

電力会社向け変電所用製品

1. はじめに

東光高岳の電力会社向け変電所製品は断路器や変圧器などの一部の製品を除き、配電用変電所向け製品を主体に、従来から数多くの製品を揃えている。本稿では現状における主な製品とその支えとなる基盤技術を紹介する。

2. 主な技術・製品

2.1 変圧器

2.1.1 変圧器の変遷

1961年に66 kV 45 MVA 変圧器を納入して以来、高電圧・大容量化を目指して研究開発を進めてきた。

大容量器への取り組みは1964年154 kV 100 MVA 変圧器に続き1968年154 kV 150 MVA、1973年154 kV 200 MVA、1998年275 kV 450 MVA を納入した。154 kV 級大容量変圧器の開発と同時に配電用変圧器の設計改良に取り組み、1968年10 MVA、1970年15 MVA、1973年20 MVA を開発し、納入している。

一方1980年頃から国内においてオールガス化受変電設備として適用が始まり、この流れに沿って1985年から66 kV ガス絶縁変圧器を納入、現在では電圧6～77 kV、容量75 kVA～30 MVA までの納入実績を有するに至っている。

1995年以降は低コスト、省スペース、高品質を指向した配電用変圧器の開発を継続し、モデルチェンジをしながら現行まで多数納入している。

2.1.2 最新動向

近年では屋外配電用20 MVA 変圧器の品質向上、輸送

の簡素化、現地組立工程の短縮を目的としたモデルチェンジを行った(図1)。

また、JEC規格の改訂を視野に入れ、温度上昇格上げによる冷却設計の最適化や将来の保守・点検の省力化を考慮した材料の選定を行っている。

現在では20 MVA で培った技術を、設置・搬入に制限のある屋内配電用20 MVA 変圧器や10 MVA、15 MVA といった容量の異なる変圧器へ展開し、多種仕様に対応すべく開発に取り組んでいる。

さらに20 tonトラック積載型移動用変圧器も開発・製品化している。この機器は、トラックと変圧器一体で車検登録しているため、道路法の制限を受けない運行が可能となっている。そのため、緊急対応が必要な変電所へ素早く移動することができ、機動性に優れている。

2.1.3 解析技術

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震により、耐震に対する再評価が社会的ニーズとなり、耐震解析手法を見直した。その結果、現在ではより精度の高い解析が可能となっている。

具体的には、従来の耐震評価では部分的な簡易モデルでの評価が主流であったが、従来の評価基準をクリアし



図1 屋外配電用20 MVA 変圧器(最新器)

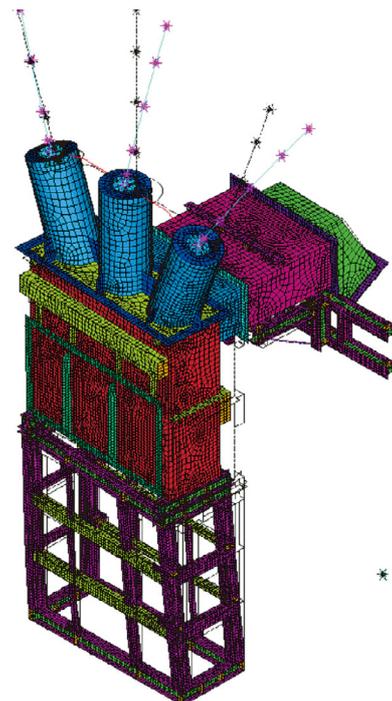


図2 耐震解析モデル図

た機器が破壊した事例もあり、三次元モデルで解析を行うことによって、より精度の高い解析を実施し、再評価を行った（図2）。

また、異常診断技術の向上としてFRA手法（周波数応答特性）を取り入れ、今までの診断方法と合わせ内部異常診断に活用している（図3）。

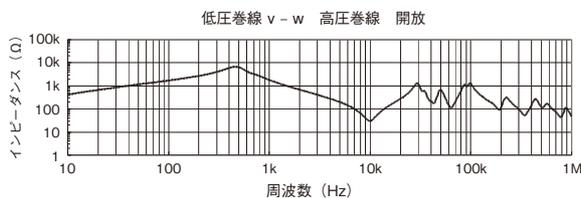


図3 FRA測定による診断結果（正常）

2.2 開閉装置

2.2.1 開閉装置の変遷

東光高岳の開閉装置製品には、絶縁媒体をSF₆ガスとしたガス絶縁機器とエポキシモールド樹脂を主体とした固体絶縁開閉装置がある。

東光高岳最初のガス絶縁機器は、1978年に開発したループ開閉用断路器であり、ガス絶縁の遮断部と気中断路器を直列に組み合わせた機器であった。その後1980年にガス遮断器（GCB）を製品化し、以降1981年にガス絶縁開閉装置（GIS）、1984年にキュービクル形ガス絶縁開閉装置（C-GIS）を製品化した。

また、固体絶縁技術開発の始まりは1950年代初頭にさかのぼり、1960年代後半からの開閉装置への適用に関する研究を経て、1971年に固体絶縁開閉装置の製品化に成功し納入を開始した。

開閉装置には、常にコンパクト化・高信頼度化などが継続的に要求されており、このニーズに応え続けるためには、基盤技術の高度化が必要不可欠である。

開閉装置を支える基盤技術には、絶縁・通電・電流遮断・構造・解析技術などがあり、以下に、主な製品の特長とこれらを支える基盤技術を紹介する。

2.2.2 ガス絶縁開閉装置（GIS）

GISは、SF₆ガスを封入した金属ケースの中に遮断器、断路器、接地開閉器、避雷器などの機器を収納したものをユニットとし、回路方式に応じて必要なユニットを組み合わせることで全体を構成するものであり、東光高岳では定格電圧168 kVクラスまで製品化している。

従来の気中絶縁機器と比較してコンパクト性、耐環境性、保守性の面での大きなメリットがあるため、受変電設備の標準機器として採用されており、東光高岳の納入実績も既に30年以上が経過している。

最新の72/84 kV GISでは、各相間・大地間の絶縁性能に対する電界解析や絶縁スペーサの構造解析による形状の最適化を行い、従来、三角形配置だった導体の配置

を直線配置とし、機器の縮小化を実現している。

また、従来器では通電電流、短時間耐電流の仕様によって細分化していた内部の導体、接点部品等の材質・サイズを統一し、部品種別の削減を実現している。

2.2.3 キュービクル形ガス絶縁開閉装置（C-GIS）

C-GISは、遮断器、断路器、接地開閉器、避雷器など1回線分の構成機器を角形容器内に一括収納し、低ガス圧力のSF₆ガスを封入した開閉装置である。

低ガス圧力の絶縁特性を満足するために、電界解析を行い、合理的な機器配置を実現すると共に、容器設計では構造解析による形状の最適化を行い、縮小化を図っている。

電力会社向けとして、配電用変電所用C-GISやG-SPCを納入している。

2.2.4 単体ガス遮断器（GCB）

GCBは平常時の通電はもとより、電力系統に地絡・短絡故障が発生したときの過大電流を安全かつ速やかに遮断し、変圧器などへの危害を最小限に止めるための保護装置である。

現在、施工性・保守性の向上、最新規格への適合を目指した定格電圧72/84 kV最新機器を開発中である。図4に開発品プロトタイプの外観を示す。



図4 開発品プロトタイプ外観

この製品開発では、三次元モデルによる耐震解析やタンク内圧力に対する強度評価を行い、構造の最適化を図っている。また、最新規格への適合を実現するため、電界解析による電極形状および配置の最適化を行い、消弧室の絶縁回復特性の向上を図っている。図5にGCBタンクの強度解析例を示す。

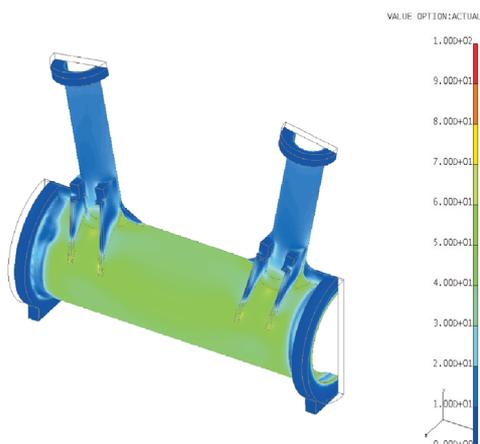


図5 タンクの強度解析事例

2.2.5 固体絶縁開閉装置

固体絶縁開閉装置は、7.2 kV クラスの開閉装置であり、遮断器、負荷開閉器、接地開閉器、変成器、避雷器やこれらの接続導体を含めて、エポキシモールド樹脂を主体とする固体絶縁を採用した装置である。

モールド注型後の冷却による内部残留応力について、これまでは、試作品での内部応力測定によりその妥当性を検証してきたが、現在では設計段階において熱応力解析による評価が可能となっている。

2.3 断路器

2.3.1 気中断路器の変遷

東光高岳の断路器の歴史は長く、1920年に30 kV 300 A 級垂直切断路器の生産を始めて以来、既に90年を経過している。その長い歴史の中で各時代のニーズに合わせた製品が開発され、1957年に国内電力の大容量化に合わせ300 kV 2,000 A 級断路器を納入、1971年には550 kV 断路器を納入した。

断路器は、それらの製品開発の中で培われた耐塩害設計技術、大電流通電設計技術、小電流開閉技術、耐環境性能技術、構造設計技術、耐震設計技術などに支えられており、現在では国内シェア80%を誇る。水平中心一点切形、水平二点切形、パンタグラフ形など数多くの構成を有し、鉄道向け直流1.5 kV から電力向け交流550 kV、600～12,000 A まで国内規格に定められた定格電圧・電流のほぼすべてをラインナップした。

その後、断路器の高機能化と複合化のニーズの高まりを受け1978年にループ電流開閉用断路器、1981年には避雷器内蔵型断路器を開発するなど多くの複合型機器も製品化を行った。

近年においては、断路器の接触部接点に自己潤滑性能を有する銀グラファイト含有接点を採用した高信頼度形断路器を開発(図6)した。その性能が評価され、現在は国内出荷台数の約70%に達した。操作装置においては筐体に気密技術を取り入れ、12年間メンテナンスフリーを指向した密閉型電動操作装置を開発、それについても国内出荷台数の約60%を占めるまでに至った。



図6 550 kV 4,000 A 高信頼度形水平中心一点切断断路器

また、断路器動作メカニズムの解明とフィールド機器の劣化診断による効率的なメンテナンス方法の確立にも取り組んでいる。

一方で、屋外母線の故障点標定装置の開発にも取り組み、66 kV から275 kV 変電所に数多く納入している。

2.3.2 最新動向

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震によって、国内最大級である550 kV 水平中心一点切断断路器が多くの被害を受けた。以降、重要回線に使用される断路器の高耐震性が要求されている。そこで被害の原因究明と対策案の検討に有限要素法によるシミュレーション解析を適用した(図7)。その結果、同規模地震および国内耐震指針の2倍の水平加速度6 m/s² 共振正弦3波にも耐える構造を設計し、実器加振による大規模な実証試験を行い製品化に成功した。

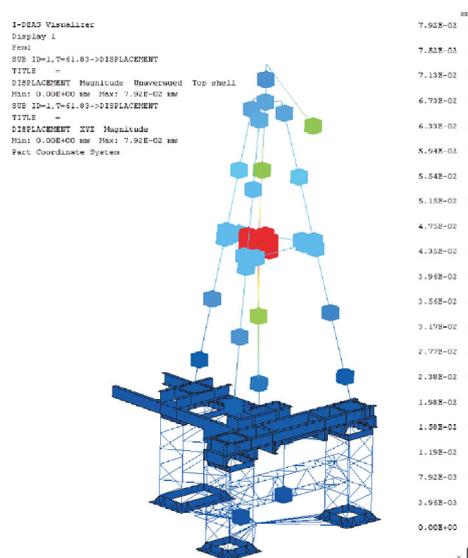


図7 シミュレーション解析における構造評価例

2.4 保護制御装置

2.4.1 保護制御装置の変遷

1950年代から電力系統の保護、監視制御用の各種継電器や遠方監視制御装置の開発に着手し、常に最新の技術を取り入れながら市場ニーズに対応した製品を開発・納入してきた。現在までエレクトロニクス技術、情報伝送技術などの保護制御装置の基盤となる製作技術は飛躍的な進歩を遂げ、当初、電磁機械式原理の継電器はトランジスタ・IC技術による静止型へ、さらにはマイクロプロセッサを応用したデジタル形へと変遷してきた。近年では、IT技術などの汎用技術も保護制御装置への適用が進んでいる。

一方、系統解析などの保護方式における基盤技術は、古くから間欠地絡などの配電系統の解析を中心に実証試験を含め取り組んできた。

以下に主な製品の特長と技術について述べる。

2.4.2 固体絶縁開閉装置デジタル形保護リレー

配電用変電所用固体絶縁開閉装置に実装する単体デジタル形保護リレーである（図8）。母線保護と配電線保護タイプがあり、配電線保護タイプには、再閉路機能も実装している。使用部品の生産中止等により保守が困難となった従来の静止形リレーとの互換性を確保し、デジタル演算の採用により、高精度な保護特性を実現している。また、系統事故発生時の波形データや、リレー動作情報を記録することが可能なデータセーブ機能を実装しており、系統故障解析が可能となっている。



図8 単体デジタル形保護リレー

2.4.3 配電用変電所デジタル保護制御装置

配電用変電所トータルでの保護制御装置であり、中央制御盤・バンク制御盤（図9）で構成される。中央制御盤は、受電回線保護・テレコン機能・自動切替機能を実

装し、バンク制御盤は、変圧器保護・母線保護・配電線保護機能を実装する。1986年、保護集中形の製品を開発・製品化した。現在は3世代目となるユニット分割形タイプの装置を納入している。本装置は、ユニット間はLAN（TCP/IP伝送）を適用し大容量データの送受信を可能としている。設備単位に集中処理するシングルCPU方式とし、さらに制御機能と保護リレーの一部（FD要素）機能を同一CPUで処理することにより、部品点数を大幅に削減している。なお、保護リレーのメイン要素は別CPUで処理する構成とし、メインとFDの2重化構成としている。また、本装置も固体絶縁開閉装置デジタル形保護リレーと同様にデータセーブ機能を実装している。



図9 配電用変電所デジタル保護制御装置(バンク制御盤)

3. 今後の展望

東光高岳が提供する変電所用製品の一例を紹介したが、その他にも多くの製品を取りそろえ、電力の安定供給にお役立ていただいている。

今後も、これまで培ってきた高電圧、大電流、解析などの技術を基に、製品品質やメンテナンス性のより一層の向上を行っていくと共に、経済性に優れた製品を開発していく所存である。