

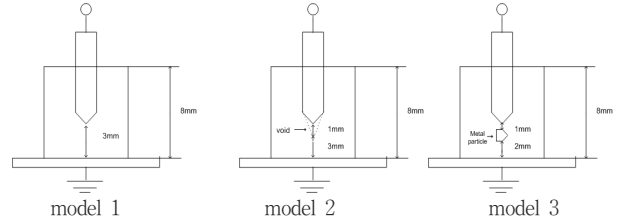
내부결합에서 나타나는 전기트리의 부분방전 특성

김병철, 윤재훈, 박성희, 강성화*, 임기조
충북대학교, 충청대학교*

PD Characteristic of Electrical Tree Generated by Internal Defects

Byong-Chul KIM, Jae-Hun YOON, Seong-Hee PARK, Seong-Hwa KANG* and Kee-Jo LIM
ChungBuk Univ., ChungCheong Univ.*

Abstract - Solid insulation exposed to voltage is degraded by electrical tree process. And the degradation of the insulation is accelerated by voltage application. For this experiment, specimens of XLPE (cross-linked polyethylene). And distribution characteristics of degraded stages are studied too. As a method of detecting and data process, discharge data was acquired from PD detecting system (Biddle instrument). And microscope and digital camera were used to observe the morphologies of the electrical tree to divide stages of the tree. The system presents statistical distribution as phase resolved. Moreover the processing time of electrical tree is recorded to know the speed of degradation according to voltage.



〈그림1〉전기트리 방전실험을 위한 세 가지 모델.

1. 서 론

전기트리 현상은 전기기기의 실제적인 수명에 중요한 영향을 주는 요소로서 국부 고전계 영역에서 시작되며, 전기트리의 진전에는 부분방전을 수반하게 된다. 절연체의 벌크 내에서 가스 채워진 보이드 등의 결함은 국부적인 전계가 집중되어 전기트리가 생성될 수 있는 지점들이다. 전기트리는 절연물 내에서 부분방전을 수반하게 되어 결국에는 절연파괴에 이르기 때문에 전기트리의 검출 및 진단은 전력기기의 안정성을 도모하는데 상당한 의미가 있다고 하겠다. 최근 노후설비의 증가와 진단기술의 발달에 중요한 위치를 차지하고 있는 기법이 전기적으로 여러 가지 정보를 유연하게 제공할 수 있는 부분방전(PD)에 의한 특성 파악 기법이다. 절연물 내에서 전기트리가 발생하면 부분방전이 수반되므로 전기트리의 진전특성 및 진전속도 등을 부분방전의 특성을 분석함으로써 파악할 수 있다.

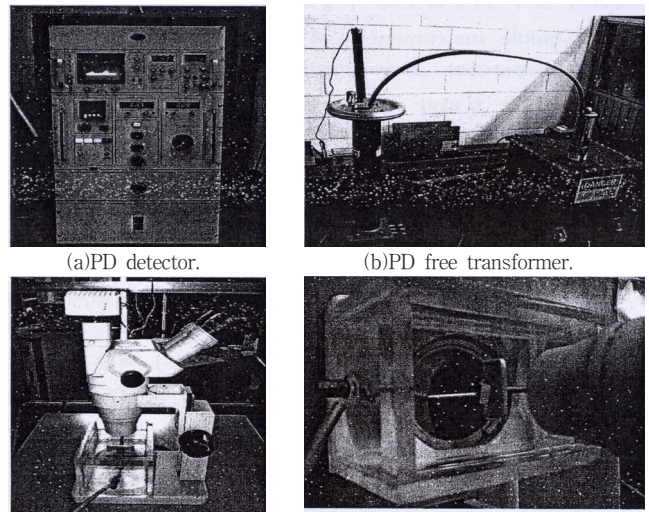
본 논문에서는 절연물 내에서 결합에 따라 발생하는 경우에 대해 모의 결합 모델을 제작하여 전기트리를 진전시키고 그에 따른 부분방전 특성을 파악하였다. 전압인가 후 전기트리의 진전시의 부분방전 데이터를 취득하여 $\Phi-q-n$ 분포로 구현하여 그로부터 도출된 분포를 단계별로 구별하여 특성을 해석하였다.

2. 본 론

2.1 실험장치 구성

전기트리방전을 위한 시료의 절연재료는 대한전선에서 생산되고 있는 배전급 22.9kV 케이블의 XLPE부분을 절개한 시편을 사용하였다. 절연물에 침을 삽입할 시에 침과 절연물 사이의 경계면이 되도록 완전히 밀착되어, 원하지 않는 방전 발생을 억제하기 위해 110C로 가열하여 제작하였다. 또한 실험시에는 침에 의한 표면방전 및 그 외의 방전을 억제하기 위해 절연유 분위기에서 실험을 하였고, 절연물에 삽입된 침 부위를 제외하고 다른 부위는 에폭시로 도포하여 실험하였다. 다양한 전기트리 방전 발생을 위해 그림 (1)과 같이 세 개 모델로 제작을 하였다. 첫 번째 시료는 절연내부에 침 결합에 의해 진행되는 전기트리를 모의하였고, 두 번째 시료는 침 끝단에 보이드로부터 발생하는 전기트리를 모의하였고, 세 번째 시료는 금속이물이 절연물 내에 삽입되어 있을 경우를 모의하였다.

부분방전 발생과 데이터 취득을 위한 실험장치는 그림(2)와 같이 PD free transformer, PDASDA(partial discharge acquisition, storage and display system)로 구성되어 있으며, 부분방전 발생을 위한 전압의 인가와 데이터의 취득, 데이터의 처리가 모두 가능하도록 구성되어 있다. 부분방전 펄스의 검출은 부분방전 검출기(biddle instrument사 제작, AVTM 662700Ja)로 검출하게 되며, 컴퓨터를 통해 데이터의 $\Psi - q - n$ 분포를 도출하게 된다.



(c)Microscope and digital camera for tree observation.

〈그림2〉 실험장비

전기트리 방전시에는 트리가 미세한 부분에서 발생하기 때문에 육안 관찰은 어렵다. 따라서 트리의 성장을 확인하고 성장속도를 측정하기 위해서 시편에 광학현미경(olympus, SZ1145TR)을 설치하고, 현미경용 디지털 카메라를 장착하여 트리특성을 관찰하였다.

2.2. 실험 방법

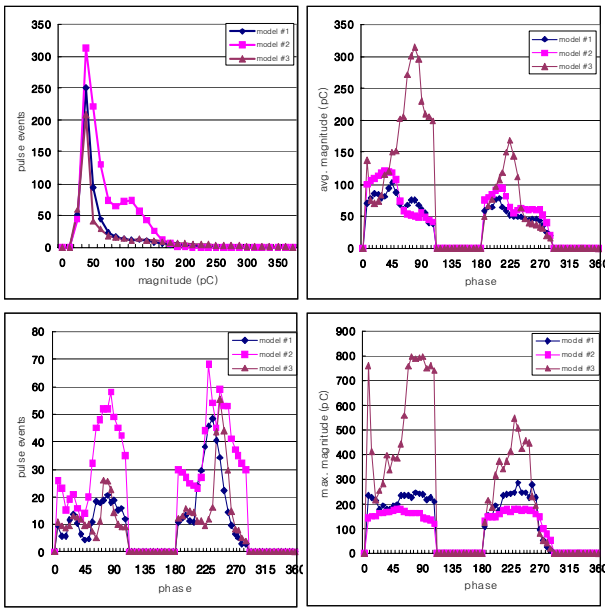
각 부분방전 발생모델에 대해 배전급 전력용 케이블의 사용 전압인 22.9kV/ $\sqrt{3}$ 을 인가하였다. 일반적으로 전력용 케이블의 절연체는 경계 전압의 일정배 이상에서 절연성능을 유지하도록 설계가 되지만, 본 논문에서 사용한 모델은 보이드 및 침단에서의 전계 집중으로 인해 보다 빠른 열화 조건을 갖추고 있다. 즉, 전압조건은 정상상태이지만, 절연물의 상태는 이미 열화가 진행되어 있는 상태를 고려하여 시료를 제작하였다.

전기트리 방전의 경우에는 방전원별 분류도 중요하지만, 트리 성장 정도에 따른 부분방전 특성도 중요하며, 이들의 분류도 의미가 있다. 또한 전기트리의 개시는 육안으로 확인할 수 없을 정도로 빠른 진행을 보이고 있는데, 이를 고려하여 트리의 개시 시점을 전체구간의 10%진전했을 때로 선정하였으며, 각 구간을 전체 구간 대비 20~30% 시점을 초기, 50~60%시점을 중기, 80%이상을 말기로 구분하여 데이터를 취득하였다.

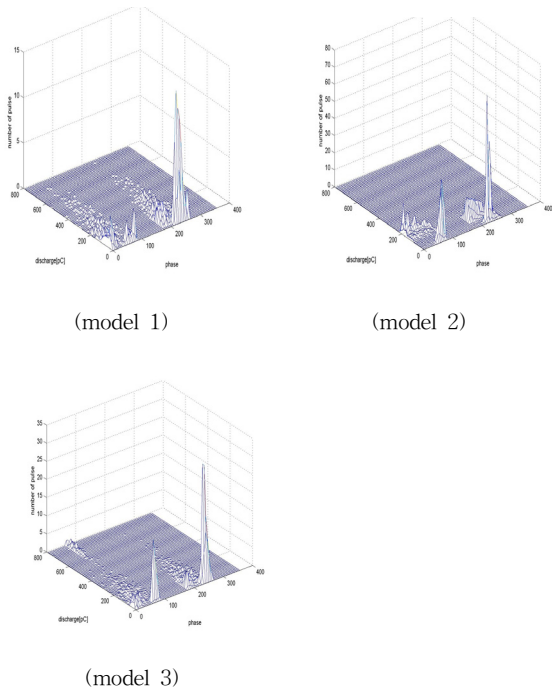
3.결과 및 고찰

각 결함별 취득된 데이터에 대한 분포특징을 2차원 분포와 3차원분포로 나타내었다. 각 분포 특징은 결함별로 그 위상각 및 방전회수, 크기에서 특징을 보이게 될 것이며, 이것이 결함을 구별하는데 있어서 가장 크게 영향을 미치게 될 것이다.

전기트리의 성장은 부분방전의 원인이 되므로, 전기트리에 수반된 방전현상은 전기트리의 발생유무 및 성장단계에 따라서 달라진다. 그러나 부분방전 신호는 측정방법과 주위환경에 의한 영향을 많이 받기 때문에 잡음의 영향을 최소화시켜야하며, 절연재료 내부에서 발생한 전기적 신호가 절연재료를 통하여 진행하면서 고주파 성분이 감소되므로 부분방전의 크기가 절연재료 내부에서의 전기트리 성장속도를 정확하게 나타내지 않을 수 있다. 하지만, 정확하지는 않더라도 트리방전의 특성을 나타낼 수만 있다면, 결함 분류의 입력데이터로서 사용해도 문제가 없을 것으로 사료되며, 트리방전에서도 결함별로 진전속도(전극간 거리/시간)에 있어서 차이가 날 수 있기 때문에 이들의 특성을 파악하는 것도 중요하다.



〈그림3〉 PD distribution (2D)



〈그림4〉 PD distribution (3D)

〈그림3〉,〈그림4〉는 전기트리 각 모델별 2차원 분포와 3차원 분포를 나타내고 있다. 분포특징을 살펴보면, 방전회수에서는 트리모델 2가 횟수가 많은 반면, 방전크기에 있어서는 트리모델 3이 높게 나타났다. 이것은 트리모델의 구조와 전계해석에 대한 결과와 관련해서 접근해 볼 수 있을 것이다. 일반적으로 전계치와 부분방전 크기 사이에는 밀접한 관련이 있다. 즉, 전계치와 방전 크기는 비례적인 관계를 보이고 있다. 하지만, 부분방전에는 복합적인 메커니즘이 포함되어 있으며, 단순한 전계분포 및 전계치로 표현할 수 없는 부분이 있다.

부분방전 분포에 대해 특징을 보자면, 초기 절연파괴가 쉽게 발생하는 모델2의 경우에는 방전회수가 많은 반면, 방전크기는 상대적으로 적고, 초기절연파괴가 발생하기 어려운 모델 1과 3의 경우에는 상대적으로 방전크기가 크게 나타나고 있다. 모델 1과 모델 3의 제작시 완벽하게 침과 절연물 사이 계면이 밀착이 되어 있지는 않겠지만, 적어도 모델 2의 인공적인 보이드 생성으로 만든 시료보다는 그 영향이 훨씬 적어질 것이며, 모델 1과 3의 침과 절연물사이 계면이 완벽하게 밀착되었다고 가정했을 경우에는 방전 에너지 량이 증대되어 상대적으로 방전크기가 커지게 되는 것으로 추측할 수 있다.

4.결 론

전기트리의 시작은 상당히 미미하여 검출이 어려우며, 절연과괴의 단계인 말기로 진전되어야 검출이 가능하기 때문에 상당히 위험하며 이것의 검출 또한 중요하다고 할 수 있겠다. 본 논문에서는 전력용 케이블의 진단을 위한 연구를 목적으로 국부적인 전계의 집중으로 발생하는 부분방전 신호를 검출하여, 분포특징을 파악해 결함의 원인을 판별하였으며 트리모델은 절연물 내에 침 결함의 모델, 침 결함 끝단에 보이드가 있는 모델, 침 결함과 대전극 사이에 금속이물이 있는 모델의 3종을 제작하여 사용하였고 이 방전모델들은 부분방전 측정 시스템을 통해 모델별로 데이터를 취득하여 부분방전 분포를 도출하였다. 그리고 전기트리시 수반되는 부분방전검출을 통하여 방전량, 방전회수, 방전발생 위상각등 절연물의 절연상태를 파악할 수 있는 정보를 얻을 수 있었다. 트리진전의 구분은 말기시의 진전 구분이 중요한데, 이는 공학적으로 교체시기와 밀접한 관련이 있기 때문이다. 본 논문에서 실험한 트리발생모델은 말기로 갈수록 방전의 횟수 및 방전량이 증가하는 특징을 나타내었다. 이를 통하여 말기로 진전이 될 경우에 부분방전 특성이 악화된다는 것을 확인하였다.

감사의 글

이 논문은 2005년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF - 2005 - D41 - D00319)

[참 고 문 헌]

- [1] R. Bartnikas, "Partial Discharges, Their mechanism, Detection and Measurement", IEEE Trans. on EI, Vol. 9, No. 5, p. 763 - 778, 2002.
- [2] F. H. Kreuger, "Partial Discharge Detection in High-Voltage Equipment", Temple Press, p. 1-14, 1989.
- [3] F. H. Kreuger, E. Gulski, and A. Krivda, "Classification of Partial Discharge", IEEE Trans. on EI, Vol. 28, No. 6, p. 917 - 922, 1993.
- [4] E. Gulski and F. H. Kreuger, "Computer-aided recognition of Discharge Sources", IEEE Trans. on EI, Vol. 27, No. 1, p. 82 - 97, 1992.
- [5] B. Fruth and L. Niemer, "The Importance of Statistical Characteristics of Partial Discharge Data", IEEE Trans. on EI, Vol. 27, No. 1, p. 60 - 65, 1992.
- [6] E. Kuffel, W. S. Zaengl, "High Voltage Engineering Fundamentals", Peagamon International Library, p. 377 - 411, 1984.
- [7] L. L. Alston, "High Voltage Technology", p 17 - 57, 1986