

水力発電所の遠方監視制御

三 田 勝 茂*

Supervisory Control System for Hydraulic Power Stations

By Katsushige Mita

Kokubu Branch Works, Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The supervisory control system has come to attract special attention of the industry in postwar days and now is in extensive use in the interest of the rationalization of electric power system control.

This system, fundamentally resorting for function to a few line wires and two supervisory control sets, each installed in the controlling station and the controlled one, has made feasible a perfect remote control by the former station of the latter which may be operatorless power station or substation.

And the convenience of operation and the economy in the plant running expense derived from the use of this system far more than justify a little higher installation cost of the system.

Since the war end, Hitachi, Ltd., developing an improved relay type supervisory control system with testified reliability and easy maintenance, has already supplied it for eight power stations and substations.

In this article, the outline of this system and some examples of its actual application are described.

〔I〕 緒 言

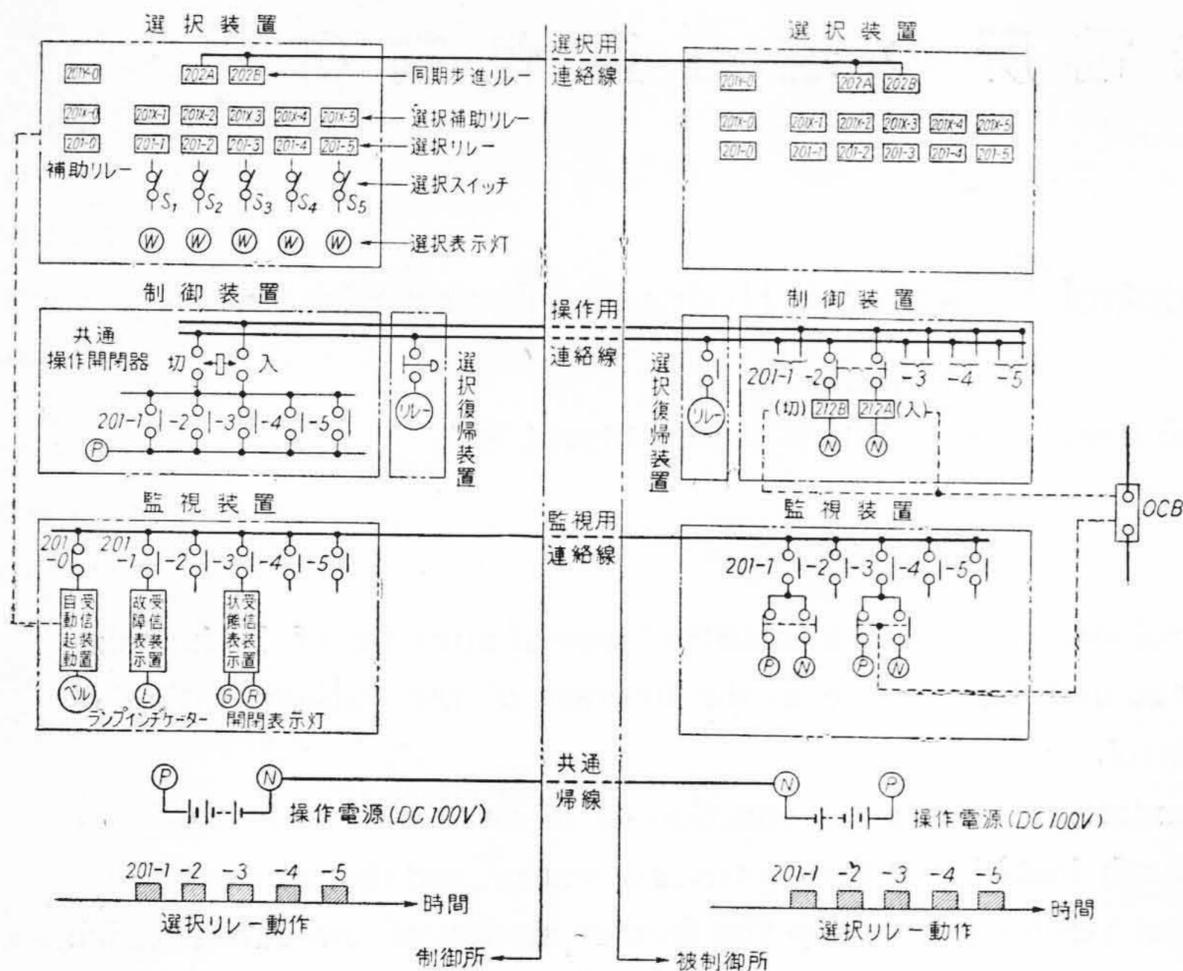
天然資源に乏しい我国にとって水力資源の開発は焦眉の急務であり、現在着々としてその計画実施が進行しつつあるが、これに伴う多数の発電所の建設と共に電力の合理的運用という面からその総合運転が益々強く要望される現状にある。これがためには遠方監視制御方式による発電所の運転が最も当を得たものであり、本方式によれば制御される発電所は無人、或いは保守の要員に止め制御所より水位、発電機の出力等の諸量を計測しつつ意のままに遠方操作を行うことができる。従つて電話連絡による場合の如く繁雑さが無く、あたかも直接制御と同様に遠隔地の発電所を制御し得るわけで極めて適確な発電所の総合運転が可能となる。諸外国に於ては既に本方式が広く採用されているが、我国に於ても最近本装置の信頼度の向上と本方式に対する斯界の理解、認識が高まり各所に続々採用されるようになった。

日立製作所は戦後我国初めての保守簡便にして応用性の広い継電器型遠方監視制御方式を開発し各方面に納入してきた。特に発電所に対するものとしては昭和26年東京電力株式会社塩川発電所納、昭和27年四国電力株式会社小村発電所納、昭和28年同松尾川第一発電所納等の実績を有し本方式の普及に貢献してきたが、今後益々遠方監視制御方式が採用される機運にあり、こゝに日立継電器型遠方監視制御方式の大要を述べ、併せて本方式の水力発電所に対する応用例を紹介する。

〔II〕 日立継電器型遠方監視制御装置

日立継電器型遠方監視制御装置の大要は第1図（次頁参照）に示す如くであつて、制御所、被制御所間に選択用1、操作用2、監視用1、共通帰線1の計5本の連絡線を使用し、又電源としては直流100V（数AH程度）を必要とする。本装置は選択装置、制御装置、監視装置の3つに別れ、これ等は総て同一タイプの電力用として特製せられた電話型継電器より構成されている。

* 日立製作所日立国分分工場



第1図 日立継電器型遠方監視制御装置説明図

Fig. 1. Illustration Diagram of Hitachi Relay Type Supervisory Control System

第1表 制御所、被制御所間の距離と連絡線線径
Table 1. Diameter of Supervisory Control Cable According to the Distance between Controlling and Controlled Stations

制御所、被制御所間距離 (km)	連絡線線径 (ϕ mm)
0~ 4	0.9
4~ 8	1.2
8~16	1.6
16~24	2.0

遠方監視制御を行うためには制御所、被制御所間の連絡線は経済上数本に限る必要がある。選択装置は操作及び監視のための共通の連絡線を所望機器用に切換えるためのものであり、選択用連絡線、共通帰線の回路を通じて応動する。共通の操作用連絡線は選択装置の選択リレーにより切換えられ、共通帰線を通じて所望機器の遠方操作を行うに使用し、又監視用連絡線も同様選択リレーにより切換えられ所望機器の監視を行うものである。

本装置に必要な連絡線の線径は第1表の如くであつて、約 25 km 程度迄は有線による方式が経済的であるがそれ以上に於ては搬送方式によりこの遠方監視制御装置に搬送装置を附加し電力線、或は通信線搬送方式による方が経済的に有利である。以下日立継電器型遠方監視制御装置の動作に就いて述べる。

(1) 選 択

制御所から所望機器を遠方操作する場合、上述の如く操作及び監視用連絡線は各機器に対し共通である故先づ機器の選択を行い、これを所望機器に切換える必要があり、誤操作等を絶無にするため確実に選択が行われたことを確認してから操作されねばならない。

本方式は選択と遠方操作の二段操作方式となつており、又選択方式としては継電器同期方式を採用し、制御所、被制御所間に於て一步、一步同期を確認し、制、被の相対する選択リレーを同時に動作させつゝ選択進行を行う故極めて確実な方式で、選択装置、連絡線等の不具合により誤選択、誤操作を行うことが無いのを特長としている。

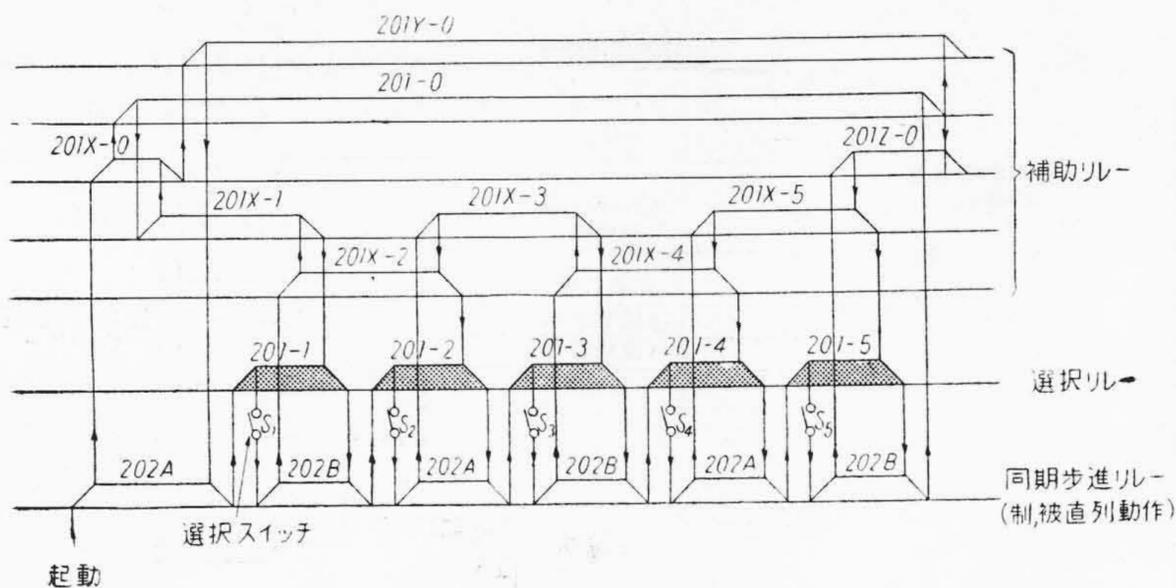
選択操作を行うには第1図に

示す制御所の選択スイッチを選択側に倒せば選択用連絡線、共通帰線を通じて制、被の選択装置が応動し、両所の選択リレーを同時に動作させつゝ進行し、選択スイッチを倒した位置に来ればその選択スイッチに対応する選択リレーが動作した状態で停止する故共通の操作及び監視用連絡線はその機器に専用となり、後に述べる如く任意に遠方操作及びその状態表示を行うことができる。

選択装置進行動作の大要は第2図の如くであつて、制、被直列に動作する同期歩進リレー 202 A, B により制、被の選択リレーは順次信号の授受を行い動作してゆく故、選択装置の不具合等の場合にはその位置に停止する。而して所望機器が選択されたことは制御所の選択スイッチに附属する選択表示灯により表示され、又この時に於てのみ遠方操作可能なる如く操作回路がインターロックされているから確実に選択されたことが自動的に確認される。この選択に要する時間は1選択平均 0.28sec 程度の高速となつており、多数機器の操作に際しても極めて僅少の時間内に選択が可能であり、又実際には一循の選択動作中に選択順序に従い逐次幾つもの機器の遠方操作を行い得るので所要選択時間は殆ど問題とならない。

(2) 操 作

所望機器の選択が終れば共通の操作開閉器により第1図に示す如く2本の操作用連絡線により任意に機器の操作を行い得る。尙この操作は被制御所に於ては電力用継



第2図 選択進行順序説明図
Fig. 2. Sequence Diagram of Selection Device

電器を介して行われる。

遠方操作により発電機の手動同期を行う場合には水車の速度調整を行い乍ら同期用遮断器を投入する必要がある、この場合には第5図(次頁参照)に示す如く特別操作連絡線を使用する。

(3) 監視

上述の如く操作開閉器により被制御所の機器を操作した場合には共通の監視用連絡線も同時にその機器用に切換えられている故これを通じて直ちに制御所の状態表示受信装置に信号を伝達しその状態表示の更新を行う。

遠方操作による場合でなく、常時に於て遮断器の自動遮断、故障の発生等の被制御所機器の状態変化が発生した場合には、被制御所より監視線を通じて信号を送り、制御所の自動起動受信装置を動作させ、警報を行うと同時に選択装置を自動起動させる。而して選択装置が一循環中、制、被の相対応する選択リレーが同時に動作している間に監視用連絡線を通じて被制御所より制御所に信号を送り表示を行う。故障が回復した場合は全く同様である。一般に遠方操作を行わず被制御所の状態或は故障を表示するものは選択位置のみを設け制御所の選択スイッチは設けない。

上述の故障或は状態の表示は選択装置が動作中に於てはその状態変化の発生により制、被の選択復帰装置を被制御所より動作させ、選択装置を復帰再起動する方式となつていたので制御所より遠方操作を行う場合にも操作の寸前迄被制御所の状態を把握出来、又故障等が相次いで

発生してもこれらを総て遅滞なく表示することが出来る。

この選択復帰装置は制御所の選択復帰用釦スイッチによつても動作させることが出来、多数の機器を操作する場合選択装置を任意の位置から復帰再起動出来るので便利であり、又更に万一選択装置に不具合の場合が生じてても制御所より復帰再起動できる。

(4) 試験装置

本装置は被制御所運転中に於ても制、被連繫或は制、被単独

にて自由に選択及び監視試験を行い得る如くなつている。

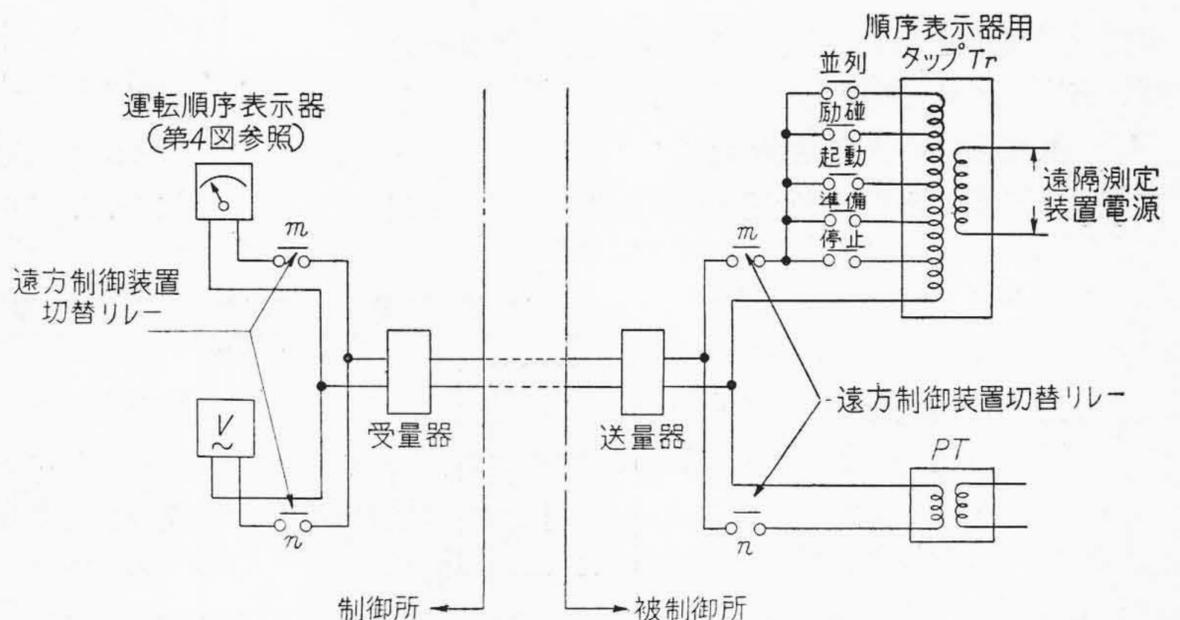
(5) 運転順序表示

発電機の起動、停止は他の機器と異なり比較的長時間を要し、又遠方操作に於ては入口弁開より並列迄自動操作によるのが普通であるから発電機の起動、停止の際に於てその状態を制御所に於て把握できれば極めて好都合であり、又信頼度の高い遠方操作が可能となる。

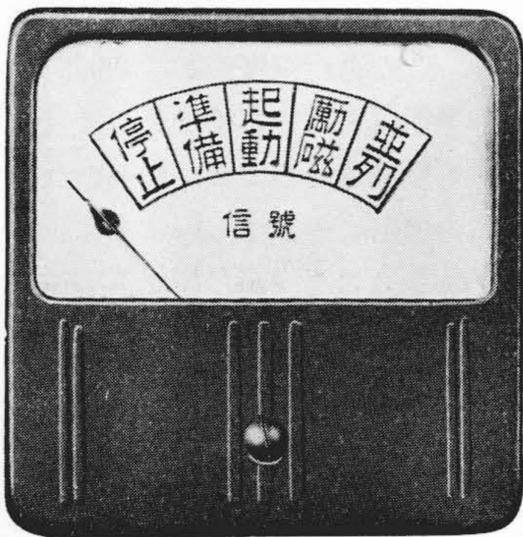
本装置に於ては第3図に示す如く遠隔測定装置を応用した運転順序表示器によりこれを行つている。即ち電圧測定用遠隔測定装置を発電機起動、停止の位置に於ては運転順序表示器用タップ T_r に切換え、第4図(次頁参照)に示す表示器に的確な発電機の状態が表示される。

(6) 手動同期

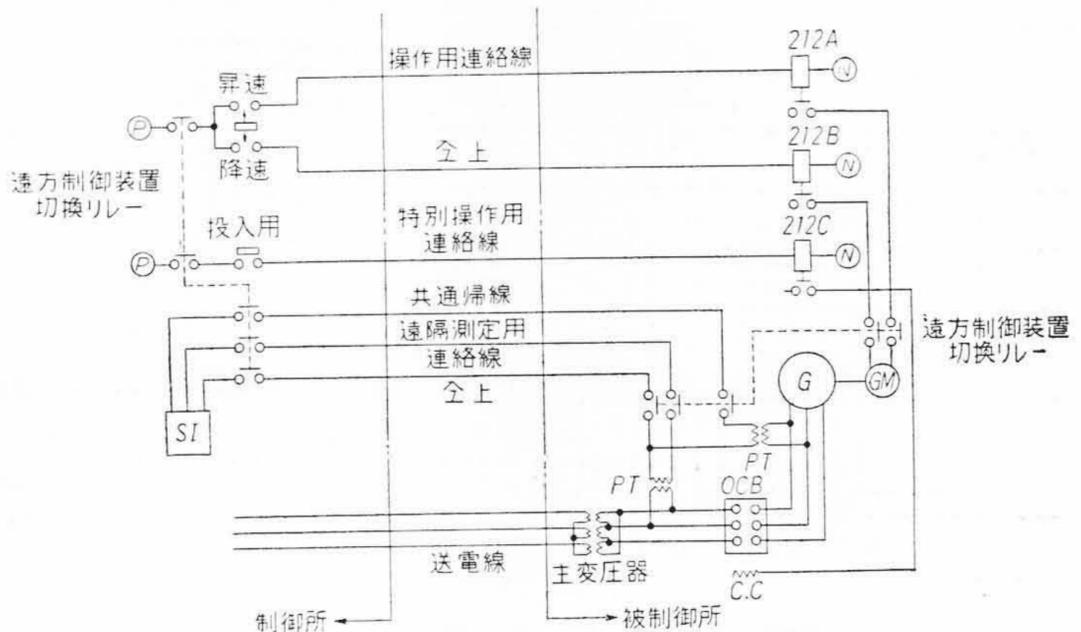
遠方制御に於ける発電機の同期並列は自動同期装置によるを標準とするが系統の状況により同期が比較的長時間を要する場合もあり、かゝる場合には制御所に於て同



第3図 運転順序表示器回路図
Fig. 3. Schematic Diagram for Sequence Indicator



第4図 運転順序表示器
Fig. 4. Sequence Indicator



第5図 遠方手動同期回路説明図
Fig. 5. Illustration Diagram of Manual Remote Generator Synchronizing

同期検定器を見ながら速度制御を行い、手動同期を行うことが望ましい。第5図は松尾川第一発電所に応用せられた手動同期回路を示し、同期検定器の電圧は制御用連絡線3本を使用し被制御所の両電圧を直接導入した。

以上日立継電器型遠方監視制御方式に就いて述べたが本装置は極めて簡単な同一回路の積重ねにより誤選択、誤操作絶無の二段操作により遠方操作を行う方式となっており、本装置用の継電器は瞬時動作、限時動作の2種のみを使用しているの互換性に富み、又通信器及び電力用配電盤の配線形式の各長所を採入れているので極めて保守、点検に便利であるという特長を有する。

〔III〕 遠隔測定装置

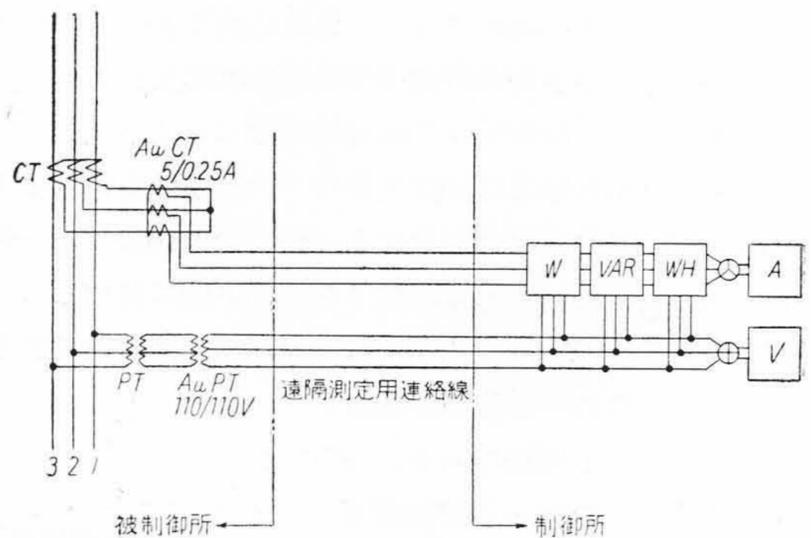
遠方監視制御に必要な機械的、電気的諸量は遠隔測定装置により制御所に指示せしめる。この場合制御上常に監視を必要とするものは常時表示とし、他は選択測定として遠方監視制御装置により切換えて測定することができる。

日立継電器型遠方監視制御装置に併用される遠隔測定装置は直接式と衝流搬送式の2種がある。

(1) 直接式遠隔測定方式

本方式は被制御所が比較的近距离にあり(約4km以

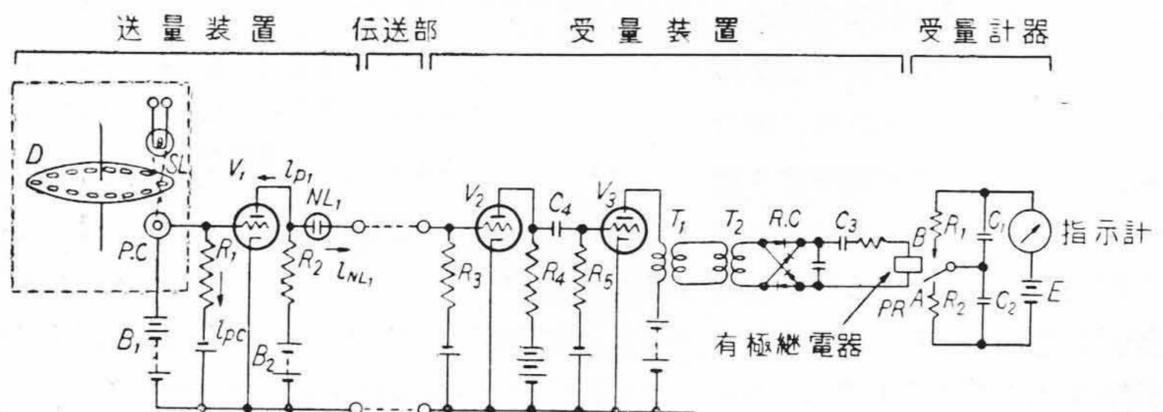
内) 連絡線の本数を増やすことが経済的に有利なる場合に適用されるもので、第6図の如く補助変流器、補助変圧器を使用し連絡線を通じ制御所に於て直接指示計を指示せしめるものである。補助変流器としては5/0.25A, 補助変圧器は100/110Vを使用しており、特にこの変流器の負担は極めて小なるものが使用されているので既設主変流器に組合せて使用する。本方式の特長は上述から明かなる如く装置が極めて簡単で保守が容易なことである。

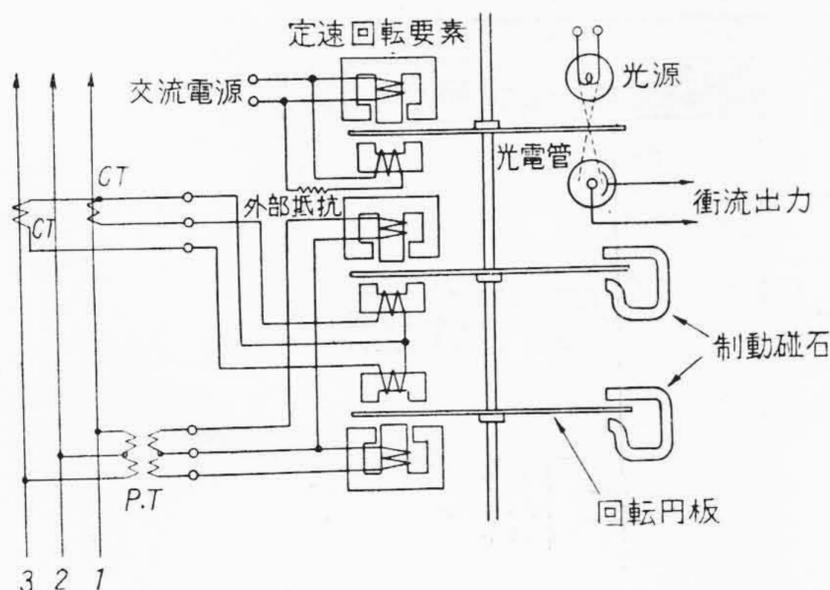


第6図 直接式遠隔測定方式
Fig. 6. Direct Telemetering System

第7図 衝流式遠隔測定装置原理図

Fig. 7. Schematic Diagram of Impulse Type Telemeter





第8図 電力送量器説明図
Fig. 8. Schematic Diagram of Watt Transmitter

(2) 衝流搬送式遠隔測定方式

本方式は第7図に示す如く測定量を送量用断続器により5~30の衝流に変換し、これにより搬送波を変調、制御所に伝送し、制御所に於て再び衝流に変換し、直流周波計により計測するものである。

本方式により電流、電圧、電力、無効電力、温度、水位等発電所の遠方監視制御に必要な諸量を遠隔測定できる。

(A) 送量変換器、受量器

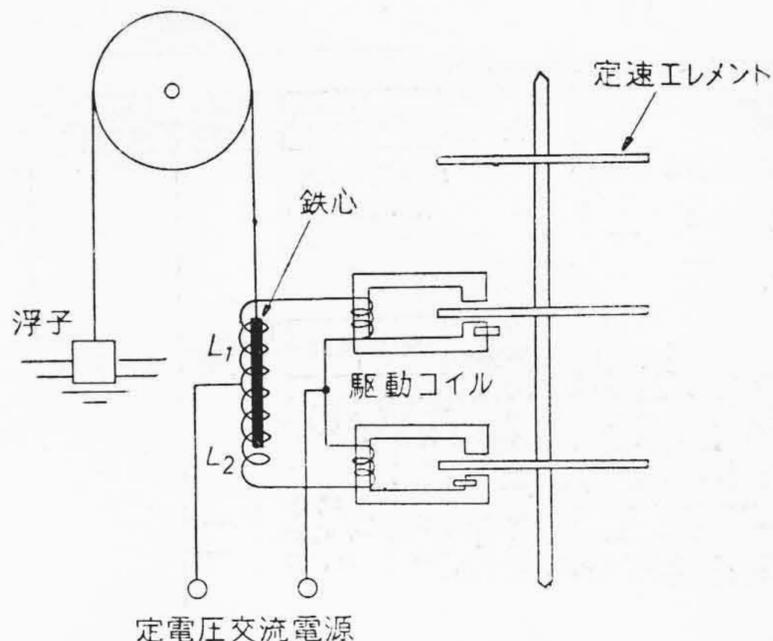
送量断続器は第8図に示す如く3枚の回転円板からなり、最上部の円板には周辺に沿つてスリットが設けてあり、光源ランプの光束はレンズにより収斂し、円板によつて断続されて光電管に照射し衝流出力をうる。この円板は測定量によつて駆動され、更に定速回転要素により測定量に無関係に一定の回転トルクを与え、測定量が最小のときの衝流周波数は5、最大のとき30となつている。それ故測定量の最小と機械的零の区別ができ装置の事故を判別することができる。第8図は電力測定用の断続器を示す。

水位、温度等の遠隔測定に於てはこれ等の諸量は悉て電流に変換され、電流駆動の断続器を使用している故その測定も同一衝流方式によることができる。

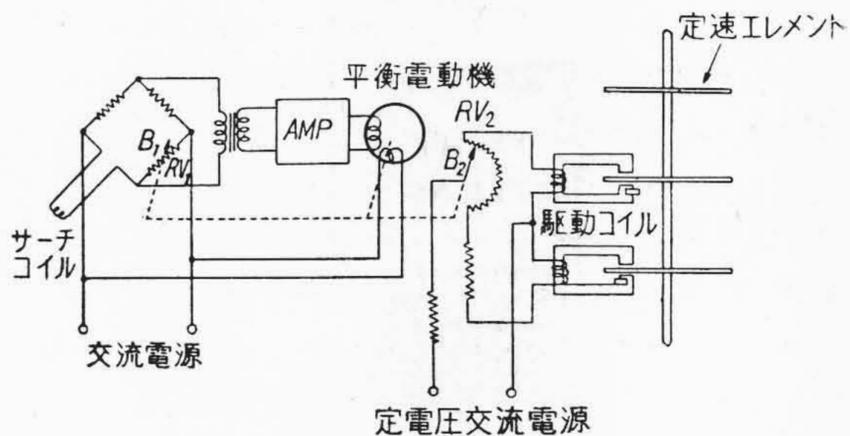
即ち第9図は水位の変換機構を示すが、水位計のフロートの上下変化によりソレノイド中の鉄心を移動させ、 L_1 , L_2 なるインダクタンスを変化させ断続器駆動コイルの電流を変化させている。

温度の遠隔測定用変換機構としては第10図の如く電子管式自動平衡装置⁽¹⁾によりサーチコイルの抵抗変化を断続器駆動の電流に変換している。

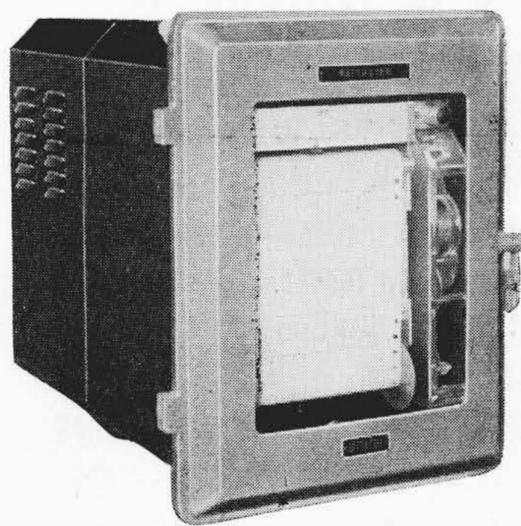
受量回路は第7図に示す如く有極継電器を使用し5~



第9図 水位送量器説明図
Fig. 9. Schematic Diagram of Water Level Converter



第10図 温度送量変換機構説明図
Fig. 10. Schematic Diagram of Temperature Converter



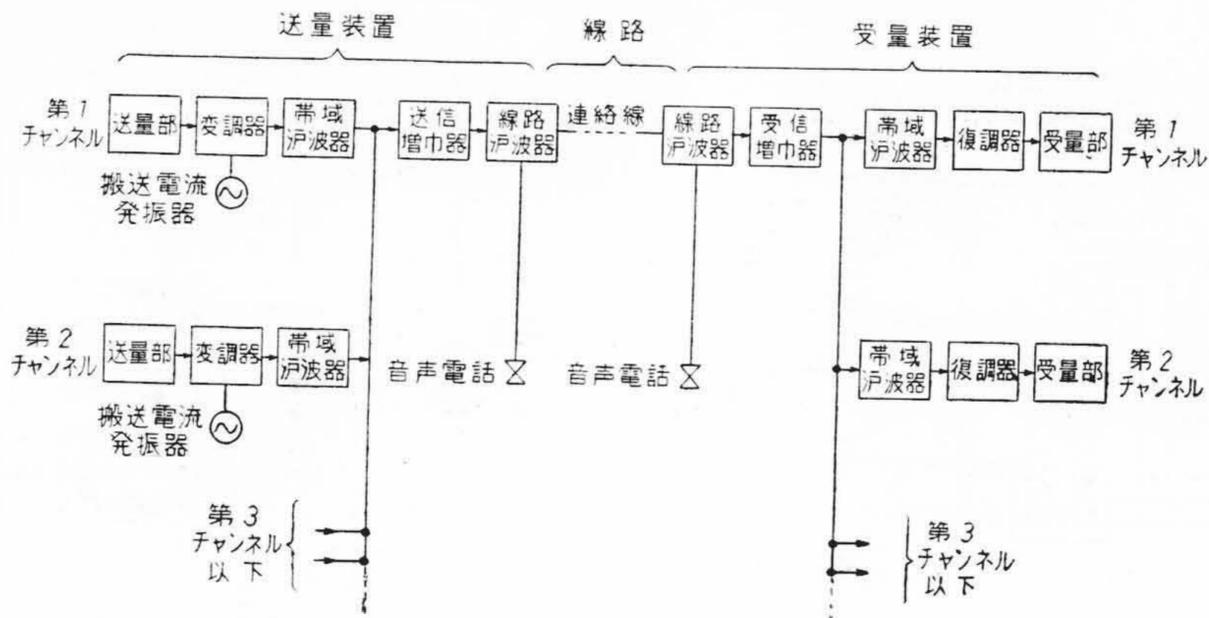
第11図
遠隔測定装置水位記録計
Fig. 11.
Water Level Recording Meter for Telemeter Set

30の衝流に応動させ蓄電器の充放電を行いこの電流の平均値を計測する。

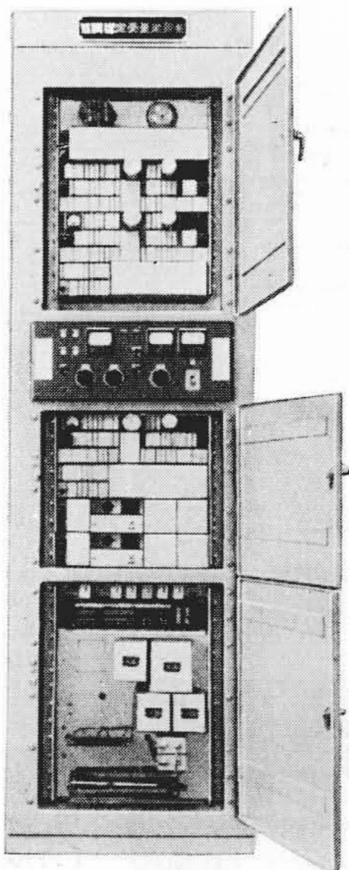
尚本遠隔測定装置用電子管式平衡型記録計も開発せられており、第11図に水位遠隔測定用の記録計を示す。

(B) 搬送装置

衝流出力を伝送する搬送装置の構成は第12図(次頁参照)の如くである。即ち送量側に於ては各チャンネル毎に変調器を有し、変調された搬送波は帯域濾波器を通り



第12図 搬送式遠隔測定装置回路略図
Fig. 12. Schematic Diagram of Carrier Telemetering System



第13図 遠隔測定受量装置盤 (松尾川第一発電所用)
Fig. 13. Telemeter Receiving Panel (for Matsugawa No. 1 Power Station)

送信増幅器により一括増幅され線路濾波器を経て連絡線を通じ制御所に伝達される。受量側に於てはこれを受信増幅器により増幅し帯域濾波器により各チャンネルにわけ復調器により復調ののち受量器に入る。遠方監視制御用としては上述の如く搬送波を直接変調する方式⁽²⁾が普通で、又連絡線としては遠方制御ケーブルを使用する。

これら搬送装置及び送、受量器はすべて第13図に示す如く遠隔測定装置盤に組込まれ、所要の試験は試験盤に於て任意に行えるようになっている。

本装置の標準運転状態に於ける総合誤差は最大目盛の±1.5%以内であり、又電源電圧変動±20%、電源周波

数56~61 ω (又は46~51 ω)、周囲温度20°±15°Cのときの影響値は各々最大目盛の±2%以内である。

〔IV〕 水力発電所への適用と実施例

水力発電所の遠方監視制御を行う場合には先づ被制御発電所は一人制御方式として完備することが望ましい。

即ち制御所よりの制御の種類も最少限度にとどめ、又故障の表示等も数種の故障を一括表示するようにし、装置を簡略化する一方自動発電所としての機能を遺憾なく発揮せしめるよう考慮することが必要である。

次に日立継電器型遠方監視制御方式の水力発電所への実施例を紹介する。

(1) 東京電力株式会社塩川発電所⁽³⁾

本邦に於ける初めての本格的遠方監視制御発電所で、4,500 kVA, 7,300 V, 3 ϕ 50/60 ω 水車発電機2台を有する既設発電所に昭和26年遠方監視制御方式を適用したものである。制御所は約4.4 km離れた島河原発電所で連絡線は7/0.5, 6 ϕ ゴム絶縁鉛被ケーブルのうち選択用1, 操作用2, 監視用1, 共通帰線1の計5芯を使用している。遠方制御種目は2台の発電機の起動、停止の他遠方手動同期、負荷調整等を含む遠方操作18, 故障及び状態の表示17, 選択測定6, 予備8の計47で遠隔測定は衝流搬送式を採用し監視用連絡線、共通帰線を利用し、発電機電圧、電流、出力の選択測定その他水位を常時表示としている。

(2) 四国電力株式会社小村発電所

3,500 kVA, 3,300 V, 3 ϕ 60 ω 水車発電機1台を有する既設発電所に昭和27年遠方監視制御方式を適用したもので、約1.4 km離れた黒川第五発電所より遠方制御される。遠方制御種目は発電機の起動、停止、遠方手動同期、負荷調整を含む遠方操作6, 故障及び状態の表示9,

水力発電所の遠方監視制御

第2表 松尾川第一発電所遠方制御種目
Table 2. Items of Supervisory Control for Matsuogawa No. 1 Power Station

選択番号	機器種別	記号	操作	表示	備考
1	発電機非常及び急停止故障	86 ₁ , 86 ₂		Ⓐ	G 全停止
2	軽故障	30A		Ⓐ	
3	予備圧油ポンプ	63Q ₄		Ⓐ	表示(油ポンプ予備)
4	給水ポンプ	88W		Ⓐ	表示(水ポンプ予備)
5	所内予備電源自動切換			Ⓐ	表示(予備電源)
6	遠方直接切換開閉器	243		Ⓐ	表示(遠方操作)
7	AVR電流調整継電器			Ⓐ	表示(57)
8	予備				
9	発電機無負荷無励磁運転	86 ₃	復帰	Ⓐ	無負荷無励磁運転→同期並列
10	配電線自由引外継電器	94	復帰	Ⓐ	
11	圧油及び給水ポンプ	88W, 88Q	入、切	Ⓐ	
12	発電機		起停	Ⓐ Ⓒ 運転順序表示器	自動遮断時Ⓒフリッカー
13	同期化切換	自動、手動	自動、手動	Ⓐ	表示(自動、手動)
14	手動同期化		昇速、降速入	SI Ⓐ	G M } 操作 52 }
15	負荷制御	77WM Lts	増、減	Ⓐ	LLM 操作
16	AVR整定電圧制御		昇、降		電圧加減抵抗用R
17	発電機電圧		測定	A.C. ⑤	
18	発電機温度		測定	Ⓐ	
19	変圧器温度		測定	Ⓐ	
20	配電線遮断器		入、切	Ⓐ Ⓒ	自動遮断時フリッカー
21	第一、第二連絡線遮断器			Ⓐ Ⓒ	自動遮断時フリッカー
22	水位調整器		入、切	Ⓐ	表示(水位調整器)
23	予備				
	パイロットワイヤー保護	87T			

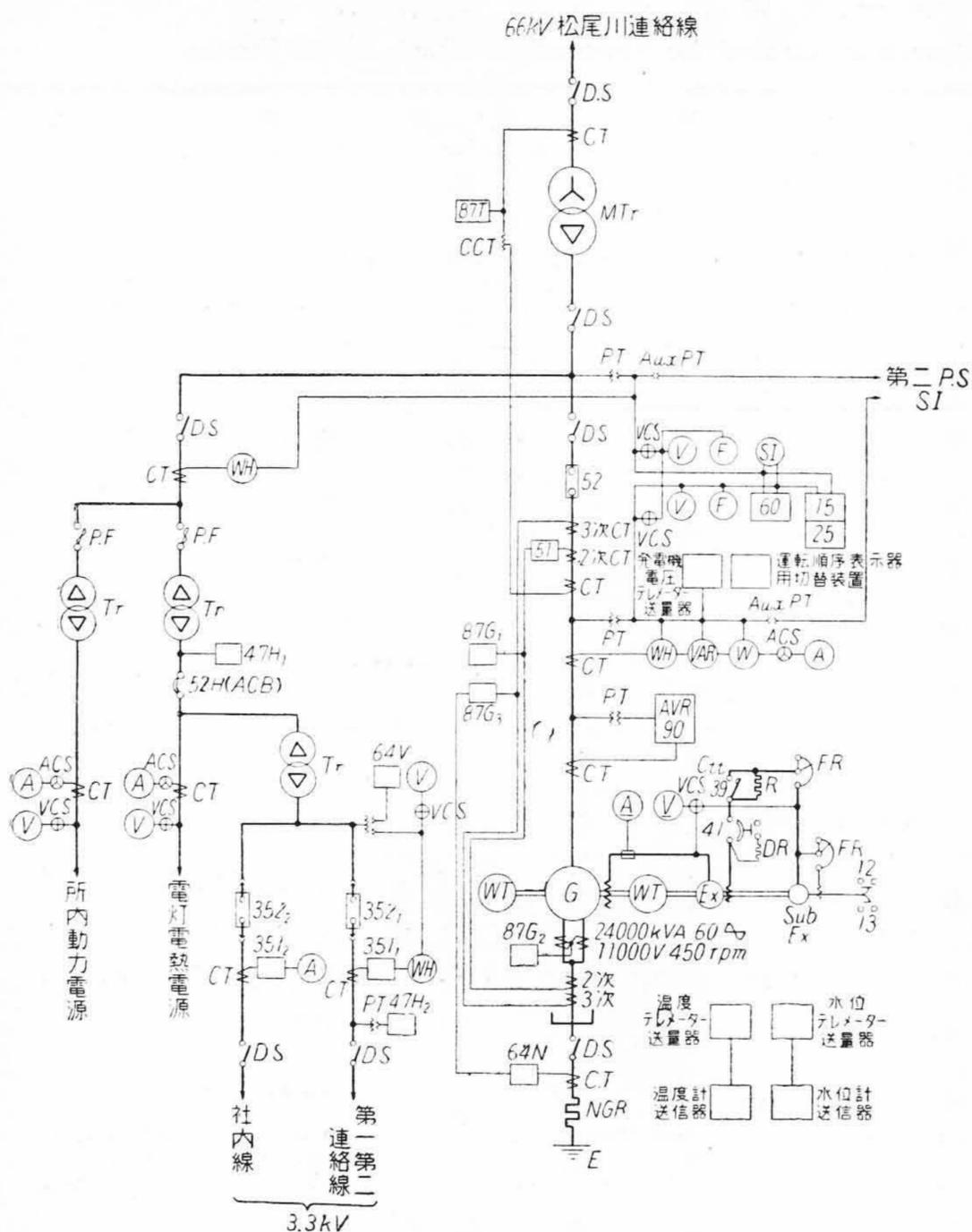
予備2の計17で直接式遠隔測定方式により発電機の電流、電圧、出力の諸量を常時表示せしめている。連絡線は1.2φ鉛化ビニルシースケーブルで遠方制御用6、遠隔測定用6の計12芯を使用している。

(3) 四国電力株式会社松尾川第一発電所

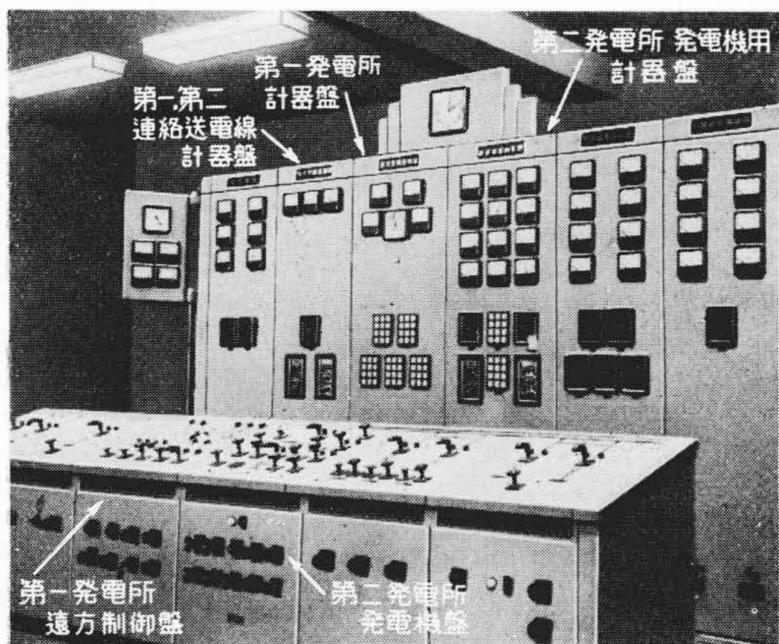
本発電所は同時に計画建設された松尾川第二発電所より遠方監視制御されるもので、後者は前者の放水を以て運転れさ、その取水方法の密接な関連性から当初より遠方監視制御発電所として計画されたもので、昭和28年8月完成した。

制御所、被制御所間の距離は約8kmで1.2φポリエチレン絶縁塩化ビニルシース電磁遮蔽付制御ケーブルを使用し、遠方制御用6、遠隔測定用2、パイロットワイヤー保護用1の計9芯となっている。遠方制御種目は第2表に示す如くであり、遠隔測定としては衝流搬送式を採用し我国初めての温度の遠隔測定を行つている。

第14図(次頁参照)は本発電所の単線結線図であり、第15図(次頁参照)は制御所第二発電所設置の遠方監視制御盤を示し、第二発電所発電機盤に隣接設置されその総括制御を容易ならしめている。



第14図
松尾川第一発電所単線結線図
Fig. 14.
Skeleton Diagram of Matsuogawa
No. 1 Power Station



第15図 松尾川第一発電所遠方監視制御盤
Fig. 15. Supervisory Control Switch Board for
Matsuogawa No. 1 Power Station

〔V〕 結 言

水力発電所に対する遠方監視制御方式の適用は電力運営合理化の見地から必然的に要求せられるものであつて、本方式の採用により得られる便益と労力の節減は僅

少の設備費を補償して遙かに余りあるものである。一方本方式の普及はその装置自体信頼性があり、且つ取扱いが容易で保守が簡単である必要があり、日立継電器型遠方監視制御方式が戦後かくも広範囲に採用せられて来た所以のものは全くこの条件を満足しているからに他ならない。ここに挙げた実施例は本方式による発電所運転の嚆矢をなすものであつて今後における遠方監視制御方式適用の参考になるものと信ずる。

終りに日立継電器型遠方監視制御方式を御採用になり終始御指導を賜つた使用者各位に対し深甚なる謝意を表すると共に尚今後とも御理解ある御協力により益々装置の信頼性を高めその普及に努力する所存である。

参 考 文 献

- (1) 河合：日立評論 電子管及び電子管応用特集号 p. 127 (1953)
- (2) 中谷、滝田、井沢：日立評論電子管及び電子管応用特集号 p. 94 (1953)
- (3) 川井：日立評論 34 7 p. 833 (1952)