이종계면에서의 주파수 및 온도 변화에 따른 유전특성

강대용, 오광영, 이종복*, 한상옥**, 박대희
원광대학교, 호원대학교*

Dependencies of Dielectric Properties on Frequency and Temperature in Different Interfaces

Dae-Yong Kang, Guangning Wu, Jong-Bok Lee, Sang-Ok Han, Dae-Hee Park
Wonkwang University, Chungnam University, Howon University

Abstract - In this paper, specimens which have the structure of Insulator/Insulator/Insulator and Insulator/Semiconductor/Insulator were experimented using insulating material of Polyethylene Terephthalate (PET). The dependency of permitivity, tanδ and conductance on frequency and temperature were investigated. Both of the specimens showed the trend of decrease in permitivity as the temperature increased but increase as the frequency increased. tanδ of both specimens showed increase with the increase of frequency. With the temperature, tanδ showed slight decrease by 60℃ and increase over 80℃.

1. 서 론

최근 산업사회의 발달과 함께 장거리 송전의 고효율성을 갖는 전기에너지의 수요가 급증하고 있으므로 이에 따라 전력전송전압이 격상하고 있는 추세이며 이러한 고전압에 적합한 절연시스템이 설계되고 있는 실정이다. 이러한 절연시스템에서는 특정 지점에 전계가 집중되는 것을 방지하기 위하여 반도전성을 띄는 층을 삽입하여 절연체/절연체 또는 절연체/반도전체의 계면 구조를 갖게된다. 그러나 초고압에서의 전력케이블의 절연사고는 케이블 이종계면 부분에서와 케이블 종단부 및 중간 접속부의 절연체/절연체, 반도전/절연체의 계면에서 많이 발생한다.[1, 2] 주로 계면이 존재하는 곳에서부터 절연사고가 발생하는 시발점으로 케이블의 절연성능을 저하시킨다.[3, 4, 5] 계면에서의 절연파사고는 주로 장시간에 걸쳐서 열화가 진전되어 일어나는 것으로서 이에 대한 방지책을 위한 계면에 있어서 절연 및 유전특성등의 평가가 필요하다.[6, 7, 8, 9]

2. 실 험

시료로는 PET(SR-50, SKC Co.)필름을 절연체로 사용하였으며, 반도전재료로는 동선특수재료에서 제작한 체적저항: 1000Ω·㎝의 폴리에칠렌수지를 Ba Resin으로하는 반도전 필름을 사용하였다.

시편의 구조는 PET/PET/PET와 PET/SEMI/PET 구조로 되어있으며, 반도전 필름의 두께는 75㎛이고 동일 위치에 있는 절연층의 두께는 반도전의 두께와 같이 75㎛로 하였으며 이 반도전층과 절연층을 둘러싸고 있는 외부절연층은 모두 25㎛로 하였다. 시편의 구조는 그림 1에 나타내었다.

유전특성시험은 DIELECTRIC LOSS MEASURI SET (ANDO ELECTRIC CO., LTD TYPE TR-1 와 NULL DETECTOR (ANDO ELECTRIC C LTD TYPE BDA-9)를 사용하였으며 주파수 의존성을 알아보기 위하여 OSCILLATOR (ANDO ELECTR CO., LTD TYPE WBG-9)를 사용하였다. 또한 온 의존성을 알아보기 위하여 Thermostatic Ove (ANDO ELECTRIC CO., TYPE TO-9)을 사용하였 전극은 평판대 평판 전극(ANDO ELECTRIC CO LTD TYPE SE-70 ELECTRODE)을 사용하였으며 부전극은 18.0mmφ, 하부전극은 87.0mmφ인 것을 용하였다.

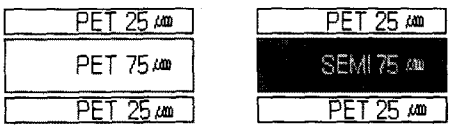

그림 1 시편의 구조

3. 결과 및 고찰

두 종류의 시편을 가지고 주파수 및 온도에 따른 유전율, tanδ 및 Conductance를 살펴보았다.

그림 2는 각 시편에 대한 유전율의 주파수 의존성을 나타내고 있다. 주파수 330[Hz]에서 PET/PET/P의 유전율은 1.845를 나타내었고, 주파수가 높아짐에 따라 1[MHz]에서 1.773까지 감소하는 경향을 보였 동일한 주파수에서 PET/SEMI/PET의 유전율은 5.0를 나타내었으며, 주파수가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며 특히 1[MHz]의 고주파에서는 4.487

크게 감소하였다. 광학적 고주파에서부터 전기적 영역의 주파수에 이르기까지 유전율은 분극에 직접적인 영향을 받고 있으며 광학적인 영역의 주파수에서는 전자분극이 주파수가 점점 작아지면서 원자분극이 전기

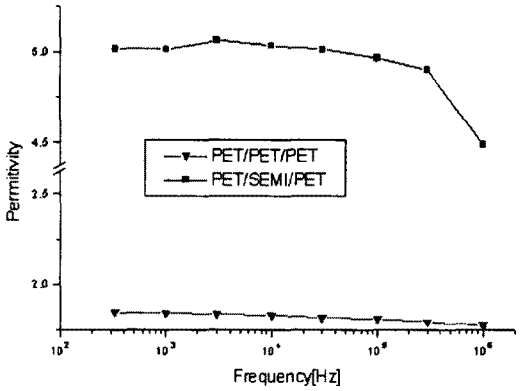

그림 2 유전율의 주파수의존성

적인 영역의 주파수에서는 배향분극과 공간전하분극이 일어나게 되어 유전체내에서 주파수가 증가함에 따라 분극율이 낮아지게 되고 이 낮아진 분극율에 의하여 유전율이 작아지게 된다.

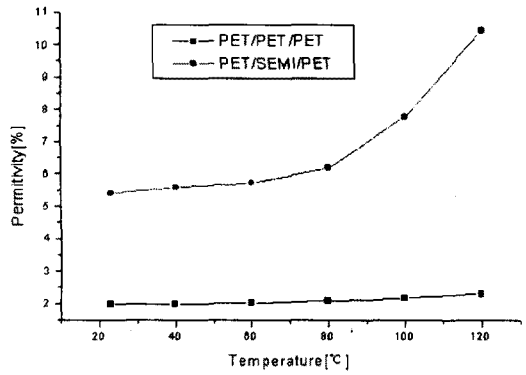

그림 3 유전율의 온도의존성

그림 3은 유전율의 온도의존성을 나타내고 있다. 온도가 증가하면서 자유전자 및 전자의 이동이 더욱 원활하게 되고 이에 의하여 높은 온도에서도 자유로운 분극이 일어나게 되어 분극율이 높아지게 되고 유전율이 커지게 된다. 80℃이상의 고온에서 PET/SEMI/PET의 유전율의 변화가 PET/PET/PET 변화에 비하여 더욱 급격한 변화를 보인 것은 반도전층의 Base Resin인 Polyethylene의 열적특성에 영향받은것으로 사료된다.

그림 4은 tanδ의 주파수의존성을 나타내고 있다. taδ는 한 사이클당 유전체 가운데에 소비되는 에너지와 유전체 가운데에 축적되는 에너지와의 비로 생각할 수 있다. 시료의 tanδ는 330 [Hz]의 낮은 주파수에 6.45×10^{-4}으로서 PET/PET/PET 시료의 tanδ인 2 $\times10^{-3}$에 비하여 낮게 나타났으나, 10[kHz]에서 PET/PET/PET 시료의 tanδ 6.270×10 PET/SEMI/PET 시료의 tanδ 6.560×10^{-3}으로 유값을 나타내었다. 이는 10kHz의 주파수에서 PET/PET/PET의 유전체에 축적되는 에너지와 소비되

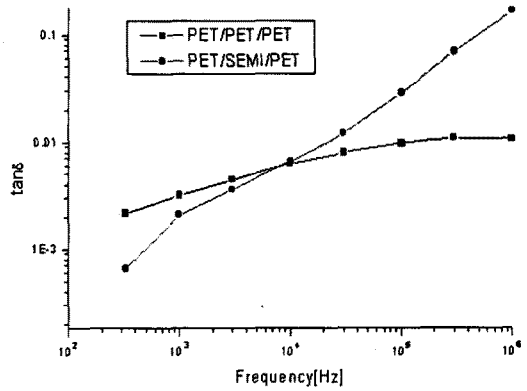

그림 4. tanδ의 주파수 의존성

는 에너지의 비가 PET/SEMI/PET의 유전체에 축적되는 에너지와 소비되는 에너지의 비와 유사한 것을 나타낸다.

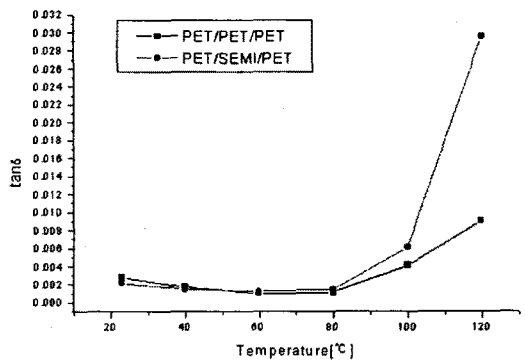

그림 5. tanδ의 온도 의존성

tanδ의 온도의존성은 그림 5와 같았다. 상온에서부터

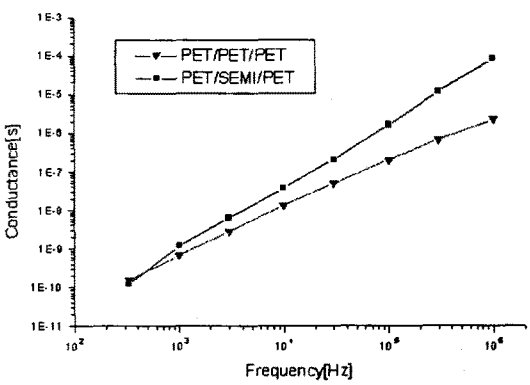

그림 6 Conductance의 주파수 의존성

60℃까지의 tanδ는 완만하게 감소하다가 80℃ 이상의 온도에서는 tanδ가 증가하였으며 이때 PET/SEMI/PET의 증가는 PET/PET/PET의 증가에 비하여 급격하게 나타났다. 이 급격한 기울기는 반도전층의 Base Resin인 Polyethylene의 영향으로 사료된다.

다음은 Conductance의 주파수의존성을 살펴보았으며 그림 6에 나타내었다.
PET/SEMI/PET의 Conductance가 실험된 주파수 영역에서 PET/PET/PET보다 크게 나타났으며 고주파 영역으로 갈수록 그 차이가 더욱 커졌다. 이는 반도전층이 절연층 사이에 삽입되어짐으로써 전체적인 절연체의 두께가 감소되어진 효과에 의한 영향으로 보인다.

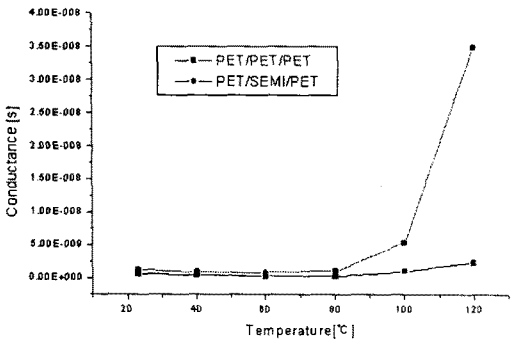

그림 7 Conductance의 온도 의존성

그림 7은 Conductance의 온도 의존성을 나타내고 다. 실온에서 120℃까지의 온도에서 PET/SEMI/PE의 Conductance가 PET/PET/PET보다 크게 나타났며 상온에서 60℃까지 Conductance가 감소하다가 0℃에서 증가하기 시작하여 80℃ 이상의 온도에서 더욱 크게 증가하였다. 이때 반도전층의 Base Resin인 폴리에칠렌이 절연층의 물질인 80℃ 이상의 온도에서 열적 변형이 일어나면서 Conductance에 영향을 미친 것으로 사료된다.

3. 결 론

본 논문에서는 PET/PET/PET와 PET/SEMI/PET 이종계면에서의 주파수 및 온도 변화에 따른 유전특성을 측정하였다.
1. 유전율은 주파수가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며 측정된 주파수 영역에서 PET/SEMI/PET의 유전율이 PET/PET/PET의 유전율보다 크게 나타났다.
2. 유전율은 온도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으며 PET/SEMI/PET의 유전율은 80℃ 이상의 도에서 PET/PET/PET의 유전율에 비하여 더욱 크게 증가하였으며 이는 반도전층의 Base Resin인 PE의 열적 특성에 기인한다.
3. tanδ는 주파수가 증가함에 따라 모두 증가하는 경향을 보였으며, 낮은 주파수 영역의 경우 PET/PET/PET의 tanδ가 PET/SEMI/PET의 tan 다 높게 나타났다가 높은 주파수 영역에서는 반전되었다.
4. tanδ는 온도가 증가함에 따라 증가하였으며 반도전을 포함한 시료의 경우 Base Resin의 열적특성으로 인하여 80℃ 이상의 온도에서 크게 증가하였다.
5. Conductance는 주파수가 증가함에 따라 증가하였며 측정된 모든 주파수 영역에서 반도전층을 포함한 시료의 Conductance가 절연체만으로 구성된 시료보다 더욱 크게 나타났으며 고주파에서 그 차이가 더 컸다.
6. Conductance는 온도가 증가함에 따라 감소하다 증가하는 경향을 보였으며 반도전층의 열적 특성으로 인하여 80℃ 이상의 온도에서 PET/SEMI/PET Conductance가 크게 증가하였다.

[참 고 문 헌]

[1] 박대희, "XLPE 電力케이블 異種絶緣 材料間의 界面現象硏究", pp. 9-60, 1993. 9
[2] Metra, P., Occhini, E., and Portinari, G., "High voltage cables with extruded insulation-statistical controls and reliability evaluation", IEEE Trans. Power Appr. Syst., 94(3), 967, 1975
[3] Y.Mizuno, Y.Mitsuyama, M.Nagao, M.Kosaki " Dielectric Properites of Ethylene-propylene Rubber in Cryogenic Temperature Region" Proceedings of the 4th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials, Brisbane, Australia, pp. 475-478, July, 1994
[4] S.N.Gubanski, et al, "Wettability of Naturally Aged Silicone and EPDM Composit Insulator" IEEE PES 90WM 02507 PWRD,1990
[5] G.Mazzanti et al, "Comparison of Electrical Aged Tests on EPR-insulated Minicables and Ribbons from Full-sized EPR Cable" IEEE Trans. on EI. Ins., Vol.2,no.6,pp.1095-1099,Dec. 1995
[6] T. Mohatai, et al, "Reliability and Transmission Capacity in XLPE Cable", Fujikura Giho, Oct, 1995, pp.1-10
[7] M. Suzuki, " Calculation of Stress Distribution in Dielectrics of Power Cable" Trans. IEEJ pp. 108-117, July, 1961
[8] Devaux, A., Oudib, J.M., Rerolle, Y., Jocteur, R., Noirclerc, A., and Osty, M., Reliability and Develop towards High Voltages of Synthetic Insulated Cables, CIGRE, pp 2-10, Paris,1968
[9] A.E.Vlastos, "Transmission Line Polymeric Insulators Peak Leak Currents and Performance" Cigre paper 15-401, 1992

본 연구는 1995년 기초전력공학공동연구소의 중기 과제(95-지-7)의 지원에 의해서 수행됨.