

環境配慮,コンパクト性を実現した 中電圧スイッチギヤ

Development of Medium-voltage Switchgear for Reducing Environmental Impact and Space-saving

土屋 賢治
Tsuchiya Kenji

森田 歩
Morita Ayumu

永野 浩一
Nagano Koichi

平尾 哲也
Hirao Tetsuya

電圧 52 kV 以下の中電圧スイッチギヤは、耐環境性やコンパクト性を実現するため、従来の気中絶縁スイッチギヤ (AIS) から SF₆ ガス^{※1}) を使ったガス絶縁開閉装置 (GIS) へと進化してきた。しかし、SF₆ ガスは温暖化係数が高いことから、1997 年 12 月、地球温暖化防止京都会議 (第 3 回気候変動枠組条約締約国会議) で採択された京都議定書 (気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書) では温暖化ガスに指定されている。日立グループは、これに対応し、いち早く脱 SF₆ ガス化を掲げて中電圧スイッチギヤの開発に取り組んでいる。

1. はじめに

持続可能な社会の実現へ向けた環境負荷低減へのニーズや電源の多様化への対応、および機器のコンパクト性、メンテナンスの省力化や防災対策強化など、発電・送電設備を取り巻く環境が変化している。電力を直接ユーザーに届ける受配電用スイッチギヤにも、こうした多様な変化への対応が求められている。

これらのニーズに対応した中電圧スイッチギヤの開発では、(1) 電気絶縁媒体のベストミックスによる SF₆ ガス代替絶縁技術の開発、(2) 真空技術適用拡大による機能複合化と機器のコンパクト化、(3) 三相短絡事故防止による内部アークからの保護、(4) 操作機構の簡素化とグリースレス化による省エネルギー・省保守・高信頼化、(5) 保護・計測・診断技術の高度化によるサービスを含めた付加価値の創出、などがキーワードになる。

ここでは、中電圧スイッチギヤのキーテクノロジーと今後の展望について述べる。

2. 中電圧スイッチギヤのキーテクノロジー

中電圧スイッチギヤの主なキーテクノロジーとして、機械部品の点数削減や注油作業の省略化などにつながるグ

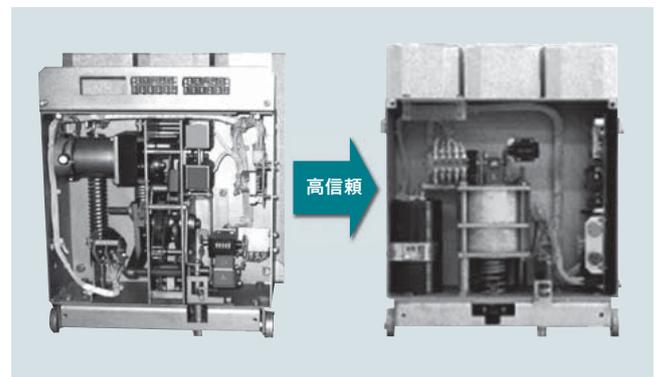


図1 | 真空遮断器用操作器の進化

真空遮断器の操作器は機械部品の多いばね操作器から、部品数の少ないハイブリッド電磁操作器へと進化し、信頼性も向上した。

リースレスハイブリッド電磁操作、機器のコンパクト化に寄与する多機能真空バルブ、ワイドレンジ CT (Current Transformer: 計器用変流器)、絶縁物寿命の診断技術などが挙げられる。それぞれの開発技術の特徴を以下に示す。

2.1 グリースレスハイブリッド電磁操作技術

永久磁石と電磁石を併用 (ハイブリッド磁石) することにより、(1) 機械部点を約 85% 削減^{※2})、(2) 操作エネルギーを約 80% 削減^{※2})、(3) グリースレス機構によって定期注油作業が不要、などの点を実現した日立グループ独自の技術である (図 1 参照)。

2.2 多機能真空バルブ技術

長年蓄積してきた真空技術を応用し、(1) 電極の必要接触力の半減^{※2})、(2) 遮断器と断路器の機能複合化の 2 点を実現した真空バルブを開発し、機器のコンパクト化を可能

※1) 六フッ化硫黄ガス。電氣的絶縁性能や電流消弧性能に優れるが、温暖化係数が CO₂ ガスの 2 万 3,900 倍と極めて高いため、排出管理・削減が求められている。

※2) 当社従来機種比

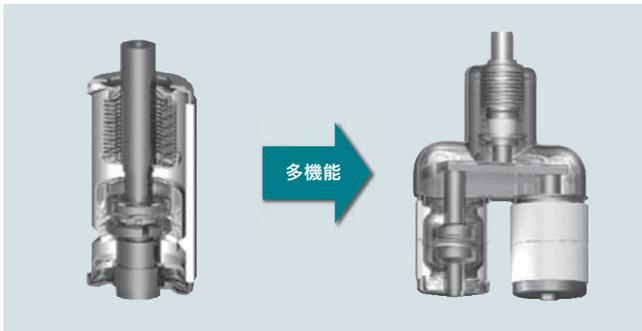


図2 | 真空バルブの多機能化

真空バルブを従来の単機能から遮断器と断路器の多機能化を図ることでスイッチギヤの小型軽量化を可能とした。



図3 | ワイドレンジCT

日立マルチリレーと組み合わせることで、保障範囲が従来品より格段に広いうえ、小型軽量化を図ったワイドレンジCT (Current Transformer: 計器用変流器) が適用可能となった。

にした(図2参照)。

2.3 ワイドレンジCTとマルチリレー

ワイドレンジCTは保護・制御・計測・通信などの機能を併せ持つマルチリレー(ICU: Intelligent Control Unit)と組み合わせ、検出精度をワイドに保障し、以下の特徴を実現している(図3参照)。

- (1) 体積・質量ともに約80%削減^{*2)}し、盤の小型化に貢献
- (2) 負荷容量変化時のCT交換やタップ切り替えが不要
- (3) 負荷容量確定前でも機器計画が可能

2.4 光2波長法による絶縁物余寿命診断技術

日立製作所日立研究所により、以下の原理で絶縁物劣化

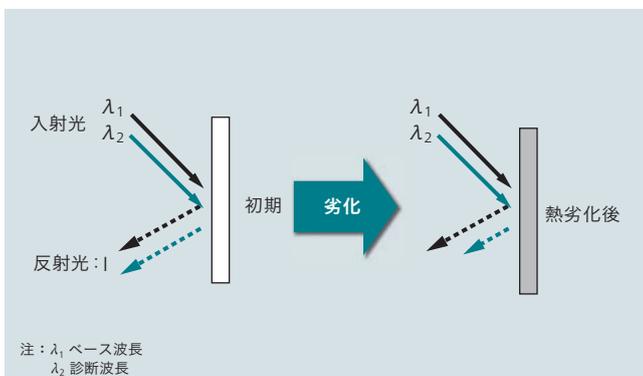


図4 | 光2波長法による診断の原理

光2波長法は日立研究所が考案した独自技術であり、非接触での絶縁物劣化診断を可能にした。

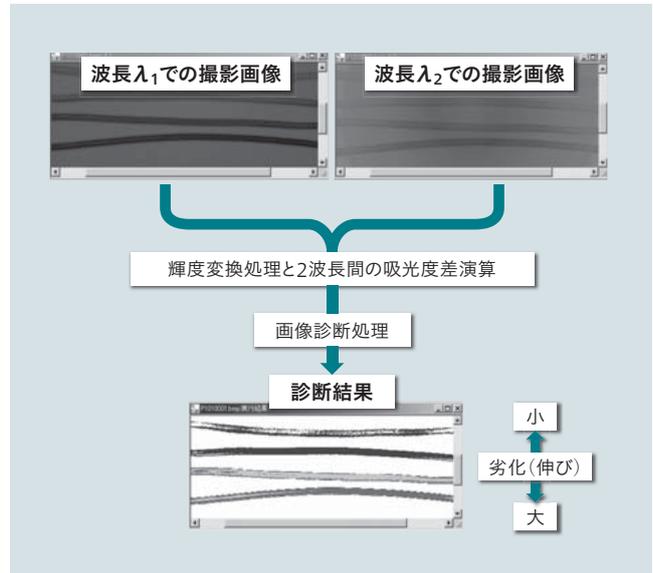


図5 | 光2波長法による電線劣化診断例

光2波長法による電線劣化診断例を示す。

診断が可能であることを確認した(図4参照)。

- (1) 有機材料に光を照射すると一部が吸収され、物質と光の波長により反射光の強度が異なる。
- (2) 物質の表面状態や照射光の強度ばらつきにより、反射光の強度もばらつくが、吸光度比はばらつかない。
- (3) 熱劣化など化学構造の変化で吸光度が変わる。

この原理を応用した電線の診断例を図5に示す。日立グループは、各材料の劣化データベースを蓄積し、適用範囲の拡大を進めている。

3. キーテクノロジーの応用製品

前述したキーテクノロジーを応用した中電圧スイッチギヤ関連製品は、次のとおりである。

3.1 ハイブリッド(電磁操作式)VCB

省保守・省操作エネルギー・長期安定動作を目標として2003年に国内向け製品を開発し、現在は海外向け製品のラインアップを拡充中である(図6参照)。VCB (Vacuum



図6 | ハイブリッドVCB

国内市場で好評を得ているハイブリッド電磁操作器を適用したVCB (Vacuum Circuit Breaker) について、海外市場への展開を開始した。

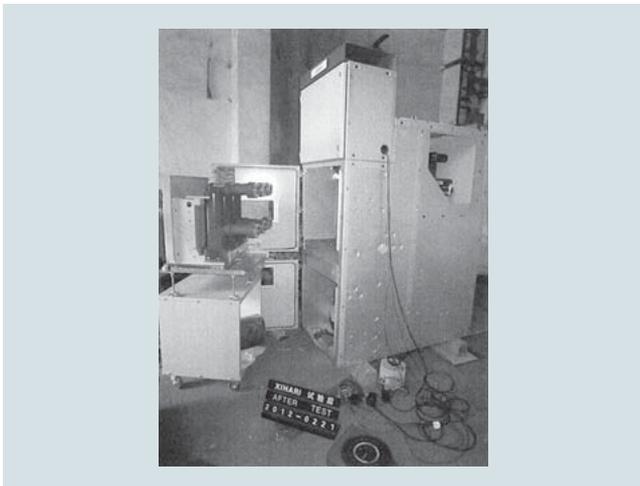


図7 | 中国向け12 kVハイブリッドVCBの形式試験の様子
試験後の供給器を点検し、異常のないことを確認した。

Circuit Breaker:真空遮断器)にハイブリッド式電磁操作器、固体潤滑軸受けやステンレス操作軸を採用したことが特徴である。

中国・西安市の試験場で実施した中国向け12 kVハイブリッドVCBの形式試験の様子を図7に示す。

3.2 固体絶縁母線スイッチギヤ

従来の気中絶縁スイッチギヤでは、絶縁物沿面の劣化や、結露・汚損、小動物や雨水浸入などによる充電露出部の絶縁破壊の防止が課題だった。この課題を解決するため、以下の2点を適用した(図8参照)。

- (1) 主母線やケーブル引き込み部を固体絶縁物でモールドして表面に接地層を設ける。
- (2) VCBは気体透過膜で保護された密閉室に収納する。

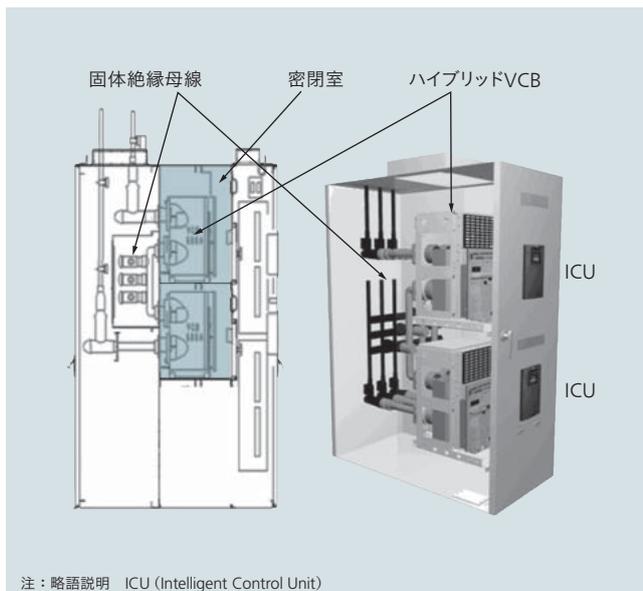


図8 | 7.2 kV固体絶縁母線盤の構造

固体絶縁母線とVCB収納用密閉室の組み合わせで、従来のAIS (Air Insulated Switchgear: 気中絶縁盤)が有する課題の解決を図った。



図9 | オールインワンハイブリッドVCBの概要

引き出し式ハイブリッドVCBにCTや避雷器を搭載し、VCBと一緒に引き出すことで各機器の保守点検が効率的に行えるようになった。

さらに、適用したハイブリッドVCBに引き出し形ZCT (Zero Phase-sequence Current Transformer: 零相CT)、ワイドレンジCT、避雷器などを搭載して保護範囲を拡大することで、保守・点検も容易にしている(図9参照)。

3.3 24 kV真空絶縁スイッチギヤ(C-VIS)

日立グループは、温暖化ガスに指定されたSF₆ガスや乾燥空気を使わない新発想のスイッチギヤを2006年に開発し、国内外に供給を開始した(図10参照)。この製品は、多機能真空バルブや真空リーク/電圧検出器などを相ごとにモールドし、表面に接地層を設けたスイッチユニットとグリースレスハイブリッド電磁操作器を組み合わせたものである。AIS (Air Insulated Switchgear: 気中絶縁盤)の使いやすさとGIS (Gas Insulated Switchgear: ガス絶縁開閉装置)のコンパクト性・信頼性を実現し、熱帯地方や洋上

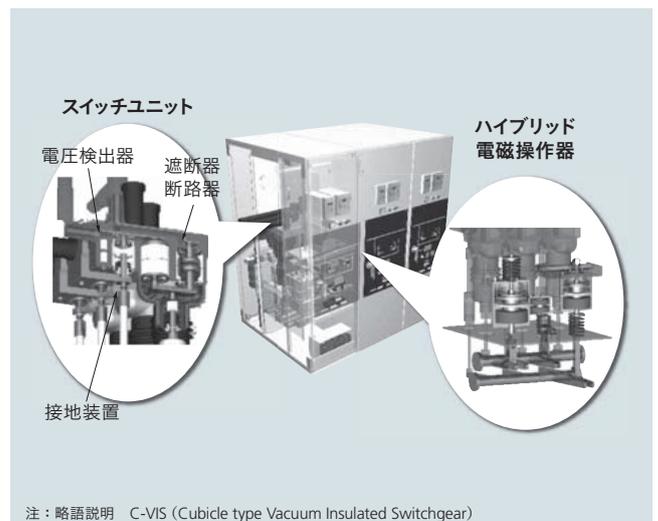


図10 | 24 kV C-VISの概要

ハイブリッド電磁操作器と多機能真空バルブを組み合わせた新発想のスイッチギヤを開発し、従来市場だけでなく船舶、洋上や熱帯地方など過酷な環境のユーザーにも供給を始めている。



図11 | 各種スイッチギヤの内部アーク試験の様子
相分離構造の適用により、内部アーク事故の影響を大幅に軽減可能とした。

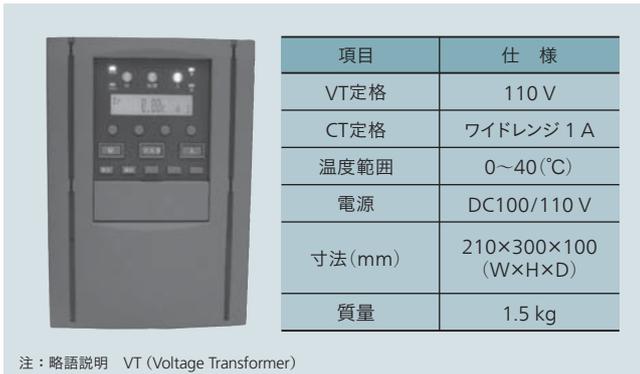


図12 | ICU外観と仕様
多機能マルチリレーは、ワイドレンジCTを組み合わせることでスイッチギヤの小型化に貢献している。

など過酷な環境にも適用市場を広げている。

中電圧スイッチギヤは内部アークからの保護が大きな課題だが、同製品では相分離構造による短絡事故防止をコンセプトにして安全性にも配慮している(図11参照)。

3.4 ワイドレンジCTとICU(マルチリレー)

ICUは日立独自のワイドレンジCTに対応し、保護・計

測・制御・通信・波形記録・操作などの機能を有している(図12参照)。ICUに対応するワイドレンジCTは600 A形(40 A~600 A)と1,200 A形(100 A~1,200 A)の2種類があり、図13は600 A形の性能補償範囲である。

4. 今後の展開

日立グループは、前述したキーテクノロジーをさらに発展させ、(1)真空技術の適用拡大と競争力強化によるSF₆ガスレス製品の拡大、(2)グローバル市場向け一次/二次配電製品の強化、(3)余寿命診断などサービス事業の強化、などに向けた研究開発を進めている。

4.1 真空バルブ工場の新設

新工場は72/84 kVスイッチギヤ組立ラインとも接続する予定であり、2014年4月からのフル稼働をめざしている。生産技術の研究成果を反映した高効率生産システムを構築中である。

4.2 製品ラインアップ拡充

グローバル市場向け製品ラインアップを拡充するため、固体絶縁母線盤の海外向け製品への適用を進めている。固体絶縁母線盤の設計コンセプト(特許出願中)を図14に示す。具体的には、従来のAISの母線を固体絶縁化し、VCBや接地装置を密閉室に収納している。このようなレイアウトの自由度と信頼性の高いAISのハイエンドモデルのニーズが国外で増えつつあることから、GIS市場へも展開が考えられる。

また、次世代の真空絶縁スイッチギヤ「C-VIS+」の開発にも取り組んでいる。24 kV真空絶縁スイッチギヤC-VISのコンセプトを踏襲しながら、シンプルな構造によ

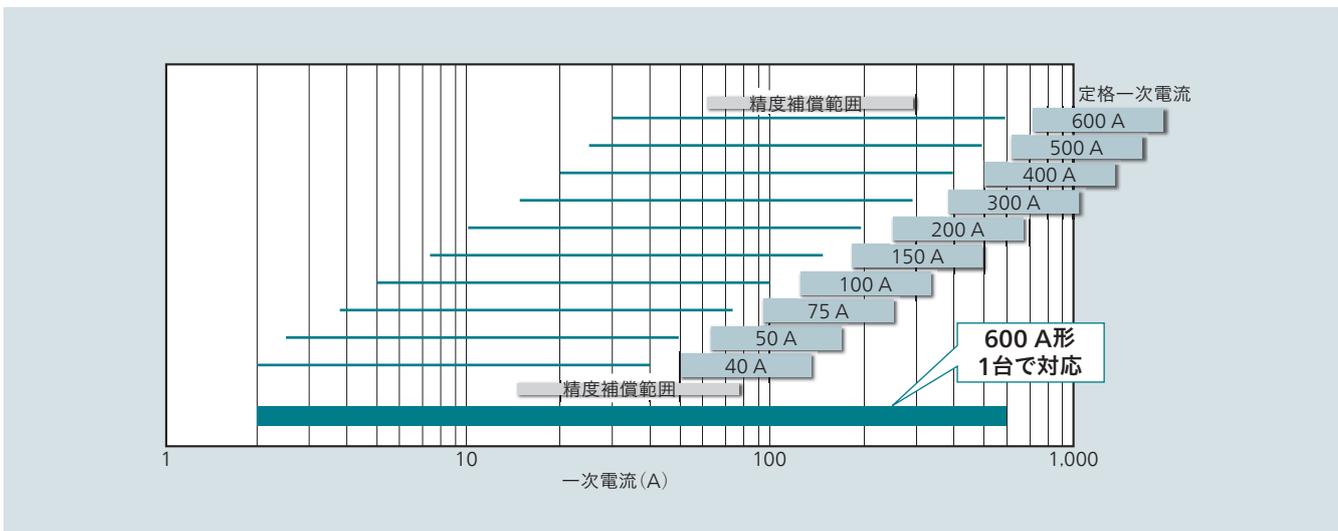


図13 | ワイドレンジCTと従来CTの電流補償範囲比較
ワイドレンジCTは性能補償範囲が広く、負荷が増加してもCT交換の必要性が少なくなった。

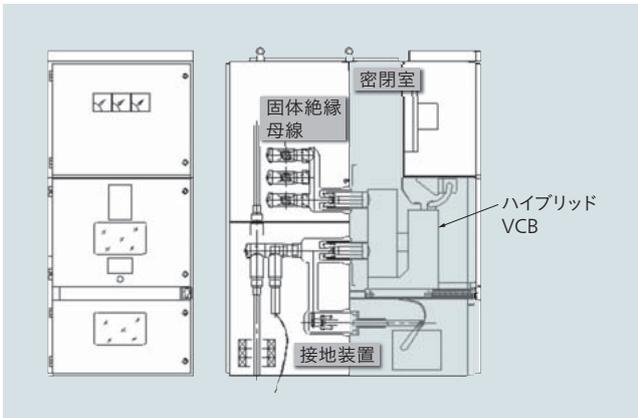


図14 | 海外市場向け固体絶縁母線盤

国内で適用した固体絶縁母線盤を、海外のハイエンド市場にも適用を検討中である。

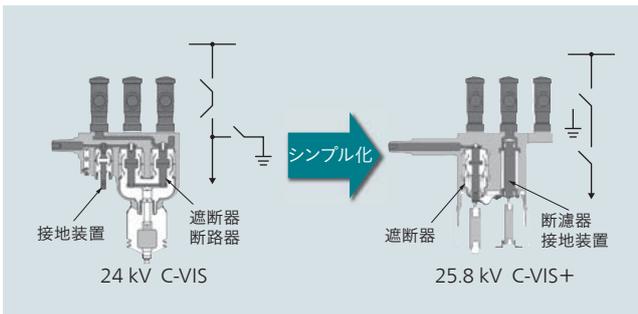


図15 | 真空絶縁スイッチギヤの進化

C-VISのさらなるシンプル化を図ったC-VIS+を開発中である。

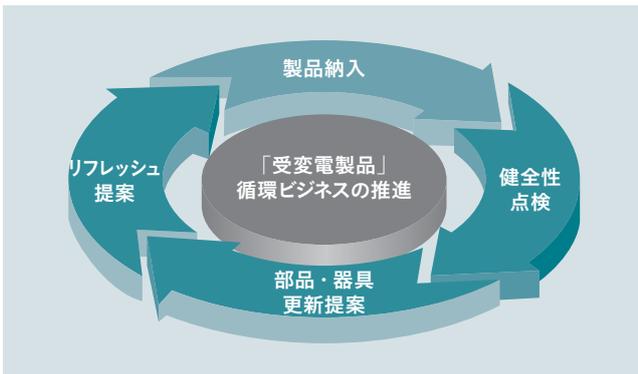


図16 | 循環ビジネスの概念

循環ビジネスをグローバルに展開するために、ローカル拠点の構築を進めている。

るコンパクト化をめざし、従来のC-GISと単線結線図が互換性のある新機種を開発中である(図15参照)。

4.3 サービス事業の強化

国内においては既納品電子カルテシステムを立ち上げ、

日立グループが自主的に行っている健全性点検結果などのデータベースに基づき、適切な更新時期などの提案を行っている(図16参照)。このようなサービスをベースとした事故の未然防止や、機器の更新計画サポートといった付加価値を3万台以上の納品済み機器がある海外市場でも創出していくため、パートナーリングも含めたローカル拠点の構築を進めている。

5. おわりに

中電圧スイッチギヤは、社会インフラの維持に欠かせない電力を最終利用者に直接届ける重要な役目を担っている。ここで述べたキーテクノロジーの適用により、環境負荷低減や機器のコンパクト性、メンテナンスの省力化など、受変電設備に求められる多様なニーズに応えることができる。

参考文献

- 1) 羽江, 外: Features of cubicle type vacuum-insulated switchgear "C-VIS", CIRED ストックホルム大会発表論文 (2013.6)

執筆者紹介



土屋 賢治

1981年日立製作所入社、電力システム社 日立事業所 国分生産本部 受変制御設計部 所属
現在、スイッチギヤの研究開発業務に従事



永野 浩一

1990年日立製作所入社、電力システム社 電力流通事業部 電機ソリューション本部 電源システム部 所属
現在、一般産業を中心とする電源機器事業運営に従事



森田 歩

1995年日立製作所入社、日立研究所 エネルギー・環境研究センター 電力流通研究部 所属
現在、電力流通機器の研究開発業務に従事



平尾 哲也

1991年日立製作所入社、電力グループ 日立事業所 国分生産本部 受変制御設計部 所属
現在、受変電機器の設計業務に従事