

BTA 교반온도에 따른 변압기유의 체적고유저항 특성 Volume Resistivity Characteristics of Transformer Oils due to the Stirring Temperature of BTA

이용우*, 김석환**, 박문규, 소병문, 김왕곤**, 홍진웅
Yung-Woo Lee*, Suk-Wan Kim**, Moon-Kyu Park, Byung-Moon So,
Wang-Kon Kim**, Jin-Woong Hong

Dept. Electrical Engineering, Kwangwoon University
* : Dept. Electrical Engineering, Chungnam Junior College
** : Dept. Electrical Engineering, Seoul Nat'l Polytechnic University

Abstract-In this paper, volume resistivity is studied so that the electrical properties for transformer oil due to the stirring temperature of BTA is investigated.

A measurement of volume resistivity using the VMG-1000 highmegohm meter is recorded after 10 minutes when the each voltage, and DC 100[V], 250[V], 500[V] and 1000[V] is applied, according to the step voltage appliaction method. A coaxial cylindrical liquid electrode to measure volume resistivity of specimen is used, and its geometric capacitance is 16[pF].

1. 서론

오늘날 초고압용 변압기는 대형화로 인해 많은 문제점들이 발생하고 있으며, 이러한 문제점을 해결하기 위하여 많은 연구가 수행중에 있다. 이중 액체 절연유는 변압기의 절연과 손실등으로 인해 발생하는 열을 냉각하는데 효과적인 절연체로 현재 변압기에서 가장 많이 사용되고 있는 절연재료이다.

하지만 변압기가 초대형화되면서 변압기내에서 발생하는 열을 대류현상에만 의존하여 냉각하기엔 발생열이 너무나도 크기 때문에 변압기의 효율과 절연성 저하가 큰 문제로 대두되었다.

이러한 문제를 해결해 준 것이 변압기유를 대류에 의존하여 순화시키지 않고 펌프를 이용하여 강제로 순환시키면서 냉각하는 방법이었다. 강제순환방식은 열로 인한 변압기의 손상을 막는데 커다란 역할을 하였다.

그러나 강제순환방식도 다른 문제를 갖고 있었으며 그것은 바로 유동대전이였다. 이 유동대전은 절연체간에 마찰로 인해 나타나는 현상으로 대류순환시에는 거의 무시될 정도로 미약하지만 강제순환방식에서는 유속이 증가하면서 그 영향이 무시할 수 없게된 것이다. 많은 연구자들이 유동대전으로 인한 변압기의 손상을 막기위해 여러가지 시도를 해왔으며, 그 방법중 하나가 Benzotriazole(이하 BTA)이라는 대전억제제를 이용하는 것이다. 따라서 본 연구는 변압기의 절연성에 BTA 즉, 대전억제제가 미치는 영향을 연구하였다.

2. 시료의 제작 및 실험방법

2-1. 시료의 물성

최근 유동대전 억제제로 사용되고 있는 BTA(Benzotriazole)의 화학구조식과 특성을 각각 그림 1과 표 1에 나타내었다.

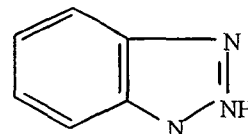


그림 1. BTA의 화학구조식
Fig. 1. Constitutional formula of BTA

표 1. BTA의 물성
Table 1. Physical properties of BTA

Classification	Physical properties
Molecular weight	119.12 [g/mole]
Melting point	about 100 [°C]
Solubility	120 [mg/ℓ] at 20 [°C] (Insulating oil)
Vapor pressure	at 30 [°C] 0.04 [mmHg] at 100 [°C] 0.10 [mmHg]

2-2. 시료제작

실험에 사용된 시료는 현재 초고압용 변압기에 사용되고 있는 변압기유 2000[ml]에 BTA를 각각 0.001[mg], 0.02[mg], 0.1[mg] 첨가하여 5[ppm], 10[ppm], 50[ppm]인 시료를 교반온도 80[°C]와 100[°C]에서 각각

제작하였다. 또한 시료를 액체전극에 주입시 발생할 수 있는 기포의 영향을 제거하기 위하여 진공데시게이터에서 약 10^{-2} [torr]의 진공도를 유지 시켜주면서 2 시간동안 진공탈기 과정을 거쳤다. 각각의 시료를 표 2에 구분하여 나타내었다.

표 2. 시료의 구분

Table 2. The classification of specimen

구분	변압기유의 양	교반온도	BTA 첨가량	함유량
#1	2000[mL]	80[°C]	0.001[mg]	5[ppm]
#2			0.02[mg]	10[ppm]
#3			0.1[mg]	50[ppm]
#4		100[°C]	0.001[mg]	5[ppm]
#5			0.02[mg]	10[ppm]
#6			0.1[mg]	50[ppm]

2-3. 체적고유저항 실험방법

전기적 특성을 연구하기 위한 실험으로 도전성의 변화를 조사하기 위하여 각 시료의 체적고유저항을 측정하였다.

실험온도 범위는 25[°C]~100[°C]에서 DC 100[V], 250[V], 500[V], 1000[V]를 인가하여 각 시료의 체적고유저항을 측정하였다. 전압인가 방법은 Step 인가법에 따라 전압을 인가하고 10분이 경과한 후에 지시된 체적고유저항을 기록하였다. 그림 2는 체적고유저항 특성을 측정하기 위한 실험장치의 개략도이다.

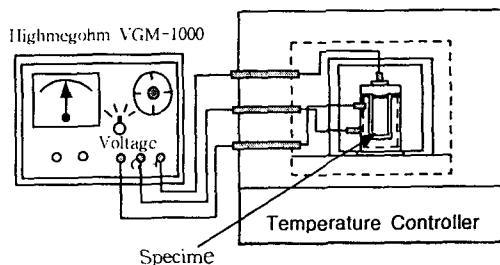


그림 2. 실험장치의 개략도

Fig. 2. Schematic drawing of experimental device

3. 실험 결과 및 고찰

4-1. 체적고유저항의 온도 의존성

BTA의 교반온도 변화에 따른 변압기유의 전기적 특성을 연구하기 위하여 체적고유저항을 연구하였다.

그림 3은 교반온도 80[°C], 인가전압 100[V]에서 체적고유저항의 온도 의존성을 나타낸 것이다. 온도가 증가함에 따라 전도성 캐리어가 증가하여 체적고유저항 값이 다소 감소하는 경향을 나타내며 BTA 첨가량 5

[ppm]인 시료의 저항값이 다소 크게 나타남을 확인할 수 있다. BTA의 용점이 100[°C]인 것을 감안할 때 5 [ppm]인 시료의 경우 불완전하게 녹아있는 BTA 첨가제의 영향을 거의 받지 않았기 때문에 저온 영역에서 다소 높은 저항값을 나타내는 것이라 생각된다. 그러나 온도가 100[°C]이상으로 증가하면서 BTA 첨가량이 10[ppm]인 시료의 저항값이 약간 증가한 것을 확인할 수 있는데, 이는 BTA 첨가제가 용점 온도인 100[°C] 이상이 되면서 이온등에 의한 캐리어의 이동을 BTA가 억제하는 역할을 하면서 나타나는 체적고유저항 값의 증가라 생각된다. 하지만, 인가전압 100[V]의 저전계 영역이므로 BTA 첨가량에 따른 체적고유저항 값은 거의 차이가 없는 것을 확인할 수 있다.

그림 4은 교반온도 80[°C], 인가전압 1000[V]에서 체적고유저항의 온도 의존성을 나타낸 것이다. 전계가 증가함에 따라 BTA 첨가량 50[ppm]인 시료의 체적고유저항 값이 이전보다 더 감소해 있는 것을 확인할 수 있으며 BTA 첨가량 10[ppm]인 경우 이전의 결과와 같이 100[°C]에서 체적고유저항 값이 증가된 것을 확인할 수 있다. 위의 결과에서 용점이 100[°C]인 BTA가 온도 80[°C]에서 불완전하게 녹아 첨가량이 증가함에 따라 체적고유저항 값이 다소 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 온도 100[°C]이상에서는 BTA 첨가량 10[ppm]의 시료가 용점에서 완전히 용융되면서 체적고유저항 값이 다소 증가한 것이라 생각된다.

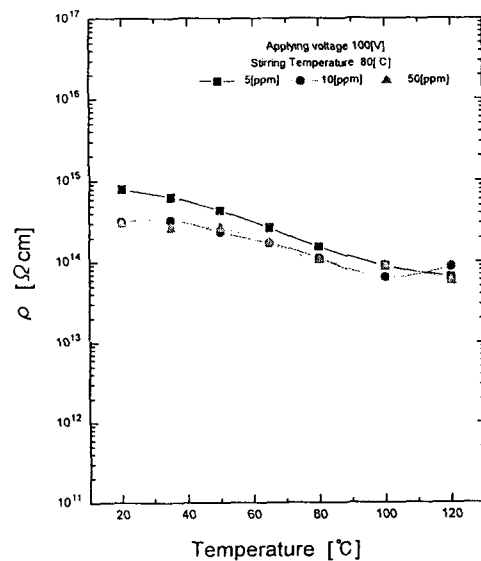


그림 3. 교반온도 80[°C]에서 BTA 첨가량에 따른 체적고유저항의 온도 의존성(인가전압 100[V])

Fig. 3. The temperature dependence of volume resistivity due to the BTA addition at the stirring temperature 80[°C](applying voltage 100[V])

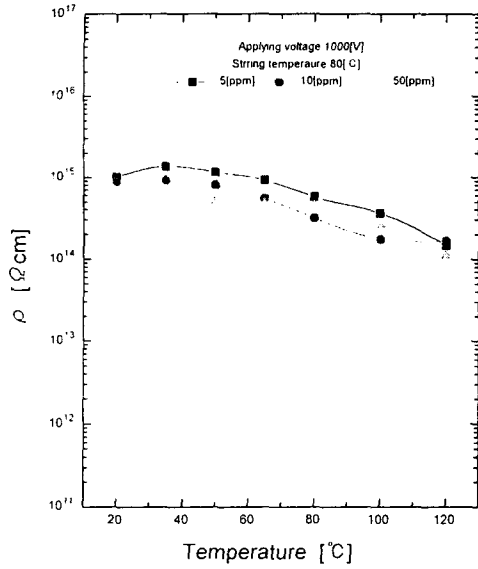


그림 4. 교반온도 80[°C]에서 BTB 첨가량에 따른 체적고유저항의 온도 의존성(인가전압 1000[V])
 Fig. 4. The temperature dependence of volume resistivity due to the BTB addition at the stirring temperature 80[°C](applying voltage 1000[V])

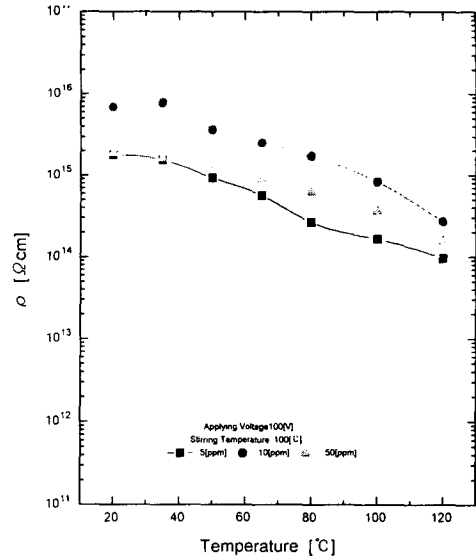


그림 6. 교반온도 100[°C]에서 BTB 첨가량에 따른 체적고유저항의 온도 의존성(인가전압 100[V])
 Fig. 6. The temperature dependence of volume resistivity due to the BTB addition at the stirring temperature 100[°C](applying voltage 100[V])

그림 6은 교반온도 100[°C], 인가전압 100[V]에서 체적고유저항의 온도 의존성을 나타낸 것이다. 온도가 증가함에 따라 전도에 기여하는 캐리어가 증가하여 체적고유저항 값이 다소 감소하는 경향을 확인할 수 있으며, 교반온도 80[°C]에서와는 달리 BTB가 완전히 용해되면서 첨가량에 따라 뚜렷한 특성을 나타내고 있다.

그림 6은 교반온도 100[°C], 인가전압 100[V]에서 체적고유저항의 온도 의존성을 나타낸 것이다. 온도가 증가함에 따라 전도에 기여하는 캐리어가 증가하여 체적고유저항 값이 다소 감소하는 경향을 확인할 수 있으며, 교반온도 80[°C]에서와는 달리 BTB가 완전히 용해되면서 첨가량에 따라 뚜렷한 특성을 나타내고 있다.

BTB 첨가량 10[ppm]인 시료의 경우는 다른 시료에 비해 큰 체적고유저항값을 나타내고 있음을 확인할 수 있다. 이것은 10[ppm]인 시료가 전극내부에서 약간의 대류로 인해 전극의 계면에 발생된 전기적 이중층의 영향을 억제하는 효과적이기 때문에 나타나는 현상이라 생각된다. 그러나 BTB 첨가량이 50[ppm]으로 증가하면 5[ppm]보다는 다소 높은 저항값을 나타내지만 10[ppm]보다는 낮은 저항값을 나타내고 있음을 확인할 수 있는데, 이는 BTB 첨가량이 과다해지면서 부동성 이온의 양이 증가하기 때문에 나타나는 전도의 기이로 생각된다. 그림 7은 교반온도 100[°C], 인가전압 1000[V]에서 체적고유저항의 온도 의존성을 나타낸 것이다. 인가전압 1000[V]의 교반온도가 인가됨에 따라 캐리어의 이동이 활발해지고, 따라서 BTB 첨가량 5[ppm]과 50[ppm]인 시료와 거의 차이가 없는 것을 확인할 수 있다. 그러나 BTB 첨가량 10[ppm]인 경우 안정된 특성을 계속 나타내고 있다.

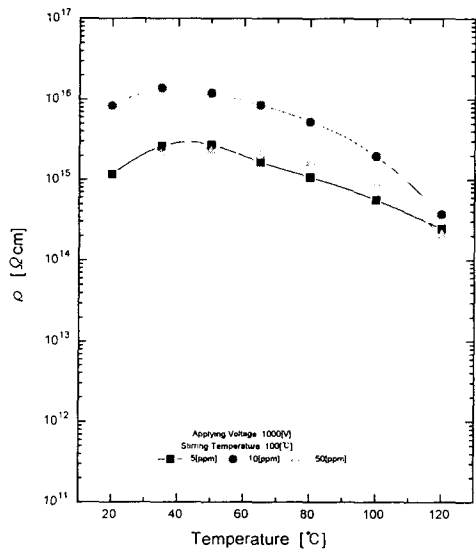


그림 7. 교반온도 100[°C]에서 BTB 첨가량에 따른 체적고유저항의 온도 의존성(인가전압 1000[V])
 Fig. 7. The temperature dependence of volume resistivity due to the BTB addition at the stirring temperature 100[°C](applying voltage 1000[V])

4. 결 론

BTA의 교반온도에 따른 전기적 특성을 연구하기 위하여 체적고유저항 특성을 조사하였다.

- 체적고유저항 특성 -

BTA의 교반온도 80[°C]인 경우 BTA첨가량 5[ppm]에서 온도 100[°C]이하까지 체적고유저항이 다른 시료에 비해 크게 나타남을 확인할 수 있었다. 그러나 온도가 100[°C]이상으로 증가하면 BTA 첨가량 10[ppm]의 시료가 재용융되면서 5[ppm]이나 10[ppm]인 시료에 비해 체적고유저항 값이 증가한 것을 확인할 수 있었다. 그러나 교반온도 100[°C]인 경우 BTA 첨가량 10[ppm]인 시료의 체적고유저항 값이 인가전압에 무관하게 5[ppm]이나 10[ppm]인 시료보다 크게 나타남을 확인할 수 있다.

본 연구는 1997년도 한국전력공사의 연구
지원에 의해 수행되었음.

Reference

1. 田中 俊秀 外 3人 ; "Model Approach to Static Electrification Phenomena by Oil Flow in Large Transformer", 靜電氣學會, 3, 5, pp. 274-282 (1979)
2. 姜聲華 外 4人 ; "變壓器油의 流動帶電現像에 關한 研究", 大韓電氣學會, 第39卷 6虎, pp 568-576 (1990)
3. S. Shimizu et al ; "Electrostatics in Power Transformer", IEEE Trans, Vol. PAS-98, No. 4, pp 1244-1250 (1979)
4. B. H. Chart and J. P. Grandjeon ; "Oil Charging Tendency Effect on Large Power Transformer", paper printed at the 1987 Double Eng. Co. Client Conf. Boston, Massachusetts, Apr (1987)
5. M. Tasuda et al. "Suppression of Static Electrification of Insulating Oil for Large Power Transformers", IEEE Trans. PAS-101, No. 11, pp. 4272-4280, (1982)
6. P. R. Krishnamoorthy et al ; "Effect of Benzotriazole and 2,6 Ditertiary Butyl Paracresol on the Accelerated Oxidation of New Reclaimed Transformer Oils-A Comparative Study", 3rd ICPADM Trans, pp 732-735 (1991)