

制御用計算機による電鉄用変電所の集中制御

Centralized Remote Control of Substations for Railway
by Control Computer

角 田 寛* 西 川 昭 二*
Hiroshi Sumita Shôji Nishikawa
原 田 寿 明** 菅 家 辰 紀**
Toshiaki Harada Tatsunori Kanke

要 旨

最近の電鉄用変電所は経営合理化に寄与するためほとんどが無人化され、1個所から全変電所の集中制御が行なわれつつある。この場合、集中制御所における監視制御を合理的かつ運転保安度の高いものにするため、集中制御所に計算機を設置して、集中制御所業務の自動化が計画される傾向にある。

本文は京阪電気鉄道株式会社（以下京阪電鉄と略す）で実施された全変電所の集中制御と計算機システムにつき、集中制御方式の適用、集中制御所業務の自動化の内容とその処理方式について説明する。

1. 緒 言

京阪電鉄では全線に16個所の変電所があり、これらの変電所は経営合理化に寄与するため、昭和36年から1:1方式の遠方制御装置による無人化が進められ、全線のうち、3個所の変電所が地域ごとの制御所となったが、激増を続ける輸送需要に対応する列車連結数の増大、列車間隔の稠(ちゅう)密化は当然、回転変流器の全廃、変電所数や設備容量の増大をもたらすとともに、事故時における迅速的確な処置による運転保安度の飛躍的な向上が要請されてきたため、従来の地域ごとの制御所を1個所に統合し、電力会社、運転指令所などへの連絡業務の一元化や、系統のより合理的な運営が必要となった。

しかし、これらの無人変電所の既設の遠方制御装置を単に1個所の集中制御所に集めて監視制御するだけでは、制御所の運転業務がぼう大になるとともに、事故時における的確な判断、迅速な処置が困難となるので、少数の運転員による、より合理的な運営をするため、さらに進んで監視制御のシステム化が必要になってきた。

そこで近年急速に進歩した制御用計算機を導入して、制御所の業務のうち計算機で処理できるものは自動化し、運転員の負担を軽減するとともに、より合理的な集中制御を行なうことが計画された。このシステムでは遠方制御装置は既設の1:1方式の遠方制御装置をできるだけ有効に利用するため1:1の集合方式とし、御制所にHIDIC 100形小形制御用計算機を置いて監視制御および記録業務を自動化するものであり、今回は第1段階として記録管理業務の自動化を中心に下記を実施した。

- (1) 盤面監視制御の簡易化
- (2) 電力日報作成の自動化
- (3) 故障および機器動作記録の自動化
- (4) 機器点検指令の自動化

本装置は昭和45年5月に納入され運転にはいったので、集中制御装置の適用および本装置の概要について述べる。

2. 京阪電鉄変電所群の集中制御システム

2.1 集中制御方式の適用

集中制御の適用による合理化のねらいは、設備の増加に伴って運転員の増加することを防止し、さらに系統設備を最大限に活用して

系統の運転効率と運転保安度を向上することにあるが、その効果を発揮させるためには、実施に際して次のような点に注意しなければならない。すなわち、

- (1) 遠方制御装置の適用に際しては、無人変電所における機器運転、保護方式の統一化と、集中制御所における監視制御項目を整理統合する必要がある。
- (2) 集中制御所における監視制御は、系統機器状態の表示方法と器具配置を合理的に行ない、電力指令者や運転員が全系統の運転状態を迅速かつ容易には握できるようにする。
- (3) 遠方制御装置の方式を統一して機器操作を容易にし、かつ正確迅速に行なえるようにする。
- (4) 定時計測、機器動作と故障記録、日常の規則的な機器制御などの人為判断を必要としない日常業務は極力自動処理し、集中制御所における電力指令者や運転員の負担を軽減する。

などである。

次に集中制御所における遠方制御装置の形態としては、複数個所の被制御所に対して共通の制御所装置を使用して1:N形とする共通方式と、被制御所ごとに専用の制御所装置を使用して1:1形とする集合方式とがある。今回の場合は既に6個所の変電所に1:1の遠方制御装置が設置されており、これらの装置を有効に利用するため1:1の集合方式を採用し、結合装置を介して計算機と結合する方式とした。また本装置では計算機の点検停止時にも運転に支障がないよう、遠方制御装置による監視制御もできるように考慮されている。

2.2 京阪電鉄変電所群の集中制御

図1は集中制御の対象となる京阪電鉄変電所の配置図であり、沿線に点在する16個所(無人移動変電所を含む)の無人変電所は全線のほぼ中心に位置する枚方変電所より集中監視制御され、将来さらに2個所の無人変電所の新設が予定されている。これらの変電所は各変電所専用の1:1方式のパルスコード形遠方制御装置により、制御所から監視制御されている。

図2は一例として京阪電鉄大和田変電所の単線接続図を示したものである。図に示すように、大和田変電所では、関西電力株式会社の大和田変電所より70 kV 特高1回線を受電するとともに、守口および寝屋川変電所への送電を行なっている。また整流設備として、2,000 kW のシリコン整流器を2台備え、その直流出力をき電線4回線により大阪および京都方面に供給している。

* 京阪電気鉄道株式会社

** 日立製作所大みか工場

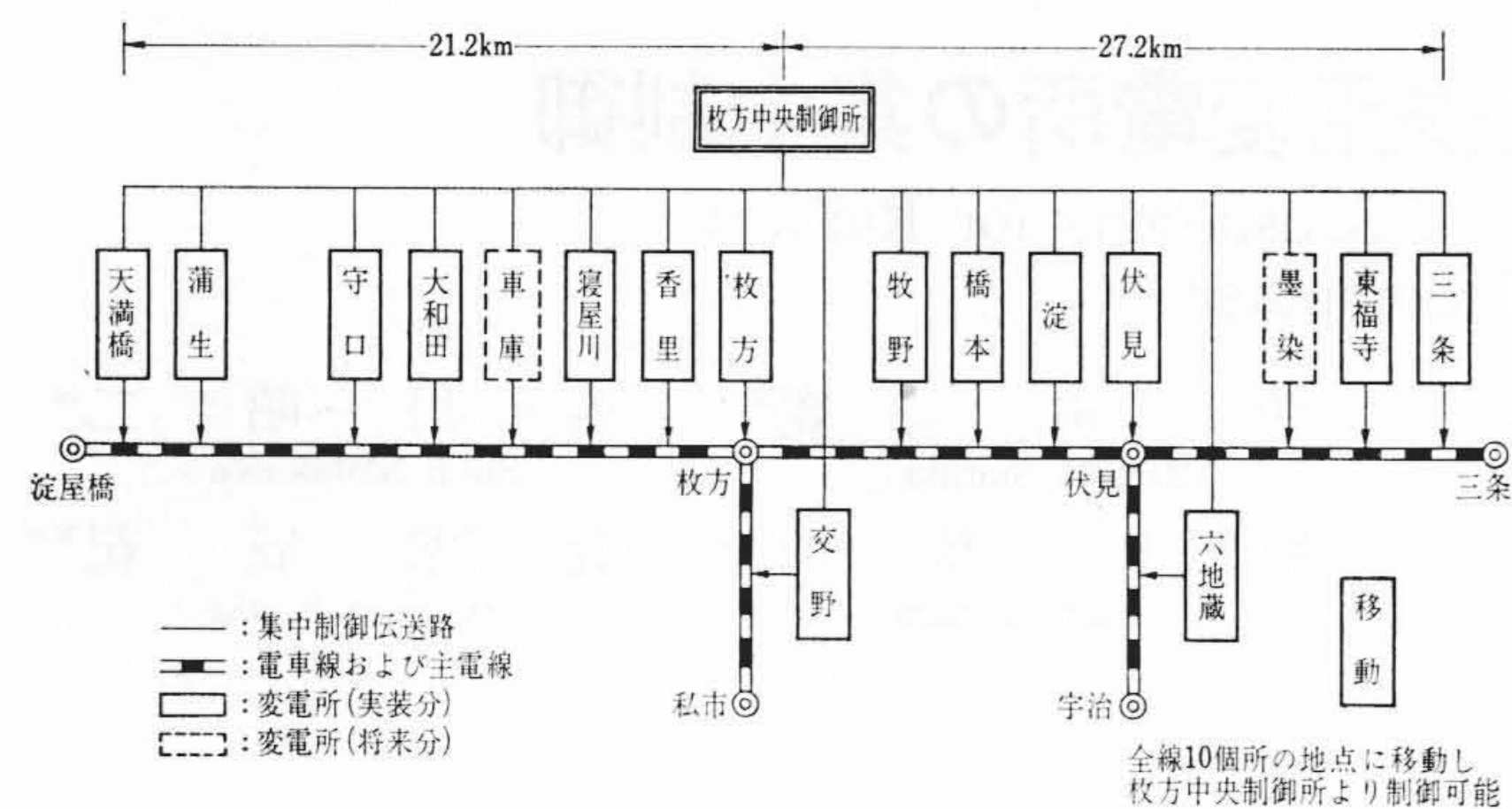


図1 京阪電鉄変電所の配置図

表1 遠方監視制御項目

No.	項 目	操 作	表 示	備 考
1	非 常 停 止	停 止	①	
2	重 故 障		①	
3	直 流 主 回 路 接 地		①	
4	き 電 線 選 択 し ゃ 断		①	
5	き 電 線 自 動 し ゃ 断		①	
6	連 絡 し ゃ 断		①	
7	(ヨ ビ)			
8	軽 故 障		①	
9	電 源 異 常		①	
10	制 御 電 源 異 常		①	
11	試 験	入 切	①	
12	直 接		① ①	
13	過 電		①	
14	接 地		①	
15	変 圧 器 重 故 障		①	
16	変 圧 器 軽 故 障		①	
17	受 電 停 電		①	
18	受 電 電 圧 降 下		①	
19	火 災		①	
20	扉 開		①	
21	受 電 し ゃ 断 器 52P	入 切	⑧ ⑥	⑦ テレメータ
22	主 変 二 次 し ゃ 断 器 52S	入 切	⑧ ⑥	⑦ ⑧ テレメータ
23	送 電 し ゃ 断 器 52L ₁	入 切	⑧ ⑥	⑧ テレメータ
24	送 電 し ゃ 断 器 52L ₂	入 切	⑧ ⑥	⑧ テレメータ
25	線 路 開 閉 器 89B ₁	入 切	⑧ ⑥	
26	線 路 開 閉 器 89B ₂	入 切	⑧ ⑥	
27	線 路 開 閉 器 89L ₁	入 切	⑧ ⑥	
28	線 路 開 閉 器 89L ₂	入 切	⑧ ⑥	
29	電 灯 高 圧 開 閉 器	入 切	⑧ ⑥	
30	信 号 高 圧 開 閉 器	入 切	⑧ ⑥	
31	整 流 器 No. 1	起 動 停 止	⑧ ⑥	⑦ ⑧ テレメータ
32	整 流 器 No. 2	起 動 停 止	⑧ ⑥	⑦ ⑧ テレメータ
33	き 電 し ゃ 断 器 54F ₁	入 切	⑧ ⑥	⑦ ⑧ テレメータ
34	き 電 し ゃ 断 器 54F ₂	入 切	⑧ ⑥	⑦ ⑧ テレメータ
35	き 電 し ゃ 断 器 54F ₃	入 切	⑧ ⑥	⑦ ⑧ テレメータ
36	き 電 し ゃ 断 器 54F ₄	入 切	⑧ ⑥	⑦ ⑧ テレメータ
37	(ヨ ビ)			
38	鎖 錠 解	解		
39	64F 使 用, 除 外	使 用 除 外	① ①	
40	(ヨ ビ)			

次に集中制御所における監視制御項目の一例として、上記の大和田変電所の例を示したのが表1である。操作項目は受送電しゃ断器、同断路器、整流器、き電用しゃ断器、高圧配電区分開閉器、装置試験のほか、いっせい非常停止など、予備を含めて22項目が実装されている。一方、表示項目は上記の機器運転表示および故障表示があり、後者は機器別表示でなく、数項目の一括表示により項目が整理統合されている。

さらに計算機による故障自動記録の処理プログラムを簡素化するために、故障表示項目の内容および配列は全変電所について統一さ

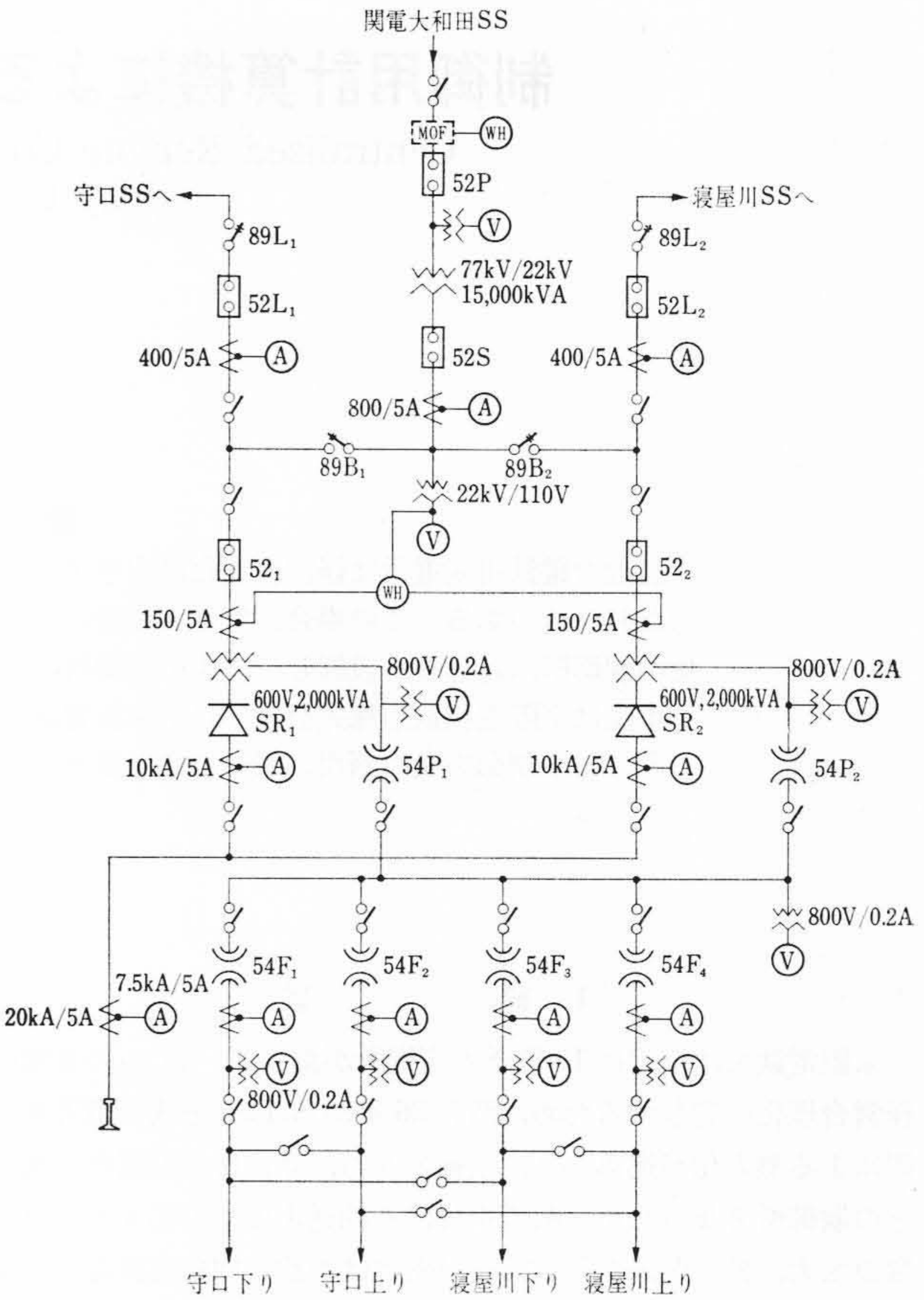


図2 大和田変電所単線接続図

れている。

2.3 集中制御所業務の自動化

集中制御所業務の自動化は2段階に分けて行なわれる。第1段階としては、最も運転員の負担となる下記のような記録業務の自動化である。

- (1) 使用電力量の日報作成および電力量の過大警報
- (2) 整流器運転時間の積算、記録
- (3) 故障記録および機器の動作記録
- (4) 整流器、しゃ断器の点検指令

これらの項目の中で、(2)、(3)、(4)の項目は単なる自動記録にとどまらず、機器の運転時間、動作回数を自動的に監視して一定の基準に達すると運転員に点検指令を与え、適正な機器の点検、保守管理が行なえるようにすることを目的としている。

なお、本システムは将来装置の増設により、第2段階として制御所からの操作を自動化することが計画されており、その項目は

- (1) 異常時における受電系統の自動切換
- (2) 直流き電用しゃ断器の自動再投入
- (3) 送配電しゃ断器の自動再投入
- (4) 停電回復後の整流器自動復旧操作
- (5) 整流器のスケジュール運転

などである。また京阪電鉄の場合は、深夜でもき電線の停電を行なわないため、き電線しゃ断器のスケジュール運転は不要である。

これらの自動化の実施により、しゃ断器、整流器の日常運転操作と事故時の復旧操作が計算機の指令により自動的に行なわれることになり、電力指令者や運転員の負担の軽減のみならず、操作の迅速化、誤操作の防止が可能になる。

3. 集中制御システムの構成および機能

図3は集中制御システムの全体構成を示したものである。図に示

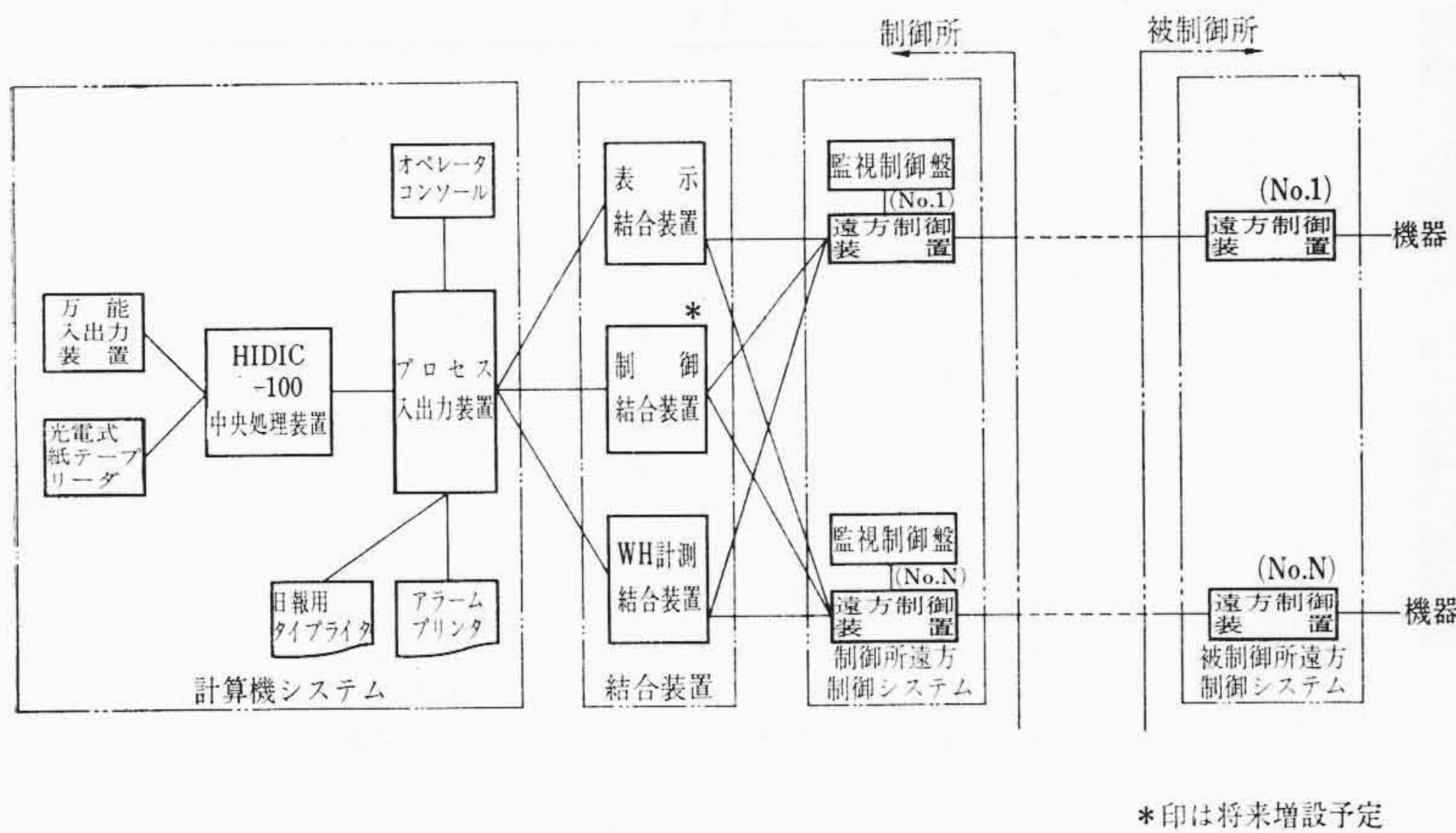


図3 集中制御システム構成図

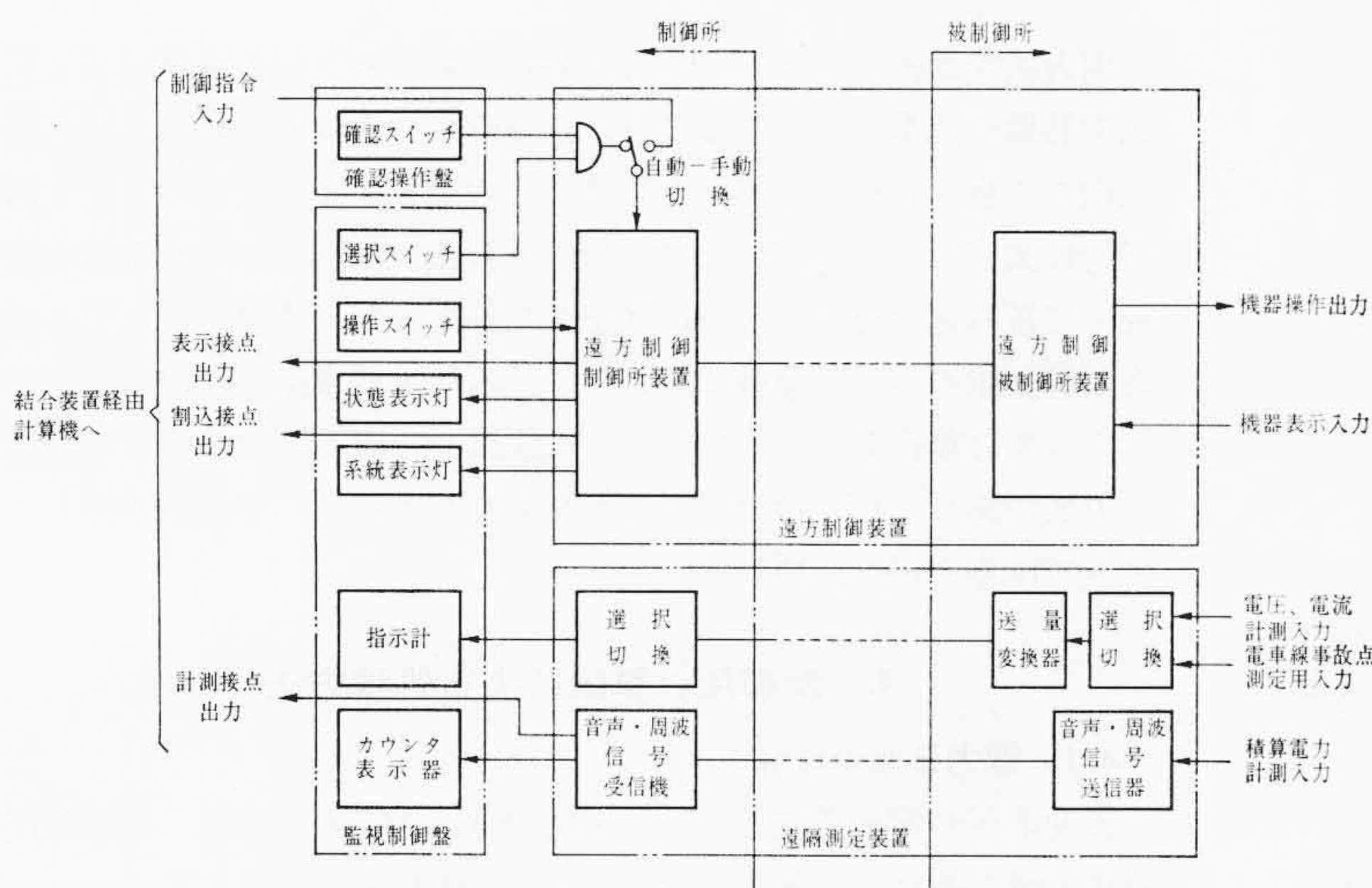


図4 遠方制御システム構成図

すように、本システムは監視、制御、計測の情報伝送および盤面監視制御を行なうための遠方制御システム、制御所業務の自動処理を行なうための制御用計算機システムおよびその両者を結合する結合装置の三つのシステムから構成されている。以下これらの装置の構成および機能について説明する。

3.1 遠方制御システム

図4は遠方制御システムの機器構成とその接続関係を1変電所分について示したものであり、図に示すように、遠方制御装置、遠隔測定装置、監視制御盤および確認操作盤の四つの装置からなる。

(1) 遠方制御装置

遠方制御装置は既設装置を利用するため、ワイヤスプリング・リレーを使用した1:1方式のパルスコード形遠方制御装置⁽¹⁾に方式を統一し、さらに計算機による監視制御および直流き電系統の加圧表示を行なうために次の機能が追加されている。

- (i) 計算機接続用表示出力の引出しおよび表示状態変化時の割込機能
- (ii) 直流き電系統の加圧表示
- (iii) 将来の整流器、直流き電しゃ断器、送配電しゃ断器の計算機制御を行なうための自動選択操作

上記項目中の自動選択操作回路は、計算機よりの自動操作指令により、選択と入切操作を一挙動で行ない、選択操作完了後は自動的に復帰するようにしている。

(2) 遠隔測定装置

遠隔測定装置としては、電圧電流は整流直送式とし、連絡線が

少なくすむよう各測定項目を電圧、電流に分けて、遠方制御装置と連動して選択測定している。一方、積算電力については、積算パルスの常時伝送を行なうため、従来の方法では測定量ごとに連絡線を必要とするが、本装置では、狭帯域の周波数信号による多重伝送方式として、全変電所に共通な一対のケーブルで伝送している。また、京阪電鉄では全線の電車線が警報入りトロリー線となっており被制御所変電所に設置された電車線事故点標定装置を介して、集中制御所では全線の事故点の遠方測定が可能であり、運転保安度の飛躍的な向上が図られている。

(3) 監視制御盤

通常の機器操作、状態の監視および計測に使用するもので、図5は監視制御盤と後述の確認操作盤の外観を示したものである。監視制御盤は集中制御所の床面積を縮小するため、盤面器具を合理的に配置し、縮小形の垂直自立盤とした。盤面には系統全体の運転状況を的確には握し、かつ機器を迅速適切に制御できるように、機器選択開閉器と状態表示灯を実系統に合わせてグラフィック状に配列し、系統のつながりを模擬母線によって表わしている。一方、計測用指示計と集合故障表示器は盤上部の見やすい位置にまとめられている。さらに監視制御盤の上部には、直流き電線の加圧状態が表示されている。

(4) 確認操作盤

確認操作盤は無人変電所の増加による制御所業務の増加と、監視制御盤の縮小化に伴う、万一の機器の誤操作を防止するために設けられている。機器の操作に当たっては、運転員の操作する制御盤の選択スイッチと電力指令者の操作する確認操作盤の選択スイッチを同時に操作し、その両者の選択が一致したときに初めて操作指令が送出されるようにして、電力指令者と

運転員の操作の信頼度を向上させている。なお盤形態は縮小形卓上盤にまとめられ、1人の運転員が指令卓の前にすわったままで監視制御できるようになっている。

3.2 計算機システム

電鉄用変電所特有の機器の増設および系統変更に対処するため、これに伴うプログラムの変更が容易にできるよう、ストアード・プログラム方式の計算機の採用が必要であり、今回の計算機としては、信頼度が高く、高度にIC化された制御用小形計算機HIDIC 100システム⁽²⁾が採用されている。図6は本システムの外観である。

本システムを構成する各機器の概要について説明する。

(1) HIDIC 100 中央処理装置 (CPU)

本システムのCPUの概略仕様は表2に示すとおりである。コアメモリ容量は当初8K語であるが、将来の機能の拡張に備えて、さらに8K語を容易に増設可能なように取付余地を確保してある。

(2) プロセス入出力装置

CPUと結合装置、オペレータコンソールとを接続するためのもので、下記の規模となっている。

ディジタル入力	256点
ディジタル出力	48点
割込み入力	8点

なお将来の自動化項目の増加による入出力点数の増加は、プラグインのそう入のみで容易に行なえるように考慮されている。

(3) コンソール入出力装置

主として、プログラムの変更、調整を行なうときに使用するも

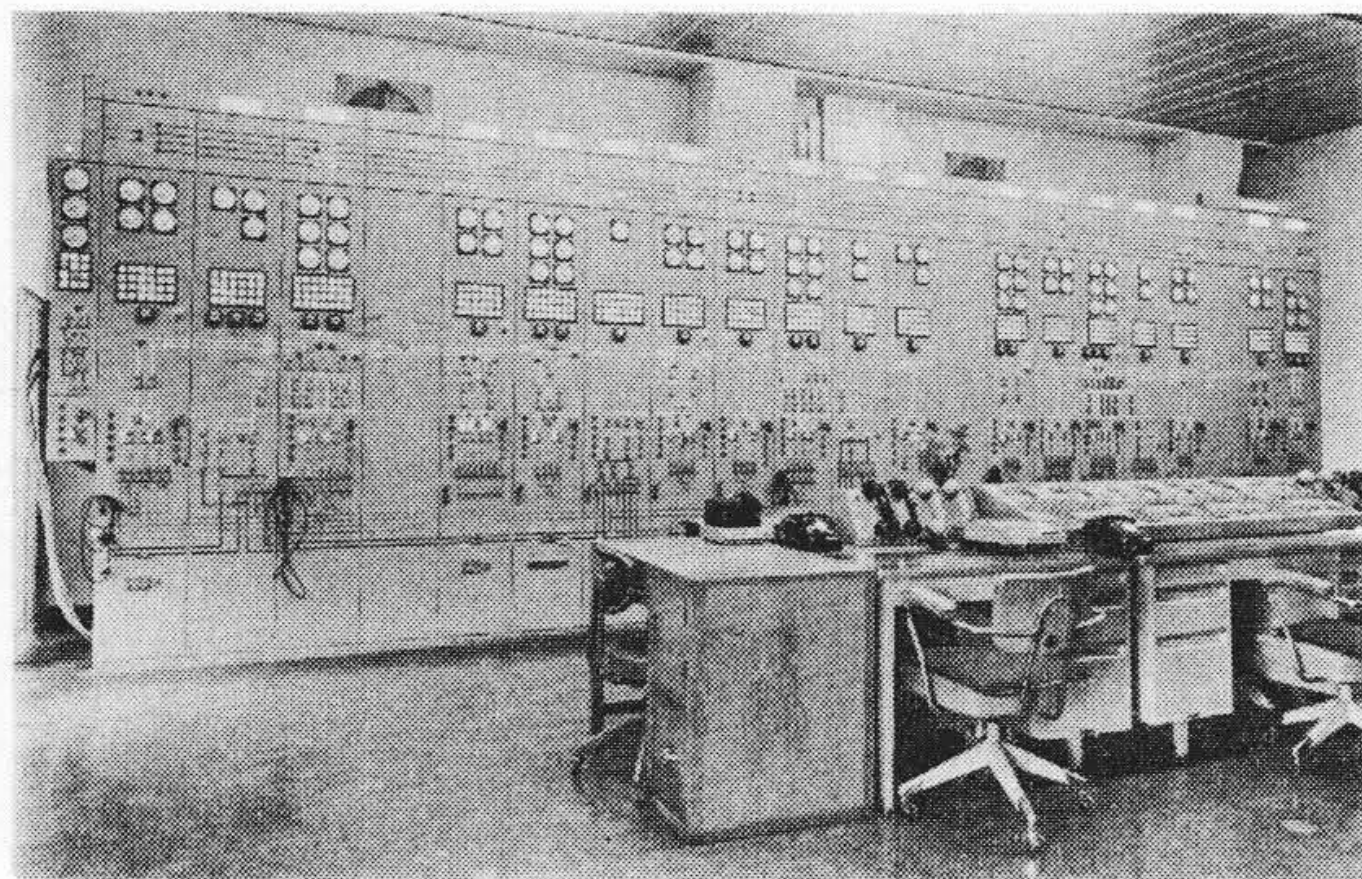


図5 集中制御所の監視制御盤(後面)
および確認操作盤(前面)

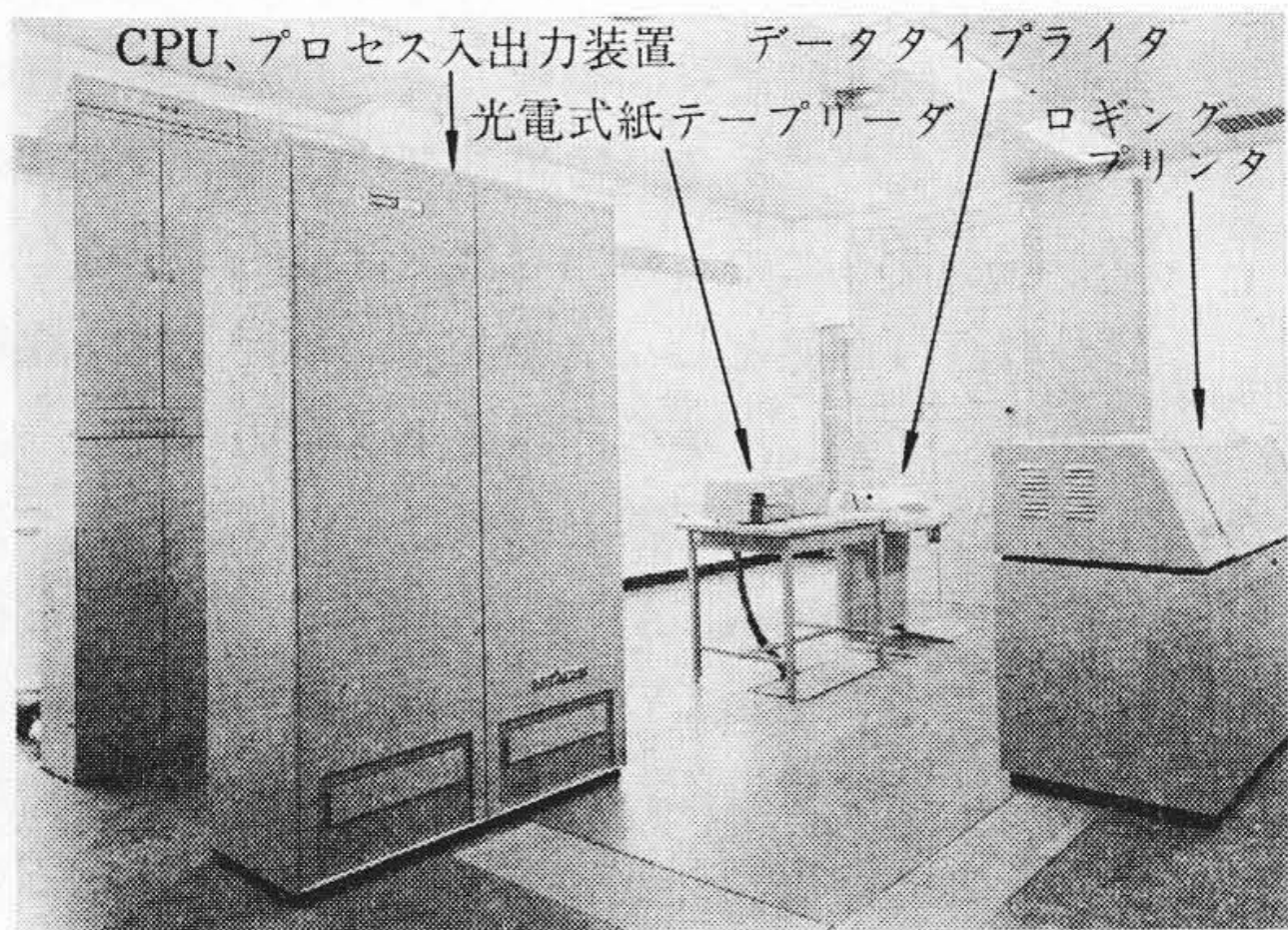


図6 HIDIC 100 システム

ので、万能入出力装置と光電式紙テープリーダーから構成されており、将来月報用の紙テープ処理を行なうことができるよう考慮してある。

(4) タイプライタ

電力月報作成用およびアラームプリント用に2台を使用する。

(5) オペレータコンソール

オペレータコンソールは運転員と計算機システムのコミュニケーションを図るためのもので、次の機能をもっている。

- (i) システムの異常警報表示
- (ii) 時刻の設定
- (iii) 上限値の設定、呼出し
- (iv) 積算値の修正

(6) 電源装置

システム全体の電源としては無停電化を図るためにバッテリー電源を用い、直流電動機、交流発電機(5kVA)のM-Gセットにより、交流に変換して各機器に供給している。なお、M-Gセットを点検などのため停止する場合には、簡単に商用電源に切り換えて運転できるようになっている。

3.3 結合装置

結合装置は集中制御所における計算機と1:1方式の遠方制御装置との結合を行なうためのものであり、次の三つの機能をもたせている。

- (1) 計算機への機器および故障表示、割込信号の中継
- (2) 計算機への積算電力計測信号の信号変換と中継
- (3) 将来の計算機よりの自動制御信号の信号変換と遠方制御装置への中継

次に、1:1集合式遠方制御装置の状態変化表示信号を計算機に読み込む方式としては、次の二つの方法がある。

- (1) 遠方制御装置に記憶された全項目の表示接点を、並列に計算機入力として計算機が定期的に順次全点を走査して読み込む。

表2 CPU仕様一覧表

項 目	仕 様
方 式	
プログラム	ストアードプログラム
演 算	パ ラ レ ル
語 長	16ビット+パリティ
基本命令数	16
演算速度	
加 減 算	16.5 μ s
乗 除 算	ソフトウェアによる
コアメモリ	
サイクルタイム	2 μ s
記憶容量	8K語
インデックスレジスタ	(16K語まで拡張可能)
論理素子	3
論理素子	IC(TTL)
周囲温度条件	0~50℃

- (2) 計算機から選択指令を出して、各遠方制御装置の表示接点出力を所定の被制御所に切り換え、1被制御所分のみの表示入力を読み込む。

両方式を比較すると、(1)では表示点数が多くなるとプロセス入出力装置の点数が多くなること、計算機入力とするためのノイズ除去用の中継リレーが必要となるときは、その点数が多くなることなど價格的に欠点がある。(2)では、(a)計算機が定期的に順次全点を走査して読み込む方法と、(b)状態変化があった変電所に対応する遠方制御装置のみが計算機に対して、読み込み要求指令を出し、これによって計算機から要求のあった被制御所の表示入力のみを読み込む方法があり、(2)の(b)が最も有利であるので、本集中制御システムでは本方式を採用した。

4. 制御用計算機による処理方法

4.1 電力日報の作成

各変電所の受電電力量、付帯用電力量、き電用電力量、交流発電機電力量を積算し、図7に示すように日報形式で記録する。

各積算電力量のバルス間隔は最短のものでも3秒程度あるので、結合装置内に1ビットのリレーメモリをおき、計算機はこのメモリの内容を、2秒ごとにとり込んで積算記録する方式としている。また、これらの1時間積算値があらかじめ設定されていた上限値を超過した場合には赤字で印字し警報を出すようにもしてある。

4.2 整流器運転時間の積算、記録

図7に示すように、電力日報用紙に24時間の記録に引き続き各整流器の1日運転時間合計および延べ運転時間を記録する。

運転時間は15分ごとに各整流器の運転状態を読みとり、運転中であればその整流器の運転時間に15分を加算する方法で積算する。

4.3 故障記録および機器の動作記録

操作あるいは事故により機器が状態変化した場合、時刻、場所、内容などをアラームプリンタに記録する。記録動作の詳細は、

- (1) 状態変化が発生すると、遠方制御装置の状態変化信号により結合装置から割込み信号が計算機に与えられる。
- (2) 割込み信号に引き続いて、状態変化が発生した変電所番号と、自動状態変化か、制御所から与えられた指令に対する応動変化かの区別が計算機に与えられる。
- (3) 計算機はこれによって、状態変化の発生した変電所を知り、状態表示入力をその変電所に切り換える指令を結合装置に与える。
- (4) 結合装置の切換リレーの動作をまって、その変電所の状態表示入力を読み込む。
- (5) とり込んだ状態表示入力を、それまで計算機内に記憶してあった元の状態と比較して、変化したポジションを検出し、その内容を印字記録する。

電 力 日 報

変電所		天満橋		蒲		生					移動	変電所	
用途		き電	受電	き電	付帯	発電機					発電機	き電	用途
乗率(kWH)		100	100	100	100	10					10	100	乗率(kWH)
積算 電力量	1 00	12	19	15	4	0					0	0	1 00
	2 00	0	3	0	3	0					0	0	2 00
	24 00	12	20	16	4	0					0	0	24 00
	GŌUKEI	363	583	485	98	0					0	0	GŌUKEI
	SAIDAI	23	34	29	5	0					0	0	SAIDAI
	HEIKIN	15	24	20	4	0					0	0	HEIKIN
	FUKARITSU	65	71	69	80	0					0	0	FUKARITSU
	UNTEN JIKAN												UNTEN JIKAN
	No.1 DAY	19		20									No.1 DAY
	No.1 TOTAL	1240		865									No.1 TOTAL
整流器 運転時間	No.4 DAY												No.4 DAY
	No.4 TOTAL												No.4 TOTAL

図 7 日 報 記 録 様 式

昭和 年 月 日 天候					変電所故障記録しゃ断器操作記録					中 央 制 御 所				
時 刻					故 障 記 録					操 作 記 録				
時 分 秒	変電所名	故障名 機器名	機器 動作	積算動 作回数	記 事	時 分 秒	変電所名	機器名	操作	積算動 作回数	記 事	時 分 秒	変電所名	機器名
8 25 10	MOG	EOC			故障発生(赤字)									
8 25 15	MOG	DOR												
8 25 17	MOG	RE 1	OP	35										
8 25 19	MOG	SR 1	OP	50										
8 25 20	MOG	SR 2	OP	70										
8 26 10	MOG	EOC			故障復帰(黒字)	8 26 0	MOG	LK	CL					
8 26 20	MOG	DOR				8 26 15	MOG	RE 1	CL					
8 26 35	MOG	SR 1	OP	51		8 26 30	MOG	SR 1	CL					
8 26 50	MOG	SR 1	CL											
8 26 52	MOG	SR 1	OP	52										

図 8 故 障、機 器 の 動 作 記 録

図 8 は状態変化を検出したときの記録例を示したものである。

本システムで処理する故障、機器の数は当初の規模で 16 変電所合計で約 500 点ある。これらの故障名、機器名はすべて英数字 3 文字にコード化されている。さらに、このうちのかなりのものが各変電所共通であることに着目し、計算機内では故障名、機器名の大半を各変電所共通に記憶するようにし、コアメモリの節減を図った。また同一故障あるいは機器であっても、各変電所ごとにポジション番号が異なっているものは、結合装置で並べ替えを行なって、計算機に対しては同一順序になるようにしている。

4.4 整流器、しゃ断器の点検指令

機器の点検実施時期は、その運転時間、動作回数に応じて決めるのが合理的である。本システムでは計算機による点検実施時期の自動チェックを行ない、各機器の点検保守管理を適正に行なえるようにしてある。その方法は次のとおりである。すなわち、

(1) 整流器の点検指令

24 時に各整流器の運転時間を印字するときに、延運転時間があらかじめ設定されている上限値を越えているものがあれば、それを赤色印字するとともに、オペレータコンソールに警報表示する。

(2) しゃ断器の点検指令

しゃ断器の動作記録を行なうとき、その動作回数があらかじめ設定されている上限値を越えている場合は、その動作回数を赤色印字するとともに、オペレータコンソールに警報表示する。

(3) 上限値の設定、呼出し、変更

電力量、整流器の運転時間およびしゃ断器の動作回数の上限値は、オペレータコンソールから任意に設定することができる。また設定された値の呼出し変更も可能でアラームプリンタに印字させることもできる。

5. 結 言

以上、京阪電鉄納の集中制御装置の概要について述べた。

今回の集中制御は、既設の 1:1 方式の遠方制御装置を有効に利用して計算機による総合自動化を行なったことが特徴であるが、さらに本集中制御の実施により、全線の運転状況のは握が容易になり、少数の運転員により全変電所の合理的かつ保安度の高い制御や適正な点検保守管理ができるようになったので、運転員の削減が可能となった。

今後、われわれは従来の経験を生かして、第 2 段階の自動復旧操作などの検討と、またさらに列車運転業務、信号業務などの関連業務をも含めた電鉄運用の総合自動化システムの開発を進めていきたいと考えている。

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) 原：電気計算 34, 109 (昭 41-12)
- (2) 森田ほか：日立評論 51, 714 (昭 44-8)