

염분에 따른 변압기유의 유전특성 (II) The Dielectric Characteristics of Transformer Oil due to the Sodium Chloride (II).

이 수원, 초 경순, 이 우영*, 김 석환**, 송 병기, 홍 진용

Soo-Won Lee, Kyung-Soon Cho, Woo-Young Lee*,

Suck-Wan Kim**, Byung Ki SONG, Jin Woong HONG

광운대학교 전기공학과, * : 서울산업대학교 전기공학과, ** : 대한상공회의소 인천직업훈련원

Dept. of Electrical Eng., KwangWoong University

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

** : The Korea Chamber of Commerce & Industry

InChun Vocational Training Center

Abstract

In order to investigate the electrical properties for transformer oils which contains a pure sodium chloride, the dielectric properties is made researches.

This experiments for measuring the dielectric loss is performed at 20~120[°C] in the temperature range, 30~1.5×10⁵[Hz] in the frequency range and 300~1500[mV] in the voltage range.

The result of experiment for the movement of carrier and the physical constants to contribute dielectric properties of specimen with a pure sodium chloride.

1. 서 론

전력 송배전 계통에서 변압기는 변성기기 중 핵심적인 부분을 차지하고 있다.

이러한 변압기는 절연과 냉각용 재료로 액체 절연체인 변압기유를 사용하고 있어 앞으로 실현될 765[kV] 송압송전에 대비한 새로운 연구가 수행되어야 할 것으로 전망된다.

그런데, 일반적으로 액체 절연유는 수분, 혼입 가스, 불순물 등 주위의 영향에 따라 그 특성이 변화되므로 이와같은 주위 영향에 따른 액체 절연체로써 변압기유의 특성 변화에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

따라서 본 실험에서는 관심의 대상인 액체 절연유로 변압기유를 실험시료로 선택하고 변압기유에 불순물로써 순도 99.5%의 순수 염화나트륨을 교반시켜 변압기유의 물성과 전기적 특성에 미치는 염분의 영향을 조사하였다.

2. 실험 방법

실험에 사용된 액체 절연체는 나프텐계 광유에서 얻어낸 변압기유로써 순수하게 탄화수소로만 조성된 것을 선택 하였다.

제작된 실험시료의 구분은 표1에 나타난 것과 같으며, 변압기유 1000[ml]에 불순물로써 순도 99.5%의 순수 염화 나트륨을 각각 3[mg], 6[mg], 9[mg]씩 넣고 마그네틱 교반기를 이용하여 동일한 조건에서 9시간동안 교반과정을 거쳤다.

이러한 교반과정 중에 변압기유 내에 발생되는 기포의 영향을 최소화 하기 위하여 10⁻³[Torr] 정도의 진공상태에서 2시간 동안 진공탈기 처리를 하였다.

광유계 탄화수소는 매우 복잡하고 많은 이성체로 구성되어 있어 화학구조를 아는 것은 불가능하고 단지 형태만으로 구분하고 있다.

따라서 시료에 대한 물성을 조사하기 위하여 광학적인 방법으로 FT-IR과 ¹H-NMR을 이용하였다.

표 1. 시료의 구분

Table 1. The classification of the specimen

구분	변압기유의 양 (Unit : [ml])	불순물의 양 (NaCl)	불순물 혼입 양 (Unit : [ppm])
# 1	1 0 0 0	0 [mg]	0
# 2		3 [mg]	3
# 3		6 [mg]	6
# 4		9 [mg]	9

그리고 시료의 전기적 특성을 연구하기 위하여 인가전압 범위 300[mV]~1500[mV], 주파수 범위 30[Hz]~1.5×10⁵[Hz], 온도 범위 20[°C]~120[°C]에서 유전특성을 실험하여 온도 의존성과 전압 의존성을 연구하였다.

3. 실험결과 및 검토

(1) 물성분석

시료의 물성을 조사하기 위하여 FTIR을 이용한 물성분석 결과로부터 파수 1722[cm⁻¹] 밴드에서 나타나는 피크의 크기가 염분의 함유량 증가에 따라 점점 커지는 것을 알 수 있었으며, 이것은 Carbonyl 기의 증가에 기인한 것으로 생각된다.

또한 파수 700[cm⁻¹] 밴드에서 나타나는 피크의 크기는 이와는 반대로 염분 함유량이 증가할수록 점차 작아지는 것을 확인하였다.

(2) 유전특성의 온도 의존성

액체 절연체에서 포함된 불순물을 조사하기 위하여 변압기유에 순수 염화나트륨을 첨가하여 전기적 특성을 연구하기 위해 유전정점을 측정하였다.

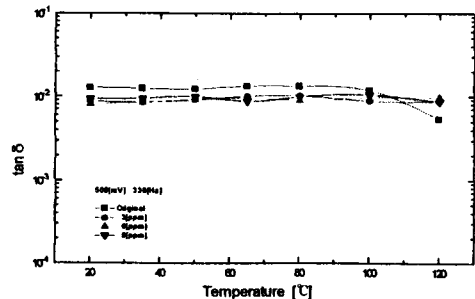


그림 1. 유전특성의 온도 의존성(500[mV], 330[Hz])

Fig. 1. Temperature dependence of dielectric characteristics in 500[mV], 330[Hz]

인가전압 500[mV], 주파수 330[Hz]인 조건에서 시료에 대한 유전특성의 온도 의존성을 그림 2에 나타내었다.

원시료의 유전정점의 크기는 온도 변화에 무관하고 거의 일정하게 나타나다가 온도 100[°C] 이상이 되면 급속히 감소하며, 염분 함유량이 3[ppm], 6[ppm], 9[ppm]인 시료는 각각 온도 80[°C], 65[°C], 55[°C] 영역에서 약한 피크가 나타난다.

원시료의 경우 온도 100[°C] 이상이 되면 시료의 유동성 향상으로 인해 유전정점의 크기가 감소되는 것으로 생각되며, 염분이 함유된 시료의 경우 불순물의 영향으로 유동점이 낮아져 미약한 피크가 나타나는 것으로 생각된다.

그러나 주파수가 1[kHz]로 높아지면 이온이나 쌍극자의 기여에 의한 영향이 줄어들어 유전정점의 크기가 전체적으로 작을 나타냄을 그림 2을 통하여 확인할 수 있다.

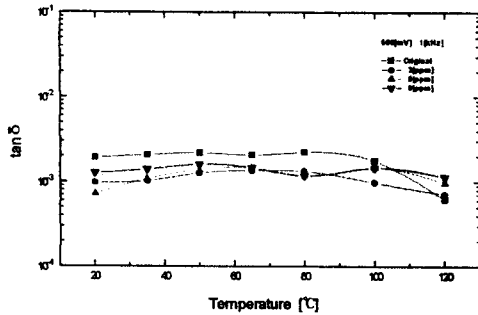


그림 2. 유전특성의 온도 의존성(500[mV], 1[kHz])

Fig. 2. Temperature dependence of dielectric characteristics in 500[mV], 1[kHz]

원시료의 경우 유전정점의 크기가 작아졌을 뿐 온도 변화에 따른 유전특성의 변화는 주파수 330[Hz]인 경우와 유사한 경향을 나타낸다.

이것은 원시료에는 존재하지 않는 새로운 이온이나 radical의 영향에 의해 온도에 따른 열에너지로 인해 나타나는 것으로 생각된다.

그러나 온도 100[°C] 이상이 되면 시료의 유동성의 영향이 크게 작용하여 유전정점의 크기가 감소되는 것으로 생각되며 염분함유량이 작을수록 유동성의 영향이 크게 나타나는 것으로 생각된다.

동일한 인가전압에서 주파수가 10[kHz]로 높아진 경우 유전정점의 온도 의존성을 그림 3에 나타내었다.

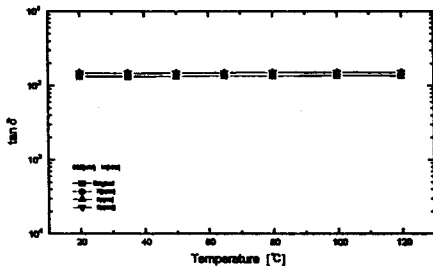


그림 3. 유전특성의 온도 의존성(500[mV], 10[kHz])

Fig. 3. Temperature dependence of dielectric characteristics in 500[mV], 10[kHz]

주파수 10[kHz] 영역에서 유전정점의 주파수의 기여에 의한 손실로 염분의 함유량과 관계없는 것을 알 수 있으며, 온도의 변화에도 관계없이 일정하게 나타나는 것으로 생각된다.

또한 유전정점의 크기가 상당히 큰 값을 나타냄을 확인할 수 있다.

인가전압이 1500[mV]로 증가된 경우 주파수 330[Hz]인 조건에서 유전특성의 온도 의존성을 그림 4에 나타내었다.

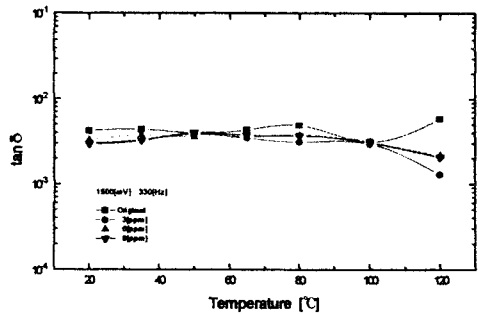


그림 4. 유전특성의 온도 의존성(1500[mV], 330[kHz])

Fig. 4. Temperature dependence of dielectric characteristics in 1500[mV], 330[kHz]

주파수가 1[kHz]로 높아진 경우 유전특성의 온도 의존성을 그림 5에 도시하였다.

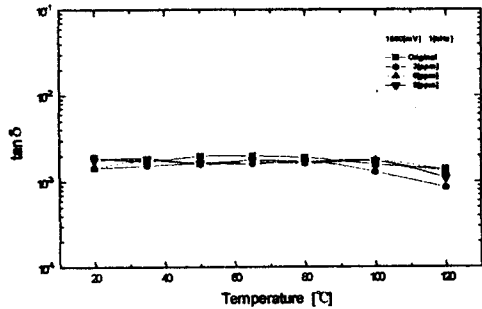


그림 5. 유전특성의 온도 의존성(1500[mV], 1[kHz])

Fig. 5. Temperature dependence of dielectric characteristics in 1500[mV], 1[kHz]

그리고 온도가 증가하여 100[°C] 이상이 되면 시료에 유동성에 영향으로 유전정점의 크기는 다소 감소되나 낮은 인가전압에서의와 같은 큰 변화는 보이지 않는다.

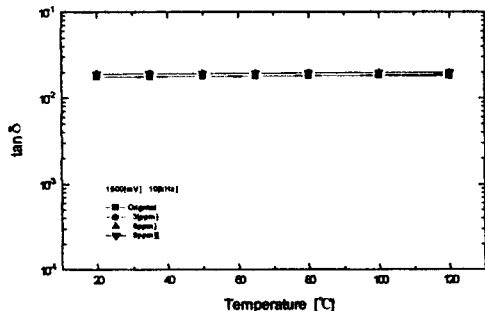


그림 6. 유전특성의 온도 의존성(1500[mV], 10[kHz])

Fig. 6. Temperature dependence of dielectric characteristics in 1500[mV], 10[kHz]

그림 6은 인가전압 1500[mV], 주파수 10[kHz]인 조건에서 유전특성의 온도 의존성으로 인가전압 500[mV]인 경우와 같은 주파수의 기여에 의한 손실로써 온도변화와 염분함유량에 변화에 무관하고 일정한 특성을 나타낸다.

(3) 유전특성의 전압 의존성

인가전압 변화에 따른 유전특성의 변화를 연구하기 위해 온도는 80[°C]에서 유전특성의 전압 의존성을 조사하였다.

그림 7은 주파수 330[Hz]인 경우 유전특성의 전압 의존성을 보여주고 있다.

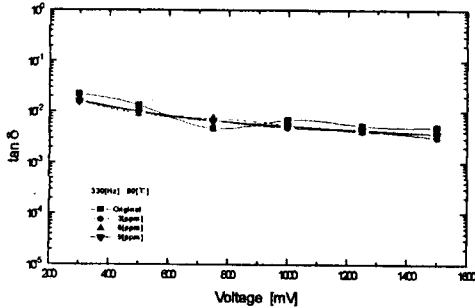


그림 7. 유전특성의 전압 의존성(80[°C], 330[Hz])
Fig. 7. Voltage dependence of dielectric characteristics in 80[°C], 330[Hz]

인가전압이 증가하면 유전정점의 크기가 오히려 작아지는 것을 알수 있는데, 전압이 높아질수록 인가전압이 -1.5승배 만큼 유전정점이 작아진다는 Garton의 이론에 따른 것으로 생각된다.

인가전압에 따른 이러한 영향은 불순물의 함유와 함유량과는 관계없이 나타나는 것으로 생각된다.

주파수가 1[kHz]로 높아진 경우 유전특성의 전압 의존성은 그림 8와 같다.

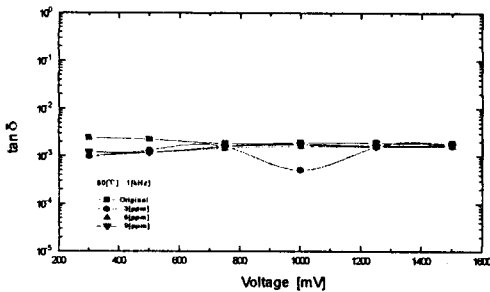


그림 8. 유전특성의 전압 의존성(80[°C], 1[kHz])
Fig. 8. Voltage dependence of dielectric characteristics in 80[°C], 1[kHz]

원시료는 주파수 330[Hz]인 경우와 유사하게 인가전압 상승에 따라 유전정점의 크기가 감소하다가 인가전압이 약 700[mV]이상으로 되면 일정한 특성을 나타낸다.

그러나 염분이 함유된 시료의 경우는 인가전압 상승에 따라 약간씩 유전정점의 크기가 커지는 것을 알수 있다.

이것은 원시료에서는 존재하지 않는 불순물의 영향으로 인가전압 상승에 따라 도전성이 증가되기 때문으로 생각된다.

주파의 기여에 따른 손실이 나타나는 것으로 생각되는 주파수 10[kHz]인 경우 유전특성의 전압 의존성을 그림 9에 나타내었다.

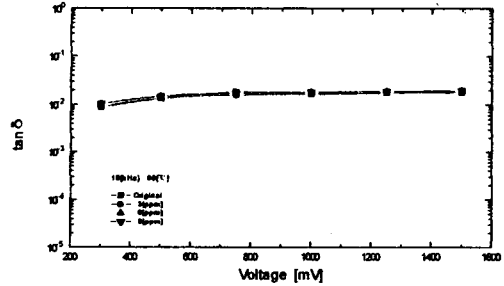


그림 9. 유전특성의 전압 의존성(80[°C], 10[kHz])
Fig. 9. Voltage dependence of dielectric characteristics in 80[°C], 10[kHz]

인가전압 상승에 따라 조금 증가하는 경향을 나타내지만 약 700[mV] 정도에서 유전정점의 크기는 일정하게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

주파의 기여에 의한 손실이므로 불순물에 따른 영향은 나타나지 않는 것으로 생각된다.

4. 결 론

액체 절연유로 변압기유를 선택하고 불순물로 순도 99.5[%]의 순수 염화나트륨을 교반시켜 물성분석과 전기적 특성 연구로 유전특성을 연구하였다.

물성분석을 통하여 불순물 함유에 따라 Carbonyl 기가 증가하는 것을 시료의 FT-IR Spectrum으로부터 알 수 있었다.

유전특성의 온도 의존성에서 저주파수 영역에서는 염분 함유량이 증가할수록 약한 피크가 나타나는 온도 영역이 낮은 온도 영역으로 이동됨을 확인하였고, 온도 100[°C] 이상의 고온 영역에서는 시료의 유동성의 향상으로 인해 유전정점의 크기가 작아지는 것을 확인하였다.

유전특성의 전압 의존성에서는 염분이 함유된 시료의 경우, 인가전압 상승에 따른 영향을 받는 주파수의 영역이 원시료보다 낮은 영역에 있는 것으로 보아 불순물로 함유된 염분이 인가전압 상승에 따른 도전성 증가에 기여하는 것으로 생각된다.

본연구는 1995년도 한국전력공사의 연구 지원에 의해 수행 되었음

References

- [1] A. C. M. Willson ; INSULATING LIQUIDS : Their uses, manufacture and properties, PP 3-85 (1980)
- [2] 日本工業技術院 ; 赤外分光分析方法通則, JIS K 0117, PP 1-34 (1990)
- [3] 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)
- [4] 家田 正之 外 3人; “誘電體 現象論”, 電氣學會, pp 242-258 (1985)
- [5] R. Tamura, Y. Miura et al ; STATIC ELECTIFICATION BY FORCED OIL FLOW IN LARGE TRANSFORMER, IEEE TRANS. on Power Apparatus and Systems, PAS-99, 1, PP 335-343 (1980)