

日本國有鐵道山邊發電所

## 水力發電所に於ける電子管の應用

島田 稔\* 比良 清一\*\*

Applications of Electronic Tubes in Hydraulic Power Station  
for Yamabe Hydraulic Power Station  
(Japan National Railway)By Minoru Shimada, Seichi Hira  
Taga Works, Hitachi, Ltd.**Abstract**

Applications of electronic tubes in hydraulic power stations are now somewhat diffused in carrier telephone equipments, but a few in measuring instruments, relays, regulators and carrier relay systems. Hitachi, Ltd. has investigated those applications for many years, and as a part of this results has recently succeeded in developing and completing the automatic synchronizer, totalizer and water level indicator which have been supplied to Japan National Railway for Yamabe Power Station.

The Automatic synchronizer consists of three principal elements, viz. automatic voltage balancer, speed matcher and synchronous relay, and has many merits as follows : -

(1) The use of a condenser type potential device owing to the small input power to the detective part makes this synchronizer particularly adaptable for synchronizing on the high tension side.

(2) The speed matcher and voltage balancer are capable of making quick response in the regulation of voltage and frequency without hunting.

(3) The synchronous relay is designed to have any suitable advances features to meet the closing dead time characteristic of the oil circuit breaker.

(4) As long as there exist differences over predetermined values in voltage and frequency between the incoming generator and the power system in operation, the synchronous relay is designed not to make its final contact.

The totalizer and water level indicator are the applications of impulse type telemeter, and have following features : -

1) Absence of electric contact, makes these equipments very simple in construction and reliable in performance.

\* \*\* 日立製作所多賀工場



2) Compensation for the difference in characteristics of electronic tubes can be made with ease and accuracy. As for the water level indicator, telephone line can be used simultaneously as its transmission line.

The writers explain here inunder the constructions and functions of the new products above mentioned.

## [I] 緒 言

発電所に於ける電子管應用は搬送電話として相當普及されているが、直接、測定器、繼電器又は制御器への應用は極めて少い現状である。

電子管がもつ利點は

- (1) 極めて小勢力で制御出來、大なる出力が得られること。
- (2) 可動部分がないから機械的に得られない速應性が得られること。
- (3) 接點其の他機械的消耗部分がないから信頼度が上ること。
- (4) インダクタンス、コンデンサー、抵抗の組合せによつて遅延回路その他種々變化にとんだ應用をもつことなど枚擧にいとまないが、又反面
  - 1) 電子管の壽命に對する不安
  - 2) 特性の不同にもとづく動作差違
  - 3) 取扱に對する誤つた技術的危懼

が発電所で電子管應用機器が進んで用いられなかつた原因のように考えられる。

最近では電子管用電氣材料の研究と共に製造技術の發達は特性差の少く、數千時間の壽命をもつ通信管 CZ-501 D, CZ-504 D を生み<sup>(1)</sup>、上記の 1) 2) に對する不安は解消された。

日立製作所では早くから電力方面に對する電子管應用を研究しつゞけてきたが、これら應用装置の電氣回路は出来る限り簡單に取扱いやすくなるように考慮されている。

先に完成された遠隔測定装置につゞいて、今回更に自動同期化装置、綜合電力計及び水位指示計が完成され、國鐵山邊發電所に納入された。

これら製品は信頼性ある電子管を用いることは勿論、取扱を極めて簡單にし、電子管特性に差のあるときも容易に補正できるよう補正装置を附してある。

歐米各國に於ては電力方面に對する電子管應用は高度に進んでおり、我國でも廣く採用されんとする現在、上記新製品の構造動作の大略を記し、御参考に供する次第である。

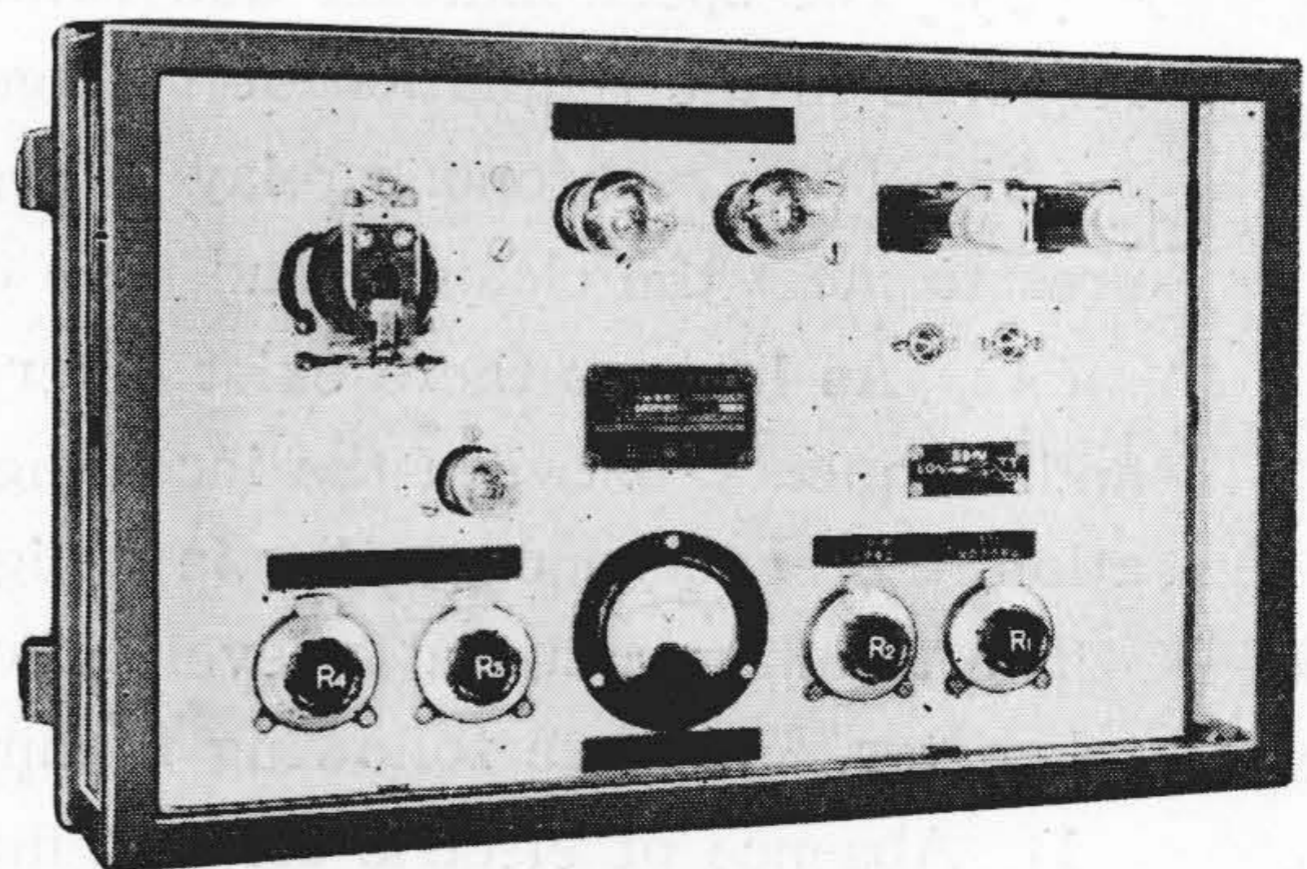
## [II] 自動同期化装置

負荷の需要に應じて交流發電機を並列運轉させるには

- a) 發電機電壓を系統電壓に等しくすること。
- b) 發電機回轉數を系統電壓周波數に應じたものとする。
- c) 兩電壓が同一位相角の時に閉合用開閉器を閉づること。

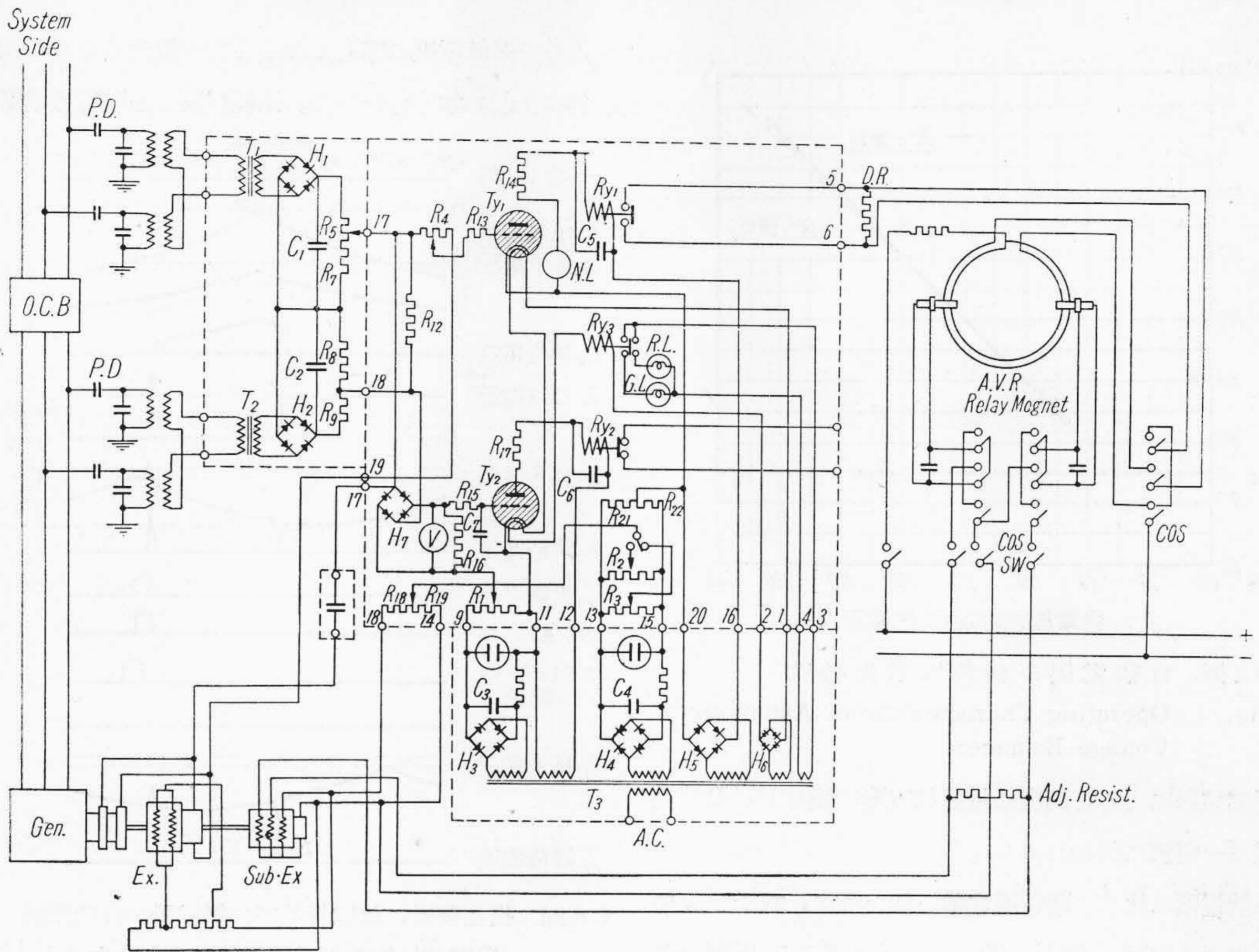
の三條件が必要であり、勵磁電壓、調速機を制御し、その制御過程中に適宜の點を見出せばよい。

日立自動同期化装置は以上の制御並に同期點檢出をなすために、VHV 型自動電壓平衡装置、VDF 型自動揃速装置、VS 型自動同期繼電裝置、及び電源函より成つ



第1圖 山邊發電所納自動電壓平衡装置  
Fig. 1 Automatic Voltage Balancer for Yamabe P.S.





第2圖 自動電壓平衡装置内部結線圖

Fig. 2 Connection Diagram of Automatic Voltage Balancer.

て、CA 型補助繼電器、切換スイッチと共に 700mm 鋼板盤に配置し、迅速確實に同期化の目的を果すものである。

以下各装置について動作の概要を説明する。

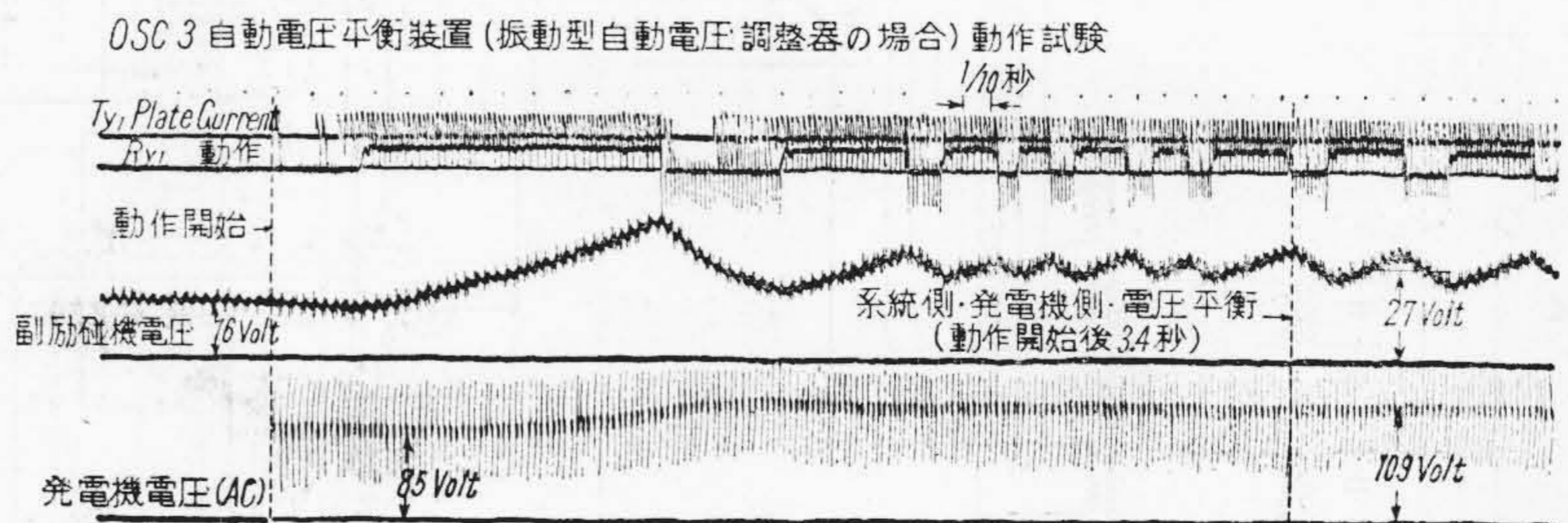
(1) VHV 型自動電壓平衡装置

前に發表された<sup>(2)</sup>電壓平衡装置は、發電機が抵抗自動電壓調整器を設置した場合に應ずるもので、山邊發電所の如く振動型自動電壓調整器を用いる場合には、制御方式の根本的に異なる VHV 型自動電壓平衡装置を採用しなければならない。

第1圖及び第2圖は夫々本装置の外観及び内部結線圖を示す。

検出部は發電機、系統各一相の變成器二次電壓を直流電

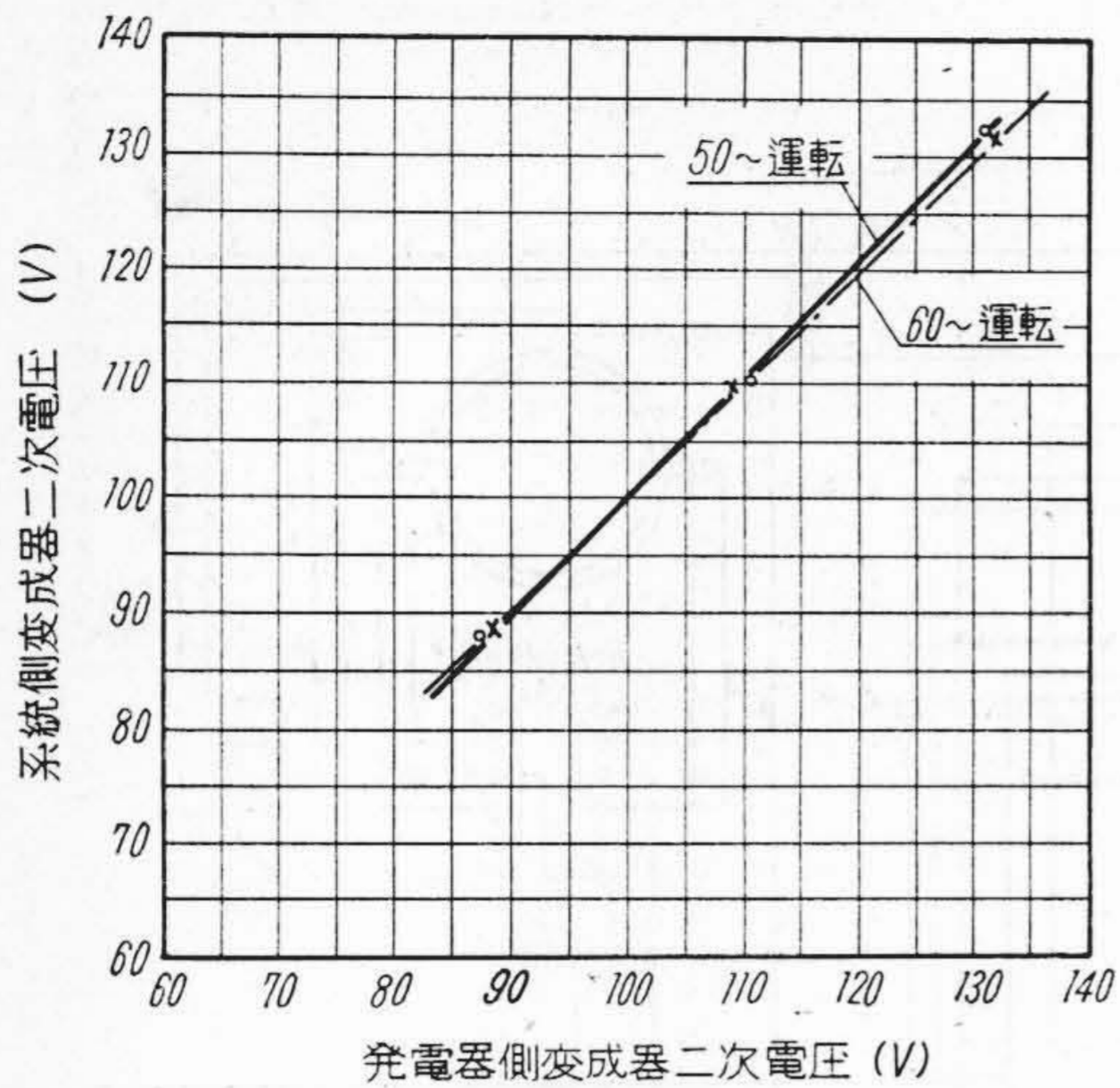
壓に變換したものと、差電壓と、固定基準電壓、副勵磁機電壓などが、その格子に加えられた熱陰極格子制御放電管であり、操作部は自動電壓調整器繼電器電磁石、調節部は調整抵抗である。固定基準電壓は定電壓放電管の端子電壓を分壓して得られ、發電機無負荷定格電壓を發生するに要する副勵磁機電壓に合はせる。發電機電壓と系統電壓に差がないときは、副勵磁機電壓は振動型自動



第3圖 自動電壓平衡装置動作オツシログラムの一例

Fig. 3 An Example of Oscillogram for Test of Automatic Voltage Balancer.



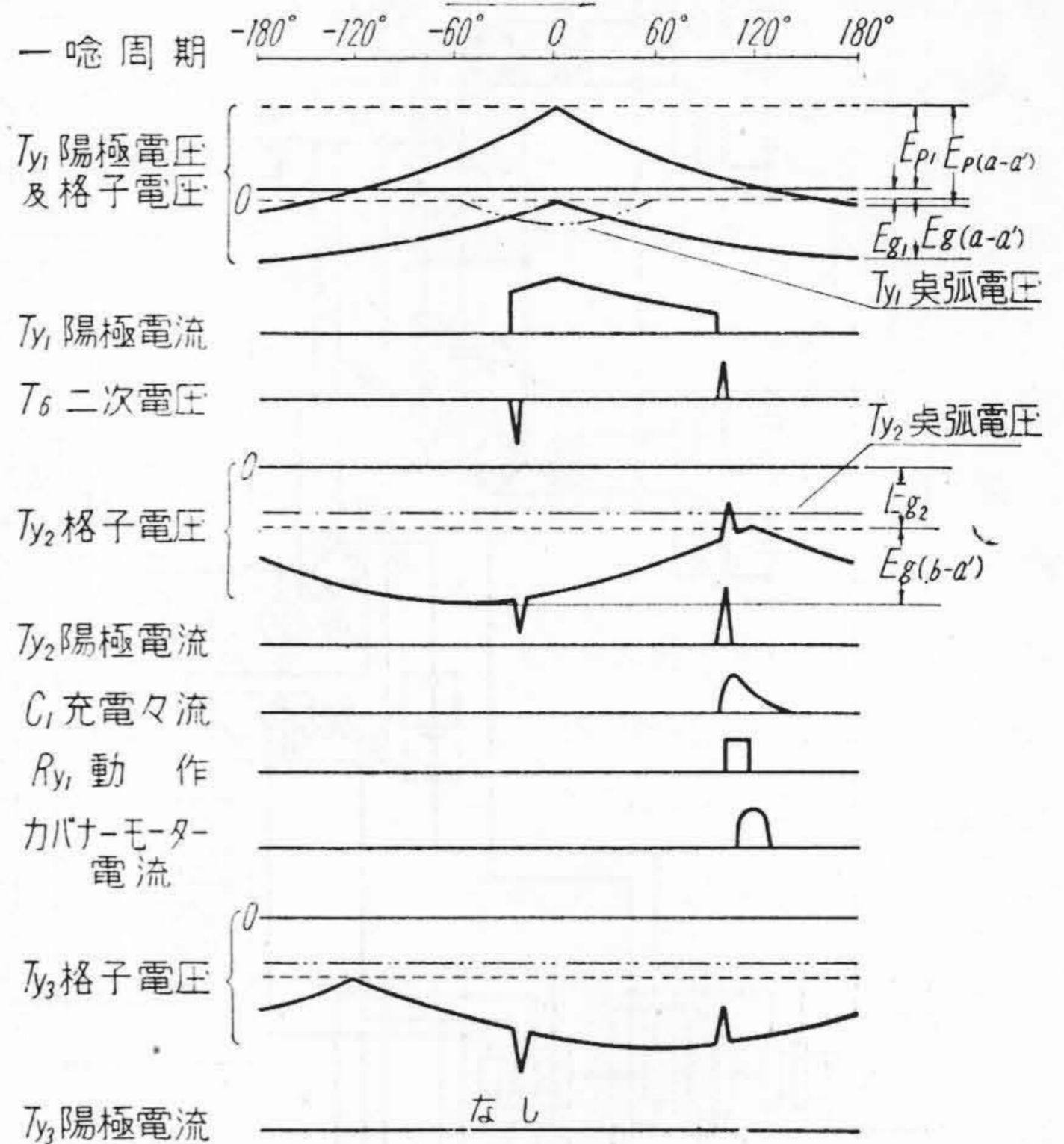


第 4 圖 自動電壓平衡裝置動作特性  
Fig. 4 Operating Characteristic of Automatic Voltage Balancer.

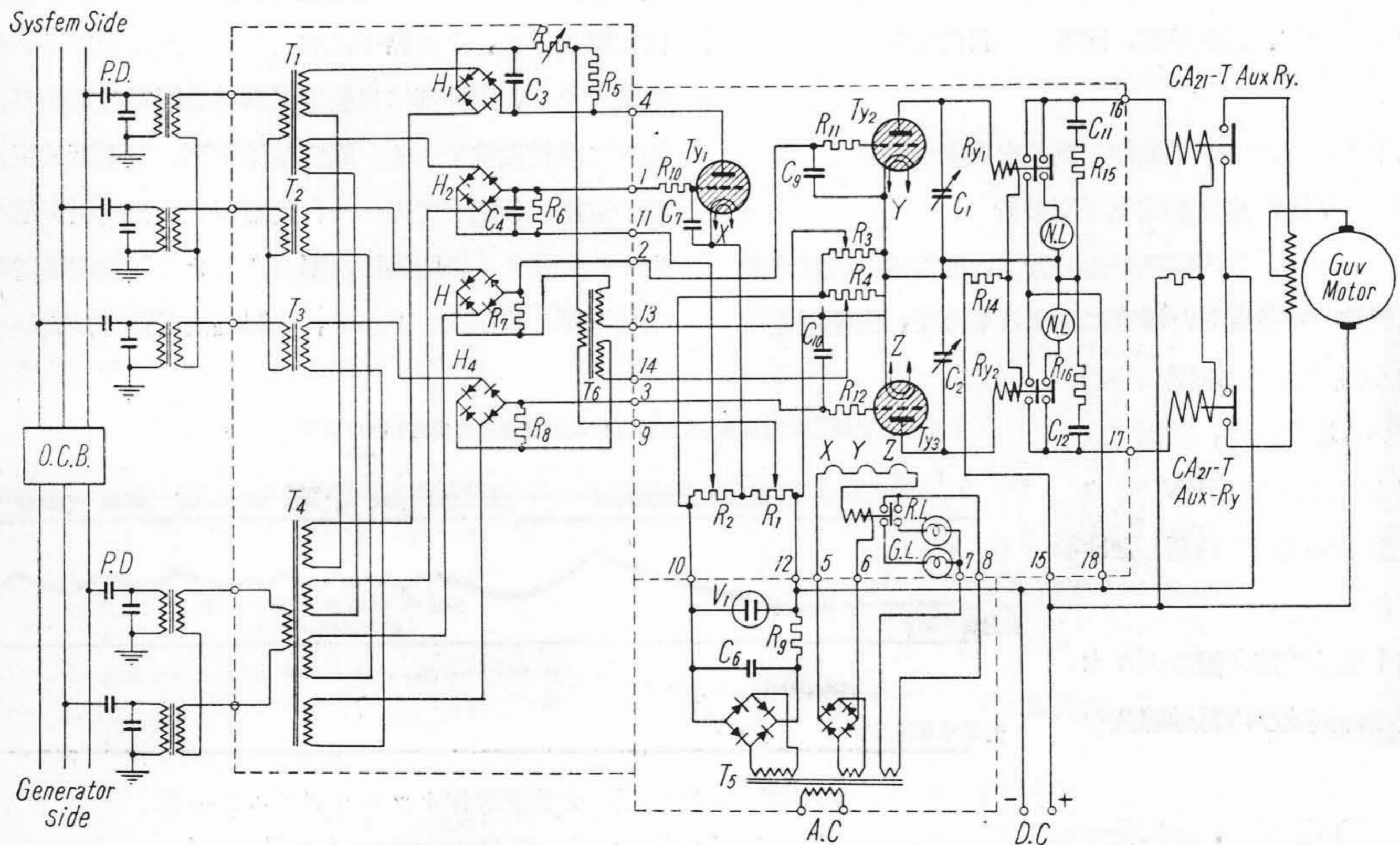
電壓調整器によると同様に鋸齒状波形に變化し、發電機電壓は一定値に保たれる。

系統電壓に比べて發電機電壓の低い時は、端子 17, 18 間に生ずる電壓は放電管  $T_{y1}$  の格子に正方向電壓を與えるから、副勵磁機電壓が相應に増加するまで放電管は點弧し、調整抵抗を短絡する。發電機は時定數が大であ

るので系統電壓に等しくなるまでの數サイクルの振動動作は上記の如く行われる。系統電壓より發電機電壓の高



第 6 圖 揃速装置、放電管並びに繼電器動作狀態圖  
(發電機周波數が系統周波數より小なるとき)  
Fig. 6 Acting of Elements of Speed Matcher.  
(When the Frequency of the Generator is Small than that of the Line.)



第 5 圖 自動揃速裝置内部結線圖 Fig. 5 Connection Diagram of Automatic Speed Matcher.



いときは端子 17, 18 間電壓は  $T_{y1}$  の格子に負方向電壓を與え、副勵磁機電壓は發電機系統電壓間に差がないときよりも低い値にて鋸齒狀に制御される。

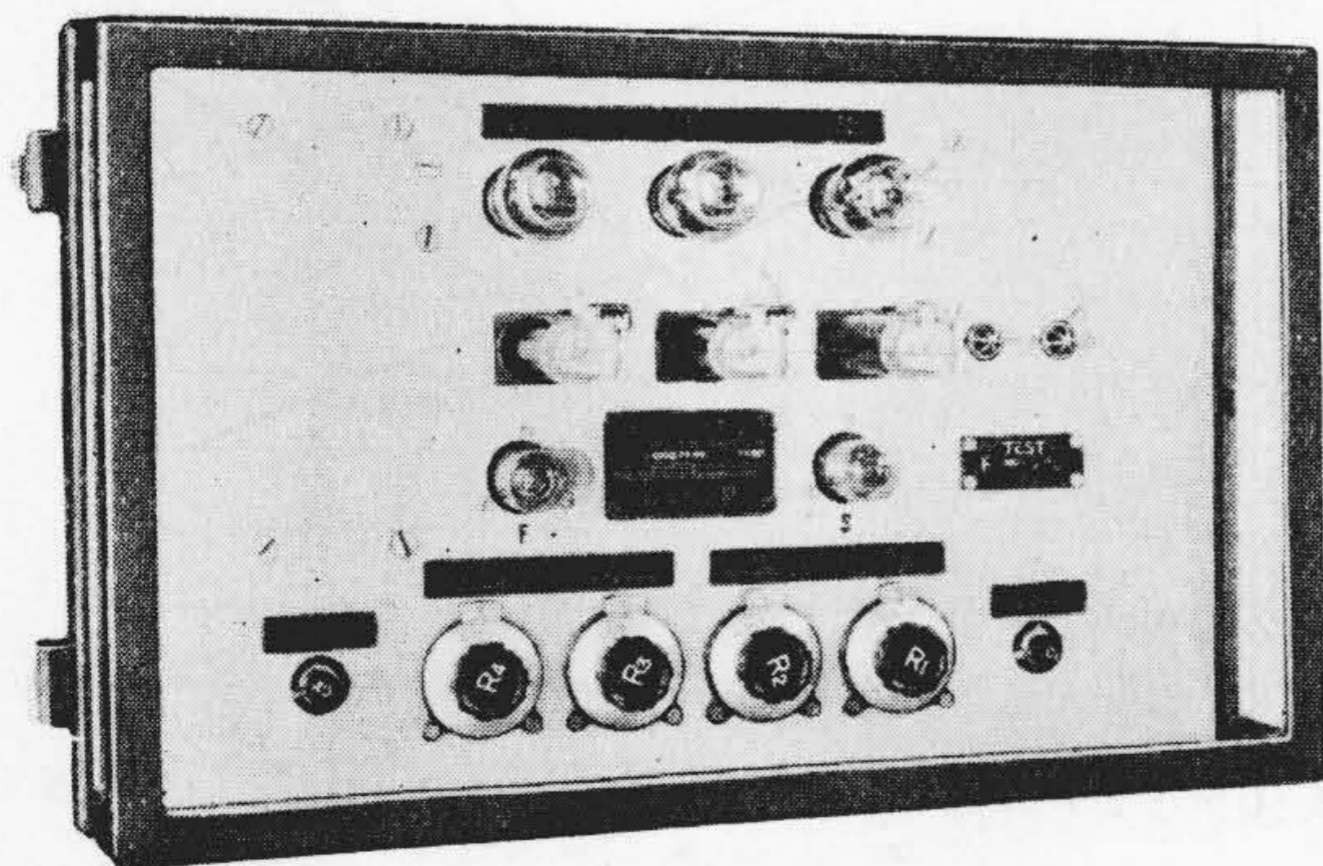
更に、格子回路には勵磁機電壓の變化に應じた電壓が加えられ、勵磁機電壓が上昇しつゝあるときは副勵磁機電壓を抑えるように働き勵磁機電壓が降下しつゝあるときは副勵磁機電壓を上げるように亂調に陥らないよう考慮されている。

第 3 圖は山邊發電所納入品を用い、所内發電機を電壓 85 V より系統電壓 109 V に平衡させたときのオッシログラムであり、第 4 圖は動作特性である。

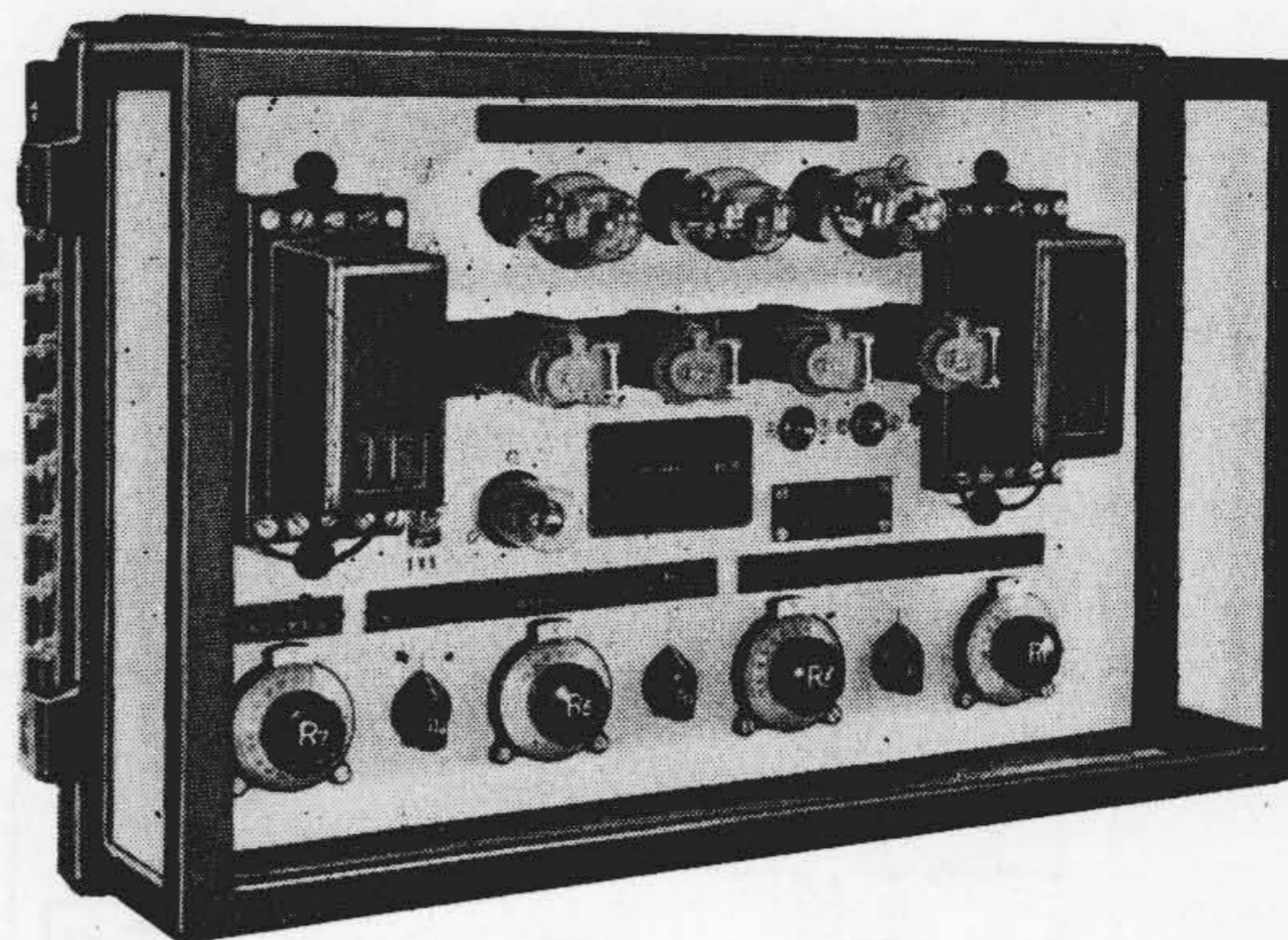
(2) VDF 型自動揃速装置

系統、發電機兩周波數の差を検出して、ガバナーモーターを制御し、兩周波(數)を一致させるように動作するのが本装置で、従來の差動齒車式に代るものである。

系統三相線間電壓  $E_a, E_b, E_c$  と、發電機一相電壓  $E_a'$  との合成電壓は、兩電壓の唸周波數をもち振幅の最小値となるのは、發電機周波數の小なるときは  $(E_a - E_a')$   $(E_b - E_a')$   $(E_c - E_a')$  の順となり、發電機周波數の大なるときは  $(E_a - E_a')$   $(E^b - E_a')$   $(E_b - E_a')$  の順となる。第 5 圖の内部結線圖に示された  $T_1, T_2, T_3, T_4$  はこの唸電壓を發生するものであり熱陰極格子制御放電管  $T_{y1}, T_{y2}, T_{y3}$  は何れの周波數が高いか、又その度合を検出するものである。系統周波數より發電機周波數の小なるときは、 $T_{y1}$  について  $T_{y2}$  が放電し  $C_1$  の充電々流によつて  $R_{y1}$  が動作する。發電機周波數が大なるときは、



第 7 圖 山邊發電所納自動揃速裝置  
Fig. 7 Automatic Speed Matcher for Yamabe P.S.



第 8 圖 山邊發電所納自動同期繼電裝置  
Fig. 8 Synchronous Relay for Yamabe P.S.

$T_{y1}$  について  $T_{y3}$  が放電し  $R_{y2}$  が動作する。かくて唸周期をもつて  $R_{y1}$  又は  $R_{y2}$  が動作し、發電機回轉速度を加減する。一唸周期における操作量は  $C_1$  及び  $C_2$  の容量を切換えて適宜の値をとらせることが出來、周波數差が一定値以上の場合は連續操作も可能である。第 6 圖は系統周波數より發電機周波數が小なるときの放電管繼電器の動作順序を示す原理圖である。

本装置は検出要素として唸周波數をとるから、系統電壓、發電機電壓の電壓値の影響少く、それぞれ定格値の  $\pm 20\%$  以内であれば、完全なる揃速動作をなす。第 7 圖は本装置の外觀を示す。

(3) 自動同期繼電裝置

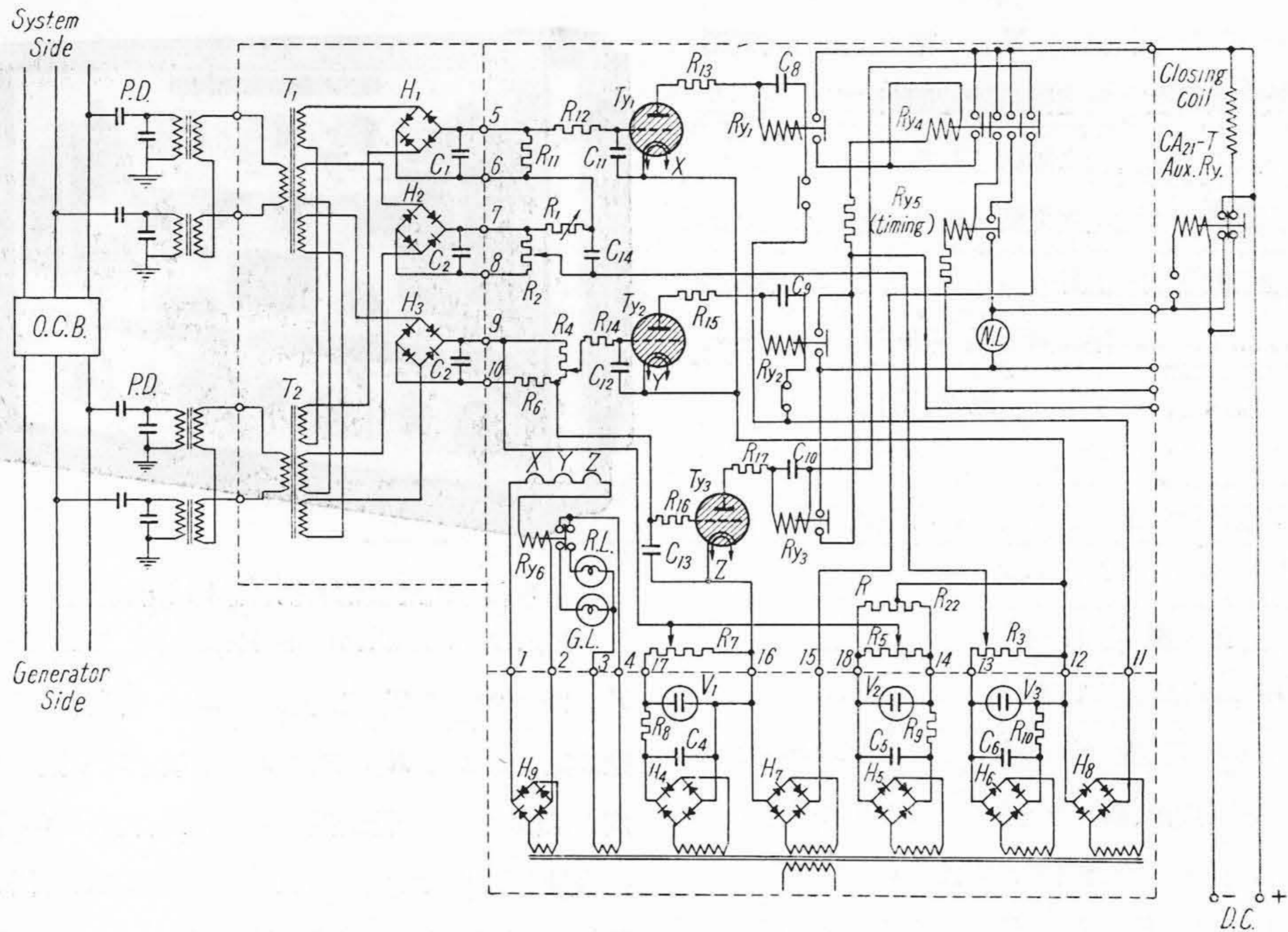
自動揃速装置及び自動電壓平衡裝置の動作によつて、周波數及び電壓値がほゞ等しくなつたとき、同期閉合用開閉器の投入所要時間を見込んで、その閉合線輪を閉ずるのが本装置である。

第 8 圖及び第 9 圖は本装置の外觀及び内部結線圖を示す、動作の詳細は先に發表された通りである<sup>(2)(3)</sup>。

熱陰極格子制御放電管  $T_{y1}$  は系統發電機周波數差に比例的に放電開始時期が變化し、放電管  $T_{y2}$  は周波數差に逆比例的に放電開始するように、各々の格子に變成器二次電壓を加えている。

第 10 圖は山邊發電所納入品の特性を示すもので、I 特性は  $T_{y1}$  によつて、II 特性は  $T_{y2}$  によつて與えられる。I, II 特性の交點の周波數より小なる周波數差になつたとき、本装置は閉合許容の條件を作り、より大なる周





第 9 圖 自動同期繼電裝置結線圖 Fig. 9 Connection Diagram of Synchronous Relay.

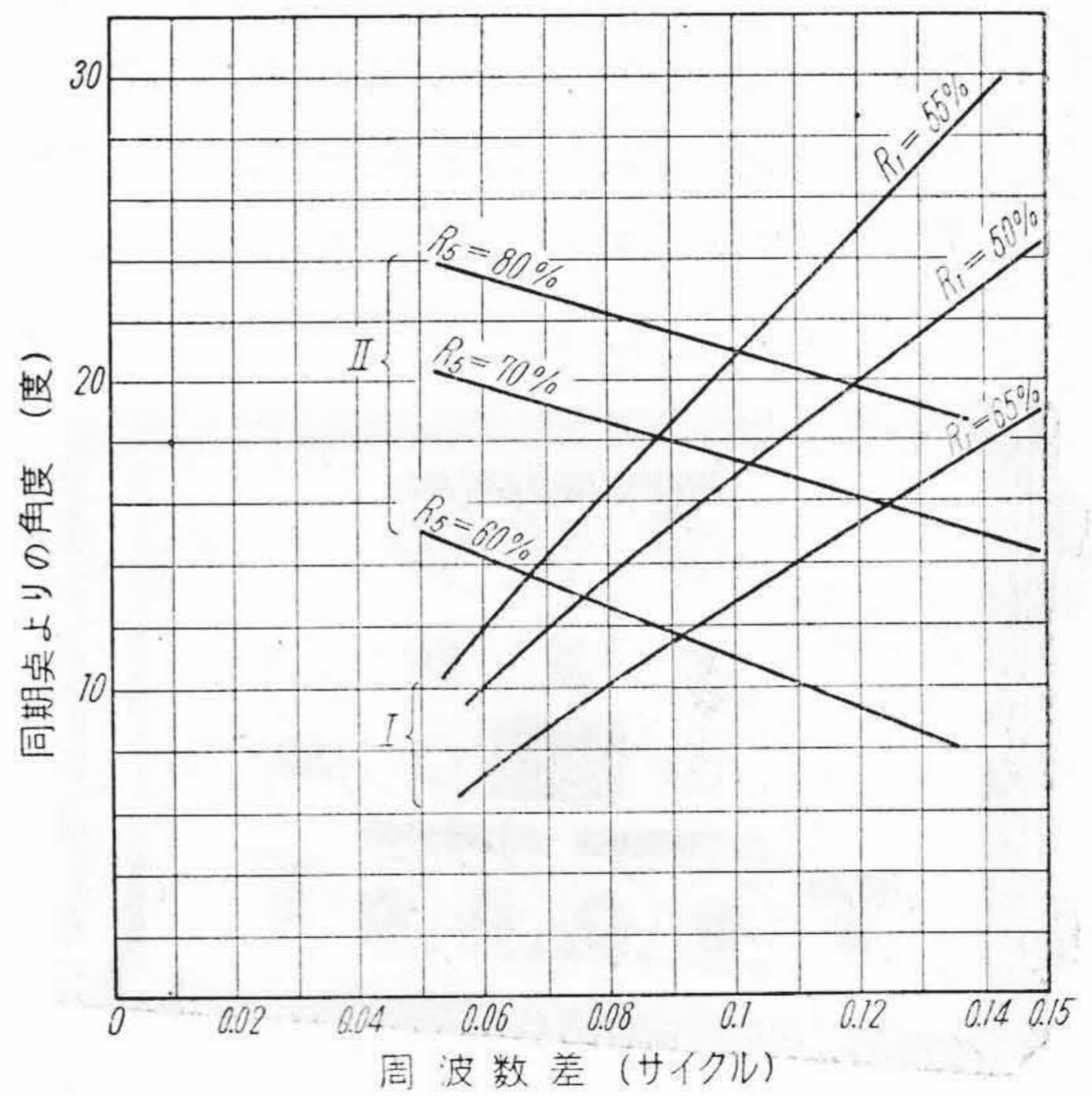
波數差では閉合を阻止する如く繼電器を組合せている。閉合用開閉器の投入所要時間に應ずる如く  $R_1$  を整定し、閉合を許す最大周波數に應じて  $R_5$  を整定すれば、的確なる閉合装作が行われる。

更に放電管  $T_{y3}$  は系統周波數急變のため相対的な位相回轉方向が反轉し、皮相的に同期化の條件が満足されることがあつても、かくの如き不安定な場合は閉合を阻止するものである。

以上の三装置により所内發電機を 220 V 線路に閉合せしめた時のオッシログラムは第 11 圖に示す如くである。系統側變成器からの所要入力はい各相 8 VA 發電機變成器からは 13 VA である。

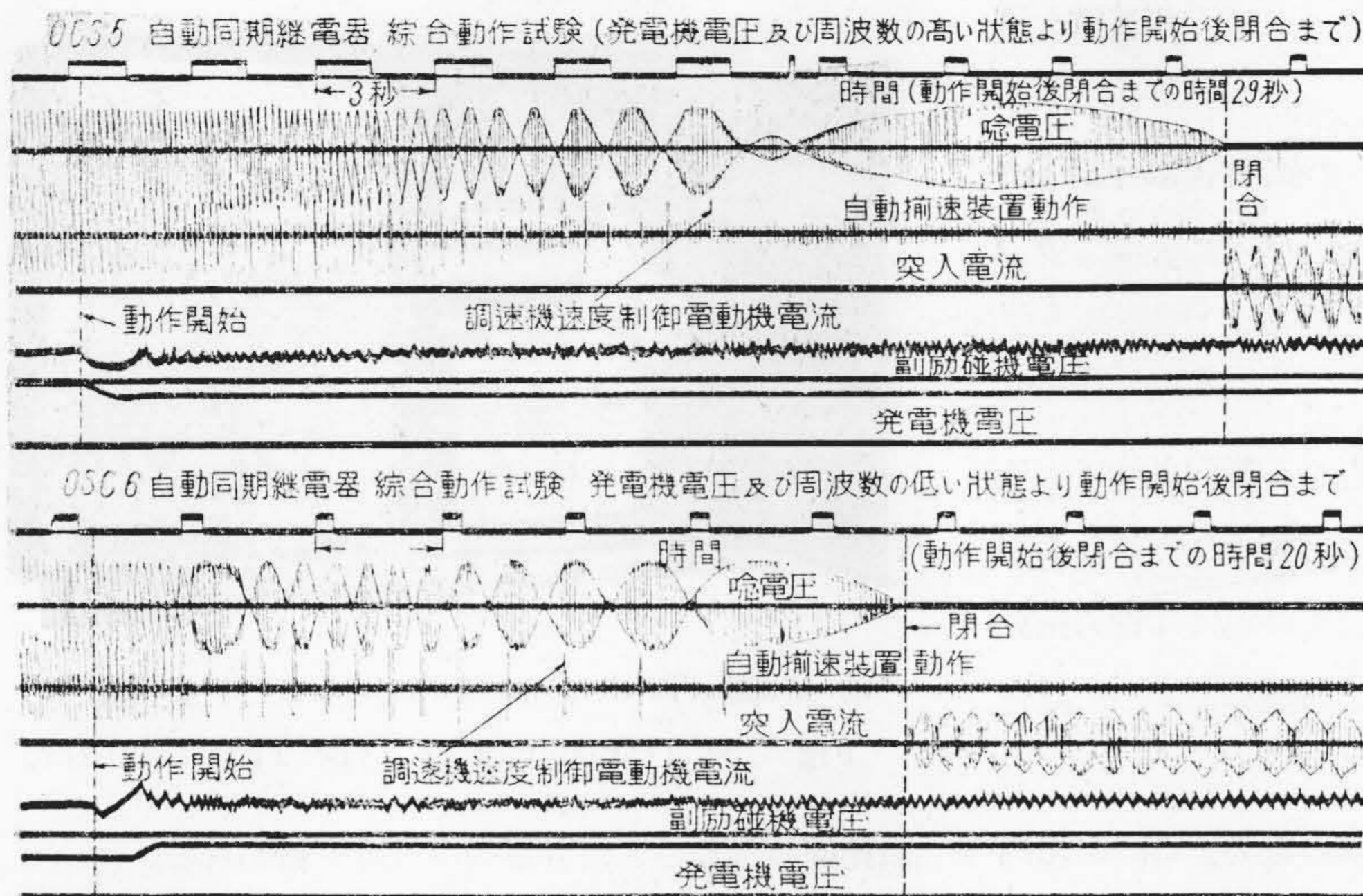
なお各装置中の熱陰極格子制御放電管織條は水車起動と同時に加熱され、検出部電壓並に陽極電壓は發電機電壓が定格値の 80% になつたときに與えられるよう制御されるが、點檢時には同一盤上に配置したタンブラスイッチ及び切換スイッチによつて任意に與えることが出来る。又放電管は各装置毎に直列に接續し、何れか斷線の場合は動作を中止し、表示赤ランプを點じ、誤動作の心配はない。放電管を取替える必要が生じたときは、試

驗回路によつて點弧特性を測り、固定偏倚電壓を補正するようにしてあるから、初心者にも極めて容易に取扱える。



第 10 圖 自動同期繼電裝置放電管點弧特性 Fig. 10 Operating Characteristics of  $T_{y1}$ ,  $T_{y2}$  in Synchronous Relay.



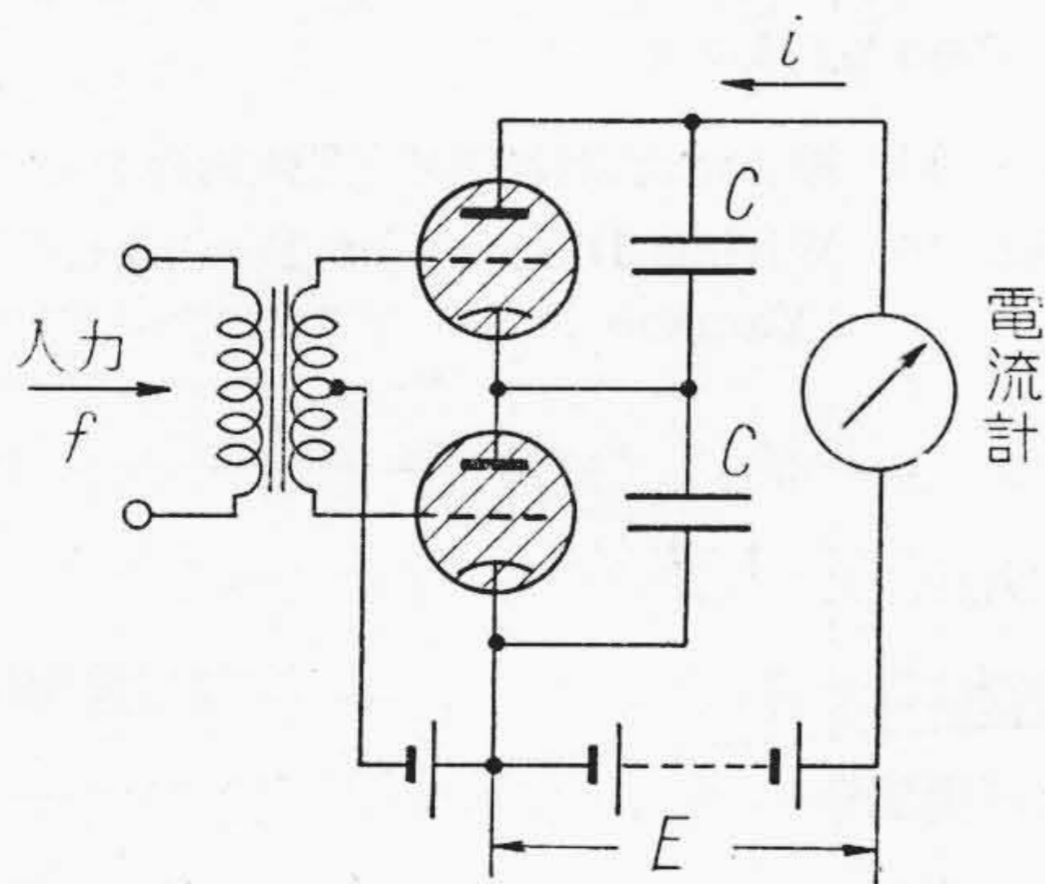


第11圖 自動同期化装置による閉合状態のオツシログラム  
Fig. 11 Examples of Oscilogram shows Automatic Synchronizing.

〔Ⅲ〕 綜合電力計及び遠隔水位指示計

測定における電子管の應用は研究室、實驗室にては廣く行われているが發電所等の現場の計測については未だ普及されていないようである。今回國鐵山邊發電所に納入した TFP 型綜合電力計及び TFL 型水位指示計は電子管によるものでその概要を説明する。

電子管使用によつて測定を行うに當つては電子管の特性變化が指示に影響を與えず又たとえ影響がある場合も容易に檢定補正ができることが必要な事項であらう。今回製作したこれらの装置は周波數法に屬する遠隔測定の



第12圖 蓄電器充放電型周波數計原理圖  
Fig. 12 Schematic Diagram of Condenser Type Frequency Meter.

應用であつて中間に用いられる真空管回路はその特性の變化はほとんど指示に影響を與えず、指示計を動作させる周波數計回路には熱陰極格子制御放電管が用いてあるが、この特性の變化は直ちに誤差を生ずることゝなるのでこれは容易に補正することができるように考慮してある。

(1) 蓄電器充放電型周波數計

これらの計器は既に發表した TFP 型衡流式遠隔測定装置<sup>(4)</sup>と同様なもので指示計器を動作させる主要な部分は蓄電器充放電型周波數計である。周波數計回路は第12圖に示す如きもので蓄電器、放電管より構成されるもので、交流入力各半週期毎に放電管は交互に起動して蓄電器は充放電される。この充電電流の平均値  $i$  は

$$i = 2fc(E - e)$$

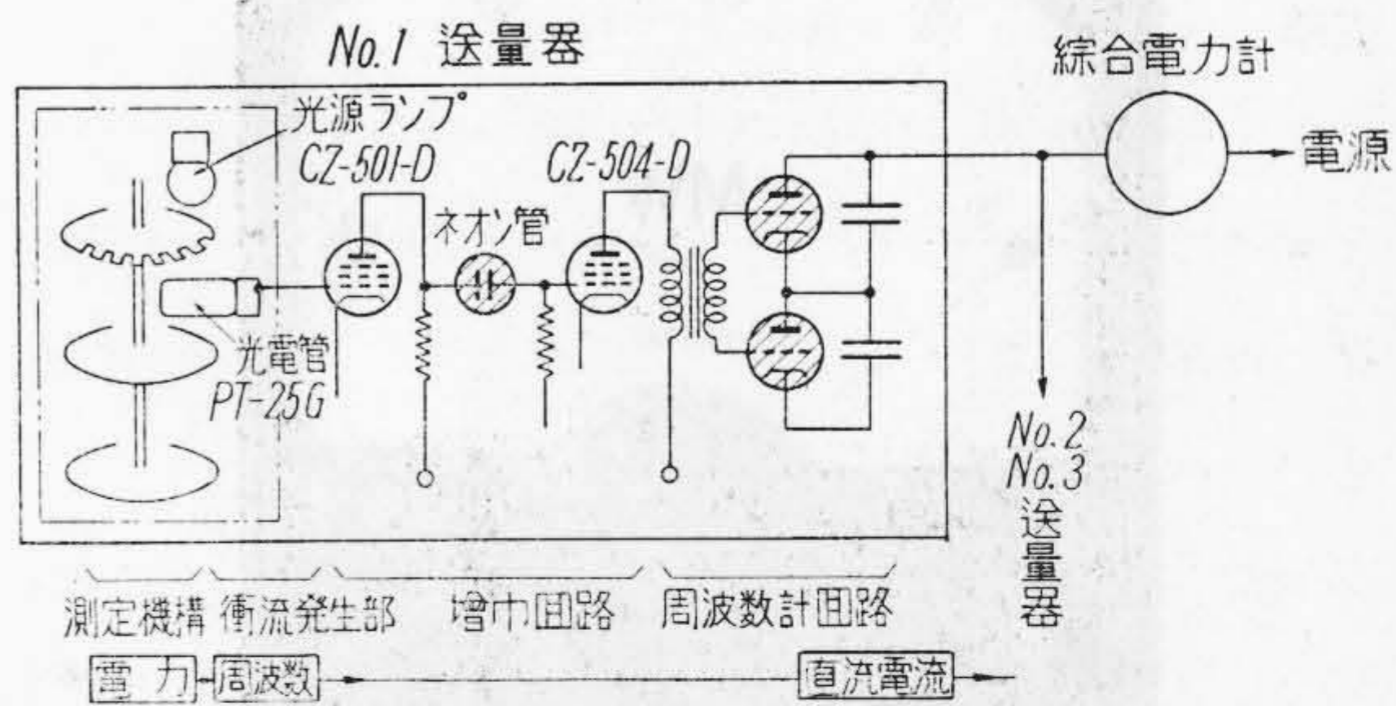
ここに  $f$  : 周波數  $e$  : 蓄電器の容量

$E$  : 蓄電器に加えられる電壓

$e$  : 放電停止時に蓄電器に残留する電壓

として表わされ、交流の入力、波形に影響なく周波數に比例した直流電流として求められるから、充電回路に挿入された電流計によつて周波數を直讀できる。

この周波數計回路は回路の時定數を適當に選ぶことに



第13圖 TFP 型綜合電力計原理圖  
Fig. 13 Schematic Functional Diagram of Type TFP Totalizer.



より數サイクルより十數キロサイクルまでの周波數を測定することができる。

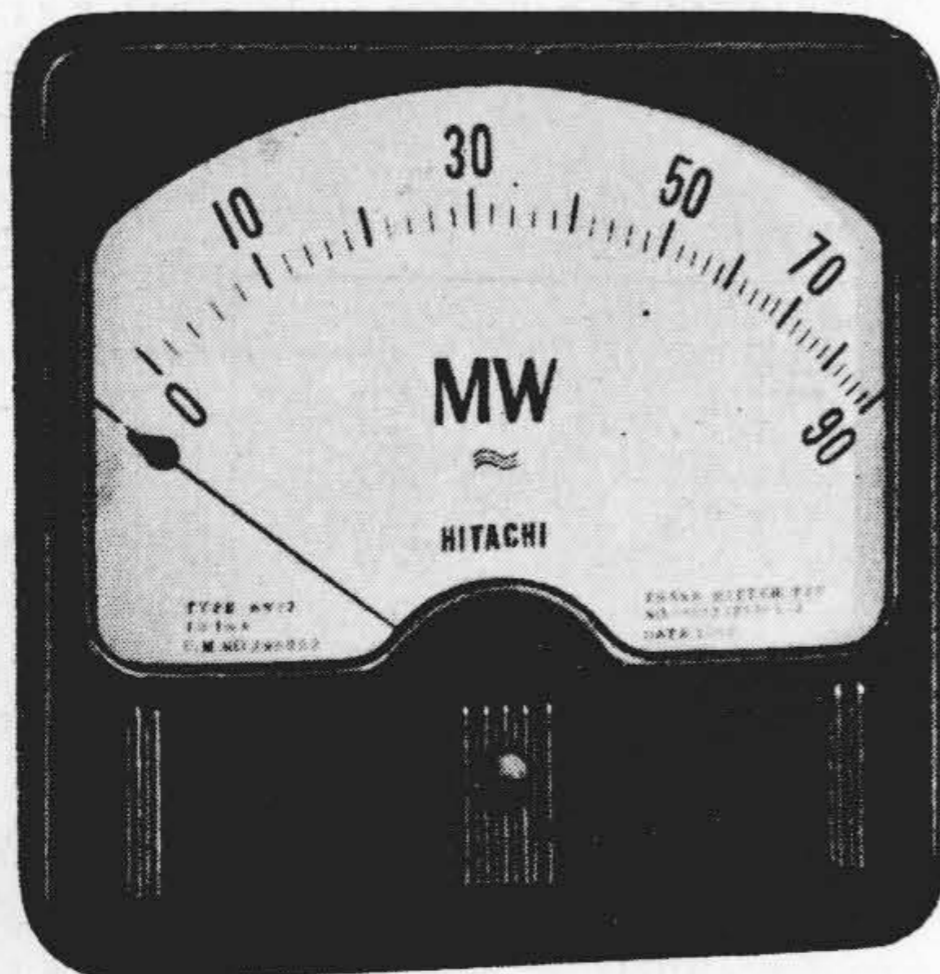
尙上式にてあきらかな通り  $E, c$  の値は常に一定とすることができるが、 $e$  の値は放電管の個々によつて多少の差異があるので補正装置を設けてある。

(2) TFP 型綜合電力計

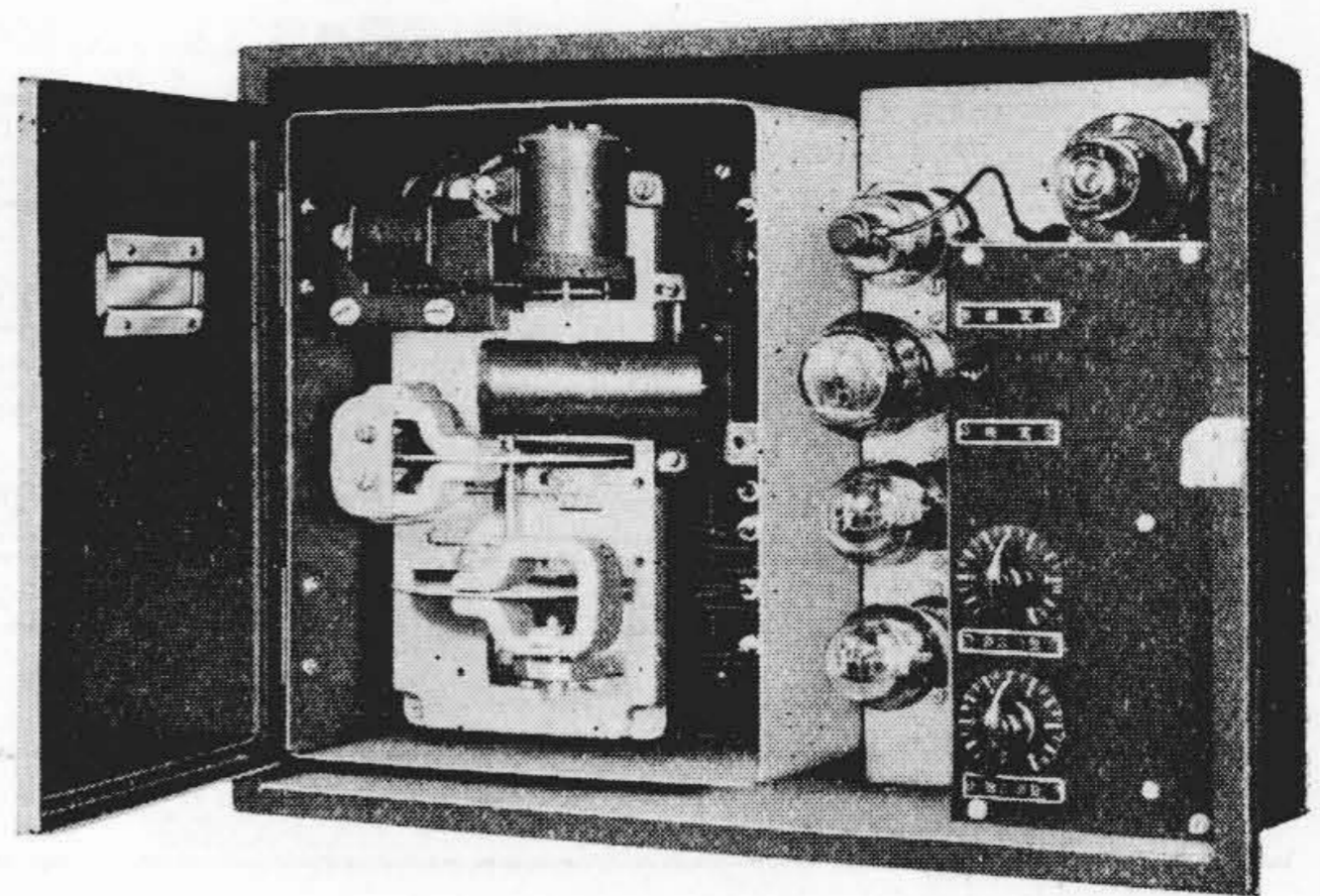
電力の綜合方式としては各種のものが製作されているが要は各系統の線路電壓、力率等に影響されることなく正確に行われることが必要である。この爲には電力量をこれと比例する他の量に變換してその總和によつて綜合を行うものである。

本綜合電力計は綜合すべき各系統の電力をこれと比例する周波數を持つ衝流に變え、この周波數を蓄電器充放電型周波數計にて測定しこの出力直流電流の和によつて電力の綜合を行つている。本装置は各系統毎に設けられた送量器とこれに収められた周波數計回路の電源を各系統へ共通に供給する電源部より構成される。(第 13 圖) 測定機構としては誘導型三相積算電力計と同く同様な機構でこの主要部は既に定評のある日立 Y-2 型積算電力計が用いられる。

この電力計の圓板の周邊に設けられた溝によつて光源ランプよりの光束を斷續して、光電管へ投射して光電衝流となし、これを増幅しれ周波數計回路え加える。(1)にて述べた通りの動作により周波數計回路の充電電流は周波數に比例するから、各系統の送量器に共通に接続された電源部より供給された直流電流は各系統の電力の和



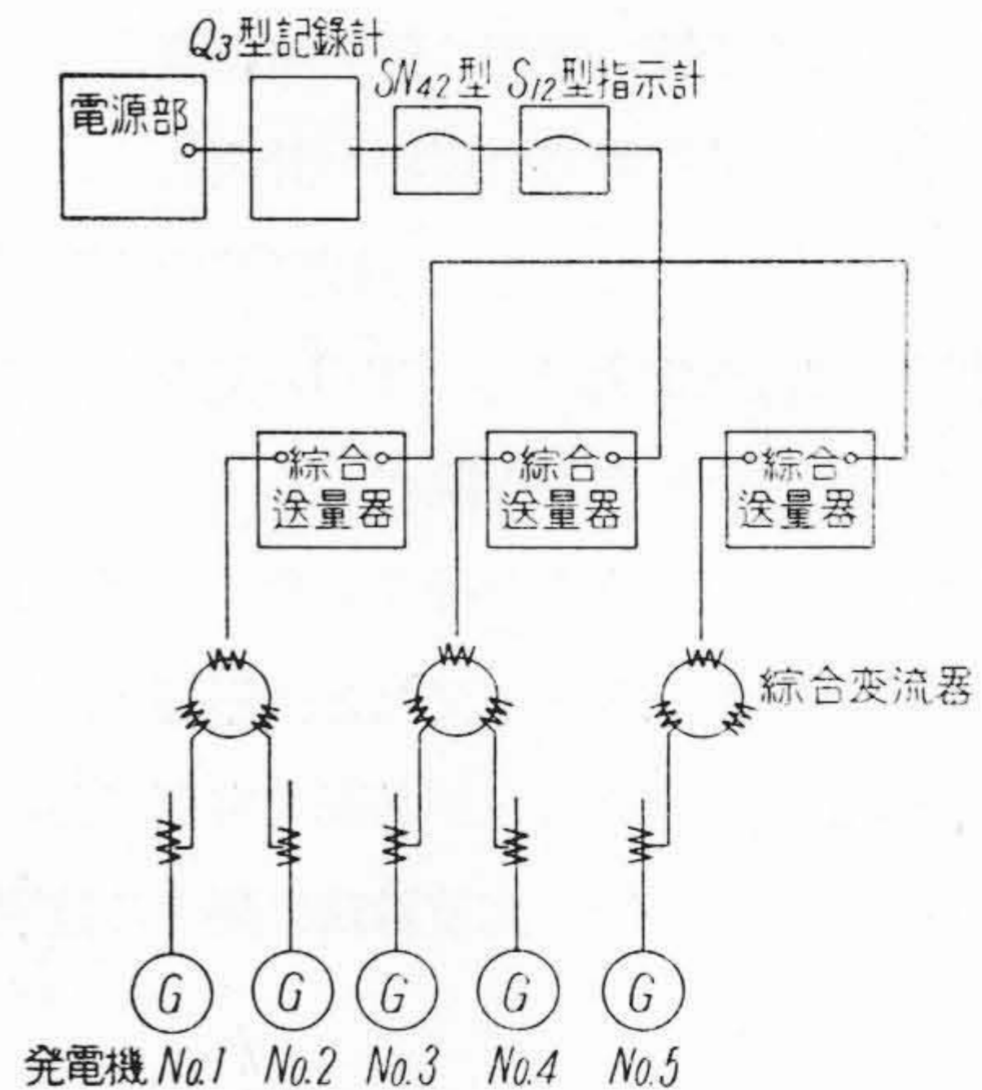
第 14 圖 SN<sub>12</sub> 型綜合電力計  
Fig. 14 Type SN<sub>12</sub> Totalizer.



第 15 圖 TFP 型綜合電力計送量器  
Fig. 15 Transmitter of Type TFP Totalizer.

に比例したものとなり電力の綜合が行われる。

國鐵山邊發電所納のもの、仕様は 28,000 kVA 發電機 3 臺及び 5 臺の電力の綜合を行うもので、主配電盤水車室監視机にそれぞれ Q<sub>3</sub> 型記録計、SN<sub>12</sub> 型指示計、SN<sub>42</sub> 型指示計が採用された。尙本装置は第 16 圖の如く

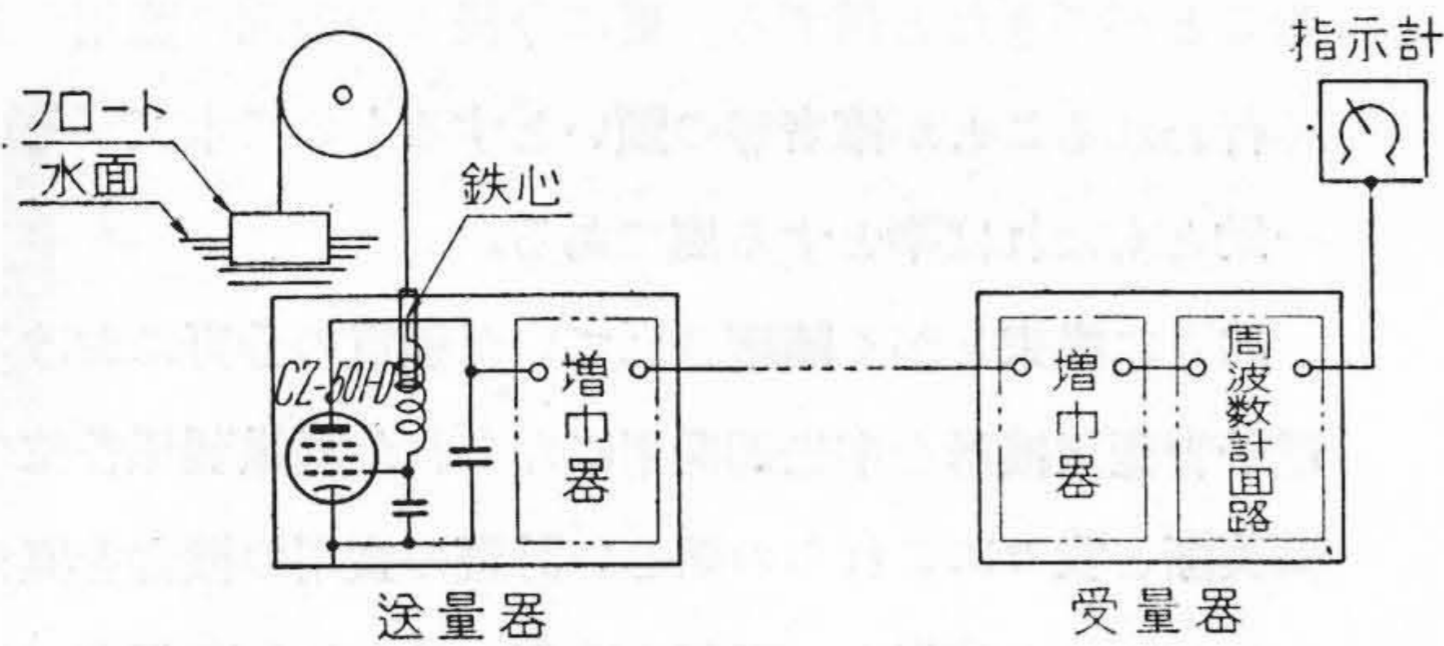


第 16 圖 綜合電力計接續圖 (國鐵山邊發電所)  
Fig. 16 Wiring Diagram of Totalizer.  
(Yamabe P.S.)

發電機 2 臺を一群として變流器綜合を行つた上 TFP 型綜合電力計によつて測定を行うものである。

本装置は電子管を用いたもので、積算電力計機構を除いては可動部分がなく、又電氣接點が含まれないので取扱保守が容易である。電力を周波數に變換する部分は各系統毎に分れているので負荷の廣い範圍に汎つて一樣に正確に綜合を行うことができる。又積算電力計と同様の





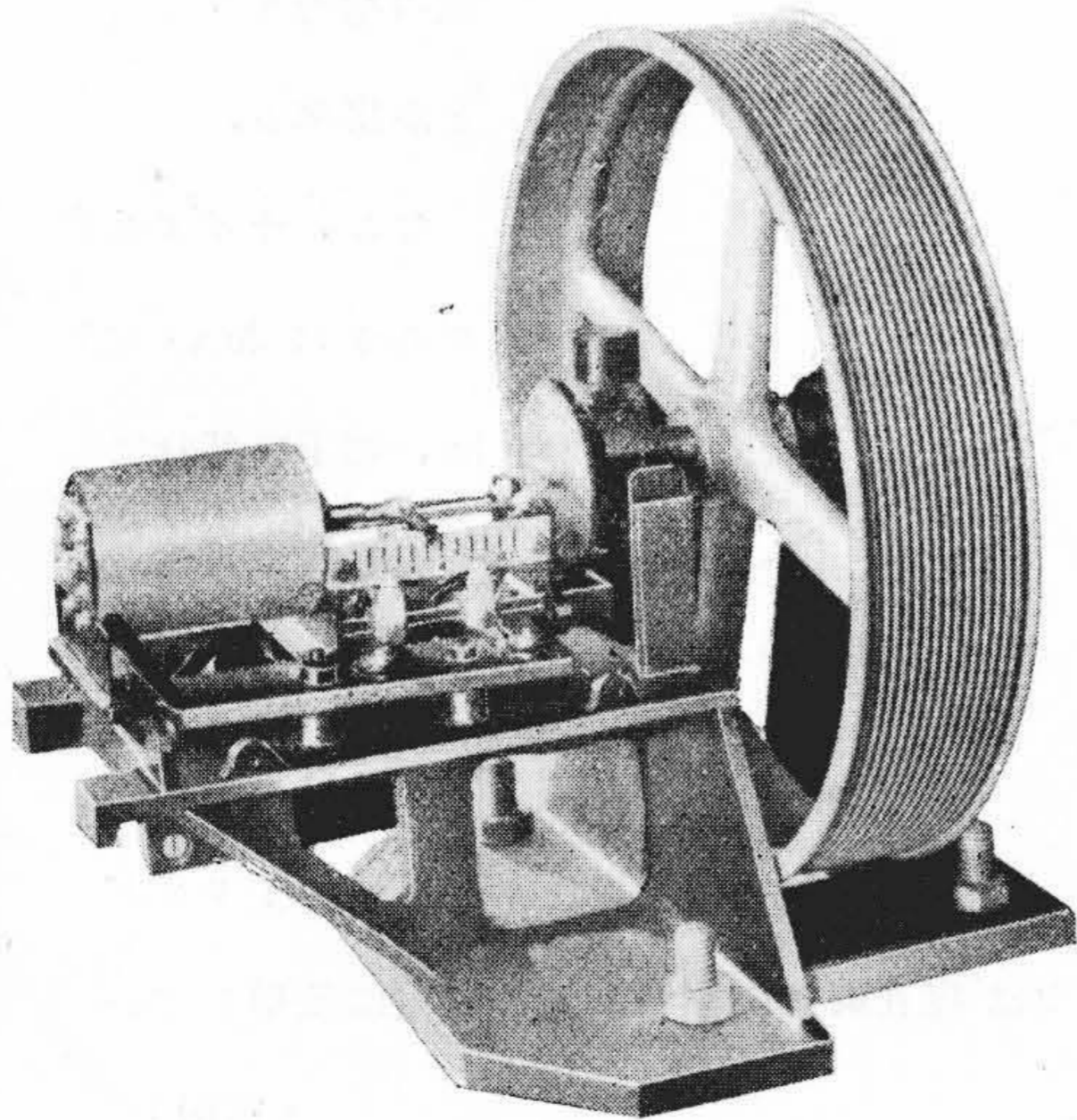
第 17 圖 TFL 型遠隔水位指示計原理圖  
 Fig. 17 Schematic Functional Diagram of Type TFL Water Level Telemeter.

取扱によつてこの變換部分の精度の檢定が容易に行うことができる。

周波數計回路の更正は本装置の衝流の周波數を商用周波數に選定してあるので、商用電源を周波數計路に加えて檢定補正を行うことができるので、放電管の特性の差異は問題とならない。尙増幅回路に用いられる増幅管の特性は指示には全く關係しない。

(3) TFL 型遠隔水位指示計

従來水位の遠隔測定装置としてはセルシンモーターによる D<sub>21</sub> 型水位指示計が廣く用いられているが専用連絡線を必要とする。これに反し本装置は電話線等の他の連絡線に添架して水位の遠隔測定を行うために製作されたものである。

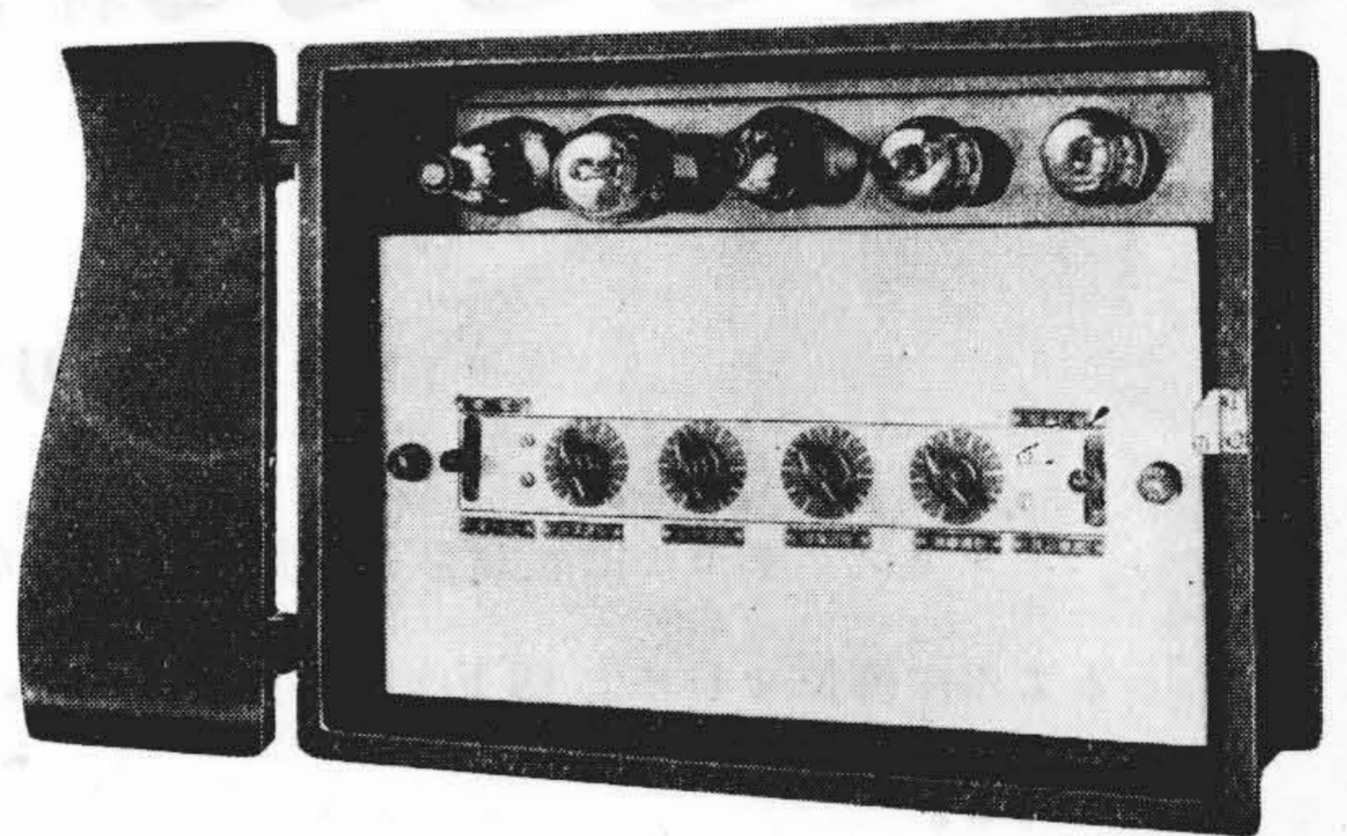


第 18 圖 TFL 型水位送信器  
 Fig. 18 Transmitter of Type TFL Water Level Indicator.

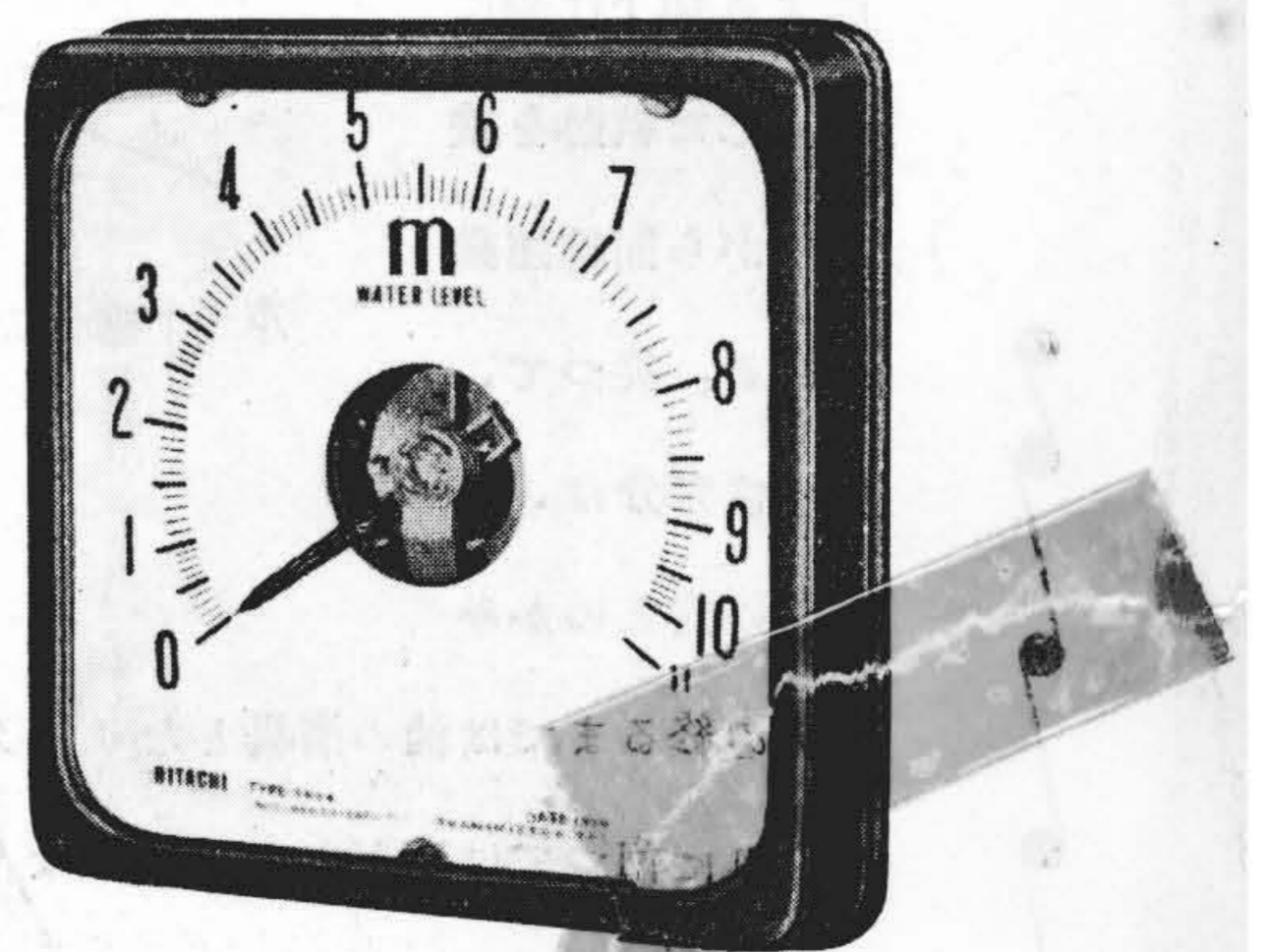
本装置は周波數法による遠隔測定で、通信線に添架する關係上 3000~6000 の範圍の周波數が用いられる。第 17 圖に示す原理圖の如く、水位の變化によつてソレノイド中の鐵心を移動し、このインダクタンスの變化によつて真空管發振器の發振周波數を變へこの周波數を傳送して、蓄電器充放電型周波數計によつて測定を行うものである。發振回路はコルピット回路を採用し、發振周波數はソレノイド中の鐵心の位置を適當に選ぶことにより水位の變化と略々比例的の關係となし、計器の目盛は均一目盛に近くすることができる。

國鐵山邊發電所納のものは貯水槽の水位を測定するもので、指示計としては R<sub>24</sub> 型計器が用いられる外に、SR<sub>24</sub> 型廣角度計器が用いられた。

本装置真空管の特性はほとんど指示には影響しない。



第 19 圖 TFL 型水位指示計受量器  
 Fig. 19 Receiving Device of Type TFL Water Level Indicator.



第 20 圖 SR<sub>24</sub> 型水位指示計  
 Fig. 20 Type SR<sub>24</sub> Water Level Indicator.



放電管の互換性については受量側において増幅回路を發振器として切換え、豫め調整せられた同調回路によつて特定の周波數を發振して周波數計回路の更正を行い容易に補正することが出来る<sup>(5)</sup>。

### [IV] 結 言

以上近く運轉が開始される國鐵山邊發電所に御採用になつた電子管應用の機器について紹介した。電子管の利用は更めて述べるまでもなく多くの利點があるが、いわゆる強電の分野においては餘り廣く用いられていない。今回納入を見た機器については電子管の應用としてはさして目新しいものではないが電子管としてこの特質を活用し又その不安については適當な手段によつてこれを除くことができ、電子管の應用の分野について一步進

むことができたと信ずる。更に今後この方面の應用が廣く行われることが筆者等の願いとするもので本文がその一助ともなれば幸とする處である。

終りに從來とかく躊躇されていた強電の分野における電子管應用機器を卒先御採用になられた國鐵關係各位の御英斷と我々にこれらの新しい計畫の實用の機會を與えられたことを感謝し、又製作監督に當られた監督官の方々に本文を借りて厚く御禮を申上げるものである。

### 参 考 文 獻

- (1) 日立 第 12 卷 5 號
- (2) 小林 近野、竹村 日立評論 32, 741
- (3) 小林 近野、竹村 日立評論 32, 876
- (4) 鳥田 日立評論 32, 1
- (5) 瀨田 實用新案申請中

## 特 許 紹 介

特許第 185993 號

安 井 厚

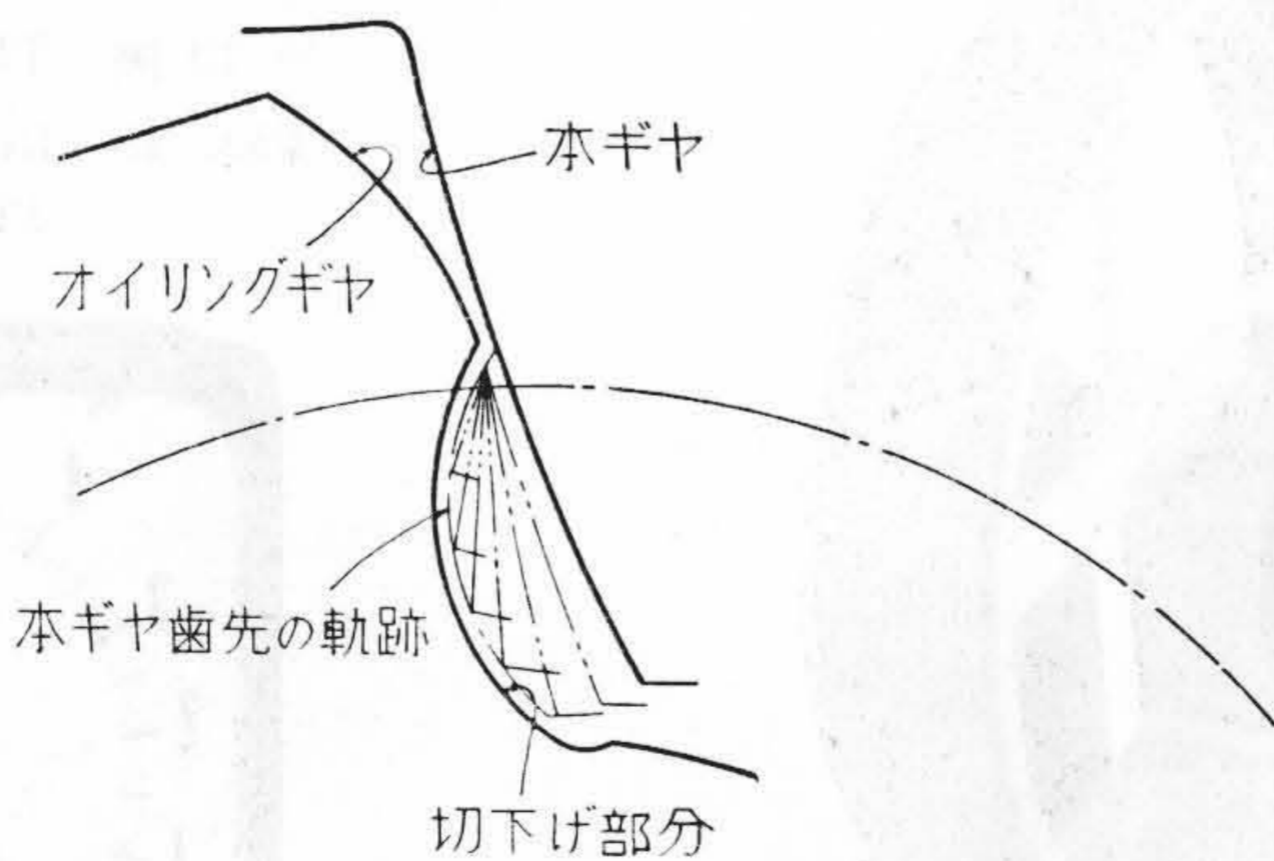
### オ イ リ ン グ ギ ヤ

オイリングギヤの齒底圓を基礎圓内の適當なところに轉位せしめて切下げ部分を設けたものである。

外にかき出される。このように、このオイリングギヤを使用すれば、特別の工作をせずに給油

本ギヤのカッタの齒先は、カッタによる切下げ線に接近した軌跡を畫きながら回轉運動をする。従つて、切下げ部分は、本ギヤの齒とのかみ

合いの終るまでは油の溜場となり、又かみ合いの終りに向つては本ギヤの齒先によりその油は



量の増加をすることが出来る。

なお、オイリングギヤにおいては、切下げ部分による強度の減少及び接觸率の低下は問題にならない。

このオイリングギヤは 現在萬能土堀機の減速裝置に使用している。(富田)