

154kV급 XLPE의 유전 특성과 계면효과

이 관우 · 이종복 · 이동영 · 박대희
원광대, 호원대, 위덕대

Electrical Properties and Interface Effects of 154kV XLPE sheet

Kwan-Woo Lee, Jong-Bok Lee, Dong-Young Yi, Dae-Hee Park
Wonkwang University, Howon University, Uiduk University

Abstract - In this paper, we evaluated the dielectric properties and thermal analysis on sliced XLPE sheet from 154kV power cable and compared with 22kV XLPE sheet. As the result, dielectric constant was not applied voltage dependence but trended to increase with temperature. Test result presented that $\tan \delta$ of XLPE with Interface was trend to increased.

55, 70, 85[°C]의 온도에서 측정하였고, 압력은 3, 5, 7[N/cm²], 인가 전압은 250, 500, 750, 1000[V]로 변화시키면서 측정하였다.



그림 1 각 시료의 계면구조

Fig 1 Interface structure of sample sheet

1. 서 론

전력케이블의 절연재료는 폴리에틸렌을 중심으로 신뢰성의 향상이라는 관점에서 절연성능을 높이기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 폴리머의 분자 구조적인 개선이라든가 합성에 의한 전기적인 특성을 향상시키고, 미시적인 전자 물성에 관한 고찰등이 보고되고 있다.

전력케이블에 있어서 절연성능은 운전 전압이 초고압화 됨과 절연체내의 이물관리, 반도체층내의 전자혹은 이온밀도, 트리 진전의 억제등에 의해서 좌우되는 것으로 미시적인 전하에 관한 거동이 주목되고 있다. 케이블의 절연성능은 반도체와 절연체의 계면특성에 좌우되며, 고 전계 하에서 절연사고의 시발점이 되고 있다. 이와같은 연구는 절연체/반도체층을 갖는 절연체에 관한 절연 파괴등의 보고와 계면에 이물이 있을 경우에 전기적인 평가를 하고 있다.

이와같이 전력케이블에 있어서 절연성능은 절연체만이 아니고 계면을 포함한 절연 시스템적 검토가 요구되고 있다. 본 연구는 154kV XLPE 전력케이블의 절연체를 시이트로 제작하고, 유전특성과 계면으로서 반도체층과 물이 도포되어진 시료에 대한 각각의 평가를 하고, 22kV급 XLPE와 비교를 하였다.

2. 실험방법

본 실험에서 사용한 시료는 1mm이하의 두께로 154kV 케이블의 절연체로 부터 각각의 시이트를 제작하였으며, 반도체층은 케이블의 반도체 층으로 사용되고 있는 필름이다. 측정을 위한 계면구조는 그림 1과 같이 XLPE/반도체층과 XLPE/water/반도체층로 만들었다.

또한 각 시료의 기계적, 열적특성을 평가하기 위하여 인장강도 시험기(Instron 5566)이며, 인장강도 시험을 위한 크로스 헤드의 속도는 200mm/min이며, 시료의 형태는 담벨상이며, 5회 시험한 후에 평균으로 신율과 인장 강도를 구하였다.

열 분석은 열 분석기(Dupont 2200)를 이용하고, 실온~200°C범위에서 질소가스(30ml/min)의 속도분위기와 10mg의 크기로 10(°C/min)의 속도로 가열하였다.

정전용량과 $\tan \delta$ 의 측정은 유전측정장치(Tettex 2882)를 이용하였고, 전극구조는 평판전극의 주전극/접지전극/하부전극으로 구성하였으며 시료의 가열은 주전극내의 히터를 이용하였다.

유전특성의 온도의존성은 히터전극을 이용하여 27,

3. 결과 및 고찰

XLPE의 전기적인 특성은 기계적, 열적 특성에 의해서 영향을 미치는 것으로 XLPE의 신율과 인장 강도등을 측정하고, 열 분석을 각각 비교하였다.

154kV급 XLPE의 기계적 특성은 신율: 507.81%, 인장강도: 1.80 [kgf/mm²]로 얻어졌으며, 22kV급 XLPE의 신율: 486.48%, 인장강도: 1.74[kgf/mm²]로 154kV급에 비해서 낮다. 신율-인장강도의 그래프에서 신율 400%부근에서 22kV와 154kV의 서로 다른 기울기를 갖는 것을 확인 할 수 있었다. 이와 같은 이유는 XLPE 고체구조내에 라멜라가 22kV급보다도 154kV가 넓게 분포되어 있음으로 나타나는 것으로 사료된다. 또한 이와같은 라멜라 크기의 차를 평가하기 위하여 열분석을 측정하였다.

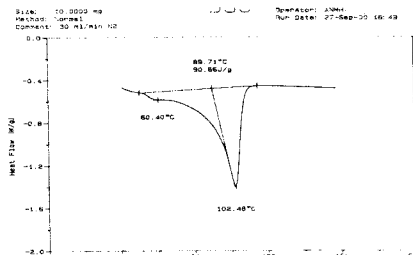


그림 2 22kV급 XLPE의 DSC 그래프

Fig 2 DSC graph of 22kV XLPE sheets

그림 2는 22kV급 XLPE의 DSC 그래프이다. 이 결과로부터 용점이 102.86°C됨을 알 수 있었다. 또한 그림 3에 154kV급 XLPE의 DSC 그래프를 나타냈다. 154kV급의 용점은 106.91°C를 나타내고 있으며, 22kV급 보다 약간 높은 온도를 나타내고 있다. 앞에서 언급한 기계적 특성의 결과로부터 154kV XLPE의 라멜라 구조가 넓게 분포되어져 용융 온도가 높은 것으로 사료된다.

다음에는 154kV급 XLPE의 유전특성과 반도체층을 지니는 경우와 XLPE와 반도체층간에 물이 도포되는 시료에 대하여 각각 비교평가 하고자 한다.

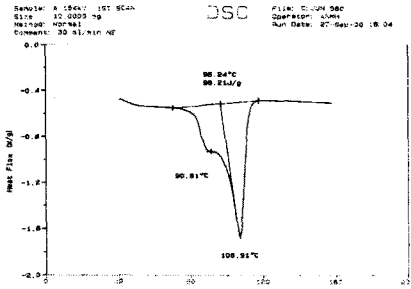


그림 3 154kV급 XLPE의 DSC 그래프
Fig. 3 DSC graph of 154kV XLPE sheets

그림 4는 154kV급 XLPE의 유전특성과 전압의존성을 나타냈다. 500[V]에서의 $\tan \delta$ 는 2.15×10^{-4} 이며, 정전용량은 42.91[pF]로 측정되었다. 또한 인가전압의 증가와 함께 $\tan \delta$ 는 다소 증가를 보이나, 정전용량은 일정하고, 이때의 유전율은 2.24로 계산되었다. 154kV XLPE의 유전특성은 22kV급에 비해서 $\tan \delta$ 는 낮으나, 유전율은 거의 같은 값을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 다음에는 반도체층을 갖는 경우의 유전특성을 평가하였다.

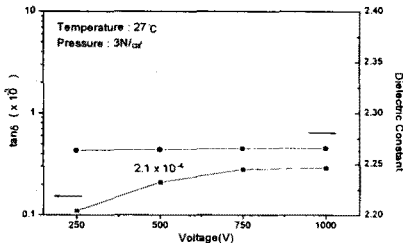


그림 4 XLPE의 유전특성과 전압의존성
Fig. 4 The applied voltage dependence and dielectric properties of XLPE

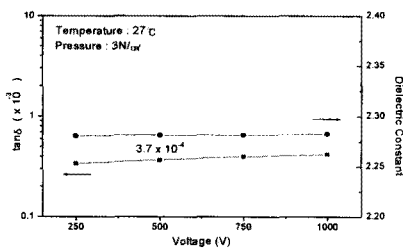


그림 5 XLPE/반도체층의 유전특성과 전압의존성
Fig. 5 The applied voltage dependence and dielectric properties of XLPE/semiconductor

그림 5는 XLPE/반도체층의 유전특성과 전압의존성을 나타냈다. $\tan \delta$ 와 정전용량은 3.7×10^{-4} 과 43.19[pF]로 얻어지고, 유전율은 2.31로 계산되었다. 이 결과로부터 154kV급 XLPE의 경우에도 반도체층의 삽입으로 $\tan \delta$ 가 1.8배정도 증가를 보이며, 유전율은 다소 증가를 나타냈으나, 인가전압의 증가와 함께 $\tan \delta$ 와 정전용량은 XLPE와 동일하게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 다

음에는 XLPE와 반도체층간에 물을 도포 하였을 경우 유전특성을 평가하였다.

그림 6은 154kV급 XLPE/water/반도체층의 유전특성과 전압의존성의 결과이다. 물을 도포한 경우의 $\tan \delta$ 는 3.3×10^{-4} 으로 XLPE에 비하여 증가를 보이며, 인가전압의 증가와 함께 1000[V]에서는 3.0×10^{-4} 을 나타내고 있다.

이상과 같은 결과로부터 XLPE의 $\tan \delta$ 는 $10^{-3} \sim 10^{-4}$, 유전율은 2.2 ~ 2.5범위에 있음을 확인하였다. 또한 계면과 물의 도포가 절연체에 존재해도 유전특성은 큰 증가를 보이지 않고 있음을 알았다.

그러나 주변의 온도가 증가함에 유전특성의 거동은 절연재료의 신뢰성에 매우 중요한 평가로서 다음에는 XLPE/water/반도체층의 시이트에 있어서 유전특성의 온도 의존성을 각각 평가하였다

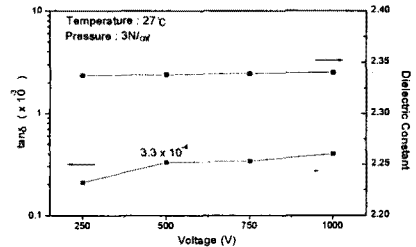


그림 6 XLPE/water/반도체층의 유전특성과 전압의존성
Fig. 6 The applied voltage dependence and dielectric properties of XLPE/water/semiconductor

그림 7는 154kV XLPE의 유전특성의 온도의존성을 나타냈다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 $\tan \delta$ 는 온도의 증가와 함께 증가하는 경향을 보이고 있다. $\tan \delta$ 는 40°C에서 154kV는 2.3×10^{-4} 이며, 85°C에서 154kV는 3.0×10^{-4} 의 값을 가진다.

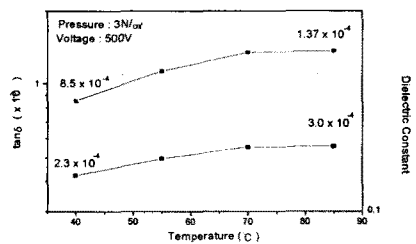


그림 7 XLPE의 $\tan \delta$ 와 온도의존성
Fig. 7 The temperature dependence and dielectric properties of XLPE sheets

전력 케이블에서 $\tan \delta$ 는 절연열화를 좌우하는 특성으로서, 특히 온도 특성은 매우 중요한 평가법으로, 각각 얻어진 결과는 열화 전에 매우 안정된 결과가 얻어졌으며, 향후에 절연열화를 가속시킨 후에 절연성능을 평가하기 위한 상대 비교평가의 data로서 중요한 자료로 사용된다.

각 XLPE의 유전특성의 결과를 요약하면, 154kV급의 XLPE는 반도체층과 물 도포가 된 경우에 있어서 $\tan \delta$ 는 반도체층, 물 도포 됨에 따라서 각각 증가를 보

이며, 유전율도 함께 증가를 나타내고 있다. 이와 같은 결과들은 단순하게 증가를 보이고 있으나, 실제 케이블에 있어서는 절연 열화를 평가하는 방법으로서 향후에 응용코져 한다.

4. 결 론

154kV급 XLPE의 유전특성과 반도체를 갖는 시료와 물을 도포한 경우의 측정을 통하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 22/154kV급 XLPE의 각각의 기계적특성은 신율 : 507.81[%]이며, 인장강도는 1.80[kgf/mm]로 얻어졌으며, 용융온도는 106.91℃로 각각 측정되었다. 용융온도의 차는 폴리에틸렌의 라멜라 구조의 크기에 의한 것으로 사료되었다.

2. XLPE의 유전율은 2.3 정도를 나타내며, $\tan \delta$ 는 2.2×10^{-4} 의 크기를 갖으나 반 도전층이 포함될 경우 $\tan \delta$ 는 증가한다.

3. XLPE/반도전층과 XLPE/water/반도전층의 유전특성은 XLPE에 비하여 $\tan \delta$ 는 증가하나, 유전율은 큰 증가를 보이지 않는다.

4. 154kV의 XLPE, XLPE/반도전층, XLPE/water/반도전층에 있어서 유전특성의 전압 의존성은 유전율은 일정하나, $\tan \delta$ 는 다소 증가하는 경향을 보였다.

5. 154kV급 XLPE의 각 $\tan \delta$ 는 온도가 증가됨에 따라서 증가하는 경향을 나타낸다. 또한 정전용량은 일정한 값을 지니는 경향을 보였다.

참고 문헌

- [1] T.Mori, et al.; "Electrical Breakdown of Ethylene-Acrylic Acid Copolymer and Blend Polymer Films", Conf. Record of the 1994 IEEE ISEIM, pp.217-220, 1994
- [2] C.Banmongkol, et al.; "Effects of Oxidation on Electrical Conduction and Breakdown of LDPE Films with Different Densities" Jpn. J. Appl. Phys., Vol.37, pp.872-877, 1998
- [3] T.Kanno, et al.; "Measurement of Space Charge Distributions in XLPE Cable Insulation at High Temperature", Proc.1998 Intern. Symp. Electr. Insul., Arlington, VA, USA, June 7-10, pp.85-88, 1998
- [4] Y.Ayako, et al.; "Effects of Minute Amount of Impurities on Conductivity and Space Charge Formation in Polyethylene" T.IEE Japan, Vol.117-A, No.7, pp.754-760, 1997
- [5] 이종필 외; "LLDPE와 EVA를 혼합한 박막의 전기적특성" 1999년 대한전기학회 하계학술대회 논문집 pp.1667-1670, 1999

본 연구는 전력한국전력공사의 중기과제
(98-중-05)의 지원에 의해서 수행되었음