

油入変圧器の保守軽減技術の動向

中嶋陽一*
小林研二*
中島正貴*

Trends of Maintenance Mitigation Techniques for Oil-immersed Transformer

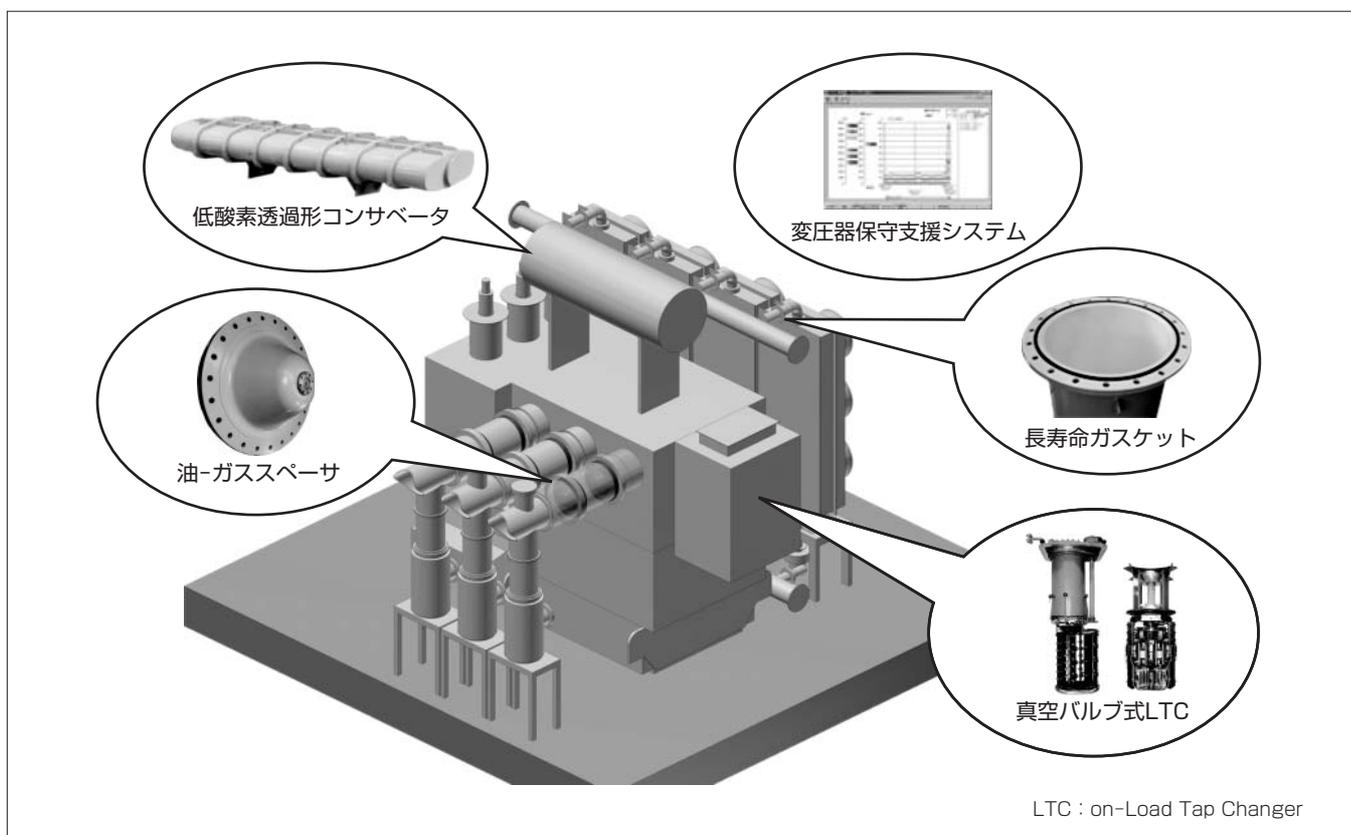
Yoichi Nakashima, Kenji Kobayashi, Masaki Nakajima

要 旨

変圧器は、電圧を変換する機能を持つ機器で、発電所や変電所に設置されており、電力流通で重要な役割を担っている。1970年代の高度経済成長期には電力需要の増加に伴い数多くの変圧器が設置されたが、昨今、これらの変圧器は高経年期を迎え、変圧器使用者は細密点検や部品の交換等の保守工事、又は変圧器全体の更新工事を行っている。

三菱電機は、変圧器使用者の各ニーズに応えるため、保守(部品交換やオーバーホール)による更なる使用期間の延

伸化やセンシング技術を導入した保守の軽減化を図っている。また、更新工事では別の場所で仮組みして既設器の撤去と並行して工事を進め、停止期間の短縮化を図るなどの技術開発に取り組んでいる。更新に際しては、将来の保守を見据え、新しく製造する変圧器に対して保守の軽減やインターバル延伸を図ることが可能な技術を納入当初から採用する事例も多い。



油入変圧器の保守軽減技術

油入変圧器の保守軽減やインターバル延伸を図ることを可能にした各種保守軽減技術を示す。

1. ま え が き

油入変圧器を長期にわたり使用するためには、適切な保守を適切な時期に行う必要がある。当然、保守には多くの費用と時間(停止期間)が必要であるため、変圧器使用者からはこれらを削減するニーズが高い。そのため、当社では保守の軽減やインターバルの延伸を図ることが可能な新しい技術開発に取り組んでいる。

本稿では、油入変圧器の昨今の保守軽減、及び長寿命化に関する技術動向について述べる。

2. 長寿命ガスケット

2.1 ガスケットの現状

油入変圧器は、冷却と絶縁のためにその内部は絶縁油で満たされているが、変圧器のタンク接合部や油配管接合部の各所には、油密性を保つためガスケットを使用している。現在、フィールドで使用されている経年変圧器にはコルク製やニトリルゴム製のガスケットが多く使用されているが、ガスケットは変圧器が運転される過程で紫外線や雨水、運転中の温度によって経年劣化していく⁽¹⁾。劣化が進展すればガスケットのシール性能の低下につながり、接合部からの漏油発生の可能性が増大する。漏油を未然に防止するには劣化したガスケットを取り替えれば良いが、ガスケットの取り替えには数か月の工期と停電期間を要するため、実際のところ容易ではない。そのため、新たに製造する変圧器では、保守のインターバルを延伸するために耐熱性と耐候性に優れたフッ素ゴムガスケットが採用されている。

2.2 フッ素ゴムガスケット

長寿命化・保守軽減が期待できるフッ素ゴムガスケットは、耐熱性や耐候性だけでなく機械的特性も優れている。例えば、耐熱性ではニトリルゴムの耐熱温度120℃に対してフッ素ゴムは250℃と優れており、変圧器の使用温度域60℃で従来のニトリルゴムガスケットと比べて約3倍の寿命が期待できる。また、機械的特性に関しても圧縮永久歪率、引張強さともにニトリルゴムと同程度以上の特性を持っている。これによって、これまでニトリルゴムガスケットでは15年ごとに取り替えが必要であったが、フッ素ゴムガスケットの採用によって約3倍の取替え周期の延伸を可能とした。

3. 油-ガススペーサ

変圧器とガス開閉装置(GIS)を接続する場合には、従来主に油-ガスブッシングが用いられてきた。この油-ガスブッシングの代わりとして、当社はエポキシ樹脂製の油-ガススペーサを開発した。油-ガススペーサは、当社が30年以上にわたり蓄積した変圧器用油-油スペーサ技術とGIS用ガススペーサ技術を融合したもので、ブッシングと

は異なり保守が不要である。当社では、2014年に500kV及び220kV変圧器へ初適用して納入した。

3.1 油-ガススペーサの構造と特長

図1に油-ガススペーサの構造を、図2にその外観を示す。油-ガススペーサは、次の特長を持っている。

- (1) 油-ガススペーサに適用している絶縁スペーサは、長年実績のあるGIS用のエポキシ樹脂製のスペーサを適用。
- (2) 万が一、油中間室で内部地絡事故が発生した場合、油中間室の破裂防止や変圧器側への影響回避の設計思想によって、GIS側の油-ガススペーサが変圧器側の油-油スペーサよりも先に破裂し、GISタンク内へ避圧する構造を採用し、事故時の早期復旧を考慮。
- (3) 油-ガススペーサは劣化進展の低いエポキシ樹脂製であるため、ブッシングと異なり内部診断が不要。

3.2 コンパクト化、保守省力化

表1に、従来の油-ガスブッシングと新開発した油-ガススペーサの比較を示す。油-ガススペーサの中間室を含む寸法は、従来の油-ガスブッシングと比較して約1/3にコンパクト化した。さらに、従来の油-ガスブッシングはブッシング内部絶縁物と絶縁油が経年劣化するため、健全性確認のために定期的な内部診断が必要であり、健全性確認の結果次第ではブッシングの取替えも必要となる。一方、油-ガススペーサは、適用しているエポキシ樹脂製の絶縁スペーサ自体は油-ガスブッシングに比べて劣化進展が低いため、保守点検は不要となる。

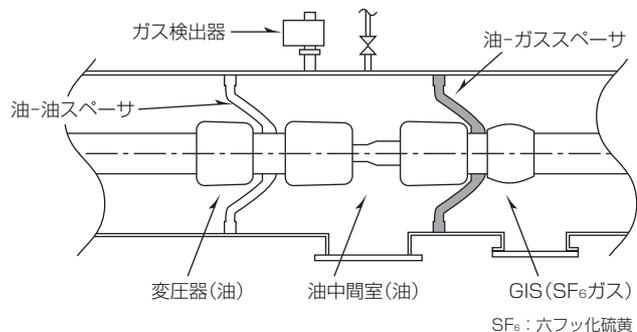
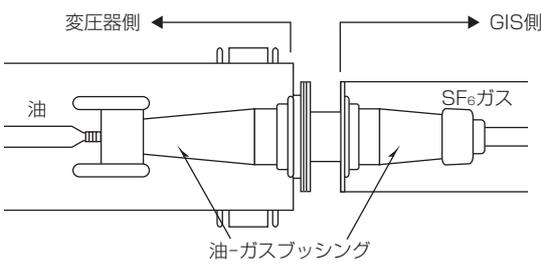
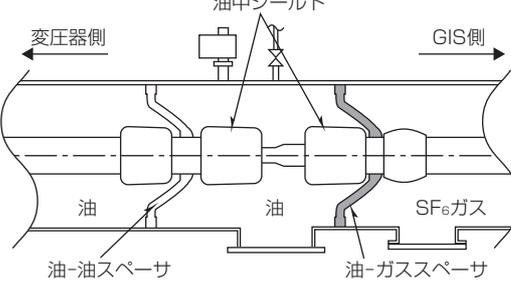


図1. 油-ガススペーサの構造



図2. 油-ガススペーサ

表1. 油-ガスブッシングと油-ガススペーサの比較

	油-ガスブッシング	油-ガススペーサ
構造		
コンパクト性 (シールド間寸法)	△ (約4.0m)	○ (約1.5m)
保守性	△ (15年ごとの内部診断が必要)	○ (内部診断が不要)
経済性	△	○

4. 真空バルブ式負荷時タップ切換器

4.1 油中接点式LTCから真空バルブ式LTCへの移行

油入変圧器には、電圧をきめ細かく調整するため、負荷時タップ切換器(LTC)が用いられている。負荷時タップ切換器は、タップを選択するタップ選択器と選択されたタップに回路を切り換える切換開閉器で構成される。従来数多く使用されてきた油中接点式LTCは、切換開閉器が変圧器本体油とは別の油中容器内に設置されているが、切換接点部で油中アーク放電を生じながらタップを切り換えるため、切換開閉器室内の絶縁油は汚損する。そのため、油中接点式LTCは絶縁油浄化のための活線浄油機の設置が必要である。また、切換開閉器室内の清掃や切換接点の状態点検等、定期的な保守が必要である。

当社では、汚損・劣化の要因であった油中アーク放電を生じない長寿命、保守省力化が可能な真空バルブ式LTC(図3)を2010年から油入変圧器用として適用を開始した。

4.2 真空バルブ式LTCの特長

真空バルブ式LTCは、従来の油中接点式LTCとは異なり油中でアーク放電を生じない構造であるため、アーク放電によるカーボンスラッジの発生がなく、接点消耗粉の油中拡散がない。そのため、機構は清浄な油中状態で動作することになり高い信頼性を維持することができる。さらに、切換開閉器室内の活線浄油が不要であるため、活線浄油機を省略することができる。また、油中接点式LTCは、主接点と抵抗接点との接触子の消耗量の差を起因とするアンバランス消費による不具合が生じることがあるため、切換回数と通過電流(負荷率)を管理する必要があったが、真空バルブ式LTCの場合は、接触子の消耗量が少なくアンバランス消費の保守管理は不要となる。耐用年数と推奨点検周期はともに延伸され、点検費用及び停止回数の削減など保守点検の省力化が可能となる(表2)。

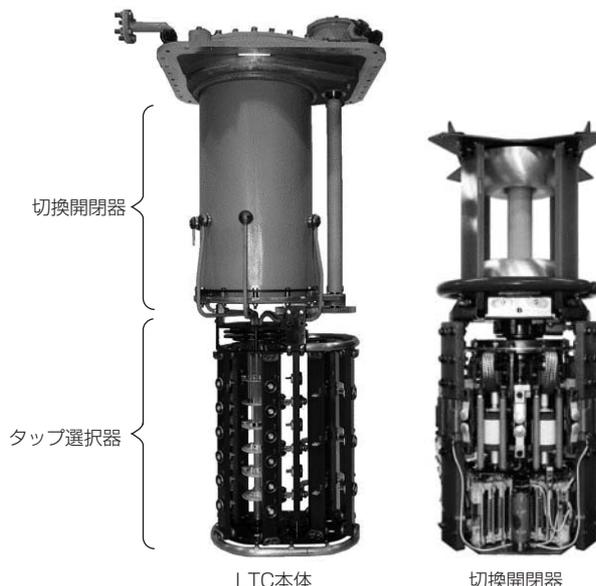


図3. 真空バルブ式LTC

表2. 耐用切換回数と推奨点検周期(大容量器)

項目		油中接点式LTC (当社製MRT形)	真空バルブ式LTC (独MR社製VRF形)
耐用切換回数	電氣的回数	20万回	60万回
	機械的回数	80万回	120万回
推奨点検周期	動作回数	7万回 (発電所は5万回)	30万回
	経過年	7年ごと (発電所は5年ごと)	20年ごと
活線浄油機		必要	不要
アンバランス消費の配慮		必要	不要

MR社: Maschinenfabrik Reinhausen GmbH

次に、真空バルブ式LTCの特長をまとめる。

- (1) 活線浄油機の設置が不要であり、さらに設置時に要する活線浄油機のメンテナンスが不要
- (2) アーク放電によるカーボンスラッジの発生がないため、絶縁油の劣化進展や通電性能低下を抑制可能

表3. 変圧器保守支援システム

保守支援システム	監視部位	概要
油中ガス監視システム	変圧器本体	油中ガス分析装置とデータ管理システムの構成。6種類の可燃性ガス濃度の自動測定、データ収集、トレンド管理可能
LTC動作特性監視センサ	LTC駆動機構部	負荷時タップ切換器の各部位の駆動機構の異常現象を駆動軸トルク、電動機電流波形を用いて監視・検出
LTC接触子消耗量監視センサ	LTC切換開閉器接触子	運用情報(負荷電流、切換回数等)を基に切換開閉器の接触子の消耗量を算出・監視
油面監視センサ	変圧器本体 LTC エレファント	油面位置を常時監視し、油面変位で異常判定を行う。漏油検出が可能
油温監視センサ	変圧器本体	油温度を常時監視し、内部異常に起因する油温度変化を管理

- (3) 接触子のアンバランス消耗への保守点検が不要
- (4) 耐用年数延伸による長寿命化
- (5) 推奨点検周期の延伸による保守点検の省力化
- (6) 油中接点式LTCとの互換性を持たせることによって、既設変圧器への真空バルブ式LTCの採用が可能

5. 酸素透過率低減コンサベータ

油入変圧器で使用しているコンサベータは、変圧器の負荷変化、気温の変化による変圧器タンク内の絶縁油の体積変化(膨張収縮)を吸収する機能を持つ。絶縁油は、空気と接触すると空気中の酸素や水分によって劣化が進展し、絶縁性能など電気的特性の劣化につながる。

さらに、絶縁油の劣化は経年性流動帯電の発生要因の1つであることが知られており、一般社団法人電気協同研究会で保守管理基準が策定されている⁽²⁾。そのため、近年では、従来のゴム袋よりも更に酸素透過率の低いゴム袋を採用したコンサベータが開発されており、経年性流動帯電の更なる抑制に貢献している。

6. 変圧器保守支援システム

高度成長期に設置された油入変圧器は、設計想定寿命30年を超えて今なお運用されている。この高経年変圧器は順次更新がされているものの、残存の高経年変圧器は継続して保守管理をしていかなければならず、数多くある機器を抱えている状況で管理は容易ではない。当社の変圧器保守支援システムは、表3に示すように機器の状態に応じて保

守点検や更新計画を実施する状態把握保全(CBM)を主体として、保守管理の効率化を指向としたシステムを提供している。変圧器保守支援システムは、これまでの人による巡回点検での機器状態の情報入手管理から、センシング技術を活用したオンライン・自動化による保守拠点からの遠隔常時監視が可能となった。また、常時監視によって機器の異常兆候の迅速な検出や事故の未然防止が可能である。これらの保守支援システムは、高経年変圧器への導入や新たに製造する変圧器にこれらの機能を組み込むことで、保守管理に係るランニングコストの低減に貢献できる。

7. む す び

油入変圧器の保守軽減技術の動向について述べた。2016年4月から電力自由化がスタート、後に発送電分離が計画されており、電力市場は大きな環境変化を迎えてより一層効率性が求められる時代に突入する。当社としても保守軽減技術を提唱し、更なる保守省力化、長寿命化に対応した技術を組み込んだ変圧器を提供する。今後も、市場ニーズを見極め社会インフラの発展に寄与していく。

参 考 文 献

- (1) 日本電機工業会：油入変圧器付属品の更新推奨時期，JEM-TR197 (1996)
- (2) 電気協同研究会：電力用変圧器改修ガイドライン，65，No. 1 (2009)