

변압기유의 유전특성에 미치는 고조사 전자선의 영향

조경순, 김이두, 김석환*, 김왕곤*, 소병문, 홍진웅
 광운대학교 전기공학과 * : 서울산업대학교 전기공학과

The Effect on the Dielectric Characteristics of Transformer Oils
 due to the High Dose Electron Beam

Kyung-Soon Cho, Lee-Doo Kim, Suk-Wan Kim, Wang-Kon Kim, Byung-Moon So, Jin-Woong Hong
 Dept. of Electrical Eng., Kwangwonn Univ. * : Dept. of Electrical Eng.,
 Seoul Nat'l Polytechnic Univ.

Abstract - In this paper, the dielectric properties is made researches by the dose of electron beam in order to investigate the electrical properties for transformer oils due to electron beam irradiation. To measure the dielectric loss of irradiated specimen, the liquid electrode of coaxial cylindrical shape is used, and its geometric capacitance is 16 [pF].

And the dielectric dissipation factor, $\tan\delta$, is measured by using the Video Bridge 2150. The thermal static oven with an automatic temperature controller is used so as to apply specific temperature to specimen.

This experiments for measuring the dielectric loss is performed at 20~120[°C] in temperature range, 30~1.5×10⁵[Hz] in frequency and 300~1500[mV] in voltage.

1. 서론

오늘날 산업의 발달로 인해 전기 에너지의 수요가 급증하였으며, 그로 인해 현재 사용중인 송전전압 154[kV], 345[kV]로는 앞으로의 전기 수요증가를 충족시키기 어려울 것이다.

이상과 같은 전력수요의 증가에 대처하기 위하여 2000년초 운전예정인 765[kV] 송전선로는 95년까지 기준, 규격 및 설계서 작성을 완료하였으며, 96년부터 총연장 340[km]에 이르는 3개 구간의 2회선 송전선로 건설에 착수하였다.

이러한 송압 송전으로 인해 변압기의 경우, 층간 전압이 높아져 전자선이나 열에 의한 변압기유의 열화가 발생될 수 있다. 따라서, 본 실험에서는 변압기유를 시료로 선택하여 원시료와 12[Mrad], 24[Mrad], 36[Mrad]의 고조사 전자선으로 조사된 변압기유의 전기적 특성을 연구하기 위하여 유전특성의 전압 의존성을 조사하였다.

2. 시료의 제작 및 실험방법

2.1. 시료의 제작

본 실험에서 사용한 시료는 전자선 가속기로 전자선을 변압기유에 조사한 것이며, 시료의 조사량은 아래 표 1과 같다.

전자선 조사된 시료에 동일선량을 주려면, 전자류가 많은 만큼 피조사물의 반응속도를 크게할 필요가 있고, 처리량은 이것에 비례해 많아지는 것이며 실제 조사에 있어서는 CTA선량계를 이용해 K값을 미리 구해 놓고 위의 식에 의해 D를 구한다.

$$D = k \frac{I}{v} \quad [\text{Mrad}]$$

즉 인가전류와 속도만을 가지고 조사량을 변화시켰으며 자세한 실험방법은 다음과 같다. 시료제작은 공기중에서 변압기유를 직경 12[cm] PYREX 샤레 5개에 높이가 4[mm]가 되도록 따른후 전자선 조사 장치의 윈도우로부터 18[cm]떨어진 곳의 conveyer에 올려놓고 전자조사를 행했다. 전자선 조사 장치의 윈도우 부의 대략적인 개요도는 그림 1와 같다.

표 1. 시료의 구분

Table 1. Classification of specimen

No.	E, I conveyer speed(V)	왕복횟수	Dose [Mrad]
1	Original	-	-
2	E=1[MeV], I=20[mA], V=5[m/sec]	2	12[Mrad]
3		4	24[Mrad]
4		6	36[Mrad]

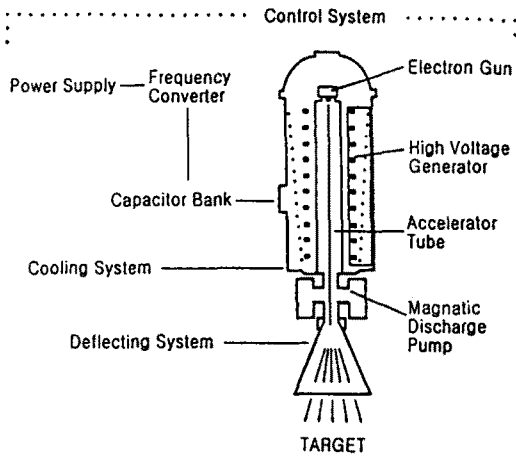


그림 1. 전자선 조사 장치의 개략도

Fig. 1. Schematic drawing of device of electron beam irradiation

2.2. 유전 특성 실험

전자선 조사된 시료는 열화특성이 유전특성에 미치는 영향을 조사하기 위해 조사량에 따른 유전점 접의 전압 의존성을 실험하였다. 본 실험에 사용된 전극은 동축원통형 전극으로 기하학적 정전용량은 16[pF]인 것을 사용하였고, 온도조절은 자동 온도 조절기를 내장하여 일정한 온도를 유지할 수 있는 오븐(TO-9B, ANDO)을 사용하였다. 유전점 측정에는 주파수를 30[Hz]에서 150 [kHz]까지 변화할 수 있고, 인가전압은 300[mV]에서 1500[mV] 까지 변화 가능한 측정기기(Video Bridge 2150, Electro Scientific Industries Inc.)를 사용하였다. 그리고, 전자선 조사된 시료의 온도는 20[°C]에서 120[°C]까지 변화시키며 실험을 실시하였다.

3. 실험결과 및 검토

3.1. 물 성분 분석

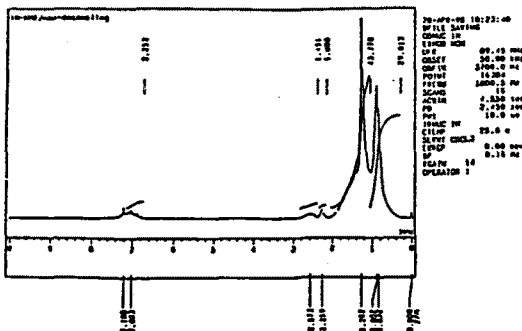


그림 2. 원시료의 NMR 스펙트라
Fig. 2. Nuclear magnetic resonance of virgin specimen

본 실험에 사용된 액체 절연체인 변압기유(D사 DNI-4호)의 형태를 조사하기 위해 ¹H-NMR Spectrum을 조사하였다.

그림 2는 ¹H-NMR을 이용하여 얻어진 0~10[ppm] 사이에서의 시료에 대한 Spectrum이다.

용제는 CDCl₃를 사용했으며 7.188[ppm]에서 용제의 피크가 나타나고, 내부기준으로 Shift δ=0이다. 한편 2.295[ppm]에서의 피크를 제외한 최소값으로 이것을 기준으로 하여 H의 수량을 정산하여 그래프 위에 표시하였다

3.2. 유전 특성

전자선 조사된 시료 3가지와 원시료에 대하여 유전특성중 전압 의존특성을 조사하기 위하여 측정온도 20~120[°C], 측정 주파수 30~1.5×10⁵[Hz], 인가전압 300~1500[mV]범위에서 유전점접을 실험하였다.

약 200[Hz]부근에서 β피크가, 그리고 10 [kHz] 부근에서 α피크가 나타나는데, β피크는 인가전압이 높아지면 그 크기가 작아지고, 반대로 α피크는 인가전압이 높아지면 커지는 것을 확인할 수 있다. 또한, 저주파수 영역 β피크의 경우는 인가전압이 상승하면 손실 피크는 높은 주파수 쪽으로 이동하지만, 고주파수 영역 α피크의 경우는 인가전압이 상승하여도 손실 피크가 나타나는 주파수는 일정하고, 단지 그 진폭만 감소되는 것을 볼 수 있다. 이와 같은 현상은 β피크의 경우에 있어서 유전점접의 피크 크기의 감소는 Garton의 이론에 의하면 유전점 접 피크의 크기는 인가전압의 -1.5승에 비례하므로 인가전압이 높아지면 손실의 진폭이 감소하는 것이라 생각할 수 있다.

조사량의 증가에 따라 미조사된 원시료보다 β피크의 크기가 커지는 것을 볼 수 있는데, 이것은 FTIR 분석에서 알 수 있는바와 같이 전자선 조사로 인해 카르보닐기가 증가하여 캐리어 밀도가 높아지면서 도전성이 증가되었기 때문으로 추정된다. 12[Mrad] 조사된 시료의 경우, 주파수 100[Hz], 인가전압 300[mV]의 조건에서는 3×10⁻²에서 동일한 주파수, 인가전압 1500[mV]의 조건에서는 약 7×10⁻³으로 감소된다. 이러한 현상을 검토해 보면 이론계산에서는 약 0.089배 정도로 적어지는데, 실험 결과에서는 이론계산 값보다 약간 더 감소됨을 확인할 수 있었다.

그리고 α피크는 인가전압이 높아지면 일정한 주파수(100[kHz])에서 진폭만 증가되는데, 이와 같은 현상은 액체 절연체의 유전점접 특성을 고려해 보면 도전성이 증가된 것으로 볼 수 있다. 그러나 α피크는 조사량 변화에 대하여 무관하고 일정하게 나타난다. 이와 같은 현상은 NMR의 0.5~2.5[ppm]에 존재하는 알킬기나 나프텐환의 변화가 없는 것으로 보아 전자선 조사량 변화에 대해서는 안정함을 나타내는 것으로 볼 수 있다.

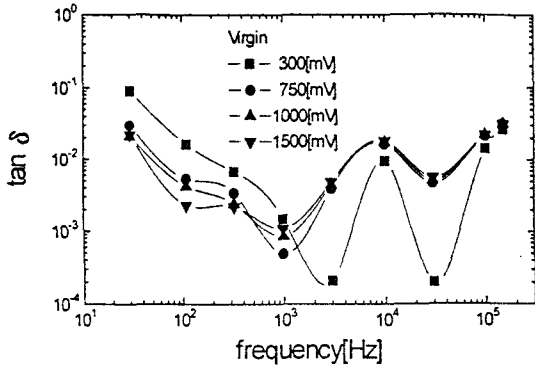


그림 4-13. 유전특성의 전압 의존성(원시료)
Fig. 4-13. Voltage dependence of dielectric characteristics (Virgin)

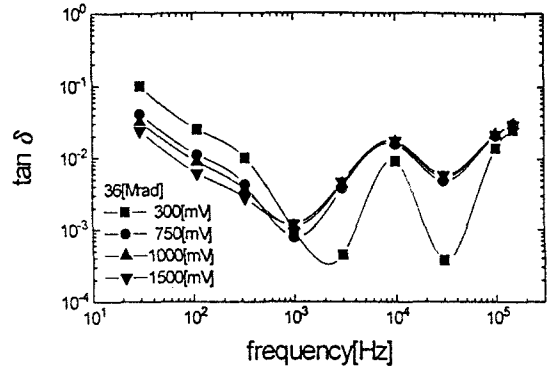


그림 4-15. 유전특성의 전압 의존성(36[Mrad])
Fig. 4-15. Voltage dependence of dielectric characteristics (36[Mrad])

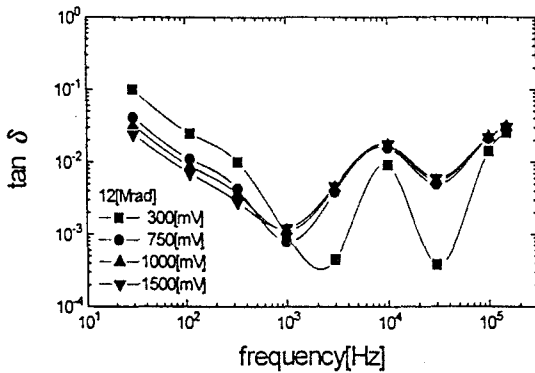


그림 4-13. 유전특성의 전압 의존성(12[Mrad])
Fig. 4-13. Voltage dependence of dielectric characteristics (12[Mrad])

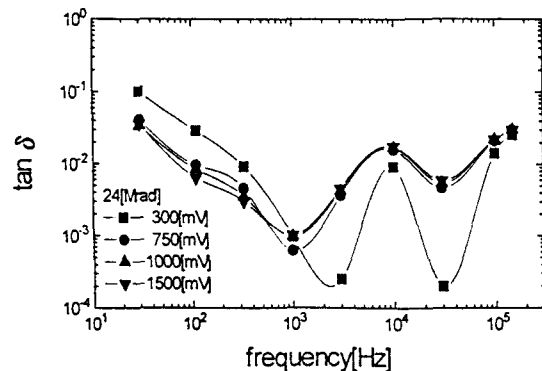


그림 4-14. 유전특성의 전압 의존성(24[Mrad])
Fig. 4-14. Voltage dependence of dielectric characteristics (24[Mrad])

4. 결 론

전자선 조사에 따른 유전특성의 전압 의존성 측정 결과는 다음과 같다. 조사량의 증가에 따라 β 피크의 크기가 원시료보다 커지는 것은 FTIR 분석에서 나타난 것과 같이 전자선 조사로 인한 카르보닐기의 증가가 시료의 도전성에 기여했기 때문이라 생각된다.

α 피크 경우, 인가전압이 높아지면 일정한 주파수(100[kHz])에서 진폭만 증가를 나타낼 뿐, 조사량 변화에 대해 거의 무관하게 일정함을 확인할 수 있었다. 이는 NMR의 0.5~2.5[ppm]에 존재하는 알킬기나 나프텐환의 변화가 없는 것으로 보아 전자선 조사량 변화에 대해서는 안정함을 나타내는 것으로 볼 수 있다.

본 연구는 1997년도 한국전력공사의 연구 지원에 의해 수행 되었음.

(References)

- [1] A. C. M. Willson ; INSULATING LIQUIDS : Their uses, manufacture and properties, pp. 3-85 (1980)
- [2] R. BARTNIKAS ; Dielectric Loss in Insulating Liquids, IEEE Trans. Electr. Insul., EI-2, 1, pp. 33-54 (1967)
- [3] R. M. HAKIM ; The Properties of an Insulating Oil and Its Fractions at low Temperatures, IEEE Trans. Electr. Insul., EI-10, 4, pp. 124-134 (1975)
- [4] S. Yasufuku, J. Ise and S. Kobayashi ; Radiation-Induced Degradation Phenomena In Electrical Insulation Oils, IEEE Trans. Electr. Insul., EI-13, 1, PP 45-50 (1978)