

XLPE에서 보이드 위치변화에 따른 부분방전특성

김탁용, 양재훈, 김원종, 신현택, 김왕곤*, 홍진웅
광운대학교 전기공학과, 서울산업대학교 전기공학과

Partial Discharge Characteristics due to shift of Void Position in XLPE

Tag-Yong Kim, Jae-Hoon Yang, Weon-Jong Kim, Hyun-Taek Shin, Wang-Kon Kim*, Jin-Woong Hong
Dept. Electrical Engineering Kwangwoon Univ.,
*Dept. Electrical Engineering Seoul National University of Technology

Abstract

To estimate a electrical performance of the extra high voltage XLPE cable the discharge properties due to shift of void position were investigated. The $\phi-q-n$ properties have been measured at room temperature by rising voltage ratio of 0.5[kV]. An obtained data was stored to personal computer through A/D converter. The period of applied wave form and discharge values were divided into 64 parts and discharge values generated during 10 seconds were accumulated by phases. As a result, it was confirmed that the charge, phase angle and counts of discharge changed due to void position.

Key Words : partial discharge, void position, extra high voltage, XLPE, counts of discharge, phase angle

1. 서 론

현재 송배전 계통의 지중선로에서는 전력공급의 신뢰성을 확보하기 위하여 절연특성과 열 특성이 우수한 가교 폴리에틸렌(Cross-linked polyethylene : XLPE)을 절연체로 사용한 케이블이 주로 사용되고 있다[1][2]. 그러나 고분자 절연재료의 내부나 도체와의 계면에 보이드가 존재하면, 결합에 전계가 집중된다. 전계집중현상으로 보이드내에 방전펄스와 방전발광을 수반한 부분방전으로 전기트리가 발생하고, 결국 전로파괴(트리파괴)에 도달하게 된다[3]. 그 결과 예상하지 못한 선로사고를 초래하여 많은 재산 피해 및 인명피해를 유발할 수 있다.

이에 본 논문에서는 내부 보이드의 위치에 따른 $\phi-q-n$ 패턴을 조사하고[4], 방전전류의 전압의 존성을 조사하였다.

2. 실험

2.1 시료 및 전극장치

본 실험에 사용한 시료는 154[kV] 케이블 절연층(XLPE)을 0.8×60×70 [mm]의 크기로 자른 후 3층으로 적층하여 실험하였다. 내부 보이드는 상층, 중간층, 하층으로 이동시켰으며, 내부 보이드는 지름 2[mm]의 원통형태로 제작하였다. 표 1은 시료의 종류를 나타낸 것이다.

표 1. 시료의 종류

Table 1. Kind of specimens

speciman	top	middle	bottom
S1	A	X	X
S2	X	A	X
S3	X	X	A

* X : XLPE layer
A : Air void layer

그림 1에서 시료의 적층모습 및 전극의 형상을 나타내었다. 전극은 평판된 평판전극을 사용했으며, 전극 주변의 연면방전을 억제하기 위해 에폭시로 몰딩하였다. 또한 중심에 스프링을 삽입하여 시료에 일정한 압력이 가해지도록 제작하였다.

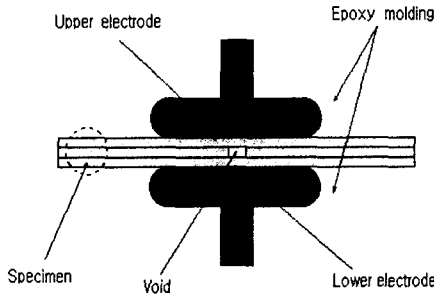


그림 1. 전극의 형상

Fig. 1 Shape of electrode

2.2 실험장치

XLPE 시료의 부분방전 특성인 $\phi-q-n$ 분포를 조사하기 위해 AVO Co.에서 제작한 부분방전 측정장치를 이용하였다. 인가전압은 AC 60[Hz] 3[kV]전압을 0.5[kV]씩 step 인가법으로 승압하였으며, 전압인가 후 10초 동안 발생한 방전전하량을 AD보드를 통해 Acquisition하였다.

방전전하량 검출범위는 0-512[pC]의 값을 64등분 하였으며, 그 이상의 값이 검출되면 trip전하량으로 간주하여 측정을 멈추었다. 그림 2는 검출회로의 개략도이다.

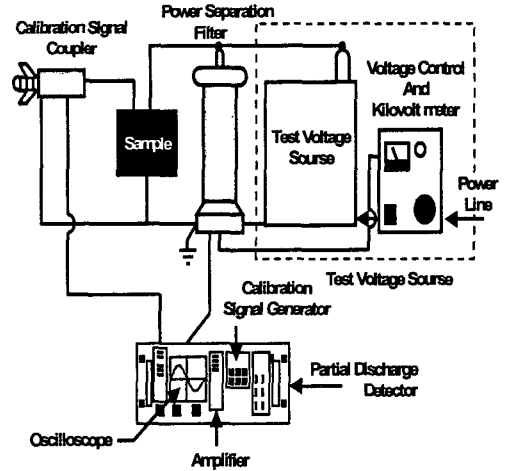


그림 2. PD 측정장치

Fig. 2. Equipment of PD measurement

3. 결과 및 고찰

3.1 상·하층 보이드의 $\phi-q-n$ 분포

그림 3은 S1시료의 $\phi-q-n$ 분포를 나타낸 것이다. 그림 (a)는 초기 방전현상이 나타나는 전압으로 정극성에서는 방전전하량이 20[pC]과 250[pC]인 방전이 주로 발생하며, 방전 빈도수는 20[pC]의 경우 10이하로 나타났으며, 250[pC]의 방전은 5이하로 나타남을 볼 수 있었다. 부극성의 경우 20[pC]의 방전이 25이상 발생하였으며, 전하량이 120-250[pC]인 방전이 5회 이하로 매우 적은 값을 나타낸다. 또한 발생위상분포를 보면 정극성은 방전발생이 많이 발생하는 영역이 0-90° 이었으며, 방전전하량이 가장 높은 영역은 100° 였다. 부극성의 경우 180-250° 영역에서 방전발생빈도 및 최대 방전전하량이 나타남을 볼 수 있었다.

그림 (b)는 전압이 7.5[kV]일 때를 나타내고 있으며, 이 전압은 trip전압의 전압이다. 정극성은 방전 발생영역이 0-100° 위상영역에 집중하고 있으며, 부극성은 180-250° 영역에 집중되어 있음을 볼 수 있다. 방전전하량은 정극성 및 부극성에서 최대 470[pC]의 방전이 발생하였으며, 정극성의 경우 50° 위상에서 방전발생이 가장 많이 나타났으며, 방전 전하량도 가장 높은 값을 보여주었다. 부극성은 230° 영역에서 방전발생빈도가 가장 많으며, 방전 전하량도 가장 높은 값을 나타내었다.

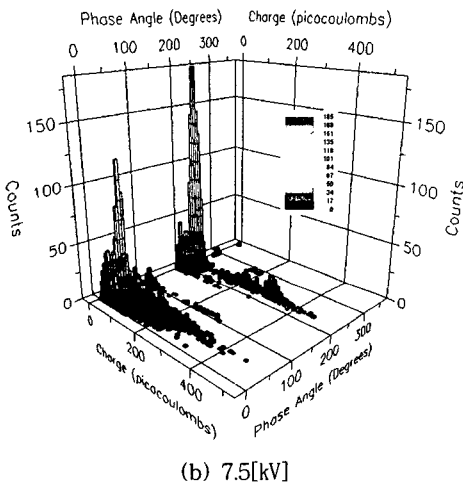
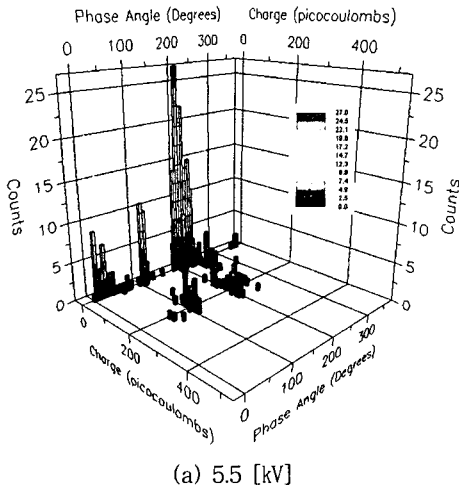


그림 3. 상층 보이드에서 $\phi-q-n$ 분포
 Fig. 3 $\phi-q-n$ distribution at top void layer

3.2 중간층 보이드의 $\phi-q-n$ 분포

그림 4는 S2시료의 $\phi-q-n$ 분포를 나타낸 것이다. 그림 (a)는 초기 방전 발생전압인 6[kV]일 때의 $\phi-q-n$ 분포이다. 정극성에서는 전하량이 20[pC]과 120[pC]인 방전이 주로 나타났으며, 부극성에서는 20-40[pC]과 120[pC]의 방전이 주로 나타났다. 방전발생위상은 정극성에서는 0-60°에서 주로 나타나며, 부극성에서는 180-250°영역에서 방전이 주로 발생함을 볼 수 있었다. 또한 정극성에서는 위상이 60°부근에서 최대전하량이 240[pC]의 방전이 발생하였으며, 20[pC]의 전하량을 가지는

방전이 정극성에서 최대인 41회 발생함을 볼 수 있었으며, 부극성에서는 190° 위상에서 전하량이 120[pC]의 방전이 최대 37회 발생하였으며, 220°부근에서 최대방전전하량인 240[pC]의 방전이 발생함을 볼 수 있었다.

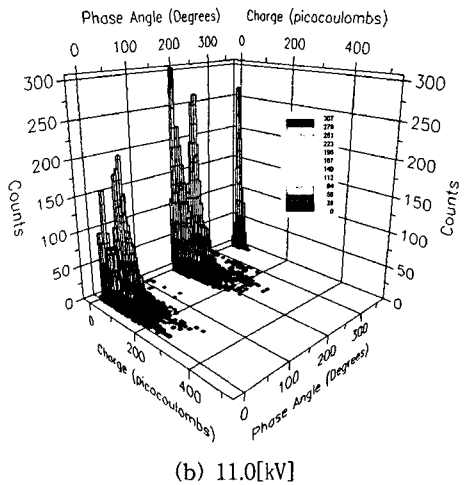
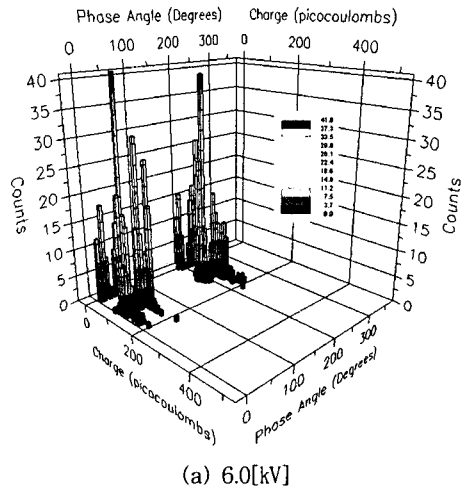


그림 4. 중간층 보이드에서 $\phi-q-n$ 분포
 Fig. 4 $\phi-q-n$ distribution at middle void layer

그림 (b)는 11[kV]를 인가한 경우로, 정극성의 경우 위상이 0-70° 영역에서 방전이 주로 발생하며, 100° 부근에서 간헐적으로 방전이 발생함을 볼 수 있으며, 부극성의 경우 180-390° 위상영역에서 방전이 주로 발생하며, 350°영역에서도 방전이 다수

발생함을 볼 수 있었다. 또한 정극성의 경우 50°부근에서 25[pC]의 전하량을 가지는 방전이 195회로 가장 많이 발생하였으며 65° 부근에서 전하량이 320[pC]인 방전이 발생함을 볼 수 있었으며, 이 방전은 정극성 영역에서 최대방전전하량을 나타내고 있다. 부극성의 경우 25[pC]의 전하량을 가지는 방전발생빈도가 185° 영역에서 307, 235° 영역에서 261회 발생하였으며, 350° 영역에서도 260회가 발생하였으며, 최대 방전전하량은 290[pC]으로 250° 위상에서 발생하였다.

3.3 위치변화에 따른 방전전류

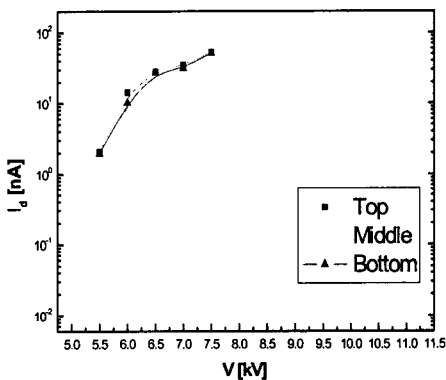


그림 5. 보이드 위치변화에 따른 방전전류
 Fig. 5 Discharge current due to variation of void position

그림 5는 보이드 위치변화에 따른 방전전류를 나타낸 그래프이다. 공기보이드가 상·하층에 존재하는 경우, 초기 방전은 인가전압이 5.5[kV]일 때 발생하기 시작하였으며, 인가전압의 증가에 따라 변화량이 급격히 증가함을 볼 수 있었으며, 보이드가 중심층에 존재하는 경우 초기방전은 6.0[kV]에서 나타났으며, 그 크기는 S1, S3시료와 비슷한 값을 나타내지만, 인가전압의 상승에 따라 S1, S3시료보다 변화폭이 작음을 볼 수 있었다. 특히 인가전압이 7[kV]을 기점으로 S2시료의 경우 방전전류의 변화폭이 더욱 감소함을 볼 수 있었는데, 이러한 현상은 내부결함은 전극 주변에 결함보다 전자의 주입이 용이하지 않기 때문이라고 생각되어진다.

4. 결론

보이드의 위치변화에 따른 $\phi-q-n$ 분포를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 방전개시는 내부보이드일 때 가장 늦게 나타났다.
- (2) trip 전압의 크기는 상·하층 보이드가 중심층 보이드보다 전압이 낮아짐을 확인하였다.
- (3) 전압이 7[kV]이상으로 상승하게 되면 보이드가 전극면과 접촉될 때는 내부에 보이드가 존재할 때에 비하여 방전전하량의 크기가 매우 높음을 확인할 수 있었다.
- (4) 최대방전빈도가 나타나는 위상에서 최대방전전하량을 나타냄을 확인할 수 있었다.
- (5) 방전전류는 전극면과 보이드가 접촉되었을 때가 내부에 보이드가 존재할 때에 비해 높은 전류값을 나타내었다.
- (6) 상층 및 하층 보이드에서 인가전압이 7[kV]이상이 되면 방전전류의 증가폭이 커지지만 중심층 보이드의 경우 증가폭이 감소함을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] Katakai, S, "Design of XLPE cables and soundness confirmation methods to extra high voltage XLPE cables", Asia Pacific. IEEE/PES, Volume: 2, pp.1411-1415, 2002.
- [2] Yamada, H.; Nakagawa, S.; Katakai, S.; Kishi, K.; Nakanishi, T.; Murata, Y., "Development of heat-resistant XLPE cable and accessories", Proceedings of the 7th International Conference on, Volume: 2, pp.776-781, 2003.
- [3] L.A. Dissado and J.C. Fothergill, "DLECTRICAL DEGRADATION AND BREAKDOWN IN POLYMERS", Peter Peregrinus Ltd., pp.289-292, 1992.
- [4] Tokunaga, S., etc, "Partial discharge characteristics till breakdown for XLPE cable joint with an artificial defect", Proceedings of the 7th International Conference on, Volume: 3, pp.1206-1209, 2003.