

UHF 대역에서 가스절연개폐기의 결합별 부분방전 신호특성 분석

권태호, 김동명, 이남우
한국전력공사

Characteristics of PD Signatures due to GIS defects in UHF Band

Kwon, Tae-Ho, Kim Dong-Myung, Lee Nam-Woo
KEPCO

Abstract - 배전급 가스절연개폐기(이하 개폐기)에서 발생하는 고장을 예방하기 위해서는 개폐기 내부에서 발생하는 부분방전 신호로부터 방전의 원인을 추정하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 개폐기 내부의 결합을 다양하게 모의하여 방전원에 대한 신호 패턴을 분류하고 방전 원인별로 특성을 분석하였다.

1. 서 론

국내 전력수요의 증가에 따라 전력설비도 급격히 증가하였으며, 그에 따라 전력설비의 고장 발생 빈도가 증가하는 경향을 보이고 있다. 한국전력공사 배전설비의 경우, 개폐기의 설치수량 증가에 따라 운전 중 고장 발생건수도 증가하는 추세에 있다.

개폐기는 전력계통에 있어서 부하와 직접 접속되어 차단, 투입 및 동전설비로 사용된다. 특히 개폐 장치의 고장으로 인한 사회·경제적 파급효과가 매우 크기 때문에 미리 사고를 예방할 수 있는 진단연구가 진행되고 있다.

개폐기 내부 결함을 검출하기 위한 방안으로 지금까지 수많은 학자들에 의해 다양한 방법이 제시되었으며, 그 중 전기적 방법으로는 UHF 진단법을 기계적인 방법으로는 음향 신호 진단법이 대표적이다.

본 논문에서는 개폐기 내부 결합에 따른 부분방전 신호를 분석하기 위해 UHF 진단법을 사용하였다. UHF 대역에서 개폐기 내부 결합들에 대한 방전신호 유형을 정확히 분류하는 것이 선행되어야 현장에서 진단할 때 오류가 없을 것으로 판단되어 내부 결합에 대한 부분방전 신호특성을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 실험구성

2.1.1 결합의 종류

본 실험에서는 기본적으로 <그림 1>, <그림 2>의 5가지 결합을 사용하였다. 개폐기 내부에서 발생할 수 부분방전의 형태를 모두 포함하는 3가지 결합과 개폐기의 주 사고 요인으로 보고 되는 상간 및 상 대지간의 절연 암(Arm)의 표면방전을 대상으로 하였다.

- ① free moving particle
- ② needle to plane
- ③ floating electrode
- ④ phase to phase surface discharge
- ⑤ phase to earth surface discharge

2.1.2 UHF 부분방전 센서

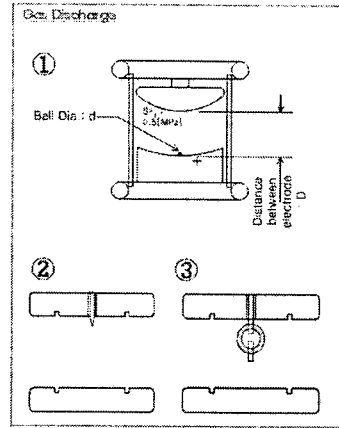
개폐기의 외함 내측에 부착되는 형태의 내장형 UHF 부분방전 센서를 archimedean 스파이럴 안테나의 원리를 이용하여 제작하였다. 최저 동작 주파수는 전체의 길이가 파장과 같을 때이며, 최저 동작 주파수보다 높은 주파수 영역에서는 방사패턴과 임피던스 특성은 주파수와 무관하다. 이러한 스파이럴 형태를 이용하여 센서를 제작하면 주파수에 무관한 특성을 갖는 센서의 제작이 가능하다. 센서의 구조는 <그림 3>와 같고, 스파이럴 형태의 팔의 궤적은 아래 식과 같다.

$$r = r_0\phi, r = r_0(\phi - \pi)$$

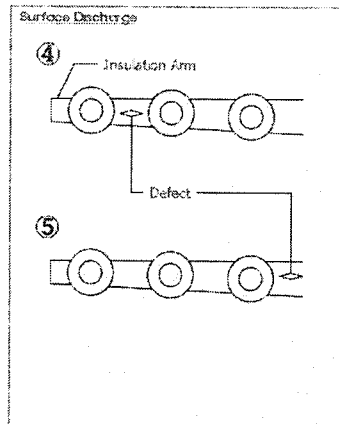
여기서, r_0 는 스파이럴 상수, $[\phi]$ 는 회전각이다. 최적의 설계치는 전체 길이가 최저 동작 주파수의 1 파장 또는 그 이상이 되는 1.25 ~ 1.5 바퀴 정도이다. 방사패턴은 단일 빔이 안테나 면과 직각인 양방향으로 최대가 되고 안테나 면 방향으로는 0이다.

2.1.2 실험 구성

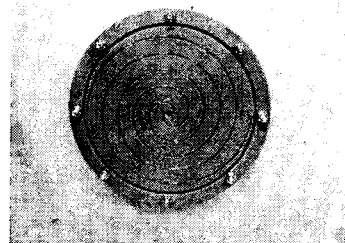
<그림 4>의 실험 구성도와 같이 결합별 부분방전 특성 시험은 전자파 차폐실 내에 설치된 실제 개폐기에 개발한 UHF 부분방전 센서를 부착하여 실시하였다.



<그림 1> Gas Discharge



<그림 2> Surface Discharge



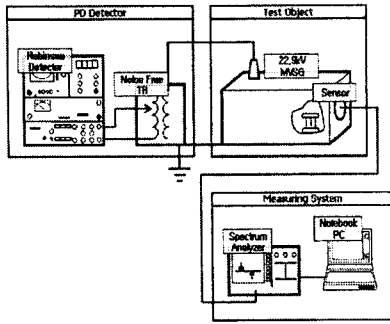
<그림 3> UHF 부분방전 센서의 구조

75[kV] noise free 변압기를 이용하여 인공 결합에 전압을 인가하여 결보기 방전량 수·수십[pC]의 부분방전 신호를 발생시켰으며, 이 신호는 IEC 60270 규격을 만족하는 부분방전 측정기를 이용하여 측정하였다.

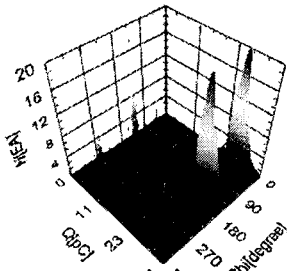
인공결합에서 발생된 부분방전 펄스에 의해 유기된 UHF 부분방전 신호는 개폐기내에서 전송/반사되며, 내장형 UHF 부분방전 센서를 통해 부분방전 신호가 검출되며, 이 신호는 고역 통과 필터(>300[MHz])를 통과하여 측정 시스템에 측정된다.

실험에서 사용된 인공 결합은 일정한 크기의 결보기 방전량을 갖는 부분방전 신호를 발생시킬 수 있는 5가지의 결합을 사용하였다.

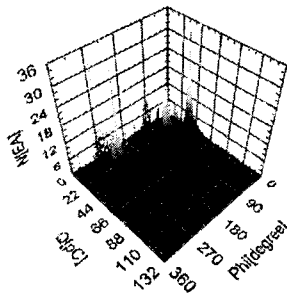
또한 SF₆ [Mpa]까지 가스 충전이 가능하도록 설계 및 제작하여 개폐기의 가스압력과 동일한 압력에서 실험이 가능하도록 하였다.



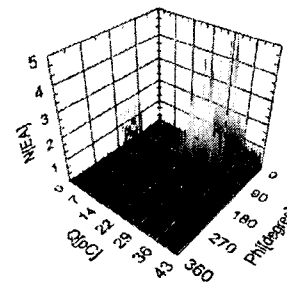
<그림 4> 실험 구성도



(a) 돌출전극



(b) 절연체 표면



(c) 부유전극

<그림 5> 내부 결함에 따른 PRPD

2.2 실험결과

2.2.1 Corona Discharge

AC 전압을 인가하면 코로나 방전은 최초 사인파의 음의 정점에서 나타나며, 전압을 상승시키면 방전 횟수는 증가하지만 크기는 거의 동일하게 유지된다. 개폐기에서는 내부 도체에 발생하며, 500[MHz]이내의 주파수 성분이다. 이를 모의하기 위하여 평등전계에 돌출 전극을 설치하여 전계집중에 의한 효과를 극대화 하였다. 위치에 따른 돌출 전극 특성을 확인하기 위하여 도체와 외함에 둘

출 전극을 설치하였다. 개폐기 내부 도체에 돌출전극을 설치한 경우, 방전 초기에는 270°에서 발생되다가 시간이 지남에 따라 90°부근에서 보다 큰 방전 펄스가 발생하였다(<그림 5> (a)). 270°부근의 방전량은 수 - 수십[pC]이며, 90°부근의 방전량은 수십 - 수백[pC] 이상이었다. 개폐기 외함에 돌출전극을 설치한 경우, 방전 발생 초기에는 90° 부근에서 발생되다가 시간이 지남에 따라 270° 부근에서 좀더 큰 방전 펄스가 발생되었다. 방전량은 수 - 수십 부근에서 수 - 수십 [pC]정도이며, 270° 부근의 방전량은 수십 - 수백 [pC] 이상이었다.

2.2.2 Surface Discharge

AC 전압이 유전체에 인가되면, 표면에 반복적으로 방전이 일어나는 것을 볼 수 있는데, 인가전압이 파괴전압을 초과할 경우 방전은 파센(Paschen)의 곡선을 따르며 방전은 매 반주기마다 반복된다. 개폐기의 에폭시 절연암을 이용하여 시험하였다. 방전의 발생패턴은 주로 전압의 0점 부근에서 발생하였으며, 수 - 수백 [pC] 정도의 방전량이 발생하였다. 방전의 세부적인 패턴은 결합의 위치, 열화의 정도, 절연물의 구조에 따라 다양하게 나타났다(<그림 5> (b)).

2.2.3 Floating Electrode

부유전극은 개폐기에서 발견되는 흔한 결함 중 하나이다. 특히 제조 공정에서 접속부의 불완전한 조립, 운전 중 접속부의 이완 등에 의해 나타날 수 있다. 부유전극 결합에 의해 발생하는 부분방전 신호는 전압크기가 0에서 $\pm peak$ 사이에서 측정되며 인가전압 주기와 같은 주기를 갖고 있다(<그림 5> (c)). 부유전극에서 발생하는 방전은 전극의 표면적에 따라 다르지만 코로나, 파티클 결합보다 훨씬 큰 방전량을 갖지만 치명적인 결함은 아니다.

2.2.4 Free Moving Particle

자유도체는 개폐기 내에 금속 이물이 유입되어 부분방전을 발생시킨다. 방전은 특정한 패턴이 없이 무작위로 발생하였으며, 주로 인가전압이 따라 방전량의 크기도 달라졌으며, 수 - 수 백 pC까지의 방전량 발생되었다. 자유도체와 부유전극의 경우는 방전의 패턴이 미세한 차이를 보였으나 전체적인 모양은 비슷한 패턴을 보였다.

3. 결 론

개폐기 내부의 결함원인은 본 논문에서 제시한 5가지 이외에도 있을 수 있으나, 대표적인 결함으로 시험을 하였다.

방전원의 종류, 모양, 위치, 구조 등의 다양한 변수와 UHF 센서의 위치에 따라 측정되는 방전의 유형이 변화하였다. 따라서 어떤 결함에 의해 발생하는 부분방전의 원인을 분석하기 위해서는 방전 원과 UHF 센서를 여러조건에서 시험하는 것이 중요하다.

개발된 UHF 센서와 상용화된 UHF 센서의 감도 시험 및 IEC60270법에 의해 측정된 방전패턴과의 비교 시험이 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] GIS 부분방전 검출기술 연구(최종보고서), 51-60 전력연구원, 2002
- [2] A.G. Sellars, O. Farish and B.F. Hampton "Assessing the Risk of Failure due to Particle Contamination of GIS using the UHF Technique", IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation Vol. 1, no. 2, pp. 323-331, April 1994.
- [3] M.D. Judd, O. Farish and B.F. Hampton "Broadband Couplers for UHF Detection of Partial Discharge in Gas Insulated Substations", IEE Proc. Sci, Meas. Vol. 142, No. 3, May 1995.
- [4] A.G. Sellars, S.J. MacGregor and O. Farish "Calibrating the UHF Technique of Partial Discharge Detection using a PD Simulator", IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 2, No. 1, pp. 46-53, February 1995.
- [5] A. G. Sellars, O. Farish and M. M. Peterson "UHF Detection of Leader Discharges in SF₆", IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 2, No. 1, pp. 143-154, February 1995.