

저밀도 폴리에틸렌에서 부시형 전기트리에 수반되는 부분방전 펄스의 특성

논문
11-12-1

Properties of PD Pulses Accompanying with Bush-type Tree in LDPE

강성화*, 박영국*, 정수현**, 이광우*, 임기조*
(S. H. Kang, Y. G. Park, S. H. Jeong, K. W. Lee*, K. J. Lim)

Abstract

The correlation between the propagation of electrical tree and distributions of partial discharge(PD) pulses accompanying with electrical tree of bush type in low density polyethylene were discussed. We measured the growth of electrical tree by using optical microscope and PD data simultaneously. The PD data detected and analyzed were PD magnitude, repetition rate, average discharge power, average phase angle, and ψ -q-n distribution pattern. The average discharge power and repetition rate of PD had good linear relation with area of tree. Repetition rate and peak discharge magnitude and width of discharge phase angle increased with the tree.

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

1. 서론

일반적으로 고체 절연체의 절연과피는 단시간 파괴보다는 전기트리 등과 같이 장기적인 열화과정일 경우를 장기간 절연과피가 대부분이다¹⁾. 따라서 케이블 등과 같은 전력설비의 유지 관리에서는 장기적 열화의 진전정도 즉, 열화진단이 매우 중요하다. 전기트리의 경우, 국부 고전계로 인한 부분방전을 수반함으로^{2,3)} 부분방전을 검출, 분석하는 방법으로

전기트리의 발생과 진전양상을 진단하려는 시도가 있었다.^{4,5)} 그러나 현재까지 많은 연구가 행해졌지만, 부분방전 펄스와 전기트리와의 직접적인 관계를 도출하는 것은 상당히 어려운 것으로 알려져 있으며⁶⁾, 많은 연구자들이 전기트리와 부분방전의 상관성을 연구하기 위하여 다양한 기법을 연구중에 있다^{7,8)}. 이 논문에서는 LDPE에서의 부시형 전기트리의 발생, 진전양상과 이에 수반되는 부분방전의 최대 방전전하량, 평균 방전전력, 평균 발생위상각, 발생 빈도수와 부분방전 펄스의 ψ -q-n 분포특성 등과의 상관성을 검토하고자 한다.

2. 실험

시편은 밀도 0.92 g/cm³의 펠렛형 LDPE 시료를 사용하여, 120 °C에서 5분간 가열하여 20×30×1.5 mm 크기로 자른 두 개의 판상 시료에 침-평판 전극

* : 충북대학교 전기공학과

(충북 청주시 흥덕구 개신동

kjlim@trut.chungbuk.ac.kr)

** : 충청대학 산업안전공학과

*** : 대원공과대학 전기공학과

1998년 7월 23일 접수, 1998년 10월 22일 심사완료

을 배치하여 제작하였다. 트리의 관측을 용이하게 하기 위하여 시편의 두께를 3 mm로 얇게 하였다. 그림 1에 시편의 형상을 나타내었다.

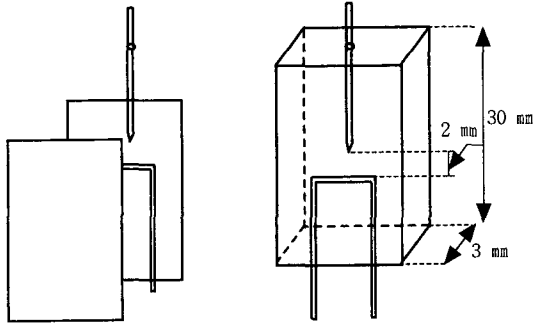


그림 1. 시편의 형상
Fig. 1. Shape of specimen

본 실험의 실험장치의 블록다이아그램을 그림 2에 나타내었다.

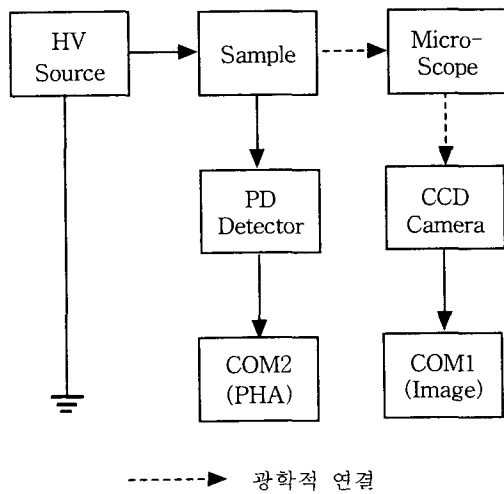


그림 2. 실험장치의 블록다이아그램
Fig. 2. Block diagram of measuring system

시편에서 발생한 전기트리의 진전양상을 광학 현미경, CCD 카메라를 거쳐 컴퓨터 COM 1에서 화상 처리하여 관측하였으며, 부분방전 검출기에서 신호를 검출하여 컴퓨터 COM 2에서 신호를 처리, 분석, 저장하고, 부분방전 전하량, 발생빈도수, 발생위상각, 부분방전 펄스의 분포특성 등을 계산하였다. 전원으로는 PD free형 전원 공급 장치를 사용하여 침전극

에 18 kV의 전압을 인가하여 전기트리의 발생과 진전 및 이에 수반되는 부분방전 펄스의 경시변화를 관측하였다. 전극 간격은 2 cm이고, 주위온도는 23 °C 이었다.

3. 실험 결과 및 고찰

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

그림 3은 전압의 인가시간에 따른 부시형 전기트리의 성장을 도시한 것이다. 부시형 전기트리는 발생초기에 급격히 진전하다가 그 후는 성장 속도가 완만해진다.

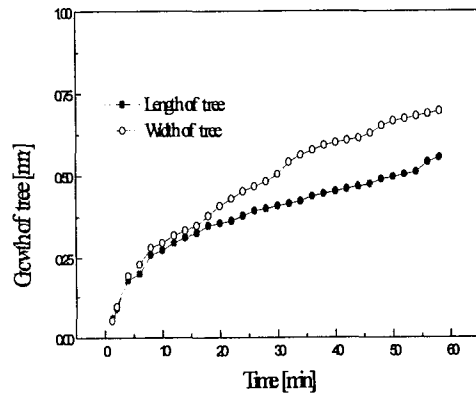


그림 3. 전압 인가시간에 따른 전기트리의 성장
Fig. 3. The growth of bush type tree as a function of voltage application time.

그림 4는 부시형 전기트리의 성장시 수반된 부분방전 펄스의 발생 빈도수와 최대 방전전하량을 트리의 진전 면적에 따라 도시한 것이다. 최대 방전 전하량은 트리 면적의 증가에 따라 포화하는 경향을 보이나 부분방전 발생 빈도수는 트리의 진전 면적에 따라 절연 파괴 직전까지 선형적으로 증가하는 특성을 보이고 있다. 그림 3의 트리성장 특성에서 보인 바와 같이 대전극 방향의 진전속도가 둔화되면서 최대 방전전하량은 포화되는 반면에, 가늘게 분기된 트리가지의 각 지점에서 부분방전이 발생되어 빈도수는 선형적인 증가를 하는 것으로 보여진다.

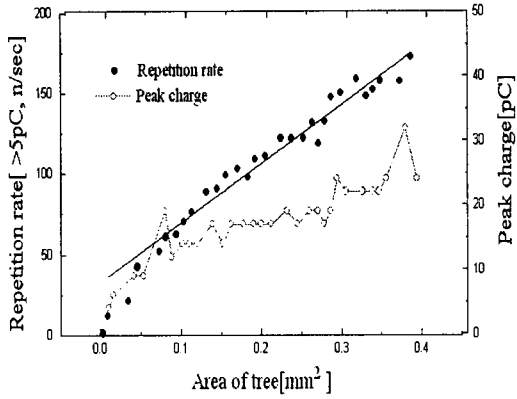


그림 4. 전기트리의 성장에 따른 부분방전의 발생빈도와 최대 방전전하량의 변화
 Fig. 4. Peak charge and repetition rate of PD pulses as a function of the area of bush type tree.

그림 5는 부분방전 펄스의 평균 방전전력의 변화에 따른 트리의 성장길기와 진전면적의 관계를 도시한 것으로 평균 방전전력과 트리의 진전면적과는 선형관계가 있는 것으로 나타났다. 이는 그림 4에 보인 바와 같이 트리의 열화 면적과 부분방전 발생빈도가 선형적인 관계가 있음에 주로 기인된 것으로 생각된다. 부시형 트리의 경우 성장 정보는 부분방전 빈도수나 평균 방전전력에 의해 추정 가능할 것으로 생각된다.

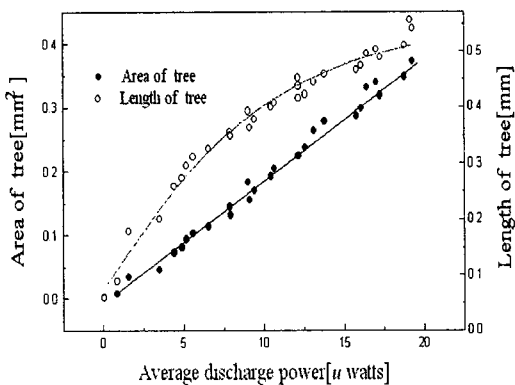


그림 5. 평균 방전전력의 변화에 따른 트리의 성장길기와 진전면적
 Fig. 5. The length and area of bush type tree as a function of the average discharge power

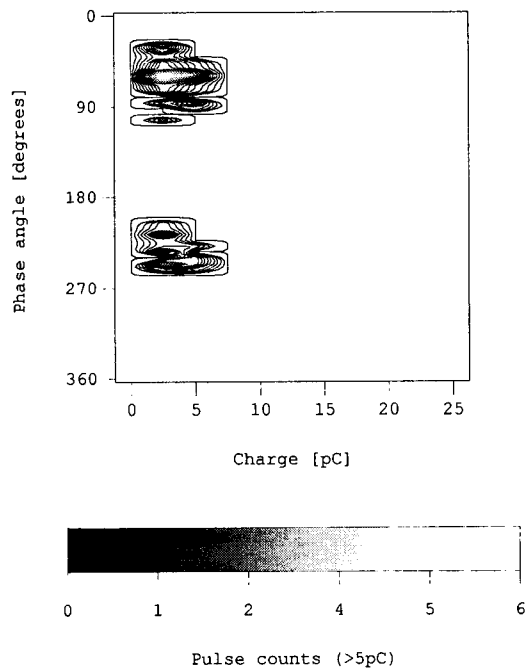
그림 6은 전압 인가시간에 따른 부분방전 펄스의 ψ (발생위상)- q (방전 전하량)- n (발생 빈도수) 분포의 변화를 도시한 것으로 수평축은 q , 수직축은 ψ 를 나타내며, 등고선은 각각의 위상각에서 일정한 방전전하량의 크기를 갖는 부분방전의 발생빈도수 n 을 나타낸다. 그림은 전압인가 후 6, 12, 24, 60분일 때에 각각 관측한 부분방전 신호를 도시한 것이다.

그림에서 전기트리의 진전에 따른 부분방전의 발생 위상각, 방전전하량, 발생빈도수의 경시변화를 명확하게 알 수 있으며, 그림에서 최대 방전전하량과 발생빈도수가 전압 인가시간에 따라서 증가하고, 방전 발생위상각의 폭은 커지고 있음을 알 수 있다.

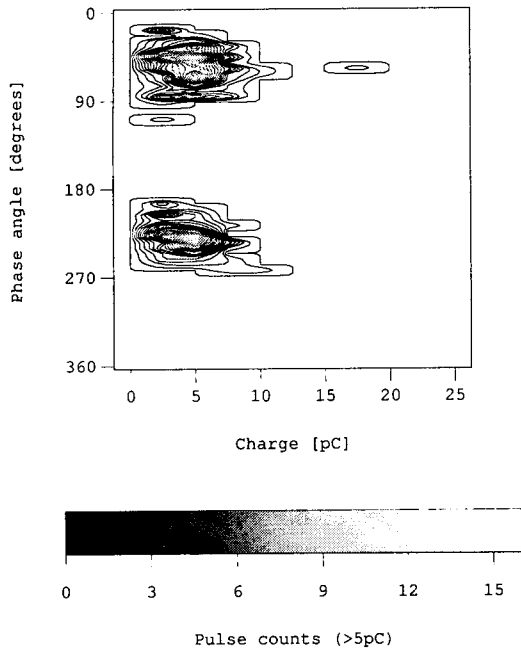
부분방전 펄스의 ψ - q - n 분포에서 평균 방전 위상각은 식 (1)과 같이 정의하였으며,

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

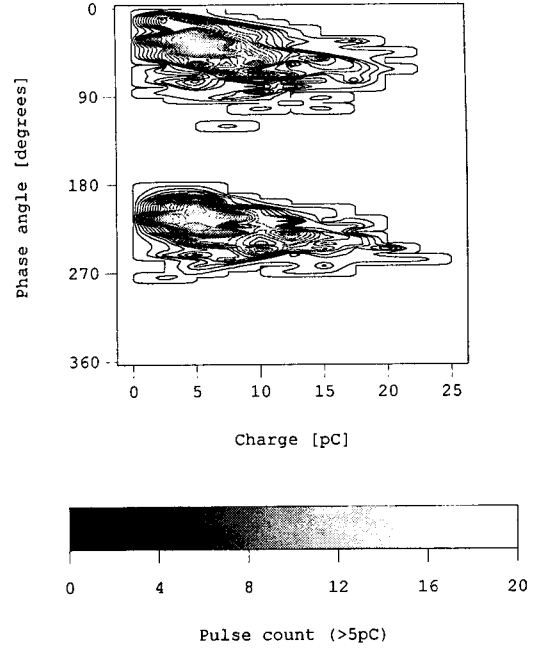
여기에서 q_j 는 각 방전의 크기, ϕ_j 는 각 방전의 발생 위상각이다.



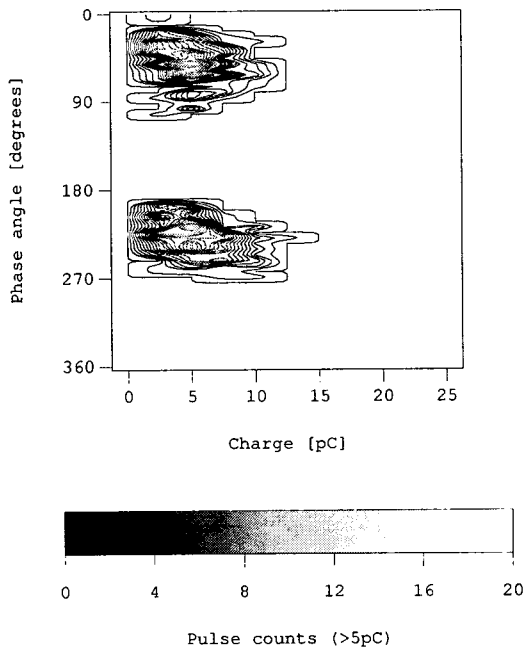
(a) 6 min.



(b) 12 min.



(d) 60 min.



(c) 24 min.

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

Fig. 6. ϕ - q - n distribution of PD pulses as a function of voltage application time

그림에서 평균 방전 위상각은 부분방전이 가장 활발하게 발생한 범위를 나타내는데, 정(+)의 반주기의 경우에는 55-65°로 나타나고 부(-)의 반주기의 경우에는 230-235°로 나타났으며, 전압의 인가시간에 따라서 약간 증가하는 경향을 나타내었다.

4. 결 론

부시형 전기트리의 진전에 수반되는 부분방전 펄스의 특성을 연구하기 위하여 일정전압의 교류를 인가하여 인가시간에 따른 전기트리의 성장과 부분방전의 발생양상의 상관성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 부시형 전기트리의 성장은 초기에 급속한 성장속도를 보이나, 성장이 진행되면서 진전속도는 감소한다.
- 2) 부시형 전기 트리의 성장시 수반된 부분방전

펄스의 평균 방전전력 및 발생 빈도수는 트리의 진전면적과는 선형적인 관계를 나타낸 반면에, 최대 방전 전하량과 트리 면적과의 관계, 평균 방전전력과 트리 길이와의 관계는 비선형적으로 포화되는 경향을 나타내었다. 이것은 대전극 방향의 트리 진전속도가 둔화되면서 최대 방전전하량은 포화되는 반면에, 가늘게 분기된 트리 가지의 각 지점에서 부분방전이 다발적으로 발생되어 부분방전 발생 빈도수는 트리 열화면적과 더불어 선형적인 증가를 하는 것으로 보여진다.

3) 부시형 전기트리의 진전에 수반되는 부분방전 펄스의 평균 발생위상각은 정(+)의 반주기에서 약 55-65°를 나타내고 부(-)의 주기의 경우에는 약 230-235°를 나타내었으며, 전압의 인가시간에 따라서 미약하게 증가하는 추세를 나타내고 있다.

4) 실용적 입장에서 부시형 트리의 경우 그 진전양상은 부분방전의 발생빈도수나 평균방전전력 관측에 의해서 추정이 가능하며, 제안한 ϕ -q-n 분포 추이는 트리의 성장을 파악하는 유용한 방법이 될 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 한국전력공사와 기초전력공학공동연구소의 지원에 의하여 수행되었으며 감사드립니다.
(과제번호 : 97-중-06)

참 고 문 헌

1. E. J. McMahon, "A Tutorial on Treeing", IEEE Trans. Electr. Insul. Vol. 13, pp. 277-288, 1978.
2. R. M. Eichhorn, "Treeing in Solid Extruded Electrical Insulation", IEEE Trans. Electr. Insul, Vol. 12, pp. 2-18, 1976.
3. C. Laurent and C. Mayoux, "Analysis of the Propagation of Electrical Treeing Using Optical and Electrical Methods" IEEE Trans. Electr. Insul. Vol. 15, pp. 33-42, 1980.
4. C. Mayoux and C. Laurent, "Contribution of Partial Discharges to Electrical Breakdown of Solid Insulating Materials" IEEE Trans. Electr. Insul. Vol. 2, pp. 641-652, 1995.
5. T. Okamoto and T. Tanaka, "Auto-correlation Function of PD Pulses under Electrical Treeing Degradation", IEEE Trans. Electr. Insul. Vol. 2, pp. 857-865, 1995.
6. J. H. Mason, "Enhancing the Significance of PD Measurements", IEEE Trans. Electr. Insul. Vol. 2, pp. 876-888, 1995.
7. T. Okamoto and T. Tanaka, "Novel Partial Discharge Measurement Computer-aided Measurement System", IEEE Trans. Electr. Insul. Vol. 21, pp. 1015-1019, 1986.
8. F. H. Kreuger, E. Gulski and A. Krivda, "Classification of Partial Discharges", IEEE Trans. Electr. Insul. Vol. 28, pp. 917-931, 1993.