

변압기유의 체적고유저항특성에 미치는 염분의 영향
The Influence of Sodium Chloride on the
Volume Resistivity Characteristics of Transformer Oils

조경순, 이정상*, 임창수, 김석환*, 이충호**, 홍진웅
Kyung-Soon Cho, Jung-Sang Lee*, Chang-Soo Lim, Suck-Hwan Kim*, Chung-Ho Lee**, Jin-Woong Hong

광운대학교 전기공학과

Dept. of Electrical Engineering, Kwangwoon University

*서울산업대학교 전기공학과

*Dept. of Electrical Engineering, Seoul Nat'l Polytechnic University

**충주산업대학교 전기공학과

**Dept. of Electrical Engineering, Chung Ju National University

ABSTRACT

In order to investigate the influence of sodium chloride on the volume resistivity characteristics of transformer oils in temperature range of 20 ~ 100[°C] were made researches. The geometrical capacitance of electrode with coaxial cylindrical shape for measuring the volume resistivity was 16[pF], and highmegaohm meter model VMG-1000 was used, the applying voltage were DC 100, 250, 500 and 1000[V]. The classification for the physical properties of specimen by FTIR Spectroscopy was carried out. AS a result of experiment, the value for volume resistivity is increased with sodium chloride contents.

1. 서 론

액체 절연체중 변압기유는 변압기, 케이블전력용 기기의 전기절연 및 냉각재료로 널리 사용되고 있다. 일반적으로 액체 절연유는 수분, 온도, 혼입가스, 불순물 등에 따라 그 특성이 변화하며, 주로 이러한 영향들은 절연 재료에 대하여 전기적, 기계적 열화를 수반하게 된다. 이에따라 혼입 불순물이 변압기유의 전기적특성에 미치는 영향에 대한 많은 연구가 보고되고 있다.

특히, 염분이 함유된 변압기유에 대한 물성 및 전기적 특성 실험결과는 주로 해안지방에 집중되어 있어 염분에 노출이 심한 발전소 등과 같은 전력설비들의 운영 및 기기관리 등에 참고자료를 제공하므로써 변압기유의 성능 및 수명을 연장할 수 있을 것으로 전망되며 앞으로 건설될 발전소의 변압기 설치 및 관리에도 염분의 영향을 고려하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서는 불순물의 영향에 대한 변압기유의 특성 변화를 연구하기 위하여 불순물로서 순도 99.5[%]의 순수한 염화나트륨을 변압기유에 교반시켜 물성과 절연성 시험의 비파괴측정 방법중 하나이며 전기 전도 현상을 추정할 수 있는 체적고유저항특성 실험을 하였다.

2. 시료 제작

시료는 변압기유 1000[ml]에 불순물로서 순도 99.5[%]의 순수 염화나트륨을 각각 3[mg], 6[mg], 9[mg]씩 넣고 마그네틱 교반기를 이용하여 동일한 조건에서 9시간동안 교반과정을 거쳤다. 또한, 이러한 교반과정 중에 변압기유 내에 발생하는 기포의 영향을 최소화 하기 위하여 10⁻²[Torr] 정도의 진공상태에서 2시간동안 진공탈기 처리를 하였다.

3. 물성분석

염분이 함유된 변압기유의 물성을 분석하기 위하여 FTIR을 이용하였으며 분석 결과는 그림 1과 같다.

시료에 대한 FTIR 분석 결과에서 1732 [cm^{-1}] 밴드에서의 피크는 염분 함유량이 증가할수록 점점 커지는 것을 볼 수 있으며, 이와 같은 현상은 실험을 마친 시료에 대해서도 같은 결과를 나타내는 것을 볼 수 있다. 이것은 Carbonyl 기의 증가를 암시하는 것이며, 또한 700 [cm^{-1}] 밴드에서의 피크는 염분 함유량이 증가할수록 피크의 크기가 점차로 작아지는 것을 확인하였다.

4. 체적고유저항 측정

가. 실험장치

변압기유의 체적 고유저항을 측정하여 전기전도에 미치는 전자선의 영향을 조사하기 위해 전기적 특성 실험으로 전자선 조사량에 따른 체적 고유저항의 온도 의존성과 전압 의존성을 실험하였다.

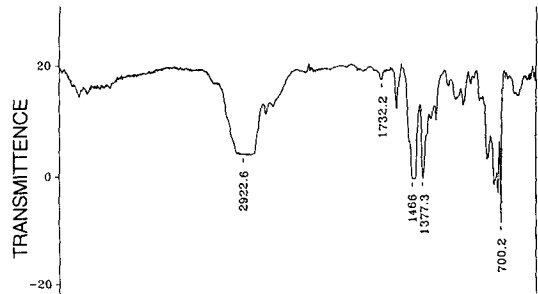
본 실험에 사용된 전극은 동축 원통형 전극으로 기하학적 정전용량은 16.0[pF]인 것을 사용하였고, 온도조절은 자동 온도 조절기를 내장하여 일정한 온도를 유지할 수 있는 오븐(TO-9B, ANDO)을 사용하였다. 실험 온도조건은 오븐 내에서 20[$^{\circ}\text{C}$]~120[$^{\circ}\text{C}$]까지 변화시켰으며 체적 고유저항 측정은 미소전류계인 Highmegohmmeter, VMG-1000을 사용했으며, 실험장치의 블록선도는 그림 2와 같다.

나. 결과 및 검토

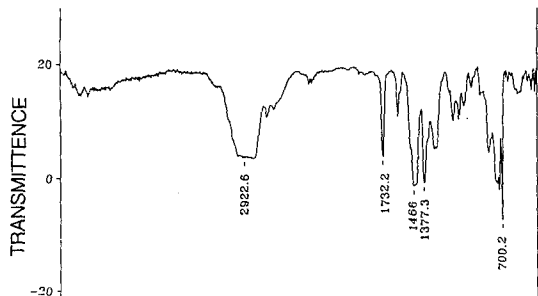
변성기기의 대용량화 및 고전압화로 절연유의 절연특성이 우수해야 계통의 신뢰성이 확보되고 양질의 전기를 공급할 수 있다.

그래서 절연유의 절연성을 비파괴 검사하는 간접적인 평가방법 중 체적 고유저항 측정법을 사용하여 시료에 직류전압을 인가하고 일정시간(본 실험에서는 300[sec])이 지나서 온도 의존성과 전압 의존성을 측정하였다.

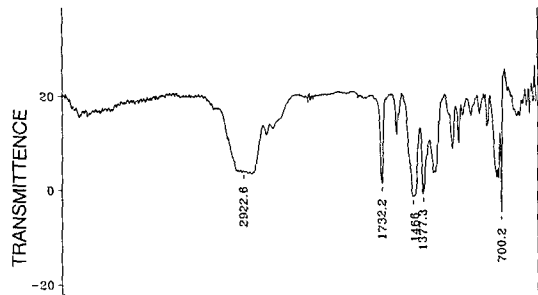
그림 3은 인가전압 100[V]에서 각 시료들에 대한 체적고유저항의 온도 의존성을 나타낸 그림으로 저온 영역에서는 염분 함유량의 증가에 따라 체적 고유저항은 낮아지나 온도가



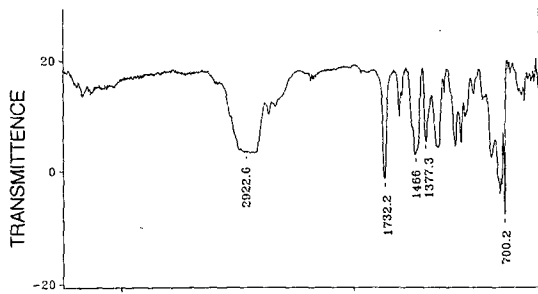
(a) original



(b) 3 [ppm]



(c) 6 [ppm]



WAVE NUMBER

(d) 9 [ppm]

그림 1. 시료의 적외선 스펙트럼

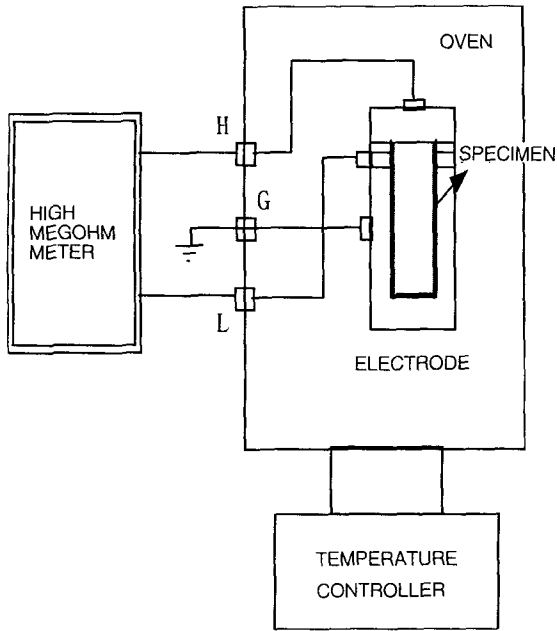


그림 2 실험 장치의 블록선도

증가하여 고온영역으로 이동할수록 염분 함유량 증가에 따라 높은 체적고유저항 값을 나타냄을 확인할 수 있다.

온도가 높아짐에 따라서 시료들의 절연성은 저하되는 것으로 생각되며 고온 측으로 갈수록 체적 고유저항 값이 거의 선형적으로 감소되고 있는 것을 볼 수 있다.

인가전압을 250[V], 500[V], 1000[V]로 상승시켰을 때 시료들에 대한 체적고유저항의 온도의존성을 각각 그림 4, 5, 6에 나타내었다.

저온에서는 염분 함유량의 증가에 따라 체적 고유저항은 낮아지고 고온영역으로 이동하면서 함유량 증가에 따라 체적 고유저항은 커지는 것을 볼 수 있다.

특히 염분 함유량이 9[ppm]인 시료는 전압이 높아짐에 따라 온도 증가에 대해 선형적인 감소가 나머지 시료에 비해 현저히 작아 거의 일정한 체적 고유저항 값을 유지하는 하는 것으로 보인다. 이것은 절연파괴 실험결과에서도 고찰된 바와 같이 이온 결정 구조를 갖는 혼입물이 전도에 기여하는 캐리어들의 이동을 방해하는 요인으로 작용하기 때문에 온도 변화에 따른 체적 고유저항의 변화가 거의 나타나지 않는 것으로 생각된다.

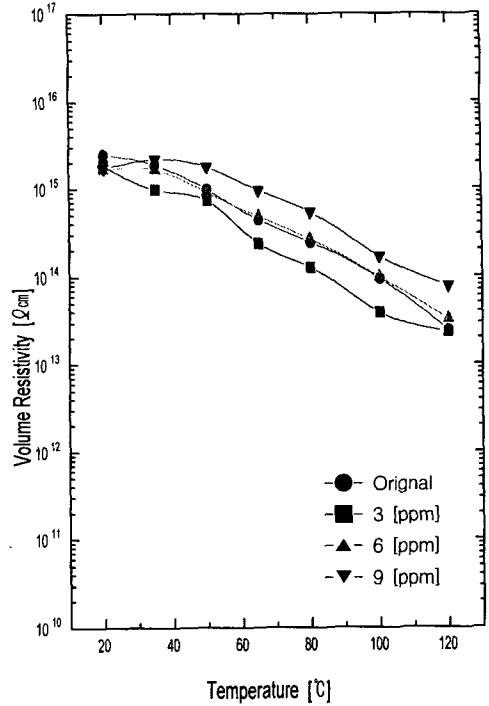


그림 3. 인가전압 100[V]에서 체적고유저항의 온도의존성

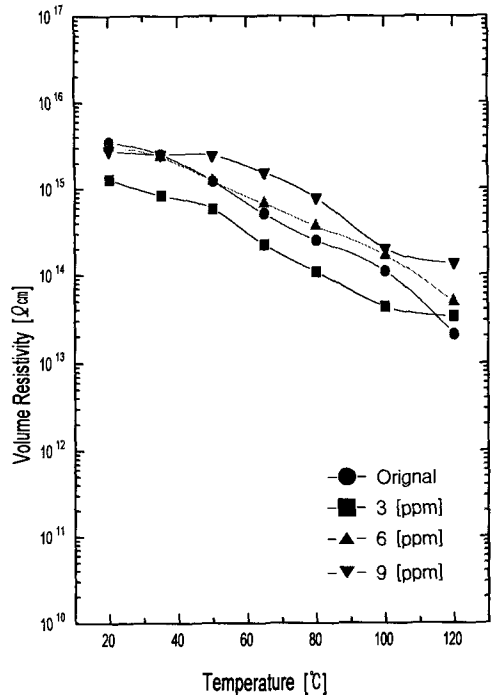


그림 4. 인가전압 250[V]에서 체적고유저항의 온도의존성

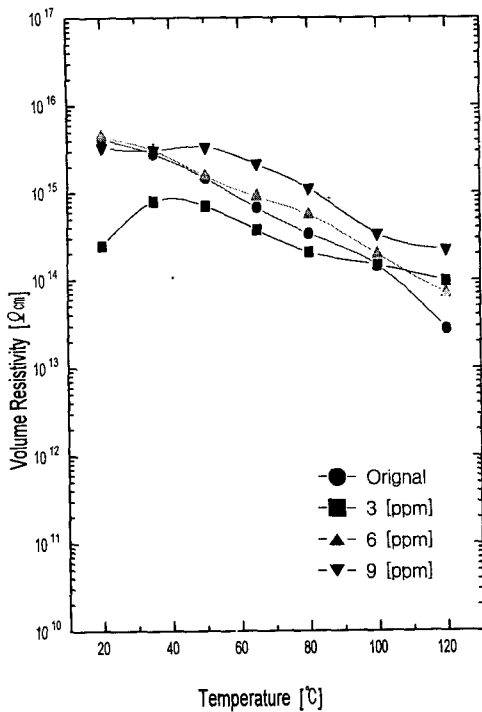


그림 5. 인가전압 500[V]에서 체적고유저항의 온도의존성

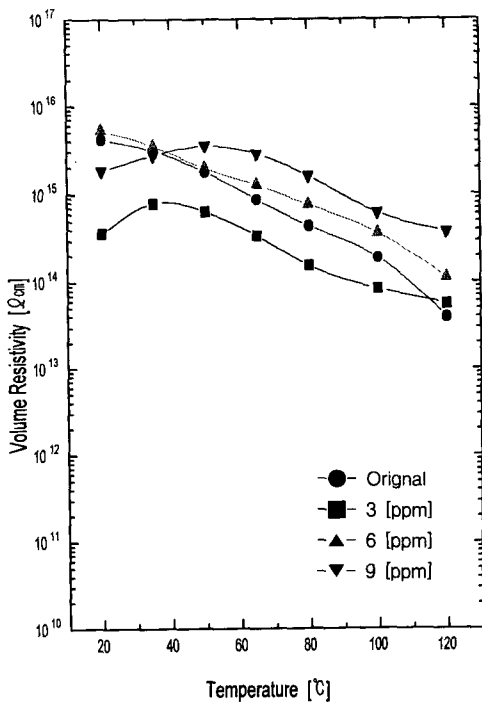


그림 6. 인가전압 1000[V]에서 체적고유저항의 온도의존성

5. 결 론

수분, 온도, 먼지 입자, 불순물 등의 주위 영향에 따라 변화되기 쉬운 액체 절연유의 물성과 전기적 특성을 연구하기 위하여 액체 절연유로 변압기유를 선택하고 불순물로 순도 99.5[%]의 순수 염화나트륨을 교반시켜 전기적 특성 연구로 체적고유저항 실험을 한 결과

물성분석을 통하여 불순물 함유에 따라 Carbonyl 기가 증가하는 것을 확인 하였으며, 파수 700[cm⁻¹] 밴드에서 염분 함유량이 증가할수록 흡수의 진폭이 작아지는 것을 시료의 FT-IR Spectrum으로부터 알 수 있었다.

체적고유저항 측정 결과 온도의 증가에 따라 체적고유저항은 선형적으로 감소하는 것을 확인하였으며 염분의 함유량 9[ppm]에서는 이온결합 물질의 혼입에 따른 영향이 크게 나타나 온도 변화에 선형적인 감소의 정도가 작아짐을 확인 하였다.

이상의 결과로 부터 절연과피 실험이나 전기전도를 조사하기 위한 체적고유저항 특성 실험에서 이온결정 구조를 갖는 염화나트륨을 교반시켜 온도의 증가에 대해서는 일반적인 고체 절연체에서는 온도가 증가함에 따라 절연성이 저하됨에도 불구하고 오히려 절연성이 증가되는 것을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] A Sierota and J. Rungis ; Electrical Insulating Oils, Part I; Characterization and Pre-treatment of New Transformer Oils, IEEE. Elec. Insul. Magazine, 11, 1, pp 8-20 (1995)
- [2] 大橋 朝夫, 渡邊 茂男 ; 液體の電氣傳導および絶縁破壊, 靜電氣學會誌, 13, 2, pp 126-131 (1989)
- [3] A. C. M. Willson ; INSULATING LIQUIDS : Their uses, manufacture and properties, pp 3-85 (1980)
- [4] M.Pompili, C. Mazzetti and R.Bartnikas ; Early Staages of Negative PD Development in Dielectric Liquids, IEEE. Trans. Dielectric and Electrical Insul. 2, 4, pp 602-613 (1995)