

中部電力株式会社浜松制御所向け 大規模集中監視制御システム

Large-Scale Supervisory Computer Control System for
Hamamatsu Regional Control Center of Chubu Electric Power Co., Inc.

今日、われわれは社会生活で必要とするエネルギーの過半を電力に依存しており、電力の安定供給に対する社会的ニーズはますます高まっている。また、電力需要は年々増大する傾向にあり、電力系統は拡大、複雑化してきており、広域に散在する多くの発電所の総合監視、指令運用をつかさどる制御所の集中監視制御業務も複雑化してきている。

浅羽秀雄* *Hideo Asaba*
 櫻井弘巳* *Hiromi Sakurai*
 神谷利明** *Toshiaki Jintani*
 中田祐司** *Yûji Nakata*
 丸山 彰** *Akira Maruyama*

このたび、中部電力株式会社浜松制御所では、日立制御用計算機HIDIC-V90/65による、最終規模で静岡県西部地域100か所程度の発電所を対象とした集中監視制御システムを導入した。その特徴はCRTをマンマシンの中心とした計算機ベースの集中制御、主要機器を二重化した高信頼度システム、液晶投射式大形ディスプレイを使用したオンラインダイナミック系統監視盤の実現、ソフトウェアによる機器操作時の条件チェックの充実、年々行われる電力設備増設時のユーザーによる容易なデータメンテナンス方式の開発、シミュレーション機能による忠実な動作模擬の実現、などである。

1 はじめに

電力需要は長期的には増大し、電力系統も拡大、複雑化しており、従来のTC(Tele-Control:遠方監視制御装置)だけでは、その監視制御は困難になってきている。また一方では、運転コスト抑制のため、発電所の無人化も進められている。

このような背景のもとで、中部電力株式会社浜松制御所(以下、浜松制御所と言う。)では、静岡県西部地域の発電所100か所程度を対象とした大規模集中監視制御システムを開発し、平成3年1月運転を開始した。

本システムでは、**図1**に示すように初年度は39か所を対象とし、以降毎年集中化を拡大して10年後には約100か所程度を予定している。

本システムは、日立制御用計算機HIDIC-V90/65二重化構成による高信頼度の確保はもとより、データベースメンテナンス用ソフトウェアの開発でユーザーによる保守の容易性を確保するなど、システム構成、自動化機能に多くの特徴を持っている。

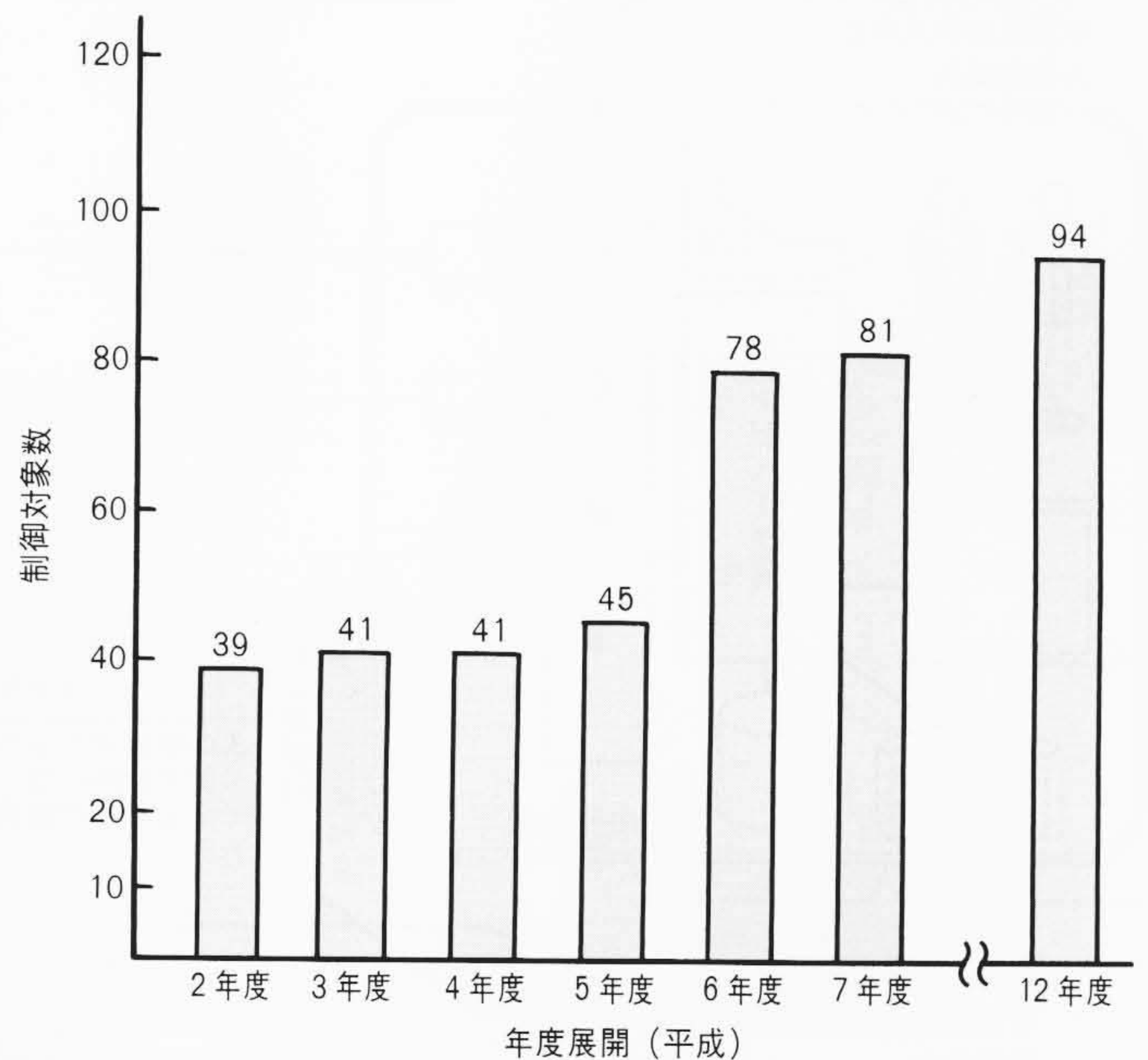


図1 中部電力株式会社浜松制御所集中化の推移 本システムでは年々電気所の集中化を拡大していく予定である。

* 中部電力株式会社 静岡支店 ** 日立製作所 大みか工場

2 電力系統集中監視制御システムの概要

2.1 集中監視制御システムの構成

本システムは、下記の各所の業務を計算機によって有機的に処理するものである。

- (1) 制御所は275 kV以下の系統を管内系統とし、多数の配電用変電所、特別高圧需要家への安定供給を責務としている。また電力センター、営業所に各業務に必要な情報の提供を行う。
- (2) 静岡県東部の電力設備との関係操作は、中部電力株式会社静岡給電制御所(以下、静岡給電制御所と言う。)に設置したD-OPC(遠方監視制御卓)によって行う。
- (3) 電力センターは電力設備の保守管理、巡視点検、応急故障の復旧および制御所に対するバックアップ運転を担当する。
- (4) 営業所は配電線の監視制御を制御所の計算機を介して行い、一般家庭への電力の安定供給を担当する。

これらの各所の業務を含んだシステム全体の構成を図2に示す。

2.2 集中監視制御システムの業務

本システムは表1に示すような集中制御所としての幅広い

業務を行っている。この要点は次のようなものである。

(1) 監視

時々刻々変化する電力設備の運転状態をTCを介して計算機に取り込み、系統盤、CRTに表示する。また、系統故障や設備(電源装置、計算機と周辺装置、通信装置)故障が発生した場合は、警報を発生して故障表示盤やタイプライタに出力し、運転員に知らせる。

(2) 操作

CRT制御卓のCRTおよびスタイラスペンで操作を行う。

系統故障復旧など高度な判断が要求される緊急操作は、運転員が機器個別に順次確認をしながら実施するが、作業、工事など計画停電に伴う操作は、その手順をあらかじめ計算機に件名操作として記憶させておき、自動的に実施する。

また、機器操作にあたっては、計算機がその機器に関連する状況をチェックし、誤制御が出力されないようにインタロックをとっている。

(3) 記録

電力設備の運転状態を記録するとともに、操作を行ったときもその記録をタイプライタに印字し、また日報、月報など

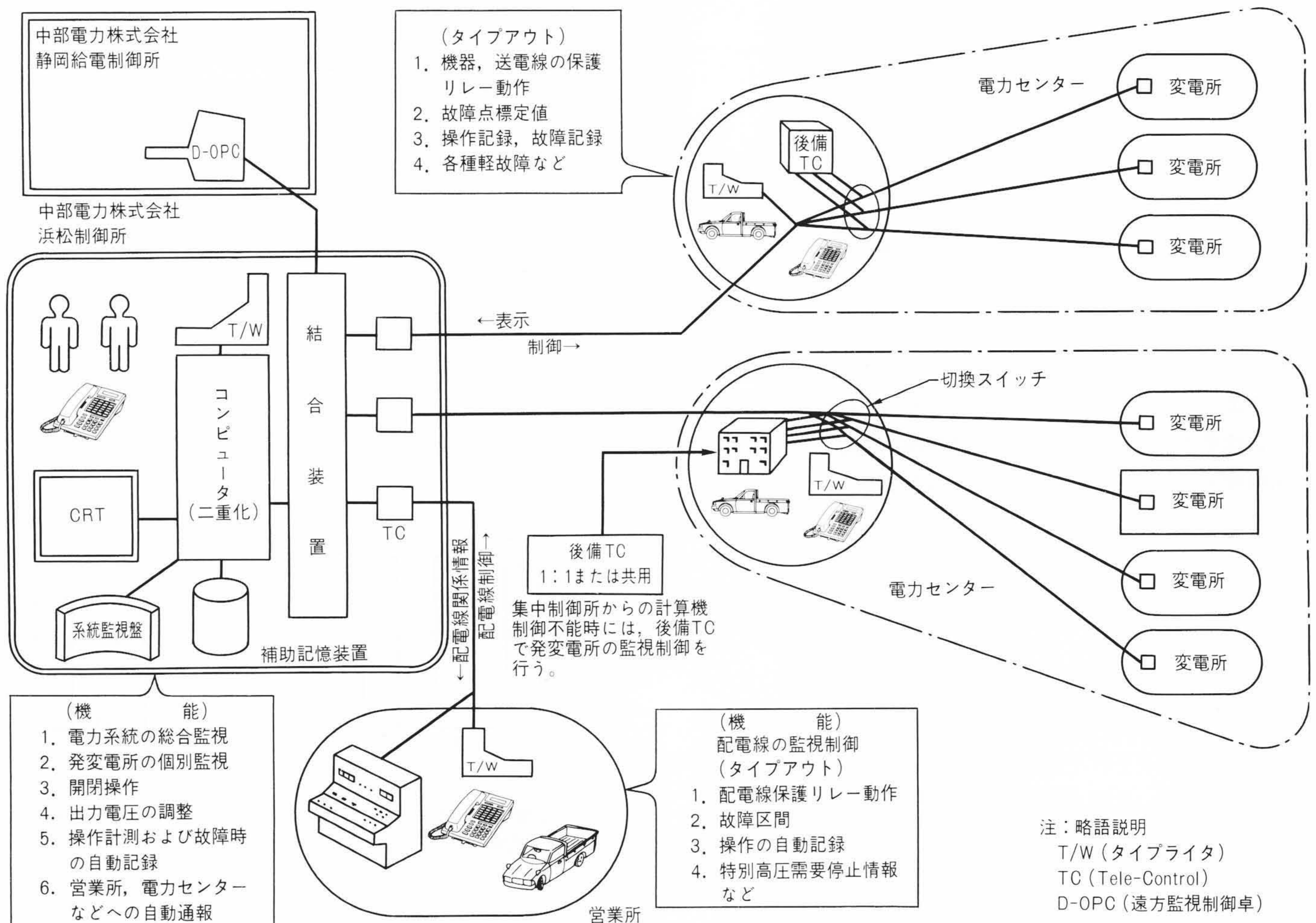


図2 集中監視制御システム構成 制御所からの通報をもとに、電力センター、営業所では電力設備の保守に即応できる形態となっている。

の帳票類も自動的に作成する。

(4) 通 報

制御所に集められた多くの情報のうち、発電所や送電線の故障情報は電力センターに、配電線の情報は営業所に、遠隔タイプライタで自動的に通報される。

3 計算機システムの特徴

計算機システムの構成を図3に示す。このシステムの主な特徴は下記のとおりである。

3.1 集約TCI/O

従来のTCI/O(Tele-Control Input/Output)は、単に信号のシリアル-パラレル変換ロジックだけで、実装も8回線/架であるのに対し、今回の集約TCI/Oは、実装は32回線/架と大幅に集約化し、機能面でも状態変化の検出を行うなど、高機能化されている。また、データの変更も、上位計算機からのダウンロードで可能としている。

3.2 営業所遠方監視制御装置(営業所TC)

大規模集中制御では、作業や事故に伴う配電線の操作の頻度も非常に多くなり、従来のような営業所と制御所間の電話連絡による操作では作業能率が低下してしまう。

本システムではこれに対処するため、営業所に営業所TC(Tele-Control)を設け、営業所の監視制御卓から制御所の計算機を介して、管内の配電線用遮断器などの監視制御を可能とした。

さらに、営業所には遠隔タイプライタが設置され操作、事故の情報が印字出力される。

3.3 D-OPC(遠方監視制御卓)

浜松制御所のCRT制御卓と同機能の遠方監視制御卓を静岡給電制御所に設置し、浜松制御所が運転管轄する静岡県西部

方面の電力系統で故障発生、作業停止操作時に相互監視を行う。また、給電操作を伴う操作件名では、静岡・浜松両制御所が連係して操作件名を実行し、従来の電話連絡に比べて時間、信頼性の面で大幅に改善された。

3.4 前置計算機

本システムは最終制御対象100か所、接続TCI/O160回線という非常に大規模なもので、したがって、これらの入出力を主計算機(CPU)で行った場合、その負荷は膨大なものとなり、本来の監視制御の応答性を損なうおそれがある。そこで、今回主計算機の負荷を軽減させる目的で、日立制御用計算機HIDIC-V90/45による入出力専用の前置計算機(FEP: Front End Processor)を設けた。

FEPにはTCI/Oからのデータ入力、系統状態変化の検出と登録、計測値の収集と変換、およびCPUでのソフト処理が標準化できるように、物理的なTCの回線接続状態やデータの並びを、論理的なデータ構造に再編成させるなどの機能を持たせた。その結果、システム全体の処理性能として、平常時および系統事故として考えられる最大規模の4秒間、650状態変化発生時でも、運用に支障なく性能を発揮することができた。

3.5 液晶投射式系統盤

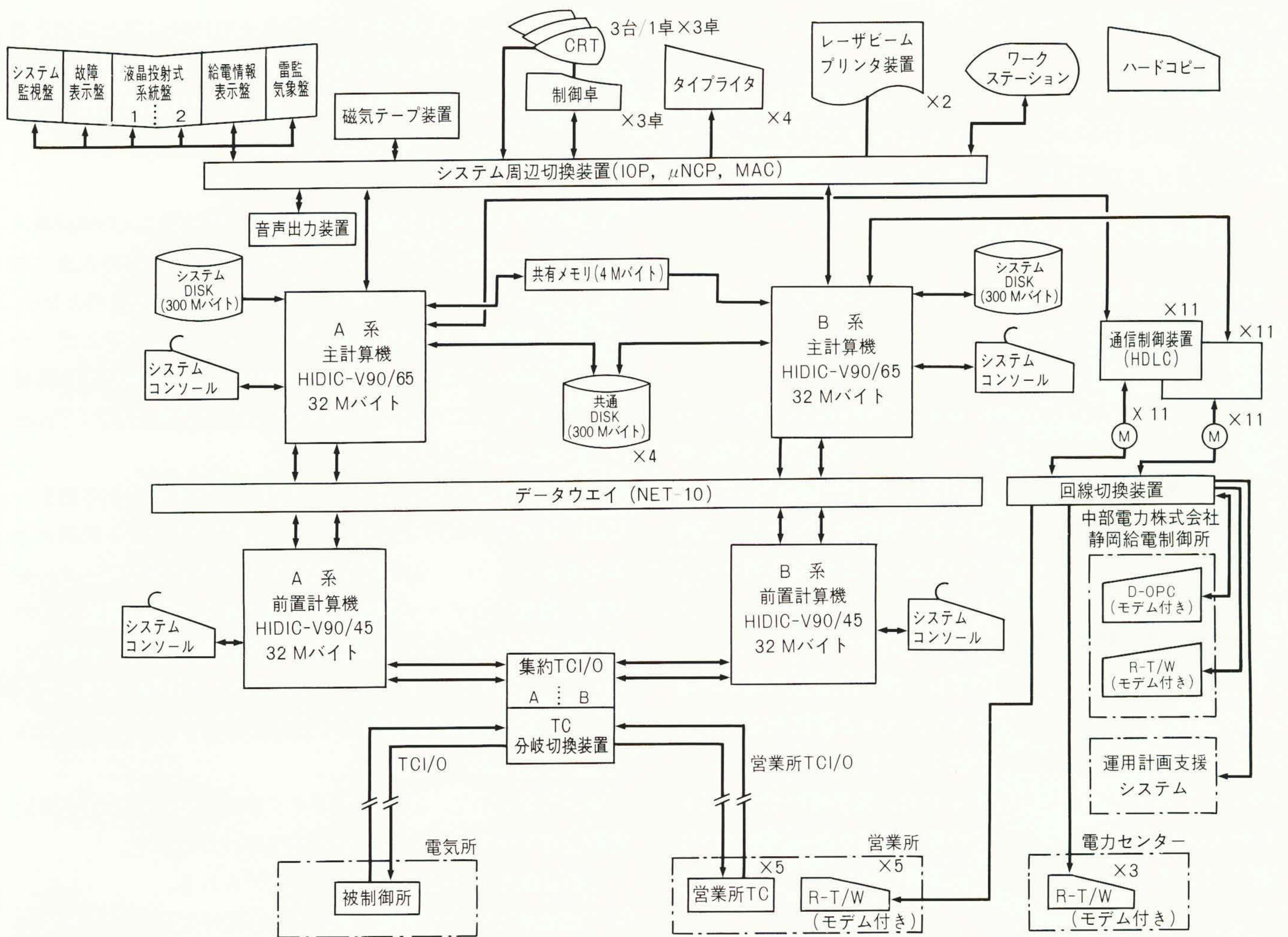
本システムでは、従来のモザイク式系統盤に対し液晶投射式系統盤を採用している。全体構成を図4に示す。

この特徴としては下記のものあげられる。

- (1) 電源系統別に送電線、母線の色を分けて表示し、系統の識別を容易とした。
- (2) 停電部を黒色表示することにより、充停電状態の把握を容易とした。
- (3) 系統事故時の動作リレーの表示、CRTから設定した任意のコメントの系統盤への表示などによって、系統の状況把握

表1 集中監視制御システム業務一覧表 監視、操作でも高度化、自動化を図っている。

分類	項目	内容
監視	周波数, 電圧, 潮流監視	系統の主要点の周波数, 電圧, 潮流を周期的に計測, 監視し, CRTに表示する。
	電力系統状態監視	系統の状態を系統盤, CRTに表示する。
	電力系統故障表示	系統の状態変化を監視し, 故障発生には警報出力し, 系統盤, 故障表示盤, CRT, タイプライタなどにその情報を出力する。
	システム監視	計算機とその周辺機器, TCなどの接続状態, 故障状態をシステム監視盤, CRTに表示する。
操作	平常時操作	(1) 個別選択操作(CRTから機器を個別に選択し操作する。) (2) パターン操作(回線, 機器, 母線, 停止復旧操作など, あらかじめ手順を決めて行う計画操作) (3) 件名操作(パターン操作を利用し, 複雑な判断を必要とする計画操作および随時操作) (4) 件名自動作成(対象設備と操作目的から機器操作手順を自動作成する。)
	故障時操作	再送電, 受電並用, 永久地絡試開放, 配電線遮断器一括自動投入, 2電気所以上にわたる回線停止復旧操作
	模擬操作	平常時操作手順をシミュレーションで確認
	営業所操作	配電6.6kV母線以下の遮断器の操作
記録	発受電記録	日報, 月報, 第3水曜日記録, 現在実績潮流図
	操作, 故障記録	系統操作や故障を随時タイプライタに印字, CRTによって記録編集も可能
通報	操作, 故障通報	操作, 故障記録のうち該当するものを関係個所にも遠隔タイプライタによって出力
	計画操作	計画した操作手順を関係個所に連絡



注：略語説明

IOP (Input Output Processor), μNCP (μ Network Control Processor), MAC (Multi Access Controller), M (モデム), TCI/O (Tele-Control Input/Output)

図3 浜松制御所計算機システム構成図 システムの信頼性を重視した二重化構成としてある。

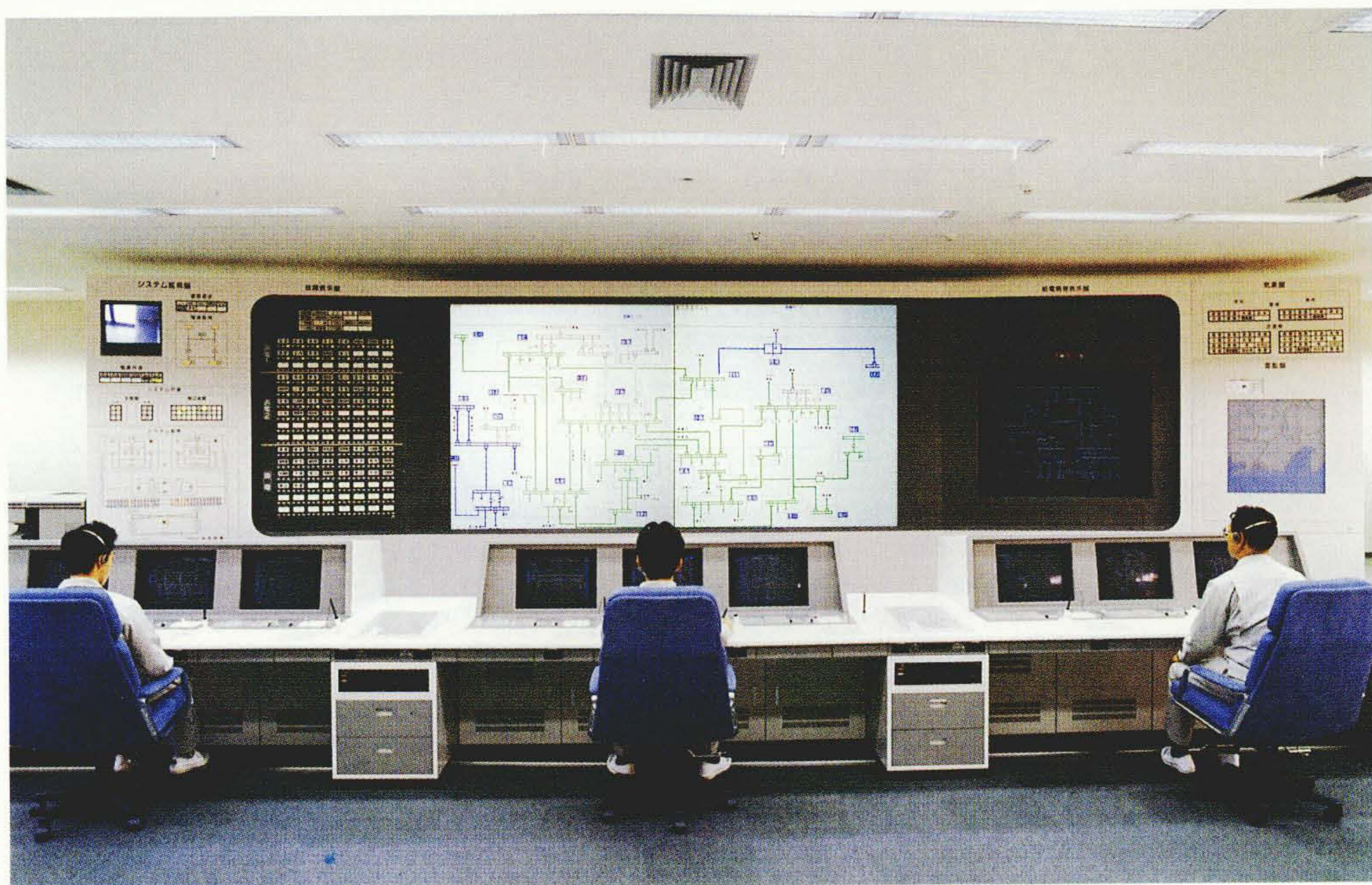


図4 液晶投射式系統盤 電力系統の状態を色、形状などによって詳細に表示することにより、運転員は感覚的に電力系統の状況を把握することができる。

がより正確、迅速に行える。

(4) 電力系統の増設、改造に伴う系統盤の改修で従来のモザイク方式の場合、系統盤の停止を必要とし、その間の監視業務に大きな支障を与えたが、今回の液晶投射式の場合は2面のうち1面に図5に示すように全系統(2面分)を縮小表示し、監視業務を継続しながら、もう1面で増改造の電力系統を表示し、メンテナンスとテストを並行して行うことができる。また、そのメンテナンスもソフトウェアによって容易に行え作業性も向上した。

(5) 訓練などでも、増改造と同様に1面でオンライン監視業務を行いながら、もう1面で訓練を行うなど、運用面での機能向上も図れた。

3.6 マンマシンインタフェース

(1) 系統盤、故障表示盤、システム監視盤などは、電力系統、計算機システム全体のマクロ的監視を目的とし、極力簡素化した。

(2) CRTは3台(おのおのスタイラスペン付き)で1卓のCRT制御卓を構成し、全3卓でミクロ的監視と制御操作を行う。

CRTの画面例を図6に示す。

(3) 電力系統監視制御のマンマシンの中心をCRTとする本システムの特徴は、次に述べるとおりである。

(a) 電力系統状態の詳細な内容を正確に表示できる。特に遮断器や断路器の開閉状態、送電線や母線の充停電状態を色やフリッカなどで表示する。さらに付帯的なマーク(例えば作業中を示すもの)などや、必要があれば運転員がCRT画面に任意にコメント(設備の運用条件など)を書き込むことのできる落書き機能などにより、運転員が感覚的に電力系統状態を理解することができる。

(b) 制御、警報、保守などのガイダンスをコメントとして表示できるので、操作性が向上する。

(c) 画面を呼び出す場合、直接個別画面を呼び出すのではなく、リスト画面からスタイラスペンによって個別画面を呼び出すことで、CRT制御卓のスイッチの削減が図れる。

(d) 表示項目の追加変更がソフトウェアのメンテナンス機能で容易に行える。

(e) 副長卓では、他のCRT制御卓のCRT画面をモニタ表示することができ、重大事故に対する復旧操作など、特に安全、確実性を要求される操作では、運転員と副長の相互監

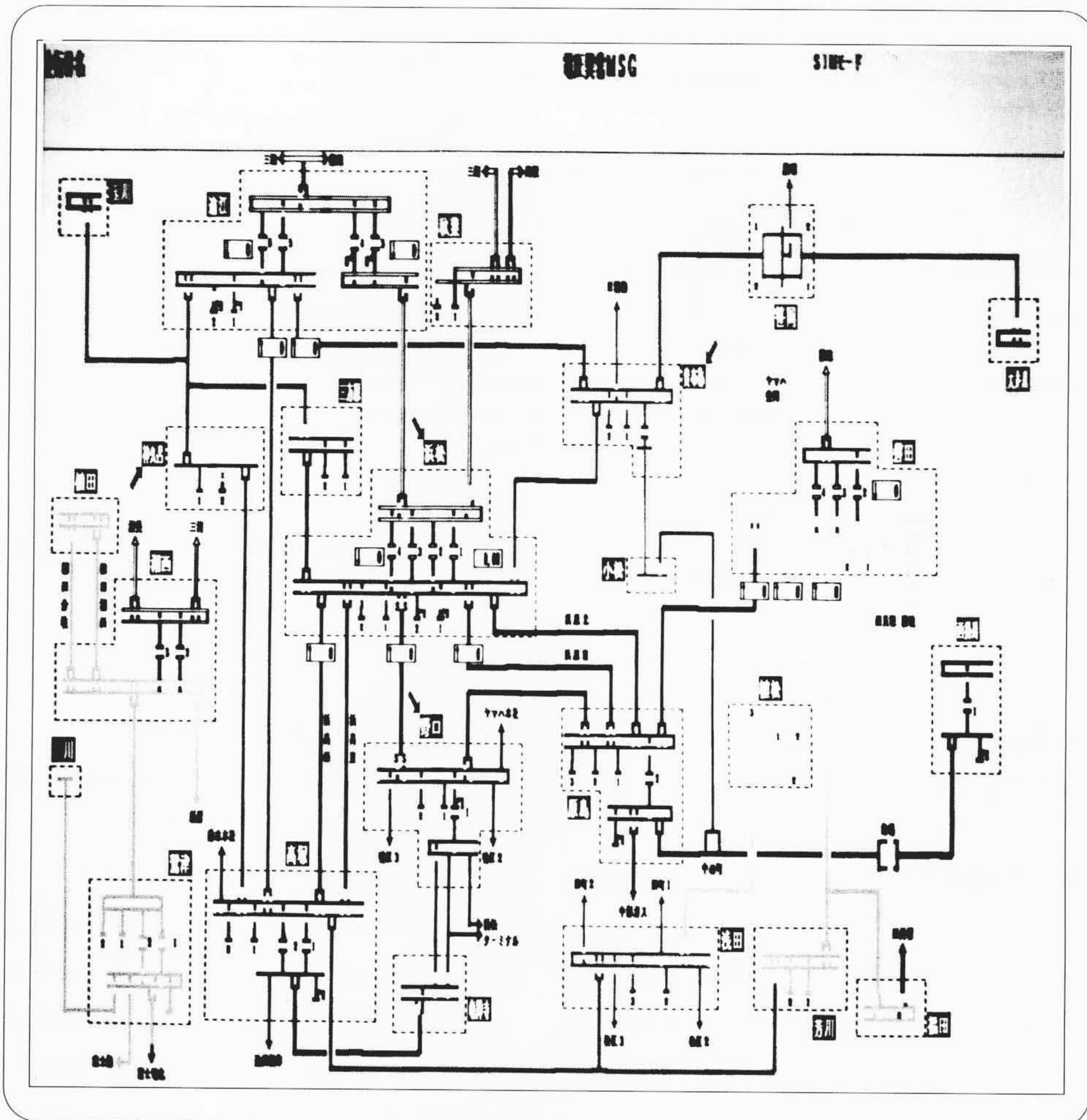
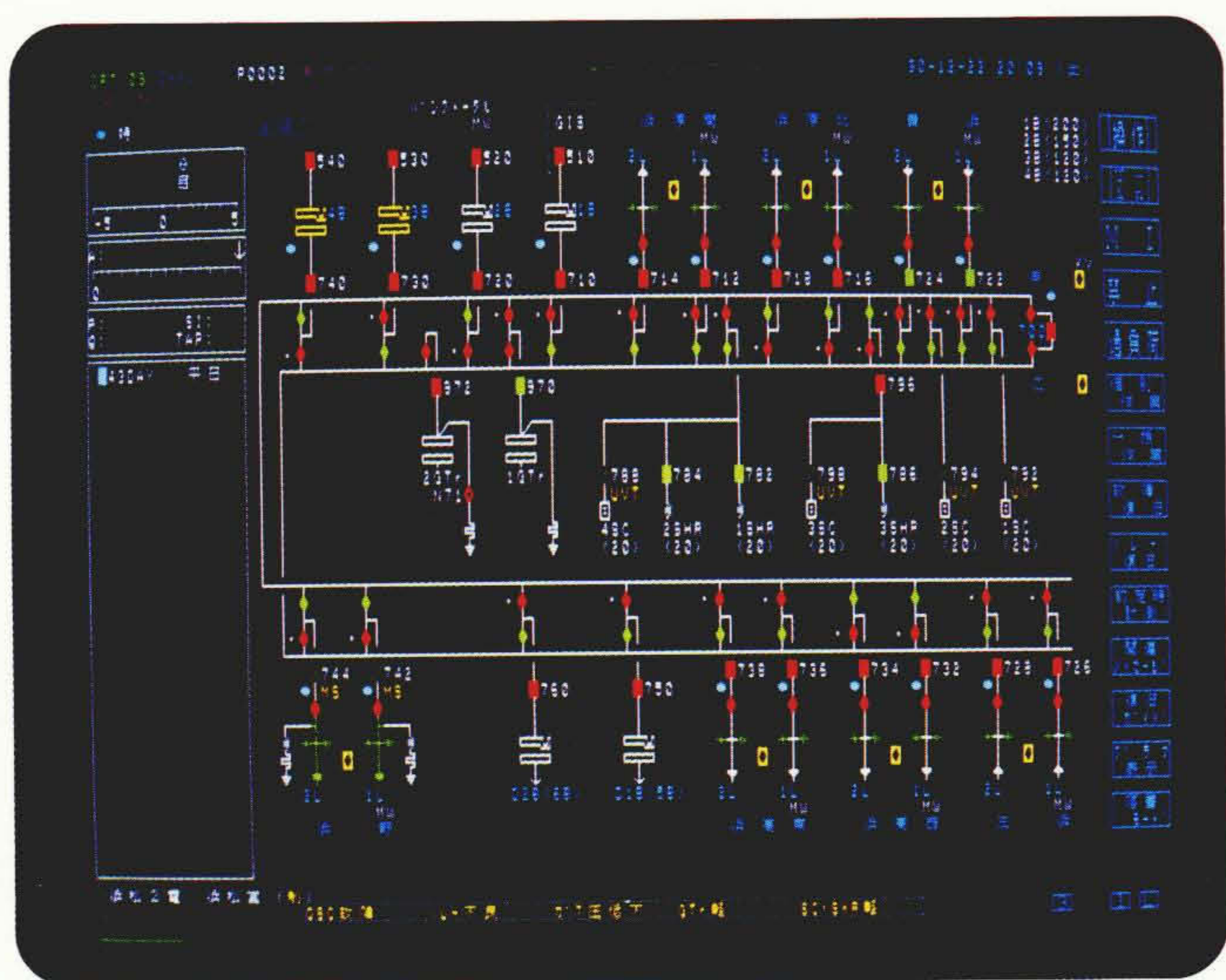
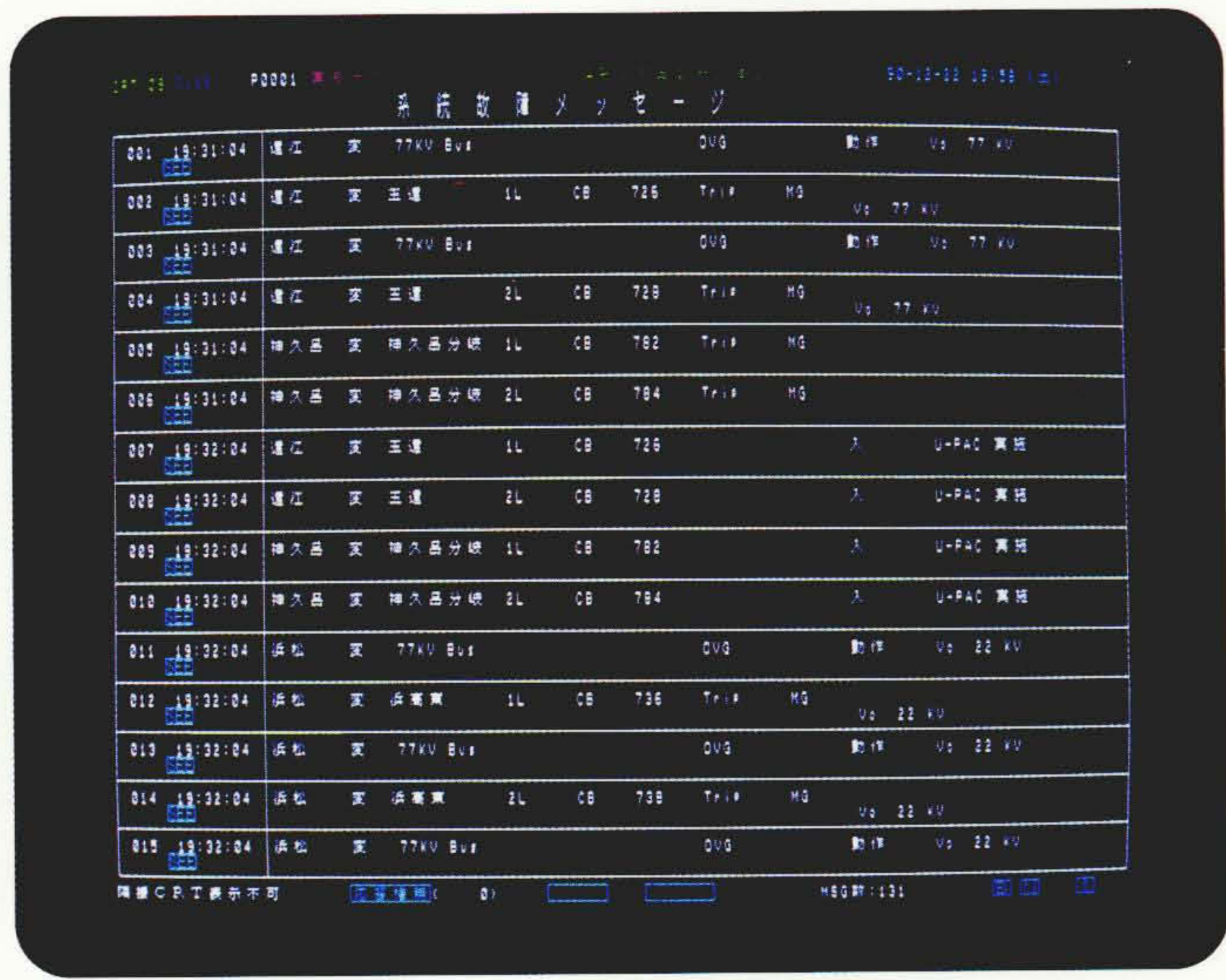


図5 液晶投射式系統盤の縮小表示 1面を監視制御に、1面を増改造、訓練に使用可能である。



(a)



(b)

図6 CRT画面例 (a) 電力系統のミクロな監視と機器操作を行う。(b) 系統で発生した事故情報を時系列に表示する。

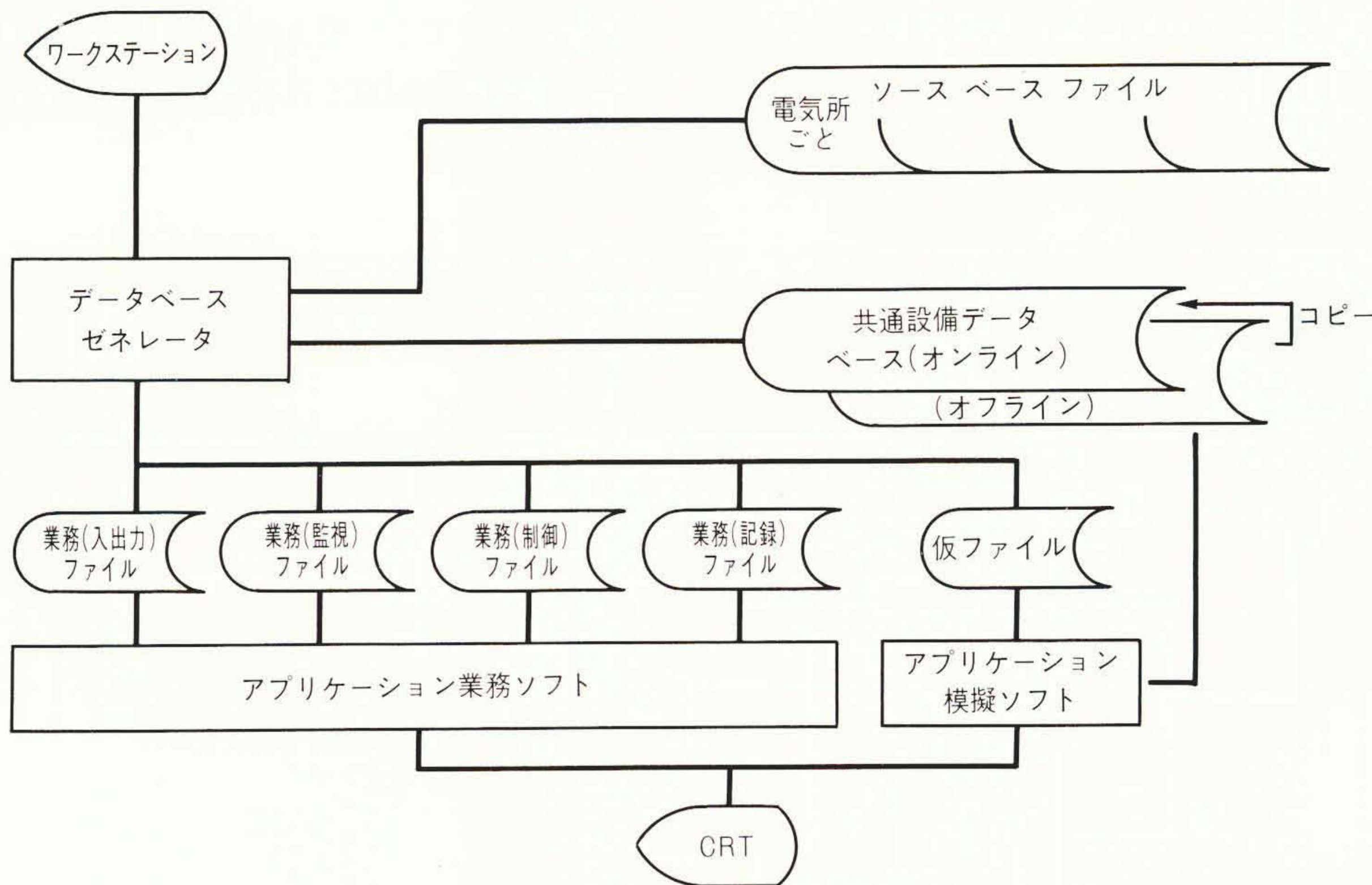


図7 ソフトメンテナンス方式 ワークステーションによって容易にデータ入力ができる。事前検証用にオフラインのデータベースを設けてある。

視を行うことができる。

(4) 給電情報表示盤として、70インチ大形ディスプレイを採用している。

(a) 平常時、静岡給電制御所の給電情報を表示し、浜松制御所での監視制御の参考とする。

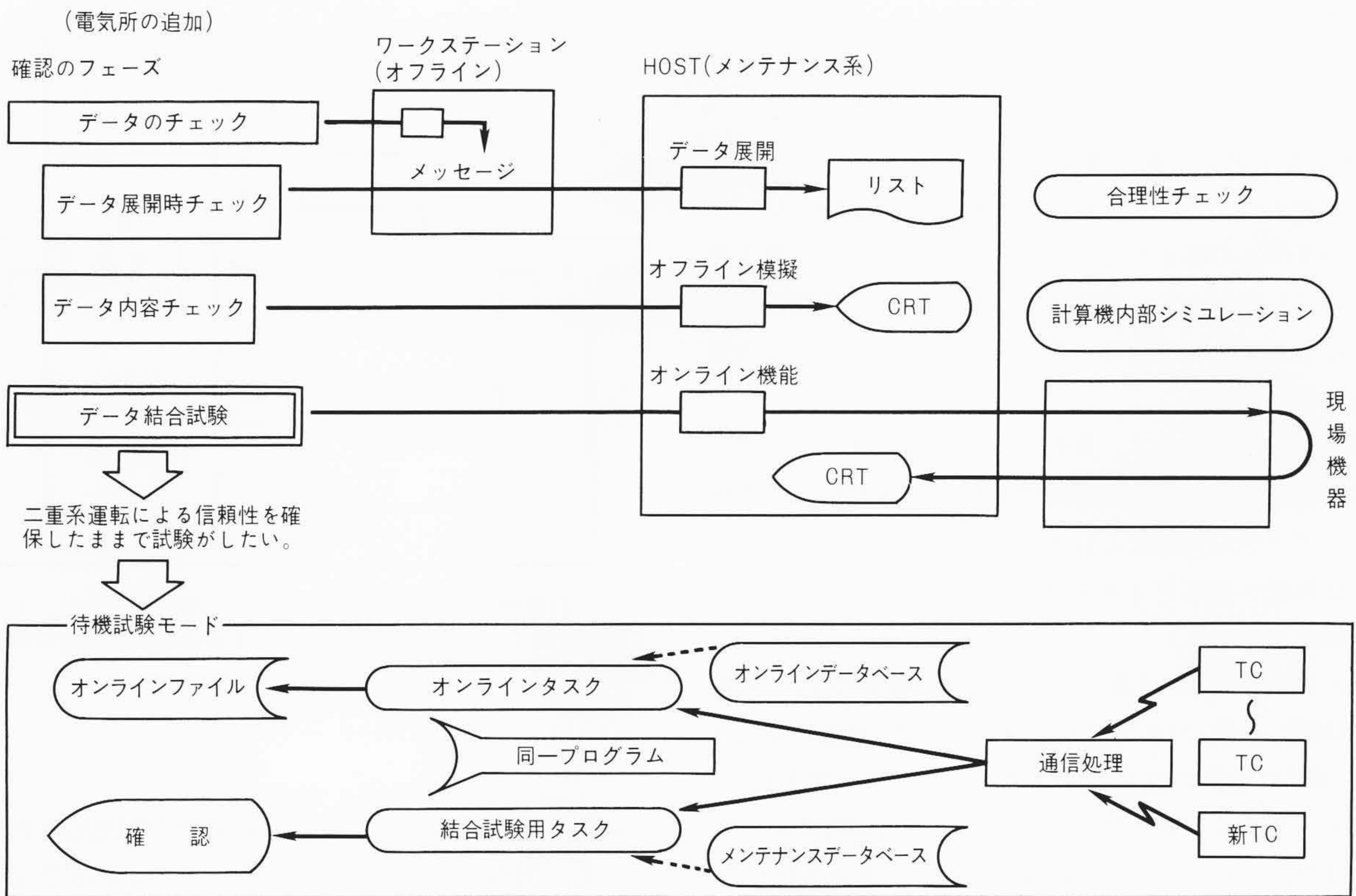
(b) 静岡給電制御所のシステムが、何らかの異常で監視制御業務が続行できない場合、給電情報表示盤に静岡給電制御所管内の電力系統状態を表示することにより、給電業務の代行を行うことができる。

3.7 ソフトメンテナンス方式

本システムでは平成3年運転開始以降も、年々電気所の増設改造が予定されている。したがって、この増設改造に関してはユーザーによって容易にソフトウェア(設備データ)の変更ができなければならない。その方式を図7に示す。

(1) ADG(Application Database Generator)

電力系統設備の増設改造は、頻繁に断続的に行われるため、ユーザーがタイムリーかつ容易に変更作業を行うことができる必要がある。したがって、非常に簡単な入力操作で関連するアプリケーション業務(入出力、監視、制御、記録など)の



注：HOST (主計算機および前置計算機)

図8 データ確認手順のエンハンス データ入力から現場機器との対向試験まで二重系運転を確保したまま確認ができる。

すべてのデータベースを自動的に変更できなければならない。

(a) この入力操作は、計算機のソフトウェア体系をまったく知らない人でも、電力設備イメージで電気所名、電圧階級、設備種別(バンク、送電線などの種別)、TCI/Oのポジション表などを入力できる。

(b) 従来、メンテナンスのドキュメントを見ながら、コード変換などを人間が行い、文字埋込方式でカードによって入力していたが、今回、ワークステーションによってドキュメント性のある画面より、選択方式で入力することができる。また、CRT画面も作画でも、従来のように座標計算をする必要がなく、ワークステーション・画面上で実際のCRT画面イメージで作画することができる。

(2) メンテナンスデータ確認手段のエンハンス

データの確認フェーズは図8のように段階的になっている。まず、ワークステーションによるデータのチェック、ワークステーションからHOST(主計算機および前置計算機)に展開する際の合理性チェック、計算機内部シミュレーションによるデータの内容チェック、それから現場機器を含んでのデータ結合試験である。このデータ結合試験は、従来オンラインでだけ実現されていたが、二重系運転による信頼性を確保したまま試験を行いたいという要求が高いため、待機試験モードというものを開発した。この待機試験モードというものは、TCから上がってきた情報を、それぞれオンラインタスク

および結合試験用タスクに分配し、オンラインタスクではオンラインデータベースを参照し、オンラインファイルを更新するという従来の処理を継続したまま、それと並行して結合試験用タスクでは、メンテナンスされたデータベースを参照して各種処理を行い、メンテナンスデータベースを確認するというものである。

3.8 シミュレーション機能

電力系統の増設改造時に変更したデータベースや、あらかじめ件名として登録する一連の操作手順が正しいかどうかを検証する場合、現地の実機器を動作させて確認することは電力系統の運用上非常に困難である。

そこで、本システムでは現地機器の動作を正確に模擬し、アプリケーション業務ソフトにはTCI/Oとのインタフェースと同じ形式で入出力できるシミュレーション機能を設けた。その主な機能には次のようなものがある。

- (1) ポジション表の画面から状態変化、計測値を設定できる。
- (2) あらかじめ現地機器の一連の動作を時系列的に登録しておき、これを起動することによって系統事故を模擬することができる。
 - (a) 1件当たり150ステップの現地機器動作が登録できる。
 - (b) 最大100件の登録ができる。
 - (c) 最大10件までの件名を起動できる。
- (3) CRT画面からの機器操作要求に対し、該当する機器の応

動を返す(機器の入・切動作, 計測値の取り込み)。

(4) このシミュレータの活用で, データの検証だけでなく, 系統事故に対する運転員の対応訓練も行える。

3.9 ハードウェアの二重化構成

(1) 本システムのように, 大規模集中監視制御を行うシステムでは, システムの停止が電力系統の運用に与える影響は非常に大きい。したがって, 機器の二重化を図り, 装置の障害停止などによるシステム全体の停止を防止し, システムの稼働率を高めた。

(2) 計算機, 磁気ディスク, 集約TCI/Oなどはすべて二重化し, 表示情報は常に2系の計算機で並行して入力し, 計算機の系切換がデータの欠損なく行えるようにした。

なお, 計算機・磁気ディスクは免振架台に設置し, 災害に対しても強化してある。

(3) プリンタは制御所に予備を1台設け, 制御所の3台(系統故障, 配電故障, 一般)のオンライン用プリンタ, および電力センター, 営業所に設置されたプリンタのバックアップを行う。

(4) 磁気ディスクは, 各系に1台ずつの二重化のほかに, 共通系を設けた。これは予備系の計算機がメンテナンスなどで, オンラインデータや各種設定データ, 記録保存データの更新ができない状態のとき, 常用系が停止すると系切換時にデータの連続性が保てなくなることを防ぎ, 予備系の計算機がデータを継続して業務を行えるようにしたものである。

3.10 計算機の構成制御

(1) 2系の計算機は通常1系が制御モード, 他系は待機モードとするデュプレックス方式で, 制御系が停止したとき相互監視機能によって自動的に待機系(待機, 待機メンテナンス, 待機シミュレーション, 待機試験の各モード)が制御系に遷移してその機能を引き継いで, システム全体の監視制御機能を確保するようにしてある。

(2) 計算機のモードとしては, 制御モード, 待機モードのほかに図9に示すようなモード形態としてある。

(a) 制御モード…システムとしてすべてのオンライン機能が実行可能である。

(b) 待機モード…他系が制御モードのとき, ホットスタンバイ状態にあり, 他系が停止したとき自動的に制御モードに遷移し, そのオンライン機能を引き継ぐ。

なお, 従来のモード形態に対し, 今回, 下記に示すような待機内部モードを設け, 小規模な設備データのメンテナンスは, これらのモードでオフライン用データベースを用いて行うことにより, いつでも制御のバックアップを可能とし, 二重系稼働率を大幅に向上することができた。

(i) 待機メンテナンスモード…電気所単位の設備データのメンテナンスを行う。

(ii) 待機シミュレーション…待機メンテナンスモードで作成したデータを, シミュレーション機能によって検証する。

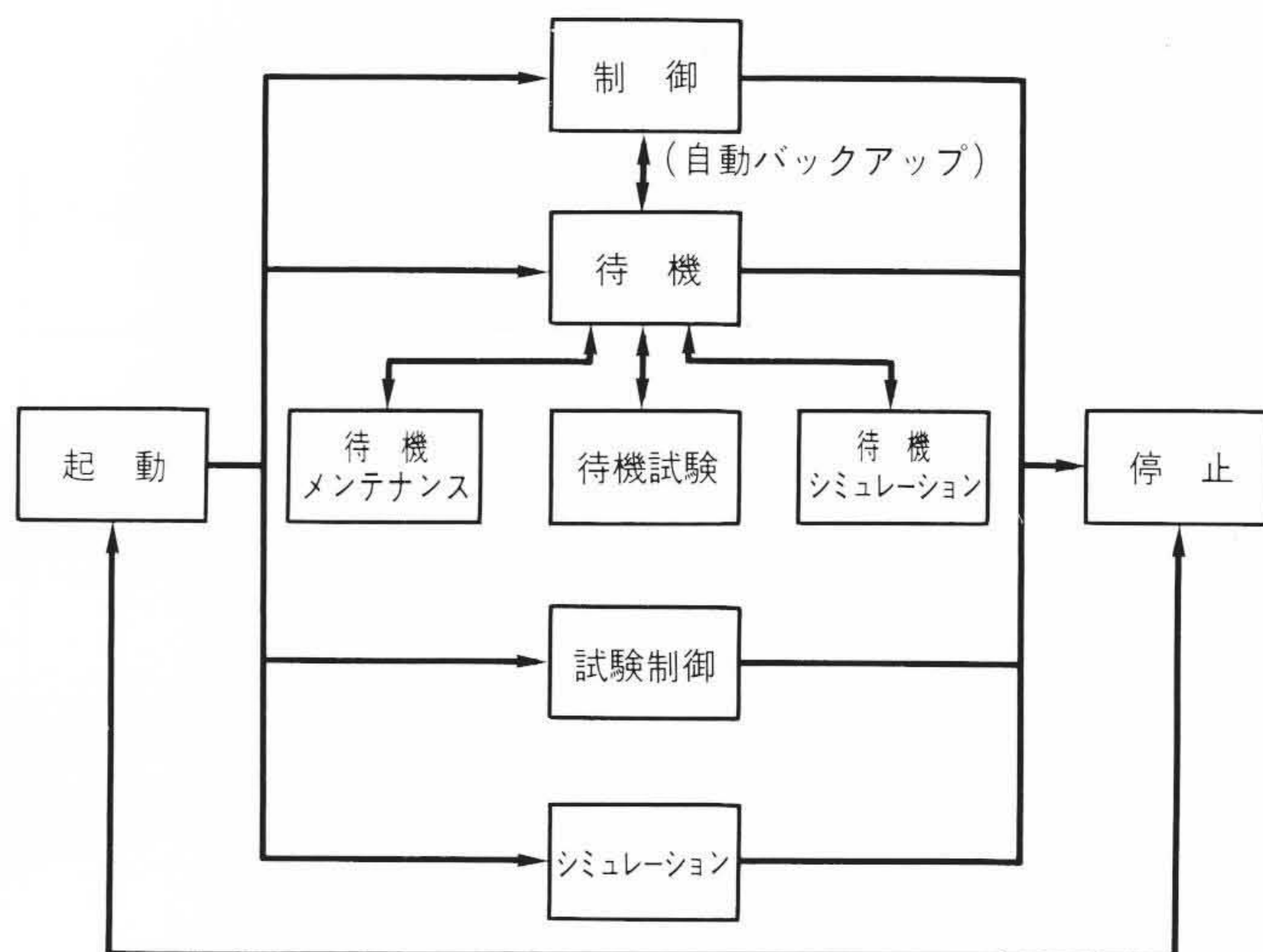


図9 計算機モード遷移図 システム監視盤により, モードの設定と表示を行う。待機モードだけは, 他系停止時に自動的に制御モードに遷移する。

(iii) 待機試験モード…当該電気所のTCI/Oと実際に接続し, 対向試験を行いハードウェアのインタフェースを検証する。

(c) 試験制御モード…業務ソフトが大きく変更され, 制御モードへのバックアップが困難な場合, 本モードで特定のTCI/O回線を接続し, 入出力の機能を検証する。

(d) シミュレーションモード…業務ソフトが大きく変更されたとき, 本モードでオンライン機能のうちTCI/Oとの入出力を切り離し, 代わりにソフトシミュレーション機能によってソフトウェアの検証を行う。

(e) 起動モード…オンライン機能は停止し, ソフトウェアメンテナンス用のオフライン機能だけが実行可能である。

(f) 停止モード…計算機が停止状態にある。

4 おわりに

CRTをマンマシンの中心とした計算機ベースの広範囲な電気所を対象とした, 大規模集中監視制御システムの特徴について述べた。

本システムは年々拡張を続ける電力系統の安定供給, 運用, 保守などの各面からの要求に十分こたえるものである。

なお, 本システムは平成3年1月に運転を開始しており, その後の増設改造作業で, システム停止のない, 容易なデータメンテナンス, 系統を模擬したシミュレーションの機能が実証された。

参考文献

- 1) 森田, 外: 電力系統分野における計算制御システム, 日立評論, 70, 5, 453~460(昭63-5)
- 2) 高津, 外: 東京電力株式会社大島給電所向け設備総合自動化用給電システム, 日立評論, 69, 6, 583~590(昭62-6)