

## VHF 센서를 이용한 GIS에서 부분방전 측정 기법

김정태\*, 김동욱\*, 이영조\*\*, 구자윤\*\*, 김지홍\*\*\*

\* 대전대학교 \*\* 한양대학교 \*\*\* 칼버스 인스트루먼트

### Partial Discharge Measuring Technique in GIS using VHF Sensors

Jeong-Tae Kim\*, Dong-Uk Kim\*, Young-Jo Lee\*\*, Ja-Yoon Koo\*\*, Ji-Hong Kim\*\*\*

\* Daejin University \*\* Hanyang University \*\*\* Calvus Instruments

**Abstract** - UHF PD sensor has some disadvantages in measuring void discharges due to their frequency characteristics lower than 300MHz. Therefore, in this study, the possibility of VHF sensor in measuring partial discharges(PD) in GIS was investigated using simulated experiments. As a result, by installing VHF sensors to the copper bus of the enclosure in GIS, it is confirmed that partial discharges could be perfectly detected, which means that VHF PD measuring technique can be the alternative of UHF PD method.

#### 1. 서 론

GIS의 신뢰성있는 운전을 위해 UHF 센서를 이용한 부분방전 진단이 현장에 널리 적용되고 있으며, 이에 따라 부분방전으로 인한 사고를 상당부분 저감시키고 있다.

UHF 기법을 이용한 부분방전 측정은 GIS 외함에 의한 외부 노이즈가 차단될 뿐 아니라 기체(SF6)에서의 방전에서 매우 높은 UHF 대역의 부분방전 신호가 발생되기 때문에 매우 효과적이라 할 수 있다. 그러나, GIS의 구성물중 하나인 스페이서는 고체절연체이고, 이러한 고체절연체 내의 보이드와 같은 결함에서 발생하는 부분방전의 주파수 대역은 대체로 300MHz 이하로서[1], 국내외에서 일반적으로 적용하고 있는 UHF 부분방전 측정기법으로는 잘 측정되지 않을 수 있는 문제가 있다.

즉, 국내의 경우 대체로 500MHz~1.5GHz 대역에서 UHF 부분방전을 측정하고 있어, 이보다 낮은 주파수 대역에서 주로 발생하는 고체 내 보이드 방전의 경우에는 잘 측정되지 않을 수 있다. 물론, UHF 센서의 설계에 따라 HF 및 VHF 등 보다 낮은 주파수 대역을 측정할 수 있지만, 기본적으로 500MHz 이하의 영역은 측정대역에서 배제시키고 있다.

본 연구에서는 이에 따라 HF 및 VHF 영역을 측정할 수 있는 안테나 센서를 이용하여, GIS 외함의 동대에서 부분방전을 측정할 수 있는지에 대해 검토하였다. 이를 위해 170kV GIS Mockup에서 모의 펄스를 이용하여 부분방전 전파특성을 조사하였다.

#### 2. 본 론

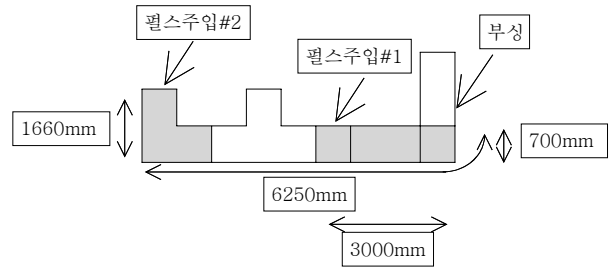
##### 2.1 실험준비

그림 1은 170kV GIS Mockup의 사진이며, 그림 2는 이 시스템에 대한 개념도로서 길이 9440mm 높이 3100mm의 SF<sub>6</sub> Gas를 이용 절연하는 GIS 시스템이다.

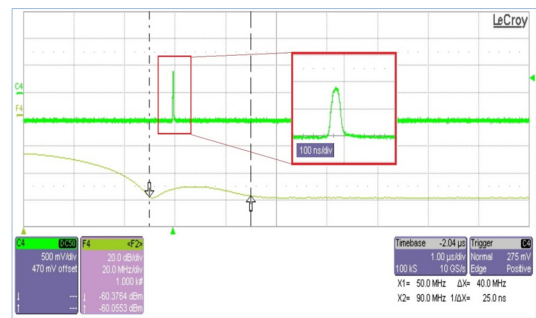


〈그림 1〉 모의 실험용 170kV GIS Mockup

부분방전에 대한 모의는 모의펄스 파형을 이용하였다. 모의펄스 파형은 실제 부분방전을 모의한 것으로 일정한 크기의 파형을 주입하여 신호의 전파특성을 파악하는데 적합한 장점이 있다. 본 연구에서는 함수발생기(Function Generator : FG)를 이용하여 (Rising time 5ns / Pulse width 20ns)의 모의파형을 1V의 크기로 주입하였다. 그림 3은 주입한 모의펄스의 파형을 나타낸 것이다.

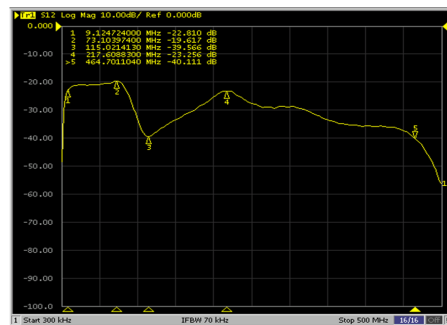


〈그림 2〉 170kV GIS Mockup을 이용한 실험 개념도



〈그림 3〉 5/20 ns의 모의펄스 파형

HF/VHF 대역의 부분방전 측정을 위한 안테나 센서의 주파수 응답특성을 그림 3에 나타내었다. 여러 개의 특성을 갖는 안테나를 조합한 형태로서 115MHz 부근에서 감도가 저하되긴 하지만 460MHz 대역까지 측정이 가능한 것을 알 수 있으며, 9MHz 이하의 저주파 대역은 차단되고 있어 저주파에 위치하는 노이즈 제거에 적합하다. 이 센서는 GIS 외함의 연결부위에 설치된 동대에 걸쳐 부분방전을 측정할 수 있다.



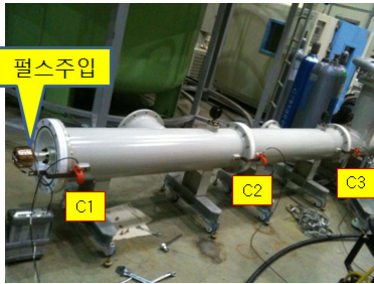
〈그림 3〉 HF/VHF 센서의 주파수 응답 특성

##### 2.2 실험 결과 및 분석

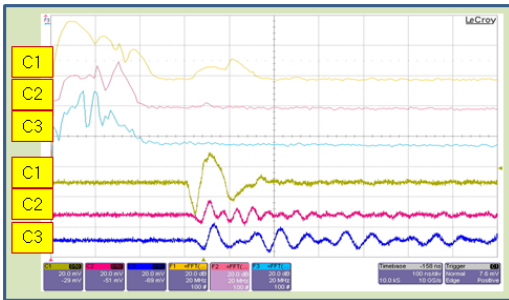
###### 2.2.1 직선+L자 구간

Mockup의 구간을 분리하여 직선구간과 부싱의 L자 구간에 대한 실험을 수행하였다. 그림 4에 나타낸 바와 같이 직선 구간 쪽에서 모의펄스를 주입하고 각 동대에서 3개의 VHF 센서를 이용하여 측정하였다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 위치에 따른 시간차(C1 → C2 → C3)를 확인하였다. 그러나, 스페이서 및 굴곡 등으로 인해 시간차에 따른 정확한 거리 계산은 쉽지 않았다. 한편, 직선 구간인 C2 보다 L자 구간인

C3에서 더 크게 측정되었다. 아울러, 주요주파수 성분은 C2 보다 거리가 먼 C3에서 낮게 나타나고 있다. 이러한 특성은 구간을 길게 하고 L자로 구성된 종단에서 펄스를 주입한 경우에도 동일한 경향으로 나타나고 있다. 즉, 펄스의 도착순서는 위치 순서에 따르지만 펄스의 크기는 거리가 발생원에서 멀지만 L자 구간인 C3에서 보다 크게 나타나는 것을 알 수 있다.



(a) 실험 사진

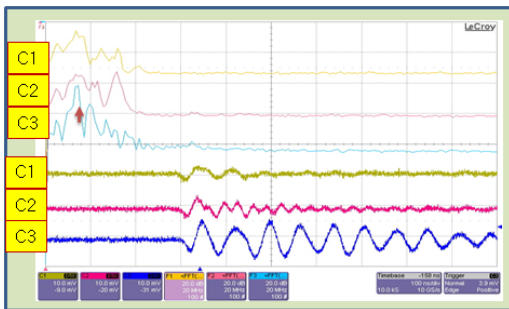


(b) 측정 파형

<그림 4> (직선+L자) 구간의 전파특성 (중간 직선부위 주입의 경우)



(a) 실험 사진

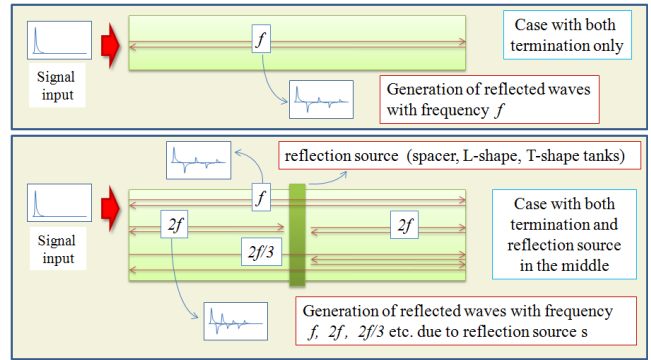


(b) 측정 파형

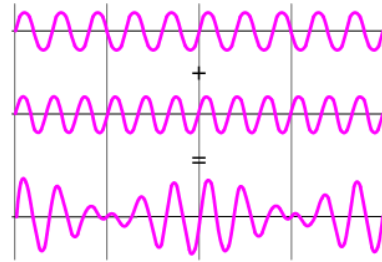
<그림 5> (직선+L자) 구간의 전파특성 (종단 주입의 경우)

그림 4 및 그림 5에서 직선 구간인 C2 보다 L자 구간인 C3에서 더 크게 측정된 이유는 다음과 같이 반사파 및 합성파 효과로 설명할 수 있다. GIS 내의 스페이서, L-자, T-자 및 종단 등에 의해 진행파는 반사되고 이로 인해 다양한 주파수 성분이 도출될 수 있다. 그림 6에 반사파의 개념을 나타내었다. (반사요소 내의 반사는 무시함)

그림 5와 같이 다양한 반사파가 발생되면 이들이 합쳐져 합성파가 발생되며, 그림 6과 같은 맥놀이파가 나타나 파동의 증폭이 발생할 수 있다. 이러한 합성파의 원리에 따라 GIS 내의 스페이서, L-자, T-자 및 종단 등에 의해 발생한 다양한 주파수의 반사파가 서로 중첩되어 맥놀이 현상의 증폭된 파형이 만들어질 수 있으며 주요주파수도 이에 따라 형성되는 것으로 판단된다.



<그림 5> GIS 내 반사요소에 의한 부분방전 펄스의 반사파 개념



$$y_1 = A \cos \omega_1 t \quad y_2 = A \cos \omega_2 t$$

$$y = y_1 + y_2 = A \cos \omega_1 t + A \cos \omega_2 t = 2A \cos \left( \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t \right) \cos \left( \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t \right)$$

<그림 6> 합성파의 개념

### 3. 결 론

본 연구에서는 보이드 방전의 특성이 VHF 대역 이하에서 주로 나타난다는 점에 감안하여 UHF 센서가 갖고 있는 단점을 보완하고자 VHF 센서를 이용하여 GIS 부분방전 측정이 가능한지 모의실험으로 검토하였다. 그 결과, GIS 동대에 설치된 VHF 센서로 충분히 부분방전 펄스를 측정할 수 있음을 확인하였다. 이때, L자 구간에서는 직선구간에 비해 보다 큰 신호가 관측되었으며, 이것은 굴곡부위에서의 반사파 및 합성파 특성으로 판단된다. 아울러, 펄스들의 극성 및 시간차로 위치추정이 가능하지만, 스페이서와 굴곡부위의 반사로 인해 명확한 거리 계산은 어려웠다. 결과적으로 VHF 센서를 이용한 부분방전 측정은 충분히 현장 적용이 가능하며 UHF 센서의 단점을 보완할 수 있는 방안이라 할 수 있다.

본 연구는 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구원 (2009T100100629)주관으로 수행된 과제임.

### [참 고 문 헌]

[1] B.G.Stewart et al, "UHF and IEC60270 Correlation Analysis of Radiated Frequency Band Measurements on Resin Insulation Void Samples", Electrical Insulation Conference and Electrical Manufacturing Expo, 2007