

産業用フィールドネットワーク対応 水力発電用全機能一体形制御保護 システム

キーワード 水力発電, クリーンエネルギー, 制御装置, 高速通信, 省スペース化

概要



2012年7月1日に開始した固定価格買取制度（FIT：Feed-in Tariff）によって再生可能エネルギーの売電価格が高く設定され、採算性が向上した。そのため、水力発電設備の新規開拓・既設設備更新に着手するケースが増え、市場は活気を帯びている。当社は水力発電設備の保守省力化・運転制御の多様化などの様々な要望に応えるため、製品のラインアップを日々強化している。産業用フィールドネットワーク対応水力発電用全機能一体形制御保護システムは、産業用ネットワークの採用で、従来盤から体積・質量を約80%削減、ケーブル布設期間は約50%を削減し、いっ水電力量^(注1)を大幅に削減した。

1 まえがき

私たちの暮らしを支えるエネルギーは、石油や石炭、天然ガスなどの化石燃料が中心である。エネルギーの94%を海外からの輸入に頼っている日本では、エネルギー自給率の向上が大きな課題の一つとなっている。

2012年7月、再生可能エネルギーの推進を目的とした固定価格買取制度（FIT：Feed-in Tariff）が導入され、急速に太陽光発電・風力発電・地熱発電・バイオマス発電などの再生可能エネルギーの普及が進んでいる。その中で「水」を利用した純国産クリーンエネルギーである水力発電市場は、安定した信頼性の高い電源として、また低炭素化実現の活動が加速化している社会動向によって、いまだ活気

を帯びている。

当社は、多様な要求及び水力発電に関わる業務の競争力強化に対応するため、次世代形制御装置を開発し、2016年6月に初納入した。

本稿では、産業用フィールドネットワーク対応水力発電用全機能一体形制御保護システムの仕様及び特長を紹介する。

2 開発の背景

近年の水力発電所のデジタル制御・保護装置は、全機能一体形制御保護装置が主流である。第1図に全機能一体形制御保護装置の外観を示す。全機能一体形制御保護装置は、機能集約によって部品点数を削減し、また豊富なシステムバリエーションを有



第1図 全機能一体形制御保護装置

従来盤は、概算質量400kgの一体形構成である。

しており、1985年以降、モデルチェンジをしながら多くの水力発電所で採用されている。

その中で、日本国内の貴重なエネルギー資源である「水」を少しでも多くの電気エネルギーに変換できるよう、また今以上の現地工事費の低減やメンテナンス性向上が期待できる次期製品を、2014年から中部電力(株)と共同開発した。

3 仕様

第1表に本システムの仕様を示す。本システムでは、水力発電機に関する制御・保護・通信などを実行機能別に分散配置し、EtherCATネットワークで接続する。この形態は、水車・発電機などの周辺にIO機器を設置し、1本の通信ケーブルで盤間を接続することで、多量に布設される制御信号ケーブルを極力短くすることを目的としている。

本システムは表に示すとおり、水力発電所の制御・保護・監視に必要な機能を標準実装し、オプション機能を付加することで、多様な要求に対応できる製品とした。

また、制御回路のソフトウェア化による盤実装部品の削減及びアルミフレームの採用などによって、

第1表 システム仕様

水力発電所の制御・保護・監視に必要な機能を有している。

制御機能	標準実装機能	オプション機能
シーケンス制御	主機シーケンス 自動再始動シーケンス 自動応水運転シーケンス(主機1台) 補機シーケンス	自動応水運転シーケンス(主機2台以上) 送電線自動復旧シーケンス その他の制御シーケンス
調速制御	調速制御(GOV) 出力制限(OPL)	高効率運転(カプラン水車立体カム機能) 高効率運転(ベルト水車ノズル切り替え機能) 高効率運転(両掛水車単・両輪切り替え機能)
励磁制御	自動電圧調整(AVR) 励磁制限: 発電機可能運転限界制限(kVAL)	電力系統安定化(PSS)
保護 継電器	発電機保護: #51H, #51, #59, #40, #64B, #67G, #87, #87G, #51GN, #64N 系統保護: #27, #164, #67S 単独運転防止保護: #95L, #95H 機器保護: #12(アプリケーション検出) 同期チェック: #25S 常時監視機能	
二次調整 制御	水調(#77W), 流量制御(#77Q), 自動負荷調整(ALR) 自動力率調整(APFR)又は自動無効電力調整(AQR)	定流量運転(WFR) 有効電力タイムスケジュール運転(#10P) AQR・APFRタイムスケジュール運転(#10Q) ゴミ払い機能(GVあおり機能)
自動同期	揃速, 電圧平衡, 同期投入(#15, #60, #25)	
通信機能	テレコン(遠方監視制御機能) Ethernet(LAN) Web(インターネット)	
ヒューマン インタ フェース	タブレット(WindowsOS) 防じん・防滴 耐落下90cm	
電源装置	入力: DC85~286VとAC85~253Vの突き合わせ二重化 出力: DC110V/3A, DC24V/6A	

盤の大幅な小形・軽量化を実現した。第2表に装置の外観と仕様を示す。

第2表 装置外観

回路構成の簡素化によって、概算質量50kgを実現した。

				
名称	MASTER盤	VT・CT盤	SLAVE盤	可搬式操作パネル
構造	自立形・前背面メンテ	自立形・前背面メンテ	壁掛形・前面メンテ	タブレット形PC
外形寸法	W800×H1050×D350mm	W800×H1050×D350mm	W700×H700×D312mm	10.1型
概略質量	50kg	50kg	25kg	1.1kg



第2図 搬入事例

二人で持ち運ぶことができる。

4 特長

4.1 小形・軽量

本システムの最大の特長は、盤の小形・軽量化である。ハードウェア回路で構成していた制御機能の一部をソフトウェア化し、従来の全機能一体形制御保護装置と比較して、性能を保ちながら、部品点数を大幅に削減した。

さらに実行機能別に盤を分散することで、質量を従来比約80%削減し、台車もしくは二人で持ち運べる装置とした。第2図に搬入事例を示す。

これにより、水力発電所の多くが建設される山間部など、搬入道路が狭い地点へも納入できるようになった。

4.2 低建屋建築コスト

盤構造を大幅に小形化したことで、運搬作業を軽減し、設置面積を縮小化した。これにより、新設建屋面積の縮小が見込める。また従来では、設置が困難であった狭小スペースへ設置でき、既設更新時などのスペースが限られる場合にも対応できる。第3図に据え付け事例を示す。

4.3 短工期

第4図に従来のシステムと本システムの比較を示す。今回開発したMASTER盤を制御室へ、VT・



第3図 据え付け事例

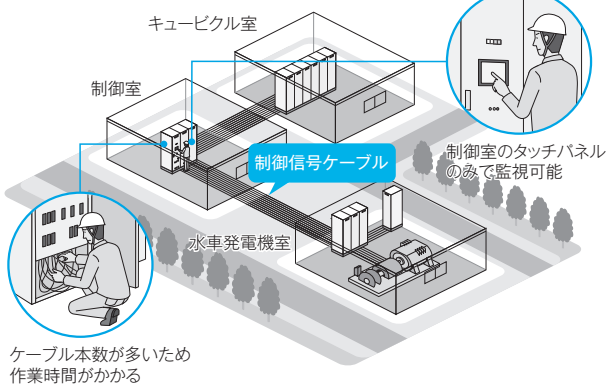
デットスペースに設置できる。

CT盤をキュービクル室へ、またSLAVE盤を水車発電機室へ各々設置し、LANケーブル又は光ケーブルを接続することで制御信号ケーブルの布設作業を低減し、工期短縮によるいっ水電力量^(注1)を削減した。

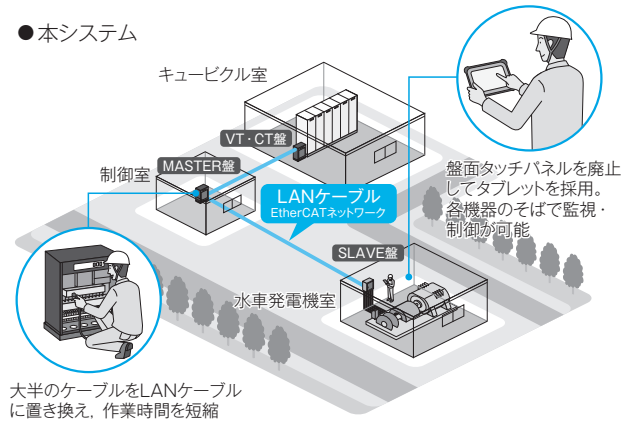
4.4 超高速フィールドネット

第5図にシステム構成を示す。本システムは、ネットワークにEtherCATを採用した。EtherCATは、他の産業用Ethernetより3～10倍高速で、また他ネットワークとの互換性・汎用性を有している。今回、EtherCATマスタモジュール及びスレーブ機器を開発し、本システムに搭載することで、データ伝送の高速性とリアルタイム性を確保した。

●従来システム

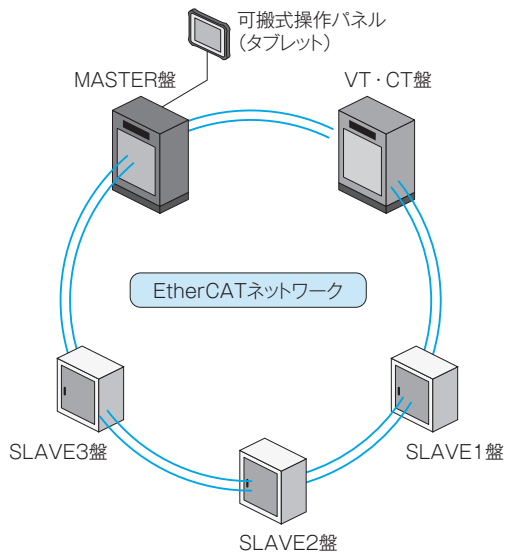


●本システム



第4図 従来システムと本システムとの比較

盤間データ伝送に産業用LANを採用し、制御信号ケーブルを削減した。



- ・冗長化システムを構成(1か所でケーブルが断線してもシステムは継続)
- ・盤間が100mを超える場合は光ケーブルで接続可能

MASTER盤	
電源装置	AC/DC突き合わせ入力電源
コントローラ	主制御部, EtherCATマスター搭載
タブレットスレーブ	タブレット通信部
通信装置	IP-TC子局, Web監視装置
VT・CT盤	
VCTスレーブ	VT・CT二次入力, 保護継電器部
VTT・CTT	保護継電器用試験端子
タブレットスレーブ	タブレット通信部
SLAVE盤	
SLAVE1盤	
緊急停止スレーブ	システム異常時のバックアップ停止回路部
EtherCATスレーブ	入出力部(遮断器・水車制御盤ほか)
SLAVE2盤	
緊急停止スレーブ	SSG速度検出部
EtherCATスレーブ	入出力部(入口弁・ブレーキ・補機ほか)
SLAVE3盤	
EtherCATスレーブ	入出力部(GOV盤・サイリスタ盤ほか)
タブレットスレーブ	タブレット通信部

※現場の状況によって、システム構成や内部収納機器が異なる場合がある。

第5図 システム構成

データ伝送の高速性とリアルタイム性を確保した。

また、ネットワーク片系断線時はループバックによってシステムを継続し、正常時と同様に水車発電機を制御可能とした。

4.5 安全性

水力発電所の機器が故障した場合、機器を安全に停止させ、被害を最小にとどめなければならない。それは装置故障も例外ではなく、安全性の確保は何よりも優先される事項である。

本システムが正常な場合、MASTER盤に搭載されているコントローラの制御出力信号で、水車発電機を停止させるが、コントローラの異常時(制御不能時)には、コントローラ以外から停止信号を出力する必要がある。

そこで、コントローラ異常時でも水車発電機を安全に停止させることを可能とする、バックアップ停止回路用「緊急停止スレーブ」を開発した。これにより、停止信号はMASTER盤に搭載されるコント

ローラと、SLAVE盤に搭載される緊急停止スレーブの常時二重構成となり、保護停止用ハードウェア回路（ロックアウトリレー）に替えて高い安全性と信頼性を確保した。

4.6 タブレットによる監視・操作

ヒューマンインタフェースとして、従来の盤面取り付け式タッチパネルを廃止し、持ち運びできるタブレットを採用した。操作・計測・動作・故障表示・シーケンスモニタ把握及び各種設定をタブレットに集約することで、操作性・保守性を向上させた。また、従来は盤面のタッチパネルの1か所で運転情報などを確認していたが、タブレットを持ち運び、機器周辺のSLAVE盤に接続することで、機器の状態を目視しながら操作・計測ができるようになり、試験調整の効率が向上した。

5 むすび

当社の産業用フィールドネットワーク対応水力発電用全機能一体形制御保護システムを紹介した。

水力発電は、温暖化ガスを排出しない純国産の再生可能エネルギーの一つであり、太陽光発電や風力発電と比較して安定供給ができる付加価値の高い電源である。そのため、今後も高度信頼化・合理化され、製品は多機能システムへと進化していくと考える。

引き続き市場動向を踏まえた上で新技術の開発に取り組み、水力発電の発展に貢献していく。

・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。

(注記)

注1. いっ水電力量：設備の補修作業・事故・出水などの原因によって、発電に使用されずにいっ水を生じた（下流にゲート放流した）場合の水量を電力量に換算したもの

《執筆者紹介》



猪瀬和弥
Kazuya Inose

水力発電技術部
水力発電システムのプラント業務に従事