

절연물의 열화에 의한 변압기유의 가스분석

황규현, 서호준, 이석우, 이동희*
*수원대학교

Gas detection of transformer oil according to degradation characteristic of insulation material

Kyu-hyun Hwang, Ho-joon Seo, Suck-woo Lee, Dong-hee Rhie*
*Suwon Univ.

Abstract : To found out the degradation characteristic of transformer insulation, insulation material was deposited into transformer oil and heated. Due to the thermal stress which added to insulation, the density of carbon dioxide which included in transformer oil was measured by using the gas density detection equipment of gas sensor and air circulation method. As a result, it didn't match with the transformer supervision standard. But it was found that as thermal stress increased, the density of carbon dioxide proportionally increased.

Key Words : transformer oil, carbon dioxide, gas density detection equipment, and insulation material.

1. 서론

일반적으로 전력용변압기는 연속과전상태에서 운전되므로 전류권선으로 이루어진 변압기본체의 발열을 억제하기 위해 냉각매체인 절연유 중에 본체를 함입시킨 유입형 구조로 되어있으며 권선의 권선간은 크래프트지, 권선의 스페이서와 절연통 등에는 프레스 보드, 리이드선 테이핑 등에는 절연지등을 사용하여 각 부를 절연시킨다. 이러한 변압기의 성능은 절연재의 성능에 크게 영향을 받게되므로 절연재의 열화특성에 대한 고찰은 매우 중요하다 할 수 있겠다. 현재 국내에서 적용중인 판정기준에 의하면 절연재의 열화는 결과적으로 다량의 이산화탄소와 일산화탄소를 발생시키며 가스분석은 가스 크로마토그래프(G.C)를 이용하고 있다. 본 고에서는 셀룰로오스 절연지와 프레스보드, 절연유를 사용하여 변압기의 절연상태를 모의하고, 가열하여 절연재를 열화시킨 후 절연유에 포함된 이산화 탄소의 농도를 집적 제작한 가스분석장치로 측정하여 이상 진단 기준과 비교하였다.

2. 실험

2.1 실험장치

본 실험에서 사용한 시료는 두께0.18mm 셀룰로오스계 절연지(MIKI)와 프레스보드(PUCARO), 절연유(KSC 2301 1종 2호), 코일등이며 절연지 사이에 절연유가 유동할 수 있도록 프레스 보드를 높이 14cm, 폭 1cm, 두께 0.5cm로 절단하여 절연지에 부착한후 일정한 두께를 유지하도록 적층하여 풀리지 않도록 코일로 고정시켜 준비하였다. 적층한 절연지와 프레스 보드는 절연유에 침전시켜 가열기를 이용하여 가열하였다. 가열기는 스테인레스 재질의 원통형이며 하부에 히터가 설치되어 절연유를 직접 가열하는 방식이다. 상부에는 가열시 나타나는 압력을 분산시키기 위하여 위하여 홀(Hole)을 제작하였다. 절연지의 연면에는 온도계를 설치하여 절연지가 받는 실제온도를 측

정하였으며 받침대를 사용하여 가열시 히터의 고온부와 절연지의 직접적인 접촉을 피하도록 하였다.

2.2 실험방법

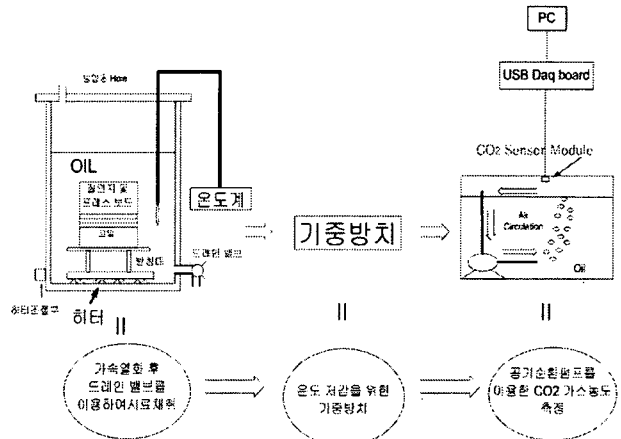


그림 1 실험 순서도

그림 1에 본 실험의 순서도를 나타내었다. 준비된 절연유와 절연지를 가열기를 이용하여 가열하였다. 가열온도와 시간은 IEEE Std C57.91을 참고하여 온도와 시간조건을 165℃, 475시간으로 정하였다. 규격에 따르면 이 시간은 온도조건을 고려할 때 변압기의 수명이 90%이상 단축되는 시점이다. 측정시에는 밸브를 통하여 절연유를 채취하였고 채취상태의 절연유는 매우 고온이기 때문에 절연유의 온도를 50℃이하로 떨어뜨리기 위하여 약 10℃의 대기중에 3시간동안 방치시켰다. 온도가 떨어진 시료는 공기순환방식의 가스검지장치를 이용하여 이산화탄소의 농도를 측정하였다. 공기순환 방식의 가스검지 장치는 채취한 절연유를 용기의 1/2가량 채우고 밀폐시킨 후 순환 펌프를 이용하여 밀폐용기 내부에서 1/2가량의 기체를 일정시간동안 절연유중에 용해, 순환시키는 방식이다. 이러

한 과정을 일정시간 반복하면 유종의 가스농도와 기체부분의 가스농도가 평형을 이룰 것이라 예측되며 이때 기체부분에서 측정된 가스농도로 유종의 가스농도를 간접적으로 측정할 수 있다. 가스농도 측정시 사용한 가스센서는 TELAIRE사의 CO₂ OEM Module 6004 X 모델이며 측정시 정확성을 기하기 위하여 세 개의 가스센서를 사용하였다. 세 개의 가스센서는 같은모델이나 각각의 농도측정 범위는 0~5000ppm, 0~10000ppm, 0~20000ppm으로 다르다. 공기순환방식의 가스검지 장치는 유종의 가스농도를 정확하게 판단하기는 어려우나 대략적인 농도증가 경향을 알아보는데 적합하다.

3. 결과 및 검토

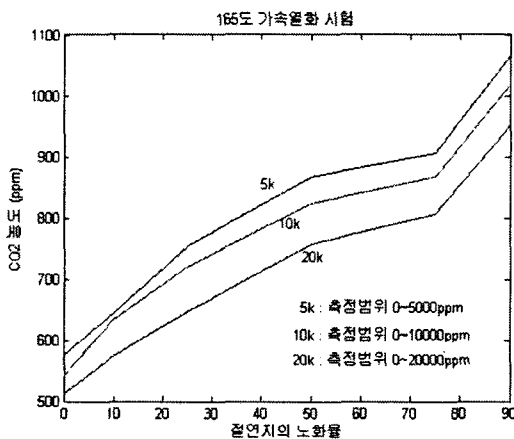


그림 2 노화율에 따른 CO₂ 측정농도

그림 2에 절연물의 노화율과 이산화 탄소의 농도측정 결과를 나타내었다. 열화된 절연물의 열화정도를 파악하기 위하여 이산화탄소의 농도측정 시점은 KSC IEC 60216-2를 참고하여 노화율이 0%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90%에 대응되는 시점에서 측정하였다. 변압기의 노화율은 IEEE Std C57.91을 참고로 아래의 공식을 기준으로 선정하였다.

$$\text{노화율} = \frac{\text{Aging Factor} \times \text{Time}}{\text{Normal Insulation life}}$$

변압기의 노화율이 증가함에 따라 이산화탄소의 농도증가가 확인되었으나 그 농도가 변압기 관리기준과 비교하여 이산화탄소의 농도가 약 10배가량 적은 것으로 나타났다. 이는 가스농도 측정시 고온의 절연유를 저온으로 떨어뜨리는 과정에서 유종에 포함된 기체가 기중으로 확산되었기 때문이라고 사료된다.

4. 결론

변압기 절연물의 열화특성을 알아보기 위하여 변압기의 절연물을 가열하고 변압기유에 포함된 이산화탄소의 농도를 자체 제작한 가스검지장치를 이용하여 측정하였다. 결

과적으로 변압기의 노화율에 따라 변압기유에 포함된 가스농도의 증가가 어느정도 확인되었다. 그러나 변압기의 이상 진단 기준과 비교할때 매우 낮은 농도의 이산화탄소가 검출되었다. 그 이유는 고온의 절연유를 냉각시키는 동안 유종의 가스가 기중으로 확산되었기 때문이라고 판단되며 실제 유종 가스농도와 공기순환방식을 이용한 가스농도 측정이 일치되지 않는 것으로 추측된다. 따라서 공기순환방식을 이용한 가스농도 측정과 신뢰성있는 결과와의 명확한 기준을 정립하는 것이 필요할 것이다.

참고 문헌

- [1] IEEE Std C57.91 (1995) "IEEE Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Transformers"
- [2] KSC IEC 60216-2 (2002) "전기재료의 내열성 결정 지침-제2부: 시험기준 선택"
- [3] 성영권, 송진수, 민남기 "절연유의 유전특성에 미치는 열화과정의 영향" 이공논집, p.1-10, 1975
- [4] IEEE Transformer Committee (1988). "Guide For Failure Investigation, Documentation and analysis for power Transformers and shunt reactors"
- [5] ANSI/IEEE Std C57. 104 (1977). "Guide for the Detection and Determination of Generated Gasses in Oil-Immersed Transformer and their Relation for the Serviceability of the Equipment"
- [6] 김태성 외 : "전력변압기의 열화진단 및 진단시스템 개발 기초 연구(최종보고서)", 기초전력 공동연구소, 1999.10
- [7] H.Tsukioka, K. Sugawara, "Apparatus for Continuously Monitoring Hydrogen Gas Dissolved in Transformer Oil", IEEE Tans. on Elec. Insulation, Vol.EI-16, No.6, pp502-509, 1981.12