

変電所のデジタル化に向けた センサソリューションの導入

篠崎 宏司
Koji Shinozaki

沼尻 稜平
Ryohei Numajiri

1 はじめに

電力システム改革が進展する中で、送変電分野を中心に高経年設備の維持とさらなる効率的運用が求められている。

このような環境下でビックデータやIoT、人工知能(AI)等の新しいデジタル技術は電力業界が直面する課題の解決や、競争力強化に向けた大きなポテンシャルを有している。受変電設備でもセンシング、データ整理と管理、データ分析による計測技術の進展に伴い、データにもとづくオペレーションの効率化と稼働率向上のサイクルが生まれており、データの経済的価値がいっそう高まっている。

変電所のデジタル化は、現在の受変電設備で使用されている制御ケーブルを省配線化、センシング技術の活用による設備の劣化兆候把握による設備トラブルの未然防止、デジタル情報の集積と分析による設備管理支援に寄与できると考えられている。

今回、東京電力パワーグリッド株式会社(以下、東電PG) 岬町変電所(千葉県いすみ市岬町)へ実設備での検証としてセンサソリューションを納入したので紹介する。

2 センサソリューション構成

図1に納入したセンサソリューションの構成図を示す。

センサソリューションは、各種センサ、センシング装置(Sensor Interface Unit 以下、SIU)、エッジ端末、データサーバ(東電PG 既設設備)、保守データ分析システムから構成される。

2.1 センサ

表1にセンシング対象設備、センシング項目、および適用センサの一覧を示す。センサには市販品を適用することで、センシング対象設備が多数ある場合でも安価に構成することが可能となっている。また、センサの入手性の良いことから、故障時の交換が容易となっている。各種センサの外観例を図2に示す。各種センサの特長を以下に挙げる。

(1) 電流・電圧センサ(図2-a)

電流センサや電圧センサに非接触タイプを適用することで、設備停止をすることなく施工を行うことができるようにした。

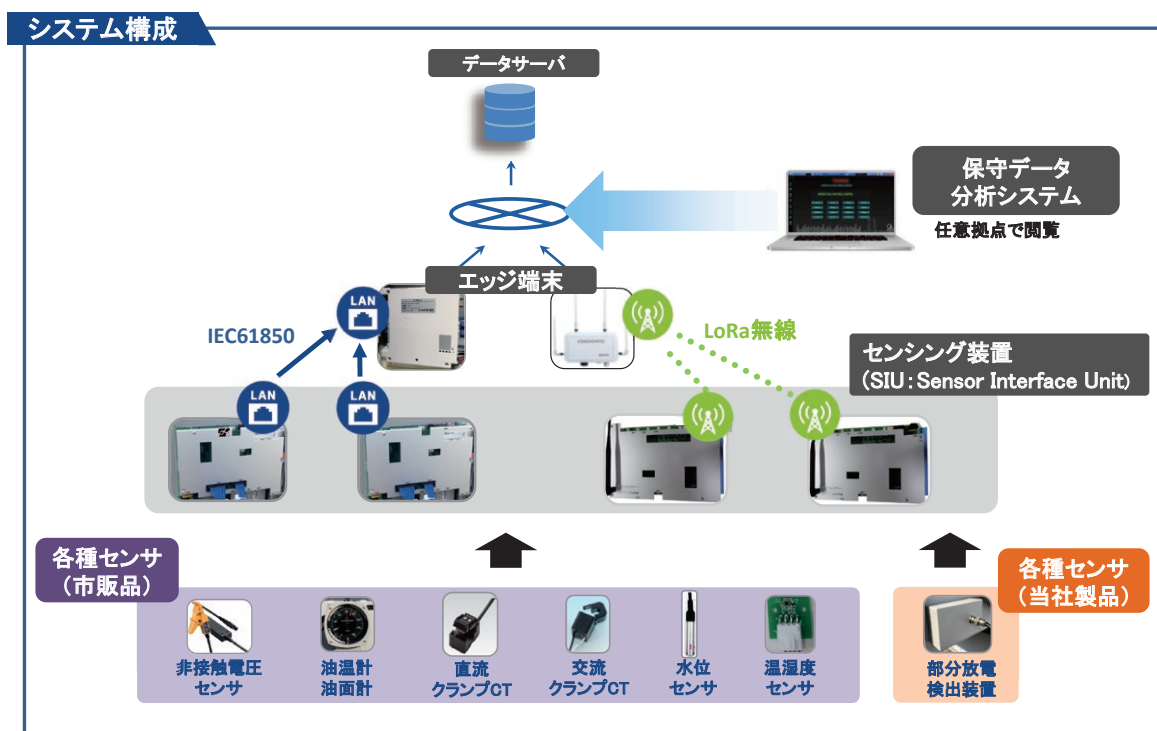


図1 センサソリューション構成図

表 1 センシング項目と適用センサ

対象設備	センシング項目	適用センサ	伝送周期	実装機能
変圧器	油温	油温計（測温抵抗体）	毎時	負荷補正による油面管理 過負荷運転時の運用支援
	油面位置	油面計（内蔵シンクロ）	毎時	高精度な油面位置監視による巡視の簡素化
	余寿命診断	交流クランプ CT 温湿度センサ	—	負荷電流、油温、外気温、タップ値データによる 余寿命診断（IEC 方式、JEC 方式）
	電動操作機構監視	交流クランプ CT	動作時	タップ値、LTC 動作回数、モータ電流の FFT 解析 による監視
	限流抵抗断線監視	交流クランプ CT	動作時	バンク二次電流計測による断線監視
	部分放電	部分放電検出装置	検出時	部分放電検出装置からの計測データの蓄積
	電圧計測	非接触電圧センサ 交流クランプ CT	毎秒	変圧器一次側電圧の推定 系統周波数の算出
遮断器	制御盤内温湿度	温湿度センサ	毎時	外気温湿度との比較による各種部品劣化の推定
	遮断時間	交流クランプ CT CB タイミングモニタ	動作時	温度補正した高精度な遮断時間監視 （CB タイミングモニタ計測データの補正）
	遮断電流	交流クランプ CT	動作時	累積遮断電流による接点交換の残回数推定
	ばね蓄勢電流	直流クランプ CT	動作時	劣化兆候、メンテナンス時期の推定
構内共通	制御盤内温湿度	温湿度センサ	毎時	外気温湿度との比較による各種部品劣化の推定
	外気温湿度	温湿度センサ	毎時	各制御盤内温湿度との比較による各種部品劣化の 推定、運用支援の実施
構内共通	構内水位	水位センサ	毎時	変電所水没前の運用支援

(2) 水位センサ（図 2-b）

水位センサには圧力式を採用することにより、ゴミによる影響が少なくメンテナンスフリーでの運用が可能となっている。また、取り付け方向の制限がないため、適用場所の自由度が高い。

(3) 温湿度センサ（図 2-c）

東光高岳製スマート SIS^{注1)} で実績のある温湿度センサを適用した。RS485 による通信方式によりノイズに強く、小型であるため、設備内のさまざまな場所へ取り

付けが可能である。

(4) 部分放電検出装置（図 2-d）

東光高岳の製品である部分放電検出装置をセンサとして活用した。USB 接続により、部分放電検出時、および定周期（毎時）の部分放電情報を取得できる。

2.2 センシング装置（SIU）

SIU の外観を図 3 に示す。SIU は各種センサ値を測定するためのアナログ回路、センサ情報を処理するための演算部、エッジ端末への通信処理部を一体構成として小型化を図った。これにより他社を含む既設設備への取り付けが容易となっている。また、伝送するデータ量に応じて有線通信と無線通信に対応する 2 種類の SIU を用意した。

(1) 有線用 SIU

通信方式に国際標準プロトコル IEC61850 規格を採用することで有線通信の標準化を図った。また、有線 LAN 接続を採用することで大容量、高頻度のセンシングデータの伝送に対応した。これにより、電圧や電流の毎秒データのセンシングが可能となっている。

(2) 無線用 SIU

通信方式に省電力・長距離通信の特長を持つ LPWA

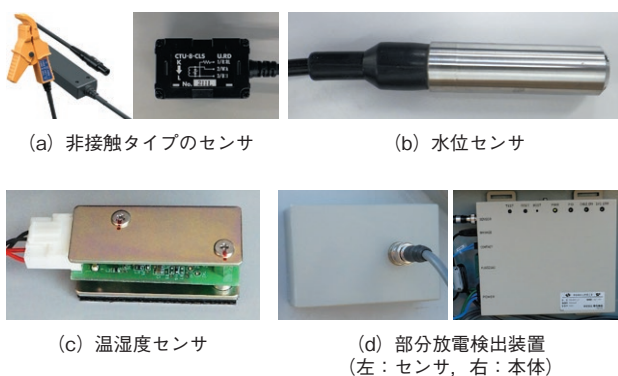


図 2 各種センサ外観

(Low Power Wide Area) の一種である LoRa 方式の無線通信を採用した。これにより、ケーブルの敷設作業が不要となり、工事期間の短縮やケーブル敷設コストの削減が可能である。

また、金属製の制御盤内に取り付けた場合でも無線通信が可能であることを確認している。



図3 無線用 SIU (左), 有線用 SIU (右)

2.3 エッジ端末

エッジ端末は SIU からセンシング情報を受信・集約し、データサーバへ情報を伝送する機能を有している。エッジ端末は、SIU と同様に通信方式に応じて有線用、無線用の二種類のエッジ端末を用意した。

(1) 有線用エッジ端末

有線用エッジ端末の外観を図4に示す。有線 LAN 接続により、有線用 SIU からセンシング情報を受信する。IEC61850 規格を採用したことにより、ベンダロックインの回避が可能となり、市販の計測ユニット増設が容易となっている。また、LAN コネクタを2ポート設けることで、データサーバ側とセンシング対象設備側のネットワークを分離することができ、不正アクセスに対するセキュリティ向上にも対応している。

(2) 無線用エッジ端末

無線用エッジ端末の外観を図5に示す。LoRa 無線によって無線用 SIU からセンシング情報を受信する。LoRa 無線は長距離伝送方式であるため、無線中継器が基本的に不要である。ただし、エッジ端末と SIU 間の設置距離が長いことにより無線受信レベルが不足する場合、無線用エッジ端末を無線中継器として動作することでさらなる長距離の通信が可能となる。



図4 有線用エッジ端末



図5 無線用エッジ端末

3 保守データ分析システム

SIU から取得した情報は、東電 PG のデータサーバに保存し、保守データ分析システムにより設備の異常検知や余寿命診断等について検証している。

保守データ分析システムは、海外で電力システムへの導入実績のある ATS 社製 OneATS^{注2)} を適用することで短期間でのシステム構築を行った。保守データ分析システムのシステム構成図を図6に示す。OneATS では、履歴データベースを内蔵しており、データサーバが存在しない場合でも構築可能である。今回の実証検証では、東電 PG にてデータサーバを運用していたことから、既存のシステムとの相互運用性を考慮して既設データサーバを使用して構築した。

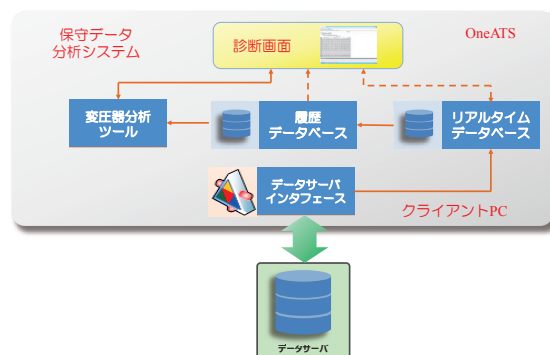


図6 保守データ分析システムのシステム構成図

保守データ分析システムでは、データサーバから取得したセンシング情報を機器ごとに一覧表示することができる。また、任意の時刻におけるデータを表示する機能を備えている。各設備の診断画面例を図7、図8に示す。

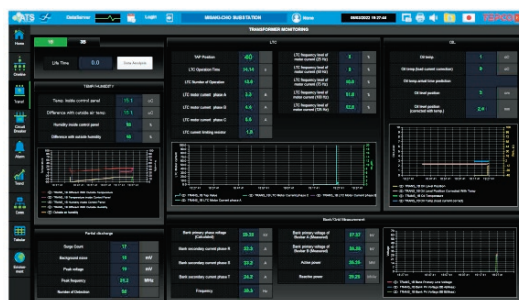


図7 変圧器設備診断画面



図8 遮断器設備診断画面

各設備の診断機能として、以下に示す補正值の算出や機器寿命を推定する機能を実装した。

(1) 変圧器設備診断機能

- ①油面位置補正機能
- ②油温負荷電流補正機能
- ③余寿命診断機能
- ④ LTC 限流抵抗断線検出機能

(2) 遮断器診断機能

- ①遮断器動作時間温度補正機能
- ②接点損耗量算出機能

変圧器余寿命診断機能については、詳細な分析が可能になっており、過去の運用データから余寿命の算出、表示が可能である。余寿命算出の方式には、IEC 方式に加えて JEC 方式を追加で実装し、両方式の比較や分析が可能である。変圧器余寿命診断画面例を図 9、図 10 に示す。

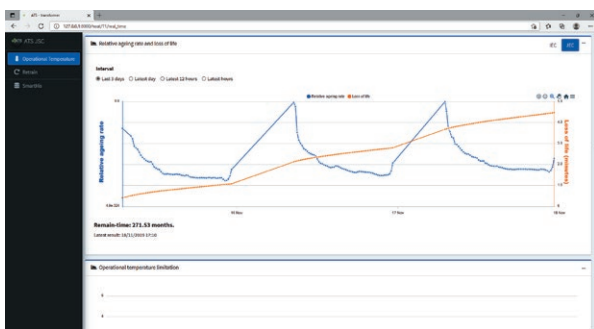


図 9 変圧器余寿命診断画面（劣化損失）

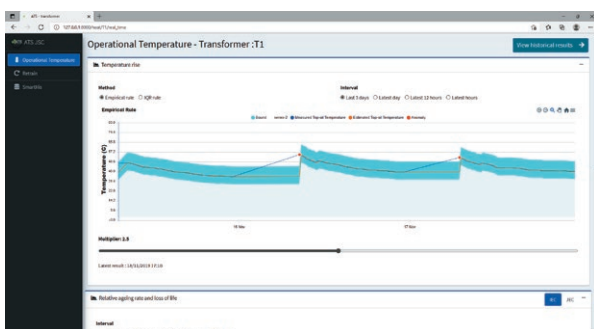


図 10 変圧器余寿命診断画面（油温予想）

4 現地施工

実証検証として、岬町変電所にセンサを設置し、保守データ分析システムを東電 PG 本社、東電 PG 木更津制御所（千葉県木更津市）に導入した。

センサを設置する変圧器および遮断器は、東光高岳製以外の設備もあったことから、次に示す施策により効率的な施工を実施した。

(1) SIU の取り付け

留め具（ねじ、ボルト）を使用せず、穴あけ加工を必要としないデュアルロック™ ファスナー（スリーエム ジャパン（株）：3M™ の製品）を適用することにより取り付け工数を大幅に削減した。図 11 に取り付け例を示す。図中の板金間に使用している。

(2) センサの有効／無効機能の実装

センサの有効／無効の設定機能を SIU に実装し、センサの追加を容易にした。

(3) 交直両用電源の適用

SIU の電源を交直両用電源とし、既設設備に応じた電源選択ができるよう対応した。



図 11 デュアルロック™ ファスナーによる取り付け

5 あとがき

本稿では、実証検証として納入した変電所のデジタル化に向けたセンサソリューションの概要について紹介した。今後は、検証の結果得られたセンシング情報を評価し、その情報の活用方法や有効性の検討を行う。また、センシング項目の追加検討、より高精度な劣化診断技術の開発、保守データ分析システムの機能追加を進めていく。また、東電 PG での実績をふまえ、今後は国内の電力会社ならびに一般産業向けにも適用拡大を目指す。

■参考文献

- (1) 電気学会技術報告（I 部）第 143 号 油入変圧器運転指針

■語句説明

注 1) スマート SIS：新型 6 kV 固体絶縁開閉装置の略称。従来の固体絶縁方式の開閉装置（SIS：Solid Insulated Switchgear）に ICT 技術の適用、センシング機能を組み込んだ装置。

注 2) OneATS: 本誌「OneATS が提供するソリューション」参照。

篠崎 宏司

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

沼尻 稜平

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