

構造解析手法の設計活用による 変圧器タンク軽量化

1. はじめに

電力用変圧器(以下、変圧器)は、歴史が古く、その技術は既に成熟していると一般的に考えられている。しかし、社会情勢の変化により変圧器へのニーズも変わり、技術開発が続けられている。

近年のニーズの一つとして、初期投資の低減がある。初期投資には、変圧器の製造コストのみでなく、変圧器を輸送、設置するコストも含む。

当社は、このニーズに応えるための技術開発を行っている。今回、変圧器タンクの軽量化による輸送および設置コストの低減について検討し、実現したので以下に紹介する。

2. 輸送方法と市場ニーズ

2.1 輸送方法

変圧器は、工場で作成後、トレーラなどで輸送され、変電所に設置される。

輸送方法には、分解輸送と全装輸送がある。その違いは、工場試験後に分解するかしないかである。分解輸送は、輸送の妨げとなる部品を一旦取り外して輸送し、現地で組み立て直す方式である。全装輸送は、工場試験後そのままの形態で輸送する方式であり、分解輸送に比べ設置コストを抑えることができる。

変圧器の輸送条件は、道路交通法や橋梁の制限等で決定される。一般的な制限は、変圧器の寸法が、幅3,000 mm以下、高さ3,600 mm以下で、質量が37 t以下である。

変圧器は、容量や電圧が大きくなると寸法や質量が大きくなる。全装輸送とするためには小型軽量化が必要となる。

2.2 市場ニーズと課題

(1) 市場ニーズ

従来、当社の全装輸送変圧器(66～77 kV)の最大容量は、10 MVAであった。市場では、より大容量の変圧器の全装輸送化が求められている。そこで今回、20 MVA変圧器の全装輸送化を検討した。

(2) 課題

課題は、輸送条件を満たすための軽量化である。変圧器の質量を決定する部品とその比率の概要は、鉄心30%、絶縁油30%、鋼材10%、巻線10%、放熱器10%、その他10%である。今回は、鋼材と絶縁油に着目し軽量化を検討した。

3. 鋼材と絶縁油の軽量化

軽量化に向けて以下を検討した。

- ・巻線、鉄心、絶縁油等を収納するタンクの薄板化。
- ・八角形タンクの採用による、絶縁油量の低減。

3.1 タンクの薄板化

従来、当社のタンク強度設計では、理論式を用いて、平板、補強など、タンクの部品ごとに応力計算を行っていた。しかし、この方法は、部品組合せ時の相互の影響を考慮できない。実際の変圧器構造とは条件が異なるため、合理的設計が困難であった。理論式を用いて薄板化を検討した結果では、補強材が増え、タンクの質量が増加していた。

この課題を解決するため、タンク全体の応力を3次元で計算できる構造解析手法(有限要素法)を用いて、薄板化を検討した。構造解析では、部品を組み立てたときの相互の影響や、複雑な構造を考慮した計算ができるため、合理的設計が可能となる。構造解析手法を用いてタンクを薄板化した設計例の応力解析結果を図1に示す。タンクの品質検査で行う真空試験時の応力が、規定値を満足するように設計した。構造解析手法を用いたことで、補強材の追加を最小限としたタンクの薄板化に成功し、従来品より質量を約20%低減することができた。

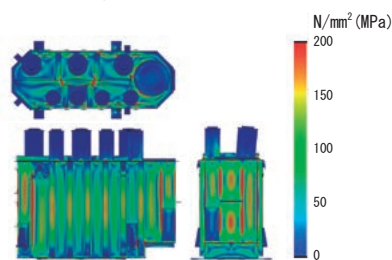


図1 構造解析を用いた変圧器タンクの応力解析結果

3.2 八角形タンクの採用

通常、タンクの形は直方体である。今回、図1のような八角形のタンクを採用した。タンク角部のデッドスペースを減らし、従来品より絶縁油量を約5%低減することができた。

4. まとめ

上述した変圧器タンクの軽量化をはじめ、様々な技術検討を行った結果、20 MVA変圧器の全装輸送に成功した。今後、解析精度を向上させ更なる軽量化に挑み、市場のニーズに応じていく。