

電子管式自動同期装置

比 良 清 一* 小 林 栄 二**

Electronic Tube Type Automatic Synchronizer

By Seiichi Hira

Taga Works, Hitachi, Ltd.

Eiji Kobayashi

Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

Abstract

In automatic power stations, generators and waterturbines must be provided with complete protection device and proper, sensitive controlling equipment. And the most important of them all is the automatic synchronizer which automatically operates without causing hunting the controlling equipment in order to similize the voltage and the frequency of the generator at starting to those of transmission line, and further energize the closing coil of the oil circuit breaker for parallel operation. Moreover, for use in unit system, the input power to the detective part of this apparatus must be of small amount.

Hitachi, Ltd. has completed the automatic synchronizer of electronic tube type which fully satisfies the above requirements. The decided merit of this new type of synchronizer is being appreciated at a number of hydraulic power stations including the Ojiya Power Station, the Japan National Railways.

In this reports, the writers have outlined the construction and features of this apparatus giving out a few useful data and oscillograms obtained in the tests.

〔I〕 緒 言

自動発電所にては使用機器の確実なる制御、万全の保護が必要である。自動制御機器のうち自動同期装置は特に重要なもので、迅速な制御動作と共に安全確実なことが要望されている。更に最近採用されているユニットシステムでは高圧同期をなすため検出部入力の小でなければならない。

日立製作所は既に国鉄小千谷発電所始め十余箇所の水力発電所に上記を満足する電子管自動同期装置を納入し運転されているが、ここに構造動作の概要を説明し大方の御参考に供し度い。

〔II〕 構造及び動作の概要

水車ガイドベーン、発電機界磁抵抗を制御して、発電機周波数、電圧を系統のそれと合致せしめ適宜位相差のとき並列投入を目的とする自動同期装置は、二つの制御と一つの選択機構に分られる。

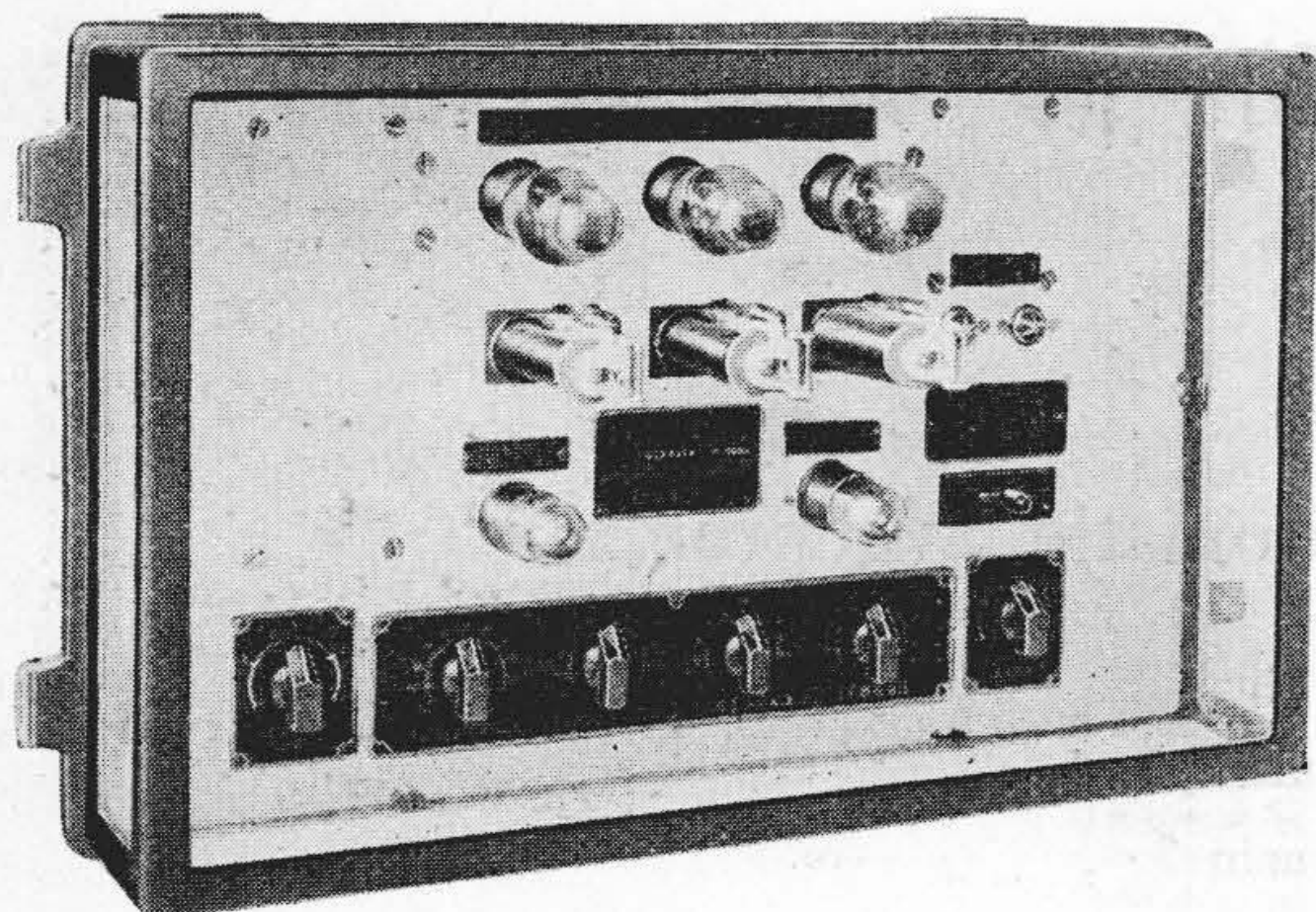
（1）自動揃速装置（VDF型）

揃速装置は発電機周波数と並列しようとする系統の周波数の大小を検出し、速度制御電動機、ガイドベーンにより発電機回転速度を系統周波数に対応するよう制御する。

第1図（次頁参照）が外観で、使用管球類、偏倚電圧整定つまみ、継電器等が表面に配置され、管球の取替、偏倚電圧の整定、継電器の点検などに都合よく、総ガラスカバーは体裁よく動作状態の監視も容易である。

* 日立製作所多賀工場

** 日立製作所日立研究所



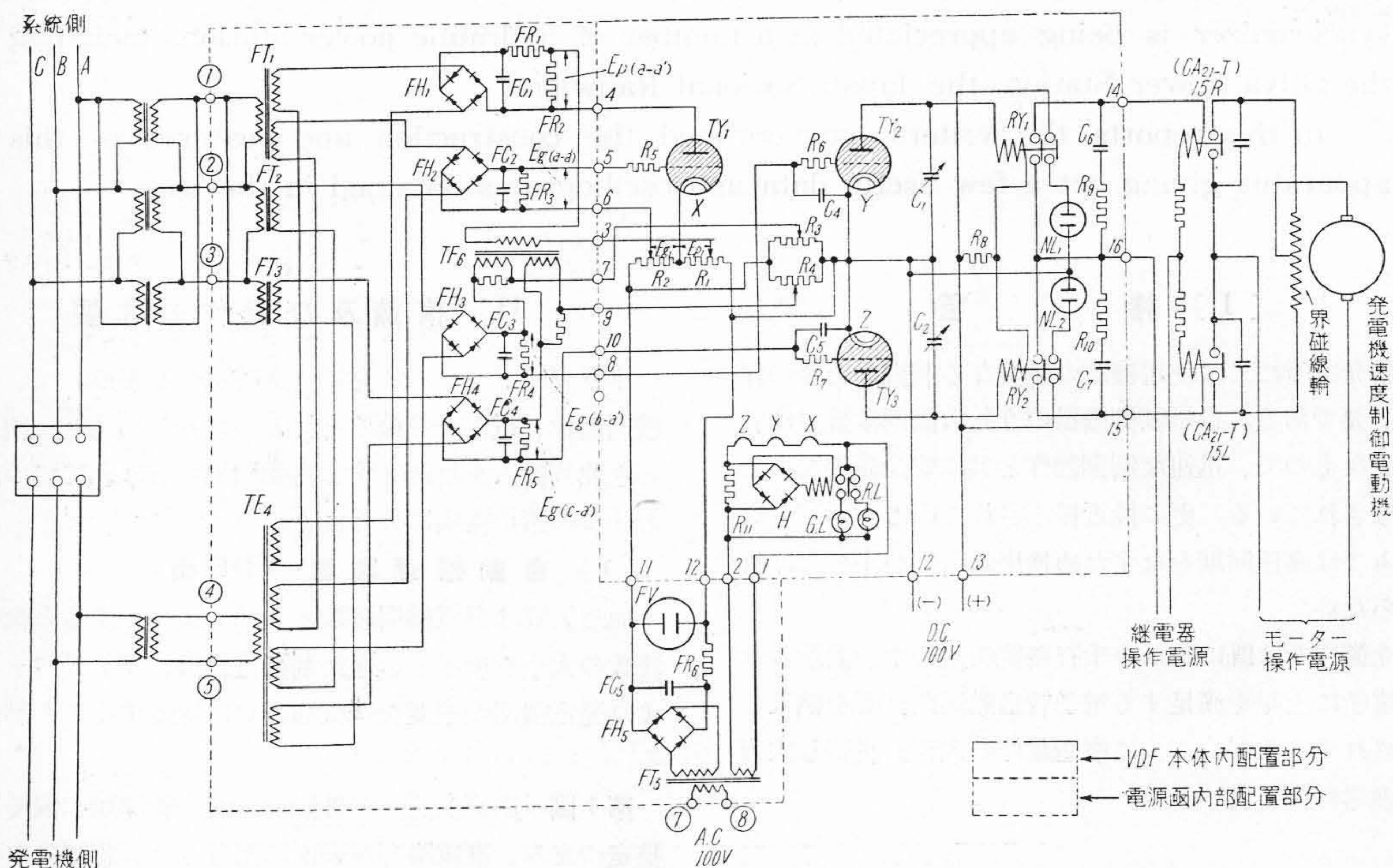
第1図 VDF 型自動揃速装置

Fig. 1. Type VDF Automatic Speed Matcher

第2図がその内部結線図で図中点線で囲んだ部分は共通の電源函に配置した部分、鎖線が囲んだ部分がVDF本体に配置した部分を示している。検出入力としては変圧器 $FT_1 \sim FT_4$ に加えた系統側三相電圧 E_a, E_b, E_c 、発電機一相電圧 $E_{a'}$ であり、これらの二次電圧を差動的に接続してある。この合成三電圧はそれぞれ唸周期で消長し、最小値となる順序は発電機系統両周波数の大小により反対となり、 FH_1, FH_3, FH_4 の出力電圧を $e_{(a-a')}$, $e_{(c-a')}$ で表わすと、発電機用周波数の小なる場合は $e_{(a-a')}$, $e_{(b-a')}$, $e_{(c-a')}$ の順となり、大なる場合は $e_{(a-a')}$, $e_{(c-a')}$, $e_{(b-a')}$ の順となる。

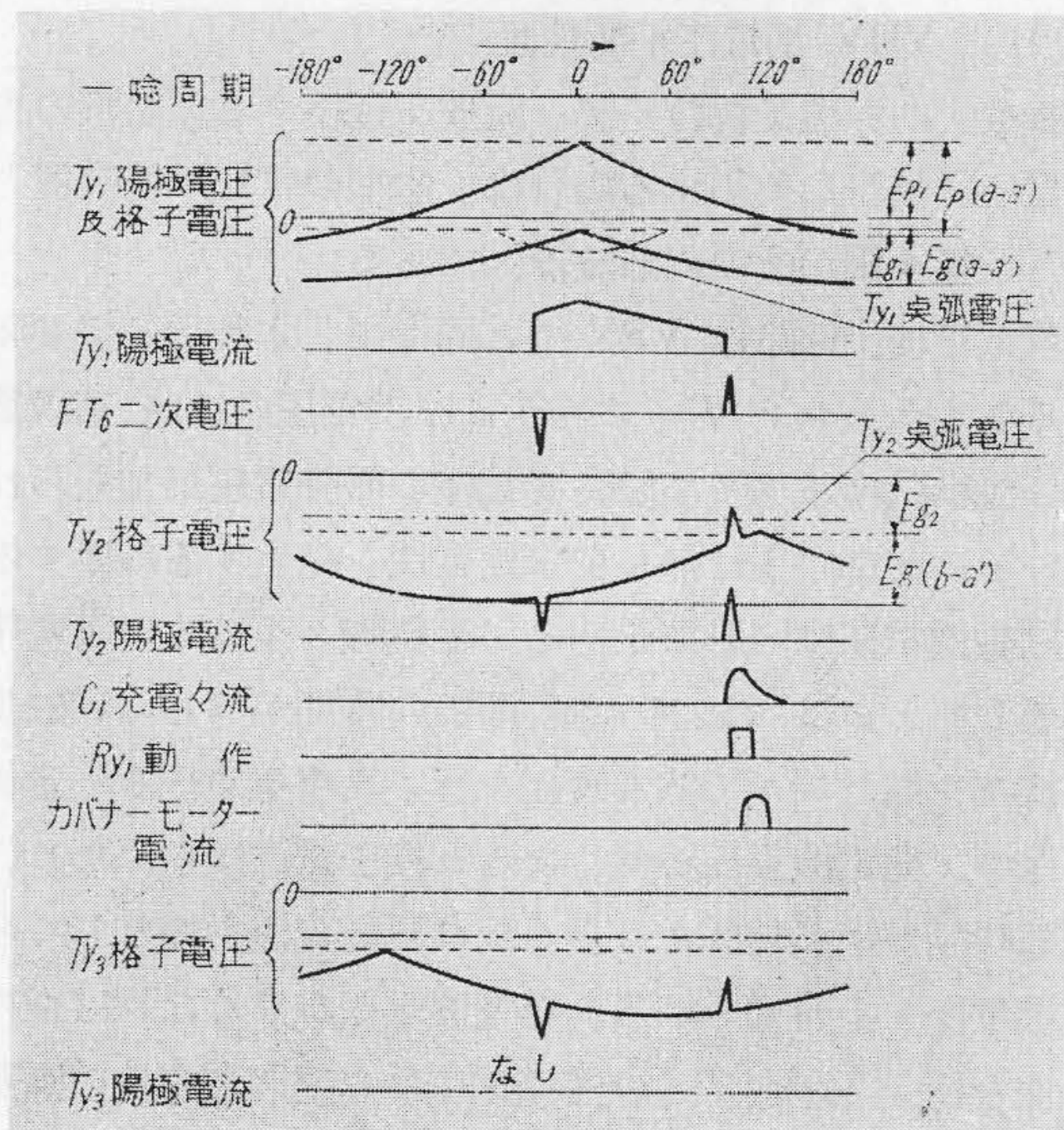
発電機周波数が系統周波数より小なる場合のサイترون、継電器の動作順序が第3図の如くなる。発電機 $E_{a'}$ ベクトルが系統 E_a ベクトルの方に接近すると次第に $e_{(a-a')}$ が小となりサイترون T_{y1} の陽極には殆ど直流電圧 E_{p1} に等しい電圧が印加され、同時に格子にかかる負電圧も小となり同相点より 30° 位前に T_{y1} が点弧する。同期点をすぎると陽極電圧が FH_1 に生ずる $E_{(a-a')}$ により次第に小になり $90 \sim 120^\circ$ すぎで消弧する。この消弧の電流急減が FT_6 の二次巻線に衝撃電圧を発生し、サイترون T_{y2}, T_{y3} を点弧させようとする。 T_{y1}, T_{y3} の格子には FT_6 二次巻線の外に固定偏倚電圧及び $e_{(b-a')}$, $e_{(c-a')}$ がそれぞれ負方向に加えてあり、 T_{y1} 消弧のとき $e_{(b-a')}$ がほぼ 0, $e_{(c-a')}$ はその最大値になっているので、 T_{y2} のみが点弧する。 T_{y2} の陽極と陰極の間に接続してあるコンデンサー C_1 の電荷は T_{y2} の点弧により放電し、 C_1 の端子電圧がサイترونの点弧維持電圧以下になると T_{y2} は消弧する。 C_1 への充電電流により継電器 R_{y1} が短時間動作し補助継電器 (15R) の助けによりガイドベーンを開くよう操作する。 R_{y1} の接点閉成時間は C_1 の容量により異なり $0.04 \sim 0.12 \text{ sec}$ の間段階的に整定出来る。

発電機周波数が大なる場合は、唸電圧の消長順序で逆になるので、 T_{y1} の消弧するとき T_{y3} の格子にかかる電圧 $e_{(c-a')}$ はほぼ 0 となり、 FT_6 に発生する衝撃電圧によつて T_{y3} のみが点弧し、ガイドベーンを閉じる。



第2図 VDF 型揃速装置結線図

Fig. 2. Connection Diagram of Type VDF Automatic Speed Matcher

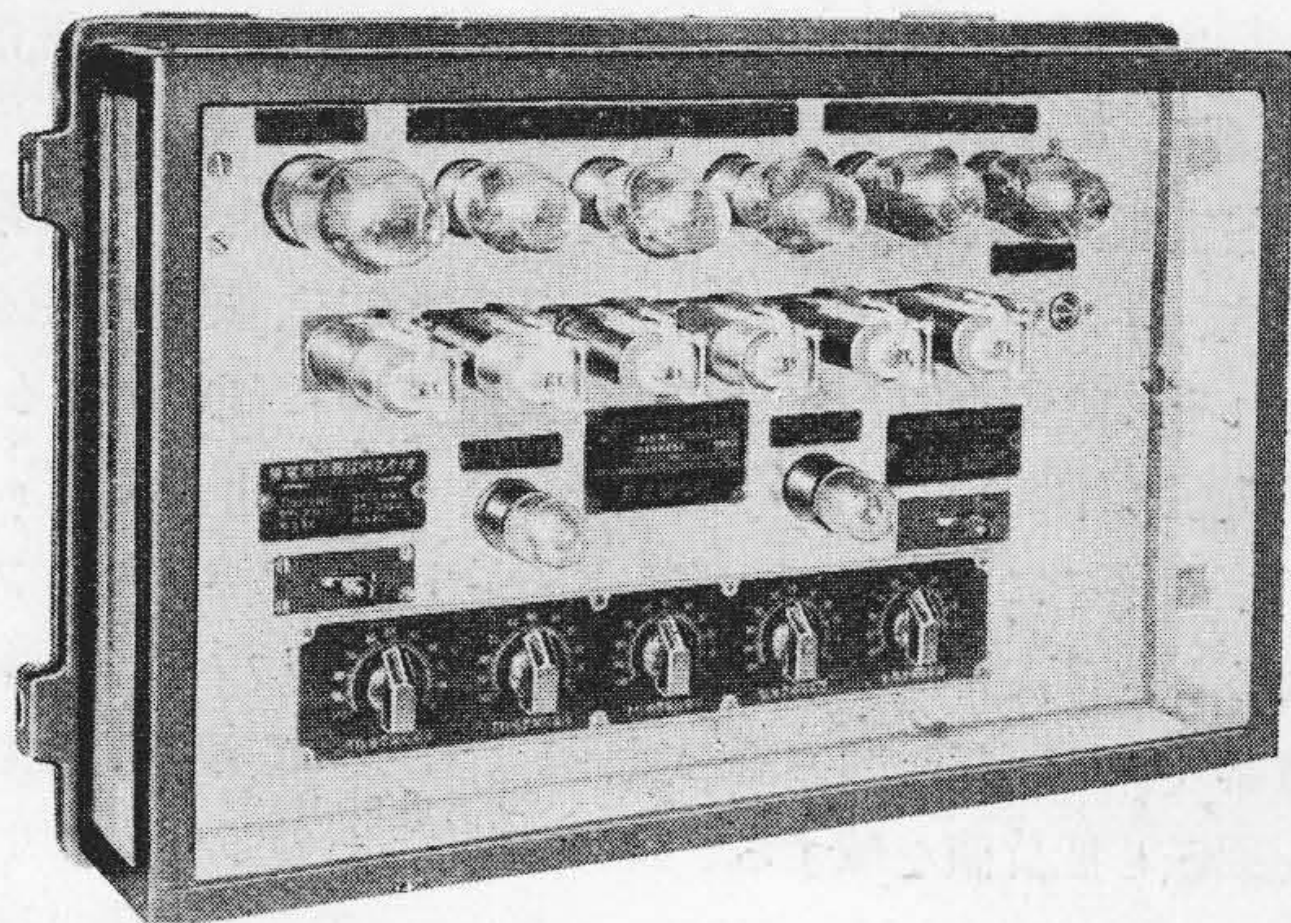


第3図 揃速装置、放電管並びに継電器動作状態図
(発電機周波数が系統周波数より小なるとき)

Fig. 3. Acting of Elements of Speed Matcher
(When the Frequency of the Generator is Small than That of the Line)

唸周期を以てガバナーモータが操作されるので、単位時間中の操作量はその時の周波数差に比例し、更にガバナーモータの慣性の為周波数差の大なるときは操作量が增大し、適当なる揃速特性を有している。

本装置は検出要素として唸周波数をとるから、系統電圧、発電機電圧の電圧値の影響少く、定格値の $\pm 20\%$ の



第4図 VRV 型自動電圧平衡装置

Fig. 4. Type VRV Automatic Voltage Balancer

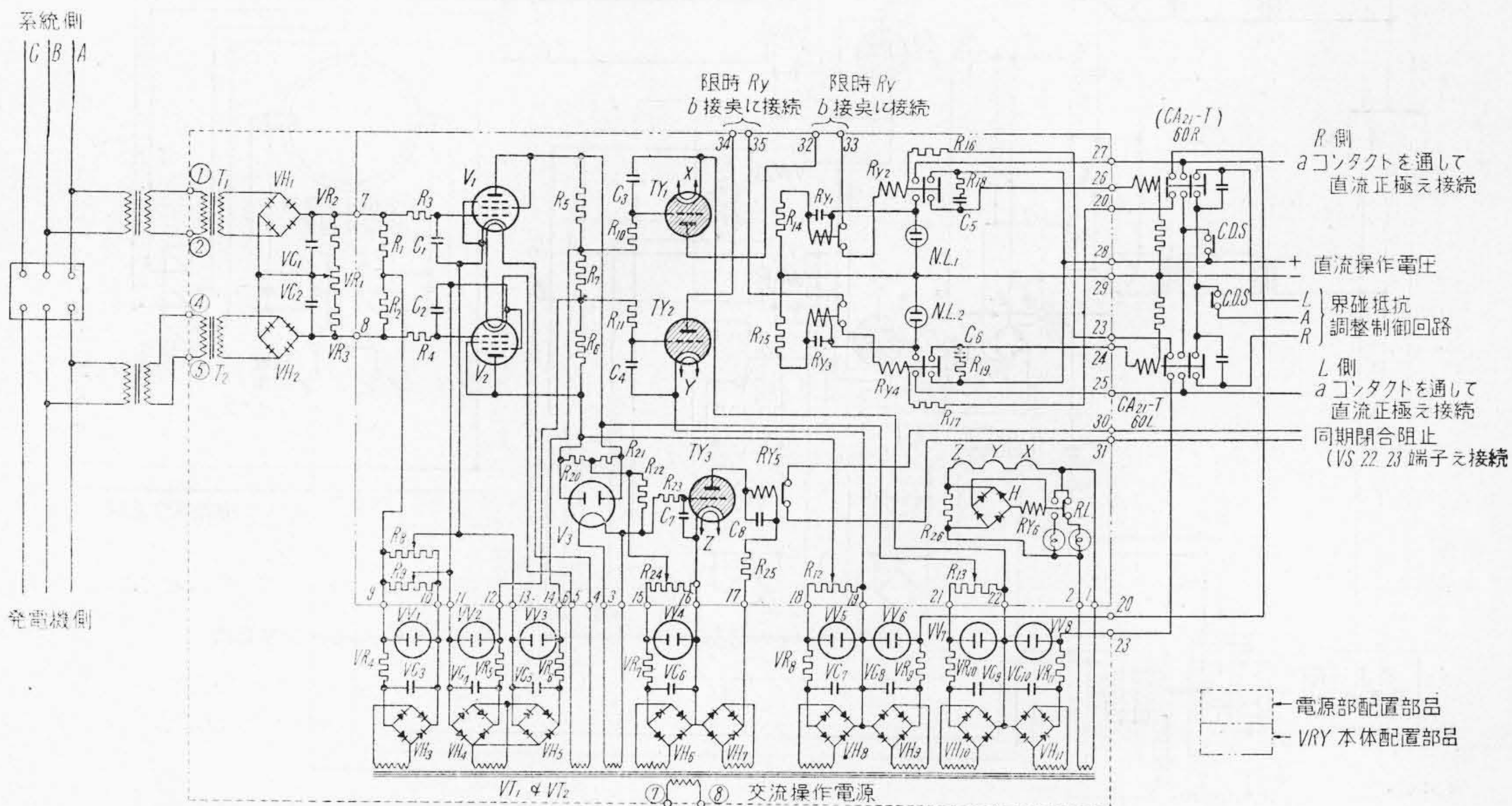
変動ある場合でも、 $10\sim$ 以上の周波数差から安定な揃速ができる。更に所内交流電圧の変動に対しては定電圧放電管の使用により動作に支障をおこさない。

(2) 自動電圧平衡装置

電圧平衡装置の操作部分は自動電圧調整器の操作部を切換使用するから、電圧調整器の型式に応じた二つの型があり、抵抗型には VRV 型、振動型には VHV 型が使用される。

(A) VRV 型電圧平衡装置

電動機で界磁抵抗器を操作する抵抗型自動電圧調整器を備えた発電機に使用する。第4図が外観で真空管、サイラトロン、継電器、電圧整定つまみ等を表面に配置している点は揃速装置と同様である。第5図が内部接続図



第5図 VRV 型電圧平衡装置結線図

Fig. 5. Connection Diagram of Type VRV Automatic Voltage Balancer

であり、差電圧検出回路、真空管による増幅回路、継電器回路、差電圧並列阻止回路により構成されている。

差電圧検出部は変圧器 T_1, T_2 , セレン整流器 VH_1, VH_2 , 抵抗、コンデンサ等よりなり発電機電圧、系統電圧をそれぞれ直流電圧とし、その差を端子7,8の間に生ずる。差電圧は増幅管 V_1, V_2 で増幅されサイラトロン T_{y1}, T_{y2} の格子にかゝり、発電機電圧が小なるとき、 T_{y1} 大なるとき T_{y2} が点弧する。 T_{y1} 点弧の場合は R_{y2} 補助継電器 (60R), 電磁開閉器が動作し界磁抵抗器駆動電動機を回転し抵抗値を減ずる。又、電磁開閉器の動作により、 R_{y1} , 限時復帰継電器 (60Z) が動作し T_{y1} の陽極回路を開くから、結局電動機は差電圧の小になる迄一定周期に一定時間づゝ回転する。発電機電圧が大なるときは全く同様に T_{y2} の点弧について R_{y4} , 60L, 電磁開閉器が動作し界磁抵抗も増すよう電動機が回転する。

増幅管として長寿命で特性均一なる通信管を用い、格子偏倚電圧、陽極電圧は定電圧放電管の使用により一定値に保持される。

感度は約 $\pm 1\%$ で操作周期は限時継電器の復帰時間の調整により変更し発電機特性に応じた制御操作をさせることが出来る。整流管 V_3 及びサイラトロン T_{y2} は系統電圧、発電機電圧の差が大になったとき動作し、並列投入を阻止するものである。

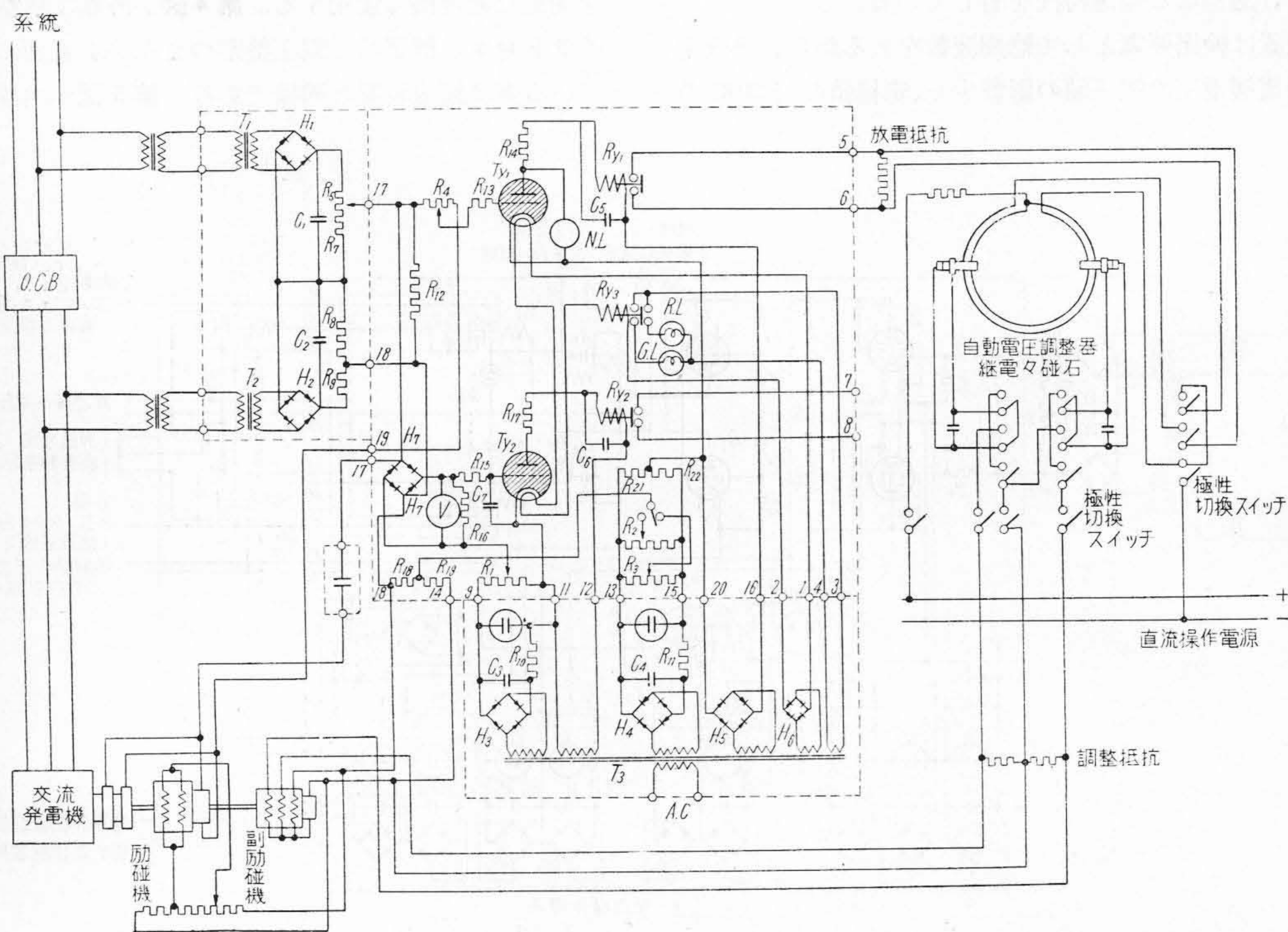
(B) VHV 型電圧平衡装置⁽¹⁾⁽⁶⁾

振動的に界磁抵抗の一部を開放、短絡する振動型の自動電圧調整器を使用する場合は、本型の電圧平衡装置となり、第6図がその内部結線図である。

差電圧検出回路は VRV 型と同様で、本装置の主要素たるサイラトロン T_{y1} の格子には差電圧のほか、基準電圧、副励磁機電圧及び励磁機電圧の微分電圧が加えられている。基準電圧は無負荷定格電圧を発生するに要する副励磁機電圧に応じて定める。発電機と系統との両電圧が等しいときは T_{y1} の点弧、消弧の時間が等しく界磁調整抵抗を同じ周期で開放短絡を行い発電機電圧を一定値に保つ。発電機電圧が低くなると格子電位は正になり、点弧時間が消弧時間より長くなり界磁電流を増加して発電機電圧を上昇せしめる。発電機電圧が高くなれば逆の動作を行う。なお T_{y1} の陽極電圧は交流両波整流の脈動電圧であるので格子制御が可能となるものである。

本平衡装置は定位制御なる故、系統電圧が定格電圧でない場合制御誤差を生ずるが、定格値の $\pm 20\%$ の変動に対して約 1.5% 程度である。基準電圧は定電圧放電管の端子電圧を分圧しているので、所内電圧の電動による制御誤差は殆どない。

差電圧阻止回路は VRV 型と同様のものが附属されている。



第6図 VHV 型電圧平衡装置結線図

Fig. 6. Connection Diagram of Type VHV Automatic Voltage Balancer

(3) VS 型自動同期継電装置⁽⁷⁾

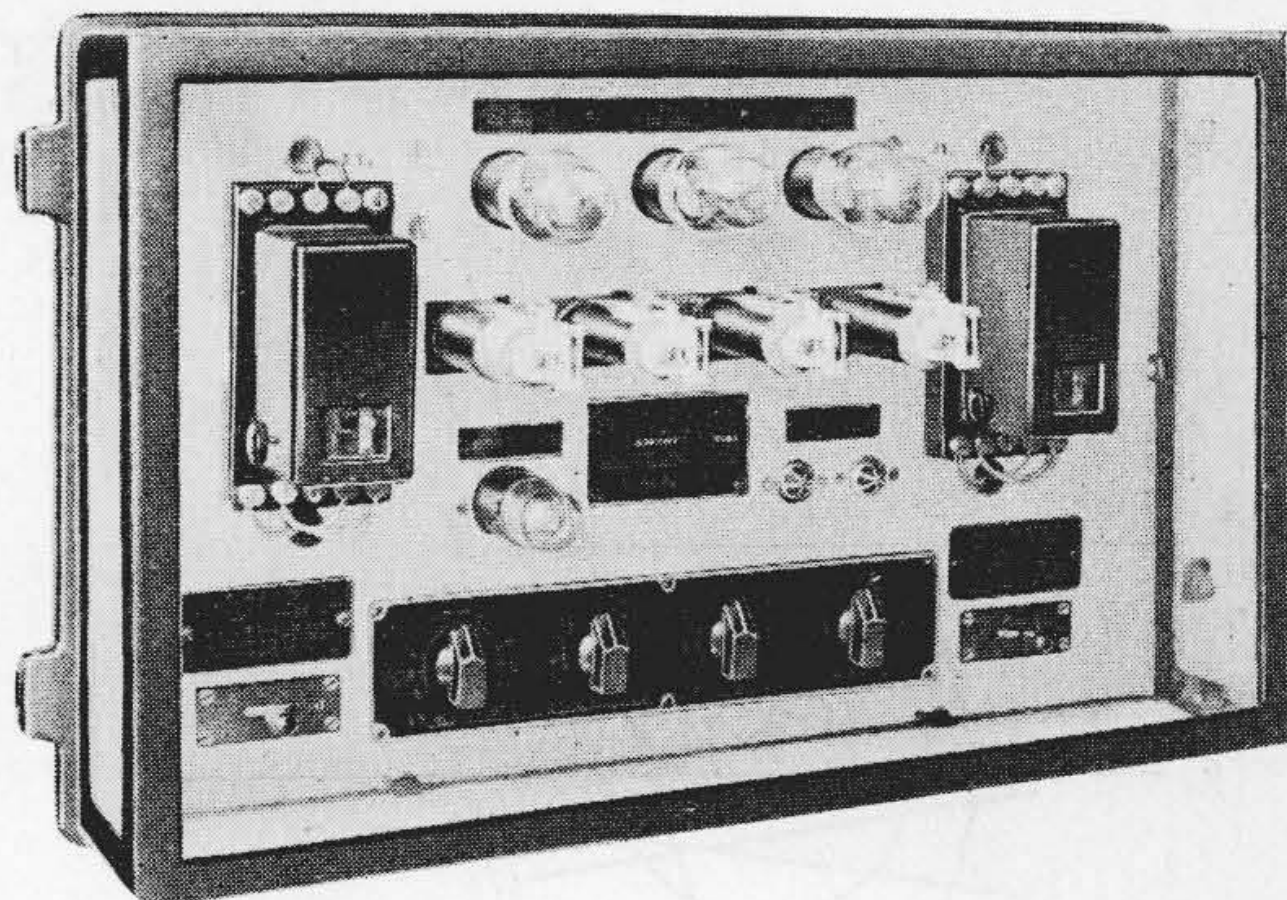
揃速装置及び電圧平衡装置によつて周波数、電圧がほぼ等しくなつたとき、並列用油入遮断器の投入死時間をみこんでその閉合線輪を励磁するのが本装置であり、第7図が外観写真、第8図が内部結線図である。

サイラトロン T_{y1} , T_{y2} 継電器 R_{y1} , R_{y2} , R_{y4} , R_{y5} 等は周波数差が並列許容限度より小になつたとき投入死時間だけ同期点より前に投入線輪を励磁するよう動作する。

T_{y3} , R_{y3} は系統周波数の動揺の為、相対的位相関係が急激に変化する場合、並列投入を阻止するためのものである。

T_{y1} の点弧開始位相は周波数差に比例的に変化し、 T_{y2} のそれは周波数差に逆比例的に変更する。第9図（次頁参照）にて特性〔I〕は T_{y1} が点弧し R_{y4} が動作する位相を、特性〔II〕は T_{y2} が点弧し R_{y5} が動作する位相を示している。特性〔I〕は $360 \times 4f \times k$ (度) となつており、抵抗 R_1 を変化して k を適宜変更させ、投入死時間 0.3~0.6 sec の遮断器に適するようになつている。特性〔I〕,〔II〕の交点の周波数差を $4f_1$ とすると、 $4f_1$ が並列許容の限度の周波数となる。この周波数差より大なる周波数差の場合は、 T_{y1} が先に点弧し次に T_{y2} が点弧するので R_{y4} , R_{y5} は同時に励磁され、瞬時継電器 R_{y4} のみが動作し補助継電器 (25A) を励磁することはない。

$4f_1$ より小なる周波数差の場合には、先に T_{y2} が点弧し限時継電器 R_{y5} が動作し次に T_{y1} が点弧し R_{y4} が励磁されるので R_{y5} の復帰時間だけ R_{y4} , R_{y5} の接点は



第7図 VS 型自動同期継電装置

Fig. 7. Type VS Automatic Synchronous Relay

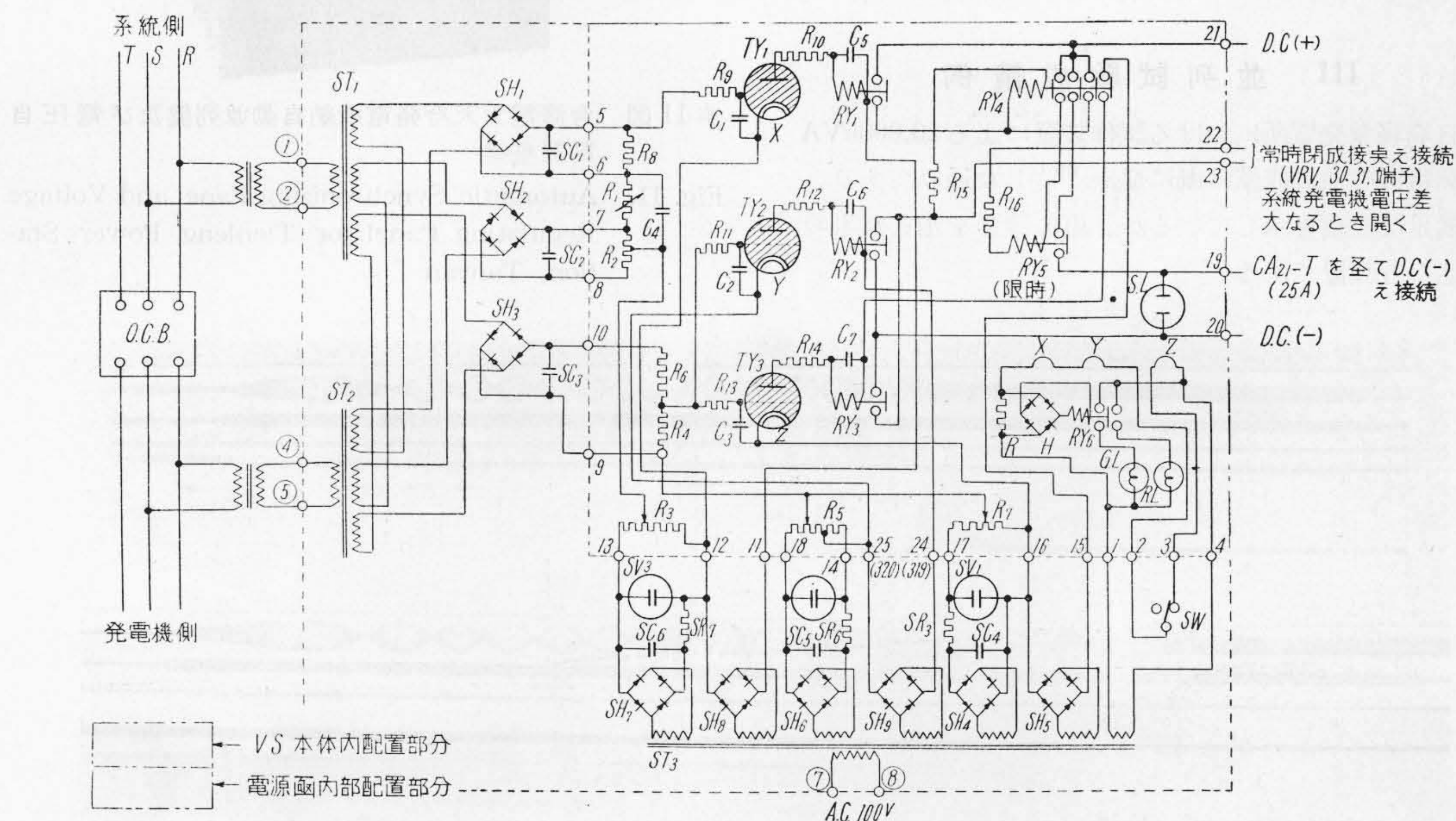
同時に閉成し、補助継電器 (25A) を励磁する。

並列許容の周波数差は T_{y2} の固定偏倚電圧の整定を変更して行う。

第9図中の〔A〕は標準の並列であり、〔B〕,〔C〕は系統周波数の変動激しく T_{y3} により並列を阻止する場合、〔D〕は同期点をはるかにすぎて T_{y3} が一度消弧してから反転し並列する場合の位相差の変化を示している。

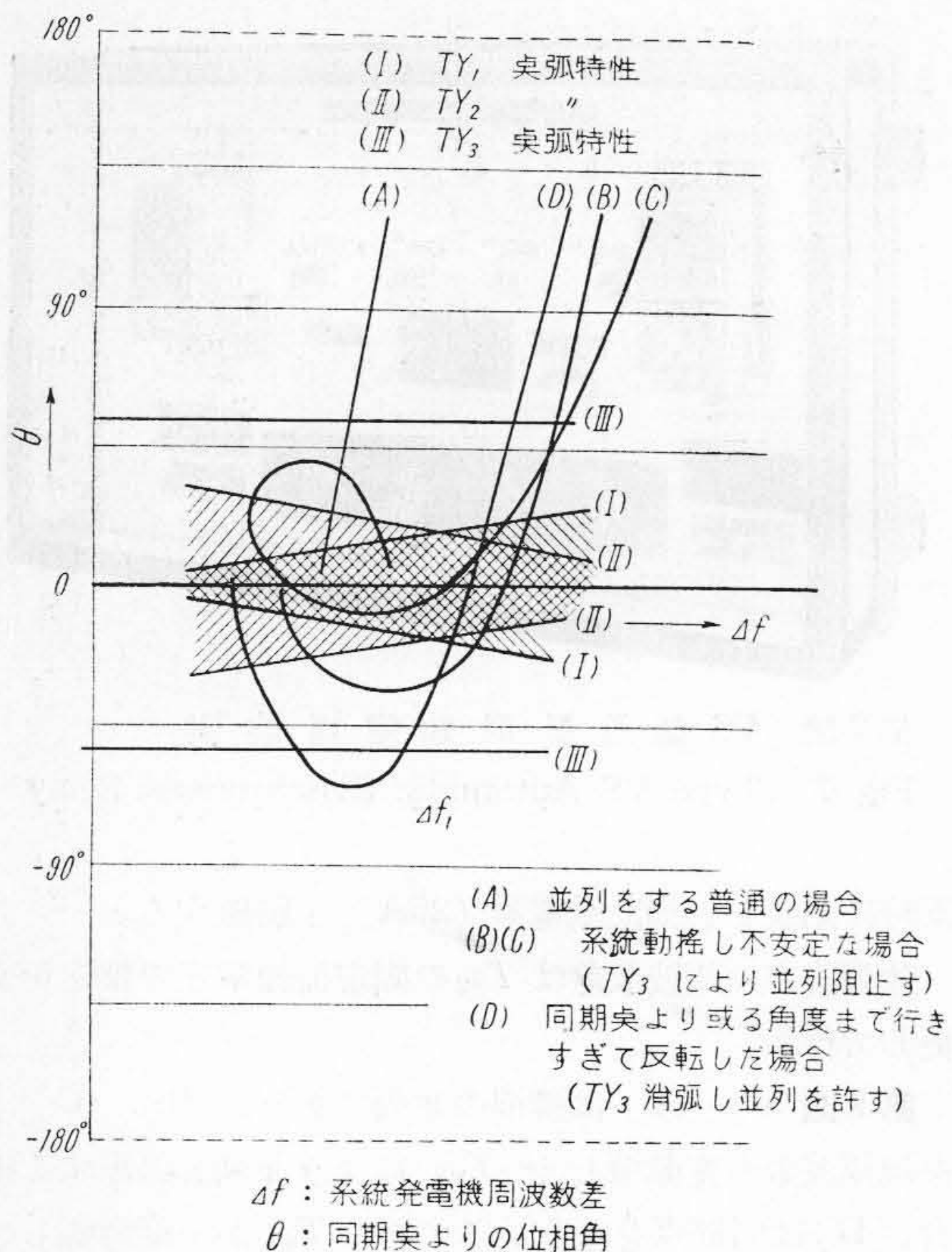
(4) X-VS 電源 函

揃速、電圧平衡、同期継電三装置に必要な電圧、サイラトロン、増幅管の格子偏倚電圧、陽極電圧を得るため、トランス、セレン整流器、定電圧放電管が相等数必要となるのでこれらを一つに纏め、サイラトロンの点



第8図 VS 型同期継電装置結線図

Fig. 8. Connection Diagram of Type VS Automatic Synchronous Relay



第9図 自動同期継電装置原理図

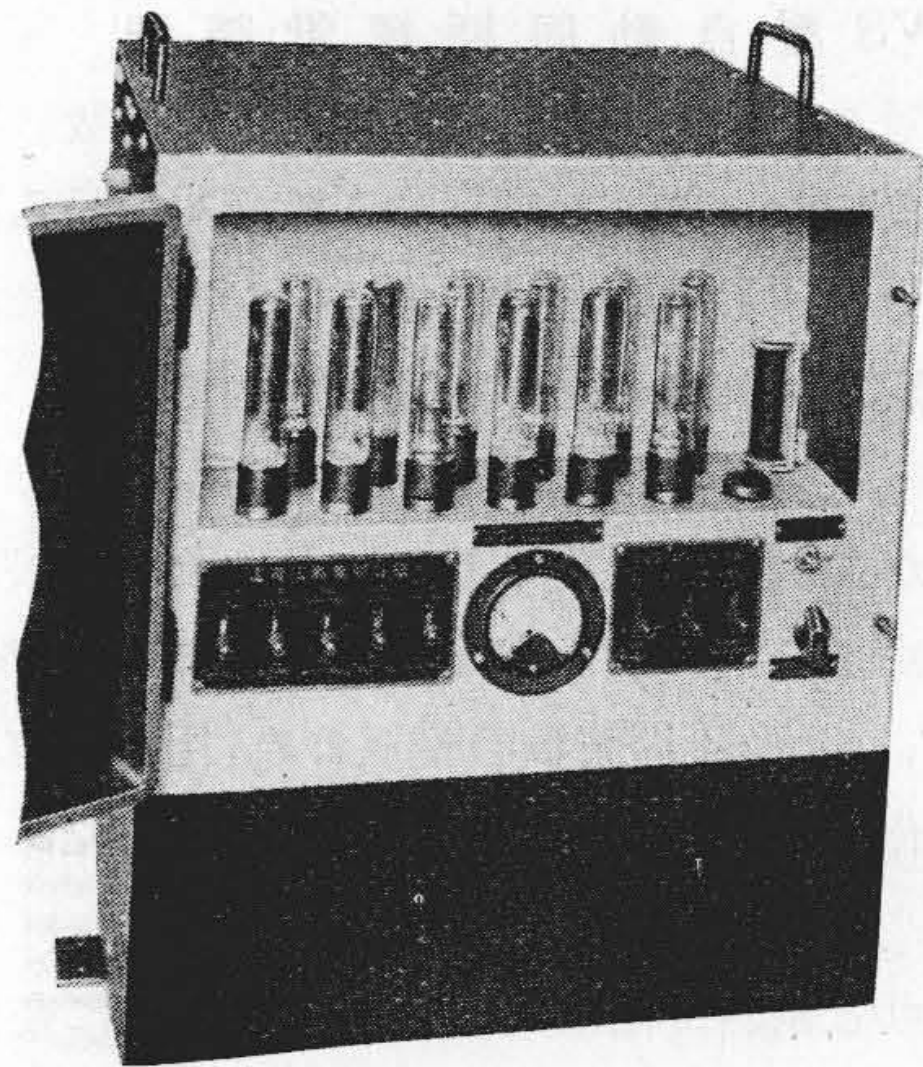
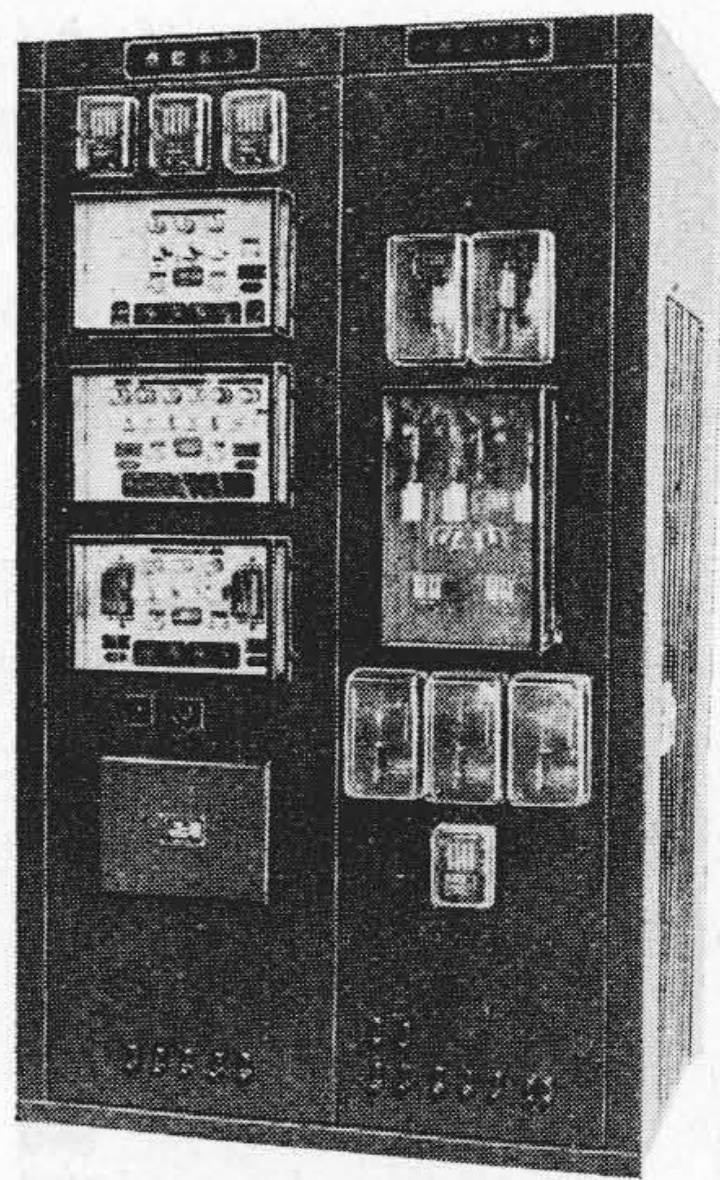
Fig. 9. Operating Principle of Automatic Synchronizing Relay

弧電圧測定装置、定電圧放電管の端子電圧切換スイッチ等をも附加し第10図の如き電源函を構成する。

第11図は自動並列盤及び自動電圧調整盤の外観である

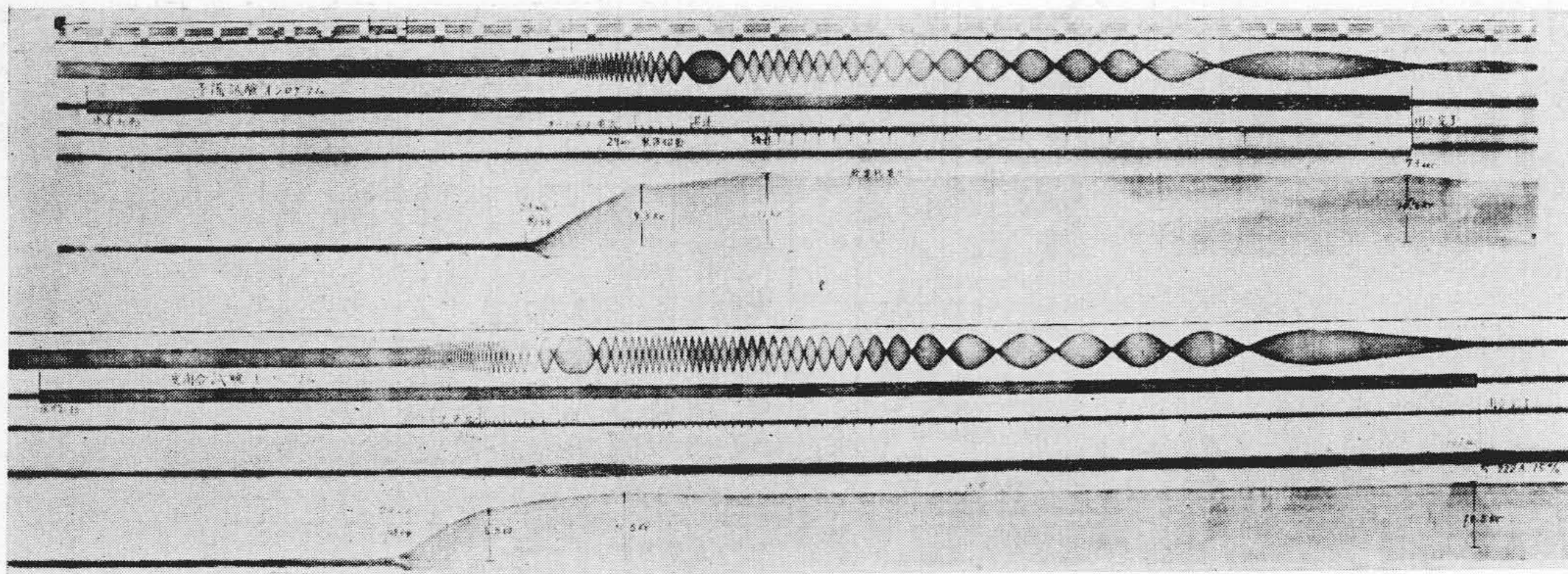
〔III〕 並列試験成績例

旧日登寝覚発電所における試作装置による20,000kVA水車発電機の並列成績は既に発表⁽²⁾⁽³⁾した通りであり、ほぼ満足な成績を示しているが、更に改良を加えたものが上述の各装置である。

第10図 X-VS₁ 電源函Fig. 10. Type X-VS₁ Source Box

第11図 台湾電力天冷発電所納自動並列盤及び電圧自動調整盤

Fig. 11. Automatic Synchronizing Panel and Voltage Regulating Panel for Tienleng Power Station, Taiwan



第12図 同期並列オシログラムの例 (国鉄小千谷発電所)

Fig. 12. Example of Oscillograms at Ojiya P.S., National Railways

第 1 表 同 期 並 列 試 験 成 績 (国鉄小千谷発電所)

Table 1. Table of Synchronous Parallel Test

試験番号	揃速操作量	並列許容差 周波数差 (%)	並列時差* 周波数差 (%)	断路器の状態	所要時間 (min sec)	突入電流		同期検 定器逆 転回数*	系 統		発 電 機	
						電流* (A)	百分率 (%)		電 圧* (kV)	周波数 (%)	端子電圧* (kV)	変圧器 高圧側 (kV)
1	1/3	0.13	0.12	開	1 35 (1 05)	—	—	1	156	48.7	10.88 10.60	160 156
2	1/3	0.08	0.077		1 13 (44)	—	—	1	156	49.0	11.00 10.60	161 156
3	1/3	0.08	0.06		1 05 (34)	—	—	1	156	49.0	10.88 10.60	160 156
4	1/3	0.08	0.035		1 50 (1 21)	—	—	2	147	50.0	10.40 10.00	153 147
5	1/3	0.08	0.07	閉	2 05 (1 39)	200	13.6	3	154	48.7	10.70 10.50	157 154
6	1/3	0.08	0.07		2 25 (1 58)	266	18.0	1	151	50.0	10.80 10.40	158 153
7	1/3	0.08	0.05		1 40 (1 09)	222	15.0	1	154	51.8	10.80 10.50	158 154

- (註) 1. 所要時間は水車起動より並列完了までの時間を示す。() 内は装置動作よりの時間を示す。
 2. 発電機電圧は平衡動作中の最大値と閉合直前の値を示す。
 3. 揃速操作量 1/3 とは 1 操作につき调速機転把が 1/3 回転することを示す。
 4. 並列時周波数差の如く、上表中 * を附したるものは、オツシログラムより算定した値である。

発 電 機.....28,000 kVA, 167/200 r.p.m., 1,470 A

水 車.....縦軸フランシス 27,500 kW

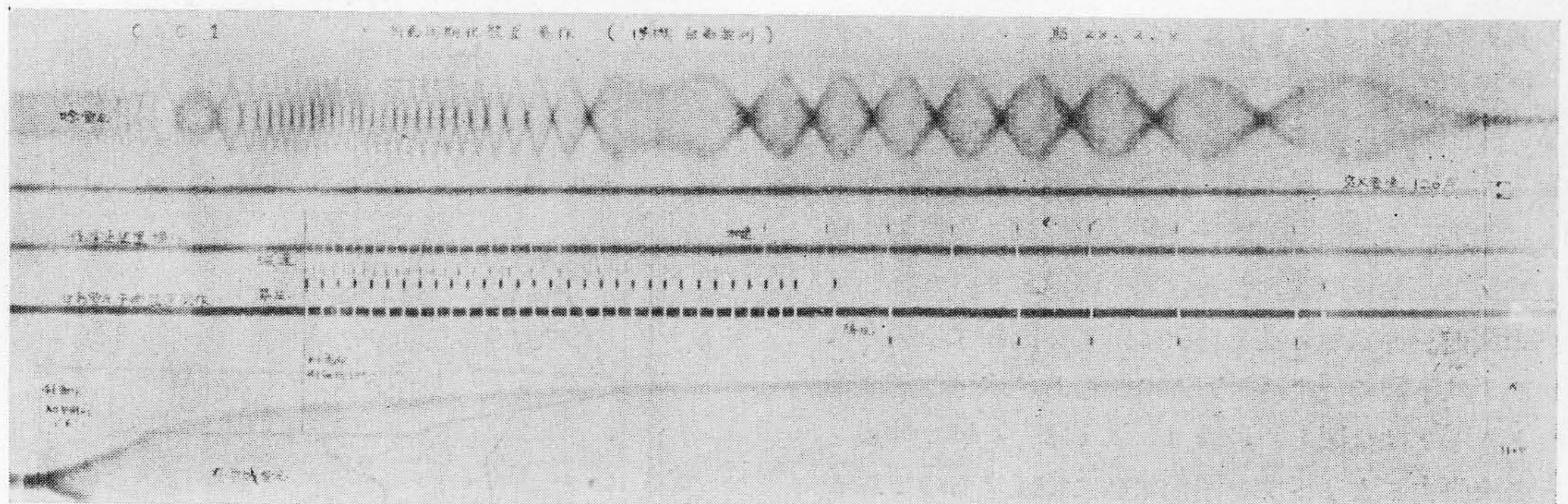
励 磁 機.....200 kW, 220 V

副 励 磁 器.....10 kW, 110 V

変 圧 器.....28,000 kVA, 10.5 k/154 kV

並列遮断器投入死時間.....0.39 sec

本発電所は低圧側遮断器なしの高圧同期化を行う。



第 13 図 同 期 並 列 オ ッ シ ロ グ ラ ム 例

Fig. 13. Example of Oscillograms

国鉄小千谷発電所⁽⁴⁾始め各電力会社の水力発電所に納入し、好成績に運転されている。第 1 表は小千谷発電所における並列成績であり、第 12 図はその際のオツシログラムの例である。水車起動より並列完了まで 1 min 10 sec 乃至 2 min 30 sec の短時間で、周波数、電圧の過上昇はそれぞれ 2%, 5% 以下であつた。又、検出部所要入

力も最大相で 13 VA で、ユニットシステムの目的にかなつた。

第 13 図は VRV 型電圧平衡装置を用いた同期装置による自動並列オツシログラムの例であり、発電機容量は 18,500 kVA である。

参考文献

- (1) 小林、竹村：日立評論 34 383
- (2) 小林、竹村、近野：日立評論 32 741
- (3) 小林、竹村、近野：日立評論 32 876
- (4) 小林、比良：電学誌 72 359
- (5) 島田、比良：日立評論 33 476
- (6) 小林：実用新案 392263
- (7) 小林、竹村、特許 193060

〔IV〕 結 言

電子管が従来の使用範囲を脱して、大型回転機を始め各種機器の制御装置に広く使用されてきたことは、電子管の進歩と相まってその特長が認識されてきたもので、今後いよいよ広範囲の応用がなされよう。本装置もその一例として紹介した次第である。

最後に本装置運転につき御尽力いただいた国鉄小千谷発電所始め、製品納入各発電所の方々に厚く御礼申し上げます。

特 許 紹 介

特 許 第 195967 号

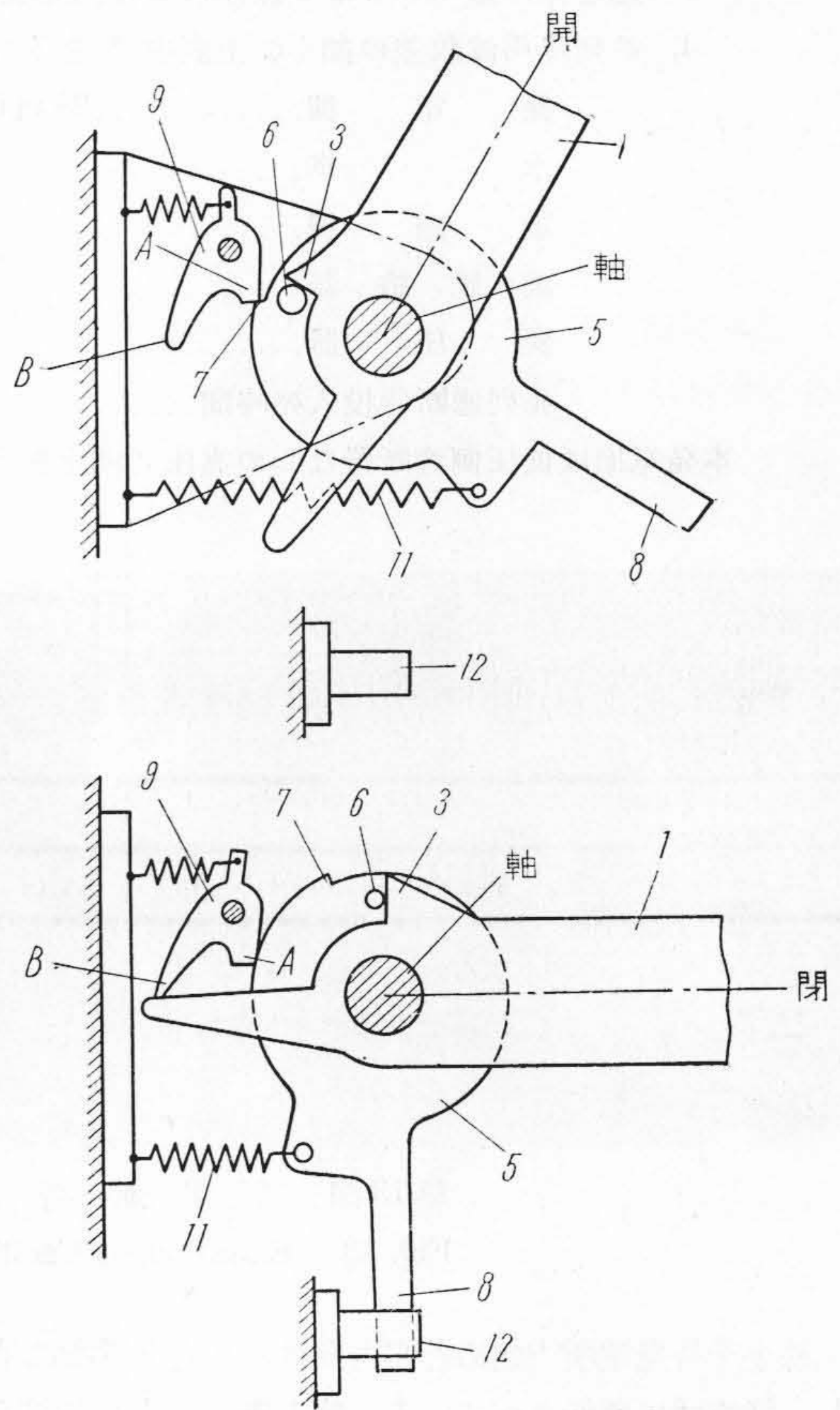
神 峯 次 郎

エレベータ階床扉インターロックスイッチ

本発明はエレベータ階床扉、例えば三連パネルドアに於て、ドアが閉じ鎖錠リンクが一直線に伸張してドアの閉鎖鎖錠を完了した瞬間に鎖錠リンクの閉鎖終局動作に連動して制御回路を閉合するインターロックスイッチに関するものである。従来の扉インターロックスイッチは一般にドアの閉鎖運動中、即ち鎖錠リンクによる閉鎖鎖錠が確立しない間に閉合する構造であるため、保安上不都合であつた。本発明はこの不都合を一掃したものである。

上図はドアを開いた時の鎖錠リンクの位置及びスイッチの状態、下図はドアを閉鎖鎖錠したときの鎖錠リンクの一直線伸張位置及びスイッチの閉合状態を示すものである。今閉鎖中のドアを開くとリンク1は下図に於て反時計方向に回転し、掛合部3により回転体5の突子6を押して同方向に回転し開閉杆8と接触片12との接触を開き、やがて回転体に設けた掛合部7に錠片9のA部が掛合い上図の開扉状態となる。次にドアを閉鎖する場合はリンク1は下図に於て時計方向に回転し、水平位置に達したときドアは全閉し、鎖錠リンク1は一直線に伸張してその突張力によりドアを閉鎖状態に鎖錠するのであるが、リンク1の前記時計方向回転は単独に行われ、回転体5は錠片9との掛合いにより残留する。やがてリンク1の回転がその終局衝程に達した瞬間延長部4により錠片9のB脚を押上げ、錠片を僅かに回動してA部と回転体5の掛合部7との掛合いを外し、回転体5をしてばね11の弾力により急速に時計方向に回転させ、開閉杆8と接触片12とを接触してエレベータ制御回路を閉合し、乗籠の起動を可能とするものである。

本発明によれば、ドアの閉鎖運動と連動するリンクの



回転の終局に於てインターロックスイッチを急速に自動閉合することができるから、エレベータ運転に於ける階床扉閉鎖鎖錠の安全に対する信頼度を増大し得るものである。
(滑 川)