

XLPE 내부 보이드 위치변화에 따른 부분방전 특성 및 수명예측

김탁용, 조경순, 신현택, 김귀열*, 이강성, 이충호**, 홍진웅
 광운대학교, 한국기술교육대학교*, 충주대학교**

Life Time Diagnosis and Partial Discharge Characteristics due to shift of Void Position in XLPE

Tag-Yong Kim, Kyung-Soon Cho, Hyun-Taek Shin, Kwi-Yeol Kim*, Kang-Sung Lee, Chung-Ho Lee** and Jin-Woong Hong
 Kwangwoon Univ., Korea University of Technology and Education*, Chungju Univ.**

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, 결함에 전계가 집중된다. 전계집중현상으로 예상하지 못한 선로사고를 초래하여 많은 재산 피해 및 인명피해를 유발할 수 있다. 이에 본 논문에서는 내부 보이드의 위치변화에 따른 $q-n$ 패턴을 해석하였으며, 또한 와이블 해석을 이용한 수명예측을 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, 중간층으로 이동시켰으며, 내부 보이드는 지름 2[mm]의 원통형태로 제작하였다.

표 1. 시료의 종류

Table 1 Type of sample

sample	top	middle	bottom
S1	A	X	X
S2	X	A	X

* X : XLPE layer
 A : Air void layer

표 1은 시료의 종류를 나타낸 것이다. 전극은 평대평판 전극을 사용했으며, 전극 주변의 연면방전을 억제하기 위해 에폭시로 몰딩하였다. 또한 실리콘 오일 중에서 실험하여 시료표면에서의 연면방전도 최소화시켰다.

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. 또한 자체적으로 제작된 프로그램을 이용하여 와이블 해석을 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 상·하층 보이드의 $\phi-q-n$ 분포

그림 3은 S1시료에 인가전압이 8[kV]일 때 $\phi-q-n$ 분포를 나타낸 것이다. 이 전압은 trip직전의 전압이다. 정극성은 방전발생영역이 0~100° 위상에서 방전이 나타났으나, 주된 방전은 90° 이전에서 대부분 나타났다. 부극성은 180~300° 영역에 방전이 발생되었으며, 주된 방전은 180~258°에 집중되어 있음을 볼 수 있다. 또한 10초 동안 정극성에서 발생한 최대방전 전하량은 45°에서 56,300 [pC]이 발생하였으며, 부극성은 230°에서 64,800 [pC]의 방전이 발생하였다. 최대 방전발생빈도도 동일 영역에서 발생하였으며, 각각 532, 725 발생함을 확인할 수 있었다.

이러한 현상은 전압의 증가에 따라 절연체 내부에서 충전이 일어나다가 일정값을 초과하면 발생하는데 초기에는 방전 후 다시 충전이 일어나지만, 일정전압 이상에서는 방전과 충전이 동시에 동작하여 계속적으로 방전이 증가하는 것으로 생각되어진다.

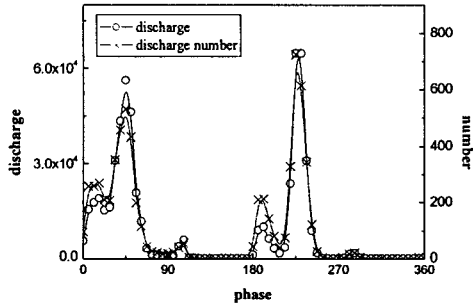


그림 3. 상층 보이드에서 $\phi-q-n$ 분포(8 [kV])
Fig. 3 $\phi-q-n$ distribution at top void layer(8 [kV])

3.2 중간층 보이드의 $\phi-q-n$ 분포

그림 4는 12[kV]를 인가한 경우의 $\phi-q-n$ 분포를 나타낸 것으로 정극성은 0~118°에서 방전이 발생하였으며, 부극성은 180~290° 및 360° 부근에서 방전이 발생하였다. 방전전하량은 정극성은 5° 및 45°에서 각각 76,000 및 70,000 [pC]인 큰 방전이 나타났으며, 부극성에서는 185°와 220°에서 각각 63,200 및 54,500[pC]의 방전이 발생함을 볼 수 있었다. 또한 방전빈도수도 동일영역에서 각각 965, 1,220, 1,240 및 1,080 발생하였다.

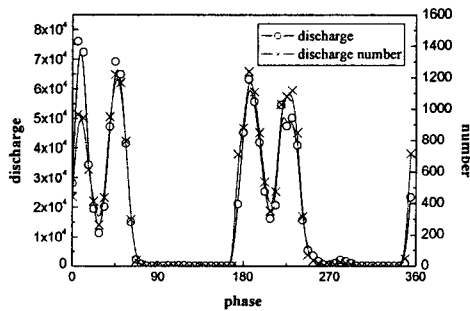


그림 4. 중간층 보이드에서 $\phi-q-n$ 분포(12 [kV])
Fig. 4 $\phi-q-n$ distribution at middle void layer(12 [kV])

중간층 보이드의 경우 표면에 보이드가 존재하는 것에 비해 trip 전압이 더 높게 나왔으며, 방전형태도 표면에 보이드가 존재하면 하나의 위상에서 매우 높은 방전이 발생하는 것에 비해 내부보이드의 경우 토끼귀의 귀형상을 그리며 각 극성영역에서 2개의 peak값을 나타냄을 확인할 수 있었다. 이것은 표면에 보이드가 존재하면 충전 및 방전이 보이드에 집중되어 즉시 나타나는 반면 내부보이드는 전계집중을 유발하지만 표면의 절연층에 의해 충전 및 방전 시간이 좀 더 지연되기 때문이라고 생각되어진다.

3.3 와이블 해석

일반적으로 부분방전은 동일 조건에서도 매우 불규칙적으로 발생하므로 불규칙적인 값을 정량적인 패턴으로 해석하기 위해서 와이블 해석을 시도하였으며, 그림 5는 보이드 위치변화에 따른 형상파라미터의 변화를 나타낸 것이다.

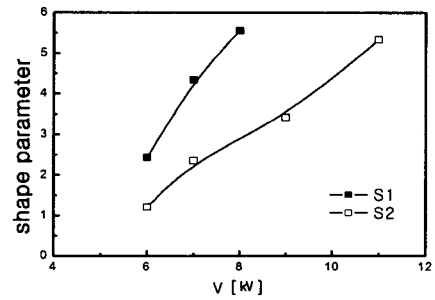


그림 5. 보이드 위치에 따른 형상파라미터
Fig. 5 shape parameter according to void position

그림에서 보면 전압의 증가에 따라 형상파라미터의 값은 매우 큰 폭으로 증가하고 있는 것을 볼 수 있다. 형상파라미터의 증가는 방전분포형상이 정량적인 패턴으로 이동함을 의미하므로 보이드에서 전계집중을 유발하여 방전 발생이 정량적인 패턴을 가진다고 생각되어진다. 또한 형상파라미터의 값은 아래식에서 보면 형상파라미터가 1보다 크면 수명곡선이 지수적으로 감소함을 의미하므로 표면에 존재하는 보이드는 내부 보이드 보다 절연수명을 더욱 단축시킴을 확인할 수 있었다.

$$\lambda(t) = \frac{dF(t)/dt}{1-F(t)} = \frac{m}{n_s} \left(\frac{n-\gamma}{n_s} \right)^{m-1}$$

단, γ : 척도파라미터, m : 형상파라미터

4. 결론

XLPE 보이드 위치변화에 따른 부분방전특성 및 수명에 측 결과 표면 보이드보다 내부 보이드가 있을 경우 트립 전압이 감소하였으며, 내부 보이드가 있는 경우 토끼귀의 형상을 띤 방전패턴이 나타남을 확인하였다. 끝으로 내부 보이드 보다 표면 보이드가 존재할 때 절연수명 열화가 더욱 커짐을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] Katakai, S, Asia Pacific. IEEE/PES , Volume: 2, pp.1411-1415, 2002.
- [2] Yamada, H.; Nakagawa, S.; Katakai, S.; Kishi, K.; Nakanishi, T.; Murata, Y., Proceedings of the 7th International Conference on , Volume: 2, pp.776-781, 2003.