

765 kV 변전소 가스절연개폐장치(GIS)용 UHF 부분방전 센서의 규격과 성능측정

윤진열, 박기준, 구선근, 김성암, 안정식  
한국전력공사

Specification and performance test of the UHF PD sensor for GIS in 765 kV substations

Jin Yul Yoon, Kijun Park, Sun-geun Goo, Sung Am Kim, Jung Sik Ahn  
Korea Electric Power Corporation

**Abstract** - 건설 중인 한국전력공사 765 kV 신대백 및 신가평변전소 GIS에 적용한 UHF 부분방전 센서의 사양을 제시하고 이에 대한 설명을 하였다. 또한 765 kV GIS에 센서를 취부하여 시험을 통해 센서의 주파수 특성시험과 감도 특성시험을 하였다. 아울러 센서성능을 측정하는 데에 필요한 장치와 회로를 보였고 시험결과를 이용하여 한전 사양을 충족시키는 방안을 제시하였다.

1. 서 론

한국전력공사는 건설 중인 765 kV 신대백 및 신가평 변전소에 시설할 가스절연개폐장치(GIS)에 예방진단기능을 갖춘 계획이다. 이를 위해 765 kV 변전소용 예방진단 시스템에 대한 구매사양을 확정하바 있으며 또한 부분방전 센서가 취부된 GIS의 사양도 확정하 바 있다. 그 외에도 한국전력은 345 kV급 이하 변전소 GIS에도 예방진단 기능을 확대하여 적용할 것을 검토하고 있다. 본 논문에서는 한국전력 765 kV 변전소 GIS에 적용한 부분방전 검출용 UHF(Ultra-high frequency) 센서의 주요사양을 제시하고 센서에 요구되는 성능에 대한 시험방법과 시험결과를 제시함으로써 국내 관련업무 종사자들의 이해를 돕고자 하였다.

2. 본 론

2.1 UHF 부분방전 센서의 주요 사양

한국전력 765 kV 변전소의 GIS 구매사양에 제시된 UHF 부분방전 센서의 규격에는 여러 가지 항목이 있으나 이 중에서 중요한 부분을 명시하면 아래와 같다[1].

- (1) GIS 부분방전 상시감시 장치에 적용하는 부분방전 센서는 내장형을 갖추도록 함으로써 검출감도가 높고 노이즈로부터의 영향을 최소화 하였다. 또한 센서를 GIS 제작사에서 공급하도록 함으로써 센서가 설비고장 요인으로 작용하지 않도록 하는 한편 설비에 대한 책임한계를 단순하고 명확하게 하였다.
- (2) 센서가 검출해야하는 전자파 신호는 300 ~ 3,000 MHz 범위에서 밴드 폭은 1,000 MHz 이상으로 하였다. 즉, 주파수 범위는 UHF 대역에서 선택하도록 하되 밴드 폭은 연속하여 1,000 MHz 이상이 되도록 하였다. 국내의 UHF 부분방전 측정장비의 개발동향 등을 감안할 때 주파수 범위는 보다 축소시킬 필요가 있다.
- (3) 센서의 감도는 센서와 센서사이 전 구간에서 IEC 60270에 의한 결보기 방전 크기 10 pC의 방전이 발생시 1 GHz 밴드폭에서 0.01 μW (= -50dBm) 이상의 출력을 가지도록 하였다. 검출감도 기준 10 pC은 IEC의 GIS 시험기준과 CIGRE 추천치를 고려하고 GIS 내 미세결함이 갖는 방전량 크기를 고려하여 결정하였다
- (4) 변전소 내 각종 썬지로부터 부분방전 감시장치를 보호하기 위해 센서에 과전압 보호장치를 구비하도록 하였다. 따라서, 센서의 출력 크기는 과전압보호장치가 취부된 조건에서 측정값을 말한다.
- (5) 센서의 감도시험은 CIGRE TF 15/33.03.05에서 제시

한 방법 또는 이와 동등한 방법으로 하되 10 pC 이하를 검출하도록 하였다. CIGRE TF에서는 검출감도를 5 pC 이하를 제시하고 있다.

(6) 센서에 연결되는 신호처리장치 사양에는 최소검출신호는 - 55 dBm(= 0.003 μW) 이하이므로 센서 공급자와 신호처리장치 공급자가 서로 다를 경우 상호 협의하여 센서를 포함하는 상시감시 장치의 사양을 충족시키도록 하였다. 최소검출감도 - 55 dBm은 센서에서 검출된 신호가 신호처리장치까지 전송되는 과정에서 손실을 최대 5 dB를 감안하였다.

이상에서 설명한 센서 사양은 한국전력공사의 변전소 운영체제와 국내 GIS 제작사의 제작환경 등을 고려하여 연구결과에 의해 결정되었다.

2.2 센서 성능시험 방안

2.2.1 시험장치 구성

765 kV GIS에 내장할 센서의 감도를 측정하기 위하여 구성된 회로는 그림 1과 같다. 안정된 부분방전 신호를 얻기 위해 알루미늄 볼을 이용한 부분방전 발생장치(rolling ball type PD cell)를 사용하였다. PD cell에 교류전압을 인가하면서 IEC 60270형 부분방전 검출기(Robinson 803/906)로 측정하여 10 pC의 방전이 발생하도록 하였다. 교류인가 전원으로는 Hipotronics 정격 50 kV 전원장치를 사용하였다. PD cell은 그림 1과 같이 길이가 약 6 m의 단일 도체형 800 kV GIS 챔버 한쪽 끝부분 가까이 바닥 중앙에 설치하였고, 부분방전 신호를 검출하기 위한 내장형 센서는 챔버의 측면에 배치함으로써 챔버의 단면을 기준으로 할때 PD cell과는 90도 각도를 이루도록 하였다. 측정에 사용한 센서는 국내에서 제작된 센서를 임의 선정하였으며 그림 2는 본 측정에 사용한 챔버와 내장형 센서의 사진이다. 그림 3은 rolling ball type 부분방전 발생장치 사진이다.

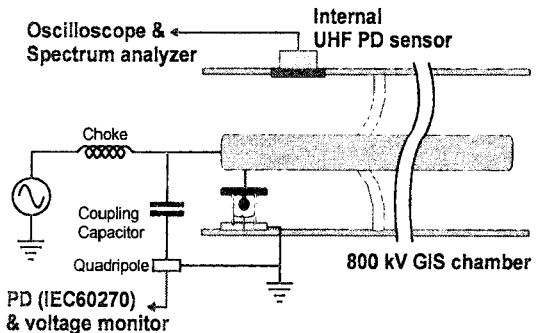


그림 1. 800 kV GIS용 내장형 센서 감도측정을 위한 회로 구성 개념도.

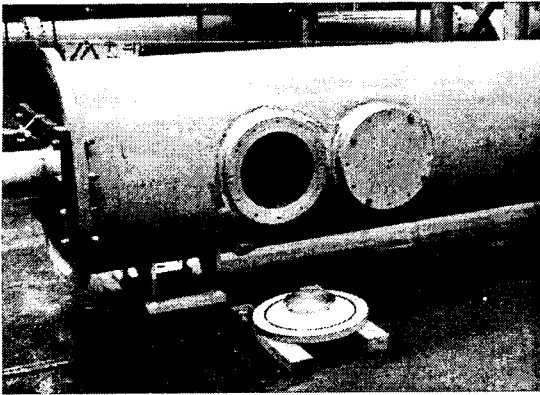


그림 2. 800 kV GIS 챔버와 내장형 센서.

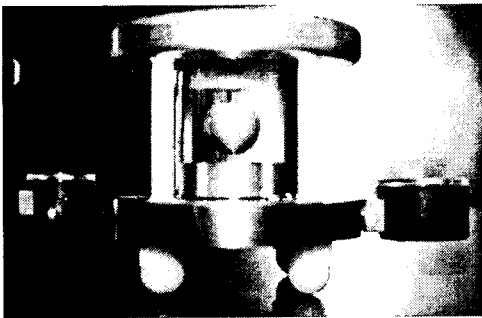


그림 3. rolling ball type 부분방전 발생장치.

### 2.2.2 센서의 주파수 분포특성

센서의 주파수 분포특성을 알기 위해 센서에서 검출된 부분방전 신호의 주파수 분포를 스펙트럼분석기(Rohde & Schwarz, FSP7)를 이용하여 측정하였으며 그 결과를 그림 4에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 500 ~ 1,500 MHz 대역에서 신호가 주로 검출되고 있음을 알 수 있다. 그림 4는 스펙트럼분석기가 갖는 영상대역폭(video bandwidth)의 한계 때문에 정확한 출력이 측정되지 않았다.

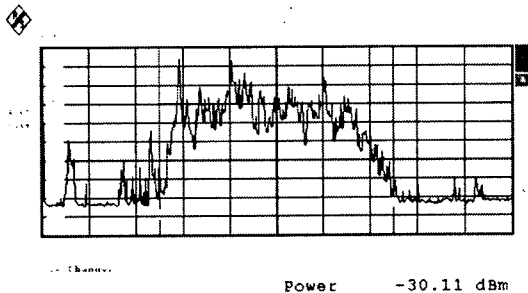


그림 4. 내장형 센서의 주파수 분포 특성.

### 2.2.3 센서의 출력 측정

센서의 출력은 오실로스코프(Tektronix, TDS 7404, 20Gs/s)를 이용하여 PD cell에서 발생한 10 pC의 부분방전에 의해 검출된 신호를 측정하였다. 그림 5는 시간

영역에서 측정된 파형(그림에서 표시3)과 이 파형을 주파수 영역으로 표시하였고 전력 계산치(그림에서 표시 M1)와 에너지(그림에서 표시M3)도 표시하는 등 4개의 파형을 동시에 보이고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 최대출력은  $64.7 \mu\text{W}$  ( $= -11.9 \text{ dBm}$ )로 측정되었다.

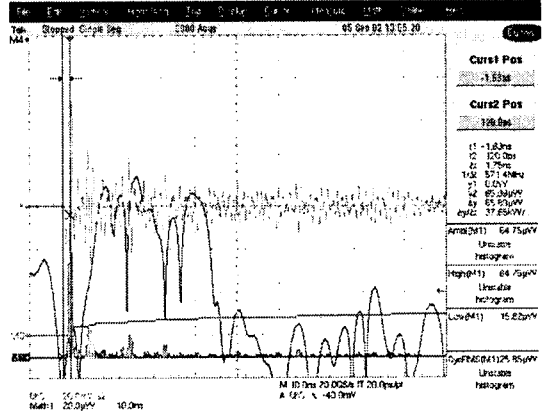


그림 5. 센서의 출력파형 (표시3: 시간영역 파형, 표시 없음: 주파수 영역 파형, 표시 M3: 에너지 파형, 표시 M1: 출력 파형).

### 2.3 측정결과 검토

그림 4와 그림 5에서 보듯이 시험대상 센서의 성능은 사양에서 제시한 주파수 밴드 폭인 1,000 MHz (500 ~ 1,500 MHz) 범위에서 우수한 감도를 보이고 있으며 최대출력은  $-11.9 \text{ dBm}$ 이다. 따라서 시험대상 센서는 전자기파가 GIS 내부를 전파하면서 수반되는 전파손실을 고려하여 사양에서 제시한 출력치 - 50 dBm 이상을 보일 수 있도록 센서를 최적으로 배치함으로써 한전 사양을 충족시킬 수 있다[2].

## 3. 결 론

본 논문에서는 건설 중인 한전 765 kV 변전소에 설치할 GIS 부분방전 센서의 주요 기술사양을 제시하고 765 kV GIS에 설치 예정인 센서를 임의로 선정하여 성능을 측정하고 결과를 제시하였다.

현장 GIS와 동일한 규격의 GIS 챔버에 현장과 유사한 조건으로 센서를 취부함으로써 센서가 현장에서 실제로 갖게 될 부분방전 검출성능과 가깝게 나타내도록 하였다. 이를 위해서는 부분방전 발생장치로 rolling ball type PD cell을 이용함으로써 안정된 방전을 발생시킬 수 있었으며 방전량도 동시에 측정함으로써 보다 정밀한 측정이 가능하였다.

스펙트럼 분석기를 사용하여 시험대상 센서의 주파수 특성을 측정한 결과 1,000 MHz 이상의 대역폭을 확인할 수 있었으며 스펙트럼 분석기를 이용하는 방법이 적절함을 알 수 있었다.

센서출력은 오실로스코프를 이용하여 시간영역에서 방전파형을 측정함으로써 최대출력  $-11.9 \text{ dBm}$ 에 달하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 센서출력을 측정하기 위해서는 스펙트럼 분석기보다는 오실로스코프가 보다 정확함을 확인할 수 있었다.

앞으로 UHF 부분방전 센서를 한전현장에 확대 적용할 경우 센서 대량수요가 예측되며 관련업체 수자도 확대될 것으로 전망된다. 현재의 한전 사양서는 부분방전 상시감시 장치와 내장형 센서를 분리하여 발주하는 방식

이므로 이에 따른 센서 사양 일부를 수정하기 위한 추가 연구가 필요할 것으로 전망된다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 윤진열, 박기준, 구선근, "GIS 부분방전 검출기술 연구(최종 보고서)", 한전 전력연구원, pp93-95, 2002. 10
- [2] 구선근, 박기준, 윤진열, "GIS용 UHF 부분방전 검출장치의 감도 측정법", 대한전기학회 하계학술대회 논문집 C 권, p1558, 2001. 7