

電気鉄道向け 移動用コンパクト型変電所システム

Movable Compact Type Substation System for Electric Railways

佐竹 信彦 内田 正人 福田 恭之

■ SATAKE Nobuhiko ■ UCHIDA Masato ■ FUKUDA Yasuyuki

電気鉄道用変電所の更新工事に用いられる仮設設備は、その設置面積及び工期が限られていることから、省スペースかつ工事の簡便化が求められている。

東芝はこれらの要求に応えるため、移動用のコンパクト型変電所システムを開発し、西日本旅客鉄道(株)の和深変電所へ1号機を納入した。液体シリコン変圧器、固体絶縁スイッチギヤ(SIS: Solid Insulated Switchgear)、直流高速度真空遮断器(HSVCB: High Speed Vacuum Circuit Breaker)及び小型化配電盤など、当社の最新機種を採用したこのシステムにより、移動用変電所に適した省スペースと工事期間の短縮を実現した。

There is increasing demand for temporary facilities for the replacement of electric railway substations, with reduction of both the workspace and the period of construction.

In response, Toshiba has developed a movable compact type substation for electric railways, incorporating a number of our advanced technologies including a silicone-fluid-immersed transformer, solid-insulated switchgear (SIS), high-speed vacuum circuit breaker (HSVCB), and miniature switchboard. The first movable compact type substation has been delivered to the Wabuka Substation of the West Japan Railway Company. This system realizes the satisfaction of customer needs for easy setup in a small area and in a short time.

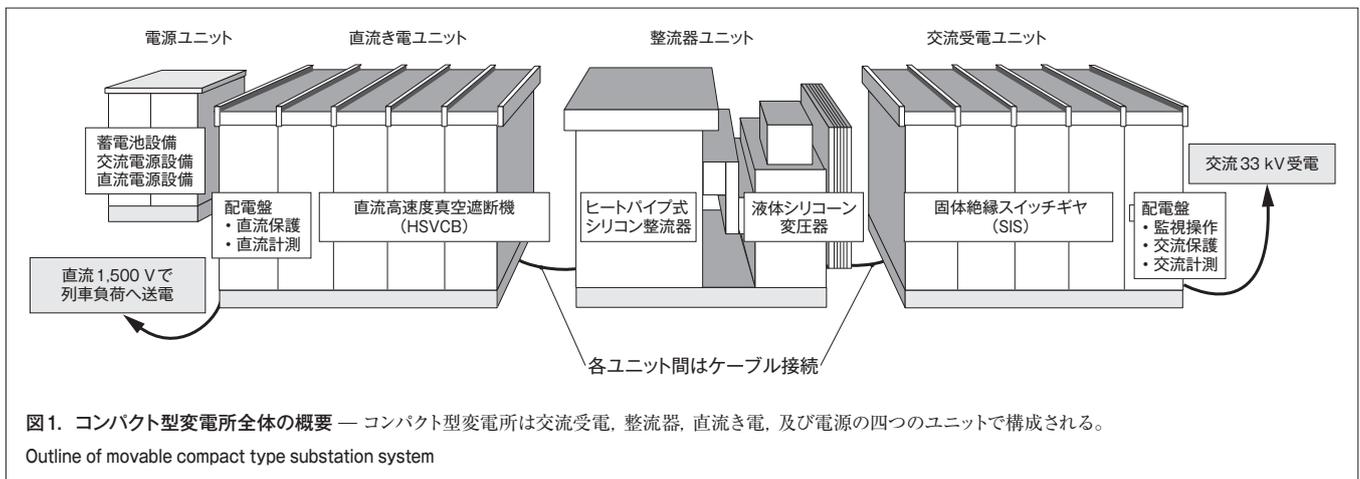
1 まえがき

国内向け電気鉄道用変電所は、老朽化に伴い、現在更新時期に入っている箇所が多い。その更新工事では、既設設備と同じ場所に新設設備を設置することが多いため、機器据付けや試験など新旧設備切替え時期には、仮設用設備を別に設置して電気鉄道負荷へ電力供給を行う必要がある。しかし、変電所によっては敷地面積が限られていたり、仮設用設備の搬入や設置が困難なケースが多い。更に、仮設設備の運用にあたり、その切替え工事期間が限られている場合も多い。

東芝はこれらの問題を解決するために、移動用のコンパクト型変電所システムを開発した。その特長は、以下のとおりである。

- (1) 省スペースかつ変電所のレイアウトにフレキシブルに対応可能
- (2) 搬入や設置工事、及び配線の確認が容易で、簡便に設備更新が可能

今回このコンパクト型変電所システムを、西日本旅客鉄道(株)の和深変電所に納入したので、以下にその概要を述べる。



2 システムの概要

コンパクト型変電所は、以下の四つのユニットで構成される(図1)。

- (1) 交流受電ユニット 受電設備には、33 kV受電の固体絶縁スイッチギヤ(SIS: Solid Insulated Switchgear)を採用した。更に、通常の変電所では屋内に別置きとなる配電盤設備を小型化し、監視制御部、交流保護部、及び直流保護部に分け、受電ユニットはこのうちの監視制御と交流保護部を含めた一体型構成とした。
- (2) 整流器ユニット 整流器用トランスと整流器から構成される。整流器用トランスは、冷却方式を従来の油から液体シリコン方式とし、冷却効率を高め小型化を実現した。整流器は、ヒートパイプ式シリコン整流器を用いた。
- (3) 直流き電ユニット 直流き電設備には、直流高速度真空遮断器(HSVCB: High Speed Vacuum Circuit Breaker)を採用した。更に、配電盤の直流保護部を列盤として一体型構成とした。
- (4) 電源ユニット 交流・直流設備の電源として、蓄電池設備、所内トランス、及び分電盤を一体型の構成とした。

3 省スペース化への取り組み

3.1 変圧器の小型化

このシステムは移動用仮設備であり、機器の搬入、搬出は極力通常の輸送車両で行えることが望ましい。変電所向け機器の中で通常もっとも重い変圧器についても同様であり、具体的な目標として、積載10tトラックによって搬送できることを念頭に置き、軽量化や小型化を行った。

その具体的な施策として、以下の項目を行った。

- (1) 耐熱クラス(温度上昇限度)の格上げ 液冷H種絶縁システムの採用
- (2) 最適化容量の選定 都市間輸送亜幹線の鉄道負荷に特化した容量の検討(実負荷パターンによる温度シミュレーション実施)

まず、(1)に関しては、変圧器の冷却媒体として従来用いられていた鉱油に代え、今回は動粘度が $50 \text{ mm}^2/\text{s}$ の液体シリコンとした。鉱油と比較し、液体シリコンは引火点が $300 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上であることから、通常絶縁材料に用いられる耐熱クラスA相当のクラフト紙よりも、耐熱クラスが高い絶縁材料を巻線に使用することによりシステムの耐熱クラスを格上げできる⁽¹⁾。そこで今回は絶縁材料をアラミド紙^(注1)に変更し、システムの耐熱クラスをH種相当に格上げすることで、従来のA種相当の鉱

(注1) 全芳香族ポリアミドの重合体から成り、高温下でも電氣的・機械的な強度を持つ、耐熱クラスH相当の素材。

油入り変圧器に対し小型・軽量化を実現した。

(2)については、西日本旅客鉄道(株)の協力の下、更新対象となる紀勢線の変電所での実負荷パターンを用いて温度上昇シミュレーションを行った。この結果、従来の仕様では、 $3,390 \text{ kVA-D種}$ (100%-定常運転, 150%-2時間, 300%-1分)となっていた変圧器容量を、 $1,660 \text{ kVA-S種}$ (100%定常運転, 500%-1分)へと見直すことで、小型化を実現した。

以上の結果を踏まえて製作した変圧器の外観写真を図2に、従来機器との仕様比較を表1に示す。外形寸法は従来の50%程度となり、質量も目標であった10t以下の9tを実現した。

また、変圧器の容量見直しに伴い、整流器の容量も従来の $4,000 \text{ kW-E種}$ (100%定常運転, 120%-2時間, 300%-1分)から $1,500 \text{ kW-S種}$ (100%定常運転, 500%-1分)へと見直すことで、外形寸法の縮小へつなげた。



図2. 液体シリコン変圧器 — 外形寸法は従来機器の50%程度となり、質量も当初の目標以下の9tを実現した。

Silicone-fluid-immersed transformer

表1. 変圧器の仕様比較

Comparison of specifications of transformers for compact type substation system and conventional system

| 項目 | 従来変圧器 | コンパクト型変電所向け変圧器 |
|---------|--------------------|---------------------|
| 定格容量 | 3,390 kVA-D種 | 1,660 kVA-S種 |
| 冷却方式 | 鉱油 | 液体シリコン |
| 耐熱クラス | A種 | H種 |
| 冷却媒体引火点 | 110 °C | 300 °C |
| 絶縁紙 | クラフト | アラミド |
| 外形寸法 | 幅3.2×高さ3.5×奥行き3.4m | 幅2.15×高さ2.8×奥行き2.7m |
| 質量 | 14 t | 9 t |

3.2 交流受電設備と直流き電設備の小型化

受電設備は、通常用いられる気中のスイッチギヤに代え、JRグループの直流変電所向けとしては初のSISを用いることで小型化を実現した。これは、通常のスイッチギヤでは気中絶縁となっている箇所を、絶縁離隔距離を短くするためにモールド化し、省スペースを実現している。

また、直流き電設備は、従来の直流高速度遮断器を収めたスイッチギヤから、HSVCBとすることで小型化を図った。これもJRグループ向けとしては初号機となる。

3.3 配電盤のユニット化による省スペース化

通常の電鉄用直流変電所では、前記の受電設備、整流器設備、及び直流き電設備のほかに、それらの監視や制御などを行う配電盤が存在するが、コンパクト型変電所では、これらを交流受電設備又は直流き電設備に一体型とし、交流と直流という二つのユニット構成とすることで、省スペース化を実現した。

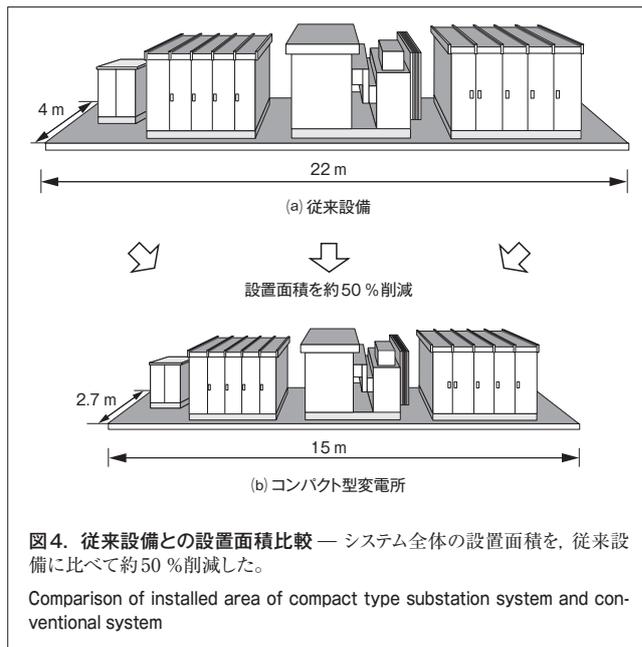
配電盤の機能は、以下のとおりである。

- (1) 監視制御と計測
- (2) 交流保護
- (3) 直流保護と計測

このうち、(1)の監視制御と計測機能は交流受電設備であるSISと列盤にした盤の内部に、小型化した配電盤を入れ子構造で設置した(図3)。また、(2)の交流保護機能についても、保護リレーをSISの盤前面に配置することでコンパクト化を図った。



(3)の直流保護と計測機能は、直流き電設備のHSVCBと列盤構成にした盤の内部に小型配電盤を入れることで直流ユニットと一体型構成とした。このように、従来は建屋内に別配置となる配電盤を屋外設置の主回路機器に一体型とすること



で、移動用変電所システム全体の大幅な小型化を実現した。

以上から、図4に示すように、システム全体の設置面積を、従来設備に比べて約50%削減した。

4 変電所設置工事簡略化への対策

コンパクト型変電所へのもう一つの要求事項は、変電所設置工事の簡略化であるが、今回、この対策として以下の機能を付加している。

- (1) 各ユニット間のケーブル接続 仮設備は、変電所敷地の空きスペースに設置されることが一般的であるため、各変電所ごとに異なったフレキシブルな機器のレイアウトが求められる。コンパクト型変電所はこの問題を解決するために、各ユニット間をすべてケーブルで接続し、設置レイアウトの自由度を向上させている。
- (2) サブベースによるケーブルピット省略 通常の変電所では、各機器を埋設されたベース上に設置、固定して、主回路ケーブル及び制御線は地下に掘られたケーブルピットの中を通す場合が多い。しかし、今回は工期短縮の目的から、図5に示すように、各機器をサブベース上に設置し、ケーブル類はそのサブベースをルートとして敷設する構造とした。これにより、ケーブルピットなどの整備が省略され、工事の簡便化が図れる。
- (3) 制御線のコネクタ化 配電盤と機器間の制御線は、本数も多く、配線作業のボリュームも大きい。今回、これらの制御線を可能な限りコネクタ化し、1本ずつの配線作業を極力減らすことで工事の省力化を目指した。特に、交流受電ユニットと直流き電ユニット間の制御線はすべ



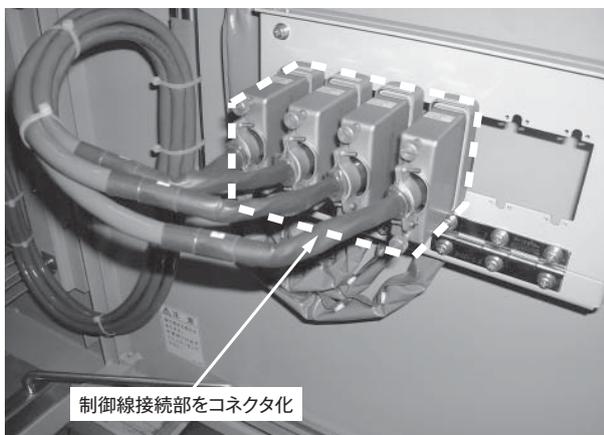
機器を乗せるサブベースをケーブルルートとして使用

図5. サブベース — 各機器をサブベース上に設置し、ケーブル類はそのサブベース内部に敷設される構造とした。

Sub-base

てコネクタケーブル化し、SIS及びHSVCBと各配電盤間の制御線についても、配電盤側は図6に示すようなコネクタ接続とした。

以上の対策により、今回納入した和深変電所の工事では、通常よりも工事期間の短縮を実現することができた。



制御線接続部をコネクタ化

図6. 制御線をコネクタ化したようす — 制御線を可能な限りコネクタ化し、1本ずつの配線作業を極力減らすことで工事の省力化を目指した。

Control cable connectors

5 あとがき

コンパクト型変電所は、JRグループへ初めて納入する当社の最新機器を中心に、顧客ニーズを満たすシステムの開発を目指した。このシステムは既設変電所の老朽化更新だけでなく、搬送と工事が簡便であることから事故時の対応策としても有用である。

今後も、更なる省スペース化と、配線本数のいっそうの削減によって工期の短縮を実現するシステムを構築し、提案していく。

文 献

- (1) 浜口昌弘, ほか. “変圧器用絶縁液体の難燃性評価(1)”. 平成17年電気学会全国大会講演論文集. 徳島, 2005-03, 電気学会, 2005, p.60-61.



佐竹 信彦 SATAKE Nobuhiko

電力流通・産業システム社 電力流通システム事業部 交通電力システム技術部。

電鉄変電所のシステムエンジニアリング業務に従事。

Transmission & Distribution Systems Div.



内田 正人 UCHIDA Masato

東芝産業機器製造(株) 配電機器事業部 静止器開発・設計担当。変圧器の開発・設計に従事。

Toshiba Industrial Products Manufacturing Corp.



福田 恭之 FUKUDA Yasuyuki

社会システム社 府中事業所 社会インフラシステムソリューション部。電鉄受変電システムの設計に従事。

Fuchu Complex