

# 揚水発電所の運用高度化を目指す 総合監視制御システム

Control, Information and Instrumentation System for Pumped-Storage Power Station

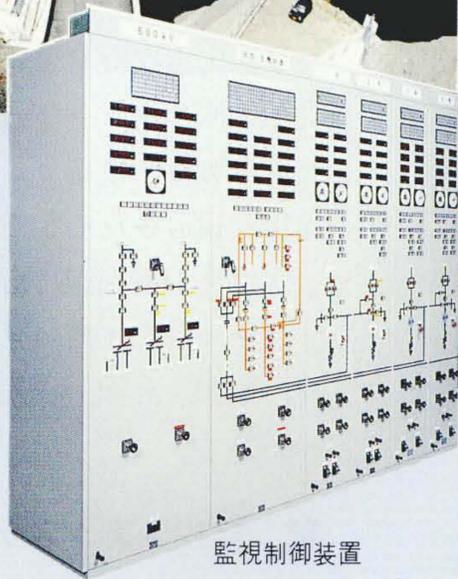
栗原 正\* *Tadashi Kurihara* 大野靖一郎\*\* *Seiichirō Ōno*  
杉坂弘志\* *Hiroshi Sugisaka* 内田知伸\*\* *Tomonobu Uchida*



川浦ダム(上池)



上大須ダム(下池)



監視制御装置

中部電力株式会社奥美濃発電所の上池・下池と監視制御装置 6ユニットで構成する総出力150万kWのわが国最大級の発電所であり、500 kV開閉所も含めて無人化運用される。同発電所は構内光LANを大規模に採用し、監視・制御の高度化と工事費の大幅な削減を実現した。

揚水発電所の優位性が見直され、各電力会社で発電所の近代化および新規開発が計画されている。これらのプラントでは、電力需要変動に対する安定供給のため、設備の信頼性はもとより運用の高度化が求められており、運転制御の緻(ち)密化とそれをバックアップする情報管理が重要になってきている。

このような背景のもと、日立製作所ではプラントの中核を担う監視制御システムの分野でも、デジタル技術の進歩によるネットワーク化、制御装置のデジタル化、また、機器監視・異常予知システム

の導入を図ってきている。

これからの監視制御システムでは、これまでの発電所内だけにとどまらず中央給電所、制御所を含めたグローバルなネットワーク化によるトータルシステムとして、経済的で最適なシステムの採用、また、発電機器情報のインフラストラクチャ整備が促進され、それに基づいたマンマシン機能の充実、AIを応用したプラント運転、管理の高度化、および合理化が図られていくと考える。

\* 日立製作所 大みか工場 \*\* 日立製作所 電力事業部

### 1 はじめに

揚水発電所は、起動・停止時間が短く、かつ負荷追従性に優れており、従来ピーク負荷に対応する発電運転・周波数調整電源、夜間軽負荷時余剰電力のポンプ負荷として需給対応上有効活用されてきている。さらに、近年の揚水発電所は主機の高速・大容量化に加え、調相運転による無効電力調整・系統電圧維持、待機運転による予備力確保、試送電時のブラックスタート運転などその役割は多様化してきており、系統運用の高度化に対応することが求められている。

これらのニーズにこたえるため、揚水発電所の監視制御システムでは、これまで制御装置のデジタル化によるハード面での高機能化、および保守性、信頼性の向上を図ってきた。これからは、高頻度の起動・停止を伴う多様な運用形態に迅速に対応し、設備保守時などに的確に支援するために、詳細な運転、設備情報の収集と一元管理、そして、運転、保守員が必要とするときに適切に指示する総合システムとしての機能、ソフト面での充実が重要な課題となってくる。

ここでは、揚水発電所の監視制御システムについて紹介するとともに、日立製作所の最近の主要技術、および将来の揚水発電所総合監視制御システムの展望について述べる。

### 2 制御技術の変遷

水力発電所制御技術の歴史は古く、一般水力発電所(発電専用)ではワンマンコントロール(一人制御方式)として操作業務が主に自動化されてきた。遠方監視制御装

置の発達とともに発電所は無人数化され、監視業務も自動化されてきたが、情報の伝達手段による制約があり、操作業務の補助的な役目が主体であった。一方、揚水発電所は一般水力発電所と比較すると自動化は図られてきたが、制御、監視の複雑さ、発電所の重要性から、当初無人数化は進められていなかった。

しかし、遠方制御所の集中化、大規模化に伴い、発電所の一体運用、情報の集中管理が可能となり、揚水発電所も無人数化の対象となってきた。

発電所の制御装置がマイクロプロセッサの応用技術によってデジタル制御化され、信頼性の向上が図られるとともに、計算機情報処理能力の向上と相まって揚水発電所の無人数化が可能となってきた。

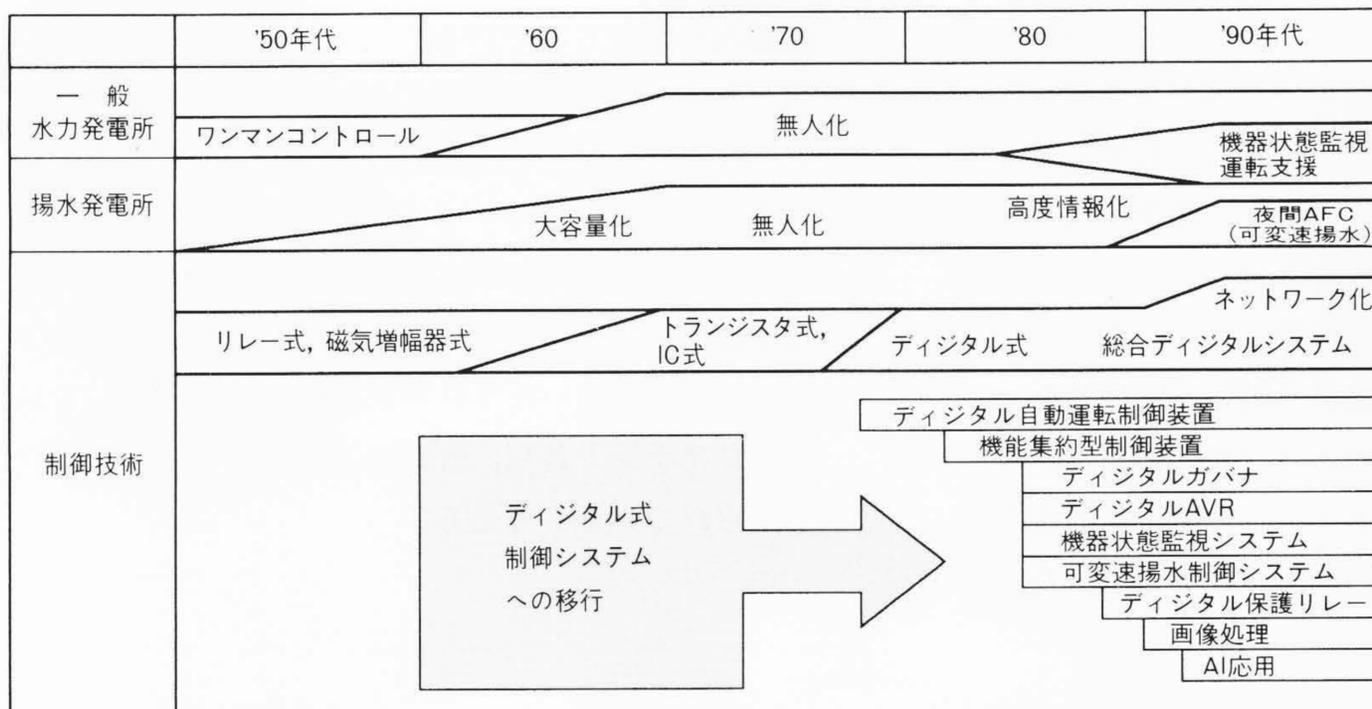
揚水発電所の無人数化が進められると、監視、制御の情報量や記録業務、システム運用の情報量が増大し情報の一元管理、処理の必要性が増してきた。

これらのニーズにこたえるため、デジタル制御装置、計算機応用技術の発展により、発電所、制御所および中央給電所をネットワークで結び、各種制御、監視、計測装置を有機的に結合した揚水発電所総合監視システムの適用が検討されてきている。

水力発電所制御技術の変遷を図1に示す。同図からデジタル制御技術の発展とともに、従来困難であった監視、制御、計測、状態監視装置などが発展してきたことがわかる。

### 3 監視制御システムの特徴

揚水発電所を無人あるいは小人数運転体制で運用するためには、運転員、保守員との親和性の高い、運転しや



注：略語説明

AFC (自動周波数制御)  
AVR (自動電圧調整装置)

図1 水力発電所制御技術の変遷  
水力発電所の監視・制御の内容と、それを支えてきた制御技術の変遷を示す。

すいプラントにすることが重要であり、監視制御システムへの期待がますます大きくなっている。このため最近の揚水発電所では、計算機技術、マイクロプロセッサ技術の応用により、監視制御方式のさまざまな改善を追求している。

このニーズにこたえる日立製作所監視制御システムの主要技術について以下に述べる。

### 3.1 マンマシンシステム

揚水発電所の運転状況を迅速かつ的確に把握し運転するうえで、プラントの多量な運転情報を集約し、グラフィック表示などのわかりやすい方式で、きめ細かに情報を提供する機能はますます重要になっている。これらのヒューマンオリエンテッドなマンマシン機能を充実し、運転しやすいプラントとするために、CRT、フラットディスプレイなどを採用した高度で使いやすいマンマシンシステムを実用化している。

#### (1) 現場状況の集中監視

機器の状態、状態量を詳細に表示することにより、現場の状況が制御卓の前で容易に把握できる。

#### (2) 制御装置(シーケンサ)の進行状態監視

制御装置内の制御進行状況を詳細に監視、表示することにより、従来ブラックボックスであった制御の進行状況が把握できるとともに、渋滞発生時の詳細要因も容易に特定でき迅速な対応を可能としている。

#### (3) グラフィカルな高度監視

発電機出力、温度、振動などのプロセスデータをグラフィカルに表示することにより、運転状態、傾向が容易に把握できる。

監視表示画面として、関西電力株式会社大河内発電所のCRT表示例を図2に示す。

### 3.2 運転、保守支援システム

揚水発電所の運用は近年の年間、昼夜間の発電電力量の変動拡大に伴い起動・停止が高頻度化し、信頼性への要求が高まってきている。また、万一のプラント異常時の対応には、豊富な運転ノウハウが必要である。このため日立製作所は、故障診断・復旧支援システムや巡視支援システムなど計算機の持つ高度な情報処理能力と、優れたマンマシン性を活用した運転、保守支援システムの開発、導入を進めている。

#### (1) 故障診断、復旧支援システム

プラントに故障警報が発生した場合の故障原因の早期究明と、故障部位に応じた対応方法を表示し復旧を支援するシステムである。

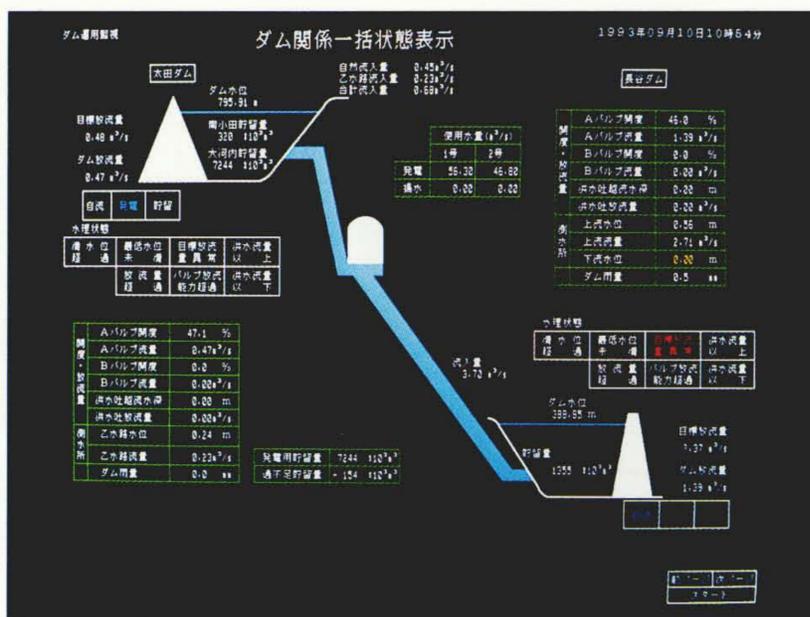


図2 マンマシンシステム・CRT表示例  
ダムおよび関係機器の状態、状態量をわかりやすく一括表示している。

(a) プラントデータを直接入力するだけで総合的な判断が可能となるようにファジィ推論を導入し、適正な判断を可能としている。

(b) 診断結果は故障部位名称の他に故障個所の図面を同時に表示でき、わかりやすくしている。

(c) オフラインデータ入力により、初心者向け訓練シミュレータとしても活用が可能である。

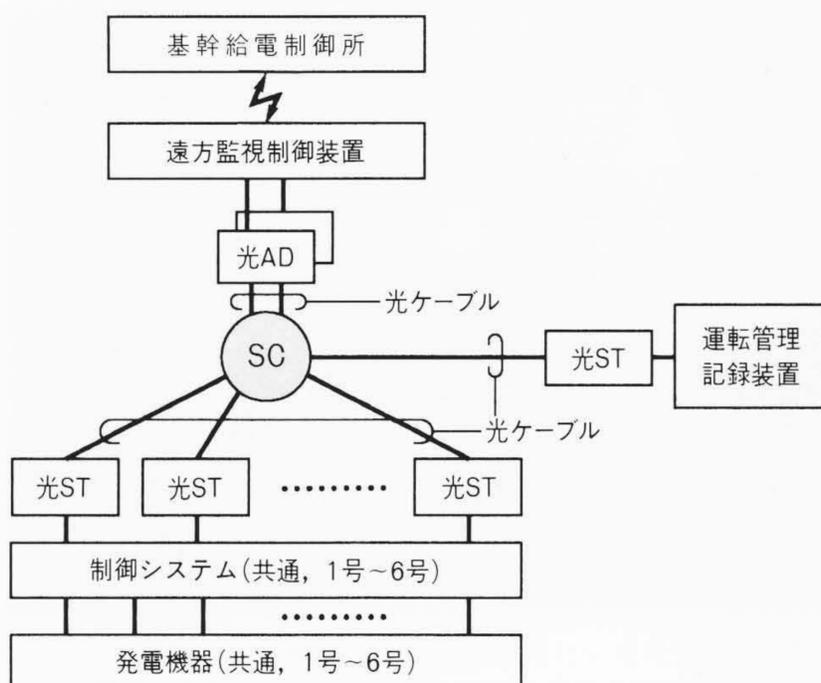
さらに将来的には、機器状態監視システムと融合することにより、異常予知診断システムへの発展が期待できる。

#### (2) 画像処理を応用した巡視支援システム

従来、人間の五感によって行われてきた監視業務が見直され、水力発電所の無人化対応の一つの手段としてITV(工業用テレビ)を使用した遠隔監視システムが実用化されている。さらにITVが撮影した機器の画像から、漏油、漏水を自動的に検出することができる画像処理装置を採用し、毎日の巡視を自動化している。これによって、無人化後の巡視点検業務を大幅に省力化することができる。

### 3.3 監視制御システム構成例

最新のシステム構成の一例として、中部電力株式会社奥美濃発電所監視制御システムを図3に示す。構内LANに、発電所として初めて光スターカプラを採用し、遠方監視制御装置、制御システム間などを光ケーブルで接続している。これにより、データの共用化が図れるほか、制御ケーブルの大幅な削減、工事期間の短縮が実現され、設備の簡素化、保守、拡張性の容易化およびシステム全体としての信頼性の向上が期待できる。



注：略語説明

SC (光スターカプラ), 光ST (光ステーション), 光AD (光アダプタ)

図3 中部電力株式会社奥美濃発電所監視制御システムの構成  
発電所構内LANに光スターカプラを採用している。

#### 4 今後の展望

これからの揚水発電所は、これまでに増して電力安定供給とフレキシブルな運用が要求されるものと思われる。このため監視制御システムへの期待も大きくなり、ハードウェアの高性能化、高信頼化に対応したシステムの高機能化、高信頼化、さらには分散配置・分散処理技術とダウンサイジング化を取り入れたシステムの合理化が図られるものと考えられる。

具体的には、発電機器の監視制御情報を価値ある管理情報として活用する技術の導入が進められ、CRTによる視覚的機器状態監視に加えて、聴覚による状態監視など人間の五感による臨場感にあふれた監視が求められるようになると思われる。これには中央給電所、制御所間を含めたネットワークによる情報連系の強化と、機器情報のインフラストラクチャ整備の促進が不可欠である。主な項目の内容について以下に述べる。

##### (1) 制御装置の多機能化

ますます高機能、ダウンサイジング化する計算機技術の導入により、制御の高度化に加えて、保守や監視のた

めの情報収集、蓄積、およびネットワークを介しての伝送が必要となる。

##### (2) 高機能CRTによる使いやすいマンマシン

運転員にとってわかりやすく操作でき、必要時には情報の把握、操作が迅速かつ確実に実行できる、より人間らしさを中心にしたマンマシンシステムが継続して開発導入される。

##### (3) 大型スクリーンによる情報の共用化

制御所での運転監視をより充実させるため、計算機で処理したCRT画面や現場監視用のITV画面を大画面で拡大表示でき、複数の運転員によって必要な情報の同時監視が可能となる。

##### (4) 異常検出技術への新しい解析手法の適用

プラントからの計測信号を取り込み、信号ゆらぎを解析し異常を検出する新しい技術が開発され、他の分野で適用され始めている。水力の分野でも有効と考えられる手法であり、これからの検討課題の一つである。

##### (5) 運転、保守支援システム

定期検査、オーバーホール時での個別機器の点検・交換項目、内容決定の支援を行うとともに、点検の計画から施行までのすべての業務を支援する点検計画、施行支援システムの導入が計画されている。また主機の運転状態をシミュレートして、実機ではできない操作訓練を行う教育用シミュレータも今後導入されていく。

#### 5 おわりに

ここでは、揚水発電プラントの運用を支える監視制御システムの変遷と現状、および今後の技術展望について述べた。

電力の安定供給が要請されている現状で、揚水発電所のおかれている立場はこれまで以上に重要になってきており、監視制御システムの役割も今後ますます大きくなっていくものと思われる。これまでに蓄積した実プラントでの経験をもとに、ニーズに合った新制御システムの実現に向けて積極的に取り組んでいきたい。

終わりに、この論文で述べた各種技術の開発、実用化にあたり、ご指導いただいた電力会社殿、および関係各位に対し感謝する次第である。

#### 参考文献

- 野坂, 外: 水力発電所無人構内巡視支援システム, 日立評論, 75, 12, 851~854(平5-12)
- 永田: 設備診断システム—運転状態監視, 故障診断へのコンピュータ応用—, 電気評論(1993-3)