

2. 電力システム Power Systems

■ 高エネルギーアーク損傷事象への対策技術

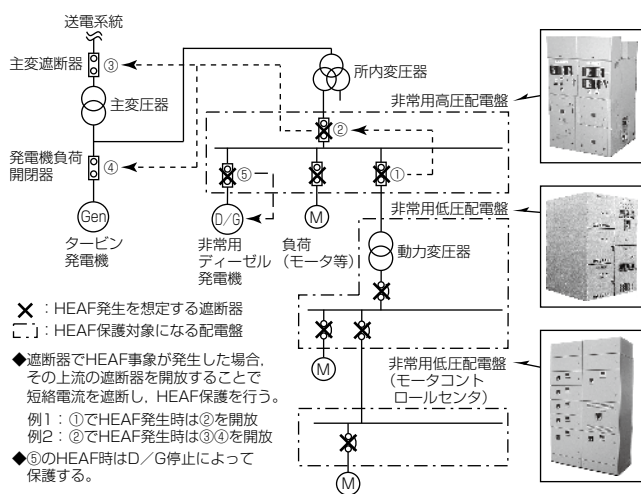
Countermeasure Technology for High Energy Arcing Fault

高エネルギーアーク損傷(High Energy Arcing Fault : HEAF)とは、主に開閉器等の導体間に大電流のアーク放電が発生し、急激なエネルギー放出が起こる爆発性の電気故障を指す。この事象について、原子力発電所の更なる安全性向上を目的にして、2017年8月に重要安全施設に電力を供給する電気盤に対してHEAFによる損傷を防止する規制が施行された。当社設備では非常用配電盤が対象になり、対策が求められた。

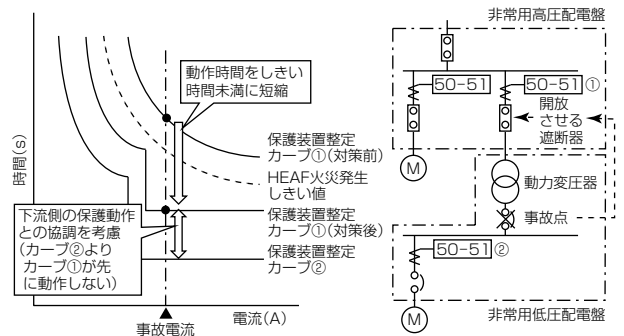
具体的には、配電盤内の遮断器に短絡事故が発生し、さらに遮断部の接触子破損等による遮断失敗になって事故継続した場合を想定する。このとき、上流遮断器によって短

絡電流供給を断つ必要があるが、遮断完了までに生じるエネルギーの増加によって、盤内線等の発火から火災へと発展し得る。

対策として、発電所系統の保護協調を確保しつつ、この上流遮断器の遮断時間がHEAF火災発生のしきい時間以下となるように電気保護装置を設定変更する方針にした。この方針に対して、保護装置動作から電流遮断完了までの動作タイミングの精査、誤差・慣性動作を考慮した上流・下流保護装置間の時限協調、系統短絡電流設計の精緻化を行うことでHEAF火災防止と保護協調とを両立させる設計を実現した。HEAF対策を実施する原子力発電所も引き続き控えており、培った電気保護技術と知見を基に確実な対策を進めて、原子力発電の更なる安全稼働に貢献していく。



想定事故点とHEAF保護対象配電盤の概念図



HEAF対策による保護協調のイメージ

■ 異常兆候検知システムの新バージョン

New Version of Abnormal Sign Detection System

プロセス波形から機器異常を早期発見する異常兆候検知システムの客先運用で抽出された課題を解決した新バージョンをリリースした。

(1) 長期的変動傾向の可視化

従来のトレンドグラフは、1分刻みで最大7日間表示であり、正常から異常に至る長期的な変化や正常波形と異常波形の比較評価が困難であった。表示速度改善のため、データベースの変更及びグラフ表示処理の改善をして、最大365日間の長期的変動傾向を確認可能にした。

(2) 学習を強化すべき範囲の特定支援

学習不足による誤検知か否かを判別するための情報がなく、検知結果の信頼度や追加学習すべき波形の特定が困難であった。学習済み/未学習のデータ領域を可視化し、学習不足範囲すなわち追加学習すべき範囲の特定を実現した。

(3) 事故波及状況の評価の登録/参照

従来の検知結果評価は、プロセス波形ごとに

評価コメントを登録する仕様であり、複数のプロセス波形で異常がどう波及したかの評価を登録できなかった。個々のプロセス波形の評価をトレンドグラフ上にマーカ形式で挿入し、複数波形のマーカを総評するコメントを登録することで、事故波及状況の評価を可能にした。また、過去に登録した評価内容を参照可能にした。



新バージョンの画面イメージ



■ 自家発電プラントの最適運用ソリューション

Optimal Operation Solution for Private Power Plant

近年、電力システム改革の進展に伴い、自家発電プラント(以下“自家発プラント”という。)の高度運用が課題になっている。また、カーボンニュートラルやSDGs(Sustainable Development Goals)などの環境意識の高まりを受けて、省エネルギーやCO₂削減に関する要求が高まっている。

当社は工場全体の省エネルギー化によって、コスト低減・CO₂削減に貢献する自家発電プラントの最適運用ソリューションを提供する。このソリューションでは、発電設備エネルギーマネジメントシステム(BTG-EMS: Boiler Turbine Generator Energy Management System)による自家発プラント内のエネルギー需給の最適化と、自家発プラント広域エネルギーマネジメントシステム(広域EMS)による複数工場間の電力融通の最適化を図り、広域に事業展開する顧客のエネルギーコストを最小化する。

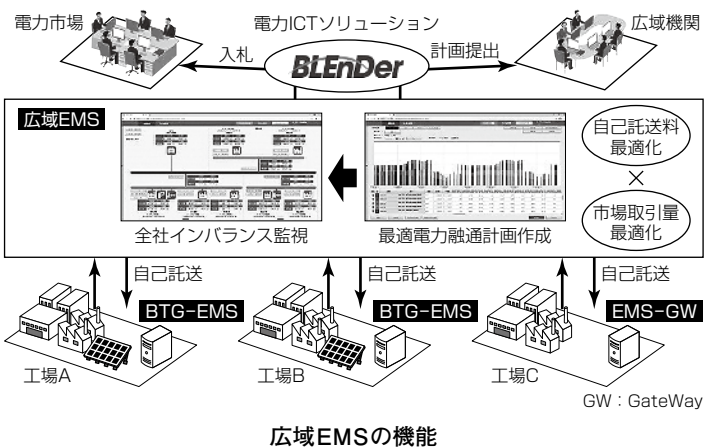
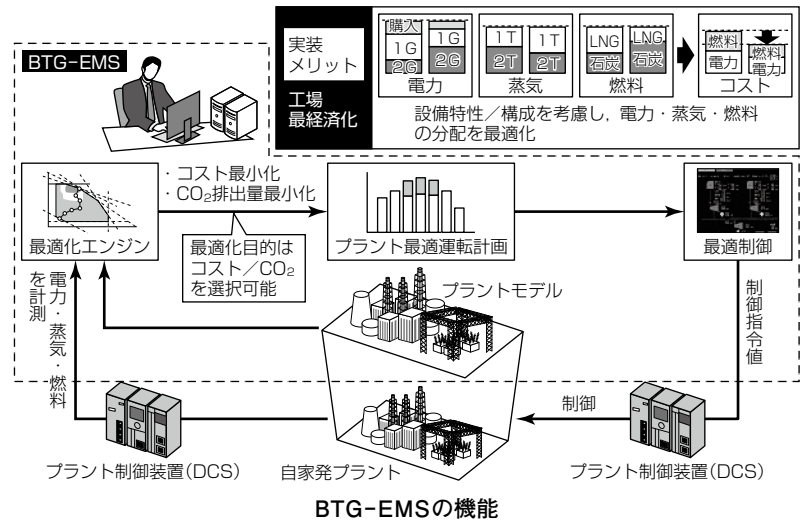
(1) BTG-EMS

自家発電プラントの電気系統、蒸気配管系統及び主機特性を数理モデル化し、数理計画法によってプラント運用計画の最適化を行う。また、プラント制御装置への制御指令出力によって自家発電プラントの自動最適制御を可能にする。

(2) 広域EMS

各工場のBTG-EMSと連携し、交互方向乗数法(Alternating Direction Method of Multipliers: ADMM)

を用いた分散最適化手法によって、顧客の全社的なエネルギーコストが最小になる電力融通量を算出する。



■ 変電所用クローラ型巡視ロボット

Crawler-type Robot for Substation Patrol and Inspection

国内電力会社の変電所では、定期的に保守員が現地に出向いて変電機器の保守・点検作業を行っているが、省力化のため出向時間削減や作業効率化が求められている。そこで、2019年度から中部電力パワーグリッド(株)と屋外の気中変電所を対象にしたクローラ型巡視ロボットの開発を実施した。

気中変電所での運用を考慮し、墜落の危険性がなく、かつ碎石・段差や狭い通路を走行可能にするため駆動部はクローラを用いた。またレーザによって周囲の障害物の位置を計測するLiDAR(Light Detection and Ranging)を搭載した。目視点検の代替として、高所の計器などを確認するのに高さ約1,500mmまで伸縮可能なアームに点検用カメラを搭載した。

ロボットの操作は“遠隔操作”と“自律走行”の2通りの方法がある。遠隔操作は、遠隔地から走行用カメラ画像を見ながら手で操作するものであり、コントローラでの移動

に加えて、点検用カメラの方向・ズーム操作と撮影ができる。自律走行では、あらかじめ用意した地図上に目標地点を設定して、自動で目標地点に到達できる。

この開発では、変電所現地で設定した所定ルートに沿って走行し、ルート途中に複数設定した撮影ポイントで自動的にカメラアーム動作とカメラ撮影を行う一連の動作の検証を行い、自律走行での巡視作業の自動化が技術的に可能である旨を得た。



クローラ型巡視ロボット(開発プロト機)



変電所での自律走行検証状況

■ 監視・制御の高度化を図るエッジデバイス“MELPRO-iシリーズ”

Edge Device "MELPRO-i Series" for Highly Sophisticated Monitoring and Control

分散電源や電力インフラ設備などの監視・制御の高度化を図るため、保護機能だけでなく、次の特長を持つエッジデバイス“MELPRO-iシリーズ”を開発・製品化した。

- (1) 国際通信規格IEC(International Electrotechnical Commission)61850 Edition2に対応

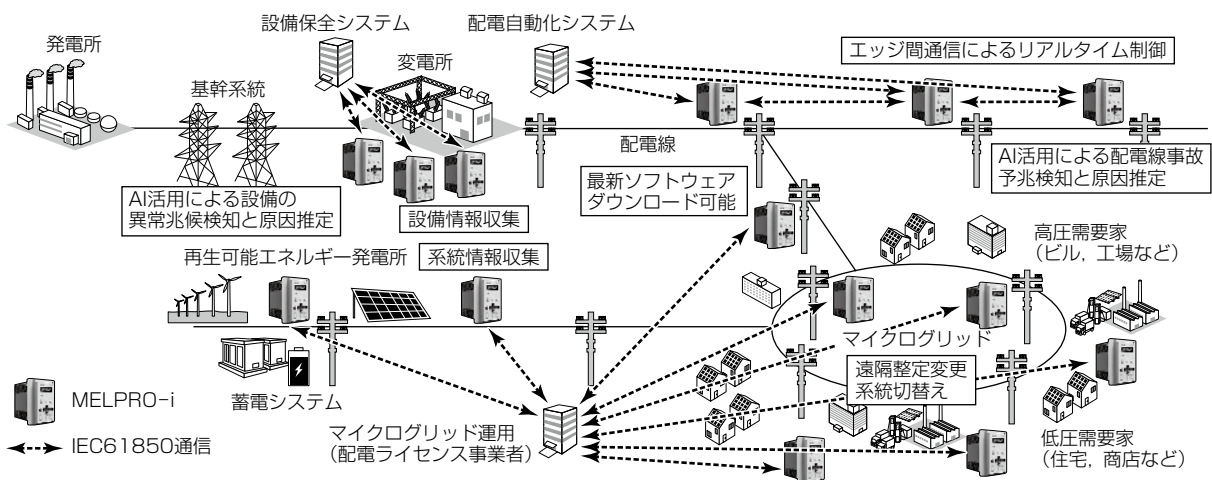
系統情報、設備情報などを各システムで収集できるほか、遠隔整定機能によってマイクログリッド運用時の系統切替えに対応可能である。また、MELPRO-i間的高速通信によるリアルタイム制御などが可能である。

- (2) 当社AI技術“Maisart”を採用

AI専用のCPUを搭載し、当社IoT(Internet of Things)

プラットフォーム“INFOPRISM”を活用することによって、配電線や電力インフラ設備の異常兆候検知と原因推定が可能である。

- (3) サイバーセキュリティの国際規格IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)1686に対応
通信の暗号化に対応するほか、RBAC(Role Based Access Control)機能などを実装することで、情報漏えいや不正アクセスの防止が可能である。また、最新のソフトウェアへのアップデートが可能になっており、最新のセキュリティ対策が可能である。



MELPRO-iの適用領域と特長

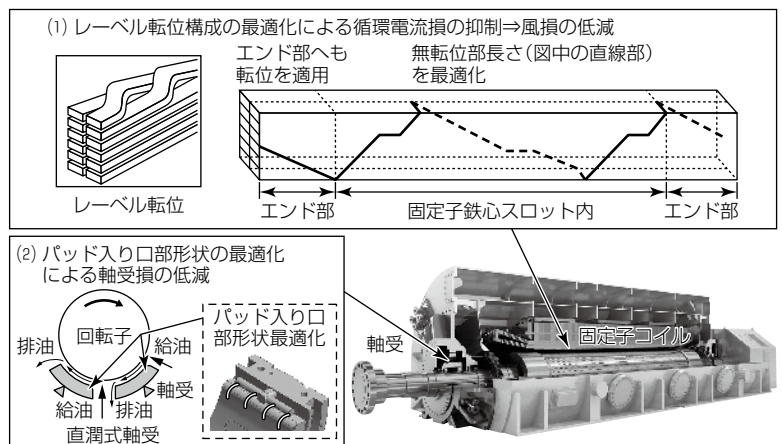
■ タービン発電機性能向上に貢献する予防保全技術

Preventive Maintenance Technology Contributing to Performance Improvement of Turbine Generator

再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、火力発電に求められる役割は、従来のベースロード運用から供給調整力を生かしたピーク運用へと変化している。このような用途では、タービン発電機は、再生可能エネルギーの出力に応じた負荷条件で運転されるため、幅広い負荷条件でのエネルギー変換効率の向上が必要である。定格でない運転条件である部分負荷時の効率向上には、様々な損失のうち、固定損(機械損+鉄損)の低減が一般的に有効であるが、当社ではこの中の機械損に着目し、①機内風損と②軸受損を効果的に低減する技術を開発した。

①では、コイルエンド部を含む固定子コイル内のレーベル転位構成の最適化によって循環電流損を抑制し、それによって温度低下した分だけガス圧を低下させることで、機内風損を低減した。②では、油の流入する軸受パッド入り口部形状を最適化することで、損失と比例関係にある所要給油量を削減して軸受損を低減した。

これらの開発技術を500MVA(Mega Volt Ampere)級水素間接冷却タービン発電機に適用し、実機工場試験を行った結果、部分負荷時での最高効率99.2%を実現可能であることを確認した。今後も運用効率の最適化による電力コスト抑制に引き続き貢献していく。



タービン発電機効率を改善する新しい要素技術



■ キャパシタスイッチ用真空バルブ

Vacuum Interrupter for Capacitor Switch

主に北米市場で使用されるキャパシタスイッチ用真空バルブを開発した。この真空バルブはキャパシタスイッチ用としては、定格電圧27kV、定格電流200Aに対応すると同時に負荷開閉器(Load Break Switch)用として定格電圧27kV、定格電流630Aにも対応し、次の特長を持つ。

- (1) キャパシタスイッチの米国規格であるIEEE C37.66-2005に対応する。
- (2) 動作責務試験(Operating Duty Test)はC2クラスである。
- (3) 負荷開閉器用の国際規格IEC62271-103-2011, IEEE C37.74-2014及びIEC62271-111/IEEE C37.60-2012等の規格にも対応する。
- (4) 耐電圧性能に優れた接点を採用し、電界解析によるアークシールドや接点等の形状最適化によって、真空バルブ外径φ61.5のコンパクトな構造で27kVキャパシタスイッチ及び27kV負荷開閉器定格に対応する。



キャパシタスイッチ用真空バルブ

キャパシタスイッチ用真空バルブの定格

用途	キャパシタスイッチ	負荷開閉器
定格電圧	27kV	27kV
定格電流	200A	630A
定格周波数	50/60Hz	50/60Hz
定格投入電流	32.5kAp	52.0kAp
定格短時間耐電流	20kA - 1秒	20kA - 1秒