

小型変圧器の過負荷寿命推定手法

背景

電気事業における近年のコストダウン要請や設備投資抑制の流れから、電力設備の一層の有効利用が志向されている。柱上変圧器等の小型変圧器もその例外ではなく、短時間の過負荷運転が試行されているが、その一方で定格を超える温度上昇が寿命に与える影響が懸念され、適切な寿命評価手法が必要とされている。小型変圧器は設備量が多く、個々に何らかの診断を行う方法は現実的ではないため、数値計算を活用した寿命*¹評価手法が望まれている。

目的

小型変圧器の負荷履歴や周囲の気象条件から内部温度履歴を計算する方法を開発し、また過負荷時の高温で熱劣化が進む絶縁紙を対象とした強度低下特性を測定し、これらを組み合わせて過負荷寿命を推定する手法を提案する。

主な成果

1. 負荷履歴・気象条件を考慮した小型変圧器過渡温度計算手法

小型変圧器を熱抵抗と熱容量からなる3段ないし4段*²のはしご形熱等価回路で表し、変圧器温度を決める負荷、外気温、日照、風を考慮して変圧器各部の過渡温度変化を計算するプログラムを作成した。本プログラムはパソコン上で容易に実行可能な簡便性を持つ。柱上変圧器用のプログラム実行画面を、熱等価回路とともに図1に示す。ある負荷パターンを仮定し、実柱上変圧器を用いて行った温度上昇試験と、その条件を考慮して行った過渡温度解析結果を図2に示す。

2. 温度履歴に基づく絶縁紙の平均重合度推定手法

柱上変圧器と同じ構成部材を用いた雰囲気中で、絶縁紙の熱劣化試験を行い、加熱継続時間と平均重合度残率*³の低下度合いの関係(図3)を測定した。この結果から、ある温度とその継続時間を用いて平均重合度残率の低下度合いを計算する実験式を考案し、これにより任意の温度履歴から絶縁紙の平均重合度を推定する手法を提案した。

以上を組み合わせることにより、過去、あるいは将来予定する負荷履歴から絶縁紙の平均重合度残率を推定し、さらに絶縁紙の機械強度を推定することにより、変圧器の寿命を推定することが可能となる。一例を図4に示す。

今後の展開

より大容量の変圧器(配変用変圧器クラス)への適用拡大を検討する。また従来の絶縁紙の寿命評価に加え、ゴムパッキン等他の部材の熱劣化検討に活用する予定である。

主担当者 電力技術研究所 機器絶縁領域 主任研究員 高橋 紹大、水谷 嘉伸

関連報告書 「柱上変圧器過負荷時の過渡温度上昇計算手法の検討」電力中央研究所報告：W99033(2000年6月)
「柱上変圧器の過負荷運転による熱劣化の推定法」電力中央研究所報告：W00031(2001年4月)
「配電用変圧器過負荷運転時の過渡温度上昇計算手法」電力中央研究所報告：W03001(2003年10月)
「気象条件を考慮した柱上変圧器過負荷時の過渡温度計算」電力中央研究所報告：H04015(2005年8月予定)

*1：変圧器の寿命は、絶縁紙の機械強度がある値にまで低下する期間とする考え方がある。

*2：柱上変圧器は3段、路上設置型変圧器のようにさらに外箱に収納されているものは4段を使用する。

*3：平均重合度残率は材料の性質の一つで、紙の機械強度と一対一対応しているので平均重合度から機械強度を推定できる。

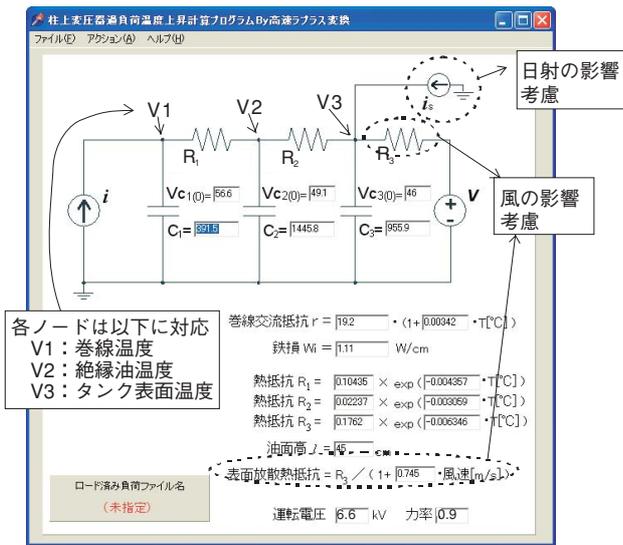


図1 柱上変圧器用過渡温度計算プログラム

柱上変圧器を、図中に表示されている熱等価回路で模擬し、任意の負荷、外気温、日射、風に対して、巻線温度、絶縁油温度、タンク表面温度を計算する。

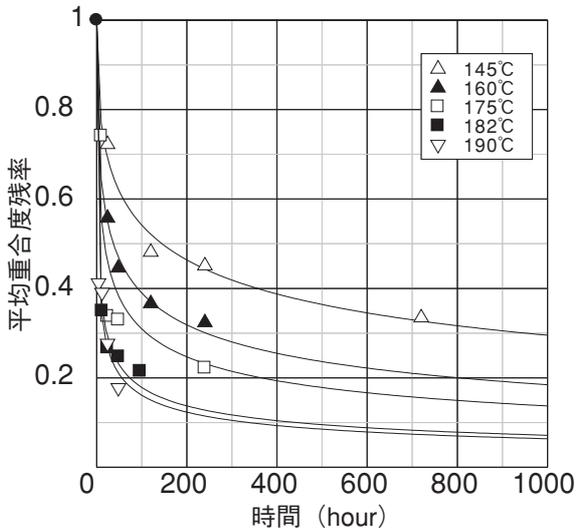


図3 絶縁紙の熱加速劣化試験結果

柱上変圧器と同等の雰囲気下で絶縁紙の熱加速劣化を行い、機械強度の経時変化を調べた。この結果から、平均重合度残率を、温度と経過時間で計算する実験式を求めた。その計算を重ね合わせることで任意の温度履歴における平均重合度残率が計算できる。

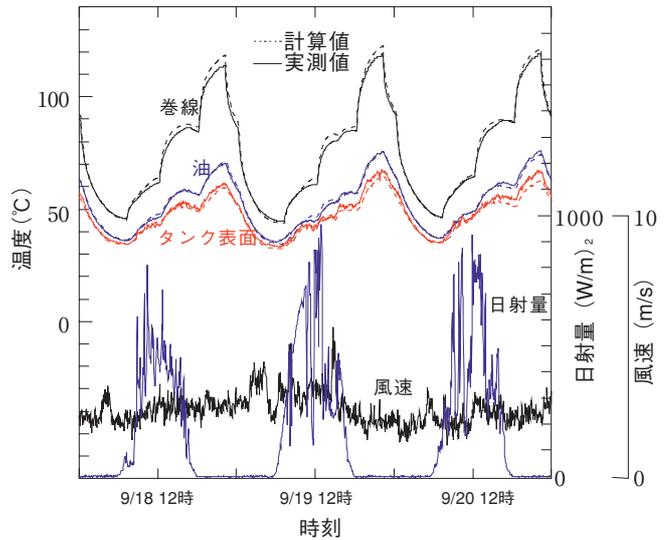


図2 実柱上変圧器の温度上昇試験結果と計算値

実柱上変圧器に対して、ある日間負荷パターンで温度上昇試験を行った。各部温度は、このときの条件を用いて図1のプログラムで計算した結果とよく一致している。

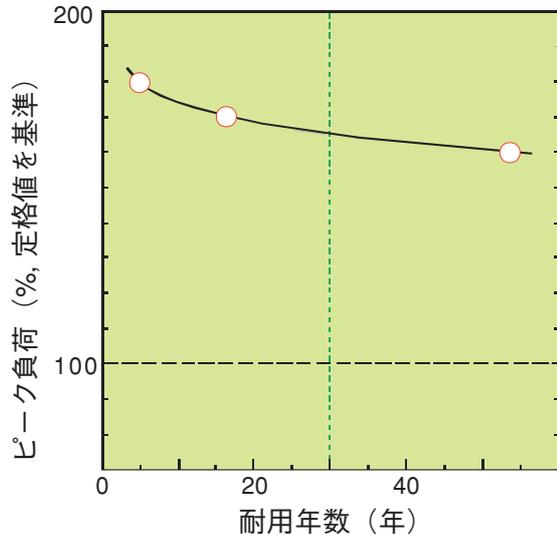


図4 柱上変圧器を過負荷運転させた場合の寿命推定例

絶縁紙の機械強度による寿命を計算した例。ある日間・年間負荷パターンを仮定し、そのピーク時の値を指標として負荷を変化させ、絶縁紙最高温度 (= 巻線温度) の履歴から機械強度の低下を計算している。このケースではピーク負荷の継続時間が短いため、過負荷運転が可能となっている。