

방전 전하와 음향 방출 펄스의 동시 측정에 의한 트리잉 파괴 진단

최재관[○], 김성훈*, 박계준*, 김재환**

*: 광운대학교 전기공학과 **: 광운대학교 전기공학과 교수

The Diagonosis of Treeing Breakdown Simultaneous Detection on Charge of Partial Discharge and Acoustic Emission Pulse

J. K. Choi[○], S. H. Kim*, J. J. Park*, J. H. Kim**
Dept. of Electrical Eng. KwangWoon Univ.

Abstract

Recently, the necessity of establishing the way to diagnose the aging of insulation materials and to predict of insulation breakdown become important .

The purpose of our work are to investigate the treeing phenomena with a artificial needle shape void by the charge of partial discharge and acoustic emission pulse in each phase angle area at the same time.

We have analyzed the Φ -Q-n pattern and the insulation diagnosis of the samples using statistic operators such as charge magnitude and A.E pulse factor, skewness, kurtosis, G.C.

Therefore, the relation between the charge of partial discharge and A.E pulse will be helpful and efficient to predict the breakdown just before the breakdown occure.

1. 서 론

고전압하에서 사용되는 저밀도 폴리에틸렌(이하 LDPE 이라고 부른다.) 절연 케이블이나 전기기기 등 고체 절연 조직의 내부에 미소한 결함 즉, 미세 기포(microvoid), 갈라진 금(crack), 이물질 및 돌기 등이 존재하면 고전계 영역에서 부분파괴의 원인으로 인해, 절연 수명에 가장 유해한 전기적 트리잉 발생하게 되며, 이로 인하여 부분방전을 일으켜서 절연 수명을 현저히 짧게 한다.⁽¹⁾

이런 문제에 대해서 지금까지 많은 연구가 있었고, 여러 가지 대책이 강구되었지만, 이들의 대책 역시 아직 완전하다고는 말할 수 없다.

절연 조직 내에서 부분방전이 발생되지 않는 것이 바람직하나, 발생되면 치명적인 문제에 이른다. 이런 절연파괴 사고를 미연에 방지하기 위해서는 확실한 트리잉 열화진단 측정법(measuring method of treeing deterioration diagnosis)을 개발하여 연구할 필요가 있다.

부분방전시 방출되는 방전 전하량 및 음향 방출 펄스를 동시 측정하여 인가 전압, 위상각 정보들도 입하여 상관관계를 연구하였다.⁽²⁾ 그렇게 함으로서

활선 상태에서 측정하기 힘든 방전 전하량을 음향 방출 펄스를 측정하므로써 변압기 및 케이블 접속부의 부분방전을 효과적으로 계측할 수 있는 시스템을 구축하는데 기반을 준다.

2. 실험 절차

1) 시편 및 전극 구성

본 실험에 사용된 시편은 저밀도 폴리에틸렌(이하, LDPE) 시료로는 밀도 0.92[g/cm³]인 한양화학 제 저밀도 폴리에틸렌의 펠릿(Pellet)을 사용하였다. 순수한 폴리에틸렌 펠릿을 자체 제작한 시료 제작기의 주형 위에 올려 놓고 120[°C]에서 5분간 예열한 후 시료 중앙에 바늘을 꽂고 압력이 100[kg·f/cm²]이 될 때까지 5분 동안 단계적으로 가압하였다. 다시 5분 동안 주형 가열한 후, 시료의 투명도를 위해서 10[°C]의 물에서 급냉하였다.

시편의 블록 형태는 그림 2-1 에서 나타난 바와 같다. 시편의 규격 30×40×3.5[mm]로 제조하였으며, 침 전극은 직경 0.56[mm]인 일본 제 바늘(스테인레스 스틸제질)을 예칭법에 의해 침전단 곡률반경 10[μm] 조정하여, 시편에 주입하였다. 삽입시 시료의 변형을 없애기 위하여, 다시 110[°C]에서 10분간 가열한 후 서냉하여 트리전극 시편으로 사용 하였다. 또 다른 인공적 침상 보이드 시편은 주입된 전극을 다시 빼어서 보이드 갭 길이는 1.5[mm]의 시편을 제작 하였으며, 이때 1기압의 공기를 봉입하였다. 전극의 형태는 침대 평판 전극이고 극간 거리는 2[mm]로 하였다.

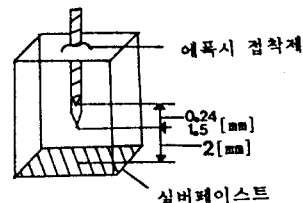


Fig. 2-1 Electrode Arrangement

2) 실험 장치 및 방법

실험장치에 대한 블록선도는 그림 2-2에 표시하였다. 인가전압은 교류 60[Hz]이고, 고 전압 회로는 음향 방출 검출 회로의 잡음을 일으킬 수 있는 코로나 방전을 억제하기 위해 실리콘 오일(silicon oil)에 잠침하였다.

음향 센서는 공진 주파수 300[kHz]를 갖는 PZT 변환기가 사용되었고, 평판 전극 바로 아래 거리 2[cm]에 설치하였다. 음향의 원신호 자체는 너무 미약해서 신호는 이득이 80[dB]고 대역 필터(High pass filter)를 사용하였다.

설계시 최대한의 노이즈를 제거하였고, 문턱 준위(threshold level)는 증폭된 신호를 0.03[V]로 하여 확실한 음향신호를 얻을 수 있었다. 센서에서 포착된 신호는 증폭된 후, 디지털 오실로스코프(HP 54501A)의 채널 4에 입력된다. 그리고 AE 펄스의 위상각 특성을 보기 위해 인가 전압을 고 전압 프루브(HP 34300A)로 전압을 강하시켜 채널 1에 입력된다.

오실로 스코프에서 디지털화된 신호는 데이터 통계 처리를 위해 인터페이스 카드 (GP-IB Card)를 통해 컴퓨터에 입력되어 하드 메모리에 저장된다.⁽²⁾

부분 방전 검출은 AVO 회사 제품인 Partial discharge detection system(BIDDLE instruments)로서 증폭 밴드 폭은 40~200[kHz], 시스템 정격은 100[kV], 7.5[kVA] continuous, 10[kVA] 30 min on 30 minutes off, 일차 측 전력은 220[V], 50/60 [Hertz]이다.

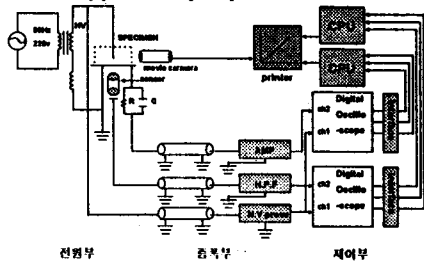


Fig.2-2 Block diagram of device

3. 검토 및 고찰

보이드 방전 시 트리 형태는 잔가지가 존재하는 가지형 트리 형태 이었고, 파괴에 이르는 시간은 30분의 짧은 파괴 시간을 얻을 수 있었다.

트리 진전 시 발생하는 부분 방전 전하량과 음향 방출 펄스를 동시에 계측하였다. 그림 3-1은 트리 진전에 따른 부분 방전 전하량(정 부 극성)과 열화 시간의 그래프를 나타내고 있다. 트리가 진전함으로써, 부분 방전 전하량은 점진적으로 증가하여 파괴 말기에 감소하다가 결국 파괴에 이른다. 측정된 부분 방전 전하량은 200[pC]~1400[pC]이다. 이처럼 점진적으로 증가하는 가지형 트리의 발생 밀도가 점차 높아져 증가 하지만, 말기에는 하나의 주 트리 채널이 형성되어 트리 관내에 잔류전하의 포획과 열화 면적의 확대도 점진적으로 방전 전하량이 증가

한다고 사료된다. 파괴 말기에 진폭이 감소하는 이유는 방전이 국부적으로 발생하다가 하나의 주 채널이 형성되어 방전이 급속히 일어나기 전단계로 사료된다. 그림 3-2는 트리 진전에 따른 음향 방출 펄스 평균 진폭과 열화 시간의 관계를 나타내고 있다. 음향 방출 펄스는 부분 방전 전하량의 크기와 거의 유사한 그래프 형태를 나타내고 있다. 단지 트리 발생 초기로부터 파괴에 이르기까지 증가와 감소를 이루어 점진적인 증가를 보여주는 특징이 있다. 이는 부분 방전 전하량의 계측과 음향 방출 펄스 계측은 상이한 형상이 있음을 보여주고 있고 Fujita, Yoshimur 등의 보고도 있다.⁽⁴⁾⁽⁵⁾ 그림 3-3은 트리 진전에 따른 부분 방전 전하량의 $\phi-Q-t$ 의 특성을 나타내고 있다. 방전 초기에는 저위상 영역으로 치우치다가, 트리 열화가 가속화됨으로써 파괴 말기에 이르러서는 광범위하게 전역에서 전하량이 계속 증가함을 보여주고 있다. 그림 3-4는 음향 방출 펄스의 $\phi-AEA-t$ 의 특성을 보여 주고 있다. 트리의 진전에 따라서 증가와 감소의 반복된 변화를 가져왔지만 전반적으로 트리 개시로부터 파괴시 까지 증가하는 경향을 나타내고 있다. 위상각의 경우에 있어서도 트리의 열화가 가속됨으로 음향 방출 펄스의 위상 분포 영역은 점차 넓어지고 분포 중심은 저위상 영역으로 이동됨을 알 수 있었다. 이런 변화의 양상을 더욱 정량적으로 표현 하기 위한 절연 진단의 연산자로 분포 특성량인 왜도를 살펴 보도록 하자. 그림 3-5는 $\phi-Q-t$ 의 왜도로서 정,부 극성 시 트리 개시로부터 파괴에 이르기까지 저위상 영역에 분포 중심을 갖게 되고 파괴에 가까워지면 고위상 영역으로 나타나게 되는 이유는 트리 가지에서의 부분 방전에서는 가지의 미소 채널마다 독립적으로 일어나지만 전압 분담에 의해 큰 가지는 방전에 큰 전압을, 작은 가지는 낮은 전압을 필요로 하기 때문이라 사료된다. 그림 3-6은 정,부 극성 공히 좌우 대칭 분포인 0의 값을 표시하고 있다.

4. 결론

본 연구 상에서 자체 개발한 음향 방출 계측 시스템과 부분 방전 전하량 탐지 장치를 이용하여 인공적인 침상 보이드 시편에 11kv 전압을 인가하여 동시 계측함으로써 부분 방전 전하량과 음향 방출 펄스 평균 진폭 및 위상과의 관계를 연구하였다.

- ▶ 음향 방출 펄스와 방전 전하량의 상호 관계가 유사하다.
- ▶ 방전 전하량의 변화 폭은 적고 음향 방출 변화 폭은 크다
- ▶ 펄스 진폭과 펄스 수는 말기에 감소하다 증가한다.

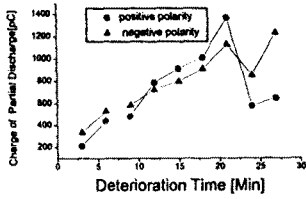


Fig. 3-1 Characteristics of Charge of Partial Discharge according to Treeing Deterioration Time

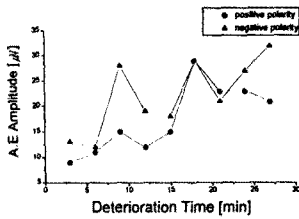


Fig. 3-2 Characteristics of A.E amplitude according to Treeing Deterioration Time

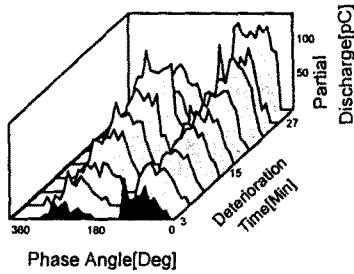


Fig. 3-3 Characteristics of distribution ϕ -q-t on the void discharge (11[kV], 1.5[mm])

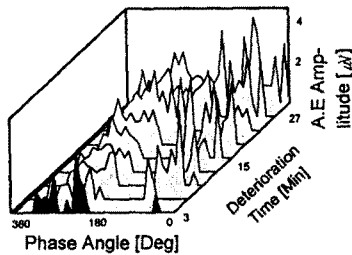


Fig. 3-4 Characteristics of ψ -AEA-t on void discharge (11V, 1.5[mm])

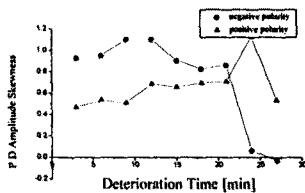


Fig. 3-5 Time variation of the skewness of ϕ -q distribution patterns (11[kV], void of 1.5[mm]).

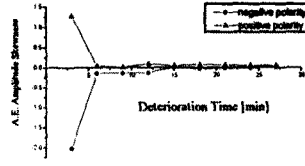


Fig. 3-6 Time variation of the skewness of ϕ -AEA distribution patterns (11[kV], void of 1.5[mm]).

참고 문헌

- [1] L. A. Dissado, J.C.Fothergill, "Electrical Degradation and Breakdown in Polymer" pp. 69 ~ 154
- [2] T. Okamoto, T.Tanaka, "Change in Pulse-Mean ϕ -q Distribution Patterns of Partial Discharges due to treeing Propagation", Trans. Inst. Elect. Eng. Jpn. Vol. 102.A, NO. 12, pp. 665-672, 1982
- [3] Koji Urano, Yoshiyasu Ehara, Haruo Kishida, Tairo Ito, "Analysis of Treeing Phenomena by Discharge Luminescence in Each Phase Angle", Musashi Institute of Technology, Trans. Inst. Elect. Eng. Jpn. Vol. 115.A, NO. 11, 1995
- [4] Tairo et al, "Phase Angle Analysis of Discharge Magnitude Distribution in a Fine Void", JIEE. VOL. 109, NO.12, 1989
- [5] Park Jae Jun, "A Study on the Diagnosis of Treeing Breakdown using the Method of Acoustic Emission" Kwangwoon Uni. Ph.D,1993