

電力会社向け 窒素密封式変圧器の開発

■ 酒井原 展寿
Hirohisa Sakaibara

■ 五月女 正樹
Masaki Sotome

■ 大山 修司
Shuji Oyama

1 はじめに

窒素密封式変圧器（以下、N₂Tr）は、絶縁油の温度変化による膨張・収縮をタンク内部に封入した窒素ガスにて吸収する変圧器である。窒素密封式は1960年頃まで主流であったが、ガスケットの経年劣化による気密不良を原因とした水分浸入などが発生したことから、その後はコンサベータによる無圧密封式が主流となっていた。しかし、性能の良いガスケットの開発などにより、N₂Trの弱点であった密封性能低下のリスクが改善されたため、2000年頃から小容量（20 MVA以下）の一般産業向け変圧器では、低コストであるN₂Trが主流となっている。

これに対し、電力会社向け変圧器では無圧密封式が採用されてきたが、一般産業向けN₂Trの良好な運転実績を踏まえ、大幅なコスト低減を目的として、東京電力パワーグリッドカンパニー株式会社（以下、東京電力PG）向けの配電用変圧器を対象に10 MVAおよび15 MVAのN₂Trを開発した。開発にあたっては、電力会社特有ともいえる並列バンク運転時における1バンク故障時の過負荷運転を想定し、過負荷性能についても検討を行った。以下、N₂Trの開発の概要を紹介する。

2 機器仕様

結線や低騒音など、東京電力PGの仕様を満たしつつ、一般産業向けN₂Trをベースに設計することで、タンク設計や外装部品の共通化などによりコスト低減を図った。容量については、東京電力PGの負荷状況や絶縁油封入での全装輸送化を考慮して10 MVAおよび15 MVAとした。

基本仕様を表1、外観を図1に示す。

表1 東京電力PG向け配電用変圧器基本仕様

	現行標準	開発器
容量	20 MVA	10, 15 MVA
電圧	64.5/6.9 kV	64.5/6.9 kV
油劣化防止方式	無圧密封式	窒素密封式
タップ切換方式	負荷時タップ切換	負荷時タップ切換
結線	Y-Y- (Δ)	Y-Y- (Δ)
騒音	50 dB	50 dB
輸送形態	解体輸送	油入全装輸送



図1 窒素密封式変圧器外観（環境調和色）

3 機器の特長

開発した機器の特長は次のとおりである。

3.1 窒素密封式の採用

絶縁油は空気と接触することで吸湿および酸化劣化し、絶縁耐力も低下する。そのため、絶縁油と空気を遮断する必要があるが、その方式として現在では一般的に無圧密封式と窒素密封式が採用されている。油劣化防止方式の比較を表2および図2に示す。

変圧器は運転や外気温の変化によって、変圧器タンク内の油温が変化し、絶縁油の体積が膨張・収縮する。無圧密封式は、絶縁油の体積変化をコンサベータ内のゴムセルの伸縮によって吸収しているが、窒素密封式はタンク内上部に設けた窒素空間の圧力が変動することで体積変化を吸収している。このため、窒素密封式はコンサベータ本体およびコンサベータに接続される配管や支えなどが不要となり、構造がシンプルとなるため材料費や組立費を低減することができる。なお、窒素密封式は、窒素空間の窒素が絶縁油に溶解してタンク内圧力が低下するのを防止するため、窒素飽和处理を施した絶縁油を採用している。

表2 油劣化防止方式比較表

	無圧密封式	窒素密封式
油劣化防止装置	コンサベータ	窒素空間
タンク内圧力変化	無	有
絶縁油への窒素飽和处理	無	有

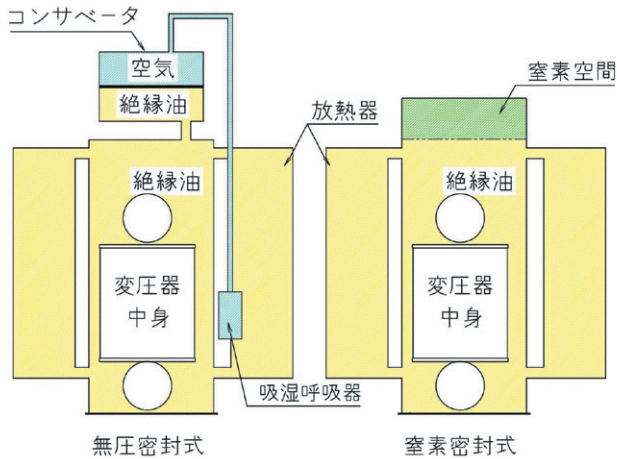


図2 油劣化防止方式比較図

3.2 全装輸送および工期の短縮

従来の配電用変圧器では輸送寸法・重量制限のため、工場試験後、工場内で一度解体し、輸送後に現地にて再度組立をする必要があった。

N₂Trではコンサベータが不要となり変圧器高さを低く抑えることが可能である。また、最適化や軽量化設計による変圧器質量の低減により、図3に示すようにすべての部品を取り付けた完成状態のまま油入全装輸送することを可能とした。今回開発したN₂Trは工場にて確認した品質のまま現地輸送が可能となり、大幅な工期の短縮および工事費用の低減を実現した。



図3 窒素密封式変圧器油入全装輸送

3.3 信頼性の向上

溶接構造の採用などにより気密シール部を極小化するとともに、シール部のガスケット材質には一般産業向け変圧器を中心に多くの運転実績があるNBRを採用し性能向上を図った。なお、変圧器上部には水平シール部を配置しないよう配慮するとともに、比較的温が高い上部フランジ部のガスケットには耐熱性に優れたフッ素ゴムを適用した。

3.4 過負荷性能

変圧器は過負荷運転をすると、定格運転時よりも巻線温度が上昇する。巻線温度が過度に上昇すると、絶縁紙内の水分が気化（バブル発生）することで絶縁性能が低下する可能性がある。そのため、過負荷運転限度の見極めには、バブル発生温度を把握する必要がある。

N₂Trは窒素飽和絶縁油を用いているためバブル発生温度が低下する要因があるが、一方で過負荷時のタンク内圧は高くなっているため、バブル発生温度が上昇する要因も併存している。これまでN₂Trにおけるバブル発生温度の知見は少なかったため、バブル発生温度と圧力の関係について実器を模擬したモデル試験を行った。モデル試験におけるバブル発生状況を図4に示す。

実験の結果、N₂Trは窒素ガス圧を上昇させることでバブル発生温度が高くなり、過負荷性能が向上することが確かめられた。この結果により、過負荷仕様に応じた圧力設計をすることで、必要な過負荷性能を有したN₂Trを製作することが可能となった。

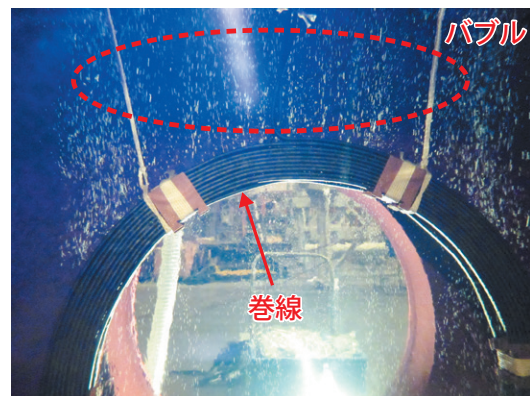


図4 モデル試験におけるバブル発生状況

4 おわりに

今回、電力会社向けのコンパクトで低コストのN₂Trを開発・製造した。特に過負荷性能については、運転条件を満たしつつ、コストアップを最小限に抑えることができた。

今後もお客さまのニーズを確認しながら、高品質・低価格の製品の開発を推進していきたい。

酒井原 展寿

電力プラント事業本部
大型変圧器製造部 大型変圧器設計グループ 所属

五月女 正樹

電力プラント事業本部
大型変圧器製造部 大型変圧器設計グループ 所属

大山 修司

技術開発本部
技術研究所 解析・試験技術グループ 所属