

유동대전 억제제가 첨가된 변압기유의 전기전도 특성

이 용우*, 이 태훈, 오 세영, 이 종필, 차 광훈, 홍 진웅
 광운대학교 전기공학과 * : 충남전문대학 전기과

The Electrical Conduction Characteristics of Transformer Oils added the Anti-static Agent for Streaming Electrification

Yong-Woo Lee*, Tae-Hoon Lee, Se-Young Oh, Jong-Pil Lee, Kwang-Hoon Cha, Jin-Woong Hong
 Dept. of Electrical Engineering, Kwangwoon University
 * : Dept. of Electrical Engineering, Chungnam Junior College

Abstract - In order to investigate the electrical characteristics due to the BTA (Benzotriazole) additive in the transformer, the electrical characteristics of the transformer oils contained benzotriazole as an anti-static agent for streaming electrification is studied by measuring the electric conduction. As a result of the electrical conduction characteristics, it is confirmed that the conduction current of virgin specimen is more higher than that of specimen contained the BTA 10[ppm] over 35[°C], but that of specimen contained the BTA 10[ppm] over 50 [°C] is increased.

2.1.2. BTA의 물성
 유동대전억제제로써 알려진 BTA의 화학구조식을 그림 1에 나타내었다.
 BTA : C₆H₅N₃

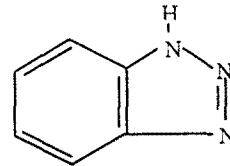


그림 1. BTA의 화학구조식
 Fig. 1. Constitutional Formula of BTA

1. 서 론

오늘날 대용량 변압기유의 절연용으로 사용되고 있는 절연유의 냉각을 위해서 강제 순환식 냉각방식이 사용되고 있으며, 이러한 절연유의 유동은 변압기유와 프레스보드, 절연지, 그리고 금속 표면간의 마찰을 유발시켜 대전전류를 흐르게 한다. 이와 같이 액체 절연유가 유동에 의해 대전전류가 절연유에 흐르는 현상을 유동대전이라 하며 일정한 절연유내에 전하량을 대전도(Charging Tendency)라 한다. 이러한 절연유의 유동대전은 절연성이 우수한 절연체에서 현저하게 나타나는 것으로 알려져 있다. 이러한 액체의 유동으로 인해 발생된 대전전류를 완화시키기 위한 많은 연구가 수행되고 있으며, BTA(Benzotriazole)를 이용한 대전전류 억제방법이 효과적인 것으로 알려져 있다. 그러나 절연유의 성능은 유동대전 특성뿐 아니라 여러 가지 전기적 특성에 관한 종합적인 판단을 통하여 결정된다. 따라서 본 실험에서는 BTA 첨가제가 변압기유의 전기적 특성에 미치는 영향을 연구하기 위하여 전기전도 특성을 조사하였다.

실험에 사용된 BTA의 주요특성은 표 1과 같다.

표 1. BTA의 물성
 Table 1. The physical properties of BTA(Benzotriazole)

Molecular Weight	119.12[g/mole]
Melting point	≈ 100[°C]
Solubility	(Insulation Fluids) 20[°C] to 120[mg/ℓ]
Vapor pressure	30[°C] 0.04[mmHg]
	100[°C] 0.10[mmHg]

표 2. 시료의 구분
 Table 2. Classification of the Specimen

구분	시료의 양 : (unit - [ml])	BTA의 첨가량 : (unit - [mg])	함유량 : (unit - [ppm])
#1	2000	0	0
#2		2	1
#3		20	10
#4		40	20
#5		60	30
#6		100	50

2. 시료의 제작 및 실험방법

2.1. 시료제작 및 BTA의 물성

2.1.1. 시료제작

2.2. 실험방법

2.2.1. 물성분석

광유계 절연유 속에 포함된 탄화수소는 이성체로 구성되어 있기 때문에 화학적 구조가 매우 복잡하여 그 구조를 알다는 것은 불가능하고, 단지 형태만으로 분류하고 있다. 변압기유의 물성을 조사하기 위해 광학적인 분석을 이용하며 본 실험에서는 FTIR을 이용한 결과를 분석하였다.

2.2.2. 전기전도 실험

변압기유는 진공데시게이터에서 10^{-2} [Torr] 정도에서 진공탈기 과정을 거친 것을 이용하였으며, 시료의 온도조절을 위해 자동온도 조절장치가 부착된 Ando TO-9B형 오븐을 이용하였다. 실험에 사용된 액체전극의 기하학적 정전용량은 16[pF]이며, 상부전극과 하부전극사이의 간격은 1[mm]이다. 전도전류 측정을 위하여, 100~1000[V]의 직류전압을 인가할 수 있는 VMG-1000 Highmegohm meter를 사용하였다.

3. 실험결과

유동대전 억제제로써 BTA를 사용하여 첨가량 변화에 따른 변압기유의 물성 및 전기적 특성을 연구하기 위하여 FTIR과 전기전도특성을 조사하였다.

3.1 물성분석

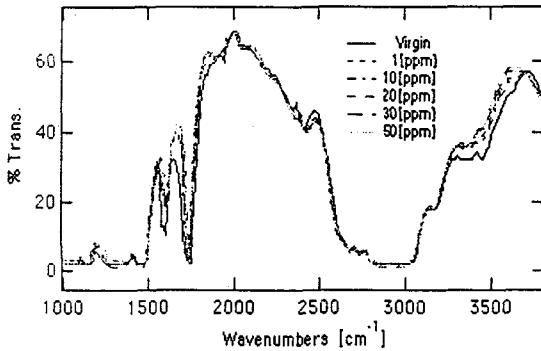


그림 1. 시료의 FTIR 스펙트럼

Fig. 1. FTIR Spectrum of the Specimen

3.2 전기전도 특성

온도 35[°C]의 경우, 저전계에서는 시료제작시 포함되어 있는 불순물이나 이온물질들에 의한 이온전도의 영향으로 전도전류가 전압증가에 따라 선형적으로 증가함을 볼 수 있다. 또한, BTA 첨가량에 따른 전도전류는 BTA의 첨가량이 증가함에 따라 전도전류가 증가하지만, BTA의 첨가량이 10[ppm]인 시료의 경우는 원시료와 거의 일치하는 것을 볼 수 있다. 이는 BTA에 포함되어 있는 고립전자쌍을 가진 질소원자가 전도에 기여하는 이온들을 흡착하면서 나타나는 전도전류의 감소라 생각할 수 있다.

고전계 인가에 따라 전도전류는 호모전하에 의한

공간전하 제한전류가 흐르게 되어 전류값의 기울기가 감소하는 것을 볼 수 있다. BTA 첨가량에 따른 전도전류는 저전계에서와는 달리 원시료가 가장 낮은 전류값을 나타낸다. 10[ppm]과 20[ppm]의 경우, 질소원자에 흡착되어 있던 이온들이 전압증가로 인해 흡착력이 약화된 질소원자로부터 빠져나오면서 전도에 기여한 것이라 생각된다.

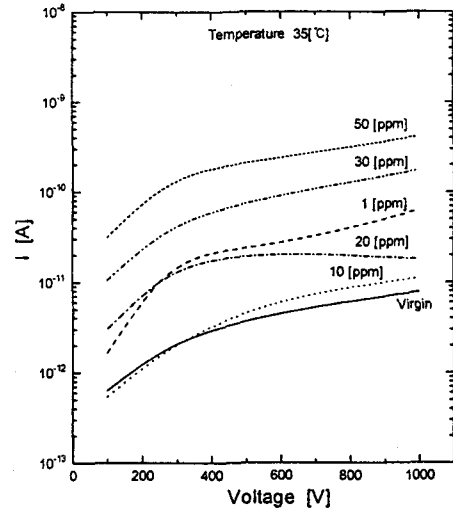


그림 3. 온도 35[°C]에서 BTA가 첨가에 따른 변압기유의 전압-전류 특성

Fig. 3. V-I Characteristics of Transformer Oils due to the addition of BTA at 35[°C]

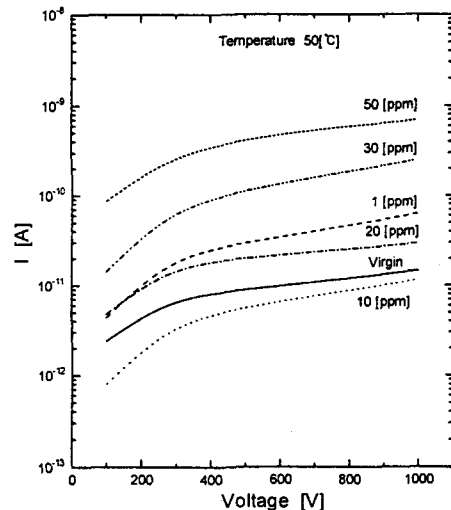


그림 4. 온도 50[°C]에서 BTA가 첨가에 따른 변압기유의 전압-전류 특성

Fig. 4. V-I Characteristics of Transformer Oils due to the addition of BTA at 50[°C]

온도 50[°C]의 경우, 온도증가에 따른 활성화에너지의 증가로 인해 모든 시료의 전도전류가 다소 증

가해 있음을 볼 수 있다. 또한 BTA 첨가량 10[ppm]인 시료는 35[°C]의 저전계일때와는 달리 원시료보다 더 낮은 전도특성을 나타내었다. 이는 온도증가로 인해 전도에 기여하는 캐리어의 양이 원시료의 경우 외부의 열에너지로 인해 증가하였으나, BTA 첨가량 10[ppm]인 시료의 경우는 열적 안정성을 유지하면서 전도에 영향을 미치는 이온들을 흡입하여 전도전류가 35[°C]인 경우보다 감소해 있는 것이라 생각된다. 하지만 고전계에서는 35[°C]의 경우와 유사한 경향을 나타내고 있다.

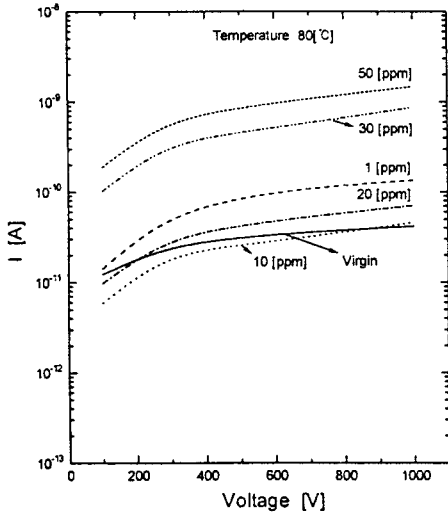


그림 5. 온도 80[°C]에서 BTA가 첨가에 따른 변압기유의 전압-전류 특성

Fig. 5. V-I Characteristics of Transformer Oils due to the addition of BTA at 80[°C]

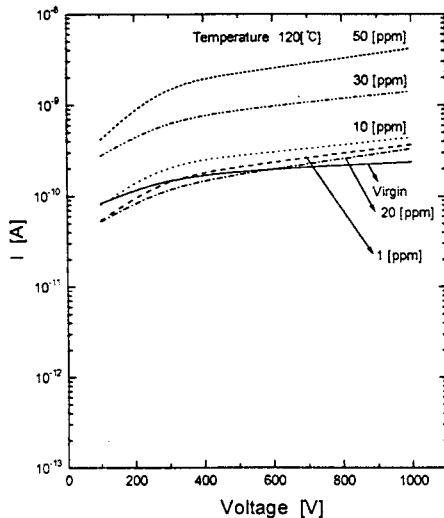


그림 6. 온도 120[°C]에서 BTA가 첨가에 따른 변압기유의 전압-전류 특성

Fig. 6. V-I Characteristics of Transformer Oils due to the addition of BTA at 120[°C]

온도 80[°C]의 경우, 온도증가에 따른 활성화에너지 증가로 전도전류가 모든 시료에서 증가하는 경향을 나타내며 50[°C]의 경우와 유사한 경향을 나타내었다. 또한, BTA 첨가량에 따른 전도전류의 차가 50[°C]이하의 경우와 비교할 때 상당히 감소해 있는 것을 보아 전압의 영향보다는 온도에 의한 영향으로 인한 전도전류의 상승이 두드러지게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

온도 120[°C]의 경우, 80[°C]의 경우보다 더 높은 열에너지의 증가가 전도전류에 큰 영향을 미치기 때문에 BTA 첨가량 30[ppm]이하의 시료에서는 첨가량에 따른 전도전류의 차가 상당히 감소하였으며 300[V]이하에서 나타난 이온전도에 따른 전류증가 기울기도 상당히 감소해 있음을 확인할 수 있다. 그러나 30[ppm]이상의 시료는 첨가량 과다로 인한 높은 전도전류가 전 실험을 통해 나타나고 있음을 확인할 수 있다.

4. 결론

BTA 첨가제가 변압기유의 미치는 영향을 연구하기 위하여 시료에 대한 물성분석과 전기전도특성을 조사하였다. 시료의 FTIR 스펙트럼 분석결과 파수 3440[cm⁻¹]~3450[cm⁻¹] 밴드에서 원시료에서 나타났던 피크가 BTA를 첨가한 경우 상당히 감소되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 전기전도특성의 결과로써 35[°C]에서 원시료의 전도전류가 10[ppm]인 시료보다 더 높았으나, 온도 50[°C]이상에서의 경우, 10[ppm]인 시료의 전도전류가 더 높음을 확인할 수 있었다.

본 연구는 1997년도 한국전력공사의 연구 지원에 의해 수행되었음.

[참고문헌]

1. 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)
2. 家田 正之 外 3人 ; "誘電體 現象論", 電氣學會, pp. 242 - 258 (1985)
3. M. Ikeda, S. Menju ; Breakdown probability Distribution and V-t Characteristics of Transformer Oils, 1, pp 55-562 (1975)
4. 烏山 四男 外 2人 ; 電氣學會 "放電 핸드ブック", pp. 551 - 578 (1973)
5. F. M. Clark ; Insulating Materials for Design and Engineering Practice ; New York, Jhon & Wiley, pp. 169 - 180 (1962)