

州の各500kV変電所で、監視制御の主要機能にCRT(Cathode Ray Tube)を備えた二重系計算機をCASC(Computer Aided Supervisory Control)方式で導入した。ここでは、変電所構内制御伝送に初めて光ケーブルが採用され¹⁾、伝送ルートとして、通信ケーブルと光ケーブルの2ルート化が図られた。ただし、伝送方式は既存の1:1サイクリック伝送である。日立製作所は、このうち中央変電所に高性能制御用計算機HIDIC 80二重系と、マイクロプロセッサ適用遠方監視制御装置(SUPERROL5500)を統合した集中監視制御装置を新たに開発して納入した^{2),3)}。

(3) 監視制御の中核としての計算機導入

近年、発変電所の集中監視制御システムには、親局機能を計算機が受け持つCBSC(Computer Based Supervisory Control)方式の採用が盛んである。大容量変電所の監視制御方式も、制御用計算機の高信頼度を基礎に、CRT操作をマンマシンの中核とし、制御用計算機を二重化配置したCBSC方式集中監視制御の時代に入ってきた。日立製作所では、昭和58年6月運転開始の九州電力株式会社南九州変電所の集中監視制御システム(監視制御親局HIDIC 80E、子局SUPERROL 5500)を開発し、現在試運転中であるので、最近の大容量変電所の監視制御システムの代表例として、これを詳細に紹介する。ここでは変電所構内監視制御の構成技術上、次のような二つの大きな新技術を実現している。

- (a) 構内親局・子局間伝送路は、光ケーブルで伝送路2ルート化した。
- (b) 監視制御の親局を制御用計算機だけで実現すると同時に、親・子間の伝送即ち監視制御信号の通信にHDLC伝送手順の方式を導入した。

いずれも構内伝送の高速化、耐雑音性の向上をねらった画期的な技術の導入である(図2)。

2.2 監視制御システムの構成

2.2.1 変電所監視制御システムに要求される必須条件

変電所の監視制御システムは、変電所の中樞神経とも言われ、その骨格をにぎる意味で重要である。特に、500kV超々高圧変電所のように大規模、大容量化に伴い運転情報も膨大になると、従来の配電盤と操作卓を組み合わせた監視制御システムでは人的要素への依存度が高く、信頼度の高い運転は困難になってきている。一方、変電所の中樞である監視制御システムの停止は、必然的に基幹系統に大きな影響を及ぼす。したがって、大容量変電所の監視制御システムでは、系統誤

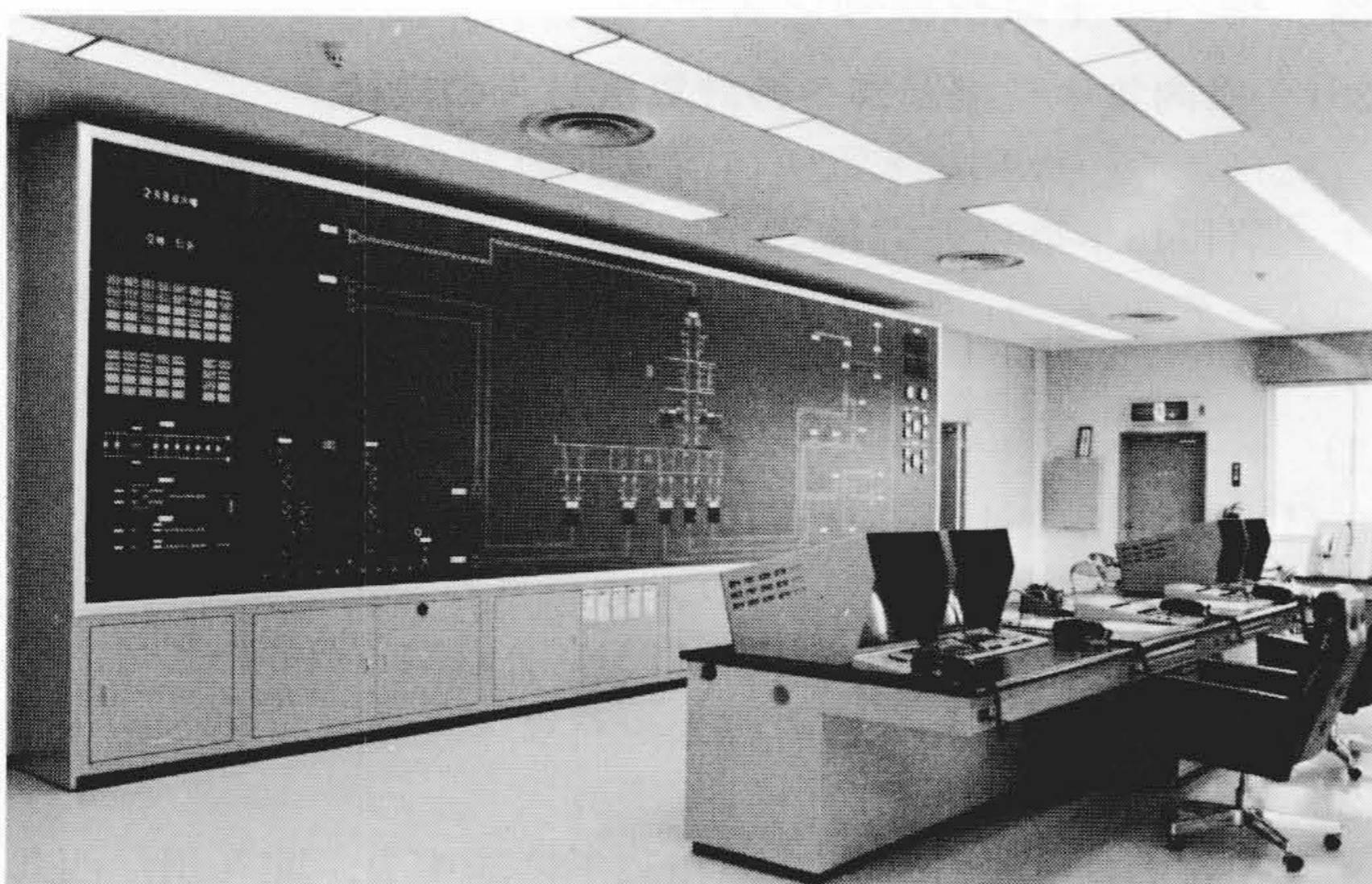


図2 九州電力株式会社南九州変電所中央制御室 変電所構内に中央制御室があり、ここから500kVヤード、220kVヤードの超高压変電設備を監視制御する。

表1 監視制御システムの必須条件 監視制御システムが当然具備すべき必須条件を示す。

| No. | 項目 | 内容 |
|-----|-----------------|-----------------------------|
| 1 | 監視制御の省力化 | 自動系統操作・自動監視・自動記録 |
| 2 | 誤操作防止策 | 制御ロック表示、模擬操作・CRT操作伝票による実行操作 |
| 3 | 設備管理の省力化 | CB・LS補機・主機などの設備管理表の自動作成 |
| 4 | システムの高信頼度化 | 装置、伝送路二系列化・静止化 |
| 5 | 設備の増設に伴う修正作業簡略化 | CRT会話形修正機能、装置のプログラマブル化 |
| 6 | システム構成装置の縮小化 | CBSC方式の採用・情報伝送装置の親局・子局の一体化 |
| 7 | システム点検保修の簡素化 | 装置の静止化、自動点検など診断機能の向上 |
| 8 | 無人化対応 | 上位給電指令所とのデータリンク(HDLC方式) |

注：略語説明 CRT(Cathode Ray Tube)
HDLC(High Level Data Link Control)

操作防止はもちろんのこと、監視制御の信頼度向上、監視業務や設備管理の省力化、増設、改造作業の簡素化による安全確保などに十分配慮する必要がある。表1に監視制御システムに具備されるべき必須条件を項目で示す。

2.2.2 変電所監視制御システムの構成例

最近の500kV変電所監視制御システム例として、表1に示す条件を考慮した、九州電力株式会社南九州変電所納め監視制御システムのシステム構成例を図3に示す。

南九州変電所500kV監視制御システムは、従来の構内遠方監視制御装置をシステムの中核としたCASC方式のシステム技術を踏まえて、制御用計算機に構内遠方監視制御装置の親局機能、操作制御、系統盤表示などあらゆる機能をもたせたCBSC方式を採用した新しいシステム構成である。500kV変電所監視制御システムへのCBSC方式の適用は我が国で初めてであり、下記のような特長をもっている。

(1) CRT集約形監視制御システム

二重化した制御用計算機HIDIC 80Eを中核とし、CRTとライトペンにより操作制御を実行し、優れたマンマシン性を実現している。制御用計算機の導入により、系統操作上の合理性チェックが広範囲な機能として実現でき、安全な変電所運用ができる。

(2) 遠方監視制御装置機能を計算機に包含したシステム

中央制御室の制御用計算機に従来の構内遠方監視制御装置の親局機能をもたせ、500kVヤード及び220kVヤードには、計測値の収集、設備状態信号の収集、機器選択信号翻訳などの機能をもった情報伝送装置(子局相当)を設置し、全体として従来設置スペースの約1/3縮小し、約1/2でシステムを実現した。

(3) 光伝送路の二重化とHDLC伝送方式の採用

制御用計算機と各ヤードの情報伝送装置の間の信号伝送には、誘導障害を受けない光ファイバ伝送路の別ルートによる二重系を用い、情報の高品質化、高信頼化を図っている。また伝送方式は、情報伝送の高速化と高効率化が実現できるHDLC伝送方式を適用し、応答性の高い監視制御システムとしている。

(4) 高信頼性確保のためのRAS機能

超高压変電所は電力系統上、重要な役割をもち、この監視制御システムはあらゆる面で高信頼性が要求される。本システムに適用したRAS(Reliability, Availability, Serviceability)機能を表2に示す。

2.3 自動化機能の概要と特長となる機能

2.3.1 自動化機能概要

500kV変電所監視制御システムの機能は、基本的に電力系

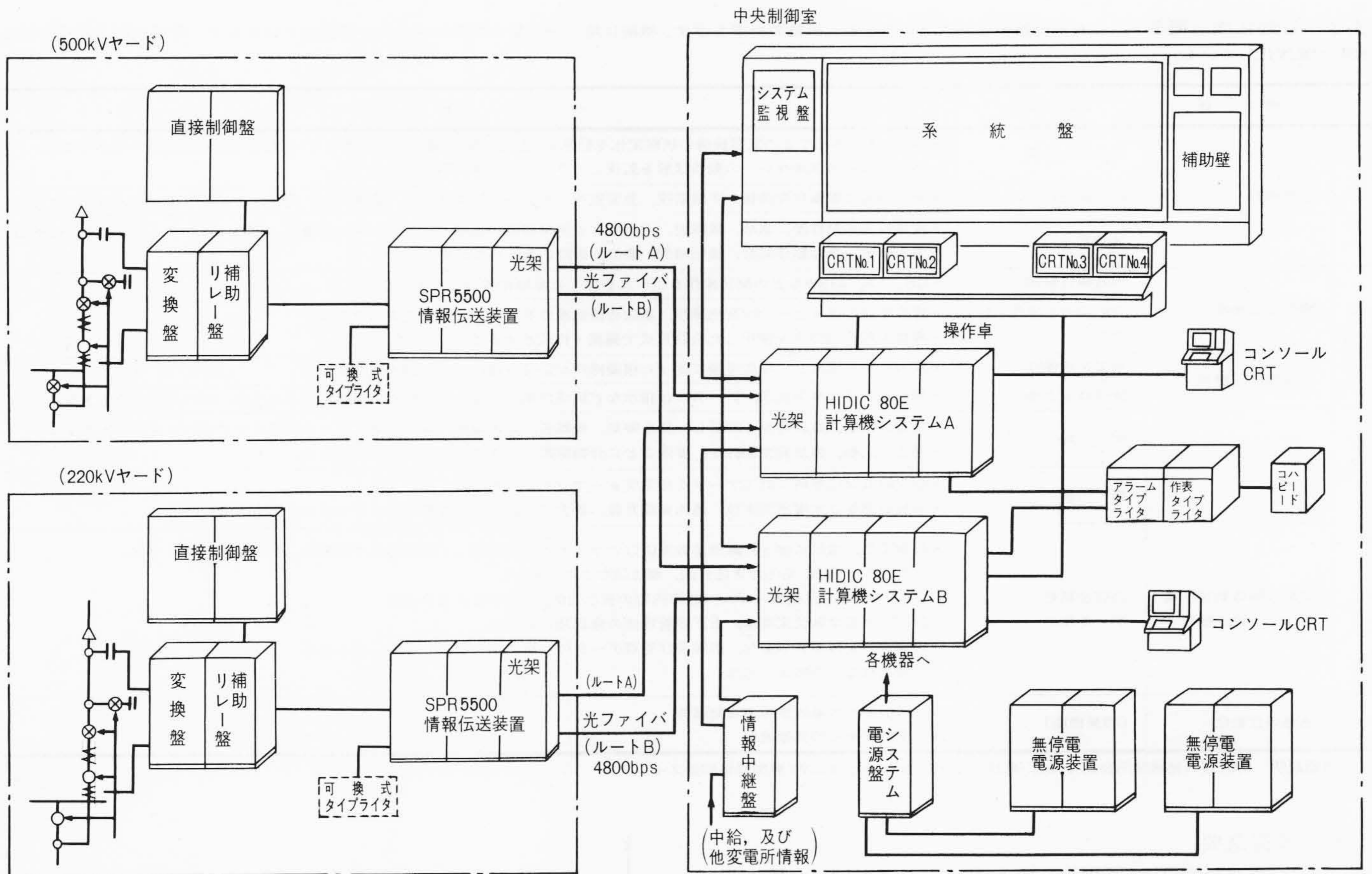


図3 南九州変電所システム構成図 中央制御室と各ヤード間光ファイバ伝送路で結合し、各装置は二重化したHIDIC 80E計算機制御システムでコントロールされる。

統大規模集中制御システム機能の延長線上にあるが、よりミクロな設備管理及び限られた要員での運転を考慮し、運転員が総合的な判断業務に専念できるシステムとするため、各機能を高度化している。

表3に九州電力株式会社南九州変電所500kV監視制御システムの自動化機能の概要を示す。

2.3.2 特長となる機能

(1) ガス絶縁開閉装置管理

超々高圧変電所の遮断器、断路器などの開閉装置は、小

表2 変電所監視制御システムのRAS機能 変電所監視制御システムで考慮したRAS機能を示す。

| No. | RAS機能の内容 | 信頼性 | 稼働性 | 保守性 |
|-----|---|-----|-----|-----|
| | | R | A | S |
| 1 | CRT監視制御装置の二重化 | ○ | ○ | ○ |
| 2 | CRT監視制御装置の相互監視、自己診断による異常検出時の自動切替と異常波及のミニマム化 | ○ | ○ | — |
| 3 | 異常周辺装置の自動切離しと復旧時の自動並列 | — | ○ | — |
| 4 | 情報伝送装置の機能別モジュール化構造の採用とトレース機能の強化 | ○ | — | ○ |
| 5 | 異なるルートによる二重化伝送路と光ファイバケーブルの採用 | ○ | — | — |
| 6 | 各装置間のケーブル数減少とコネクタ結合による誤配線防止 | — | — | ○ |
| 7 | 各装置間の相互絶縁による障害波及の防止 | ○ | ○ | — |
| 8 | 電源システムの独立二重化 | ○ | ○ | ○ |
| 9 | オンライン運転に影響を与えない独立試験機能 | ○ | — | ○ |
| 10 | 情報の二重化ファイリングによる情報の連続性確保 | — | ○ | ○ |

注：略語説明 RAS(Reliability, Availability, Serviceability)

形、安全及び運転・保守面で優れているガス絶縁開閉装置の採用が主流であり、変電所を高信頼度で運転するためには、ガス絶縁開閉装置の運転管理が重要業務である。ガス絶縁開閉装置の運転管理は、ガス漏れで開閉装置全体機能が喪失しないように最適に区画されたガス区分のガス圧管理がすべてであると言われている。このため、各区画のガス圧を常時監視し、ガス圧異常が発生した場合、図4に示すようなガス区画をスケルトン形式でCRT表示し、ガス圧の低下レベルにより異常区画を色変更して点滅表示させ、ガス圧の状態変化を素早く的確に警報して運転員の処置を容易にし、系統事故防止を極力抑えている。

(2) 変圧器過負荷監視機能

本機能は、500kV/200kVの主変圧器の異常時運転可能時間を推測しCRTに運転可能時間、過負荷運転経過時間を表示する。

本機能の目的は、主変圧器が系統運用上重要な設備であり、異常時の不適切な運転による事故を未然に防止するとともに、緊急時でも設備条件に適した範囲でできるだけ運転時間を長くし、系統運用を容易にすることである。

(a) 緊急時処理

主変圧器の過負荷運転及び送油ポンプ全群停止の場合は、変圧器運転可能時間は短いため、短周期10秒～1分で過負荷状況を監視し、CRTに運転可能時間を表示し、運用者が系統切替及び過負荷制限を適切に行なえるようにする。

(b) 故障時処理

送油ポンプの一部停止(1群停止)時には、長周期(1～5分)で油温変化を監視し、変圧器の運転可能時間をCRTに表示する。

表3 自動化機能概要 変電所監視制御システムの自動化機能の概要を示す。機能は電力系統集中制御システムの延長線上にあるが、監視機能、誤操作防止機能が高度化している。

| 機能 | 自動化項目 | 処理概要 |
|---------------------|--------------|---|
| 1 監視機能 | 状態変化監視 | <ul style="list-style-type: none"> 線路・母線、GISなどの変電設備の状態変化を監視し、変化時操作、事故の解析を行ない、結果をCRT系統盤へ表示する。 随時点検時の保護リレーの動作状態を監視し、タイプライタ、CRTへ出力する。 |
| | 計測値監視 | <ul style="list-style-type: none"> 計測値を工学単位変換後上下限監視、急変監視、偏差値監視を行ない、異常発生、回復をタイプライタCRTへ出力する。 |
| | 保守管理 | <ul style="list-style-type: none"> 変電設備の動作歴、事故、故障歴、点検歴など保守管理の指標となるデータを蓄積し、要求によりタイプライタCRTへ出力するデータは動作回数、運転時間、事故、故障回数、点検時期などである。 |
| 2 操作制御機能 | 機器操作制御 | <ul style="list-style-type: none"> CB、LS、43SWなどの開閉操作をCRTに表示した単線結線日から実施する。 |
| | 自動操作と操作手順作成 | <ul style="list-style-type: none"> 操作手順に従った平常時系統操作、事故時復旧操作を自動、半自動で実施できる。 操作手順表はCRTを使用した会話形式で編集・作成ができる。 |
| 3 誤操作防止機能 | 模擬系統操作 | <ul style="list-style-type: none"> 模擬系統を構成し、操作手順に従った模擬操作がCRTを使用して仮想操作できる。 |
| | 操作ロック他 | <ul style="list-style-type: none"> 操作ロック作業中指示、アースづけ指示など現場作業の安全を図るための誤操作防止指示が、CRT画面上でできる。 |
| 4 記録 | 記録 | <ul style="list-style-type: none"> 機器の応動、事故発生を解析し、発生時刻、機器名、事故要因、事故前潮流などの内容をタイプライタCRT出力する。 過去の応動、事故発生記録を、要因ごとに分類編集してタイプライタに出力できる。 |
| | 作表 | <ul style="list-style-type: none"> 指定時及び任意時に計測データを指定フォーマットで自動記録する。 運転日誌第3水曜運用実績、運用実績月報、最大値記録などの作表をタイプライタに出力する。 |
| 5 変電設備の新設・増設に伴う修正機能 | CRT会話形式データ作成 | <ul style="list-style-type: none"> 設備変更、増設に伴う計算機定数をCRTとライトペンを使用して会話形式で変更し、動作確認試験をする。 スケルトン画面、GISガス区分図、潮流図などの作画 TCポジション定義テーブル、故障内容の表示(30F)の文字修正及び追加 計測値の工学単位変換値、上下限管理値の修正及び追加 設備保守管理項目の追加、削除及び管理データの点検実施日などの修正、書き込み 設備名称などの修正、追加 |
| 6 通報の自動化 | (将来機能) | <ul style="list-style-type: none"> 給電機関への事故情報の自動通報 給電機関からの自動通報 |

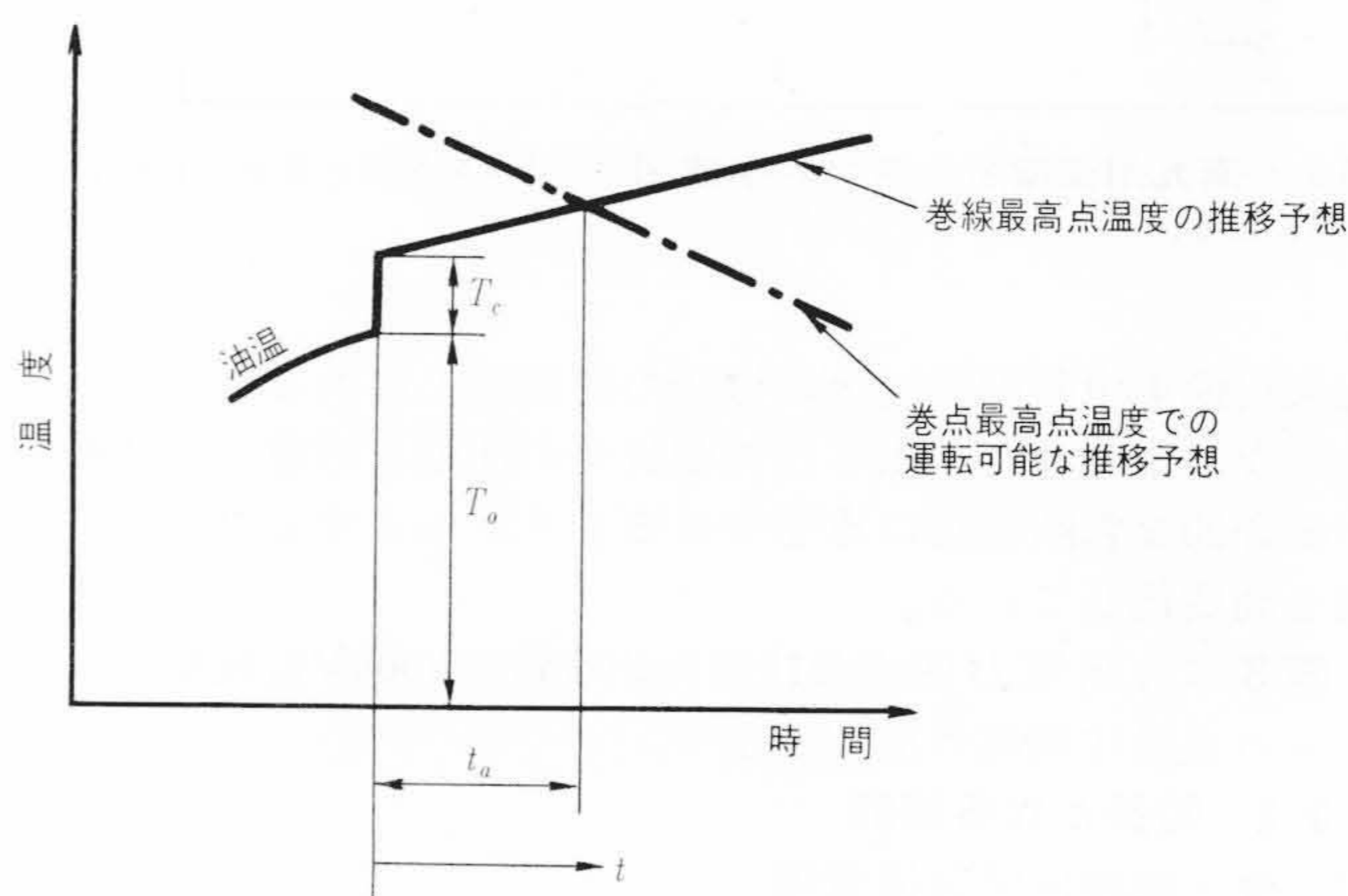
注：略語説明 GIS(ガス絶縁開閉装置)、CB(遮断器)、LS(断路器)、43SW(制御回路切換スイッチ)

(c) 監視概要

変圧器過負荷監視処理は、過負荷、送油ポンプ全群停止、送油ポンプ1群停止などの要因発生により生じる変圧器巻線の温度上昇を油温、負荷率から推定し、変圧器の運転可能時間を算出する(図5)。

過負荷運転時間の基準は、下記としている。

- (i) 過負荷状態で定格負荷の150%以下は、過負荷運転可能時間計算処理結果
- (ii) 定格負荷の150~180%の間は、3分間
- (iii) 定格負荷の180%以上は運転停止



注：略語説明
 T_o (現在油温)
 T_c (油温に対する初期巻線最高点温度上昇で負荷率に比例)
 t_a (運転可能時間)
 t (経過時間)

図5 油温と運転時間の関係 上図で示すように、現在の油温、変圧器の負荷率から変圧器巻線温度の推移を予想し、その推移線が変圧器の巻線許容最高温度線と交わる点を運転可能時間として算出する。

2.3.3 検証試験

電力系統変更に伴って変電設備の増設、改造は頻繁に行なわれる。この設備環境の変化に合わせて変電所監視制御システムの変更が必要であり、監視制御システムを無停止で、操作性に優れ、かつ容易に増設、改造する保守機能が必須となっている。更に、システムの増設・改造部分はもちろんのこと、変電設備まで含んだ検証試験が、高信頼度運用には欠かせない。これらの機能の優劣が監視制御システムを評価するといっても過言ではない。特に、ソフトウェアの増設・改造を必要としたときは、その性格上人為的ミスが発生しやすく重要である。

変電所監視制御システムは、高信頼性、高稼働性を得るた

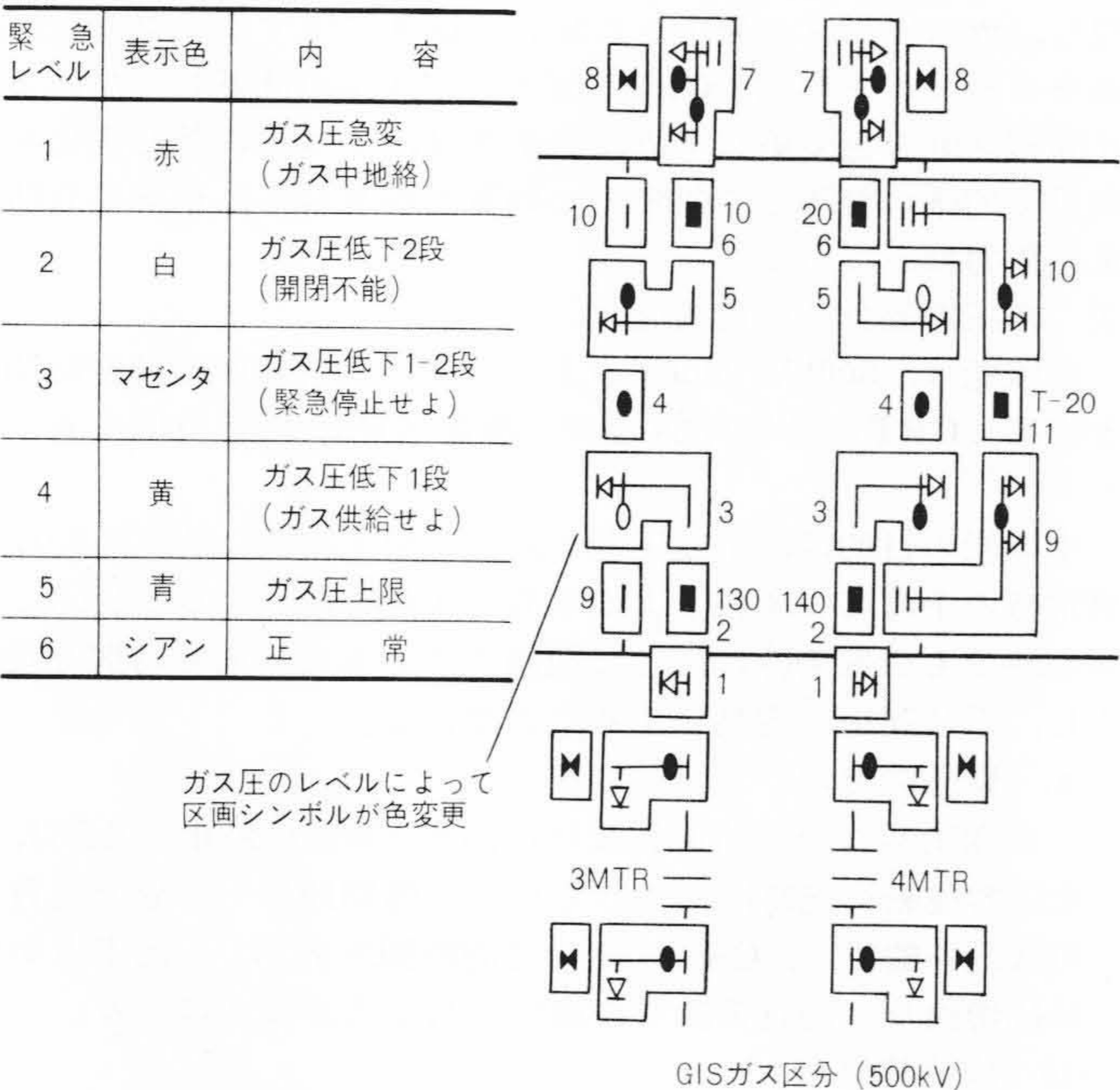


図4 ガス絶縁開閉装置のガス区分 ガス絶縁開閉装置のガス圧管理でガス圧異常が検出されると、異常が発生したガス室区画のシンボルが異常レベルに合った色で表示され、運転員の処置を容易にしている。

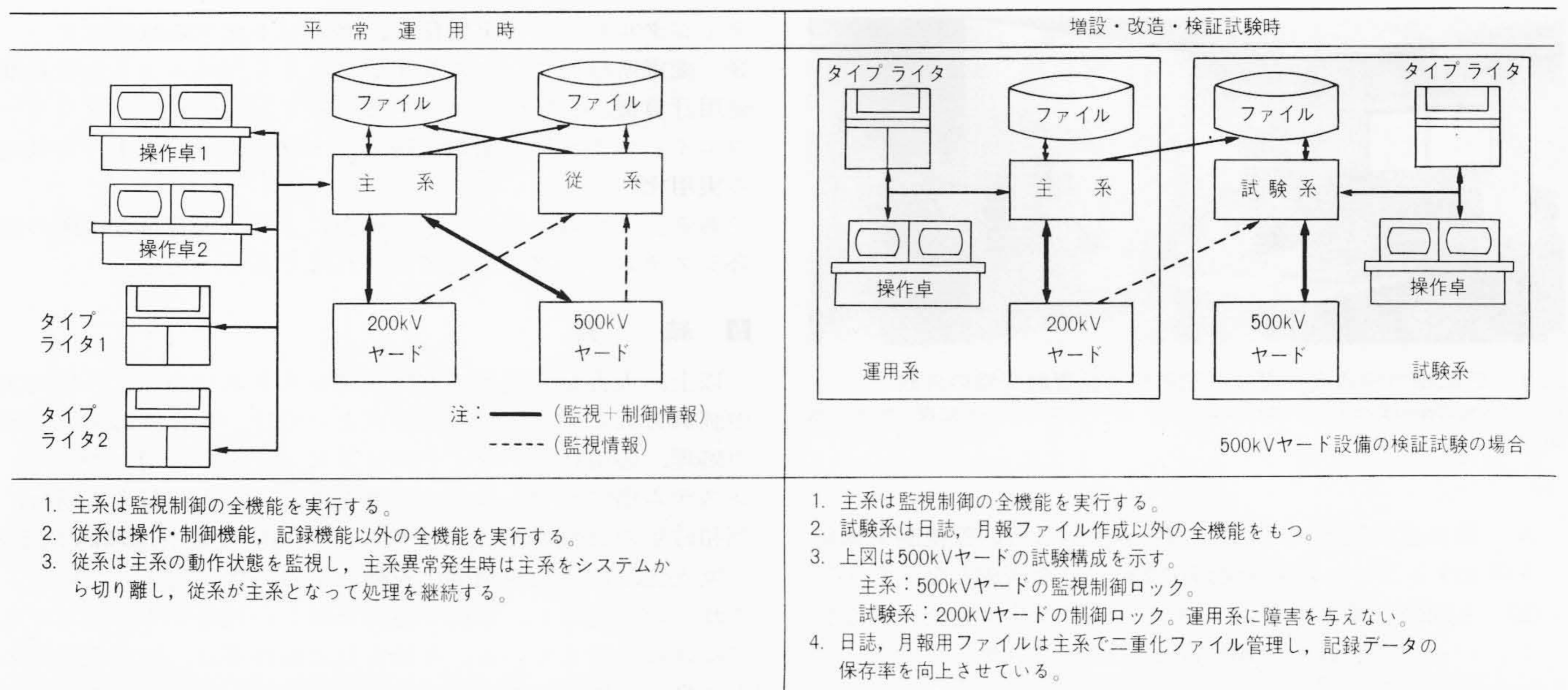


図6 平常時と検証試験時の構成説明 二重化した計算機制御システムは、主-従の構成で動作し、増設・改造・検証試験時は従系を試験系にし、CRT、タイプライタなどの入出力装置を1台試験系に接続切替えし、機能の動作確認をする。

めに、制御用計算機ほか主要部を二重化し、デュプレックス構成として運転している。平常時の運転構成は主-従の関係であるが、上述の増設・改造及び検証試験時は従系の制御用計算機と周辺装置1系列を主系である運用系から切り離し、試験系として増設・改造のあった設備と組み合わせた検証試験を可能としている。この基本的考え方を図6に示す。検証試験で正常動作を確認した後、両系の内容を一致化させて増設・改造が完了する。この間、主系の監視制御システムは無停止で運転継続されており、情報の連続性は保たれている。

3 構内直接監視制御装置

3.1 直接監視制御装置の静止化

変電所の規模が大きくなるに従って、機器と1対1に対応して監視制御する直接式の監視制御盤では、盤幅が大きくなり迅速な監視制御が困難なため、一般に大規模変電所での直接監視制御装置としては、照光式監視制御盤が採用されており、機器の操作は2挙動の選択制御、機器及び電路の充電状態は系統盤上の模擬シンボルによる照光表示として監視制御しやすくなっている。この照光式監視制御盤も、更に大規模化する大容量変電所用としては表示用ランプや論理用電磁継電器の増大により、ランプ点検、接点障害などの保守面や装置スペースの増大からその適用に限界があり、近年の半導体技術の進歩と実績から静止化、デジタル化及びよりいっそうの小形化が図られたデジタル式監視制御装置が適用されるようになってきた。

3.2 デジタル式監視制御装置の概要

将来500kV変電所(当初187kV運用)となる、四国電力株式会社讃岐開閉所及び東予開閉所のデジタル式監視制御装置のシステム構成を図7に示す⁵⁾。

装置は主回路機器の状態監視、制御や電気量の計測及び故障表示を行なう監視制御盤と、多種多量の情報を迅速かつ円滑に処理するマイクロコンピュータを中心とした論理処理盤、増設改修時の対応を容易にするための簡易選択制御式のバックアップ制御盤及び主回路機器とのインタフェースを行なう入出力処理盤から構成され、中給や系統制御所からの監視制御用信号はCDT(サイクリック デジタル情報伝送装置)及

びTC(遠方監視制御装置)を通じて入出力処理盤から受渡しをするようにしており、入出力処理盤で強電回路との分離を行なうことにより監視制御盤、論理処理盤の完全静止化を図っている(図8)。

装置の主な特長は下記のとおりである。

- (1) 監視制御性の向上
 - (a) 表示素子にLED(発光ダイオード)を全面的に採用し、監視部操作部及び系統表示部を有機的に一体化した縮小形監視制御盤として、一段と監視しやすい構造である。
 - (b) 論理処理部にマイクロコンピュータ(HISEC-04E)を使用して機器選択の自動化と電気量のデジタル計測化及びチェック機能の充実を図っている。
- (2) 保守性の向上
 - (a) 論理処理部のソフトウェア化、系統監視部のモザイク化及び機能単位の完全ユニット化の徹底により、保守性の向上を図っている。
- (3) システム信頼性の向上

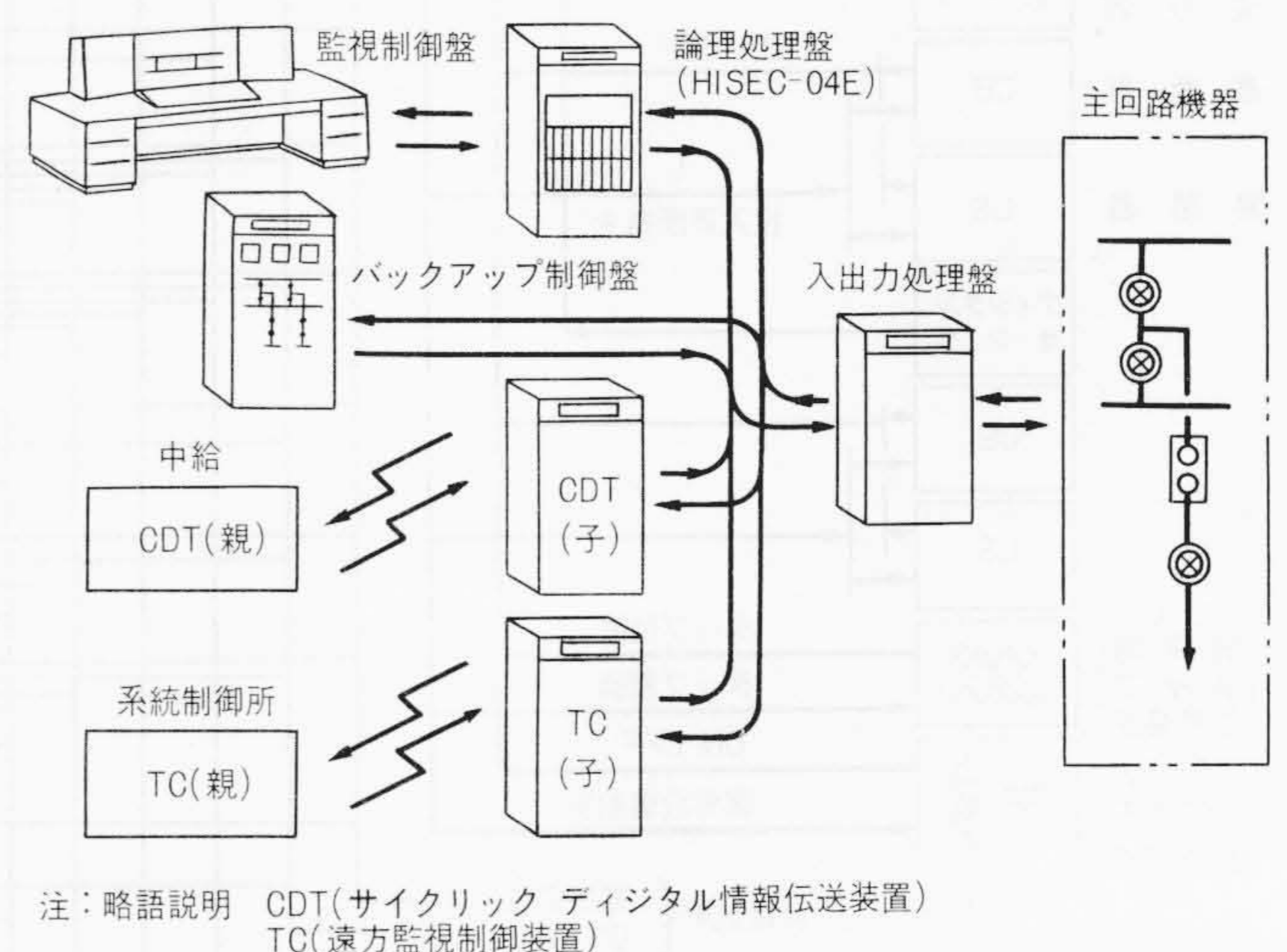


図7 四国電力株式会社讃岐開閉所及び東予開閉所システム構成
図 入出力処理盤で強電回路との分離を行ない、監視制御盤及び論理処理盤の完全静止化を図っている。

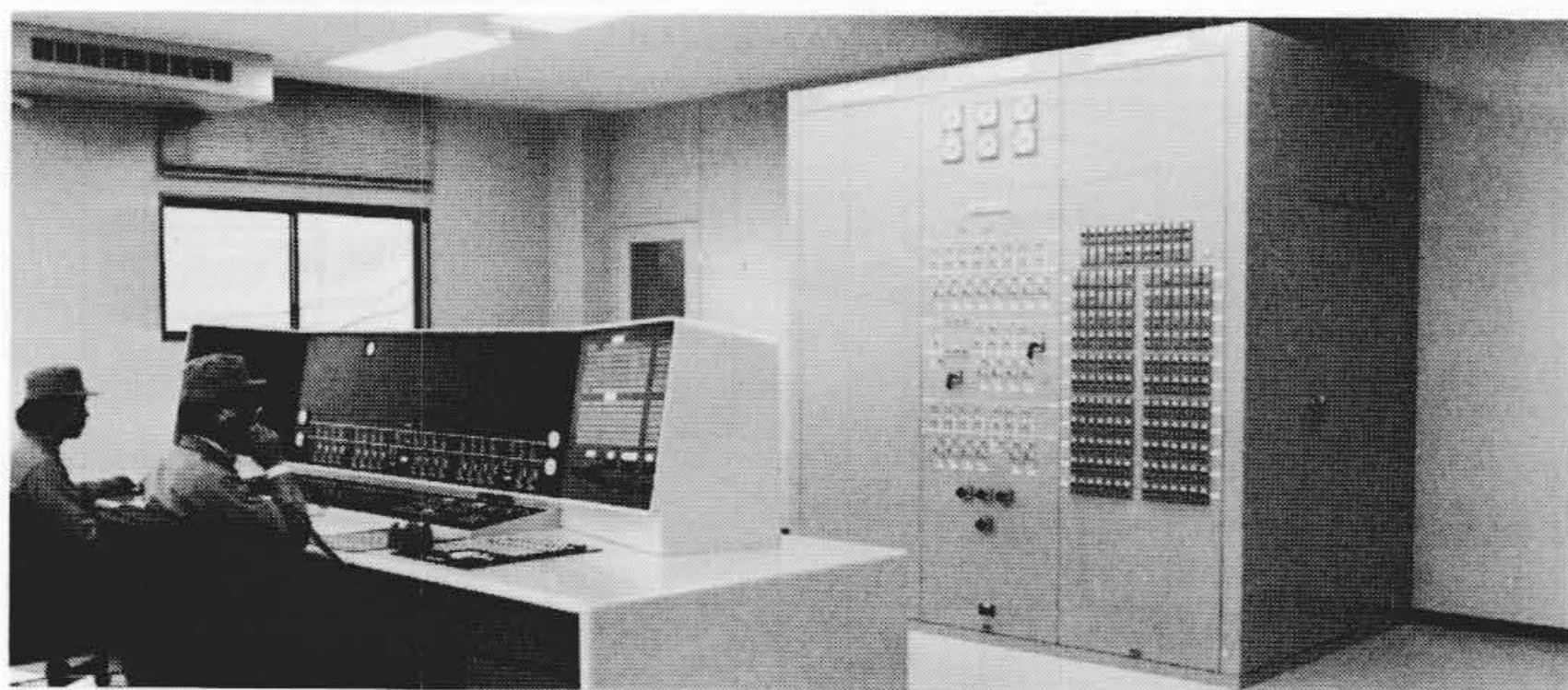


図8 四国電力株式会社讃岐開閉所納め監視制御盤の外観 系統監視部と制御面の有機的な一体化によって、スペースの縮小と監視・制御性の向上が図られている。

- (a) 簡易選択制御式のバックアップ盤により、監視制御機能を停止することなく増設改修作業の可能な構成となっている。
- (b) 主回路機器とのインタフェース部以外は完全に静止化し、いっそう装置の信頼性向上を図っている。

4 大容量変電所の今後の監視制御技術

以上述べたように、既に監視制御のレベルでは、マイクロコンピュータの導入、一方では制御用計算機の導入が積極的に図られてきており、構内光伝送技術、伝送方式の高機能化技術(サイクリック方式→HDLC方式)も十分適用可能となってきた。新しい大容量変電所の自動化は、従来の保護装置と監視制御装置を融合し、結合したシステムであると予想している。

大容量変電所での保護装置及び監視制御装置双方に関連するデータの流れを、その方向を含めて図9にまとめて示す。これらの構成に必要なとされるものは、

- (1) 従来のPT(計器用変圧器), CT(電流変成器)(アナログ形)に代わるデジタルセンサを導入し⁴⁾、これを光ケーブルで伝送する技術の実用化。
- (2) 保護リレーユニットにマイクロコンピュータを適用した

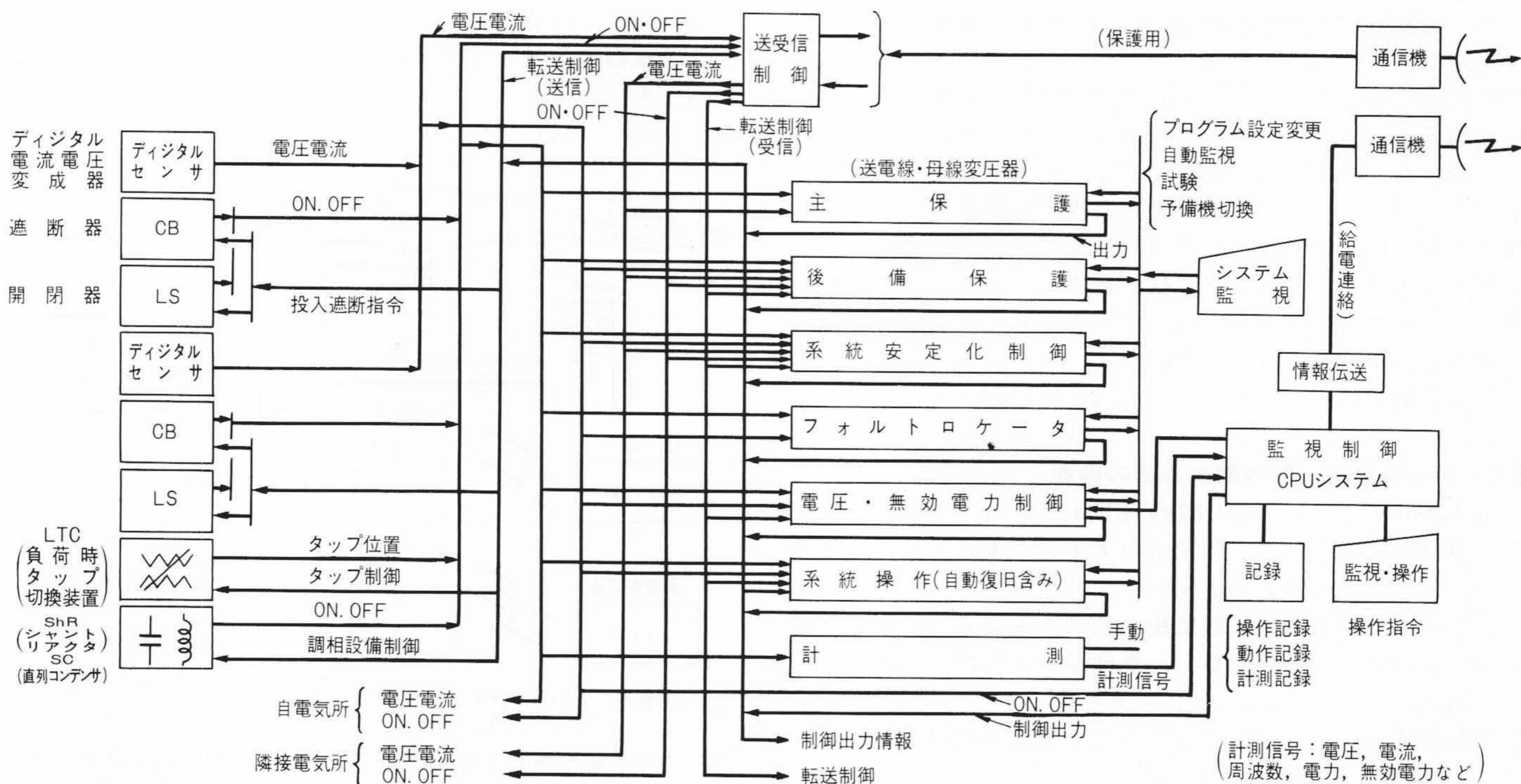


図9 大容量変電所における保護及び監視制御関連のデータフロー 変電所内の設備情報と指令、制御の情報の流れと総合制御(監視制御と保護)を行なうのに必要な機能を、データフローの形で示したものである。

デジタルリレーを実用化し、ユニット化する技術。

(3) 変電所構内で、このデジタルリレーユニットと監視制御用計算機(又はマイクロコンピュータ)を、「光データフリーウェイ」のように、情報伝送ネットワークを作り上げる技術の実用化。

である。これらの要素技術の統合により、大容量変電所の総合システムが本格的に実用化されてくると考える。

5 結 言

以上、大容量変電所の監視制御システムについて、構内集中制御方式と直接監視制御方式とに分け、特に制御用計算機の処理、応用技術、マイクロコンピュータの適用について、システム構成を中心にその概要を述べた。大容量変電所は、昭和57年の設備基準改訂を機に、超高压変電所(275kV以上)の無人化、遠方監視制御化を検討する時代に突入している。これらの推進にも、本稿で述べた新しい技術が十分適用されてゆけると考えている。今後も日立製作所は、送変電制御のより良いシステムをユーザーに供給するため、いっそう研究開発に努力する考えである。

終わりに、本稿で紹介した制御システムの完成に御協力、御指導をいただいた九州電力株式会社、四国電力株式会社及びその他の電力会社の関係各位に対し、厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 寺田, 外: 発・変電所における光伝送システムの導入, 日立評論, 63, 3, 179~182(昭56-3)
- 2) 寺田, 外: マイクロコンピュータを用いた遠方監視制御装置, 日立評論, 63, 3, 197~202(昭56-3)
- 3) 平河内, 外: 電力系統制御システムの高度化, 日立評論, 64, 6, 417~422(昭57-6)
- 4) 黒岩, 外: 電力用構内光伝送システムの開発, 日立評論, 60, 10, 727~732(昭53-10)
- 5) 福森, 外: デジタル式監視制御装置の開発, 昭58電気学会全国大会