

LDPE에서 부시형 전기트리의 성장에 수반되는 부분방전 펄스의 특성

Properties of PD Pulses accompanying with Propagation of Bush-type tree in LDPE

박영국*, 강성화**, 정수현***, 박철현*, 임기조*
Y. G. Park*, S. H. Kang**, S. H. Jung***, C. H. Park*, K. J. Lim*

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 characteristic of process of electrical tree by using optical microscope and investigated the statistical characteristics of the PD pulses by analyzing PD quantities and distribution pattern. The PD quantities detected and analyzed were PD magnitude, repetition rate, average discharge power, mean phase angle and ψ -q-n distribution pattern.

The average discharge power of PD appears good linear relation with propagation of tree and the repetition rate and magnitude of PD are increased with the propagation of tree.

Key words(중요용어) : Electrical tree(전기트리), Partial discharge pulse (부분방전펄스), Average discharge power(평균방전전력), Distribution pattern(분포형태)

1. 서론

일반적으로 고체 절연체의 절연파괴는 단시간 파괴보다는 장기적인 열화과정을 거쳐 전기트리를 발생시켜 파괴되는 등의 장기간 절연파괴가 대부분이다[1]. 따라서 절연파괴를 방지하기 위해서는 전기트리의 발생과 진전양상을 미연에 관측하는 것이 상당히 중요하다. 전기트리의 발생과 진전은 국부적인 전계의 집중에 따른 부분방전의 발생에 기인하므로[2],[3] 부분방전을 검출하여 해석하므로써 전기트리의 발생과 진전양상을 진단하는 것이 가능하다 [4],[5]. 그러나 현재까지 많은 연구가 행해졌지만,

부분방전 펄스와 전기트리와의 직접적인 관계를 도출하는 것은 상당히 어려운 것으로 알려져 있으며 [7], 많은 연구자들이 전기트리와 부분방전의 상관성을 연구하기 위하여 다양한 기법을 연구중에 있다. 이 논문에서는 LDPE에서의 전기트리의 발생, 진전양상과 이에 수반되는 부분방전 펄스의 특성을 최대 방전전하량, 평균 방전전하량, 평균 발생위상각, 발생 빈도수와 부분방전 펄스의 ψ -q-n 분포특성 등을 검토·연구하였다.

2. 실험

시편은 밀도 0.92[g/cm³]의 펠렛형 LDPE 시료를 사용하였으며, 120 [°C]에서 5분간 가열하여 2×30×1[mm] 크기로 자른 두 개의 판상시료에 침-평판 전극을 형성하여 제작하였다. 트리의 관측을 용이하게 하기 위하여 시편의 두께를 3[mm]로 가늘게 하였다. 그림 1에 시편의 형상을 나타내었다.

* : 충북대학교 전기공학과
** : 충청전문대학교 산업안전공학과
*** : 대원전문대학교 전기공학과
(충북 청주시 흥덕구 개신동 산 48번지)
kjlim@trut.chungbuk.ac.kr

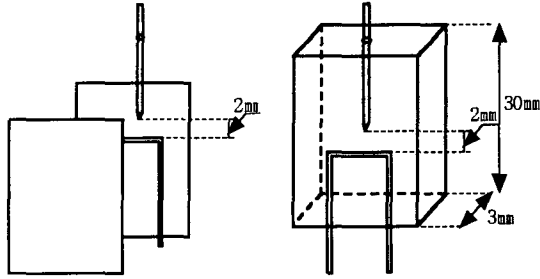


그림 1. 시편의 형상
Fig.1 Shape of specimen

본 실험의 실험장치의 Block Diagram을 그림 2에 나타내었다.

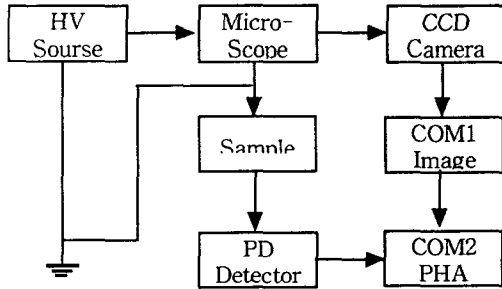


그림 2 실험장치의 블록도그림
Fig.2 Block diagram measuring system

시편에서 발생한 전기트리의 진전양상을 광학 현미경과 CCD 카메라를 사용하여 관측하고 컴퓨터1에서 화상처리를 하였으며, PD 계측기에서 부분방전 신호를 계측하여 컴퓨터2에서 신호를 분석, 저장하고, 부분방전 전하량, 발생빈도수, 발생위상각, 부분방전 펄스의 분포특성 등을 계산하였다. 전원으로는 PD free형 전원 공급 장치를 사용하여 침전극에 18[kV]의 전압을 일정하게 유지하여 전기트리의 발생과 진전 이에 수반되는 부분방전 펄스의 경시변화를 관측하였다. 실험시 전극 간격은 10cm 온도는 23℃, 습도는 75%RH이었다.

3. 실험 결과 및 고찰

펄스형 부극성 부분방전은 음극 근처에 존재하는 공간 전하에 의한 주기적인 전계의 감소에 의하여 발생한다. 교류전압에서 이러한 펄스형 방전은 인가 전압이 다음의 전자사태를 일으키기 위해 필요한 임계 전압 즉 방전 개시 전압을 넘을 때 발생한다.

부분방전의 펄스는 5pC 이상의 펄스만을 계측하였으며, 부분방전의 특성상 300cycle의 데이터를 저장하여 통계적으로 처리하였다.

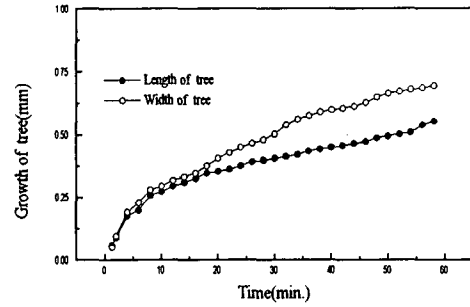


그림 3 전압 인가시간에 따른 전기트리의 성장양상

Fig.3 The characteristics of the growth of branch type tree vs. voltage application time.

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

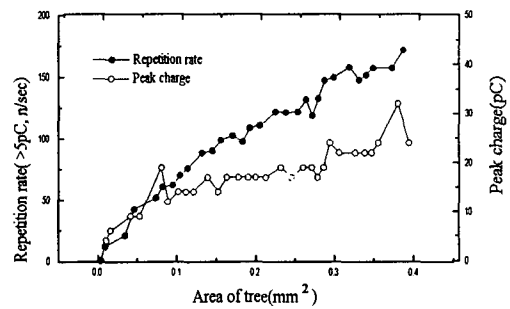


그림 4 전압 인가시간에 따른 부분방전의 발생빈도수와 최대 방전전하량의 변화

Fig.4 Peak charge and repetition rate of PD pulses vs. the area of bush type tree.

그림 4는 전기트리의 성장에 수반되는 부분방전 펄스의 발생빈도수와 최대 방전전하량과 부시형 트리의 진전면적의 의존성을 도시한 것이며, 발생빈도수는 전압 인가시간에 대하여 선형적으로 증가하는 특성을 나타낸다.

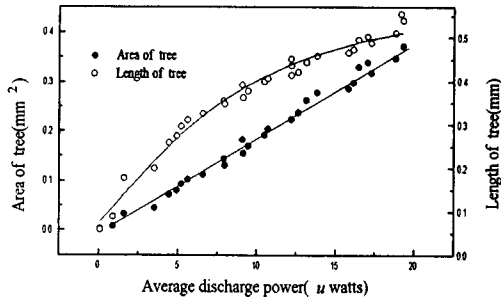


그림 5 평균 방전전력의 변화에 따른 트리의 성장길이와 진전면적

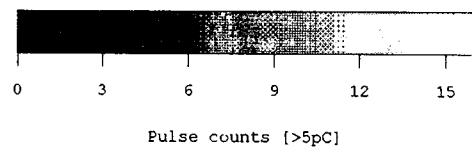
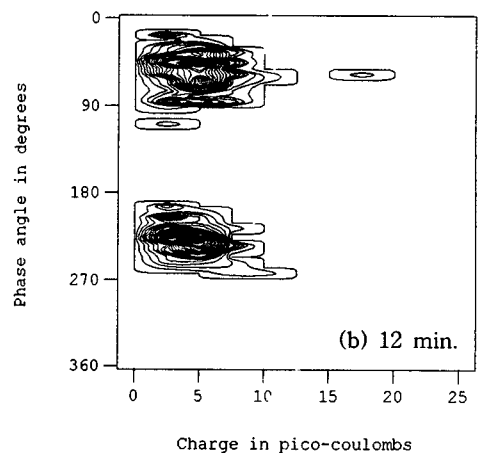
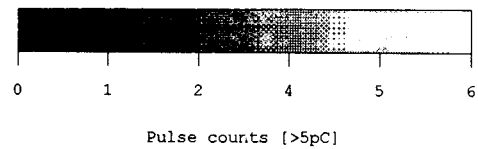
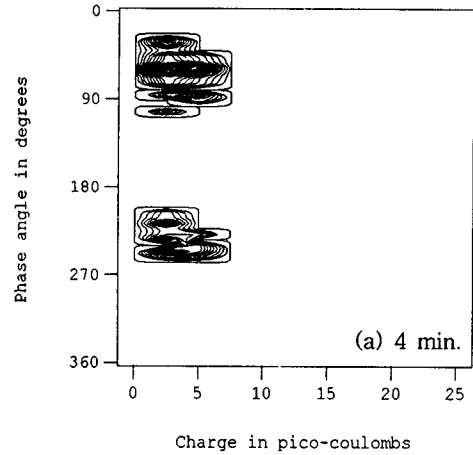
Fig.5 The length and area of branch type tree vs. the average discharge power

그림 5는 부분방전 펄스의 평균 방전전력의 변화에 따른 트리의 성장길이와 진전면적의 관계를 도시한 것으로 평균 방전전력과 트리의 진전면적과는 선형관계가 있는 것으로 나타났다. 트리의 진전에 따라 발생하는 부분방전 펄스를 측정하여 평균 방전전력을 계산하면, 무시형 전기트리의 진전 양상을 유추하는 것이 가능할 것으로 사료된다.

그림 6은 전압 인가시간에 따른 부분방전 펄스의 ϕ -q-n 분포의 변화를 도시한 것으로, 전기트리의 진전에 따른 부분방전 전하량의 발생경향을 확인할 수 있다. 그림 6은 전압 인가시간에 따른 부분방전 펄스의 ϕ -q-n 분포의 변화를 도시한 것으로, 전기트리의 진전에 따른 부분방전 전하량의 발생경향을 확인할 수 있다. 그림에서 최대 방전전하량과 발생 빈도수가 전압의 인가시간에 따라서 증가하는 것으로 나타났다. 부분방전 펄스의 ϕ -q-n 분포에서 평균 방전 위상각은 위상을 j 로 나누어 각각의 위상을 ϕ_j 라하고, 그때의 평균 방전전하량을 q_j 라하면,

$$\bar{\phi} = \frac{\sum_{j=1}^n \phi_j \cdot q_j}{\sum_{j=1}^n q_j}$$

에 의하여 구할 수 있으며, 평균 방전 위상각은 정(+)의 주기의 경우에는 약 55-65°로 나타나고 부(-)의 주기의 경우에는 약 230-235°로 나타났으며, 전압의 인가시간에 따라서 미약하게 증가하는 경향을 나타내었다.



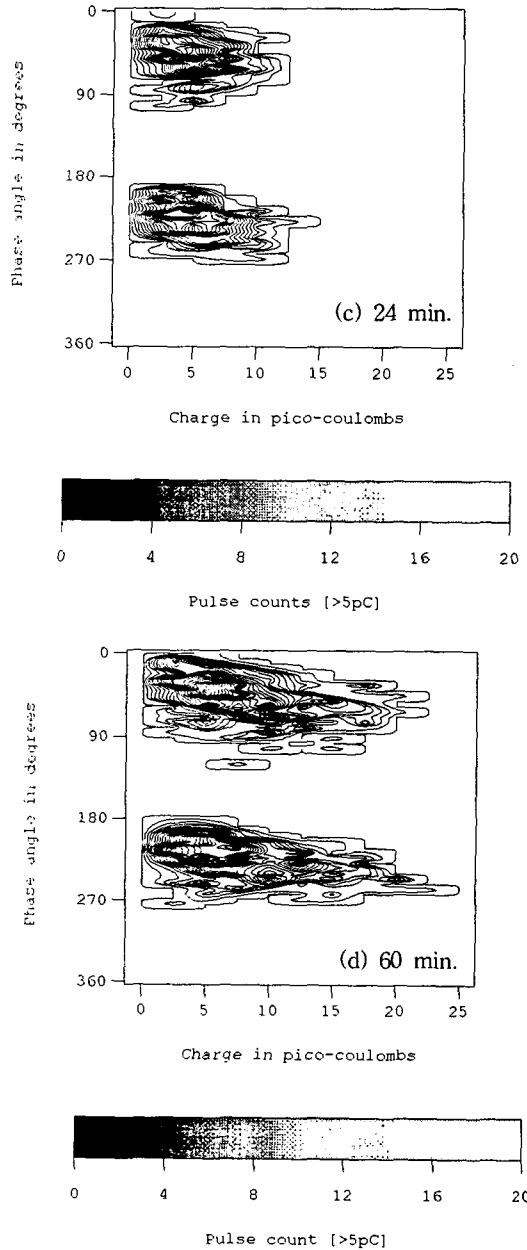


그림 6 전압 인가시간에 따른 부분방전 펄스의 ϕ -q-n 분포의 경시변화

Fig.6 ϕ -q-n distribution of PD pulses vs. voltage application time.

4. 결론

전기 트리에 발생과 진전에 수반되는 부분방전 펄스의 특성을 연구하기 위하여 정전압을 인가하여

인가시간에 따른 전기트리의 성장과 부분방전의 발생양상을 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) LDPE에 침-평판 전극을 형성하여 18kV의 정전압을 인가한 결과 전기트리는 부시형 전기트리로 진전하였다.
- 2) 부시형 전기트리의 성장은 초기에 급속한 성장을 갖지만, 성장이 진행되면서 진전속도는 감소한다.
- 3) 전기트리의 성장에 수반되는 부분방전 펄스의 평균 방전전력과 부시형 전기트리의 진전면적과는 선형적인 관계를 나타내었으며, 전기트리의 진전길이와는 포화되는 곡선을 나타내었다.
- 4) 부시형 전기트리의 진전에 수반되는 부분방전 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.

Reference

- [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 Trans. EI, 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, Trans., EI, Vol.2, No.5, pp. 857-865 October 1995.
- [7] John. H. Mason, "Enhancing the Significance of PD Measurements", IEEE, Trans., EI, Vol.2 No.5, pp. 876-888, October, 1995.