

真空バルブ式SVRの劣化調査

Investigation into the Degradation of [Vacuum valve type SVR]

加速劣化試験による耐久性能の評価

2007年から採用された真空バルブ式自動電圧調整器（以下、真空バルブ式SVRという）は、密閉されたバルブの中に電気接点があり、絶縁油が接点アークの影響を受けず劣化し難いため、長寿命化が期待されていた。今回、撤去品ならびに加速劣化品を調査した結果、現行のメンテナンス周期（20万回動作毎）を更に延伸化できることがわかった。



執筆者
電力技術研究所
電力設備グループ
伏屋 貴文

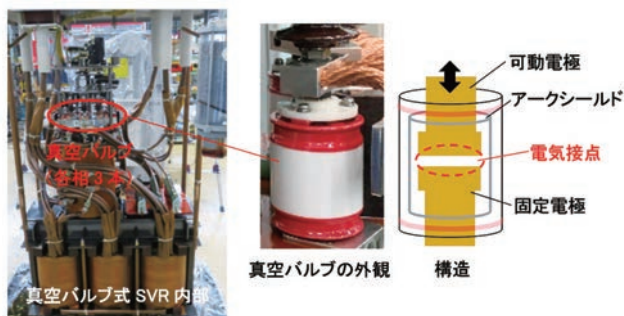
1 背景および目的

配電線の電圧は、負荷電流による線路電圧降下が発生するため供給地点、時間帯によって変動する。自動電圧調整器（Step Voltage Regulator 以下、SVRという）は、配電線の電圧を規定範囲内に収めることを目的として、6.6kV 高压配電線路の途中に設置し、自動で電圧を調整する変圧器である（第1図）。



第1図 SVRの外観

SVR（三相昇降圧）には単相変圧器が3台（三相分）内蔵され、これらの変圧タップを無停電で切り替えることで、電圧を昇圧・降圧する。無停電で切り替えるために、前タップの電気回路に次タップの電気回路をバイパス接続した後、前のタップの電気回路を開放する仕組みがあり、電気接続・開放箇所には接点アークが発生する。旧型SVRは、この接続・開放を絶縁油中でおこなうため、接点アークによって絶縁油が汚損し、有害な可燃性ガスが発生する弱点があった。そのため、接続・開放の動作回数が増えると絶縁油を取り替える等のメンテナンスが必要だった。そこで、メンテナンス費用を削減することを目的に、絶縁油と分離された真空バルブ中で接続・開放をおこなう真空バルブ式SVRを導入した（第2図）。



第2図 真空バルブ式SVR内部と真空バルブの外観・構造

旧型SVRは10万回動作毎にメンテナンスをおこなっていたが、真空バルブ式SVRは20万回動作毎にメンテナンスする運用を採用している。今回、更なるメンテナンス費用の削減を目的に、真空バルブ式SVRの現場撤去品ならびに加速劣化品を調査し、20万回以上動作しても問題ないか検証した。

2 動作回数によって劣化が進展する部位

経年数ならびに動作回数によって進展する劣化部位を第1表のとおり分類した。

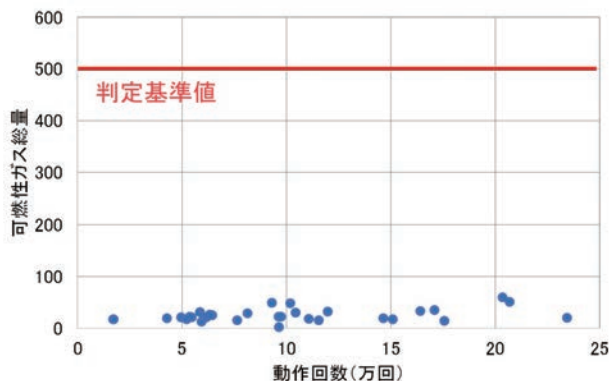
第1表 劣化部位の分類

大分類	小分類	劣化進展する部位
経年数と 相関がある	錆劣化	・外箱
	吸湿劣化	・パッキン ・絶縁油、絶縁紙、ブッシングカバー、その他絶縁物
	紫外線劣化	・ブッシングカバー
	応力・振動劣化	・ナット（緩み）
	酸化劣化	・絶縁油、絶縁紙
動作回数と 相関がある	熱・冷熱劣化	・絶縁紙 ・コンデンサなど電子部品（制御部）
	機械摩耗、金属摩 耗粉の影響	・絶縁油 ・駆動部（歯車、ばね）
	接点アークの影響	・真空バルブ内部の電極

絶縁油、駆動部および真空バルブ内部の電極の劣化進展は動作回数と相関関係があると考え、それらについて調査することとした。

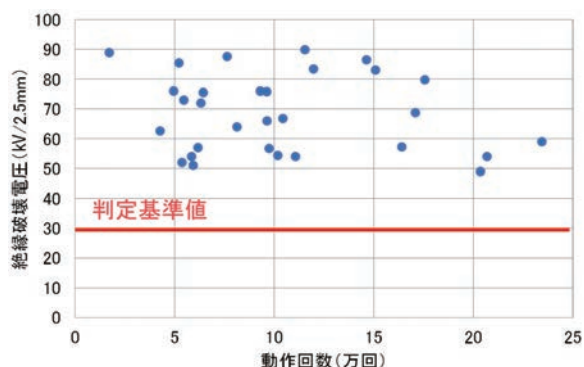
3 絶縁油・駆動部の調査結果

動作回数が1.7万回～24万回の合計30台の現場撤去品から絶縁油を採取し、油中ガス分析した（第3図）。絶縁油に含まれる可燃性ガス総量は、判定基準値（電気共同研究65巻1号に定める要注意レベル：500）を大きく下回っていた。また、動作回数との可燃性ガス総量に明確な相関は見られなかった。



第3図 油中ガス分析の結果

駆動部が動作する際の金属摩耗粉によってスラッジが発生し、これが絶縁油に混合されると耐電圧性能が低下する可能性がある。そこで、採取した絶縁油の絶縁破壊電圧を測定した(第4図)。全て判定基準値(30kV/2.5mm)を上回っていた。また、動作回数との絶縁破壊電圧にも明確な相関は見られなかった。

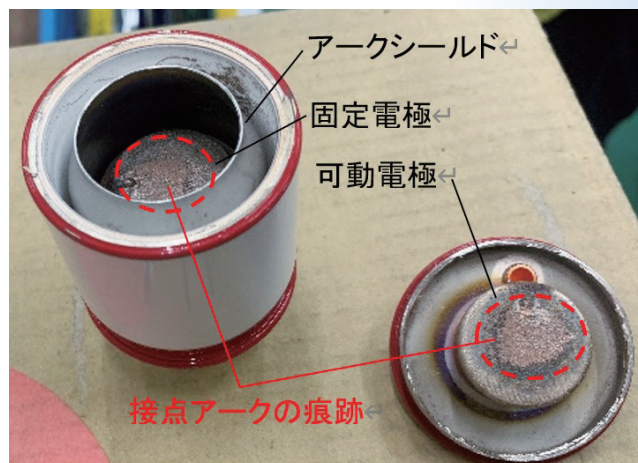


第4図 絶縁破壊電圧の測定結果

また、現場撤去品の駆動部の動作状態についても調査した結果、動作性能に異常はなかった。

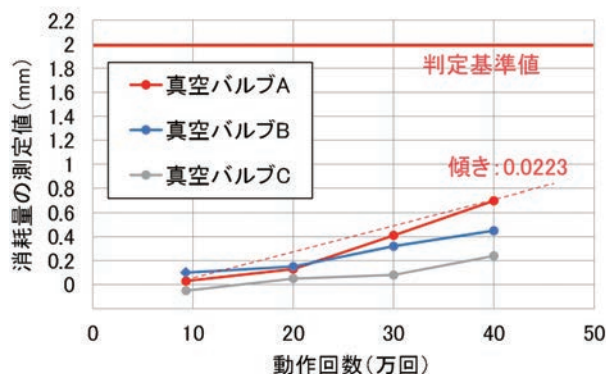
4 真空バルブの調査結果

真空バルブ内部の電極接点が接点アークによって影響を受けると、接点部分が消耗する。これが進展すると、可動電極を投入しても接続状態にならない不具合状態となる。そこで、動作回数が16.4万回～17.5万回の合計3台の現場撤去品から25本の真空バルブを取り出し、それぞれの消耗量を測定した結果、接点箇所には接点アークの痕跡が見られた(第5図)。しかし、消耗量は極めて微量であり、製造上の公差範囲内を上回るものはなかった。接点アークは電極間を流れた通電電流の大きさと正の相関があるため、現場撤去品が設置された箇所には、大きな負荷電流が流れていなかったと考えられる。



第5図 接点アークの痕跡

次に、別の現場撤去品(動作回数が9.3万回～17万回の合計3台)にSVR定格電流を通電させ、接点アークが最大となる条件において動作回数が累計40万回になるまで加速劣化試験をおこなった。これらの現場撤去品の真空バルブ(合計9本)の消耗量を測定し、動作回数との相関関係を検証した。動作回数40万回時の消耗量が最大になった現場撤去品(動作回数9.3万回 5,000kVA)の試験結果を第6図に示す。



第6図 加速劣化試験の結果

40万回まで動作させても消耗量が判定基準値(2.0mm)を上回ることにはなかった。動作回数と消耗量は比例関係にあると仮定した場合、今回の試験条件において進展速度の最大は $22.3 \mu\text{m}/\text{万回}$ (真空バルブA)であった。この速度で新品から40万回動作させた場合の消耗量は0.892mmと算出でき、これは判定基準値以下である。また、加速劣化試験後、真空バルブは全て、中部電力パワーグリッドの規格で定める絶縁性能(開放状態で電極間AC3kV/1分、 $\pm\text{IMP}10\text{kV}$)を満足しており、駆動部の動作状態にも異常はなかった。

5 今後の展開

今回の調査によって、現行のメンテナンス周期(動作回数20万回毎)を延伸化しても問題ないことが示された。この結果を、新たなメンテナンス基準に反映する。