

電力系統分野における計算機制御システム

Computer Control Systems for Power Network Systems

森田憲一* Ken'ichi Morita

寺田保広* Yasuhiro Terada

高津正雄** Masao Takatsu

最近の電力系統制御では、計算機の高速化・大容量化に加えて、知識処理、シミュレータ、新しいマンマシンインタフェース、信頼度監視などの新しい技術を導入し、複雑化する電力系統を、より安定に効率よく監視・制御することが求められている。更に、従来自動化があまり行われていなかった配電分野への計算機導入と、オンライン監視制御システムで収集した情報を、経営情報として計画・統計・予算などの業務に活用するため、監視制御システムとはん(汎)用計算機システム、事務OAシステムとを結合したハイブリッドシステムの導入が図られている。日立製作所では、これら技術動向に対応しながら、電力系統制御システムを電力供給信頼度の向上だけでなく、電力情報処理の情報源としてとらえたシステム作りを目指しており、本論文ではこれらの対応について述べる。

1 緒言

電力系統の監視制御に計算機が使用されるようになり既に20年が経過している。この間記録の自動化を主体としたシステムからスタートした機能は、ハードウェアの飛躍的性能向上とソフトウェアの技術向上に伴い、オンライン制御、経済負荷配分計算や潮流計算を中心とする計算処理、統計処理、シミュレーションなどにまで拡張され、我が国でのこの分野の稼動計算機システム数は1,000を超えており、日立製作所が納入した計算機数累計も図1に示す伸びを示している。

電力系統制御システムの基本構成¹⁾は、中央給電指令システム、地域給電システム、発電所集中制御システムの3層構成を典型として、2～4層のハイアラキー構成を取っている。各々の計算機システムは順次導入が進み、最近では新規システムよりも、機能及び性能の拡張を目的とした既設システムのリプレース、グレードアップが増えてきている。また、従来の計算機を使用していなかった配電線の監視制御分野への計算機システム導入も活発に行われてきており、更にハイアラキーの層を統合した高機能大規模システムの導入も行われている。

一方、監視制御システムはプロセス計算機で構成し、他の情報処理システムとは情報の受渡しが少ない独立したシステムとするのが一般的であった。しかし、最近ではプロセス計算機で収集した情報を、経営情報として計画業務、統計業務、予算業務などに活用しようとする傾向が見られ、電力会社内のOA (Office Automation) 業務や、情報通信業務と連携した新しいシステム再編成の動きが見られる。

本論文では、これらの動向と、これらを支える技術動向について述べる。

2 電力系統制御分野における新技術

2.1 知識処理

知識処理は、専門家の知識を“if-then”ルール²⁾で記述し、これらを集合した知識ベースを構成し、問題が与えられると推論と呼ばれる知識ベース検索手法を用いて解を得る方法で、医学・工学・教育・自然科学などの幅広い分野で活用されてきている。

電力系統制御での知識処理は表1に示す幅広いテーマに適用できると考えられる。昭和62年のCIGRE分科会39^{*)}東京大会では、世界の各電力会社の知識処理適用状況はオンライン稼動、現地テスト中が19%、オンラインシステム構築中が16%、プロトタイプ作成が40%と報告された。我が国でも系統事故判定、復旧操作への適用を中心に研究・開発・実証試験が盛んに行われている。知識工学が特に期待される理由は次の点にある。

- (1) 電力系統は需要の伸びに伴って常に拡大、変化しており、これらの変化に対応するには、プログラム記述よりも、データによる記述が適しており、知識処理の追加、変更の容易さのメリットが活かせる。
- (2) 計算機システムは、オンライン情報や計算結果をオペレータに提供し、オペレータはこれらを基に系統の運用を行っているが、長年の経験蓄積に基づく総合的な判断が運用のべ

*) CIGRE分科会39

International Conference on Large High Voltage Electric SystemsのStudy Committee 39で、System Operation and Control をテーマとしている。

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所電力事業部

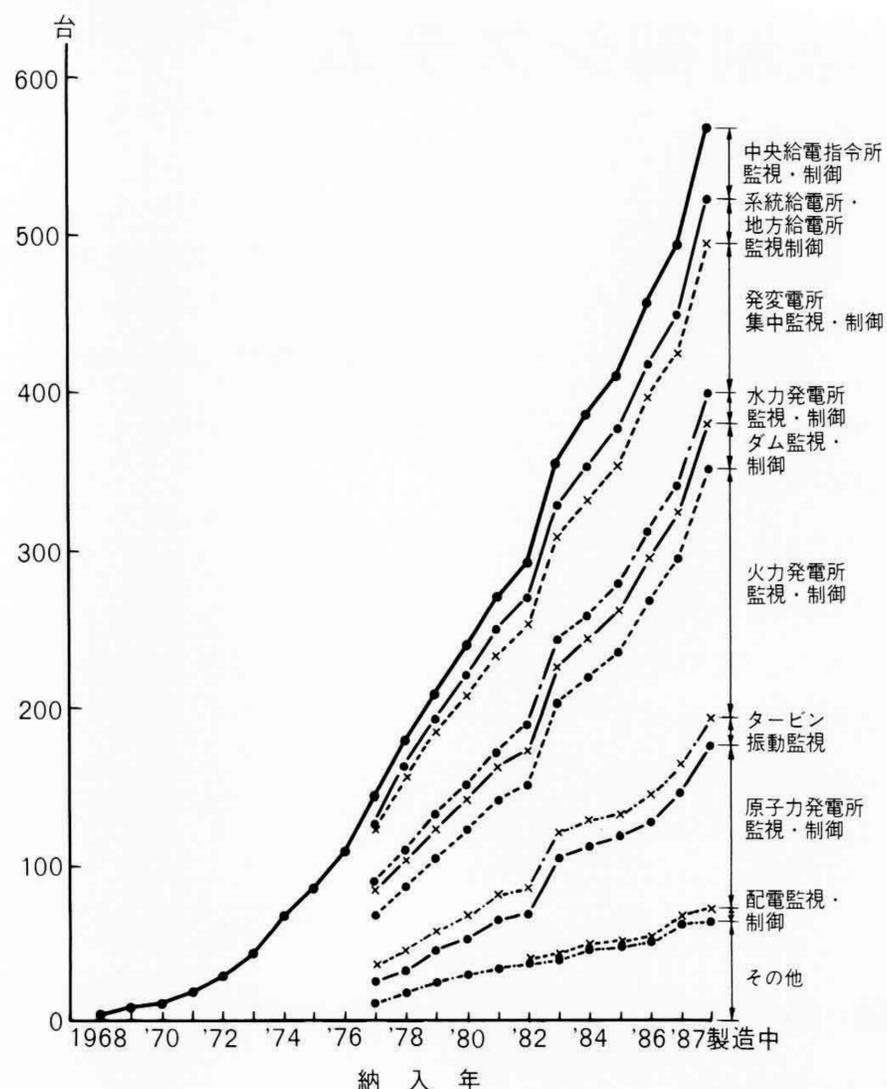


図1 電力制御向け制御用計算機納入累計表 電力関係の制御用計算機の分野別累計納入台数を示す。

ースとなっており、特に異常時の対応ではこの傾向が顕著である。これらのノウハウをヒューリスティックな知識ベースとして集大成し、個人の能力と熟練度に依存しない最適な運用が可能なシステムが期待できる。

知識処理の応用には、PROLOG, LISPなどの知識処理言語で記述する方式と、知識ベースや構造をツールを使用して記述する方式とがある。日立製作所では開発の効率化、迅速化と推論の高速化を図るため、後者の方式を採用しEUREKA (Electronics Understanding and Reasoning by Knowledge Action)-II²⁾というツールを用いて、実システムの開発を行っている。

知識処理を今後更に実用化していくためには、次の点の改善が必要である。

- (1) 蓄積された知識の量と質が実用化レベルに達したかどうかの客観的判定基準
- (2) 推論の高速化
- (3) オンライン監視制御システムのデータベースと知識処理データベースの親和性追求

2.2 シミュレーション技術

電力システムの複雑化に伴い、電力の安定供給のためのオペレータの役割がますます重要となってきた。しかし、発電機器・系統保護機器・通信機器・遠方監視制御機器の個々の性能、及び信頼度は向上しており、オペレータは実体験の少ない各種事故への的確で迅速な対応が要求される。オペレータの誤操作は複雑化した系統への事故波及を助長する可能

表1 電力系統制御における知識処理適用テーマ 電力系統制御分野でのAI適用中あるいは適用予定の主要テーマを示す。

| テ | マ | 概 | 要 |
|-----------|------------------|--|---|
| 1. 監視 | 事故判定 | リレー、CB動作情報を分析して、事故内容及び発生点をオペレータに報知 | |
| | インテリジェントアラーム | アラーム多発時の分析及び必要十分なまとまった情報のオペレータへの提供 | |
| | 信頼度監視 | オンライン、データ及び各種信頼度計算結果に、運転経験のノウハウを加えてオペレータにガイダンス提供 | |
| 2. 制御 | 平常時系統操作 | 設備停止や潮流の変動に応じた系統操作の手順表作成 | |
| | 事故時系統操作 | 停電の速やかな解消と原系統への復帰を目的とした操作手順の作成 | |
| | 水系一量運用制御 | 上流から下流までの水の効率的利用を図る発電計画 | |
| | 需給制御 | 種々の制約条件下での負荷変化に応じた発電及び連系線の経済運用 | |
| 3. 予測 | 負荷予測 | 季節、気象条件、曜日、祝祭日、社会的事象などから1日の負荷変化(ルールカーブ)を予測 | |
| | 出水予想 | 季節ベースの長期出水予想、降雨・融雪ベースの短期出水予想 | |
| 4. 計画 | 機器保守・点検スケジュール | 需給バランス・系統の信頼度確保を前提として機器保守・点検のスケジュールを立案 | |
| | 発電機運転スケジュール | 発電効率と運転・停止コストを考慮して各発電機の運転スケジュールを立案 | |
| | 燃料計画 | 燃料の調達、為替動向を考慮した計画立案 | |
| 5. 保守 | 機器予防保全 | 各種機器の状態を分析して診断し保守のガイダンス提供 | |
| | 機器自身の事故診断 | 各機器に自己診断用のAIチップを組み込み、状態及び故障原因の診断実施 | |
| | トラブルシューティングガイダンス | 機器あるいはシステムの事故時、故障機器・パーツの判定を行い、復旧時間の知識を図る。 | |
| 6. シミュレータ | 系統解析シミュレータ | 電力系統の各種解析計算での計算条件設定・計算結果解析の支援 | |
| | トレーニングシミュレータ | シミュレーションのシナリオ作成、訓練結果評価の支援 | |

注：略語説明 AI(Artificial Intelligence)

性もあり、ベテランオペレータの経験やノウハウを新しいオペレータに速やかに伝達する必要がある。このための訓練用シミュレータが導入され始めている。ハードウェアの大容量化、高速化で、シミュレーションの基礎となる潮流計算が秒オーダーで行えるようになり、更に高速演算装置(ベクトルプロセッサ)の追加により、100 msの周期で回路網計算、発電機、タービン模擬計算、リレー動作模擬などができるようになり、従来は困難であった臨場感のあるシミュレーションが可能となった。

大画面ディスプレイや音声入出力装置などの新しいハードウェアも、シミュレータに使用され始めている。シミュレータを構築する場合、オンライン監視制御システムとシミュレータを組み合わせた一体形シミュレータと、独立のシステムとして構成する独立形シミュレータの2種類がある。各々表2に示す特徴を持っており、ニーズに合わせて選択できる。

最近、関西電力株式会社中央給電指令所に納入した一体形シミュレータ³⁾のシステム構成及び特徴を、図2及び表3に示す。

2.3 マンマシンインタフェース

2.3.1 CRT

マンマシンインタフェースの中心は、この10年以上CRT (Cathode Ray Tube)が占めており、これに代わる安価で信頼性の高いデバイスは出現していない。CRT自身の機能も向上しており、従来HOST側で行われていた処理が、デバイス(CRTコントローラ)側で行われるようになってきている。電力系統制御で要求されるCRTの性能は次のようなものである。

- (1) 電力系統をカラーの単線図で表示できること。
- (2) 最低2×2画面を画面移動により表示できること。
- (3) 漢字(JIS第2水準+最低500のプログラム可能な文字)表示が可能なこと。
- (4) ライトペン、トラッカーボールあるいはタブレット、スタイラスペン、ジョイスティックなどのカーソル移動デバイスを備えていること。

- (5) 単線図の表示は約1秒以内(ソフト処理も含む。)のこと。
- (6) トレンドグラフや地図・気象図などのグラフィック画面を表示できること。
- (7) マルチウインドウ機能を備えていること。

最新のインテリジェントタイプCRTは、上記のニーズを満たしている。

2.3.2 大形ディスプレイ

系統監視盤や気象盤にはモザイク式の照光パネルが用いられてきたが、これに代わるものとして大形ディスプレイが実用化されてきている。

現在製品化されている主力のものは、液晶投影式のディスプレイと背面投写式ディスプレイである。液晶投影式ディスプレイは、数センチメートル四方の赤、青、黄の3原色用の3枚の液晶素子にレーザ光で熱書き込みし、書き込んだ図形・文字をスライドプロジェクタと同じように投射する方式である。レーザ光で書き込むことによって解像度を非常に高くとれ、専用の投射用光源によって投射することで、大画面でかつ高輝度を得ることができる。背面投写式ディスプレイは、9インチの電磁集束方式の高輝度・高解像度投影管に表示される画像を投射レンズを通して背面から光学的に特殊スクリーンに投影する方式で、画像書換速度に優れ、通常のテレビジョン画面との切替えも可能である。

両者の特徴を表4に記す。

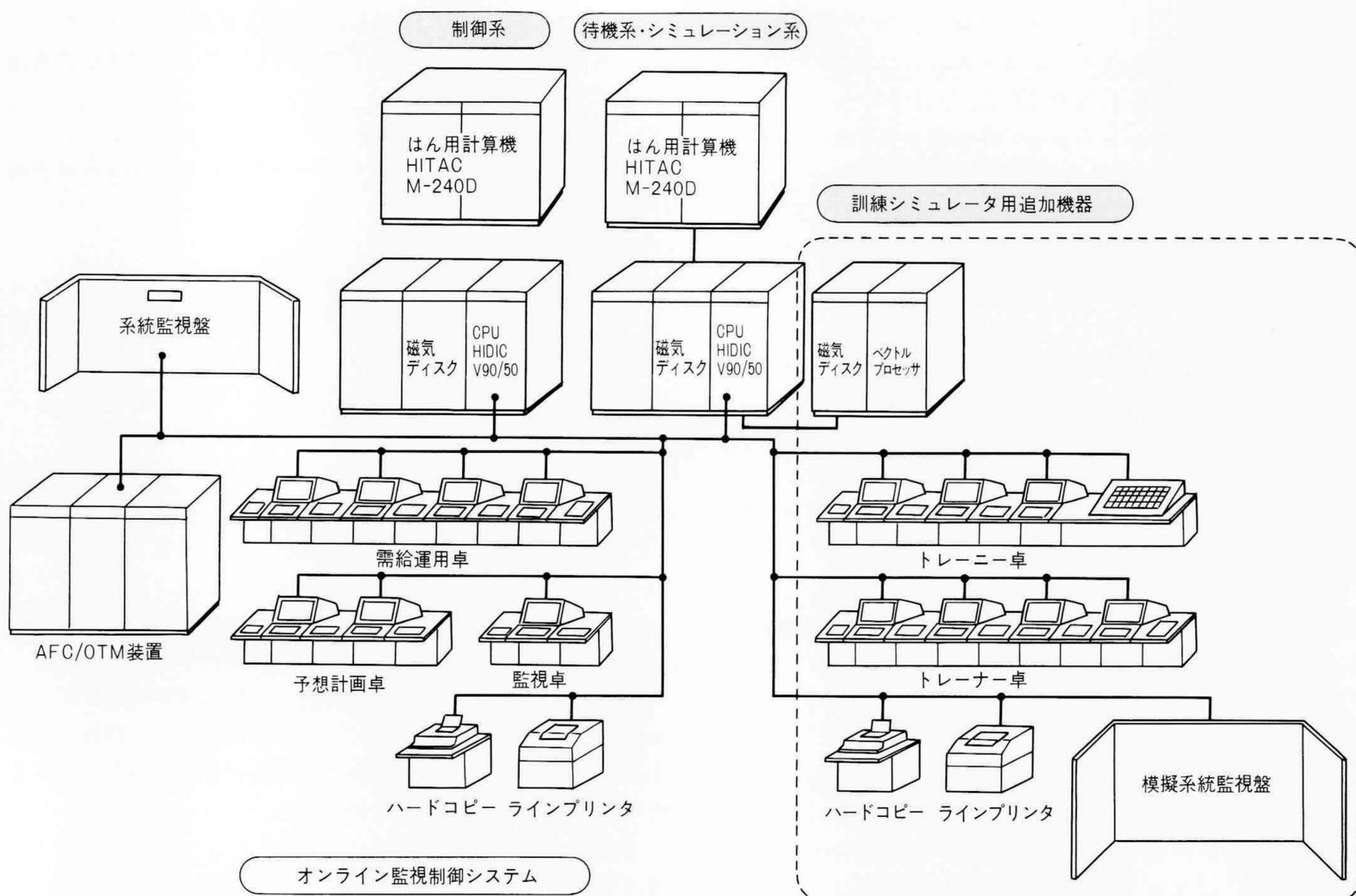
2.4 信頼度監視

電力系統の技術の中で、計算機が16ビット機から32ビット機へ発展したことの恩恵を最も受けた技術は信頼度監視⁴⁾である。

この技術は我が国の電力会社では部分的に採用され始めてきているが、輸出では欠かせない技術である。これらはハンガリーやホンコンへの輸出システムを含む内外の中央給電指令システム・地方給電指令システムの中で実現されている。以下に、この中心技術である状態推定と想定事故計算について述べる。

表2 一体形シミュレータと独立形シミュレータの比較 オペレータ訓練用シミュレータを構築する場合、オンライン監視制御システムと一体形で構成する方式と、独立して構成する方式があり、両者の比較を示す。

| | 一体形シミュレータ | 独立形シミュレータ |
|----|--|---|
| 定義 | オンライン監視制御システムの待機系あるいは第3系の計算機を用いて、オンラインデータを訓練用に用いるようにしたシミュレータである。 | 独立した計算機システムと周辺機器で構成するシミュレータである。 |
| 特 | 1. オンライン監視制御とハードウェア・ソフトウェアを共通化しているため、臨場感のあるシミュレーションが可能である。 | 1. はん(汎)用シミュレータとして、複数のシステムのシミュレータとして用いることができる。 |
| | 2. 初期データの設定が容易である。 | 2. 対象とすべきシステムのソフトウェア及びデータベースを用意する必要があり、ソフトウェア規模は大となる。 |
| 徴 | 3. 増設・変更時のソフトウェア改造の検証に使用できる。 | 3. オンライン監視制御システムの影響を受けずにシミュレーションができる。 |
| | 4. シミュレーションできる対象は一体形のオンライン監視制御システムだけで、他のシステムのシミュレーションには使用困難である。 | 4. 構築費用は大である。 |
| | 5. 構築費用は少なく済む。 | —— |



注：略語説明 AFC/OTM(Automatic Frequency Control/Order Telemeter), CPU(Central Processing Unit)

図2 シミュレータシステムのシステム構成 オンライン監視制御システムの従系にベクトルプロセッサ及び周辺機器を加え、一体形で構成したシミュレータの構成を示す。

2.4.1 状態推定

我が国ではオンライン潮流計算を実施する際、オペレータがオンライン入力データを必要に応じて追加・修正し、潮流計算を実施するのが一般的であるが、欧米では、オンラインで入力したデータに状態推定処理を行い、誤ったデータを除外して、最も確からしい推定データを計算し、これを基にオンライン潮流計算を行っている。状態推定は有効電力、無効電力のバランスの取れた系統データを推定するのに加え、測定器や系統常数のチェック、データ欠損時の推定などにも効果を発揮する。計算手法は通常重み付き最小自乗法⁵⁾が用いられる。

誤りデータの検定や状態推定を行える範囲を切り分ける可観測性の問題など、今なお理論面での改善が継続されているが、今後我が国の電力会社への適用が期待される。

日立製作所では本格的な状態推定をホンコンの電力系統に適用済み⁶⁾であり、誤りデータの検定、重みの調整などの実用化技術を確立している。

2.4.2 想定事故計算

想定事故計算とは、一定周期(30分～1時間)で発電機事故や遮断器のトリップなどのあらかじめ予想した事故条件下で潮流計算・周波数計算を行い、潮流や電圧などの異常をオペレータに警告するものである。事故の想定の仕事方を自動的に

行う方法と、手動設定する二つの方法がある。前者は、あらゆる機器の単独事故についてまず直流法の潮流計算を行い、クリティカルケースを洗い出してそれらケースについて通常の潮流計算を行う方法で、世界的に主流になりつつある。後者は、手動で単独あるいは重複事故を設定し、潮流計算を行う方法である。適用する潮流計算についても、ニュートン・ラプソン法、有効電力と無効電力を分けて計算を繰り返し計算時間の短縮を図るファースト・デカップルド法、フロー法など、系統条件に応じて種別を選択できるようにしている。

3 制御対象範囲の拡大と機能向上

3.1 電力高度情報化システム

電力系統の監視制御システムは、高信頼性や早いレスポンスの追求、多様な入出力インタフェースへの対応などの理由により制御用計算機を中心に構成され、オンライン監視制御情報は順次発電所集中制御システムから地方給電システムへ、更に中央給電指令システムへと伝送される。中央給電指令システムは、最近では制御用計算機とはん用計算機から成るハイブリッドシステムで構成されることが多く、制御用計算機は各発電所や地方給電所から集めたオンライン情報を基に監視・制御を中心とする業務を行う。一方、集められたオンライン情報ははん用計算機の記録・統計などの処理を経

表3 シミュレータシステムの機能一覧表 一体形で構成したシミュレータシステムの機能を示す。

| 機能 | 項目 | 内容 | |
|------------|----------|---|--|
| 系統模擬計算機能 | 系統計算 | ・潮流値計算 ・周波数計算 ・電圧計算 ・位相角計算 | |
| | 発電機模擬 | ・発電機動特性 ・制御系 (1) AVR, (2) GOV, (3) ALR | |
| | 負荷模擬 | ・負荷変動 (1) 平常変動, (2) 急変動, (3) フリンジ分 ・負荷特性 (1) 電圧特性, (2) 周波数特性 ・負荷遮断 | |
| | 変電模擬 | ・V-Q特性 ・タップ自動調整 | |
| | 外部系統模擬 | ・融通 | |
| | 系統保護機能 | 負荷遮断 | ・負荷制限装置 |
| | | 保護Ry | ・周波数Ry ・過電流Ry ・脱調Ry ・電源制限装置 |
| | 系統操作機能 | CB, LS開閉 | ・バス切換え・停止(並列・解列) ・バンク停止・投入 ・負荷停止・投入 ・発電機解列・投入 |
| | | 発電機制御 | ・発電機出力調整 ・発電機制御状態切換え |
| | 系統構成認識機能 | 系統構成作成 | ・系統縮約 ・LU分解 |
| 系統構成変更 | | ・リナンバリング | |
| 分離系統認識 | | ・停電判定 ・分離系統 | |
| 自動給電システム機能 | 給電所システム | ・系統監視 | |
| 系統状態表示機能 | 系統盤表示 | ・CB, LS表示 ・電圧, 潮流値表示 ・発電機出力表示 | |
| | CRT表示 | ・系統監視画面 | |
| | 電気所 | ・電気所監視画面 | |
| 訓練管理機能 | 訓練準備 | データメンテナンス | ・訓練問題 ・系統設備データ ・系統構成データ |
| | | 初期値作成 | ・潮流計算 |
| | 記録・再生 | 記録 | ・状態変化 ・スナップ記録 ・音声記録 |
| | | 再生 | ・スナップショット ・再現中止, リスタート, 訓練移行 |

注：略語説明

- AVR(自動電圧制御装置), GOV(ガバナ)
- ALR(自動負荷制御装置), V-Q特性(電圧-無効電力特性)
- CB(遮断器), LS(断路器), Ry(リレー)
- LU分解(マトリックスの三角分解)

て一般事務用情報処理システムに伝送される。

このように監視制御で収集される情報は、独自の情報伝送網で中央給電指令システムに集められ、そこを接点として一般事務用情報処理システムに伝送されることが多く、情報の活用範囲は限定されていた。しかし、光伝送網やマイクロ回線網の拡充と広域通信技術の発達により、各監視制御システムで収集したオンライン情報を広域ネットワークに載せ、経営情報として幅広く活用したり、電力所・営業所などの広い範

表4 液晶投影式ディスプレイと背面投写式CRTディスプレイの比較 大形ディスプレイとして液晶式とCRT式が実用化されており、両者の特徴について比較した。

| 項目 | 液晶投影式ディスプレイ | 背面投写式ディスプレイ |
|----------|--|--|
| スクリーンサイズ | 幅2m×高さ2m | 幅2.5m×高さ1.4m, 110インチ |
| 表示色 | 7色 | 通常の商用テレビジョンと同じ |
| 解像度 | 2,048ドット×2,048ライン | 1,280ドット×1,000ライン |
| 方式・特徴 | 光導体レーザによる液晶素子への熱書込み キセノンランプの背面投光による高輝度 ベクトル走査による表示 | 9インチ, 70度偏向, 液冷方式, 電磁フォーカス, 赤・緑・青各2本使用 高解像版レンズF=1.2 |
| 消費電力 | 8,000W | 640W |
| 必要スペース | 幅2,250×奥行2,230×高さ2,910(mm) | 幅22,810×奥行24,000×高さ2,780(mm) |

囲で利用しようとする傾向が見られる。更に電力所・営業所、支店、本店などで計画、統計、予算などの業務に、このオンライン情報の活用を図る電力高度情報化の動きが始まりつつある。

従来、個々に導入されていたワードプロセッサやパーソナルコンピュータなどをこの機会にOA用のワークステーションとして統合化し、制御用計算機システムとこれらをLAN(Local Area Network)で連結し、情報の共有化・一元化を図ることが求められている。これらを具体化するシステム構成を図3に示す。従来、制御用計算機で処理されてきた記録・統計処理業務も各種キーによる検索、グラフ化、フォーマット変更などのフレキシビリティに優れたはん用計算機やワークステーションに移行させることができる。

このシステムでは表5のような業務の機械化と効率アップが期待される。もちろんこのシステムは、データベース検索、電子メール、ファクシミリ、音声連絡など一般OA処理、電子通信処理にも活用できる。

3.2 配電自動化システム

電力需要を巡る社会環境は電力供給力の確保だけでなく、より信頼度の高い電力供給を高めている。このような背景のもと、事故あるいは作業時の停電範囲を最小化、停電復旧の迅速化、及び配電線保守業務の省力化を目的として、配電線開閉器の遠方監視制御を主体とする配電自動化システムの導入が行われつつある。

(1) 監視制御対象の特徴

まず第一の特徴としては、配電線路は面的に大きく広がり、かつ配電線開閉器をはじめ設備数が非常に多い点である。第二としては、電力需要の増大とともに配電系統もふくそう(輻輳)化し、系統切替運用も、より高度な判断を必要としてきたことである。更に第三としては、配電系統設備の新設、撤去、変更工事は毎日のように行われていることである。このような設備環境を踏まえ、配電自動化システムが構築されている。

(2) システム構成と機能

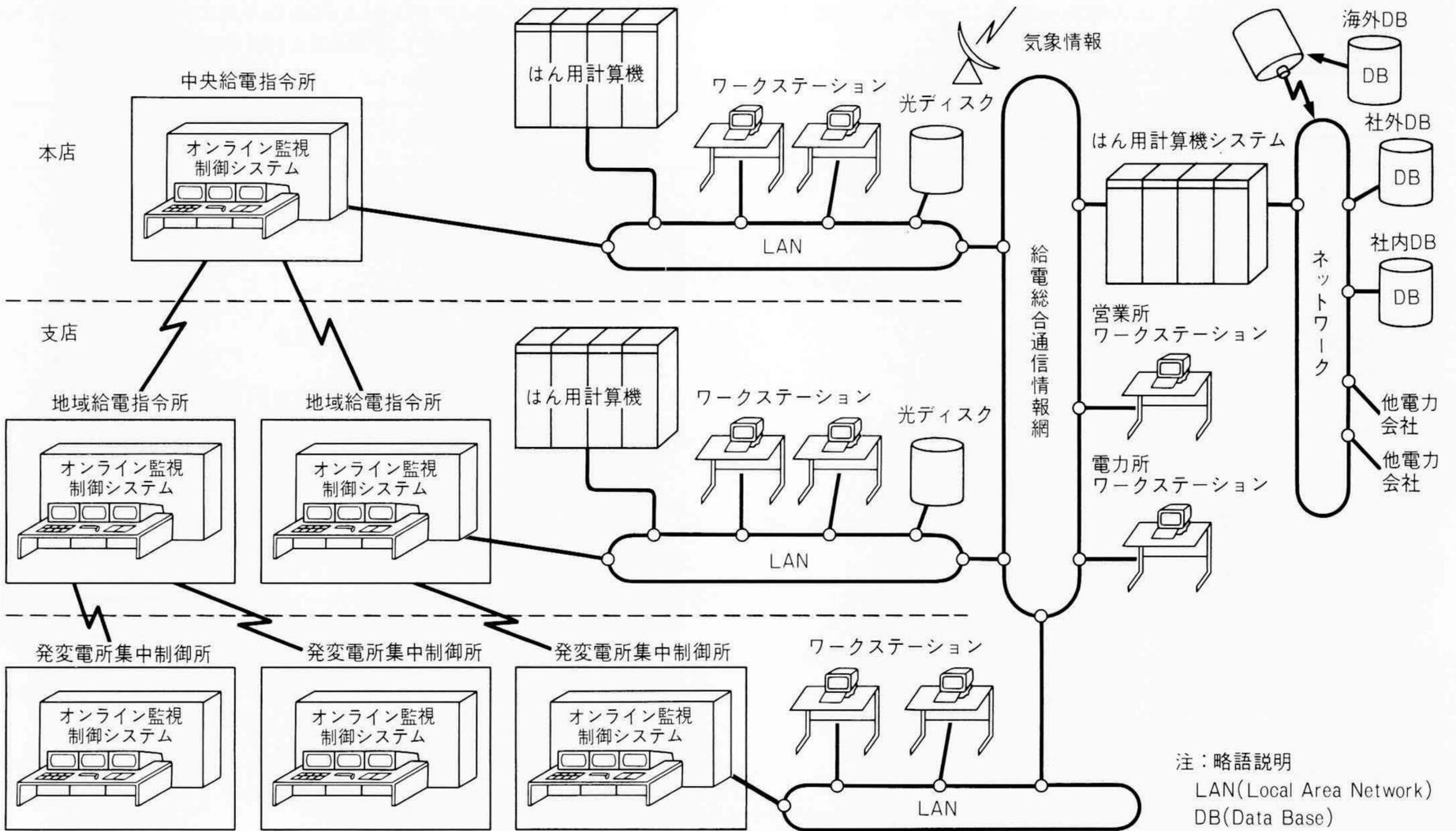


図3 電力高度情報化システム構成 オンライン監視制御システムの情報を幅広く活用することを目的とした、電力高度情報化システム構成を示す。

表5 電力高度情報化システムにおける機械化業務 電力高度情報化システムで、機械化あるいは効率化される業務を示す。

| 分類 | 項目 | 内容 |
|--------------|------------|--|
| 1. 情報の広範囲な利用 | 事故・停電情報報知 | 監視システムで検出した事故・停電情報を電力所営業所に報知 |
| | 気象情報・雷情報報知 | 気象協会あるいはレーダ検出情報を各所に報知 |
| 2. 統計処理 | 給電情報統計 | 発電、負荷記録統計の一元管理と、様々なキーをベースとする検索、自由な作表、グラフ化 |
| | 設備運用記録 | 設備稼働実績、事故統計の一元管理と、様々なキーをベースとする検索、自由な作表、グラフ化 |
| 3. 計画・調整 | 設備停止計画 | 設備停止による停電作業計画立案と調整 |
| | 作業工程管理 | 工事の作業工程管理と実績把握 |
| 4. レポート作成 | 事故速報 | 監視システムで検出したオンライン情報と、データベースの情報、人間の入力情報の組合せによる最新レポートを各所に配布 |
| | 給電速報 | 給電状況概要を各所に配布 |

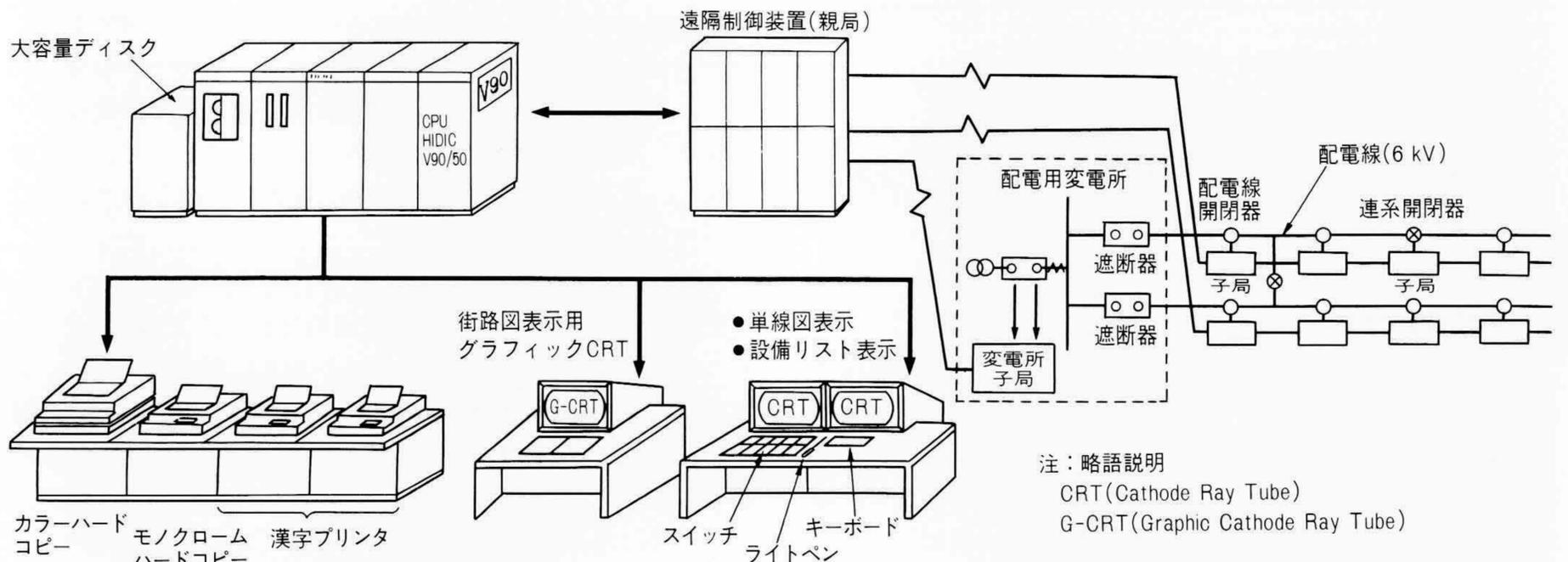


図4 配電自動化システム構成 配電線の柱上に設置された小形の子局からデータを収集し処理を行う。グラフィックCRTには街路図を表示し、地域への配電状況が分かるようにしている。

図4は配電自動化システムの構成例である。多量な情報を高速処理するとともに、配電系統状態を正確に把握し、的確な運用を行うため、マンマシン機能の充実を図っている。単線結線図、設備リストなどはセミグラフィックCRTに表示し、配電系統は街路図とともにフルグラフィックCRTに表示するようにした。

本システムの主な機能を表6に示す。特徴的機能としては、前述のグラフィック表示機能、事故時あるいは作業時の停電範囲を最小化するための負荷融通計算機能、電圧降下計算処理に基づく事故時・作業計画操作処理機能、更に、多種多様な設備関連データを実作業計画に合わせて容易に修正可能とするための会話形式メンテナンス処理機能、の4点がある。

4 大規模化・高機能化

4.1 最近の大規模制御システム

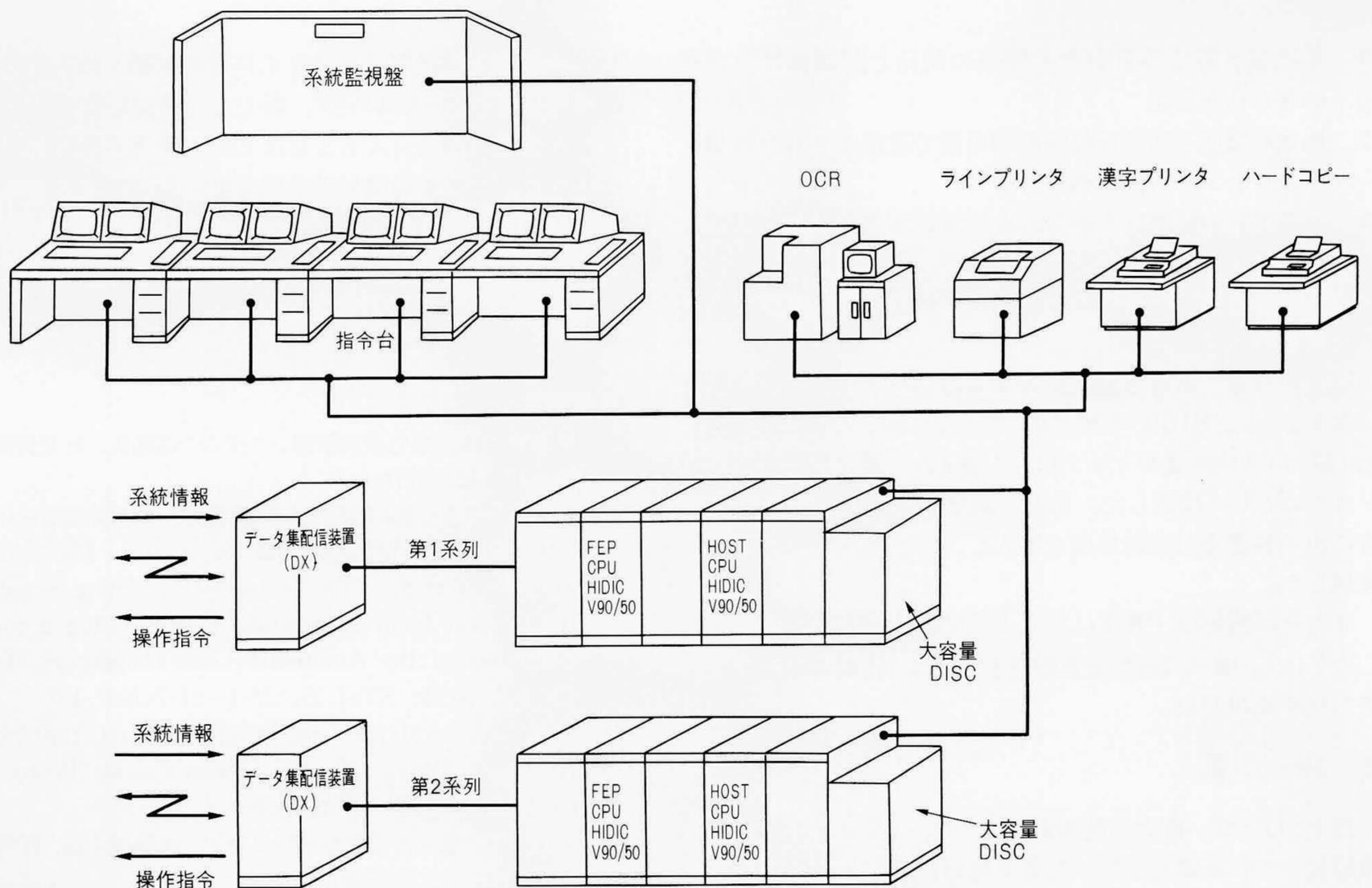
制御用計算機による電力系統の監視制御の自動化は、業務効率向上、省力化を主眼として、給電、発電、配電の各部門で個別に発展を遂げてきた。最近、これまでの自動化システムの運転経験と、大形化、ネットワーク化、高速化、高信頼化を中心とする計算機技術の発展を生かし、上記の運用各部門が一体となり、より自動化を押し進めた総合自動化システムの検討・開発が進められている。その一例である東京電力株式会社大島給電所納めの設備総合自動化システム⁶⁾につき以下に説明する。

表6 配電自動化システム機能一覧 配電線の監視制御に計算機システムが導入されつつあり、本表はその機能一覧を示す。

| 項目 | 内容 |
|------------|-------------------|
| 入力情報処理 | 変電所の情報取込み |
| | 配電線開閉器の情報取込み |
| 監視操作処理 | 状態変化、計測値の監視 |
| | 機器個別の操作 |
| | 事故時の操作 作業計画の操作 |
| モデル計算処理 | 配電線負荷融通の計算 |
| | 電圧降下の計算 |
| グラフィック表示処理 | 街路図対応配電線路図の表示 |
| メンテナンス処理 | 配電設備情報の修正 |
| | 配電線路図の修正 |
| | 街路図の修正 |
| 負荷管理処理 | 日報・月報・年報の作成 |
| | 第3水曜日負荷実績の作成 |
| 運用記録処理 | 作業及び事故停電報告書の作成 |
| | 負荷管理報告書の作成 |

総合自動化システムの主要テーマは以下のとおりである。

- (1) 系統運用(平常時・事故時)での指令と操作の一体化
- (2) マンマシン機能を主とした処理業務及び系統運用の標準化



注：略語説明 HOST CPU(主計算機), FEP CPU(前処理計算機), DISC(磁気ディスク), OCR(光学式文字読取り装置)

図5 設備総合自動化システムハードウェア構成 地方給電系統の総合的運用を目指し、系統運用指令と操作の一体化を図っている。

表7 給電自動化システムの機能 監視制御業務に加えて、系統操作業務の自動化に力点が置かれている。

| 機能 | 項目 | 内容 |
|-----------|------------|---|
| 系統監視 | 電圧・潮流監視 | 有効潮流・母線電圧について運転目標値監視を行い、異常の発生・回復を指令台・CRTを介して運転員に知らせる。 |
| | 状態変化監視 | 遮断器・断路器の変化を監視し、系統の充停電状態を識別表示する。 |
| | 事故監視 | 遮断器・保護リレーの動作状況から系統事故の発生、事故状況を識別するとともに事故設備の判定を行い運転員に知らせる。 |
| | 自動通報 | 系統事故発生から復旧までの状況を関連機関に自動伝達する。 |
| 記録統計 | 記録資料の保存と編集 | 系統の計測値・系統構成情報を目的別、保存期間別(日・月・期・年間)にファイルし、必要に応じCRT表示、帳票出力する。 |
| 予定停止計画 | 計画処理 | 予定停止作業の登録(CRT・OCR入力)を行い、CRT対話方式により年・期・月・日間の停止計画を立案して計画表として整理出力する。 |
| | 決定通知の伝達 | 計画処理により決定となった件名から関連期間(制御所、送電所など)を抽出し決定内容を自動伝達する。 |
| 平常時操作 | 操作指令手順書の作成 | 停止計画業務により決定した内容を、関連件名で集約し操作件名として管理し、当該件名に関する操作指令手順書を自動・手動作成する。 |
| | 操作の模擬演習 | 作成済み手順書を、CRT系統図上で自動・手動により模擬実行する。 |
| | 手順書の伝達・実行 | 作成済み手順書を事前に制御所に伝達し、操作当日には事前伝達済みの手順書に対する実行指示を伝達する。 |
| 事故時操作 | 給電再送電 | 事故設備判定後、再送電対象送電線があれば給電指令による再送電手順を作成・実行する。 |
| | 復旧手順の作成 | 事故により停電した系統を復旧するアルゴリズムを展開し、復旧操作指令手順書として編集する。 |
| | 復旧指令の実行 | 復旧操作指令手順を制御所に伝達し、復旧操作を実行する。 |
| その他操作 | 緊急時操作 | 緊急時の対応として、1指令1操作方式で手順書を作成し実行する。 |
| | 効率停止操作 | 設備の高効率運用のため、軽負荷時間帯の運用停止及び負荷立上り時の使用操作手順を作成・実行する。 |
| 運用計画計算 | — | 現運用系統・任意系統を対象にCRT・OCRを用いて電圧・潮流・短絡容量の各計算を行う。 |
| | 最適系統構成計算 | 送電損失が最小となるような系統構成を求める。 |
| データメンテナンス | データベース作成 | 電力系統設備構成の変更に伴うデータベースの追加・変更・削除をCRT、OCRを用いて行う。 |
| | データベースの切替え | 既登録のデータベースを当日オンラインに切り替える。 |
| 試験訓練 | 試験 | データメンテナンス実施後、オンライン運転に入る前に検証する。 |
| | 訓練 | 平常時・事故時の指令手順の作成・指令実行を模擬的に行う。 |

(3) 系統事故時での自動復旧論理の開発と関連部門への迅速・的確な情報提供

(4) 地域給電所と変電所集中制御所間で関係をとった設備データメンテナンス方式の確立

(5) システムの信頼度を損なわない運転下での試験・訓練シミュレーション機能の開発

(6) 上記を包含した通信ネットワークの形成と系統運用情報の情報処理方式の統一

以上のうち、給電自動化システムのハードウェアは、図5に示すように、HIDIC-V90/50の2台系システムを2系列化し600 Mバイト大容量ディスク10台を備えた、超大形の高信頼度システムとして構成した。また、漢字プリンタ、漢字CRT、音声出力装置などの新技術を導入し、マンマシンの高度化を実現した。

またその機能は、表7に示すように事故時自動化復旧をはじめとして、種々の新規開発機能を盛り込み、業務効率向上、省力化を実現した。

5 結 言

以上のように、電力系統制御分野では、ますます大規模化、複雑化している電力系統・配電系統設備を、より安定に、効率よく運用することを命題として対応してきた。

本稿では、経験豊かな専門家の知識を、システムに生かす

ための知識処理応用、オンライン監視制御との一体化による臨場感に富むシミュレータ、新たな計算機制御システム導入となる配電自動化システムをはじめ、最近の技術動向を中心に述べた。今後も知識処理応用分野の拡大、電力情報処理分野への対応をはじめ、ユーザーニーズに呼応した計算機制御システムを提供すべく、研究、開発に努力する考えである。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 船橋, 外: ES/KERNELとEUREKA-IIの推論高速化技術, NIKKEI COMPUTER, 1986. 9. 15, 121~131(昭61-9)
- 3) M. Shima, et al.: The Dispatcher Training Simulator of the Central Load Dispatching Center Using a Stand-by Computer of the Automatic Load Dispatching System, CIGRE, SC39, ST87 15, 21-1~21-7(1987-10)
- 4) F. F. Wu, et al.: Recent Progress in Real-time Network Analysis, IFAC, Power Systems and Power Plant Control, Beijing, China, 10~23(1986-8)
- 5) 森田, 外: 悪条件な電力系統に対する状態推定法, 電気学会論文B, 107, 1, 17~24(昭62-1)
- 6) 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)