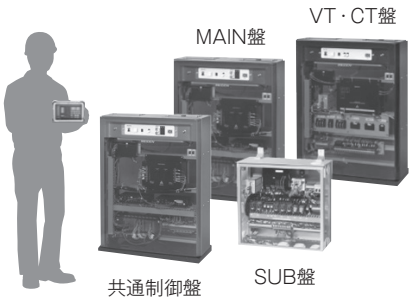
水力発電所向け次世代形制御装置 発電機４台共通制御システム

伊藤健二 Kenji Ito

キーワード 水力発電，制御装置，共通制御システム，順次更新，高速通信

概　要



一体形制御保護システム

近年，再生可能エネルギーの導入拡大や既設水力発電設備の更新需要の高まりを背景として，水力発電所には設備の高信頼化と保守省力化が求められている。特に，複数台の水車発電機を有する発電所では，運転を継続しながら効率的に設備更新を進めることが求められる。このような要求に対応するため，産業用フィールドネットワークを活用した水力発電用全機能一体形制御保護システムに，最大４台分の制御を実現する共通制御盤を製品ラインアップに追加した。当社は水力発電所向けに，スター方式の共通EtherCATネットワークを採用した共通制御システムを構築し，順次更新期間中の運転継続性及び運用開始後の保守性向上を実現した。

1　まえがき

近年，カーボンニュートラルの実現に向けて再生可能エネルギーの導入拡大が進められており，水力発電は安定した電力供給が可能な再生可能エネルギーとして重要な役割を担っている。一方，多くの水力発電所では設備の老朽化が進んでおり，設備更新に際しては信頼性向上，保守省力化が求められている。また，複数台の水車発電機を有する発電所では，設備更新時に運転継続性を確保しながら効率的に更新工事を進めることが課題となっている。当社は，これらの要求に対応するため，産業用フィールドネットワークを活用した水力発電用全機能一体形制御保護システム（次世代形制御装置）を開発し，発電所の運転監視及び制御機能の高度化を進めてきた。また，複数台の水車発電機を有する発電所に対しては，台数や発電所ごとの運用に適した共通制御方式を実現し，運用性及び保守性の向上を図っている。

このたび，水力発電所向けに，次世代形制御装置を適用した水車発電機4台分の共通制御システムを納入した。

本稿では，水力発電所に適用した共通制御システムの構成及び導入効果について紹介する。

2　次世代形制御装置の複数台対応

2.1　仕様及び外観

第１表に共通制御盤仕様，**第２表**に外観と仕様を示す。本装置では，水車発電機最大4台分の応水・ALR・流量制御を実現する。共通制御盤故障時も運転継続することを基本思想とし，水調制御機能は各号機のコントローラに実装する。装置外観及び監視操作は，MAIN盤の特長である小型・軽量化

第 1 表　共通制御盤仕様

高速通信及びネットワーク冗長化（リング方式の場合）を継承しつつ，複数台の制御機能を有している。

項目		仕様
盤構成	1面	二重化電源，コントローラ，保守支援装置，簡易IP-TC
一般仕様	電源仕様	入力：DC88V～DC286VとAC85～AC253Vの突合せ二重化電源
		出力：DC110V/3A，DC24V/6A
	温度，湿度	温度：0～40℃，湿度：5～95%（結露なきこと）
制御機能	応水制御	応水起動水位での起動処理
		応水停止水位での停止処理
	ALR（自動負荷調整）制御	ALR按分処理
	流量制御	流量按分処理
フィールドネットワーク通信仕様	通信方式	EtherCAT　定周期通信（4ms）
	冗長化	ネットワークの1箇所が断線した場合はループバックし通信継続（リング方式の場合）
計測，操作	可搬型	タブレット

第 2 表　装置外観と仕様

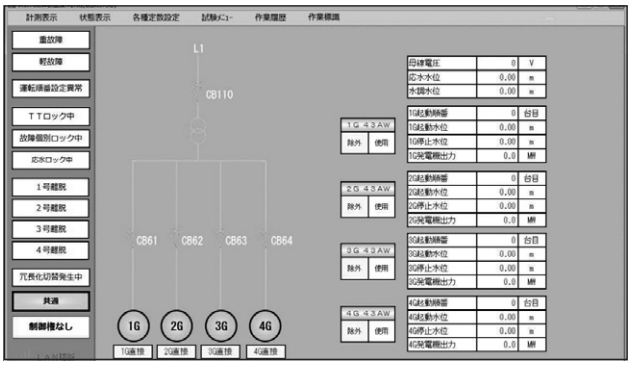
MAIN盤と同寸法・質量で小形・軽量化を実現した。

名称	共通制御盤
構造	自立形，前背面メンテ
外形寸法	W800×D350×H1050mm
概略質量	50kg

及びタブレットによる監視操作を踏襲している。**第 1 図**にタブレット画面例を示す。

2.2　システム構成

第 2 図に複数台システム構成例を示す。本システムは，通信高速性及び信頼性の観点から通信方式にEtherCATを採用している。共通制御コントローラと各号機コントローラ間はリング方式の共通



第 1 図　タブレット画面例

タブレットによる監視操作画面の一例を示す。最大4台分の監視ができる。

EtherCATネットワークを構築し接続する。リング方式の場合，伝送システムは冗長化を実現し，LANケーブルが1箇所断線した場合でも全号機の伝送が可能である。共通EtherCATネットワークで通信断や機能停止があった場合は，各号機のネットワークが健全である限り，その号機の運転にただちに支障とならない設計とした。また，各号機のデータは共通制御コントローラに集約され，保守支援装置1台で水車発電機複数台分の情報を保守運用に適用できる。

水車発電機が3台以上の場合はスター方式によるネットワーク構築も可能である。**第 3 表**に各接続方式のメリット・デメリットを示す。接続方式は，水力発電所毎の運用方式を加味した上での検討が必要である。

3　水力発電所への適用

3.1　要求事項

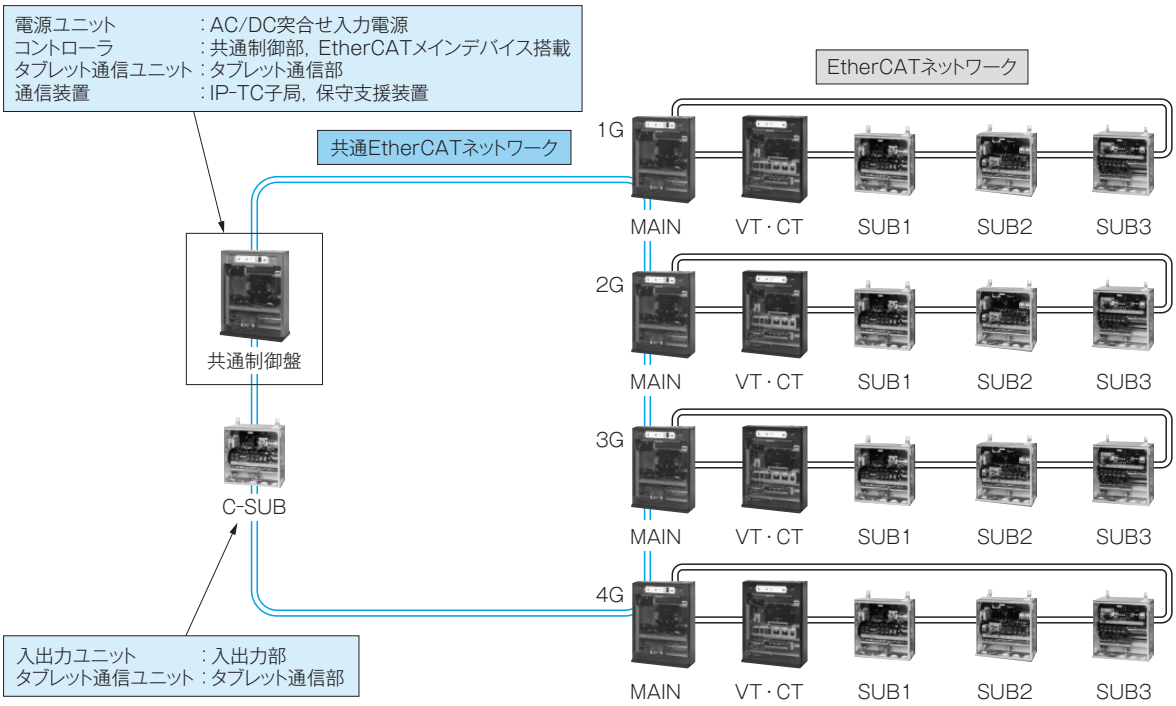
更新にあたり，以下の要求事項があった。

(1) 順次更新への対応

水車発電機4台の制御設備を並行して更新するのではなく，4号機→2号機→1号機→3号機の順に更新すること。

(2) 保守性の確保

複数台の水車発電機を有する発電所の特徴として，任意号機のメンテナンスをしつつ，残りの号機で運転継続できることが挙げられる。メンテナンス

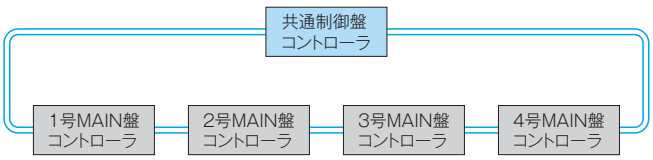
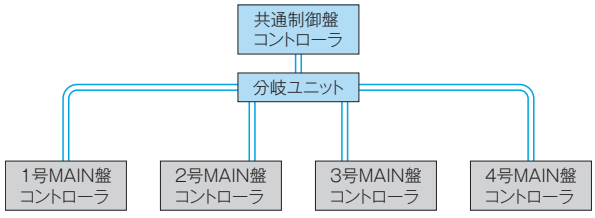


第２図　複数台システム構成例

共通制御盤コントローラと各号機コントローラ間をEtherCATネットワークで接続し，通信高速性及び信頼性を確保した。

第３表　各接続方式のメリット・デメリット

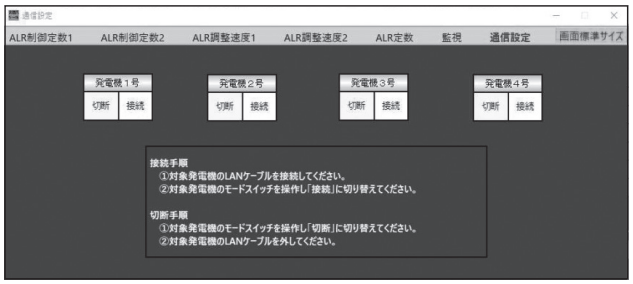
接続方式によってメリット・デメリットがあり，号機台数や発電所の運用によって選択できる。

接続方式	特徴
（1）リング方式  	・共通制御盤コントローラと各号MAIN盤コントローラはシリーズに接続 ・分岐ユニットが不要 ・1，2号MAIN盤コントローラ等，連続号機の故障であれば，3，4号MAIN盤コントローラは共通制御盤コントローラとの通信が可能 ・各号MAIN盤追加の都度，EtherCAT接続のシステム設定を変更する必要がある
（2）スター方式  	・共通制御盤コントローラと各号MAIN盤コントローラはパラレルに接続 ・故障した号機以外は，共通制御盤コントローラとの通信が可能 ・各号MAIN盤追加の都度の，EtherCAT接続のシステム設定変更が不要

対象号機を共通EtherCATネットワークより離脱させた際に通信異常と判断しないよう区別すること。

3.2　適用システム概要

順次更新期間中は，既設システムと新システムが一時的に混在するため，段階的な切替え及び新旧システムの併用運転が必要であった。さらに，運用開始後の保守作業への対応を考慮し，**第３表**に示すスター方式の共通EtherCATネットワーク構成を採用した。また，共通制御盤コントローラと各号機



第３図　切替スイッチ実装例

共通制御盤コントローラと各号機コントローラ間のEtherCATネットワークを任意に切断・接続ができる。

第４図　共通制御盤の納入状況

共通制御盤１面，MAIN盤４面を配電盤室に設置した。なお，写真は試験期間中の状況を示す。

コントローラ間のネットワークを任意に未接続設定可能とする切替スイッチをタブレットに実装した。**第３図**に切替スイッチを実装したタブレット画面を示す。

3.3　導入成果

第４図に共通制御盤の納入状況を示す。水車発電機4台を対象としたスター方式の共通EtherCATネットワーク適用により，既設システムと新システムを併用しながら更新工事を実施することで，発電所運用への影響を最小限に抑えつつ設備更新を完了した。また，保守作業時においても，共通制御コントローラと号機コントローラ間のネットワークを任意に未接続設定可能としたことで保守性を確保した。

4　むすび

本稿では，水力発電所向けに納入した発電機4台共通制御システムについて紹介した。本システムでは，スター方式の共通EtherCATネットワークを採用することで，順次更新期間中の運転継続性及び運用開始後の保守性向上を実現した。

さらに，既設システムと新システムを併用しながら段階的に設備更新を行うことで，更新工事期間中の溢水電力削減を実現した。本システムは，複数台の水車発電機を有する水力発電所に対して有効なシステムの一つであり，今後も適用拡大を図る。

また，ユーザ要望の一つであったタブレットの無線接続について開発完了し，適用を進めている。今後も継続して機能開発を行い，ユーザ要求に応える新たな付加価値を検討していく所存である。

最後に，本システムの製作・納入にあたり，多くの方々にご協力いただいた。深く感謝する。

・EtherCATは，ドイツBeckhoff Automation GmbHの登録商標である。
・本論文に記載されている会社名・製品名などは，それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》

伊藤健二
Kenji Ito
水力事業推進本部技術部
水力発電システムのエンジニアリング業務に従事