

水力発電所の最新ネットワークシステムと将来像

Latest Network Systems for and Future View of Hydroelectric Power Plants

野口 哲哉
NOGUCHI Tetsuya

向井 一馬
MUKAI Kazuma

特集 II

水力発電所の最新ネットワークシステムでは、LAN (Local Area Network) により装置間のデータを共有化している。更に、監視盤をなくしてCRTを共通に設け監視・操作を行うなど、コンパクト化とケーブル削減を図っている。将来的にはWAN (Wide Area Network) の活用により発電所の詳細な機器情報、故障情報が制御所やメーカーの工場で直接確認でき、巡回業務の簡素化、トラブル復旧の迅速化が期待できる。更に、制御装置間などを電磁波、光波又は超音波でデータ伝送するケーブルレス化が考えられる。また、この応用により制御盤レスが可能となる完全分散配置制御システムにより、設置スペースの削減が図れる。

In the latest network systems for hydroelectric power plants, data are shared between generating units and equipment by means of LAN systems. The common-use high-level data link control (HDLC) system, and the common CRT control system which can eliminate supervisory and operation panels, are applied mainly to pumped storage power plants. These technologies can realize compact control systems and reduce control cables.

In the future, through the application of WAN systems it will be possible to provide detailed operating conditions of plant equipment and detailed data on abnormalities not only to remote control stations but also directly to the manufacturers, so as to save maintenance work and achieve quick restoration. Further, cableless systems will be realized by using electromagnetic waves, light waves, or ultrasonic waves for data transmission between control equipment.

1 まえがき

水力発電所は、1976年ころから制御装置のデジタル化が推進され、主機の始動、停止を行う自動制御装置へのシーケンサ導入だけでなく、高速演算が必要な一次制御装置（励磁制御装置（AVR）、調速制御装置（GOV））も既にデジタル化が完了している。これらのデジタル制御装置は従来は単独設置であったが、伝送機能の充実などにより発電所内のネットワークシステムへ組み込まれつつある。

ここでは、最新の水力発電所の構内ネットワークシステムについて述べるとともに、通信技術の進歩に伴い今後予想されるより広い範囲でのネットワーク化、制御システムについての将来像を示す。

2 最新の水力発電所構内ネットワークシステム

2.1 システム構成

最新の水力発電所構内ネットワークシステムを揚水発電所へ適用した例を図1に、主な構成を以下に示す。

(1) 構内LAN 発電所内に装置間のデータ授受を行うためのネットワークLANを設ける。伝送媒体については光ケーブル、同軸ケーブルなど用途や伝送プロトコルに応じて決定する。

(2) 発電所共通テレコン 発電所と制御所との接続に

はHDLC (High level Data Link Control) テレコンを二系構成で採用する。ITC (Intelligent Tele-Controller)と呼ばれることもある。

(3) CRTオペレーション 発電所共通のCRT (画像表示装置) 型監視制御装置により発電所全体の運転状況の把握及び発電所での運転操作を行う。また、イベント記録、帳票などについても必要時にプリンタで出力できる。この装置には発電所の監視操作機能を集中させるため、故障時の対応を考慮して、標準的に二系化する。

(4) 一次制御と伝送接続 各号機のシーケンサと一次制御装置(GOV, AVR)は伝送にて信号の授受を行う。また、共通シーケンサとサイリスタ始動装置用制御装置もデータ授受を伝送で行う。

(5) 号機ごとの監視盤レス 各号機の個別の操作を行う機能は号機ごとの制御盤に設置したタッチパネル機能付きFD (Flat Display) を用いて行う。通常はFD画面は消灯し、必要時だけ画面により運転状況の確認や直接運転での各種操作を行う。

2.2 システムの特長

この構成には以下の特長がある。

(1) 高速、大容量テレコン：コンパクト化 HDLC化で高速、多量のデータ送信が可能となる。また、構内ネットワーク経由のデータ授受によりPIO (Process

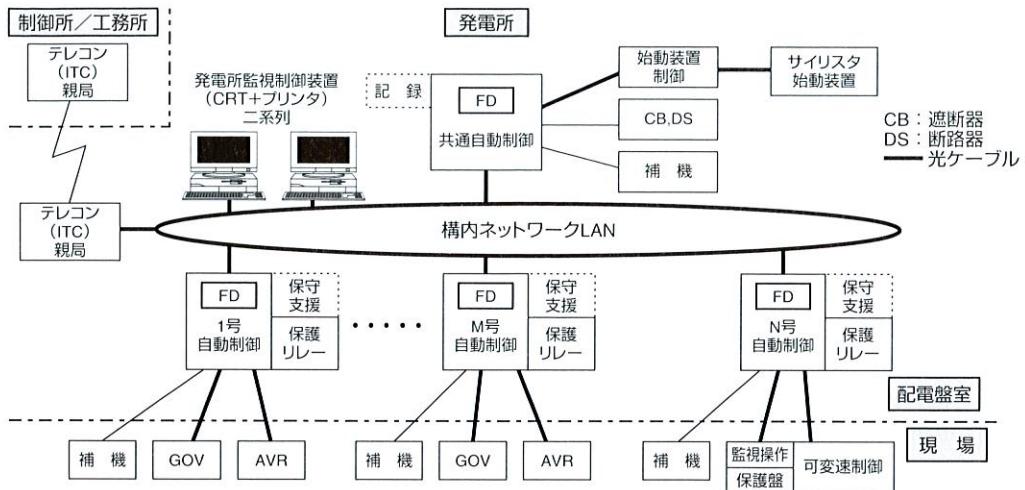


図1. 最新的揚水発電所構内ネットワークシステムの構成

構内LANによりデータの共有化を図り、接続ケーブルが削減できる。また、CRT、FD

の適用によって監視盤をなくし、省スペース化が図れる。

Network system for pumped storage plant

Input Output) スペースを削減し、コンパクトな構成となる。

- (2) 共通、各号機のシーケンサ：PIO基板最少化 テレコン及び各号機のシーケンサをネットワークで接続し、各装置間でデータの共有化が図れるためそれぞれの装置のPIO基板の最少化が可能となる。
- (3) 接続ケーブル削減：工期短縮 装置間のデータ取扱いを可能な限り伝送で行うことにより、接続ケーブルが削減できる。装置自身のハード削減だけでなく発電所におけるケーブル接続工事、接続後の確認試験などの期間短縮も可能となる。
- (4) 監視盤レス：省スペース化 各号機個別の監視操作にFDを採用し、発電所共通の監視操作にCRTを採用することで、従来必要であった号機ごとの監視操作盤が削減できる。また、発電所トータルの状況を確認するための系統監視盤、水系盤なども削減可能であり、装置の設置スペースを少なくすることができます。CRT監視装置で使用する画面の例を図2に示す。

複数台の主機がある発電所においては、構内のネットワーク化により総合的な経済性を図ることができる。

3 一体形制御装置におけるネットワーク化構想

主機の制御を行うAVR, GOV, シーケンサを一体化した一体形制御装置は既に複数のプラントへ適用している。

現在、これに加え発電機保護、テレコン機能を組み込んだオールインワンタイプの一体形制御装置を開発中である。ここでは、新型の一体形制御装置開発の基本思想とネットワーク化の観点で一体形制御装置の位置付け、将来像を示す。

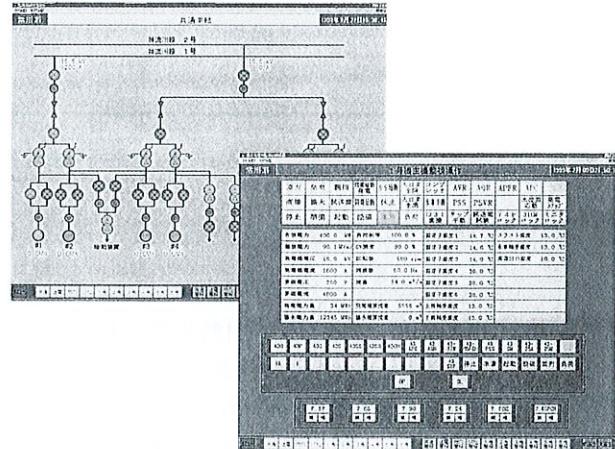


図2. CRT監視装置の画面例 発電所共通のCRTにより、発電所全体の系統監視や主機の運転操作、警報監視が行える。

Examples of CRT displays

3.1 機能一体化の基本思想

従来、分散配置していた機能を一体化する場合に従来との差異を検討する必要がある。特に重要なのが故障発生時の挙動である。今回、テレコン、保護機能を従来の一体形制御装置に付加するうえで、ハードの一体化、分離の要否を下記基本思想で検討した。

- (1) ハード構成 実機の運転、保護機能の相互関係が直列構成だと、いずれかの異常で通常の運転継続ができなくなる。一体化構成でも、故障時の主機の運転制約などは従来と特に変わらない。例として、テレコン、シーケンサ、AVR, GOVの直列構成を図3に示す。

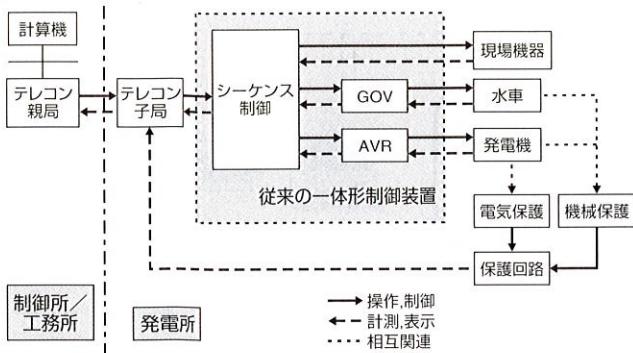


図3. 一体形制御装置におけるテレコン、制御、保護機能の相関関係
テレコン、シーケンス制御、AVR及びGOVは直列構成としている。保護装置は各制御装置とは独立している。

Relationships between telecontrol, main unit control, and protection

一方、従来の保護装置は制御装置とは独立している。これは、制御が異常な場合でも安全に主機を停止する役割を保護に持たせているためである。このため、保護機能を持つハードウェアは原則として独立構成とする。

- (2) MMI (Man Machine Interface) 一体化 主機の監視操作は、2章で述べたFDにより行われ、監視盤レスとする。更に、テレコン、保護機能のMMI機能は下記の理由により共用が可能なため一体化する。
- (a) テレコンのMMIは當時は使用せず、制御所との対向試験など特定の場合にだけ使用する。
 - (b) 保護については一度整定すると変更はほとんどない。また、通常はほとんど使用しない。

3.2 一体形制御装置とネットワーク化

主機を制御、保護するために従来では複数の装置間で実施していたデータ授受を、一体形制御装置では自分のCPU内又はユニット内の基板間で実施している。これは、機能と機能の接続を考えると一種のネットワーク化とも言える。

主機が1台の発電所では、この一体形制御装置へ所内の情報も取り込むことにより、すべての情報が一体形制御装置のテレコンを経由して制御所へ渡ることになり、一体形制御装置が制御所を中心とした広いネットワークへのインターフェース装置の役割を果たしているとも言える。

また、最近はテレコンのHDLC化に伴い、主機が複数台ある発電所では、一体形制御装置のテレコンを直接制御所へ接続することは少なく、発電所共通のテレコンと接続するケースが多い。一般的には、発電所共通テレコンと各号機制御装置を直接接続するが、これを伝送プロトコルなどを工夫しLAN構成にすると、号機間のデータ授受も可能になり、発電所構内のネットワークシステムとして機能させることができる。この伝送処理は制御用CPUとは別CPUで処理し、一体形制御装置に必要な演算時間を確保できるようにする。

これらの今後のネットワーク化対応については、汎用プロトコルの採用により複数メーカー間の接続にも対応できるような考慮が必要である。このため、今後の通信の技術動向を見極めながらインターフェース方法、ハードウェア構成を見定めていく必要がある。

4 ネットワークシステム応用の将来像

現在は、水力発電所構内の機器を接続するネットワーク LANが主流であるが、今後の通信技術の進歩を考えると、更に広域な範囲のネットワーク WANへの接続が予測される。このWANへの接続により、今まで現場の巡視に頼っていた業務が制御所で可能となり、巡視業務、故障復旧作業の軽減、迅速化が図れるようになると考えられる。また、通信技術の進歩により発電所内の装置の簡素化、省スペース化なども更に進むと予想される。

以下に、水力発電に関して今後進展すると予想されるネットワーク技術の応用について、将来像を示す。

4.1 リモート監視

現在、発電所と制御所間は遠方制御用のテレコンを介して接続され、操作指令を制御所から発電所へ送信し発電所の制御装置が実際の制御を行い、その結果を状態表示信号、数値信号として発電所から制御所へ返信している。この場合、制御所への返信信号は送信データの量に制約され、保守に必要な詳細情報が送れない場合が多い。

今後は、携帯電話の普及に伴う無線の通信回線網の充実や、電力会社の光ケーブル網の充実などで、テレコン以外の通信ルートが安価に利用可能になると思われる。これに加えて通信技術の進歩により、伝送速度、送信データ量の増大が期待できる。これらを考慮すると、将来的には、従来は発電所でないと確認できなかった情報が遠方で確認できるようになると思われる。これを、リモート監視機能と呼ぶ。

- (1) 第1段階：現在の技術で実用化可能 各装置の内部に保存されている下記のデータを伝送回線を経由して制御所へ送付する。リモート監視システムの構成例を図4に示す。
 - (a) 現場の詳細な故障表示内容 HDLCテレコンで、既に実施しているものもある。
 - (b) 機器内部の故障情報、エラーログ情報 現在は保守ツールを用いて現場で確認している。
 - (c) 異常発生前後の主機状態：過渡記録データ 現在は、AVR, GOV, 保護リレーなどの内部に記憶したデータを保守ツールを用いて現場で確認している。
 - (d) 現在値データ 現在は、瞬時値だけをテレコンで送信して制御所側でデータを保存している。今後は、指定時間分の運転状態信号を各号機の装置が記憶し、必要な場合に制御所からの呼出しでデータを

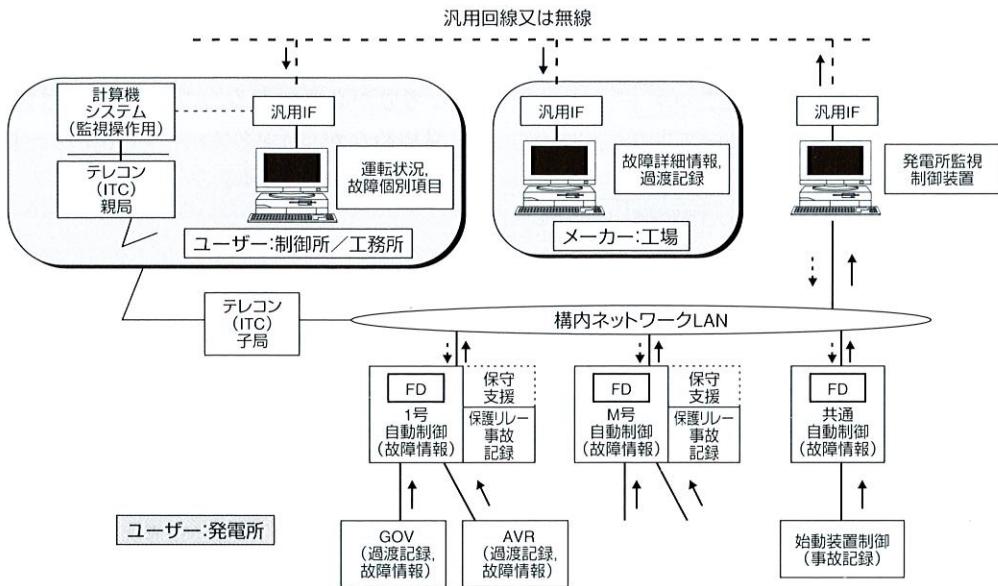


図4. リモート監視システムの概要 WANの活用により、より詳細な情報をユーザーだけでなくメーカーの工場で直接確認でき、迅速な対応が可能になる。

Concept of remote supervisory and control system

送信する。

なお、これらのデータは、メーカーの工場とも汎用回線にて接続し、トラブル復旧の迅速化などに活用できる。

(2) 第2段階：今後の進歩で実用化可能 巡視点検の主要項目は、現在センサがないため保守員の視覚、聴覚、体感により情報収集しているものが多い。また、伝送速度、送信データ量、センサ、機器の費用などの制約により実用化には至っていないが、将来的には以下に示すような実用化の可能性がある。

(a) 視覚、聴覚の遠隔化：動画、音声データ送信

複数の工業用テレビカメラ (ITV) で撮ったデータを遠隔地で選択すれば、リアルタイムで送信し、機器の動きが確認できる。同時に、マイクをセンサとして動作音も動画と同期して送信できる。これにより異常時の復旧対応を迅速化するだけでなく、通常運転時の巡視業務の軽減、巡視間隔の長期化が可能となる。ITVなどが安価になると、現在主機を停止し分解したときにしか確認できないランナの羽根の状態などを通常の水中の状態で確認することも考えられる。

(b) 体感(触覚、嗅覚)の遠隔化：雰囲気データの送信

現在は、現場で巡視員が体感している発電所の雰囲気についても、バイオセンサなどの進歩によってはリモート監視ができるようになる可能性がある。このレベルまで達すると巡視レス化の実現も可能となる。

4.2 ケーブルレス化、完全分散配置制御システム

現在、発電所内の装置間を接続する場合は、メタルケーブル、光ケーブルなどを用いて接続している。特にネットワークを構成する場合は、光ケーブルを採用することが多い。これにより、従来のメタルケーブルに比べて大幅にケーブルの敷設、接続、確認試験などの時間が削減できる。

しかし、敷設にあたっては、ケーブル長の調整、敷設用のトレイ、ピットの準備などが煩雑である。また、ケーブル保護のため電線管を使用することもある。一方、発電機風道、水車ピット内などはセンサ用のケーブル保護のための電線管設置など、信号授受のためのケーブル工事にかなりの費用と時間を要している。これらは、将来的にはできるだけケーブルレス化を図り、ケーブル敷設、接続のための費用、時間を削減することが望ましい。

また、配電盤は、自動制御盤、リモートPIO盤などの大きな筐体(きょうたい)を並べて構成しているが、今後の通信技術の進歩によっては、PIOの完全分散配置により筐体レスの自動制御システムの可能性もある。

これらの将来像について以下に示す。

(1) ケーブルレス接続 装置間、センサー-PIO間の接続にケーブルを削減するシステムが将来考えられる。

これには、次のような媒体の適用が考えられる。

(a) 電磁波 無線LANなどの実用化が始まっている。経済性改善、電波法などの制約がなくなれば実現性が高い。

(b) 光波 光ケーブルレス。空気中で強力な収束光

を介してデータを送受信する。電磁波による各種機器への影響がない。レーザなど発光素子の進歩がかかる。

(c) 超音波 発電機など磁界の影響があるところでは、センサとの取合いをケーブルレス化する場合に電磁波より特定の超音波などでセンサからの情報を発信する方が、信頼度が確保できる。経済性改善がかかる。

ケーブルレスシステムのイメージを図5に示す。

(2) 完全分散配置制御システム 発電所内に分散配置されている各機器の情報は、すぐ近くのPIOボックス

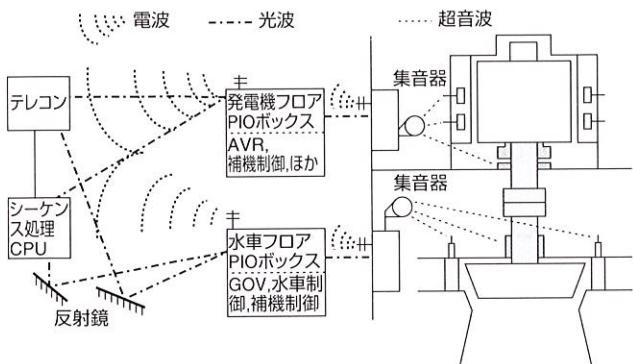


図5. ケーブルレス監視制御システムの構想 センサと制御装置の間、制御装置間などのデータ伝送を電磁波、光波、超音波などを媒体とすることでケーブルの大幅な削減が可能になる。

Concept of cableless supervisory and control system

へ入力され、ネットワークシステムを経由して制御演算部へ入力される。この演算結果は、該当するPIOボックス経由で機器へ出力する。

センサ、機器のある場所ごとにPIOボックスを設けることにより、制御演算部としての設置スペースを小さくできる。

また、制御演算部と各PIOボックスを上記(1)項のケーブルレス接続とすることで、自由に追加削除が可能な上、工期の短縮なども可能となる。

5 あとがき

通信技術の進歩に伴い、発電所構内ののみのネットワーク化だけでなく、広い範囲でのネットワーク化により更なる保守性向上、経済性向上、省スペース化、トラブル復旧の早期対応などが可能になると考えられる。

野口 哲哉 NOGUCHI Tetsuya

電力システム社 府中電力システム工場 発電制御システム部
参事。
水力発電所の制御設計に従事。電子情報通信学会会員。
Fuchu Operations – Power Systems

向井 一馬 MUKAI Kazuma

電力システム社 電力事業部 水力プラント技術部主査。
揚水発電プラントのシステムエンジニアリング業務に従事。
電気学会会員。
Power Systems Div.