

# BTA를 첨가한 초고압변압기유의 유동시 체적고유저항특성

## The Volume Resistivity Characteristics on Fluid Flow of Ultra-High Voltage Transformer Oils added BTA

이용우\*, 이수원, 신현택, 한상섭\*\*, 홍진웅

광운대학교 전기공학과 \* : 충남전문대학 전기과 \*\* : 한국전력공사 남서울 전력관리처

Yong-Woo Lee\*, Soo-Won Lee, Hyun-Taek, Sang-Sub Han\*\*, Jin-Woong Hong

Dept. of Electrical Engineering, Kwangwoon University

\* : Dept. of Electrical Engineering, Chungnam Junior College

\*\* : Korea Electric Power Corporation

**Abstract** - The electrical properties due to the Benzotriazole(following as BTA) additive in fluids for insulating and cooling the ultra-high voltage transformer is studied in this paper. Specimen having the several contents of BTA, such as 5[ppm], 10[ppm] and 30[ppm] is used in order to investigate the characteristics on volume resistivity in case of fluid flow in experimental device made in lab. Volume resistivity is decreased with an increase of fluid flow velocity and increased with BTA content in low temperature region, but volume resistivity of specimen contained BTA 10[ppm] is the largest thing over 30[°C]~50[°C] than the others in experiment.

### 2.1.2. BTA의 물성

유동대전억제제로써 알려진 BTA의 화학구조식을 그림 1에 나타내었다.

BTA : C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>N<sub>3</sub>

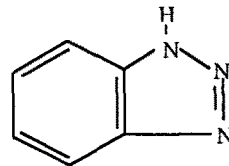


그림 1. BTA의 화학구조식

Fig. 1. Constitutional Formula of BTA

실험에 사용된 BTA의 주요특성은 표 1과 같다.

표 1. BTA의 물성

Table 1. The physical properties of BTA

Molecular Weight	119.12[g/mole]
Melting point	≈ 100[°C]
Solubility	(Insulation Fluids) 120(mg/ℓ) at 20[°C]
Boiling point	205 [°C]

표 2. 시료의 구분

Table 2. Classification of the Specimen

구분	시료의 양 : (unit - (ml))	BTA의 첨가량 : (unit - (mg))	첨유량 : (unit - (ppm))
#1	2000	0	0
#2		10	5
#3		20	10
#4		60	30

## 1. 서 론

오늘날 대용량 변압기의 절연용으로 사용되고 있는 절연유의 냉각을 위해서 강제 순환식 냉각방식이 사용되고 있으며, 이러한 절연유의 순환은 변압기유와 프레스보드, 절연지 등의 이온의 분리에 의해 대전전류를 흐르게 한다. 이와 같이 액체 절연유가 유동에 의해 대전전류가 절연유에 흐르는 현상을 유동대전이라 하며, 이러한 절연유의 유동대전은 절연성이 우수한 절연체에서 현저하게 나타나는 것으로 알려져 있다. 이러한 액체의 유동으로 인해 발생된 대전전류를 완화시키기 위한 많은 연구가 수행되고 있으며, Benzotriazole(이하 BTA라 칭함)를 이용한 대전전류 억제방법이 효과적인 것으로 알려져 있다. 그러나 절연유의 성능은 여러 가지 전기적 특성에 관한 종합적인 판단을 통하여 결정된다. 따라서 본 실험에서는 BTA 첨가시 변압기유의 전기적 특성에 미치는 영향을 연구하기 위하여 실험실에서 자체 제작한 절연유 유동실험장치에 넣고 체적고유저항특성을 조사하였다.

## 2. 시료의 제작 및 실험방법

### 2.1. 시료제작 및 BTA의 물성

#### 2.1.1. 시료제작

## 2.2. 실험방법

### 2.2.1. 물성분석

아세톤을 용제로 한 Gas chromatography를 이용하여 변압기유에 BTA를 첨가시 화학적 물성변화를 알고자 하였다. BTA의 화학구조는 단순한 데 비해 변압기유는 400~500여 가지의 화합물질로 구성되어 있고 피크도 높아 BTA가 섞였을 때 변압기유의 화학적 변화를 찾아낸다는 것은 불가능하였다.

### 2.2.2. 체적고유저항실험

액체의 절연성을 평가하기 위해 변압기유를 유동시켜 시료의 체적고유저항을 측정하였다. 변압기 내부에서와 같은 대전전류를 발생시키기 위하여 프레스 보드를 삽입한 대전장치를 제작하여 장착하고 이 대전장치를 통과한 시료에 대한 체적고유저항을 측정하기 위하여 정전용량 16[pF], 상부전극과 하부 전극간의 간격 1[mm]인 액체전극을 사용한다. 온도 범위는 25[°C]~100[°C]에서 DC 100[V], 250[V], 500[V], 1000[V]를 인가하여 5분이 경과한 후에 지시된 체적고유저항을 기록하였다.

## 3. 실험결과

유동대전억제제로써 BTA를 사용하여 첨가량 변화에 따른 전기적 특성을 연구하기 위하여 체적고유저항 특성을 연구하였다.

### 3.1 체적고유저항특성

유량 10[l/h]의 조건에서 DC 100[V], 250[V], 500[V], 1000[V]를 인가하였을 경우의 체적고유저항의 온도 의존성을 각각 그림 2, 그림 3, 그림 4, 그림 5에 나타내었다.

인가전압 100[V]인 경우의 그림 2에서 원시료는 온도가 상승함에 따라 체적고유저항이 급격히 감소되며 BTA가 첨가된 시료들은 온도 변화에 대해 다소 체적고유저항이 감소되기는 하지만 거의 일정하게 유지된다. 온도가 증가함에 따라 대전장치에서 대전된 전하는 외부에서 공급되는 열에너지의 영향으로 확산층 내에서의 이동이 자유롭게 되어 온도가 상승할수록 체적고유저항이 급격히 낮아지는 것으로 생각된다. 그러나 BTA가 첨가된 시료는 대전량을 감소시켜 확산층 내의 이온의 농도를 감소시킴으로써 온도가 상승하여도 도전성에 기여하는 이온의 증가를 억제함으로써 체적고유저항이 안정한 특성을 나타내는 것으로 생각된다. 또한 60[°C] 이하의 온도 영역에서는 BTA 첨가량이 증가함에 따라 체적고유저항이 커지나 온도 60[°C]~70[°C]에서는 BTA 첨가량 10[ppm]인 시료의 체적고유저항이 시료들 중에서 가장 우수하게 나타난다. BTA 첨가량 5[ppm]인 시료는 저온에서는 원시료보다 낮은 체적고유저항 값을 나타내지만 실험 온도가 40[°C] 이상으로 상승하면 안정한 특성을 유지하기 때문에 원시료의 체적고유저항보다 높게 나타나는 것을 확인할 수 있는데, 이것은 BTA가 활성화되어 대전을 억제하는데 온도 조건이 영향을 주기 때문으로 생각된다.

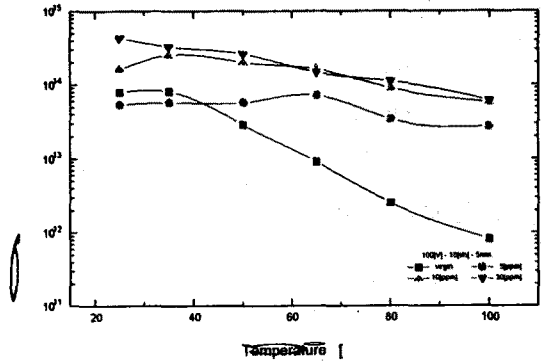


그림 2. 체적고유저항의 온도 의존성 (10[l/h], 100[V])

Fig. 2. The temperature dependence of volume resistivity (10[l/h], 100[V])

인가전압 250[V]인 경우, 그림 3에서는 인가전압 100[V]인 경우와 유사한 특성을 나타낸다. 원시료는 온도 상승에 따라 유동대전의 영향이 크게 나타나기 때문에 온도 50[°C] 이상의 영역에서 급격히 저하되며 BTA가 첨가된 시료들은 온도 변화에 대해 안정한 특성을 나타내며 온도 50[°C] 이상의 영역에서 BTA 첨가량 10[ppm]인 시료의 체적고유저항이 우수하게 나타난다.

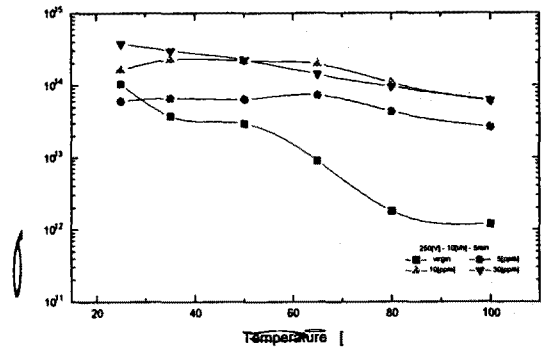


그림 3. 체적고유저항의 온도 의존성 (10[l/h], 250[V])

Fig. 3. The temperature dependence of volume resistivity (10[l/h], 250[V])

인가전압 500[V]일 때의 그림 4에서도 인가전압 250[V]인 경우와 거의 유사한 경향이 나타나는데, BTA가 첨가된 시료들은 인가전압이 상승하여도 온도 변화에 대해 안정한 특성을 유지하는 것을 볼 수 있으며 온도 50[°C] 이상의 영역에서 BTA 첨가량 10[ppm]인 시료의 체적고유저항 값이 가장 크게 나타난다.

#### 4. 결 론

BTA 첨가제가 변압기유의 미치는 영향을 연구하기 위하여 시료에 대한 물성분석과 체적고유저항특성을 조사하였다. 시료의 GC 스펙트럼 분석결과 변압기유가 너무 복잡한 화학물질로 구성되어 있어 미량의 BTA로는 피크의 변화를 찾을 수 없었다. 체적고유저항실험에서는 전압과 온도가 올라갈수록 BTA 함유량 10[ppm] 시료의 체적고유저항이 가장 크게 나타났으며 BTA를 함유한 시료는 온도변화에 대해 안정한 특성을 나타냄을 확인하였다.

본 연구는 1997년도 한국전력공사의 연구 지원에 의해 수행되었음.

#### [참고문헌]

1. M. Yasuda et al, "Suppression of Static Electrification of Insulating Oil for Large Power Transformers," IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, PAS-101, 11 November, pp 4272-4280, 1982
2. L. Peyraque, A. Beroual et al, "Static Electrification and Partial Discharges Induced by Oil Flow in Power Transformers," IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 2, No. 1, pp 40-45, 1995
3. T. V. Oommen, S. R. Lindgren, "Streaming Electrification Study of Transformer Insulation System using a Paper Tube Model," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 5 No. 2, pp 972-983, 1990
4. R. M. Radwan et al, "Investigation of Static Electrification Phenomenon due to Transformer Oil Flow in Electric Power Apparatus," IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol. 27 No. 2, pp 278-286, 1992
5. P. R. Krishnamoorthy et al, "Effect of Benzotriazole and 2, 6 Diteriary Butyl Paracresol on the Accelerated Oxidation of new and Reclaimed Transformer Oils-a comparative study," Proceeding of the 3rd International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials, July, pp 732-735, 1991
6. 本多正己, 池田正己, 大久保 仁, "大型高電壓變壓器における電流動帶現象," 靜電氣學會誌, 3, 5, pp 258-265, 1979

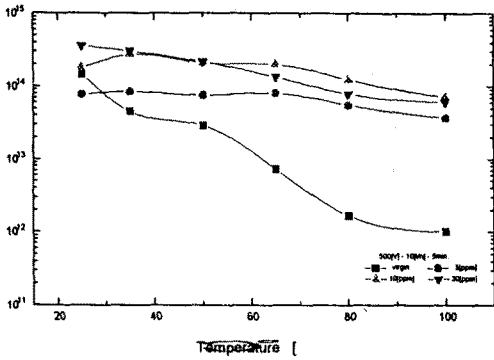


그림 4. 체적고유저항의 온도 의존성 (10[ l/h], 500[V])

Fig. 4. The temperature dependence of volume resistivity (10[ l/h], 500[V])

그림 5에서와 같이 인가전압이 1000[V]로 높아지면 온도 30[°C] 이상의 영역에서 BTA가 첨가된 시료들의 체적고유저항이 원시료의 체적고유저항에 비해 크게 나타나며, 이 온도 영역에서 BTA 첨가량 10[ppm]인 시료의 체적고유저항이 가장 우수하게 나타남을 확인할 수 있다. BTA 첨가량 30[ppm]인 시료의 경우는 확산층 내의 부극성 이온의 농도가 높아져 온도 증가에 따라 체적고유저항 값이 조금씩 감소하는 것을 볼 수 있다. 또한 인가전압에 무관하게 온도 100[°C] 부근에서 BTA의 용융 온도에 접근하므로 BTA가 첨가된 시료들의 체적고유저항이 유사한 값으로 나타난다.

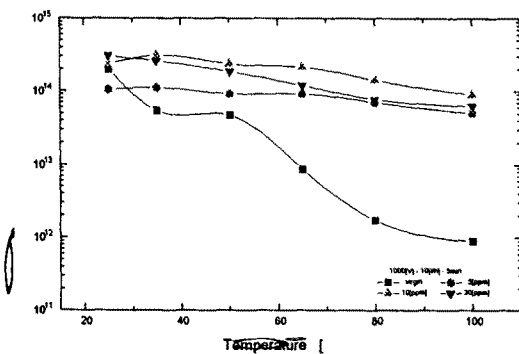


그림 5. 체적고유저항의 온도 의존성 (10[ l/h], 1000[V])

Fig. 5. The temperature dependence of volume resistivity (10[ l/h], 1000[V])