

염분에 따른 변압기유의 AC 절연파괴에 미치는 영향 The Effect on AC Breakdown of Transformer Oils due to Sodium Chloride

이용우*, 신종열, 송병기, 김석환**, 홍진웅

Yong-Woo Lee, Jong-Yeol Shin, Suck-Whan Kim**, Byung Ki Song, Jin-Woong Hong

광운대학교 전기공학과, * : 충남전문대학 전기과, ** : 대한상공회의소 인천직업훈련원

Dept. of Electrical Eng., KwangWoong University

* : Dept. of Electrical Eng., ChungNam Junior College

** : The Korea Chamber of Commerce & Industry

InChun Vocational Training Center

Abstract

In order to investigate the electrical properties of naphthanic transformer oils for insulating and cooling, the characteristics for breakdown in temperature range of 20~100[°C], that of AC breakdown in 1.0[mm] of gap length were made researches.

As a result the characteristics for AC breakdown, it is confirm that the dielectric strength was increased to 6[ppm], 9[ppm] but decreased to 3[ppm].

1. 서론

오늘날 전기수요의 증가는 송전전력의 상송을 야기시켰으며 이로 인한 송배전계통의 전력기기의 절연향상이 요구되고 있다. 전력기기에서 변성기기 계통은 송배전계통에서 중요한 역할을 한다. 그 중에서 변압기는 그 핵심적인 역할을 담당하며 변압기의 액체절연유로는 변압기유가 주로 사용되고 있다.

이러한 변압기유는 액체 절연유의 순도, 혼입기체, 불순물이나 주위의 여러 가지 조건에 따라 조금씩 그 특성이 변화한다. 현재 발전소나 대규모 공장단지들은 해안가에 위치해 있기 때문에 대용량 변압기의 절연유에 염분이 미치는 영향을 무시할 수 없다.

따라서 본 실험에서는 염분이 함유된 변압기유에 교류 전압을 인가하여 파괴전압을 측정하고 그 결과로 절연성을 판단하는 교류절연파괴실험을 실시하였다.

시료는 염분의 혼입량에 따라 각각 3[ppm], 6[ppm], 9[ppm]으로 분류하여 실험하였다.

시료의 온도는 자동 온도조절장치를 이용해서 온도 20[°C]에서 120[°C]까지 변화시켰으며, 전극간 길이는 1[mm]로 하여 교류절연파괴실험을 하였다.

실험결과 염분 함유량이 3[ppm], 6[ppm], 9[ppm]으로 증가함에 따라서 저온 영역에서는 절연파괴 강도가 낮아짐을 확인할 수 있었으며 고온 영역에서는 염분 함유량이 증가함에 따라서 절연파괴 강도가 높아지는 것을 확인할 수 있었다.

2. 시료제작 및 실험 방법

(1) 시료의 제작

액체 절연유로써 실험에 사용된 시료는 실제로 변압기에서 사용되고 있는 나프텐계 광유에서 얻어낸 변압기유를 선

택하였으며 순수 국산 제품으로 동남 석유 공업(주) DNI-4호를 실험대상으로 하였다. 본래의 변압기유는 아무런 첨가제도 포함되어 있지 않으며 순수하게 탄화수소로 조성된 것을 선택 하였다.

이와같이 준비된 변압기유 1000[mℓ]에 순도 99.5[%]의 염화나트륨을 각각 3[mg], 6[mg], 9[mg]씩 넣고 마그네틱 교반기를 이용하여 각각 9시간동안 교반시켜 변압기유에 염분이 함유된 것과 같은 효과를 유도하였다.

본실험에서 사용된 시료의 구분은 표 1에 나타낸 것과 같다.

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

(2) 실험방법

1) 물성분석

순도 99.5[%]의 순수한 염화나트륨을 교반한 시료에 대해 광학적인 분석 방법으로 FTIR(Fourier Transform Infrared Spectroscopy)을 이용하였다.

광유계 탄화수소는 매우 복잡한 이성체로 구성되어 있어 정확한 화학구조를 아는 것은 불가능하고 단지 형태로만 구분하고 있다.

2) 절연파괴특성

염분이 함유된 변압기유에 대한 교류 절연파괴 실험을 통하여 불순물로써 염분 함유량의 변화에 따른 절연내력을 측정하기 위하여 양단 출력전압은 50[kV]까지 사용 가능하며 매초 약 3000[V] 비율의 전압 상승율을 가진 교류 절연내력 시험장치인 내전압 시험기(MUSASI Co. Ltd. IP-5005S)를 이용하였다.

또한 실험에 사용된 전극은 직경 12.5[mmφ]의 구대구 진

극을 이용하였고 전극 간격은 마이크로 메터를 이용하여 1[mm]로 조절하였다.

시료의 온도조절을 위하여 디지털 온도조절계를 이용한 히터로 측정온도 30[°C]~120[°C]를 유지할 수 있도록 연구실에서 자체 제작한 자동 온도조절장치를 사용하였다.

실험에 사용된 측정장치와 전극장치들의 개략도를 그림 1에 나타내었다.

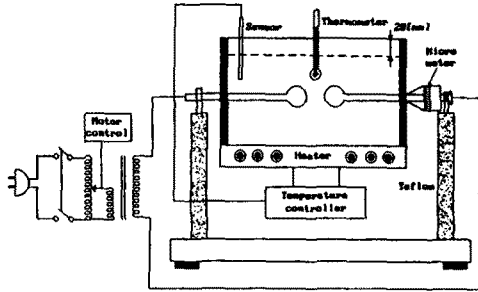


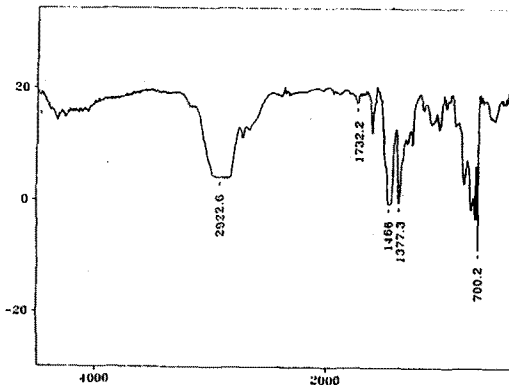
그림 1. 실험장치의 개략도

Fig. 1. Schematic drawing of Experiment device

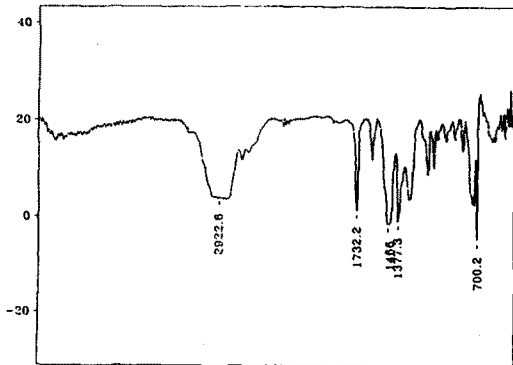
3. 실험결과 및 검토

(1) 시료의 물성분석

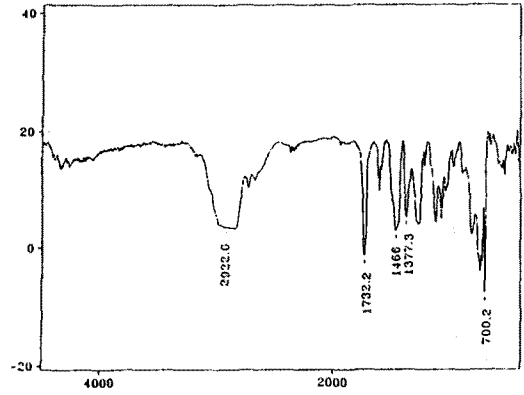
염분이 함유된 변압기유를 분석하기 위하여 FTIR을 이용하였으며 분석 결과는 그림 2와 같다.



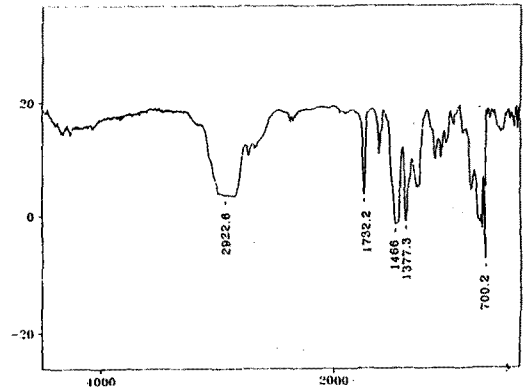
(a) Original



(a) 3 [ppm]



(b) 6 [ppm]



(c) 9 [ppm]

그림 2. 각 시료의 적외선 스펙트럼

Fig. 2. Infrared spectrum of each specimen

시료에 대한 FTIR 분석 결과에서 1722[cm⁻¹] 밴드에서의 피크는 염분 함유량이 증가할수록 점점 커지는 것을 볼 수 있으며, 이와같은 현상은 실험을 마친 시료에 대해서도 같은 결과를 나타내는 것을 볼 수 있다. 이것은 Carbonyl 기의 증가를 암시하는 것으로 생각된다.

또한 700[cm⁻¹] 밴드에서의 피크는 염분 함유량이 증가할수록 피크의 크기가 점차로 작아지는 것을 확인하였다.

(2) 절연파괴 특성

삼순물이 액체 절연체의 전기적 특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 불순물로서 순도 99.5[%]의 순수한 염화나트륨을 교반시킨 변압기유에 대한 절연내력 시험으로 AC 절연파괴 실험을 하였다.

그림 3은 염분 함유량의 변화에 따른 절연파괴 강도를 온도별로 나타낸 그림으로 온도가 높아짐에 따라 절연파괴 강도는 높아지는 것을 볼 수 있으며, 염분 함유량이 3[ppm], 6[ppm], 9[ppm]으로 증가함에 따라서 저온 영역에서는 절연파괴 강도가 낮아지는 것을 알 수 있다. 그러나 고온 영역에서는 염분 함유량이 증가함에 따라서 절연파괴 강도가 높아지는 것을 확인할 수 있다.

한편, 그림 4은 원시료와 염분 함유량이 각각 3[ppm], 6[ppm], 9[ppm]인 시료에 대한 온도 변화에 따른 절연파괴 강도를 나타낸 그림으로 역시 저온 영역에서는 원시료에 비해 염분을 함유한 시료의 절연파괴 강도가 낮으나, 고온 영역으로 갈수록 염분 함유량이 3[ppm]인 시료

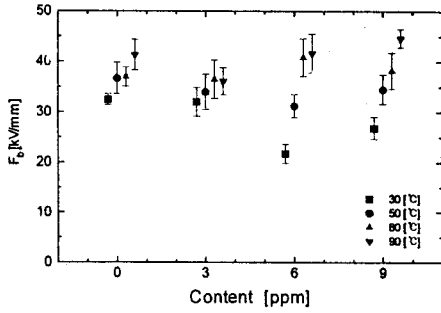


그림 3. 절연파괴 강도의 함유량 의존성
Fig. 3. Content dependence of dielectric strength

를 제외하고 염분을 함유한 시료의 절연파괴 강도가 높아짐을 확인할 수 있다.

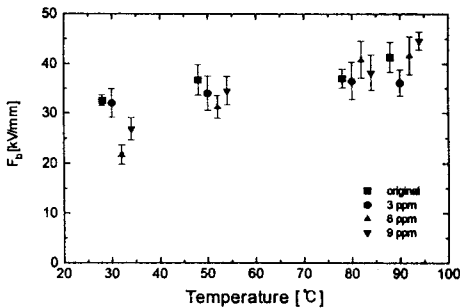


그림 4. 절연파괴 강도의 온도 의존성
Fig. 4. Temperature dependence of dielectric strength

일반적으로 고체 절연체에서는 온도가 높아질수록 도전성 캐리어들의 활성화 에너지가 커지므로 절연성은 저하되어 절연파괴 전압은 낮아지지만, 이러한 고체 절연체에 이온결정 구조를 갖는 물질이 혼입될 경우 절연파괴 전압은 온도가 높아질수록 오히려 커진다고 보고되고 있다. 본 실험에서 사용된 순수 염화나트륨은 이온결정 구조를 이루고 있어 함유량이 증가할수록 절연파괴 전압이 높아진 것으로 생각된다. 이는 전도 캐리어로써 전자나 정공의 확산과 이동을 이온성 물질이 방해하기 때문으로 생각되며, 염분 함유량이 3[ppm]인 경우는 이온성 물질이 전자나 정공의 확산과 이동을 방해하기에는 미량이므로 오히려 이온성 전도에 공헌하기 때문에 절연파괴 강도가 낮아지는 것으로 생각된다.

4. 결론

변성기에 사용되는 액체 절연체인 변압기유에 소금을 첨가하여 실험한 결과

- (1) 실험에서 사용된 염화나트륨이 이온결정 구조를 이루고 있기 때문에 함유량이 증가할수록 전도 캐리어로써 전자나 정공의 확산과 이동을 이온성 물질이 방해함으로 인해 절연파괴전압이 높아진 것으로 생각된다.

- 2) 염분함유량이 3[ppm]인 경우에는 이온성 물질이 전자나 정공의 확산과 이동을 방해하기에는 미량이기 때문에 캐리어의 이동에 이온성 물질이 약간의 공헌하므로써 절연파괴전압이 낮아지는 것으로 생각된다.

Reference

1. 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)
2. M. Pompili, C. Mazzetti and R. Bartnikas; Early Staages of Negative PD Development in Dielectric Liquids, IEEE. Trans. on Dielectric and Electrical Insulation, 2, 4, pp 602-613 (1995)
3. A. C. M. Willson; "Insulating liquids; their uses, manufacture and properties", PETER PEREGRINUS LTD, pp 3-85 (1980)
4. 大久保 仁, 寺西 常治; 油中絶縁における破壊と空間電荷, 静電気學會誌, 14.1. PP 16-24(1990)
5. 伊勢 順一; 油中ガス分析について, 石油學會誌, 17, 7, PP 564-571 (1974)
6. 大橋 朝夫, 渡邊茂男; 液體の電気傳導および絶縁破壊, 静電気學會誌, 13, 2, PP 126-131 (1989)
7. BEHROUZ ABEDIN; ELECTROSTATIC CHARGE RELAXATION IN TANK FILLING OPERATIONS, J. of Electrostatics, 14, PP 35 -57 (1983)
8. M. IKEDA et al; Breakdown Characteristics of Moving Transformer Oil, IEEE Trans. on Power Appa. and Sys., Vol. PAS-100, 2, PP 921-928(1981)

본 연구는 1995년도 한국전력공사의 연구비 지원에 의해 수행되었음.