

デジタル変電所の実現に向けた IEC 61850 対応 監視制御装置

■ 佐藤 一男
Kazuo Sato

■ 川俣 陽輝
Haruki Kawamata

■ 池田 栄二
Eiji Ikeda

1 はじめに

変電所設備の運用効率化・高度化を目的に監視制御装置を活用したデジタル化が推進されている。

デジタル化の実現には、さまざまなメーカーの装置と相互通信できることが必須となる。今回、東光高岳では、東京電力パワーグリッド（株）の多回線引込み配電用変電所（岬町変電所（千葉県いすみ市））に通信の国際規格である IEC 61850 に対応した監視制御装置（以下、本装置）を初めて導入した。当該変電所は、ステーションレベル^{注1)}で東京電設サービス（株）製の IEC 61850 に対応した装置と本装置を導入することでマルチベンダ構成を実現している。

今回導入した装置は、監視制御機能を有するフィールドゲートウェイ（以下、FGW）、各機器状態・計測情報を取り込むベイコントロールユニット（以下、BCU）、加えて、IEC 61850 に準拠していない現行の上位システムに接続するための IEC 61850 プロトコル変換装置（以下、変換装置）から構成される。

2 システム全体構成

今回適用したシステムの構成を図 1 に示す。

BCU をはじめとした各 IED^{注2)} にて取得した情報はステーションバスを通して FGW へ伝送される。情報を受けた FGW では IEC 61850-90-2（変電所 - 制御所間通信）に従って変換装置へデータの伝送を行う。これを変換装置にて IPIF プロトコルに変換を行うことで、現行の上位システムからの監視制御が可能な構成としている。

なお、FGW、BCU、変換装置はすべて A 系 / B 系からなる完全 2 系列構成となっており、片方のユニットが停止した場合でも運用を継続することができる。

3 フィールドゲートウェイ (FGW)

FGW の外観を図 2 に示す。FGW は、IEC 61850 サーバ、クライアント双方の機能を有している。クライアント機能により変電所構内の情報を収集し、サーバ機能によって変換装置へデータの伝送を行う。

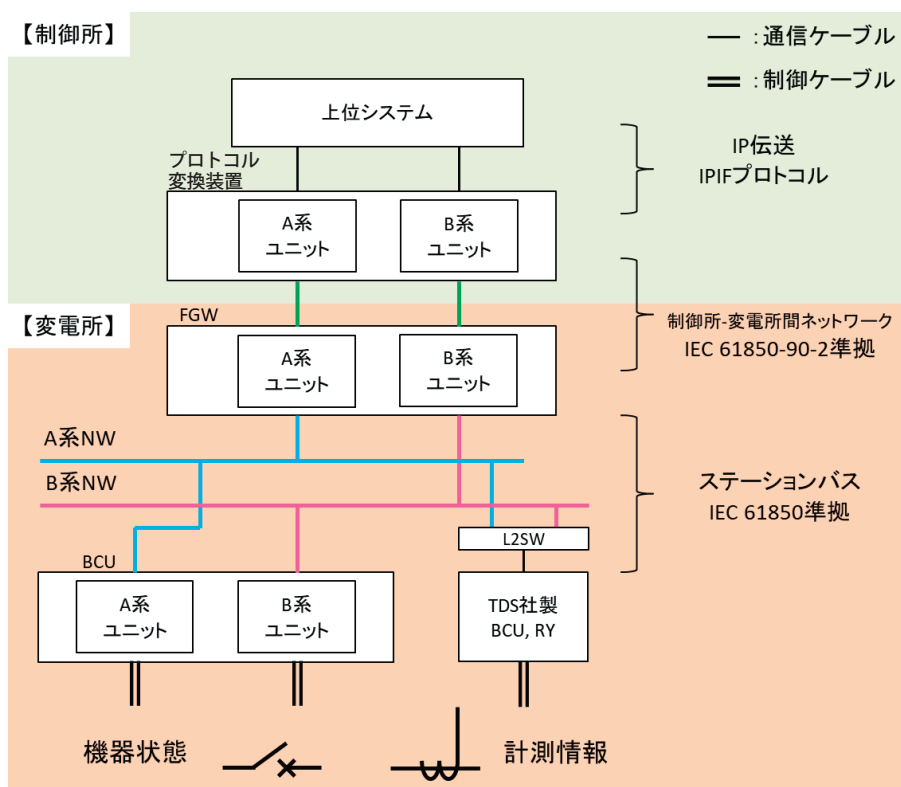


図 1 全体システム構成



図2 FGW 外観

3.1 機能

FGW の主な機能を表 1 に示す。

表 1 機能概要

機能	概要
プロキシ／ゲートウェイ	・代理アクセス（プロキシ）
HMI 注3)	・機器状態、故障状態の表示 ・変電所全体監視・直接操作 ・設定
自動監視	・BCU 他、IED 接続状態等の監視
セキュリティ	・権限管理・制限 ・syslog 送信

(1) プロキシ／ゲートウェイ機能

FGW ではサーバ機能とクライアント機能が内部通信により分離した indirect access 方式を採用している（図 3）。

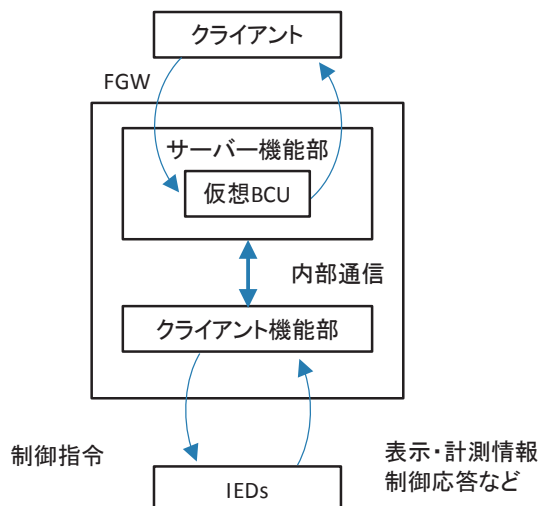


図3 indirect access 方式によるネットワークの分離

indirect access 方式採用により次の効果が見込まれる。

- ・伝送情報の選択・フィルタリングが可能
- ・変電所構外と構内のネットワーク分離によるセキュリティ向上
- ・クライアント～IED 間の通信オーバーヘッドの削減

変電所構外のクライアントからの要求には、FGW のクライアントが代理（プロキシ）で各 IED から取得、アクセスした結果が返送される。

(2) HMI 機能

設定画面より、BCU をはじめとした各 IED の実装 / 未実装設定、表示項目の実装設定など各種設定の変更が可能となっている。

加えて、HMI 機能には SAS 注4) の機能を統合した。BCU からの機器状態、故障表示を IED 単位に確認できる状態表示画面、当該変電所のスケルトンを表示する全体スケルトン画面（図 4）を具備している。なお、制御権が「直接」の場合、全体スケルトンのシンボルにアクセスすることで変電所機器の操作が可能である。

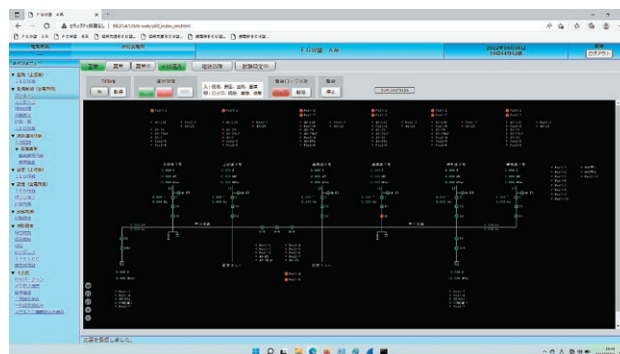


図4 スケルトン画面

(3) セキュリティ対応

セキュリティについては日本電気技術規格委員会の承認規格である「電力制御システムセキュリティガイドライン」に従い、脆弱性管理、不要サービス停止、未使用インタフェースの閉塞、権限管理・制限およびシステムログ収集を実施している。また、外部サーバにログを出力する syslog 機能も実装している。

3.2 ネットワーク機器収納によるコスト低減

FGW 盤内の空きスペースを活用し、ネットワーク機器を収納した（図 5）。別途通信設備をまとめるラックを設置する必要がなくなり設置コスト低減を実現している。

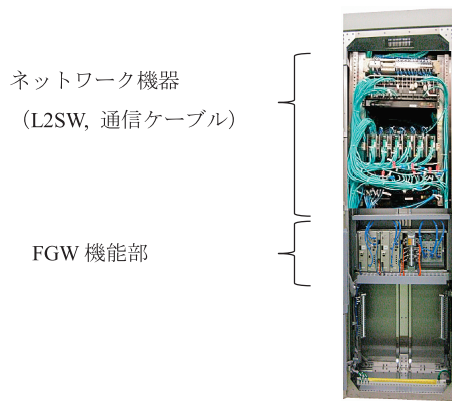


図5 ネットワーク機器収納状態

4 バイコントロールユニット (BCU)

BCUの外観を図6に示す。BCUは、遠隔地から変電所の監視制御を行うために変電所内に設置し、変電所の監視制御情報を遠隔地とLAN伝送する中継装置としての役割を担う。



図6 BCU 外観

BCUは既設機器との接続のため端子台を設けており、制御ケーブル渡しにて接続される。CT/VT入力、現地機器操作出力、機器状態や故障表示等の各種情報を取り込んでいる。取り込んだ各種情報は、IEC 61850 (MMS^{注5)})に変換してFGWへレポートを送信している。

また、FGWからの選択制御リクエストを伝送で受信し、現地機器または、既存装置（デジタル化非対応装置）である保護リレーへ制御ケーブルにより信号出力し制御を行っている。

BCUの主な機能の概要を表2に示す。そのうち、重要な機能を(1)～(4)で説明する。

表2 機能概要

機能	概要
情報伝送	・ IEC 61850 (MMS) 伝送
選択制御	・ 強化型選択制御の採用 (SBO control with enhanced security) ・ 同期並列検定機能 ・ ソフトインタロック
表示	下記情報の取り込みと状態表示 ・ 現地機器 ・ 43SW 回路 ・ 故障・警報表示
計測	・ 変電所設備の計測情報 ・ 遮断器投入のための同期計測
自動監視	・ BCU 監視 ・ 計測入力監視 ・ 電圧監視 ・ 故障監視 他
HMI	・ 状態表示 ・ 設定・整定
セキュリティ	・ 脆弱性管理 ・ 不要サービス停止 ・ 未使用インタフェースの閉塞 ・ 権限管理・制限

(1) 選択制御機能

主回路機器などの制御は、誤操作防止を図るため、二挙動方式（選択後制御）を採用、かつ、制御対象の不応動の場合にコマンド終了通知が必要となることから強化型選択制御とした。強化型選択制御は、従来の選択制御と異なり、選択時に制御値が必要となる。また、同期投入検定機能は、電力系統を安全に並列運転することを目的とし、各BCUに実装している。なお、同期遮断器の設定ならびに同期投入に関する各種整定については、HMI用PCを用いて変更できる。

(2) ソフトインタロック機能

誤操作によって電力系統への支障または変電所機器への損傷を与える可能性がある機器については、ソフトインタロック機能を実装している。

ソフトインタロック機能により、機器操作条件をソフトウェアで判定する。判定は、選択時および制御時に実施する。インタロック条件はHMIで確認が行え、インタロック条件の変更もユーザが行える。

(3) 計測機能

各設備からVT二次値またはCT二次値を取り込み、デジタルサンプリング方式によって系統一次変換を行う。また、スケールオーバー処理、下限値カット等の各種処理機能を具備する。

変換した計測値は、0.5秒間隔の定周期でFGWに情報伝送できる。

(4) HMI 機能およびセキュリティ

HMI 用 PC 接続時の認証機能を設け、業務内容に合わせた 3 レベルの権限を設けた。

設定・整定画面より、設定・整定の読み出しおよび変更ができる。

また、各画面に誤り検定符号情報を表示し、設定・整定値の正当性を確認できる機能を具備している。

図 7 に設定機能の一例として前項でも述べたソフトインタロック設定画面を示す。



図 7 変電所機器のソフトインタロック設定画面

5 IEC 61850 プロトコル変換装置

変電所のデジタル化に伴い、装置（上位装置から変電所装置）は順次更新となることが予想される。本装置は、変電所側の更新が先行する場合を想定し、変電所装置が置き換えられても上位装置の設定変更を必要としないこと、また、上位システムを IEC 61850 伝送によるデジタル化対応とする際に、本装置を取り外すだけで切り替えを可能とするために開発したものである。

これらを実現するため、IEC 61850 プロトコルを IPIF プロトコルへ変換するとともに、上位システムからの指示（選択制御、状態要求）を逆方向に変換する機能を有している。図 8 に IEC 61850 プロトコル変換装



図 8 IEC 61850 プロトコル変換装置

置（以下、変換装置）の外観を示す。

5.1 変換を行う情報

表 3 に変換装置が変換を行う情報を示す。

表 3 変換を行う情報の概要

対象となる情報	主な処理
定周期計測情報	・ 数値変換 ・ quality 変換
表示情報	・ 状態変化変換
故障情報	・ 重大故障 / 軽故障通知
選択制御	・ 選択制御変換

(1) 定周期計測情報

定周期計測情報に含まれる数値と符号を変換するとともに、設定されている quality 値によって異常を検出し、通知する。

(2) 表示情報

変電所装置から通知される情報は複数の値を取る整数であるが、これをあらかじめ指定されているルールに従って 2 値に置き換え、上位システムへ通知する。

(3) 故障表示

変電所装置から通知される情報から、故障情報を生成し、上位システムへ通知する。

(4) 選択制御

選択制御においては、強化型選択制御を採用しており、従来とまったく同じ選択制御シーケンスを実現している。

5.2 変換性能

変換装置は最大で 96 台の論理デバイス（以下、LD）と接続することが可能で、通信経路ごとに定周期計測情報 22 ワード、表示情報 180 ポジションを変換する能力を有している。なお、接続可能な最大 LD 数は、変電所の規模に応じて引き上げることができる。

6 おわりに

多回線引込み配電用変電所向け監視制御装置において、制御所 - 変電所間およびステーションレベルのデジタル化対応を行った。

今後は、プロセスレベルや、さまざまな変電所の構成に適応した監視制御装置の検討・開発を進めていく。

末尾ながら、今回の開発に多大なるご指導・助言をいただいた東京電力パワーグリッド工務部様、東京電設サービス様に対し、厚くお礼申し上げます。

■参考文献

- (1) 小島・近藤・水野・鎌田・佐野ほか：「IEC 61850 を適用したデジタル変電所監視制御システムの実用化」電気学会保護リレーシステム研究会，PPR-23-007 (2023)
- (2) 「IEC 61850 の国内電気所適用に関する機能仕様 Edition 2.1.0」電力中央研究所 (2019)

■語句説明

- 注 1) ステーションレベル：変電所構外と構内のネットワークを中継する遠方監視制御装置や変電所機器の直接制御を行う集中監視制御装置，およびステーションバスを含めた範囲。
- 注 2) IED：Intelligent Electronic Device の略称。内蔵機能を組み合わせ幅広くユーザカスタマイズができる。汎用性が高い。
- 注 3) HMI：Human Machine Interface の略称。人間が装置などの状態確認や設定を行うための機能。

- 注 4) SAS：Substation Automation System の略称。変電所全体を監視制御するためのシステム。変電所に設置される機器の制御・状態表示・計測表示が可能。
- 注 5) MMS：Manufacturing Message Specification の略称。装置間のデータ通信をリアルタイムに処理することを目的とした通信規格。

佐藤 一男

電力プラント事業本部

電力システム製造部 保護制御装置設計グループ 所属

川俣 陽輝

電力プラント事業本部

電力システム製造部 保護制御装置設計グループ 所属

池田 栄二

電力プラント事業本部

電力システム製造部 監視制御システム設計グループ 所属