

中部電力(株)納入 275kV 500MVA 負荷時タップ切換変圧器

濱口弘康 Hiroyasu Hamaguchi
西島俊幸 Toshiyuki Nishijima
宮内武彦 Takehiko Miyauchi

キーワード 500MVA負荷時タップ切換変圧器, 特別三相変圧器, コンパクト設計

概要



275kV 500MVA負荷時タップ切換変圧器

当社は、275kV送電用変圧器を製品化し、長年にわたり電力会社に多数納入してきた。

今回、中部電力(株)西尾張変電所に当社で納入した変圧器では最大となる500MVA負荷時タップ切換変圧器を納入した。本変圧器は、当社製の既設450MVA変圧器の更新で、容量を増加しながらも既設の建屋を流用し、取り合い位置を既設に合わせるなどの制約があるほか、機器体格は大きくなるが事故や震災など万一の時の復旧期間短縮に有利となる特別三相式の指定など、主に体格に関する様々な課題を抱えていたが、最新技術を用いたコンパクト設計を行うことで解決した。

1 まえがき

中部電力(株)西尾張変電所は、定格容量450MVA送電用変圧器4台で構成されていたが、変電所全体の出力を増強して再生可能エネルギーの系統連系や西名古屋火力7号系列の連系に対応するため、4台中2台を500MVAへ増容量する必要があるため、当社は500MVA変圧器1台を製作し納入した。本変圧器は、当社製の既設450MVA普通三相変圧器の更新で既設の建屋を流用した。そのため、変圧器の容量は増加しても機器寸法を建屋内に収める必要があった。そのほかにも、取り合い位置を既設に合わせることや、事故や震災など万一の場合に復旧期間の短縮が有利となる特別三相式の指定があった。**第1表**に変圧器の仕様を示す。特別三相変圧器は一相ごとに別タンクとし、現地で接続して三相変圧器とするため、輸送時のタンク1台当たりの寸法・質量は低減

されるものの、全体の寸法・質量は普通三相変圧器に比べ大きくなる。また、現地建屋の制限以外に輸送高さの制限もあり、コンパクト化が制作上の主な課題となった。本稿では、**三次元解析などの最新技術を用いた課題解決への取り組み**を紹介する。

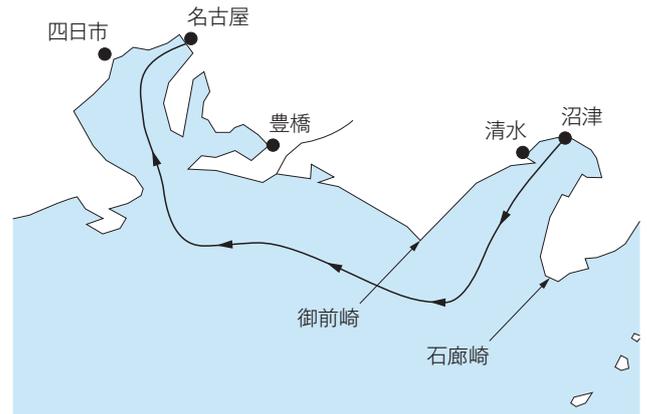
2 輸送制限に対する取り組み

従来、大形変圧器の輸送は貨車による鉄道輸送が主であった。しかし、近年積み卸しできる場所が制限されることから、通行許可取得が長期化する傾向にある。既設器と同じ普通三相変圧器を採用した場合には、輸送質量が大きくなり通行許可取得が長期化することが予想される。本変圧器は通行許可取得までの期間の短縮を図るため、特別三相変圧器によって輸送質量が低減されることから、トレーラによる陸上輸送と内航船による海上輸送とした。**第1図**

第 1 表 変圧器仕様

275kV 500MVA 変圧器の主な仕様を示す。

項目	仕様
寸法制限	輸送高さ：3.9m 搬入高さ：5.3m
質量制限	総質量：490t未満
周波数	60Hz
定格容量	一次：500MVA 二次：500MVA 三次：135MVA
定格電圧	一次：275kV (3.125kVステップ, 19タップ) 二次：154kV 三次：31.5kV
結線	一次：星形 (直接接地) 二次：星形 (抵抗接地) 三次：三角 (非接地)
引き出し方法	一次：ケーブル引き出し (油中接続) 二次：ケーブル引き出し (油中接続) 三次：気中ブッシング引き出し (バスダクト形) 一次中性点：気中ブッシング引き出し 二次中性点：気中ブッシング引き出し
冷却方式	導油風冷式
短絡インピーダンス	22%
温度上昇限度	油：60K 巻線：70K
騒音レベル	本体：80dB クーラ：57dB
輸送形態	特別三相式
建屋	既設変圧器建屋流用



第 2 図 海上輸送経路

沼津港から名古屋港までの海上輸送経路を示す。

に本体タンクの船積み作業の様子を、**第 2 図**に海上輸送経路を示す。

大形変圧器のトレーラによる陸上輸送にはつり掛式・落とし込み式・低床式がある。本変圧器は低床式トレーラを使用し、当社工場から沼津港まで3台使用することで、輸送を一晩で完了した。本変圧器では、低床式トレーラ輸送の高さ制限が課題となったが、中身体格のコンパクト化などによって解決した。その取り組みは、以下のとおりである。

2.1 中身体格のコンパクト化

中身体格のコンパクト化のために、耐熱絶縁紙(アミン添加紙)を巻線被覆に適用した冷却格上げと高性能冷却器採用による巻線の高電流密度化を行った。さらに巻線内・巻線間をコンパクト化するため、電位振動解析を用いた絶縁寸法・構成の最適化、三次元温度分布解析を用いた冷却寸法・構造の最適化などを実施した。

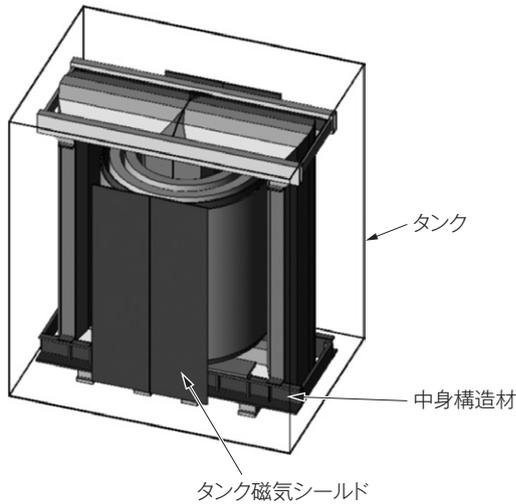
特別三相式では相間での磁束のキャンセルが起こらない特異点が存在するが、三次元解析ツールを用いた電磁界解析によって、磁気シールドを最適に配置して構造材漂遊損失を低減し局部加熱を防止した。

第 3 図に電磁界解析モデルを、**第 4 図**と**第 5 図**にタンクの内側と外側から見た解析結果の磁束密度分布と損失分布を示す。



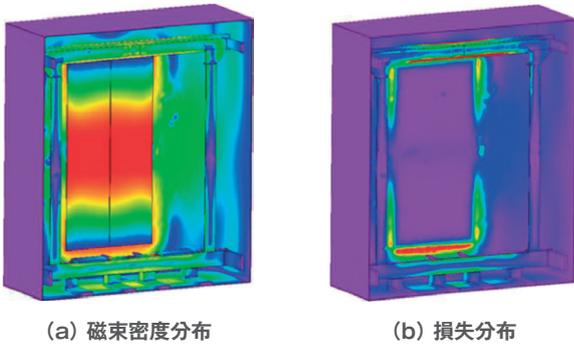
第 1 図 本体タンク船積み作業

海上クレーンによる本体タンクの船積み作業の様子を示す。



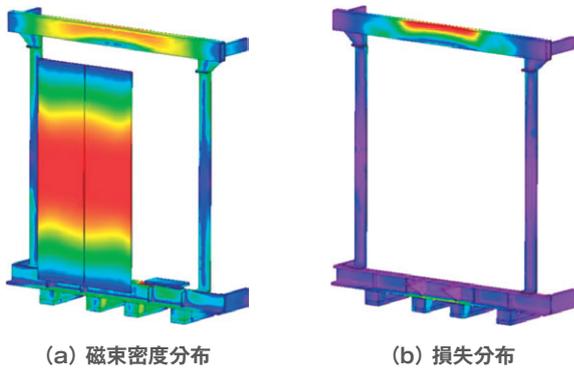
第3図 電磁界解析モデル

三次元の電磁界解析モデルを示す。



第4図 タンクの内側から見た中身構造材解析図

タンク内側から見たタンク及びタンク磁気シールド、中身構造材における磁束密度・損失分布を示す。

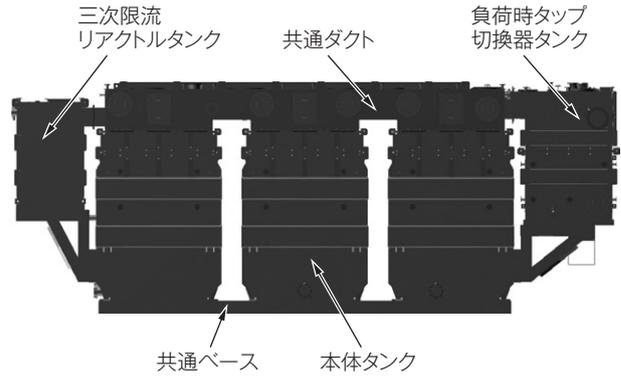


第5図 タンクの外側から見た中身構造材解析図

外側から見たタンク磁気シールドと中身構造材における磁束密度・損失分布を示す。

2.2 輸送高さの低減

本変圧器では輸送を円滑に行うため、本体タンク・



第6図 特別三相変圧器のタンク構成図

各タンクと共通ダクト・共通ベースの組み立て状態を示す。



第7図 本体タンクの低床式トレーラ輸送

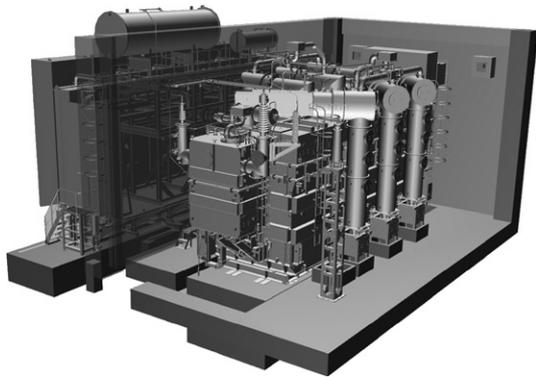
本体タンクの低床式トレーラへの積載状態を示す。

負荷時タップ切換器タンク・三次限流リアクトルタンク・共通ダクトに分割する構造とした。**第6図**に各タンクの構成図を示す。

現地据え付け状態での本体タンクの高さでは、輸送経路上の輸送高さ制限4600mm（本体輸送高さ制限3900mm）を満足することができない。中身体格のコンパクト化に加え、本体上部タンクを輸送用カバーに交換する構造を特別三相変圧器に採用することでこの問題を解決した。**第7図**に本体タンクの低床式トレーラへの積載状況を示す。

3 既設建屋内の設置制限を考慮した最適設計

特別三相変圧器の場合には、各タンク間に組み立てに必要なスペースの確保や各タンクを接続する共



第 8 図 変圧器全体図

建屋内から見た変圧器全体図で冷却器側が屋外となる。

通ダクトが必要となるため寸法が大きくなる。本変圧器を既設の建屋内に収めるための取り組みは、以下のとおりである。

3.1 一次・二次管路のコンパクト化

当社製の特別三相変圧器では、本体上部タンクから一次管路を引き出す構造が標準的であるが、一次・二次ケーブル取り合い位置を既設器に合わせてために共通ダクト上部から引き出す構造とし、本体タンクとエレファント室の仕切りに一次・二次ともにモールドスペーサを採用し、管路の長さを短縮した。

モールドスペーサの中軸導体とリード接続部には、電界緩和のシールドを取り付けるなど管路の縮小化を図った。また、本体上部タンクと共通ダクトを一体化する構造を採用し、設置高さ寸法を低減した。第 8 図に変圧器の全体図を示す。

4 現地組み立ての工期短縮

4.1 リード線配線作業の簡素化

特別三相変圧器は、本体上部に取り付ける共通ダクト内に各相のリード線を配線し、ブッシングや負荷時タップ切換器に接続する構造とした。完成状態から輸送状態に分割するため、分割位置付近で



第 9 図 共通ダクト取り付け作業

本体タンク上部への共通ダクト取り付け作業の様子を示す。

リード線を切り離し、現地での組み立て時に再接続する。

また、現地での組み立て作業やリード線の接続及びテーピング作業が最小となる分割構造とした。工場でタップリード線を含む多数のリード線の配線作業を行い共通ダクト内に収めることで、現地での組み立て工期を短縮した。第 9 図に共通ダクトの取り付け作業の様子を示す。

4.2 本体タンク・共通ダクトの組み立て方法

一般的に特別三相変圧器を現地で組み立てる場合、各相の本体タンクを1台ずつ基礎の上に据え付けて共通ダクトなどの部品を組み立てる。一方、本変圧器を据え付ける建屋は既設器に合わせて建築されており、寸法制限によって建屋内での組み立てが困難であった。そのため今回は、建屋外で共通ベースの上に各相の本体タンクを設置し、共通ダクトと負荷時タップ切換器タンクを本体タンクに取り付けた後、建屋内に引き込む方法とした。

共通ダクトと負荷時タップ切換器タンクを建屋内で組み立てるには、チェーンブロックしか使用できないため時間を要するが、建屋外で大形クレーンを使用して取り付けることで、現地での組み立て工期を短縮した。第 10 図に建屋への引き込み作業の様子を示す。



第10図 建屋への引き込み作業

建屋搬入制限で、三次限流リアクトルタンクは引き込み後に取り付ける。

5 むすび

本変圧器は275kV 500MVAという当社で納入した変圧器では最大でありながら、既設更新に伴う寸法などの制約や特別三相式適用など、多くの課題を抱えていたが、関係者一体となりお客様の要求を満たす製品を納入した。今後、今回得られた経験を基

に、お客様の要求に沿った更なる製品の納入に貢献していく。

最後に、本案件の受注と製品化にあたり、ご指導・ご協力いただいた関係者の皆様に深く感謝の意を表する次第である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



濱口 弘康
Hiroyasu Hamaguchi
変電機器工場
変圧器の構造設計に従事



西島 俊幸
Toshiyuki Nishijima
変電機器工場
変圧器の構造設計に従事



宮内 武彦
Takehiko Miyauchi
変電機器工場
変圧器の電気設計に従事