

密封形変圧器隔膜異常診断手法の開発

隔膜異常の早期発見による変圧器の劣化防止

Development of a diagnostic technique for diaphragms of hermetically sealed transformers

Early detection of diaphragm defects prevents transformer deterioration

(工務部 技術開発G)

密封形変圧器コンサベータに用いるゴム隔膜は、変圧器内の絶縁油や絶縁紙の酸化防止を担う重要な部品の一つである。これが劣化等により損傷した場合、空気(酸素)の侵入により変圧器内部の劣化が促進される。

このため、本検討では油中ガス分析による隔膜損傷の早期発見を目的として各種検証試験を実施し、密封形変圧器隔膜異常診断手法を開発したので紹介する。

(Engineering Section, Electrical Engineering Department, Power System Division)

Rubber diaphragms used in conservators of hermetically sealed transformers are one of the items important in preventing oxidation of insulating oil and paper in transformers. Damage to the diaphragm caused by deterioration, etc, will accelerate deterioration of the inside of the transformer caused by the entry of air (oxygen).

We have therefore conducted inspections to detect diaphragm defects through analyzing gas in oil. We will introduce a diagnostic technique for diaphragms, which has been developed for hermetically sealed transformers.

1 背景・目的

現在、変電機器の保守はCBM(状態に応じた保守)に移行している。CBM化に向けては機器の状態診断が不可欠であるが、密封形変圧器コンサベータに用いるゴム隔膜については状態診断技術が確立されていない。

密封形変圧器におけるゴム隔膜は変圧器内の絶縁油や絶縁紙の酸化防止を担う重要な部品の一つであり、これが劣化等により損傷した場合、空気(酸素)の侵入により変圧器内部の劣化が促進される。

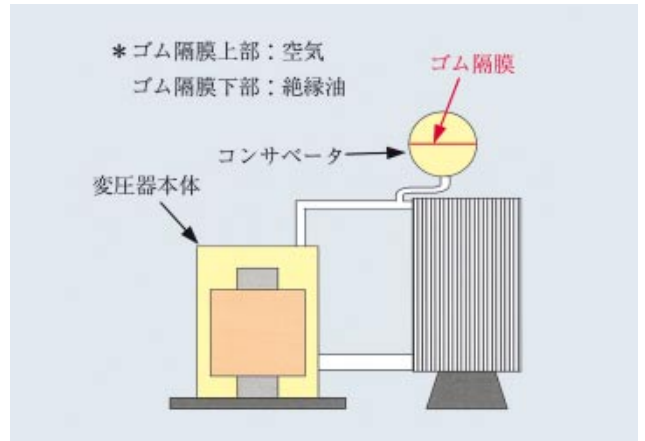
このため、油中ガス分析によるゴム隔膜損傷の早期発見を目的として、密封形変圧器隔膜異常診断手法の検討を行った。

2 設備・診断の概要

第1図に変圧器全体の設備概要を示す。

通常、コンサベータは変圧器上部にあり、コンサベータ内部のゴム隔膜にて変圧器外部(外気)と変圧器内部(絶縁油)を分離している。このため、ゴム隔膜が経年劣化などの要因により損傷した場合、ゴム隔膜損傷部から変圧器内部に外部の酸素等が流入する。

今回検討を実施した診断の原理は、油中ガス分析により損傷部から流入した酸素を測定することによって、ゴム隔膜損傷の有無を診断するものである。



第1図 設備の概要

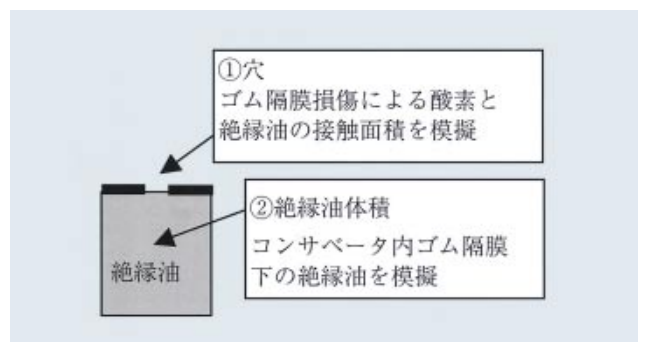
3 検証試験

基礎試験(ガラス容器による試験)と実器試験を実施し、ゴム隔膜の損傷と油中の酸素濃度との相関性を検証した。

(1)基礎試験

第2図に示すようなガラス容器を使用し、ゴム隔膜損傷を模擬した試験を実施した。

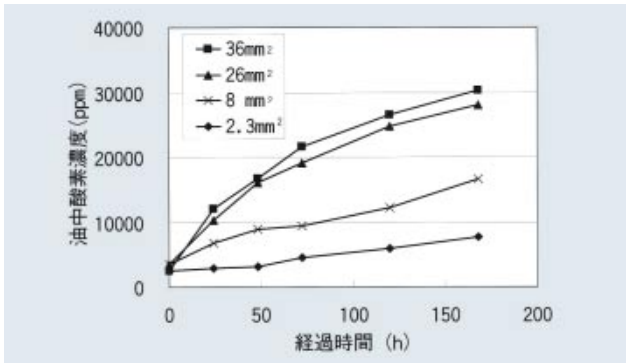
試験パラメータは「酸素と絶縁油との接触面積」・「絶縁油体積」・「温度」とし、絶縁油中への酸素溶解量について検証を行った。



第2図 基礎試験使用容器

ア. 接触面積と油中酸素濃度

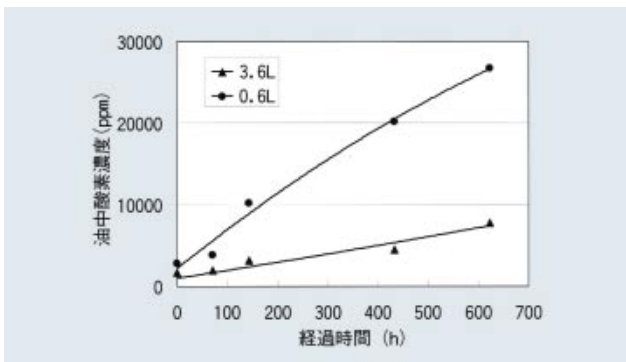
温度・体積一定条件の下、絶縁油との接触面積を2.3～36mm²に変化させ絶縁油中の酸素濃度測定を実施した。試験の結果、油中酸素濃度は絶縁油との接触面積が大きいほど増大することが判明した。(第3図)



第3図 接触面積に対する油中酸素濃度

イ. 体積と油中酸素濃度

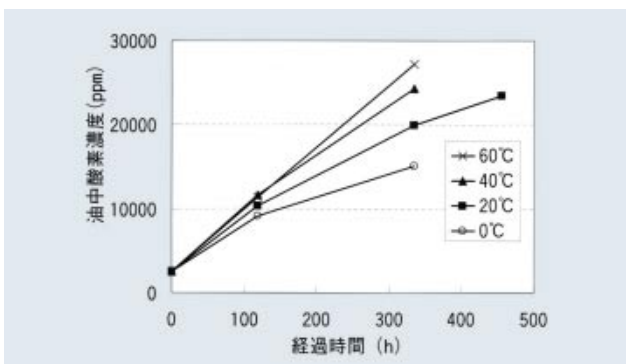
温度・接触面積一定条件の下、絶縁油体積を0.6～3.6Lに変化させ絶縁油中の酸素濃度測定を実施した。試験の結果、油中酸素濃度は絶縁油体積が大きいほど減少することが判明した。(第4図)



第4図 体積に対する油中酸素濃度

ウ. 温度と油中酸素濃度

接触面積・体積一定条件の下、温度を0～60℃へ変化させ絶縁油中の酸素濃度測定を実施した。試験の結果、油中酸素濃度は温度が高いほど増大することが判明した。(第5図)



第5図 温度に対する油中酸素濃度

エ. 基礎試験評価

ここまでの基礎試験結果から、ゴム隔膜損傷時の油中酸素濃度は接触面積・温度に比例し油体積に反比例することが判明した。

また、油中酸素濃度と接触面積等の関係性を評価した結果、(1)式のとおり示すことができる。

$$C = C_o - (C_o - C_i) \times \exp\{-t / (B \cdot S / V)\} \dots\dots (1) \text{式}$$

C : 現在の濃度、C_o : 飽和濃度、C_i : 初期濃度

t : 時刻、B : 容器定数(温度で決まる係数)

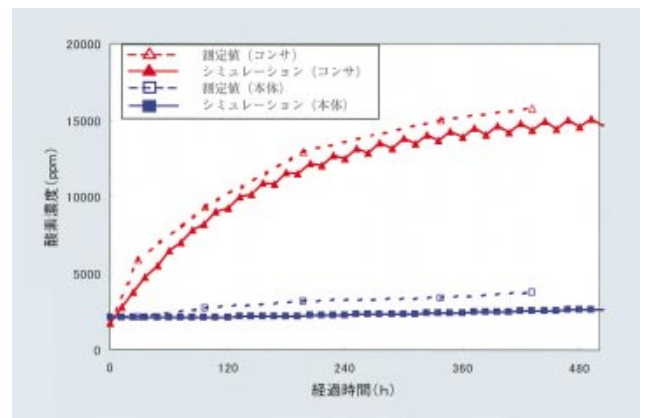
S : 接触面積、V : 体積

(2)実器試験

撤去変圧器のゴム隔膜に損傷部位を作成し、検証試験を行った。なお、採油箇所は変圧器本体およびコンサベータの2箇所とした。

試験結果を第6図に示す。

試験結果とシミュレーション結果((1)式から算出)は良く一致する結果となった。



第6図 実器試験結果

4 実用化に向けて

第6図に示すように油中酸素量から隔膜の状態診断を行う場合、コンサベータからの採油が望ましい。

しかし、コンサベータは変圧器上部にあり、充電部も近いため定期的な採油は困難であり、本体からの採油が現実的である。

状態診断における判定指標値は通常の油中酸素濃度(3000ppm程度)を考慮し10000ppm程度とした。

本体からの採油においても本シミュレーションを長期にわたり実施すると9ヶ月程度で油中酸素濃度が10000ppm程度となり、実用上の問題はないと考える。

今後は実フィールドでの運用結果からデータの蓄積を行い、更なる精度向上を図っていきたい。



執筆者 / 太田秀希
Oota.Hideki@chuden.co.jp