

시험방법에 의한 대용량 유입변압기의 열화진단

심윤태, 김왕곤, 홍진웅*

서울산업대학교, 광운대학교*

Ageing Diagnostics in Oil Transformer for Large Capacity due to Test methode

Yoon-Tae Sim, Wang-Gon Kim, and Jin-Woong Hong*

Seoul National Univ. of Technology, KwangWoon Univ.*

Abstract

In this paper, ageing diagnostics in the large capacity oil transformer are investigated. Following items are investigated for the ageing diagnostic in transformer oils (leakage current of sensor, power consumption and temperature of transformer oil). All temperature data are gathered from daily report in the substation. The power consumption of transformer are gathered output report of APIS(Airport Power Information System). Especially, data of sensor leakage current are accumulated from the online diagnostic system for transformer oil. The temperature of transformer oils major change factor was ambient temperature and capacity of power load. The leakage current are change by oil temperature. The leakage current ware not more than 2 [nA] in summer.

Key Words : oil transformer, ageing diagnostics, leakage current, sensor leakage current.

1. 서 론

최근 전력수요의 증가에 따라 변압기는 점차 초고압화, 대용량화되고 있으며, 이러한 대용량 변압기에는 유입형 변압기를 주로 사용한다. 변압기의 고장은 설비의 유지 보수비용 뿐 아니라 주요 산업설비의 안정운전 저해와 정전으로 인한 막대한 경제적 손실이 유발되기도 한다. 유입 변압기의 고장은 외부요건으로 인한 경우도 있지만 변압기 고장의 자체요인인 절연유의 열화가 절연파괴로 진전되므로 절연유의 열화진단은 변압기의 수명과 안정된 전원공급의 중요한 항목인 것이다. 일반적으로 절연유의 열화진단은 수동으로 시료를 채취하여 분석하는 방법을 사용하기 때문에 검사절차가 복잡하고 불편하며, 무엇보다 절연유 채취 시 발생하는 이물질의 혼입과 수분침투 등은 시험결과를 왜곡시키므로 이때는 진단을 반복 실시하여

판단한다. 본 실험에서는 자가용 154[kV] 수전설비의 계측기 기록을 정리 검토하여 부하상태 등 전기적 특성을 분석하고, 변압기에 장착되어 가동중인 변압기유 온라인 내압측정 장치를 이용하여 얻은 측정결과를 비교 검토한다 또한 변압기 운전조건 인자와 절연유 열화 인자의 변화에 따른 시험 데이터를 근거로 대용량 유입변압기의 열화진단을 고찰하고 기초정보를 제공하고자 한다.

2. 실험

2.1 절연유 열화센서

절연유 열화 센서는 국내 P. Co의 누설전류센서로 주재료는 다공질 세라믹으로 알루미늄, 실리카, 티타늄, 마그네시아 등 여러 가지 무기재료로 제조되나, Alumina (Al_2O_3)를 주성분이다. 이는 이 재질이 면심입방인 Corundum구조를 가진다.

절연유 열화센서(PCS: Porous Ceramic Sensor)는 Base Ring을 중심으로 양극판에 외경78[mm]의 Mesh 전극이 접촉하게 되어 있고 전극간에 삽입되는 기공세라믹의 두께는 9[mm]이고 누설전류 센서의 구조는 그림1과 사진 1과 같다.

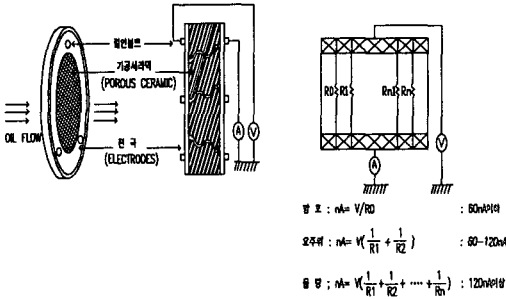


그림 1. 누설전류 센서.

Fig. 1. Leakage current sensor.

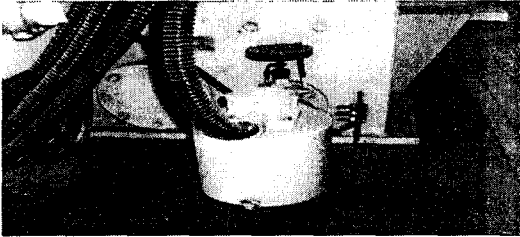


사진 1. 누설전류 센서.

Photo 1. Leakage current sensor.

3. 결과 및 고찰

3.1 시험장치에 의한 변압기유의 열화추정

수변전설비 설치이후 각종장비의 가동이 정상화 되고 전력사용량이 안정적인 운영상태를 보인 이후 1년 간의 센서 측정값과 시험장치 측정값을 대상으로 분석하였다. 분석항목은 센서 누설전류 측정 분석, 변압기 전력량, 주위온도와 변압기유 온도 측정값에 대한 저항값을 분석하고 절연성을 조사하였다.

3.1.1 변압기유 온도와 누설평균전류의 변화

그림 2에서 변압기유의 온도와 센서의 누설전류는 밀접한 변화를 나타나고 있으며 7월의 경우에는 냉각팬의 가동으로 변압기유 온도가 감소하였다.

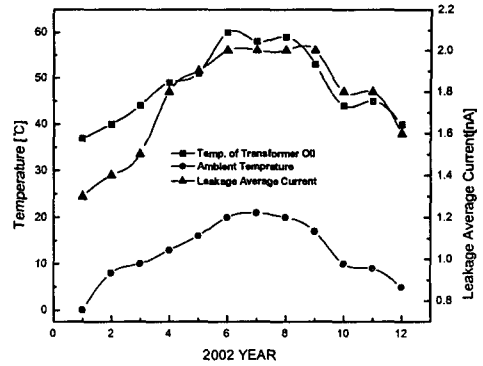


그림 2. 변압기유 온도와 센서누설전류.

Fig. 2. Sensor leakage current and oil temp.

또한 센서의 누설전류는 변압기의 절연유온도가 50 [C] 이상에서 누설전류는 2[nA]로 안정된 추세임을 확인 할 수 있었다.

3.1.2 유효전력과 변압기유 온도

그림 3에서 변압기유의 온도는 주위온도의 변화에 아주 밀접하게 변화하였으며 3월의 경우 부하는 감소되었으나 주위온도의 영향으로 변압기유의 온도가 상승된 것으로 사료된다. 7월의 경우 최대부하 전력을 사용하였으나 변압기에 장착된 냉각 팬이 70[C]에서 동작 55[C]에서 정지함으로써 변압기유의 온도는 전월대비 감소한 것으로 나타남을 확인할 수 있다. 11월, 12월의 경우 부하증가에도 불구하고 변압기유의 온도는 저하함을 알 수 있다. 위 사항들을 종합하여 정리하면 변압기유 온도는 주위 온도와 부하전력에 의한 영향이 큰 것을 알 수 있다.

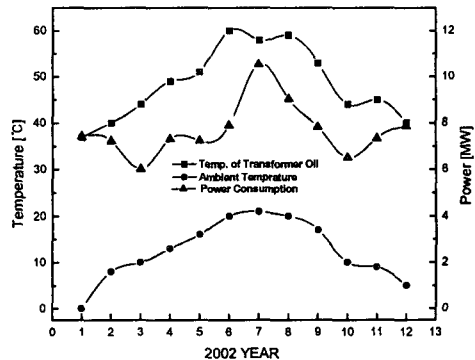


그림 3. 유효전력과 변압기유 온도.

Fig. 3. Temp. of Transformer Oil and Power.

3.1.3 부하전력과 센서의 누설평균전류

그림 4는 부하전력과 센서의 누설전류관계를 나타낸 그림으로 누설평균 전류값의 변화는 변압기의 부하전력량에 대하여 영향은 적은 것을 알 수 있다. 이것은 3일의 경우 부하전력은 감소하였으나 누설전류는 증가하였기 때문이다. 그리고 7일의 부하전력은 급증하였으나 누설전류는 변화 없음을 확인하였다.

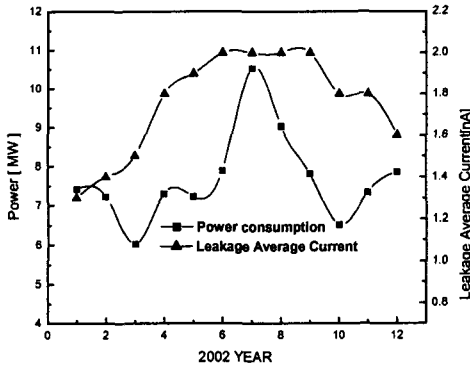


그림 4. 부하전력과 센서 누설평균전류.
Fig. 4. Leakage current and Power.

3.1.4 중부하의 변압기유 온도와 센서누설평균전류

그림 5에서 중부하 시기에 누설전류는 2[nA]으로 거의 변하고 있지 않으며, 이는 절연상태의 안정성과 센서의 특성에 기인하는 것으로 보인다.

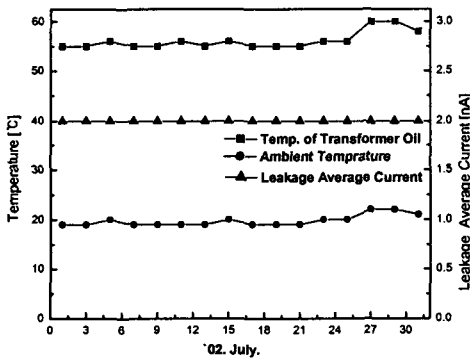


그림 5. 중부하의 변압기유 온도와 누설전류.
Fig. 5. Temp. of transformer oil and leakage average current under heavy load.

3.1.5 중부하의 유효전력과 변압기유 온도

그림6에서 부하전력이 아주 심하게 증감에 따라 변압기유 온도는 미소하게 변하고 있다. 19일의 경우 부하전력은 증가하여도 온도가 증가하지 않은 것은 증가전력량이 적어서 온도증가로 연결되지 않은 것으로 사료된다.

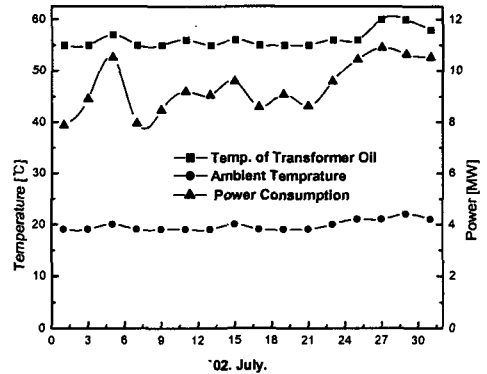


그림 6. 중부하의 전력과 변압기유 온도.
Fig. 6. Temp. of transformer oil and power consumption under heavy load.

3.1.6 경부하의 유효전력과 변압기유 온도

그림 7에서 변압기유 온도는 전력의 변화에 기인하는 것으로 보이나 주위온도가 높은 경우 냉방부하의 증가로 인한 것이 주원인인 것으로 사료된다.

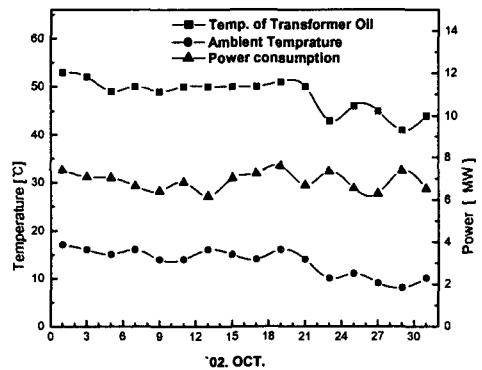


그림 7. 경부하 유효전력과 변압기유 온도.
Fig. 7. OIL Temp. and power under light load.

그러나 13일과 23일의 경우 부하는 증가하여도 주위온도가 저하하면 변압기유 온도가 저하하였다. 이는 변압기 손실 증가에 의한 발열량보다 주위온도의 강하에 의한 열 손실이 커서 나타난 현상으로 사료된다. 이것은 변압기유온도가 주위온도와 부하전력의 복합 함수로 나타남을 알 수 있었다.

3.1.7 경부하의 변압기유 온도와 센서 누설평균전류

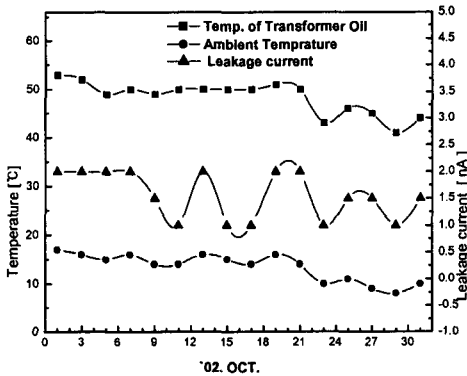


그림 8. 변압기유 온도와 센서 누설전류.

Fig. 8. Temp. of transformer oil and sensor leakage current.

그림 8에서 센서의 누설 평균 전류값의 변화는 주위온도와 변압기유의 온도변화에 영향이 매우 큰 것을 확인하였다. 특히 변압기유 온도가 50 [°C] 이하의 부근에서는 누설전류의 값이 심한 변화를 보였다.

3.1.8 누설전류센서의 도전율과 저항율

두께 $d[m]$ 인 유전재료에 전압 $V[V]$ 를 인가하면 전계의 세기는 $E[V/m]$ 로 되며, 전류 밀도 $J[A/m^2]$ 는 이동하는 캐리어 밀도 $n[m^{-3}]$ 와 그의 이동속도 $v_d[m/sec]$ 로부터

$$J = env_d = en\mu E = \sigma E$$

에서 중부하 시기의 센서의 누설전류 2[nA]와 인가전압 2000[V] 센서규격을 기준으로 계산하면 $E = 2.22 \times 10^5 [V/m]$, $J = 4.19 \times 10^{-7} [A/m^2]$, $R = 2 \times 10^{12} [\Omega]$, $\sigma = 1.88 \times 10^{-12} [s/m]$, $\rho = 5.3 \times 10^{11} [\Omega/m]$ 로 산출되었다.

4. 결론

자가용 154[kV] 수전설비의 계측기부하상태에 따

른 전기적 특성을 분석하고, 변압기에 장착된 온라인 변압기유 내압측정 장치를 이용하여 얻은 측정결과를 비교 검토하였고, 변압기 운전조건 인자와 절연유 열화 인자의 변화에 따른 시험 데이터를 근거로 대용량 유입변압기의 열화진단을 연구한 결과

1. 절연유의 누설전류는 변압기유의 온도 변화에 따라 변하고 있다. 변압기유 온도 50[°C]이상이 되면 누설 전류값의 변화는 안정되었고 이는 절연상태의 안정으로 누설전류의 변화가 거의 없음을 확인하였다.
2. 중부하 상태에서는 센서누설 전류는 변압기 유 온도와 주위온도변화와 관계없이 안정된 상태를 나타내었다. 절연특성이 안정되고 누설전류의 변화도 적음을 확인하였다.
3. 경부하 상태에서는 누설전류는 부하전력보다 주위온도에 의한 영향이 큰 것으로 사료되며 이것은 유입 변압기의 부하증가에 따른 손실 전력량의 발열량이 주위온도에 의한 냉각용량보다 적어 변압기유의 온도상승으로 직결되지 않음을 확인하였다.
4. 대용량 변압기의 절연상태는 열화상태로 진전된 징후는 발견되지 않았다.

참고 문헌

- [1] A. Sierota and J. Rungis, "Electrical Insulating Oils", IEEE Elec. Insul. Magazine, 11. 1, p. 8-20, 1995.
- [2] A. C. M. Willson, "Insulating liquids", PETER PEREGRINUS LTD., p. 3-85, 1980.
- [3] M. Pompili and C. Mazzetti, "Early Stage of Negative PD Development in Dielectric Liquids", IEEE Trans. on Dielectric and Electrical Insulation, 2, 4, p. 602-613, 1995.
- [4] 日本電氣學會, "電氣設備の 診斷技術", 日本電氣學會 編著, p. 39-59, 1985.
- [5] 家田正之 外3, "誘電體 現狀論", 日本電氣學會, p. 242-258, 1985.
- [6] 홍성준 外 3人, "변압기절연유 누설전류와 변압기열화의 상관성 분석", 대한전기학회, p. 10, 2000.