

水力発電所に對する遠方監視制御方式の適用

川 井 晴 雄*

Application of Supervisory Control System for Hydraulic Power Stations

By Haruo Kawai
Taga Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

From a view-point of rational and economical operation of electric power installations, it is necessary to control the power station of the system from the master power station or the centralized dispatching place. And this is capable only when the supervisory control system is adopted.

Hitachi, Ltd. has been contributing much to the development of this system.

Hitachi Relay Type Supervisory Control sets have been installed in several distributing stations and railway-use D.C. substations. This experience in this field of Hitachi, Ltd. backed up by years of successful operation has brought the first supervisory control set for hydraulic power station in post-war Japan to a well-merited success. This equipment, being supplied to at Shiokawa Power Station of Tokyo Electric Power Co., Inc. was put into service in July, 1951. Since then the power station, having two sets of 4,500 kVA generator, has been controlled without any trouble from the dispatching office located in Shimagawara Power Station about 4 km away, through five line wires for controlling and telemetering.

In this paper the details of how to apply the supervisory control system for power stations and the case of Shiokawa Power Station are treated.

〔I〕 緒 言

電力系統の合理的運営は、系統の電力供給源たる諸発電所の運転停止及び出力の調整を負荷配分を司る給電司令所若しくは系統発生電力の中樞を成す特定の発電所即ち親発電所より任意に行うことにより達成される。この場合給電司令所若しくは親発電所に於ては、系統に接続された負荷の増減、各発電所の水量の変化、その時の各発電所の発生電力等を電話連絡又は遠隔測定により総合的に把握し最も適切と考えられる指令を発するのである。この指令は通常電話を以て各地点の運転員に伝達され、運転員はその指令に従つて処置するのである。

かかる運営方式は電話連絡の本質上融通性があり指令の内容を詳細に伝達することが出来る訳であるが、一方

に於て言語による連絡は往々にして意志の疎通を欠き思わぬ過誤を招くことがある。なお複雑な系統になると電話回線数も使用頻度も共に大となるので通話が円滑に行かなかつたり、急を要する連絡も話中で間に合わなかつたり種々不都合なことが多い許りでなく電話連絡に要する人員の数も少なくない。茲に於て指令員が各発電所の出力、水位、将又電圧等をいながらにして眼前に見て直接所望の操作を行い、その結果を確認出来る方式が最も望ましいのである。これを達成するのが遠方監視制御方式であつて、近年に到り電力事業者が積極的に本方式を採用する機運に向いつゝある。遠方監視制御方式が電力系統の運営方式として優れている理由を要約すると次の如くである。

(1) 数個所の発電所を一中央地点より總括的に制御することが出来るので電力需給に対する合理的な運営が

* 日立製作所多賀工場

可能となる。

(2) 指令が直接対象の機器に伝達されるので電話連絡の場合の如く指令の不徹底に基因する操作の過誤がなくなり、且操作に要する時間が短縮される。

(3) 保守に要する人員を減らし運転費を軽減出来る。而してこれにより生じた余剰労力は定期的点検巡視と故障時の応急措置に重点的に振向けることが出来る。

以上の如く遠方監視制御方式は多くの利点を持つものである。これが普及発達は極めて望ましいことである。

日立製作所に於ては夙に本方式の実用化に努力を傾倒し、既に交流変電所、電鉄用直流変電所に対し数多く実施して良好な成績を収めて来たが、今回戦後に於ける最初の製品として東京電力株式会社塩川発電所に遠方監視制御装置の完成を見、好調な運転成績を示しているのをここに紹介する次第である。

〔Ⅱ〕 日立継電器型遠方監視制御方式の概要

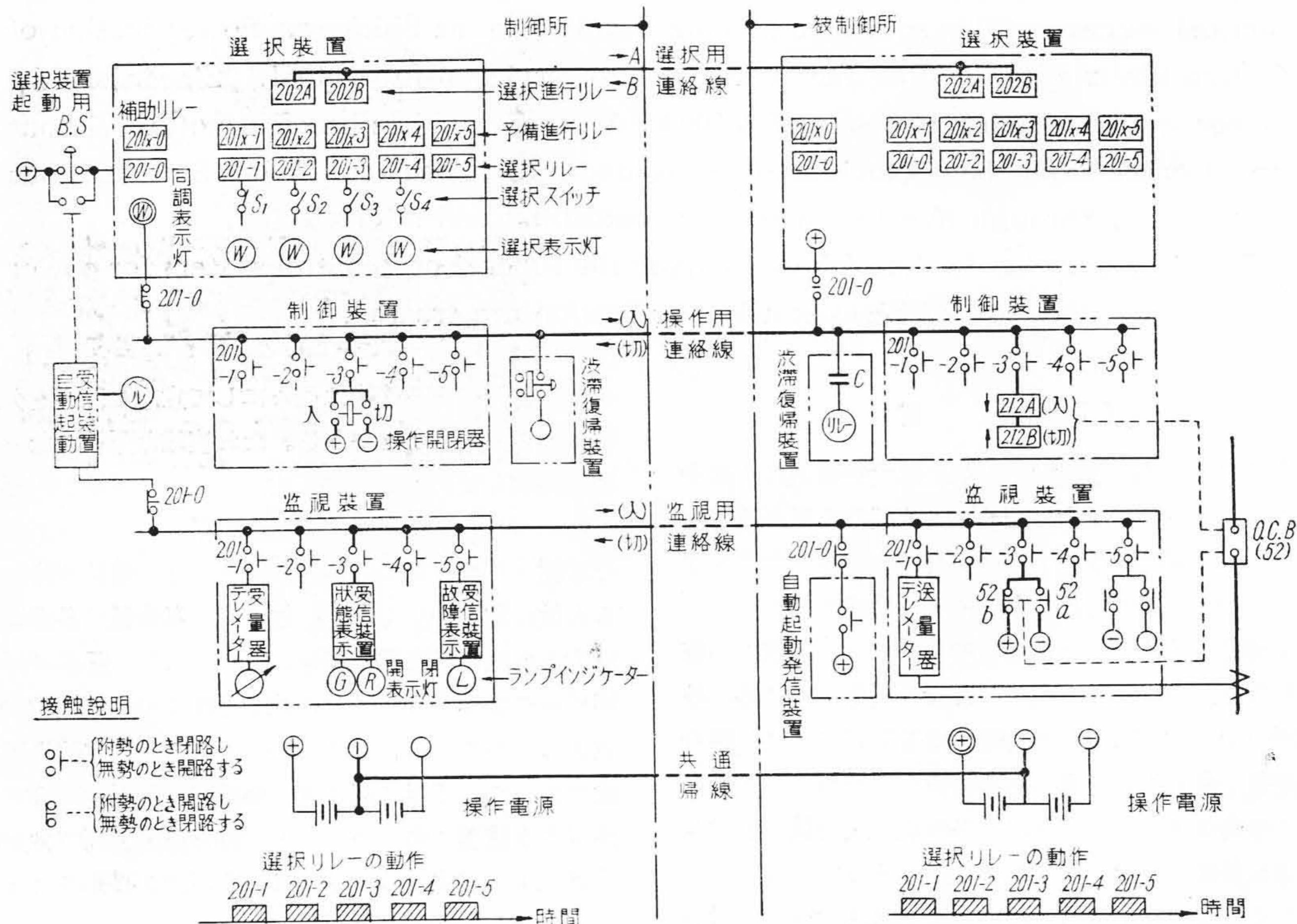
先づ順序として日立製作所が推奨する遠方監視制御方式の要点を説明する。本方式は継電器のみの組合せによつたもので、所望の機器を選択する選択装置、選択した機器を制御する制御装置、及び機器の状態を表示せしめこれを監視する監視装置の三主要部分より成り、なほ電

力、電圧、無効電力又は水位等、運転に必要な諸量を常時又は随時選択して指示せしめる遠隔測定装置を具備している。制御所と被制御所間の連絡には一般に 4 本の通信路を必要とするが、一つの選択位置で異つた機器の制御を行う場合、例えば调速機の手動投入を行う如き場合には、更に 1 本の通信路を増さねばならない。

又これ等の通信路は両所間の連絡を直流で行う場合は直径 1mm 乃至 1.2mm 程度の専用線を通信路の数だけ設けるのであるが、既設の通信線又は電力線を利用する場合は、搬送方式として高周波電流をこれに重畳し、任意の数の通信路を得ることが出来る。通信線の場合は二線を使用する金属帰路式とし、電力線の場合は一線を使用し大地帰路式とするのが一般である。専用線を使用する場合と搬送方式による場合とでは伝送回路の構成が異なるのみで方式の根本原理は全く同様である。第 1 図に示すのは本方式の原理説明図であつて 4 線式の場合を示す。即ち選択用 1, 操作用 1, 監視用 1, 共通帰線 1 の 4 本の通信路で連絡されている。

(1) 選 択

所望の制御対象を選択するには選択用連絡線を使用し選択進行継電器、予備動作継電器及び選択継電器の三主



第 1 図 日立継電器型遠方監視制御方式の動作説明図

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

要部分より成る継電器群により行う。即ち二組の選択進行継電器を交互に動作せしめて予備動作及び選択継電器を順次同期的に切換え、任意に所要の回路を構成せしめる。例えば遮断器(52)を選択するにはこれに対応する選択スイッチ S_3 を平常側から選択側に倒して後起動用卸スイッチを引く。かくすると両所の選択継電器は 201-1, 2, 3, の順序で同期的に進行し、201-3 が動作した状態で進行を停止し遮断器(52)の制御回路と状態表示回路を形成するのである。この選択進行順序の詳細は第2図に示す通りである。

両所の選択継電器は直列的關係を保つて進行し、一步毎に同期を確認して進行するから、万一何れかの継電器に故障が発生すれば直ちにその位置で進行を停止して閉鎖する。従つて誤操作をするおそれが全くない。

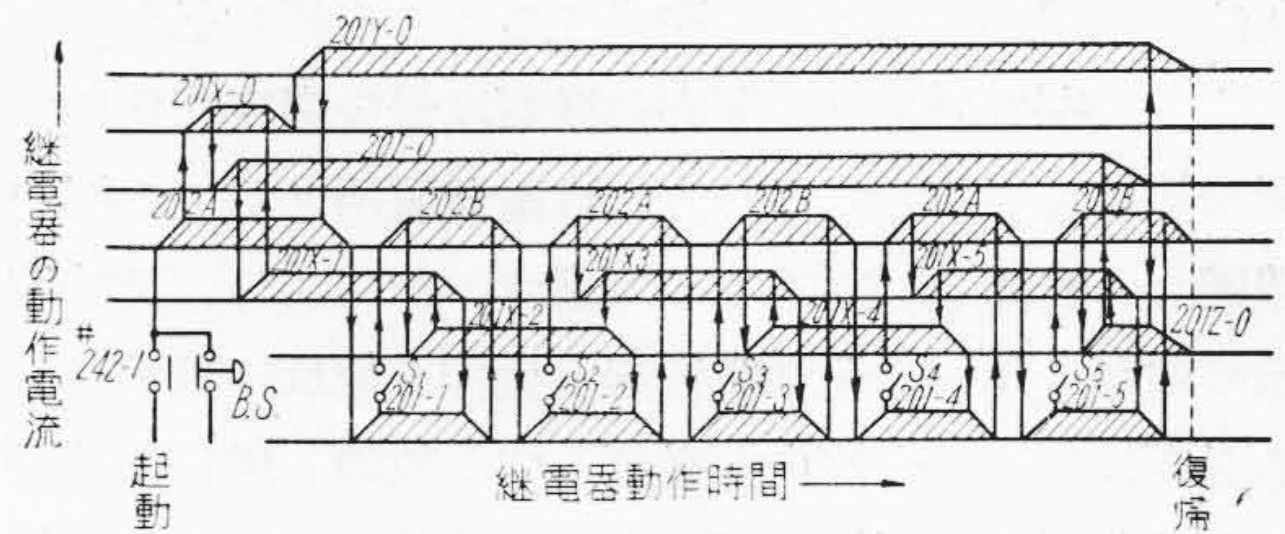
(2) 操 作

所望の機器が選択されると操作用連絡線を通して操作回路が形成される。機器の操作には極性継電器 212 A, 213 B を使用しているから、一回の選択によつて相反した二種類の操作を行うことが出来る。例えば遮断器に対しては「入」及び「切」、调速機の場合は「昇速」及び「降速」をその選択された位置で任意に行うことが出来る。なおこれ等の操作は電力用補助継電器を介して行われるようになっている。

次に特別操作用連絡線は一つの選択位置で相反する一対の操作以外に別の制御対象に対し操作を行う必要がある場合に設けられるもので、例えば水車の速度調整を行い乍ら同期用遮断器を投入する場合がこれである。

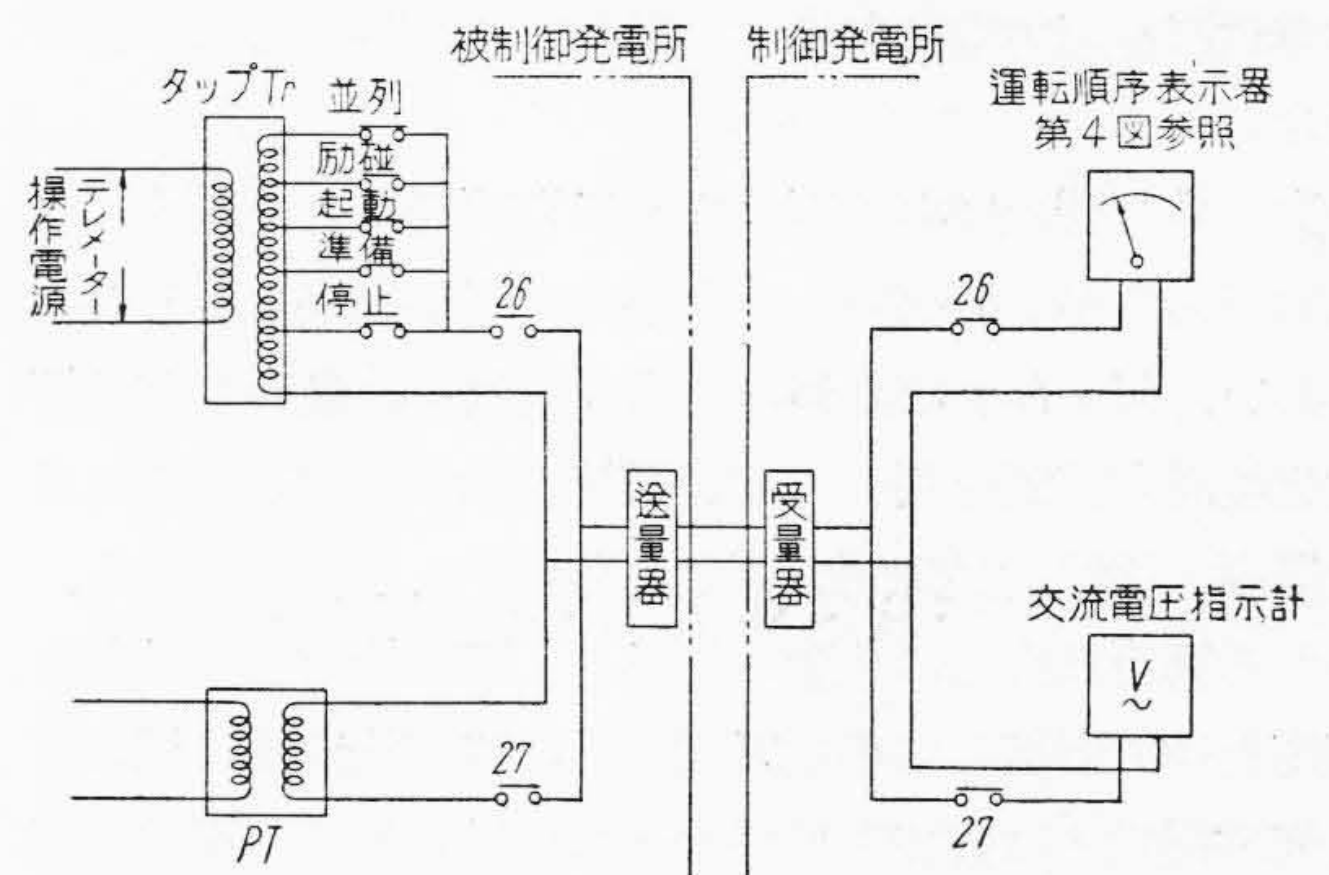
(3) 監 視

機器操作用開閉器により例えば遮断器を操作した場合は、監視用連絡線を通じて直ちに制御所の状態表示信号装置に伝達される。又遮断器が自動遮断した時は、両所の自動起動装置が動作して自動的に選択進行動作を開始し、該遮断器の状態表示を更新する。即ちこの場合には警報を発すると共に状態の変化した表示灯が点滅して自動遮断したことを知らせる。機器の故障例えば発電機の過速度又は常用圧油ポンプの故障による予備機の運転等に対しては、その故障の種類に応じて被制御所に於て自動的に適宜処置されるが、この時は両所の選択装置が自動起動して制御所のランプ式集合故障表示器に故障の種類を表示すると共に警報する。故障が回復すれば再度選択装置が自動起動して該表示を点滅させ同時に警報を発してその旨を知らせる。次に運転に必要な電氣的又は機械的の諸量は、同様に監視線を通じて制御所の指示計器に指示される。この測定は衝流式遠隔測定装置により行い選択して随時指示せしめるが、搬送波に乗せて常時指示とすることも出来る。又水力発電所の遠方監視制御の



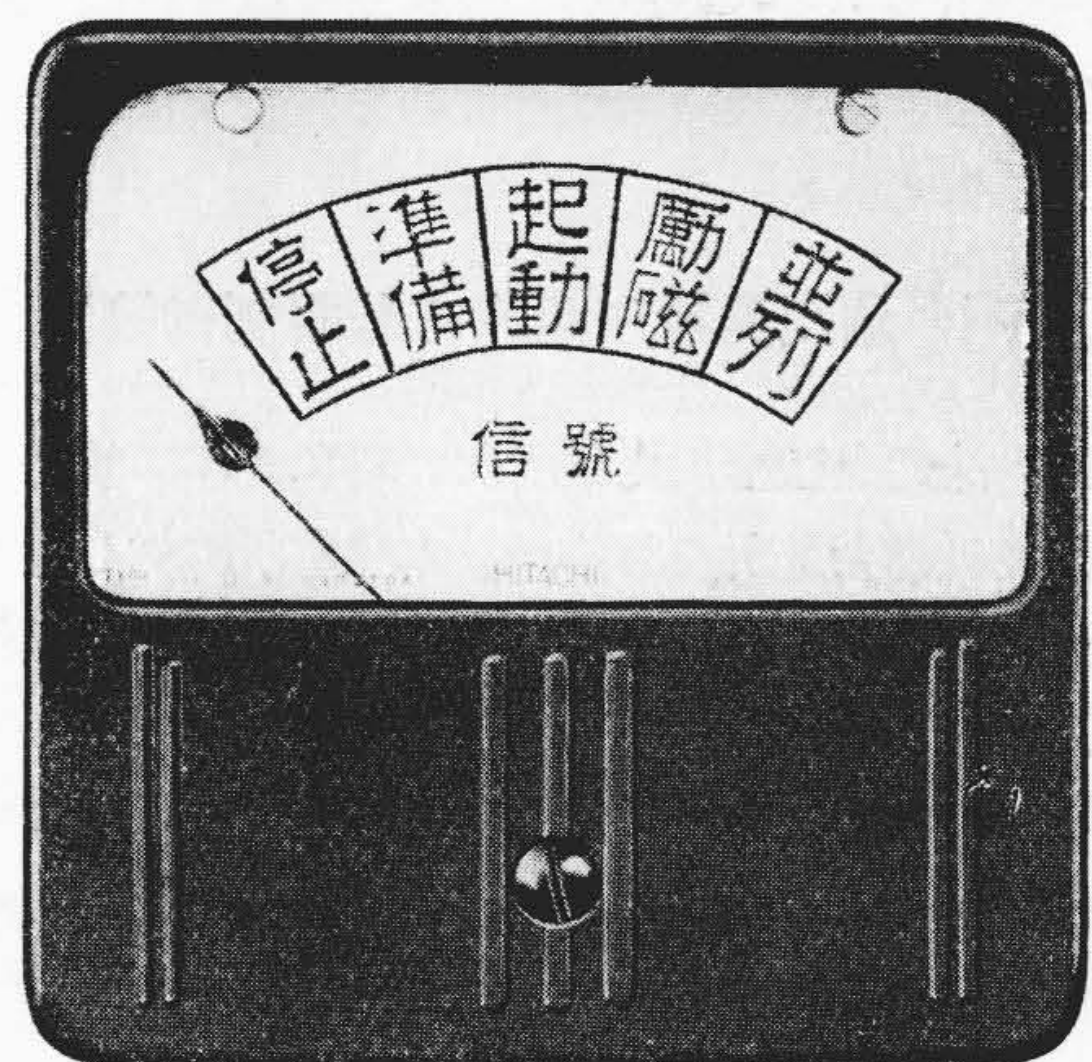
第2図 選択進行順序説明図

Fig. 2. Sequence Diagram for Selection



第3図 運転順序表示回路図

Fig. 3. Skeleton Diagram for Sequence Indicator



第4図 運転順序表示器

Fig. 4. Sequence Indicator

場合は、発電機の運転進行状態を逐次把握することが望ましいので、遠隔測定装置を利用した運転順序表示を行っている。第3図はこの原理を示したもので、電圧の送量装置を利用し運転の進行につれて電圧値を切換えこれを指示せしめるのである。

第4図に示すのは運転順序表示器であつて、遠隔測定用指示計と同様の S_{24} 型角型計器を採用している。

〔Ⅲ〕 水力発電所への適用

水力発電所の遠方監視制御を行う場合、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絶対必要である。而して制御所よりの制御の種類は最少限度に止めて装置を簡易なものとする一方、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べきである。又故障表示の種類も凡ゆる保護継電器の動作を個別に表示せしめる必要はなく、全停止を必要とする故障、無負荷運転又は無負荷無励磁運転に切替える一時的と見做される故障及び運転員に注意を与えて爾後の処置を委ねる比較的軽微な故障の三種類程度にするのが妥当である。但し既設発電所を遠方監視制御する場合はこの基準により難い場合もある。

次に発電機の同期並列は自動同期装置により行うべきものであるが、制御所からも手動で同期出来ることが望ましい。何となれば如何に優秀な、例えば最新の電子管式自動同期装置を用いても、系統の動揺が大きい時は自動同期に比較的長時間を要する場合があるからである。かかる場合は直ちに手動に切替え、同期検定器を見乍ら速度を遠方制御して手動同期する。同期検定器に導入する発電機電圧は直接監視線を通じて送られる。系統側電圧は制御所と被制御所が連絡送電線で結ばれている場合には制御所の計器用変圧器からとることが出来る。第 5 図はこの関係を示したもので、連絡送電線には線路電圧降下補償器を、又監視線には蓄電器を入れて位相のずれを補正せしめている。

〔IV〕 塩川発電所用遠方監視制御装置

東京電力株式会社塩川発電所は、昭和 5 年に竣工した一人制御式自動発電所であるが、本発電所に対し遠方監視制御方式の適用が計画され、昨 26 年 7 月日立製作所により完成された。

本格的な遠方監視制御式水力発電所としては実に本邦に於ける最初のものであつて、爾来好調な運転が続いている。仕様の概要を示すと下記の通りである。

(1) 制御所 島河原発電所

被制御所 塩川発電所

(4,500 kVA 7,300 V 3φ 50/60Hz
水車発電機 2 台)

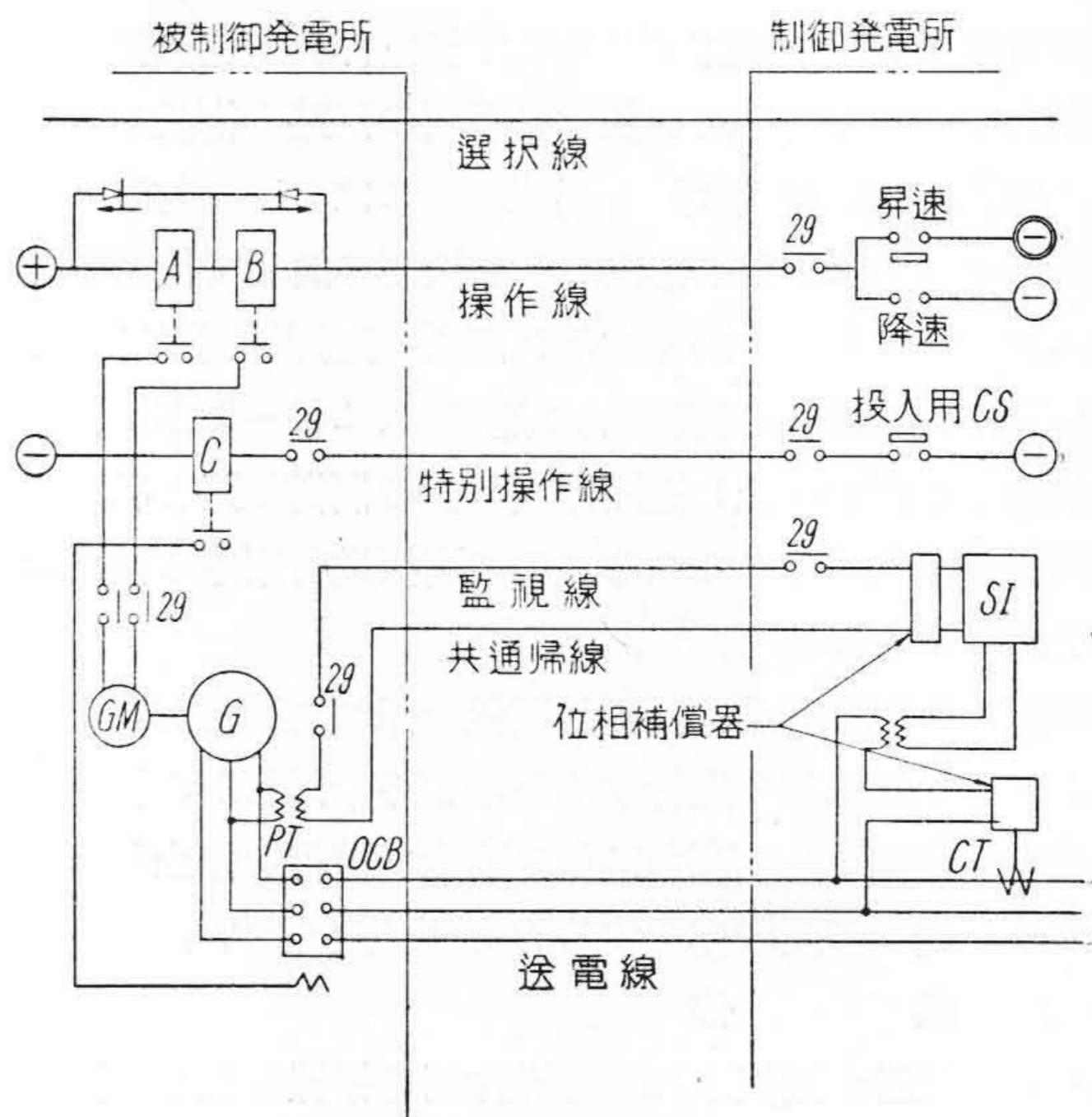
(2) 両所間の距離 4.4 km

(3) 連絡線 7/0.5 6 芯、ゴム絶縁鉛被ケーブル

使用心線数

選択用 1
操作用 2
監視用 1
共通帰線 1
計 5 本

(4) 制御電源 110 V 蓄電池



第 5 図 遠方手動同期回路説明図

Fig. 5. Illustration of Remote Manual Synchronizing

(5) 遠隔測定 水槽水位 目盛 (-)1.5-0-
(+) 1m 常時指示

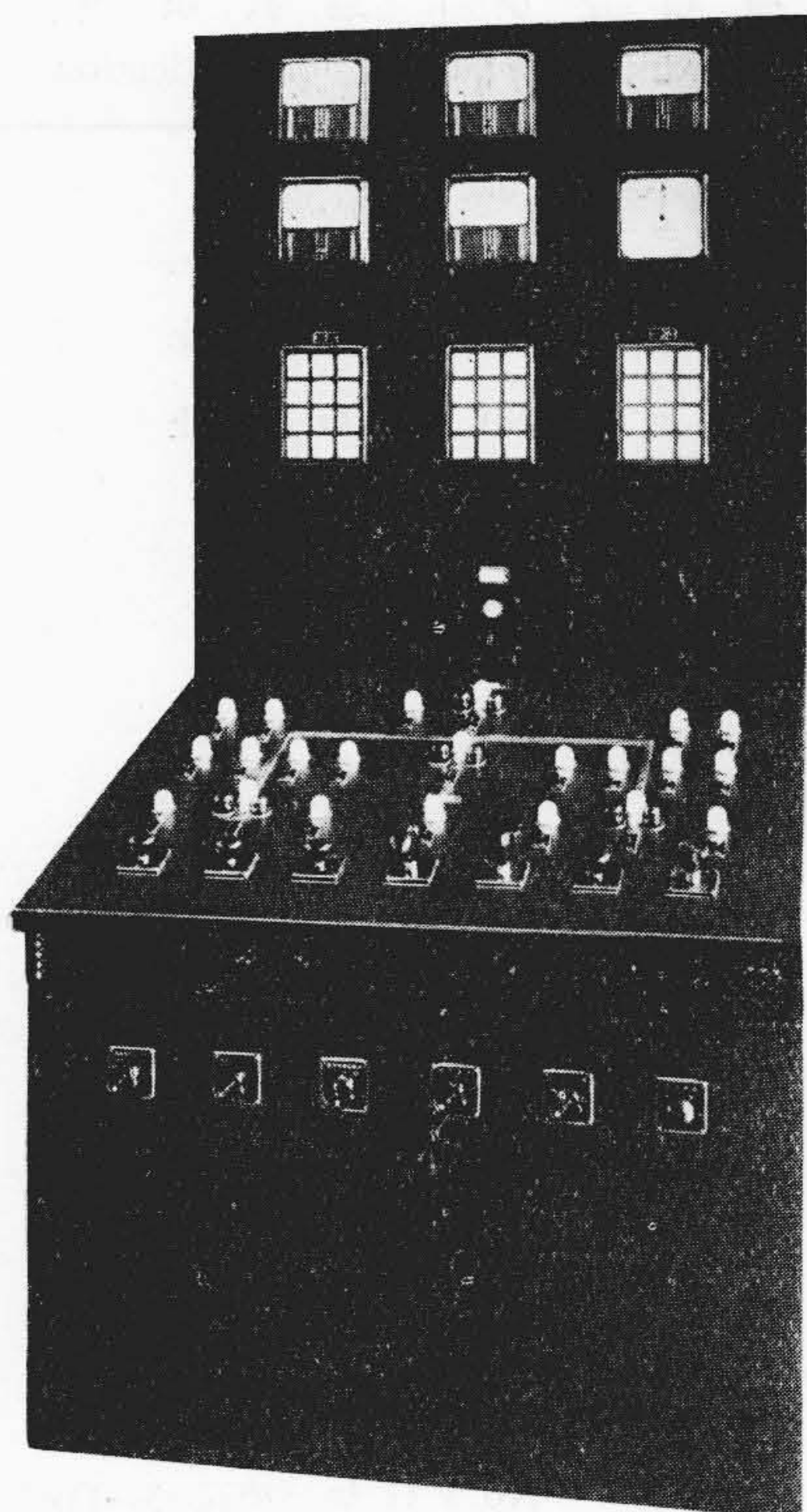
発電機電力	目盛 0-7MW	選択指示
発電機電圧	" 0-10.5kV	
発電機電流	" 0-500 A	
運転順序表示	停止、準備、起 動、励磁、並列	

(6) 盤の構成	制御盤	ベンチ型	1 面	制御所設置 (第 6 図第 7 図)
	継電器盤	直立型	2 面	
	遠隔測定受量器盤	直立型	2 面	被制御所設置 (第 8 図第 9 図)
	継電器盤	直立型	2 面	
	操作補助継電器盤	直立型	2 面	
	遠隔測定送量器盤	直立型	1 面	

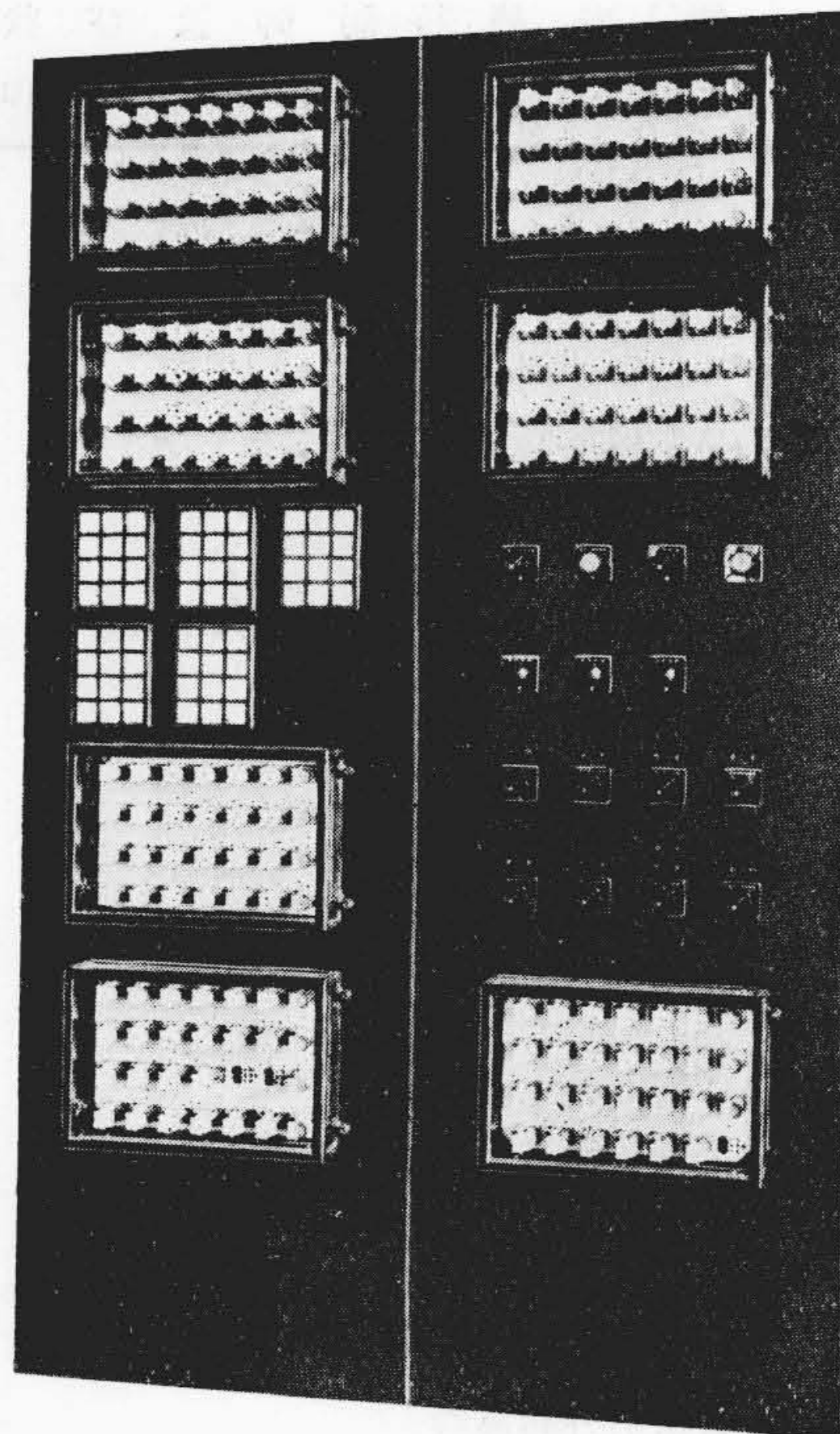
本発電所の単線接続図を第 10 図に示す。操作及び測定、表示の種類並びに選択順序は、運転を円滑に行える様充分に検討された結果第 1 表の如く決定された。次に操作の概要を述べよう。

先づ親発電所より送電用遮断器(52 R), 続いて所内用遮断器 (52 H) を投入した後発電機の起動を操作すれば油圧は小水車又は電動機直結のポンプにより常時保持されているから、水車起動より同期並列迄自動的に進行する。この際系統状態により同期が渋滞した場合は直ちに親発電所で手動に切替え同期検定器を見乍ら速度を遠方制御し手動で同期投入を行うことが出来る。

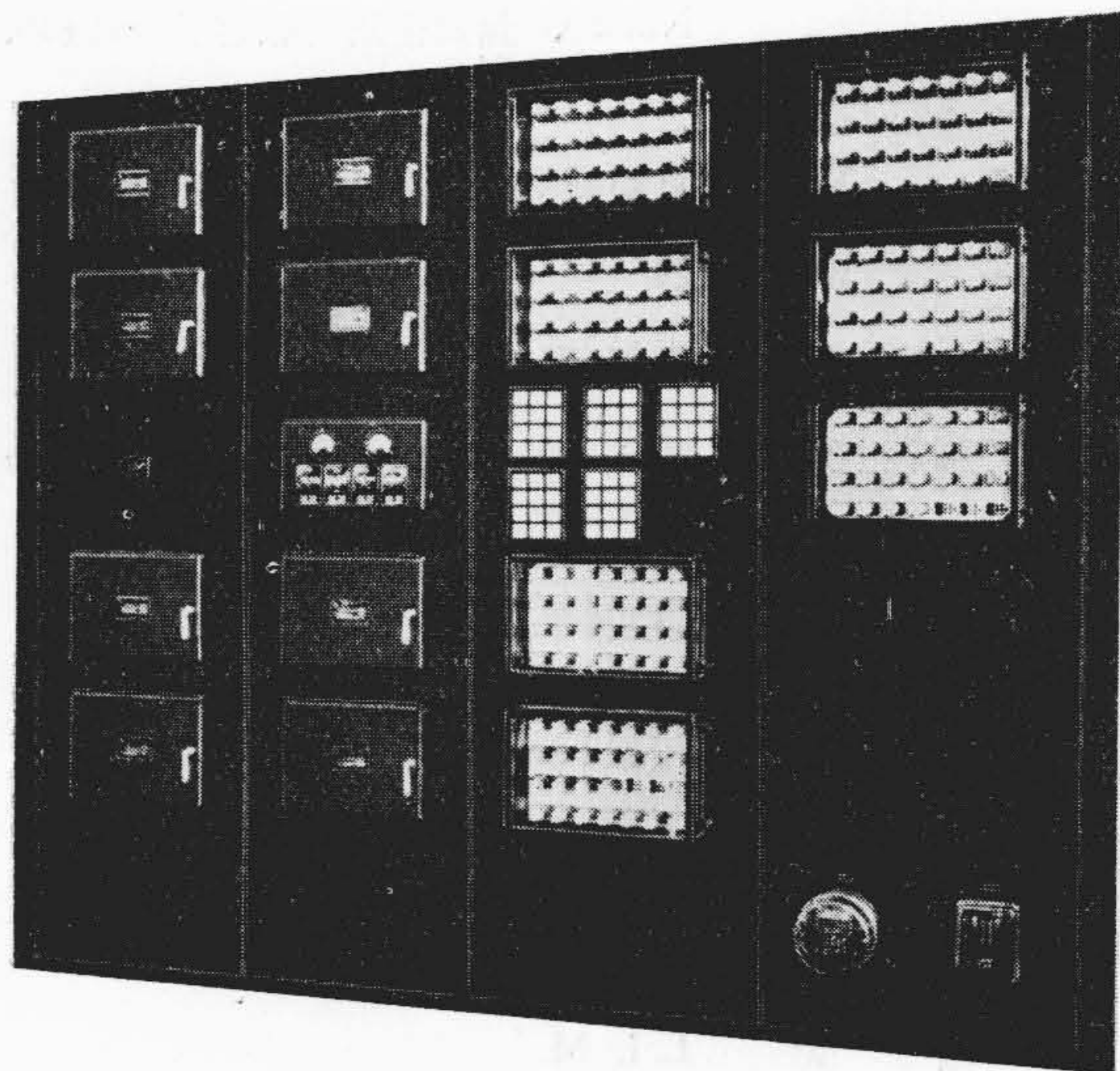
又負荷の調整は水位調整器により流量に応じて自動的に行うことも、或は又電力計を見乍ら負荷制限用電動機



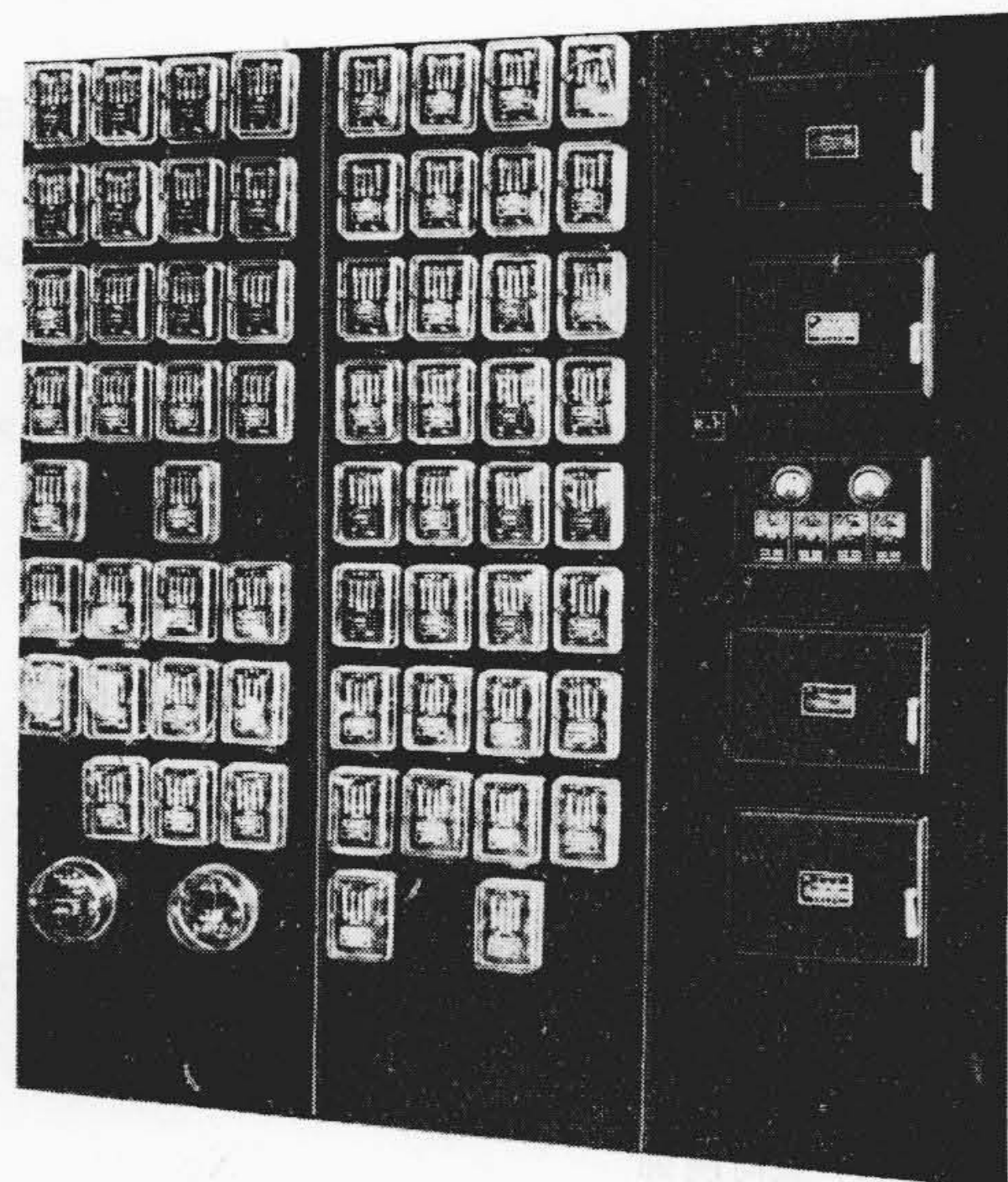
第 6 図 制 御 盤 (島河原発電所)
Fig. 6. Supervisory Control Board
(at Shimagawara Power Station)



第 8 図 継 電 器 盤 (塩川発電所)
Fig. 8. Relay Boards (at Shiokawa
Power Station)



第 7 図 継電器盤及び遠隔測定受量器盤
(島河原発電所)
Fig. 7. Relay Boards and Telemeter
Receiving Boards
(at Shimagawara Power Station)

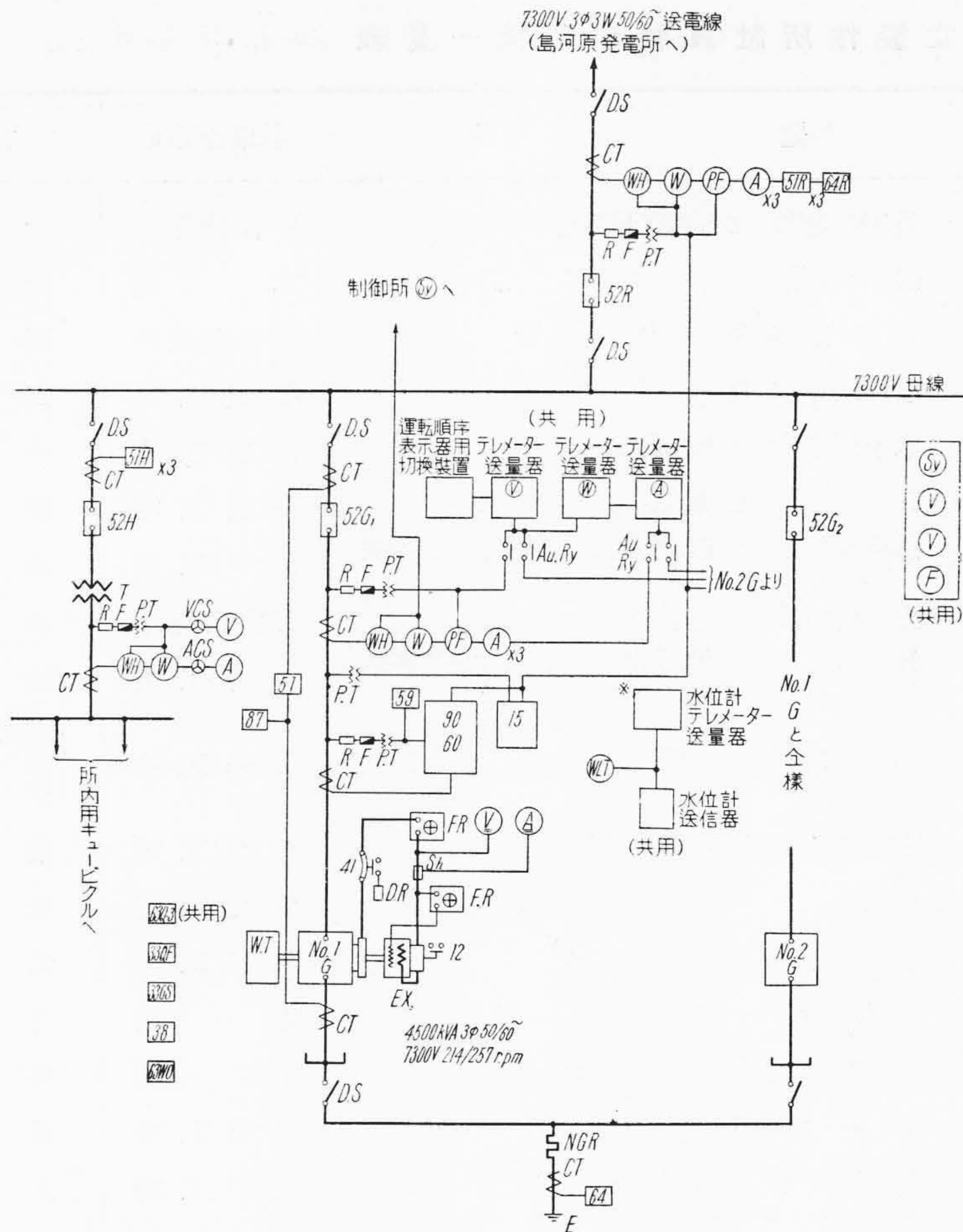


第 9 図 操作補助継電器盤及び遠隔測定送量器盤
(塩川発電所)
Fig. 9. Auxiliary Relay Boards and Telemeter
Sending Board (at Shiokawa Power
Station)

第 1 表 機器制御及び状態表示の種類並びに選択順序

Table 1. Kinds and Selective Sequence of Machine Controlling and Condition Indication

選択番号	機 器 種 別	記 号	操 作	表 示	。
No. 1	圧油槽油圧継電器	63Q ₃		①	No. 1. 2 G 全停止
2	発電機回路接地継電器	64		"	No. 1. 2 G 全停止
3	過速度継電器 (No. 1)	12		"	No. 1 G 全停止
4	循環油ヘッドタンク浮子開閉器(")	33QF		"	"
5	调速機事故検出継電器 (")	33GS		"	"
6	軸受温度継電器 (")	38		"	"
7	冷却水流水継電器 (")	63WC		"	"
8	発電機比率差動電流継電器 (")	87		①	No. 1 G 全停止
9~14	No. 2 G (No. 1 G 用 No. 3~No. 8 に同じ)				No. 2 G 全停止
15	予備圧油ポンプ運転			①	表示 (油ポンプ予)
16	蓄電池充電用接触器開放	16		"	
17	遠方直接切換開閉器	43		"	表示 (直接)
18	自由引外継電器	94	復 帰		
19	過電流継電器用補助継電器 (No. 1)	51X	"	"	No. 1 G 無負荷運転→自動又は手動 並列
20	過電圧 " " (No. 1)	59X	"	"	No. 1 G 無負荷無励磁運転→ "
21	過電流 " " (No. 2)	51X	"	"	No. 2 G 無負荷運転→ "
22	過電圧継電器用補助継電器 (No. 2)	59X	復 帰	①	No. 2 G 無負荷無励磁運転→自動又は 手動並列
23	送電用遮断器	52R	入、切	ⓇⓄ	自動遮断の時 G フリツカー
24	所内用遮断器	52H	入、切	ⓇⓄ	同 上
25	圧油ポンプ	88Q	起動停止	①	表示 (油ポンプ常)
26	発電機 (No. 1)		起動停止	ⓇⓄ 運転順序 表示器	52G ₁ 52G 自動遮断の時 Ⓞ フリツカ ー
27	発電機電圧計 (No. 1)		測 定	ACⓇ	
28	同期化切換 (No. 1)		自動手動	①	表示 (自動) 又は (手動)
29	手動同期化 (No. 1)		昇速降速 入	SY ⓇⓄ	GM 52G ₁
30	水位調整器 (No. 1)	77W	入、切	ⓇⓄ	77WS Ⓡ 使用 Ⓞ 不使用
31	発電機電流 (No. 1)		測 定	ACⒶ	
32	負荷制御 (No. 1)		増 減	Ⓜ	L. L. M.
33~39	No. 2 G (No. 1 G 用 No. 26~32 に同じ)				
40~47	予 備				



第 10 図 塩 川 発 電 所 単 線 接 続 図

Fig. 10. Skeleton Diagram of Shiohara Power Station

を操作して行うことも任意に出来る。

機械的、電気的事故に対してはそれぞれの保護装置が動作して適切な処置を行い、事故の種類を親発電所に表示すると共に警報する。

このように運転員は普通の一人制御発電所の場合と全く同様に、子発電所の状況を確実に把握し乍ら容易に運転を行い得る様考慮されている。

[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るゝものであつて、既設の発電所の統合整備を企図する場合、或いは又一つの水系に発電所を次々に建設する場合等は当然考慮さるべき運転方式である。

本方式を採用することにより得らるゝ便益と労力の節減は僅少な建設費を補償して遙かに余りあるものがある。最近、水力地点の開発が活潑になるにつれ、本方式が各電力会社に於て続々実施される機運にあるのは、蓋し当然と言うべきであらう。

日立製作所社員社外寄稿一覧表 (昭和 27 年 6 月分)

投 稿 先	題 名	執筆者所属	執 筆 者 名
応用物理学会誌	外圧の変化による真空漏洩量の測定	中央研究所	近 藤 彌 太 郎
新生活と電気	換 気 扇 に つ い て	本 店	味 岡 昊
電気通信学会誌	真 空 管 寿 命 の 抜 取 検 査	中央研究所	高 田 昇 平
新生活と電気	扇 風 機 は な ぜ 廻 る か	多 賀 工 場	山 家 正 道
動 力	水 力 開 発 と 建 設 機 械	亀 有 工 場	中 正
鉄道電化協会誌	日 立 装 甲 配 電 盤 に つ い て	多 賀 工 場	藪 野 亥 石
オ ー ム	誘導電動機の選定、取扱と故障の早期手当法 (2)	亀 戸 工 場	益 田 貞 三
金属学会誌	耐 熱 鋼 の 熔 接	日立研究所	小 野 健 二
印刷学会誌	B列半截二回転凸版印刷機及び日立パウダス プレイユニット	川 崎 工 場	山 岸 隆 一
金属学会誌	18-8 不 銹 鋼 の 耐 磁 性 に つ い て	安 来 工 場	{小田 柴中 定和 雄夫 稲 田 朝 雄
土地と生産	三方原開拓建設納両吸込渦巻ポンプ	亀 有 工 場	堀 田 正 雄
土地改良	灌 漑 と ケ ー ブ ル 起 重 機	亀 有 工 場	松 崎 直 忠
土地改良	土 地 改 良 と シ ョ ベ ル	亀 有 工 場	安 井 厚
土地と生産	農 事 用 モ ー ト ル に つ い て	本 店	香 田 武 夫
土地と生産	万 能 土 掘 機 の 紹 介	本 店	黒 田 元 彦
機械学会誌	ガ ー ブ ド ジ ブ	亀 有 工 場	盛 武 賢
照明学会誌	色 彩 調 節 の 実 施 と そ の 効 果	亀 戸 工 場	山 津 幸 夫
高分子学会誌	研 究 所 だ よ り 中 央 研 究 所	中央研究所	大 倉 勉
電 気	日立搬送保護継電装置について	多 賀 工 場	{川 井 晴武 雄夫 瀧 田 武
オ ー ム	誘 導 調 整 器 の 衝 撃 電 圧 特 性	日 立 工 場	首 藤 清
電気学会誌	電力用海底ゴムケーブルの修理について	日立電線工場	高 橋 長 一 郎
化学工業	工 業 集 塵	日立研究所	橋 本 清 隆
品質管理	工場に於ける実験計画法運用の実際問題	茂 原 工 場	宮 城 精 吉
金属学会誌	高周波表面焼入せる炭素鋼の機械的性質	亀 有 工 場	{寺 前 野崎 互卓 博作 牧 山 友 爾 山 平 友 亮
電気書院	水車の Index Test 法について	日立研究所	{桑 山 正健 俊 平 野 二
電気書院	新型制弧遮断器の開発	多 賀 工 場	桑 山 正健 俊
金属学会	高炭素低クロム、モリブデン鋼の Ar'' 変態 温度範囲の変態速度	日立研究所	{小 根 野 本