

受配電設備向け スマート保安システム

Smart Protection and Monitoring Service for Power Distribution
Systems

*受配電システム製作所

要 旨

受配電設備は更新期を迎え保全負荷が増す一方、熟練技術者の退職によって経験知の継承が課題になっていることなどを背景に、近年、周期保全(Time Based Maintenance : TBM)から状態監視保全(Condition Based Maintenance : CBM)への移行が求められている。

そこで、三菱電機では設計知見とデジタル技術を統合した受配電設備向けスマート保安システムを開発した。このシステムは既設盤にセンサーを後付けし、環境・部分放電・絶縁などのデータを統合して設備状態を可視化し、点検の代替を目指す。電気主任技術者不足や老朽設備増加を背景に、遠隔監視・異常兆候検出・余寿命診断を中核機能としてCBM化を支援する。今後は、特高変圧器・非常用発電機など適用範囲を拡大し、設備横断の最適化と受配電設備向けスマート保安システムの社会実装を加速する。

1. ま え が き

日本の電力インフラを支える受配電設備は、高度経済成長期以降に導入された膨大な資産が更新期を迎えており、保全業務の負荷は年々増大している。

一方、保全現場を長年支えてきた熟練技術者の退職に伴って、五感や経験に基づく診断知見の継承が喫緊の課題になっている。これまで、受配電設備の保守は、一定期間ごとに停電を伴う点検を行うTBMが主流であった。しかし、近年のデジタル技術の進展によって、設備の状態をリアルタイムに把握し、必要なときに必要なメンテナンスを行うCBMへの移行が強く求められている。

当社は、こうした背景の下、長年培った受配電機器の設計知見と最新のデジタル技術を統合した受配電設備向けスマート保安システムの提供を開始した。

2. システムの構成と特徴

次に、受配電設備向けスマート保安システムの概要を述べる。

2.1 開発背景と課題認識

電気主任技術者の不足は2030年に約1,000人に達する予測が示されている⁽¹⁾。それに加えて、1980～1990年代に導入された設備の更新超過による突発故障リスクが顕在化している。これらを踏まえて、遠隔常時監視による点検の省力化と予兆把握、さらに余寿命診断に基づく計画保全が求められている。独立行政法人 製品評価技術基盤機構(NITE)が継続的に実施する調査・KPI(Key Performance Indicator : 重要業績評価指標)フォローアップでも、電気設備別にスマート保安技術の導入率向上が要請されており、現場導入の妥当性・経済性を裏付ける事例の蓄積が重要である⁽²⁾。

2.2 システムの全体像

このシステムは、受配電設備の保安レベル向上と維持管理業務の効率化を同時に実現することを目的とし、次の3点を主要機能として構成する。

(1) 遠隔常時監視(可視化)

設備内部・周辺環境の状態を複合的に計測し、SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)^(注1)画面上でトレンドデータを表示する。

(2) 異常兆候の抽出・通知

温湿度・塵埃(じんあい)・部分放電等の複数センサーデータから、劣化や環境変動に起因する異常兆候を自動抽出・通知する。

(3) 余寿命診断(MT(Mahalanobis-Taguchi)法等)

特徴量群の多変量解析によって定量的な劣化指標を算出し、予防保全・計画保全に活用可能とする(現在開発中)。

これらの機能を一体的に適用することで、従来の巡回中心の点検体系から、データ駆動型のCBMへの移行を支援する。

(注1) センサー等から得られたデータを収集し、設備を監視・制御する技術。

2.3 システムの構成

このシステムは、既設盤を対象として監視パソコンにセンサーデータを集約し、配電盤内の環境データ(温湿度, 塵埃など), 部分放電, 電気室内(盤外)の活線絶縁診断装置のデータを統合することで電気設備の状態を可視化し, 点検を代替することを目的とした(図1)。

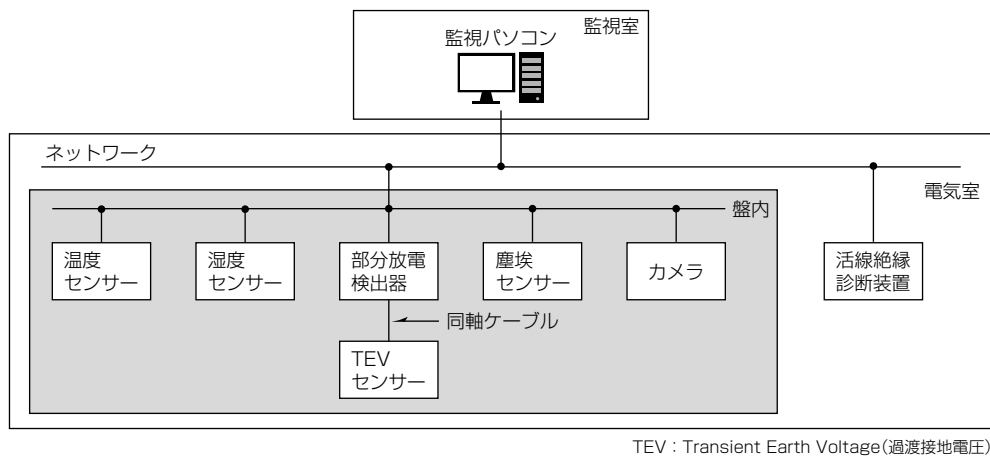


図1-システムの構成

このシステムは、センサー類等の“データ取得層”, 監視パソコン上の“収集・解析層”及び“ユーザーインターフェース層”から成る三層アーキテクチャーで構成される。

2.4 データ取得

既設の高圧配電盤内に対して、次のセンサー類を後付け設置することで、設備の状態を計測する。

- ・カメラ : 盤内雰囲気, 異物等確認
- ・温湿度センサー : 盤内外の環境指標計測
- ・塵埃センサー : 盤内浮遊粒子量の監視
- ・TEVセンサー : 盤内の部分放電監視

取付けはマグネット式を採用し、機器電源は原則AC100V, センサーは電池駆動とすることで配線工事を最小限に抑えて、既設盤への施工性を確保した。取得したデータ(カメラによって撮影した盤内動画及び温湿度センサーから取得したデータ)の一例を図2に示す。

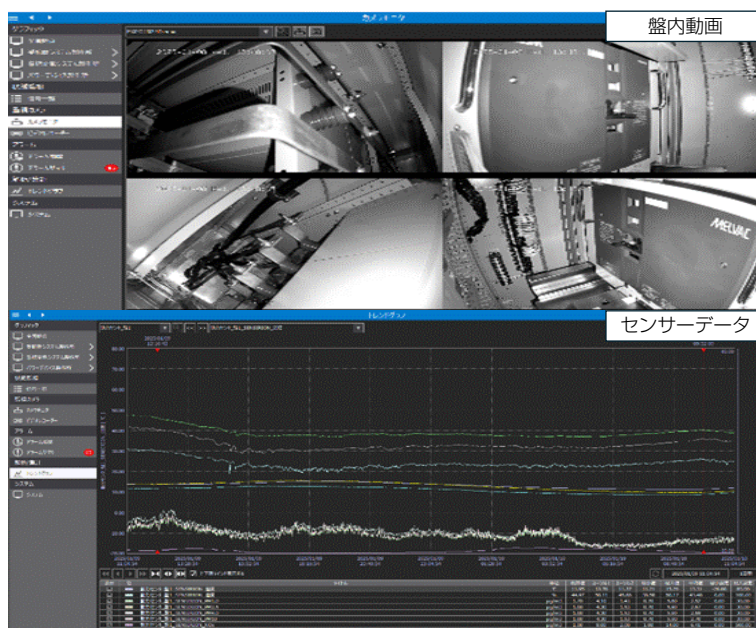


図2-取得したデータの一例

3. 社内実証の概要と効果

当社受配電システム製作所(香川県丸亀市)で、当社製高圧配電盤にセンサー類を後付け設置し、遠隔常時監視の有効性及び異常兆候検出性能を検証した。

3.1 遠隔常時監視の有効性の検証

社内実証で得られたデータを分析した結果、当社製高圧盤の盤内環境(温湿度)には相関が認められた。図3左に示すように外気温度が変化しても盤内温度は常に高い傾向があり、図3右のように外気湿度に比べて盤内湿度が常に低い状態に保たれていることが分かった。これによって、潮解(物質が空気中の水分に溶ける現象)が起これにくくなり、盤内で腐食等の劣化が進みにくいことが示唆された。今後、長期的なデータ取得を継続し、この推定の確認と遠隔常時監視の有効性を検証していく。

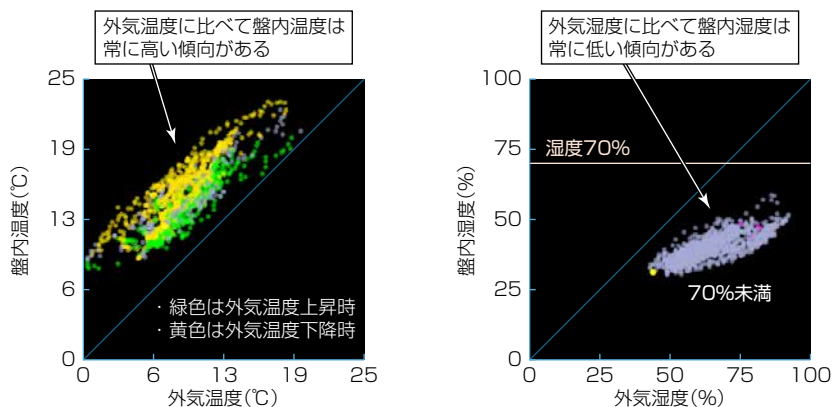


図3-盤内環境(温湿度)の比較

3.2 異常兆候検出性能の検証

取得したデータ分析結果から、3.1節で述べた多くの盤の傾向と異なって、図4に示すような外気湿度に対して盤内湿度が異様に高い盤があることが確認された。その盤の外観を調査した結果、外部から盤内への水分侵入の可能性が推定された。実際に盤内を確認した結果、盤内に結露の発生を確認できた。結露の発生は潮解による盤の劣化を招くおそれがあることから、外気及び盤内湿度を常時モニタリングすることで結露発生(水分侵入)の有無を監視できて、遠隔から異常兆候の検出ができることが分かった。

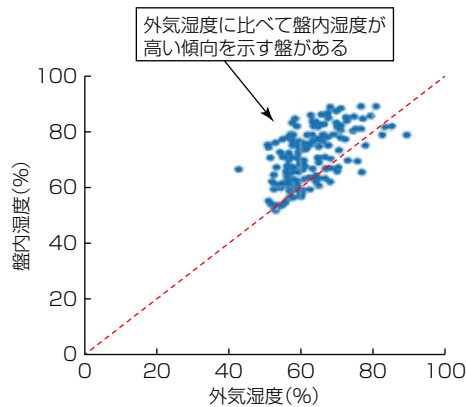


図4-盤内と外気湿度との相関

4. 受配電設備向けスマート保安システムの適用拡大と将来展望

2025年に提供を開始した受配電設備向けスマート保安システムは既設盤を対象としているが、新設向けに同システムを内蔵した高圧気中絶縁スイッチギヤ(MS形)も並行して開発を進めて、2026年度から順次、製品化している。

今後は、2026年に特高変圧器、2027年に非常用発電機を対象にした受配電設備向けスマート保安システムの適用に向けて、当社受配電システム製作所で実証試験を実施し、効果を検証する。その後、実証試験で得られた検証結果を踏まえて、順次システム化を進める計画である。さらに、AIを用いた異常兆候検知や予知保全・余寿命推定機能を段階的に導入し、保安品質の定量的向上と運用効率の最大化を目指す。

5. む す び

受配電設備向けスマート保安システムの内容、アーキテクチャー、実装技術、社内実証の成果について述べた。

今後は、このシステムの適用対象設備の拡大、遠隔にある拠点間を横断する運用の最適化、エネルギーとファシリティーの統合システムへの適用と最適化へ展開し、安心・安全と経済合理性の両立に資する受配電設備向けスマート保安システムの社会実装を加速する。

参 考 文 献

- (1) 経済産業省：電気主任技術者制度について(2023)
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/hoan_seido/pdf/013_01_00.pdf
- (2) (株)リベルタス・コンサルティング：令和6年度電気保安のスマート化推進に関する業界別推進状況の把握調査・分析業務報告書(2025)
<https://www.nite.go.jp/data/000160719.pdf>