

침 전극에 의한 초고압 케이블 절연재료의 부분방전 특성

김균식, 최범규, 변두균, 조경순, 김귀열^{*}, 이충호^{***}, 홍진웅^{***}
광운대학교, · 서일대학, .. 한국기술교육대학교, ... 충주대학교,

Partial Discharge Characteristics of Ultra-High Voltage Cable Insulators by Needle Electrode

Gyun-Sig Kim, Beom Kyu Choi Doo-Gyoon Byun, and Kyung-Soon Cho*,
Gwi-Yeol Kim^{**}, Chung-Ho Lee^{***}, Jin-Woong Hong^{***}
KwangWoon Univ., · Seoil College, .. Korea Univ. of Technology and Education,
... Chungju National Univ.,

Abstract

In other to estimate an electrical properties of the cross linked polyethylene cable, the partial discharge properties due to charge of electrode shape(needle and bar) and void size were investigated at room temperature. Fast trip and breakdown time were appeared by the closed of needle electrode. The trip and breakdown voltage depend on insulator thickness. As the result, confirmed larger effect of void size than effect of insulator thickness. The effect of voids size than influence of insulation thickness was dominated by internal an electrode of inner insulators.

Key Words : cross-linked polyethylene, XLPE, needle electrode, bar electrode, partial discharge

1. 서 론

21세기에 접어들어서 전력케이블의 대용량화 초고압화가 빠르게 진행되고 있으며, 초고전압 분야에서 마이크로 전자공학분야에 이르기 까지 넓은 범위에 걸쳐서 안정된 전력 전송을 위한 절연시스템의 고 신뢰성이 요구되고 있다. 이러한 전력기기는 시간의 경과에 따라 절연재료의 기능이 떨어지는데 이러한 현상은 기기의 기능을 저하시켜 사고를 유발하므로 안정된 시스템을 구축하기 위해서 우수한 절연재료의 개발과 성능개선이 필요하며, 전력기기의 대용량화, 고전압화 하는데 있어 매우 중요한 과제라 생각된다. 특히 고분자중 가교폴리에틸렌(Cross linked polyethylene : XLPE) 절연재료의 전기전도 특성을 파악하기 위해 고분자 절연재료를 파괴될 때까지 측정하였는데, 전계 인가 시

전도 특성은 고분자 특유의 복잡한 고체구조나 제조과정에 혼입되는 불순물 영향과 산화 또는 여러 종류 첨가제의 영향을 크게 받으므로 불분명한 부분이 많다. 본 실험에서는 케이블 내에서 중요한 위치를 차지하는 XLPE 절연체 내부의 부분방전 전류특성을 조사하기 위해 침 전극 및 봉 전극을 침투시켜 내부 보이드에 따른 방전 특성을 연구 분석하여 점차 중요시 되고 있는 케이블 내의 성능 및 수명예측에 기여하고자 하였다.

2. 실험

2.1 시료

실험에 사용된 시료는 전기적 특성이 가장 우수한 XLPE를 사용 하였고, 시료의 형태는 그림 2의 (a)와 같다. 시료의 규격은 16×40×30 [mm]으로 제

작하였으며, 침 전극의 제작은 직경 1[mm]인 텅스텐 재질의 바늘을 에칭법에 의해 침 선단 곡률반경 30~60[μ m]로 하였다. 시료의 제작 장치는 그림 1처럼 케이블 절연체인 XLPE를 전극삽입 장치에 들어갈 수 있게 시료를 제작하였고 침 및 전극봉의 형태는 그림 2의 (a)와 같이 절연체 내부에 보이드의 크기를 나타내었으며, 표 1의 시료의 조건에서 N1~N12은 침 전극이고 B1~B12는 봉 전극이다. 다음에 나오는 시료의 조건은 표 1에 따른다.

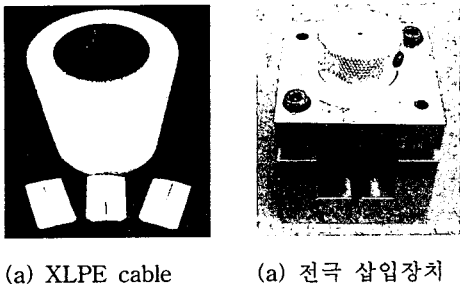


그림 1. 자체 제작한 시료 및 장치
Fig. 1. Specimens and equipment

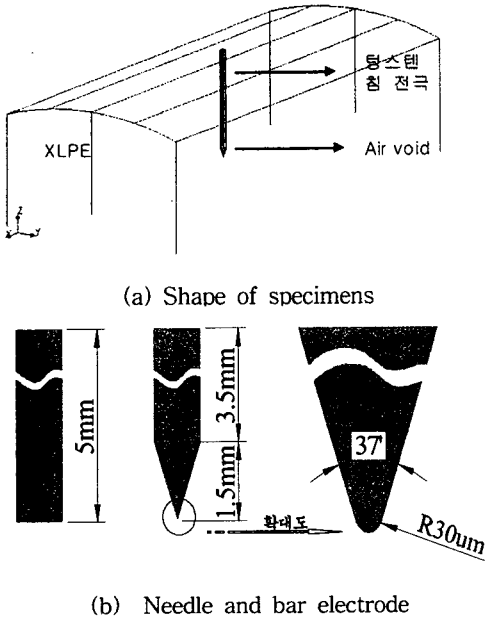


그림 2. 시료와 전극의 형상
Fig. 2. Shape of specimens and electrode

표 1. 시편의 종류.

Table 1. Kind of specimens

시료	전극 형태	(XLPE) 층 두께	공기 보이드	침 및 봉전극과 내부 반도전층간 거리
N1	Needle	1.0 [mm]	-	1.0 [mm]
N2	Needle	2.0 [mm]	-	2.0 [mm]
N3	Needle	3.0 [mm]	-	3.0 [mm]
N4	Needle	1.0 [mm]	0.5 [mm]	1.5 [mm]
N5			1.0 [mm]	2.0 [mm]
N6			1.5 [mm]	2.5 [mm]
N7	Needle	2.0 [mm]	0.5 [mm]	2.5 [mm]
N8			1.0 [mm]	3.0 [mm]
N9			1.5 [mm]	3.5 [mm]
N10	Needle	3.0 [mm]	0.5 [mm]	3.5 [mm]
N11			1.0 [mm]	4.0 [mm]
N12			1.5 [mm]	4.5 [mm]

*B1-B12로 표기된 시료는 Bar전극(needle과 공봉 시료기호사용)

2.2 실험장치

2.2.1 절연파괴시험

XLPE 시료의 절연성을 평가하기 위해 N2시료로 10회에 걸쳐 절연파괴 실험을 수행하였다. 파괴 실험에서 인가전압은 3~25[kV]까지 Step법에 의해 분당 1[kV]씩 인가하였으며, 옆면 방전을 억제하기 위해 실리콘 오일 내에서 시행하였다.

2.2.2 부분방전시험

본 실험에서는 AVO. co.에서 제작된 부분방전 측정 장치를 사용하였고, 인가전압은 60[Hz] 3~20[kV] step 인가 방법으로 하였다. 전극형태는 침 대 평판, 봉 대 평판을 사용하여 방전전하량, 빈도수, 위상검출을 위해 MATLAB 으로 프로그래밍 하여 검출하였다.

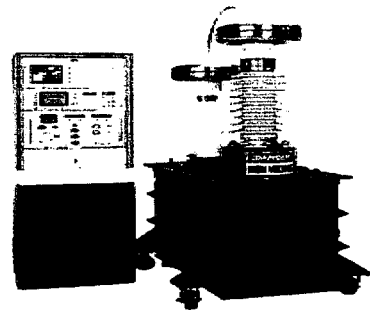


그림 4. 부분방전 장치
Fig. 4. Equipment of PD

3. 결과 및 고찰

3.1 절연파괴특성

그림 3의 (a)는 절연층1[mm] 두께에서 3~20[kV] step인가법으로 상승 중 13[kV]에서 부서형태의 트리가 진전되다 14[kV]에서 갑자기 파괴가 됨을 확인하였다. 방전개시 전압과 동시에 파괴에 이르는 것은 무보이드에서 침 대 평판 전극에서만 나타나는 현상임을 확인할 수 있었다.

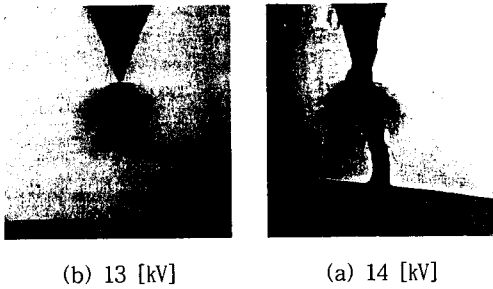


그림 3. 침 전극의 트리현상

Fig. 3. Tree Shape of needle electrode

3.2 절연층 두께에 따른 부분방전특성

그림 5는 봉 전극에 비해 침전극의 방전개시 및 트립 전압은 13~18.5[kV]이며 봉전극의 경우는 3~16[kV]로 침 전극에 비해 낮은 전압에서부터 방전개시 전압이 나타났으며, 특히 침 전극에서 낮은 전압에서는 부분방전 특성이 나타나지 않다가 방전개시 후 갑자기 트립 방전전류(50[nA])가 나타났으며 무보이드 절연층 1[mm]에서는 트립 과 동시에 파괴에 이르기기도 하였다. 무보이드 절연층2,3[mm]도 방전개시 전압만 높아졌을 뿐 방전전류 및 절연파괴되는 경향은 1[mm]와 같았다.

3.3 보이드에 따른 부분방전특성

그림 6은 절연체 내부에서 전극과 내부 반도체층에 1[mm] 간격을 두고 침 및 봉 전극에서 내부 전극에 의한 보이드(0.5,1,1.5[mm])가 형성된 상태의 방전전류 특성을 나타낸 것이며 무보이드에 비해 낮은 전압 에서 방전특성이 나타났다. 봉 전극은 침 전극에 비해 방전특성곡선이 완만하고 침 전극은 봉 전극에 비해 방전전류특성이 높음을 확인하였다. 보이드가 형성된 시료는 낮은 전압3~9[kV]에서 방전이 시작되며 무보이드 에서처럼 방전개시 후 트립 될 때까지 파괴에는 이르지 않았다

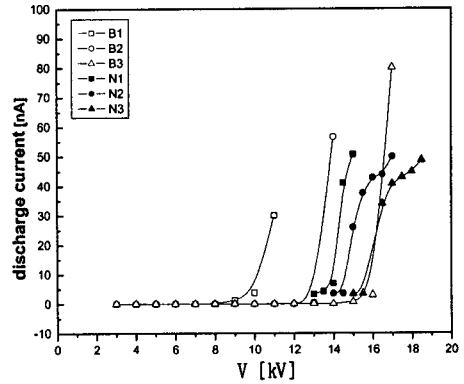


그림 5. 절연층 두께에 따른 방전전류

Fig. 5. Discharge current due to insulator thickness.

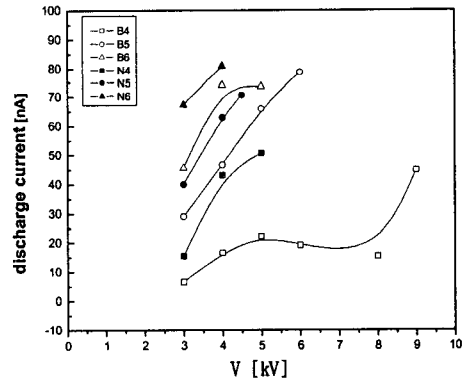


그림 6. 보이드 크기에 따른 방전전류(절연층 1[mm])

Fig. 6. Discharge current due to void(d = 1[mm])

그림 7은 절연체 내부에서 침 및 봉전극과 내부 반도체층에 2[mm] 간격을 두고 공기 보이드 크기 (0.5, 1, 1.5[mm])가 형성된 상태의 방전전류 특성을 나타낸 것이며, 절연층 두께 1[mm]보다 방전전류 값의 변화의 폭이 커짐을 확인하였으며, 이는 보이드의 영향이 절연체 두께의 영향보다 더 큼을 알 수 있다. 특히, 침 전극에서 보이드의 크기가 커지면 방전전류는 절연체의 두께의존성보다 보이드 크기에 영향이 많음을 확인하였다. 봉전극의 경우는 보이드가 커지면 방전전류는 침전극에 비해 매우 안정적으로 나타난다.

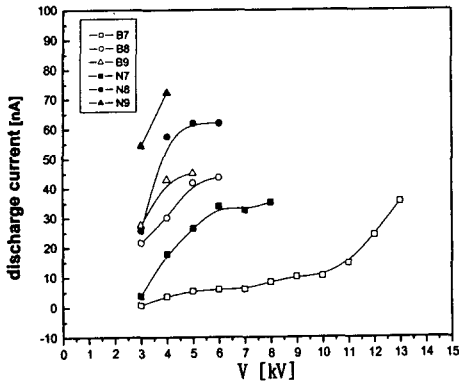


그림 7. 보이드 크기에 따른 방전전류(절연층 2[mm])
Fig. 7. Discharge current due to void(d = 2[mm])

그림 8에서는 침전극과 봉 전극에서 방전전류의 특성경향이 절연층 두께3[mm] 보이드 크기1.5[mm]의 경우 절연층 2[mm]의 경우와 비슷하며 절연체의 두께가 커질수록 방전전류특성은 안정적으로 됨을 확인할 수 있다. 특히 3[kV]에서 방전개시 전압이 검출되며 4[kV]에서 트립 전류가 나타났다.

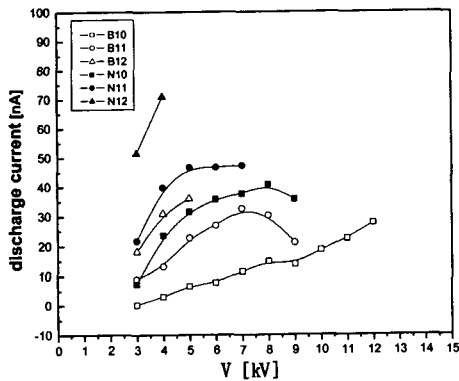


그림 8. 보이드 크기에 따른 방전전류(절연층 3[mm])
Fig. 8. Discharge current due to void(d = 3[mm])

4. 결론

침 전극에 의한 초고압 케이블 절연재료의 부분방전 특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 침 전극에서는 절연파괴 직전에 PD가 검출 되었으며 절연층이 증가함에 따라 발생전압이 높아 짐을 확인 하였다.
2. 봉 전극에서 절연층이 증가함에 따라 침 전극에 비해 방전전류 특성이 안정적임을 확인 하였다.
3. 침 및 봉 전극에서 보이드의 존재로 초기 PD 발생 전압이 매우 낮아짐을 확인할 수 있었다.
4. 부분방전특성은 절연두께 의존성보다 보이드의 유·무의 영향이 지배적임을 확인할 수 있다.

참고 문헌

- [1] M. R. Wertheimer, L. Paquin, H. P. Schreiber, S. A. Boggs, "Dielectric Permittivity and Breakdown Characteristics of Polime -Mica Composites" IEEE Conference Record of IEEE Symposium on Electrical Insulation, June 1976.
- [2] R. M. Hill and A. K. Jonscher "The Dielectric Behavior of the Condensed Matter and its Many Body Interpretation" Comtemp. Poly.,24, pp. 77-110, 1983.
- [3] S. S. Bamji, A. T. Bulinski R. J. Densley "The Role of Polymer Interface During Tree Initiation In LDPE" IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol. EI-21, No.4, August 1986.
- [4] Hiroshi Kaneiwa. et. al. "Characteristics of partial discharge pulse trains under tree propagation from an artificially-simulated tree channel" T.IEE Japan, Vol. 120-A, No. 4, p.499-505, 2000.
- [5] K. Iida, J. S. Kim, S. Nakamura, and G. Sawa ; "Effects of Molecular Structure on Electrical Conduction in Low density Polyethylene above its Melting Point", IEEE Trans. Electr. Insul, Vol.27, No.2, pp.301-328, 1992
- [6] 家田 正之, "高分子の 電氣物性と その 應用", 日本電氣學會, pp.27-52, 1972
- [7] Y Tian, P L Lewin, A E Davies, Z Richardson, "AE detection of PD in polymeric insulation", High Voltage Engineering Symposium, Conference Publication, No.467, C, IEEE, vol.I, pp.82-85, 1999