

절연유의 전기전도에 미치는 첨가제의 영향

The Effect of Additive on the Electric conductivity of Insulating Oil

정 광 현*

김 영 봉

김 용 운

임 현 찬

이 덕 출

인하대학교 전기공학과

인하공업전문대학 전기과

영월공업전문대학 전기과

대구공업전문대학 전기과

인하대학교 전기공학과

K. H. Cheong*

Y. B. Kim

Y. W. Kim

H. C. Lim

D. C. Lee

Inha Univ.

Inha Coll.

Youngwol Coll.

Taeku Teck. Coll.

Inha Univ.

Abstract

The static charges are generated by streaming electrification phenomena in insulating oil flowing by force for the purpose of cooling at the internal of Ultra-high power transformer. In this thesis, their elimination method was studied.

In this paper the effect of Additive on the electric conductivity of Insulating oil is studied. The variation of electric conductivity disappear when Additive is molten in insulating oil. BTA(Benzotriazole) appear more variation of electric conductivity than that of SP-S10(Sorbitan mono-stearate). But the variation is not enough to decrease streaming electrification of insulating oil($\sigma > 10^{-12} [\text{S}/\text{cm}]$).

1. 서론

절연성 액체가 유동하는 경우 고체와의 계면에서 발생하는 대전현상을 유동대전현상이라

하며 이 현상에 관한 연구는 19세기 후반에 Quinke, Lipman, Helmholtz, Nernst등에 의해 시작되었고 20세기에 이르러 Gouy, Chapman 등이 확산이중층 이론을 제시하였으며 Debye, Hückel등은 확산이중층 이론으로 대전현상을 분석하였다. 이 유동대전현상이 문제로 되는 것은 탄화수소와 같은 도전율이 대단히 낮은 액체와 전하의 완화시간이 긴 고체물질과의 계면에서 전하가 축적되어 유면전위 및 전계가 상당히 증가하기 때문에 저장 탱크내의 구조물과 대전액체 사이에 불꽃방전이 발생하고 주위의 폭발성 혼합기체에 착화하여 폭발사고가 일어난다는 것이다. 이와같은 사고를 방지하기 위하여 대전방지제를 절연성 액체에 첨가하여 대전현상을 억제하는 방법이 있다. 이 방법에 대해서는 Klinkenberg, Leonard, Gibson등에 의해 연구되어 왔으나 대전방지제가 새로운 전하 발생원으로 작용할 수 있다는 것과 고순도의 물질을 원하는 경우에 순도를 저하시키는 작용을 할 수 있다는 문제점이 지적되고 있다. 따라서 본 연구에서는 현재 변압기에서 널리 사용되고

있는 BTA 및 산화방지제, 그외 SP-S10을 절연유에 첨가하여 절연유의 도전율 변화를 측정하였다.

2. 실험방법

2-1 시료유 및 첨가제의 특성

본 실험에 사용한 시료유는 광유계의 전기절연성 KSC2031 1종 4호이고, 첨가제로는 대전방지제로서 BTA(Benzotriazole : C₆H₅N₃)와 SP-S10(Sorbitan mono-stearate : C₇H₁₁O₆), 산화방지제로서 DBPC(2,6-Di-tert-butyl-p-cresol : C₁₅H₂₄O)를 사용하였으며 절연유의 특성과 첨가제의 분자구조를 표 1과 그림 1에 나타낸다.

표 1. 절연유의 특성

Table 1. Properties of insulating oil

특 성		규 격
주 성 分		광 유
비 중 (15/4°C)		0.91 이하
동 점 도 cSt (mm ² /sec)	40 °C	13 이하
	75 °C	6 이하
	100 °C	-----
유 동 점		-27.5 이하
인 화 점 (°C)	개 방 식	
	밀 폐 식	140 이상
증 발 량 (%)	98 °C 5시간	0.4 이하
	150 °C 24시간	-----
반 응	증 성	
절 연 파 괴 전 압 KV (2.5mm)	40 이상	
유 전 정 접 % (60Hz, 80°C)	0.1 이하	
비 유 전 율 (60Hz, 80°C)	-----	
부 괴 저 항 율 Ω · cm (80°C)	5×10 ¹³ 이상	

2-2 측정장치 및 실험방법

측정장치는 TAKEDA RIKEN사에서 제작한 TR 300C로서 주전극(40φ × 70mm), 주전극과 대향전극 사이의 거리(1.5mm), 그리고 전극계수(637)인 채적저항률 측정장치를 사용하였고

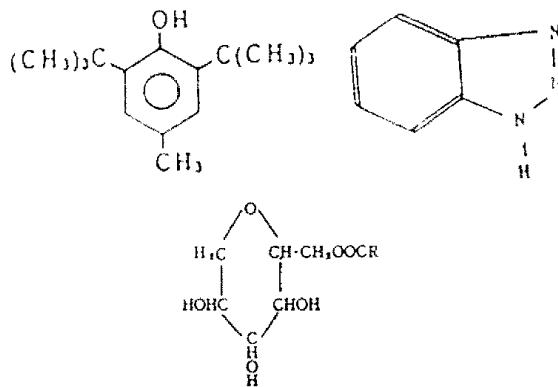


그림 1. DBPC와 BTA 및 SP-S10의 분자구조

Fig. 1. Molecular structure of DBPC, BTA and SP-S10

전류를 측정하기 위하여 TAKEDA RIKEN 8401의 미소전류계를 연결하고 시간경과에 따른 전류 변화량을 측정하기 위하여 RIKADENKI(주)의 Recorder를 사용하였다. 실험방법으로는 절연유에 첨가제를 1[ppm]에서 100[ppm]정도 HOT-PLATE Magnetic Stirrer로 혼합하여 JIS규정에 따라 직류 250[V]를 가하여 전압인가 1분 후의 전류치로서 도전율을 구하였다. 또한 측정시 온도와 습도의 영향을 최소화 하기 위하여 초기온도 및 습도를 최대한 일정하게 유지하였다. 그림 2는 측정장치의 개략도를 나타낸다.

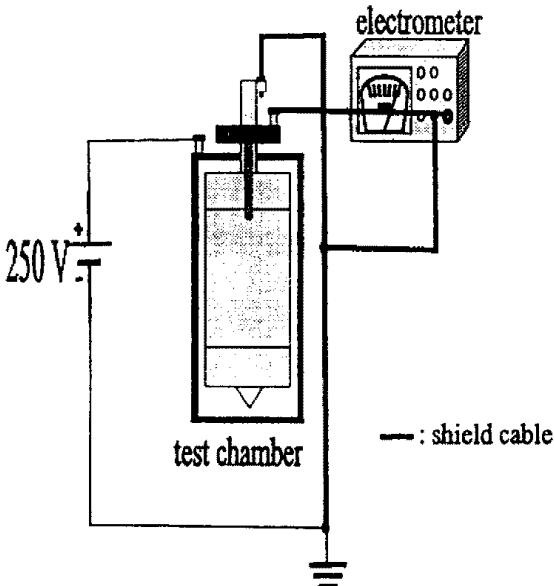


그림 2. 실험장치 개략도

Fig. 2. Schematic diagram of experimental apparatus

3. 실험결과

3-1 대전방지제의 영향

절연유에 BTA(Benzotriazole) 및 SP-S10(Sorbitan mono stearate)을 1~100[ppm]정도로 첨가하였을때 도전율의 변화를 측정한 결과를 그림 3과 그림 4에 나타낸다. 이같은 결과는 전류 I를 측정함으로써 다음식에 의해 구해졌다.

$$\sigma = k \times \frac{I}{V} \quad [\text{S}/\text{cm}]$$

여기서, σ : 도전율

k : 전극계수

V : 직류전압

I : 측정전류

이 그림에서 약 5[ppm]까지는 도전율이 감소하다가 그 이상에서는 서서히 증가하는 경향을 나타낸다. 이것은 절연유의 정, 음 이온이 첨가제에 의해 중화되어 감소하다가 농도의 증가에 따라 첨가제가 새로운 전기전도의 역할을 하는 것으로 사료된다. 그러나 그림에서 알 수 있듯이 도전율의 변화는 적다. SP-S10과 비교해 볼 때 BTA는 변화가 뚜렷하지만 이전의 Leonard, Klinkenberg, Gibson등의 실험에서 도전율 변화($10^{-15} \sim 10^{-11} [\text{S}/\text{cm}]$)를 비교하면, 그다지 크지는 않다. 또한 Leonard등에 의한 실험에서 10^{-12} 이상의 도전율에서 대전량이 급격히 감소하는 특성을 볼때 BTA 및 SP-S10의 도전율 변화는 대전특성에 영향이 없을 것으로 생각된다. 그리고 이 그림에서 열화된 절연유일수록 도전율이 높다는 것을 볼수 있다.

3-2 산화방지제의 영향

그림 5에 산화방지제의 농도를 1~100[ppm]으로 점차적으로 증가시켜 도전율의 변화를 나타내었다. 일반적으로 산화방지제는 변압기내 금속재료의 산화방지를 위한 목적으로 사용되고 있으며 이 그림에서 알 수 있듯이 도전율의 변화에는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 나타나고 있다.

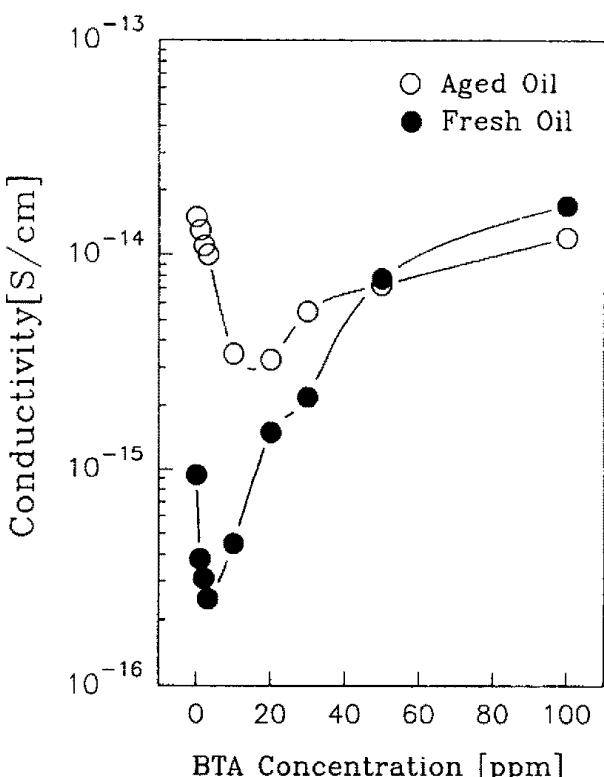


그림 3. BTA의 농도에 대한 도전율 변화

Fig. 3. Relation of BTA concentration and conductivity of insulating oil

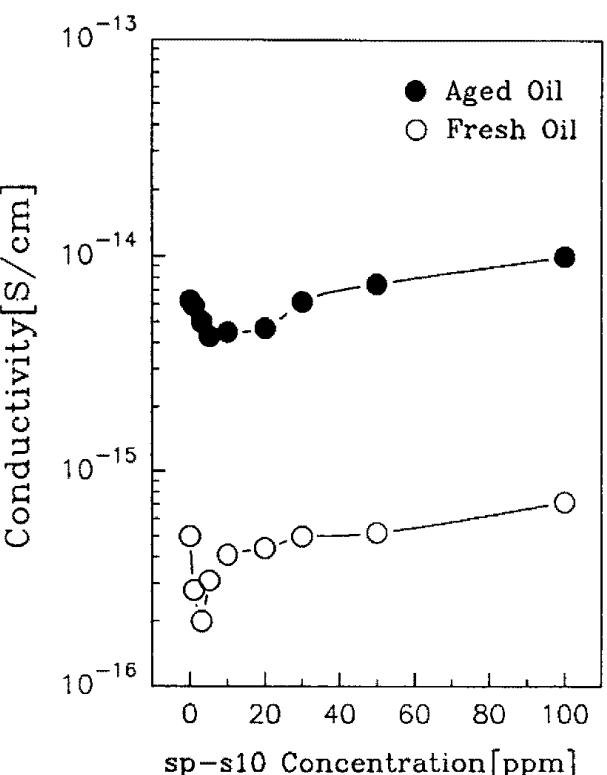


그림 4. SP-S10의 농도에 대한 도전율 변화

Fig. 4. Relation of SP-S10 concentration and conductivity of insulating oil

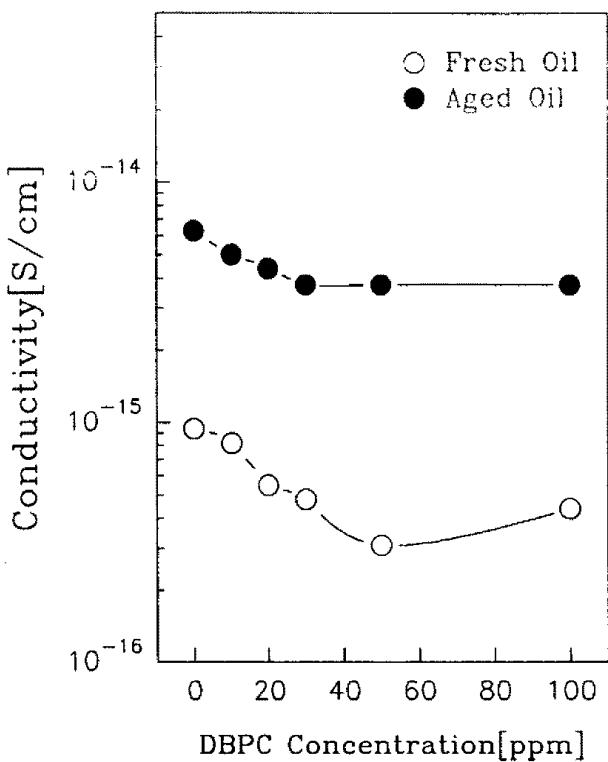


그림 5. DBPC의 농도에 대한 도전율 변화

Fig. 5. Relation of DBPC concentration and conductivity of insulating oil

4. 결론

절연유에 첨가제를 혼입하였을 때 절연유의 전기전도 특성에 미치는 첨가제의 영향에 관한 연구는 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) BTA(Benzotriazole)와 SP-S10(Sorbitan mono stearate)는 절연유의 전기전도에 큰 영향을 미치지 못한다. 약 5[ppm]까지는 절연유의 전기전도특성을 저하시키나 그 이상에서는 점차 증가하여 약 50[ppm]에서 포화하는 경향을 나타낸다.
- (2) 산화방지제(DBPC)는 변압기내 금속재료들의 산화방지를 위한 목적으로 사용되고 있으며 절연유의 전기전도특성에는 거의 영향을 미치지 못한다.

앞으로 수행되어야 할 과제는 첨가제를 혼입한 절연유의 도전율 변화가 유동대전현상에 미치는 영향에 관한 연구이다.

참고문헌

- [1] 浅野和俊, 絶縁液體のフィルタ過程での帶電現象, 静電氣學會誌, 2, 3(1978), 150-157
- [2] 安田正行외 4인, 大容量変壓器における流動帶電の一抑制方法について, 電氣學會論文誌B, 265-271
- [3] Joseph T. Leonard and Homer W. Carhart, Effect of Conductivity on Charge Generation in Hydrocarbon Fuels Flowing through Fiber Glass Filters, Journal of Colloid and Interface Science, Vol.32, No.3, 1970
- [4] M. Yasuda외 5인, Suppression of Static Electrification of Insulating Oil for Large Power Transformer, IEEE, 82 WM 197-2, 1982