

UHF대역 PD신호검출에 의한 GIS 결함위치표정의 현장적용 연구

이창용, 홍철용*, 윤치영*, 윤자홍*, 남극채, 이학동*
(주)현대중공업 기계전기연구소, *신제품개발실, **품질경영부

Om-site Application of External UHF PD Sensor for the Identification of Partial Discharge Location

Chang R. Lee, C. Y. Hong, C. Y. Yoon, J. H. Yoon, G. C. Nam and H. D. Lee
Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.

Abstract - This paper describes the prediction of location of PD signals in GIS using the difference in the measured time between first and second wave arrival by the external-type PD sensors. It is well accepted that the electromagnetic wave in GIS propagates at the velocity of 3×10^8 m/s. Consequently, we could identify the location of PD with high accuracy. The experience at the fields and the problems for the judgment are also discussed in detail.

사별로 서로 다른 치수의 스페이서를 사용하기 때문에 외장형 센서의 크기나 설치 방법은 달라야 한다. 당사에서는 온라인 진단의 경우 감도가 우수한 내장형 센서를 기본 사양으로 정해 고객에게 추천하고 있으며, 외장형 센서는 온사이트 시험용으로 적용하고 있다. 온라인이나 온사이트 시험시, 상기 기술한 결함에 의한 부분방전의 발생량과 위치를 표정하는 것은 어떠한 대처를 할 것인가를 결정하는 데에 매우 중요한 부분이다. 그리고, 제작사에서도 빠른 조치를 취하기 위한 제 일단계로서 위치 판정하는 것은 중요한 의미를 가진다. 그러므로 본 고에서는 당사에서 기존에 수행된 부분방전의 측정사례들과 실 사이트에서의 문제점을 고찰하고자 한다.

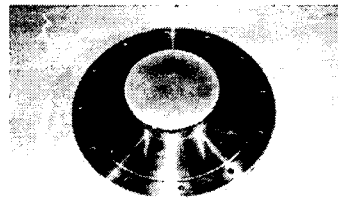
1. 서 론

안정된 전력공급을 위해 보급이 확대되고 있는, 우수한 절연성능을 가진 가스절연기기의 신뢰성에 대한 요구가 점차 증가하고 있다. 제작사로서는 제작과 조립시 내부이상 없도록 공정상 세심한 주의를 기울이고 있으나, 만일의 상황에 의한 불시의 사고를 미연에 방지하기 위해 진단기술의 개발을 진행하고 있다. 그러나, 부분방전 발생원인이 되는 결함이 가스절연기기의 내부에 존재하는 경우 사고에 다다를 수 있는 것으로 알려져 있다.

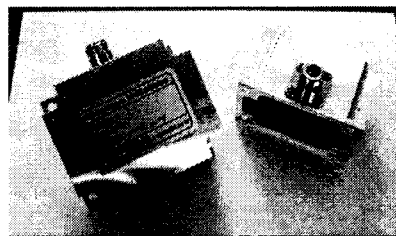
지금까지의 연구에 의하면 현재 사용되고 있는 GCB, GIS, GIL 등의 기기의 절연이상의 전조현상으로 대표적인 것이 부분방전의 발생이기 때문에 GIS의 절연이상 진단에는 부분방전을 검출하는 것이 유효하다고 알려져 왔다. 가스절연기기의 금속 외함의 내부에서 발생한 부분방전은 소리, 빛, 전자파 등으로 전파되기 때문에 이 신호들을 어떻게 유효하게 검출해 낼 수 있는 지가 부분방전 진단의 주요한 요소가 되는 것이다.

가스절연기기의 주 절연물로 이용되는 고압의 육불화황 (SF₆) 가스하에서 발생한 부분방전신호는 넓은 주파수 대역에 걸쳐 발생하는 것으로 알려져 있다. 반면에 현장이나 기기 내부의 노이즈는 상대적으로 낮은 주파수 대역에서 발생하는 것으로 알려져 있어서 300MHz에서 3GHz까지의 UHF 대역에서 1GHz이상의 bandwidth로 부분방전을 측정한다면 변전소와 같이 노이즈가 많은 장소에서도 미소한 방전신호를 좋은 신호대 잡음비로 검출해 낼 수 있는 것으로 알려져 있다.

기기의 부분방전을 검출해 내는 UHF 센서로는 외함의 플랜지에 설치되어 내부 전계 및 내부 SF₆ 가스와 접촉되는 내장형과, 기 설치되어 있는 기기에 적용할 수 있도록 외부에 노출되어 있는 절연물에 탈부착이 가능한 외장형으로 크게 분류된다 (그림 1). 내장형 센서를 적용하려면 GIS 설계시 외함의 크기에 따른 센서의 수정과 플랜지의 위치 등이 반영되어야 하므로 기설 장비에 적용하는 것에는 어려움이 있다. 이와는 달리 외장형 센서는 기설 또는 신설 장비에 관계하지 않고 적용할 수 있는 장점은 있으나, 스페이서와 같은 금속의 외함 이외의 부분에 전자기파가 충분히 방출될 수 있는 크기를 가진 부분이 있어야 한다는 제약이 있다. 따라서 각 제조



(a)



(b)

그림 1. UHF대역 PD 측정용 센서의 외관; (a) 내장형, (b) 외장형.

2. 실험 결과 및 고찰

2.1 위치표정

GIS 내부에서 발생한 부분방전은 전자기파를 방출하게 되는데, 전자기파는 빛의 속도의 97-100%의 속도로 외함 내부를 이동하게 된다. 물론, 구조물에 의해서 영향을 받기는 하지만 GIS 내부 구조가 상대적으로 간단하기 때문에 타 기기보다 위치를 표정하기에 쉽다고 알려져 있다.

판단하는 방법은 아주 간단하며, 다음과 같이 두 센서

에 도달되는 신호의 시간차를 구하고, 빨리 도달되는 곳에 가까이 부분방전의 발생원인이 존재한다고 하는 것이다.

$$\frac{L_1 - L_2}{V} = (t_1 - t_2)$$

여기에서, V는 운반속도로 광속이며, subscript 1, 2는 센서의 위치를 나타내며, L₁은 PD 발생위치로부터 센서 1가지의 거리, L₂는 센서 2가지의 거리를 나타낸다. 그러나, 전술한 바와 같이 구조물에 의해 시간이 왜곡된 소지가 있기 때문에 내부 구조에 대해서 이해를 하고 위치를 판단하여야 오차를 줄일 수 있다. 이러한 이유로 제작사가 위치 표정에 이점을 가지고 있다고 여겨지며, 진단기술중 GIS 진단은 제작사가 하여야 올바른 진단이 가능하다고 생각된다.

2.2 측정장치

현장에서의 위치표정을 위해 그림 1(b)에 나타낸 당사에서 제작한 외장형 PD 센서를 이용하여 스페이스의 주 연구 metal block을 제거하고 설치하였다 (그림 2). 본 연구에서 사용한 외장형 센서는 500-1500MHz의 주파수 범위에서 부분방전을 측정하는 것이 가능한 patch-type의 monopole 안테나이며, 0 to +peak로 측정할 감도는 -18dBm (25pC기준)이었다. 센서와 측정장비와의 연결을 위해 RG214 케이블을 사용하였으며 감쇄를 고려하여 케이블의 길이는 15m로 고정하였다. 측정장비로는 LeCroy사의 WavePro7300 (3GHz) 디지털 오실로스코프를 사용하였다.

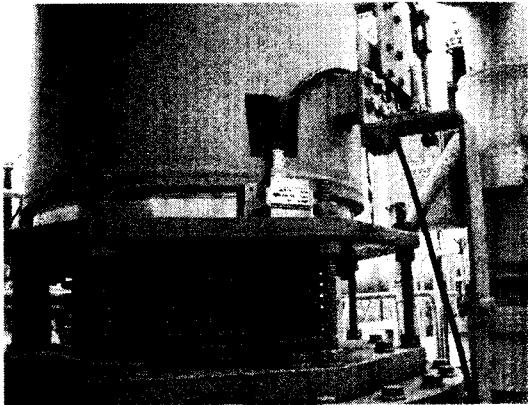


그림 2. 외장형 센서의 설치모습 (볼트고정).

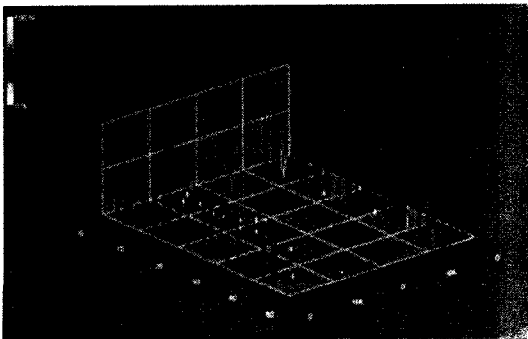


그림 3. 온라인시스템에서의 PD 신호.

2.3 PD 신호 검출 및 위치 표정

그림 3은 현장에 설치되어 있는 온라인 시스템에 검출된 GIS에서의 부분방전 신호로 노이즈와 분별되는 것을 확인할 수 있었다. 초기에는 신호가 작아서 분별하기 난이하였으나 시간의 경과에 따라서 크기가 증가하는 것을 확인하여 위치를 조사하고자 하였다.

사이트에 설치되어 있는 GIS의 구조와 측정 위치를 그림 4에 간단히 나타내었다. 그림에서 외장형 센서의 측정 위치는 모두 세 곳이며 차단기에서 가까운 부분부터 모션부 방향으로 각각 1, 2, 3의 위치로 명명하였다. 측정시에는 3개의 동일한 특성을 나타내는 센서를 동시에 부착하여 동일 시간에 얻어진 두 개 센서로부터 신호의 시간차를 구하고자 하였다. 그리고 얻어진 결과를 그림 5에 시간과 같이 나타내었다.

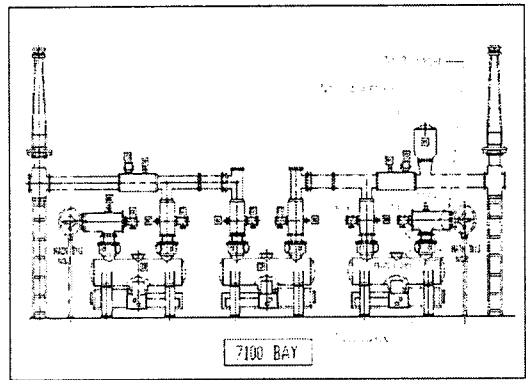
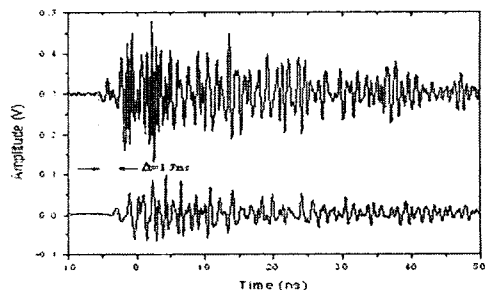


그림 4. 외장형 센서의 측정 위치

상기의 결과와 GIS의 치수를 이용하여 위치를 검토한 결과를 그림 6에 나타내었다. 전술한 바와 같이 전자기파는 빛의 속도로 이동하기 때문에 얻어진 시간차이를 거리로 환산하면 그림에 나타낸 바와 같이 각각 510, 1030, 270mm의 거리차를 얻었다. 이를 이용하여 그림의 기계적인 치수와 내부 구조에 의한 왜곡 등을 고려하여 최종적인 부분방전의 발생위치를 표정할 수 있으며, 이를 그림 6에 나타내었다.

그림 7은 현장에서 측정시 외장형 센서의 불완전한 접촉에 의한 서지성의 신호가 취득된 것으로 현장에서 측정시 완전한 설치를 필요로 하는 것을 나타내고 있다. 이는 측정용 케이블에 있는 커넥터의 고정이 불완전한 경우에도 동일하게 발생하는 것으로 측정의 정확도를 증가시키기 위해서는 이에 대한 조심스런 배려가 필요하다고 판단된다.



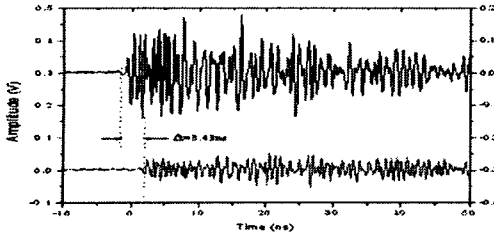
(a) PD 신호: (위) #2 spacer, (아래) #1 spacer

3. 결 론

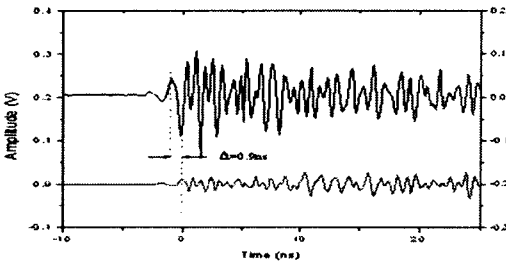
본 연구에서는 가스절연기기의 외부에 노출된 절연물에 설치하여 UHF 대역의 부분방전신호를 검출하여 방전의 발생위치를 표정하는 방법을 현장에 적용한 사례를 정리하였다. UHF법을 적용하여 부분방전의 발생위치를 표정하는 것은 현장에서 적용 가능하며, 온라인 진단에서도 적용이 가능한 것으로 판단된다. 그리고 측정시 센서의 설치와 외부 노이즈의 영향에 대해서 연구가 이루어져야 신뢰성이 있는 진단이 되리라 여겨진다. 또한, 현장에서 기기와 시스템 사이의 노이즈 발생으로 인한 진단의 오류를 최소화 시키는 방법은 구조적인 이해와 기기 특성을 알고 있는 상황에서 진단을 하여야 된다는 결과를 얻었다.

[참 고 문 헌]

- [1] M.D. Judd, O. Farish and B.F. Hampton, "The excitation of UHF signals by partial discharges in GIS", IEEE Trans. on DEI, Vol. 3, No. 2, pp. 213-228, 1996.



(b) PD 신호: (위) #2 spacer, (아래) #3 spacer



(c) PD 신호: (위) #1 spacer, (아래) #3 spacer

그림 5. PD 신호 검출결과 및 시간차이 분석

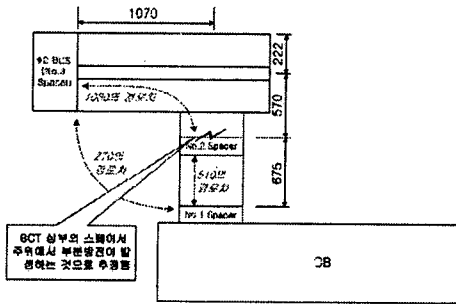


그림 6. 방전발생 위치의 표정

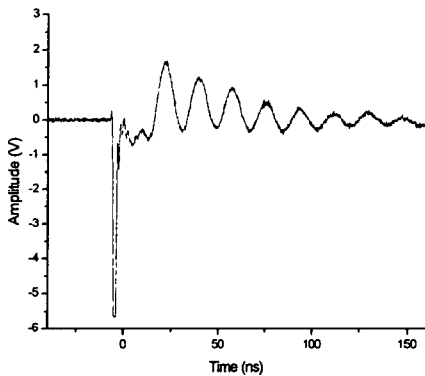


그림 7. 불완전한 접속에 의한 노이즈