

PET film 에서 Artificial Void 의 크기에 따른 PD 패턴 분석

A Study on the Partial Discharge Pattern according to the Artificial Void Dimensions in PET Film

최 필 문, 정 병 선, 이 중 찬, 박 대 희
원광대학교 전기공학부

Pil-moon Choi, Byuong-sun Jeong, Jong-Chan Lee, Dae-hee Park

School of Electronic and Elecrial Engineering Wonkwang University

Abstract – This paper indicate that phase resolved partial discharge patterns are investigated on PET films containing artificial void of varing dimensions. In this study, we measured phase-resolved PD patterns and statistical parameter from PET specimens with IGI(insulation/airgap/insulation) structure by IEC 270 standard. Measurement system is the conventional PD detector using digital signal processing technique. The relationship of diameter and location of artificial void was discussed through the difference of $\pi-q-n$ distribution and statistical analysis.

1. 서 론

전력기기에서 발생하는 부분방전은 그 크기에 상관 없이 절연재료의 급격한 열화를 야기하며, 궁극적으로 파괴를 일으킨다. 따라서 고전압 기기의 신뢰성을 평가하기 위해서는 방전량의 검출이 중요한 의미를 갖고, 또한 부분방전의 원인을 밝히는 것 역시 중요한 부분이다. 고분자 재료로 만들어진 제품들은 그것들을 만드는 공정 중에서 각종 보이드나 결함들이 발생하게 되며 이런 결함들이 부분방전을 일으켜 절연성능을 약화시킨다. 이런 결함들은 각각의 특유한 열화 메카니즘 때문에 방전의 원인을 정확히 밝히기 위해 결함 종류와 PD 패턴의 상관관계를 밝힐 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 검출된 PD 신호를 위상에 따라 일정 시간 측정 되었고, 이러한 신호는 다시 최대 방전량 [$H_{q,max}(\varphi)$], 평균 방전량 [$H_q(\varphi)$], 방전수 [$H_n(\varphi)$]와 같은 통계적인 값으로 처리되었다. 본 논문은 통계적인

데이터를 통하여 보이드의 크기에 따른 부분방전 특성을 PD 패턴의 $\pi-q-n$ 분포에 따라 분석하였다.

2. 실험

보이드 크기에 따른 부분방전 특성을 평가하기 위하여 측정 전극과 시료를 그림 1 과 같이 제작하였다. 측정 전극에서 중요한 것은 불필요한 노이즈나 외부 요인의 교란을 줄이는 것이다. 따라서 본

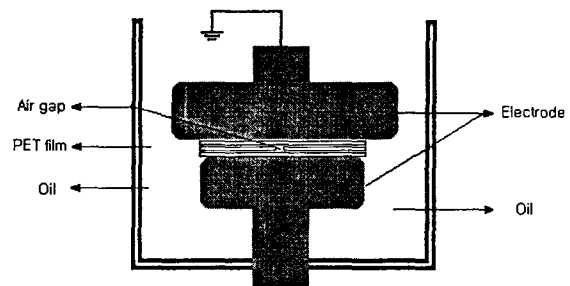


그림 1. 전극과 PET film 구조

실험에서는 그림 1 에서와 같이 전극 사이에 시료를 넣은 후 절연유를 상부 전극이 잠기도록 채워 surface discharge 를 최소화 하였다. 시료는 보이드를 만들기 위해 PET film 에 2~15mm 크기의 구멍을 뚫었고, film 의 두께는 모두 100 μm 을 사용하였다. 시편에 인가한 전압은 보이드의 부분방전 개시전압 정도인 약 0.9kV, 60Hz 였고, 1.2kV 의 전압을 인가하여 얻은 전형적인 PD 패턴과 비교 분석하였다. 시편에서 발생하는 부분방전은 방전 전류가 임펄스 형태로 나타난다. 이러한 전류 임펄스를 검출하기 위해서 본 실험에서는 그림 2 와 같은 측정 시스템을 구성하였다. 부분방전 검출기 (Hipotronic CDO 77A) 로 이루어졌으며, 부분방전 검출기에서 측정된 신호는 디지털 오실로스코프 (HP 54522A, 2Gsa/s) 를 통하여 디지털화 되어 GPIB 를 통해 컴퓨터와 연결되었다. Oscilloscope 를 통한 신호는 컴퓨터에서 위상 분해되어 일정주기동안의 신호가 반복적으로 처리되어 부분방전 신호의 H_{qmax} , $H_q(\varphi)$, $H_n(\varphi)$ 이 저장되었다. 부분방전 신호의 측정은 pC 의 단위에서 측정되므로 외부 노이즈의 영향을 최소화 하는 것이 중요하다. 이를 위해 본 시스템에서는 기본적으로 부분방전 검출기에서 필터링한 신호를 FIR 을 통해 소프트웨어적으로 필터링 하였고, 부분방전 이하의 전압은 신호가 처리되기 전에 제거하였다.

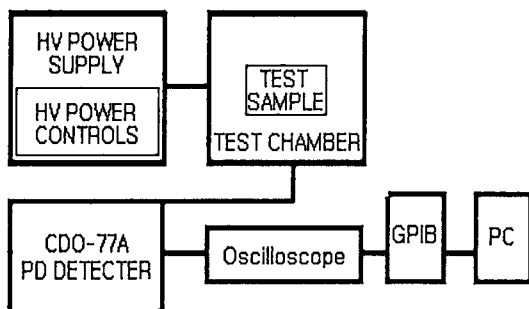


그림 2. 측정 시스템

3. 결과 및 고찰

보이드 크기와 시간변화에 따른 PD 패턴을 분석하기 위해서 보이드 크기를 15mm Φ (1.2kV 와 0.9kV 인가 시), 2mm Φ 로 구분하였고, 각각의 시료에서 측정된 방전량은 $\pi-q-n$ 분포로 나타내어 분석하였다.

1.2kV 를 인가한 15mm Φ Void 에서의 PD 패턴

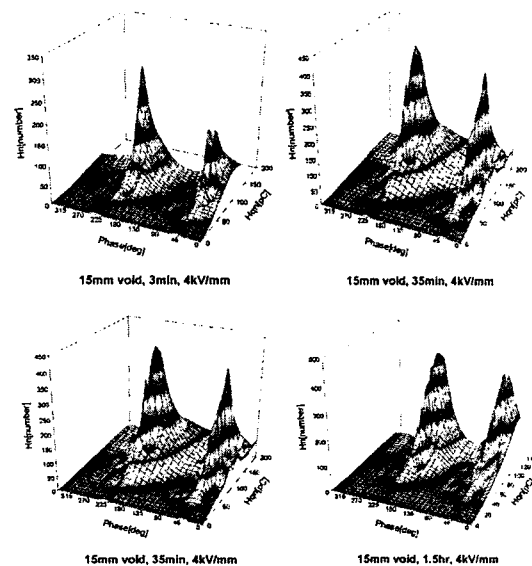


그림 3. 4kV/mm 를 인가 한 15mm Φ 보이드에서 $\pi-q-n$ 분포

4kV/mm 의 전계가 가해진 15mm Φ 의 보이드에서의 PD 패턴이 그림. 3 에 보여진다. 본 연구에서는 모든 시료에 PD 개시전압 정도의 전압을 인가하여 실험하였는데, 따라서 상대적으로 높은 전압에서 전형적인 PD 패턴을 관찰하고자 1.2kV 전압을 가하여 실험하였다. 그림과 같이 부분방전 패턴은 시간에 따라 변화하는데 25분 후의 PD 패턴을 보면 방전수가 갑자기 줄어들고 그 후에는 다시 방전수가 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 전형적인 PD 패턴중의 하나인 Streamer-like Discharge 다음 단계로 진전 되는 과정이라고 생각된다. PD 패턴의 ear 부분은 정과 부의 주기

에서 형태적으로 비슷하고 H_{qmax} 와 H_n 의 값은 반비례 하는 경향을 나타낸다. 이러한 부분방전의 특성은 streamer process 라 하고, 이는 전자사태에 의한 과정이라 여겨진다. 위 그림에서 부분방전은 패턴은 전형적인 streamer-like PD 패턴을 보여준다. 부분방전 패턴은 특정 위상에서 매우 가파른 분포를 나타내고 그 후는 절연체의 계면내에 trap 된 전자의 영향으로 부분방전의 방전량이 급격히 감소한다.

0.9kV 를 인가 한 15mm Φ Void 에서의 PD 패턴

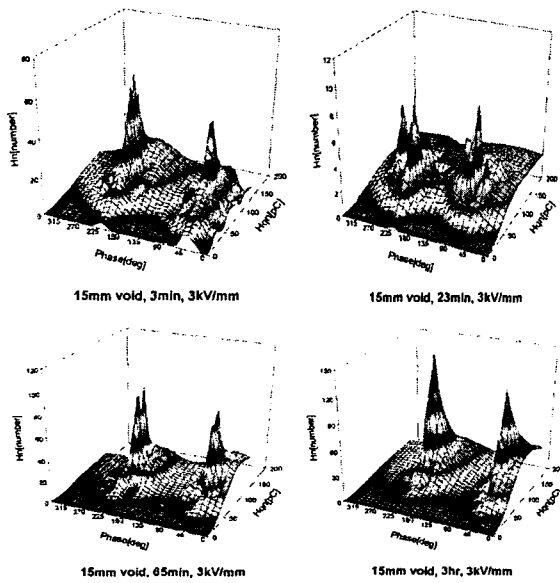


그림 4. 3kV/mm 전계를 인가한 15mm Φ 보이드에서의 $\pi-q-n$ 분포

그림 4는 15mm Φ 보이드에 PD 개시전압 정도인 0.9kV 를 인가 하여 나타난 PD 패턴이다. 그림 3과 비교해 보면 PD 패턴 자체는 비슷하게 나타나지만, 방전수가 감소했다가 증가하는 과정이 길게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이것은 Streamer-process 가 보다 높은 전압에서는 빨리 진행되는 것에 기인한다고 생각된다.

0.9kV 를 인가 한 5mm Φ 보이드의 PD 패턴

5mm 보이드를 가진 PET 필름의 부분방전 패턴은 전

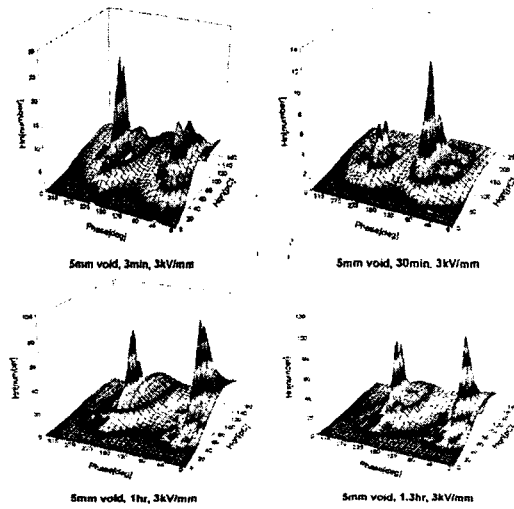


그림 5. 3kV/mm 를 인가 한 5mm Φ 보이드에서의 PD 패턴

형적인 PD 패턴을 보여준다. 앞의 PD 패턴과 비교해 보면, 초기의 부분방전 발생 단계인 streamer discharge 에서 위상축을 따라 비스듬하게 증가하는 것을 볼 수 있다. 전반적인 방전량은 15mm Φ 에 비해서 감소한 것을 볼 수 있다.

0.9kV 를 인가 한 2mm Φ Void 에서의 PD 패턴

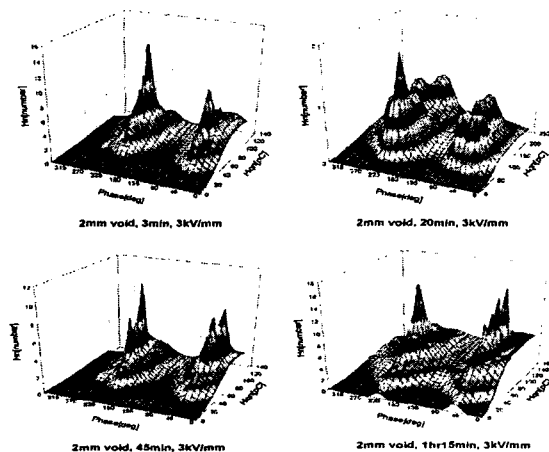


그림 6. 3kV/mm 를 인가 한 2mm Φ 보이드의 PD 패턴

15mm Φ 보이드에서의 PD 패턴과 비교해 보면, 방전량 자체가 상당히 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 보이드 내에서의 부분방전이 보이드 크기와 측면에 의해 억압되는 것을 의미한다. 또한 방전수가 감소하는 주기도 약간 짧아지는 것을 발견할 수 있다. 이를 통해서 전계 뿐만이 아니라 보이드 크기도 PD 패턴에 상당한 영향을 끼친다는 것을 알 수 있다.

3. 결 론

일정한 보이드에 전계를 변화시켜 PD 패턴을 분석한 실험은 많이 행해졌다. 따라서 본 연구에서는 PET film 을 이용하여 보이드 크기와 시간변화에 따라 부분방전 펄스를 측정하여 PD 패턴을 $\pi-q-n$ 분포를 통하여 분석하였다. 앞에서 언급한 데이터들을 살펴보면, 부분방전은 절연체내의 보이드의 크기에 따라 구분될 수 있는 특징을 가지고 있는 것을 알 수 있다. 보이드 크기에 따른 PD 패턴 변화는 보이드의 측면의 영향으로 생각해볼 수 있을 것이다. 앞선 그림에서 보듯이 보이드의 크기가 감소할수록 부분방전 분포의 기울기가 감소하는 것이 이를 뒷받침한다. 부분방전은 절연체의 열화 단계에 대한 패턴을 가지고 있고, 이러한 부분방전 패턴의 구분은 더욱 정밀한 신호처리에 의해 명확해질 수 있을 것이다.

✦ 본 연구는 기초전력공학공동연구소의 연구비 (과제번호: 98-중기-05)에 의하여 수행되었습니다

[참 고 문 헌]

- [1] Kaori Nakao, Takeshi Kondo, Yasuo Suzuoki, Teruyoshi Mizutani. " $\pi-q-n$ Patterns and Current Shapes of Partial Discharge in Void" 1998 Asian International Conference on Dielectric Electrical Insulation and the 30th Symposium on Electrical Insulating Materials, Toyohashi, Japan, Sept. 27-30, 1998.
- [2] Lutz Niemeyer. "A Generalized Approach to Partial Discharge Modeling", IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 2 No. 4, August 1995.
- [3] F. H. Kreuger, Partial Discharge Detection in HV Equipment, Butterworths, London, 1989.
- [4] Benny Thomas "Partial Discharge Degradation and Breakdown Studies in Polypropylene Films" 1996 IEEE International Symposium on Electrical 1996
- [5] Tamos Ozaki "A Partial Discharge Behavior of Piled PET Films" 1995 IEEE International Symposium on Electrical Insulating Material, Tokyo, Japan.
- [1] Kaori Nakao, Takeshi Kondo, Yasuo Suzuoki, Teruyoshi Mizutani. " $\pi-q-n$ Patterns and Current Shapes of Partial Discharge in Void" 1998 Asian International Conference on Dielectric Electrical Insulation and the 30th Symposium on