

부분방전 패턴을 이용한 가교폴리에틸렌에서의 트리성장에 관한 연구

강 대용, 오 광영, 신 창면, 박 명섭, *조 규복, **황보 승, 박 대희
 원광대학교 전기공학부, *한서대학교 전기공학부, **호남대학교 전기공학부

The Study on tree growth in XLPE using PD patterns

Dae-Yong Kang, Guangning Wu, Chang-myon Shin,
 Myoung-Seop Park, *Kyu-Bock Cho, **Seung Hwang-bo, Dae-Hee Park
 School of Elec. Eng. Wonkwang Univ., *Hanseο Univ., **Honam Univ.

Abstract - Exploitation of equipment with cross linked polyethylene (XLPE) insulation requires its condition monitoring and diagnostic. Traditionally diagnostics of insulation is carried out by means of partial discharge detection. Many researchers have developed a lot of methods to identify the defect by the PD form. However, such identification of a defect, for example, void, inclusion or treeing, does not say about its danger from a point of view of full insulation gap breakdown and insulation construction failure. The information about the form and size of formed upon high voltage treeing is necessary for prediction of the remained resource of XLPE insulation. For this purpose we carry out experimental research for determination of the dependencies between PD characteristics in XLPE upon time and three dimension PD patterns of corresponding treeing. The investigations were carried out by means of electrical measurement of PD current and simultaneous optical recording of treeing image. Test results show that the PD patterns can be applied for detecting tree growth well.

1. 서 론

전력케이블의 절연파괴 초기에 선행되어지는 파괴 현상인 트리가 발견되어짐에 따라서 전기적 트리의 개시와 진전에 대한 연구가 활발히 진행되어져 왔으며[1], 전기적 트리가 형성되는 순간에 발생하는 부분방전 신호를 측정하는 연구가 고전압 장치의 절연상태를 검증하기 위하여 점점 더 중요한 위치를 점하게 되었다[2][3]. 또한 인가 전압의 위상에 따른 방전 시간과 전하량의 크기 분포를 이용하는 방법에 관한 연구가 도입되었으며, 이와같이 전기적 트리에 이 새로운 방법을 적용하는 것이 제안되어졌다[4][5].

본 논문에서는, 전력케이블에서 전기 트리 발생시 나타나는 부분방전 신호를 방전 패턴을 이용하여 분석하였다. 인가전압의 위상과 방전 피크 q와 반복률 n이 이

러한 부분방전 패턴을 구성하기 위하여 적용되어졌다. 시간에 따른 트리의 개시와 진전으로부터 트리의 진행이 분석되어졌으며, 부분방전 패턴이 트리 성장을 발견함에 있어 잘 적용되어 질 수 있음을 나타내고 있다.

2. 실험

2.1 시료

본 논문에서는 지중 배전케이블에 널리 사용되고 있는 가교폴리에틸렌 22.9kV용 CN-CV 케이블을 사용하였으며 그 크기는 9×5×7mm이다. 침전극 삽입시 받게 되는 스트레스를 제거하기 위하여 이 케이블 시료는 드라잉 오븐((주)두성, ~100℃)에서 30분간 가열되었다. 또한 케이블 시료에 침전극을 일정한 거리에 삽입하기 위하여 삽입틀을 제작하여 사용하였다. 시료의 구조를 그림 1에 나타내었다.

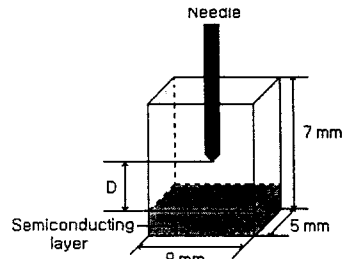


Fig.1 Test specimen

2.2 측정장치

부분방전 신호를 측정하기 위하여 Medium Voltage AC/DC Partial Discharge Test Equipment(Hipotronics Inc.)를 사용하였으며 이 시스템은 Partial Discharge Detector(CDO-77A)와 Power Separation Filter(PSF) 그리고 Calibration Injection Capacitor(CIC)로 구성되어 있다. 또한 부분방전 신호를 기록하기 위하여 CDO-77A에 병렬로 연결되어있는 디지털 오실로스코우프(HP 54522A)를 사용하였다. 이 오실로스코우프의

대역폭은 500MHz, Sampling Rate은 2Gsa/s이다. 각기 다른 신호 범위를 측정할 수 있게 하기 위하여, 120MHz의 대역폭을 갖는 증폭기와 80dB의 신호증폭 및 감쇄를 할 수 있는 증폭기를 사용하였다. 이 시스템의 구조를 그림 2에 나타내었다.

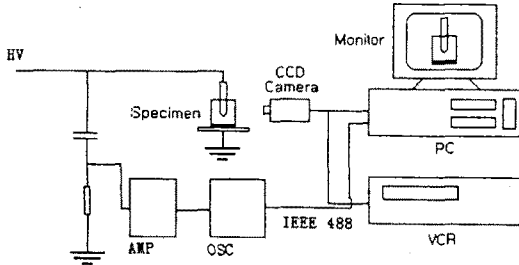


Fig.2 PD detection and recording system

3. 결과 및 고찰

이 부분방전 시스템을 이용하여 준비된 시료를 측정하였으며, 측정된 샘플은 같은 패턴의 부분방전 특성을 나타내었다. 인가 전압 20kV의 전압을 가한 시료에 대한 결과가 그림 3와 4에 나타났다.

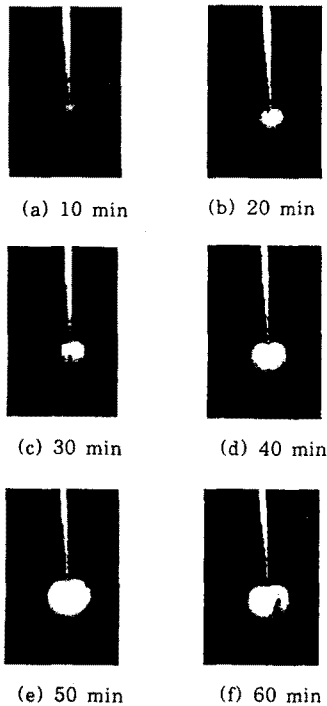
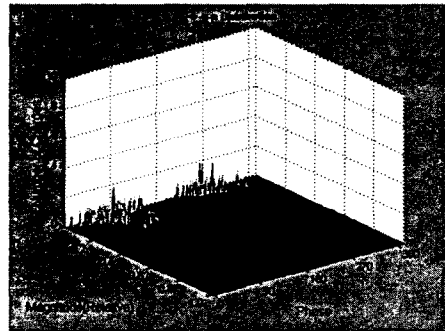


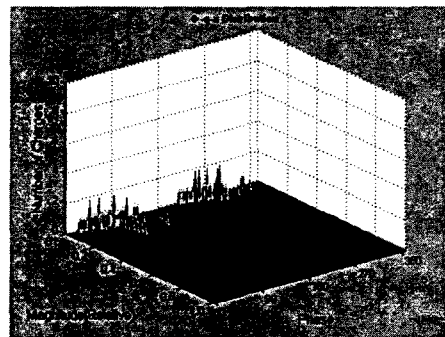
Fig. 3 Electrical tree growth as a function of time

그림 3은 광학적 기록장치에 의하여 얻어진 결과를 나타내고 있다. 트리의 진전은 10분간격으로 60분까지

측정되었다. 연속촬영으로 측정된 VCR file을 통하여 보았을 때 트리는 약 10초 이후에 개시되었다. 이 트리는 부쉬형 트리를 나타내었으며, 그림 3에 나타난 바와 같이 아주 빠르게 성장하였다. 20kV의 전압을 인가한 후 68분후, 시료는 파괴에 이르게 되었다. 디지털 신호 처리후 나타난 부분방전 신호의 패턴을 그림 4와 같이 얻을 수 있었다. 그림 4로부터 가교폴리에틸렌내에서 발생하는 트리는 내부 부분방전 형태임을 알 수 있었으며, 또한 부분방전의 패턴은 트리의 성장과 밀접한 관련이 있다는 것을 알 수 있었다. 트리의 개시 이후, 트리는 인가 전압 20 kV에서 아주 빠르게 성장하였다. 처음 20분동안, 방전 신호의 크기와 그 수에 있어서 아주 큰 증가를 나타내었다.(그림 4 (a), 그림 4 (b)) 그 후 방전 신호의 크기와 수는 계속하여 감소하였으며 그 변화가 그림 4의 (b)에서 (f)까지 보여지고 있다. 이는 다음과 같은 가능성으로부터 기인한 것으로 사료된다. 초기에는 전계가 침전극의 첨단에 집중되어 있으므로 부분방전이 쉽게 개시되고 전개되게 된다. 트리 채널이 성장한 후 전계는 분산되게 되므로 파센 곡선[6]에 따라서, 방전 신호의 크기와 수가 전계의 감소와 더불어 줄어들게 된다. 그림 4(f)와 같이 파괴에 이르러서는 채널 효과에 의하여 방전 신호가 거의 사라지게 된다.



(a) 10 min



(b) 20 min

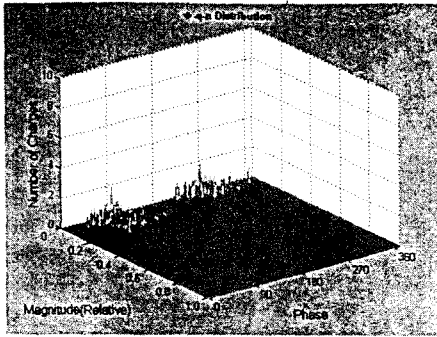
4. 결 론

22.9kV CN-CV 케이블의 절연체인 XLPE에 침전극을 삽입하여 트리 진전시 발생하는 부분방전 신호와 트리 진전 형태를 시간에 따라 관찰한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다. 20kV 인가시 bushy type 트리가 침전극에서부터 진전하였으며 이때 방전 패턴은 내부 방전 형태를 나타내었다. 시간에 따른 부분방전 패턴은 처음 20분까지는 방전의 크기와 수가 증가하였다가 이후 감소하는 경향을 보였다. 이러한 현상은 초기에 전계가 침전극의 첨단에 집중되어 있으므로 부분방전이 쉽게 개시되고 진전하게 된다. 트리 채널이 성장한 후 전계는 분산되게 되므로 방전신호의 크기와 수가 전계의 감소와 더불어 줄어들게 된 것으로 사료된다.

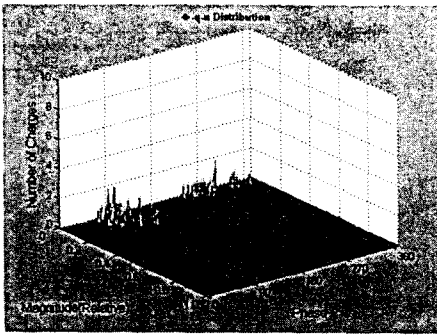
[참고문헌]

- [1] J. V. Champion, S. J. Dodd, The effect of voltage and material age on the electrical tree growth and breakdown characteristics of epoxy resins, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 28, 1995, pp.398-407
- [2] L. A. Dissado, P. J. J. Sweeney, A discharge avalanche theory for the propagation of electrical trees, *IEEE Trans. Dielectric and Electrical Insulation, Phys. Rev. B*, Vol.48, 1993, pp.16261-16268
- [3] J. V. Champion, S. J. Dodd, J. M. Alison, The correlation between the partial discharge behavior and the spatial and temporal development of electrical trees grown in an epoxy resin, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 29, 1996, pp.2689-2695
- [4] E. Gulski, Diagnosis of HV components by digital PD analyzer, *IEEE Trans. on DEI*, Vol.2, No.4, 1995, pp.630-640
- [5] E. Gulski, Digital analysis of partial discharge, *IEEE Trans. on DEI*, Vol.2, No.5, 1995, pp.822-837
- [6] F. H. Kreuger, *Partial discharge detection in high-voltage equipment*, Temple Press, London, 1989

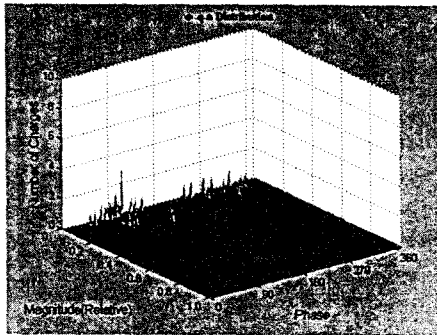
본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초전력공학 공동연구소 주관(과제관리번호:98-중기-05)으로 수행되었음



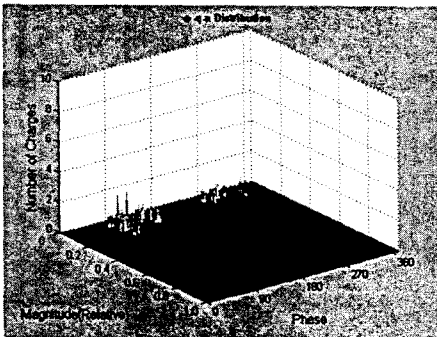
(c) 30 min



(d) 40 min



(e) 50 min



(f) 60 min

Fig. 4. Partial Discharge pattern as a function of time