

부시형 전기트리의 성장에 따른 부분방전 펄스의 분포 특성

강 성희*, 정 수현**, 이 광우, 장 동욱, 류 부형***, 임 기조
 *충청 대학, ** 대원 공과 대학, 충북 대학교, *** 동국 대학교

Properties of Distribution of PD Pulses accompanying with Propagation of bush-type Tree

S.H. Kang*, S.H. Jung**, K.W. Lee, D.U. Jang, B.H. Ryu***, K.J. Lim

* Chungcheong College, ** Daewon Tech. College, Chungbuk National Univ, *** Dongguk Univ.

Abstract - Inception and propagation of electrical tree and properties of partial discharge(PD) pulses accompanying with tree in low density polyethylene were discussed. We observed the characteristics of process of electrical tree by using optical microscope and investigated the statistical characteristics of the PD pulses by analyzing PD quantities and distribution patterns. The PD pulses were analyzed by q-n, ψ -n and ψ -q distribution. The statistical operators used were skewness (s), kurtosis(k) and average phase angle.

The skewness and average discharge phase angle of PD pulses increased as the Propagation of tree. The kurtosis was about 1.8 at the Inception of tree, but It increased as the propagation of tree.

1. 서 론

고체절연체에 전기트리가 발생하면 점진적인 열화과정에 의하여 고체절연체에 치명적인 손상을 유발하여 절연 특성을 상실한다[1]. 따라서 절연파괴를 미연에 방지하기 위해서는 전기트리의 발생과 진전양상을 관측하는 것이 상당히 중요하다. 전기트리의 발생과 진전은 국부적인 전계의 집중에 따른 부분방전의 발생에 기인하므로 [2],[3] 부분방전 펄스는 전기트리의 발생과 진전에 대한 가장 유효하고 많은 정보를 갖는다. 따라서 전기트리의 검출시 부분방전의 측정·해석은 유효하다[4],[5]. 그러나 현재까지 많은 연구가 행해졌지만, 부분방전 펄스와 전기트리와의 직접적인 관계를 도출하는 것은 상당히 어려운 것으로 발표되고 있으며[6,7], 수많은 연구가 행해지고 있다[8]. 이 논문에서는 LDPE에서의 전기트리의 발생, 진전양상과 이에 수반되는 부분방전 펄스의 특성을 측정·검토하였다.

2. 본 론

2.1 실험방법

시편은 밀도 0.92(g/cm³)의 펠렛형 LDPE 시료를 사용하여 120 [°C]에서 5분간 가열하여 제작한 시편을 2×30×1(mm) 크기로 자른 후 두 개의 판상시료에 침-평판 전극을 설치형성하여 제작하였고, 트리의 관측

을 용이하게 하기 위하여 시편의 두께를 3(mm)로 가늘게 하였다. 그림 1에 시편의 형상을 나타내었다.

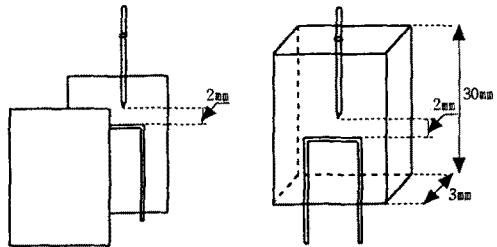


그림 1 시편의 형상

본 실험에서 사용한 실험장치의 Block Diagram을 그림 2에 나타내었다.

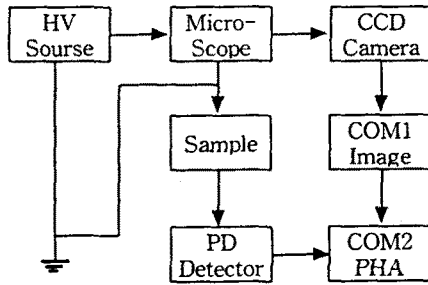


그림 2 실험장치의 블록도

시편에서 발생한 전기트리의 진전양상을 광학 현미경과 CCD 카메라를 사용하여 관측하고 컴퓨터1에서 화상 처리를 하였으며, PD 계측기에서 부분방전 신호를 계속하여 컴퓨터2에서 신호를 분석, 저장하고, 부분방전 펄스의 분포특성, 왜도, 첨예도 등을 계산하였다. 전원으로 PD free형 전원 공급 장치를 사용하여 침전극에 18 (kV)의 전압을 일정하게 유지하고, 전기트리의 발생과 진전 및 이에 수반되는 부분방전 펄스의 경시변화를 관측하였다. 실험시, 온도는 23°C, 습도는 75%RH이었다.

2.2 실험결과 및 고찰

일반적으로 부분방전 펄스는 시간에 따라 다르게 나타나므로 연속적으로 측정하여 통계적인 분포특성을 연구

하는 것이 필요하다. 따라서 본 실험에서는 300cycles의 부분방전 펄스를 5pC 이상의 펄스만을 계속하여 통계적으로 처리하였다.

그림 3은 전압의 인가시간에 따른 전기트리의 성장특성을 도시한 것이다. 부시형 전기트리는 발생초기에 급격히 진전하지만, 진전중기에서는 속도가 완만해진다.

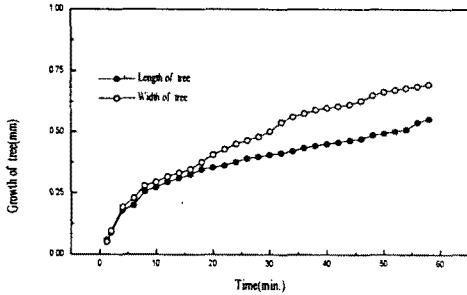


그림 3 전압 인가시간에 따른 전기트리의 성장양상

그림 4는 전기트리의 성장에 따른 부분방전 펄스의 q-n 분포의 변화추이를 도시한 것이다. 그림에서 전기트리의 성장 초기에는 q-n 분포가 거의 정규분포의 형상을 가지나 전기트리가 성장함에 따라 q-n 분포가 일그러지고, 상대적으로 방전 전하량의 크기가 작은 펄스가 많이 발생하는 양상을 보이고 있다. 또한 전기트리의 성장에 따라서 방전전하량의 크기와 함께 발생빈도수가 커지며, 진전초기에 급증하는 추세를 보이지만 진전말기에는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

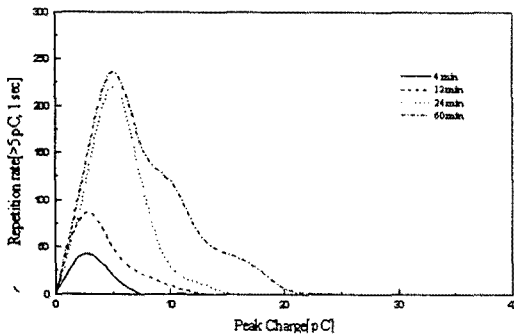


그림 4 전기트리의 진전에 수반된 부분방전 펄스의 q-n 분포의 변화추이

그림 5는 전기트리의 성장에 따른 부분방전 펄스의 ψ -n 분포의 변화추이를 도시한 것으로 그림에서 양의 주기에서의 부분방전의 발생은 전기트리의 성장 초기에는 60° 부근에서 활발하지만, 전기트리가 성장함에 따라서 발생의 중심 위상각이 45° 부근으로 이동함을 알 수 있으며, 음의 주기에서의 부분방전의 발생은 255° 부근에서 주로 이루어지지만, 전기트리의 성장이 진행됨에 따라서 부분방전의 발생중심각이 230° 부근으로 이동한다. 이처럼 부분방전이 활발하게 나타나는 위상각이 전

기트리가 진전함에 따라서 낮아지는 경향은 공간전하의 형성에 따른 영향 때문이라 사료된다. 즉, 공간전하가 충분히 축적되면, 인가전압의 극성이 바뀌는 즉시 침전극과 공간전하, 평판전극과 공간전하 또는 트리채널 내부의 공간전하사이에서 부분방전이 발생하기 때문이다.

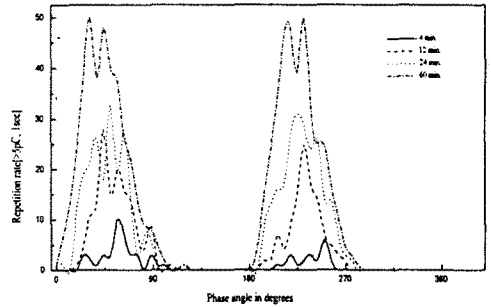


그림 5 전기트리의 진전에 수반된 부분방전 펄스의 ψ -n 분포의 변화추이

그림 6은 전기트리의 성장에 따른 부분방전 펄스의 ψ -q 분포의 변화추이를 도시한 것이다. 그림에서 전기트리의 성장 초기에는 q-n 분포가 장방형에 가깝게 나타나지만, 성장 말기에는 위상각이 낮은 부위에서 방전전하량이 큰 부분방전이 발생함을 알 수 있다.

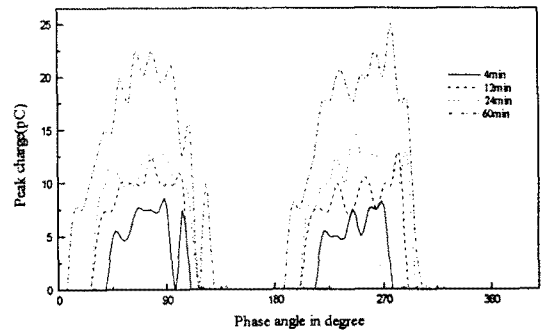


그림 6 전기트리의 진전에 수반된 부분방전 펄스의 ψ -q 분포의 변화추이

그림 7, 8, 9는 ψ -q 분포에서의 부분방전 펄스의 특성을 나타낸 것으로 부분방전의 발생이 매주기당 다르게 나타나기 때문에 정확한 부분방전 펄스의 특성을 검토하기 위해서는 다수의 주기에서 발생하는 부분방전 펄스를 평균적으로 처리하는 것이 바람직하다.

그림 7은 부분방전 펄스의 ψ -q-n 분포에서 평균 방전 위상각을 구한 것이며, 부분방전 펄스의 위상각을 j 로 나누어 각각의 위상각을 ϕ_j 라하고, 그때의 평균 방전전하량을 q_j 라하면,

$$\bar{\phi} = \frac{\sum \phi_j \cdot q_j}{\sum q_j}$$

에 의하여 구할 수 있으며 그림에서 부분방전이 발생되

는 평균 방전위상각은 미약하게 낮아지고 있음을 알 수 있다.

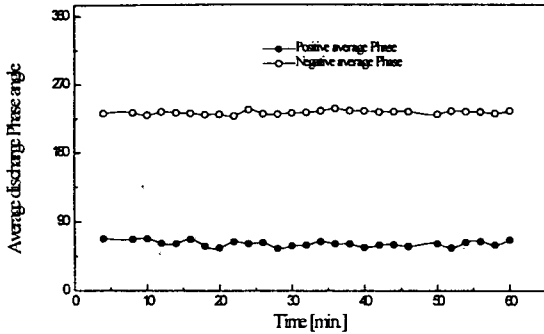


그림 7은 전기트리의 진전에 수반된 부분방전 펄스의 평균 방전 위상각

그림 8은 전기트리의 진전에 따른 부분방전 펄스의 왜도의 분포를 나타낸 것으로 S평면에서 주로 3사분면에 존재하였으며, 전기트리가 진전함에 따라서 부분방전 펄스의 S값은 양의 주기와 음의 주기 모두 음의 값으로 커지는 것으로 나타났다. 이것은 위상이 낮은 부위에서 방전전하량이 큰 부분방전 펄스가 발생된다는 것을 의미한다.

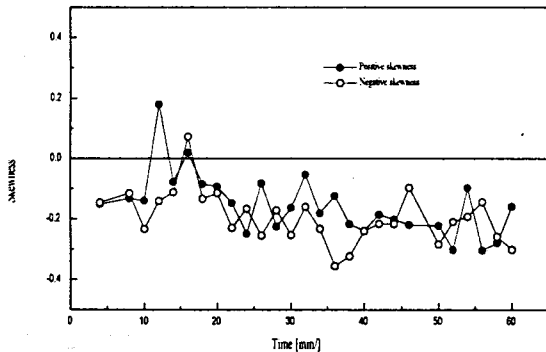


그림 8 전기트리의 진전에 수반된 부분방전 펄스의 왜도의 변화추이

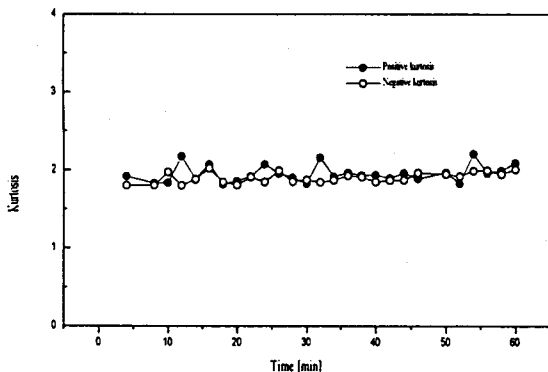


그림 9 전기트리의 진전에 수반된 부분방전 펄스의 첨예도의 변화추이

그림 9는 전기트리의 진전에 수반된 부분방전 펄스의

첨예도의 변화추이를 도시한 것으로 부분방전 펄스는 전기트리의 성장초기에 약 1.8에 가깝게 나타나고, 성장이 진행됨에 따라서 값이 커지게 되는데, 이것은 상대적으로 높은 위상각 부위에서 방전량이 큰 부분방전 펄스가 발생되는 것을 의미한다.

3. 결 론

전기 트리의 발생과 진전에 수반되는 부분방전 펄스의 분포 특성을 연구하기 위하여 일정전압을 인가하여 시간에 따른 전기트리의 성장과 부분방전의 발생양상을 측정 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) LDPE에 침-평판 전극을 형성하여 18kV의 일정전압을 인가한 결과 전기트리는 약 1분경에 발생하여 부시형 전기트리로 진전하였다.
- 2) 펄스의 평균 발생위상각은 정(+)의 주기의 경우에는 약 55-65°를 나타내고 부(-)의 주기의 경우에는 약 230-235°를 나타내었으며, 전압의 인가시간에 따라서 미약하게 증가하는 추세를 나타내었다.
- 3) 부시형 전기트리의 부분방전 펄스 분포는 대부분 양의 주기와 음의 주기에서 모두 피크 전압이후에서 방전 전하량이 큰 펄스가 발생되어 분포형태상 우측이 크게 나타났으며, 왜도는 3상한에서 형성되며, 전기트리의 성장에 따라 점점 낮아지는 경향을 나타내었다.
- 4) 부시형 전기트리의 부분방전 펄스 분포의 첨예도는 전기트리의 발생단계에서는 약 1.8로 나타나지만 전기트리의 성장에 따라 미약하게 증가하는 경향을 나타내었다.

[참 고 문 헌]

- [1] Eugene J. McMahon, "A Tutorial on Treeing", IEEE Trans. Electrical Insulation, Vol EI-13 NO 4, pp. 277-288, 1978.
- [2] R. M. Eichhorn, "Treeing in Solid Extruded Electrical Insulation", IEEE, Trans. EI, Vol EI-12, No.1, pp. 2-18, February 1976.
- [3] C. Laurent and Mayoux, "Analysis of the Propagation of Electrical Treeing Using Optical and Electrical Methods" IEEE, EI-15, pp. 33-42, 1980.
- [4] Suwarno, Yasuo Suzuoki and Teruyoshi Mizutani, "Pulse-Sequence Analysis of Partial Discharges in a Void and Electrical Treeing", IEEE Electrical Insulation, Conference, Vol.1, June, 16-19, pp. 130-133, 1996.
- [5] C. Mayoux and C. Laurent, "Contribution of Partial Discharges to Electrical Breakdown of Solid Insulating Materials" IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 2, No. 4, pp. 641-652, 1995.
- [6] Tatsuki Okamoto and Toshikatsu Tanaka, "Auto-correlation Function of PD Pulses under Electrical Treeing Degradation", IEEE, Transaction, EI, Vol.2, No.5, pp. 857-865 October 1995.
- [7] John. H. Mason, "Enhancing the Significance of PD Measurements", IEEE, Transaction, EI, Vol.2 No.5, pp. 876-888, October, 1995.
- [8] Tatsuki Okamoto and Toshikatsu Tanaka, "Auto-correlation Function of PD Pulses under Electrical Treeing Degradation", IEEE, Transaction, EI, Vol.2, No.5, October 1995, pp857-865.