

# デジタル変電所の高度化へ寄与する 送電用変電所向け監視制御装置の開発

■ 菅原 淳

Jun Sugawara

■ 篠崎 宏司

Koji Shinozaki

■ 川俣 陽輝

Haruki Kawamata

■ 平山 賢人

Kento Hirayama

## 1 はじめに

送電用変電所設備の運用効率化・高度化・制御ケーブル削減を目的に変電所のデジタル化が推進されている。その目的を達成するためには、デジタル変電所対応監視制御装置を活用することが有効である。そこで東光高岳は2023年に、監視制御機能を有するフィールドゲートウェイ（以下、FGW）と、変電所内機器の状態・計測情報を収集するバイコントロールユニット（以下、BCU）を開発した<sup>(1)</sup>。今回、東京電力パワーグリッド株式会社千葉印西変電所（千葉県印西市）のデジタル化対応に合わせて、より多くの機器を監視できるよう装置の改良を行った。また、変電所内機器の状態を取り込み、制御および機器インタロックを出力する機能を有するプロセスインタフェースユニット（以下、PIU）、およびPIU盤を機器のデジタル化のため新規に開発し、当該変電所に納入したので紹介する。

## 2 システム全体構成

図1に今回適用したシステムの構成を示す。本システムでは、ステーションバスレベル、プロセスバスレベルの両方でマルチベンダ接続を実現している。BCUをはじめとした各IED<sup>注1)</sup>にて取得した機器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（制御所-変電所間通信）に従ってプロトコル変換装置へデータの伝送を行う。

なお、FGW、BCUは全て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。

従来の装置では制御ケーブルにより変電所機器と接続していたが、国際規格IEC 61850のプロセスバスを適用した。PRP<sup>注2)</sup>による2ルート構成とし、片側伝送ルートが故障した場合においても、ダウンタイムなしで監視機能を維持することが可能となっている。

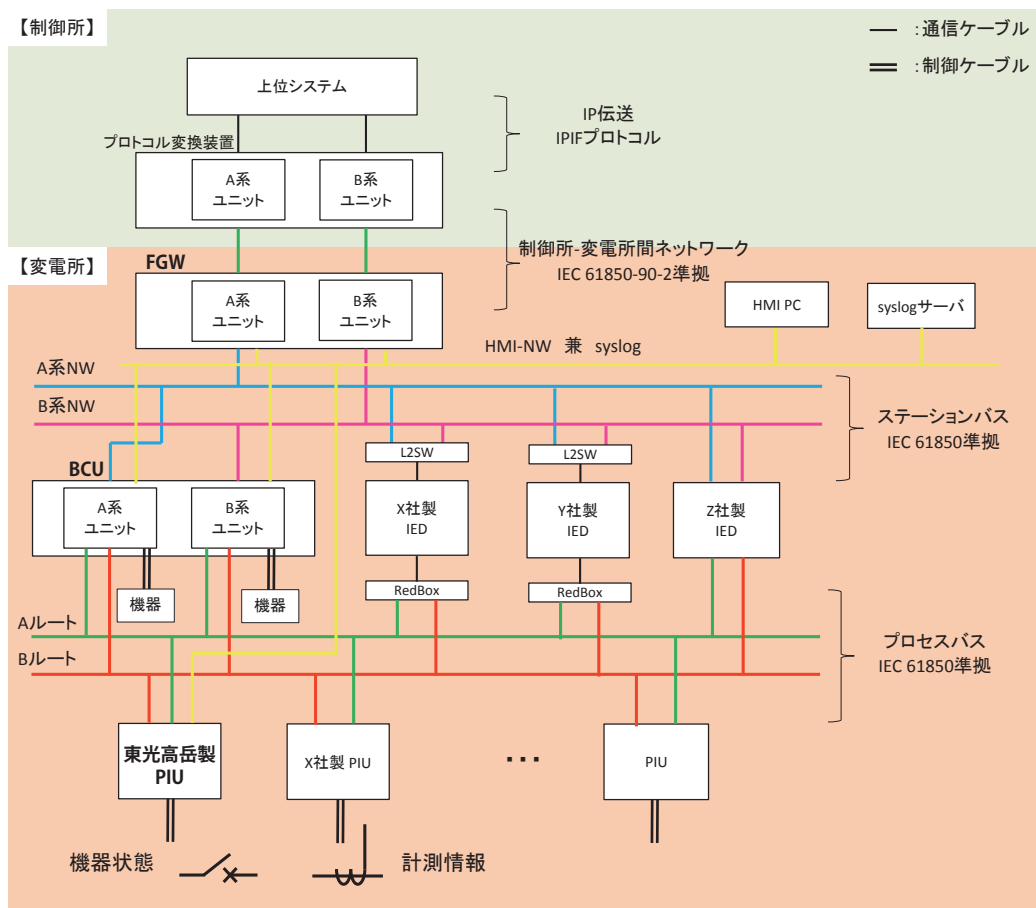


図1 システム全体構成

### 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プロトコル変換装置へデータの伝送を行う。FGW の主な機能概要を **表 1** に示す。



図 2 FGW 外観

表 1 主な機能概要 (FGW)

| 機 能                   | 概 要                                                     |
|-----------------------|---------------------------------------------------------|
| プロキシ／ゲートウェイ機能         | ・代理（プロキシ／ゲートウェイ）機能                                      |
| HMI <sup>注3)</sup> 機能 | ・機器状態、故障状態の表示<br>・変電所全体監視／直接操作<br>・設定機能                 |
| 監視制御機能                | ・BCU 等 IED 接続状態の監視<br>・機器状態、故障状態の監視<br>・機器（遮断器／断路器等）の制御 |
| セキュリティ                | ・権限管理・制限 <sup>注4)</sup><br>・syslog <sup>注4)</sup>       |

この中の監視制御機能について紹介する。FGW に接続されている各 BCU・保護リレーの接続状態や変電所機器の状態表示や故障表示および制御が可能となっている。制御では、変電所から離れた制御所からの遠方制御、変電所構内に設置されている HMI からの直接制御を可能としている。**図 3** に BCU・IED の一覧とその接続状態の HMI 監視画面例を示す。

| 機 能                   | 概 要                                                     |
|-----------------------|---------------------------------------------------------|
| プロキシ／ゲートウェイ機能         | ・代理（プロキシ／ゲートウェイ）機能                                      |
| HMI <sup>注3)</sup> 機能 | ・機器状態、故障状態の表示<br>・変電所全体監視／直接操作<br>・設定機能                 |
| 監視制御機能                | ・BCU 等 IED 接続状態の監視<br>・機器状態、故障状態の監視<br>・機器（遮断器／断路器等）の制御 |
| セキュリティ                | ・権限管理・制限 <sup>注4)</sup><br>・syslog <sup>注4)</sup>       |

図 3 HMI 対向 BCU・IED の監視画面

また、千葉印西変電所は従来変電所と比べ BCU や IED の数が多いことから、従来の装置をハイエンド CPU 対応にすることで、処理の高速化・高性能化を実現した。その結果、対向 BCU・IED 数が従来の 48 台から 150 台以上の接続を可能とした。

### 4 ベイコントロールユニット (BCU)

BCU の外観を **図 4** に示す。BCU は各機器の状態や情報を取り込み、FGW へ通知、各機器を制御するための装置である。従来装置は変電所機器との接続は制御ケーブルのみを用いた方法であったが、今回、プロセスバスの IEC 61850 (GOOSE<sup>注5)</sup>) 伝送機能を搭載することで、PIU と光 LAN ケーブルによる接続を可能とした。また、既存装置（デジタル化非対応装置）である保護リレーは制御ケーブルにより接続できる。



図 4 BCU 外観

#### 4.1 機能概要

BCU の主な機能概要を **表 2** に示す。ここでは、代表として 2 つの機能を紹介する。

##### (1) 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を及ぼすことや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、インタロック機能を実装している。

インタロック機能については、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 で確認ができ、インタロック条件の変更もユーザが行えるようにしている。

ソフトウェアでのインタロックの判定の仕組みについて **図 5** で示す。インタロック判定を実施する BCU が変電所機器情報を GOOSE で受信し、機器ごとの判定条件からインタロックの判定を実施している。**図 6** にソフトウェアでのインタロックの条件設定を行う HMI の画面例を示す。

表 2 主な機能概要 (BCU)

| 機 能                          | 概 要                                                                                                                                         |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 情報伝送                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ IEC 61850 (MMS<sup>注6)</sup>) 伝送</li> <li>・ IEC 61850 (GOOSE) 伝送</li> </ul>                        |
| 選択制御機能                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 強化型選択制御の採用</li> <li>・ 同期並列検定機能</li> <li>・ ソフトインタロック機能</li> </ul>                                   |
| 表示機能                         | 下記情報の取り込みと状態表示 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現地機器</li> <li>・ 43SW 回路<sup>(※1)</sup></li> <li>・ 故障・警報表示</li> </ul>                |
| 計測機能                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 変電所設備の計測情報</li> <li>・ 遮断器投入のための同期計測</li> </ul>                                                     |
| 同期検定機能                       | 送電線，母線区分，主変のみ実装                                                                                                                             |
| 43P 切替条件判定機能 <sup>(※2)</sup> | 二重母線時の送電線，主変のみ実装                                                                                                                            |
| VT 切替機能                      | 二重母線時の送電線，主変のみ実装                                                                                                                            |
| 自動監視機能                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ BCU 監視</li> <li>・ 計測入力監視</li> <li>・ 電圧監視</li> <li>・ 故障監視 他</li> </ul>                              |
| HMI 機能                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 状態表示</li> <li>・ 設定・整定機能</li> </ul>                                                                 |
| セキュリティ                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 脆弱性管理</li> <li>・ 不要サービス停止</li> <li>・ 未使用インタフェースの閉塞</li> <li>・ 権限管理・制限</li> <li>・ syslog</li> </ul> |

※ 1 使用 / ロック、自動 / 手動などの切替回路

※2 電圧要素自動切替機能

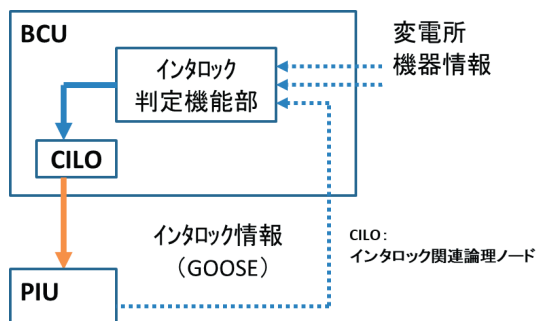


図5 ソフトインタロック判定方法



図6 HMIソフトインタロック画面

## (2) MMS/GOOSE 変換機能

プロセスバスレベルでは高速かつ信頼性の高い通信規格として 1000Base-LX の光 LAN ケーブルによる GOOSE 通信を適用している。PIU からの GOOSE 通信

により受信した情報は MMS 通信へ変換し FGW へ送信している。

#### 4.2 適用可能な変電所設備

BCU が適用可能な変電所設備は下記の通りである。

- ・ 共通設備
- ・ 送電線設備（最大 4 回線，275 kV 回線にも対応）
- ・ 母線・母連・母線区分設備
- ・ 主変設備
- ・ 所内変圧器設備

千葉印西変電所では、主変 BCU と所内 BCU の 2 面となることを、当社の提案により、主変所内 BCU として 1 面に実装してコストダウンを図った。

## 5 プロセスインタフェースユニット (PIU)

PIU は変電所機器、または屋外盤に搭載され、BCU と IEC 61850 伝送 (GOOSE 通信) によって、機器状態監視や制御を行う。図 7 に PIU 外観を示す。



図7 PIU 外觀

## 5.1 機器仕様

PIU の仕様を**表 3**に、試験項目一覧を**表 4**、試験例を**図 8**に示す。PIU 単体での変電所機器搭載を想定し、電力用規格 B-402 (2016) や JEC-2500-2010, JEC-2501-2010 などの関連規格に準拠した試験を実施している。

表 3 PIU 仕様

| 項 目      | 詳 細                                     |
|----------|-----------------------------------------|
| 電源電圧     | DC 100 V, DC 110 V<br>(-20%~+30%)       |
| 入力回路     | 標準：16 点（拡張：24 点）                        |
| 出力回路     | 標準：8 点（拡張：8 点）                          |
| インタロック出力 | 2 点（無電圧接点）                              |
| LED 表示   | 動作（RUN：緑），異常（ERR：赤），<br>CPU 停止検出（WDT：赤） |
| 通信ポート    | 上位通信：2 ポート（PRP）<br>HMI：1 ポート            |



表 4 PIU 試験項目一覧

| No. | 試験項目        |
|-----|-------------|
| 1   | 絶縁抵抗試験      |
| 2   | 商用周波耐電圧試験   |
| 3   | 雷インパルス耐電圧試験 |
| 4   | 過負荷耐量試験     |
| 5   | 温度上昇試験      |
| 6   | 温度性能試験      |
| 7   | イミュニティ試験    |
| 8   | 振動・衝撃試験     |
| 9   | 電源電圧変動試験    |
| 10  | 機能試験        |
| 11  | セキュリティ確認試験  |

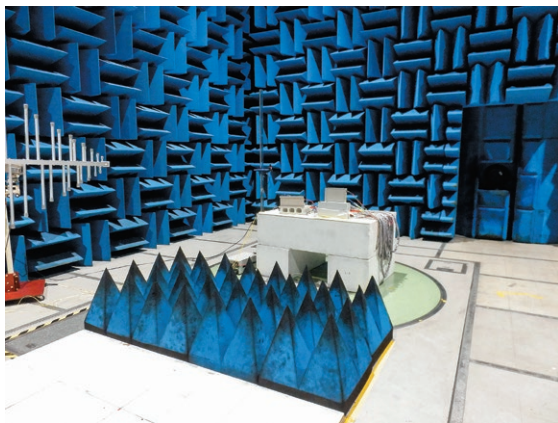


図 8 試験例 イミュニティ試験（放射電磁界試験）

## 5.2 機能

PIU の主な機能概要を表 5 に示す。変電所機器に搭載されることから、機器操作のための選択制御機能や機器状態取り込みのための表示機能、BCU と通信を行う

表 5 主な機能概要 (PIU)

| 機能       | 概要                                                                |
|----------|-------------------------------------------------------------------|
| 情報伝送     | ・ IEC 61850 (GOOSE) 伝送                                            |
| 選択制御機能   | ・ 二挙動制御                                                           |
| 表示機能     | ・ 接点状態取り込み                                                        |
| インタロック機能 | ・ インタロック状態出力                                                      |
| 自動監視機能   | ・ 通信監視<br>・ 接点二重化監視<br>・ 入出力回路監視                                  |
| HMI 機能   | ・ 状態表示<br>・ 設定機能<br>・ 履歴表示 (アクセス, 操作)                             |
| セキュリティ   | ・ 脆弱性管理<br>・ 不要サービス停止<br>・ 未使用インタフェースの閉塞<br>・ 権限管理・制限<br>・ syslog |

ための情報伝送機能を具備している。さらに、サイバーテロの脅威に対するセキュリティ対策も施している。

HMI 画面例を図 9 に示す。各画面からは PIU の入出力状態、異常履歴、各種設定値の閲覧、変更が可能となっている。



図 9 HMI 画面例

## 5.3 PIU 盤

既設機器に PIU を搭載するスペースが無い場合に別置盤として機器近傍に設置するための PIU 盤を製作した。PIU 盤外観を図 10 に示す。



図 10 PIU 盤外観

PIU 盤の仕様を表 6 に示す。屋外設置が可能であるため、既設機器の更新を待たずにデジタル化が可能となる。

表 6 PIU 盤仕様

| 項目       | 詳細                          |
|----------|-----------------------------|
| 盤寸法 [mm] | W : 700, H : 2,300, D : 600 |
| 防水性能     | IPX3 相当                     |
| PIU 搭載数  | 最大 6 台                      |

## 6 おわりに

送電用変電所設備の運用効率化・高度化に貢献することを目的に、千葉印西変電所に当社の監視制御装置であ

る FGW, BCU, PIU を納めたことを紹介した。

今後は、配電用変電所向けの IEC 61850 に対応したデジタル監視制御装置の開発、変電所形態に合わせた FGW, BCU の開発に取り組んでいく。

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株式会社殿に対し、厚くお礼申し上げます。

#### ■参考文献

- (1) 佐藤一男, 川俣陽輝, 池田栄二:「デジタル変電所の実現に向けた IEC 61850 対応 監視制御装置」, 東光高岳技報, No.10, pp.43-47 (2023)

#### ■語句説明

- 注 1) IED : Intelligent Electronic Device (高性能電子装置) の略称。システムの合理化, 標準化を図ることができる。IEC 61850-2 で定義。
- 注 2) PRP : Parallel Redundancy Protocol の略称。複数経路でデータを送信することにより信頼性 / 耐障害性を高める通信プロトコル。
- 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) syslog : 装置 (システム) のログを IP ネットワーク上で伝送するための標準規格。

注 5) GOOSE : Generic Object Oriented Substation Event の略称。IEC 61850 規格に基づく通信機能の一つで, 変電所内で発生するイベント情報を高速かつ信頼性の高い方法で送受信するために使用される。

注 6) MMS : Manufacturing Message Specification (製造メッセージ仕様) の略称。

---

#### 菅原 淳

電力プラント事業本部  
第二設計部 保護制御装置設計グループ 所属

#### 篠崎 宏司

電力プラント事業本部  
第二設計部 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  
第二設計部 保護制御装置設計グループ 所属

#### 平山 賢人

電力プラント事業本部  
第二設計部 保護制御装置設計グループ 所属