

関西電力株式会社海南発電所納
シーケンスモニタリングシステム
Sequence Monitoring System for Kainan Thermal Power
Station of the Kansai Electric Power Company

北方義貫* 関口好朗* 内田義久**
Yoshitsura Kitakata Yoshirô Sekiguchi Yoshihisa Uchida
福島弘一郎*** 射場大造***
Kôichirô Fukushima Daizô Iba

要 旨

関西電力株式会社海南発電所1, 2号ユニット用シーケンスモニタリングシステムは超臨界圧二段再熱貫流プラントの低圧クリーンアップより目標負荷までおよび負荷降下からユニット停止までの起動停止操作を計算機によりモニタするもので, 1台の計算機で2ユニットの同時起動モニタが可能であり, 運転員と計算機のマンマシンコミュニケーションに多くの工夫が払われている。

本文は, 本システムの方式, 構成, 特徴などについて概要を述べたものである。

1. 緒 言

火力発電所は最近とみに大容量化し, 蒸気条件も高温高压化し, わが国においても超臨界圧プラントが建設されるに至っている。

このように規模の拡大, 性能の向上に伴って複雑化した火力発電所を安全, 円滑に運転するためには, 個々の独立した自動制御装置のみでなく, これらを全体的に統合管理するシステムが必要となってきた。

しかも火力発電所の運転は通常運転中には, 負荷の変化に応じ各部の温度, 圧力, 流量などが自動制御され, 操作必要項目も少ないが, 起動停止操作となると, 制御装置の手動による調整および設定変更, 補機の起動停止, 弁の開閉など運転員の判断による操作項目が数百項目にもなる。

これらの判断および操作を安全かつ円滑に行なうため, 計算機を用いることがアメリカをはじめわが国でも試みられている。

しかしこれらの試みはタービンの起動に関するものが主となっており, モニタリングの対象とする範囲および深さにおいて不じゅうぶんなものであった。

一方, 関西電力株式会社においても火力発電所に対する計算機の適用が種々試みられてきており, 今回, 超臨界圧2段再熱貫流, 450 MWの海南発電所1, 2号機の建設にあたり, 操作条件の監視, 判断および操作手順の指示を計算機に行なわせ, 操作は運転員が行なうというシーケンスモニタリングシステムを設置することとなった。

この計画に対し, ユーザーおよび関連メーカーよりなる海南発電所自動化委員会を設け, 計算機の適用に関する技術的検討を行なった結果, 下記方針に基づき実施することとなった。

- (1) 複雑な起動停止操作の誤りを防止し, 運転員の負担軽減, 機器寿命低下の減少を図り, かつ将来計算機によるユニット起動停止の自動化を実施するための経験とデータの収集を行なう。
- (2) シーケンスモニタリングの範囲は低圧クリーンアップ開始から目標負荷までおよび負荷降下からユニット停止までとし, その深さはこの範囲内に必要な運転操作のすべてにわたるものとする。

- (3) 起動停止時に操作する補機, 弁, 自動制御装置などの操作条件のチェック, 操作手順, 操作量の表示, 誤操作時の警報を行なう機能を有するものとする。
- (4) 運転員と計算機との情報交換はオペレータコンソールのスライドプロジェクトを中心に行なう。
- (5) 1台の計算機で2ユニットの同時起動, 停止時のモニタリングが行なえる方式とする。

なお, 本計算機システムには2ユニット分の大規模で高度なデータ処理機能をあわせてもっているが, 以下シーケンスモニタリング部分を中心としてその方式, 構成および特徴などについて述べる。

2. 機 能

2.1 範囲および深さ

(1) 起動停止モード

火力ユニットの起動は停止時間により運転方法が異なるのでシーケンスモニタリングにおいてもこれら条件の相違をカバーできるように下記の運転モードの区分を設けた。

冷 起 動	30 時間以上停止
温 起 動	30 時間停止
熱 起 動	8 時間停止
高 熱 起 動	2 時間以内停止 (加減弁起動)
通 常 停 止	
危 急 停 止	トリップ以後 ボイラ冷却停止

(タービン冷却停止はボイラの蒸気温度低下が望めないため対象外とした。)

(2) 範 囲

起動時においては, 低圧系統クリーンアップ開始から起動準備完了, 昇圧, 点火昇温, タービン昇速, 併列, 負荷上昇, 目標負荷到達までの起動操作をモニタし, 停止時には負荷降下開始からユニット停止までの停止操作をモニタする。

なお通常運転中においても, 下記の項目についてモニタを行ないモニタ機能の活用を図った。

- (a) タービン BFP の起動操作
- (b) バーナの点火, 消火操作
- (c) 排ガス成分, 排水温度の監視

シーケンスモニタの範囲外としたものは, プラント起動の準備的操作と考えられる水はり, 軸受冷却水系統, 空気系統, 所内ボ

* 関西電力株式会社海南火力建設所

** 関西電力株式会社総合技術研究所

*** 日立製作所大みか工場

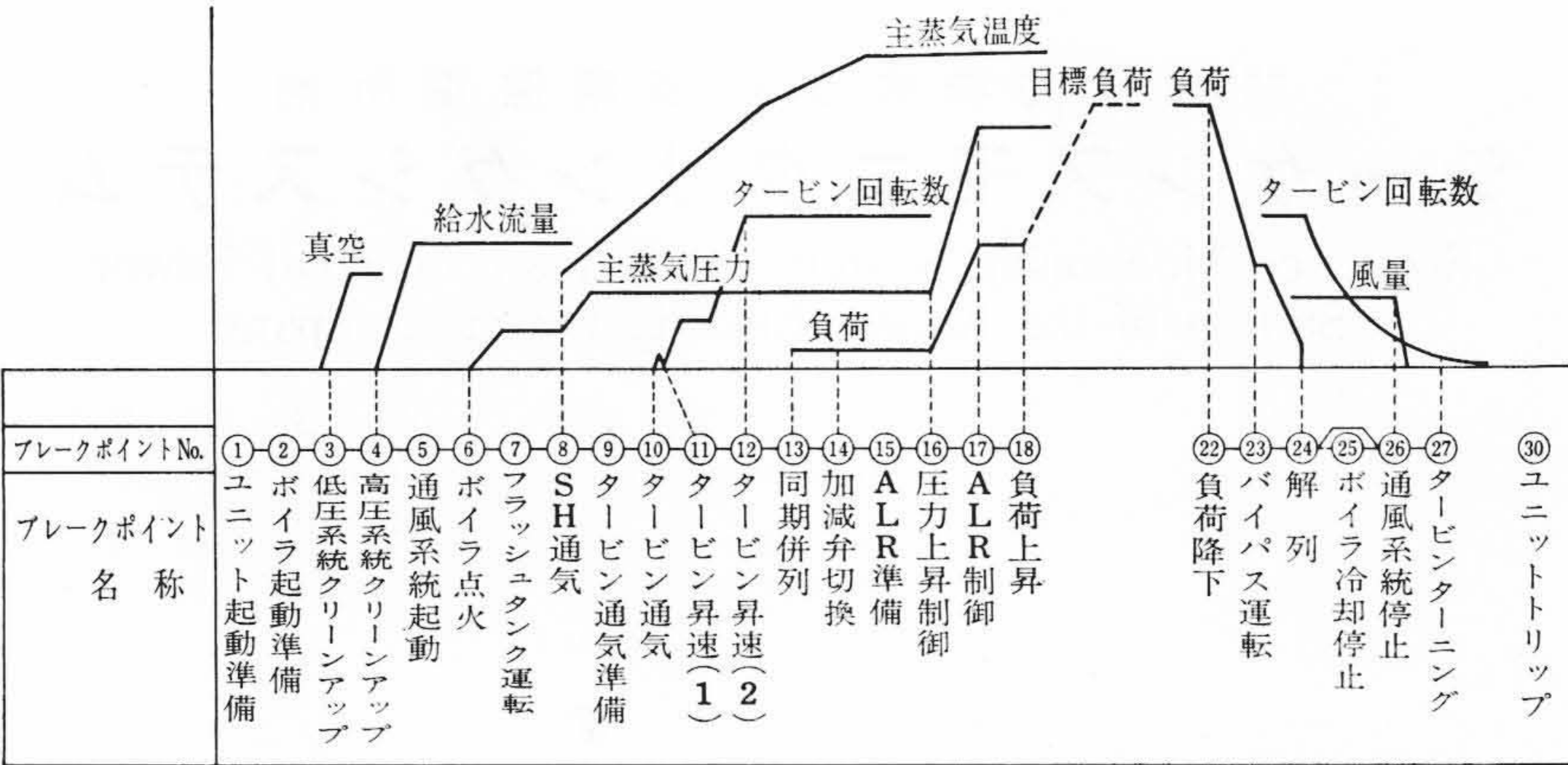


図1 起動停止曲線とBP

イラ、復水処理装置、循環水系統の起動停止および通常運転中に行なわれるスートブロウ系統である。

(3) 深 さ

起動停止過程において計算機は下記のモニタ動作を行なう。

- (a) プラントの起動停止において運転員が操作する補機，弁，制御装置などの操作すべき項目および時期を知らせる。
- (b) 操作する補機，弁，制御装置などの操作にあたって具備すべき条件をチェックし条件が満足されなければ，その状態を知らせる。
- (c) 操作すべき補機，弁，制御装置の操作時期を誤った場合はその旨を知らせる。
- (d) 起動停止操作中に必要な制御装置の手動調整および設定変更に対しては，目標値と現在値の偏差を表示する。
(初期燃料量，給水量，タービンの保持時間など)

なお，下記のような制限を設けた。

- (a) インターロックの計算機による確認はプラントの起動停止時，特に必要なものに限定する。
(BFP再循環弁，タービンリセット，再熱塞(さい)止弁など)
- (b) 自動制御系については，制御量の確認のみを行なう。
(蒸気圧力，蒸気温度，出力など)

2.2 モニタの方式

起動停止時における一連の操作手順を運転員に知らせる方法として，オペレータコンソールのスライドプロジェクタにフローチャート表示する方式を採用した。

計算機によるモニタは大別して次の三つのルーチンにより処理される。

(1) ブレイクポイントルーチン (BP)

このルーチンはプラントの起動，停止において行なわれる一連の運転操作を時間的な順序に従って表現したもので主要な操作区分ごとに区切られている。

一つのBPの操作がすべて完了すると自動的に次のBPに進行し，順次にBPの操作を行なうことにより起動停止のモニタが行なえる。また，プラントの進行状態に応じ必要な操作サブルーチン呼び出す。

プラントとの同期を取るため，必要なBPを呼び出して，その時点よりモニタリングできる機能もある。

BPの種類をユニットの起動停止曲線とともに示したのが図1である。

(2) 操作サブルーチン

操作サブルーチン(SR)は起動停止の時系列に組み込めないも

表1 S R 一 覧 表

SR No.	項 目 名 称	走査周期 (s)	SR No.	項 目 名 称	走査周期 (s)
SR-1	復 水 系 統 監 視	120	SR-26	風 量 監 視	30
2	水 質 監 視	60	27	SAH 監 視	30
3	所内用水空気系統監視	60	28	コ ン バ ー タ 監 視	30
4	C-BFP 監 視	30	29	軽 油 系 統 監 視	30
5	A-BFP 監 視	30	30	重 原 油 ポ ン プ 監 視	30
6	B-BFP 監 視	30	31	重 原 油 A 系 列 監 視 (1)	60
* 7	A-BFP 操 作		32	重 原 油 A 系 列 監 視 (2)	30
* 8	B-BFP 操 作		33	重 原 油 B 系 列 監 視 (1)	60
9	—		34	重 原 油 B 系 列 監 視 (2)	30
10	ヒ ー タ 監 視	30	35	燃 料 量 操 作	30
*11	ヒ ー タ 操 作		* 36	バ ー ナ 本 数 監 視	60
12	タービン本体監視	120	37	ボイラガス温度監視	30
13	タービン伸差真空度監視	60	38	ボイラメタル温度監視	60
14	—		39	ボイラ流体温度監視	30
15	タービン蒸気圧力温度監視	120	40	ボイラ流体圧力監視	10
16	タービンメタル温度監視	60	41	バイパス系統監視(1)	60
17	タービン振動監視	10	42	バイパス系統監視(2)	60
18	タービנקーリング蒸気監視	60	* 43	重 原 油 A 一 系 列 操 作	
19	—		* 44	重 原 油 B 一 系 列 操 作	
20	—		45	—	
21	A-FDF 監 視	60	46	発 電 機 系 統 監 視	60
22	B-FDF 監 視	60	47	—	
23	AH 監 視	60	48	—	
24	A-GRF 監 視	60	* 49	SO ₂ 監 視	
25	B-GRF 監 視	60	* 50	循 環 水 系 統 監 視	

* 印は操作SRである。

の(プラントの条件が成立したときに操作するもの)や起動停止時に何度も操作させるもの(補機の起動停止)のモニタを行なうもので，プラントの条件をチェックして条件が成立したときや，BP上で操作が必要となときに起動される。

また，操作SRは運転員の判断により，リクエストして起動することもできる。

(3) 監視サブルーチン

監視SRはプラントの状態を監視するものであり，プラントの状態に応じてBPと並列動作をしながら補器の起動前後チェックおよび運転中のチェックを行なう。

監視SRはSRごとにあらかじめ定められた周期により常時走査されている。

走査SRおよび監視SRの一覧表は表1に示すとおりである。

2.3 シーケンスモニタの動作

(1) 操 作 指 示

運転員への指示方法は図2にその一例を示すように、まずこれから行なう一連の運転操作順序を示したフローチャートを計算機が自動的に選択し表示する。

このフローチャートの中で、これから操作をする必要のある項目のブロックを赤スポットで表示するとともに、チャイムを鳴らし、また運転目標値がある場合には同時に、現在値との偏差量を偏差量表示器に表示し、運転員に操作を促す。

万一、規定時間内に運転員の操作が完了しないときには、ブザーを鳴らすとともに、その内容を運転監視タイプライタに印字記録する。この場合は運転員の操作が完了するまでフローチャートは前へ進まないようになっている。

(2) 監 視 警 報

警報発生時にはブザーが鳴るとともに、異常を検出したSR表示灯は重要度に応じて赤色または黄色に点滅し、同時に異常項目の含まれるフローチャートを自動的に選択し、異常ブロックを赤スポット表示する。

また赤スポット表示された項目のデータは自動的に入力走査速度が通常の走査速度から1秒周期の速い速度に切り換えられ、入力点番号とともにデジタル表示器に表示される。このスライド

プロジェクトによるフローチャート表示およびデジタル表示により運転員は即座に警報個所を確認できる。

同時に数個の警報が発生したときは「SR進行」により警報個所を1点ごとに確認する。またすでに警報状態にある点を再確認するときも「SR呼出し」により、フローチャートを用いて行なうことができる。

なお、警報の記録を残しておくため上記の表示と同時に、警報検出時刻、入力点番号、SR番号、フローチャート内のブロック番号、警報データ、上下限の区別、略称を赤字で警報タイプライタに印字する。

なお、スライド表示は運転員が確認した時点で終了し、もとのBPの表示に戻る。

3. 計算機システムの概要

計算機システムの機器構成一覧は表2に、構成は図3に示すとおりである。

3.1 計算機本体および周辺装置

本システムはHITAC-7250を用い、1台の計算機で1号および2号の2ユニット分のシーケンスモニタができるようになっている。

計算機システムは、2ユニットの同時起動を考慮してあり、それぞれ独立に動作可能なよう制御回路部分以外はユニット別に専用の機器を設け、計算機本体はコア容量を大きくしてある。

表2 計算機システム機器一覧表

計 算 機	HITAC-7250
コ	32 kW
割 込 レ ベ ル	サイクルタイム 2 μ s
磁 気 ド ラ ム	16 レ
コンソール入出力装置	256 kW
プロセス入出力装置	1 式
アナログ入力	1,100 点
デジタル入力	1,470 点
アナログ出力	18 点
デジタル出力	1,070 点 (ただし、オペレータコンソール用)
パルス入力	60 点
割 込 入 力	150 点 (ただし、プラントからの割込みは 70 点)
オペレータコンソール	2 式
スライドプロジェクタ	1 台×2
撮影式表示器	4 組×2
トレンド記録計	3 台×2
プラント状態表示灯	80 個×2
タイプライタ	
情報交換用	6 台
日 誌 用	6 台

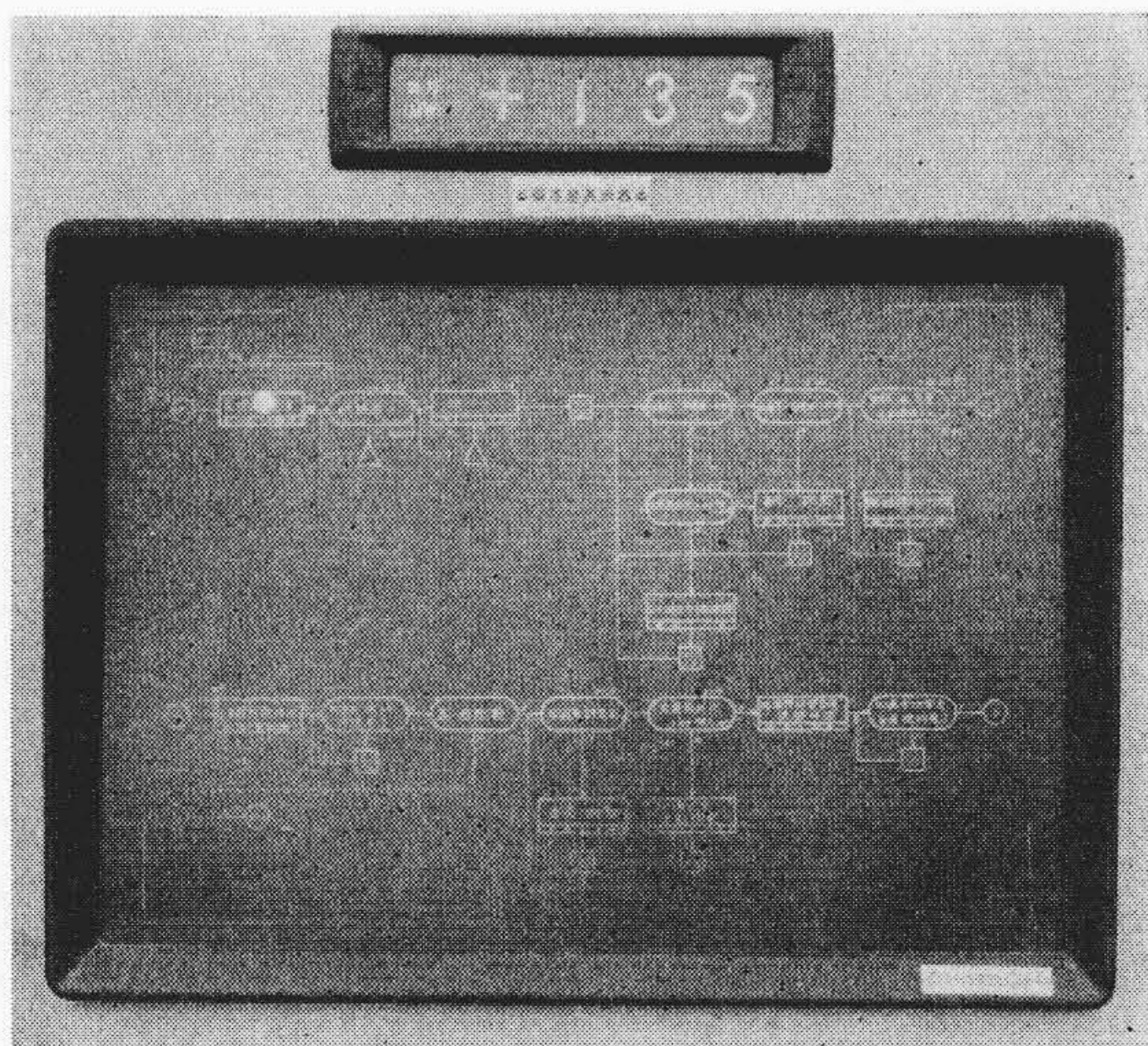


図2 スライドプロジェクタと偏差量表示器

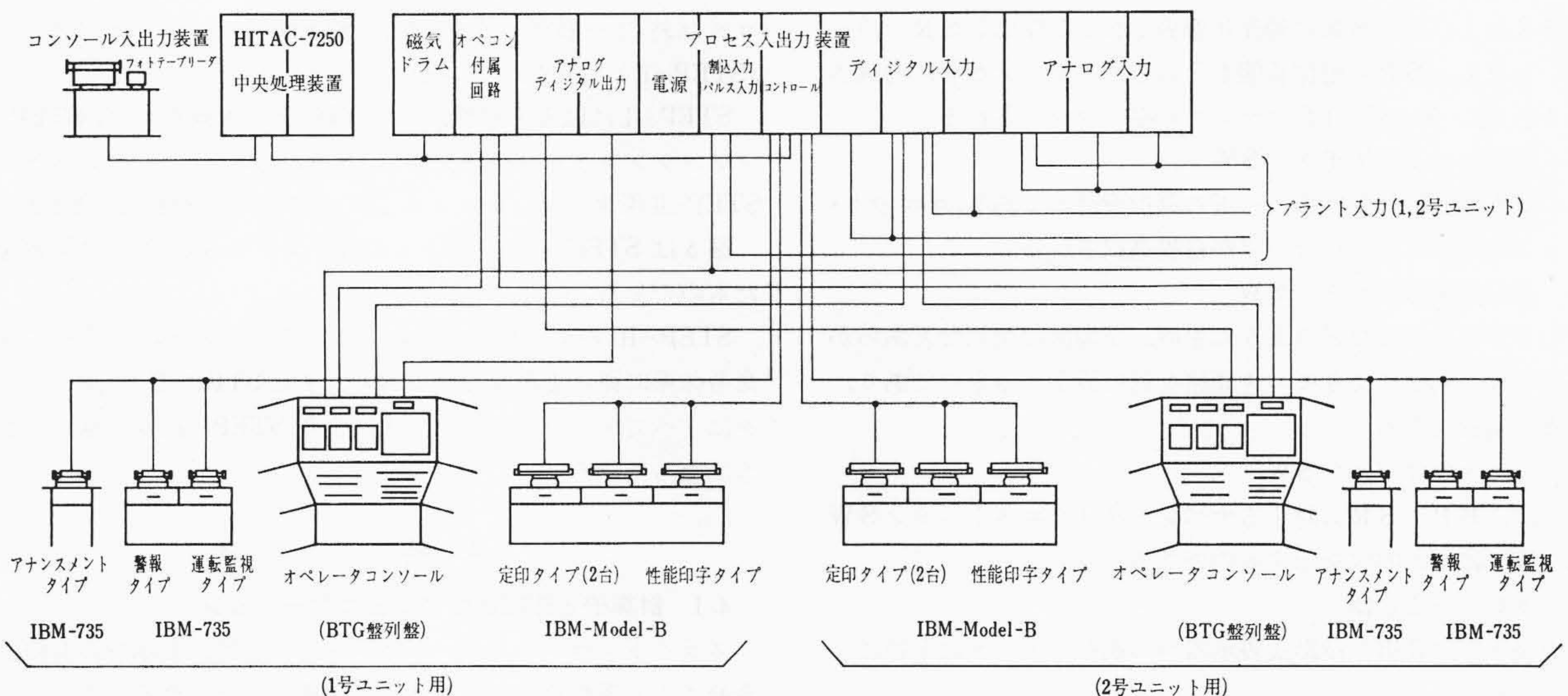


図3 計算機システム機器構成

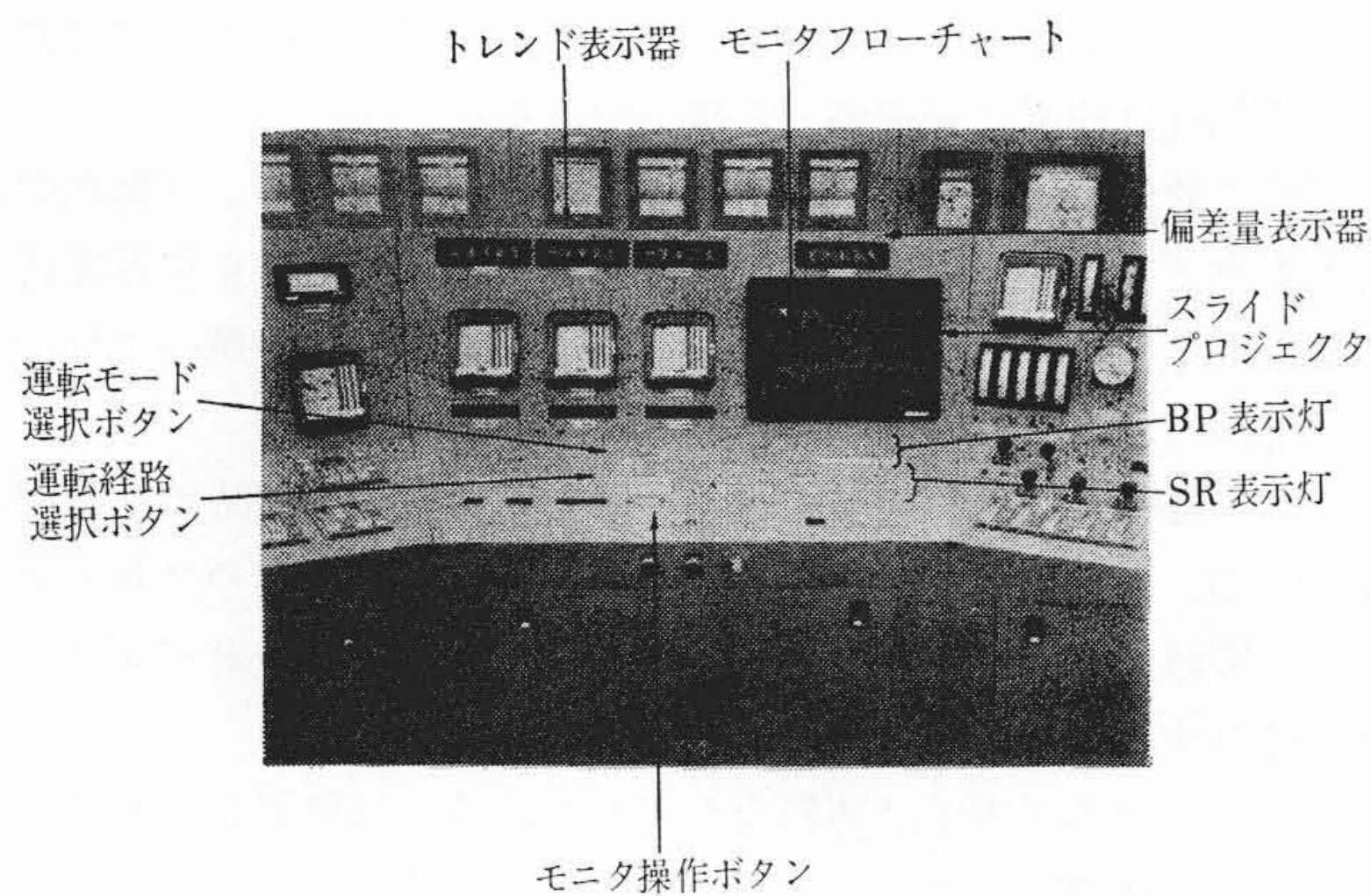


図4 オペレータコンソール

なお運転員との情報交換は次に述べるオペレータコンソールを中心に行なわれ、シーケンスモニタに関連するBPおよび操作SR関係の各種メッセージは運転監視タイプライタに、各種警報関係のメッセージは警報タイプライタに印字される。

3.2 オペレータコンソール

オペレータコンソールは、通常のデータロギング用各種設定器のほかにシーケンスモニタ用として各種機器が設置されている。

オペレータコンソール外観は図4に示すとおりである。

以下、コンソールに取り付けた機器のうちシーケンスモニタ用のものについて説明する。(以下すべて1ユニット分である)

(1) スライドプロジェクタ

BPおよびSRの各フローチャートを計算機により自動的に選択表示する。

仕様：スライド選択所要時間	最大 2.5 秒
スライド収容枚数	最大 80 枚
スクリーンサイズ	484 mm×330 mm
赤点スポット点数	35 点(7列×5段)

(2) BP表示灯

BP表示灯は各BPを示す30個の表示灯ボタンスイッチ(SW)から成り、BPの動作状態表示および停止予定BP、再行BPの設定に用いられる。

BPの動作状態はそれぞれのボタンSWに内蔵される4色(赤, 黄, 緑, 白)のランプの組合せで示される。

(3) SR表示灯

SR表示灯は各SRを示す50個の表示灯ボタンSWから成り、監視SRおよび操作SRの動作状態表示および呼出しSRの設定に用いられる。SRの動作状態もそれぞれのボタンSWに内蔵される4色(赤, 黄, 緑, 白)のランプの組合せで示される。

(4) 運転モード選択ボタンSW

このSWは各種起動停止モードの選択設計器であり、ユニット・トリップ時には危急停止モードが自動選択される。

(5) 運転経路選択ボタンSW

このSWは励磁機などのように主機、予備機を選択などあらかじめ運転員の判断によりモニタ経路を選択設定するものであり、12種まで選択できる。

(6) モニタ操作ボタンSW

これは、BP、SRに対するオペレータリクエストボタンSWであり表3はその内容を示すものである。

(7) トrend表示器

この表示器は3組の投影式表示器から成り、データは1秒ごとに更新される。

監視SRで警報が検出されると、その入力点番号とデータが自

表3 モニタ操作ボタン

操作ボタン	機能	割 込 先		
		BP	操作SR	監視SR
モニター起動	シーケンスモニタプログラムを起動する。	○		
BP進行	運転員の操作・確認のために停止しているプログラムを再起動させる。	○	○	
BP再行	シーケンスを途中からやり直すためのもので、希望のBPに戻って操作確認をやり直したり不必要なBPをスキップする。	○		
シーケンスバイパス	入力の不良・そのほかでモニタールーチンが先へ進めないようになっているとき、運転員の判断で強制的に進行させる。	○	○	
SR進行	監視SRで警報点データのデジタル表示および赤点スポット表示を入力点単位で更新する。			○
SR呼出し	リクエストにより操作SRを起動したり、監視SRの全警報項目を赤点スポットにより再度表示させる。		○	○
警報確認	モニタールーチンおよび監視ルーチンにおける警報動作を停止する。	○	○	○
モニタキャンセル	モニタ起動によって起動したモニタールーチンを停止する。	○	○	
SRキャンセル	警報スライド表示されている監視SRをスライド1枚単位でキャンセルする。			○
リセット	BP表示灯・SR表示灯押しボタンの押し誤りをリセットする。	○	○	○

動的にトレンド表示器に表示される。

(8) 偏差量表示器

この表示器は投影式であって、運転員に対する操作量指示として、現在値と目標値との偏差量または運転目標値を表示する。

(9) ブザー、チャイム

ブザーは警報用、チャイムは操作指示用である。

3.3 プログラム体系

プログラムは、計算機主体のプロセスモニタリングシステムプログラム(PMS)と、プラント主体のアプリケーションプログラムから構成されている。

PMSは計算機本体とプログラムとのやりとりのほかにアプリケーションプログラムが計算機を効率よく使用できるようにアプリケーションプログラムを制御するプログラムであり、アプリケーションプログラムは計算機システムに要求されるプラント動作と直結した種々の機能を実現するプログラムである。

アプリケーションプログラムは機能面からみると、シーケンスモニタ以外の一般データ処理部(STEP-I)とシーケンスモニタ部(STEP-II)に分かれている。

STEP-Iには入力処理、性能計算、データロギング、STEP-I用マンマシンコミュニケーション、STEP-IIにはシーケンスモニタ、STEP-II用マンマシンコミュニケーションの各機能が含まれる。

図5はSTEP-IIを主体とした各プログラムの流れの概要を示したものである。

STEP-IIのシーケンスモニタリングプログラムはすべてマクロ命令体系に従って構成されており、またSTEP-IIで使用するデータはすべてテーブルリンク方式によりSTEP-Iから与えられるようになっている。

4. 特 徴

4.1 計算機と運転員のコミュニケーション

スライドプロジェクタ、デジタル表示器、表示灯の有機的な組合せにより運転員に対する情報が的確に伝えられるようになっている。すなわちプラントの操作の進行状況は各BP、SR表示灯の

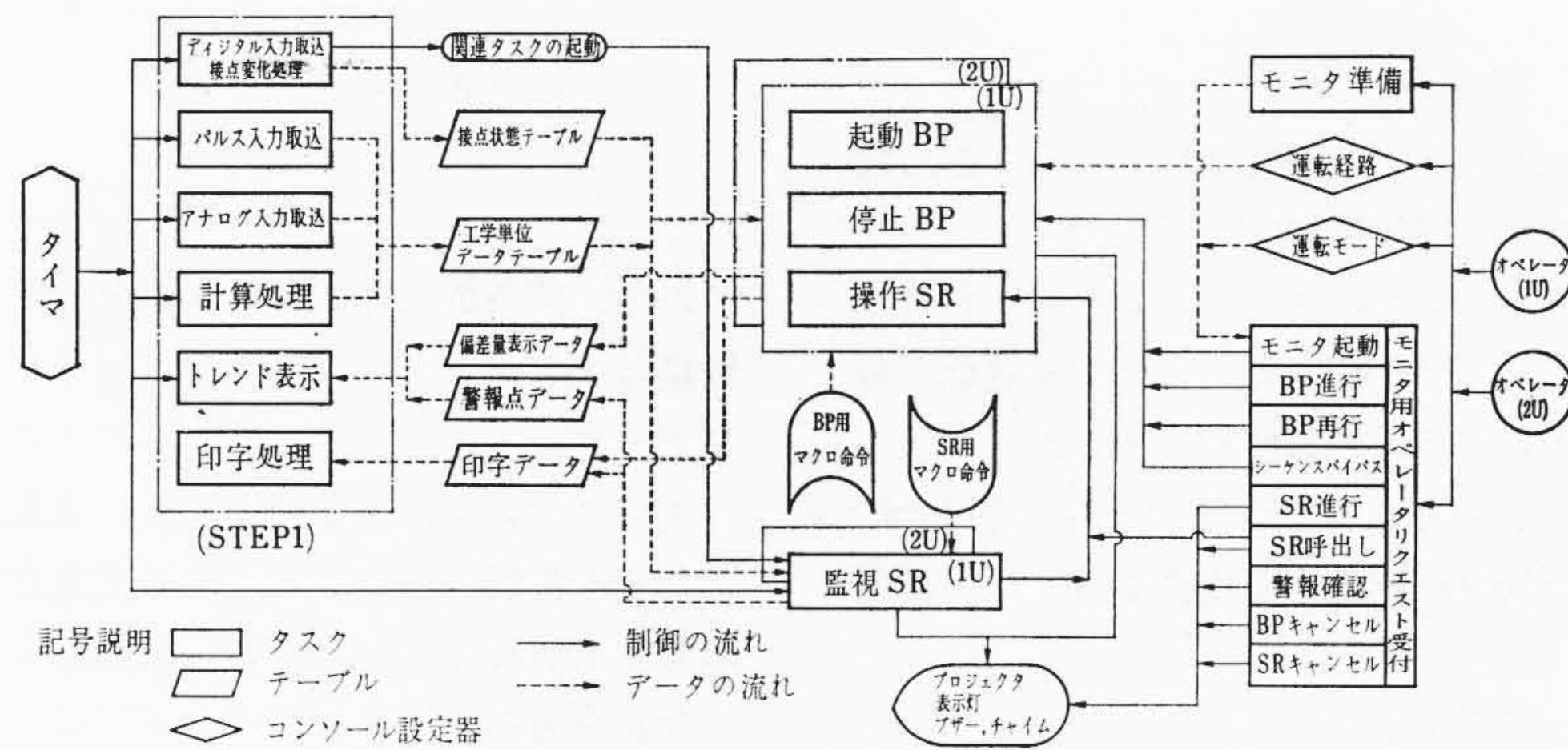


図5 シーケンスモニタプログラム全体構成

つ4色の色別により表示され、現在どのような操作をしているか、どこに異常があるかはプロジェクトに表示される操作手順あるいは監視項目を描いたフローチャートに表示されている。

さらに、フローチャート上にしるした操作手順あるいは監視項目のうちどれを操作するかは赤スポットにより指示するようにしてあり、また手動調整の必要な操作量(たとえば、空気流量、ガス $O_2\%$ 、燃料量など)に対しては目標値と現在値の偏差を、異常項目に対しては警報状態の入力点番号とデータを、デジタル表示器に表示するようになっている。

4.2 高度な運転操作監視

大容量ユニットとして運転操作に特に注意を要する項目については、細かい監視と指示を行なっている。

- (1) ボイラの熱的アンバランスが最小になるようなバーナ点火、消火順序の指示および異常パターンの監視。
- (2) プラント操作と同期させた重油ウォーミング系統の操作指示。
- (3) タービンの寿命監視の一貫としての蒸気圧、温度、振動に関し、異常状態の継続時間を含めた警報。
- (4) 起動時の種々の保持時間、パーズ時間の残時間表示。
- (5) 燃料中の硫黄(イオウ)分を制御値内に収めるように燃料混焼比を指示する。
- (6) 復水器出口の冷却水温度上昇を制御値内に収めるようバイパス弁の操作を指示する。

4.3 適応性の良いモニタ方式

- (1) イベントオリент方式の取入れ

従来のシーケンスモニタは起動停止の手順に従って時系列順に操作項目、監視項目を並べ、順次モニタしていくいわゆるタイムオリент方式のものであった。

しかしプラントの起動停止では幾つかの操作が並列して進行するため必ずしも時系列順に並べられないものがある。このため特に重要と思われる項目に対しては操作手順の時系列とは独立した操作サブルーチンとし、定期的な走査によりプラントの状態変化を検出したときに時系列の間に割り込んで操作指示を行なうイベントオリент方式を採用している。

このようなものには下記項目がある。

- (1) バーナ点火、消火操作
- (2) タービン起動計算
- (3) バイパス系統操作
- (4) 重原油系統のウォーミング

また、一般の監視においても接点変化時に監視サブルーチンを起動して、イベントオリент式で警報監視を行なっている。

(2) 一括モニタ

前に述べたようにプラントの起動停止では幾つかの操作が並列

して進行するため一つずつ操作指示を行なっている起動停止の所要時間が長くなる。

このような場合、特に操作順序に制限のない項目はまとめて一括してモニタし、起動停止の所要時間の短縮を図っている。

(3) 時間要素の削除

モニタの判定は原則として現在のプラント状態により判断する形に統一し、待ち時間により手順を進める方法は使わずプラントの変動にダイナミックに応答できるようにし、常にプラントとの同期をとりやすいようにしてある。

(4) モニタの途中起動

プラントの起動停止過程の途中から計算機によるモニタを使用する場合を考慮し、任意のBPから実行を開始するリクエストを設けている。

また、モニタフローチャートに現在のプラント状態によるプランチを各所に設け、不要な警報を発することなくプラントの運転と容易に同期がとれるようにしてある。

また、入力の不良そのほかでもモニタプログラムの進行が万一できなかった場合にも運転員の判断により、モニタの進行が可能なようにシーケンスバイパスの機能を設けている。

(5) 過渡状態、不感帯

機器を起動してからプラントの常態値が出るまでの過渡状態中にむだな警報が出ないように監視の最初に時間遅れを設けている。

また、アナログ入力の状態によりプログラムの経路を分岐させるものについては分岐値に不感帯を設け、分岐点付近で状態値がふらついても誤動作しないようにしてある。

(6) ユニットの同時起動

マルチプログラミングの技術により他ユニットの運転状態と独立に起動停止のシーケンスモニタが行なえるようにしてある。

(7) シーケンスモニタ用マクロ命令

運転手順をしるしたプラントオリエンテッドなフローチャートから、直接簡単に計算機プログラムに変換するモニタマクロシステムを採用した。

このモニタマクロシステムの命令としてはBP用42種、SR用18種がある。

マクロ命令語は現地において運転手順の変更、追加があった場合にも容易にモニタプログラムの変更ができるように考慮されており、今回その効果は現地調整期間中にじゅうぶん確認された。

(8) 擬似入力設定

サーモカップル断線、リミットスイッチの不良などにより実際のプラント状態と計算機入力が一致しない場合にも、運転員が盤計器、現場計器そのほかより正しい入力を計算機に手動設定し、不良入力を計算機から切り離すことができるようにしてある。

5. 現 地 試 験

本シーケンスモニタシステムはプラント建設工程とじゅうぶんな
協調がとられ予定どおり現地搬入、据付調整を完了した。

すなわち、44年7月現地に搬入、1号ユニットの8月火入れ時点
ではデータ処理部の調整を完了し、引き続いてタービン試運転工程
と並行してシーケンスモニタプログラムの調整を実施した。

45年1月プラント試運転とあわせモニタ動作試験を冷起動1回、
温起動2回、部分的ながら連動試験を実施する機会を得て細部調整
を実施した。

その結果モニタ動作に関して細部手順の修正や設定値の変更はあ
ったが良好にモニタリング機能を発揮することができた。

なお、現地調整で生じた問題点を下記する。

- (1) 解列後直ちに再起動をする場合、計算機でモニタする動作
記録の量が多いためタイプライタの印字速度が追いつかず
印字遅れが発生した。
これに対してタイプアウトのバッファエリアの増加およ
びタイプアウトプログラムの優先順位の引上げ処置により
データ印字の改善をみた。
- (2) 弁のリミットスイッチなどの ON, OFF 動作条件が表現上
のまぎらわしさから必ずしも設計条件どおりになっておら
ず、調整および変更を要するものがかなりあった。
- (3) 監視SRはプラント停止中にも確認のため動作できる方式

を当初とっていたが、プラントの長期停止中は動作させな
い方式に変更した。

6. 結 言

以上、関西電力株式会社海南発電所1, 2号ユニットを対象とし、
豊富なマンマシンコミュニケーションの手段と広いモニタ範囲をも
つシーケンスモニタリングシステムについてその概要を述べた。

本システムは、運転経験の浅い運転員にも運転操作のよきガイド
となり、複雑高度なプラントの安全な起動・停止とプラント自動化
に対する貴重なデータを提供できるものと信ずる。

なお今後のシーケンスモニタでは、マンマシンコミュニケーション
の拡充および融通性を図るため、ビジュアルディスプレイ装置を
採用し、またプラントの運転状況との同期を完全にとるためモニタ
方式全体をイベントオリент方式とすべきであろう。

また、このシーケンスモニタにおける経験をもとに火力発電ユニ
ットの総合自動化に対しよりいっそうの努力を重ねていく所存で
ある。

終わりにあたり、本システムの実現にご協力いただいた関係者各
位に厚くお礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 内田： 火力発電 Vol. 19 No.2
- (2) 内田： 火力発電 Vol. 19 No.5

第 32 卷 目 次 第 12 号

・最新鋭の秋田火力発電所	・小特集 / 暮らしの中の照明
・東北の開発と電力	・光をつくる
・人工知能ロボット	・インタビュー 照明・世界見て歩き
・最近の電子顕微鏡の話題	・High-Light ボンパ号
・伝統工芸いもの長野掬志	・P R コーナー
	・H O M E S C I E N C E

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号
郵便番号 100
取次店 株式会社 オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地
郵便番号 101
振替口座 東京 20018 番