'96 대한전기학회 하계학술대회 논문집 (1996. 7. 22~24)

절연 및 절연/반도전 계면하에서의 유전특성

김 동 식 °, 강 무 성, 정 성 용, 박 대 희
원광대학교 전기공학부

Dielectric Characteristics on the interface between insulation and insulation/semiconductor

Dong-Shick Kim °, Moo-Seong Kang, Seong-Yung Jeong, Dae-Hee Park
Wonkwang University

Abstract

This paper evaluated dielectic characteristics on EPR, Polyester and insulation of these different interface. Dielectric characteristics of insulation rubber, Polyester increace greatly according as temperature increases have no effect on applied voltage and pressure. On the condition that interface exists, we confirmed that dielectric characteristics had been influence on semiconductor which had high tanδ.

1. 서론

전력케이블의 절연재료는 폴리오레핀과 고무계가 폭 넓게 사용이 되고 있으며, 고무계인 EPR(Ethylene Propylene Rubber)은 내열특성 및 내환경성등과 같은 물성이 우수하여 지중 배전케이블에 넓게 사용되고 있다. 전력케이블에 있어서 EPR은 주로 22kV급 이하의 전압에 많이 사용되고 있으나 유전특성이 폴리에칠렌에 비하여 떨어지는 단점도 있다. 절연재료로서 EPR은 고전압에서 유전특성이 문제가 되고 있으며, 유전손실은 고온으로 됨에 따라서 더욱 증가하는 경향을 나타낸다고 보고되어 있다. 또한 폴리오레핀계의 절연재료는 가공성과, 전기적인 물성이 우수하여 케이블의 절연재료로서 이용이 되고 있으며 고전압하에서는 반도전/절연의 계면구조를 갖는 형태로 사용되는 경우가 많다.

특히 전력기기에 있어서 전계완화를 시키기 위해서는 전기적인 강도보다는 유전 특성이 중요한 것으로, 반도전층과 절연고무간에 계면이 존재하는 경우에 있어서의 전기적인 물성의 검토는 매우 중요하다.

이와같은 관점에서 본 연구는 절연부품에 많이 사용되어지는 절연고무, Poyester와 반도전재료의 유전특성을 전압, 온도, 압력의 의존성을 평가하고, 향후에 전력기기의 계면에 있어서 나타나는 현상의 고찰을 통하여 품질의 개선 및 개발에 응용코져 한다.

2. 시험방법

유전손실은 tanδ에 비례하며, 절연재료내에서의 전력손실을 나타내는 것으로 고전압화가 됨에 따라서 다음의 $W = \omega CV^2 \tan\delta$에 의해서 증가를 한다. tan$\delta$는 절연재료의 크기에는 무관하며, 고유의 성질을 나타내는 것으로 절연저항과 함께 사용 되어지고 있다. 일반적으로 절연재료에 흐르는 누설전류가 증가하면, 유전손실이 커지고, 손실이 증가하므로 온도상승을 일으킨다. 이와같은 유전손실은 절연재료내의 흡습에 의해서 크게 증가하는 것으로 알려져, 열화진단의 방법으로 이용이 되고 있다. 또한 유전손실은 분극현상에 의해서도 나타나는 것으로 미시적인 측면에서 쌍극자의 영향에 의해서 설명을 하고 있으며, 특히 극성을 갖는 절연재료에서 많은 해석을 하고 있다.

본 시험에 사용한 시료는 두께가 일정한 EPR절연, Polyester필름과 반도전 sheet이며, 측정 전에 충분하게 건조기내에서 건조시킨 후, 에틸알콜로써 세척한 후에 각각 측정하였다.

사용한 전극은 상부 전극에 지름 49㎜의 주전극과 지름 79.1㎜의 guard ring전극, 하부전극으로 지름 100.4㎜의 평판을 사용하고, 시료의 가열은 주전극내의 히터에 의해서 가열하였다.

정전용량과 유전손실의 시험방법은 JEC - 150의 Schering Bridge법을 이용하였다.

3. 시험결과 및 고찰

1) 절연고무 및 Polyester의 tanδ와 그의 압력, 전압및 온도의존성

절연고무는 압력에 의해서 유연한 특성을 갖는 것으로 절연부품의 압력이 가해지는 부분에 많은 이용이 되고 있는 것으로, 본 실험에서는 절연고무의 tan δ는 일정 전압하에서 압력을 변화시키면서 각각 평가하였다. 먼저 시료에 인가전압 은 0.5kV로 하고, 전극의 압력을 2(N/㎠), 4(N/㎠), 6(N/㎠), 7(N/㎠)로 각각 가압하면서 tan δ와 정전용량을 측정하였다.

그림 1은 tan δ와 정전용량의 압력의존성을 나타낸 결과이다. tan δ는 초기에 2(N/㎠)의 압력하에서 $1.56*10^{-3}$(%)이며, 압력이 높아짐에 따라 약간 감소하는 경향을 나타내고 있다. 동시에 정전용량은 2(N/㎠)의 압력하에서는 42.91(pF)로서, 압력이 높아짐에 따라 다소 증가하는 현상을 나타내고 있다. 이와같은 고무절연의 tan δ는 폴리에칠렌에 비하여 약 10배정도 큰 것을 나타내고 있는 것을 알수 있었다.

이와 같은 유전특성은 기계적Stress에 의하여 약간의 변화는 고무 유전체의 분극현상 혹은 분자운동이 외부의 기계적 Stress를 받아서 tan δ가 감소를 일으키는 결과로 예측할 수 있다.

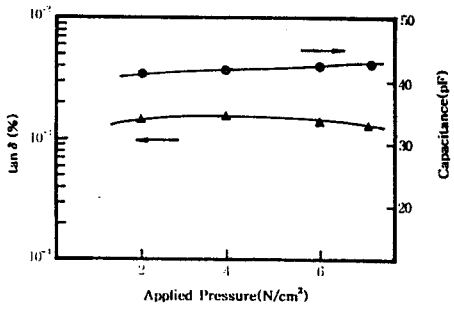

그림 1. tan δ 및 정전용량의 압력의존성

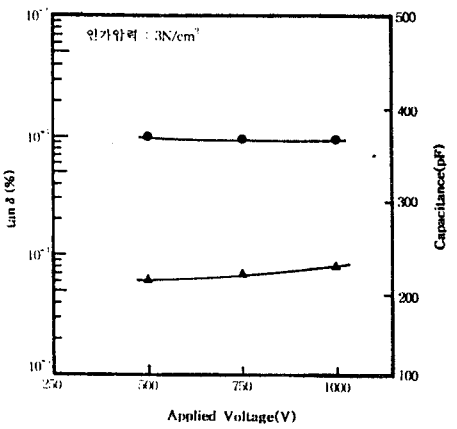

그림 2. polyester필름에 있어서 tan δ 및 정전용량의 전압의존성

그림 2는 polyester필름에 있어서 tan δ의 전압의존성을 나타낸 결과이다. 인가압력은 3(N/㎠)으로 일정하게 유지하고, 인가전압은 각각 0.25kV ~ 1kV로 하였다. 이 결과로 부터 알 수 있는 것은 tan δ의 전압의존성은 0.25kV에서 $1.0*10^{-3}$(%)를 나타내고, 인가전압이 상승됨에 따라 tan δ가 거의 변화를 나타내지 않고 있으나, 정전용량은 500V에서 219pF를 나타내고 전압에 따라 증가하는 경향을 나타내고 있다.

인가전압이 높아짐에 따라 고무계의 경우는 tan δ가 감소하는 현상을 나타내고, 정전용량은 43.1pF로 일정한 값을 나타낸다.

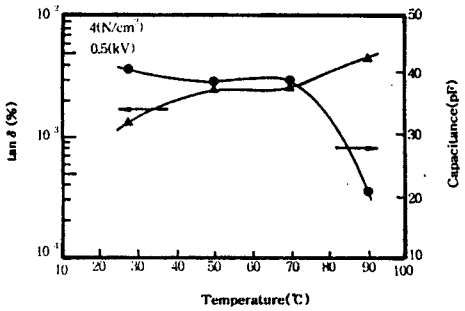

그림 3. tan δ 및 정전용량의 온도의존성

그림 3은 tan δ 및 정전용량의 온도의존성을 나타낸 결과이다. 이 때의 측정조건은 인가전압을 0.5kV, 압력을 4(N/㎠)로 일정하게 했다. tan δ는 상온에서 $1.670*10^{-3}$(%)를 나타내고 있으나, 온도가 증가됨에 따라 크게 증가하고 있으며, 특히 90℃부근에서는 크게 증가하는 결과를 나타내고 있다. 이와 결과는 고무의 분자쇄가 열에너지에 의하여 활발한 운동을 함으로써 누설전류성분의 증가로 인하여 tan δ가 크게 증가하는 것으로 사료된다. 정전용량은 tan δ의 결과와 반대로 감소하는 결과가 얻어지고 있으나, 이와같은 감소는 가해지는 압력이 온도의 증가와 함께 두께의 저감으로 인하여 나타나는 것으로 예측되어진다.

그림 4는 Polyester의 tan δ 및 정전용량의 온도의존성을 나타낸 결과이다.

이 결과로부터 알수 있는 것은 온도가 증가함과 함께 정전용량의 증가를 나타내고 있으며, tan δ는 실온부터 60℃사이에는 감소하는 경향을 나타내나, 고온의 쪽으로 되면서 급격하게 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이같은 경향은 고무와 다른 현상을 나타내고 있다.

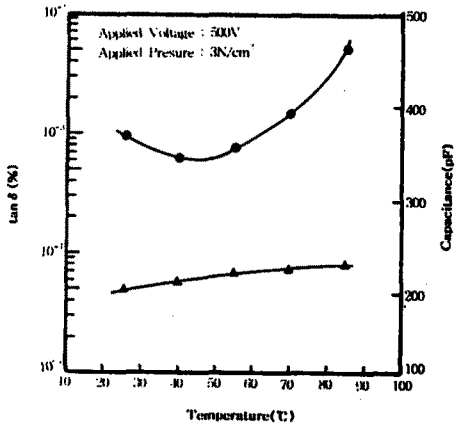

그림 4. Polyester의 tan δ 및 정전용량의 온도의존성

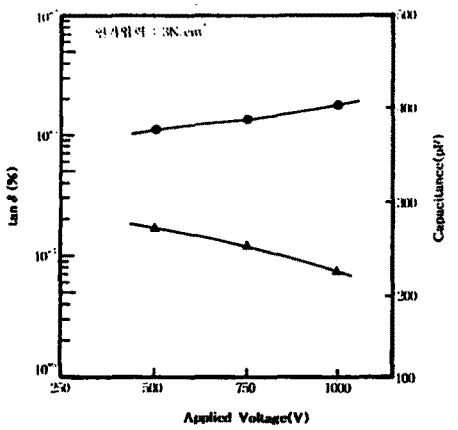

그림 6. 절연/반도전Polyester필름 계면하에서 tan δ 및 정전용량의 전압의존성

2) 절연/반도전의 tan δ와 그의 압력,전압및 온도의존성

그림 5는 절연/반도전고무의 tan δ의 전압의존성을 나타낸 결과이다. 이때의 측정조건은 인가압력을 4(N/㎠)로 일정하게 하였다. tan δ는 0.25kV에서 $201.91*10^{-3}$(%)를 나타내나, 인가전압의 증가와 함께 $1.67*10^{-3}$(%)로 감소하는 현상을 나타내고 있다.

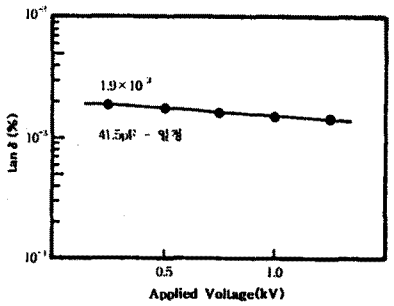

그림 5. 절연/반도전고무계면하에서 tan δ 및 정전용량의 전압의존성

이와같은 tan δ의 감소는 고무만의 경우와 동일한 결과를 나타내고 있다. 또한 정전용량은 전압에 거의 의존하지 않고 41.5(PF)로 거의 일정하게 나타냈다. 이와같은 tan δ는 계면이 형성되어도 고무만의 경우와 비교해서 단시간내에는 큰 차이를 나타내지 않고 있음을 알 수 있다.

그림 6는 절연/반도전Polyester계면하에서의 tan δ와 정전용량의 전압의존성을 나타낸 결과이다. 이때의 측정조건은 인가압력은 3 N/㎠로 일정하게 하였다. tan δ는 500V하에서 $1.18*10^{-3}$(%)를 나타내고 있으나 전압이 증가함으로 증가하는 경향을 나타내고 있다. 또한 tan δ는 절연만의 경우보다 반도전층이 삽입되어진 경우가 다소 증가됨을 나타내고 있다. 이와같은 결과는 반도전층이 포함되어 됨으로 전체적인 절연특성은 반도전층의 영향을 받고 있다는 것과 계면이 존재함으로 공간전하가 계면에 형성됨으로 내부손실의 증가에 의해서 다소 증가되는 것으로 사료된다. 또한 정전용량은 500V하에서 272pF를 나타내고, 역시 전압의 증가와 함께 약간 증가하는 경향을 나타내고 있다.

그림 7.는 절연/반도전고무의 tan δ 및 정전용량의 온도의존성을 나타낸 결과이다. 이때 측정조건은 앞의 조건과 동일 조건에서 측정하였다.

절연/반도전고무의 tan δ는 상온에서 $2.41*10^{-3}$(%)를 나타내고 온도가 증가됨에 따라 커지고, 고무만의 경우와 마찬가지로 90℃에서 현저하게 커짐을 나타내고 있다. 정전용량은 온도의 증가와 함께 앞의 고무만의 경우와 마찬가지로 감소하는 현상을 나타내고 있으나, 고무만의 경우보다는 감소되어지는 비율이 적은 것을 나타내고 있다.

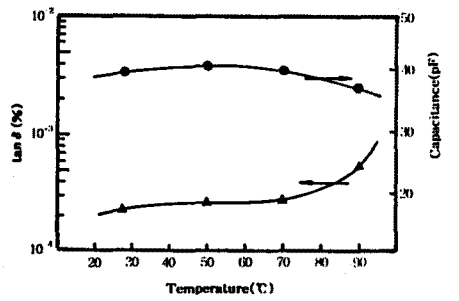

그림 7. 절연/반도전고무하에서 tan δ 및 정전용량의 온도의존성

그림 8.은 절연/반도전polyester의 tan δ 및 정전

용량의 온도의존성을 나타낸 결과이다. 절연/반도전 Polyester의 tanδ는 상온에서 $1.18*10^{-3}$(%)를 나타내고 온도가 증가됨에 약40℃가지는 감소하고 다시온도의 상승과 함께 고온부에서는 크게 증가하는 경향을 나타내고 있다. Polyester만의 경우와 마찬가지로 90℃에서 현저하게 커짐을 나타내고 있다. 정전용량은 온도의 증가와 함께 감소하는 현상을 나타내고 있으나, 이와같은 감소는 체적의 의존성에 지배적인 것으로 사료된다.

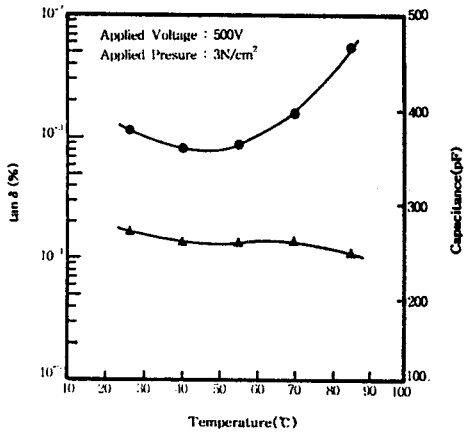

그림 8. 절연/반도전계면하에서 tanδ 및 정전용량의 온도의존성

이와같은 결과를 통하여 유전특성은 온도에 크게 의존되는 것을 알수 있었으며, 특히 이종재료가 계면상태를 유지하게 될 때 절연특성은 절연성능이 낮은 쪽의 영향을 크게 받는 것으로 본 실험을 통하여 확인 할수 있었다.

4. 결론

절연부품의 절연 및 절연/반도전의 계면하에 있어서 유전특성은 아래와 같은 결과를 얻었다.

1) 절연고무의 tanδ는 가해지는 압력의 증가와 함께 약간 저하되는 것을 알 수 있었고, 마찬가지로 절연/반도전 경우에도 동일의 결과를 나타냈다.

2) 절연/반도전계면이 존재하는 tanδ는 고무의 경우 약 28%증가를 나타내나, polyester는 20%이하의 증가를 나타내고 있다.

3) 고무와 Polyester의 tanδ는 온도에 크게 의존하며, 특히 90℃에서 급격히 증가되는 것으로, 실온보다는 2-3배 증가된다.

4) 이와같은 실험을 통하여 고무나 Polyester의 tanδ는 온도의 증가와 함께 크게 증가하는 것을 확인 할수 있었으며, 장기 신뢰성측면에서 고려되어야 할 항목으로 사료된다.

參考文獻

1) S.N.Gubanski et al :"Wettability of Naturally Aged Silicone and EPDM Composit Insulator" IEEE PES 90WM 02507 PWRD,1990

2) G.Mazzanti et al :"Comparison of Electrical Aged Tests on EPR-insulated Minicables and Ribbons from Full-sized EPR Cable" IEEE Trans. on EI. InVol.2,no.6,pp.1095-1099, Dec. 1995

3) 今場 功 外 : "アセトフエノン塗布ポリエチレンフィルムの高電界誘電特性"DEI-91-106 pp.31-39

4) 高橋 芳久 外 :" EMJ接着界面の耐電壓特性"平成3年 電氣學會全國大會1493

5) 岡本 外:"超高壓CV Cableの 半導電層界面の 改良" 電中研報告書 No. W86013(1986)

본 연구는 전력기술기초연구중기과제의 일부 지원에 의해서 수행되었음