

내부 보이드 결함에서 발생하는 전기트리의 부분방전 특성

박성희, 정해은, 강성화*, 임기조

충북대학교, 충청대학교*

PD Characteristic of Electrical Tree Generated by Inside Void Defect

Seong-Hee PARK, Hae-Eun jung, 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 experimental, specimen of electrical tree model is made by XLPE (cross-linked polyethylene). And the size of the specimen is 7*5*7 mm³. Distance of needle and plane is 2 mm. Voltages applied for acceleration test are 12 kV to 15 kV. And distribution characteristic of degraded stage is studied too. As a PD detecting and data process, discharge data acquire from PD detecting system (Biddle instrument). 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.

Key Words : Electrical tree, Void defect, Partial discharge

1. 서 론

전기트리 현상은 전기기기의 실제적인 수명에 중요한 영향을 주는 요소로서 국부 고전계 영역에서 시작되며, 전기트리의 진전에는 부분방전을 수반하게 된다. 절연체의 벌크 내에서 가스로 채워진 보이드와 같은 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 노후 설비의 증가와 진단기술의 발달에 중요한 위치를 차지하고 있는 기법이 전기적으로 여러 가지 정보를 유연하게 제공할 수 있는 부분방전(PD)에 의한 특성파악 기법이다. 절연물 내에서 전기트리가 발생하면 부분방전이 수반되므로 전기트리의 진전특성 및 진전속도 등을 부분방전의 특성을 분석함으로써 파악할 수 있다.

본 논문에서는 절연물 내에서 내부 보이드가 발생하는 경우에 대해 모의 결함 모델을 제작하여 전기트리를 진전시키고 그에 따른 부분방전 특성을 파악하였다. 전압을 인가한 후 전기트리의 진전 시 수반되는 부분방전 데이터를 취득하여 Φ -q-n 분포로 구현한 후 그로부터 도출된 분포를 단계별로 구별하여 특성을 해석하였다.

2. 실험

2.1 실험구성

전기트리방전 실험에 사용된 절연재료는 대한전선에서 생산되고 있는 22.9kV용 피복전선의 XLPE(cross-linked polyethylene) 절연물 부분을 절개한 시편을 사용하였고, 침 전극은 스테인레스 스틸을 사용하였다. 절연물에 트리 발생용 침을 삽입할 때 침과 절연물 사이의 경계면이 완

전히 밀착되도록 하기 위해 XLPE에 150℃ 온도의 hot press를 이용하여 가열 압축한 상태에서 시료를 제작하였고, 바늘 끝부분의 잔여변형을 경감하기 위하여 30분동안 담금질하였다. 침 전극 샘플은 5um의 반경을 가지는 Ogura™ 바늘을 사용하였다. 실험 시에는 침단과 절연물 표면에서 발생하는 표면방전을 막기 위해 침 전극 표면, 절연물과 침이 닿는 면 등에 절연재료인 에폭시를 도포하여 실험을 진행하였다. 또한 코로나 방전과 표면방전의 발생을 억제하여 보이드 방전 데이터를 취득하기 위해 절연유에 함침하여 실험하였다.

실험에 사용한 트리발생 모델은 그림 1과 같이 절연물에 침이 존재하고 침단 말단 부분에 보이드가 존재하는 경우이다. PD 모델 용량은 7*5*7mm³이고, 약 110℃에서 가열되어도 유지되도록 구성하였다.

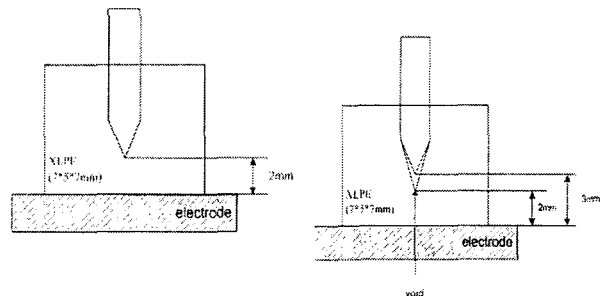


그림 1. PD 모델

2.2 실험방법

침에서의 트리 발생 모델에 대한 실험은 13kV를 인가하여 실험을 하였고, 트리발생 후 전체구간의 10% 성장시점을 트리 발생 개시시점으로 선정하였으며, 성장 후 20~30%, 50~60%, 80% 이상의 총 세 단계로 구별하여 트리방전에 대한 데이터를 취득하였다.

부분방전 데이터를 통계적으로 처리하여 나타내기 위해서는 최소 100주기 이상의 부분방전데이터를 취득하여야 한다. 데이터는 1주기를 기준으로 sampling한 것의 정보를 갖기 때문에 1주기의 위상각을 64개의 구간으로 구분하고, 방전전하량을 크기별로 64개의 구간으로 분할할 후에 각각의 위상각 구간에서 발생한 부분방전의 개수를 방전전하량의 크기별 구간으로 계수하여 Φ -q-n 분포를 도출하였다. 또한 이것으로부터 통계적 분포를 도출하여 특성을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

표 1에서 초기 진전시간은 3 min으로 상당히 빠르게 진행되는 것을 알 수 있으며, 말기까지의 진행시간도 빠른 편이다. 이는 침단 끝의 보이드에서 발생한 절연파괴가 트리진전에 영향을 미치고 있음을 보여준다.

표 1. 단계별 열화시간

Model	Primary stage(20~30%)	Middle stage(50~60%)	Last stage(80%~)
침단	11 min	38 min	85 min
침단끝 보이드	3 min	13 min	58 min

그림 2와 그림 3은 침단 모델과 침단끝 보이드가 존재하는 모델의 $H_n(\Phi)$ 와 $H_q(\Phi)$ 분포를 보여준다. 인가전압 위상각과 방전펄스 발생빈도를 나타내는 $H_n(\Phi)$ 분포와 전체의 측정주기 동안 인가 전압의 임계 위상각에서 측정된 최대방전 전하량을 나타내는 $H_q(\Phi)$ 분포이다. 두 모델의 $H_n(\Phi)$ 분포 특성은 전체적으로 방전의 횟수 및 분포양상이 비슷하게 나타나고 있다. 음의 주기에서의 방전 횟수가 양의 주기에서의 방전 횟수보다 현저히 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 침단끝 보이드 모델의 $H_q(\Phi)$ 분포를 살펴보면 열화가 진행될수록 방전량의 크기가 현저하게 증가하고 있음을 나타내고 있으며, 열화진행의 특성을 명확하게 구별할 수 있는 분포임을 확인할 수 있다.

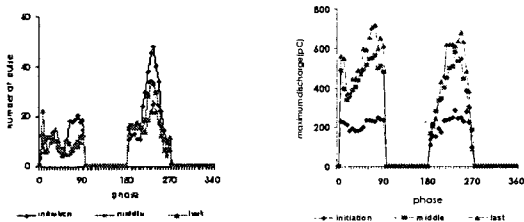


그림 2. 침단 모델의 $H_n(\Phi)$ 와 $H_q(\Phi)$ 분포

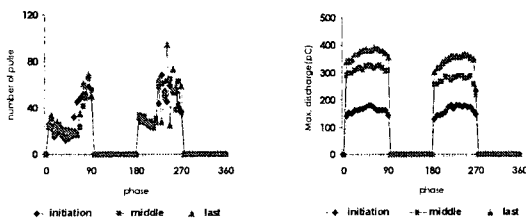


그림 3. 침단끝 보이드 모델의 $H_n(\Phi)$ 와 $H_q(\Phi)$ 분포

4. 결론

전기트리의 시작은 상당히 미미하여 검출이 어려우며, 절연파괴의 단계인 말기로 진전되어야 검출이 가능하기 때문에 상당히 위험하며 이것의 검출 또한 중요하다고 할 수 있겠다. 본 논문에서는 내부 보이드 결함을 갖는 절연물내 전기트리의 특성을 파악하고자 모델을 제작하였고, 침단 결함을 가지고 모델과 비교하여 내부 보이드 결함이 전기트리 진전양상에 얼마나 영향을 미치는지 분석하였다. 또한, 트리 진전의 단계별 진행시간을 측정하여 말기까지의 진전시간을 파악하고, 트리말기에서 절연파괴가 될 때까지의 추정을 위한 기본적 특성으로 사용하였다.

전기트리시 수반되는 부분방전검출을 통하여 방전량, 방전횟수, 방전발생 위상각등 절연물의 절연상태를 파악할 수 있는 정보를 얻을 수 있었다. 트리결함은 말기로 진전되었을 경우의 검출이 중요한데, 이는 전력기기의 유지 보수와 관련이 깊기 때문이다. 본 논문에서 실험한 트리발생모델은 말기로 갈수록 방전의 횟수 및 방전량이 증가하는 특성을 나타내었다. 이를 통하여 말기로 진전이 될 경우에 부분방전 특성이 악화된다는 것을 확인하였다. 침단끝에 보이드가 있는 경우 침단에서의 경우보다 비교적 큰 방전량 및 방전 횟수를 보였으며, 이는 보이드에 의해 방전이 복합적으로 발생되어 더욱 악화되는 현상으로 판단된다. 또한, 트리방전의 진전시간을 살펴보면 보이드가 존재할 경우 침단의 경우보다 매우 빠르게 진행되는 데, 이러한 현상 역시, 보이드의 복합적인 요소로 인하여 트리진전이 빠르게 진행되었음을 확인하였다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [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