

보이드 배치에 따른 부분방전 패턴 분석

정병선, 박대희, 조규복*
 원광대학교 전자재료공학과, *한서대학교 전자공학과

Analysis of PD Distribution Pattern according to the Arrangement of Void

Byoung-Sun Jeong, Dae-Hee Park, Kyu-Bok Cho*
 School of electric & Electrical Engineering, Wonkwang Univ. *Dept. of Electronic Engineering,

Abstract - In this study, we measured the PD pattern with multiple voids in PET film. The analysis of PD pattern was employed the statistical factor such like CCF(cross correlation factor), asymmetry, kurtosis and etc. The difference of PD patterns caused by arrangement of voids, even if the same size and numbers of void in PET film. Such result of experiment will be used to know the PD source in the real equipment about arrangement and numbers of the defect in insulator.

부분방전 측정은 그림. 1과 같은 측정 시스템을 사용하여 일정주기 동안의 부분방전 신호를 처리하여 분석하였다. PET 필름내의 모의 보이드는 그림. 2와 같이 serial과 parallel로 PET 필름을 lamination하여 실리콘 오일 내에서 전압을 인가하였다.

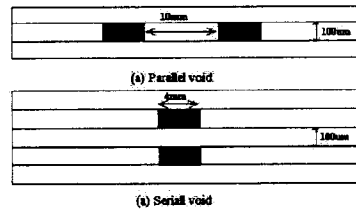


그림. 2 Laminated PET sample with voids

1. 서 론

절연체내에서의 부분방전 현상에 대한 연구는 지금까지 많이 진행되어 왔고, 부분방전에 대한 이해도 널리 알려져 있다. 하지만 많은 연구가 단일 보이드에서의 부분방전 연구에 한정되어 왔고 이러한 절연체내의 결함의 배치나 수에 대한 정보는 아직까지 미약하다. 실제적인 절연체에서의 결함은 다수의 미소 보이드에서 발생되며, 결국 절연파괴에까지 이르게 되므로 부분방전 신호에서 보이드의 배치에 따른 차이를 검출하는 것이 필요하다.

이 실험에서는 열화에 따른 부분방전 신호의 변화에 의한 부분방전 분포의 차이와 그에 따른 통계적 연산자를 상호 분석하여 보이드 분포에 따른 부분방전의 특성을 고찰하였다. 고압장비에서의 절연체의 결함인 보이드는 병렬 배치보다는 직렬배치가 보이드 커패시터 성분의 전압 배분에 따라 부분방전 개시전압은 증가하지만 실제적인 절연체의 두께를 감소시킴으로 인해 최종적인 교류전압 파괴강도를 감소시킴을 알 수 있다.

이 실험의 목적은 모의 보이드를 갖는 PET 필름 내의 전계방향에 대한 보이드의 배치와 수에 따라 절연체의 부분방전 특성에 미치는 영향을 평가하는 것이다.

2. 본 론

2.1 Experimental Setup

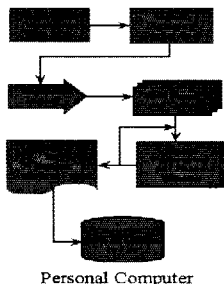


그림. 1 측정 시스템

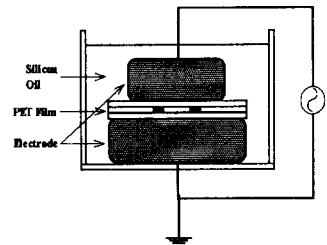


그림.3 Electrode

부분방전 신호는 기본적으로 PD detector(Hipotronic, CDO-77A)의 HPF를 통해 저주파의 노이즈성분이 제거되었고, 2차적으로 PC에서 FIR 필터를 사용하여 처리되었다. 부분방전 측정에서 가장 어려운 점은 noise 제거라 할 수 있으며, 이 실험에서는 필터링 이외에 측정 신호에 threshold를 처리하여 일정 방전량 이상의 값만을 측정하였다. 부분방전 패턴은 총 3120번의 주기의 부분방전 신호를 한 주기를 420번으로 나누어 각 위상에서의 평균방전량(Hqn)과 방전수(Hn) 그리고 그에 따른 통계적 factor가 처리되었다. 이렇게 저장된 data는 software 프로그램을 사용하여 ϕ -q-n 분포를 나타내었다.

2.1.1 Experimental Result

다음은 보이드의 방전전압과 보이드의 배치에 따라 측정된 신호를 부분방전 패턴의 분포와 통계적 연산자를 통해 나타내었다. 절연체에서의 부분방전은 시간에 따라 방전량과 방전수에서 많은 차이를 보이며, 이러한 부분방전은 알려진 물리적 현상에 의해 세 가지 과정으로 (PD models, aging and degradation models, breakdown models) 나눌 수 있다. 방전 초기에는 Streamer-like pattern인 펄스 폭이 매우 좁고 방전량이 큰 방전이 발생하며 이는 전자사태(electron avalanche)에 의한 과정이라 여겨진다.[1] 부분방전 패턴은 특정 위상에서 매우 가파른 분포를 나타내고 그 후는 절연체의 계면 내에서

trap된 전자의 영향으로 부분방전의 방전량이 급격히 감소한다. 방전이 진행하면서 보이드 방전전압에 가까운 전압을 가할 때 방전이 급속히 감소하여 짧은 시간동안 거의 부분방전이 검출되지 않는 것을 볼 수 있는데 이는 부분방전으로 인한 보이드 내부에서의 O₂와 H₂O와 같은 산화물 생성으로 인한 화학적 작용이 주요 원인이 된다. 이러한 산화물은 보이드의 양극 쪽에 양전하를 생성하여 이온성 전도에 의한 변위전류를 형성하므로 부분방전 검출되지 않는다.[2] PD가 계속 진행하면 부분방전 개시전압 정도의 낮은 전압에서 방전이 쉽게 발생할 수 있는 Townsend-like discharge라 불리는 상태로 발전한다.[1]

2.1.2 PD Distribution Patterns

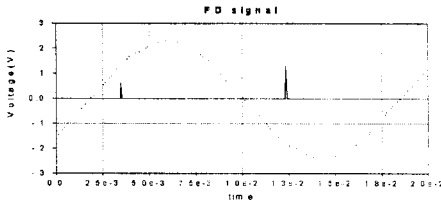


그림. 4 PD signal per 1 Cycle

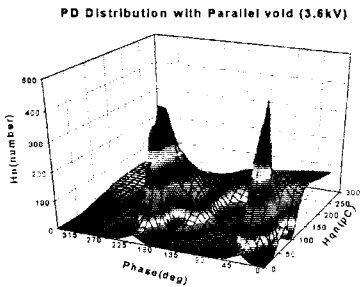


그림. 5 Parallel PD Distribution Pattern(4min, 3)

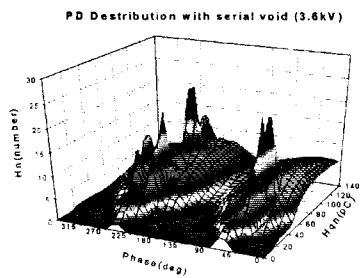


그림. 6 Serial PD Distribution Pattern(4min, 3)

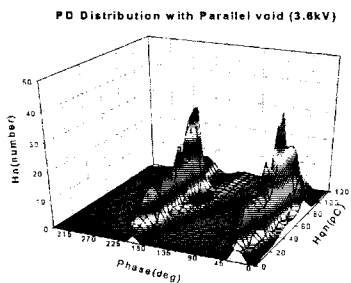


그림. 7 Parallel PD Distribution Pattern(12hr, 3)

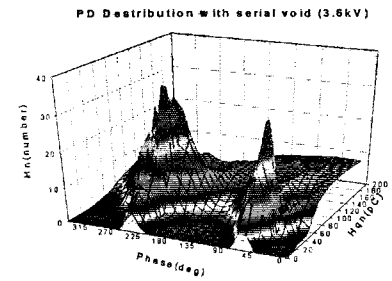


그림. 8 Serial PD Distribution Pattern(12hr, 3)

그림. 4는 pattern 처리하기 전의 시간상의 PD 신호 보여주며 펄스 폭은 수us단위의 폭을 보였다. 그림. 5에서 그림. 8은 부분방전 초기와 열화된(12시간 후)의 부분방전 분포를 보여주고 있으며, 보이드의 분포에서 parallel 보이드가 PD 개시각과 발생위상 범위가 작음을 알 수 있다. 또한 parallel 보이드의 경우에 +와 -주기서 하나의 peak를 보이는 반면 serial의 경우는 몇 개의 peak를 가지는 것을 알 수 있다. 이는 보이드 내의 부분방전에 의한 PET의 계면에 trap된 공간전하의 영향이 parallel에 비해 복잡함을 알 수 있다.[4]

PET 필름에 5kV/mm의 전계를 가했을 경우에는 P 발생위상이 negative와 positive에서 두 부분에서 발생할 수 있는데 이는 공간전하에 의해 형성된 전계가 극성이 반전되면서 외부전계와 더해져 보이드의 개시각이 shift됨을 의미한다.

2.1.3. Analysis of Spastical Factor

부분방전 패턴의 통계적 연산자에 의한 분석은 부분방전 패턴의 skewness, kurtosis, asymmetry, CC peaks가 처리되었으며, 여기서 사용된 확률은 Gauss 분포함수를 사용하였다.[3]

$$p(i) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (\sigma > 0)$$

$p(i)$: probability, σ : variance, μ : mean

위 식의 정규분포함수는 skewness와 kurtosis를 계산하는데 사용되었다. 다음은 시간에 따른 각 연산자의 비교이다. 통계적 연산자는 Hqn, Hn, Hqn+, Hqn-, Hn+, Hn-에 대한 값들을 시간 변화에 따라 나타내었다. 이러한 연산자의 값은 부분방전 분포에서 구분할 수 있는 차이를 간단하고 명확하게 보여준다.

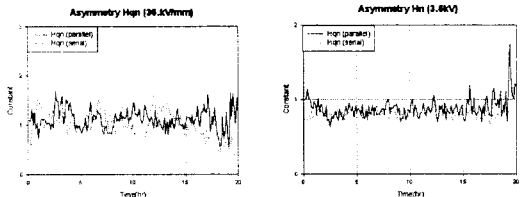


그림. 9 Asymmetry of PD patterns

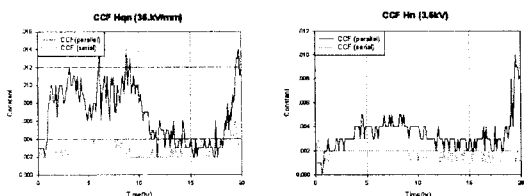


그림. 10 CCF of PD patterns

석하여야 하고, 더욱 다양한 조건에서의 실험이 선행되어야 할 것이다.

3. 결 론

이 실험에서 얻어진 결과와 같이 부분방전 패턴은 같은 인가전계 하에서 보이드의 배치와 분포에 따라 방전 량과 방전수의 분포가 달라짐을 볼 수 있으며, 이러한 부분방전 분포 이외에도 통계적 연산자에 의해 보이드의 배치가 parallel인지 serial인지를 구분할 수 있음을 수 있다. 부분방전 분포에서 이 둘을 구별할 수 있는 가장 큰 차이는 serial의 경우 parallel보다 방전 발생 위각이 넓고, 몇 개의 극부적인 peak를 갖는다는 것이다 또한 부분방전의 초기와 aging 된 후에서 각 연산자의 값을 연관시켜 분석함으로써 보이드의 분포를 구분하기 위한 연구가 요구된다.

이러한 모의 실험결과는, 실제의 고압장비에서 발생하는 절연체의 절연파괴 사고에서 더 위험한 결함을 가진 직렬 보이드의 분포에 대한 부분방전 신호를 구분하여 고전압 장비의 예방진단에 도움을 줄 수 있을 것이다.

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

(참 고 문 헌)

- [1] Lutz Niemeyer, "A Generalized Approach to Partial Discharge Modeling", IEEE transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 2 No. 4, August 1995
- [2] Kaori Nakao, Takeshi Kondo, Yasuo Suzuoki, Teruyoshi Mizutani. $\Phi-q-n$ 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.
- [3] Harald Buchalla, Thorsten Flohr and Wolfgang Pfeiffer. Digital Signal Processing Methods for Interference Recognition in Partial Discharge Measurement - A Comparison Conference Record of the 1996 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Montreal, Quebec, Canada, June 16-19, 1996
- [4] Doo-Sung Shin, Min-Koo Han, June-Ho Lee, Bok-Kyu Lee, Young-Hwan Ohk, "The Effect of the Distribution of Multiple Voids within LDPE on Partial Discharge", Conference Record of the 1996 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Montreal, Quebec, Canada, June 16-19, 1996

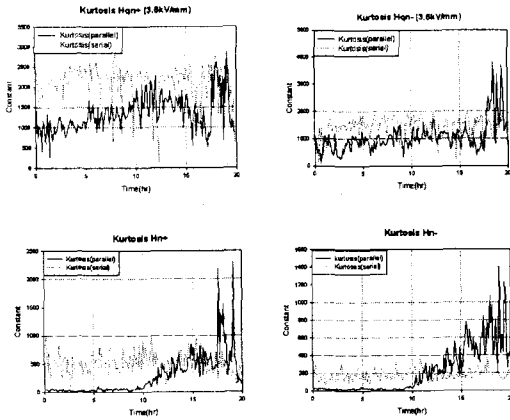


그림. 11 Kurtosis of PD patterns

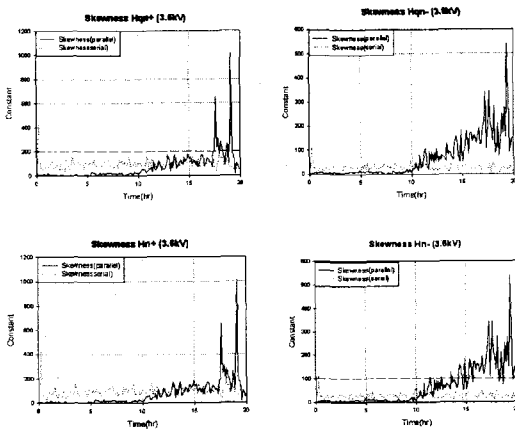


그림. 12 Skewness of PD patterns

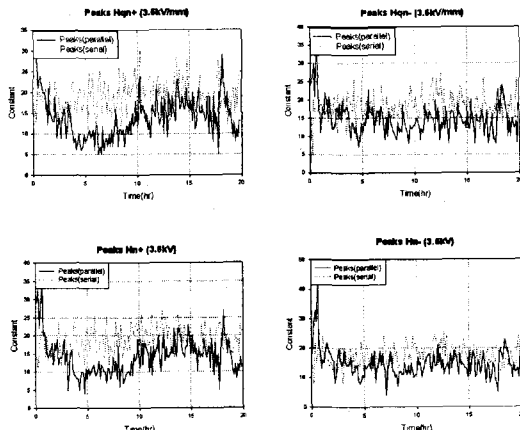


그림. 13 Peaks of PD patterns

2.1.4. Discussion of Experimental Result

위 결과처럼 부분방전 분포와 통계적 연산자에 의한 분석은 부분방전의 초기 과정과 열화된 후에서 보이드의 배치에 따른 차이를 구분할 수 있음을 보여 주고 있다. 이러한 연산자를 사용하여 보이드의 분포에 따른 차이를 정확히 구분할 수 있기 위해서는 이 실험 결과에서 얻은 것처럼 열화 시간에 따라 변화함으로써 서로 연관하여 분