

遠方監視制御式國鉄小田原及び茅ヶ崎変電所

山口 欽一* 三田 勝茂**

Supervisory System Controlled Odawara and Chigasaki Substations of Japan National Railways

By Kin'ichi Yamaguchi and Katsushige Mita
Ninomiya S.S., Tokyo Railway Division, J.N.R.
Taga Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

In the post-war period reconstruction of electric installations, the supervisory control system has been applied widely from the view-points of minimizing attendants and rationalizing the use of electric power.

The Japan National Railways, as the results of re-examination of the substations hitherto, decided to take up the supervisory control system for use in scattered unit substations. In those sections where large capacity trains are operated in rapid succession, it is especially necessary to feed them from scattering unit substations in short distance instead of centralized large capacity ones. And to operate these scattered unit substations, the supervisory control system is most suitable.

In the first attempt, Odawara and Chigasaki substations of Tokaido Line were built to supervisory control system, the former being put into service since October, 1950 and the latter since January, 1951. Both substations employ Hitachi Relay-type Supervisory Control System to be controlled from Ninomiya substation located at the middle of them.

These three substations have been operated rationally. The writers describe in this paper about the outline of these supervisory system controlled substations and results of the operation.

[I] 緒 言

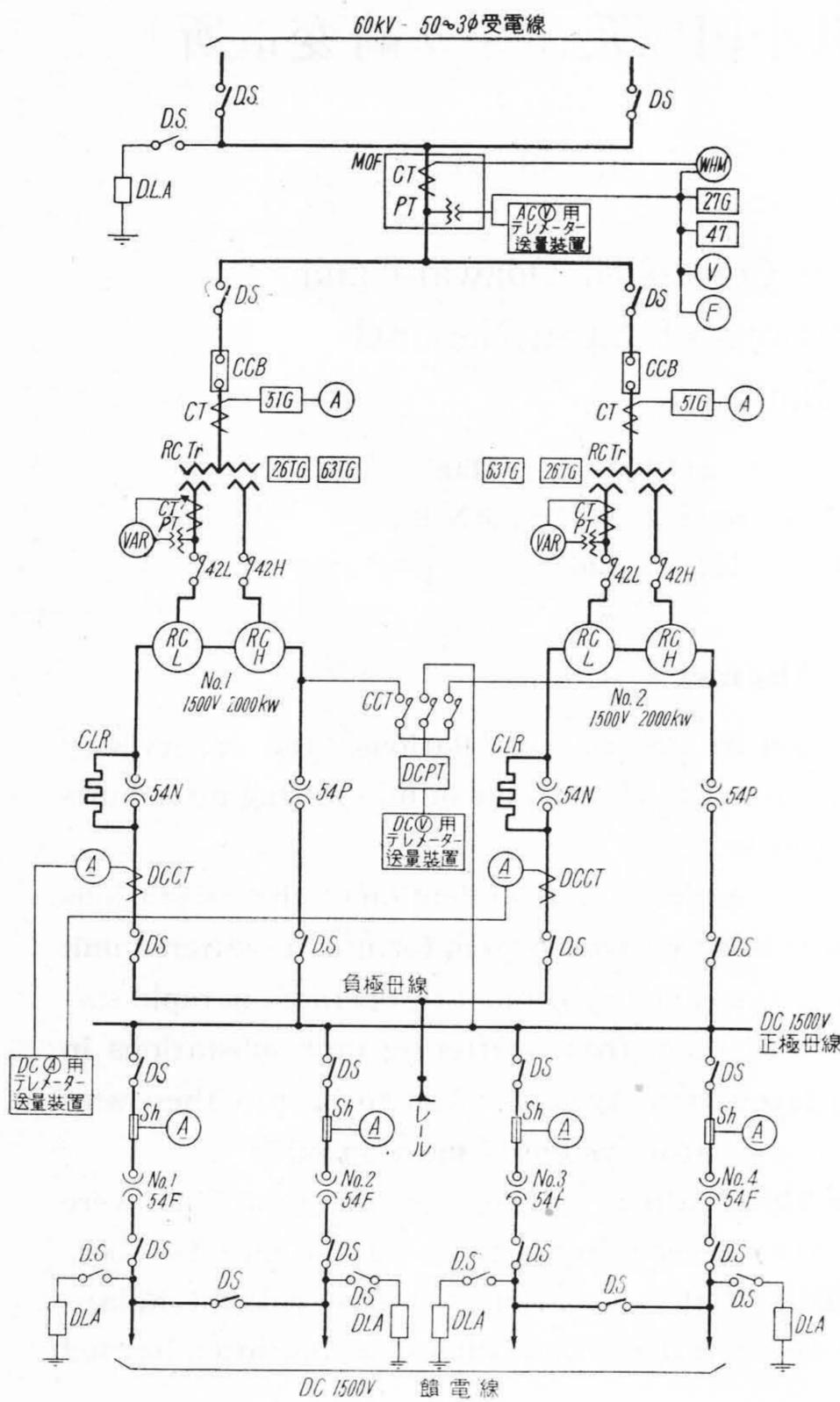
遠方監視制御方式による電気設備の運転は保守要員を最少限度に止め得る経済的有利性と、電力の合理的使用と云う観点から、戦後各方面に於て採りあげられ、且実施されつつある。国鉄としても経営の合理化と電力の合理的使用の一環として従来の変電所の在り方が再検討された結果、従来の大容量集中変電所を止めて単位分散変電所の遠方監視制御方式を採用する方針である。殊に大

容量電車の集密運行区間に於ては変電所間隔の短い単位分散変電所とする事が電力饋電の面からも絶対に必要である。今後の新線電化は勿論、新設変電所はすべて上記の方針で進められている。

今回その第一着手として、東海道線小田原、茅ヶ崎に遠方監視制御方式の変電所を完成し、小田原変電所は昭和 25 年 10 月、茅ヶ崎変電所は昭和 26 年 1 月より遠方監視制御による運転に入っている。両変電所ともその中間にある二宮変電所を親変電所とし、かくて三変電所を一体とした合理的運転が出来る訳で新方式による鉄道電化の貴重なる第一歩を印すると同時に遠方監視制御方

* 東京鉄道管理局二宮変電区長

** 日立製作所多賀工場



第1図 小田原変電所単線接続図

Fig. 1. Skeleton Diagram of Odawara Substation

式の普及に寄与した。

両変電所とも日立継電器型遠方監視制御方式が採用されている。以下、遠方監視制御式両変電所の概要と遠方監視制御による運転実績について報告しよう。

[II] 設備概要

(1) 小田原変電所

小田原変電所は自動起動装置付回転変流機を他の電気設備と共に遠方監視制御方式としたものであつて、その主要設備概要は下記の通りである。第1図は本変電所の単線接続図、第2図は主配電盤である。

受電 60 kV, 2 回線

回転変流機 1,000 kW×2 D.C. 1,500V
2 台

直流饋電線 4 回線

遠方監視制御装置 日立継電器型遠方監視
制御方式

制御所二宮変電所との距離 約 13 km

連絡線 1.6φ 7 芯鉛被ケーブル

- 遠方監視制御装置及び遠隔測定装置 4 本
- 鉛被ケーブル保護装置 2 本
- 予備 1 本

機器選択数 30

- 遠方操作 11
- 遠隔測定 6
- 故障表示 9
- 予備 4

遠隔測定装置 日立衝流直送式遠隔測定方式

- 測定の種類 交流受電電圧 1
 - 変流機直流電圧 2
 - 直流母線電圧 1
 - 変流機直流電流 2
- } 選択測定

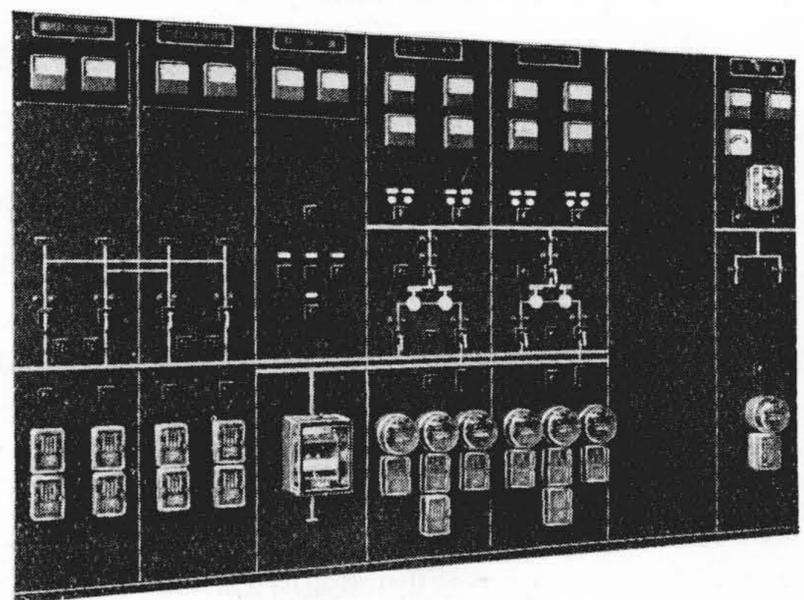
(2) 茅ヶ崎変電所

本変電所の全設備は日立製作所の製造にかかるといふので、遠方監視制御式変電所として計画された新設水銀整流器変電所である。その主要設備の概要は下記の如くであり、又第3図にその単線接続図を示す。

受電 60 kV, 2 回線

水銀整流器 2,000 kW, D.C. 1,500 V

直流饋電線 8 回線



第2図 小田原変電所主配電盤

Fig. 2. Main Switchboards of Odawara Substation

遠方監視制御装置 日立継電器型遠方監視制御方式

制御所二宮変電所との距離 約 12 km

連絡線 1.6φ7 芯鉛被ケーブル

- 遠方監視制御装置 4 本
- 遠隔測定及び連絡用電話 2 本
- 予備 1 本

機器選択数 55

- 遠方操作 13
- 遠隔測定 (選択測定) 6
- 故障表示 32
- 予備 4

遠隔測定装置 日立衝流搬送式遠隔測定方式

測定の種類	饋電綜合電流	1
	直流母線電圧	1
	受電交流電圧	2
	整流器励弧電流	2
	整流器直流電流	2

} 常時表示
} 選択測定

尙本変電所は当初より遠方監視制御による水銀整流器変電所として計画されたため、水銀整流器の自動起動装置を設けたことは勿論のこと、その他遠方監視制御変電所としての適切な装備を施した外、種々斬新な設計を盛ることが出来た。その主なものを記すと下記の通りである。

(A) 補機操作

真空及び冷却関係の補機類は総て全自動とし、その保護

には万全を期し、且如何なる故障をも遅滞なく制御所に警報表示し得る様にした。

(B) 真空度の表示

真空継電器により真空度 (良、稍不良、不良) の表示を制御所に行った。

(C) 遠隔測定電源

遠隔測定用交流電源は所内電源停電時でも遠隔測定が出来得る様、蓄電池電源による電動発電機を設け、停電時には自動的に電源を切替えるようにしてある。

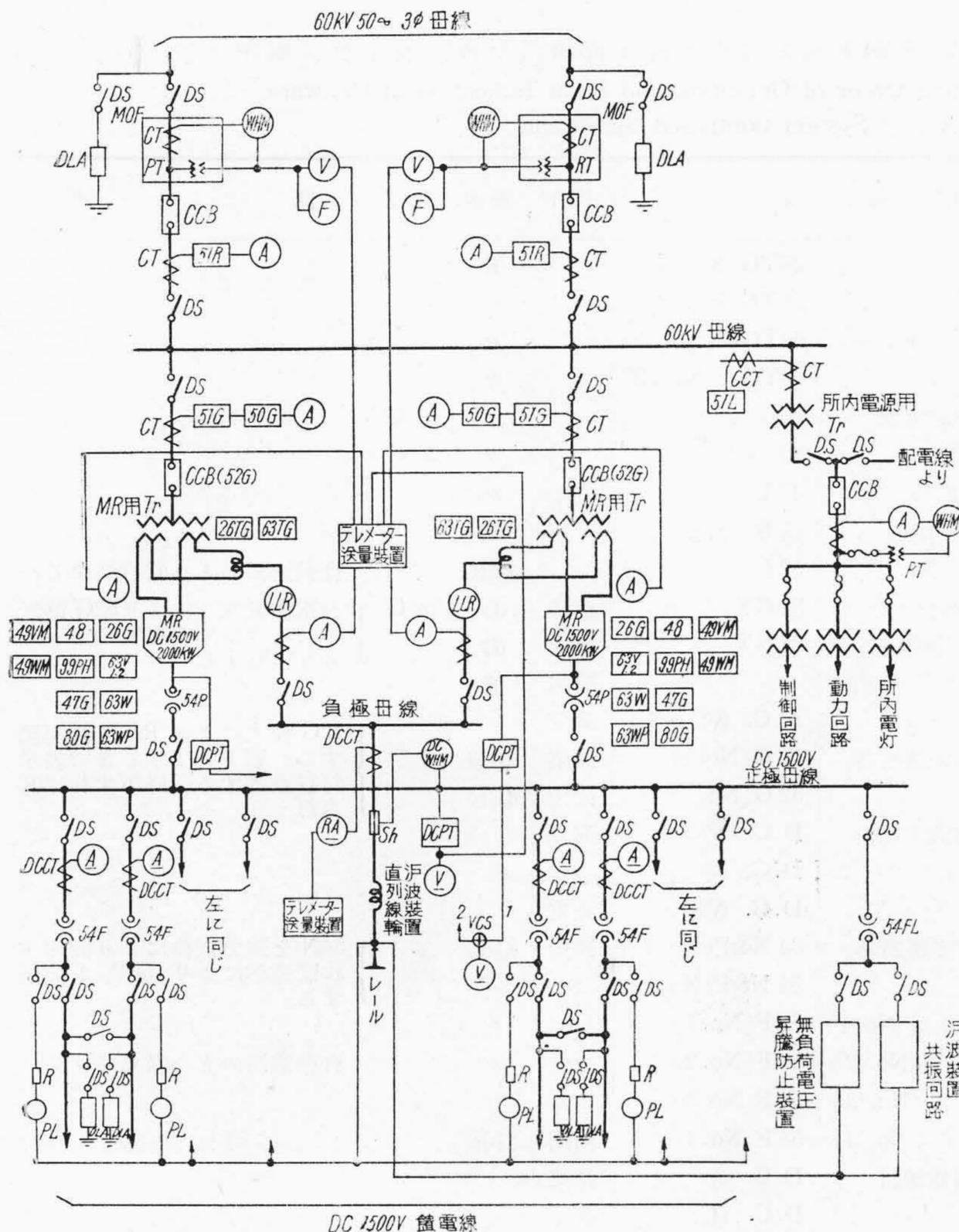
(D) 尖頭負荷制限装置

飽和リアクトルを用いた尖頭負荷制限装置により格子制御を行って尖頭負荷を自動的に制限し得る様にした。

[III] 遠方監視制御装置

(1) 遠方監視制御装置

遠方監視制御装置としては日立継電器型遠方監視制御方式を採用、第1表、第2表にそれぞれ小田原、茅ヶ崎両変電所の制御及び状態、故障表示の種類並に選択順序を示す。又第4図、第5図はそれぞれ小田原変電所用制御盤、(二宮変電所設置)、継電器盤 (小田原変電所設置)、第6図、第7



第3図 茅ヶ崎変電所単線接続図
Fig. 3. Skeleton Diagram of Chigasaki Substation

図はそれぞれ茅ヶ崎変電所用制御盤、継電器盤である。

本方式は東北電力塩釜築港変電所、東京地下鉄渋谷変電所に於て優秀な実績を示しつつあるが、今回更に下記の点を改良して性能を一段と向上させたものである。

(A) 選択速度

従来の装置では平均選択速度 0.5 秒程度であつたが、選択補助継電器を瞬時動作継電器に置換えることによりこれを 0.3 秒とすることが出来、これにより選択時間が著しく短縮され、水銀整流器の如く補機類多く、従つて選択数も回転変流機に比べ多くなり勝ちの場合に対しても短時間の操作が可能となつた。第 3 表、第 4 表 (第 7 頁参照) はそれぞれ小田原変電所、茅ヶ崎変電所の選択装置の試験結果である。

(B) 選択中の故障表示

従来、機器を選択中故障が発生した場合は、選択操作を終り装置が零位置に戻つてから、再起動を行い故障表示を行つていたが、この点を改め、機器操作の為選択中でも故障発生の場合は瞬時復帰装置により制御所、被制御所の選択装置を同時に零位置に戻し、装置を再起動させ故障表示を行う様にした。これにより機器をあたかも直接操作すると同様に安心して操作することが出来る。

(C) 手動操作機器の状態表示

被制御所に於て機器を手動操作する場合には、制御所に「手動」なる表示を行うが、手動操作後の機器の状態をも制御所に表示が出る様にした。

以上の諸点の改良により遠方操作をより直接操作に近づけることに成功し、信頼感を一層高めることが出来た。

(2) 遠隔測定装置

第 1 表 小田原変電所遠方監視制御装置機器及故障表示選択順序

Table 1. Selecting Order of Operation and Fault Indication of Odawara Supervisory System Controlled Substation

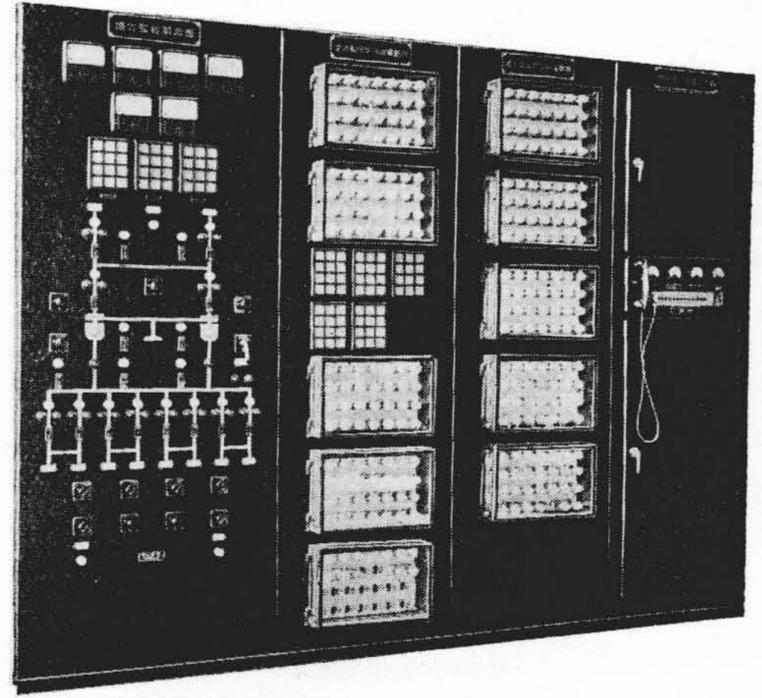
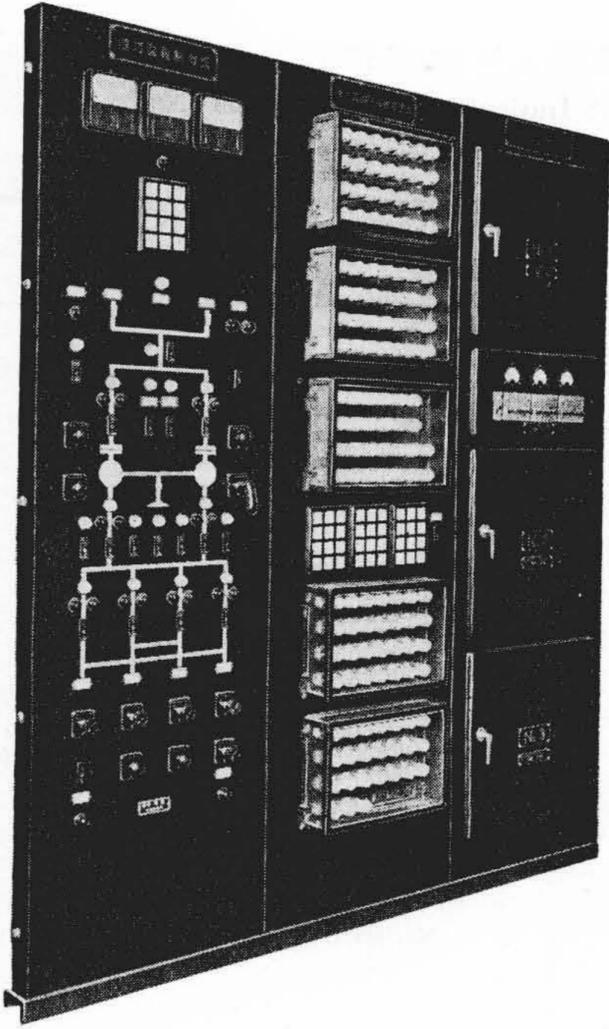
選 択 等 番	選 択 スイッチ	機 器 種 別	記 号	操 作	表 示	連 動	備 考
1		RC Tr 温度継電器	26TG(No. 1)		Ⓐ		
2		同 上	26TG(No. 2)		//		
3		RC Tr ブッフホルツリレー	63TG-2(No. 1)		//		
4		同 上	63TG-2(No. 2)		//		
5		No. 1 変流機閉鎖継電器	30×-1		//	52 G	
6		No. 2 同 上	30×-2		//	52 G	
7		所内電源用逆相継電器	47 L		//		
8		遠方及び直接切換開閉器	遠方—直接		Ⓐ		
9		所内高圧受電 O.C.B.	52 L		ⒺⒻ		自動遮断のときⒺ点滅する
10	S ₁₀	RC Tr 一次過電流継電器	51 GX	復帰	Ⓐ	52 G	過電流低電圧により52G遮断したときは閉鎖継電器を遠方より復帰する
11	S ₁₁	RC Tr 二次低電圧継電器	27 GX	復帰	Ⓐ		
12	S ₁₂	遠隔測定送量装置用交流電源		開閉	Ⓔ		
13	S ₁₃	受電用交流電圧計	A.C. ⑦	測定			52G投入によりRC自動起動する。刷子降下するまで表示灯Ⓔ点滅する。降下すればⒺ点灯
14	S ₁₄	No. 1 変流機用交流遮断器	52 G(No. 1)	開閉	ⒺⒻ		
15	S ₁₅	No. 2 同 上	52 G(No. 2)	開閉	ⒺⒻ		
16	S ₁₆	No. 1 変流機用直流電圧計	D.C. ⑦	測定			54Nを遠方操作により開閉すれば連動により54Pも開閉する
17	S ₁₇	No. 2 同 上	D.C. ⑦	//			
18	S ₁₈	直流母線電圧計	D.C. ⑦	測定			
19	S ₁₉	No. 1 R.C. 高速度遮断器	54 N&P(No.1)	開閉	ⒺⒻ		自動遮断のときⒺ点滅する
20	S ₂₀	同 上	54 N&P(No.1)	//	//		
21	S ₂₁	饋電線用高速度遮断器(No.1)	54 F(No.1)	//	//		
22	S ₂₂	同 上 (No. 2)	54 F(No.2)	//	//		
23	S ₂₃	同 上 (No. 3)	54 F(No.3)	//	//		
24	S ₂₄	同 上 (No. 4)	54 F(No.4)	開閉	ⒺⒻ		
25	S ₂₅	No. 1 変流機直流電流計	D.C. ⑧	測定			
26	S ₂₆	同 上	D.C. ⑧	測定			
27~30		予 備					

註： Ⓐ はランプインジケータ Ⓔ は緑信号灯、Ⓕ は赤信号灯を示す。

第2表 茅ヶ崎変電所遠方監視制御装置機器及び故障表示選択順序
Table 2. Selecting Order of Operation and Fault Indication of Chigasaki Supervisory System Controlled Substation

選択番号	選択スイッチ	機器種別	記号	操作	表示	連動	備考
1		火災報知	火 災		Ⓒ		
2		閉鎖継電器	30 X	復帰	"		閉鎖継電器動作のとき遠方より復帰
3		受電用交流過電流継電器 (No.1 No.2)	51 R		"	52R	
4		所内高圧一次過電流継電器	51 L		"	52R	
5		主器用交流過電流継電器 (No. 1)	51 G		"	No.1 52G	
6		短絡消弧高速度継電器 (")	53 G		"	"	
7		主器用高速度遮断器 (")	54 P		"	"	
8	}	格子電圧低電圧継電器 (")	81 G		"	"	
		格子電源逆相継電器 (")	47 G		"	"	
		所内動力逆相継電器 (")	47 L		"	"	
9	}	主器用変圧器温度継電器 (")	26 TG		"	"	
		主器用変圧器ブッフホルツリレー (")	63 TG		"	"	
		同上	63 TG		"	"	
10		真空継電器 (")	63 V-1		"	"	
11		鉄槽温度継電器 (")	26 G		"	"	
12	}	冷却水ポンプ用過電流継電器 (")	49 WM		"	No.1 52G	
		送風機用過電流継電器 (")	49 BM		"	"	
		整流器流水継電器 (")	63 W		"	No.1 52G	
13	}	温水器断線継電器 (")	99 WH		"	"	
		循環水ポンプ満水装置用継電器 (")	97		"	"	
		回転真空ポンプ用過電流継電器 (")	49 VM		"	No.1 52G	
		水銀ポンプ流水継電器 (")	63 WP		"	"	
14-22		水銀ポンプ断線継電器 (No. 1)	99 PH		"	No.1 52G	
		2号器用5-13に同じ			"	No.1 52G	
23		起動溢滞継電器	48		"	"	
24		真空継電器ピラニー断線 (No.1 No.2)	63 V-3		"	"	
25		蓄電池充電回路故障	72 C		"	"	
26		遠方及び直接切換開閉器	43		"	"	
27		温水器温度継電器 (No. 1)	26 W		"	"	
28		真空継電器(真空良, 不良) (No. 1)	63 V-2		"	"	
29		温水器温度継電器 (No. 2)	26 W		"	"	
30		真空継電器(真空良, 不良) (No. 2)	63 V-2		"	"	
31		濾波装置用高速度遮断器連動	54 FL 連動		Ⓒ		
32	S ₃₂	受電交流電圧計 (No. 1)	A.C. Ⓞ	測定			} 専用電話回路使用, 衝流搬送式
33	S ₃₃	同上 (No. 2)	A.C. Ⓞ	測定			
34	S ₃₄	受電用交流遮断器 (No. 1)	52 R (No. 1)	開閉	ⒸⒹ		} 52 Ⓒ投入により自動起動し, 54Pが投入迄 Ⓒ点滅し 54P投入すれば Ⓓ点灯 自動遮断のとき Ⓒ点滅
35	S ₃₅	同上 (No. 2)	52 R (No. 2)	"	"		
36	S ₃₆	主器用交流遮断器 (No. 1)	52 G (No. 1)	"	"		
37	S ₃₇	同上 (No. 2)	52 G (No. 2)	開閉	"		
38		濾波装置用高速度遮断器	54 FL		ⒸⒹ		
39	S ₃₉	励弧用交流電流計 (No. 1)	A.C. Ⓐ	測定			} 専用電話回路使用衝流搬送式
44	S ₄₀	同上 (No. 2)	A.C. Ⓐ	"			
41	S ₄₁	主器用直流電流計 (No. 1)	D.C. Ⓐ	"			
42	S ₄₂	同上 (No. 2)	D.C. Ⓐ	測定			
43	S ₄₃	饋電線用高速度遮断器	54 F (No. 1)	開閉	ⒸⒹ		自動遮断のとき Ⓒ点滅
44	S ₄₄	"	54 F (No. 2)	"	"		"
45	S ₄₅	"	54 F (No. 3)	"	"		"
46	S ₄₆	"	54 F (No. 4)	"	"		"
47	S ₄₇	"	54 F (No. 5)	"	"		"
48	S ₄₈	"	54 F (No. 6)	"	"		"
49	S ₄₉	"	54 F (No. 7)	"	"		"
50	S ₅₀	饋電線用高速度遮断器	54 F (No. 8)	"	ⒸⒹ		自動遮断のとき Ⓒ点滅
51		逆戻時式饋電線保護装置	76	開閉	Ⓒ		
52-55		予備					
常時表示		直流母線電圧, 饋電綜合電流					専用電話回路使用, 衝流搬送式

註: Ⓒ はランプインジケータ Ⓓ は緑信号灯 Ⓔ は赤信号灯を示す

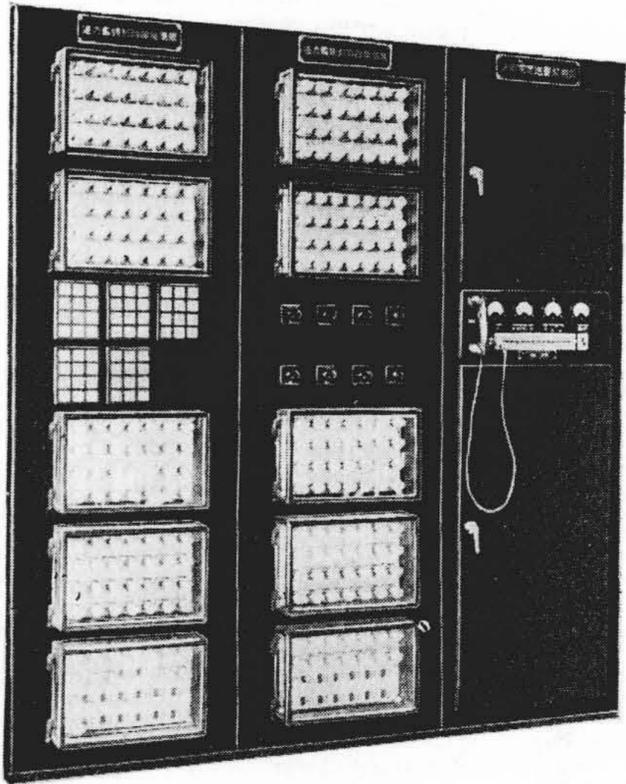


第6図 茅ヶ崎変電所遠方監視制御装置制御盤
(二宮変電所設置)

Fig. 6. Control Boards of Supervisory System Controlled Chigasaki Substation (Installed at Ninomiya Controlling Substation)

第4図
小田原変電所遠方監視制御装置制御盤
(二宮変電所設置)

Fig. 4.
Control Boards of Supervisory Controlled Odawara Substation (Installed at Ninomiya Controlling Substation)

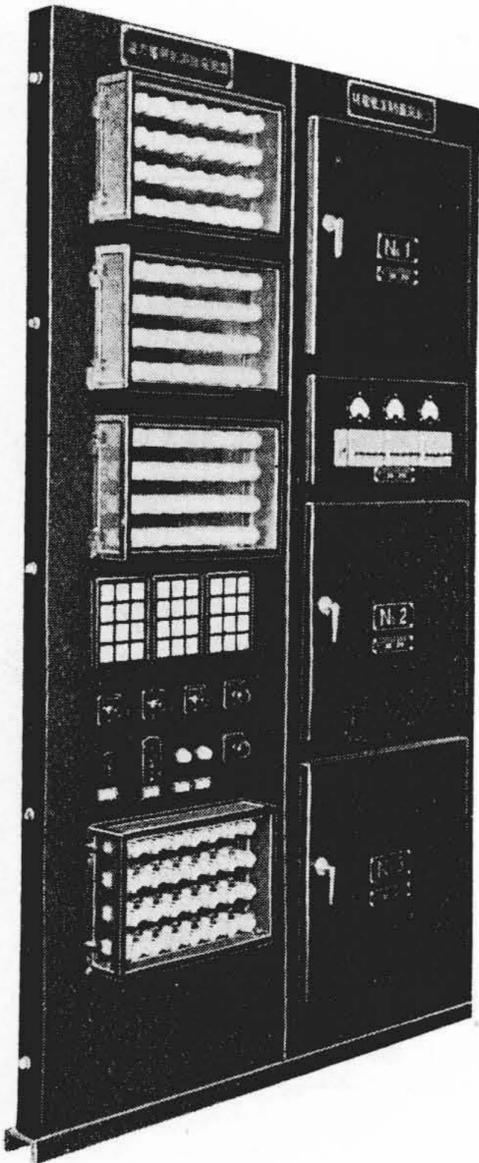


第7図 茅ヶ崎変電所遠方監視制御装置継電器盤
(茅ヶ崎変電所設置)

Fig. 7. Relay Boards of Supervisory System Controlled Substation (Installed at Ninomiya Controlling Substation)

第5図
小田原変電所遠方監視制御装置 (小田原変電所設置)

Fig. 5.
Relay Boards of Supervisory System Controlled Odawara Substation (Installed at Odawara Substation)



遠隔測定方式としては衝流型遠隔測定方式を用い、小田原変電所は直送式、茅ヶ崎変電所は搬送式になっている。

衝流直送式遠隔測定方式は測定量を周波数に変換(5~50 ω)して送出し、この衝流により受信装置のサイクロンを動作させコンデンサーを充放電し、その充放電

第3表 小田原変電所遠方監視制御装置選択速度試験結果

Table 3. Operating Speed of Selecting Device of Odawara Substation

電源電圧 (sec) (定格 D.C. 100 V)	80	100	120
全選択時間 (sec) (選 択 数 30)	9.3	8.7	8.3
平均選択速度(秒)	0.31	0.29	0.28

第4表 茅ヶ崎変電所遠方監視制御装置選択速度試験結果

Table 4. Operating Speed of Selecting Device of Chigasaki Substation

電源電圧 (V) (定格 D.C. 100 V)	80	100	120
全選択時間 (sec) (選 択 数 55)	18.0	15.2	14.1
平均選択速度(sec)	0.32	0.28	0.26

電流の平均値を読むものである。搬送式は搬送波を上記衝流周波数により変調し送信する方式である。

搬送式とすれば連絡線を増すことなく多重的に常時表示の測定数を任意にとり得る。

茅ヶ崎変電所では7芯鉛被ケーブルのうち、遠隔測定に連絡線2本を使用し、これに下記を多重して伝送している。

音声周波 (連絡用電話)

第1チャンネル 3,800 \sim (選択測定及び直流母線電圧常時表示)

第2チャンネル 4,200 \sim (直流綜合電流常時表示)

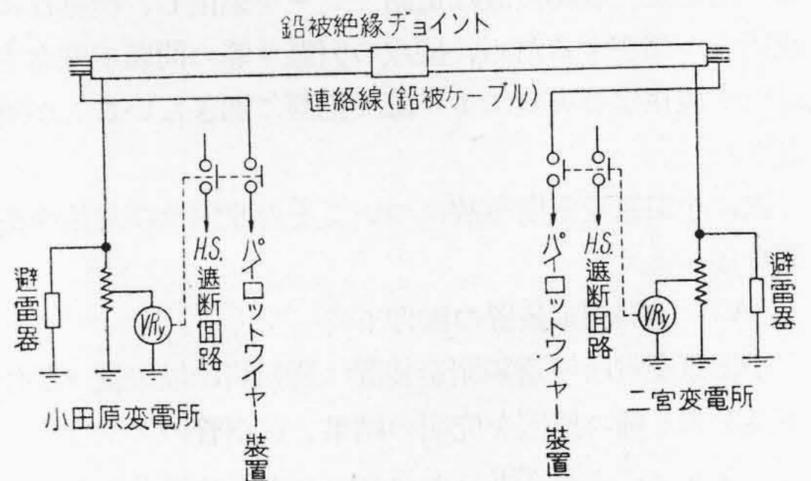
(3) 連絡線保護装置

両変電所とも連絡線は7芯鉛被ケーブルを採用、饋電線の下方約1.5mの箇所添架されている。鉛被を接地するとこれに電車の帰線電流が分流する関係上直接接地することは許されない現状にある。従つて、保安装置として衝撃電圧に対しては特殊の避雷器を用い、又万一の場合直流高圧線の混触も予想されるので、これに対しては制御所、被制御所に於て鉛被の高抵抗接地を行い、この回路に電圧継電器を挿入し、両所の高速度遮断器を同時に遮断する保護方式を採用している。

小田原変電所と茅ヶ崎変電所ではその方式を異にし、前者は第8図の如く鉛被の中間にて絶縁し、二区間に分け、各々に電圧継電器を設け、継電器動作のときは自己変電所の高速度遮断器を動作させると同時にパイロットワイヤーにより信号を相手方に送り、相手方遮断器をも

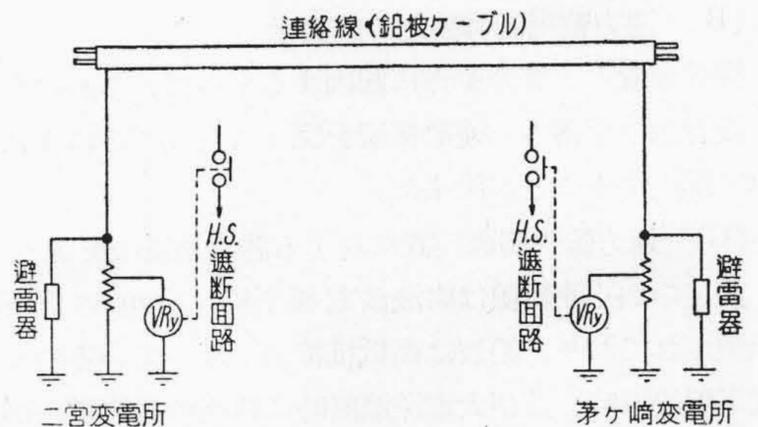
遮断する方式である。

後者は第9図の如く鉛被の中間絶縁を行わず、両所に電圧継電器を設け、高圧混触の場合は各々自己の高速度遮断器を遮断させる方式である。



第8図 小田原変電所遠方監視制御装置連絡線保護方式

Fig. 8. Protection System of Supervisory Control Cable for Odawara Substation



第9図 茅ヶ崎変電所遠方監視制御装置連絡線保護方式

Fig. 9. Protection System of Supervisory Control Cable for Chigasaki Substation

[IV] 保守及び運転実績

(1) 保守

変電所の勤務員は現在両変電所とも最少限度に止められ、同容量の通常変電所の約1/3であり、遠方監視制御方式としたための余分の設備費に対しても人件費の縮減により短期間に回収出来るばかりでなく、設備の合理的運転を能率よく遂行し得る。尙近い将来に於ては番人程度に止めておいて定期的巡回による保守も考えられている。

(2) 運転実績

小田原変電所は昭和25年10月より、茅ヶ崎変電所は昭和26年1月よりそれぞれ遠方監視制御により運転を開始し、現在は両変電所とも24時間連続運転を行つ

ている。

小田原変電所は運転開始当初若干の事故を起したが、何れも原因の明かなものばかりで根本的問題なく、その都度対策を施し、現在両変電所とも無事運転を続けている。遠方監視制御装置は電話リレーを駆使し、複雑な接点構成が存在するため、接点の引懸り等の問題が懸念されたが現在迄の実績により総て杞憂に過ぎないことが実証された。

次に小田原変電所事故についてその原因及び対策の概要を述べよう。

(A) 遠隔測定装置の動作不良

小田原変電所の遠隔測定装置は運転開始以来度々動作不良を起し種々原因を究明の結果、真空管のグリッドエミッションによるグリッドカレントのためグリッドバイアスが増加する為であることが判明した。現在グリッドエミッションの少ない球（昭和 25 年 1 月よりグリッドカレント $1 \mu A$ 以下の規格で製造されている）を使用し、又ヒーター電流を定格値以下に抑えることにより解決した。

(B) 遠方監視制御装置の誤表示

復帰装置の不完全動作に起因するもので、これは単なる設計上の手落ちで連動接続を完全に行うことにより簡単に解決することが出来た。

(C) 遠方監視制御装置に対する誘導電圧の影響

前述の如く連絡線は直流饋電線下約 1.5 m の個所に添架されており、鉛被は高抵抗接地となつているので、電車線故障時、及び大電流遮断時に相当の誘導電圧が出ることは想像される。事実連絡ケーブルの心線に入れてある通信用避雷器が屢々動作している点からも肯ける。又回転変流機等が閃絡の場合、直流操作電源がこれと共通のため、異常電圧がこの内部回路から侵入することも考えられる。

小田原変電所の場合、回転変流器閃絡時に遠方監視制

御装置電源回路フェーズ及び心線の通信用避雷器のフェーズ熔断と云う事故を起している。これは異常電圧の侵入とも考えられるがこの電圧の侵入経路は明かでない。かかる現象に対しては今後十分なる究明を必要とするが遠方監視制御装置としては最悪の場合機器の誤投入を起さないことが必要であつて、この対策として直流操作電源回路にも通信用避雷器を入れると同時に装置の耐圧を強化し、又遠方操作回路に限時継電器を挿入し予想し得る誘導又は異常電圧に対し装置が絶対誤動作することのない様にした。

茅ヶ崎変電所に対しては、上記小田原変電所に於て改造した点を事前に採入れたため最初より無事故で順調な運転を行つている。

[V] 結 言

以上国鉄小田原、茅ヶ崎両変電所の遠方監視制御装置の概要について述べたが、小田原変電所運転開始当初問題になつた事故も誘導及び異常電圧の究明と云う点を除いては総て根本的問題なく、何れも究明解決され現在優秀な成績を以て運転していることは国鉄及び日立の熱心なる協力によるものである。両変電所の遠方監視制御運転に於ける体験は今後の鉄道電化に貴重なる資料を提供するものであつて、今後新線電化に本方式を全面的に採用して差支えないと信ずる。なお又東大教授山田直平博士を委員長とした遠方監視制御研究委員会が鉄道電化協会に設けられ種々審議されて遠方監視制御装置の仕様書連動要項も作製され、又被制御所としての変電所自体のあり方についても電気学会内で論議されている様であるから、今後益々高信頼度のものが出来る見透しは十分である。

今や我国は戦後の混乱期を脱して復興の途上にあるとき最も合理的な電気運転の見地から、遠方監視制御式変電所が今後益々普及することを切望する。

蓄 電 池 の 充 電

日立製作所 多賀工場 若林圭次郎著

A列5判 34頁 定價 30圓 十 6圓

東京都品川区
大井坂下町 2717

日 立 評 論 社 發 行