

二次系統制御所における 電力系統計算機制御システム

Computer Control of Electric Power System at the Local Load Dispatching Office

伊藤太郎* Tarô Itô

坪井宏文** Hirofumi Tsuboi

In the field of electric power system controls, computers are now being used in the central load dispatching office and in operation coordination offices for subtransmission systems to increase automation, but computers are not generally used in the intermediate local load dispatching offices. Recently, the Tohoku Electric Power Co. installed a computer control system in one of its local load dispatching offices in Aomori, tying in with its computerized central dispatching and operation coordination offices. The new computerization program automates transmission system operations from the local load dispatching office by using CRT (cathode ray tube) display equipment. With adaptations to the various conditions of each regional transmission system, Hitachi has developed a voltage management and control system, a control system for daily power scheduling, a calculation system for transmission line superintendence, etc., different from systems for central load dispatching or operation coordination offices. This article examines some important problems in the automation of local load dispatching offices.

1 緒 言

近年ますます大規模化、複雑化してくる電力系統において、

- (1) 電力設備の効率的運用
- (2) 供給信頼度の向上
- (3) 運転員の労働環境の改善
- (4) 省力化、自動化による生産性の向上

などを目的として、発・送・変・配電及び給電部門を一体化した電力系統設備総合自動化が、電力各社において検討、推進されている。

本システムは、東北電力株式会社電力系統総合自動化計画の一環として、中央給電指令所（HITAC 7250システム）、青森モデル地区として、青森集中制御所（HIDIC 100システム）とともに、東北電力株式会社と日立製作所が協同研究を行ない開発したシステムである。

図1は、ハイアラキシステムの構成概要を示したものである。本稿では、このハイアラキシステムの中に位置する二次系統制御所としての青森給電指令所自動化システムの機器の構成と、自動化内容について述べることにする。

2 二次系統制御所自動化システム

2.1 システム構成

二次系統制御所に設置される電子計算機システムは、ハイアラキの中間に位置している。そのため、上位系である中央給電指令所の電子計算機システムと結合し、中央給電指令所が必要とする情報を上位系に伝えるとともに、中央給電指令所から送られてくる指令を受けて処理している。また一方、下位系である集中制御所及び発電所からの情報を的確に把握し、判断して、集中制御所や発電所へ指令している。これらの情報の中には、時々刻々変化するトレンド情報をとら

えて、その中から系統の状態を把握するものと、集められた情報を集約し一定時刻にまとめて、あるいは必要の都度まとめて、送信あるいは受信する情報が混在している。前者の情報量は一定しているが、後者の情報量は必ずしも一定してお

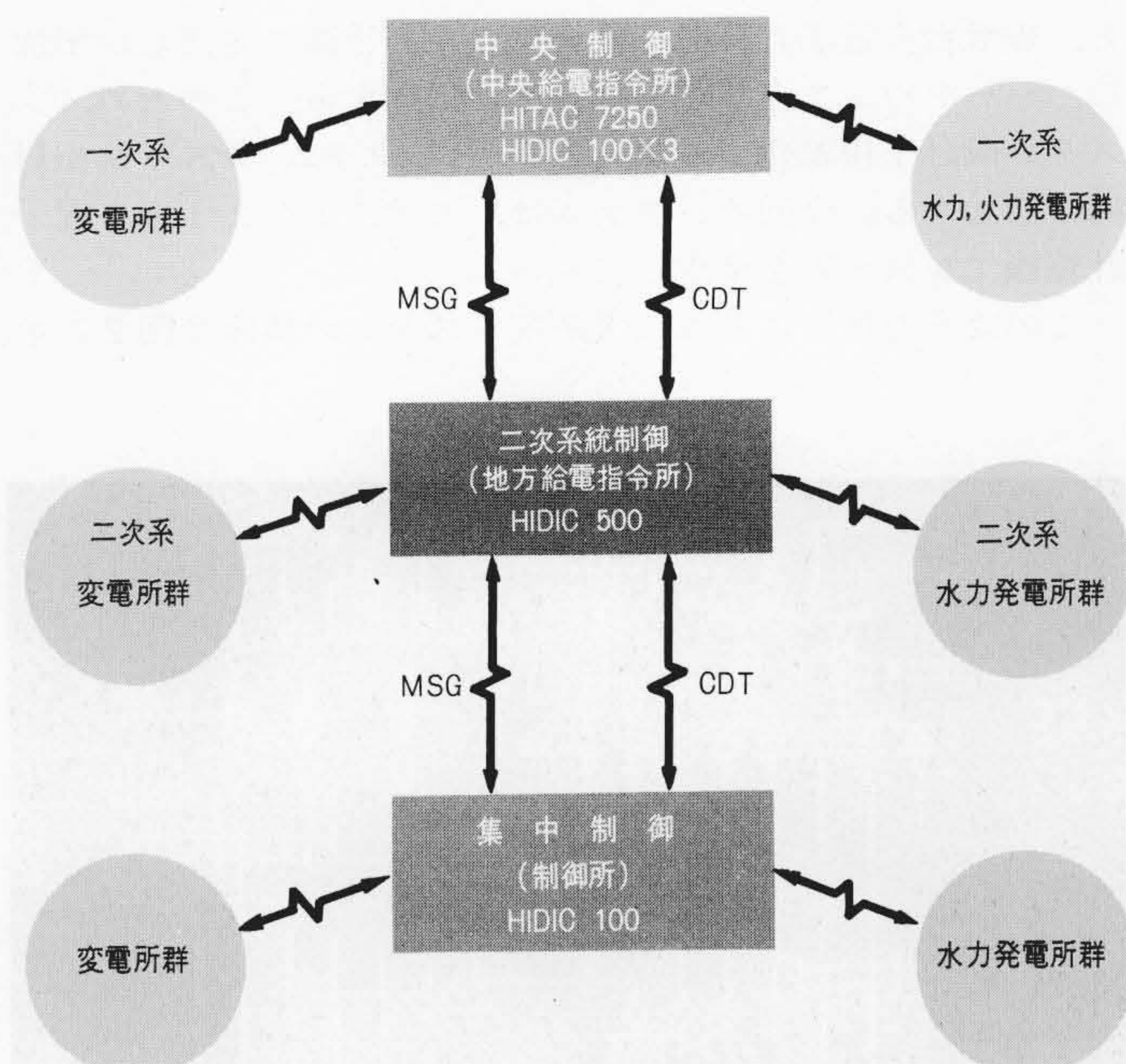


図1 ハイアラキシステム概要 中央給電指令所、二次系統制御所及び集中制御所をハイアラキに構成したシステムシステムの概要を示す。

Fig. 1 Outline of Electric Power System Hierarchy

* 東北電力株式会社青森給電指令所 所長

** 日立製作所大みか工場

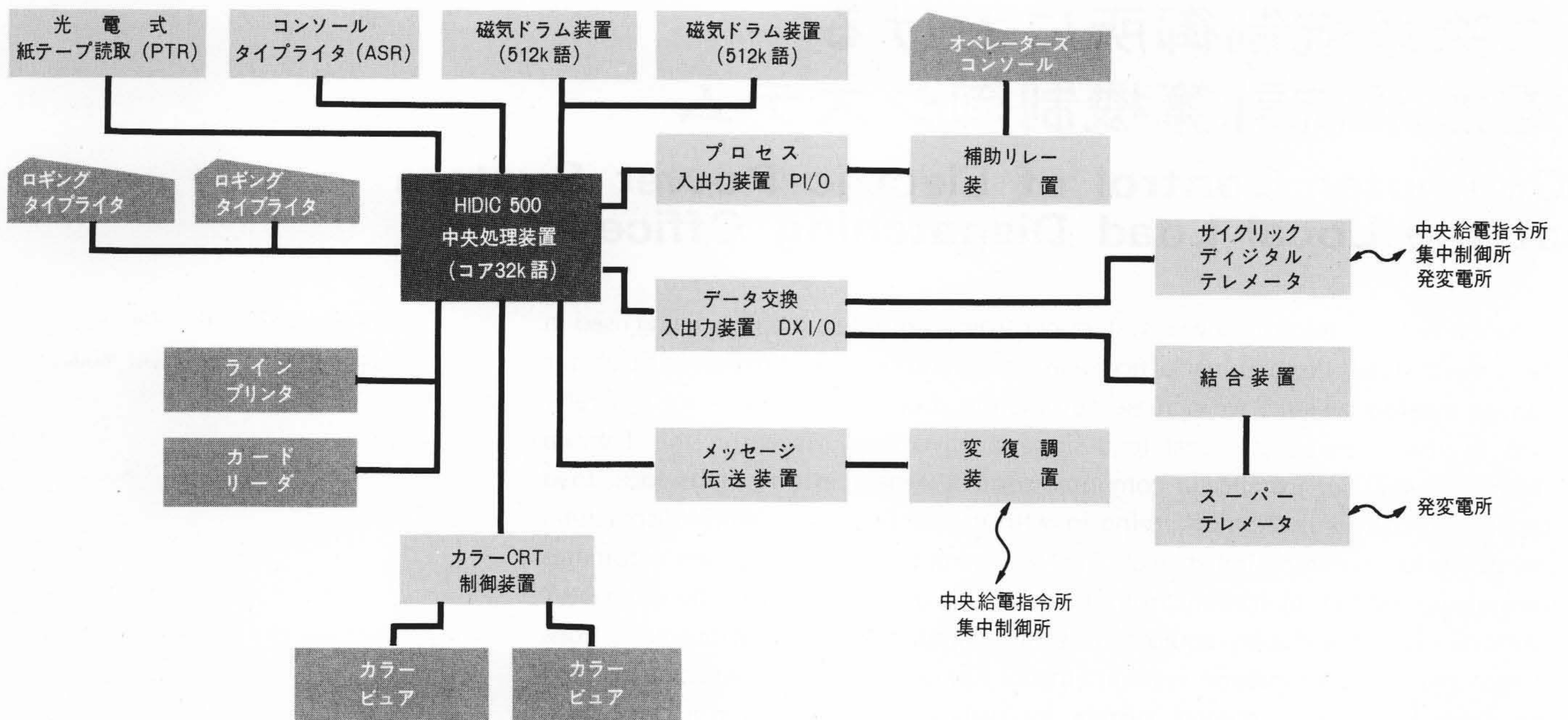


図2 二次系統制御システム構成図 二次系統制御所の電子計算機システムのハードウェア構成を示す。
Fig. 2 Computer Hard Ware System for Local Load Dispatching Office

らず、時には、膨大な量となることがある。これらのニーズを満たすため、前者のニーズに対しては、サイクリック デジタル テレメータ (CDT) を、また後者のニーズに対応してメッセージ伝送装置 (MSG) を用意した。

電子計算機システムは、1 台の電子計算機で全業務を処理する考え方と、2 台以上の電子計算機で業務を分担して処理する考え方とがある。複数台の電子計算機を使用したシステムの場合、システム ダウン時、その影響を局限できる場合が多く、システム信頼性のうえからは望ましい場合が多い。一方、複数台の電子計算機を結合するため情報の受渡しが増加し、ハードウェアとしても結合部が増加する。このため、システム設計上複雑化する傾向となり、システム コストは相対的に増加する。今回のシステムは、モデルとして 1 台の電子計算機でシステムを構成している。

このような位置にある二次系統システムの構成は図2に示

すように、制御用電子計算機HIDIC 500を中核とした構成となっている。主な構成機器は下記のとおりである。

- (1) HIDIC 500 中央処理装置
システムの中心となって各種の演算処理及び入出力機器の制御を行なう (コア記憶容量32k語)。
- (2) コンソール入出力装置
光電式紙テープ読取装置とコンソール タイプライタとから成り、各種のプログラム及びデータの入力、システム起動操作を行なう。
- (3) 磁気記憶装置
各種プログラム及びデータを記憶する (記憶容量512k語×2台)。
- (4) カラーCRT (Cathode Ray Tube) ディスプレイ装置
各種系統状態の監視、データの入力に使用するもので、カラーで系統図、グラフ、文字の表示を行なう。図3～5は、

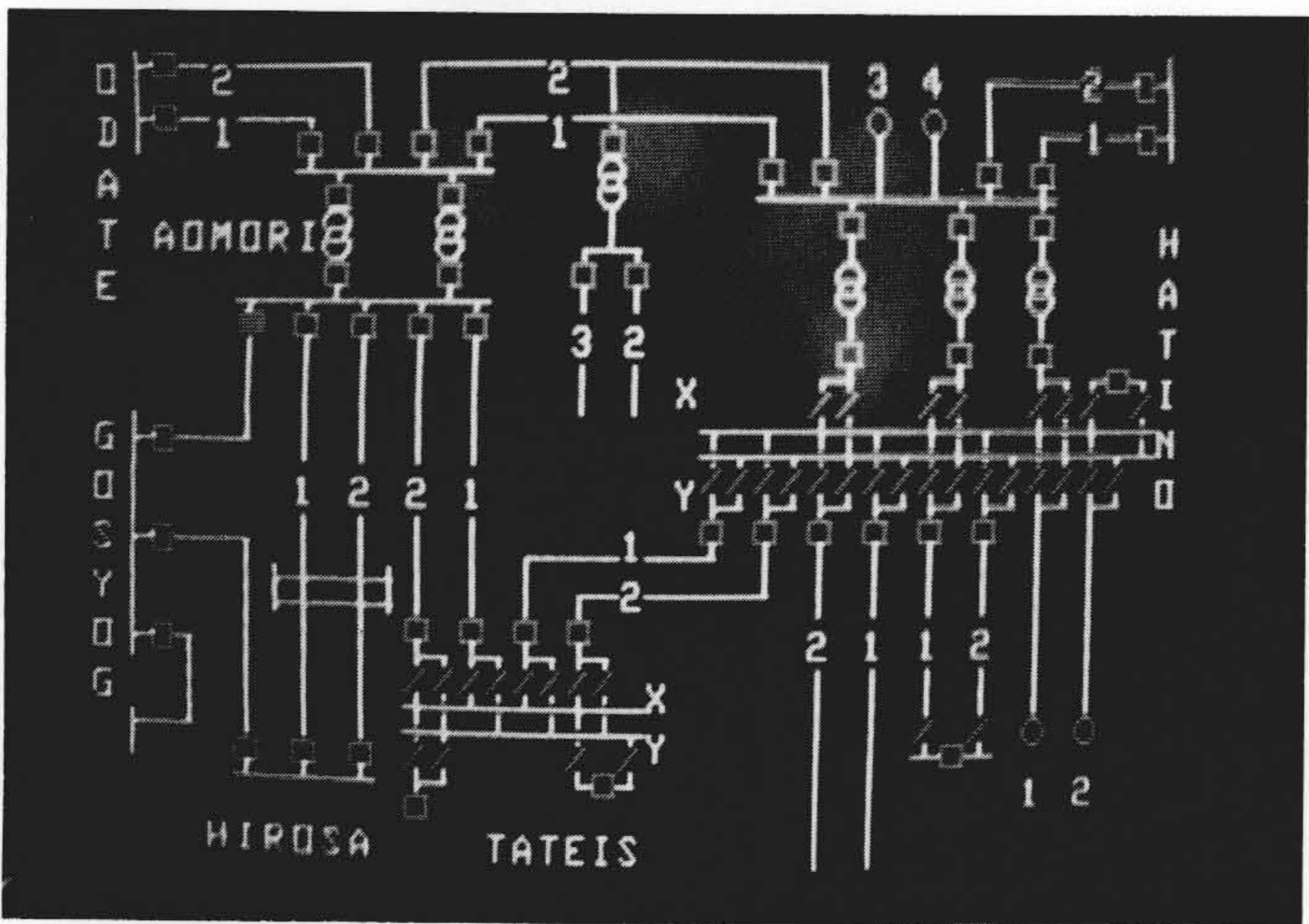


図3 CRTに表示された系統図の一例 系統のつながり状態、事故発生状態及び潮流状態をそれぞれ監視する。
Fig. 3 One-line Diagram for Power System Displayed on CRT Viewer



図4 CRTに表示されたグラフの一例 電圧監視点の上下限值、実測値及び設定値と並列コンデンサの投入状況を知ることができる。
Fig. 4 Graphic Characteristic Displayed on CRT Viewer

CRTに表示された画面の諸例を示すものである。

(5) メッセージ伝送装置

中央給電指令所に設置された電子計算機システムHITAC 7250の磁気記憶装置を遠隔使用し、記録データの転送、運用計画計算基礎データの転送、平常時系統操作手順の集中制御所への伝送及び任意時点の大量データの転送に使用する。

(6) データ交換入出力装置

CDTと情報の受渡しを行なう装置で、ワード直列、ビット並列に効率よく受け渡すことができる。

(7) プロセス入出力装置

オペレータズ コンソールのランプ、スイッチの情報の受渡しに使用する。

(8) ロギング タイプライタ

事故、指令の自動記録及び日報記録の印字に使用する。

(9) ライン プリンタ

潮流図及び各種計算処理結果の印字に使用する。

(10) 結合装置

スーパービジョン、アナログ テレメータと電子計算機の情報受渡しに使用する。

(11) オペレータズ コンソール

オペレータに制御状態の表示を行なうとともに、オペレータの指令を電子計算機に入力するために使用する。

(12) 補助リレー装置

オペレータズ コンソールとプロセス入出力装置を結合する。

(13) カード リーダ

プログラム カード、データ カードの入力に使用する。

2.2 自動化業務内容

二次系統制御所における業務を自動化しようとする場合、まず次に述べることを考慮する必要がある。

- (1) 二次系統制御所における業務にはどんなものがあるか。
- (2) 二次系統制御所における業務のうち、何を自動化すればメリットが大きいのか（この場合のメリットとは、省力化、質的高度化、信頼性の向上、運転員の負担軽減などである）。
- (3) 二次系統制御所における業務のうち、自動化しやすい業務は何か（自動化のメリットが大きくても、それを自動化することが非常に困難であったり、経費を要するときは、自動化業務として適当とは考えられない）。これらを総合して、今

回自動化業務の対象に選んだものは次に示す業務である（図6参照）。

- (1) 有効電力制御
- (2) 電圧無効電力制御
- (3) 運用計画計算
- (4) 系統監視
- (5) 記録、統計
- (6) 平常時系統操作

以下にこれらの業務における二次系統制御所としての特異な問題と、その処理内容につき述べる。

2.2.1 有効電力制御

有効電力制御計算には、翌日予想計算と当日計算制御がある。いずれも、中央給電指令所で行なっている計算処理と密接な関係があり、これを無視しては成り立たない。二次系統制御所の役割を十分にふまえたうえで業務の内容を決定しなければならない。以下に、二次系統制御所で行なう計算処理の内容について述べる。

(1) 翌日負荷予想計算

中央給電指令所で実施する翌日予想計算のベース データとなる負荷を予想すると同時に、自管内の翌日の潮流分布、発電予想を立てる基礎となる計算であり、一般電灯、一般大口、条件特約、単価特約について、次の式により計算する。

$$Z = \alpha \cdot Y + (1 - \alpha) \cdot X$$

ただし、Z：予想値 α：係数 Y：累算値

X：前回実績値

(2) 翌日発電予想計算

この計算も(1)の、翌日負荷予想計算と同様に、中央給電指令所で実施する翌日予想計算のベース データとなるものであり、自管内の翌日の潮流分布を予想する基礎となるものである。

(a) 自流式水力発電予想

過去3日間の実績値のトレンドから近似予想した値に、天候による低減係数を掛けて算出する。

(b) 調整式水力発電予想

過去3日間の実績値のトレンドより発電可能量を予想し、深夜、昼間、ピーク各時間帯の優先順位の指定に基づき出力配分を決定する。

(3) 当日余力計算

管内主要水力発電所の各出力に対する可能発電継続時間を、そのときの流入量、水位をもとに計算し、オペレータのリクエストに答えてCRTに表示する。

(4) 中央給電所指令

中央給電所から指令された主要発電所の出力をチェックし、管内の潮流ネック、貯水量上下限をチェックし、これを逸脱しないよう系統の切分け、出力の配分を行なう。

2.2.2 電圧無効電力制御

管内に定められた電圧監視点の電圧が、深夜、昼間、ピーク各時間帯について定められた電圧基準値のバンド内に入っているように、並列コンデンサ(SC)、自動電圧調整器(AVR)、自動調相器(AVQC)を電子計算機からの指令で自動制御するものであるが、基準となる一次系の電圧及び位相が変化すると、逆制御又は、過剰制御を引き起こすことになる場合がある。このため、中央給電指令所の指令と同期をとり、電圧監視により異常を検出すると、まず、電圧異常地点の電圧を変えるのに最も効果の大きい自動電圧調整器をテーブルから選び、それを単位量動かした場合の各点の電圧変動率を電圧効果テーブルから選んで、各点の電圧がいかに変化するかを調

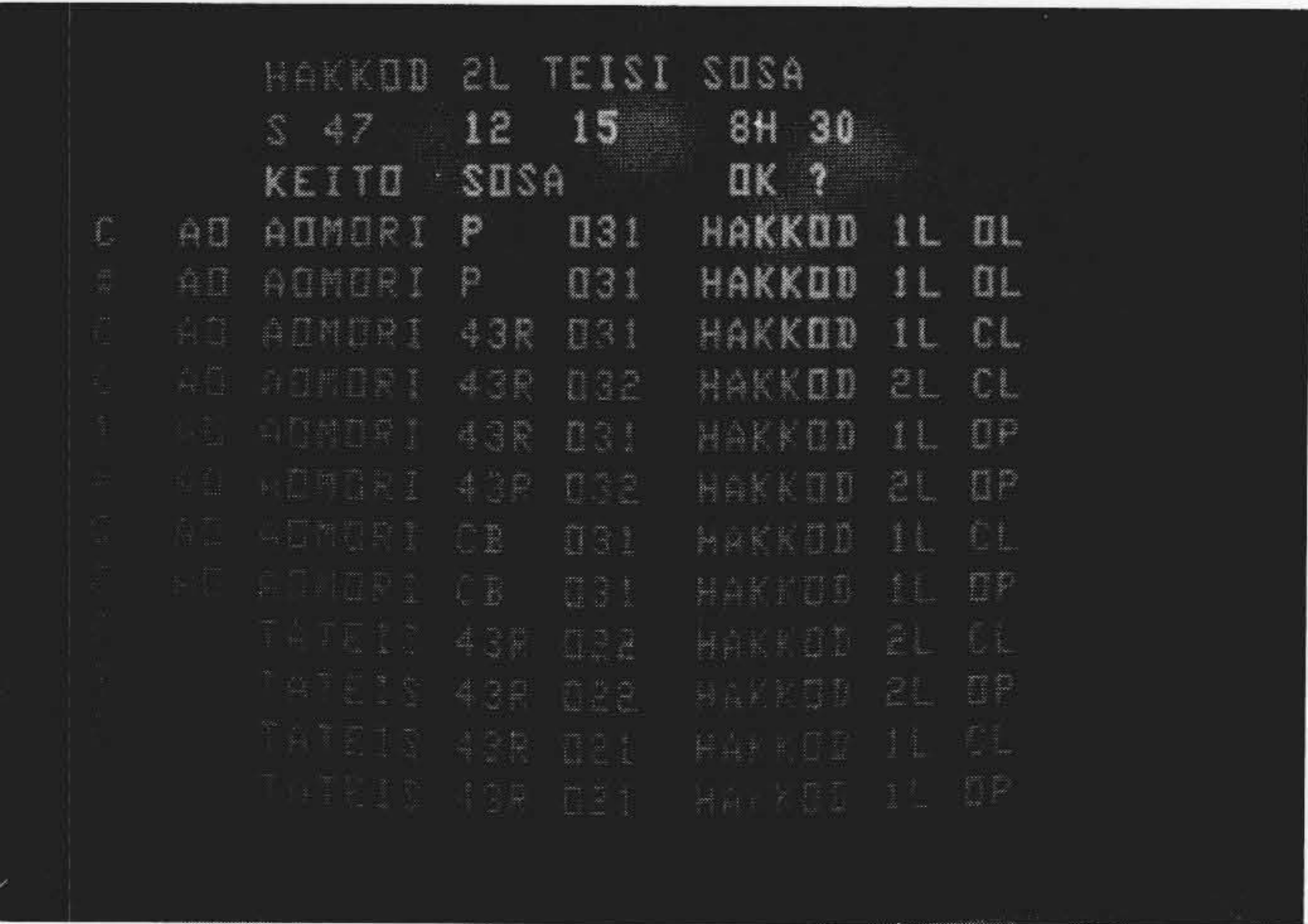


図5 CRTに表示された操作手順の例 系統操作手順をCRTに表示し、順次表示色を変えて操作の状況の監視ができる。

Fig. 5 Operation Procedure Instructed on CRT Viewer

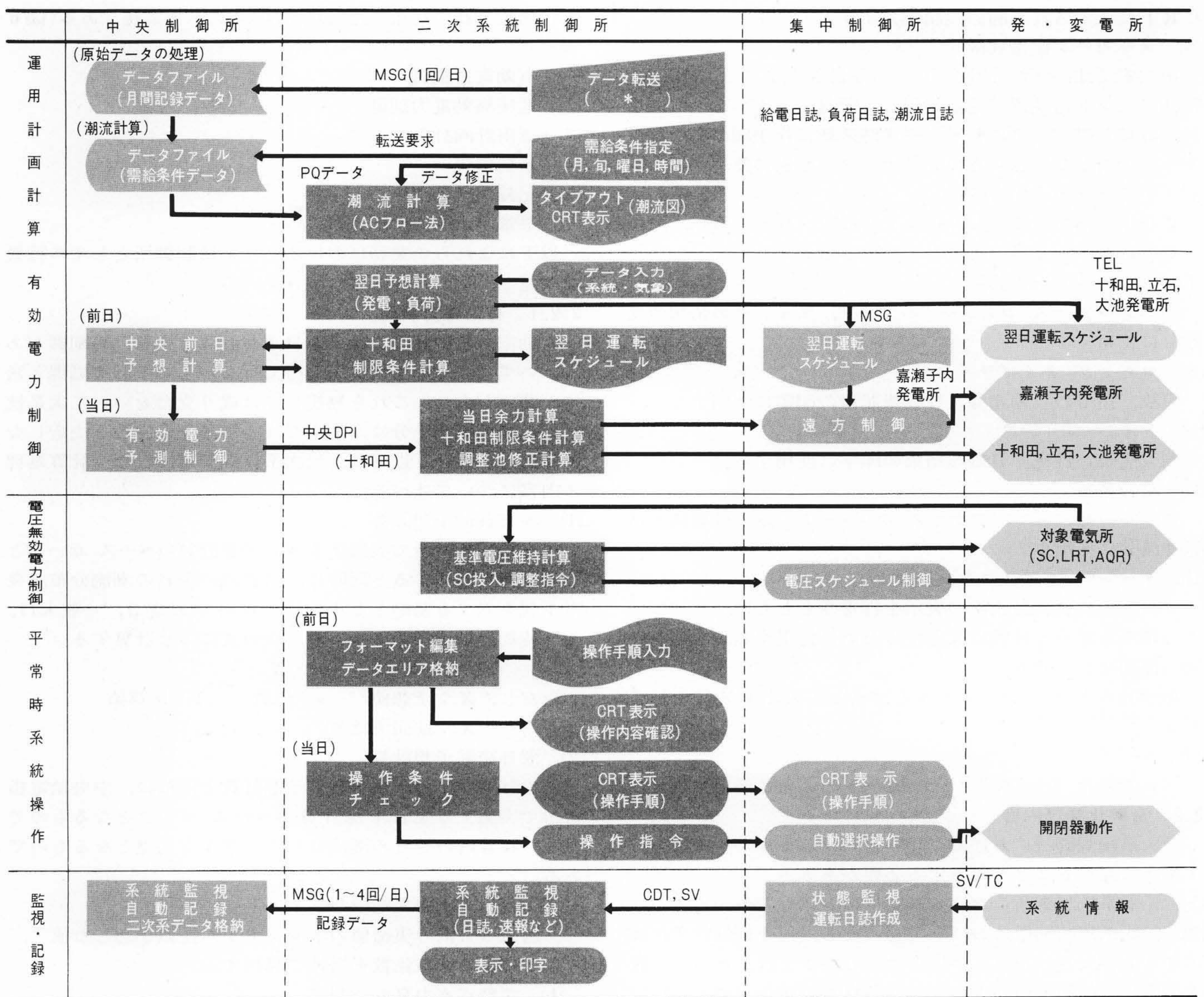


図6 二次系統制御ソフトウェア構成図 二次系統制御所のソフトウェアと、中央、集中、各発電所との関係を示す。

Fig. 6 Soft Ware Block Diagram Local Load Dispatching Office

べ、その電圧が定められた電圧範囲に入ったときの自動電圧調整器の動作を求める。これに基づいて電子計算機より自動指令する。

二次系統管内の地域性として、塩害発生時はオペレーターズ コンソールから塩害発生地域を指定することにより、必要個所の基準電圧を変更することができる。図7はその概略フローチャートを示すものである。

2.2.3 運用計画計算

二次系統制御所において、電力系統を運用するために発生する作業停止計画、設備の新增設計画などを検討するために運用者が任意に構成する系統の需給断面を想定し、この条件のもとで電圧、電力潮流計算を容易に行なえることは、二次系統制御所の業務効率向上に有効である。しかし、その需給断面想定元となるデータの蓄積は膨大はものとなるため、毎日集められたデータは一括して、中央給電指令所に設置された電子計算機の磁気テープにファイルされ、図8に示すような区分に従い156ケースに統計整理され、必要の都度、二次系統制御所の電子計算機に呼び出して使用することにしてある。

2.2.4 系統監視

電力系統での負荷、発電所出力などの需給状況の変動、更には系統事故、電力設備の停止作業など、種々の状況変化や外乱に即応しつつ、系統の安定運転、電力設備の保安及び需要家への安定供給を維持するため、系統運用に必要な諸情報の状態変化や、上下限のチェックを行ない、CRT、タイプライタ、オペレーターズ コンソールなどに自動表示する。

図3～5は、CRTに表示された系統図、グラフ及び数値表示の諸例である。

2.2.5 記録、統計

記録は、二次系統制御所で必要な諸データを一括収集、保存し、当日の運用はもちろんのこと、運用計画立案など総合的な立場から見た系統運用の資料とする。また長期保存し、統計処理されるデータは、中央給電指令所に設置された電子計算機の磁気テープに記憶するため、まとめて中央給電指令所へ送られる。

2.2.6 平常時系統操作

電力系統が拡大化し、かつ複雑化してくると、平常時の系統操作量は増大し、また操作決定の範囲が広がってくるた

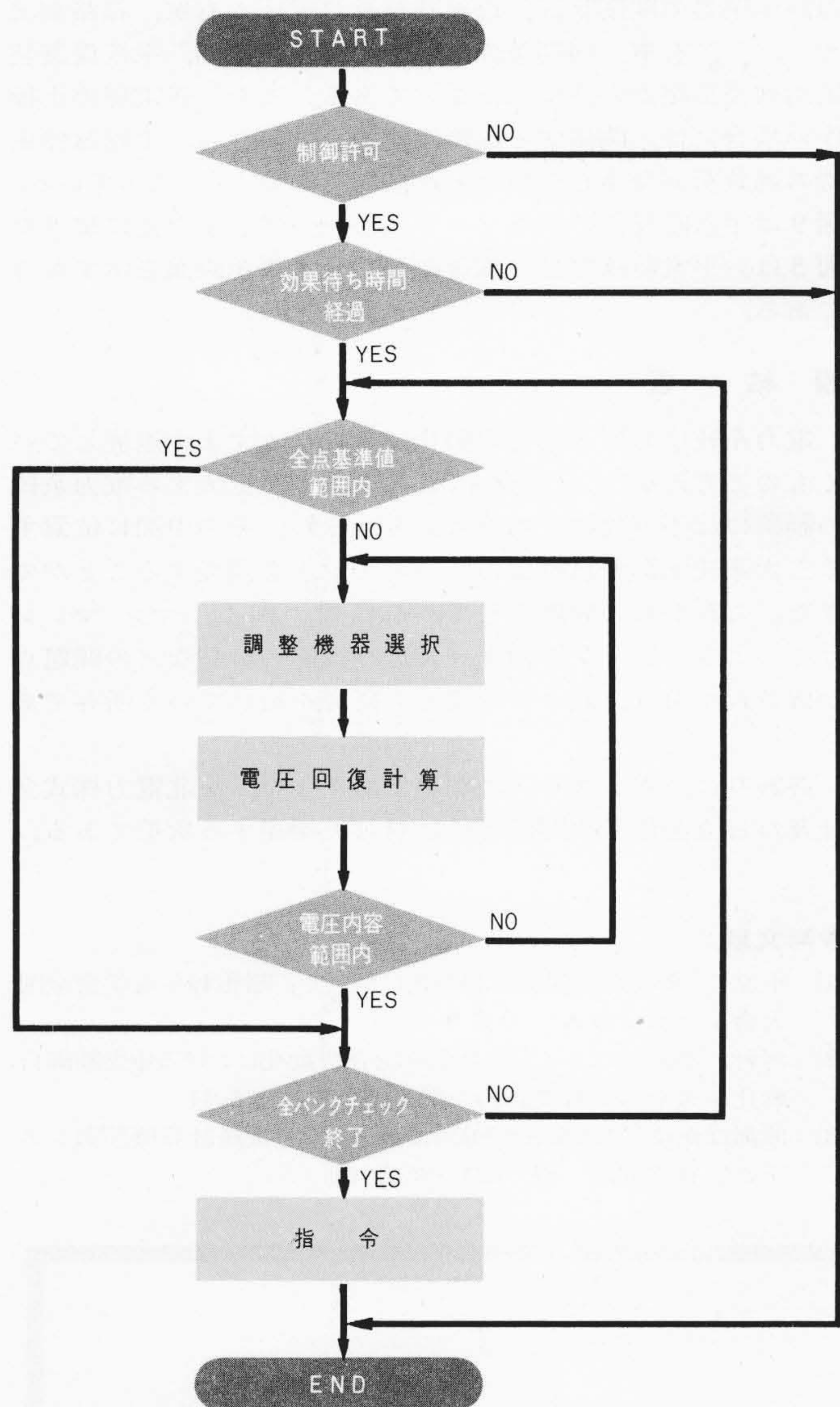


図7 電圧無効電力制御概略フローチャート 電圧無効電力制御プログラムの概略処理内容を示す。
Fig. 7 Flow Chart of V.Q.C Control

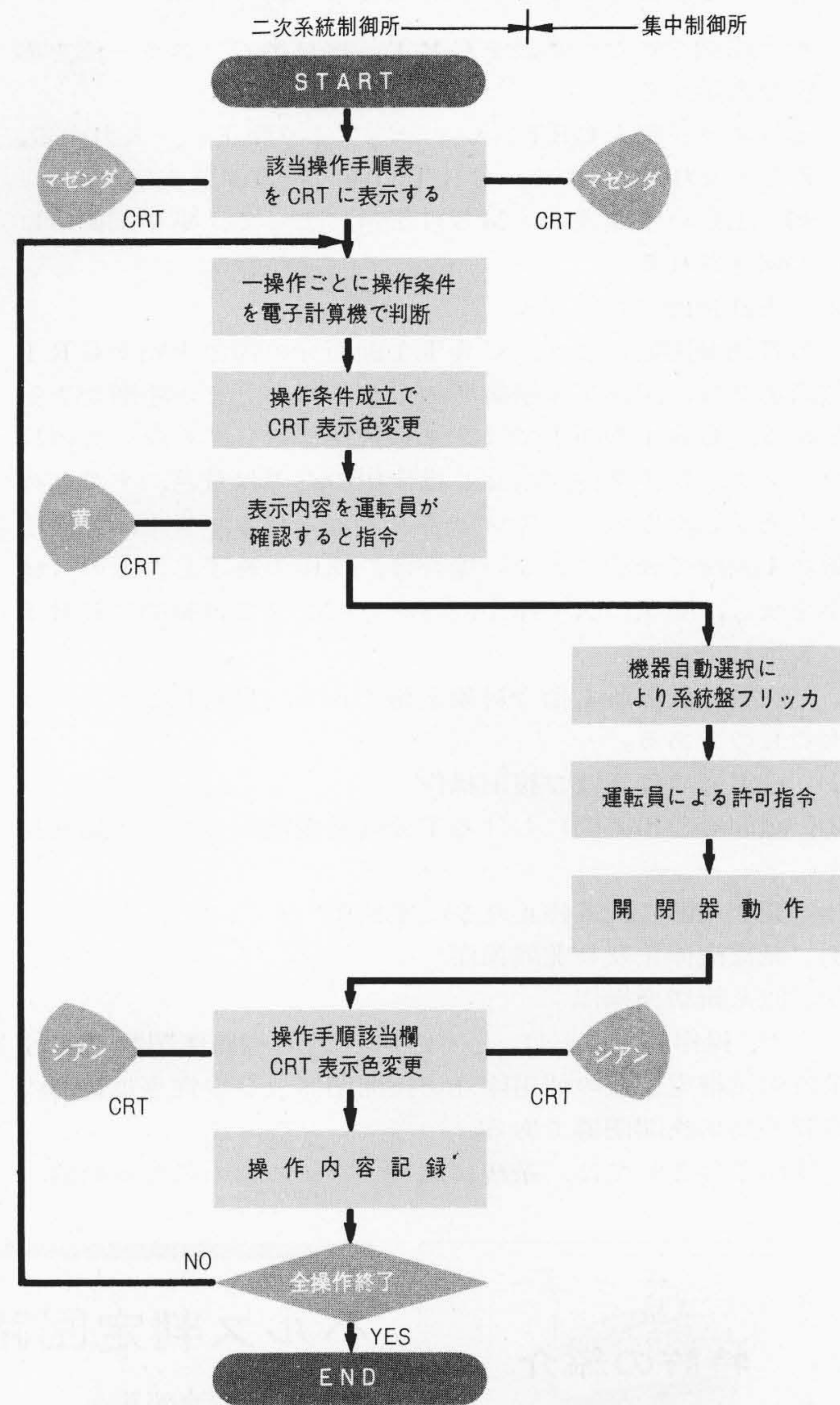


図9 平常時操作概略フローチャート 平常時系統操作のプログラム処理フローを示す。
Fig. 9 Flow Chart of Electric Power System Control

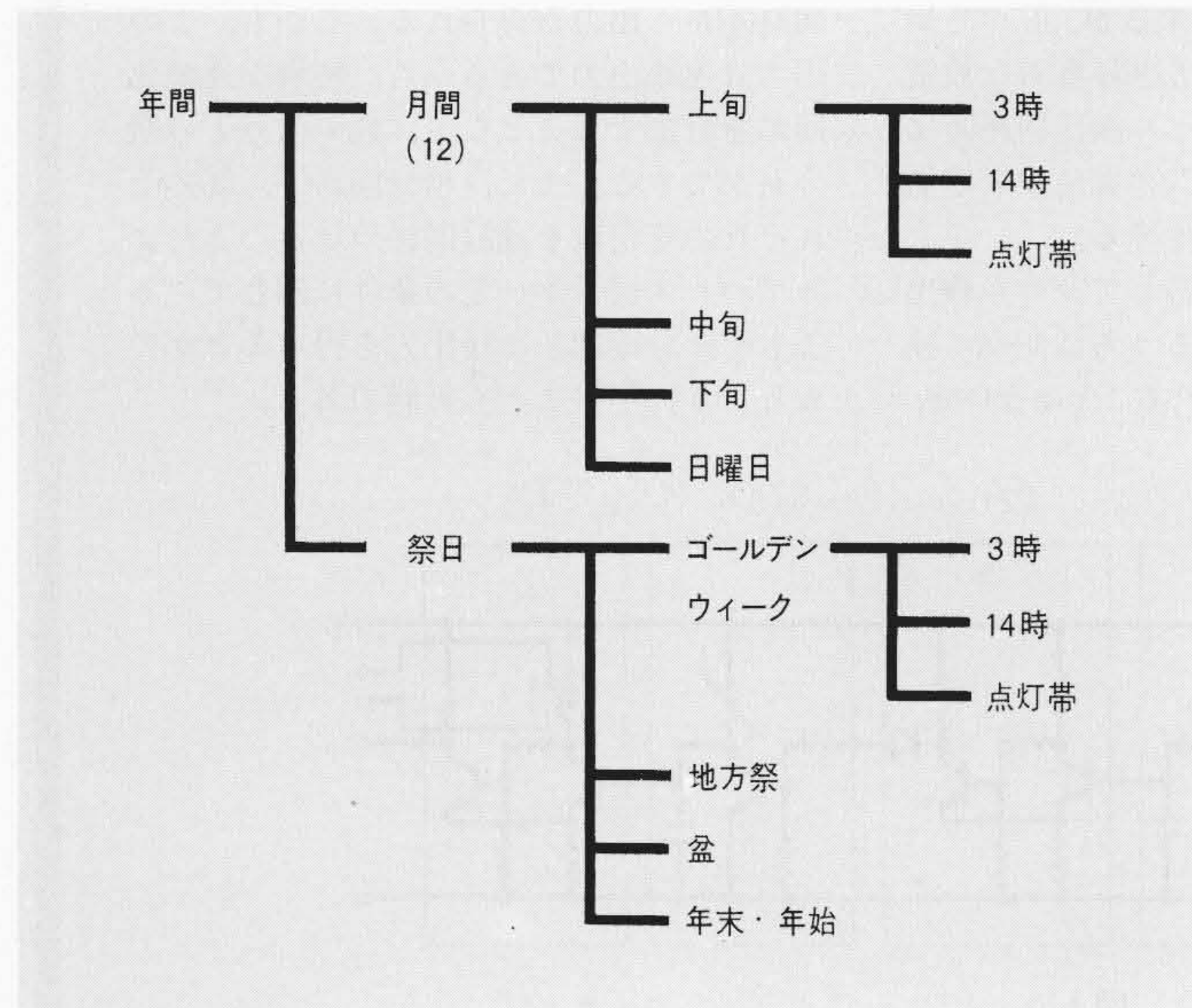


図8 需給断面ケース 需給断面を年間156ケースに分ける。
Fig. 8 Patterns of Electric Power Demands in One Year

め、人的過誤の防止、操作の迅速化を図るために自動化が必要となってくる。一方、二次系統制御所内の操作内容も多岐にわたり、そのすべてを記憶し自動操作することは難しい。

1 電気所内の操作は、その電気所のみで比較的可能であるが、二次系統制御所管内の一連操作は、多数電気所にまたがるため、定形化に難しい面がある。

- (1) 操作の手順はオペレータがあらかじめ容易に入力できること。
- (2) 入力された操作手順は、容易にチェックできること。
- (3) チェックされた操作手順は、人手を要せず、自動操作できること。
- (4) 操作の過程は、オペレータが容易に監視でき、かつオペレータの割込みを可能とすること。
- (5) 操作された結果は自動的に記録できること。

これらの前提に立って開発されたのが次に述べる前日チェックプログラムと当日制御プログラムである。

- (1) 前日チェックプログラム
 - (a) 平常時の操作手順表を紙テープにせん孔する。
 - (b) せん孔された紙テープを読み、操作組合せの合理性を

チェックして正誤を判断し、ドラムへ格納する。

(c) 格納された手順表をCRTへ呼び出し、エラー部を赤色で表示する。

(d) エラー部をCRTのキーボードより修正し、入力する。正しく入力されるまで、CRT画面の色は赤色表示となる。

(e) 正しい手順表は、MSG伝送によって、集中制御所にも転送される。

(2) 当日制御プログラム

当日制御開始により、CRT 1画面分の操作手順がCRTに表示され、関連集中制御所のCRTにも、その手順が表示される。CRT画面上では、まだ操作に入っていないものはマゼンタ、操作条件が成立し操作中のものは黄色、すでに操作の終了したものはシアンと各色表示される。また、操作手順が1画面で表示できない場合は、操作の終了したもの3操作を残し、順次に次の操作内容をマゼンタで自動的にCRTに表示していく。

二次系統制御所の指令対象業務のうち、自動化したものは次のものである。

- (1) 送電線の停止及び復旧操作
- (2) 2回線並用区間におけるT分岐発電所のループ切換操作
- (3) 発電所の受電停止及び受電操作
- (4) 発電機停止及び並列操作
- (5) 他系統切換操作

また、操作対象機器は、しゃ断器(CB)、線路開閉器(LS)、系統保護継電装置の使用除外切換開閉器及び中性点抵抗器の自動手動切換開閉器である。

操作条件としては、系統構成チェックのためのしゃ断器、

線路開閉器の開閉状況、母線及び線路電圧の有無、線路潮流オーバーの有無、同期条件としての相差角範囲、系統保護装置用切換開閉器の使用状況などである。また、送電線停止操作の場合には、関係する線路潮流の合計値から、1回線停止時の過負荷が発生しないことを確認できるようになっている。

図9は平常時操作の概略フローチャートを、また先に掲げた図5は、平常時操作当日制御中のCRT表示画面を示すものである。

7 結 言

電力系統における総合自動化は、今後ますます進展していくものと考ええる。ハイアラキシステムは、拡大する電力系統の制御には不可欠のものと考えられるが、その中間に位置する二次系統制御所自動化の一つのモデルを開発することができた。これからの課題として、信頼性の向上、マンマシンコミュニケーションの向上、合理的機能の分担などの問題点が残されており、我々は今後とも研究を続けていく所存である。

終わりに、本システムの開発にあたった、東北電力株式会社及び日立製作所の関係各位に対して深謝する次第である。

参考文献

- (1) 小原：「二次系統制御の自動化について」昭和49年電学会全国大会シンポジウム OS9-4
- (2) 河野，平河内ほか：「電力系統総合自動化における中央制御自動化システム」日立評論 53, 1047 (昭46-11)
- (3) 渡瀬ほか：「二次系統制御所における電力系統計算機制御システム」日立評論 52, 581 (昭45-6)

特許の紹介

パルス判定回路

三木義照・渡部篤美

特許 第584256号 (特公昭44-1786号)

本発明はパルスのように断続する信号があるとき、この信号が一定の条件を満足しているか否かを判定するための回路を提案するものであり、本発明によるときは、なんら特別な装置を要することなく連続した直流電圧または電流の形で判定出力が得られる。

従来、パルスの判定は、パルス信号が負電位にある期間中積分回路を動作させ、これが一定値以上の出力に達したことをレベル検出回路で検出し出力するものであったから、パルス信号が一定の条件を満足していても判定出力は断続する。このため、他の信号と組み合わせ使用するためには特別に判定出力を連続化する回路を付加することが必要であった。

図1はこの発明の一具体例を示す接続図であり、①、③は積分回路、②、④はレベル検出回路である。入力 e_i が負電位となると積分回路①のコンデンサ C_1 の電位は上昇し、これが一定のレベル以上になるとレベ

ル検出回路②は出力を生ずる。積分回路③ではレベル検出回路②の出力がないときコンデンサ C_3 の電位が上昇するが、レベル検出回路②から出力があるときは直ちに放電し、ゼロ電位となる。レベル検出回路④は積分回路③のコンデンサ C_3 の電位が一定値以上となったとき出力を生ずる。

したがって、入力 e_i に応じてレベル検出回路②が出力を生じているうちはレベル検出回路④から出力が得られることはないが、

e_i が一定の条件に達し、レベル検出回路②が長時間出力を生じないときはレベル検出回路④から出力が得られる。しかも、この出力は連続出力であるから、特別な連続化回路を付加することなく、他の信号との組合せができる。また、積分回路①、③のそれぞれの時定数を適宜関係づけることによってパルス信号が一定の条件に達していることを十分確認した後出力を得ることができるようになることも可能である。

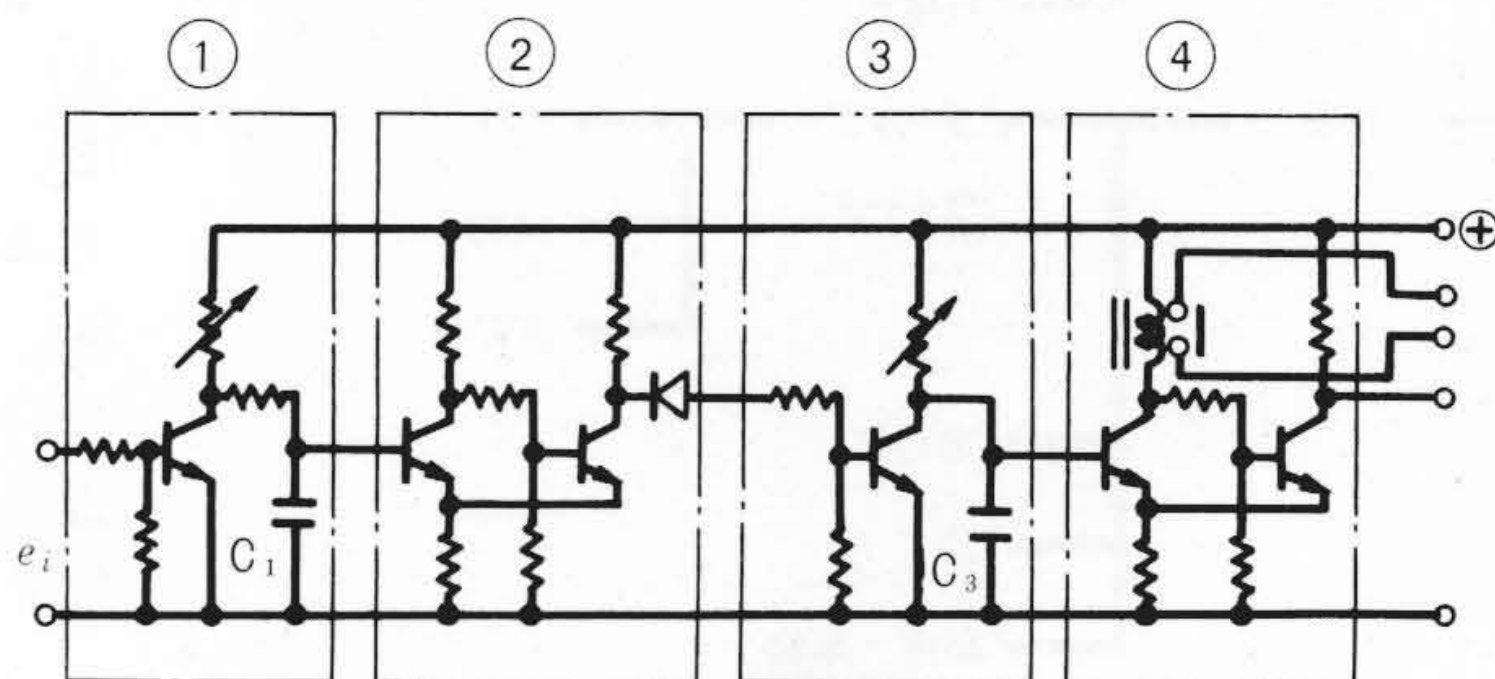


図1