

접속재 결합의 가속열화에 따른 방전특성 연구

이우영*, 선종호*, 류희석*
한국전기연구소

송일근**, 김주용**, 김상준**
전력연구원

Study on the characteristics of discharges caused by defects at cable joints under the accelerated aging test

Woo-Young Lee*, Jong-Ho Sun*, Hee-Suck Ryu*, Il-Keun Song**, Joo-Yong Kim**, Sang-Jun Kim**
KERI KEPRI

Abstract

The trend of partial discharges(PD) magnitude which occurred in a artificial void at cable joint is investigated as the function of a time. The results have shown that more than 500pC could be sustained for the considerable duration so the efficiency of monitoring a PD magnitude for diagnosing cable joints is confirmed. The other defects at cable joints are now under the same test, we can get the experimental data sooner or later.

1. 서 론

접속재 사고의 많은 부분은 시공시 형성된 방전요인들이 시간이 경과됨에 따라 접속재의 결연특성을 약화시켜 절연파괴로 이어지는 형태로 나타나게 된다. 이러한 접속재 사고를 예방하는 것은 전력공급의 신뢰성 제고는 물론 인접시설 및 인명의 안전성 확보를 위해 시급한 일이다. 활선상태에서 절연진단을 위한 적절한 수단이 확립되어있지 않아 현재까지 수행되지 못하고 있다. 부분방전을 이용한 접속재 진단에는 활선상태에서 수행할 수 있는 부분방전의 측정방법·수립과 측정된 부분방전량의 절연상태 진단에 대한 유효성이 근거되어야 한다. 최근 활선상태에서 부분방전을 측정하는 방안들이 제안되고 접속재 부분방전 측정에 이 방법들이 적용될 수 있게되면서 부분방전의 절연상태 평가에 대한 유효성 확인이 더욱 필요하게 되었다.

따라서 본 연구에서는 접속재 주요결합들의 열화과정에 따른 부분방전량의 변화특성을 조사하고 접속재 진단에서 부분방전 측정의 유효성을 파악하고자 한다. 먼저 사용한 결합으로는 시공시 발생될

수 있는 계면상의 주요결합들 중 우선 공극성 결합을 선정하고, 가속열화시험법에 의해 접속재 시공후 열화가 진행됨에 따른 방전량의 변화를 조사하였다.

2. 시료구성 및 실험방법

접속재에서 발생되는 여러 종류의 결합들은 공극성과 비공극성 결합으로 구분되어질 수 있다. 이 두가지 종류의 결합은 서로 다른 열화과정을 가지지만 결국 전기트리에 의해 절연파괴로 이어지게 되는 것은 유사한 것으로 나타난다.[1] 본 연구에서는 공극성 결합의 열화에 따른 부분방전 특성을 고려하기로 하고 이를위해 케이블 접속부 계면의 XLPE에 인위적으로 공극이 형성된 케이블 시료를 사용하였다. 시료케이블의 길이는 약 5m정도로 양쪽 끝부분은 단말처리를 하고 케이블 중앙부분에 조립형 직선접속재를 설치하였다. 그리고 양쪽단말과 직선접속재가 정상시공된 상태로 측정전압 크기에서 부분방전이 발생되지 않는지를 확인하는 것은 추후 시험시 측정된 부분방전의 결과가 인위적 결합에서 발생된 것을 알 수 있게한다. 그림 1은 본 실험의 구성도를 나타낸 것이다.

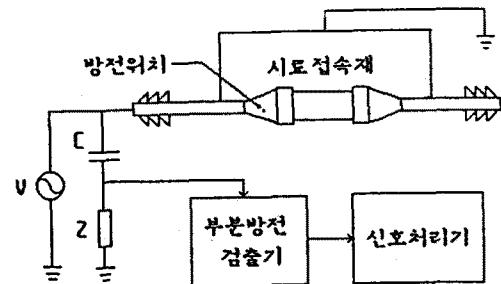


그림 1 부분방전 실험 구성도

시험을 위한 인위적 공극은 지름 5mm, 깊이 약 3mm로 케이블 접속을 위해 반도전층이 제거된 케이블 절연체의 중앙부분에 제작하였으며 이는 그림 2에 나타내었다. 인가전압은 40kV로서 운전전압의 3배에 해당되는 조건으로 약 10일정도를 인가하는 동안 발생되는 부분방전을 측정하면서 방전량의 변화를 살펴보았다.

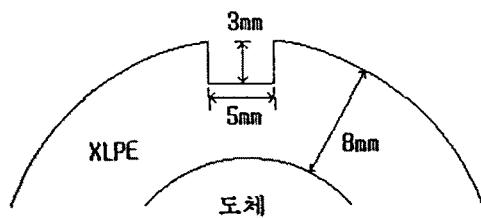


그림 2 케이블상의 인위적 공극

3. 실험결과

가속열화 시험과정에서 측정된 인위적 공극의 부분방전량 변화상태는 그림 3과 같이 나타났다.

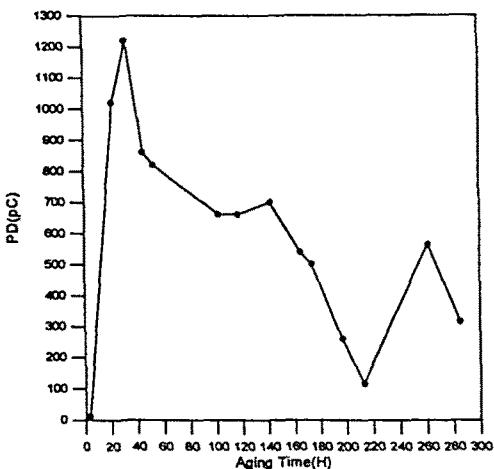


그림 3 열화시간에 따른 부분방전량의 변화

이 결과로부터 접속재에서 공극에 의한 부분방전의 발생경향은 전압인가 초기에 아주 작은 방전량으로 시작하여 급격히 그 크기가 상승하면서 1,000pC이상까지 이르렀다가 시간이 지남에 따라 점차 낮아지는 형태를 보였다. 이러한 방전량 크기 변화의 경향으로 약 500pC정도의 방전량에서도 절연파괴로 이어지지 않고 상당기간 동안 지속되어지는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 약 300시간을 가속열화 시킨후 접속재를 해체해 본 결과 인위적으로 제작한 공극내에 실리콘 구리스가 공극체적 중 약 반정도를 채우고 있는 상태이었다. 시공시에

는 투명하던 실리콘 구리스가 황색빛깔을 띤 불투명한 상태로 변화되어 있었는데 이는 공극내에서 발생된 부분방전에 의해 열화되어진 것으로 보여지며, 열화에 의해 실리콘 구리스가 불투명해지는 결과는 다른연구[2]에서도 보고된 바 있다. 케이블 절연체에 형성된 공극과 맞닫는 접속재의 표면은 공극의 원주 부분을 따라 그림 4와 같이 침식되어진 흔적을 발견할 수 있으며 이는 질소(N₂) 분위기에서 공극의 가장자리 부분에 침식현상이 발생되어진다는 연구결과[3]와 유사한 결과로 볼 수 있다.

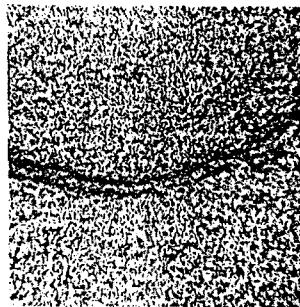


그림 4 공극부분의 접속재 표면 상태

그리고 그림 5는 케이블 절연체의 공극부분을 트리검색을 위해 살펴본 결과로서 전기트리는 발견되지 않았지만 공극의 밑부분에 전기트리를 유발시키는 요인이 되는 흠진 부분(pit)을 발견할 수 있었다. 일반적으로 절연체 내의 결함에서 부분방전이 발생하게되어 절연파괴로 이어지는 과정이 전계강도가 집중되어질 수 있는 흠진 부분을 형성하는데 많은 시간이 소요되고 일단 이부분을 기점으로 전기트리가 발생되면 짧은 시간내에 절연파괴로 이어지게된다.

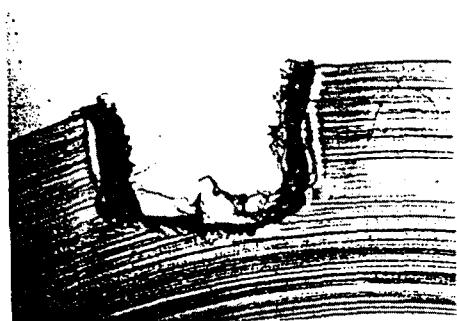


그림 5 열화시험후 공극부의 단면상태

4. 결 론

현장에서의 경우 접속재진단을 위해 측정주기를 짧게하는 것이 어렵기때문에 부분방전의 발생에서

절연파괴까지의 시간이 짧은 경우 부분방전을 측정하여 접속재를 진단하는데는 상당한 문제점을 안게 된다. 따라서 본 연구에서는 부분방전량을 측정하는 방법으로 접속재의 진단이 가능한지를 살펴보기 위해 접속재에서의 대표적 결함인 공극성 결함에 대한 방전량의 변화추이를 살펴보았다. 그 결과 공극성 결함에서 약 500pC 이상의 부분방전량에서도 절연파괴로 이어지기 전 상당기간을 유지하고 있음을 보았다. 이러한 본 연구의 결과는 접속재의 진단으로 부분방전 검출법이 유효함을 보여주고 있다.

물론 이러한 단정은 추후 다양한 결함들의 경우에 대해서도 방전량의 변화추이가 확인되어야하기 때문에 현재 계면에 전계완화불량인 경우, 수분이 침투되어 도전로가 형성된 경우 그리고 불순물 특히 도전성 이물질이 계면에 존재하는 경우 등에 대해 가속열화시험 중에 있다.

참고문헌

- [1] K. Uchida, H. Tanaka and K. Hirotsu, "Study on Detection for the Defects of XLPE Cable Lines", IEEE/PES Summer meeting, July 23-27, 1995
- [2] Lamarre Laurent and Chinh Dang, "Characterization of Medium Voltage Cable Splices aged in Service", Jicable 91, pp. 298-304, 1991,
- [3] T. Tanaka, "Internal Partial Discharge and Material Degradation", IEEE Trans. on Electrical Insulation Vol. EI-21, No. 6, December 1986