

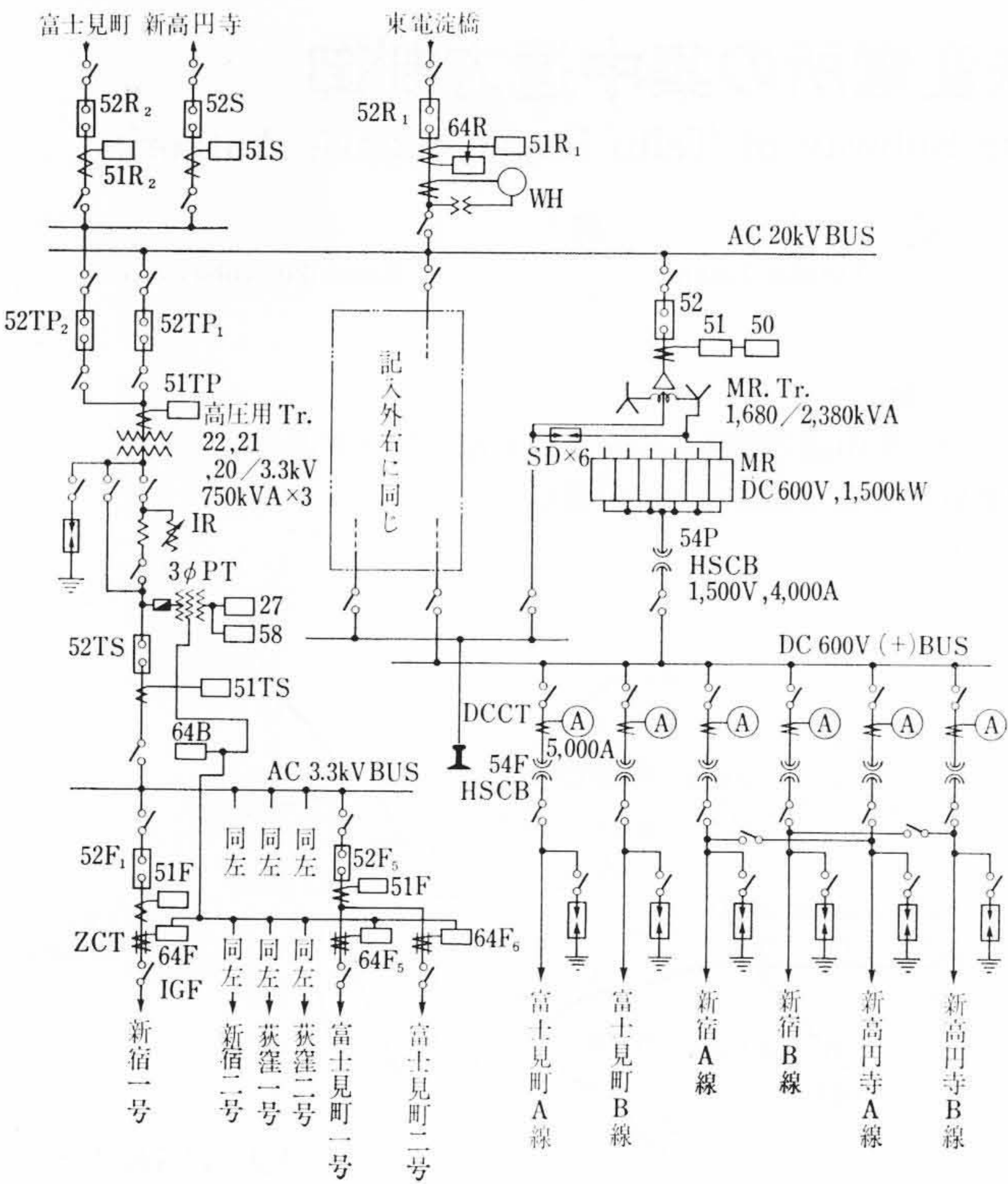


図2 本町変電所単線接続図

多数の変電所を有機的に運転するためには変電区相互間にわたる制御が要求されるので、地区制御所における業務はきわめて繁雑となりかつ運転員の増強が必要となる。

これを解決して運転制御の合理化をはかるため上野に電力指令所を設置し、ここを中央制御所として全変電所が総括的に管理される集中制御が行なわれることになった。集中制御により地区制御所が不要となり、地区制御所相互間の連絡およびそれに基づく判断業務は電力指令所における総括制御に置き換えられるので、比較的少数の運転員により円滑な電力の供給が可能になった。

今回実施された営団地下鉄変電所群の集中制御方式は、前述の観点から変電所ごとに専用の遠方制御装置を設置した集合式が採用され、万一装置に故障が発生してもその影響がほかに及ばないようにして電車の運転を確保している。図3は遠方制御装置の配置を示したものである。遠方御制装置としては一部既設リレー式装置を使用しているが、新設装置は迅速な制御が可能で集中制御に適するトラ

ンジスタ式とした。トランジスタ方式はトーンチャンネル搬送方式であるので連絡線を一部共用している。

電力指令所における監視制御項目は、1変電所当たり20項目および40項目を標準としている。表1は40項目の1例として本町変電所の監視制御項目を示したものである。操作項目は受電および送電遮断器、整流器、き電線遮断器、直流遠方スイッチあるいは遠制装置試験など25項目であり、ほかに操作予備として5項目が実装されている。上記のほか、表1には含まれないが、受電遮断器に対しては非常停止(5E)操作があり、これは遠方制御装置とは別に専用連絡線を用いた直接制御である。遠方スイッチは変電所の中間にあるので、もよりの変電所の制御項目に含め、遠方スイッチとその変電所間は簡易直接式遠方制御装置により中継されている。

表示項目としては機器の運転表示および故障表示があり、後者は機器別表示ではなく、数項目の一括表示により監視が簡便化されている。

変電所機器の信頼度が向上しているので、テレメータは、運転状態の監視用となり、従来のような多数項目の測定は行なわれず、運転上特に必要な積算電力と整流器出力電流および直流き電線電流の遠隔指示のみである。積算電力のテレメータは、専用連絡線を介して単位パルスを送信し、後述の自動記録装置により印字記録も行なっている。また直流電流のテレメータは、数変電所に対し共通の2本の連絡線を使用して、遠方制御装置により連絡線を切替える選択測定方式である。

今回の集中制御では監視制御を合理的にするため後述の系統盤および制御盤を新設し、ほかにデータの自動記録装置として積算電力の集中自動記録装置を採用している。

3. トランジスタ遠方制御装置

今回使用したトランジスタ遠方制御装置はトランジスタおよびダイオードが基本素子となって構成され、選択方式には定マーク式パルスコードの返信照合方式が採用されているので伝送路上の雑音による誤選択の恐れがない。本装置では2本の連絡線により選択、操作、表示などが行なわれ、選択時間は1項目約1秒であるので迅速な監視制御が可能であり、多数変電所の集中制御に適している。図4は本装置の制御所側継電器盤を示したものである。

3.1 符 号

図5は本装置に使用する符号パルスの波形を示したものである。選択符号は誤符号の自己検定機能をもつ定マーク式パルスコードであり、これを返信して原符号と照合する返信照合方式により誤選択

表 1 遠 方 監 視 制 御 項 目

No.	種 別	操 作	表 示	備 考	No.	種 別	操 作	表 示	備 考
1	停 電	—	①停 電		21	き電線遮断器 No. 5	入 切	Ⓡ Ⓞ	④テレメータ
2	重 故 障	—	①重 故 障		22	き電線遮断器 No. 6	入 切	Ⓡ Ⓞ	④テレメータ
3	軽 故 障	—	①軽 故 障		23	付 帯 一 次 遮 断 器	入 切	Ⓡ Ⓞ	
4	特 高 地 絡	—	① 64 R		24	付 帯 一 次 遮 断 器	入 切	Ⓡ Ⓞ	
5	高 圧 地 絡	—	① 64 F		25	付 帯 二 次 遮 断 器	入 切	Ⓡ Ⓞ	
6	火 災 接 地	—	①火災接地		26	給電線遮断器 No. 1	入 切	Ⓡ Ⓞ	
7	直 接 操 作	—	①直 接		27	給電線遮断器 No. 2	入 切	Ⓡ Ⓞ	
8	入 口 扉	—	①入 口 扉		28	給電線遮断器 No. 3	入 切	Ⓡ Ⓞ	
9	(予 備)	—			29	給電線遮断器 No. 4	入 切	Ⓡ Ⓞ	
10	(予 備)	—			30	給電線遮断器 No. 5	入 切	Ⓡ Ⓞ	
11	受 電 遮 断 器	入 切	Ⓡ Ⓞ		31	直 流 遠 方 ス イ ッ チ	入 切	Ⓡ Ⓞ	
12	送 電 遮 断 器	入 切	Ⓡ Ⓞ		32	直 流 遠 方 ス イ ッ チ	入 切	Ⓡ Ⓞ	
13	送 電 遮 断 器	入 切	Ⓡ Ⓞ		33	直 流 遠 方 ス イ ッ チ	入 切	Ⓡ Ⓞ	
14	整 流 器 No. 1	入 切	Ⓡ Ⓞ	④テレメータ	34	直 流 遠 方 ス イ ッ チ	入 切	Ⓡ Ⓞ	
15	整 流 器 No. 2	入 切	Ⓡ Ⓞ	④テレメータ	35	(予 備)	入 切	Ⓡ Ⓞ	
16	(予 備)	入 切	Ⓡ Ⓞ		36	(予 備)	入 切	Ⓡ Ⓞ	
17	き電線遮断器 No. 1	入 切	Ⓡ Ⓞ	④テレメータ	37	(予 備)	入 切	Ⓡ Ⓞ	
18	き電線遮断器 No. 2	入 切	Ⓡ Ⓞ	④テレメータ	38	(予 備)	入 切	Ⓡ Ⓞ	
19	き電線遮断器 No. 3	入 切	Ⓡ Ⓞ	④テレメータ	39	(予 備)	入 切	Ⓡ Ⓞ	
20	き電線遮断器 No. 4	入 切	Ⓡ Ⓞ	④テレメータ	40	試 験	入	①試 験	

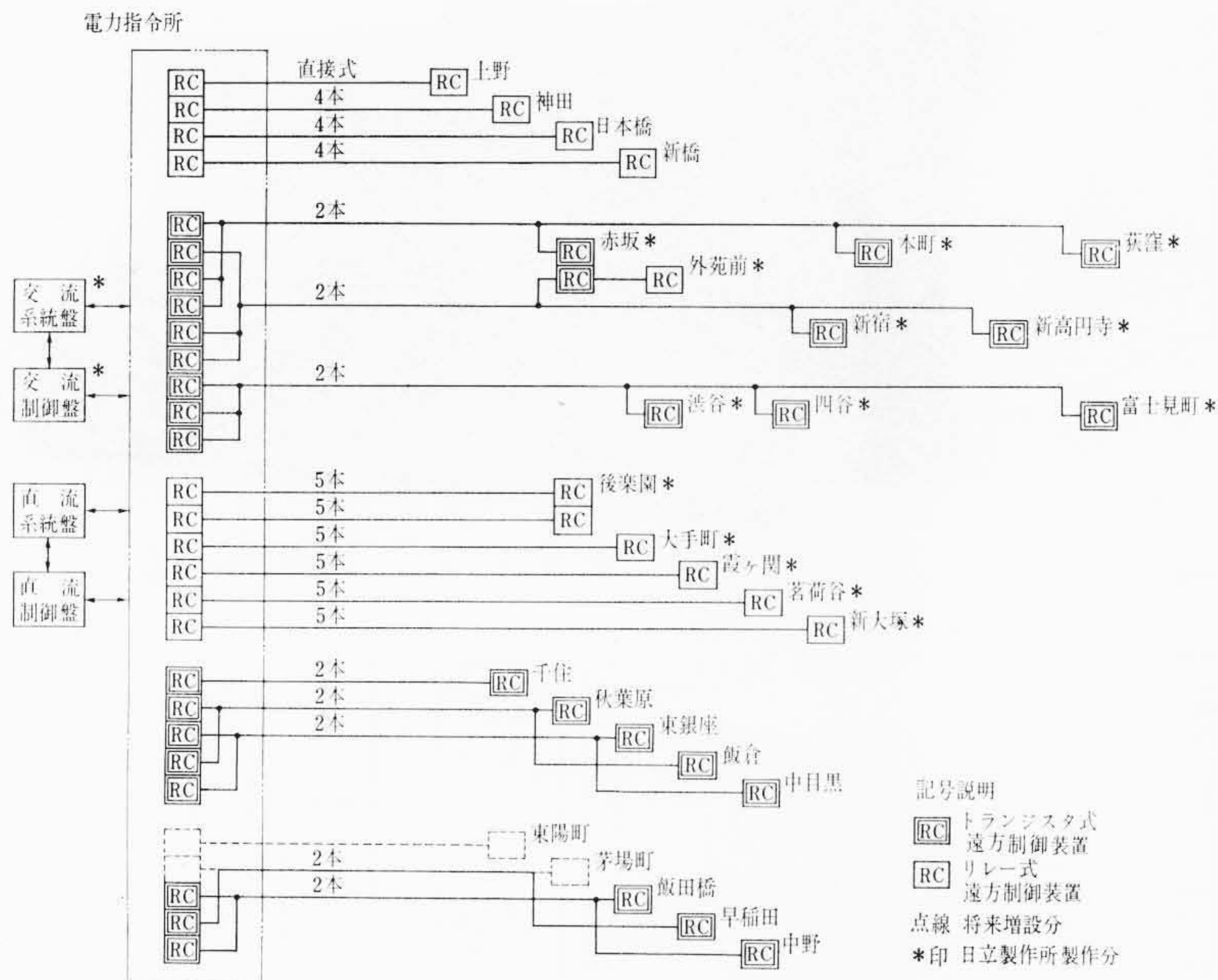


図3 遠方制御装置の配置

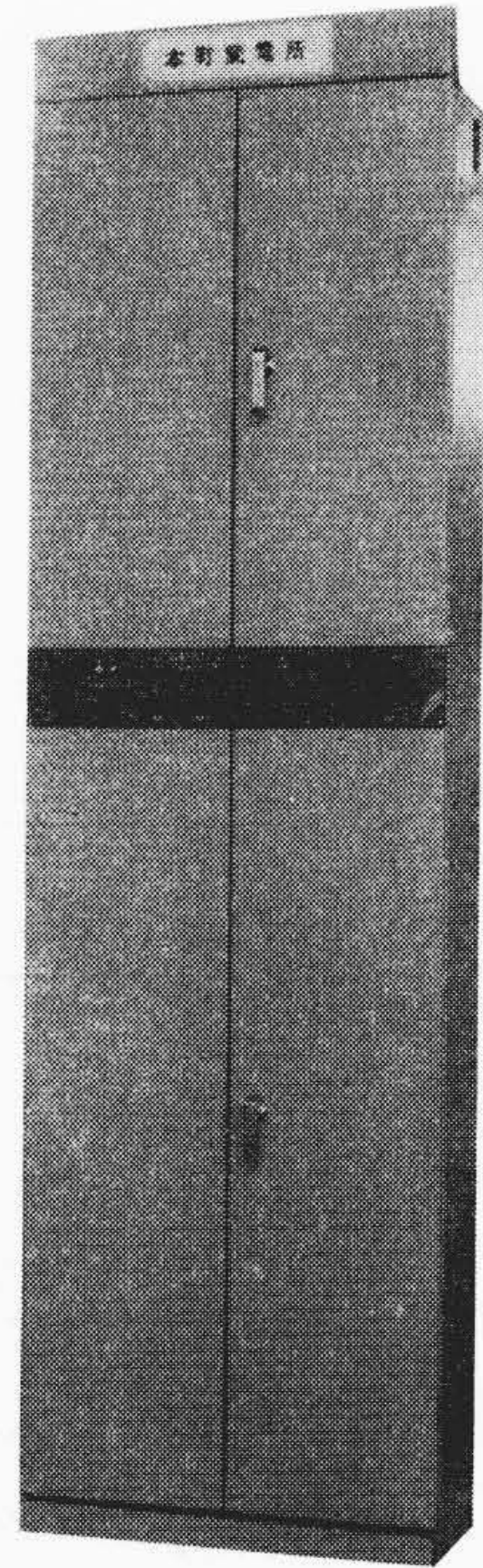


図4 トランジスタ遠方制御装置継電器盤

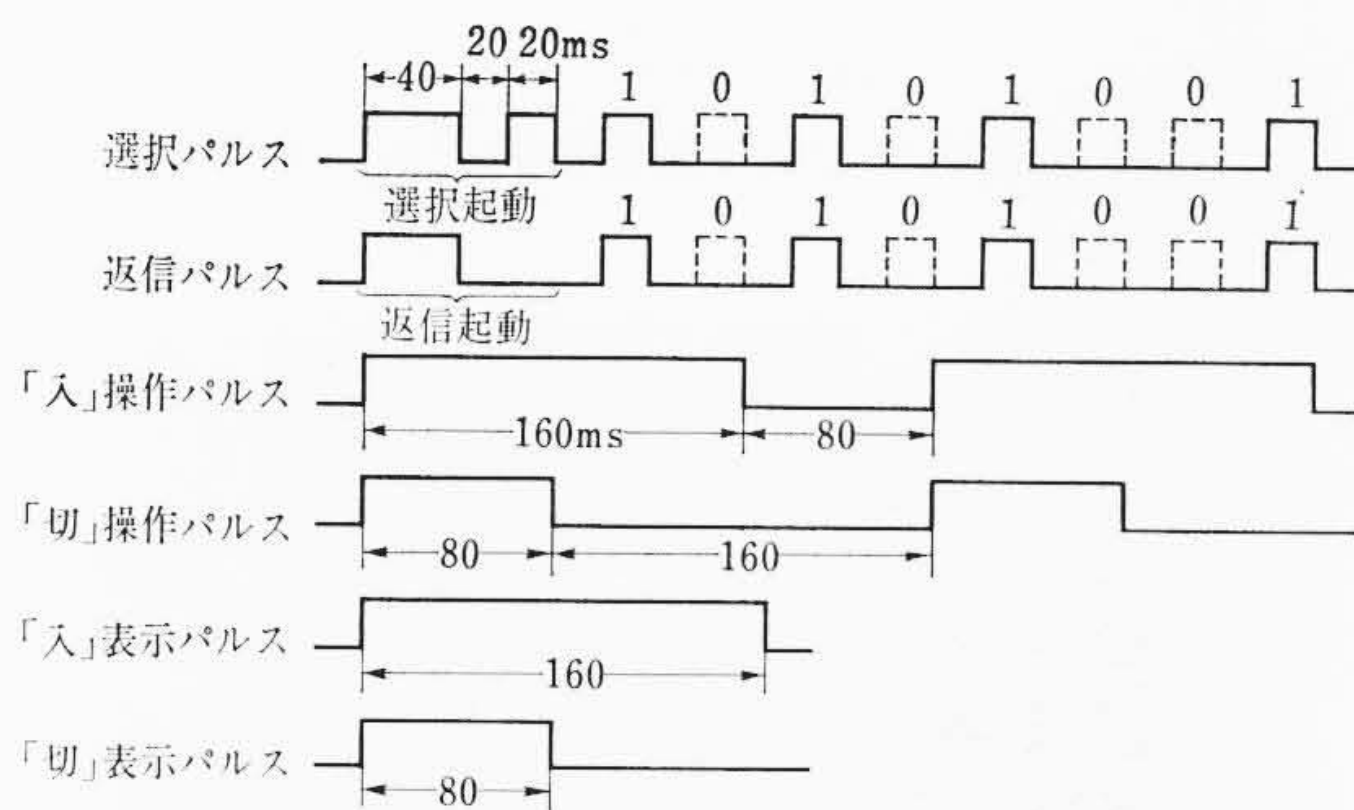


図5 パルス波形

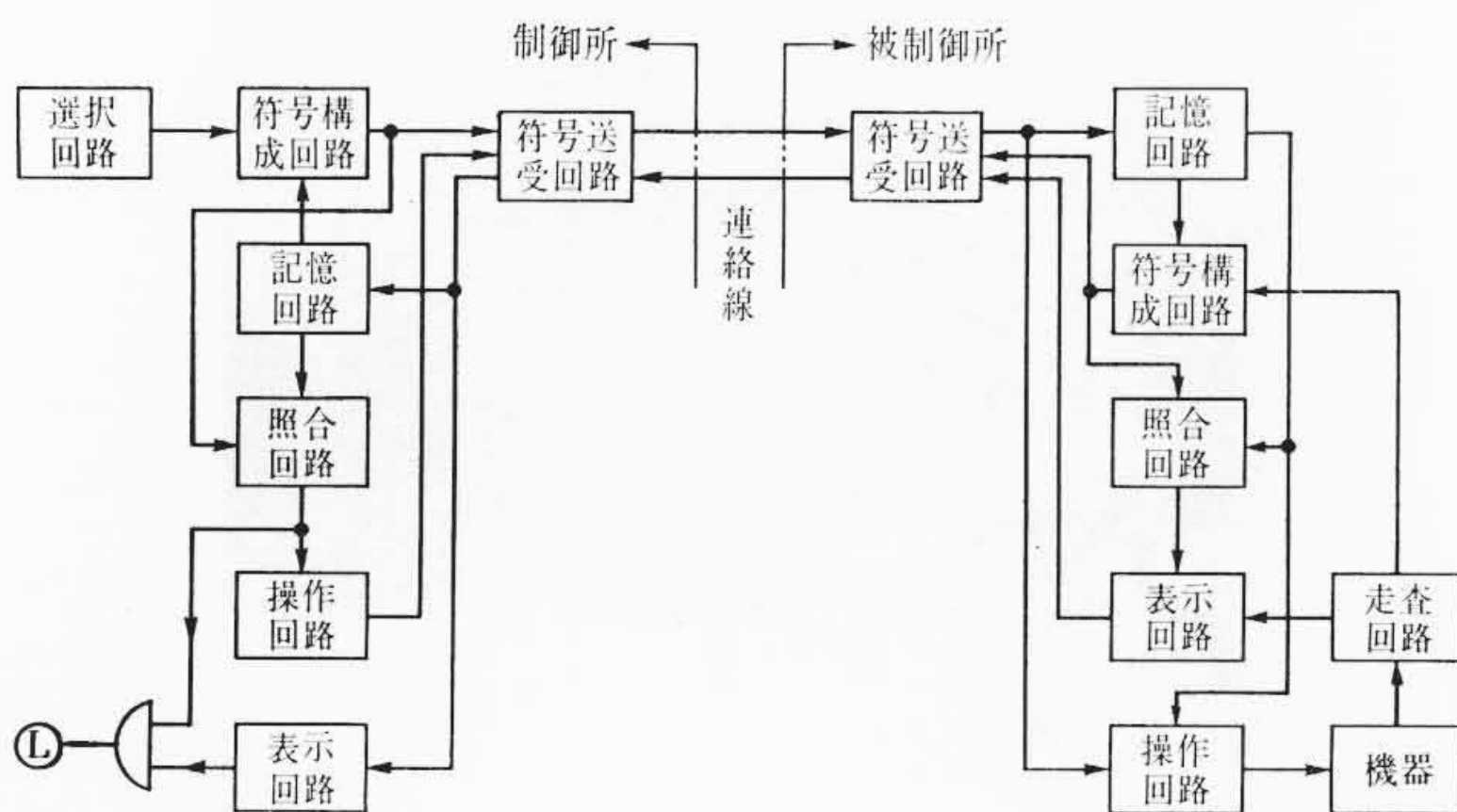


図6 トランジスタ式遠方制御装置ブロック図

を防止している。表2は監視制御項目40の40形装置に使用するパルスコードを示し、すべてのコードは8ビットのうち必ず4ビットがマークとなるように構成されている。

操作表示符号は長短パルス方式に従い「入」用に160ms、「切」用に80msのパルスを用いている。

本装置では被制御所からの選択表示を制御所からの選択操作に優先させる表示優先式としているが、この優先判定は図5に示される選択パルス頭部の40ms幅のパルスと20ms幅のパルスとより構成される選択起動符号を制御所で受信した場合は選択表示と判定し、制御所からの選択を一時中止することにより行なわれる。

表2 パルスコードの一例(40形)

選択番号	パルスコード	選択番号	パルスコード
1	1 1 1 0 0 0 1 0	21	1 1 1 0 0 0 0 1
3	1 1 0 1 0 0 1 0	22	1 1 0 1 0 0 0 1
3	1 0 1 1 0 0 1 0	23	1 0 1 1 0 0 0 1
4	0 1 1 1 0 0 1 0	24	0 1 1 1 0 0 0 1
5	1 1 0 0 1 0 1 0	25	1 1 0 0 1 0 0 1
6	1 0 1 0 1 0 1 0	26	1 0 1 0 1 0 0 1
7	0 1 1 0 1 0 1 0	27	0 1 1 0 1 0 0 1
8	1 0 0 1 1 0 1 0	28	1 0 0 1 1 0 0 1
9	0 1 0 1 1 0 1 0	29	0 1 0 1 1 0 0 1
10	0 0 1 1 1 0 1 0	30	0 0 1 1 1 0 0 1
11	1 1 0 0 0 1 1 0	31	1 1 0 0 0 1 0 1
12	1 0 1 0 0 1 1 0	32	1 0 1 0 0 1 0 1
13	0 1 1 0 0 1 1 0	33	0 1 1 0 0 1 0 1
14	1 0 0 1 0 1 1 0	34	1 0 0 1 0 1 0 1
15	0 1 0 1 0 1 1 0	35	0 1 0 1 0 1 0 1
16	0 0 1 1 0 1 1 0	36	0 0 1 1 0 1 0 1
17	1 0 0 0 1 1 1 0	37	1 0 0 0 1 1 0 1
18	0 1 0 0 1 1 1 0	38	0 1 0 0 1 1 0 1
19	0 0 1 0 1 1 1 0	39	0 0 1 0 1 1 0 1
20	0 0 0 1 1 1 1 0	40	0 0 0 1 1 1 0 1

3.2 動作

本装置の動作を図6のブロック図を参照して説明する。

(1) 制御所からの操作

図7は制御所から被制御所の機器を選択操作する場合の符号送受を示すタイムチャートである。制御所側で操作しようとする機器に対応する選択スイッチを操作すると、定マーク式パルスコードが構成されて、選択符号として被制御所へ向けて送出される。被制御所において受信記憶された符号は返信符号として制御所へ送り返されて原符号と照合される。照合の結果両者が同一であれば正しい選択が確認され、また返信符号に続いて制御所へ送られる表示符号により、操作に先だって被制御機器の状態が再確認される。

次いで操作スイッチを操作すると、図5に示される操作パルスが送信されて機器が応動する。その結果機器の状態が変化すると直ちに表示符号が送出され、制御所における表示灯の表示が更新される。

操作が完了し、選択スイッチを戻すと、制御所から復帰パルス

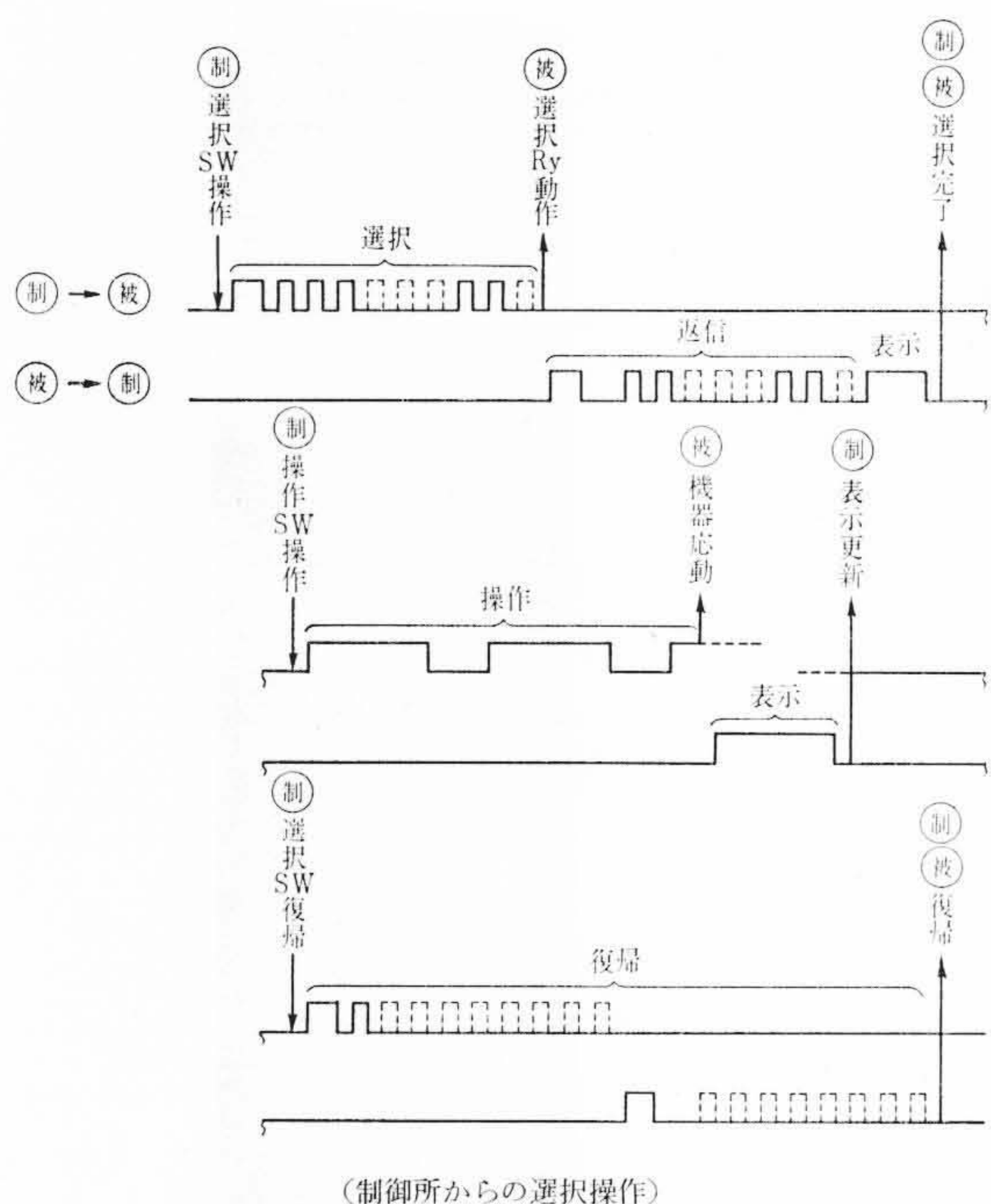


図7 遠方制御装置のタイムチャート

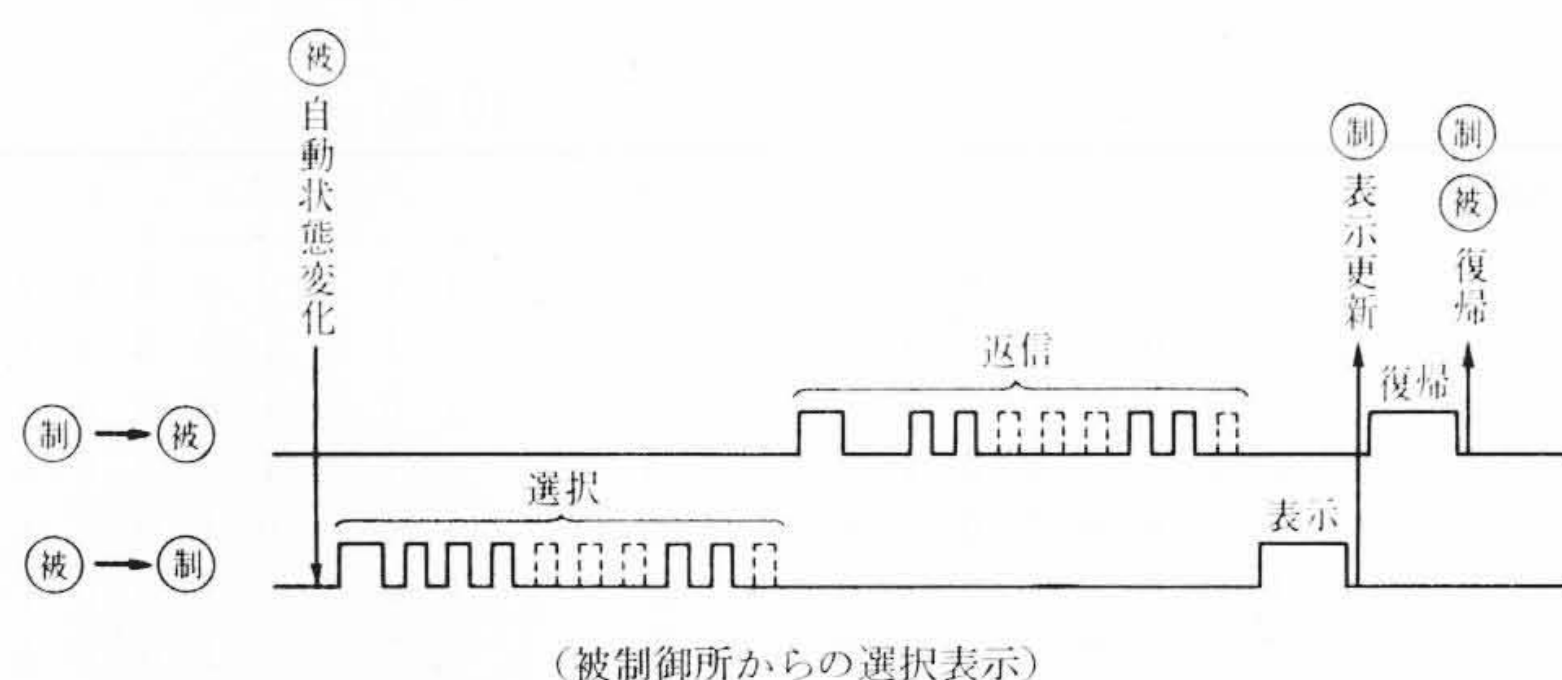


図8 遠方制御装置のタイムチャート

が送信されて装置は平常態に復帰する。

(2) 被制御所からの表示

図8は被制御所における故障または機器の自動状態変化を制御所に表示する場合のタイムチャートで、被制御所の状態変化は走査回路により検出され、対応する選択パルスが送信される。このパルスは制御所で受信されてから被制御所へ送り返され、照合の結果が正しければ直ちに表示パルスが送信される。この場合制御所ではベル警報とともに、該当する表示灯の点滅が行なわれる。同時に受信された表示パルスと同形のパルスが復帰パルスとして被制御所へ送られ、装置は平常に復帰する。

3.3 伝送方式

トランジスタ遠方制御装置は、耐圧の関係で連絡線へ直接接続することはできないため、通常トーンチャンネル搬送式とし、絶縁トランスを介して連絡線へ接続される。搬送式では共通連絡線により多数の信号を同時に多重伝送できるので、営団地下鉄の場合でもこの特質を利用し、1対の連絡線に最大6チャンネルの搬送周波数を割当て3セットの遠方制御用信号の送受を行なっている。

搬送周波数は音声周波帯において、通常425 c/s から170 c/s 間隔で最大18チャンネルまで配置できるが、整流器の発生する高調波による誘導雑音を避けるためにこれに近い周波数は使用せず、また線路損失を考慮して遠い変電所に対し低い搬送周波数を割当てることにより、伝送損失の不均一を補償している。

信号伝送装置は全トランジスタ式で、通信速度は最大60ボーであり、変調方式はFS方式で「1」、「0」に対応して搬送周波数 f_0 の場合 $f_0 \pm 35$ c/s の信号を送受している。

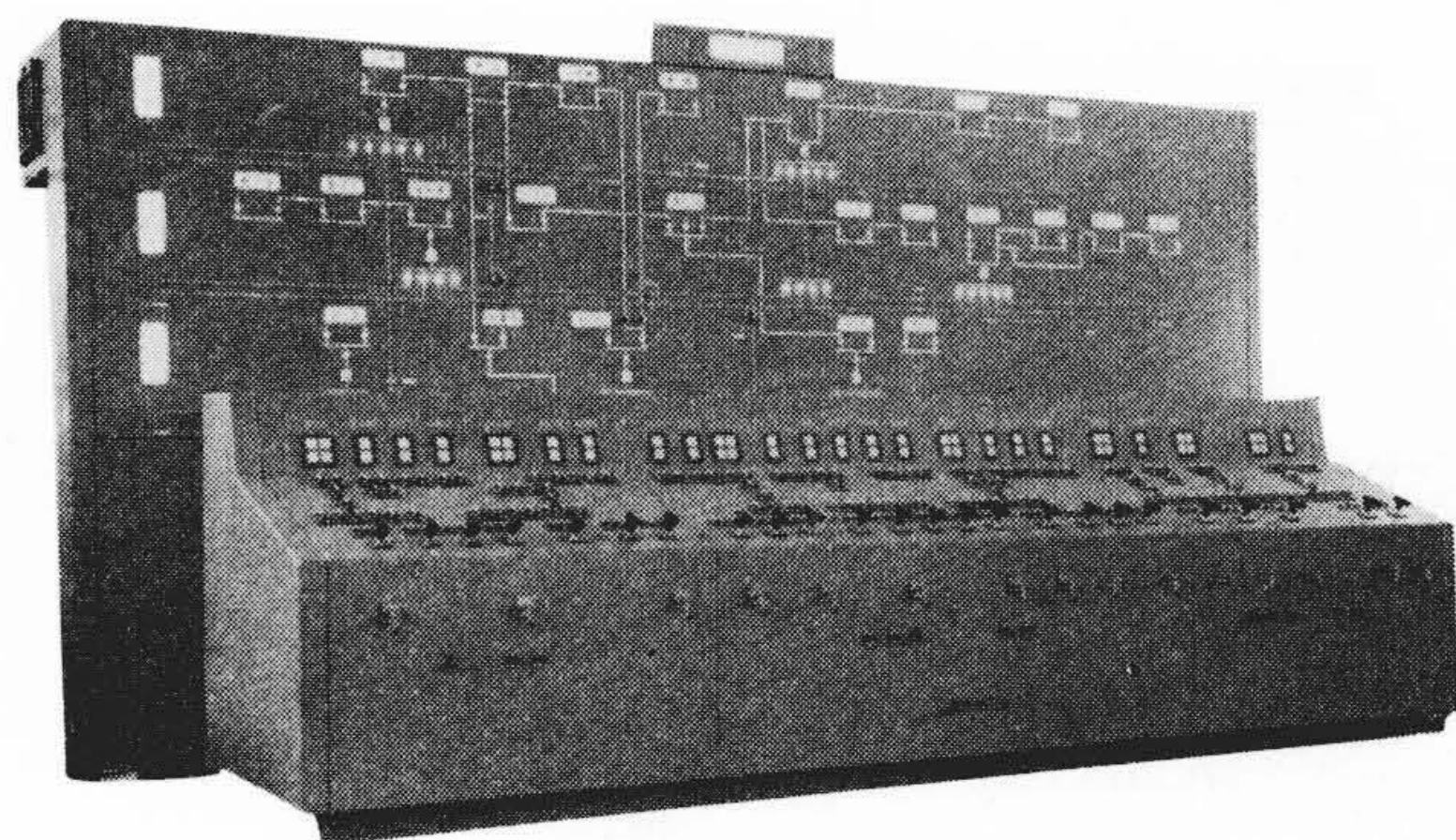


図9 システム盤および制御盤

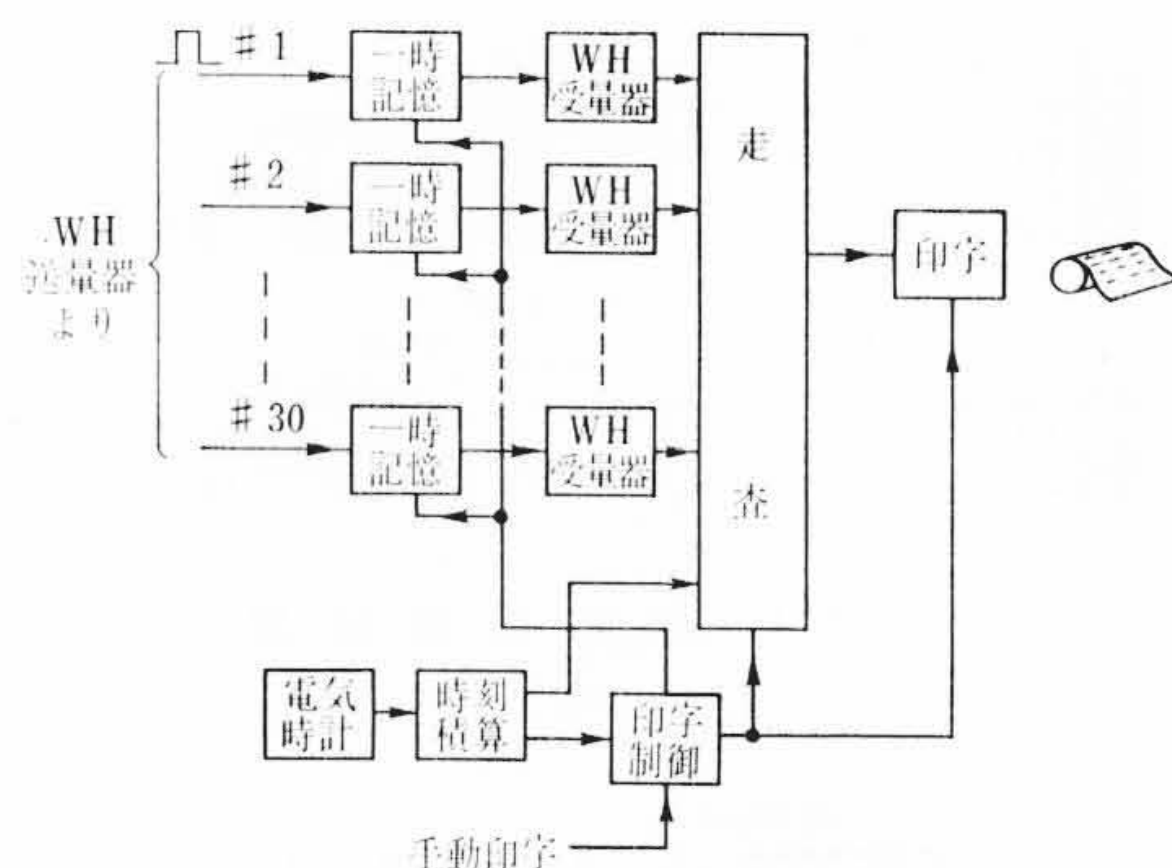


図10 積算電力集中記録装置ブロック図

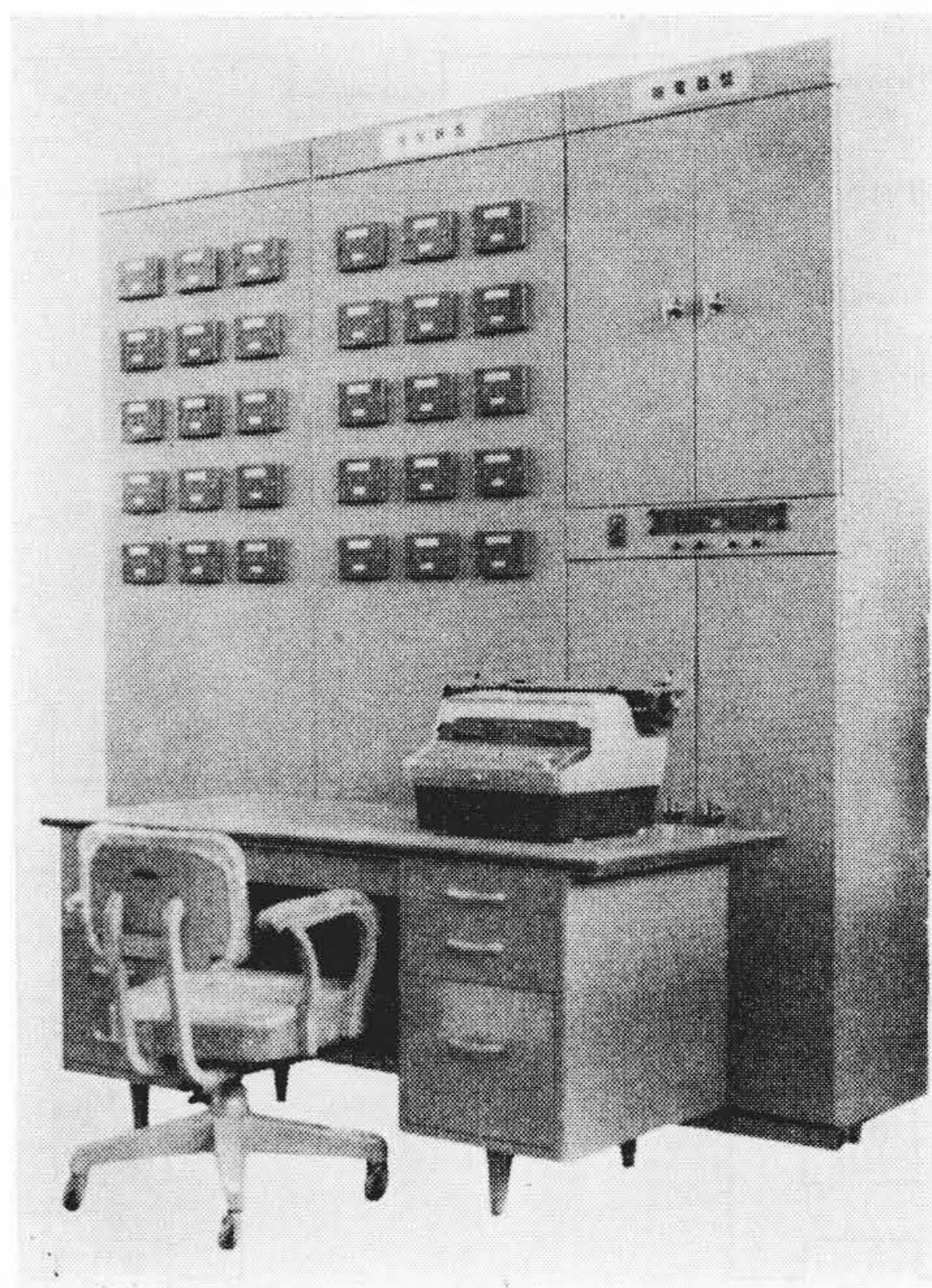


図11 積算電力集中記録装置

4. システム盤と制御盤

集中制御の実施に際し、系統全体の運転状態を的確には握し、かつ機器を迅速適切に制御するために上野の電力指令所に全変電所群に対する系統盤および制御盤が新設された。本盤は交流系統と直流系統に2分されており、このうち前者を日立製作所が製作した。図9はその外観で、前方の机盤は制御盤、後方の垂直盤は系統盤である。

系統盤は模擬機器を路線ごとに3段に分けて配列したグラフィックパネルであり、制御盤上の故障表示器、選択スイッチなどは系統盤との対応を考慮しつつ変電所単位にまとめられているので、制御が簡便になり、各遠方制御装置の制御盤上における分担区分が明確

表3 積算電力記録用紙
受電積算電力記録

											年 月 日						
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		25	26	27	28	29	30
変電所	上野	新橋	渋谷	新大塚	後楽園	霞ヶ関	新宿	本町	富見士町	千住							
乗率 時刻	×100 KWH	×100 KWH	×150 KWH	×100 KWH	×80 KWH	×75 KWH	×100 KWH	×80 KWH	×100 KWH	×100 KWH							
00:30	543	331	853	504	665	673	483	491	755	138							
01:00	557	340	863	512	673	688	493	499	762	146							
01:30	568	347	871	519	682	703	501	506	769	153							
02:00	579	353	879	526	689	715	509	513	774	161							
本日読	750	501	003	662	933	928	655	635	890	284							
前日読	541	330	853	501	663	670	481	489	752	136							
差引	209	171	150	161	270	258	174	150	138	148							
乗率合計	20,900	17,100	22,500	16,100	21,600	19,350	17,400	12,000	13,800	14,800							
本日最高	2,400	2,100	2,700	1,800	2,640	2,625	2,000	1,600	1,400	1,800							

(注) 1. No. 25~30 は将来用予備とする。
2. 本日読〜本日最高は手書とする。

になるので保守点検が容易である。

5. 積算電力の自動記録

系統制御の集中化に伴い、中央制御所の運転員が処理すべき業務の範囲が拡大され複雑になったため、被制御所の電力量の記録、日報の作成を人手により行なうことが困難となった。そこで自動記録装置を新設し、これによって受電電力量の定時計測、日報の作成を自動化している。

図10は本装置の説明図で、この図において変電所のWH送量器から送られてきた信号パルスはWH受量器において10進3けたの積算値として電氣的に記憶される。一方、時計からの1分ごとの時刻パルスは時刻積算回路にて積算され、所定時刻になると印字制御回路が印字指令を出して走査回路およびプリンタが起動する。同時に印字制御回路の指令はWH受量器を連絡線から切離すので、すべての変電所について同一時刻の積算電力が印字される。また印字中に送られて来る信号パルスは、一時記憶回路へはいり、印字終了後WH受量器に与えられるので数え落しが無い。印字指令により走査回路が起動すると、まずそのときの時刻が印字され、次いで受量器の出力が順次走査されて3けたの積算値が印字記録される。

印字記録は30分ごとに自動的に行なわれるので運転員によるWHの計測および記録業務は不要になった。

図11は積算電力集中記録装置、表3は積算電力の記録例である。本装置では、積算値を指示するとともに、その電氣的信号を外部へ出すことのできる新形WH受量器が使用されているので、従来必要とした継電器による積算回路がなくなり、盤面数が大幅に減少して経済的である。

6. 結 言

以上帝都高速度交通営団の電力系統集中制御装置の概要について述べた。

今回集中制御を実施した結果、運転員は従来の30%以下となり、変電所増設に際しても増員の必要がなくなった。

電鉄用変電所の監視制御に対しては、早朝時始動、深夜停止および列車密度の変化に伴う整流器運転台数の増減などの運転業務を自動化するためのプログラム制御、あるいは計測値の処理、運転日報の作成などの記録業務を自動化するためのデータロガーまたは事故記録装置を適用することもできる。しかしながら、これらの自動化を全面的に採用することは、必ずしも最適な方法ではなく、系統の規模、性格あるいは経済性を考慮して実施すべきものであり、今回は、そのうちで最も重要度の高い積算電力の記録を自動化した。

今後われわれは、従来の経験を生かして、さらに前進した制御形態を検討してゆきたいと考えている。

なお、トランジスタ遠方制御装置の方式として、返送照合方式以外にサイクリック方式を開発し、遠方制御装置による計測データの伝送も実現の段階にあるので、これにより集中制御の装置構成の改善も期される。

終わりに臨み、本装置の製作に際し、多大のご協力をいただいた関係各位に感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 竹原ほか：日立評論 44, 1958 (昭37-12)
- (2) 丹羽, 原田：日立評論 45, 1267 (昭38-8)