

# 常磐線交流変電所群の集中遠方制御

Central Remote Control in A. C. Substations on the Jōban Line

丹羽 正信\* 原田 寿明\*\*  
Masanobu Niwa Toshiaki Harada

## 内 容 梗 概

上野—仙台間を結ぶ常磐線は、上野—取手間の直流電化区間につづき取手—平間 172 km が今回交流電化された。本交流電化区間には計 12 個所のき電用変電所、区分所が設置されているが、これらは一括水戸中央制御所より集中遠方制御される。制御方式は共通連絡線によるポーラーコード方式で、独立した 4 群の装置構成として信頼度の高い運転が確保できるよう考慮された。中央制御所より制御、監視する範囲が広いので、小形器具を使用した縮小盤形式が採用され、付加された自動記録装置は集中制御を容易にしている。

## 1. 結 言

上野—仙台間を結ぶ常磐線は、上野と取手間が直流電化されていたが、国鉄の電化計画に従って取手以遠、平までが交流電化することになり、昭和 36 年 6 月取手—勝田間、昭和 37 年 10 月、勝田—高萩間の電化が完了、すでに運転にはいっている。計画はさらに続行され、本年 6 月には複線区間平までの電化設備が完成し、運転が開始された。

本常磐線の電化には交流 20 kV き電方式が採用され、取手—平 172 km 間に 5 個所のき電用変電所と 7 個所の区分所が設置されている。これらの変電所、区分所群は運転制御の合理化の観点から水戸に設置された中央制御所よりポーラーコード形遠方制御装置により集中制御される。

取手—勝田間は昭和 36 年 6 月電化完成とともに集中制御装置による運転にはいったが、今回さらに勝田—平間の制御装置が完成し、水戸中央制御所に追加増設され運転にはいった。

ポーラーコード形遠方制御方式は国鉄技研とメーカーの協力によって開発された集中制御方式<sup>(1)</sup>で、被制御所群に対し共通に 4 本の連絡線を用い制御を行なうもので、変電所群、被制御所が一直線上にならび、かつ被制御機器数および操作ひん度がさほど多くない場合にきわめて経済的な遠方制御方式である。

この方式による装置は第 1 号機が昭和 33 年 4 月、東北線の直流電化変電所群の集中制御<sup>(2)</sup>に採用されたほか各所に適用されているが、その後制御方式の改良、小形制御盤の開発、自動記録装置の追加など種々の改善が行なわれている。

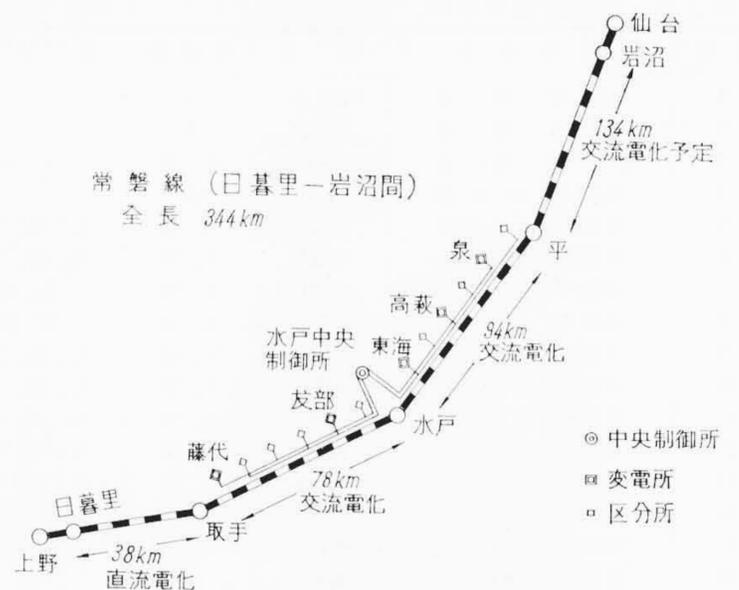
今回常磐線電化完成を機にこの遠方制御方式の交流電化変電所群への適用例について紹介し、各位のご参考に供したい。

## 2. 常磐線交流電化と変電所群の集中制御

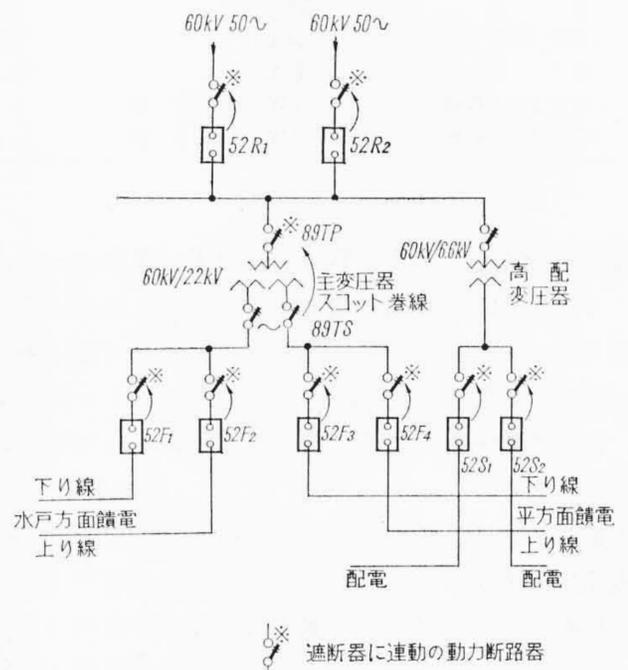
### 2.1 常磐線の交流電化

第 1 図は常磐線交流電化の概要を示したものであるが、取手以遠を電化するに当たって沿線にある地磁気観測所への影響と経済的見地から交流 22 kV による電化方式が採用されることになった。取手—平間 172 km には約 30 km おきに藤代、友部、東海、高萩および泉の 5 変電所が設置されている。東海変電所の例を示せば第 2 図に単線接続を示す構成となっており、60 kV で変電し、60/22 kV 12 MVA スコット接続式変圧器（またはスコット変圧器）により 22 kV に送降、き電線 4 回線のほか 6.6 kV 信号高圧回路 2 回線を有している。これらの変電所は第 1 図に示す泉変電所を除く 4 個所が東京電力株式会社より、また泉変電所は東北電力株式会社より受電している。

\* 日本国有鉄道電化課  
\*\* 日立製作所国分工場



第 1 図 常磐線交流電化計画概要



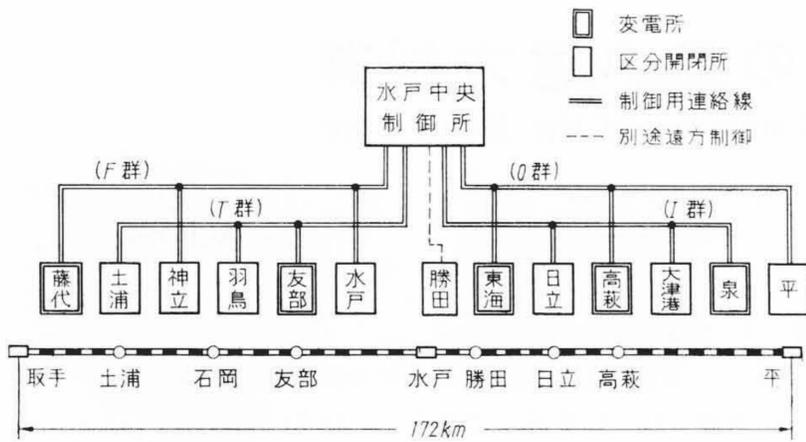
第 2 図 常磐線交流電化変電所主回路接続図

両電圧所の中間には区分所が計 7 個所設置されており、常時ここで系統を分離し、必要によっては延長き電も可能である。

これらの変電所、区分所計 12 個所は運転制御の合理化の観点から、ポーラーコード形遠方制御装置を用い、水戸中央制御所より運転制御を行なう集中制御方式が採用されている。したがって各変電所、区分所には運転員をおかず、保守員のみ配置されている。

### 2.2 変電所群の集中制御

第 3 図は常磐線変電所群の集中制御方式を示したもので、方式としては共通連絡線によるポーラーコード方式を採用し、万一装置に障害を生じて列車の運転が確保されるように考慮してある。すな



第3図 常磐線交流電化変電所群の集中制御方式

第1表 東海変電所制御、表示およびテレメータ項目一覧表

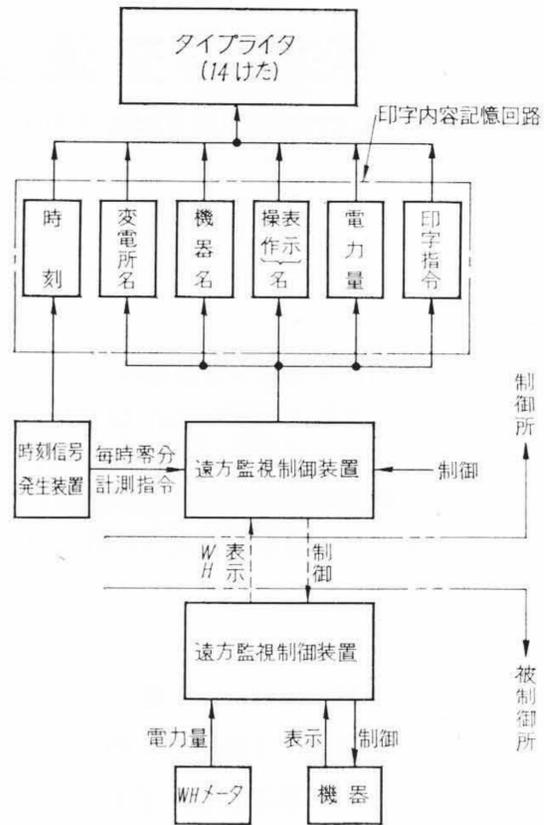
項番	機器種別	記号	制御数	表示数
1	異常捜査	ESS	入	
2	落下解除	ESR	入	
3	試験切替	ST	入, 切	入, 切
4	故障表示試験	IT	入	
5	受電用交流遮断器	52R <sub>1</sub>	入, 切	入, 切, 3位
6	受電用交流遮断器	52R <sub>2</sub>	入, 切	入, 切, 3位
7	き電 Tr 一次断路器	89TP	入, 切	入, 切
8	高配 Tr 一次断路器	89TL	入, 切	入, 切
9	き電用交流遮断器	52F <sub>1</sub>	入, 切	入, 切, 3位
10	き電用交流遮断器	52F <sub>2</sub>	入, 切	入, 切, 3位
11	き電用交流遮断器	52F <sub>3</sub>	入, 切	入, 切, 3位
12	き電用交流遮断器	52F <sub>4</sub>	入, 切	入, 切, 3位
13	高配用交流遮断器	52S <sub>1</sub>	入, 切	入, 切, 3位
14	高配用交流遮断器	52S <sub>2</sub>	入, 切	入, 切, 3位
15	動力断路器一括鎖錠	86DS	入, 切	入, 切
16	き電線自動延長	LF <sub>1</sub>	—	有
17	配電線自動延長	LF <sub>2</sub>	—	有
18	遠制装置異常	SA	—	有, 無
19	き電・高配混触	EF	—	有, 無
20	特高電源故障	RV	—	有, 無
21	重故障	HA	—	有, 無
22	高配故障	DA	—	有, 無
23	軽故障	LA	—	有, 無
24	受電1号 WH計測	1W	計測	—
25	受電2号 WH計測	2W	計測	—

わち中央制御所を水戸におき、取手方面はF, T群にわけ、また平方面はO, I群とし、計4群の構成で各群ごとに独立の連絡線を使用し、装置も群ごとに独立している。各群には必ず変電所を含め、原則的に一つおきの電気所を制御する。したがって一群の装置に故障を生じ、制御不能となっても他群の変電所によって列車の運転が確保される。

集中遠方制御方式では1個所より多数の被制御所を制御、監視するので各変電所の制御、表示項目はできるだけ簡略で共通なものとし、装置の標準化を図っている。第1表は東海変電所の制御、表示およびテレメータ項目を示したもので、ほかの変電所もほぼこれと同じである。

(1) 制 御

制御項目としては異常捜査、落下解除、試験切替、故障表示試験の試験関係4と、受電用遮断器、き電用変圧器一次断路器など、第1表中項番5~15までの機器操作11、計15項目がある。前者は「入」操作のみのものと「入」、「切」操作の2種、後者は「入」、「切」操作となっている。落下解除は電源故障または装置渋滞により被制御装置が落下して、遠方制御不能となった場合、装置を元に復旧させる操作、異常捜査は装置渋滞の継続の有無を調べるもので、これらは制御所よりの「入」操作のみであり、同一群内の各被制御所に対し共通の指令である。故障表示試験および通常の機器操作は「入」、「切」操作となっている。



第4図 自動記録装置と遠方制御装置の関連

(2) 状 態 表 示

機器の状態表示としては通常の「入」、「切」の状態表示のほかに「3位」表示を設けている。これは第2図の主回路接続中に示す遮断器(52F<sub>1</sub>)などの自動遮断の状態では遮断器は投入されたままで、遮断器のみが遮断している状態を示すもので、「切」操作の場合は遮断器も連動開放されるので、これと区別される。さらに信号高配遮断器も、自らは開放されているが相手側より電圧が印加されているときは予備加圧として「3位」にて表示する。

故障表示項目は特殊なものを除いては重故障、軽故障にまとめ、機器別の詳細表示を行わず、項目を極力少なくしている。すなわち遠制装置異常、き電線混触、特高電源停電、重故障、軽故障、高配故障の6種類のほかに、き電線自動延長指令と配電線自動延長指令の2種類を設けている。

(3) テレメータ

テレメータは受電力量のみ計測し、その他の電圧、電流などのテレメータはいっさい行わず、簡略化している。受電力量の遠方測定には被制御所に設備した電力量記憶表示器に発信器の出力を加算、記憶し、その数値をデジタル符号化して遠方制御装置の符号と同一の形式により制御所に伝送し、後述の自動記録装置に記録している。したがって電力量のテレメータ専用連絡線は必要としない。

(4) 自 動 記 録

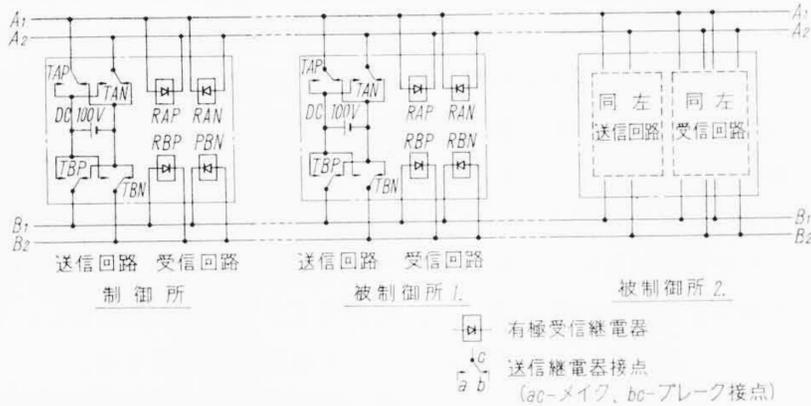
系統の集中制御に伴い、中央制御所運転員の管理する系統の範囲が拡大され、複雑なものになってきたため、被制御所における電力量、機器の状態変化などの記録をいちいち人が行なうことが困難となってきた。このため自動記録装置を設備しこれによって受電力量の定時刻計測、制御所よりの被制御機器の操作、被制御機器の状態変化を自動的に印字記録するようにしている。

第4図は遠方監視制御装置と記録装置の関連を示したもので、電力量、被制御所の自動状態変化は被制御所より制御所へ遠方制御装置を通じて送られ、この出力の一部が印字内容記憶回路に記憶され、順次印字される。制御所よりの操作を制御所の遠方制御装置を通じて上述の記憶回路に記憶され印字記録される。

第2表は自動記録の項目例を示したものである。すなわちけた数として総計14けたを使用し、記録時刻を4けたにて表わし、変電

第2表 自動記録装置記録項目例

	時刻	変電所名	機器名	操作表示名	電力量
けた数	4	1	4	2	3
情報例	印字内容の例				
機器制御	09°31'	東	52F <sub>1</sub>	入	
機器制御 応動表示	09°31'	東	52F <sub>1</sub>	R	
故障表示	11°08'	高	LA	有	(赤色にて印字)
特殊制御	13°05'	0	ESR	入	
電力量計測	14°00'	東	1W		345



第5図 ポーラーコード形遠方制御方式送受信回路

所名は1けたの漢字1文字で表示し、落下解除のような群共通の操作は変電所ごとに群名をアルファベットで表わす。機器名は4けたでアルファベットと数字で表示する。たとえば第2表の例で52Fは1号き電用交流遮断器、ESRは落下解除、LAは軽故障、1Wは受電回線1号の電力量を示している。操作名称は「入」、「切」、機器の状態表示は「R」、「G」のほかに3位は「W」の各1文字を使用する。故障表示には機器の状態表示と区別して、故障継続で「有」、復帰で「無」の漢字1文字とし、制御と表示はけたを別にする。電力量には最後の3けたを使用し、ほかの記録との区別を容易にしている。なお一般の印字が黒色で行なわれるのに対し機器の自動状態変化、故障表示等は赤字で印字してほかと区別されている。

### 3. ポーラーコード形遠方制御方式

#### 3.1 制御方式

##### (1) 制御方式

本方式は第5図に示すように、群内被制御所に対して共通にA<sub>1</sub>A<sub>2</sub>、B<sub>1</sub>B<sub>2</sub>の二対の連絡線を使用し、制御所および各被制御所にTAP、TAN、TBP、TBNの4種の送信継電器接点およびRAP、RAN、RBP、RBNの4種の有極受信継電器を接続し、第3表に示す「X」～「W」の8種類の電圧印加の組み合わせにより正負のパルス符号を作り、この符号の組み合わせにより選択、操作表示を行なうものである。送受信回路とも、A<sub>1</sub>A<sub>2</sub>、B<sub>1</sub>B<sub>2</sub>回路は独立したものになっており、かつA<sub>1</sub>A<sub>2</sub>回路の送信継電器TAPとTANは同時に動作することはなく、B<sub>1</sub>B<sub>2</sub>回路のTBP、TBNについても同様である。TAP動作にて連絡線A<sub>1</sub>にプラス、A<sub>2</sub>にマイナ

ビット No.	1	2	3	4	5	6
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> 印加パルス	+	+	+	+	+	-
B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> 印加パルス	-	-	-	-	-	+
動作継電器	TAP	TAP	TAP	TAP	TAP	TAN
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> 連絡線						
B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> 連絡線						
動作継電器	TBP	TBP	TBP	TBP	TBN	TBP
パルス符号	X	Y	X	Y	U	W
信号の内容	優先群選択信号				個別選択信号	

第6図 選択符号パルス例

スの電圧が印加されると同様に、B<sub>1</sub>B<sub>2</sub>回路のTBP動作にて連絡線B<sub>1</sub>にプラス、B<sub>2</sub>にマイナスの電圧が印加され、これの組み合わせで第3表の「X」符号が構成される。このとき各電気所では、対応したRAP、RBPの受信継電器が動作して、「X」符号の受信を行なう。同様に「S」符号の場合は送信継電器TAN、TBNと受信継電器RAN、RBNにより、連絡線印加電圧の極性はA<sub>1</sub>B<sub>1</sub>にマイナス、A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>にプラスとなり、また「Y」符号の場合TAPとRAPのみ動作し、連絡線印加電圧はA<sub>1</sub>がプラス、A<sub>2</sub>がマイナス、B<sub>1</sub>B<sub>2</sub>は無電圧の状態となる。

選択符号は第6図に示すとおり6ビットのパルスより構成され、最初の4ビットにて優先群選択を、続く2ビットで群内機器の個別選択を行なっている。ここでプラスのパルスはA<sub>1</sub>A<sub>2</sub>、B<sub>1</sub>B<sub>2</sub>連絡線回路のTAP、TBP継電器がマイナスのパルスはそれぞれTAN、TBNの送信継電器が動作した状態を示しており、第6図は符号構成「X, Y, X, Y, X, W」を示したものである。連絡線としては100 km まで1.2φを使用する。

なお制御所、被制御所の操作電圧にはDC 100Vバッテリーを使用する。また本装置の制御および表示の1操作に必要なとする時間は定格電源電圧のもとで、パルス幅およびパルス間隔にそれぞれ約0.1秒、信号の送受切替および装置復旧に要する時間を加算して約3.5秒となり、ポーラーコード式集中制御装置としては最高速度のものである。

##### (2) 選択操作および表示符号

第4表は常磐線O群制御装置の優先選択符号、特殊制御符号、制御および表示符号割当表である。本表に示すように選択符号6ビット中の最初の4ビットの優先群選択符号は2個以上のステーションからの同時発信の際に信号の重複により後述の同時発信の処理を行なうため、同一極性の「X」符号と「Y」符号のみから構成され、番号順の優先順位となっている。この選択符号の優先順位は各被制御所の重要度、同一被制御所内機器の重要度および情報伝達の緊急度などを基準にして決められており、試験などの制御および表示を優先とし、次に故障表示、普通機器の状態表示、同制御、最後にテレメータ関係という順になっている。これにつづく個別選択符号の2ビットには8種類の全符号を使用している。したがって同一優先群内の制御項目総数は64種類となり、1群の集中制御装置全体では2ビットを組み合わせることにより総数1,024種類の選択符号となる。本方式では制御所からの選択

第3表 送受信パルス符号極性表

連絡線	符号	X	Y	R	S	T	U	V	W
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> 連絡線	A <sub>1</sub>	+	+	-	-	-	-	+	-
	A <sub>2</sub>	-	-	-	+	+	+	-	+
B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> 連絡線	B <sub>1</sub>	+	-	+	-	-	-	-	+
	B <sub>2</sub>	-	-	-	+	+	+	+	-
動作する送信継電器		TAP, TBP	TAP	TBP	TAN, TBN	TAN	TBN	TAP, TBN	TAN, TBP

第4表 優先選択符号割当一覧表

	優先順位	優先群符号	優先群内容
普通符号	1	XXXX	全被共通 優先制御
	2	XXXY	東海, 高萩優先表示
	3	XXYX	平 優先表示
	4	XXYY	東海故障表示
	5	XYXX	高萩故障表示
	6	XYXY	平故障表示
	7	XYYX	東海普通表示
	8	XYYY	東海普通表示
	9	YXXX	高萩普通表示
	10	YXXY	高萩普通表示
	11	YXYX	平普通表示
	12	YXYY	東海普通制御
	13	YYXX	東海普通制御および計測
	14	YYXY	高萩普通制御
	15	YYYX	高萩普通制御および計測
	16	YYYY	平普通制御
特殊符号	Long X+X Long X+Y		全被共通異常捜査 全被共通落下解除
操作表示指令	X S W		操作表示, 入 操作表示, 切 表示, 3位

第5表 電力量計測デジタル符号一覧表

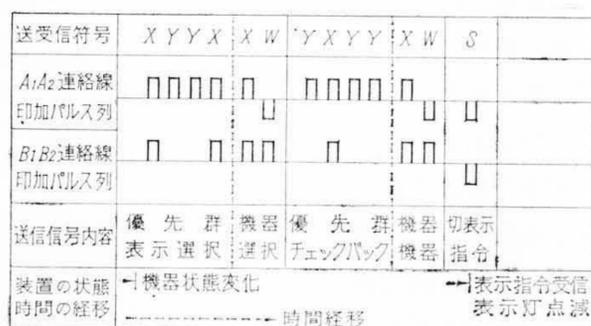
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	けた上中計測待
100位	第1ビット	X	X	X	X	X	Y	Y	Y	Y	Y	
	第2ビット	X	Y	R	S	T	X	Y	R	S	T	U
10位	第3ビット	X	X	X	X	X	Y	Y	Y	Y	Y	
	第4ビット	X	Y	R	S	T	X	Y	R	S	T	U
1位	第5ビット	X	X	X	X	X	Y	Y	Y	Y	Y	
	第6ビット	X	Y	R	S	T	X	Y	R	S	T	U

より優先群チェックバック信号「XYYX」と機器チェックバック信号「XW」を返信する。ここで制御所よりの選択符号と被制御所よりのチェックバック符号には別個のものを用いている。制御所では符号のチェックを行なった後、誤りがなければ「S」符号の切操作指令を送出し、被制御所の機器操作を行なうと同時に応動表示選択の蓄積を行なわせる。ここで相手機器の状態表示を直接行なわず、その間にほかの優先情報割り込みを可能にするためいったん装置は復帰し、あらためて応動表示の信号送受に移り、被制御所より操作位置を選択し、切符号「S」の送信を行ない、制御所では表示指令の受信により表示を更新する。

第7図(b)は上記と同一機器の自動状態変化時の動作を示したもので、被制御所における機器の自動遮断により、被制御所装置は「XYYY」符号の優先群表示選択信号に続いて「XW」の機器選択信号を送出し、制御所はこれを受信して「YXYY XW」符号のチェックバック信号を送出し、被制御所にて符号の照合を行なった後「S」符号の表示指令を送出し、制御所装置がこれを受信して、表示を更新するとともに、状態変更を知らせるため、警報点減する。表示終了後装置は自動復帰する。



第7図(a) 制御所よりの制御およびその応動表示の場合のパルス送受例



第7図(b) 被制御所の自動状態変化の場合のパルス送受例

符号と被制御所よりのチェック符号を異にしているため、合計612種類の制御および表示項目を収容する。常磐線の場合には一群の総選択数として60個を使用している。第4表中の特殊符号には2ビットの信号を用い、第1ビットを普通選択符号の約5倍のパルス幅「Long X」の長符号と第2ビットには普通選択符号と同じ短パルスを用いている。制御の内容は1種類であるため2ビットの信号で制御指令を兼ね、チェックバックを行なわない。制御および表示指令には単一ビットの信号を用いる。入操作および表示には「X」符号を、切指令には誤符号のないように「入」と極性の正反対の「S」符号を用い、3位指令にはその中間の「W」符号を使用している。また入、切、3位のほかの指令を必要とする場合は残りの5種類のうちのいずれかを使用することができる。

(3) 遠方制御および表示の信号送受

第7図(a)は制御所からの機器操作時のパルスの送受を時間的に示したもので、本図は第4表中の東海変電所の普通制御項目機器の「切」制御とその応動表示例である。制御所における制御開閉器を「切」操作することにより「YXYY」の優先群選択信号に続いて「XW」の機器選択信号の送信を行ない、引き続き被制御所

(4) 電力量計測

電力量計測は制御所の時計により1時間ごとに各被制御所のWH位置を選択し、選択符号を送信する。これに対し被制御所では選択チェックバック符号の代わりに積算電力計の末尾3けたの数字を6ビットのデジタル符号にして返信する。第5表は電力量計測のデジタル符号の割り当てを示したもので、2ビットにより0~9の数値を表示し、最初の2ビットで100位の数値を、次の2ビットで10位の数値を、最後の2ビットで1位の数値を構成する。たとえば電力量345は「X, S, X, T, Y, X」の6ビットの信号にて送られ、「XS」にて100位の3を、「XT」にて10位の4を、次に「YX」にて1位の5をそれぞれ表示している。また計測は高位のけたより行なっていないので、計測中にけた上げのあった場合は測定値に誤差はいるので、この場合はけた上げ中であることを示す「4」符号を送出し、制御所の記憶を解いて、再度計測を選択段階からやり直すようになっている。

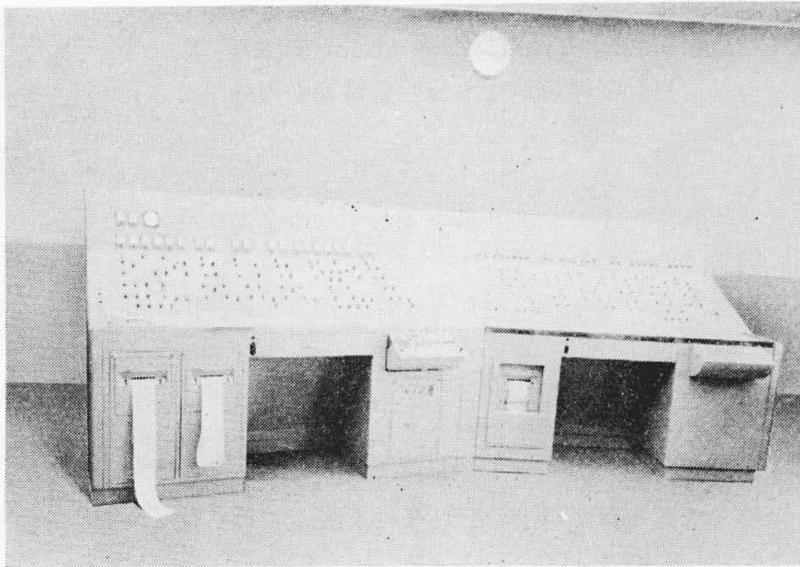
(5) 被制御所間同時発信

集中制御装置においては被制御所の同時発信による連絡線上の信号の混乱を防止するため、優先群選択符号に優先順位を付ける必要がある。ポラーコード方式ではXY符号により優劣判定を行なっている。すなわちXはYに優先しており、X、Yと同時受信のときはXと判定される。これはXはA1A2、B1B2とも正パルスに対し、YはA1A2のみ正パルス B1B2にはパルスが印加されないためである。

第8図は第4表優先順位第2位「XXXY」符号の東海変電所優先表示と第5位「XYXX」符号の高萩変電所故障表示選択の同時発信の場合の B1B2 連絡線上の優先群選択パルスについて示したものである。2個所から同時に選択起動にはいると第1ビットはともに「X」の同一符号であるから優劣の判定は付かず、第2ビ

ビットNo		1	2	3	4
東海被制御所 優先表示 (優先側)	送信パルス列	X	X	X	Y
	受信パルス列	X	X	X	Y
	装置の状態	←選択起動			
高萩被制御所 故障表示 (非優先側)	送信パルス列	X	Y		
	受信パルス列	X	X	X	Y
	装置の状態	←選択起動	待機中 同時発信検出、優先判定に続き自己の発信を停止		

第8図 同時発信時の B<sub>1</sub>B<sub>2</sub> 連絡線上パルスおよび装置の状態



第9図 常磐線藤代一平間集中制御用中央制御盤

ットに移り、ここで高萩は「Y」符号、東海は「X」符号であるゆえ、高萩、東海とも「X」符号を受信する。高萩ではこの段階で判定を行ない第3ビット以後の自己の発信を停止し東海の信号送受のおわるまで待機する。

(6) 試 験

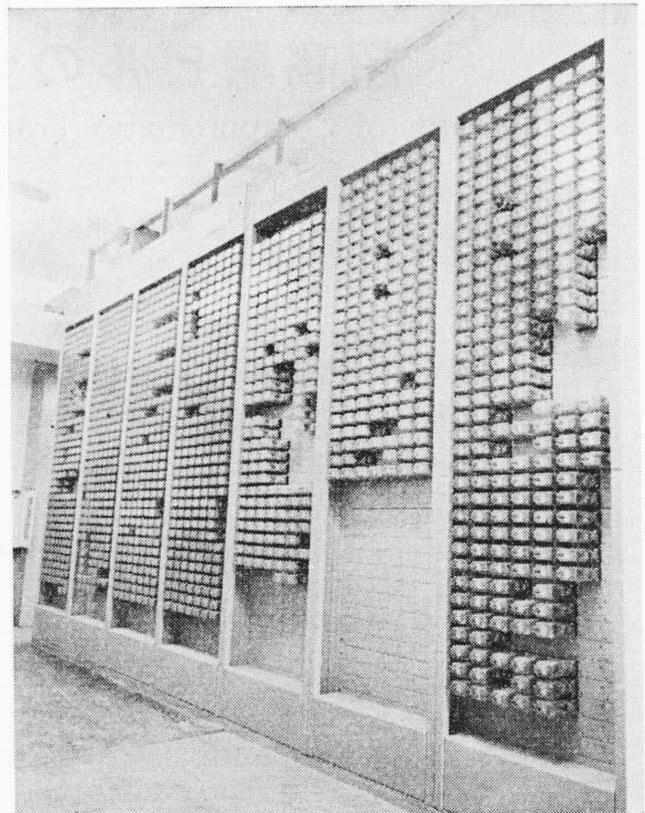
装置の試験は被制御所装置と機器を結ぶ操作回路のみを切り離して行なう次の4種類の方法がある。

- (i) 被制御所単位に行なう総合試験
- (ii) 各機器ごとの単独操作試験
- (iii) 被制御所単位の故障状態表示試験
- (iv) 装置渋滞発生時に行なう異常捜査試験

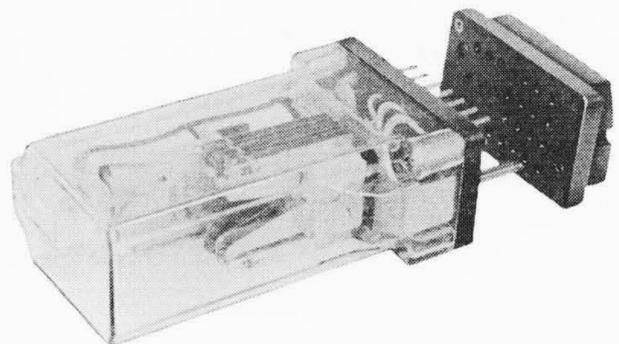
これらの試験により装置の故障を容易に判定することができる。

3.2 装置の構成

本装置の構成は水戸中央制御所には第9図に示す中央制御盤と第10図に示す継電器盤が設置され各被制御所には第10図と同一構造の継電器盤が設置されている。中央制御盤は第9図より明かなように計12個所の被制御所の集中制御を容易にするため縮小形とし、中央より左半分が取手一水戸間、右半分が勝田一平間の制御部分である。この縮小盤に遠方操作監視に必要なすべての操作スイッチ表示灯を具備するほか、袖部分には自動記録装置をそなえ、かつ連絡用の電話操作盤も組み込まれている。第10図は藤代一平間全区间制御用の継電器で使用継電器としては第11図に示すプラグイン形



第10図 水戸中央制御所設置、藤代一平間集中制御用継電器盤



第11図 集中遠方監視制御用プラグインリレー

防じんカバーつき電話継電器を使用しているののできわめて信頼度の高いものとなっている。

4. 結 言

以上常磐線交流変電所群のポラーコード形遠方制御装置による集中制御方式について概要を述べた。本集中制御方式は今後、国鉄電化区間の拡大につれてますます広く採用されるものと考えられる。ポラーコード形遠方制御装置の有線による制御限界距離は約100 km、制御器数約1,000個で十分現状の要求を満足とするものとする。しかしさらに将来長距離、かつ多数機器の制御が要求される場合には搬送による伝送、さらには装置の動作のスピード化が要求されると思われ、現在これについては検討中である。終わりに本装置の完成は関係された日本国有鉄道関係各位の種々のご指導によるもので、ここに感謝の意を表わすものである。

参 考 文 献

- (1) 能木：鉄道技術研究報告，電気編24号（昭35-8）
- (2) 平井：日立評論 40, 1060（昭33-9）