シリコン油入変圧器の超音波油中ガス分析

正 員 林 喬 久 (千葉工大)

正 員 加 覧 俊 平 (千葉工大)

Gas Analysis Test on Silicone Liquid Transformer by Utilizing
Ultrasonic Wave Irradiation

Takahisa Hayashi, Member, Shumpei Garan, Member (Chiba Institute of Technology)

キーワード：シリコン油，変圧器，超音波，ガス分析

変圧器内部の異常現象を検知する手段の一つとして油中ガス分析が広く用いられている。この方法は、変圧器内部に局部加熱や放電などの異常が発生すると、絶縁油と油浸絶縁物が分解し、 H_2 、 CO 、炭化水素などのガスを生成するので、これらの油中溶解ガスを測定して異常を判定する。

油中からガスを抽出する装置としては、種々のものが考案され実用化されている⁽¹⁾。原理的に多くは絶縁油を減圧状態にすると油中と油面空間に生ずる圧力差を利用するものである。そして水銀によるトリチェリ真空を利用する方法、テブラーポンプに水銀拡散ポンプを併用する方法、真空ポンプと移動弁を用いる方法、ピストンを用いる方法などが用いられている。このほかに、不活性ガスを絶縁油中に吹き込んで油面上にガスを追い出す方法 (stripping method) がある。これらの装置は大型で操作が複雑であり、またガス抽出に長時間を要する。

著者は、シリコン油入変圧器を対象にして、鉄道工場などの日常試験において操作が簡便で短時間に油中ガスを分析できる方法を考案、検討した。その方法は、試料油に超音波を照射するとき生ずるキャビテーション (空洞現象) により油中溶解ガスを気泡化し、採取したガスをガスクロマトグラフィで分析するものである。

実験に用いた超音波発生器は、発振周波数は 28 kHz、主発振電力増幅方式により 200 W の高周波電力を発生する。これを超音波伝達ケースに付けたフェライト振動子により超音波に変換し、水を媒体としてシリンジ中の試料油に照射する。

試料油に超音波を照射する状況を図 1 に示す。ガラス製シリンジに 50 ml の試料油を密封して、後述の

図 1 超音波照射状況

Fig. 1. Condition of ultrasonic wave irradiation.

前処理を施す。そしてシリンジを超音波伝達ケースに装着する。次いで超音波を試料油に伝達するために、水をシリンジ上端を超えるところまで入れる。超音波を発生させると、気泡化したガスがシリンジ上部に滞留する。所定の時間経過後、超音波の発生を停止し、シリコンゴム製のストッパーを通して発生ガスを、1 ml の気密シリンジに採取する。

新幹線などの交流車両変圧器に使用されている絶縁油は、50 CS (25°C) の動粘度をもつジメチルシリコン油⁽²⁾である。これを脱気濾過して、100 ml の油中に O_2 溶解量を 0.5~1.5 ml, N_2 溶解量を 1.0~3.0 ml 程度にした油を変圧器に封入し、金属ベローズを用いた無圧密封方式で用いられる。このような脱

図 2 油中ガス濃度と推定ガス濃度
Fig. 2. Gas concentration in oil vs. presumed gas concentration.

気シリコン油では空洞現象を発生しにくいことを確認した。そこで気泡発生を助長することを検討した結果、試料油に空気の注入が手軽で適当であることが明らかにされた。

キャビテーションしきい値は、気体の含有量により決定される。すなわち、気体の飽和度の大きいほど、空洞現象は起こりやすい。超音波を照射すると、液体中に溶解しているガス成分がキャビテーション気泡内に入り込み、脱気が行われる。また気泡どうしが互いに引きつけあって大きな気泡となり浮上する。油中ガス抽出の前処理法として、実験結果より、シリンジに封じた試料油に 7.5 (ml/100 ml·oil) の空気を注入し 24 時間放置、未溶解の空気を放出後に超音波を 1 分間照射することに決めた。

シリコン油入変圧器に異常を生じている場合、顕著に発生するガスは、 H_2 , CH_4 , CO であることが見いだされている⁽³⁾⁽⁴⁾。従って、これら限定されたガスを検知しても、変圧器異常の有無は判定できると考えられる。脱気シリコン油に、0.05, 0.10, 0.25, 0.50, 1.00 (ml/100 ml·oil) の濃度の H_2 , CH_4 , CO を溶入した試料油を作製し、それぞれについて前記の超音波油中ガス分析の測定を 10 回ずつ行った。その結果から、抽出ガス量を x (ml), 油中溶解ガス濃度を y (ml/100 ml·oil) とするとき、両者の間に次の関係が得られた。

$$H_2: y = 17.1688x - 0.02578$$

$$CH_4: y = 56.4233x + 0.0030$$

$$CO: y = 22.2222x - 0.1222$$

この検量式から、母油である変圧器油中に存在している被検成分ガスの濃度を推定することができる。

この超音波油中ガス分析の測定精度について検討した。脱気シリコン油に分析用標準ガス(純度 99.99%)を注入し、前記の方法に従って油中ガス分析を行った。検量式から試料油中の H_2 , CH_4 , CO の濃度を推定し、作製濃度と比較した結果を図 2 に示す。いずれのガスも試料油中の濃度が 0.05 (ml/100 ml·oil) を超えると、両者はよく一致する。

超音波による空洞現象を利用した油中溶解ガス抽出法を考案し、これを用いてシリコン油入変圧器の内部異常を簡便に検知できることを明らかにした。また、この方法での鉱油などを用いた電力用変圧器への適用も考えられ、検討中である。

終りに、実験に協力された元鉄道技研 雨倉孝之主任研究員に謝意を表す。(平成 2 年 2 月 19 日受付)

文 献

- (1) 伊勢:「油中ガス分析について」, 石油学誌, 17, 564(昭 49-7)
- (2) 加寛:「車両変圧器に使用するシリコン油」, 同上, 17, 580(昭 49-7)
- (3) 桑原・鶴田・石井・吉永:「シリコン油中の放電によるガスの発生」, 電気論 A, 97, 267(昭 52-5)
- (4) 雨倉:「油中ガス分析による電車変圧器の管理」, 鉄道技研速報, 80, 148(昭 55-11)

林 喬 久 (正員)

昭和 20 年 2 月 18 日生。42 年 3 月千葉工業大学電気工学科卒業。44 年 4 月同大学電気工学科助手、現在に至る。主として、液体誘電体の高電圧絶縁の研究に従事。静電気学会、放電研究グループ会員。

加 寛 俊 平 (正員)

大正 13 年 3 月 15 日生。昭和 24 年 3 月東京工業大学電気工学科卒業。同年 11 月日本国有鉄道本社採用。48 年 4 月鉄道技術研究所電力応用研究室長、51 年 4 月千葉工業大学電気工学科教授、現在に至る。工学博士。高電圧絶縁の研究と教育に従事。