

油入変圧器用真空バルブ式負荷時タップ切換器

Vacuum Interrupter Type On-Load Tap Changer for Oil-Immersed Transformers

瀧口 幸延
TAKIGUCHI Yukinobu

谷口 嘉信
TANIGUCHI Yoshinobu

蝦名 定信
EBINA Sadanobu

従来から使用されている油入変圧器用負荷時タップ切換器(以下、LTC(on-Load Tap Changer)と略記)は、タップ切換時に油中でアークを切るため、アークによるスラッジで汚損された油を活線浄油機(ろ過装置)によりろ過し、活線浄油機フィルタを定期的に交換する必要がある。一方、LTCには保守管理の軽減が広く求められてきている。

当社は、主として66～77kV・20～30MVA級の配電用変圧器に適用可能な、油中でアークを切らない真空バルブ式LTCを開発・製品化した。真空バルブ式LTCは油を汚損せず、接点摩耗も非常に少ないことから、保守管理が軽減されるメリットがある。各種性能試験を行い、良好な結果を得ることができ、信頼性が確認された。

The diverter switch of the on-load tap changer (OLTC) for conventional oil-immersed transformers is immersed in oil that becomes stained by arcing during changing operations. Consequently, the oil must be purified by an oil filter and the filter must be replaced at regular intervals. On the other hand, there is a need for mitigation of OLTC maintenance management.

Toshiba has developed a vacuum interrupter type OLTC applicable to oil transformers up to the 66～77kV/20～30MVA class. The vacuum interrupter type OLTC has the merit of mitigated maintenance management. Because the oil is only stained slightly, the contacts of the vacuum interrupter are not significantly worn away. Good results were obtained in various tests performed on the new OLTC, confirming its reliability.

1 まえがき

LTCは、変圧器運転中(負荷時)にタップを切り換える装置であるが、一般に、変圧器タップ巻線の運転するタップを選択するタップ選択器と、選ばれたタップに回路を切り換える切換開閉器とから構成される。切換開閉器は通電状態で

回路を切り換えるため、変圧器本体とは別の容器に収められ、その容器の油中でアークを切りながら回路を切り換える。このため、アークを切る接点の消耗は避けられなく、接点の交換が必要となる。また、油中アークにより発生するカーボンスラッジを活線浄油機でろ過する必要があり、浄油機フィルタの定期交換が必要となる。

LTCの保守管理軽減が求められているなかで、このニーズに対応するため、今回油中でアークを切らないFVT-S100H形真空バルブ式LTCを開発し、2000年6月から納入を開始した(図1)。従来から用いられてきた油中スイッチ式LTCと新規開発の真空バルブ式LTCの、メンテナンス上の主な比較を表1に示す。点検周期は、ほぼ2倍に延長され

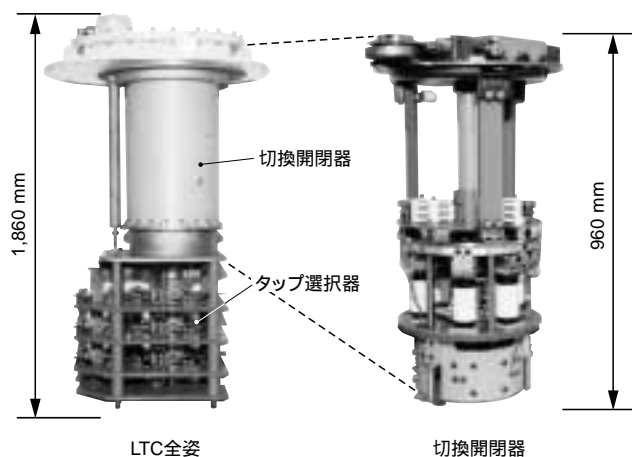


図1 . FVT-S100H形LTC全姿及び切換開閉器 切換開閉器とタップ選択器から構成され、切換開閉器には真空バルブが採用されている。
FVT-S100H type OLTC and diverter switch

表1 . 真空バルブ式LTCと油中スイッチ式LTCのメンテナンス比較(当社比較)

Comparison of maintenance of vacuum interrupter type and arcing contact type OLTCs

項目	真空バルブ式LTC	油中スイッチ式LTC
切換開閉器油	アーク汚損なし	アーク汚損あり
点検周期	10年又は10万回	5年又は10万回
接点不均等消耗	消耗量少ない	変圧器負荷により不均等消耗
活線浄油機	不要	要

ている。

また、FVT-S100H形LTCは1抵抗2バルブ方式を採用することにより、真空バルブ式LTCとして小型・軽量化を実現した。当社従来器(油中スイッチ式)との寸法比較を表2に示す。

表2. 真空バルブ式LTCと油中スイッチ式LTCの寸法比較(当社比較)
Comparison of dimensions of vacuum interrupter type and arcing contact type OLTCs

形式		FVT-S100H* (新規開発品)	FKT-D100G2 (従来器)
定格	電圧(V)	1,000	1,000
	電流(A)	350	205
切換回路方式		真空バルブ式 1抵抗2バルブ	油中スイッチ式 2抵抗4接点
変圧器タンク つり下げ長(mm)		1,582	1,860
LTC総質量(kg)		410	420

*最大タップ点数23点用

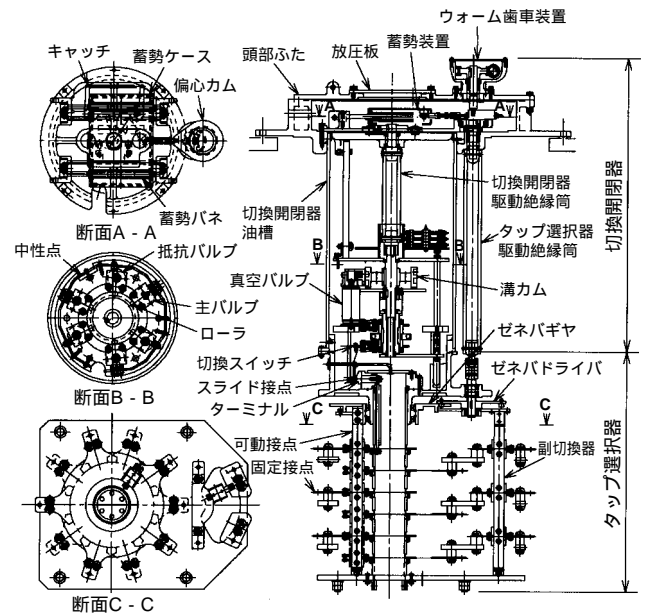


図2. FVT-S100H断面構造 真空バルブを備え切換開閉器と平板上に固定接点を配置したタップ選択器から構成される。
Structure of FVT-S100H

2 定格

今回開発した真空バルブ式LTCの定格を表3に示す。このLTCは66～77kV・20～30MVA級変圧器に主として使用される。

表3. FVT-S100形LTCの定格
Ratings of FVT-S100H type OLTC

項目	定格	
通過電流	350 A	
ステップ電圧	1,000 V	
タップ点数	最大23点	
絶縁強度	雷インパルス	550 kV(1.2/50 μs)
	短時間交流耐電圧	AC230 kV・1分間

3 構造及び特長

3.1 構造

FVT-S100H形LTCの断面構造を図2に示す。真空バルブを備えた切換開閉器は変圧器本体と仕切られた切換開閉器油槽内に収納され、油槽の下方にはタップ選択器が設置され、LTC全体は頭部フランジで変圧器カバーからつり下げられて取り付けられる構成である。

切換開閉器の構成要素をその機能とともに次に示す。

電動操作機構(以下、MM(Motor drive Mechanism)と略記)からの回転駆動力はLTC頭部のウォーム歯車機構に

伝達され、回転駆動力はLTC頭部におかれた蓄勢装置とタップ選択器を駆動する絶縁筒に伝達される。この伝達力により蓄勢装置が蓄勢ばねを圧縮し、ばね力のチャージが完了すると蓄勢されたばね力は高速で開放され、この開放エネルギーは切換開閉器駆動絶縁筒に回転力として伝達され、これが溝カムを回転させる。この回転するカムの溝には真空バルブ開閉機構のローラが組み合わされ、回転するカム溝と連動して真空バルブが開閉動作を行う。また、真空バルブ開閉機構の下部には切換スイッチが設けられ、溝カムの回転軸と連動して動作する機構としている。

タップ選択器と切換開閉器の接続は、油槽下部のターミナルと、これに組み合わされる切換開閉器スライド接点で行う。

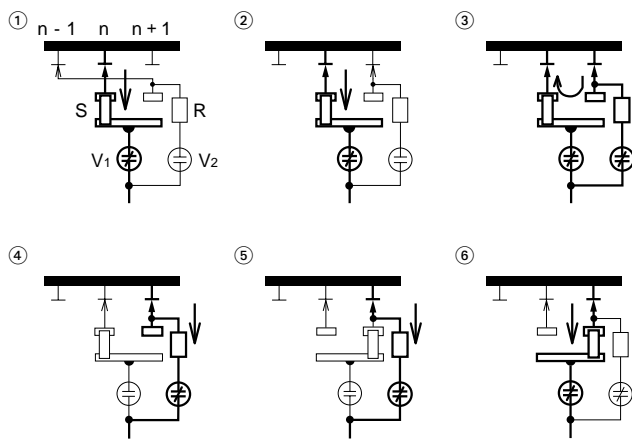
タップ選択器は次のような主要部品によって構成される。上述したMMからの回転駆動力は、駆動絶縁筒、ゼネバドライバ、ゼネバギヤを介し、可動接点に伝達される。可動接点は平板上の絶縁板に設置した固定接点を上下から圧縮しながら、選択したタップに対応する固定接点の位置まで移動する。

3.2 切換回路方式及び動作

FVT-S100H形LTCの特長の一つは、切換回路方式に1抵抗2バルブ式を採用していることである。これは、当社の小容量ガス絶縁変圧器用LTCであるGVT-D100AL形LTCに採用しており、従来から実績のある方式である。

切換回路方式を切換順序とともに図3に示す。

1抵抗2バルブ式は、1相を1個の限流抵抗、主バルブ、抵抗バルブと呼ぶ2個の真空バルブ及び切換スイッチで構成



V₁: 主バルブ V₂: 抵抗バルブ R: 限流抵抗 S: 切換スイッチ

図3. 切換回路及び切換順序 切換動作はタップ選択器 切換開閉器の順で行われ, バルブの遮断電流は限流抵抗器で制限される。
Circuit diagram and tap changing sequence

したもので, 1相当当たりの真空バルブの個数が少ないことから, 切換開閉器を小型にできる利点がある。また, 各バルブの可動接点は溝カムにより直接的に駆動されるので, このカム溝により可動接点の開極ストロークが制御され, オーバーストロークが防止でき, 安定した開極動作が得られる。

タップ切換は次のように行う。図3はタップn番からn+1番に切り換える順序を示している。まず, 通電していない側のタップ選択器の可動接点が, 次に運転を行うタップn+1に移動を開始する。移動が完了した時点で切換開閉器により回路の切換えを行う。回路の切換えは, 例えばタップn+1番が図中②~⑥まで, 次のタップ切換時(例えばタップn+2番)に⑥~②までと交互に繰り返す。

切換シーケンスを図4に示す。回路を切り換える前の状態では主バルブが投入し, 主バルブ側の回路に電流が流れている。回路の切換動作が始まると抵抗バルブが投入する。このとき限流抵抗を介し回路に循環電流が流れ, 通過電流が制限される。制限された電流を真空バルブにより遮断し,

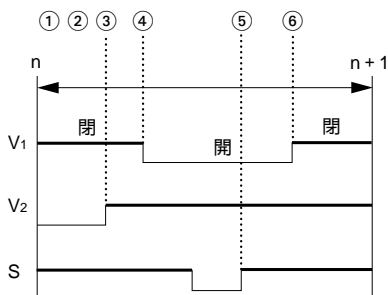


図4. 切換シーケンス 1抵抗2バルブ式切換開閉器の動作シーケンスを示す。
Switching sequence of diverter switch

主バルブ側の回路を切り離す。次に切換スイッチが移動することにより回路をタップn番からn+1番に切り換える。次に主バルブを再投入することにより主バルブ側に電流を流し, 切換えが完了する。

4 性能検証試験

LTCの規格であるJEC2220-1988^(注1)及びIEC214-1989^(注2)の規定に従い表4に示した試験を実施し, その性能を評価・検証した。以下にその結果を示す。

表4. 性能検証試験項目
Performance test items

試験項目	検証内容
① 構造検査	各部の寸法, 材質及び構造の異常の有無
② 油密試験	切換開閉器油槽の油密状態
③ 耐電圧試験	充電部一括と大地間切換開閉器及びタップ選択器の相間, 極間
④ 機械的耐用切換試験	80万回のタップ切換動作における各部の機械的破損, 摩耗, トルクの変化などの異常の有無
⑤ 電氣的耐用切換試験	④の試験の後半20万回のタップ切換動作における, 試験前後の各種性能の変化などの異常の有無
⑥ 定格電流切換試験	定格ステップ電圧下で, 定格通過電流及びその1.5倍の電流で半動作サイクル連続切換えによる異常の有無
⑦ 過電流切換試験	定格ステップ電圧下で, 定格通過電流の2倍の電流で40回の切換動作による異常の有無
⑧ 短時間耐電流試験	定格通過電流の10倍を超える電流を, 1分間隔で2秒間ずつ5回の通電による異常の有無
⑨ 温度上昇試験	定格通過電流及びその1.2, 1.5倍の電流の通電により, 各部の温度上昇が規格値内にあることの確認

4.1 油密試験

切換開閉器油槽内に油を満し, ゲージ圧0.1 MPaの油圧で72時間加圧し, 油漏れがないことを確認した。

4.2 耐電圧試験

充電部一括と大地間には公称電圧110 kVクラスの規定試験電圧を, また, 切換開閉器及びタップ選択器の相間と極間には適用変圧器を考慮した試験電圧を印加した。

この試験は機械的耐用切換試験の前後について行ったが, いずれも試験電圧に耐え, 問題ないことを確認した。

4.3 機械的耐用切換試験

LTCとMMを運転状態と同様に組み立て, 無電圧の状態での1タップ切換操作ごとに始動/停止をさせながら, 所定の回数まで切換動作を繰り返した。その間, 20万回ごとに各部点検を実施し, 切換シーケンス, 駆動トルク, 電動機の動作電流を測定した。なお, 試験は, 規格値の80万回に加え更に20万回(計100万回)行った。

(注1) 電気学会電気規格調査会の標準規格。

(注2) International Electrotechnical Commissionの規格。

その結果,100万回後においても著しい変化は観測できず,異常は認められなかった。

また,常温以外の周囲温度での動作確認として,耐用切換試験中に75℃で25万回の動作試験と,-35℃での動作試験を実施し,いずれも異常なく動作することを確認した。

4.4 電氣的耐用切換試験

4.3項にて述べた機械的耐用切換試験60万回目~80万回目までにおいて実施した。試験は定格ステップ電圧1,000V,定格通過電流350Aの条件で20万回の切換試験を行い,随時アーク時間を測定した。なお,試験は規格値20万回の試験に加え30万回の電氣的耐用切換試験も行った。試験におけるM1・M2回路の電流・電圧のオシログラムの例を図5に示す。ここで,M1は図4においてタップn側,M2はタップn+1側を指す。M1 M2切換えは図4において①⑥,M2 M1切換えは⑥①の切換えを指す。

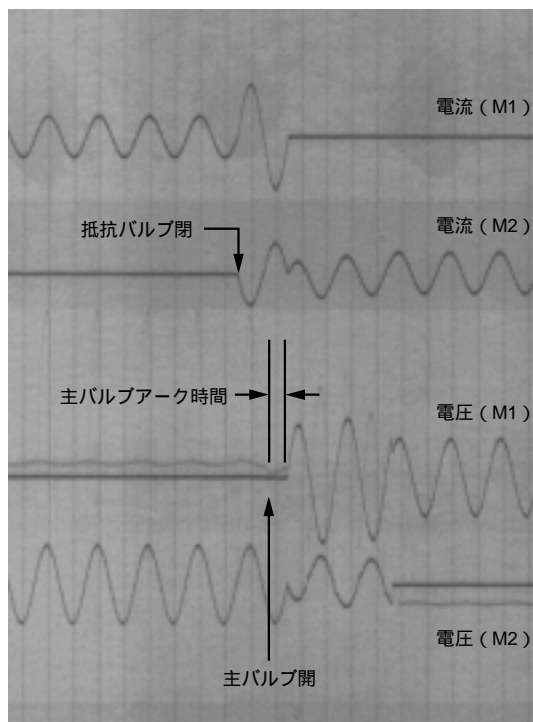


図5.切換試験オシログラム例(M1 M2切換時) 切換試験ではアーク時間を測定し,試験中安定した切換動作が行われた。

Oscillogram of switching test

その結果,30万回の遮断においてもアーク時間及び切換シーケンスの切換時間の変化はほとんどなく,異常はなかった。また,試験後の真空バルブの接点摩耗量は許容値1mm以下に対し,0.1mm以下と少なかった。これらのことから十分な遮断能力を持つことが確認された。

4.5 定格電流切換試験

定格ステップ電圧下で,定格通過電流及びその150%の電

流で半動作サイクル(下限タップ位置から上限タップ位置まで)を切換えごとの休止時間を設けず連続的に行い,各部に異常のないことを確認した。試験は18及び22回連続的に切り換え,限流抵抗の温度上昇,アーク時間を測定した。すべての条件において限流抵抗の温度上昇結果は200K以下であり,限流抵抗などの破損もなく,また抵抗値にも変化がなく異常は認められなかった。アーク時間についても異常なく切換えが正常に行えることを確認した。

4.6 過電流切換試験

定格ステップ電圧下で定格通過電流の2倍を通電し,40回切換え(うち3回は連続切換え),各部に異常のないことを確認した。試験後に各部に異常はなく,アーク時間についても正常に切換えが行えることを確認した。

4.7 短時間耐電流試験

定格通過電流の10倍を上回る11.4倍の4,000Aを2秒間ずつ1分間隔で5回通電した。また,5回のうち1回については,定格通過電流実効値の25.5倍を上回る,試験電流実効値の2.55倍以上の初期波高値の電流を通電した。電磁機械力及び発熱による変形などの異常は見られなかった。

4.8 温度上昇試験

定格通過電流及びその1.2倍,1.5倍の電流を通電し,各部の温度上昇を測定した。1.2倍において20K以下,1.5倍において30K以下と十分な通電能力を持つことを確認した。

上述したように各試験において満足した結果が得られ,FVT-S100H形LTCの性能が確認できた。

5 あとがき

保守が簡素化でき,小型・軽量かつ高性能で信頼性の高い油入変圧器用真空バルブ式LTCを製品化した。今後は,よりいっそうの小型・軽量化と低価格化を目指していく所存である。



瀧口 幸延 TAKIGUCHI Yukinobu, D.Eng.
電力システム社 浜川崎工場 変圧器部主務,工博。
LTCの設計・開発に従事。
Hamakawasaki Operations



谷口 嘉信 TANIGUCHI Yoshinobu
電力システム社 電力・産業システム技術開発センター 送変電機器開発部主務。LTC及び遮断器用操作機構の開発に従事。電気学会会員。
Power and Industrial Systems Research and Development Center



蝦名 定信 EBINA Sadanobu
電力システム社 浜川崎工場 変圧器部主務。
LTCの試験・開発に従事。
Hamakawasaki Operations