

변압기유의 불순물에 따른 유동대전 영향
The Effect on the Streaming Electrification
of Insulating Oils with Impurity

이용우*, 이광석**, 송병기, 김왕곤**, 홍진웅

Yong-Woo Lee*, Kwang-Suk Lee**, Byung-Gi Song,

Wang-Kon Kim**, Jin-Woong Hong

광운대학교 전기공학과

Dept. of Electrical Engin., Kwangwoon University

* : 충남전문대학교 전기과

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

** : 서울산업대학교 전기공학과

** : Dept. of Electrical Engin., Seoul Nat'l Polytechnic University

Abstract

In this paper, the streaming electrification of transformer oils generated at the interface of transformer oils and the AC breakdown with impurity is studied.

The electrification current is measured by the electrometer connected the faraday cage. And a oil velocity is maintained equally.

In case of the AC breakdown test, the temperature are 30[°C], 50[°C], 80[°C] and 90[°C], repectively.

As a result of breakdown experiment, the dielectric breakdown strength is decreased in low temperature region and is increased in high temperature region according to increase of contained sodium.

In case of streaming electrification experiment, the streaming current is more increased with the specimen contained sodium than the original specimen.

1. 서론

최근 전력 수요의 급증으로 인해 악화되고 있는 전력난을 극복하기 위해 기존의 154[kV], 345[kV] 송전전압을 765[kV]로 송압송전 해야하는 상황에 다다른 것이 현실이다.

따라서, 대용량 전력 변압기의 절연과 냉각에 대한 고성능화 및 고신뢰성 확보를 위해서는 변압기유에 대한 새로운 시각에서의 연구가 절실히 요구된다고 판단된다.

그 중에서도 유동대전은 변압기내에서 기름이 유동할 때 발생하는 정전기로 인한 대전전류가 흐르는 현상으로 변압기유의 절연성에 커다란 영향을 미치며 변압기 사고에 주요원인 중 하나이다.

또한 액체 절연유는 수분, 혼입 가스, 불순물등 주위의 영향에 따라 그 특성이 변화된다. 그러므로 순수한 액체 절연체의 특성 연구와 더불어 위에 열거한 불순물 혼입물에 의한 영향에 대해서도 연구할 필요가 있다.

따라서 본 논문은 불순물로서 염분이 변압기유가 대전체에서 유동시 대전전류에 미치는 영향과 절연 파괴에 미치는 영향에 대해 연구하였다.

2. 시료제작 및 실험방법

(1)시료제작

액체 절연유로써 실험에 사용된 시료는 실제로 변압기에서 사용되고 있는 나프텐계 광유에서 얻어낸 변압기유를 선택하였으며 순수하게 탄화수소로 조성된 국산 제품으로 D사의 DNI-4호를 실험대상으로 하였다. 준비된 변압기유 1000[ml]에 순도 99.5[%]의 염화 나트륨을 각각 3[mg], 6[mg], 9[mg]씩 넣고 마그네틱 교반기를 이용하여 각각 9시간동안 교반하여 실험에 필요한 시료를 제작하였다.

(2) 실험방법

1) 유동대전 실험

염분 함유량에 따른 변압기유의 대전량 변화를 측정하였다.

현재 변압기 내에서 층간 절연에 사용되고 있는 절연지(Press-board)를 대전체로 이용하였으며 연구실에서 자체 제작한 대전장치에 넣고 염분이 함유된 변압기유를 통과시켜 동일한 유속과 동일한 온도 조건에서 미소전류계를 사용하여 액체 절연체의 유동 대전량을 측정하였다.

실험에 사용된 시료들은 실험하기 전, 약 10^2 [Torr] 정도의 진공대시계터 내에서 2시간동안의 진공 탈기 과정을 통하여 실험시료의 교반 제작시 발생할 우려가 있는 기포의 영향을 최소화 하였다.

본 실험에서 대전량을 측정하기 위하여 Electrometer (KEITHELY Instrument. Int. 614)를 사용하였으며 측정범위는 전류 $10^{-15} \sim 10^{-12}$ [A]까지 하였다.

실험에 사용된 실험장치의 개략도를 그림 1에 나타내었다.

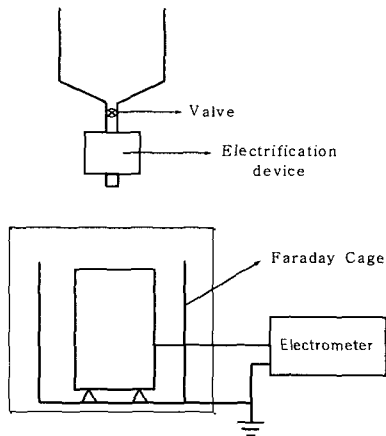


Fig 1. Schematic drawing of experiment device

2) 절연과피

염분이 함유된 변압기유에 대한 교류 절연과피 실험을 통하여 불순물로서 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 구대 구 전극을 이용하였고 전극 간격은 마이크로 미터를 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 온도 Controller를 사용하였다. 실험에 사용된 측정장치와 전극장치등의 개략도를 그림 2에 나타내었다.

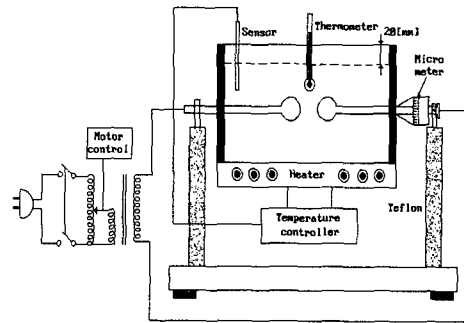


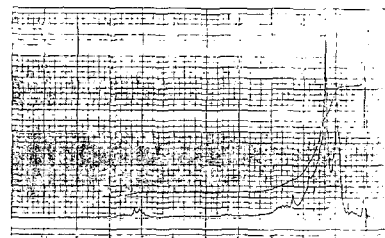
Fig. 2. Schematic drawing of Experiment device

3. 실험 결과 및 검토

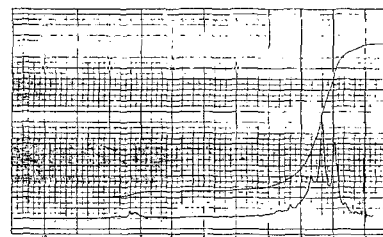
(1) 시료의 물성분석

$CDCl_3$ 를 용제로 한 ^1H-NMR 을 이용하여 0 ~ 10 [ppm] 사이에서 얻은 시료에 대한 Spectrum을 그림 3에 나타내었다.

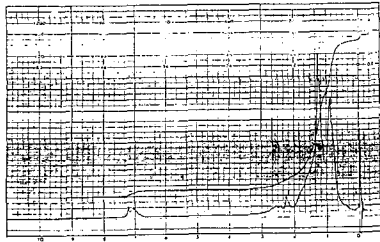
7.188[ppm]에서 용제의 피크가 나타나며, 내부기준으로 Shift $\delta = 0$ 이다. 그리고 2.295[ppm]에서의 피크가 제외된 최소값을 기준으로 해서 H의 수량을 정산하여 그래프 위에 표시하였다.



(a) 3 [ppm]



(b) 6 [ppm]



(c) 9 [ppm]

Fig. 3. Nuclear magnetic resonance spectrum of specimen

(2) 실험결과

원시료와 염분 함유량이 각각 3[ppm], 6[ppm], 9[ppm]인 시료에 대한 개별적인 유동대전 전류의 시간에 따른 변화를 그림 4, 그림 5, 그림 6, 그림 7에 나타내었다.

그림에서 보는 바와 같이 원시료에 비해서 염분이 함유된 시료들의 유동대전 전류가 크게 나타남을 확인할 수 있다. 또한, 염분 함유량이 3[ppm]인 시료의 유동대전 전류가 가장 크게 나타나며, 염분 함유량이 6[ppm], 9[ppm]인 시료의 유동대전 전류는 염분 함유량이 3[ppm]인 시료보다 다소 작게 나타난다. 이것은 실험시료 제작시 확인된 바와 같이 염분의 교반이 변압기유에 대해 대략 3[ppm] 정도에서 포화되어 염분 함유량이 3[ppm]인 시료의 유동대전 전류가 가장 크게 나타나는 것으로 생각된다.

또한 변압기유 내에 함유된 이온 결정성 염분으로 인해 염분이 함유된 시료는 마찰 효과에 의한 정전기에 보다 큰 영향을 받아 유동 대전량이 원시료에 비해 크게 나타나는 것으로 생각된다.

(3) 절연과피

불순물이 액체 절연체의 전기적 특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 불순물로써 순도 99.5[%]의 순수한 염화나트륨을 교반시킨 변압기유를 사용하고 절연내력 시험으로 AC 절연과피 실험을 하였다.

그림 8, 그림 9, 그림 10, 그림 11은 염분 함유량의 변화에 따른 절연과피 강도를 온도의 변화에 따라 나타내었다. 모든 시료에서 온도가 높아짐에 따라 절연과피 강도는 높아지는 것을 볼 수 있으며, 염분 함유량이 3[ppm], 6[ppm], 9[ppm]으로 증가함에 따라서 저온 영역에서는 절연과피 강도가 낮아지는 것을 알 수 있다. 그러나 고온 영역에서는 염분 함유량이 증가함에 따라서 절연과피 강도가 높아지는 것을 확인할 수 있다.

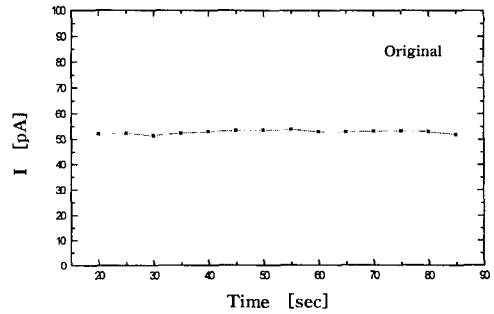


Fig. 4. Variation of streaming electrification of original specimen

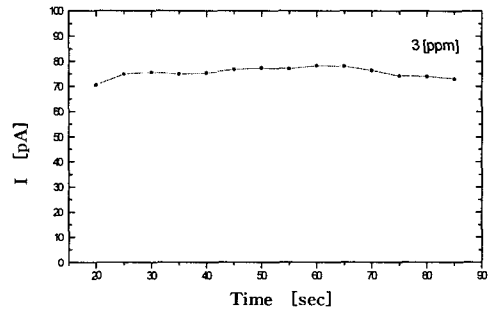


Fig. 5. Variation of streaming electrification of specimen with content of 3[ppm] sodium chloride

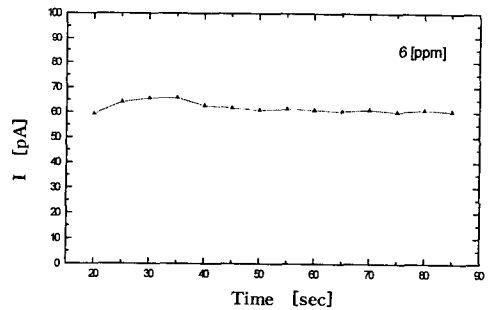


Fig. 6. Variation of streaming electrification of specimen with content of 6[ppm] sodium chloride

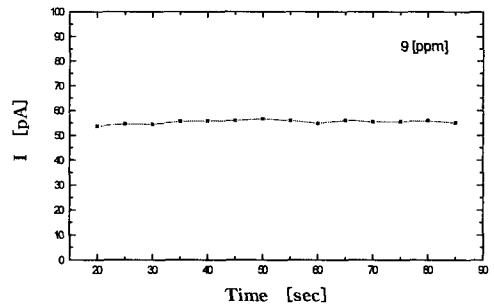


Fig. 7. Variation of streaming electrification of specimen with content of 9[ppm] sodium chloride

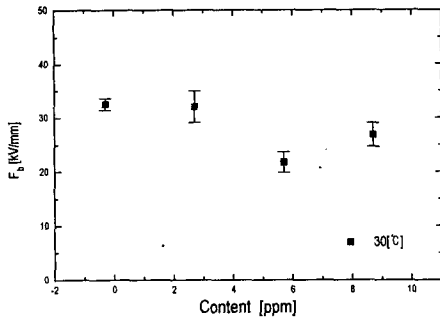


Fig. 8. Dependence of dielectric strength due to content in the temperature 30[°C]

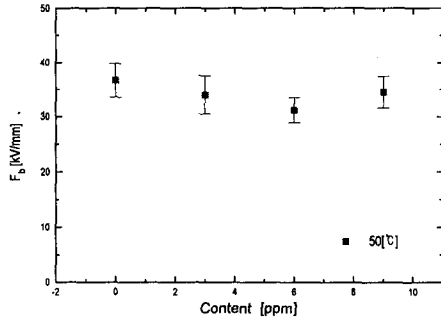


Fig. 9. Dependence of dielectric strength due to content in the temperature 50[°C]

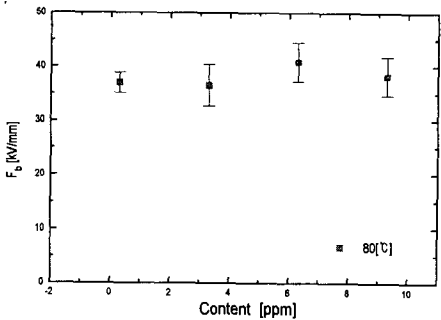


Fig. 10. Dependence of dielectric strength due to content in the temperature 80[°C]

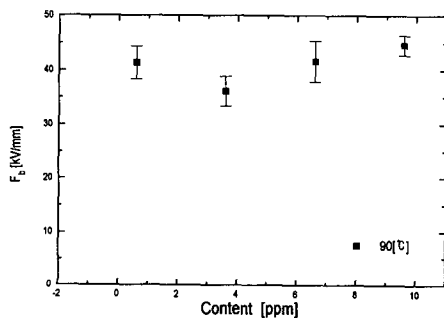


Fig. 11. Dependence of dielectric strength due to content in the temperature 90[°C]

이것은 烏山의 변압기유에 대한 상용주파수의 전압인가시 절연파괴 실험결과에서 나타난 것처럼 온도 80[°C] ~ 90[°C]에서 파괴전압이 극대로 됨을 보고하고 있다.

본 실험에서도 저온영역에서는 절연파괴전압이 낮은 반면 80[°C]이상의 고온영역에서 절연파괴전압이 상승되어 있음을 확인할 수 있다.

4. 결론

시료에 대한 $^1\text{H-NMR}$ 물성분석 결과 7.188[ppm]에서 용제의 피크가 나타났다. 시료에 대한 전기적 특성을 연구하기 위한 절연파괴 실험을 통하여 저온 영역에서는 불순물로 함유된 염분 이온이 전기전도에 기여하여 염분 함유량의 증가에 따라 절연파괴 강도가 낮아지나, 고온 영역으로 갈수록 불순물에 의한 이온이 전자의 흐름을 방해하는 요인으로 작용하여 염분 함유량 증가에 따라 절연파괴 강도가 커지는 것을 확인 하였다.

또한 변압기유의 유동대전 현상에 미치는 불순물의 영향을 고찰하기 위한 유동대전 전류의 측정에서는 염분 함유에 따라 유동대전 전류는 크게 증가하였으며 염분 함유량 3[ppm] 이상에서는 변압기유의 유동대전에 영향을 주는 염분의 포화 현상으로 인해 유동대전 전류가 다소 감소하는 것을 확인하였다.

본연구는 1995년도 한국전력공사의 연구
지원에 의해 수행 되었음

References

- [1] A. C. M. Willson ; INSULATING LIQUIDS : Their uses, manufacture and properties, PP. 3-85 (1980)
- [2] A Sierota and J. Rungis ; Electrical Insulating Oils, Part I; Characterization and Pretreatment of New Transformer Oils, IEEE. Elec. Insul. Magazine, 11, 1, pp 8-20 (1995)
- [3] 家田 正之外 3人; “誘電體 現象論”, 電氣學會, pp 242-258 (1985)
- [4] R. Tamura, Y. Miura et al ; STATIC ELECTIFICATION BY FORCED OIL FLOW IN LARGE TRANSFORMER, IEEE TRANS. on Power Apparatus and Systems, PAS-99, 1, PP 335-343 (1980)