

火力発電所における計算機制御システム

Process Computer System for Fossil Power Plants

火力発電所での計算機制御システムの適用は、当初のデータロガーから、発電プラントの総合自動化に向けて着実に発展してきており、現在では高度自動化システム、高度マンマシンコミュニケーションシステムを完成させ、少数の運転員により大規模で複雑なプラントの運転を可能とさせるに至っている。

本論文では、火力発電所への計算機制御システム適用の発展経過、並びにその現状及び将来の動向について述べる。

射場大造* *Daizô Iba*
 二川原誠逸** *Seitsu Nigawara*
 長沢嘉幸* *Yoshiyuki Nagasawa*
 飯岡康弘* *Michihiro Iioka*

1 緒言

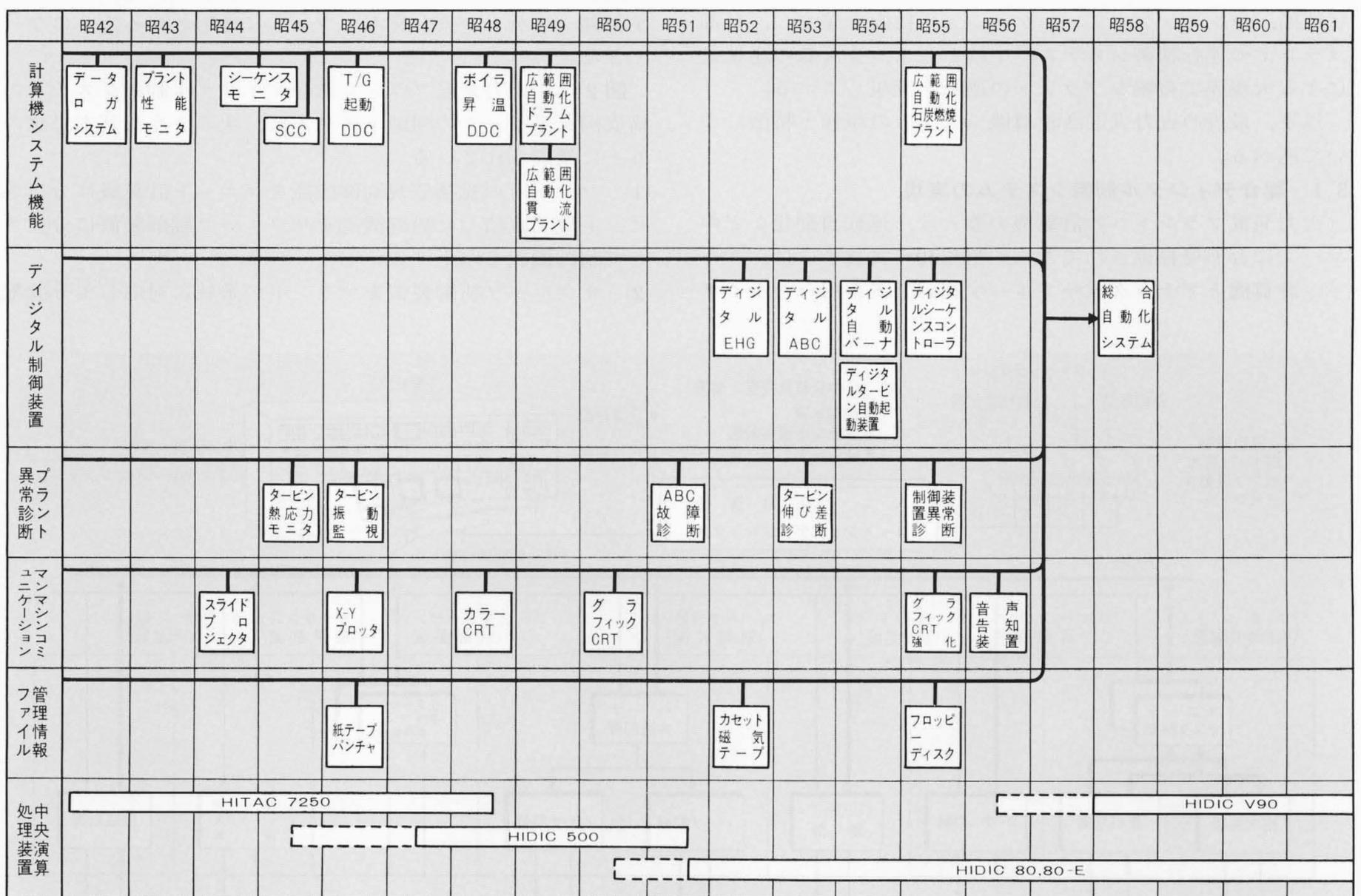
近年、石油ショックを契機とした省資源、脱石油の社会的要請に対応して、火力発電所では大容量石炭火力発電プラントに代表される燃料の多様化が推進される一方、よりいっそうの高效率運転を実現するため複合発電プラントに代表される発電方式の多様化が推進されている。

また、原子力発電所が漸次拡大してくるのに伴い、火力発電プラントは中間負荷運用のために、変圧運転の採用や頻繁な起動・停止、大幅急速な負荷変動が実施されるようになって

てきている。

これらの状況に対応し、また高温・高圧、大容量化、複雑化する発電設備の信頼度を向上し、電力の安定供給を実現するため、発電プラントでの制御装置の役割はますます重要となってきており、その中核となる計算機制御システムはプラントの運用管理、運転制御に不可欠のものとなってきている。

以下、火力発電所での計算機制御システムの発展経過、並びにその現状及び将来の動向について述べる。



注：略語説明 SCC(計算機監視制御) DDC(計算機直接制御) EHG(電子油圧ガバナ) ABC(ボイラ自動制御装置) CRT(Cathode Ray Tube) T/G(タービン/発電機)

図1 火力発電所計算機制御システムの発展経過 日立製作所は、火力発電所の総合自動化の実現を目指し、計算機制御システム適用の開発ステップを着実に歩んできている。

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所電力事業本部

2 火力発電所計算機制御システムの発展経過

火力発電所への計算機制御システムの適用は、発電プラントの運転管理、監視モニタ、自動化を目的に導入され、計算機制御技術の進展に沿って順次拡大、発展してきた。

図1は日立製作所での火力発電所の計算機制御システムの発展経過を示したものである。

すなわち、昭和40年代初期の制御用計算機HITAC 7250を採用したデータ処理システム(データロガ+プラント性能モニタシステム)に始まり、以後、昭和40年代後期にはサブグループ制御装置の統括監視制御と計算機直接制御により、補機を含めたプラント全般を対象とした広範囲自動化システムを完成させ、各プラントに適用した。

昭和50年代に入ると、マイクロコンピュータの発展、普及に対応してサブグループ制御装置のデジタル化を推進する一方、設備診断機能の充実、グラフィックCRT(Cathode Ray Tube)の活用によるマンマシンコミュニケーション機能の充実などにより、きめ細かな運転管理、運転制御の実用化を図ってきており、現在ではプラントの高度自動化システム、高度マンマシンコミュニケーションシステムに多くの経験と実績をもつに至っている。

3 火力発電所計算機制御システムの現状

最近の火力発電所での計算機制御システムは、高度の自動化技術、マンマシンコミュニケーション技術を確立し、発電プラントの運転制御システムの中核として、少人数の運転員による大規模で複雑なプラントの運転を実現している。

以下、最近の火力発電所計算機システムの現状と特徴について述べる。

3.1 総合デジタル制御システムの実現

火力発電プラントへの計算機の導入は、運転自動化などのニーズに合わせて推進されてきた。昭和40年代後半には、ユニット計算機とアナログ式サブグループ制御装置を用いたハイブリッド式の制御システムが適用され、プラントの広範囲自動化を実現してきた。昭和50年代に入ると、マイクロコンピュータの実用化に伴い、サブグループ制御装置がアナログ式からデジタル式へと転換され始め運転実績を重ねてきた。

表1 火力発電プラント総合デジタル制御システムの特徴
サブグループ制御装置に記憶判断能力をもたせ、制御機能の分担の最適化と機能向上を図る。

項目	方式	ハイブリッド式制御システム	総合デジタル制御システム
	機能分担	ユニット計算機	統括監視・制御 起動・停止時直接制御
	サブグループ制御装置	直接制御 アナログ式	直接制御(起動・停止時制御も含む) デジタル式
高度なアドバンス制御機能	構成	ユニット計算機で処理	サブグループ制御装置で分担
	診断	一般に一重系	重要部の二重化
サブグループ制御装置	機能拡張	診断装置別置	自己及び相互診断
		ハードウェア	主にソフトウェア
運転監視・操作		グラフィックCRT 照光式押しボタン	同左
制御装置間情報伝送		ハードワイアード 多心ケーブル	シリアル信号伝送

最近の火力発電設備は大容量石炭火力発電プラントや複合発電プラントにみられるように、プラントの規模は巨大化する傾向を強めており、制御システムに対しては、総合化、高機能化及び高信頼化の要請が更に高まっている。

このような要請に対応して、デジタル制御技術の適用拡大、高機能化が推進される一方、ユニット計算機とデジタル式サブグループ制御装置を結合した階層分散形総合デジタル制御システムが火力発電プラントに適用されるようになってきた。

図2に、火力発電プラント総合デジタル制御システムの構成例を示す。この制御システムは、次のような基本思想のもとに構成されている。

(1) プラントの統括監視制御機能をユニット計算機に分担させ、主機と直結した制御機能をサブグループ制御装置に分担させて制御機能を向上する。

(2) サブグループ制御装置をプラントの系統に対応して分散配

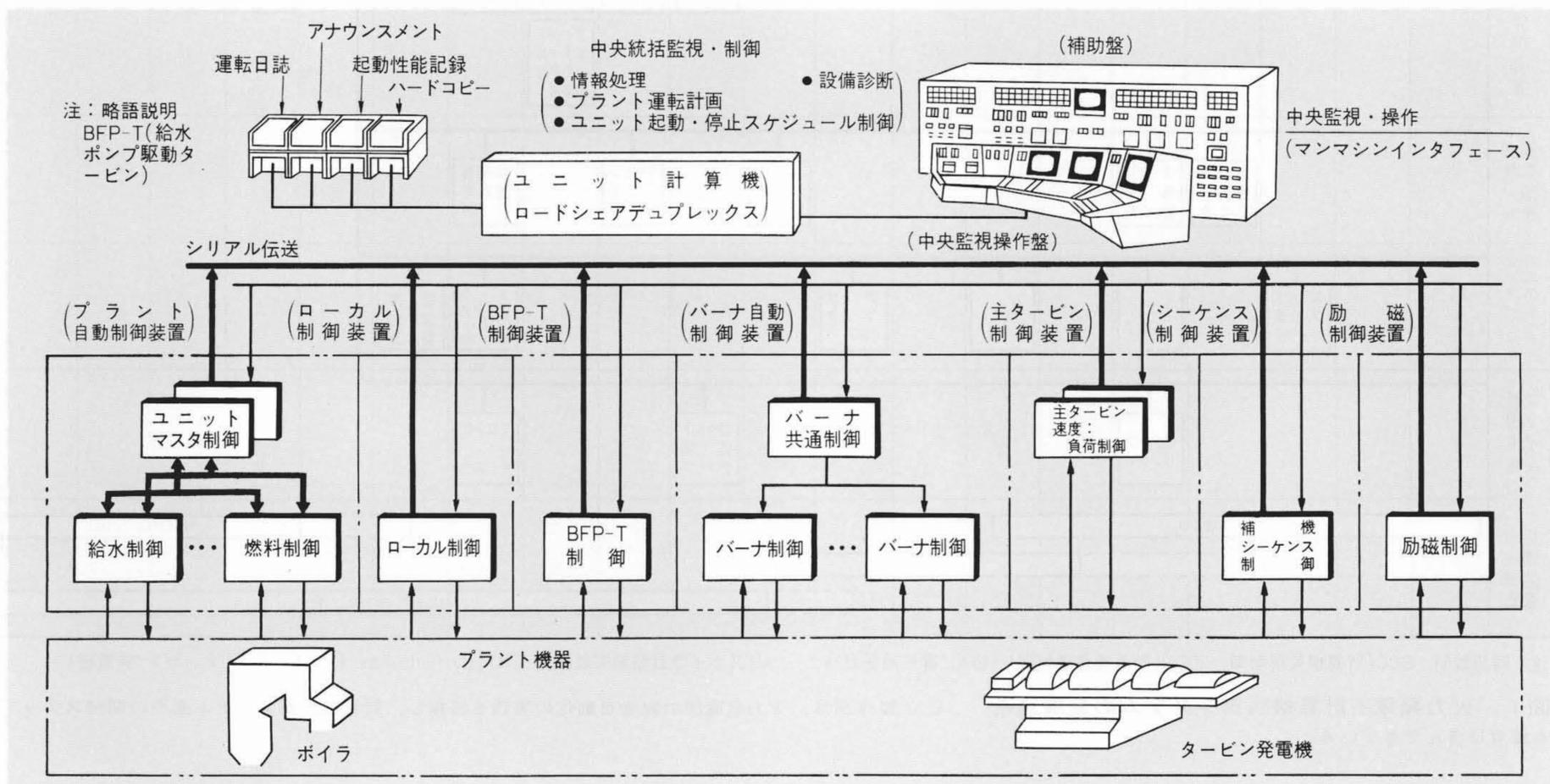


図2 火力発電プラント総合デジタル制御システム
ユニット計算機とサブグループ制御装置を、シリアル信号伝送で結合した階層分散形システムとして構成している。

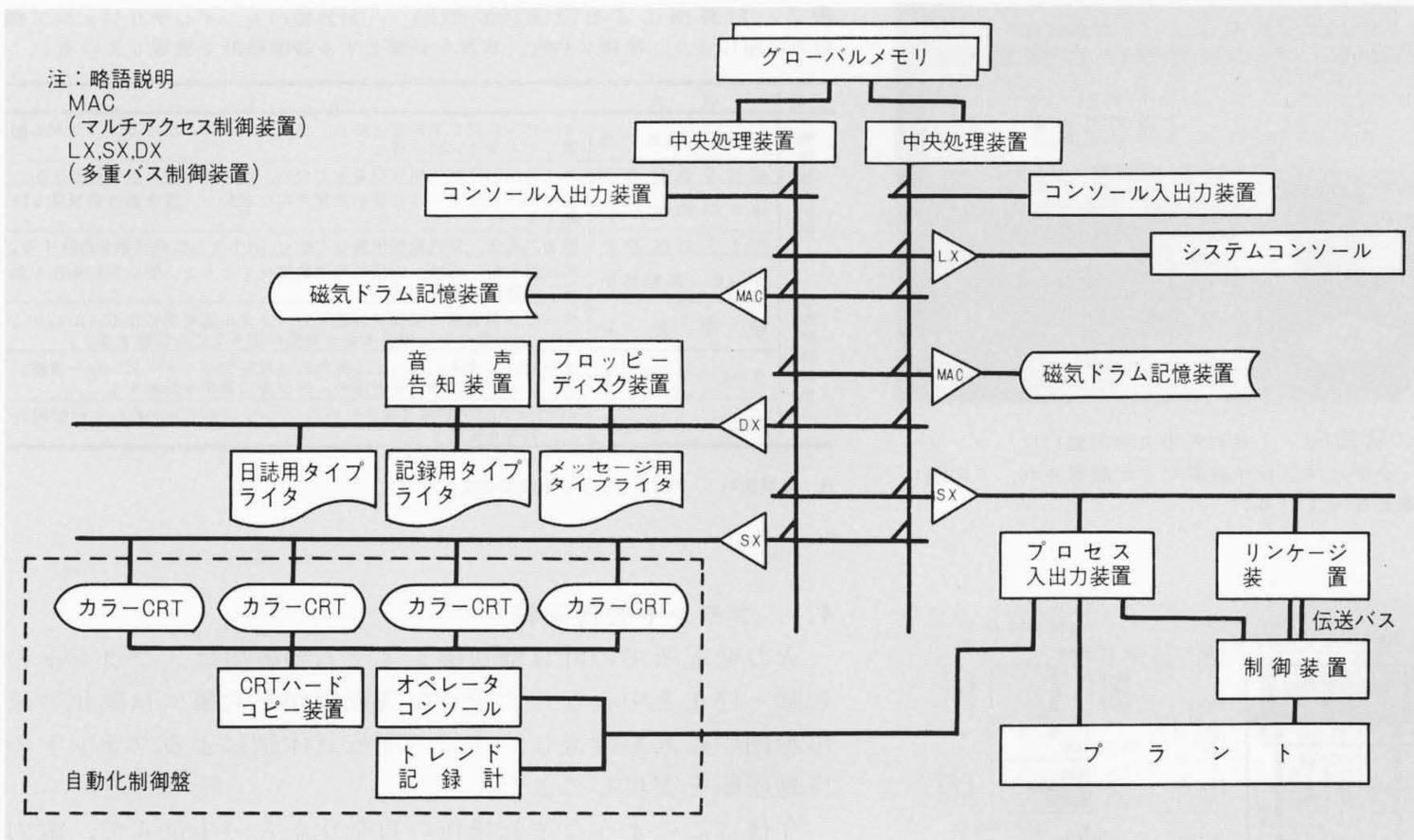


図3 火力発電所計算機制御システムの構成例 最近の火力発電所計算機制御システムでは、ロードシェア相互バックアップ方式によるマルチコンピュータシステムが採用されている。

置して、それぞれに記憶判断能力をもたせ、信頼性及び保守性の向上を図る。

(3) ユニット計算機とサブグループ制御装置とをシリアル信号伝送で結合する一方、情報処理を集約化して中央監視操作盤上のCRTに表示することにより、運転操作性の向上を図る。

従来のハイブリッド式制御システムと対比して、新しい制御システムの主な特徴を表1に示すとともに、その概要を以下に述べる。

(1) 従来ユニット計算機がもっていた起動・停止時の高度な直接制御機能をサブグループ制御装置に分担させ、これまでのユニット計算機を主体とした集中形DDC(計算機直接制御)システムからデジタル式サブグループ制御装置を活用した分散形DDCシステムに移行するとともに、ユニット計算機は高速、大容量の情報処理能力と高度の情報判断能力を活用し、プラント運転計画、設備診断などのより高度の機能を分担するシステムへ展開する。

(2) サブグループ制御装置のデジタル化に伴い、ボイラ、タービンの蒸気温度予測制御方式やタービン熱応力管理制御方式などのような高度なアドバンス制御機能を、サブグループ制御装置の制御機能に組み込むことが可能である。

(3) サブグループ制御装置は、主機と直結していることから、高信頼性を基本とし、故障時のプラントへの波及防止を優先しなければならない。総合デジタル制御システムを構成するマイクロコントローラに自己診断や相互診断能力をもたせ、故障検知と自動的な波及防止措置を行なわせる一方、機能が集中する重要制御系統に対しては、コントローラを二重化することにより故障時のプラント自動運転を可能としている。

3.2 マルチコンピュータシステムの採用

計算機制御システムの発展に伴い、システムの処理機能が增大するとともに、その役割はますます重要となり、高い信頼性が要求されている。

これに対応して、最近の火力発電所での計算機制御システムでは、処理能力の向上及び信頼性向上の観点から複数の計算機によるマルチコンピュータシステムを採用するようになってきている。

図3は、最近の火力発電所での計算機制御システムの構成例を示したものである。

図3に示す計算機システムは、常時2台の計算機によりシステムの機能を分担処理し、万一、計算機が故障した場合は相互にバックアップを行なう方式を採用している。

3.3 マンマシンコミュニケーション機能の充実

高度に自動化されたプラントでは、運転員がプラントの状況、制御の進行状況を的確に把握し、円滑な運転を可能にするために、運転員とプラントの対話をサポートするマンマシンコミュニケーション機能が重要である。

最近のシステムでは、少数の運転員体制に適した集約形中央制御盤、カラーグラフィックディスプレイ装置、音声告知装置などの計算機応用技術を駆使して、マンマシンコミュニケーション機能の充実を図っている。

図4に集約形中央制御盤の実施例を、図5にカラーグラフィックディスプレイ装置の表示例を示す。

カラーグラフィックディスプレイ装置は、従来のメッセージ表示のほかに、プラント系統図表示、起動・停止スケジュール表示、トレンドグラフ表示などの図形表示をサポートし、運転員の状況把握を容易にしている。

また、音声告知装置は自動運転による運転制御の進行に合わせて、補機の起動・停止操作の予告、報告などをページング装置を介して通報するのに使用され、運転員への情報伝達と確認の徹底を可能としている。

3.4 設備診断機能の充実

火力発電所への計算機制御システムの適用の一端として、最近では計算機のもつ高いインテリジェンス機能を活用し、プラントや制御装置の異常検出及びその原因究明を行ない、プラントの安全性、信頼性の向上を図ることが行なわれるようになってきた。

表2は日立製作所での計算機による設備診断機能の適用例を示したものである。

現在設備診断機能はボイラ、タービンなど主機を中心に適用されているが、各要素技術ベースで順次適用の拡大が図られており、更にプラントの運転管理、自動化機能と組み合わせて、信頼性の高い自動運転が試みられてきている。

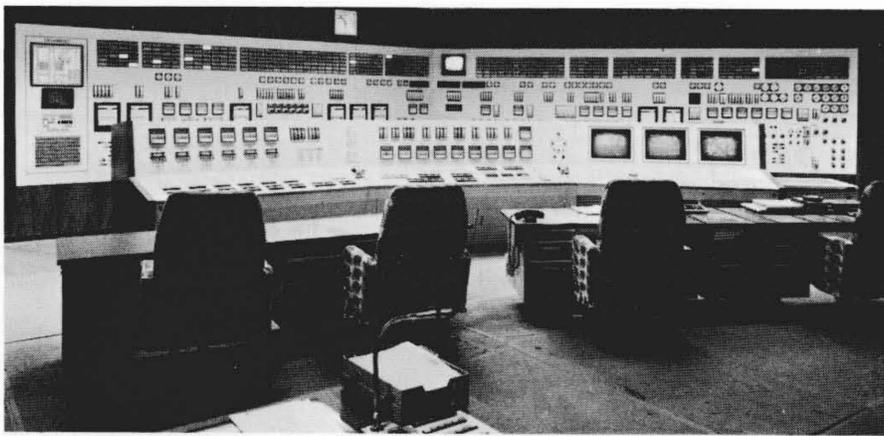


図4 集約形中央制御盤の実施例 集約形中央制御盤には、コンソールパネル及びカラーグラフィックディスプレイ装置などが設置され、この盤によりプラントの運転操作が可能となっている。

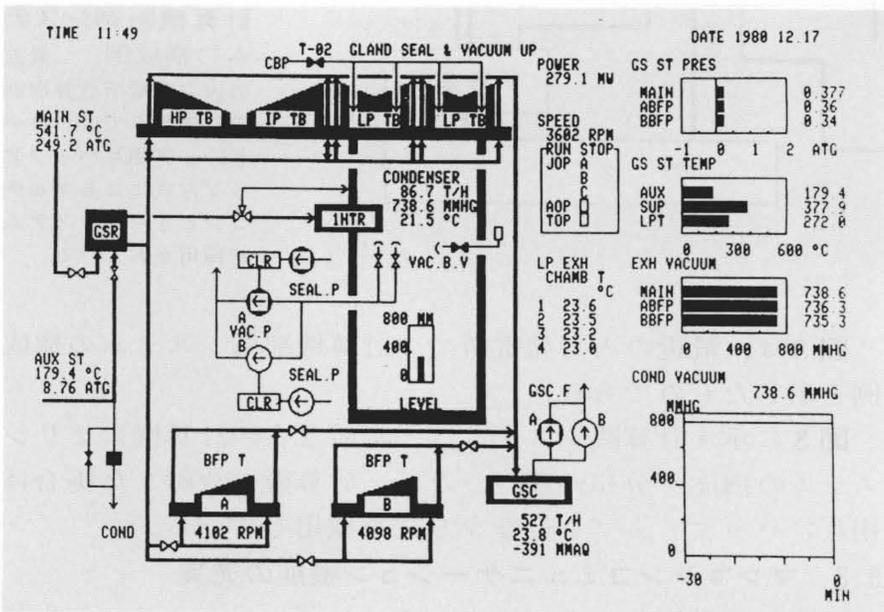


図5 カラーグラフィックディスプレイ装置の表示例 カラーグラフィックディスプレイ装置は、系統図表示、バーグラフ表示、トレンドグラフ表示により必要な情報を集約表示し、状況把握を容易にしている。

3.5 計算機制御システムの適用拡大

最近の火力発電設備では、環境規制の強化や燃料の多様化に伴い、発電所全体としての管理運用が必要となるとともに、発電所の共通設備や付帯設備がますます大形、複雑化し、共通設備、付帯設備の運転管理、自動化が重要となってきている。

特に、脱石油を目的に建設が推進されている石炭火力発電では、石炭受入れ部の揚運炭設備、貯炭設備や、石炭燃焼後の後処理を行なう排水処理装置、灰処理装置、更に脱硫装置、脱硝装置、集塵装置などの環境保全設備のように多くの共通設備、付帯設備があり、発電ユニットを含めたトータルプラントとしての運用が要求されるようになってきている。

これに対処するため、最近では揚運炭設備や環境保全設備などの共通設備、付帯設備の運転管理、運転制御を目的とした計算機や、発電所全体の環境保全を目的とした環境管理計算機などのように、計算機制御システムの新たな適用拡大が推進されている。

4 将来の動向

火力発電所での計算機制御システムの適用は、今後ともエレクトロニクス技術の進歩をベースとした計算機の発展、及び計算機応用技術の進歩に伴い、ますます拡大、発展していくものと考えられる。

火力発電所での計算機制御システムの将来動向を展望すると、計算機応用の量的拡大とともに、以下に述べる新たな質的展開が図られるようになると予想される。

表2 計算機による設備診断機能 計算機のもつインテリジェンス機能の活用により、複雑な判断、演算を必要とする設備診断を実現している。

分類	項目	内容
機器性能診断	タービン性能診断	タービン内部効率の変化から、加減弁、ノズルボックス、ノズル動翼などの異常診断を行なう。
	ボイラ性能診断	ボイラ伝熱各部の熱吸収量などから、伝熱部の汚れ度を診断する。
	復水器性能診断	復水器の真空度、冷却管の熱貫流率などから、復水器性能異常を診断する。
	ボイラ燃焼診断	排ガス成分、炉内監視情報などから、ボイラの燃焼状態を診断する。
機器故障診断	タービン振動診断	周波数分析、振幅、位相の時間的変化をとらえ、更に運転条件を加味して振動の原因を追求する。
	軸受診断	タービン発電機の軸受を油膜圧力、メタル温度更にはAE(Acoustic Emission)信号から軸受荷重や軸受の傾きなどを診断する。
	タービン伸び差診断	タービンに流入、流出する蒸気の温度圧力からタービンロータ部、ケーシング部の伸び差を求め、伸び差の異常を診断する。
	ABC(APC)故障診断	ABC(APC)の制御回路とシミュレーションモデルの動作を比較照合し、異常を診断する。

注：略語説明 APC(プラント自動制御装置)

4.1 プラント管理運転

火力発電所での計算機制御システムの適用は、プラントの起動・停止を中心とした複雑な運転操作を対象に自動化の適用範囲の拡大を推進し、少数の運転員体制によるプラントの自動運転を実現してきた。

今後はこのような運転操作の自動化から一歩進んで、電力の安定供給、高効率運転、環境保全などの観点から、発電プラントの運転操作を総合判断し、制御を行なうプラント管理運転へ移行していくものと考えられる。

このような運転を実現していく上で、インテリジェンス機能をもった計算機の役割はますます重要になっていく。

4.2 コンピュータネットワークの実現

火力発電所では、最近発電ユニットを対象としたユニット計算機、揚運炭設備や脱硫装置、脱硝装置などの環境保全設備を対象とした計算機、発電所全体の環境保全を目的とした環境管理計算機などのように、対象、目的に対応して各種の計算機が導入されるようになってきた。

今後は、これらの計算機制御システムを相互に接続してコンピュータネットワークを構築し、発電所全体の一体運用と情報の一元管理を可能とするシステムへ移行していくものと考えられる。

更に、通信制御装置を介して発電所の計算機制御システムと本店あるいは中央給電指令所の計算機と接続し、相互の情報交換を行なう広域ネットワークが採用されるようになると思われる。

5 結 言

火力発電所での計算機制御システムの発展経緯、現状の適用状況及び将来の動向について述べた。

日立製作所は、火力発電所への計算機適用の発展段階を着実に歩んできており、今後ともこれまでの経験、実績をベースに計算機制御システムの適用拡大、発展に取り組んでいく考えである。

終わりに、火力発電所の計算機制御システムの開発及び実用化について、平素から御指導をいただいている各電力会社の関係各位に対し、深謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 飯田, 外: 火力・原子力発電所における計算機制御システム, 日立評論, 58, 6, 441~444(昭51-6)
- 2) 山崎, 外: 火力及び原子力発電所における異常診断用計算機システム, 日立評論, 61, 11, 817~820(昭54-11)
- 3) 鈴木, 外: 火力発電所の全自動化——その動向と展望, 電気学会雑誌, 101, 10, 933~940(昭56-10)