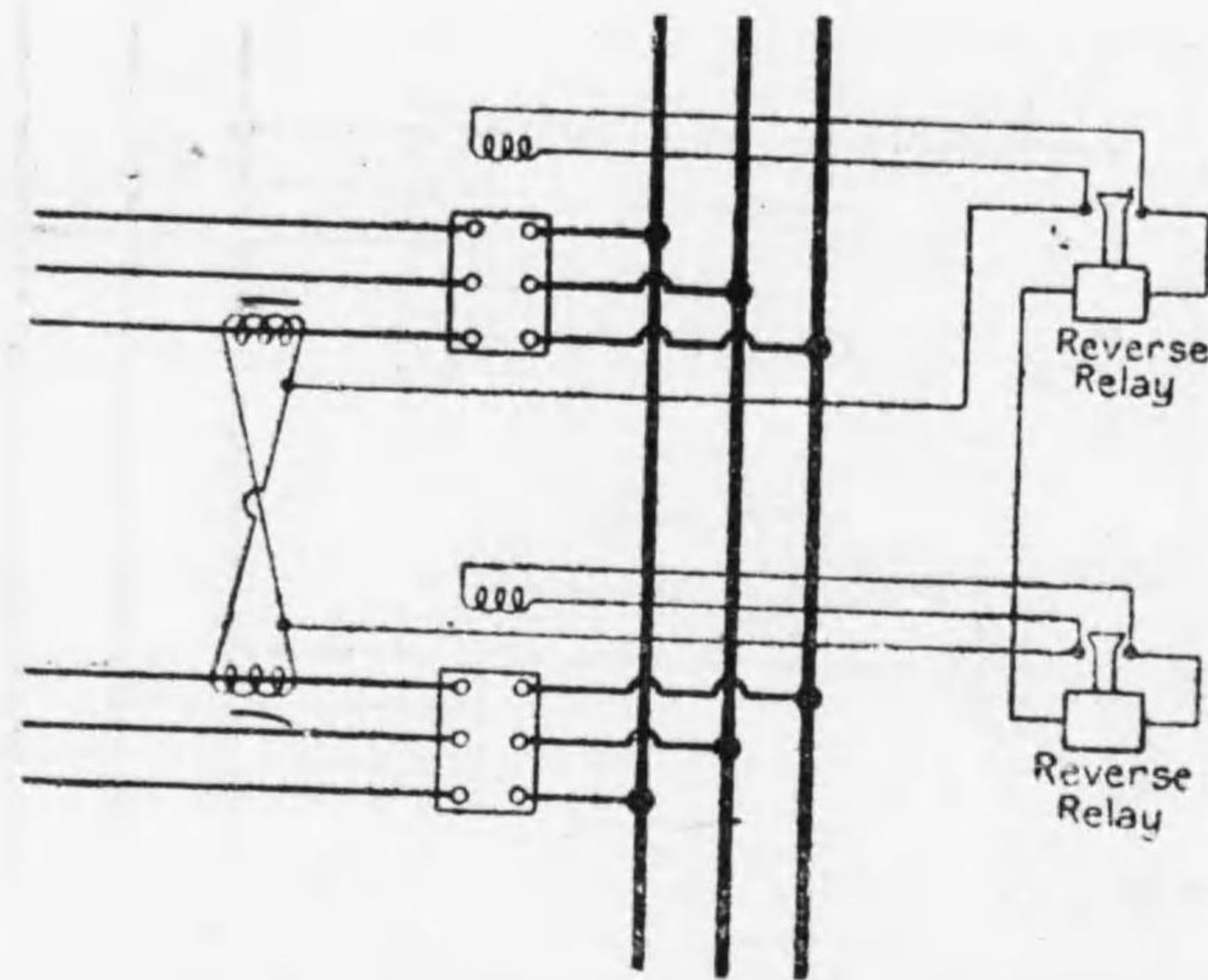
逆に接続せられたるカーレント・トランスフォーマーによる



並列フキーター又は並列環状幹線の保護

並列ケーブルの保護装置は或る場合には前に述べた導線を分割せるケーブルの二部と類似の考を以て一方に故障が起つた場

第百六十八圖



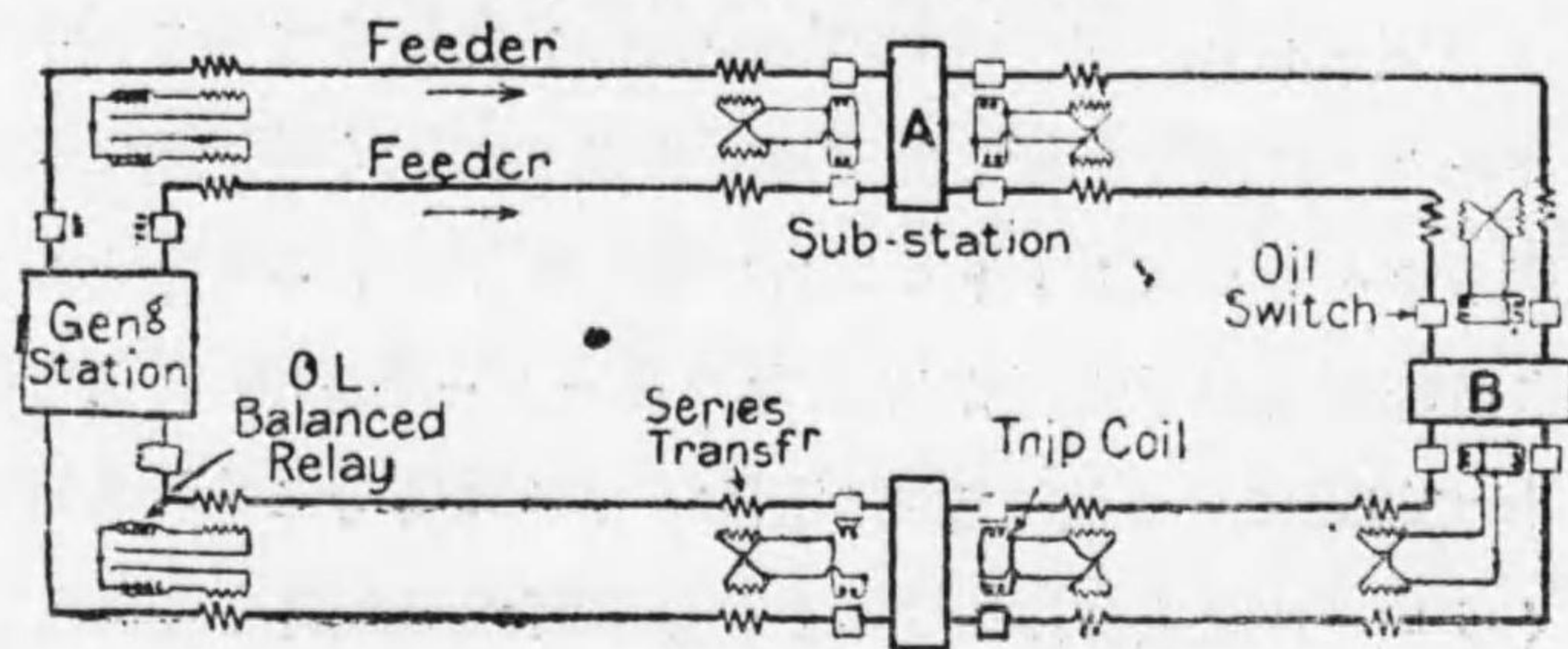
合には両方同時に遮断する様に装置される事もある。例へば四回線の並列フキーターがある場合二回線宛一組と見做し、各組をカーレント・トランスフォーマーを逆に接続する事が出来る。

第百六十九圖は逆に接続されたカーレント・トランスフォーマーによりて並列環状幹線を保護する接続圖なり。

環状幹線に於て発電所側には第百六十四圖に示されたと同業な過負荷リレーを附し sub-station には第百六十六圖の如き保安器を附せり。

一方のケーブル間に於て故障を起したとすれば AB 間は遮断

第百六十九圖



發電端に聯交過負荷リレーを、受電端に逆、接続されたカーレント・トランスフォーマーを附し並列環状幹線を保護する接続圖

されるが依然此の sub-station に対しては夫々他の側から電力が供給される。此の方法では油入開閉器に補助接觸部を附して開閉器が作用して居る時保安器を切り離さねばならぬ。

並列フキーター保安の範圍。

以上述べた並列フキーターの保安装置には或る制限がある。例へば第百六十三圖に於て B の末端に極く接近して故障が起つた場合には起點の方では電流の不平均がそんなに大とはならないから起點の下にある聯交過負荷リレーが作用せぬ内に終端のリレーが働いて終端に於て先づフキーターを開放してしまふ。然らば完全なケーブルの荷重電流が故障の電流より大となり故障を起したケーブルよりも却て完全なケーブルを遮断する。従て此の方式は完全な保安器とは稱し難く殊に複雑な問題に對する保安装置としては餘程効力の疑はしいものである。

並列フキーターの終端にカーレント・トランスフォーマーを附し其の兩二次線を逆に接続せば二次電流は此の間を流れ、兩

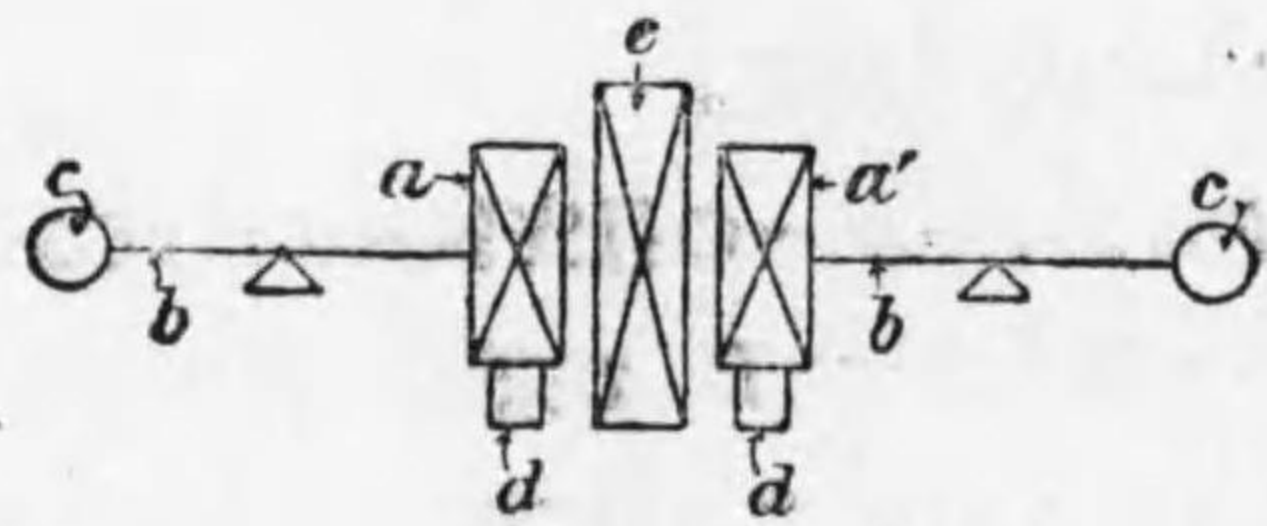


フーダーの電流が等しい場合には其の一次線の両端に於けるインダクティブ・ドロップ (inductive drop) は僅少である。一方のフキーダーに故障を起し此三故障が終端に極く接近して居ても二個のカーレント・トランスフォーマーのインピーダンスにより故障電流の大部分が完全なフキーダーを通過するを防ぐ。従て起點に於て故障電流が兩ケーブルに等分に分れる様な事なくリレーは完全に作用する。勿論第百六十六圖等に示したカーレント・トランスフォーマーは以上述べた性質は有して居る。

#### 電圧下降の逆作用を應用せるレバース・リレー。

此の方法で作られたレバース・リレーに數種あり。多くは並

第百七十圖



列フキーダーの保安に聯關せるもので通常レバース・リレーに於ては故障が起り或は逆流を生じた場合にはリレーの電圧捲線に加はる電圧が下降して其の作用を害するものである。

然れども此の電圧の下降は即時に起るものではない。一二サイクルの間は全電圧又は之れに近き電圧と見做される。依てリレーの可動部に必要な方向に此の初めの極く短い瞬間に動き初め之れによりて他の電圧に關係なき動力を作れば此の動力は電圧の下降には關係なく作用するから電圧下降によりリレーの作

用を害する事はない、即ちリレーの可動部は平常は不安定の場合の状態に在りて故障を起した時には其の初めのサイクルの内に電圧捲線の作用で此不定の位置から動かされ其後他の力によりて其運動を完結する第百七十圖は之を明かにする爲め G.E. Water の英國特許 13,418/1913 より採つたものである。

$a, a'$  は相平均せる lever の両端にある二つのカーレント・コイルで  $e$  なる重錘は略々之れに等しき(少しく少)重さを有して居る。依て平常は  $a, a'$  は  $d$  なる臺の上に載つて居る。 $a, a'$  の二つのコイルは互に同軸上に装置されてをる。若し互に排除する様に捲かれたりとせば不安定の場合の状態に在る。かゝる状態の下に於て何れかの一方が  $d$  から僅かでも上げらるれば直ちに他の磁力を受猶けて動かされる。

斯くの如きリレーを並列フキーダーの保護に裝置した場合には逆流が起り一つのコイルの電流の方向が反對となれば兩方のコイルは互に排除する力を生ず。

$e$  は電圧捲線で  $a, a'$  なる二つのコイルに對して其の軸より僅か異なる位置に位してをる。兩方のカーレント・コイルを通る電流が正しい方向なれば  $e$  と  $a, a'$  との間の力は  $a, a'$  を  $d$  の上に止める様に動く。若し  $e$  又は  $a'$  のコイルの電流が逆流すれば此の力が逆になり其の逆流を起したコイルが此の初めの瞬間に於て少しく  $a$  より上げられる。其の後電圧が降り  $e$  の電流が消滅しても  $a, a'$  間の反撥力によりて依然運動を続け遮斷器は遂に開放せられる。

第百七十一圖は之れを並列フキーダーに付けた接續圖で  $a, a'$

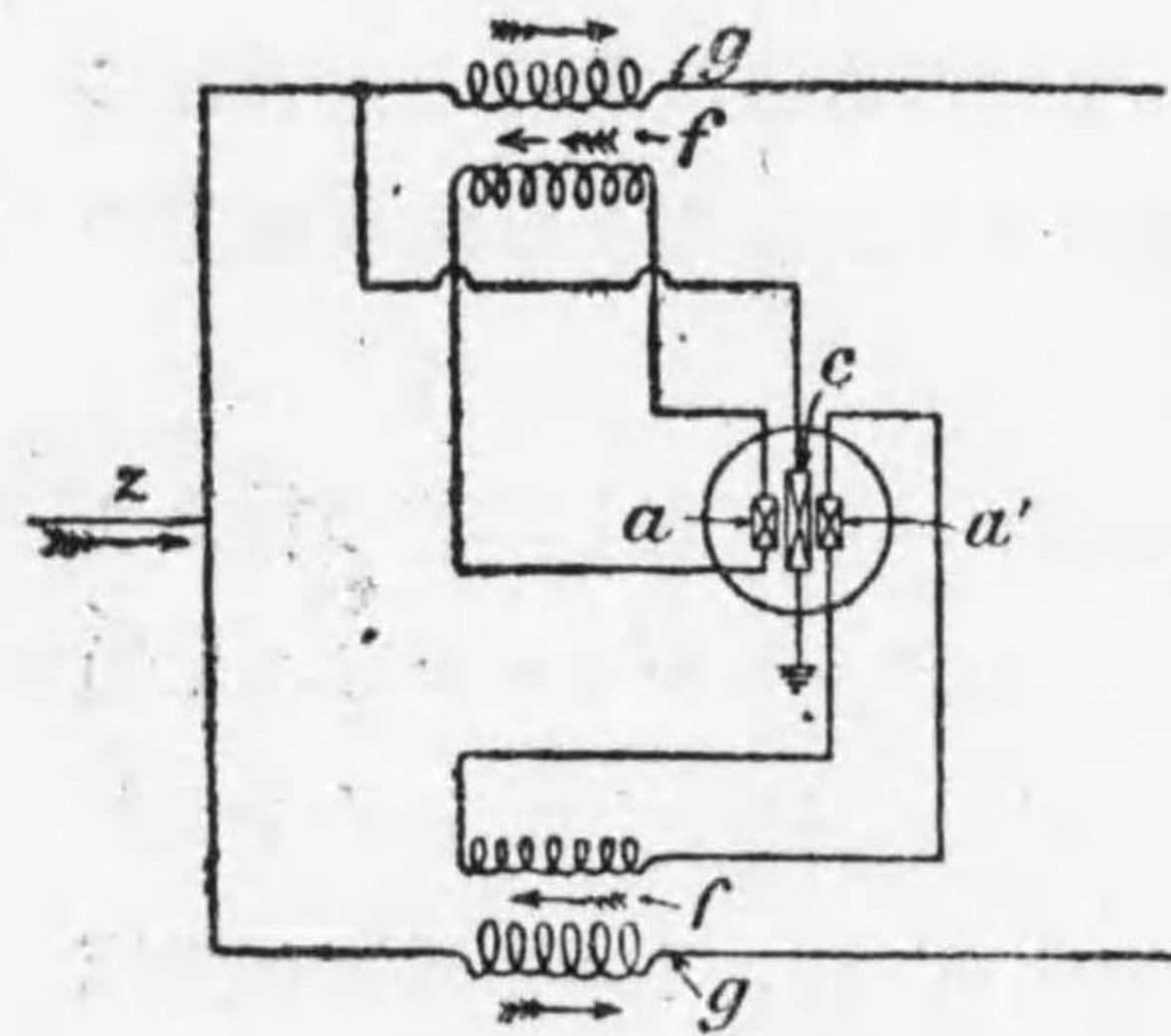


のカーレント・コイルに通る電流は夫々両方のフキエーダーから導かれる平常の場合には之等は静止して居るが一方のフキエーダーの電力が逆流を起した時には之れに對するコイルが動き其のトリツブコイルの電路を作りて遮斷器を開放す。

若し両方のフキエーダーが同時に逆流を起した時は  $a, a'$  間の吸引力によりリレーは動かない。従て茲に差別的動作がある。

此不安定な状態は普通のレバース・リレーにも機械的方法により容易に装置する事が出来る。例へば動作を起す初めの瞬間に於ける運動をして平衡重錘を打たしめトリツブ・サーキットを閉づればよい。然しかゝるリレーでは上述のリレーの如く完全なフキエーダーと故障を起したフキエーダーとの間に差別的動作

第七十一圖



第七十圖に示した原理によるレバースリレーを並列フキエーダーの保護に使用せる接続圖

電圧は下降し易いのであるが若し全く下降してしまはばレバース・リレーは遂に作用しなくなる。(前に述べたレバース・リ

を與ふる事が出来ない。

並列フキエーダーの保護にレバース・リレーと共に使用されたポテンシャル・トランスフォーマーの廢止

前にも述べた通り並列フキエーダーの保護にレバース・リレーを使用した場合に之を完全に作用せしむるには其の電圧を或る範圍内に保つて置かなければならない。

レーに對する電壓調整法を参照す可し)

此の障害を全く除去するにはレバース・リレーに於て普通の電流及び電壓捲線の作用を轉換すればよい。此の方法に依れば電壓捲線はフキエーダーに附せられたるカーレント・トランスフォーマーの二次電流で勵磁され、電流捲線に結ばれたカーレント・トランスフォーマーの二次電流で勵磁す。即ち全體のコイルは全く電流にのみ左右され電圧には全く無關係となる。第七十二圖は其の一種である (Water の英國特許 26961/1912 参照)。

$a$  に示されたのがリレーで誘導型である。  $b$  なるシリースコイルは母線のカーレント・トランスフォーマーから  $d$  電流を送られ  $c$  なるシャント・コイルはフキエーダーのカーレント・トランスフォーマー  $ij$  の二次線から電流を受ける。  $i, j$  は反對に接続されて居るから兩フキエーダーの電流が互に相等しい場合には  $c$  には何等の電流もなく  $a$  は何れの方にもトルクを感じぬ。依て平衡重錘  $l$  により  $a$  は中央の位置に止まつて居る。

$m, n$  はトリツブ・コイルの接觸で  $k$  なる腕で閉ぢられる。  $p, q$  は各フキエーダー遮斷器でトリツブ・コイルを有して居る。若し  $f, g$  のフキエーダーの電流が不平均になれば  $i, j$  に誘發される電圧が不平均となり  $c$  の捲線に電流が通り、  $a$  は何れのフキエーダーがより大なる電流を通ずるかにより何れかの方に廻轉するから之れによりて故障を起したフキエーダーを遮斷する事が出来る。

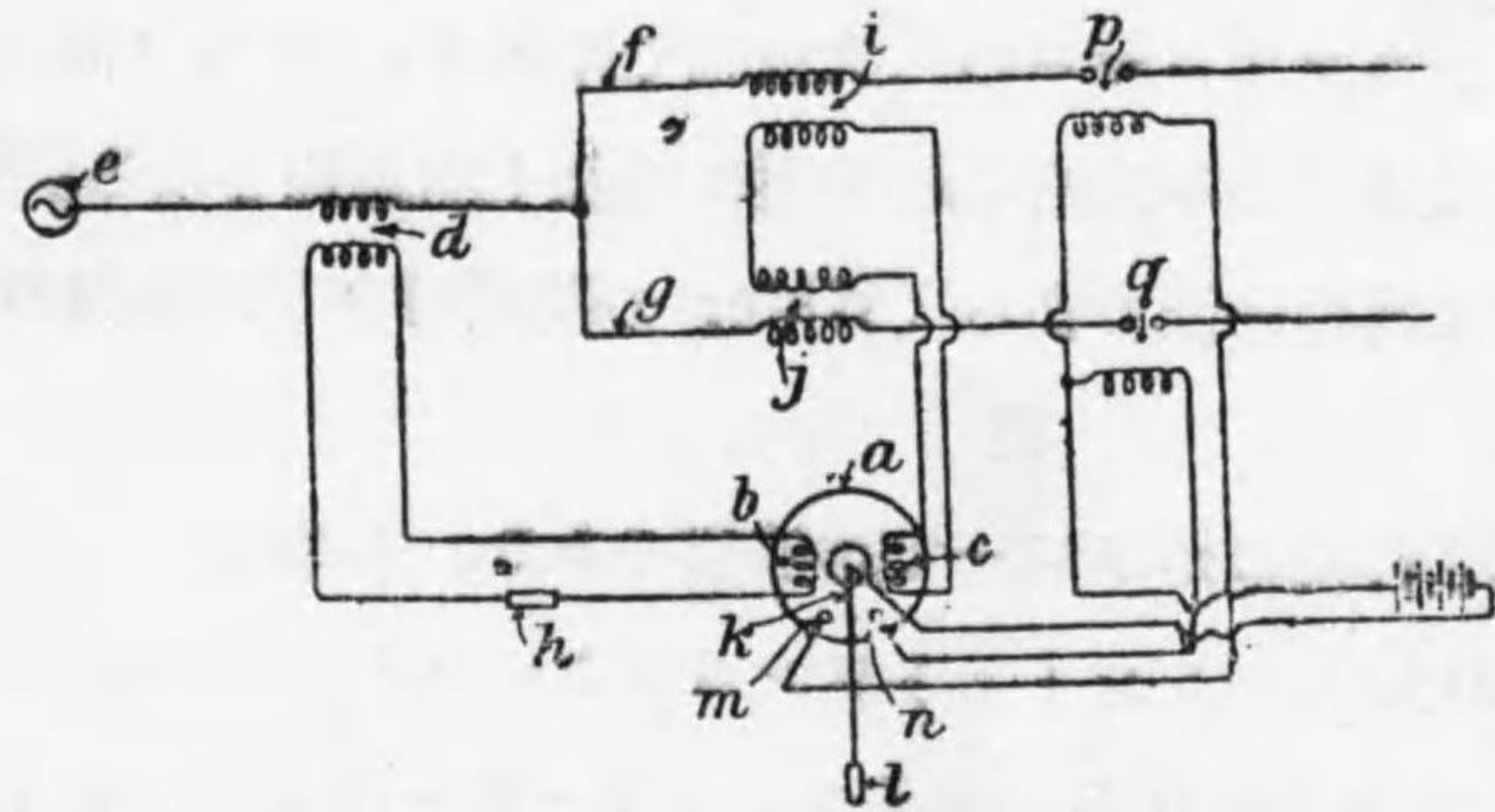
リレーの設計には何れかの回線に調整用として直列抵抗又は



インダクタンスを入れる必要が起る。

第七十二圖に於て  $h$  に示したものである。此の方法を完全ならしむるには  $i$  及び  $j$  なる二つのカーレント・トランスフォーマーを正確に平均せしめねばならぬ。

第七十二圖



並列フキーダーの保護に用ひたる電圧捲線なきレバースリレ

上述の原理により母線及びフキーダーのカーレント・トランスフォーマーを一つにする特許がある。之れは並列フキーダーのカーレント・トランスフォーマーに各二個の二次捲線を附したるもので、其の一組の二次捲線はリレーの一捲線を通じて互に反對に結ばれ他の二つの二次捲線はリレーの一捲線を通じて互に相助くる様に接続されてある。然しリレーの電流は變壓器の二次捲線の抵抗に關係して居るものであるから、此の方法で完全な結果が得らるゝや否やは不明である。却て前に述べた様に母線のカーレント・トランスフォーマーを使用する方が確實である。

## 第四章 電流量を調整する器具

本章に於ては發電機に關聯して其の電壓又は電流を變化するに用ひらるゝ加減抵抗器に就て述べむとす。

之れは多極開閉器に結ばれた金屬抵抗で必要に應じて其抵抗の大きさを増減し得る様になつて居る。之等の器具の第一の要件は其作用が正しく一定なる事で此點に就て粉末、炭素、粘土の合成物、等の如き其抵抗一定せず不確實なるものは不適當である。

鐵線で抵抗器を作る事が試みられたが之れは腐蝕し易い欠點がある。然しグリッドなれば太いから腐蝕に對しては鐵線の様心配するには及ばない。

現今多く行はれて居る抵抗線は種々の商名を有して居るが概ね銅、ニッケルの合金で此の金屬は良い結果を呈して居る。亞鉛を含んで居る材料は一般に結晶性を有し切れ易い性質を有して居るから適當でない。

調整器は手働及び自動の二種類に分類する事が出来る。前者は並列及び主要磁界の調整器、シリーズ、シャントの速度調整器等で後者は直流交流發電機の電壓又は電流を一定に保つ抵抗器等に多い。依て此の分類に於いて論述せむも今簡単に一般的事項に就て述べむ。

抵抗線の電流容量。

空中に自由に吊された線に電流を通ずる場合に一定の溫度に



於て此の線中に連続的に費さるゝワットは其の線の冷却表面及其の單位面積の放熱容量等に比例す。而して冷却面に於ける放熱容量は普通の抵抗線では一般に概ね一定と見做されるから今  $l$  を線の長さ  $d$  を其の直径とせば

$$\text{許し得べきワット數} \cdot P_w = k_1 dl$$

但し  $k_1$  は或る常數なり

$I$  を通過する電流とせば

$$\text{ワット} = \frac{I^2 k_2 \rho l}{d^2}$$

$\rho$  = 比抵抗、即ち一立方センチメートルの抵抗オーム

$k_2$  = 常數

依て  $k_1 dl = \frac{I^2 k_2 \rho}{d^2}$

$$I^2 = \frac{k_3 d^3}{\rho}$$

$$I = k_2 \sqrt{\frac{1}{\rho}} d^{\frac{3}{2}} \dots \dots \dots (1)$$

依て或る抵抗線に對しては

$$I = k_3 d^{\frac{3}{2}} \dots \dots \dots (2)$$

とする事が出来る。即ち或る材料に於て或る温度に於ける  $k_3$  の値を知れば之れより通じ得べき電流の大きさを求める事が出来る。

然し  $k_4$  や  $k_5$  は一定値ではなく抵抗線を使用する方法によりて非常な差がある。即ち抵抗線を螺旋状に捲いた場合には螺旋の間隔、其の直径等によりて變化す従て此の式は單に比較上

の値を求むるに使はれる。例へば或る太さの線を或る大きさの螺旋に捲いた時或る温度上昇を來したとすれば、(2)の式によりて同様の形狀に捲かれた他の太さの線に就て此の温度上昇に對する電流の大きさを求むる事が出来る。(1)の式でも同様で冷却の方法が一定なる場合には之等の式は安全に使用される。

|| 螺旋形の抵抗

抵抗線を螺旋形に捲き心を與へざる場合には此螺旋がよく振動に耐え隣接せる線と短絡せざる様充分の強さを與へねばならぬ。抵抗線を捲き付けて螺旋形にする心型の直径が大なる程又ピッチが密接して居る程垂れさがる傾向が多い。而して螺旋形の抵抗を集めて一つの函に納め抵抗器を作る場合に其の心型の直径は皆一定なる方が都合よい。

S.W.G. #17 より小ならざる直径の線には心型の直径は  $\frac{1}{2}$  吋位が適當である。18番、19番等には  $\frac{1}{4}$  吋以上の心型は用ひられない。S.W.G. # 19 以下の線は心を有せざる螺旋抵抗としては使用す可きでない。

螺旋の延び方は其の延びた長さを之を密着した時の長さとの比で表はす事が出来る。此の比は少くとも  $2\frac{1}{2}$  以上でなければならぬ。即ち密着した時の長さが 6 吋なれば引き張つた時の長さを 15 吋より少くしてはならない。

ぶら々とする危険の外に、餘り張り方が少い即ちピッチが少いと同一の電流に對して温度上昇が大となる。例へば S.W.G. # 10 のユーレカ線を二分の一吋直径の心型に捲いた螺旋抵抗に於て之を密着した時の  $1\frac{1}{2}$  倍に引き延ばした時には 28 アン



ペアンペンの電流で温度が 500°F に上昇するが 3½ 倍に引き延せば同一の電流でも僅かに 380°F の上昇を来すのみである。

調整用抵抗の構造

抵抗器の開閉接觸部に就てはあまり評論せざる可し。大形の接觸部 (50 アンペア以上) は容易に取換へ得る様にして置く方がよい。普通の場合には接觸部はスレートの臺の上に取り付けたもので充分であるが船舶用としてはスレートは不適當であるから鋼鐵の框にマイカで絶縁して取付ける。抵抗線と接觸片との接続は絶縁されない導線又は導體で確呼と適當な間隔を隔て、結び、充分注意して短絡しない様になすべし。例へば硝子や陶器の小筒を導線に連ねて絶縁する場合に其の付け方が緩すぎる爲め隣接する線と接觸し短絡を起す事は往々ある。接觸部はすべてソルダーせずボルトやナツトを以て接続するを可とす。

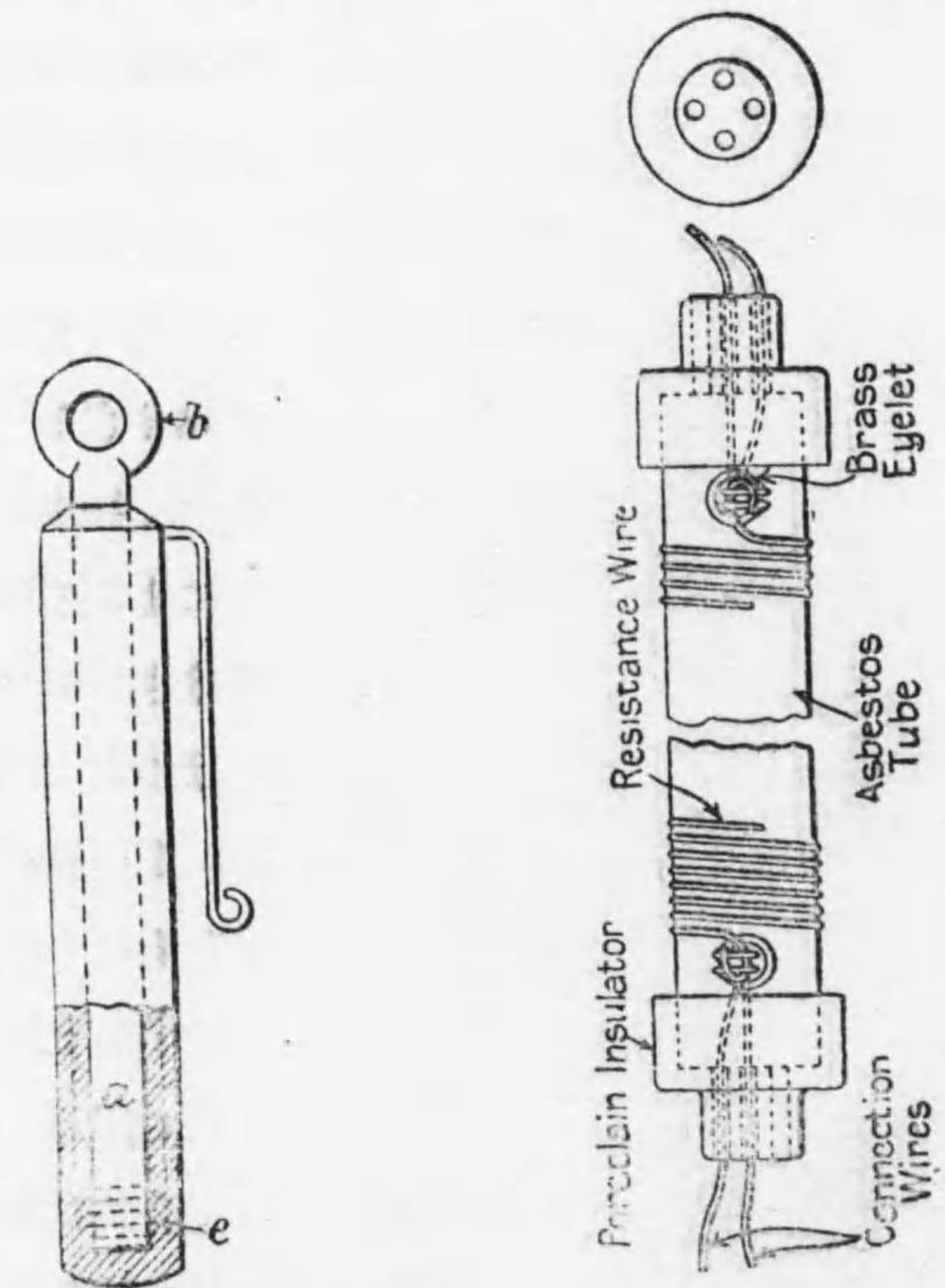
單位抵抗 (resistance element) に関しては種々なやり方がある。以前は抵抗線をエナメルで被ふ事が一般に行はれたが之れは一ヶ所線が切斷すればエレメント全體を破棄せねばならなくなる。此の修正として**第百七十三圖**の如き單位を澤山例へば一ステップ (step)<sup>(1)</sup> 毎に一個宛使用する方法あり。之等は各々金屬又は陶片の心に螺旋形に捲かれ其のセメント又はエナメルを塗附され全體として放熱よくセメントの表皮により線の過

【註】<sup>(1)</sup> 一ステップとは抵抗器の全抵抗が接觸片により何段にか區分された一區を指す。

熱さるゝ事がなくなり細い線を使用する事が出来るから頗る材料の經濟にもなると云はれて居る。**第百七十三圖**に於て a は心で、e は線、b は之を取りつけるターミナルである。

第百七十三圖

第百七十四圖



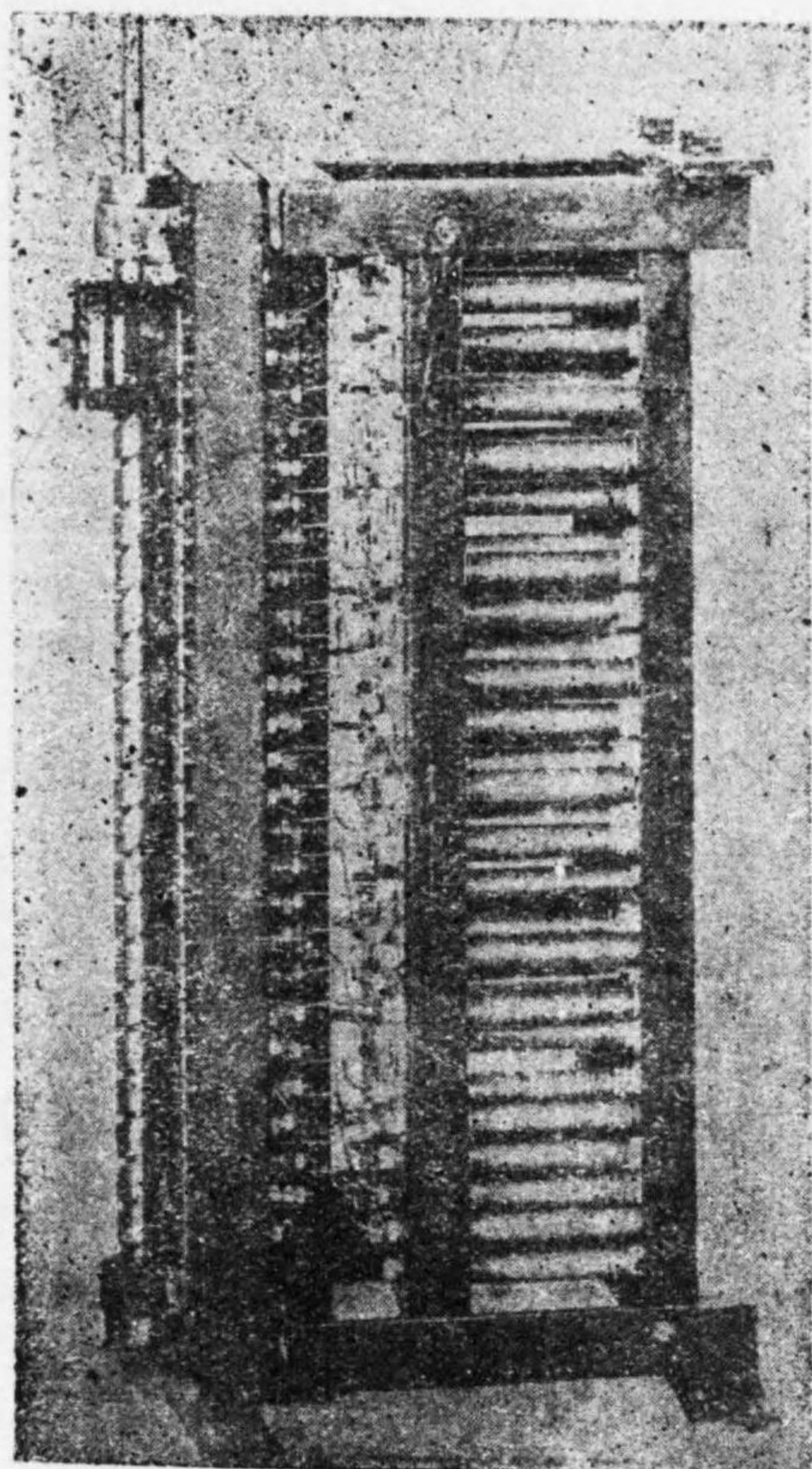
セメントにて被覆せる單位抵抗 太い抵抗線の單位抵抗

若し表面に塗つたセメント又はエナメルに龜裂が生じたとせば細い抵抗線は外部に露出されるから全體がよく被はれて居た時の様に傳導によりて冷却されない。依て斯様な場合には線の過熱を來し燒損の恐れあり。此の理由に基き斯様な構造をなし



たる単位抵抗は機械的構造上より見れば頗る便利なものであるが太い線の場合の如く電氣的には信頼し得ぬものとなる。

第七十五圖



第七十四圖に示した resistance units より成る長方形型の shunt regulator

の上面に金属筒を嵌入しマイカで絶縁して抵抗線を捲く。此の構造は理想的であるが少しく費用を増加す。

第七十四圖の単位抵抗の主要なる點は抵抗線が如何なる状

著者の考では最も適當な単位抵抗は第七十四圖に示した様なものであると思ふ。

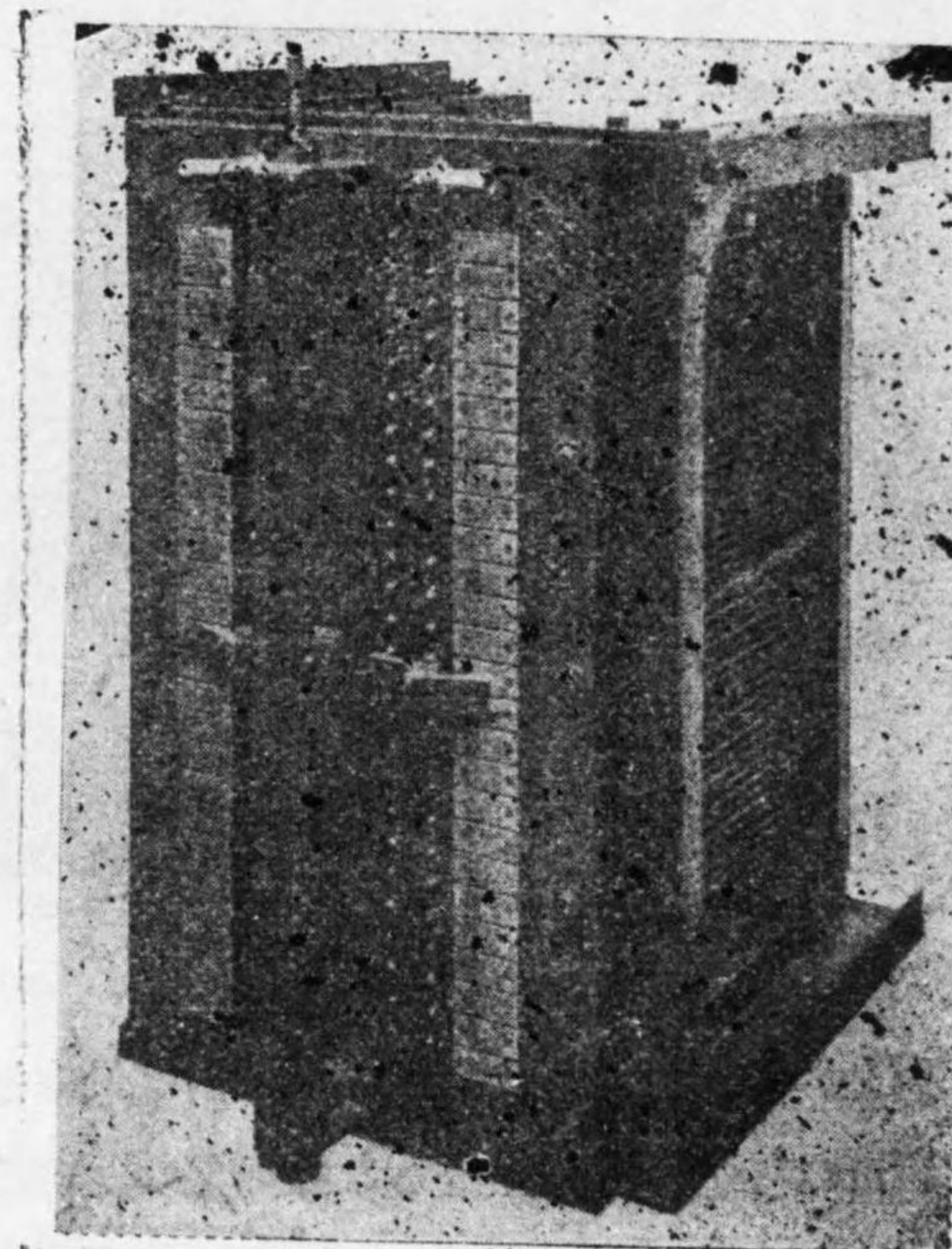
此の形の線は如何なる状態に於ても容易に過熱せざる(螺旋抵抗が全く空中に吊られ熱心によりて冷却作用を受けざる場合にも)だけの太さを有て居る。此の捲心は單に螺旋を支持し其の動搖し短絡するを防ぐ作用をなして居る。長さが長い場合には猶鐵のパイプ又は棒を挿入して機械力を増加す。船舶用としてアスベストの筒

態にても容易に過熱を來さざるだけの充分な太さを有して居る事である。依て安心して使用する事が出来るから増々需要せらるゝ様になつた。第七十五圖は此の單位で組み立てた長方形の抵抗器なり。

調整す可き電流が大なる場合には捲心なき螺旋又はリボン形の薄い副の廣い抵抗條、或はグリッドを使用す。

第七十六圖はリボン形の抵抗條より成る幹線調整器で各條

第七十六圖



リボン抵抗より成る main regulator

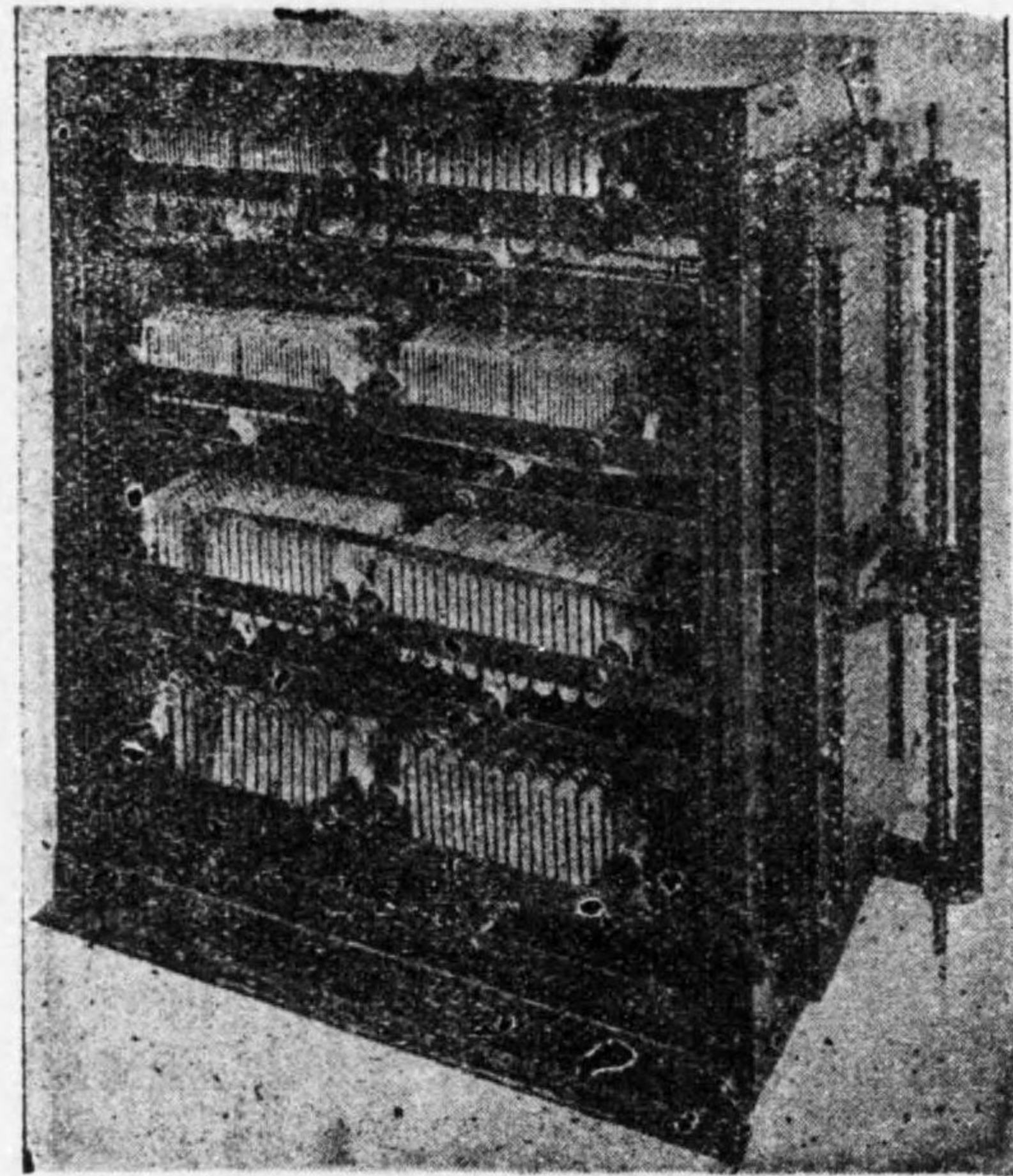
の張力は別々に調整され表面には二列の接觸片を有し各接觸片



は各地の列に對して食ひ違つて居るから 刷子の移動の範圍を増さずにステップの數が二倍になつて居る。猶調整捻子により各刷子壓力が別々に調整さる様注意が施されてある。

第百七十七圖はグリツドの抵抗器を示す。

第百七十七圖

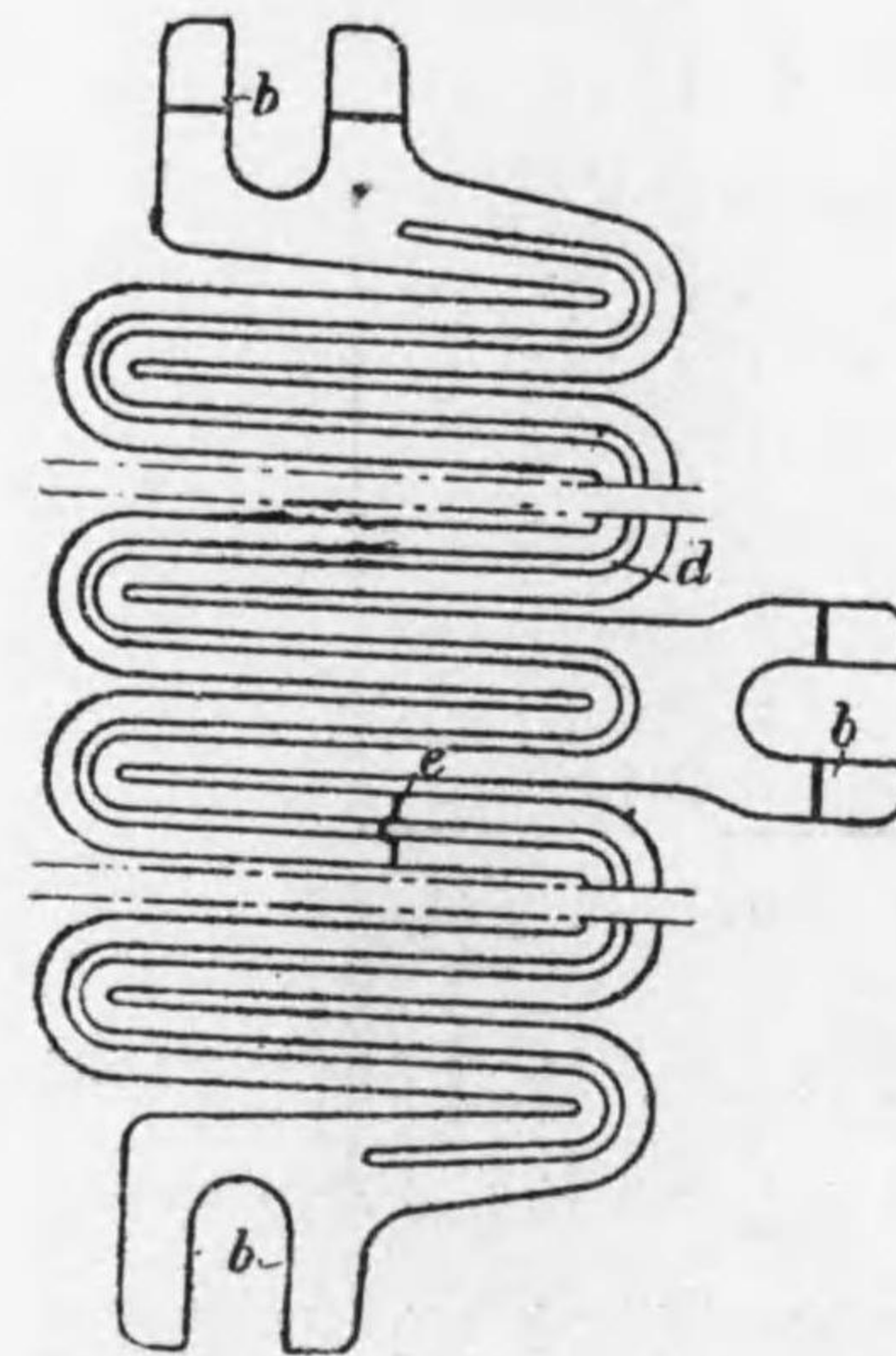


グリッドより成る main regulator

取り扱ふ電流が甚だ大なる時は此の抵抗器は最も適當であるが各グリッド間の接觸は充分完全となし局部の過熱を起さぬ様注意を要す。第百七十七圖に於てはグリッドは鑄物であるが市場には種々の形に stamp したものがある。之れは外國へ輸出したり遠方へ送つたりする様な場合には尤も適當で鑄物のグリツ

ドでは荷造を完全にしたければ運搬中破損を來す事多し。stamp したグリツドに充分の機械的強さを與ふる爲め種々工夫されて居る。例へば Allen West は第百七十八圖に示した様な

第百七十八圖



グリツドの側面に並行に襞を附する特許(英國特許第 26,252/1908)を有して居る。b の部分には襞を附せずフレームに取り付け且つ此處より電流を出入せしむ。d なる襞の斷面は e に示した様になつて居る。此グリツドを作る。

材料としてはスタロイ (st alloy) が尤も適當である。

第百七十九圖は Collinson (Allen West のスタンプせるグリッド抵抗)の特許(英國特許第 29,622/13)にかゝる stamp せるグリツドで expanded metal を作るに用ふる如き機械にて作り薄金屬板より成る。

此の外種々のグリツドがあるが茲に一々評説する餘地なきを遺憾とす。

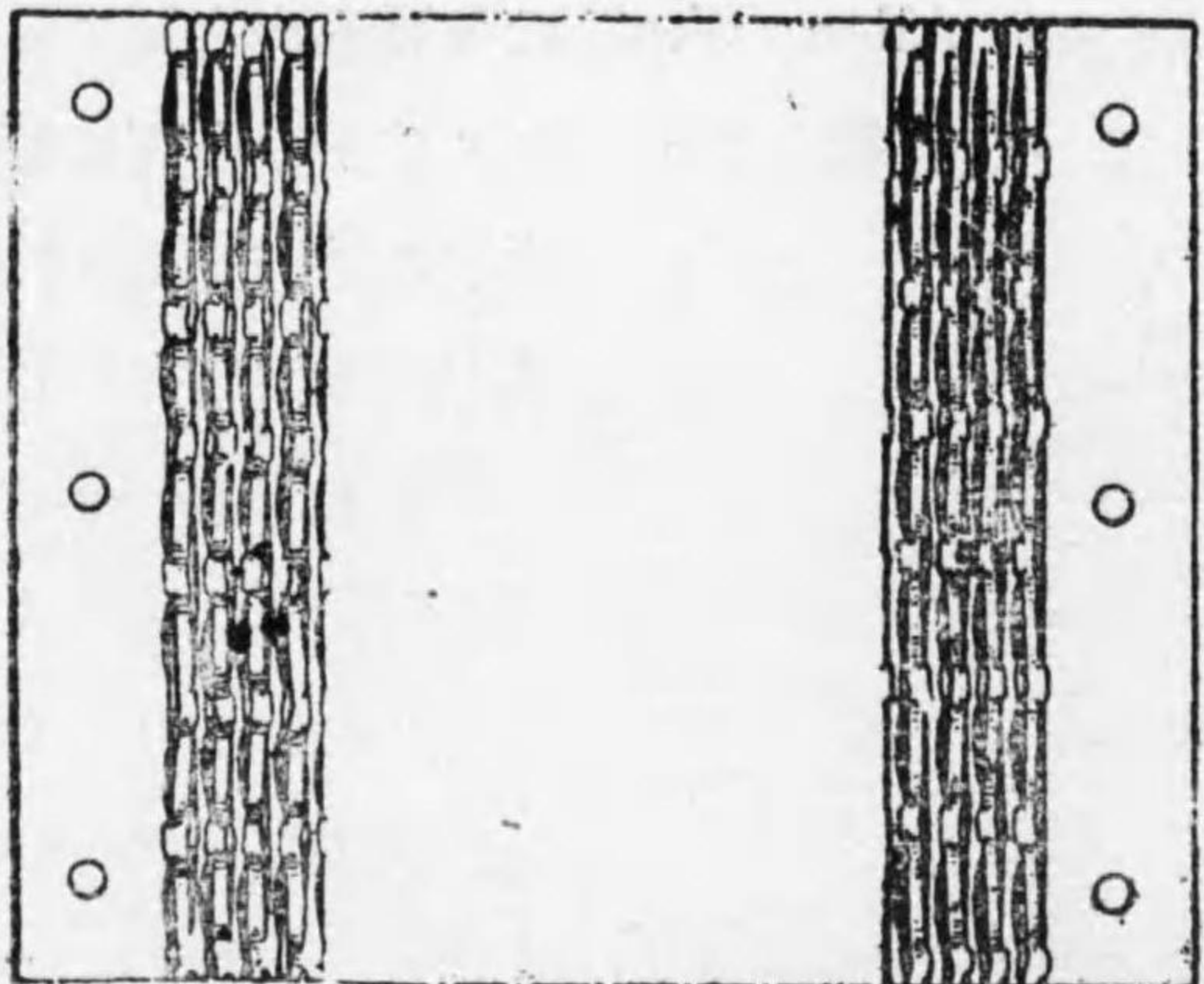
調整器に於てステップの有効數を増加せしむる装置。

細かい調整をなさむとせば調整器に出来るだけ多くのステップを與へねばならぬが價格の問題には制限される。第百八十圖は實際の接觸片數に比してステップの數を増大する一方法を示



したものである。

第百七十九圖

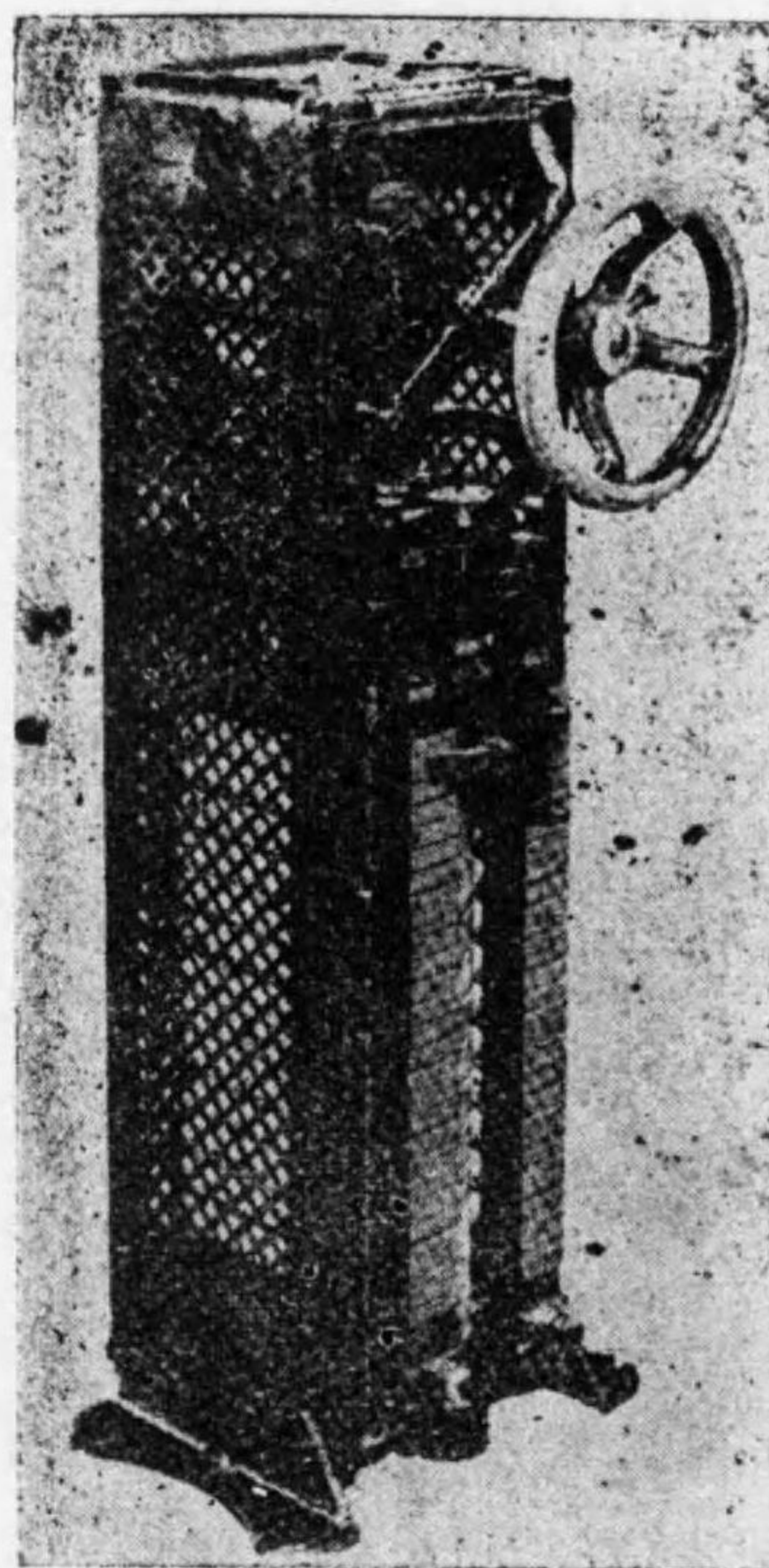


(Collinson expanded metal damped grid)

調整器の主要接觸部は圖の下方に示され、上方には主要接觸部の一ステップの抵抗と等しきか又は之より少しく少なる抵抗を有する二次接觸部があり、此の二次接觸部は凡そ 10 個のステップに分たる。依て若し主要接觸部に 50 のステップありとせば  $50 \times 10 = 500$  個のステップだけ調整されるわけである。

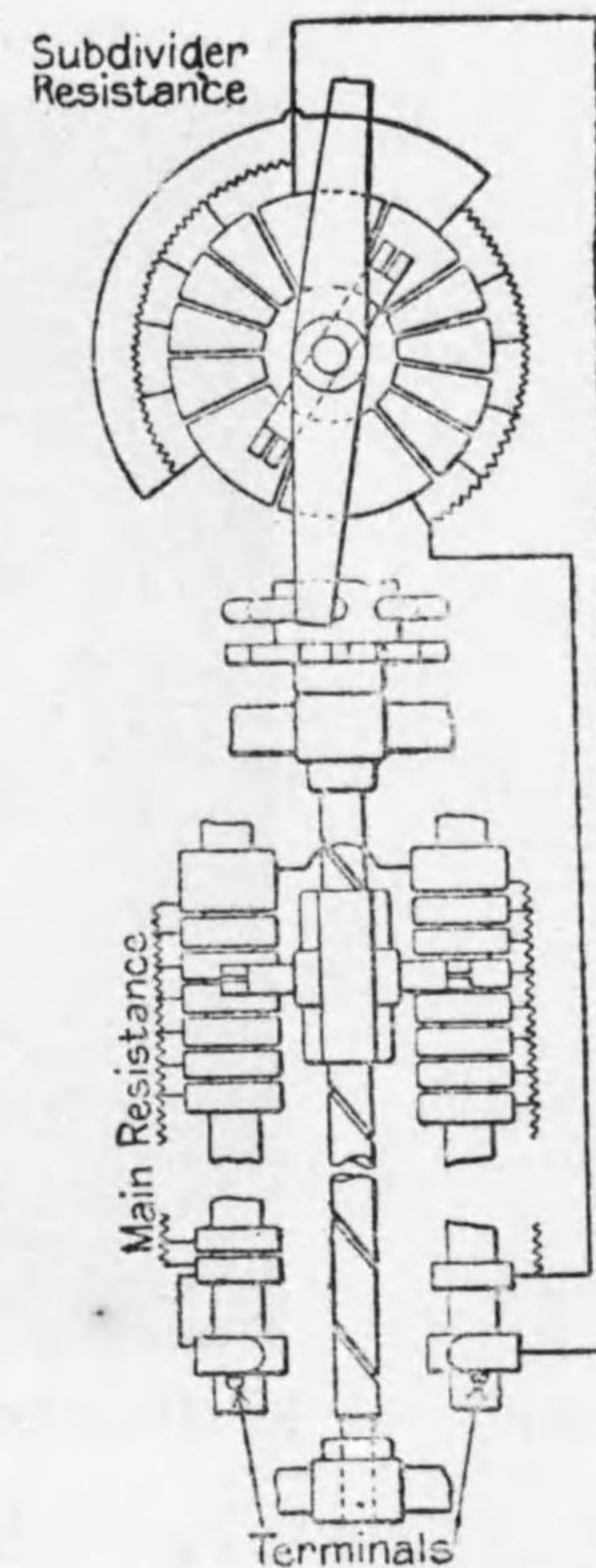
第百八十圖に示した装置によれば一次二次の接觸部に於て刷子は互に相聯鈎されて居るから二次のステップは主要部に於て刷子がステップより次のステップに移り行く間に順次に電路に入り又は出される。即ち急激な不規則な抵抗の變化を防止す。一般に斯様な種類の抵抗器に於ては各ステップの抵抗は皆相等しく漸次増加するが如き變化はない。實際ステップの数が非常に多い場合にはステップの抵抗は等しい方がよい。此の抵抗器

第百八十圖



付効ステップを増加する  
二次接觸部を有する抵抗器  
British Westinghouse Co.

第百八十一圖



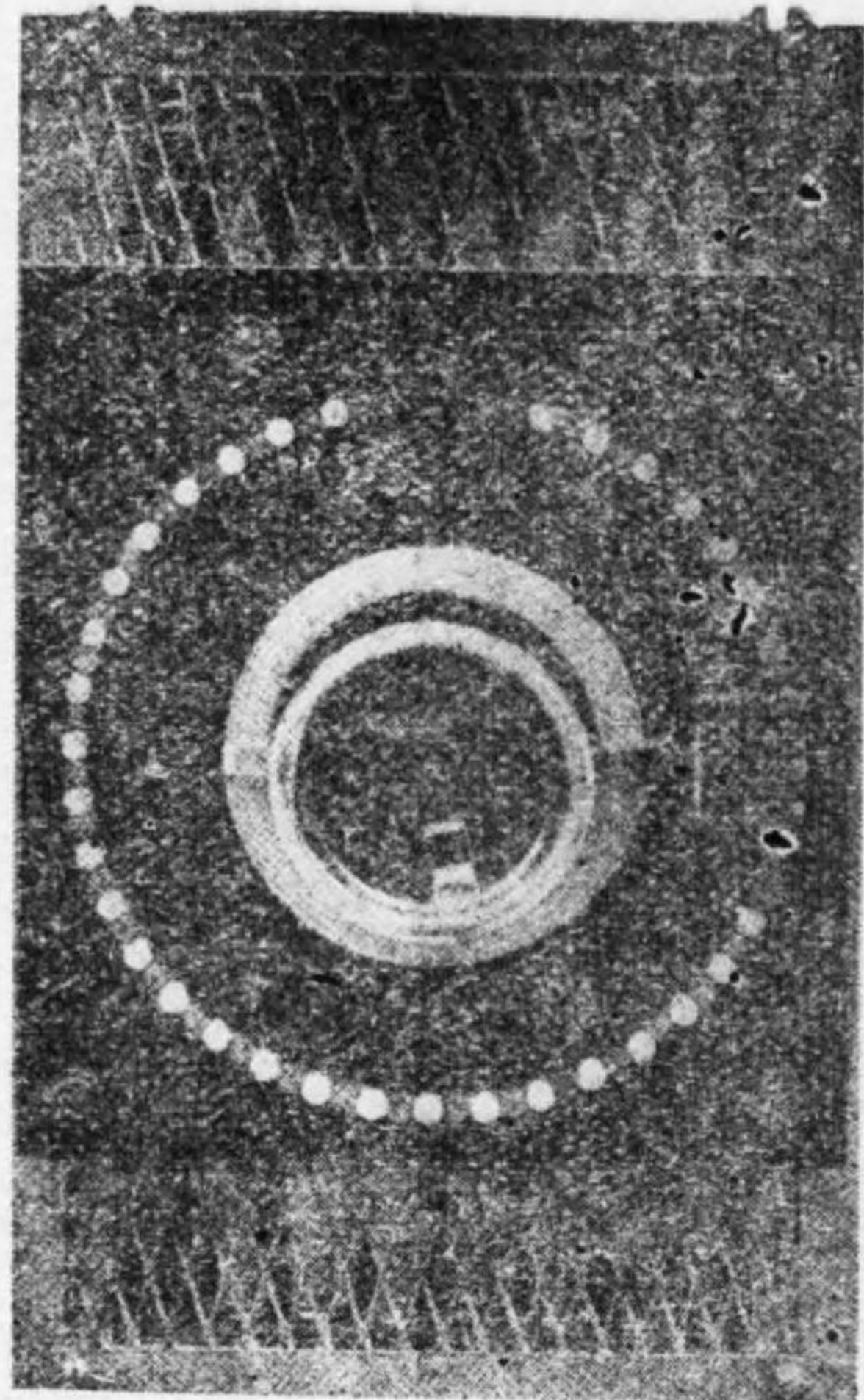
第百八十圖に示す抵抗器の接続

の構造は第百八十一圖を参照すれば一層明かになるであらふ。  
下部の主要刷子は捻子によりて把手の半廻轉毎に一ステップ宛動かされ、把手が半廻すれば二次接觸の抵抗は全部切り離される。  
第百八十二圖は接觸片の數に比し抵抗器のステップ數を二倍



に増加する一方法を示す。主要刷子は二個の補助刷子を有し刷

第百八十二圖



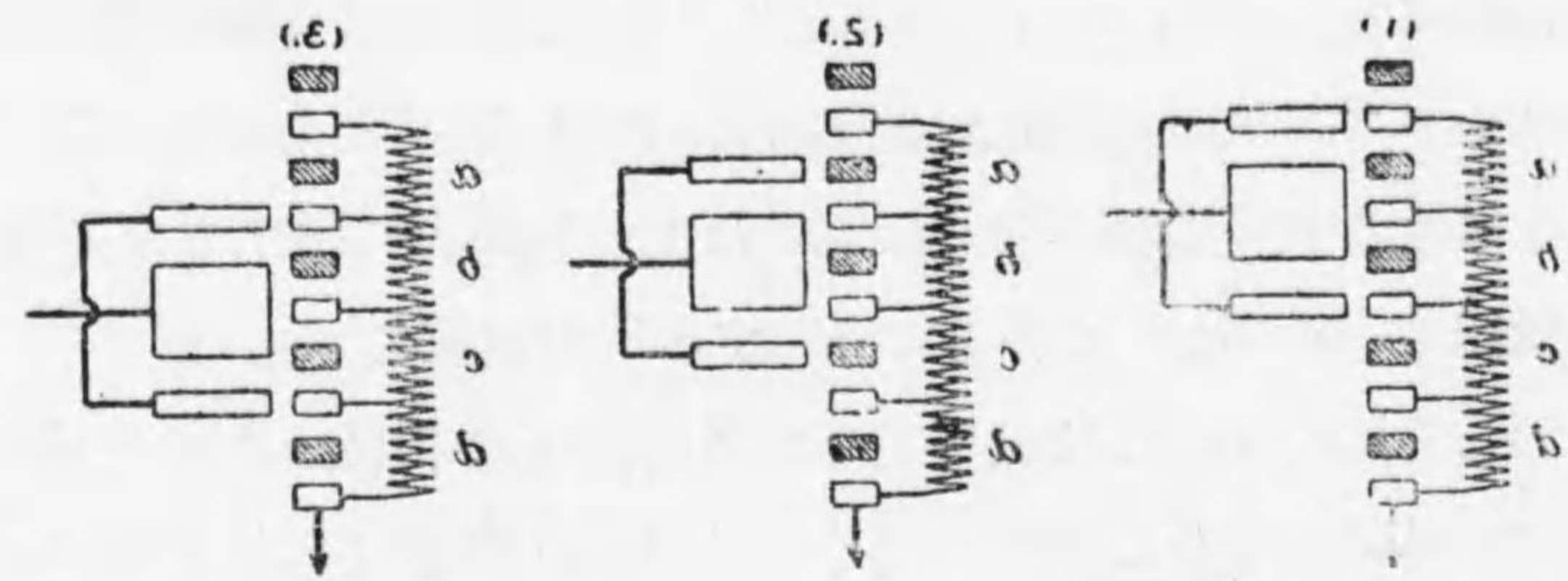
ステップ数をコンタクト数の二倍となしたる抵抗器

子は互に主要刷子より絶縁されて居る。第百八十三圖は此等刷子の移動によりて起る作用を示すものなり。

第百八十三圖に於て抵抗は  $a=b=c=d$  と假定せり。然し之れはあまり重要ではない。刷子は交互に二つのステップの抵抗を並列となすから一ステップの抵抗の二分の一宛調整される。

此の方法は生きた接觸片の外其の間に絶縁された接觸片を要するから小さな盤面に装置する事は出来ない。然し接續線を半減する事が出来る。

第百八十三圖



Resistance in Circuit  $d+c+b/2$     Resistance in Circuit  $d+c$     Resistance in Circuit  $d+c/2$

第百八十二の抵抗器に於てステップ数を二倍となす方法及び刷子の移動によりて起る結果を示す。

### 手動調整器 Hand Operated Regulator

#### 直流發電機用 Shunt Regulator

Shunt regulator の役目は分捲勵磁電流を調整して負荷が變化しても發電機の端子電壓は或る一定の値に保たしめ又は battery を充電する場合の如く (昇壓機 booster を使用せざる場合) 端子電壓を漸次變化せしむるに在り。

(a) 電壓の變化する發電機 — battery を充電するに使用する發電機の如きは battery の逆電壓に打克つ爲め 50 パーセント位端子電壓を高める事が出来る様になつて居る。Shunt regulator の抵抗は一ステップ毎に必要なだけ電壓が調整される様に作られて居らなければならぬ。壓搾された炭素やマイカ粉で



作られた抵抗器にありては此の問題は容易であるが之等の材料は實際に於て不適當で、殆んどすべての抵抗器は金屬抵抗で作られ一ステップ毎の抵抗は適當に設計される。若し或る發電機の正確なる負荷曲線が解つて居れば此の發電機に附す可き調整抵抗器の grading は容易に決定する事が出来る<sup>(1)</sup>。

然し普通の場合には此の正確な負荷曲線は得難いもので且つ磁路の特性の變化に備ふる爲め抵抗器には充分の餘裕を與へて置かねばならぬ。依て設計室では或る標準型の發電機に對して其の代表的の負荷曲線を基本として抵抗器の設計をなす。即ち此の負荷曲線が實際に正しく合致すれば尤もよい結果が得られる。

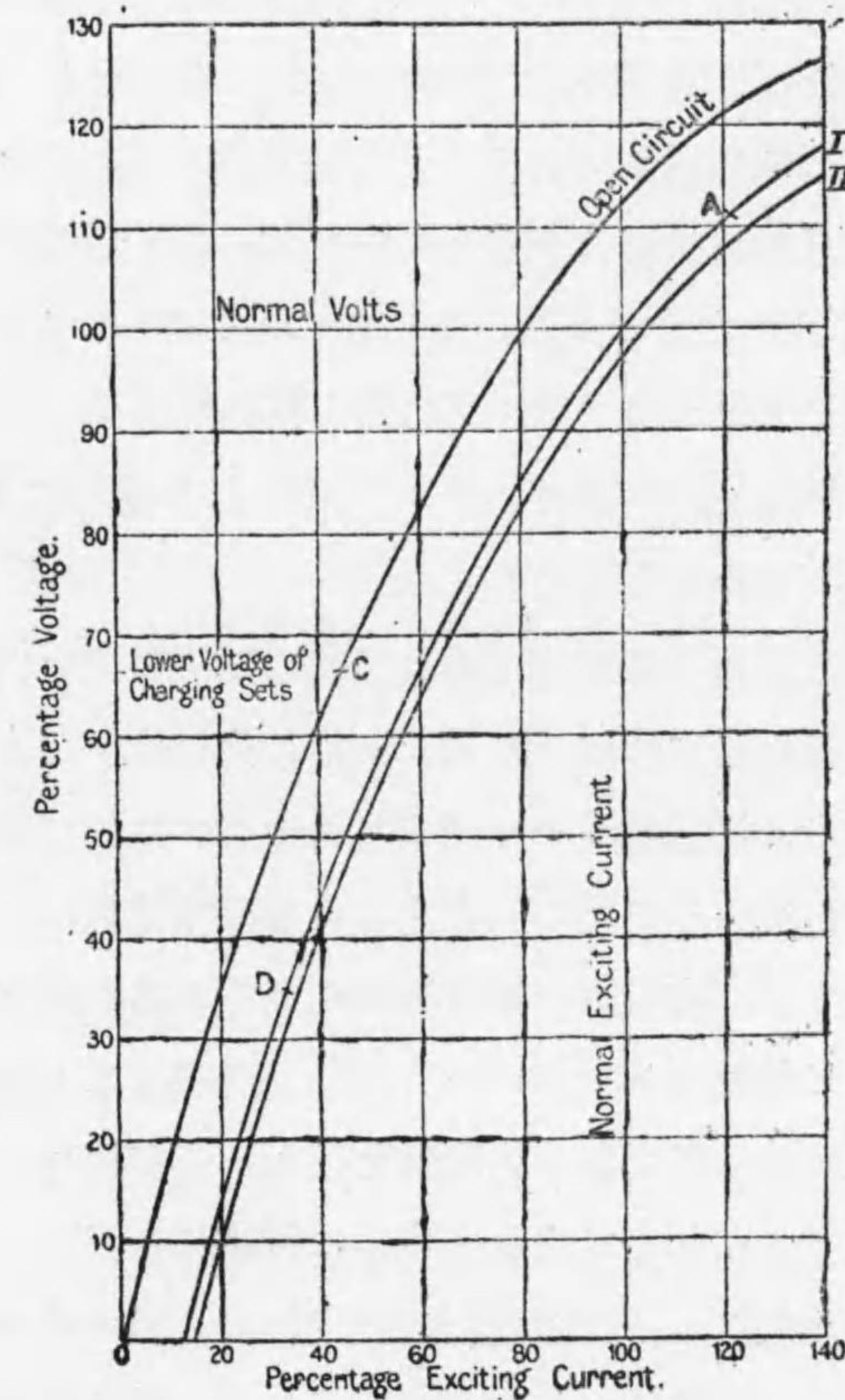
此の曲線は勵磁電流の百分率と端子電壓の百分率とで表はされる。**第百八十四圖**は直流分捲發電機の無負荷に於ける勵磁曲線及び低速度に於ける發電機の負荷曲線を示す。

今實例として 46.5 ヴォルトより 70 ヴルトまで變化し得る發電機を取り其の規定の分捲勵磁電流を 1.92 アンペアとせむ。常溫に於ける shunt field の抵抗は 25.7 オームなり。熱した場合の抵抗は 30 オームで 70 ヴォルトの時には之れに 2.33 アンペアの勵磁電流が通る。即ち規定の勵磁電流の 121 パーセントである。而して此の發電機は規定の勵磁電流で 70 ヴォルト出すものとして作られて居るのであるから 1.92 アンペアと 1.33 アンペアとの差は發電機が豫期の如く電壓を出し得なかつ

【註】<sup>(1)</sup> Grading とは調整抵抗器の各ステップの抵抗値が漸次増加又は減少する割合を意味す。

た場合の補給として残されたものである。46.5 ヴォルトなる最低電壓は**第百八十四圖**に於て無負荷勵磁曲線上 C 點にて示され 45 パーセントの勵磁電流即ち 0.86 アンペアだけ通る。餘

第百八十四圖



直流 shunt dynamo の特性曲線  
 曲線 I— 半間速度 750~1,000 r.p.m. なる場合の大凡の負荷曲線  
 曲線 II— 低度 350~500 r.p.m. なる場合の大凡の負荷曲線



裕を残す爲め 46.5 ヴオルトの最低電圧に於て之れより 25 パーセント少い勵磁電流即ち 0.64 アンペア(規定の値の 33 パーセント) が通る様に shunt field の全抵抗を撰んだものとすれば此の抵抗は 73 オームとなる。之れより field coil だけの抵抗を引き去れば残り 47.3 オームは調整抵抗器の全抵抗となる。

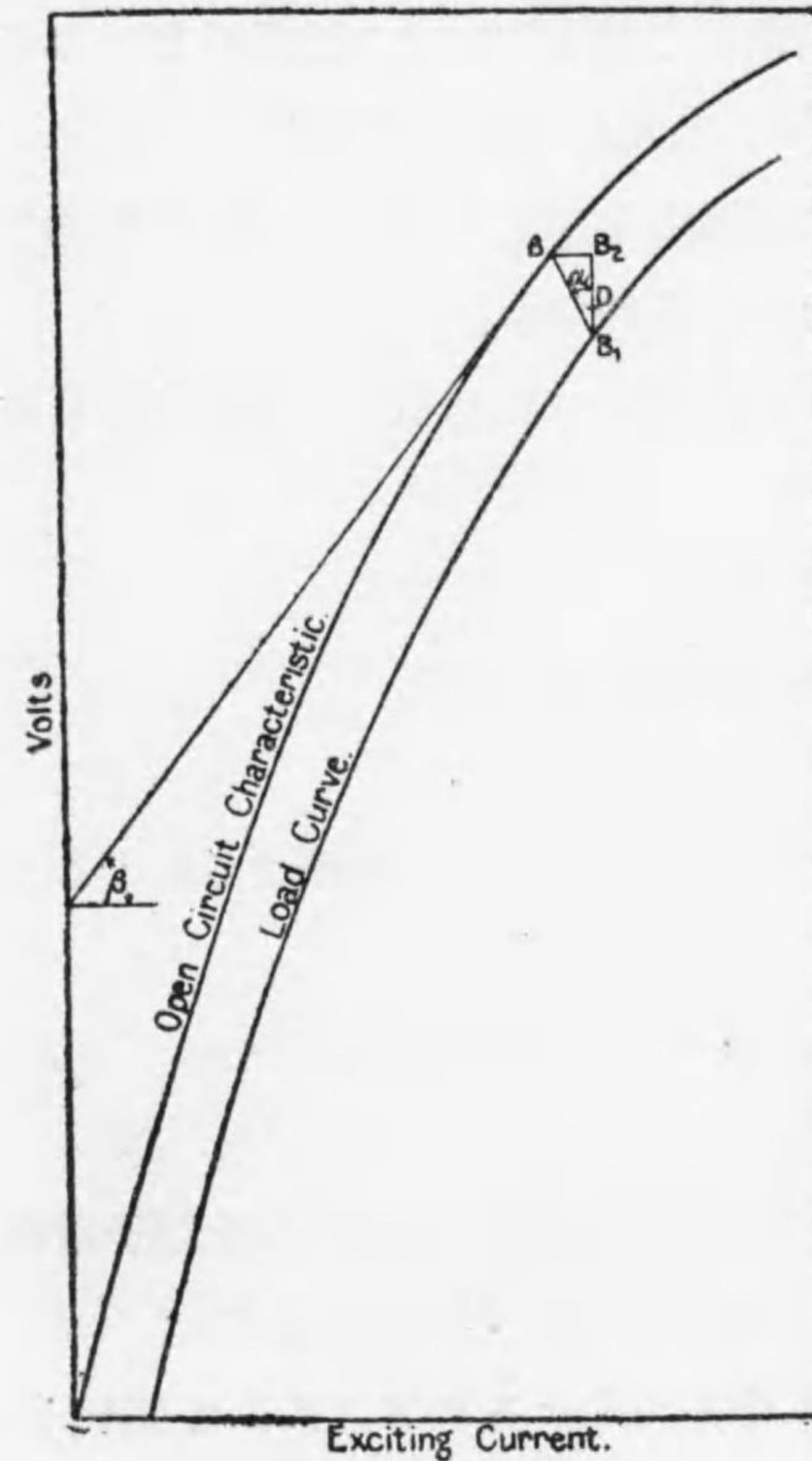
扱 D は負荷曲線上に於て勵磁電流が丁度 0.64 アンペアなる場合の發電機の電圧を表はす若し發電機が此の曲線の通りであるならば此の抵抗器は全負荷に於て其の端子電圧を D より A に變化するに充分である。而して D 及び A より水平線を引き其の間を抵抗器のステップの數と同數に等分すれば之等の線が負荷曲線と交る點は各ステップ相等しき場合に各ステップによりて調整さるゝ電圧を示す。

而して之れに對する横軸上の値は其の勵磁電流を與ふ。之を以て端子電圧を除すれば其の磁界回路の全抵抗を與ふ。之より磁界捲線自身の抵抗を減すれば或るステップに於て抵抗器の有す可き抵抗が得られる此の引き去る可き勵磁捲線の抵抗は 刷子を移して行く間に常温より漸次温度が高まり其の値を増加す。

斯様にして如何なる grading でも出来る。或場合には規定電圧の附近に於て特に細かい調整を行ふ必要が起る。例へば電燈回線に於けるが如くで之れは容易に行はれる。

(b) 定電壓電機 定電壓發電機に用ふる shunt regulator の重なる役目は發電機の負荷が變化した時の端子電圧を一定の範圍内に (例へば 1 パーセント) 保たしむるに在り。發電機の無負荷曲線及び電氣的事項が解つて居れば Arnold の方法で

第百八十五圖



發電機 の 特性 曲線

B<sub>1</sub> に於て

BB<sub>2</sub> = 負荷電流 (此の負荷曲線に對する) アーマチュア反作用を調整す爲め同一電壓に對して無負荷の場合より増加す可き勵磁電流

B<sub>2</sub>D = アーマチュア内の電圧の降下

DB<sub>1</sub> = 原動機が減少する爲めに降下する電壓。

(Die Gleichstrom-mach ine p. 426 Vol. II. を見よ) 之に用ふ可き調整抵抗器を設計する事が出来る。然し實際には之れ等は得難く且つ抵抗器の抵抗は發電機の多少の變化に備ふる爲め實際に必要とする値より餘程多くして置かねばならぬから此の方法は實際にはあまり用ひられない。然し原理を明かならしむる爲め茲に之を述べむ。

第百八十五圖は發電機の無負荷勵磁曲線及び負荷曲線を示す。此の二曲線を聯結する三角形 BB<sub>2</sub>



角  $\alpha$  は何れの負荷に対しても一定なり。

無負荷勵磁曲線及び負荷曲線を聯結する此の三角形を用ひて shunt regulator の grading を定むる事が出来る。

第百八十六圖は無負荷勵磁曲線を示し又  $E_{max}$ 、 $E_{min}$  なる二線は最大の電壓變動範圍を示すものなり。

今無負荷に於て shunt regulator の抵抗が全部電路内に在る時電壓は  $E_{min}$  なりとす。

然れど勵磁回線の全抵抗  $R_0$  は、

$$R_0 = \text{勵磁捲線の抵抗調整器の抵抗} \\ = \tan \lambda_0$$

而して第一ステップを切れば電壓は  $E_{max}$  に高まるのであるから。

$$R_1 = R_0 - (\text{調整器の第一ステップの抵抗}) \\ = \tan \lambda_1$$

調整器の把手を此處に保ちて荷重を漸次増加すれば端子電壓は  $A'O$  に添ふて漸次下降し遂に最少値  $E_{min}$  に達す。

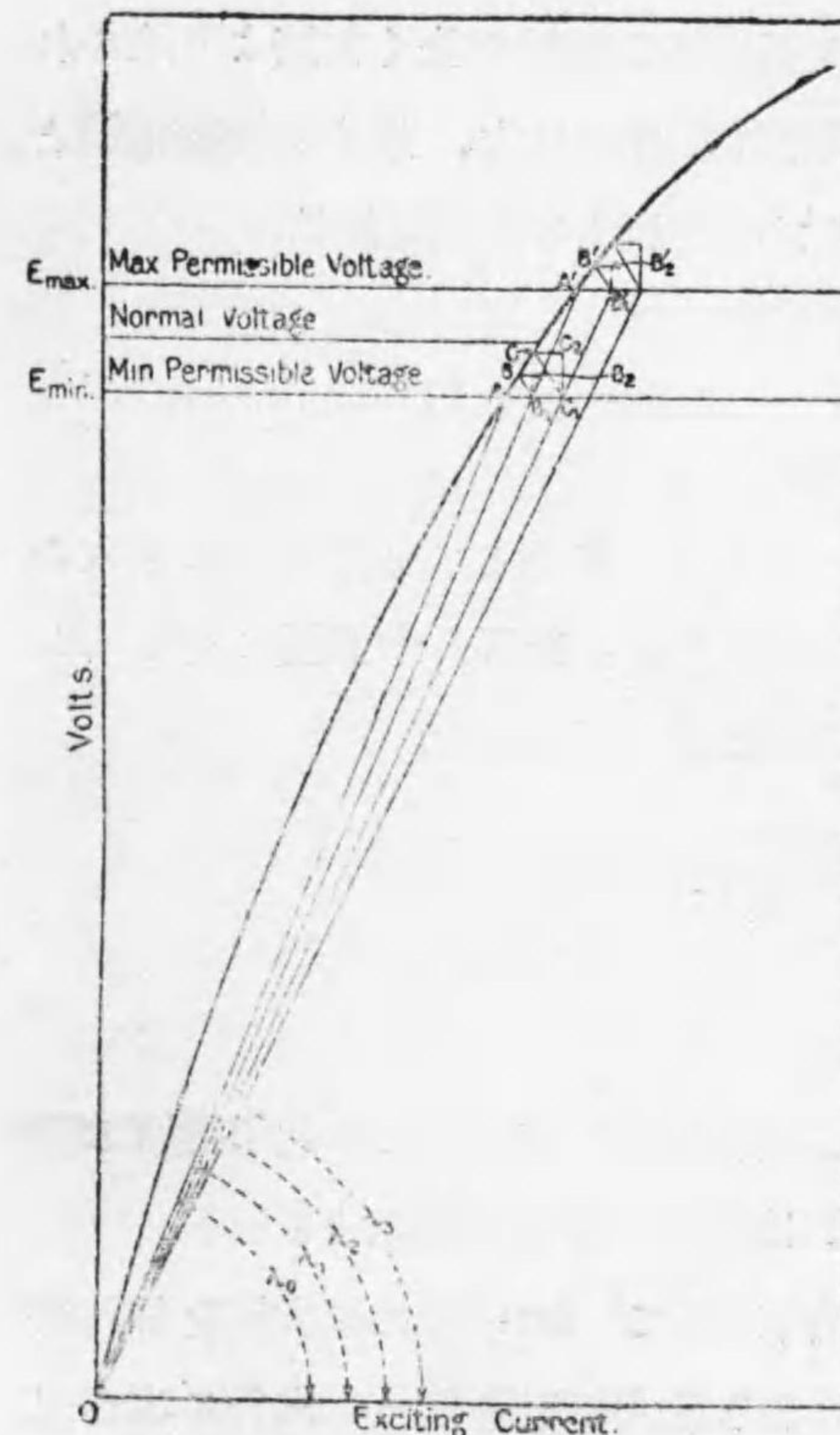
此の場合の負荷は此の調整器の第一ステップに於て電壓を  $E_{min}$  以下に下げしめざる最大の荷重である。 $\alpha$  の角が解つて居るのであるから三角形  $BB_2B_1$  を畫く事が出来る。

【註】

$$\tan \lambda_0 = \frac{OE_{min}}{AE_{min}} \\ = \frac{\text{端子電壓}}{\text{勵磁電流}} \\ = \text{勵磁回線の全抵抗}$$

此場合荷重は一定に保ち(三角形  $BB_2B_1$  に対して)電壓を

第百八十六圖



定電壓發電機に用ふる調整抵抗器の grading を圖法的に定むる圖

$E_{max}$  まで高むる様な第二ステップの抵抗を抜けば  $BB_2B_1$  は  $B'B_2'B_1'$  の位置に移り  $B_1'O$  の直線を引き  $\lambda_2$  を求むれば

$$R_2 = R_0 - (\text{調整器の初めの二つのステップの抵抗}) = \tan \lambda_2$$

$C_1$  の點より同様の三角形を作り以上の方法を繰り返せば調整器の各ステップの抵抗を求むる事が出来る。

各ステップに於て勵磁電流の増加を相等しくしたる Shunt Regulator

然し抵抗器を設計する時には上述の如き正確な勵磁曲線は得られない場合が多く、且つ實際に使用する電壓が曲線の何れの部分に来るか確かでないから理論上必要とする抵抗より多い抵抗を與へねばならぬので、定電壓發電機に附する抵抗器の gra-



ding は勵磁電流を相等しき分量宛増加せしめて行く様に設計する場合多し。

即ち  $I_{max}$ 、 $I_{min}$  を夫々抵抗器の抵抗が全く電路より除かれたる時、全部全路内に接続された時の最大、最少の勵磁電流とすれば、抵抗器の一ステップに増加する勵磁電流は

$$i = \frac{I_{max} - I_{min}}{N}$$

但し  $N =$  ステップの數

猶 shunt regulator 一ステップに對して端子電壓の最大の變化は幾何なるかを求めねばならぬ。第百八十五圖に於て B 點に於て此の特性曲線に切線を引けば

$$\tan \beta = \frac{\text{電壓の變化}}{\text{勵磁電流の變化}}$$

即ち  $\frac{100i \tan \beta}{I}$

はステップを一つ移した場合の B 點に於ての端子電壓の變化の百分率を示す。但し  $I$  は規定の勵磁電流なり。

若し曲線の適當なる範圍内に於て  $\tan \beta$  の最大値を知れば regulator のステップに對する最大の電壓變化を求むる事が出来る。

次表は第百八十四圖の無負荷特性曲線で示される發電機に於ける  $\tan \beta$  の値である。

端子電壓	$\tan \beta$
規定電壓の 110%	0.605
規定電壓	0.75

'	90%	0.85
'	80%	0.96
'	70%	1.09

例題

常規勵磁電流………8 アンペア、  
regulator の一ステップに増加する電流………0.1 アンペア  
規定電壓………200 ヴォルト

然れば無負荷勵磁曲線上 80% の點に於て regulator の一ステップ毎に上る電壓は

$$\frac{100 \times 0.1 \times 0.96 \times 200}{8 \times 100} = 2.4 \text{ ヴォルト}$$

各ステップ相等しき勵磁電流の増加を來す shunt regulator の grading:—

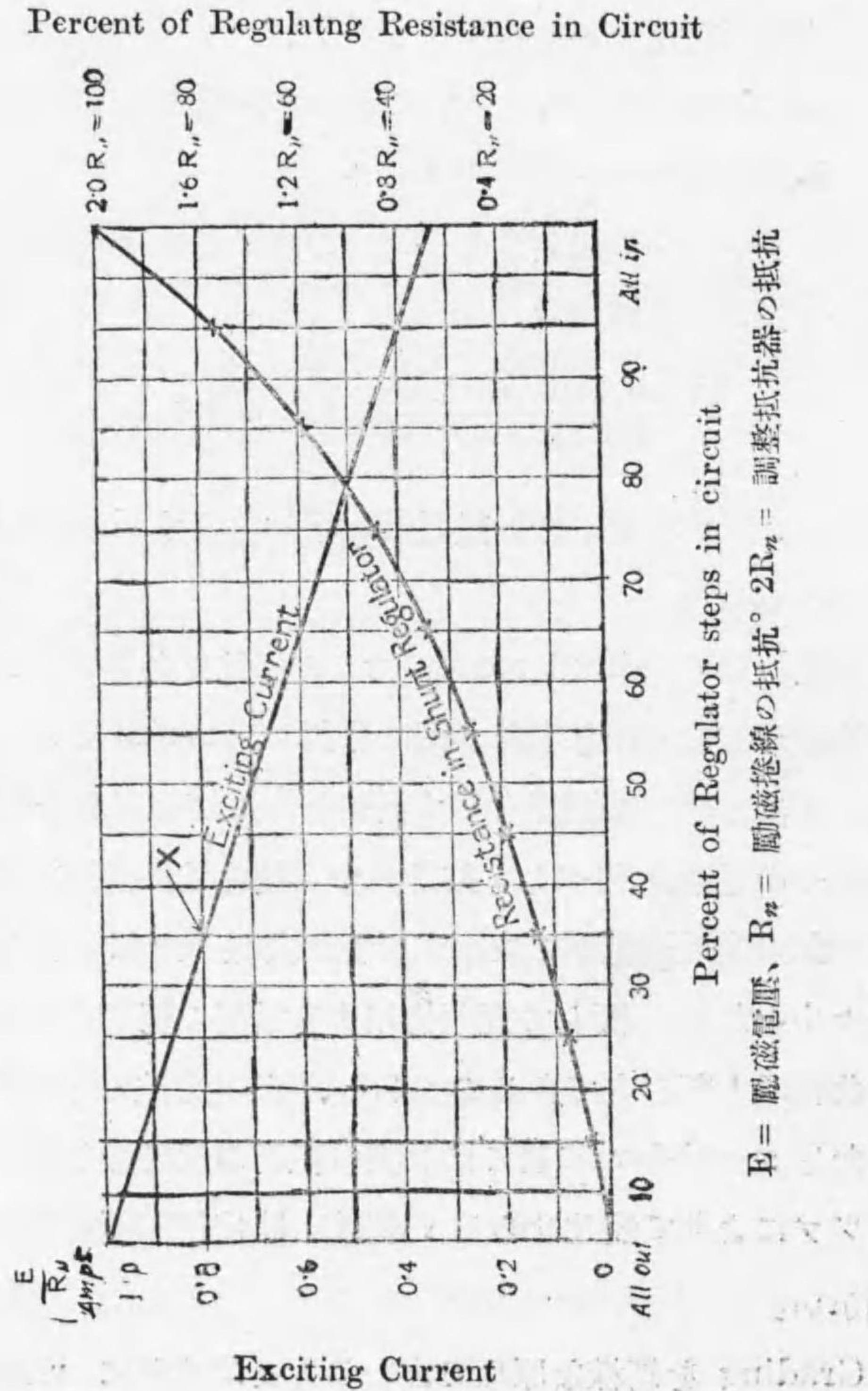
前述の如く shunt regulator の抵抗を各ステップ共相等しき勵磁電流の増加を來たす様に分割し、regulator のステップの數と勵磁電流との關係を示す曲線を作れば第百八十七圖に示す如く一の直線を得べし、第百八十八圖を見れば勵磁電流の等量の増加の發電機電壓に及ぼす影響は曲線の上部に至るに従ひて益々小となる。而して實際使用する電壓の範圍は第百八十四圖の曲線の上の方であるのだから、此の方法で grading を定めたる regulator に於ては調整の粗密の度（即ち調整器の一ステップによりて變化せらるゝ電壓）は使用電壓附近に於て最も細かい。

Grading を斯様な原理で定むるとせば次ぎに regulator の



抵抗を分割する方法を考へねばならぬ。これは**第百八十七圖**の如く圖法的に求められる。**第百八十七圖**に於ては 3 對 1 の即ち regulator は勵磁捲線の二倍の抵抗を有して居る場合の曲線なり。

第 百 八 十 七 圖



勵磁電流を表はす直線は

$$\frac{E}{R_n} \text{ 及び } \frac{E}{3R_n}$$

但し  $R_n$  は勵磁捲線の抵抗

$E$  は勵磁電壓

なる二つの勵磁電流の間に引かひ、之れに對する抵抗器の抵抗は次の如くにして求められる。

任意の點例へば**第百八十七圖**に於て  $X$  の點を採れば

$$\text{勵磁電流} = 0.8 \frac{E}{R_n}$$

$$\begin{aligned} \text{分捲回磁回線中の全抵抗} &= \frac{E}{0.8 \frac{E}{R_n}} \\ &= 1.25R_n \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{電路内に在る抵抗器の抵抗} &= 1.25R_n - R_n \\ &= 0.25R_n \end{aligned}$$

之れの全體の抵抗器の抵抗に對する百分率にて表せば

$$\begin{aligned} &= 100 \frac{0.25R_n}{2R_n} \\ &= 12.5\% \end{aligned}$$

斯くして得たる諸點を結べば**第百八十七圖**の如き曲線を得べし。此の縦軸は百分率で表はされて居るから**第百八十七圖**の關係は 3:1 の抵抗器なれば如何なる shunt regulator にも利用する事が出来る。

依て設計者は斯様な曲線を 1:2, 1:2½, 1:3½, 1:4 等に對して作り置く方がよい、然らば煩勞なく任意の regulator の grad-



第百八十八

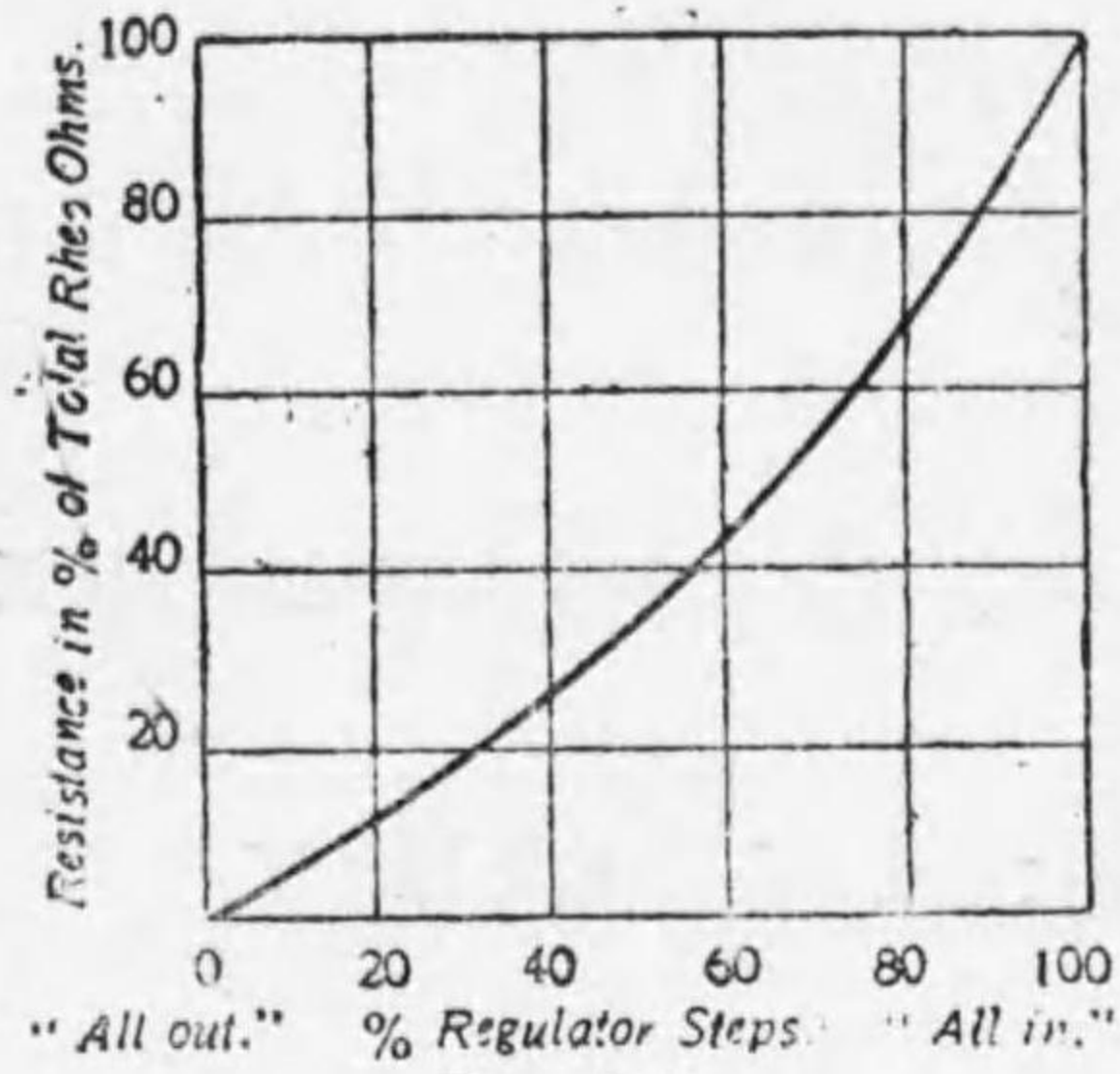


FIG. 188.

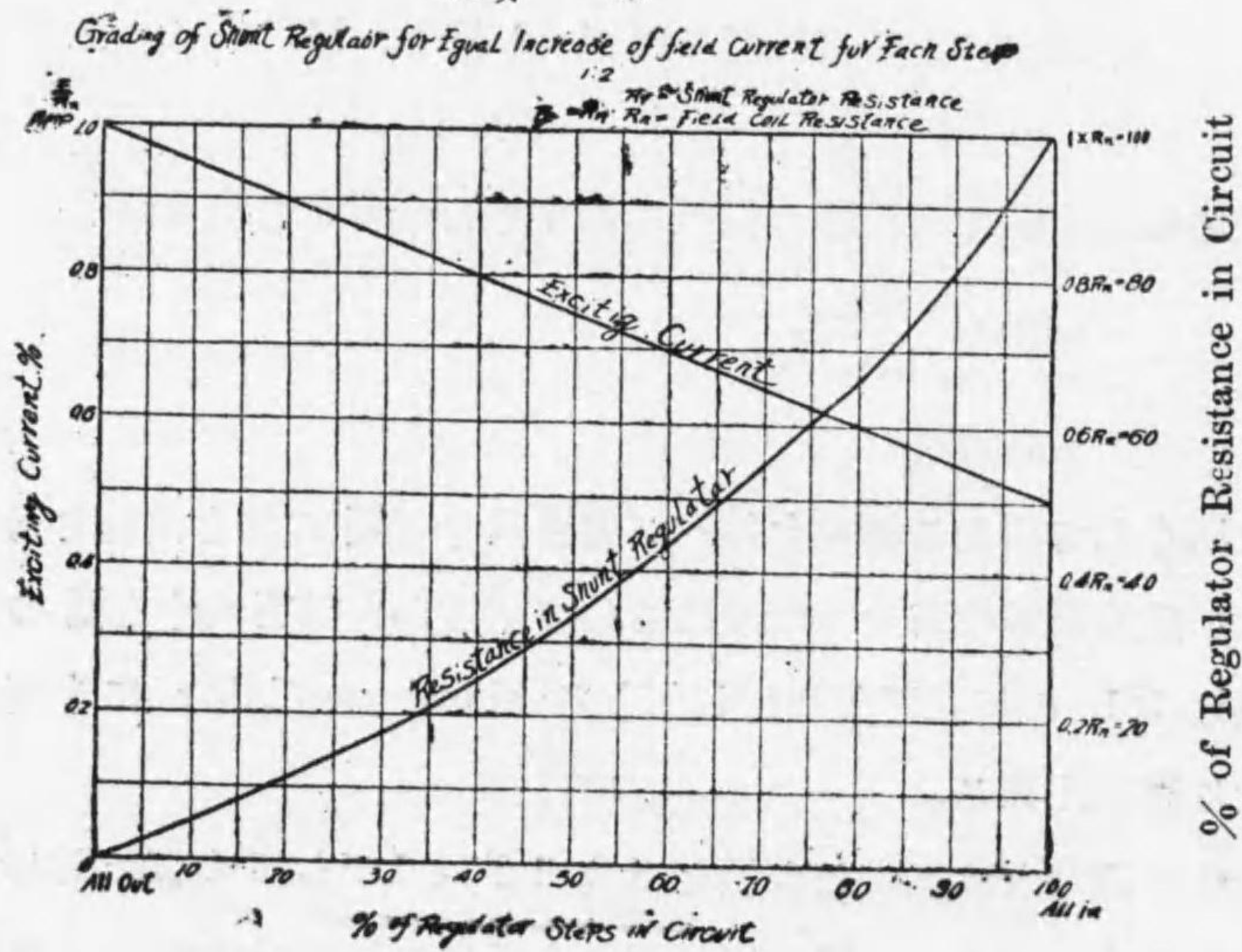
ing を定める事が出来る。

Shunt regulator の grading の便法 :L. Boothman 氏 ("Electrical review" Vol. LXXIV. Page. 257, Feb. 13, 1914) は簡単な電動機速度調整器發電機の電圧調整器の grading に適当なものとして第百八

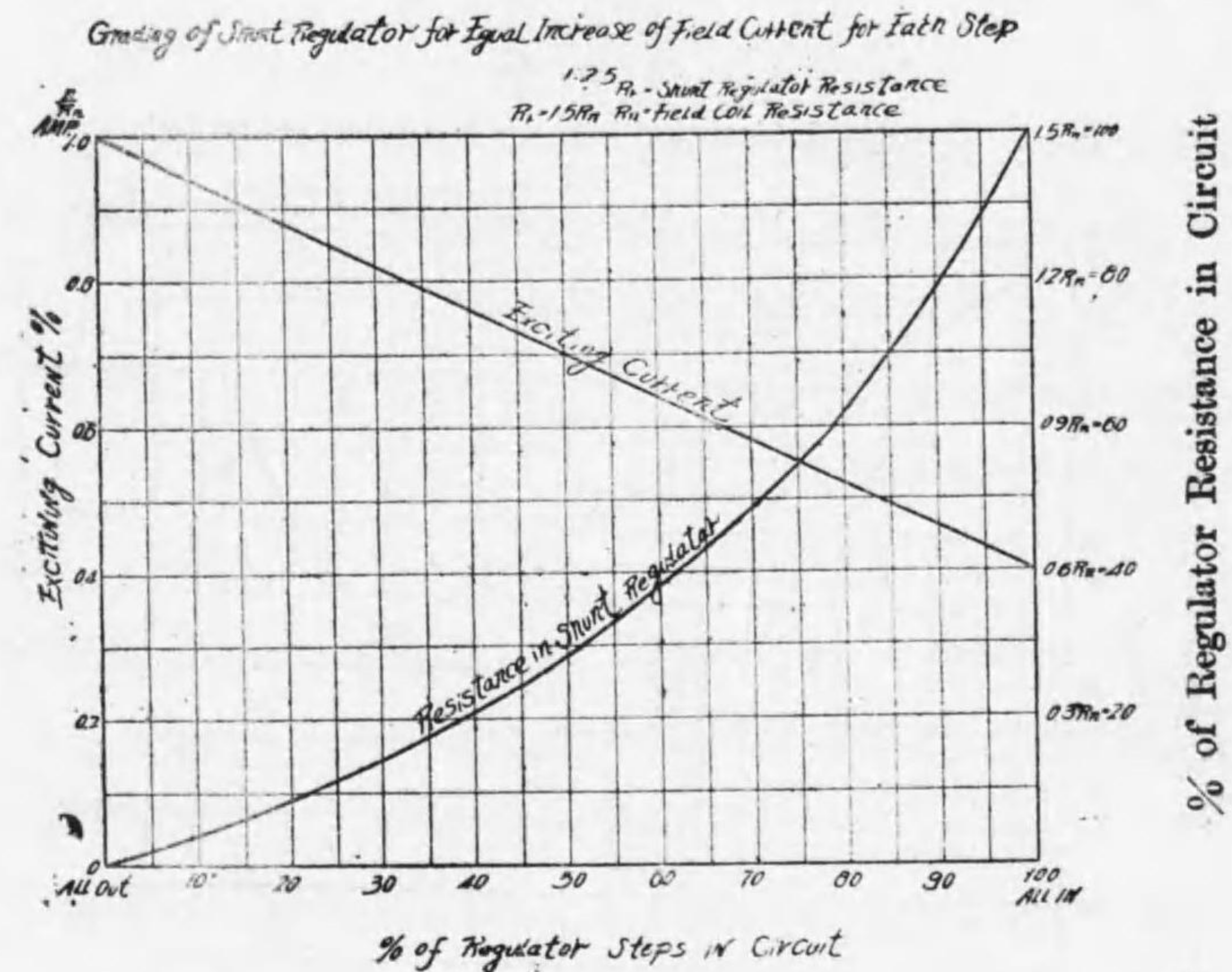
十七圖に示す曲線を發表せり。

之れを前節に述べた方法で調べて見ると丁度 1:2 の調整器即

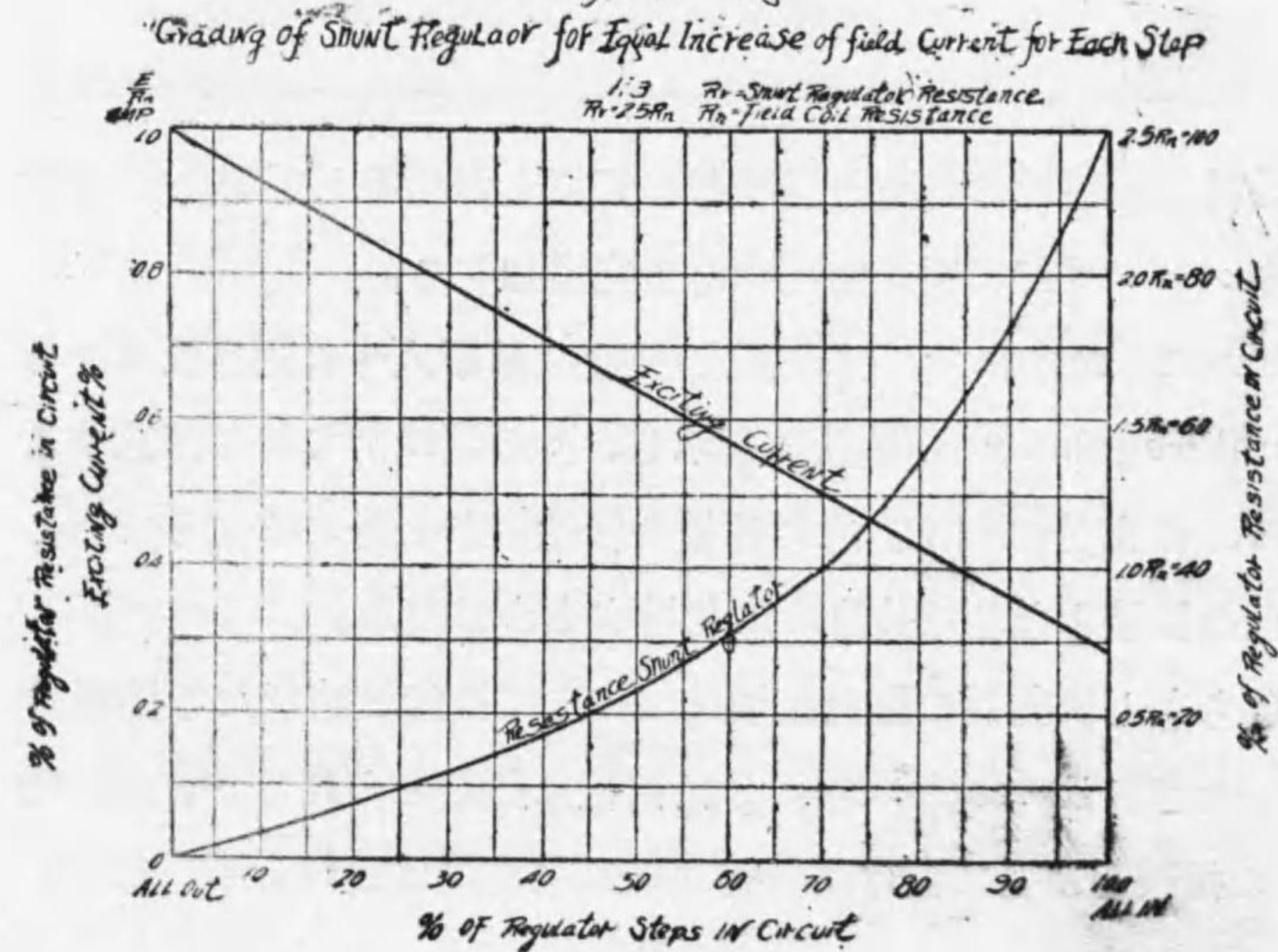
註第一圖



註第二圖

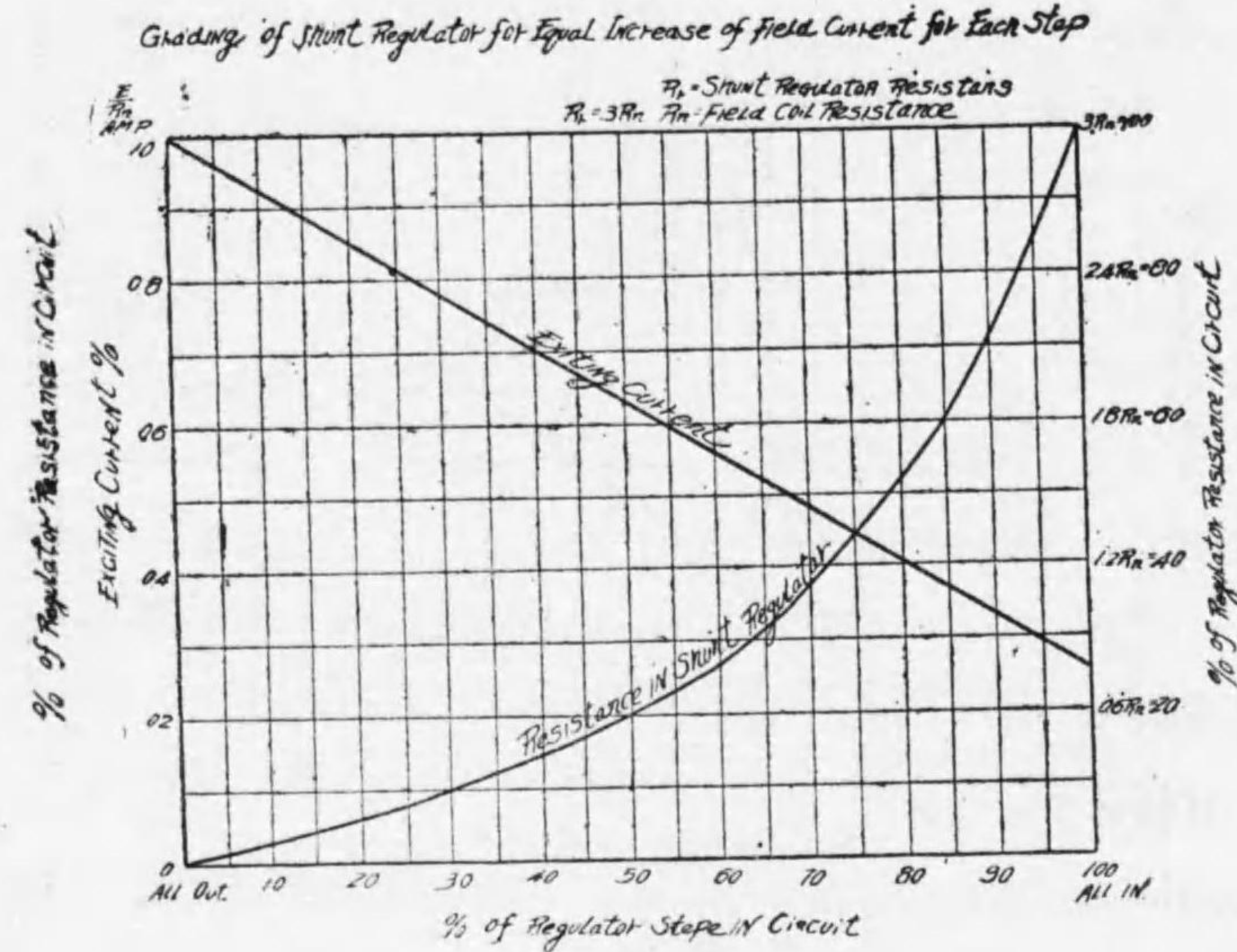


註第三圖





註第四圖

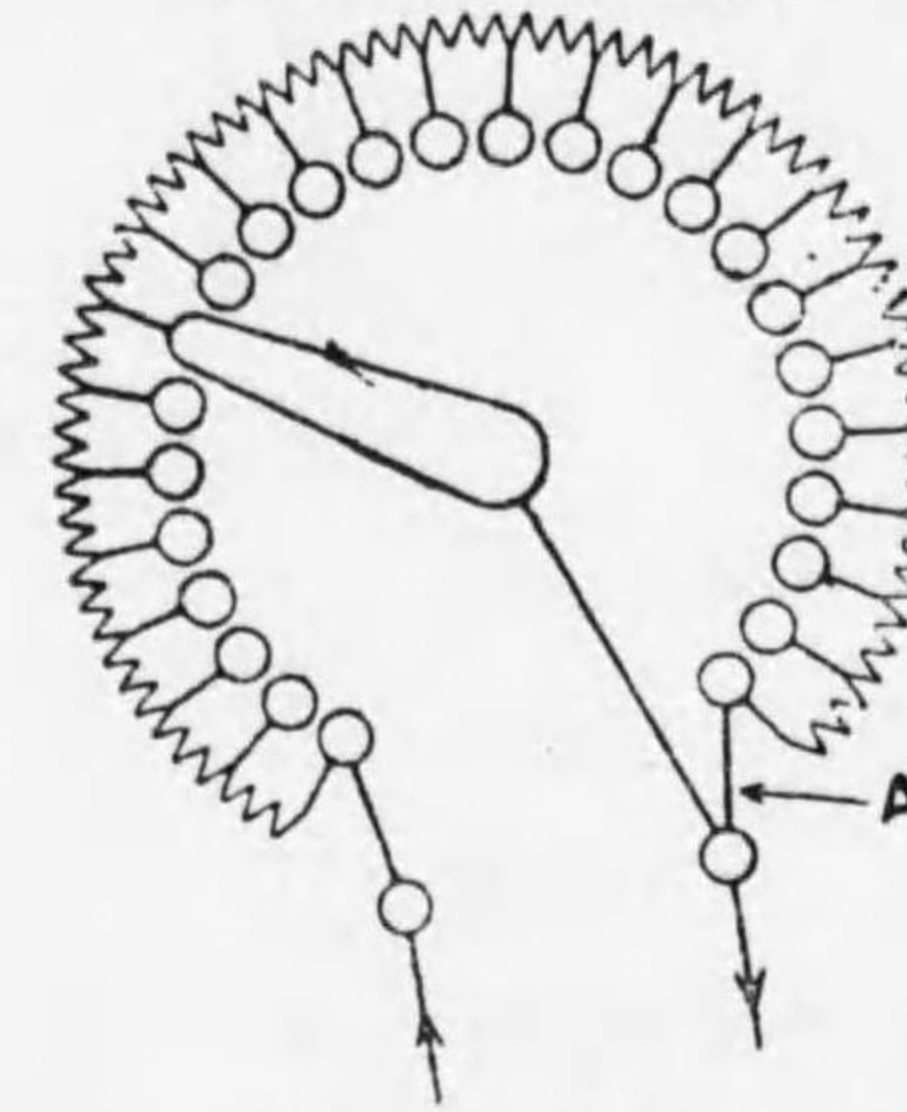


ち分捲勵磁捲線の抵抗と調整器の抵抗とが相等しき場合に相当し各ステップ毎に勵磁電流は等量宛増加する。

Shunt regulator の抵抗の接続 第百八十九圖は簡單なる shunt regulator の接続圖を示し、此の圖に於て特に注意するは A の部分に在り。之れは屢々製造家が省略する處ろであるが此の接続をなせば安全の度を増すものである。

即ち若し調整器の廻轉接觸腕が完全に抵抗を結びたる接觸片と接せざれば machine の分捲回線は開放せられるが、此の時 A の接続をなして置けば分捲回線は全く開放される事はない。

第百八十九圖



之れは直流分捲電動機速度調整器の場合には尤も重大で、若し分捲回線が開放さるれば電動機速度は非常に増加し危険な状態に達す可し。

ポテンシオメーター型調整器 (a) 反轉せざるもの potentiometer 型の regulator は例

un i regulator の抵抗の接続法 へば昇壓機 booster の場合の如く勵磁捲線のターミナルに加へる電壓を減ぜむとする場合に使用する。

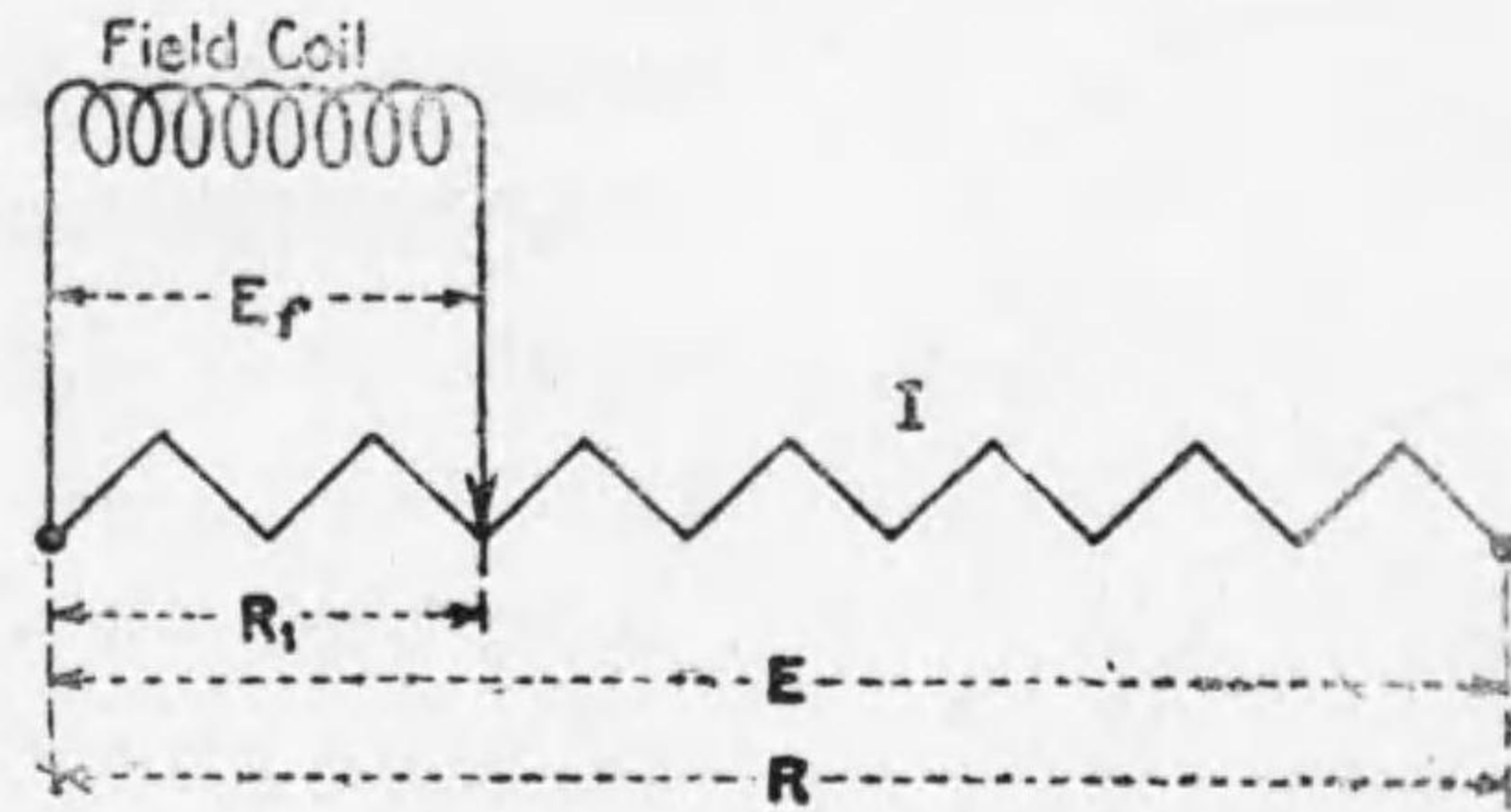
反轉せざる potentiometer 型の Regulator も外觀は普通の regulator と何等異なる處はない。只勵磁電流の電源即ち母線間に常に接続せられて居る。第百九十圖は其の接続を示す。

Regulator の抵抗 R のみで勵磁捲線に流れる電流を變ずるものではなく、可動接觸部の位置によるもので全抵抗 R にはあまり関係がない。従つて R の如何なる値が尤も適當であるかを定むる事が必要である。兎に角成る可く低廉な値にしなければならぬ。然し此の regulator は常に電路に接続されて居るから茲に常に或る電力の損失を生じて居る事を忘れてはならぬ。一般に此の定損失は調整さる可き machine の出力の 1 パーセント以下に保つを要す。

今具體的の例として 84 K.W. booster で勵磁捲線の抵抗が 25 オーム (熱せられた時に) あり規定の勵磁電流は 7 アンペ



第百九十圖



pot ntimeter の regulator 接続

アにて 240 ヴオルトの母線より勵磁されて居る場合を述べむ。勵磁捲線を直接に母線に接続すれば 9.6 アンペアの勵磁電流が流れる。之れと 7 アンペアとの差は過負荷其の他に對する餘裕である。

簡單なる計算を下表に擧ぐ。

調整器の 全抵抗R.	調整器内 の定損失	調整器の 最大電流 I <sub>max</sub>	調整器の 最小電流 I <sub>min</sub>	調整器の比較的の大き = $\left\{ \frac{I_{max} + I_{min}}{2} \right\} 2R$
30 オーフ	1,920 ワット	17.6 アンペア	8 アンペア	4,910
50	1,132	14.4	4.8	4,600
82	700	12.5	2.9	4,850
107	538	11.9	2.2	5,310
133	433	11.4	1.8	5,800

上表中最大電流は勵磁捲線に流るゝ電流と之れと 並列なる抵抗を通る電流との和である。最小電流は勵磁捲線を短絡した場合の電流である。

上表より 69 オームの抵抗なれば 1 パーセントの定損失即ち 840 ワットとなり比較的の大きさは 4,750 となり先づ最小の値に近い。即ち此の値が尤も適當な抵抗である。次ぎにステップの grading を定めねばならぬ。

今  $E_f$  = 勵磁捲線に加ふる電壓

$E$  = 勵磁母線の電壓

$R_1$  = 勵磁捲線と並列となる抵抗

$R_n$  = 勵磁捲線の抵抗

$I$  = 勵磁捲線と並列とならざる部分を通る電流 然れば

$$I = \frac{E_f}{R_n} + \frac{E_f}{R_1} \dots \dots \dots (3)$$

キルホフの法則によれば

$$E_f + (R - R_1)I = E \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{即ち } E_f + (R - R_1) \left\{ \frac{E_f}{R_n} + \frac{E_f}{R_1} \right\} = E$$

$$\therefore E_f = \frac{E}{\frac{R}{R_n} + \frac{R}{R_1} - \frac{R_1}{R_n}} \dots \dots \dots (5)$$

複雑な計算をなすより  $R_1$  の値を假定して之れに對する  $E_f$  を求めた方がよい。之れを  $R_n$  で除すれば之に對する勵磁電流を得、負荷曲線より machine の電壓が得られる。そこで下の如き表が得られる。

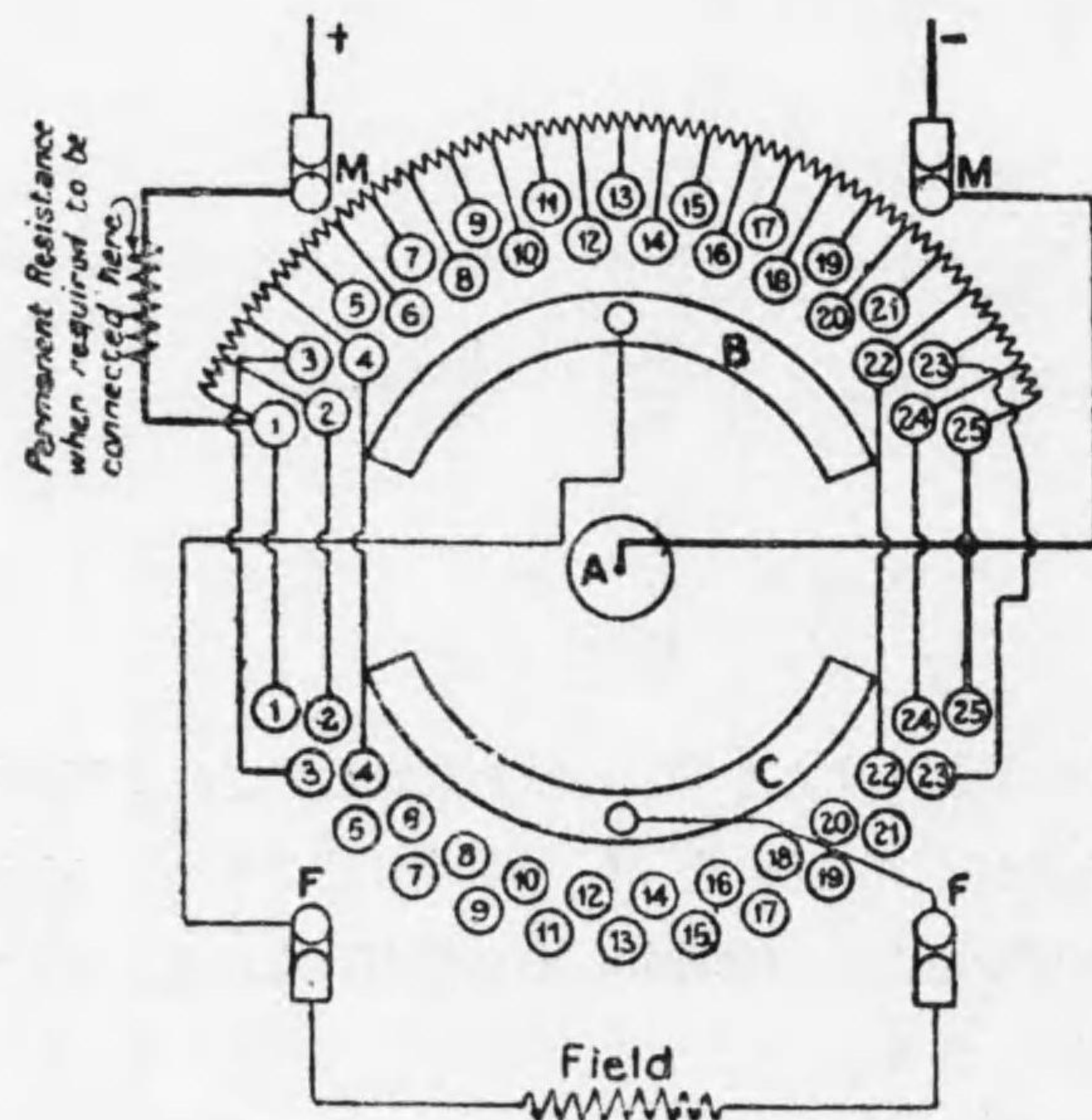
期様な  $R_1$  の値を横軸にとり之れに對して電壓を縦軸に取れば抵抗の曲線が得られる。然れば regulator のステップ間の抵



$R_1$	$E_f$	$I_f$	電 壓
20	44.4	1.77	22

抗を得る爲め  $X_1, X_2$  等の垂線を下す事が出来る。例へば若し regulator の第一ステップに 10 ヴオルトの電圧を上げむには  $X_1, X_2$  の垂線を負荷曲線の 0 及び 10 ヴオルトの點より引く時は、之等の線が抵抗曲線を切る位置が regulator の第一ステップの抵抗を與ふ。

第 百 九 十 一 圖



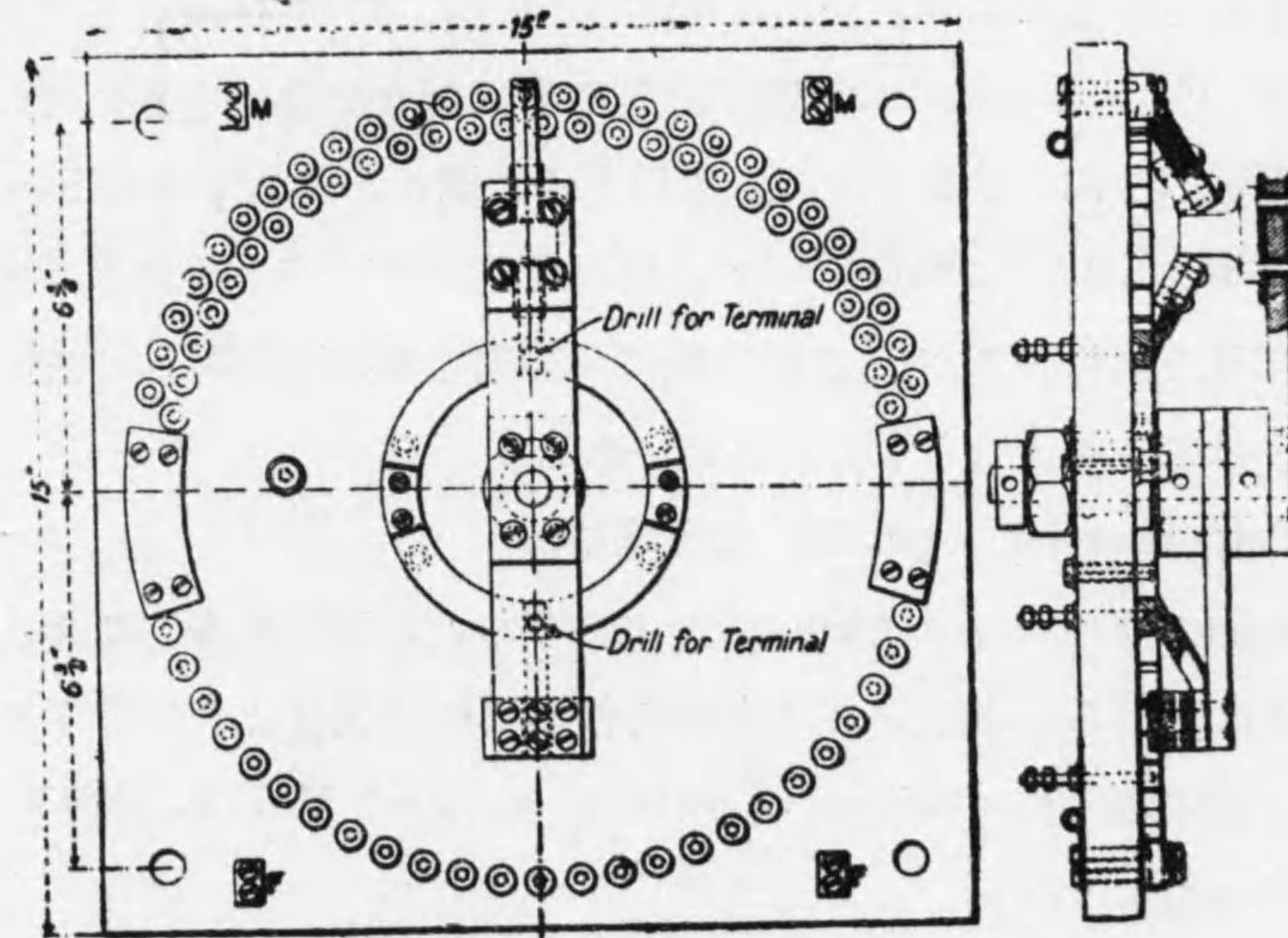
(reversing potentiometer の接続)

斯様な grading を定むる方法は少しの修正をなせばすべての型の regulator に適用する事が出来る。

一般に云へば potentiometer 型の regulator にありては 0 より最大までの間勵磁電流の等量の増加を要する。L. Boothman 氏は ("Electrical Review" Vol. LXXIV. p. 257, Feb. 13, 1914) potentiometer 型の regulator を設計する安全なる規則は一ヴォルトの電圧に對して 2-4 オームとす可しと云ふて居るが、著者の考では之はあまり多過ぎると思ふ。

即ち Boothman 氏の説によれば上例に於ける potentiometer regulator の抵抗は 480 乃至 960 オームなりと、これでは定損失は甚だ小となり而も抵抗の甚だ大なる爲め非常に高價なも

第 百 九 十 二 圖



(reversing potentiometer regulator)



のになる。

此の點に關して T. Carter 氏は (“Electrical Review” Vol. LXXIV. May. 21, 1915 p. 716) potentiometer regulator は勵磁捲線の抵抗の 2 倍乃至 4 倍の抵抗を有す可しと云つて居る。上例に於ては此の値は  $65:25=2.76$  なる比となる。

(a) 反轉し得る potentiometer 型 regulator 反轉し得る potentiometer 型 regulator の全抵抗を定むるにも前の場合と同様に行ふ事が出来る。唯兩者の差は勵磁捲線を通る電流を反轉し得るか否かの機械構造にあり。

通常反轉し得ざる potentiometer regulator の場合の如く各ステップの勵磁電流の増加は相等しい場合が多い。通常の方法は**第九十一圖**の如く二個の刷子にて交互に接続されたる二組の接觸を作るにあり。一つは中心 A を環 B に接続し他は他の環 C を各接觸片に接続す。腕を右に廻せば勵磁捲線を通る電流の方向が反對となる。**第九十二圖**はかかる potentiometer regulator の構造を示す。此の構造では下部の接觸片の倍數だけ上部に在るが、之れは單に一方向の調整範圍を他の方向に於けるより大ならしむる爲めである。

#### Potentiometer regulator の標準曲線

前節に述べた potentiometer regulator の計算に多くの算式を含んで居る。然し一組の曲線を作つて置き之れより計算する事が出来る (T. Carter. “Electrical review” Vol. LXXVI. 1915 page. 716)。

抵抗器の全抵抗と勵磁捲線の抵抗との割合即ち  $\frac{R}{R_n} = n$  の種

々の値に對して夫々數組の曲線を作る。 $n=2, 2.5, 3, 3.5, 4$  等の曲線を作り置けば實際上すべての要求に應ずる事が出来る。

**第九十三圖**の曲線は  $n=3.5$  に對するものである。之れによれば勵磁電流や勵磁捲線と並列とならざる部分の電流は最大勵磁電流即ち  $\frac{E}{R_n}$  で表はされて居る。

**第九十三圖**の曲線は下の如き公式から求められる。

今抵抗器の抵抗中勵磁捲線と並列とならざる部分の抵抗即ち  $R-R_1$  を

$$x = qR \text{ とす}$$

但し  $q$  は係數なり

然ればターミナル間の全抵抗は

$$\begin{aligned} qnR_n + \frac{(nR_n - qnR_n)R_n}{nR_n - qnR_n + R_n} \\ = R_n \left\{ \frac{(q - q^2)n^2 + n}{(1 - q)n + 1} \right\} \end{aligned}$$

之れにて  $E$  を除すれば  $x$  を通る電流 (勵磁捲線と並列ならざる部分) 即ち全電流を得べし。

$$= \frac{E}{R_n} \left\{ \frac{(1 - q)n + 1}{(q - q^2)n^2 + n} \right\}$$

此の電流捲線及び之れと並列なる抵抗器の一部 ( $R_1$ ) とに分流す。

即ち

$$\text{勵磁電流} = \frac{nR_n - qnR_n}{nR_n - qnR_n + R_n} \left\{ \frac{(1 - q)n + 1}{(q - q^2)n^2 + n} \right\} \frac{E}{R_n}$$

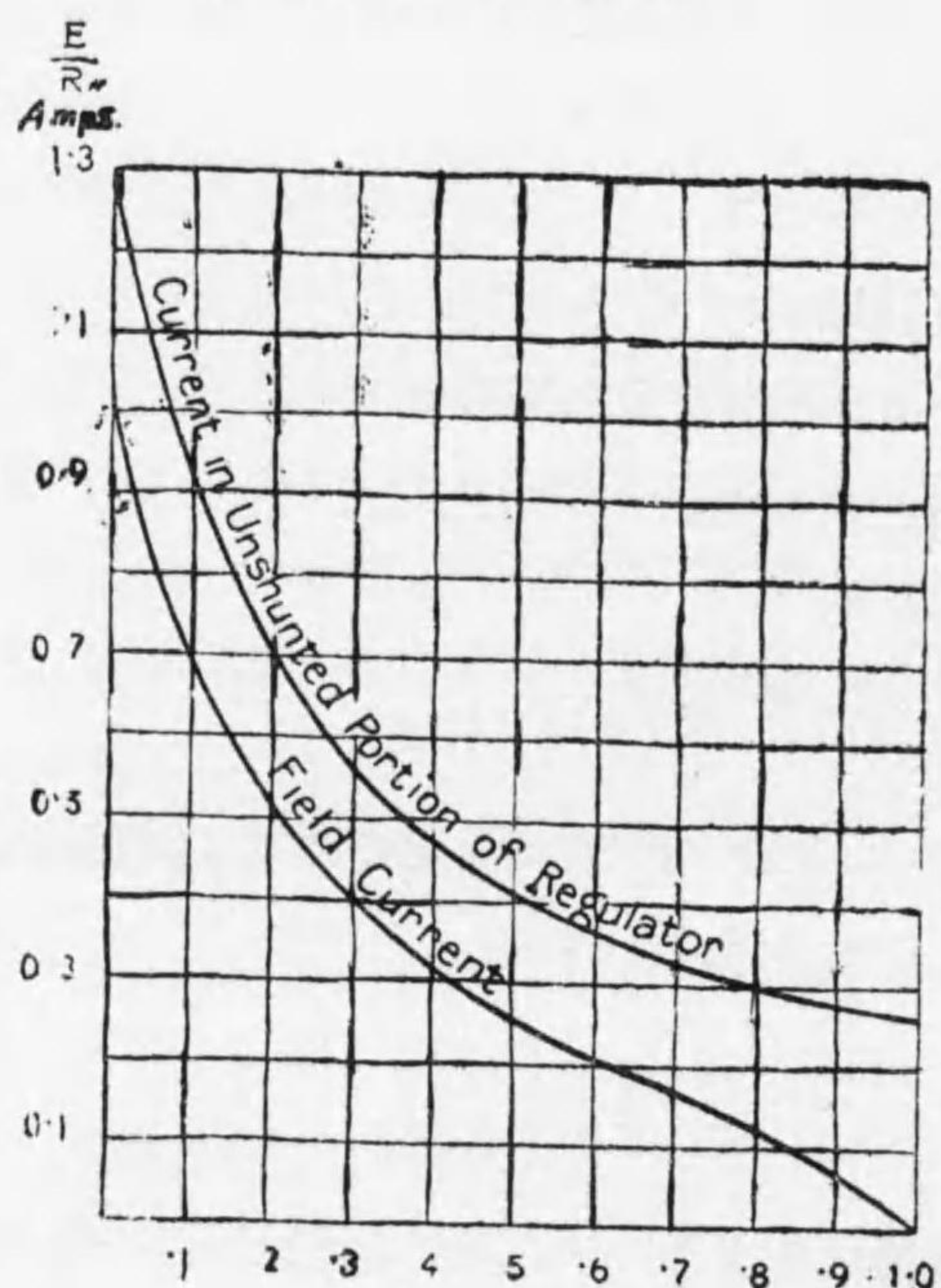


$$= \frac{1-q}{(q-q^2)^n+1} \cdot \frac{E}{R_n}$$

之等の式から**第九十三圖**の曲線は畫かれる。

上の曲線は全電流で抵抗器の容量を示す。下の曲線は勵磁電流である。横軸には勵磁捲線によりて並列に結ばれざる部分  $x$  を取りたり。

第九十三圖



Proportion of Rheostat not shunted by Field Coil

全抵抗が勵磁捲線の抵抗の  $3^{1/2}$  倍なる potentiometer regulator に於て其の全電流及び勵磁電流を示す。

之等の曲線は勵磁捲線の  $3^{1/2}$  倍の抵抗を有して居る poten.

tio meter regulator には如何なるものにも利用する事が出来る。依て設計室では  $n$  の種々なる値に對するかゝる曲線を用意して置けば計算上甚だ便利である。

**Shunt Regulator の全電力 (total watt) 又は合計電力 (summation watt) 容量**

前々節に於て抵抗器の大きさを比較するに

$$\left\{ \frac{I_{max} + I_{min}}{2} \right\}^2 R$$

なる式を用ひたが之は 抵抗器の全電力容量と稱する事が出来る。勿論之は或る時間に實際に抵抗器内にて消費される電力ワットを指すものではなく唯單に抵抗器の大きさ及び價格に凡そ比例して居ると云ふに止まるのである。即ち價格を定めたり又は或る抵抗器を他の抵抗器に比較する場合に尤も必要な式である。著者の考では斯く全電力容量を定むる方法は他に種々の方法もあるが尤もよいと思はれる。他の方法としては L. Boothman ("Electrical Review" Vol. LXXIV. p. 257. Feb. 13, 1914) の公式がある。

即ち

$$\text{抵抗器の全抵抗} \times \text{最大電流} \times \text{最少電流}$$

であるが此の式は或る特別な場合にはよいが多くは無稽の結果を得べし。

例へば若し直列抵抗内が甚だ大なれば 抵抗器の全電力容量は此の式によれば其の抵抗に關せず一定となる。

Boothman の公式を普通の shunt regulator に適用すれば



$$R \times I_{max} \times \frac{V}{R + R_n}$$

となり  $R$  が甚だ大なれば此の式は殆んど

$$R = I_{max} R$$

となる。

而して最大電流及び母線間の電圧は一定である。即ち此の式は或値以上に抵抗を増せば殆んど全電力容量を増加せぬ事となり之れは勿論悪いのであるから此の公式は或る特別な場合の外用ひられない。

#### Shunt Regulator に於ける最大放熱器

Shunt regulator に於て実際にはどれだけの熱量を放散する事が出来るかを知るのは必要の事である。

今  $R$  を或る場合に於て実際に電路内に在る shunt resistance の値とし、 $R_n$  を勵磁捲線の抵抗とすれば、抵抗器の中で消費されるワットは

$$= \left( \frac{E}{R + R_n} \right)^2 R$$

$$= E^2 R (R + R_n)^{-2}$$

$R$  の如何なる値が此れの最大となるかを求めむに、之を求むるに讀者の熟知せる微分法を用ふ、即ち  $R$  に関して之れを微分し  $=0$  と置く。

$$\therefore E^2 \{ (R + R_n)^{-2} R (R + R_n)^{-3} \} = 0$$

$$\therefore \frac{1}{(R + R_n)^2} - \frac{2R}{(R + R_n)^3} = 0$$

$$\therefore = R + R_n - 2R = 0$$

$$\therefore R = R_n$$

即ち抵抗器の抵抗と勵磁捲線の抵抗とが相等しい時に最大のワットとなる。

#### 保安抵抗を有する Shunt Regulator.

保安抵抗の目的は shunt regulator に何かの故障が出来た場合に勵磁回線が全く開放せらるゝを防ぐにあり。従て之れは shunt regulator と並列に結ばれ shunt regulator が開放された時勵磁電流が之れを通過して差支へなき抵抗を有して居らねばならぬ。(Edge の英國特許 21707/1905 を見よ)。猶全勵磁電流を通ずる爲めに保安抵抗の或る捲線を一時的に短絡し得るを要す、之れは shunt regulator を取換へたり修繕したりする場合の應急手段である。依てかゝる保安抵抗に最大の効能を發揮せしむるには全勵磁電流を通じても(必要なる時には)差支なき程度に作つて置かねばならぬ普通の状態の下に於て勵磁電流は shunt regulator を通る電流と保安抵抗を通る電流との和である。

第九十四圖は shunt resistance と保安抵抗との接続を示す。斯様な調整の方法はある特別な場合のみで一般的のものではない事を附言して置く。保安抵抗は又直接に machine に付けてもよい。

Thomas Carter 氏 (Electrical review Vol. LXXVI. 1915 p. 752) の簡便に勵磁電流などを豫定する方法下の如し。

Machine に要する最大最小の勵磁電流の比を

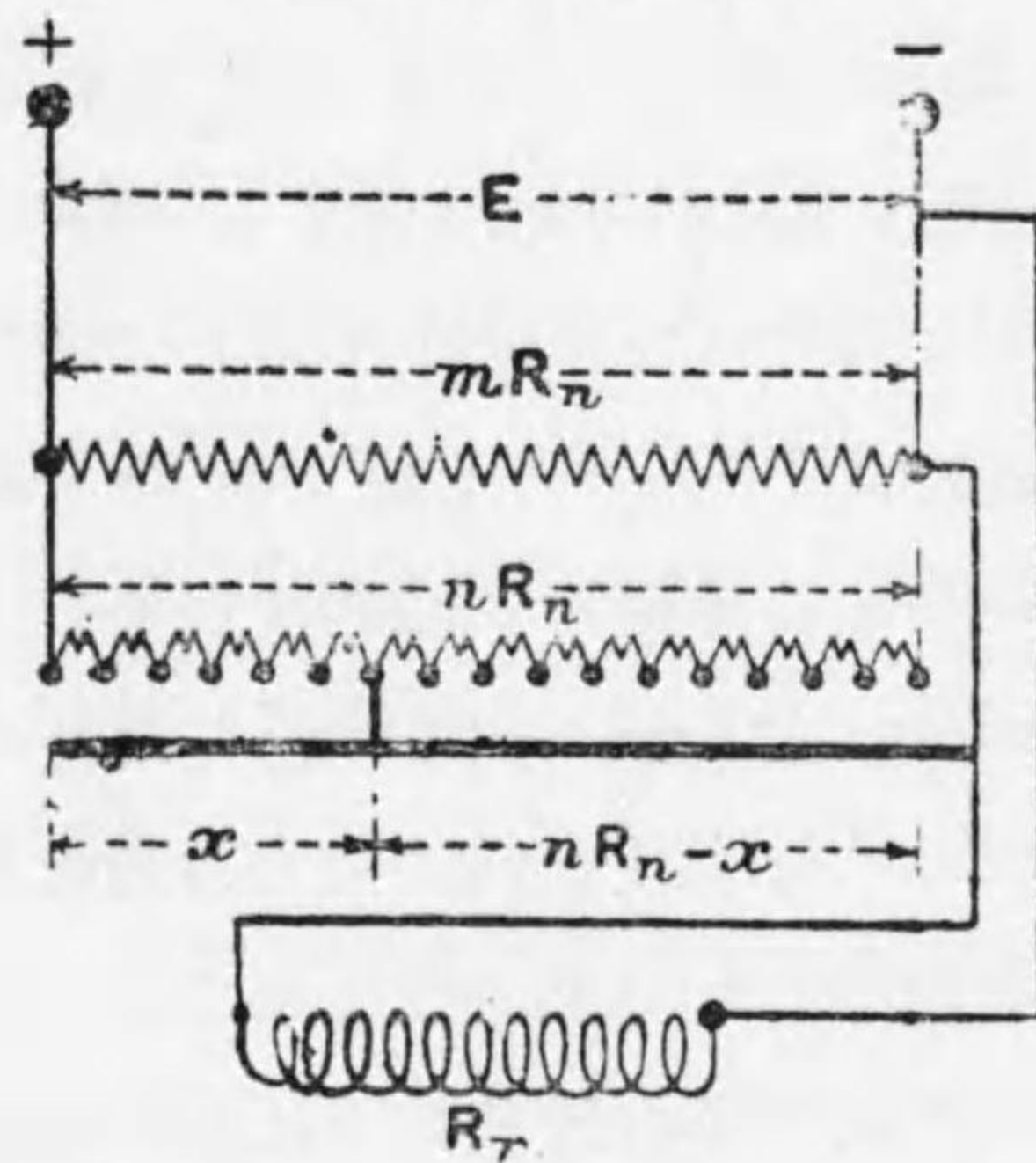
$$p = 2$$



と假定し  $R_n$  を勵磁捲線の抵抗  
 $mR_n$  を保安抵抗  
 $nR_n$  を調整器の抵抗

とす。

第百九十四圖



勵磁電流は調整器の抵抗が全部電路に入れられたる場合には之れが全く短絡せられた時の二分の一に減少するのであるから

$$R_n = \frac{1}{\frac{1}{mR_n} + \frac{1}{nR_n}}$$

之れより  $mn = m + n$   
 今  $m = 1.2$  と假定すれば

保安抵抗を有する shunt regulator の曲線  
 調整抵抗が切斷せられた時之を通る勵磁電流は

$$\frac{E}{2.2R_n}$$

即ち最小値以下 10% であり充分安全なものである。m の此の値に對する n の値は 6 である。

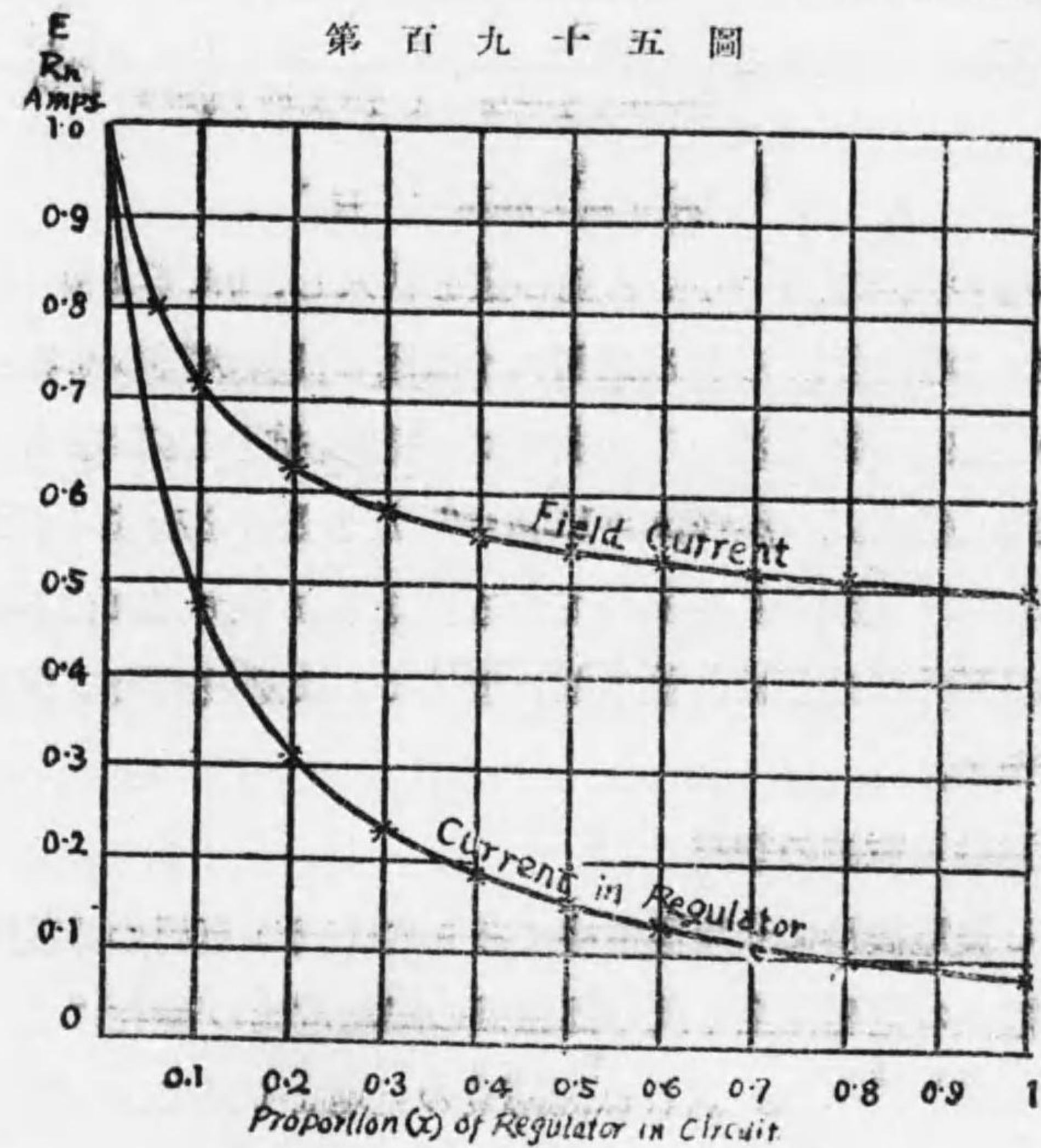
第百九十四圖によれば下の如き式を得る。

shunt regulator の電路にある部分 x オームを

$$= qnR_n$$

とすれば

第百九十五圖



保安抵抗を有する shunt regulator の曲線

$$p = 2, m = 1.2, n = 6$$

$$\text{電路内の全抵抗} = R_n + \frac{qnR_n mR_n}{qnR_n + mR_n}$$

$$\begin{aligned} \text{勵磁電流} &= \frac{E}{R_n + \frac{qnR_n mR_n}{qnR_n + mR_n}} = \frac{E}{R_n \left( \frac{qn + m + qnm}{qn + m} \right)} \\ &= \frac{E}{R_n} \left\{ \frac{qn + m}{qn + m + qnm} \right\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x \text{ 部の電流} &= \frac{mR_n}{mR_n + qnR_n} \left\{ \frac{qn + m}{qn + m + qnm} \right\} \frac{E}{R_n} \\ &= \frac{m}{qn + m + qnm} \cdot \frac{E}{R_n} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{保安抵抗の電流} &= \frac{qnR_n}{mR_n + qnR_n} \cdot \left\{ \frac{qn+m}{qn+m+qmn} \right\} \frac{E}{R_n} \\ &= \frac{qn}{qn+m+qnm} \cdot \frac{E}{R_n} \end{aligned}$$

之れ等の式に於て  $m, n$ , に前の數を代入し、 $q$ に零より 1 の間の種々の値を與ふれば**第百九十五圖**の曲線が得られる。

上の曲線は勵磁電流で下の曲線は調整抵抗を通る電流である。之等の曲線は  $p=2, m=1.2, n=6$  なる條件を有する抵抗器には何れにも適用せらるものである。之れに依て見れば調整は主として前半には行はれ後半部の抵抗にては勵磁電流の變化は僅少である。

#### 分離勵磁發電機の調整

大なる發電機特に交流發電機にありては概ね專屬の勵磁機を有し發電機の電壓は全く此の勵磁機の勵磁電流の變化によりて調整する事を得べし。之れは運轉費の見地より見て尤も經濟的な方法である。

全く勵磁機の勵磁の變化による調整：—

教科書（例へば Arnold の “Die Gleichstrommaschine” Vol. II. p. 431 等）によれば發電機や勵磁機の負荷曲線により勵磁機に使用する斯様な shunt aegulator の grading を定むる念入は正確な方法を知る事が出来やう。然し斯様な方法は實際上殆んど使用されない。適當に細かい調整をなすにはどの位の step の數を與へたらよいかは經驗によつて定めねばならないが 50 ステップ以下の數を用ひてはならない。此の點に關して注意すべきは**第百八十圖**に示した抵抗器で、此場合には 500

箇のステップを有して居る。

交流發電機(又は直流發電機)の負荷曲線を考察して之れに要する勵磁電流の最大最小値即ち  $I_{max}, I_{min}$  を定め、 $R_f$  を勵磁捲線の抵抗とすれば勵磁機は  $I_{max}R_f$  と  $I_{min}R_f$  との間の電壓を出さねばならぬ——勿論此の上下の値以外の電壓も多少餘裕を有せしめて。勵磁機の shunt regulator は其の一ステップ毎に端子電壓は相等しき値宛増加する様に作らねばならぬ。勵磁機は一定の抵抗の勵磁捲線に常に接続されて居るのであるから其の特性曲線はアーマチュア回線に一定の抵抗が接続されて居る時のものでなければならぬ。此の特性曲線を用ふれば**第百八十四圖**と關聯して“直流機用 shunt regulator (a)”の項にて述べた方法により調整器の grading を定むる事が出来る。

主要磁界のみの調整：—

之れは勵磁機が何かの理由で並列運轉をなして居り、或る他の目的例へば電燈用の電流を供給して居る場合等の如く一定の電壓を保つて居る必要のある場合に限りて行ふ方法で、大なる發電機に對しては不經濟な方法である。自動調整器の使用に便ならしむる爲め數多の發電機の勵磁機を並列に運轉する事がある。此の場合には主要勵磁捲線に附する抵抗器は各發電機の特성에應じて負荷を適當に分配し得る様に作らねばならぬ。此の主要抵抗器中に失はれる電力はあまり大とする必要はない、全體の調整を殆んど主要抵抗器にて行ふには及ばない。

主要及び勵磁機の磁界を調整する場合：—



勵磁機が並列に運轉されて居ない場合には勵磁機の磁界と主要發電機の磁界とに調整器を用ひ自由な調整を行ふ事が出来る。第百七十六圖、第百七十七圖は主要調整器の一例なり。

若し主要調整器を勵磁機の抵抗器の一ステップで調整した間の細かい調整のみに使用する場合には其の各ステップ間の抵抗は相等しく、電流を通じ得る容量は全部一様に（同じ電流が通つても差支ない様に）して置かねばならぬ。然し一般に主要抵抗器は之れより大なる抵抗を有し。勵磁機が此の點にて働いて居る特性曲線上の一點を荷重に應じて變化する様に作られて居る。此の結果は非常に安定となり勵磁機及び主要抵抗器の設計頗る經濟となる。

主要抵抗器の設計上常に注意を要するは其の接觸にスパークを生ぜしめぬ事である。之れは多くの場合ステップの数を定むる制限となり其の標準はステップにて扱はるゝワット數である。若し抵抗器の或るステップに於ける抵抗がRオームで此のステップに於ける電流がIアンペアなれば此のステップによりて切らるゝワットはIRである。

此のワット數は接觸部の大さや性質によりて増減し得べく大

接觸部の容量	一接觸部毎に切り得る最大ワット數
50	200
100	250
200	300

なる廣き接觸部を有する時ワット數も多くなる。電壓の影響は僅少であるから通常省略され切らるゝワット數を比較の標準とす。下表に擧げた數

は多くの抵抗器に對して満足なる結果を與ふるものである。

### 自働電壓調整器

發電所の電壓を一定に保つ爲めの自働電壓調整器は現今澤山使用されて居る。之れは諸種の工業殊に採礦業に多い。今日澤山の新しい發電所に自動調整器を備へざるは殆んど例外である。之を備ふれば單に工費を節約し得るのみならず大なる能率の上昇となり或は生産力を増大する事が出来る。何となれば電動機に加へらるゝ電壓は一定であるから電壓が規定以下に降下する場合の如くに其の速度が減少せず常に一定に保たれて居るからである。

自働調整器の猶一の利益なる點は之を有せざる發電機の如く其の電壓變動率を極く僅かに保つ必要はないから發電機の價格を減少する事が出来る。猶此の外斯様にセルフインダクションの多い發電機は短絡の場合に一層安全である。

【註】 註第百九十五圖に於て

$\phi_r$  = 空隙の磁束（主要勵磁及びアーマチュアの反作用によりて生ずる磁束）

$E_a = \phi_r$  の磁束によりて誘導せらるゝ一相の電壓。

$I_a$  = 一相の捲線を流るゝ全負荷電流。

$x_a$  = 實効漏洩リアクタンス。

$I_a x_a = x_a$  によりて費さるゝ電壓。

$r_e$  = アーマチュア捲線の實効抵抗。

$I_a r_e = r_e$  によりて費さるゝ電壓。

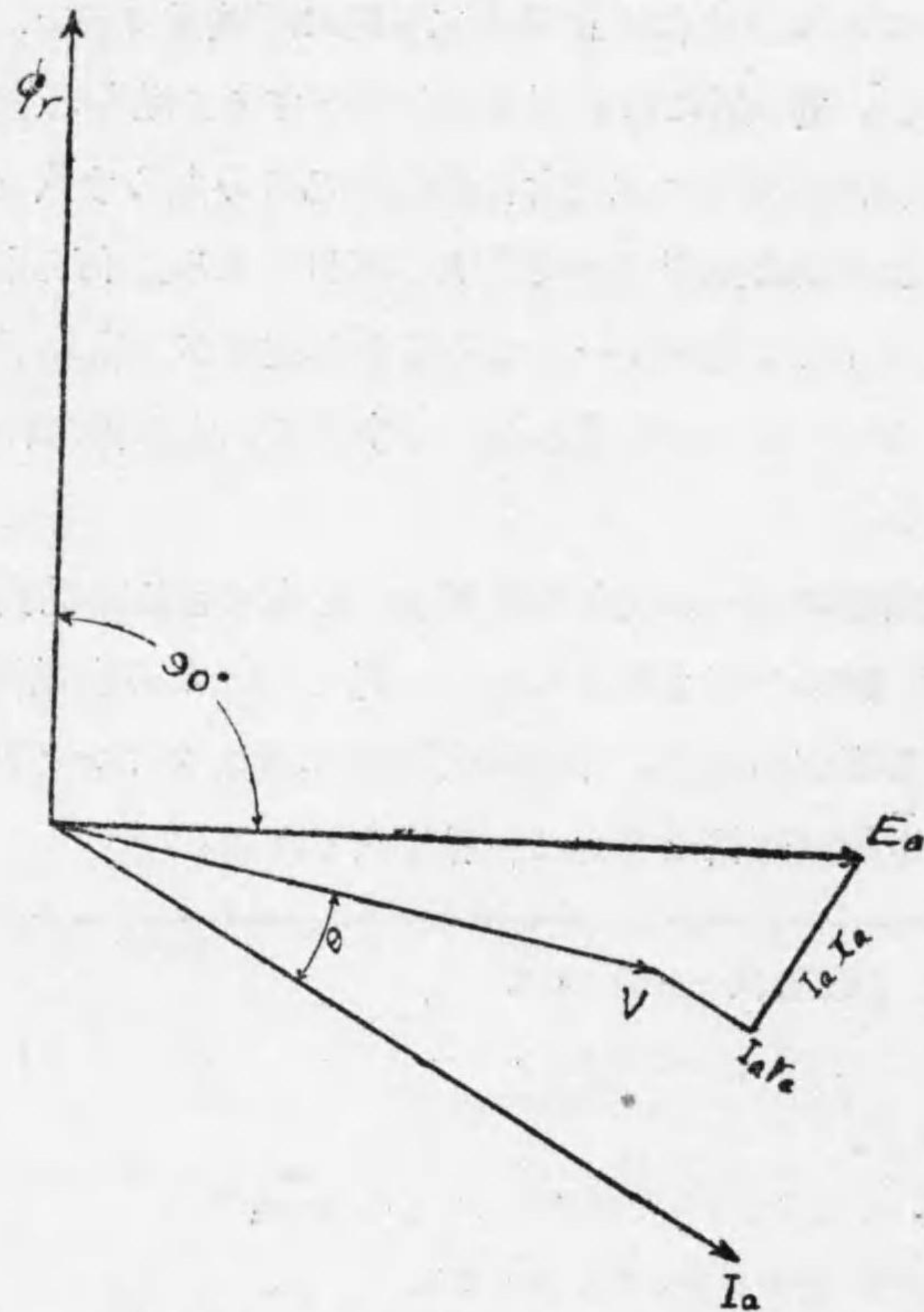


V = 端子電圧。

なり。

$$\text{電圧變動率} = \frac{E_a - V}{V} \times 100\%$$

註 第九十五圖



交流發電機のベクトル線圖

而してセルフインダクション多ければ  $r_a$  大となり且つ  $r_a$  も増加するを以て V は小となり電圧變動率は大となる。

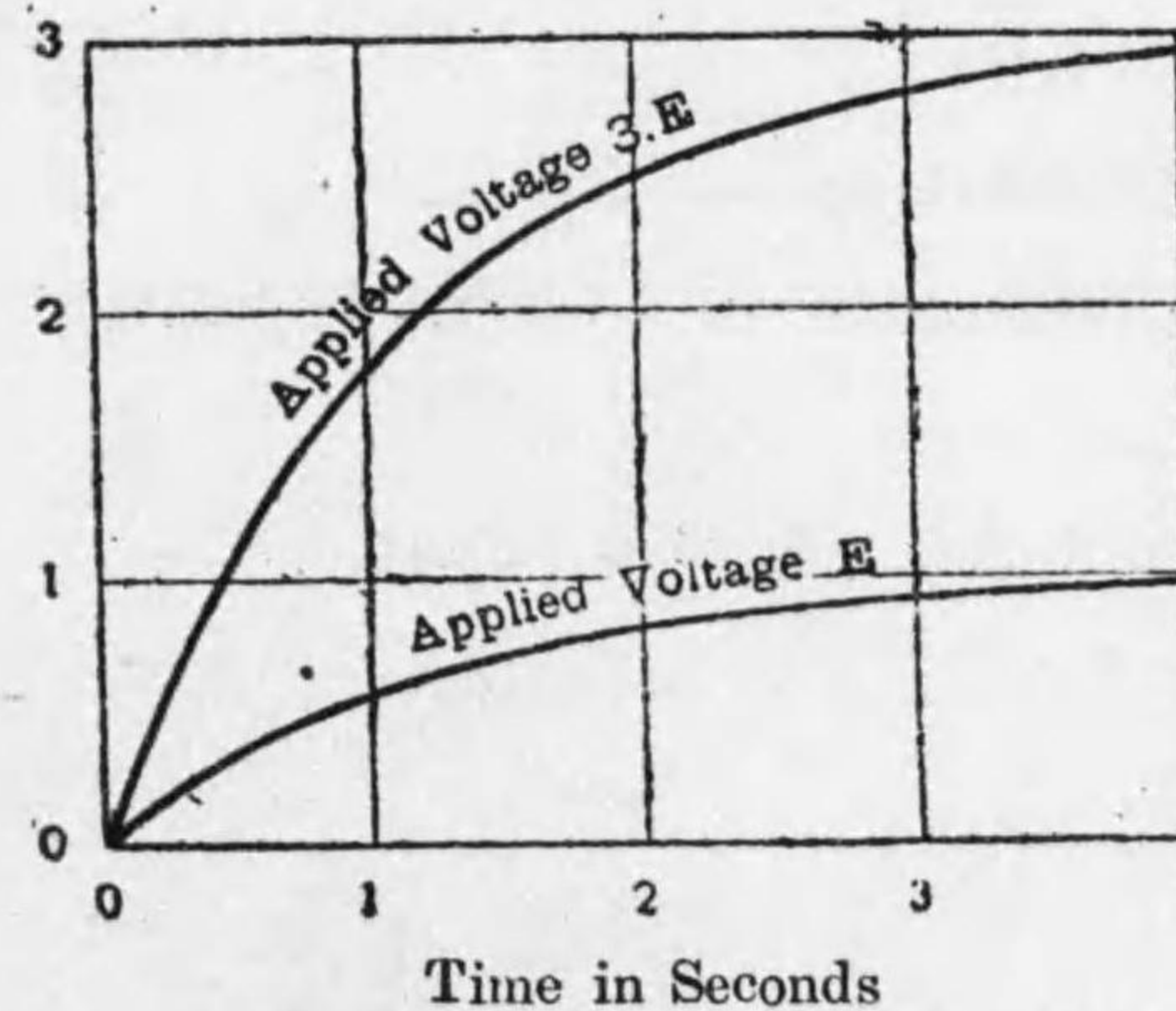
又發電機自身のセルフインダクション大なれば短絡等の急激なる變

動に對し之を塞流する作用大なれば第五十七圖に示す如きリアクタンスコイルを使用せずとも安全に發電機捲線を保護する事が出来る。

自動調整器は近年非常に完全なるものが製出せらるゝに至り或るものは其の鋭敏なる事眞に驚く可きものがある。此の急激なる動作は主とし過撃の over shoot——適當な名稱ではないが——原理を應用した爲めである。即ち下の如し。

今發電機の電圧が下降し之を元の規定の値に高むるには勵磁機の勵磁捲線に E なる餘分の電圧を加へねばならぬとする。此の場合に若し調整器の作用により單に E のみの電圧を加へたとすれば勵磁捲線には自己誘導作用ありて勵磁電流の増加は遅々として居るから發電機の電圧を規定の値に回復するには餘

第九十六圖



種々の供給電流によりて勵磁捲線に電流の増加する割合

程の時間を要する。然るに若し E より一層大なる例へば 3E なる餘分の電圧を勵磁機に分捲勵磁捲線に加ふれば勵磁電流の増加も急激で從て發電機電壓を舊狀に復するは頗る急速に行はれる。勿論此の 3E なる餘分の

電壓を永く勵磁機の勵磁捲線に加へて置けば、發電機電壓を却



てあまり高過ぎる様になるから、未だ斯様に高くならぬ前に此の電圧を取り去らねばならぬ。此の現象は Rankin 氏 (“proceedings” Inst. Electrical Engineers. 1912 p. 304 Vol. XLV III) によつて與へられたる二つの曲線 (第九十六圖) によりて説明する事が出来る。

之等は E 及び 3E なる電圧を勵磁捲線のターミナルに加へた時其の捲線を通る電流の増加して行く状態を示すもので、勿論最後の値 (規定の値) に達する迄の時間は兩者共同一であるが或る値、例へば 0.86 アンペアに達する時間を比較して見ると、E の曲線にては 2 秒を要し 3E の曲線に於ては 1/3 秒以内である。

従て勵磁捲線に高い電圧を供給し早く之を取り去れば急速に所要の勵磁電流を通ずる事が出来る。斯くて急激な作用が得られハンチングを防ぐ事が出来る。

自動調整器は下の如く分類される。

1. 振動接觸型 發電機又は勵磁機の磁界の抵抗を時々短絡する型。

例 Tirrill, Westinghouse (Olmsted Fuss. 等

2. 振子型

例 Taylor-scotson.

3. 抵抗型

例 Thury, Brown Boveri, Union Electric Co.

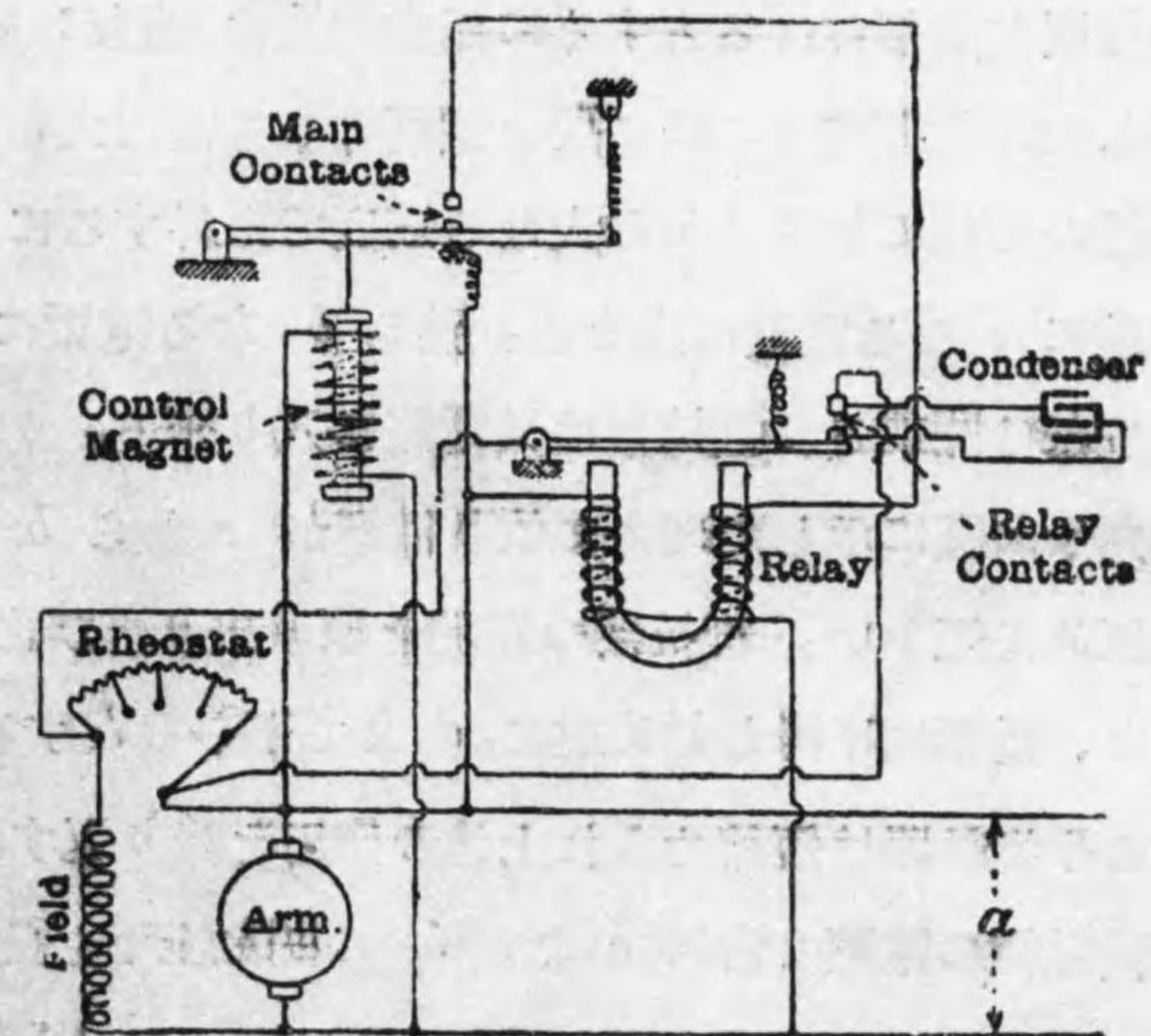
Tirrill regulator

A. A. Tirrill 氏の作つた自動調整器は振動接觸型の自動調整

器中第一に成功せるもので、現存三種の型がある。一は (T.D. 型) 自己勵磁發電機用に於て他は (T.A. 型) 分離勵磁發電機用に於て兩者共交流にも直流にも用ひられる。

第九十七圖は T.D. 型の「チリルレギュレーター」の原理を示す接続圖なり。制御電磁石の捲線は定電壓に保たむとする線を跨いで結ばれる——圖に於ては電源 a。電圧が上昇した場合には制御磁石は他の場合には接觸して居る主要接觸を開放す。リレーは二個の捲線を有し互に反對に捲かれて居る。一は電源に結ばれ他の捲線は主要接觸を通じて電源に結ばれて居る。主要接觸部が閉ぢられて居る場合には兩捲線には電流が通るが其の磁力は互に相反し全く打消し合ふ。従てリレー接觸

第九十七圖



T.D. 形チリルレギュレーターの原理を示す接続圖



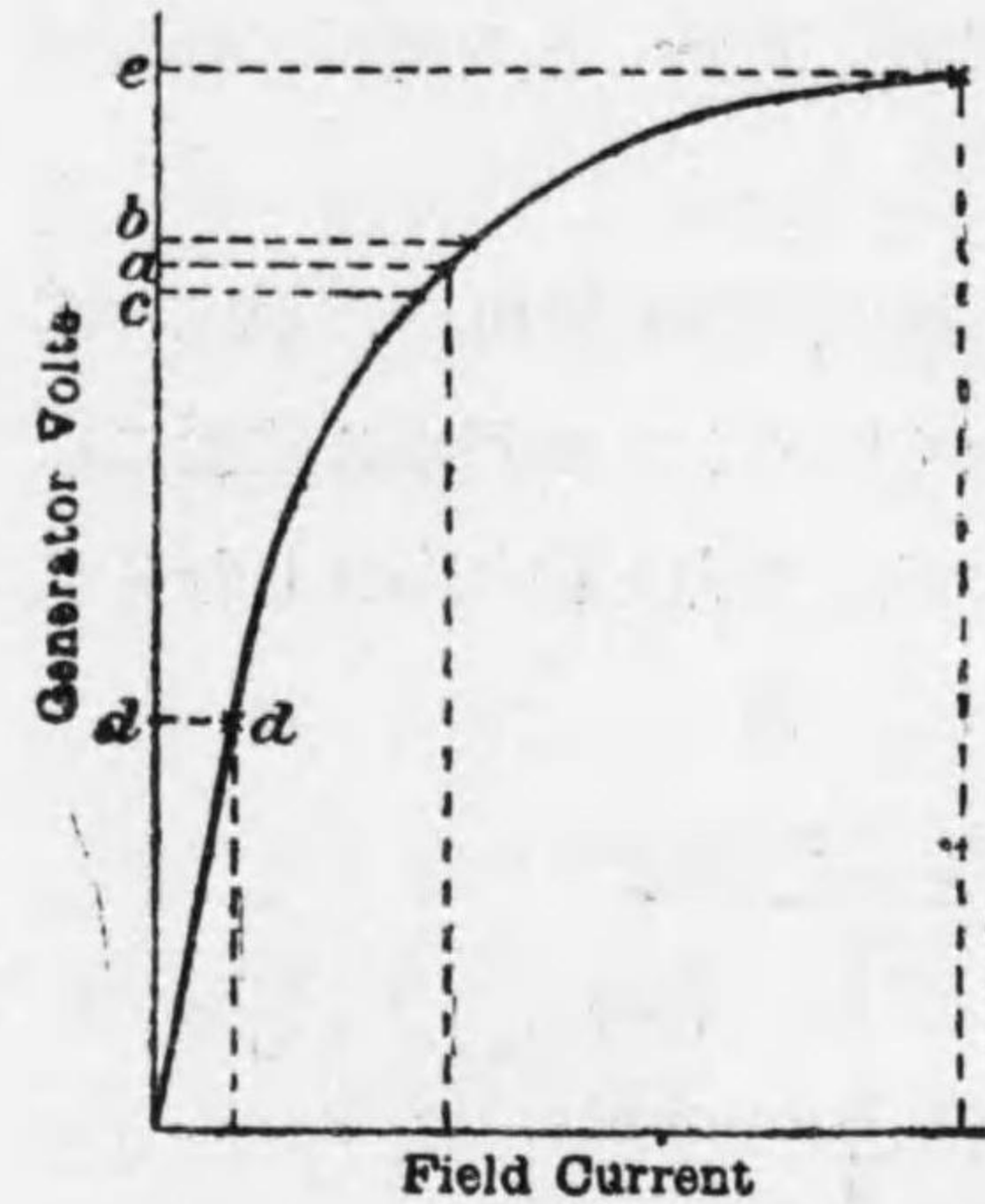
は「スプリング」の力によつて閉ぢられ抵抗器を短絡す。リレー接觸の両端には「コンデンサー」を結び此處に起るスパークを防ぐ。

此の型の調整器に就て充分理解せむには其の作用を順次調べる事が緊要である。此の作用の原理はすべての振動接觸型の調整器に應用する事が出来る。第百九十八圖は machine の特性曲線を示すもので正しい使用電壓は  $a$  なる水平線にて表はさる。今何かの原因で電壓が  $e$  に下降したと假定せむ。然れば此の瞬間に主要接觸部を閉ぢ従てリレーを減磁しリレー接觸を閉ぢ抵抗器を短絡す。而して此の抵抗器の抵抗は之れが電路内に在る時は電壓は規定の値の 30 パーセント乃至 40 パーセントとなる様に作られて居る(第百九十八圖 第百九十九圖の  $d$  點)リレー接觸が閉ぢられるとすぐに勵磁電流は電壓が  $a$  より  $e$  に下降したのを調整するに必要な電壓よりも甚だ大なる電壓を勵磁捲線の両端に加ふるから大なる速度で上昇するにまかせて置けば遂に  $e$  なる電壓に高まる。然し  $b$  なる電壓に達すれば主要接觸部は開放され抵抗器は又電路に入り来る。

第百九十六圖に示した理由に依り電壓が  $e$  から  $b$  に變ずる時間は極めて短かい。抵抗器の短絡を取り去り再び之を電路に入れると、電壓は下降し始め遂に  $d$  まで下らむとするが  $e$  點に達するや抵抗器は短絡せられ上述の作用を繰り返す。

即ち發電機の電壓は常に  $e$  より  $b$  の間を上下し此の間の変化は甚だ急速に行はれ且つ規定電壓と上下共大差はない。多くの場合此の變化を  $\pm \frac{1}{2}$  パーセント以内に保つ事が出来る。

第百九十八圖



直流發電機の特性曲線、振動型自動調整器の作用を示す

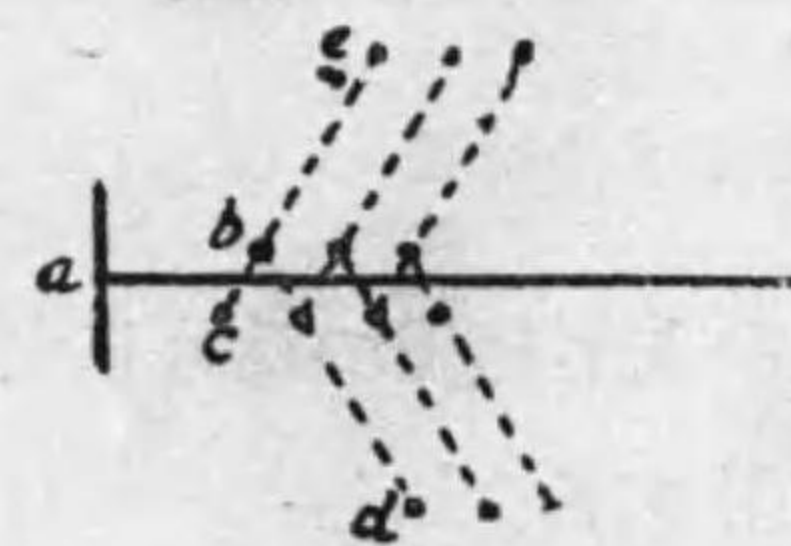
第百九十八圖に於ける  $b$   $e$  線の距離、第百九十九圖に於ける電壓の上下は説明を明かにする爲め誇張して畫かれて居る。振動の速度は發電機の感度及び構造に關係し、又其の負荷によつて異なる。一般に中間の荷重に於けるより全負荷又は無負荷の方が遅い。

猶發電機の常用電壓が特性曲線上如何なる位置に在るかによつて變ず。(E. Garton

“Trans” Inst. Mining Engineers, 1908/9. Vol. XXXVII. p. 61 及び R.L. Morrison の The Electrician, Aug. 22, 1913 Vol. LXXI. p. 811)

分離勵磁の machine——即ち一般に交流發電機——に於ては T.A. 型の Tirrill regulator が用ひられる。此の型は T.D. 型

第百九十九圖



振動接觸型自動調整器によりて生ずる電壓線

より一層鋭敏であると稱せられて居るからアーマチュア反作用の大なる又は磁極の磁束密度の小なる machine に適して居る。

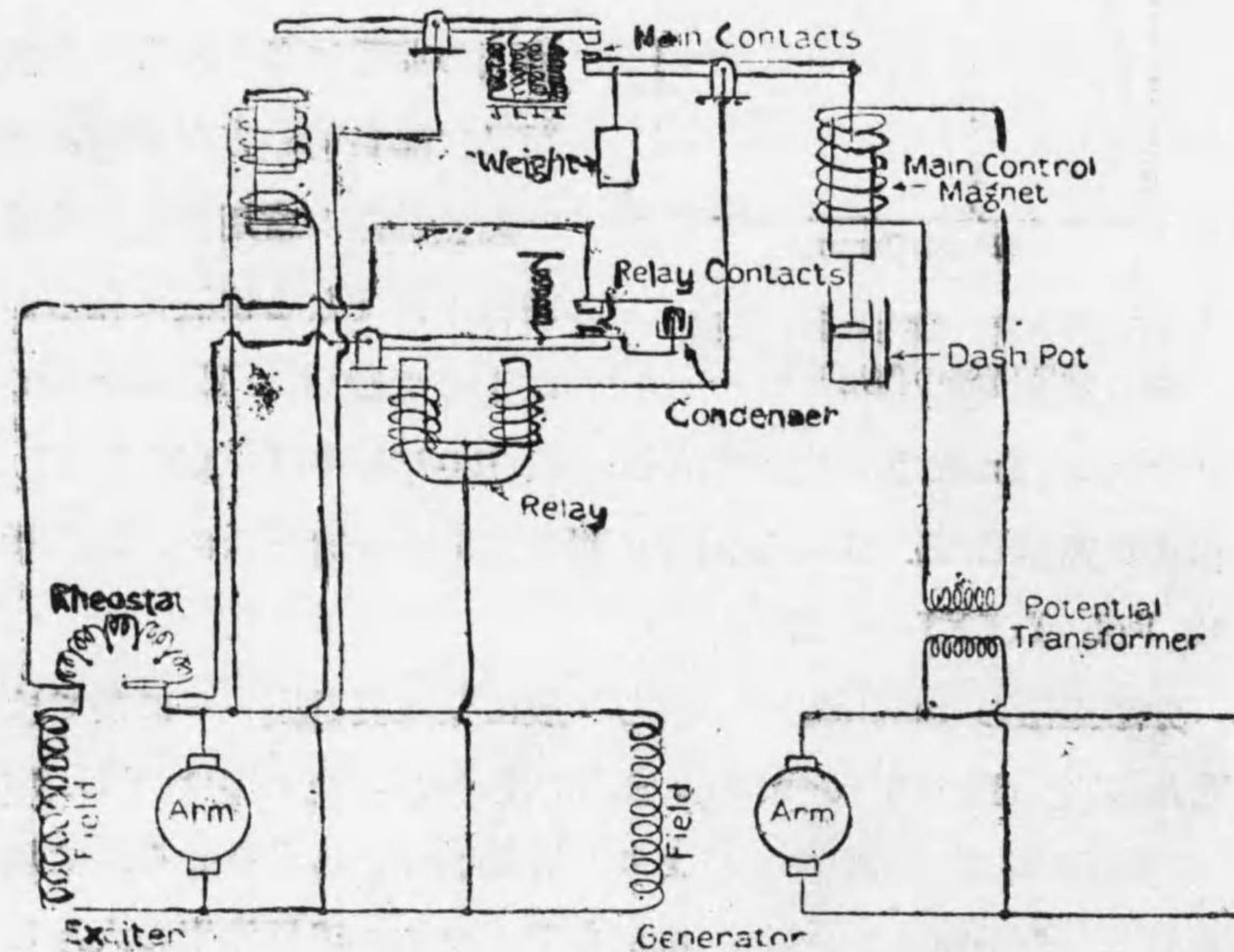
第百圖 T.A. 型 Tirrill regulator の原理を示す圖で、T.D. 型(第百九十七圖を見よ)の調整器と異



る點は T.A. 型は別に勵磁機を制御する磁石を備ふる點で、之れは lever を動かし主要接觸は此の lever と主要制御磁石によつて動かされるとの間にある。

主要制御磁石には制動壺を附し其の動作を緩和し、規定の電壓に於ては其の引力は其の鐵心のソレノイドに對する位置には無關係となる様に作られて居る。此の引力と釣り合はしむる爲

第二百圖



T.A. 型 Tirrill regulator の原理を示す接續圖

め lever の他端に垂錘を附し、以て一定の電壓を保つ爲めに引力を一樣ならしむ。此の regulator の作用は下の如し。

若し主要接觸部の下部即ち主要接觸制御磁石によりて動かされる lever に付いて居る方の接觸部を固定されたものと考ふれ

ば勵磁回線に就ては**第九十七圖**に示した T.P. 型の regulator と全く同一である。此の場合に regulator は發電機の勵磁捲線の兩端の電壓を一定に保つ様に作用する。然し荷重が變化する場合には之れのみでは供給電壓一定に保つに充分でない。扱て若し供給電壓が降下すれば主要制御磁石に動かされる lever は時計の針と同方向に廻され、電壓が上昇すれば時計の針と反對方向に廻され lever のみでは其の位置に關せず常に或る電壓に對して釣合の状態に在る。従て電壓が下降すれば主要接觸 lever は主要接觸が閉づるまで時計の針の方向にまはる、即ち勵磁機の抵抗器を短絡し主要制御磁石の腕を釣合を保たしむる様に電壓を上げる。

然し勵磁機の電壓は少しく餘分に高まり主要接觸部を再び開放する。此の點より T.D. 形の regulator と同様な作用をなし主要接觸部は振動し發電機勵磁捲線に加はる電壓を一定に保つ。

即ち主要制御磁石の腕に釣合が保たるゝまで主要接觸部の兩邊は互に動く——即ち空間に對する主要接觸部の位置が變ず。主要制御 lever は制動壺によりて制動されるから勵磁機制御磁石の自由に振動する事は出来ない。即ち電壓が變るまで靜止して居る。

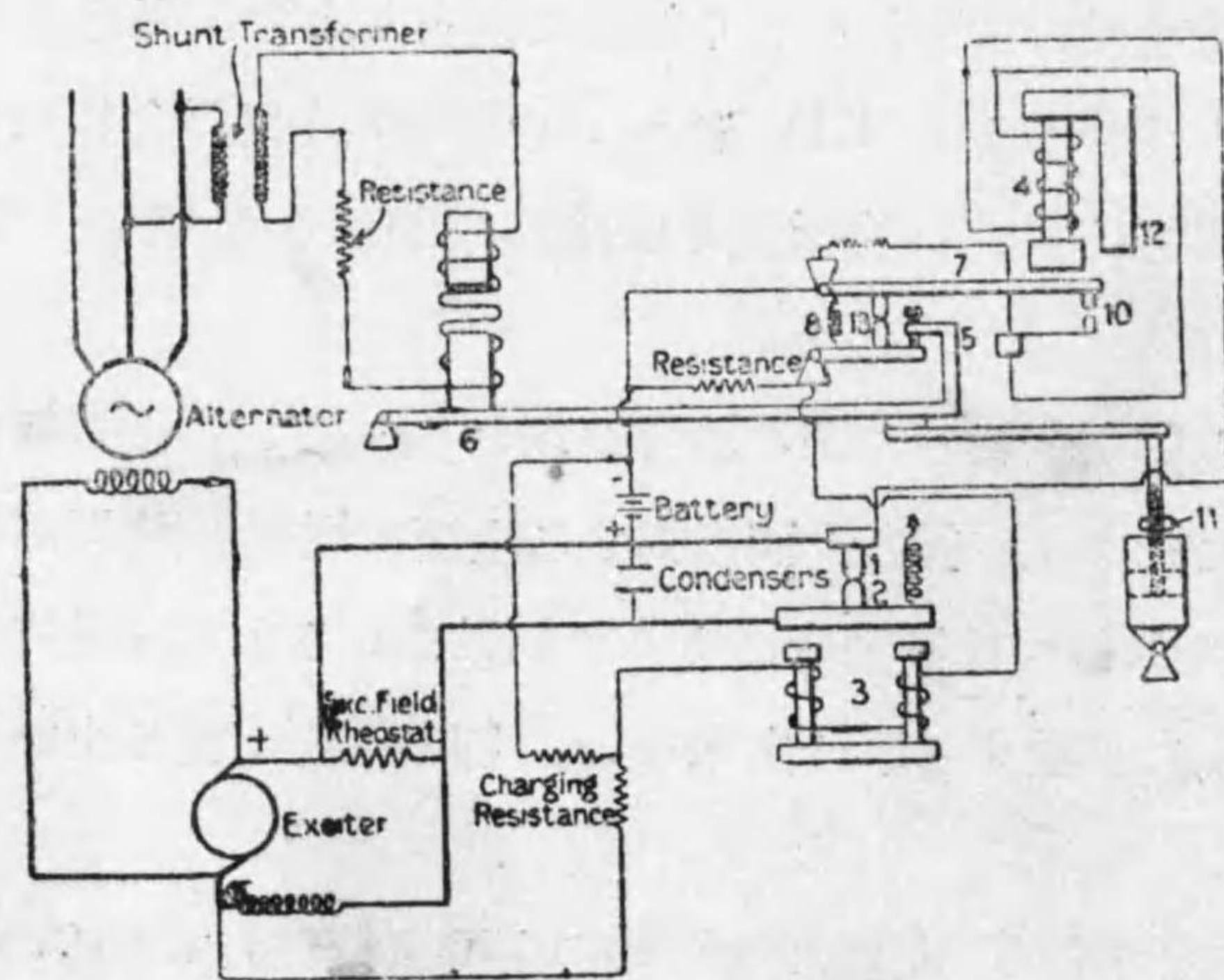
T.D. 型でも T.A. 型でも一つの主要制御磁石で數臺の machine が並列に運轉されて居る發電所全體を調整するに充分である。若し必要なれば荷重に比例する電流を通ずる補助の捲線を附し以て荷重の増加につれて供給電壓を高め線路にて損失す



る電圧を補ふ事が出来る。若し荷重の變動があまり大ならざれば一臺の machine の電圧を調整すれば充分である然れば他の machine は之れに附隨して調整される。或る範圍の容量まで一つのリレーを並列にある敷個の 勵磁機抵抗器を短絡する様に装置して並列に運轉されて居る數臺の發電機を調整する事が出来る。容量の大なる場合には一個又は二個の (容量の大小に応じて) リレーを有する T.A. 型 regulator を各發電機毎に装置す。然し各リレーの勵磁線は皆一つの主要制御磁石によりて制御せらる。

Westinghouse (Olmsted) 型自動電壓調整器

第 二 百 一 圖



ウェスチングハウス型 (オームステッド) 自動電壓調整器の簡單なる接続圖

此の自動調整器も振動型で之れは或る抵抗を連続的に勵磁機

の勵磁捲線に直列に入れ又は下れより除去するものなり。

第二百一圖は高壓交流發電機用としての此の調數器の接続を示すものなり。

勵磁機の勵磁捲線用の抵抗器を短絡す可き接觸部は 1.2. にて示された通りで之れに並判にコンデンサーを附し此處に生ずるスパークを消す。之等の接觸部はリレー磁石 3 によりて開閉されリレー捲線は 13 の接觸部により開閉せらる。13 の接觸部は 12 なる振動捲線の作用により常に振動して居る。此の 12 なる振動捲線を備へて居る點が、チリルレギュレーターと異なる點である。

振動捲線は圖に示してある通り電池にて勵磁されアーマチュアを吸引し即ち 12 接觸部を開放す。依て其の捲線と直列に抵抗を結び斯様にして丁度普通のインダクションコイルの如くに常にアーマチュアは振動して居る。其の振動の速度は 7 の特有周期によりて變ず。

7 なるアーマチュアには 13 なる接觸部の上半が固定され其の上半はスプリング 8 によりて之れに壓着せらる。即ち 5 なる腕によりて妨げられざれば 13 の接觸部は 7 が振動して居る間互に接觸を保つ可し。然し 13 の下半は 5 の腕によりて止められるから 3 の捲線に直列に抵抗が入り來り 3 は其のアーマチュアを離す。即ち 1.2 の接觸が再び閉ぢられる。

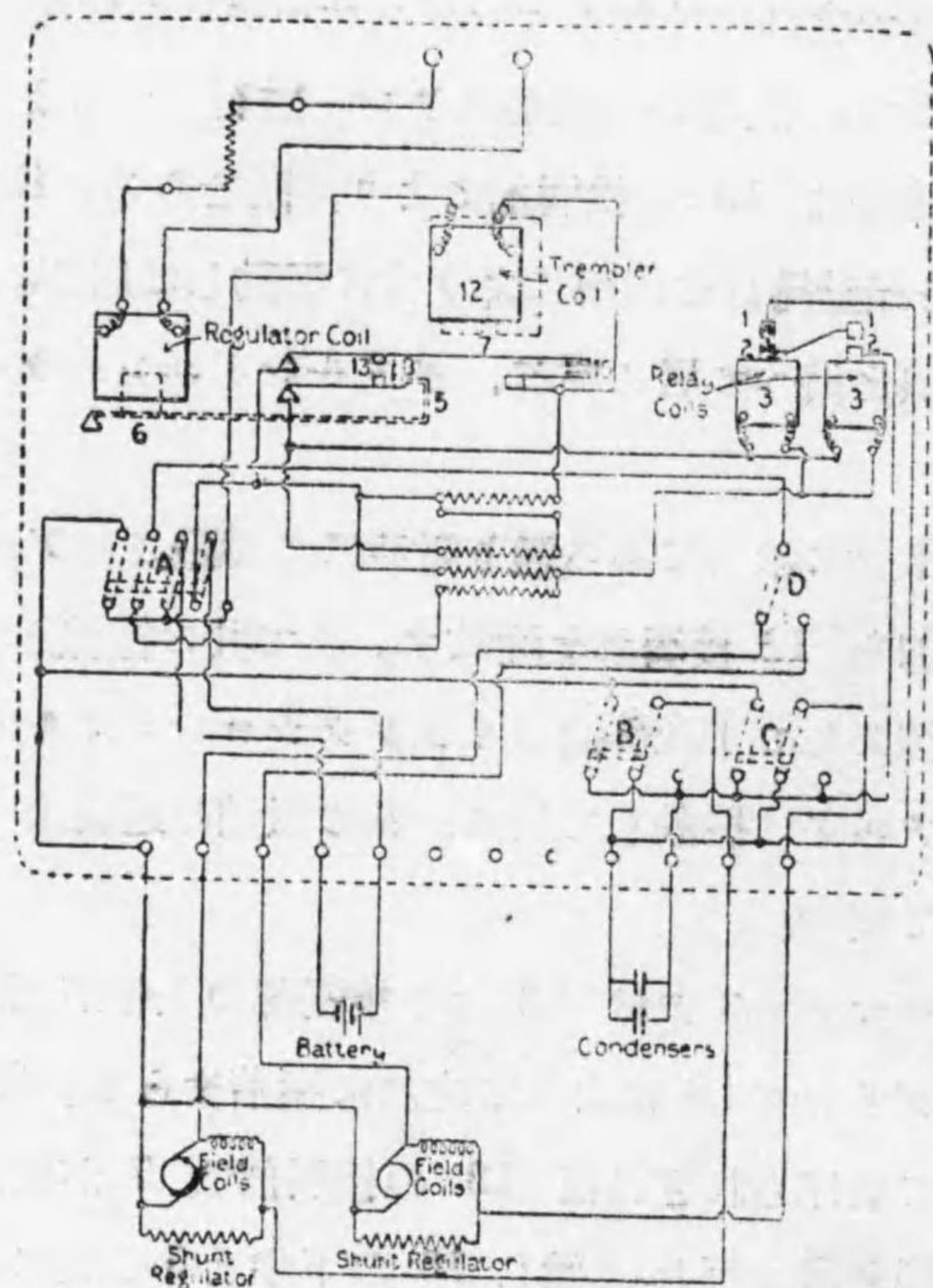
13 なる接觸は 5 が低いか高いかによりて 7 の各振動中或は早く開閉される。5 の低いか高いかは供給電壓の低いか高いかに依るものである。即ち若し供給電壓が低ければ勵磁機の磁



界抵抗器は各振動中永い時間の間短絡され電圧が高ければ短かい時間短絡される。

5 なる腕は制動壺 11 によりて制動され之れは負荷状態に應

第 二 百 二 圖



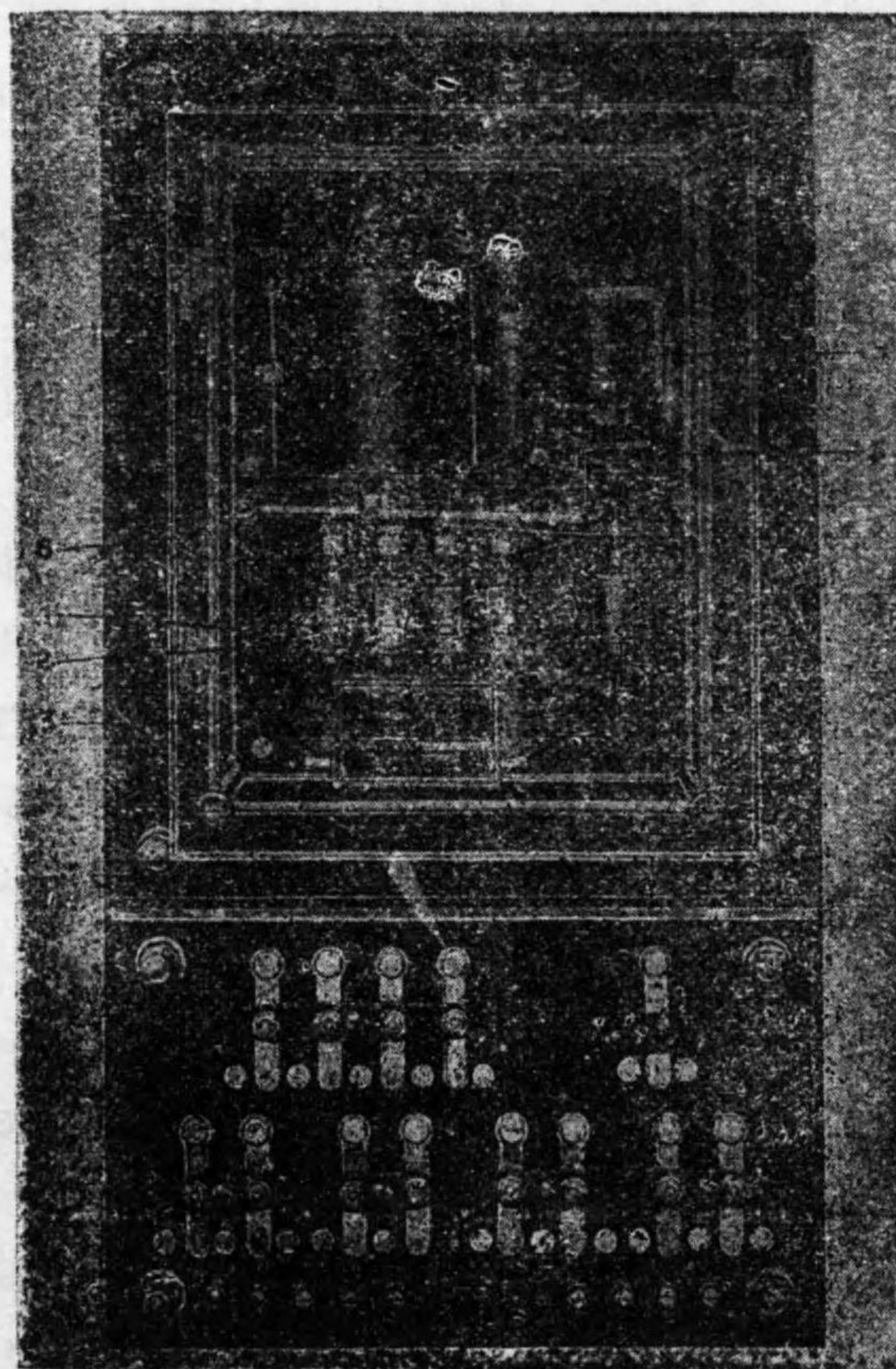
ウエスチングハウス（オルムステッド）型自動調整器の接続  
二臺の三相交流發電機に對するもので兩勵磁機に接続せる二  
個の獨立のリレーを有す。

じて調整する事が出来る。

實際の調整器（第二百三圖を見よ）には逆流開閉器を備へて

居るからすべての接觸部を通る電流の方向を毎日數回反轉する  
事が出来る。之等の逆流開閉器は**第二百二圖**に於ては A,B,C に  
示されて居る。A は 10 及び 13 の接觸を通る電流の方向を變  
じ、B 及び C は 1,2 の接觸を通る電流を轉ずるに用ふ。**第二**

第 二 百 三 圖



ウエスチングハウス自動調整器オルムステッドの特許



百二圖に於て D なる開閉器はリレー、振動捲線を動かせる電流を得又何れの勵磁機からでも電池に充電する事が出来る様になす開閉器で此の圖は二臺の發電機電壓を調整する場合の接続圖である。

次に**第二百八圖**の示せる如き調整器を始動する注意を述べむ。電池を除いた他の外部接続を完成せる後 B 及び C なる開閉器を其の中央の位置に置き勵磁機抵抗器を短絡する作用を止む。

A の開閉器を一方に入れ D を運轉せむとする第一の發電機に對する接觸片の方に移す。之に對する勵磁機は始動され、電池の調整器上のターミナルは何れが (+) なるやを検し之を電池の + 極に結ぶ。

然る後交流發電機の電壓を勵磁機の磁界抵抗器によりて漸次上昇せしめ遂に 1.2 の接觸を開く。

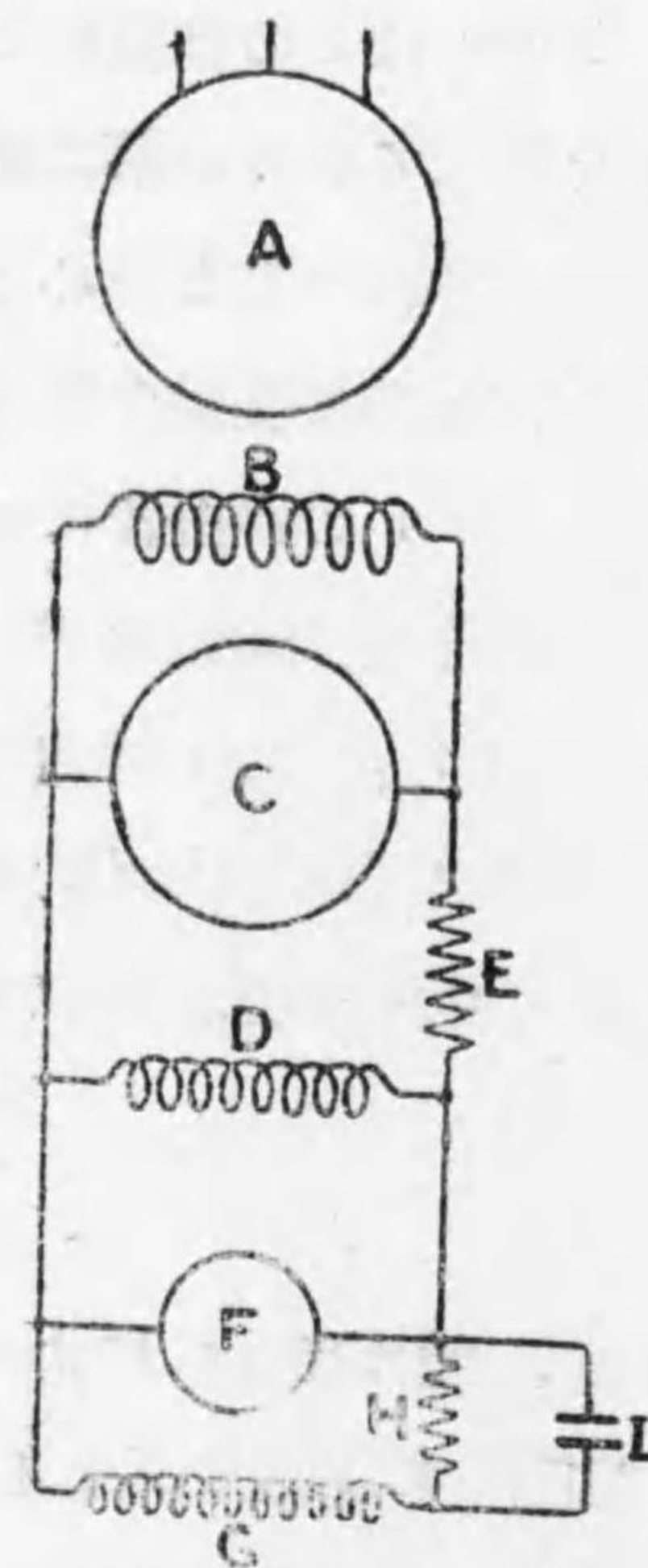
此の時二極開閉器 B 又は C を一方に入れ勵磁機の磁界抵抗器を或る一定の點まで戻す。此の點は無荷重全速度に於ける發電機の電壓が規定電壓の 60 パーセント乃至 70 パーセントに達する點なり。

然らばリレー接觸 1.2 は振動始め電壓は一定となる。次に第二の發電機を電路に入れ C の開閉器を B と同じ側に入れ勵磁機の抵抗器を前と同様に調整する。

大なる勵磁電流を有する Olmsted regulator :-

電流が甚だ大となりリレー接觸では扱ひきれない場合に對し british westinghouse 會社では**第二百四圖**に示せる方法を講ぜ

第二百四圖



大なる電流の勵磁機を有する場合に用ふる英國ウエスチングハウス會社の自動電壓調整器の接続圖

り。

これは小なる補助勵磁機 F を使用するにありて其の容量は凡そ主要勵磁機の 2 パーセント位である。これは主要勵磁機 C の勵磁捲線 D の兩端に結ばれ D, F と直列に E なる抵抗がある。自動調整器は此の補助勵磁機の勵磁捲線 G の回線中にある抵抗 H を周期的に短絡するもので、荷重が軽い場合には F の磁界は自動的に弱められ勵磁機 C の勵磁捲線 D 勝ち電流を取りて電動機としてまはる。荷重が重くなれば H の抵抗は I に於て漸次短絡され F を發電機となし主要勵磁機の勵磁を助ける。此の裝置は發電機が別々な勵磁機を有せず母線から勵磁される場合にも適す。此の場合には補助勵磁機は發電機勵磁捲線に結ばれる。

Fuss の自動調整器

此の調整器も Tirrilli や Olmsted 式の如く勵磁回線の抵抗を周期的に短絡したり電路に入れたりするもので、別の勵磁機を有する交流發電機の調整にのみ使用せらる。然し Fuss の調整器は根本的に異つた構造を有して居り**第二百六圖**は其の接続



図なり。

12 なる可動接觸片を有する L なる lever はどの位置にても自由で其の両端には各 9,10 なる鐵心を有して居る。第二百圖に示した Tirrill 調整器を見るに或る固定された點を中心として廻る lever を二つ有して居り、其の電氣的接觸點の空間に對する位置は常に變化して居る。然るに Fuss の調整器に於ては唯一本の接觸桿を用ひ、電氣的接觸部の位置は變化せず兩方のコイルは lever に對して各別々に作用する。此の構造は Tirrill 調整器の構造に比較して一層簡單である爲め Tirrill 其の他の特許を調査した後獨逸の特許局で許可されて居る 所以である。

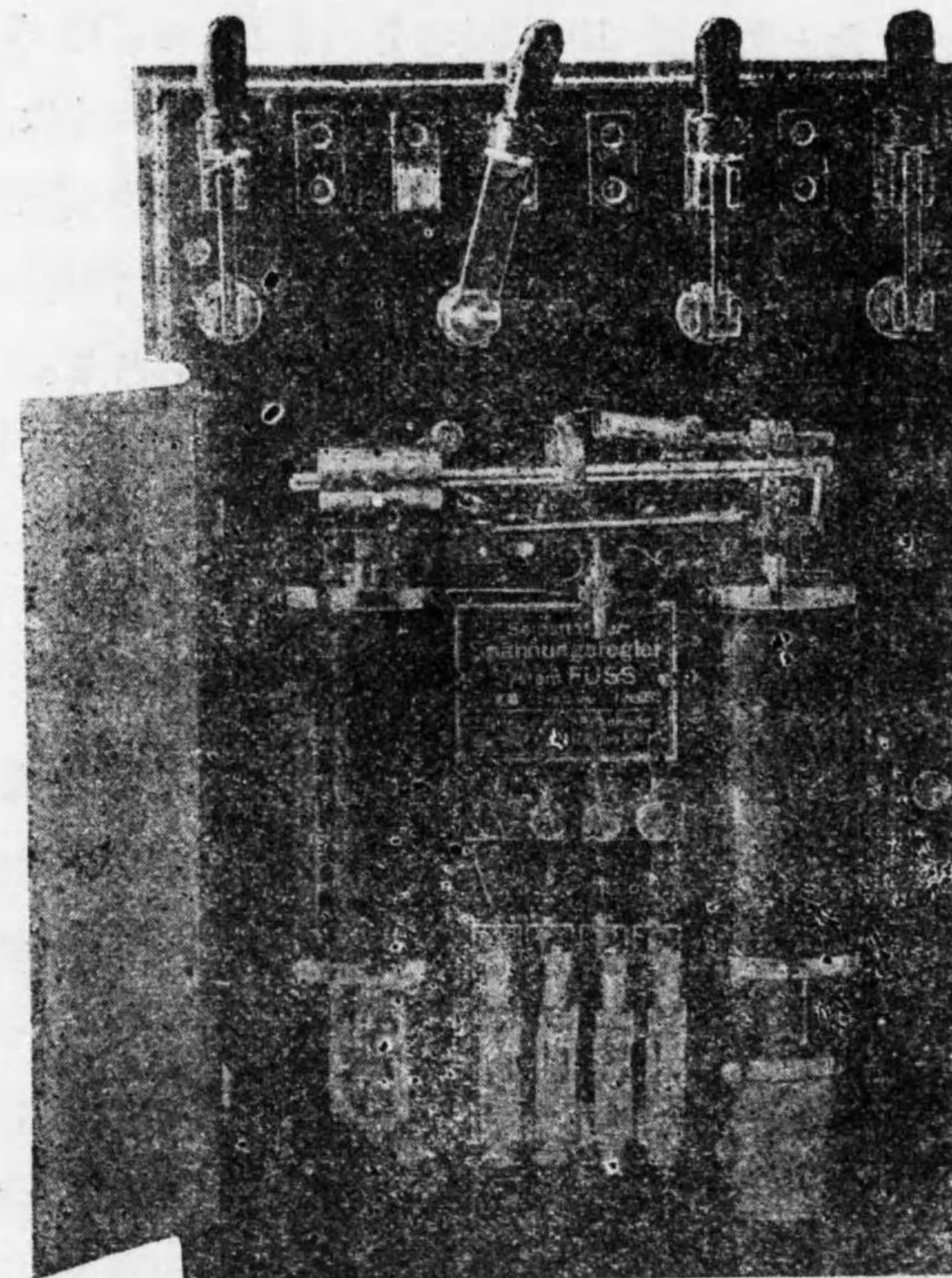
Fuss 調整器の作用は下の如し。

今 12 と 11 の接觸部が閉ぢられたとす、然れば之れによりて勵磁回線の抵抗 5 は短絡され 3 なる勵磁機の電壓は高まる。然れば 6 なるコイルの磁力が強くなり 9 なる鐵心を 13 のスプリングに逆ひて引き上げ 11,12 の接觸は破れ従て勵磁回線には再び 5 の抵抗が挿入せられるから勵磁機 3 の電壓は下降し、斯くて 9 なる鐵心は常に上下に振動し 11,12 の接觸部は連続的に開閉される。

然し 12 の接觸部は又 10 なる鐵心を有し其の影響を蒙る。

若し交流機の電壓が高ければ 7 なるコイルにより 10 の鐵心は押し上げられ、従て 10 の位置が低い場合より L の振動の周期に於て 12 の接觸部の開放されて居る時間永くなる。即ち 5 の抵抗が 4 の磁界捲線に結ばれて居る時間が永くなり(振動中)

## 第 二 百 五 圖



Fuss の自動調整器

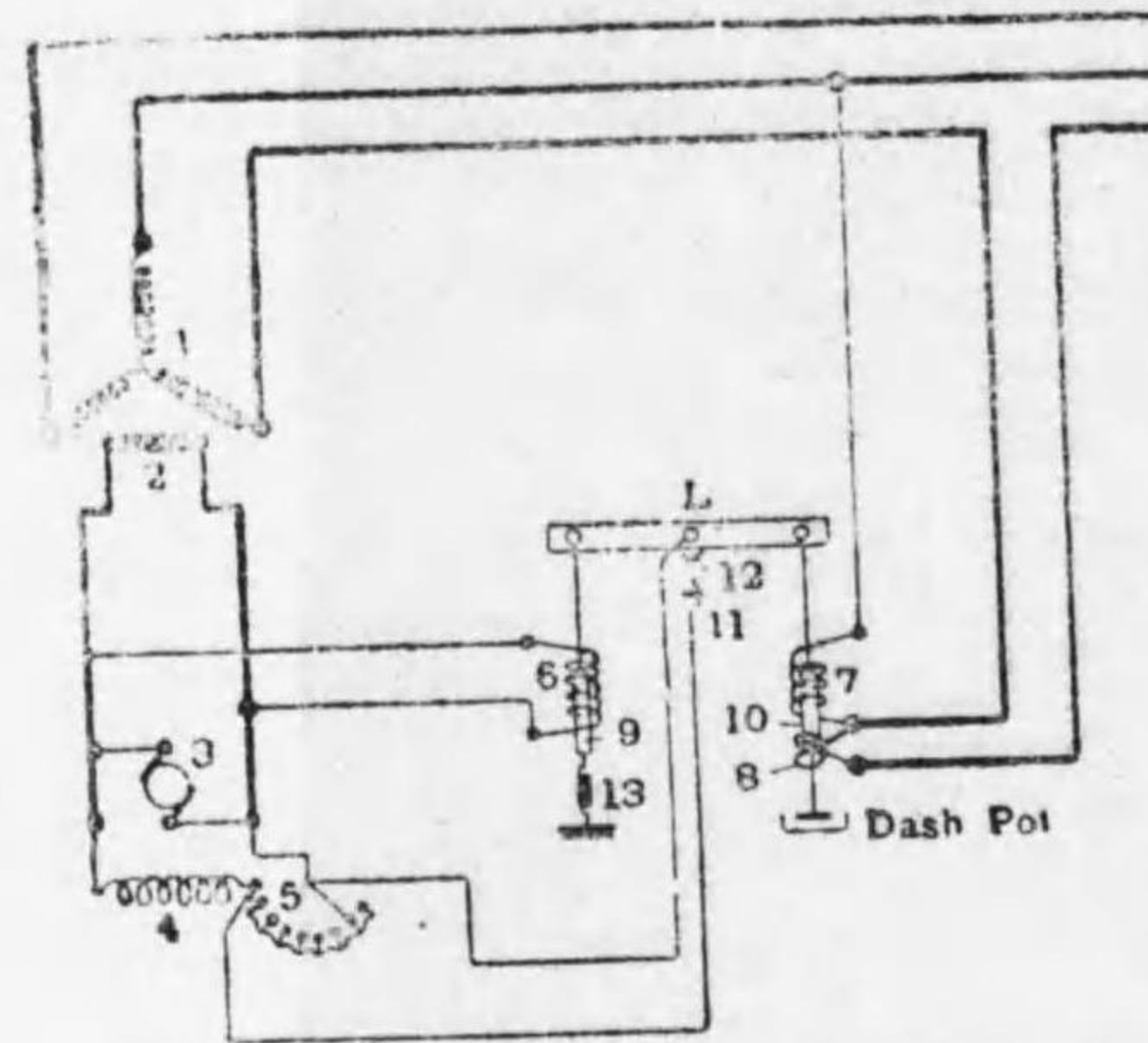
交流機の電壓が常規の値に下降して来る。電壓が低くて 10 の位置が低ければ之れと反對の現象を來す可し。即ち作用の原理は Tirrill 調整器に酷似して居る。

6 なるコイルは振動を起し 7, 8, のコイルは調整の用をなす。第二百六圖に於て 8 なるコイルは line と直列で 7 なる細い線で捲いたコイルとは反對の作用をなす。此の方法で line に



於ける電壓の drop が加味される。即ち若し 8 の捲線に大なる電流が通つたとすれば 10 の鐵心を引き上げるには 7 の兩

第 二 百 六 圖



端の電壓は高くならねばならぬ。即ち荷重が増加するにつれて自動的に電壓が高められる。

勿論此の原理は他の自動調整器にも之れと同様の方法で通用されて居るのである。

第二百七圖は最近の

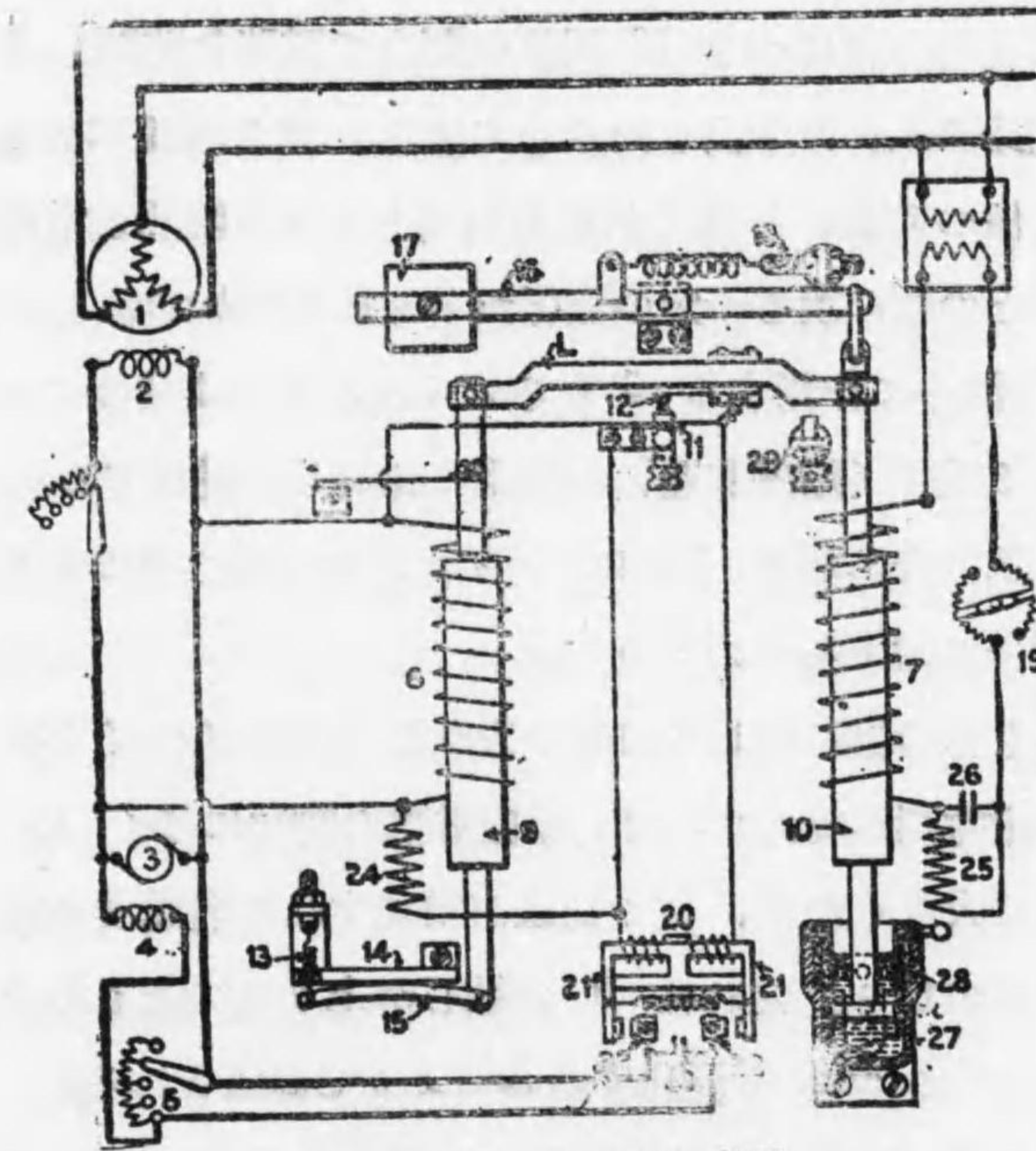
Fuss の自動調整器の原理を示す接續圖 Fuss 調整器の構造を示すもので前述の説明によりて此の調整器の作用は自ら理解せらるゝ所であるが茲に一二の特に注意すべき點を述べむ。

7 なる主要制御捲線は之れと直列に加減し得る抵抗 19 を有し猶 26 なるコンデンサーと並列になつて居る、25 なる抵抗を通じて回線を形成して居る。

19 なる抵抗の目的は調整器をして所要の電壓に適合せしむる様に調整するにありて、26 は原動機の速度の變化に基く周波數の變化を調和するにあり。

Water turbine の如く速度の細かい調整の困難なものには之れは尤も重要な事である。若し此のコンデンサーを使用せざれば速度が増大して來た場合に電壓は元と同様に保たるゝものとしてもソレノイドにセルフインダクションがあるから之を通る

第 二 百 七 圖



最近の Fuss 調整器の構造

電流は少い。若しコンデンサーを使用すれば大なる周波數に對して餘分の電流を通ずる事が出来るから電壓を周波數に無關係に一定に保つ事が出来る。

9 なる鐵心に對する 13 スプリングの作用も亦注意すべき點である。

15 なる lever は少しく彎曲して居り 14 の棒に對して 13 と 9 とによりて押しつけられて居る。依て 9 なる鐵心の位置が高ければ 9 の方の arm が 13 の方の arm よりも短くなる此の必要は下の如き理由によるものなり。



第二百七圖に於て調整器の作用して居る間は 11, 12 の接觸は常に凡そ一秒につき 10 回位の割合で電路を開閉し 5 なる抵抗を電路に入れたり出したりして居る。或る荷重に於て電壓を一定に保つには、5 なる抵抗を短絡して居る時間と電路内に結ぶ時間との間に或る一定の関係がある事は明かである。而しな 9 なる鐵心に作用する 6 なるコイルの引力は其のターミナルに加はる電壓（勵磁電壓）の自乗に比例して變化する。然るに之れと釣り合ふ可き 13 のスプリングの引力は單に引き延ばされた度合に對する應力である。

依て若し此の點に對して何等の方法をも講ぜざれば荷重が増加して勵磁電壓が増大すれば、勵磁電壓の變化に基く 12 の振動の振幅は大きくなり、從て荷重が増加すれば發電機の電壓が降下する事になる。之れは 9 の鐵心が上り又は降るにつれて 15 の lever の arm を變化する事によりて調整される。

若し 9 の鐵心が荷重の増加によつて昇つたとすれば其の lever arm は短縮されるから 12 の振動は小さくなり 11 と 12 とは比較的長時間の接觸を保つて居る事になる。即ち各一回の振動に於て 5 なる抵抗は比較的長時間短絡されて居る。

スプリング 13 の張力を變化して lever 15 の位置を變ずる事が出来る。依て荷重が増加したる場合に lever arm の互の長さを磁力とスプリングの力との關係より早く變化させる事が出来る。之れは荷重の増加と共に電壓の上昇となり斯くて line drop に對する over compensation \* をなす事を得。

之れは第二百六圖に示した 5 なるシリーズコイルに代る可き

方法なり。

27 の制動壺は 28 なる筒を有し其の下部は之を 27 の内面に添ふてまはせば、制動壺の側面に設けられたる凹部を被ふ度合が變化せられる様に作られて居る。即ち之をまはす事により制動力が調整される。29 の捻子は過負荷又は短絡の際あまり電壓を高めぬ爲めである。此の場合には接觸レバーは 29 に支へられ之れ以上 10 は下降する事が出来ない。

猶最後に附言す可きは 5 なる抵抗の値にて之れは若し自動調整器にて之れを電路の外に出したる時、2 なる主要勵磁捲線と直列なる主要調整抵抗器を短絡し、交流機の負荷零なる状態の本に於て勵磁機の電壓が全無負荷電壓の 40% 位高まる様に選まねばならぬ。

#### Taylor Scotson の自動調整器

此の調整器に於ては勵磁機の勵磁回線に booster として小發電機を使用して居る。此の小發電機の勵磁捲線は二部分に分れ各反對方向の捲線になつて居る。而して多くの場合抵抗として使用された電燈球と直列に結ばれ他の直流電源より勵磁される。調整器の動きは小發電機の勵磁捲線の各部を交互に短絡す

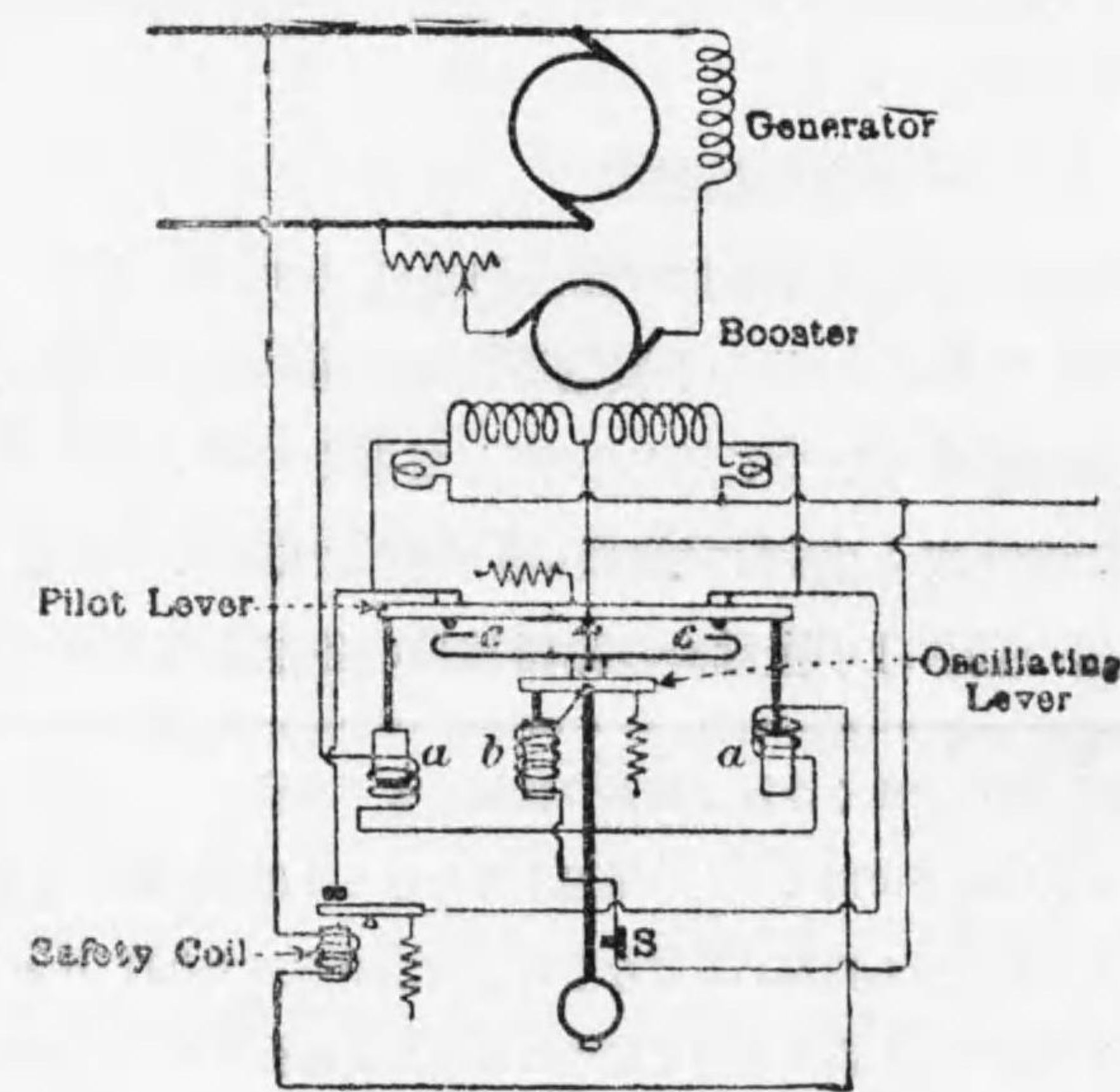
\*【註】 荷重が重くなれば線路の抵抗によりて費される電圧が多くなるから受電端子に於て一定の電壓を保たむとせば發電端の電壓は荷重の増加と共に少し宛高めねばならぬ。荷重が増加すれば line drop を補ふより猶少しく高き電壓を起す必要のある場合がある。即ち line drop に相當す電壓より猶高き電壓を餘分に起す事が over compensation である。



るにあり。此あ短絡は常に規則正しく行はれるが短絡して居る時間は必要に応じて伸長又は短縮され、以て或る方向又は反対の方向に大小の昇壓をなす。接觸部は電氣的に動かされる振子で一分間に凡そ 200 回の開閉を行ふ。

第二百八圖は Taylor-scotson の自動調整器の原理を示すもので振子の各振動毎に *s* なる接觸部により *b* なるコイルが短絡される。即ち振子は常に振動の状態に在る。booster の勵磁捲線を短絡する接觸片は *c* で *c* の固定された lever の位置は案内捲線 *a, a* の作用を蒙り、*a a* は電圧を調整す可き line を

第二百八圖

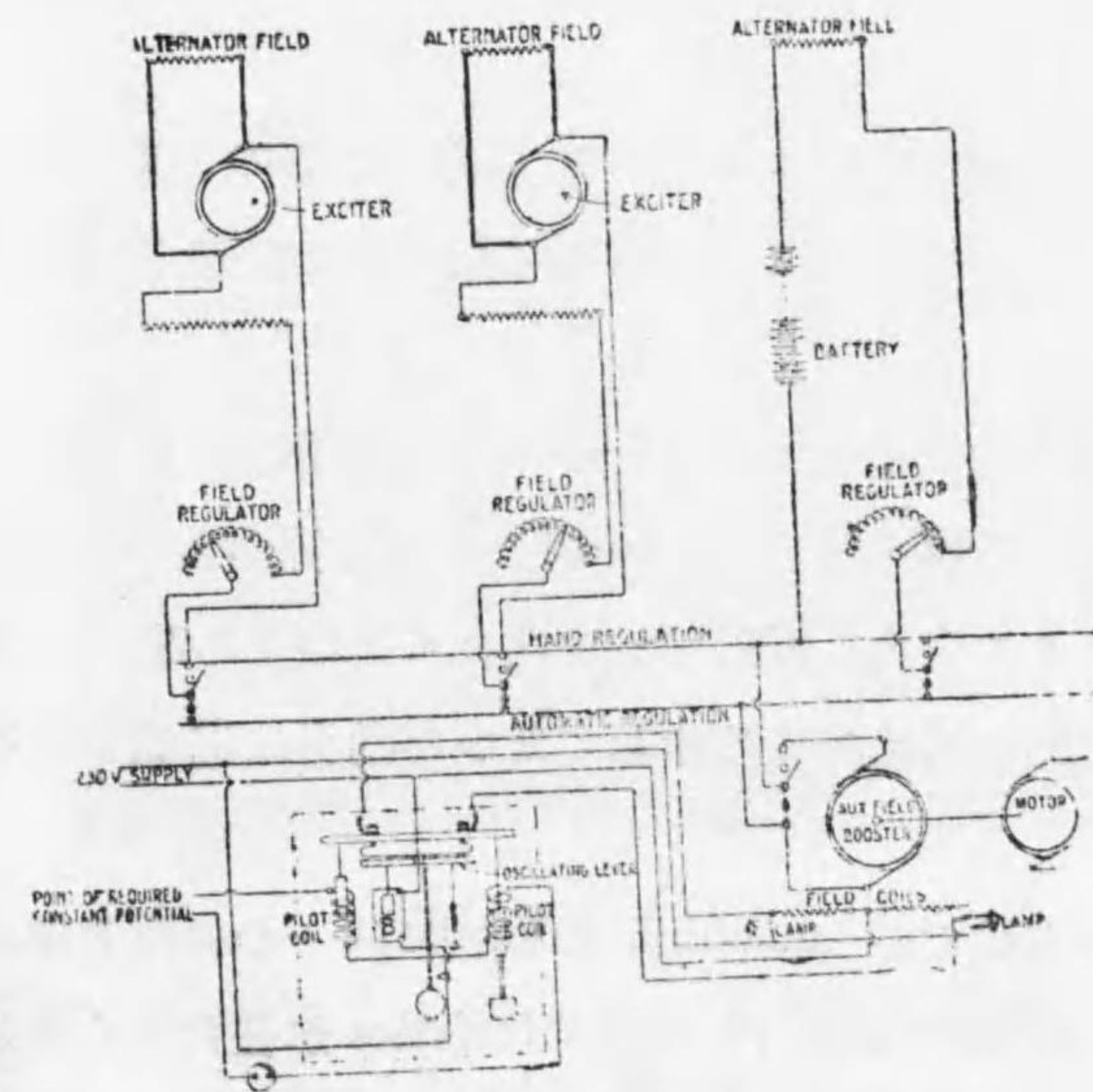


Taylor-scotson の自動調整器

跨いで結ばれて居る。若し此の lever が水平の位置に在る時は booster の各勵磁捲線の短絡される時間は相等しい、即ち何等昇壓又は降壓は起らず電圧は一定に保たれて居る。然し若し電圧が下降したとすれば *a a* のコイルの動きにより lever は一方に傾き、*c* によりて booster の勵磁捲線の各半が短絡される時、降壓を助ける方の捲線が長く短絡されて居る事になりかくて發電機は規定の電圧を回復するに至る。

第二百八圖には保安コイルが示してある。若し何かの原因で

第二百九圖



Taylor-scotson の自動調整器

數臺の交流發電機を調整する場合の接続

——例へば短絡が起つた時の如く——電圧が一時或る範圍以下に下降した時には保安コイルによりて引かれて居た鐵片がスプ



リングの力によりて戻り booster の全勵磁捲線を短絡し調整器の作用を停止してしまふ。

Taylor-scotson の調整器に於ては machine の抵抗器は出来るだけ平均荷重に對する位置に置くを要す。即ち之れを去りたる時にも高き電壓とならず凡そ規定電壓と大差なき値に止まらしむ。

Tirrill 調整器の製造者も此の非常の場合の保安装置として多少類似の方法を採つて居る。即ちリレー回線を破りて調整器を除去し磁界抵抗器の或る點に接続して電壓の昇騰を防いで居る。

**第二百九圖**は Taylor scotson 自動調整器の尤も興味ある用途を示したもので並列に結ばれたる數臺の交流機を調整する場合なり。

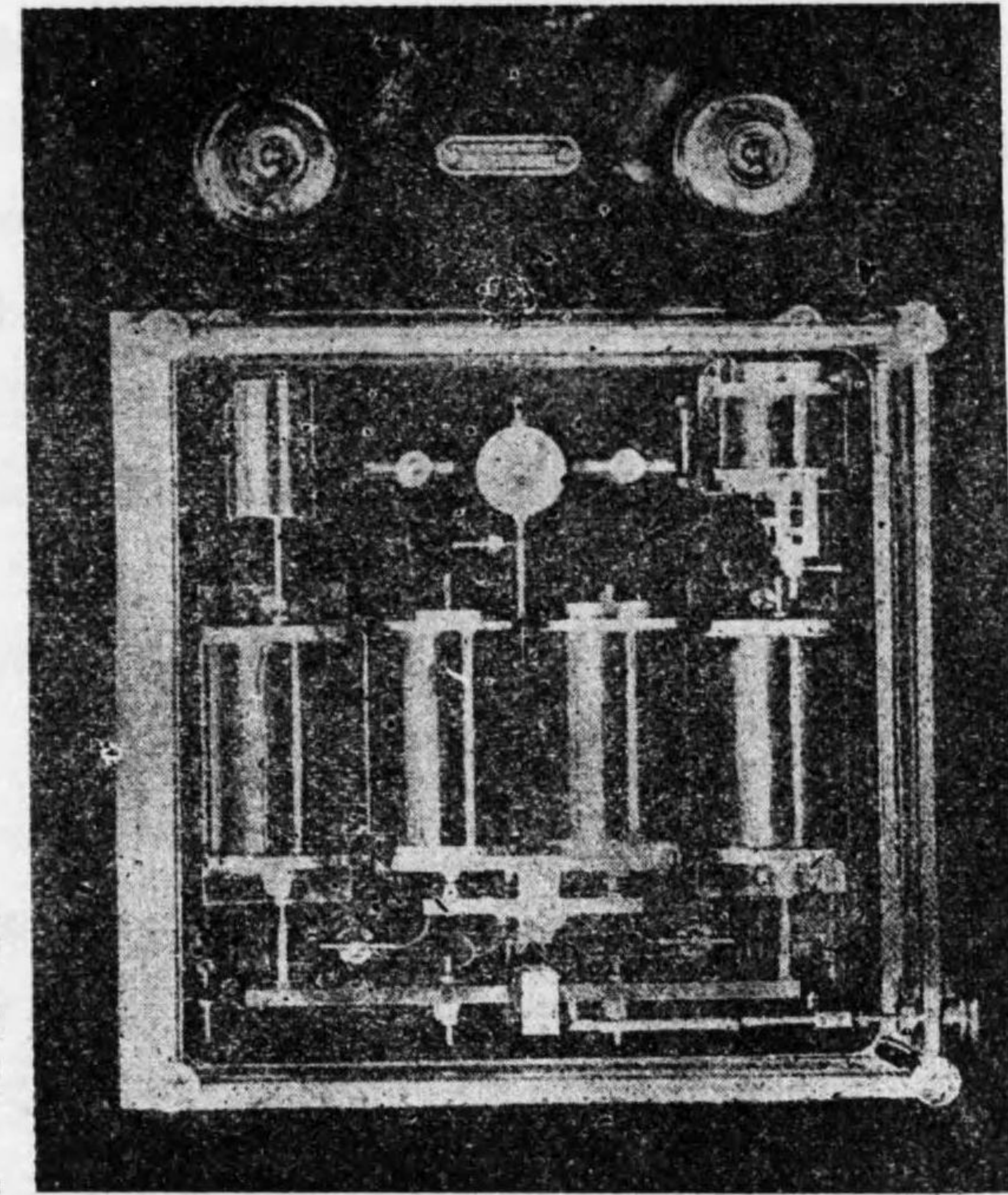
各獨立の勵磁機を有する場合のみならず勵磁機を有せざるものをも調整する事が出来る。一組の昇壓母線があつて單極切替開閉器によりて自由に勵磁回線を之れに接続する事が出来る。之等の切替開閉器は圖には示してないが通常放電抵抗を有して居る。

勿論此の方法で各 machine の勵磁に同一の昇壓を與ふる事が出来る。各 machine の characteristics が甚だしく異なる場合には荷重を一様に分配し wattless current の流通を防ぐに充分でないかも知れぬが、同時に普通の shunt regulator をも使用する事が出来るのであるから之れによつて荷重を平等に分配する事が出来る。**第二百九圖**に示した装置は尤も簡單で數臺

の並列に運轉されて居る machine を同時に調整せんとするには尤も經濟な優秀な方法である。

理論上之れは數臺の並列に運轉されて居る machine の各勵

第 二 百 十 圖



Taylor-scotson の自動調整器

磁機の磁界抵抗を多くのリレーにより一個の振動接觸の自動調整器によりて短絡する——即ち tirrill regulator の装置と同様である。理論上各 machine に別々の調整器を使用する場合程よい結果は得られないが此の方法は Taylor scotson 式に比して頗る費用を要す。motor booster に要する費用は極く僅少で



3 臺の 1,000 K.W. exhaust steam turbine を調整するに booster をまはす motor は僅か  $1\frac{1}{4}$  H.P. 1500 r.p.m. のもので足る。此の場合 booster は常規勵磁電壓 200 ヴォルトと對して何れの方にも 120 ヴォルトの昇壓を行ふ事が出来る。斯く急激に 120 ヴォルトの變化を與ふれば振動接觸式と同様の overshooting の効果を與ふる事が出来る。

Taylor Scotson 式では餘分の machine (即ち booster) を有して居るから必ずや Tirrill や Olmsted 式よりも作用が鈍いと考へられるであらふ。然し booster を作るに特別な注意を拂へば荷重の變化の範圍大なる場合にも極めて迅速な結果が得られる。

### 抵抗器型自動調整器

此の式の自動調整器に多極開閉器があり其の移動接觸片は自動的に移動して電壓を調整するに必要な抵抗を切つたり入れたりののである。又制動用ソレノイドを有し此のソレノイドは或る場合には直接に抵抗器の移動接觸片を動かす事があるが多くの場合には小電動機の運轉を司り以て移動接觸片を動かさしむ。

抵抗器型の自動調整器にありては振動接觸型の如く overshooting の現象を與ふる事を得ざるは明かである。即ち若し供給電壓に變化が起り勵磁回線に例へば E なる餘分の電壓を加ふる必要が起つたとすれば、此の調整器に於ては單に此の E

の電壓を加ふる様に作用し、振動接觸型の如く短時間の間 E より甚だ大なる電壓を加ふる様な作用を與ふる事が出来ぬ。之れは急激な調整には尤も重要な事である。唯後に述ぶる brown-boveri の抵抗器型自動調整器に於ては極めて巧妙な方法で overshooting の作用を與へて居る。

#### Thury 調整器

此調整器は可なり廣く用ひられて居る、特に歐洲大陸に於て。 overshooting の作用を有して居らないから最近の調整器に比し作用が遅鈍である従つて急激に變化する荷重例へば電燈と電力とを同一の母線から供給して居る場合等の調整器としては不適當である。

第二百十二圖は簡単な接続圖である (Morrison, the Electrician, 1913 p. 860 Vol. LXXI) M なる電動機は常に廻轉しクランクによりて lever を振動させる。lever には I, I' の爪がありスパーホキールに咬み合ひ、此の車に調整器のアームが固定されて居る。lever は通常一分間に 150 回の振動をなし接觸片 C は供給電壓の變化に基き上下運動す。

C の運轉につれて K 又は K' に引懸り爪によりて抵抗器のアームを動かす。電壓が常規の値に在る際は C は KK' の何れにも懸らず抵抗器のアームは動かない。

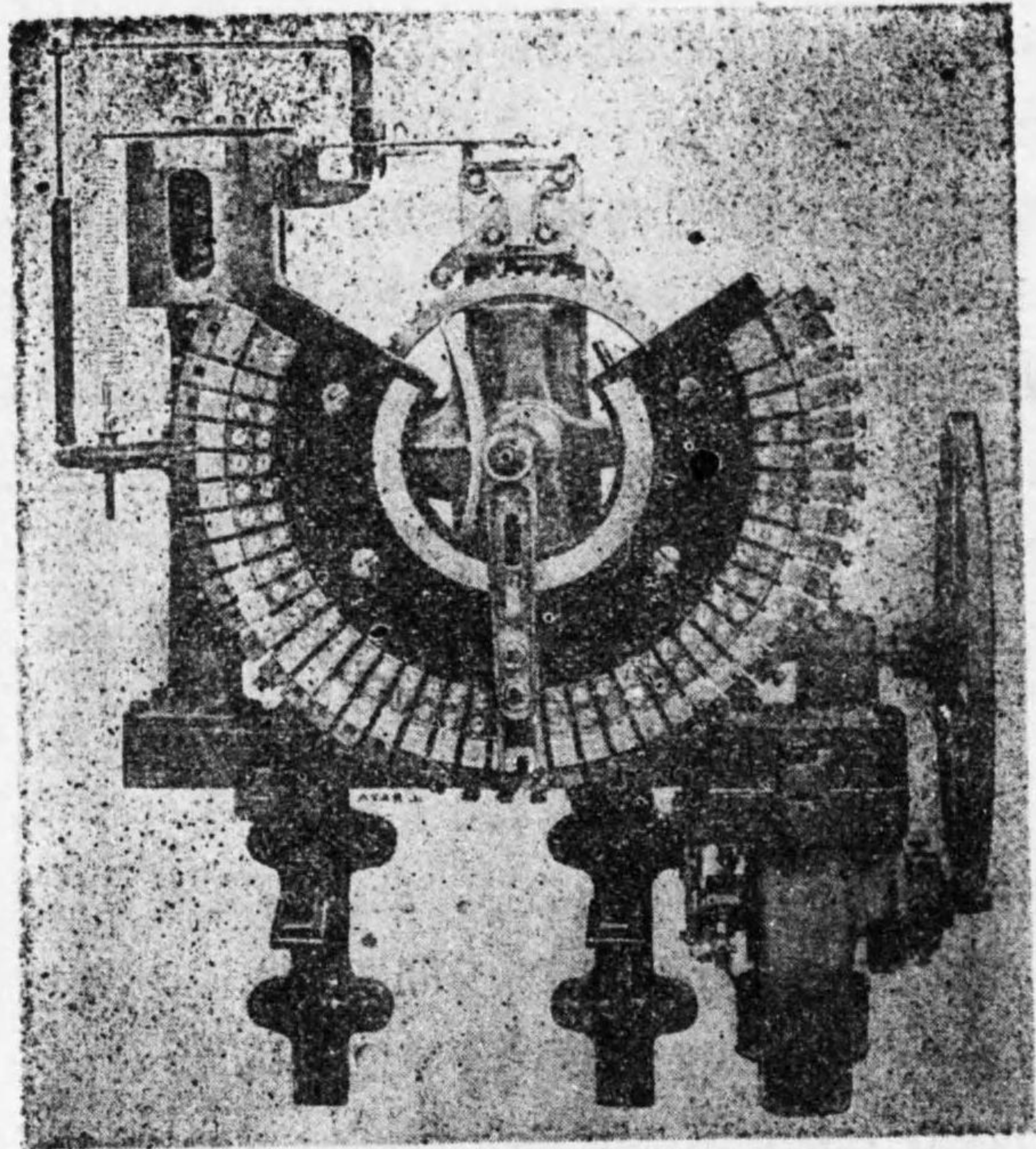
作用の速度は通常調整開閉器のアームが 16 秒間に全體を移動する様になつて居る。或る場合には此の速度は猶増加され得る。最近の Thury 調整器に於ては振動の回數は一分間 560 回となり調整器の接觸點は一秒間に九箇の割合より少し多くなつ



て居る。然し兎に角如何なる場合でも振動型のものに比較すれば作用の速度は頗る遅いのである。

然し**第二百十一圖**でも解る通り他の調整器に比較して頗る堅

第二百十一圖



(Thurey の自動調整器)

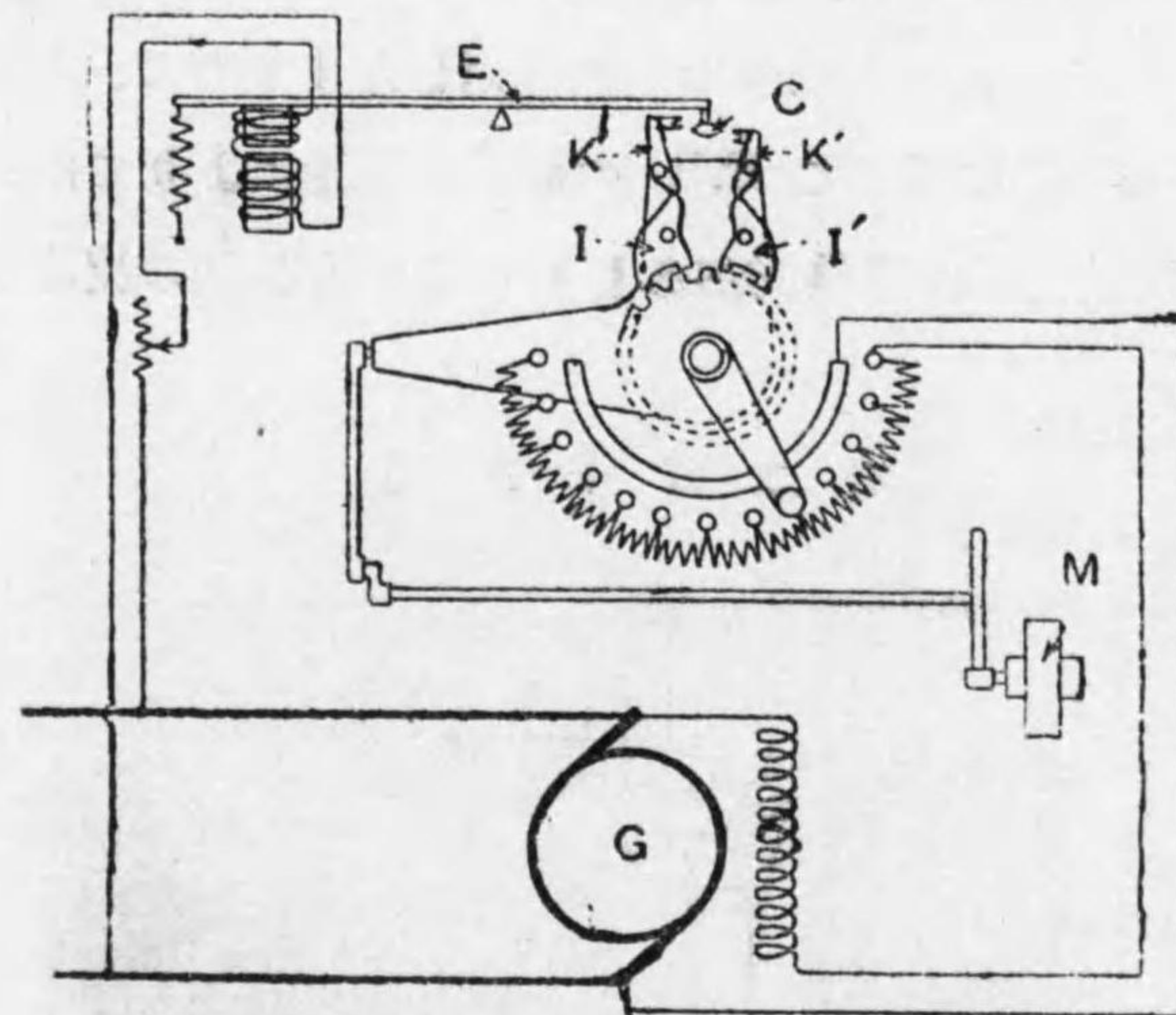
牢に出来て居り、猶他の特點としては齒車の齒によりて順次正しき運動が得られ決して開閉器のアームが二つの接觸に跨いだまゝ止まる事はない。

ハンチングを防ぐ Thury の調整装置

之れは selfinduction を有する電氣機械を調整する場合に起

るハンチングを防ぐ爲め Thury の調整器に組み合はされた装置で**第二百十三圖**に示されて居る。

第二百十二圖



(Thurey 自動調整器の作用を示す接続圖)

調整抵抗器のアームをまはす H なる齒車の軸の小齒車と M なる扇形齒車とが咬み合ひ、M は lever になつて居り N なる制動壺を通じて O なる平たいスプリングに結ばれて居る。調整器の調和は A,R なるスプリングを變じて行はれ A は e, e' なるナツトによつて調整する事が出来る。ee' は固定された支柱に取り付けられ居り M の lever には關係がない。

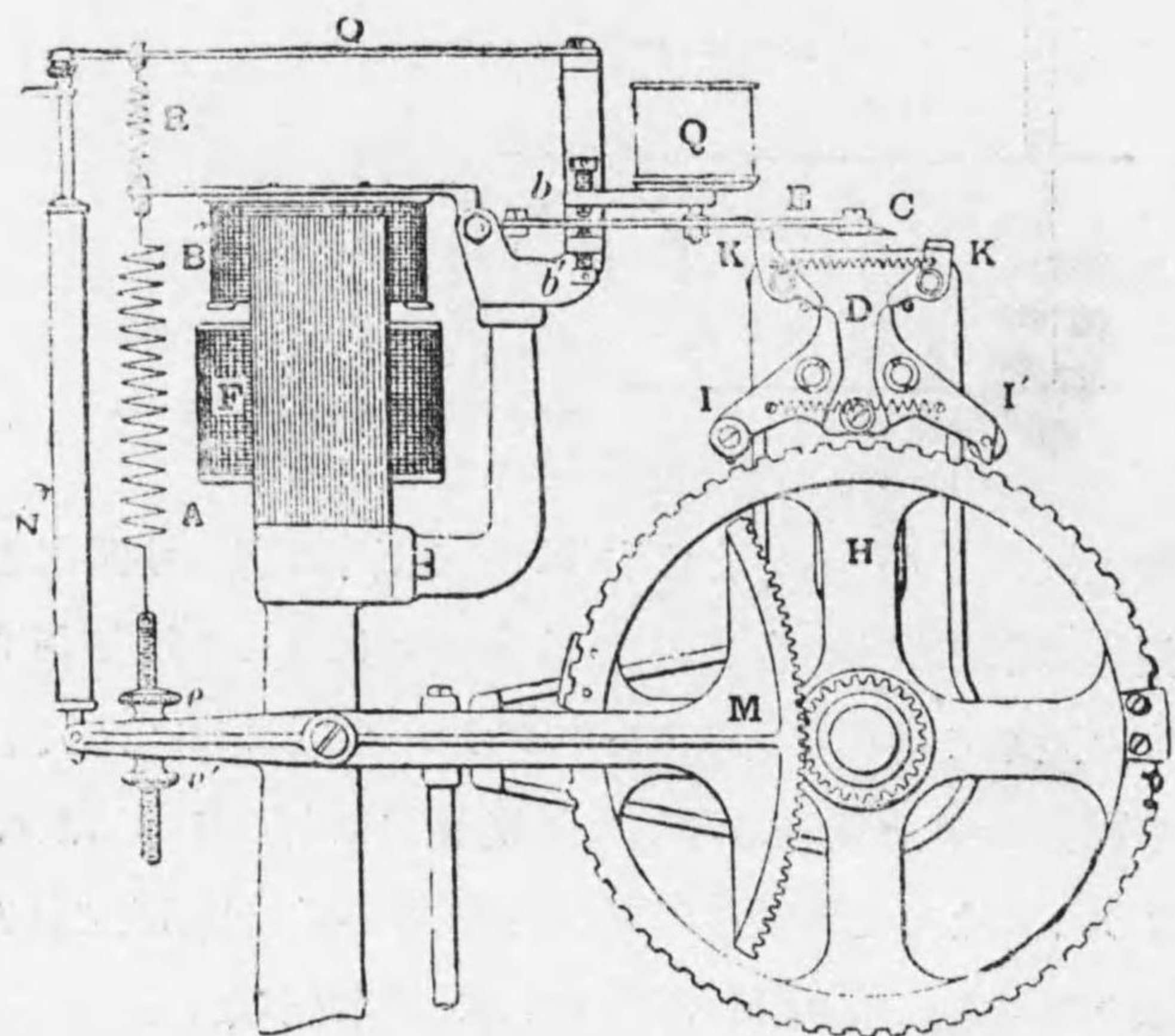
電壓の變化が起つたとすれば B のコイルは E に対して上方に押し上げられ之れによりて H,M が動く。

初めの間には N は固體の接續桿として作用し O なるスプリングが曲げられる、従て R の張力に變化を及ぼし B のコイル



は直ちに其の釣合の状態に復し H があまり動き過ぎない様にする。制動壺 N は漸く動き O を水平の位置に戻しすべてを次の電圧の變化が起るまで變へずに置く。即ち N, 及び O は H をあまり多く動かぬ爲めの制動作用をなすもので、之がなければ I 及び I' を通じて F.B の直接の作用によりてのみ止められる。制動壺には調整瓣があり依て之を通る油の流速度を加減する。

第二百十三圖

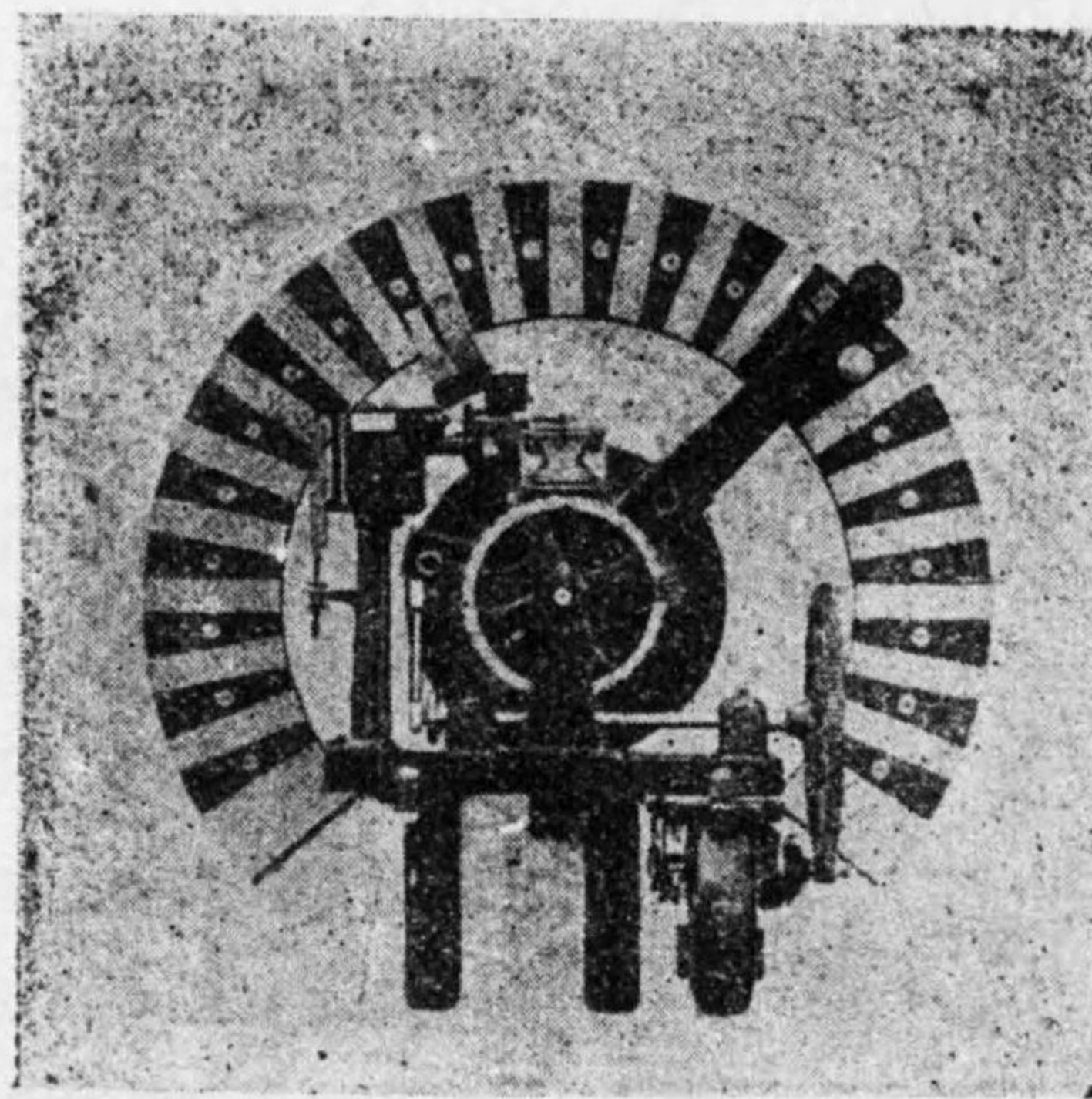


Geneva H. Cuenord Construction Works で製造する  
Thury の交流調整器の制御機構

Thury の自動調整器は廣い用途が有し特に大なる電流を扱ふに便利である。C と K 又は K' との間に (第二百十三圖) 費

される力は僅かに一オンス位であるにかゝらず此の調整器で數百アンペアの電流調整し得る事は著しい點で第二百十四圖に示せるは 500 アンペアの蓄電池用調整器である。此の調整器は充電用として手動開閉器アームがあり、放電を調整する爲めに自動開閉器がある。

第二百十四圖



500 アンペア battery switch を動かす  
Thury の自動調整器  
二個の Switch arm を有し一は手動で充  
電を調整し他は自動的で放電を調整する  
す。

Thury regulator は猶電氣爐の自動調整に澤山使用されて居る。實際 Thury regulator は普通の regulator が概ね單に發電機の電壓の調整に用ひらるゝに反し、其の他の特別な場合に用ひられる事多く發電機電壓の調整に對しては前述の如く鋭敏に動くを要す。

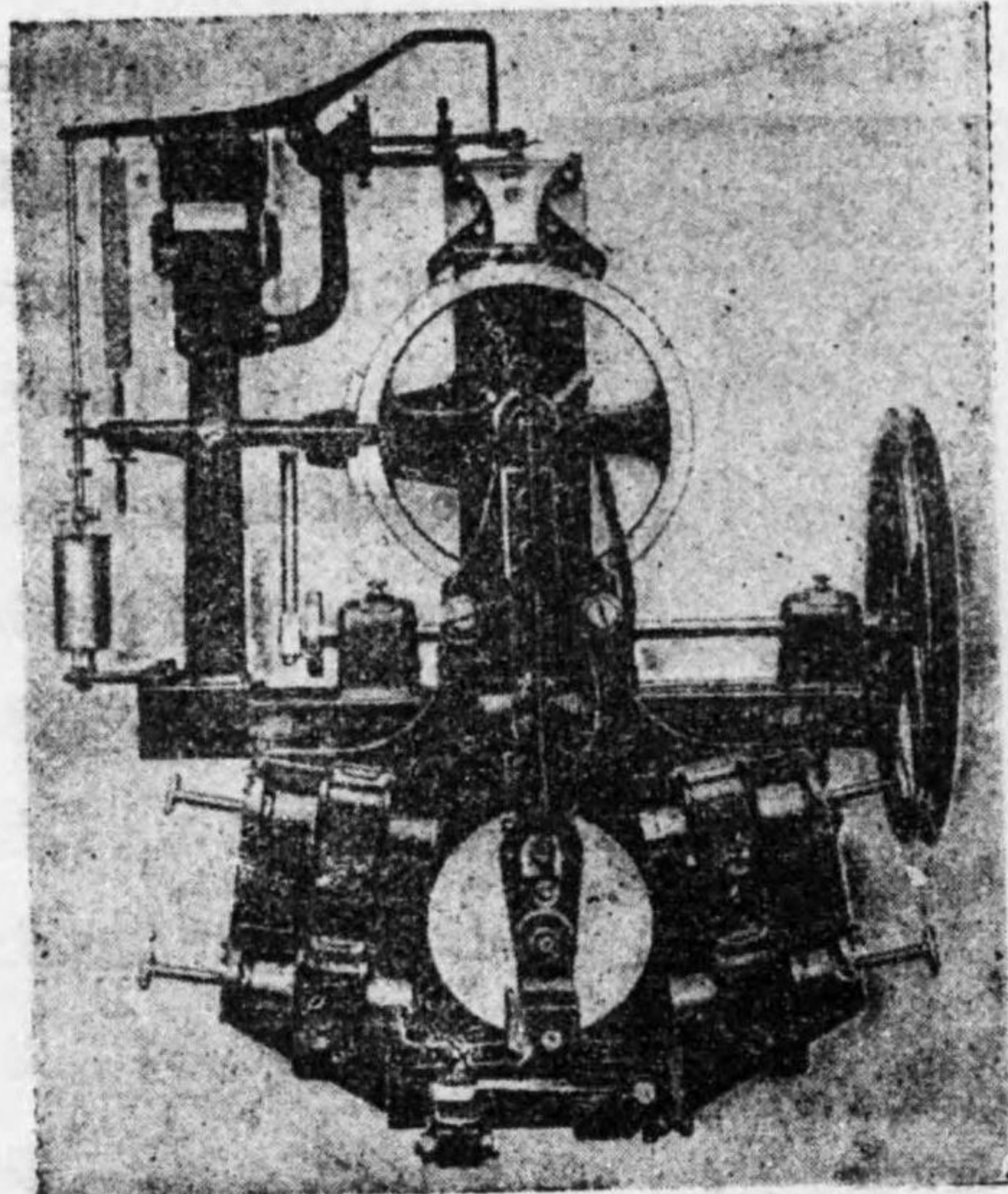
第二百十五圖は四接點 Thury regulator で電氣爐に使用されるものなり。垂直の lever は regulator の作用によりて前後に動き圖に示せる四箇の炭素接觸片と接觸したり離れたりする。依て電氣爐内の電極の位置を變ずるウインチを動かす電動機を始動し、靜止せしめ又は逆廻轉をなさしむ。



## Thury の高速度調整器

最近 central station の要求に應ずる爲め高速度の Thury regulator の發達を見たり。一般に此の regulator は勵磁機の磁界でなく、交流機の磁界に使用され其の shaft を長くして

第二百十五圖



電氣爐を制御する四接點 Thury regulator 並列に運轉されて居る數臺の交流機磁界抵抗器を同時に controll する様に裝置されて居る。各發電機の特性が相似であれば斯様な調整を行つても勿論無作用電流 (wattless current) は流れない。大なる荷重の變化があつても此の高速度調整器によれば唯一二秒間電壓の微動を生ずるのみであると云はれて居る。試験の結果によれば全荷重を直ちに遮斷した場合に生ずる電壓の變動は僅かに 12.2 パーセント (凡そ一秒間位にして回復す) 位で、又荷重を形成してをる等期電動機の磁界抵抗器を急激に變じて  $\frac{1}{2}$  荷重から全荷重に變化した場合に起る電壓の變動は 3 パーセントに過ぎない。然し之等の結果は好結果であるとは云ひ難ひ。

高速度調整器の調整開閉器のアームは壓力のある油によりて

動かされる。即ち滑瓣の作用により油はシリンダー中をまはる板の一侧により他に導かれ此の板の軸に開閉器のアームが付いて居る。

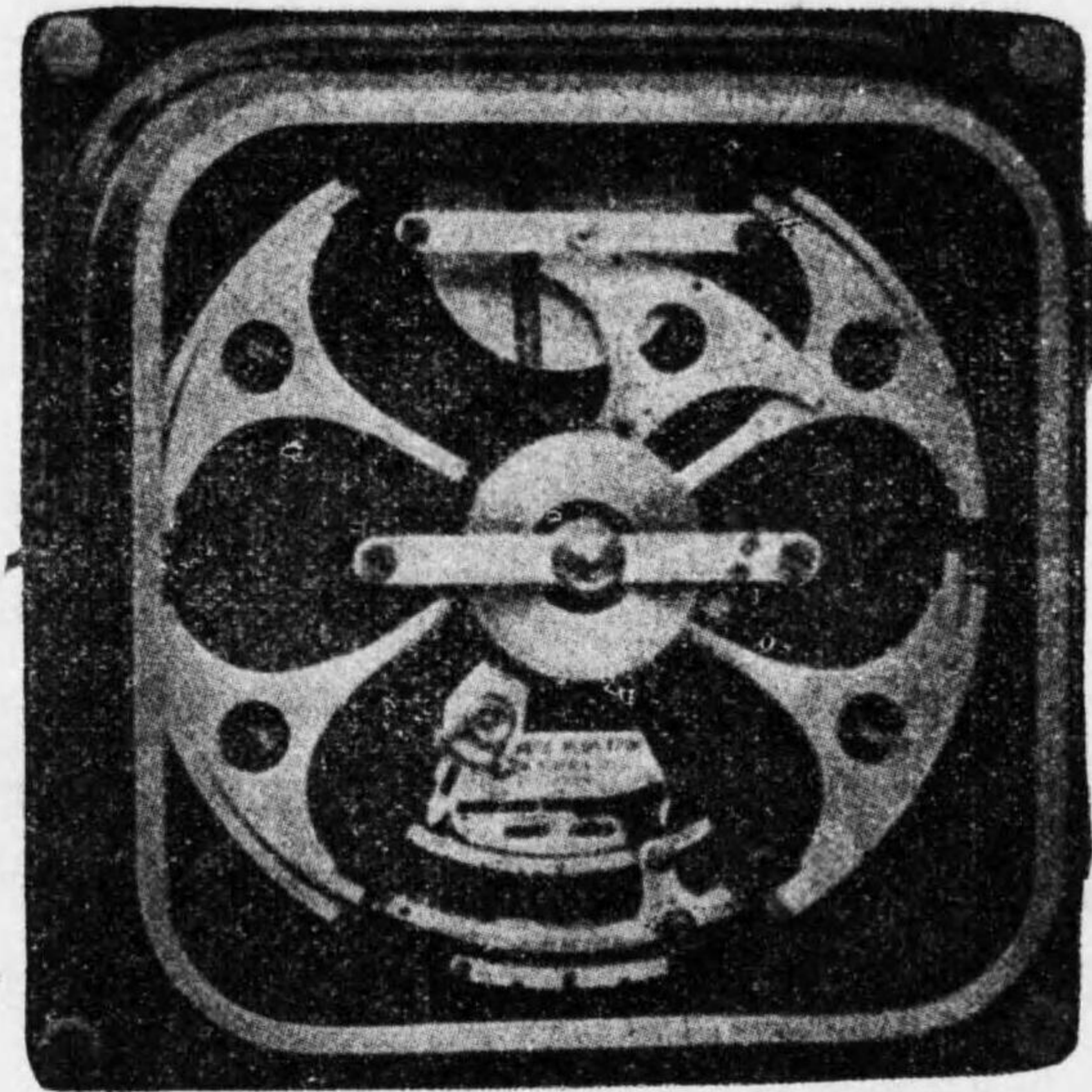
滑瓣は電磁平衡器の可撓桿の一端に取りつけられ其の他端には反對のスプリング及び可動電磁石が取り付けられて居る。此の電磁石は強力な磁石の磁界内にあり。

調整さる可き電流の各値は電磁平衡器の釣合の状態に在るを要し、此の位置では板の一侧から他に油の流動する事が止み従て開閉器アームが靜止の抵抗の變化が止むのである。普通の Thury regulator に使用されると同様な(第二百十三圖の如き)調整裝置が使用される。此の調整作用を加減する特別な裝置を附せば開閉器アームを動かす場合に正に止まる可き位置を通り越して少しく先に進み後振動なく正常な位置に復せしむる様になす事が出来る。斯くして早く勵磁電流を變化するを得べく換言すれば over shooting の作用を與ふる事が出来る。

## Brown-Boveri の自動電壓調整器

Brown-Boveri の自動調整器は第二百十六圖に示された様なもので勵磁機又は發電機に分捲回線に抵抗を入れる様に動くもので、非常に巧妙な方法で摺動接觸部の摩擦は運動部分の方を扇形となし抵抗器の接觸片の上を廻轉せしめて減少せしめて居る。此の構造によれば可動部を輕快に作る事が出来鋭敏な作用が得られる。猶此の調整器には over shooting をなす裝置を有し急速な調整が得られる。抵抗器型調整器中此の性質を有して居るものは著者の知つて居る範圍内では此の Brown-Boveri





Brown-Boveri の自動電圧調整器

の調整器のみである。

従て Brown-Boveri の自動調整器の作用は前述の振動接觸型のものに近い。Wolverhampton で Brown-Boveri の調整器と Tirrill 調整器との比較の講演をなした Soawfield 氏の説によれば Tirrill 調整器では 1% の電圧変化となり Brown-Boveri では 1% より少しく多いが然も 1.5% 以内にある、(“proceeding” Intercorporated Municipal Elec. Association, 1912. page, 192 参照)、猶 Brown-Boveri の調整器は振動接觸の調整器の如く接觸部が互に固著して供給電圧に非常な電圧變動を與ふるが如き危険はないと稱せられて居る。振動接觸の

調整器には一般に接觸部は銀で作られて居るが低電圧の勵磁機の場合には British Thomson-Houston Co. では屢々白金を使用して居る。

第二百十七圖は交流機用の Brown-Boveri 調整器を示す。

運轉法は中央に電磁石  $e$  があり之れは小なる squirrel cage の電動機の stator をなし其の rotor は  $e$  なるアルミニウムの圓筒である。 $e$  の磁極には  $aa, bb$  なるコイルがまかれ  $bb$  と直列に  $\omega$  なる抵抗がある爲め  $aa, bb$  に通る電流の位相はずれて居る。 $e$  の rotor に及ぼされる廻轉力は調整す可き線路の電圧より受け別に  $e$  の如何なる位置に於ても張力が一様に保たれる様に装置したスプリングによりて反對の力を受けて居る。rotor  $e$  の運動は扇形  $s$  に傳はり  $s$  は  $k$  なる銀製の接觸片の上を摺動す。 $r$  なるウオームをまはせば  $e$  を引くスプリングの力を調整する事が出来従て供給電圧の調整が出来る。

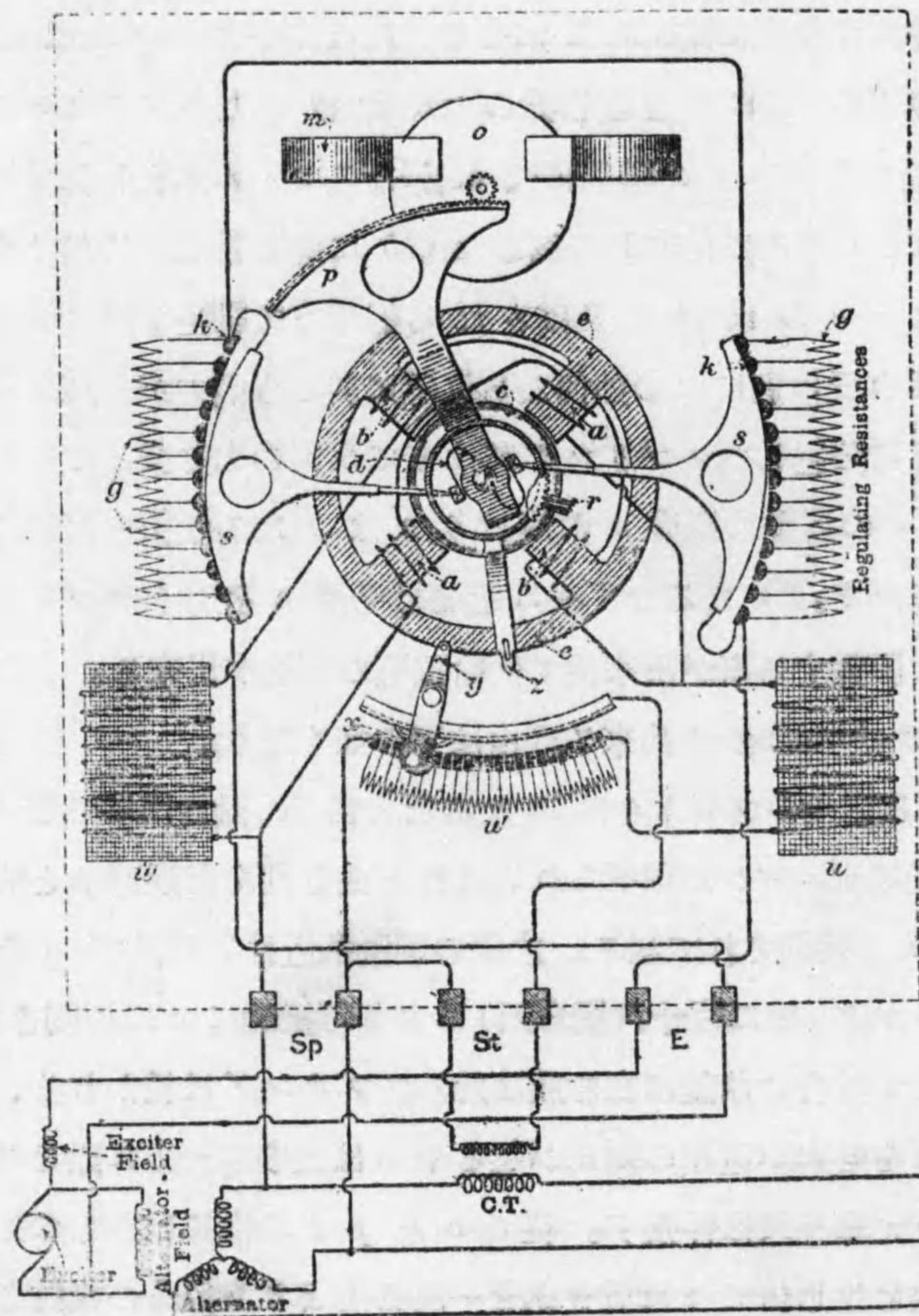
over shooting の出来る理由は下の如くなり。

$O$  なる圓板のブレキは  $m$  なる永久磁石の磁極内にてまはり其の軸にピニオンが附せられ、之れと齒を刻んだ扇形  $p$  と咬み合ひ  $e$  に接觸されて居る。之等の制動装置は圓筒及び  $q$  なるスプリング(第二百十八圖参照)により可撓的に  $e$  に接觸さる。すべてが釣合の状態に在る間は此のスプリングは捲かれも、ほどされもせぬが電圧の變化が起るや  $e$  は直ちに一方に動きスプリングを壓縮又は伸張す。従て  $e$  と  $p$  との間には少しの始動の相違を生じ依て  $e$  は動き過ぎ一時必要よりも餘分の抵抗を短絡し(或は電路に入れ)後適當な位置に復す。即ち振動接觸の



調整器に於ける如く供給電圧に所要の變化を起すに必要な値よりも一層大なる勵磁電壓を如へる事が出来る。

第 二 百 十 七 圖

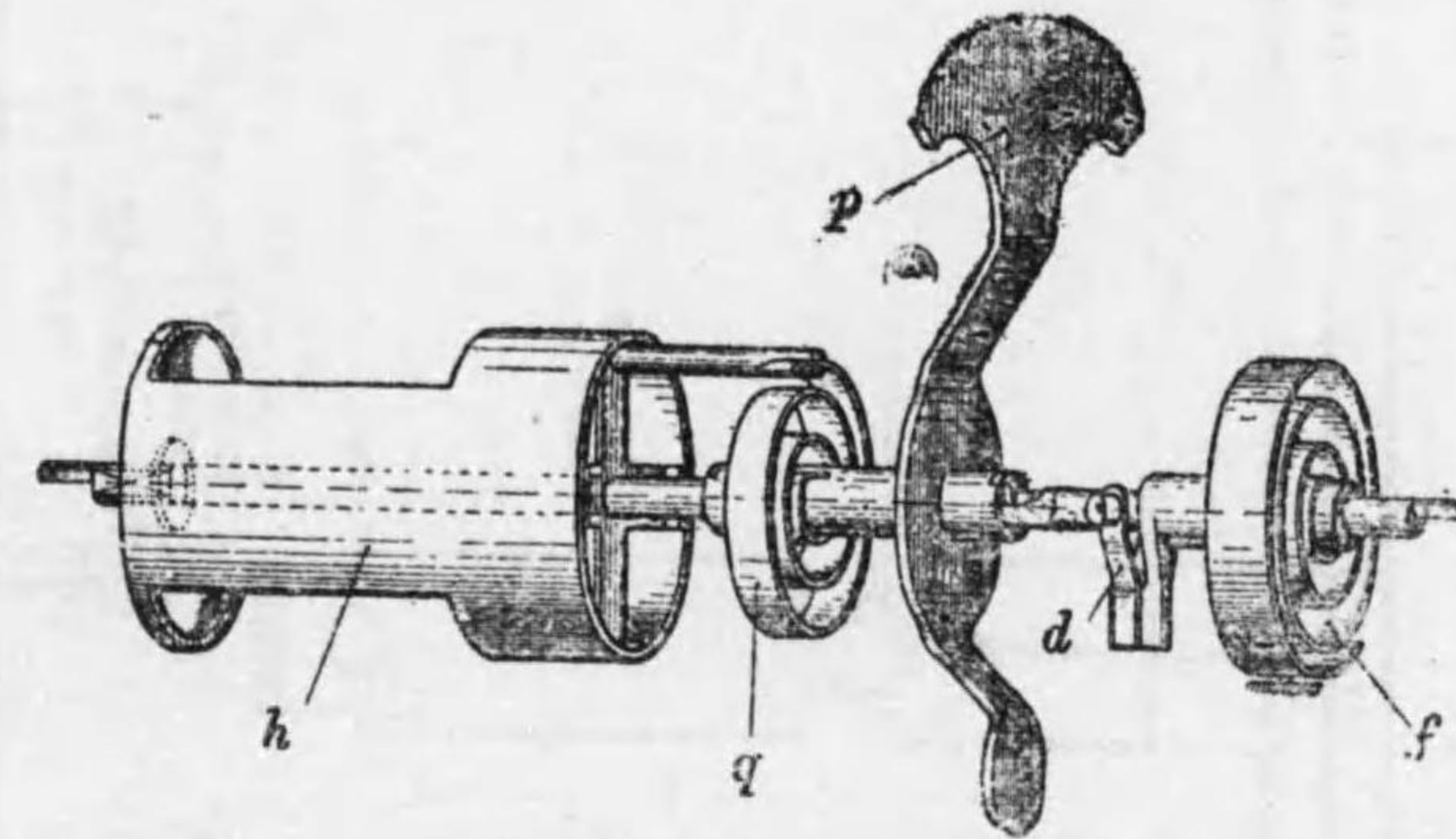


交流 Brown-Boveri 自動調整器の接続

通常可動接觸の一振動毎に全部又は大部分の抵抗を短絡する古い型では此の作用を適用する事は出来ないのである。而も之を巧みに使用した事はやがて Brown-Boveri 型の調整器が他の抵抗器型の調整器に比し一頭地を抜いて居る點で、設計者や製造家の大いに名譽とする處ろであらねばならぬ。

$u'$  なる抵抗 (第二百十七圖参照) が電磁石捲線に直列に結ばれて居るが之れは調整器をして溫度及び周波數の變化に無關係ならしむる爲めである。

第 二 百 十 八 圖



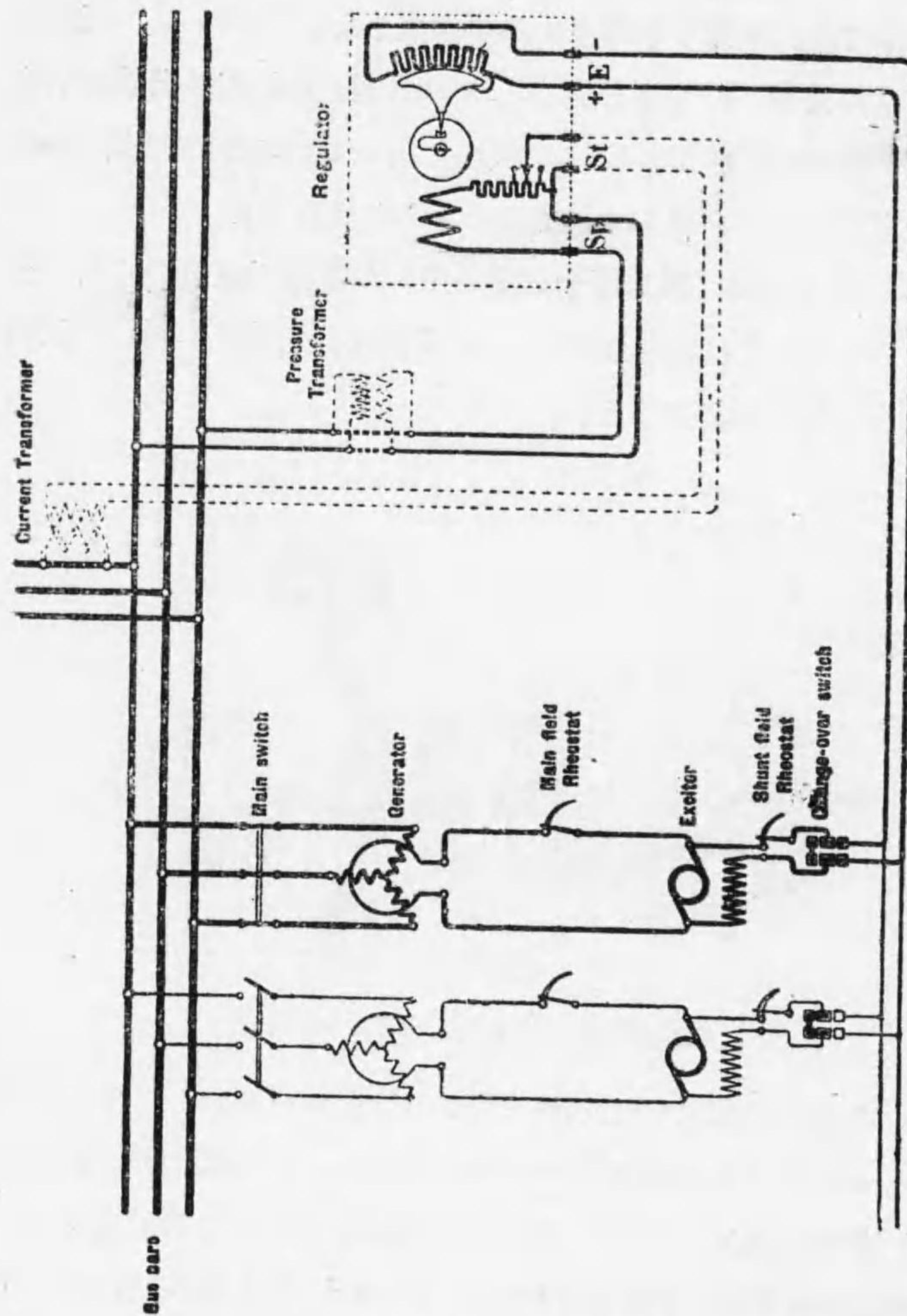
直流 Brown-Boveri 調整器の運動部

$u'$  の抵抗の値は變化し得べく、 $st$  はカーレントトランスフォーマーの二次線用のターミナルである。之れによりて使用電壓を規定の値より 15 % 高め、又荷重を増大する事が出来る。

第二百十八圖は直流の Brown-Boveri 調整器の運動部を示し、 $h$  のコイルは電磁石捲線と直列に結ばら其の磁界内にて廻轉する。電磁石捲線は二部より成り主要捲線は電壓を調整す可

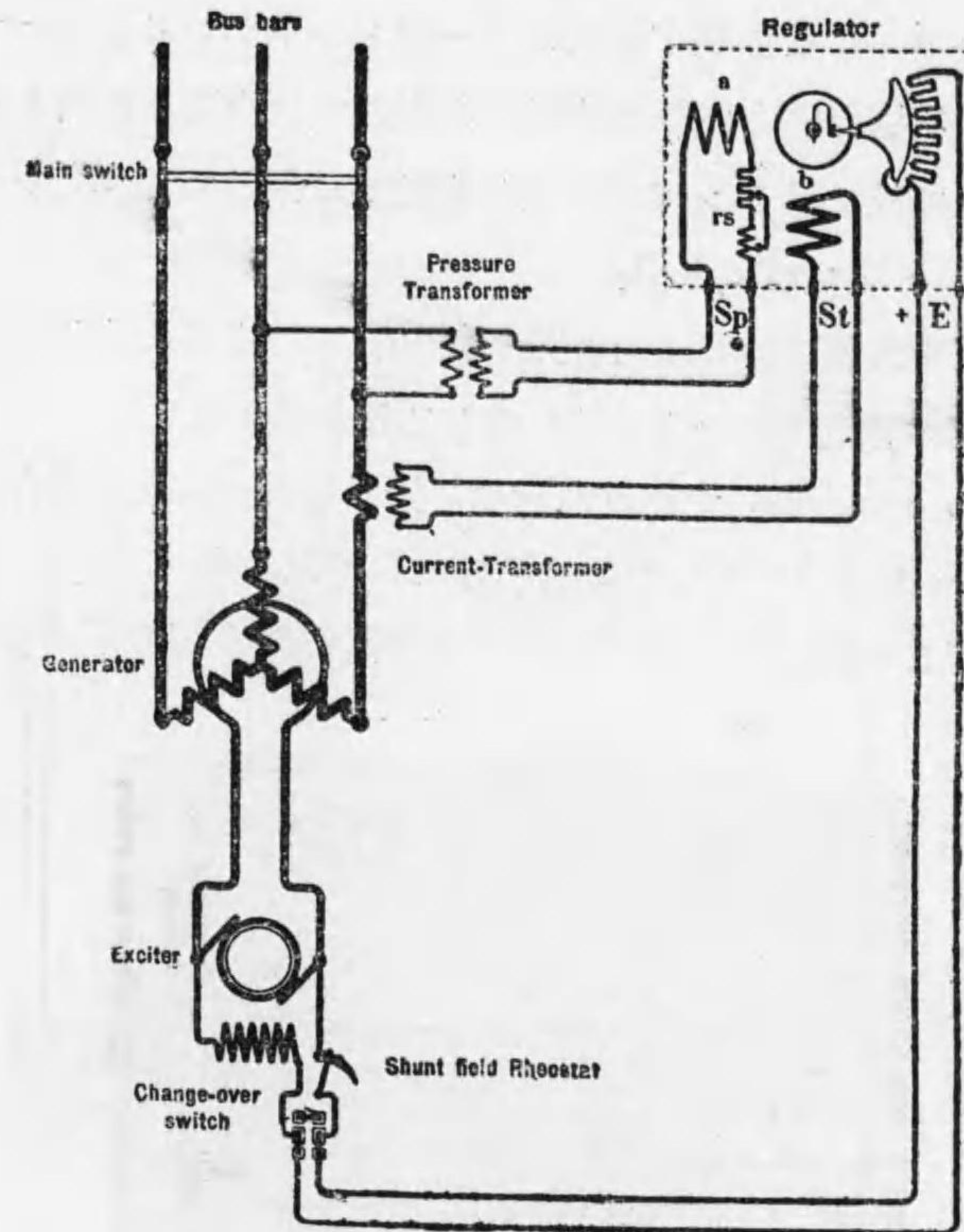


第二百十九圖



直結勵磁機を有する數基の交流機用の  
Brown-Boveri 調整器の接続

第二百二十圖



力率を一定に保つ爲めに使用された  
Brown-Boveri 調整器

き線路を跨ぎて結ばれ他の compound winding は主要電壓捲線と反対方向に捲かれて居る。

第二百十九圖は直結勵磁機を有する數基の交流機用の Brown-Boveri 調整器の接続を示す。電壓が高い場合には小なる調整器には 250 ワットの、大なる調整器には 400 ワットのポテ



ンシアルトランスフォーマーを用ふ。

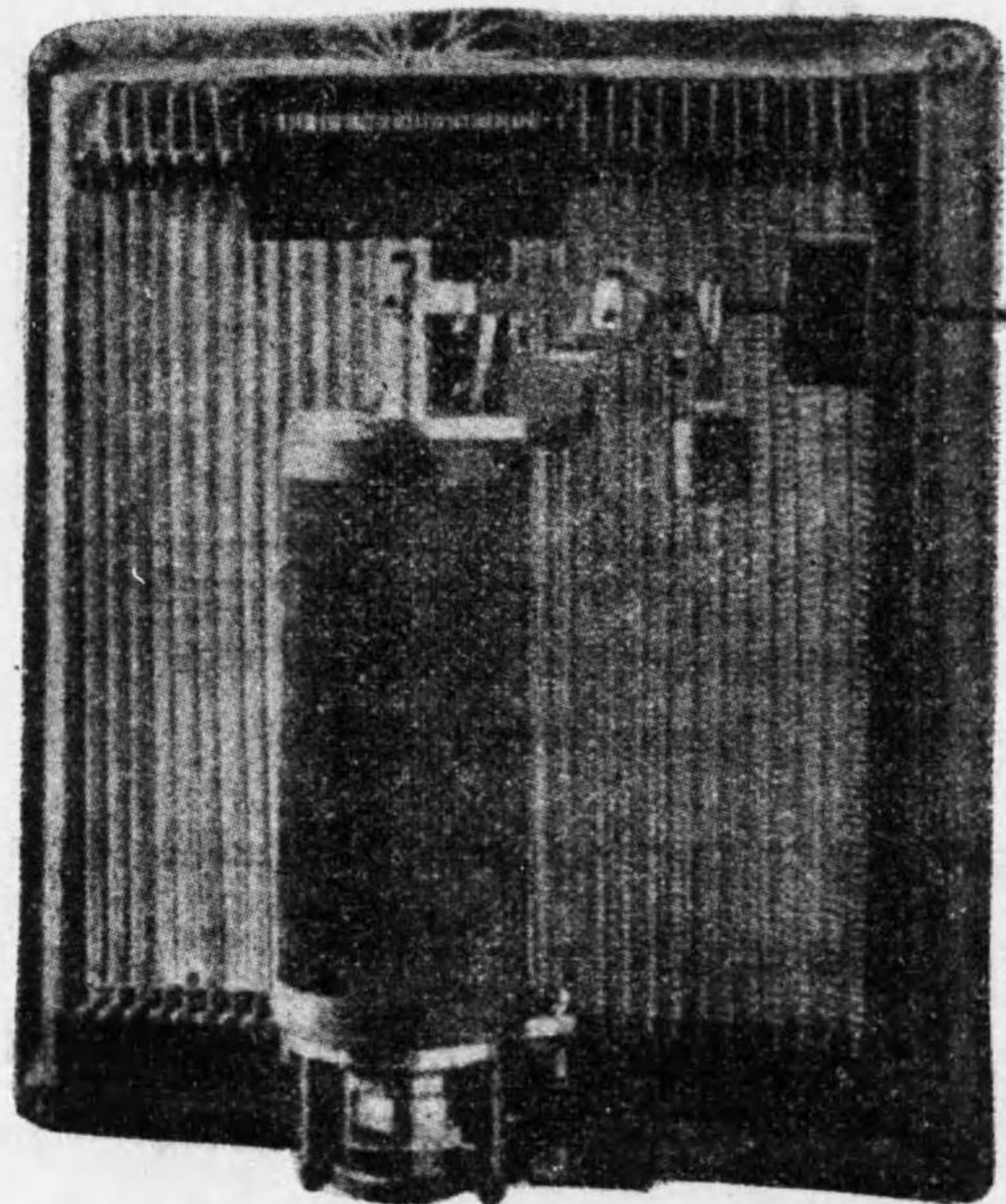
線路の drop を調整する爲めカーレントトランスフォーマーを使用する場合には小なる調整器に対しては全荷重に於て 50 ヴォルトに於て 1 アンペア大なる調整器に対しては 25 ヴォルトに於て 5 アンペアとす。

第二百十九圖に於ては切替開閉器が示してある、之れは調整器を何れの發電機にでも接続し得しめむが爲めなり。

一臺の machine で荷重の變化を扱ふ事が出来ない場合には regulator は各 machine 毎に装置せねばならぬ。

第二百二十圖は Brown-Boveri 調整器の面白い應用で他の發

第二百二十一圖

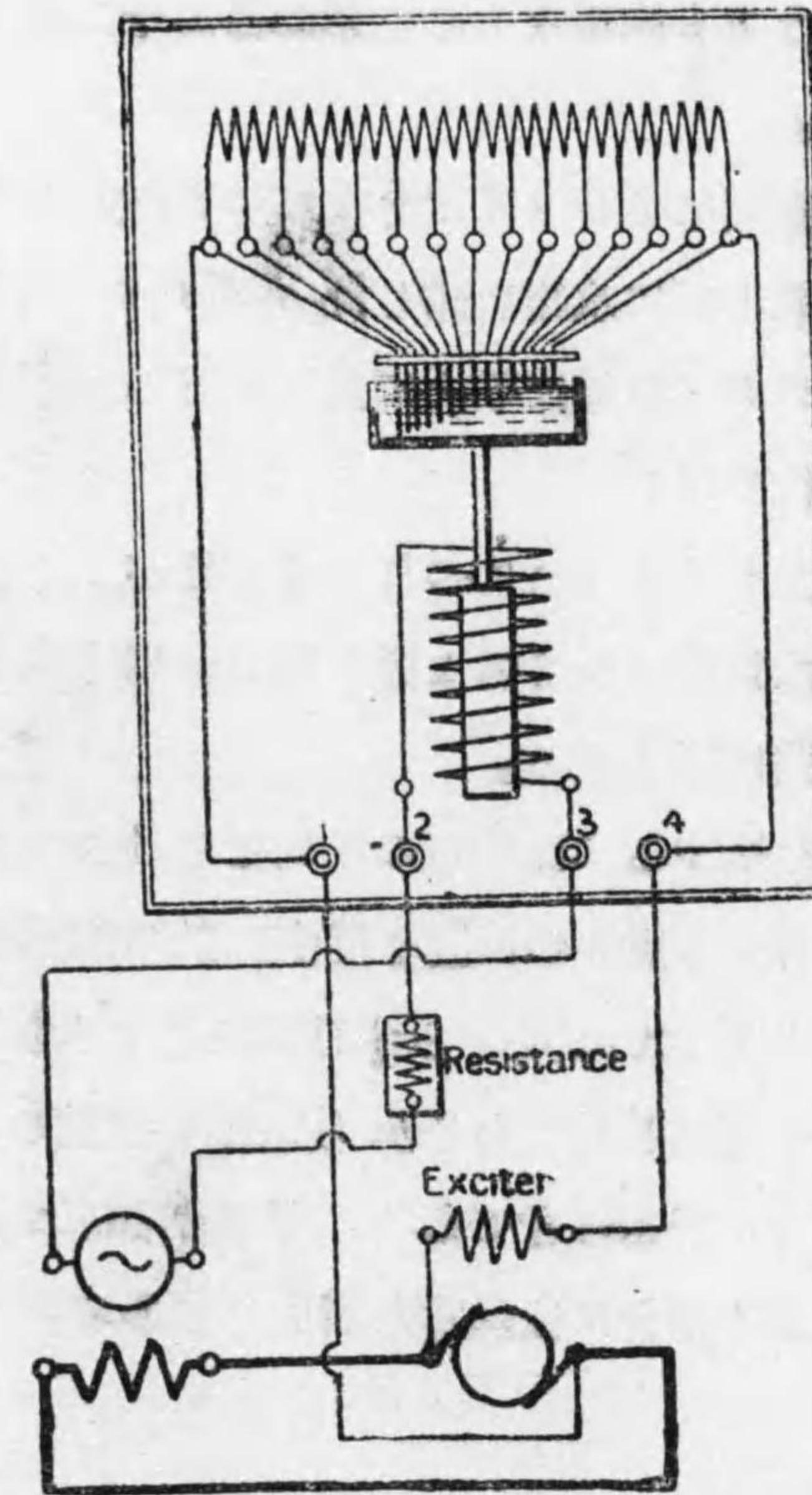


Unien Elec. Co.の抵抗器型自動電壓調整器

電機と並列に動いて居る交流機の力率が一定に保たれる。

此の場合には rotor の廻轉に反對するスプリングの力は其の回線の電壓と代り、*a* 及び *b* の二つの捲線の電流が同一位相に

第二百二十二圖



Fortiter の自動電壓調整器の接続

在る時、即ちトルクが零なる時調整器は釣合の状態を保つ。

一方の捲線の電流の位相が後れるか進むかすれば可動部は動



いて勵磁を變化し再び釣合の状態に復す即ち力率が一定に保たれる。變化し得べき抵抗  $r_s$  により調整すべき位相の差を手で加減する事が出来る。

### Union Elec. Co. の自動調整器 (Fortiter)

此の調整器は尤も簡單なもので**第二百二十二圖**は其の構造及び作用を示す。

交流機の兩線間にソレノイドを結び中に鐵心がある。鐵心は下部に制動装置上部に水銀を満したエポナイトの槽を有す。調整抵抗の各ステップの端は順次に長さの異つた接觸片に結ばれ水銀内に浸されて居る。

即ち鐵心が上り或は下るにつれて水銀面が上下し接觸片は固定して居るら水銀内に浸さるゝ數が變じ、斯くて抵抗を或は多く或は少く電路に挿入する。

運動の状態を變ずるには荷重の平均せる lever に取り付けられた垂直桿の有する錘りの位置を變ず。此の調整器には overshooting の作用がないのみならず重い鐵心や水銀槽を動かさねばならぬから作用が遅鈍であるから電壓の變動の少い(分量も度数も)場合のみ用ふ可きである。構造が簡單で従て價格も低廉であるから或る場合には適當な調整器である。

大正十四年八月十二日 印刷

大正十四年八月十五日 發行

東京府大井町四二九七番地

發行者 内田吉太郎

東京市京橋區木挽町二丁目十三番地

印刷者 染谷仙藏



露光量違いの為重複撮影

541  
170



54  
174

大正十四年八月

定價金貳圓五拾錢

電氣工學會

工場  
東京府大井町四二九七  
振替東京三六四五六番  
電話銀座五五四七番



15. 1. Z



541  
170

終