

ポリマー碍管の経年劣化評価

変電機器での長期使用に向けて

Evaluation of degradation of polymer hollow insulator

Aimed at long-term application of polymer hollow insulator to substation equipment

(電力技術研究所 流通G 送変電T)

(Transmission and Substation Team, Power System Group, Electric Power Research and Development Center)

ポリマー碍管は、磁器碍管に比べ軽量で、機械的性能に優れている。一方で有機材料により構成されているため、環境や通電に起因する性能劣化が懸念される。

Compared to porcelain hollow insulators, polymer hollow insulators are lightweight and possess superior mechanical performance. Conversely, since polymer hollow insulators are composed of organic materials, there is concern for the impact of performance degradation caused by power supply and environmental factors.

そこでポリマー碍管が使用されている高経年ポリマーブッシングや、ポリマー避雷器の経年劣化調査を行うことで、ポリマー碍管の長期信頼性を評価した。その結果、長期的な使用が可能となる見通しが得られた。

In response, the long-term reliability of polymer hollow insulators has been evaluated by surveying the time-related deterioration of aged polymer bushing and polymer lightning arresters in which polymer hollow insulators are used. As a result, the outlook for long-term application has been established.

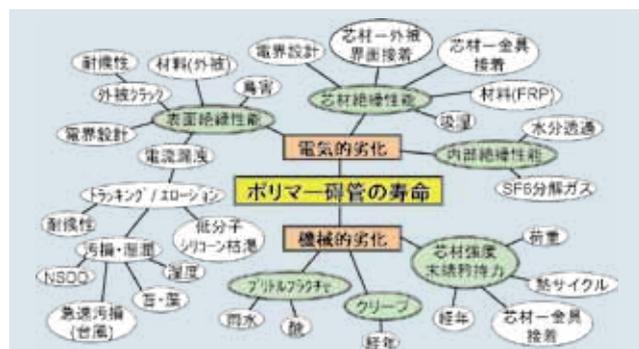
1 背景および目的

ポリマー碍管は、耐震性能や防爆性能などに優れており、変電機器への適用が期待されているが、有機材料により構成されているため、長期的な信頼性評価が必要である。従来は加速劣化試験などにより外被ゴムの劣化状況が検討されてきたが、実際に長期間使用された碍管での調査は行われていない。そこで本研究では、東京電力殿・関西電力殿・日本ガイシ殿・三菱電機殿と共同で高経年ポリマーブッシングやポリマー避雷器の劣化調査を行うことで、ポリマー碍管の長期使用に向けた検討を行った。

ポリマー碍管の種々の劣化事象については、第2図のように体系化されており、大きく電氣的劣化と機械的劣化に分類される。この内、外被の劣化要因としては、台風などの急速汚損時に低分子シリコン成分の供給が不足した場合に撥水性が喪失する短期的な劣化と、熱・紫外線など外部からのストレスにより高分子成分中の分子鎖が切断し、ゴムが硬化する等の長期的な劣化がある。

2 ポリマー避雷器劣化調査

ポリマー避雷器の劣化調査にあたって、ポリマー碍管の特徴や劣化事象を整理した。ポリマー碍管の断面図と撥水状況を第1図に示す。ポリマー碍管はFRP筒の外周を外被シリコンゴムで覆っている構造である。外被ゴムには、低分子シリコン成分が含まれており、これがゴム表面に分散することで、撥水性のある表面層を形成している。この低分子シリコン成分は、外被表面に汚損物が付着しても、汚損物を包み込むようにしみ出すため、絶縁性能を維持することができるものと考えられている。



第2図 ポリマー碍管劣化要因の関連図

これらの劣化事象を整理したうえで、ポリマー避雷器の劣化調査を実施した。

77kVクラスのポリマー避雷器については、2008年より当社の変電所に順次導入されており、これらのポリマー避雷器20変電所分について、外観検査・撥水性調査・汚損度測定・硬度測定・赤外線分光分析・漏れ電流測定を実施した。

ポリマー碍管では、磁器碍管よりも多くの汚損付着物(等価塩分付着密度: ESDD、非水溶性物質付着密度: NSDD)が確認された。汚損度測定について、変電所の設計汚損区分別(6ランク)に色分けした測定結果を第3図に示す。また、ESDDとNSDDには相関があることがわかった。

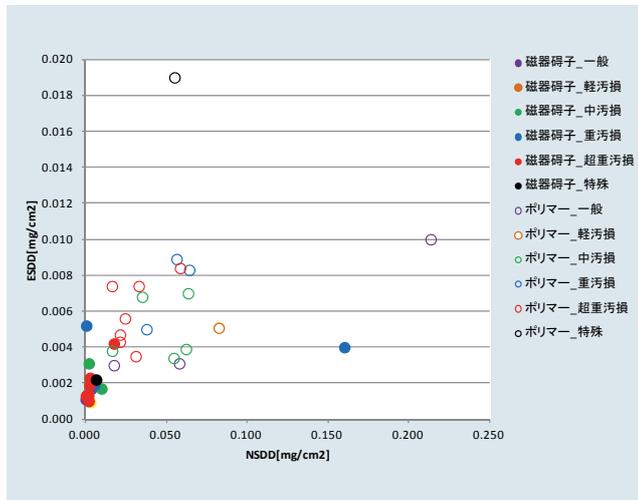
塩分を含んだ汚損物が付着していても、ポリマー内部から染み出した低分子シリコンが汚損物を覆い高い撥水性を保持しており、後述するポリマーブッシング同様



第1図 ポリマー碍管の断面図および撥水性能

に、碍管の絶縁性能は維持されていると考えられる。

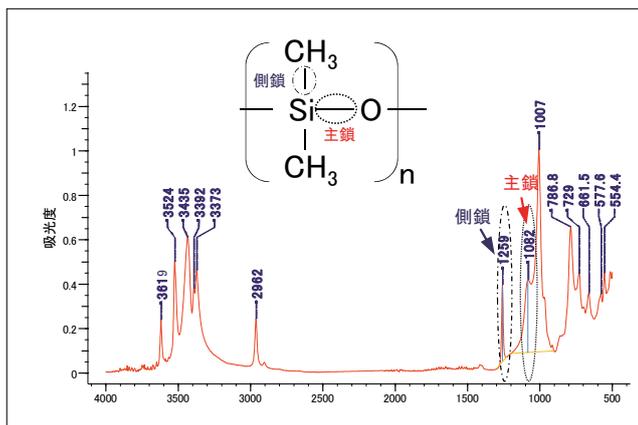
ただし、藻類が付着すると撥水性が著しく低下するため、外被全面に藻類が付着した場合には、清掃を行う必要がある。



第3図 汚損度測定結果(設計汚損区分別)

硬度測定では、シリコンゴムの劣化によりゴムが硬くなると推定されるため、硬度計にて測定を行ったが、新品との差は見られなかった。

また、シリコンゴムの劣化度合いを調べるため赤外線分光分析を行った。一般にシリコンゴムの主鎖(Si-O)は紫外線エネルギーに対して結合エネルギーが大きいので切断されにくく、一方側鎖は結合エネルギーが小さいため劣化により切断されスペクトルピーク値が減少すると考えられている。



第4図 赤外線分光分析測定例

第4図に今回測定した結果の一部を示すが、いずれも主鎖と側鎖のスペクトル比は新品と同じく1.0となり劣化の兆候は見られなかった。同様に、避雷器漏れ電流測定結果についても新設時との差は無かった。

以上より、今回の調査からポリマー避雷器性能に影響を与えるような劣化の兆候は見られなかったため、現時点での継続使用には問題がないことがわかった。

3 ポリマーブッシング劣化調査

他電力会社2変電所で撤去された経年17年および15年の154kVポリマーブッシングについても、劣化調査を実施した。

外観観察では、主に笠表面に塵埃や藻類の付着が確認されたものの、クラック等の異常は見られなかった。

汚損度測定および絶縁性能試験の結果について第1表に示す。汚損度測定では、絶縁性能に影響を及ぼすESDD(塩分)は、当該変電所の設計塩分付着密度の2倍以上であった。しかし、霧中法による耐電圧試験を行った結果、必要な絶縁性能161kV以上を十分満足していることが確認できた。

第1表 ポリマーブッシングの耐電圧試験

調査項目	A変電所	B変電所
	経年17年	経年15年
汚損度測定	ESDD 0.07mg/cm ² (設計塩分付着密度0.03mg/cm ²) NSDD 0.78mg/cm ²	ESDD 0.03mg/cm ² (設計塩分付着密度0.01mg/cm ²) NSDD 0.30mg/cm ²
絶縁性能 霧中耐電圧	399kV (1本測定)	347～385kV (4本測定)

このことから、付着した汚損物を低分子シリコンが覆っており、碍管沿面の絶縁性能が維持できていると判断できる。なお、低分子シリコンの染み出しは、その消費量が僅かであり、50年程度では枯渇することはないと考えられている。

その他の絶縁性能試験においても、新品との差は見られなかった。

一方、機械強度に対する試験としてIEC規格に基づく内圧耐荷重試験および曲げ耐荷重試験を実施し、FRP自体やFRPと端部金具との界面における機械的経年劣化を調査した。いずれも最大歪み率は管理値以下であり、初期時点で測定した最大歪み率と同程度であった。

4 まとめ

今回、ポリマー避雷器やポリマーブッシングに対する各種劣化調査を実施した結果、電氣的・機械的性能に対する劣化の兆候は見られず、長期的に使用していくことに問題は無いと考えられる。ただし、藻類が外被全面を覆うまでに付着し、撥水性が低下した場合は、絶縁性能に影響を及ぼすため、保守上の留意が必要である。

今後、さらなる長期的な使用可否を検討していくために、相応の経年時点において同様の調査を行い、長期信頼性を評価していく予定である。



執筆者/浦山雅彦