

초광대역과 단일주파수(협대역) UHF 부분방전 검출기법 비교

박기준, 구선근, 윤진열  
전력연구원 전력계통연구실

Ultra-wide bandwidth versus narrow bandwidth PD detection techniques for UHF partial discharge monitoring system

Kijun Park, Sun-geun Goo, and Jin-yul Yoon  
Korea Electric Power research Institute, Daejeon, 305-380

Abstract - Ultra-wide bandwidth (UWB), narrow bandwidth (single frequency), and a combination of both technologies have been studied for the ultra-high frequency (UHF) partial discharge (PD) monitoring system as a detection scheme. We have experimentally compared those detection methods using a mock-up of 362 kV class single phase gas-insulated switchgear (GIS) and a stable PD source. A rolling-ball type PD cell that produces PDs of about 10 pC, is placed at one end of the GIS. An internal UHF PD sensor was attached several meters away from the PD source. The PD spectrum was measured up to 3 GHz. A useable bandwidth of more than 1 GHz was used to measure UWB signals from the PD. To simulate the narrow bandwidth scheme a bandwidth of 100 kHz centered at several different frequencies was used.

10 pC의 방전량을 갖는 PD를 발생한다. 이때의 방전량은 IEC60270형 측정기 (Robinson, DDX7000)로 측정하였다. PD cell은 그림 1과 같이 약 7 m 길이의 단상 362 kV GIS와 동일한 규격의 모형 GIS 한쪽 끝에 설치하였다. PD 측정센서로 전력연구원에서 제작한 362 kV 단상 GIS용 내장형 UHF 센서를 이용하였다. 센서에서 포착된 신호는 동축 전송선을 통해 광대역 오실로스코프 또는 주파수 분석기로 측정하였다.

1. 서론

변전소에 설치된 다양한 가스절연 전력기기 (Gas-insulated switchgear, GIS) 감시용 극초단파 (Ultra-high frequency, UHF) 부분방전 (Partial discharge, PD) 감시 장치의 부분방전 검출 기법으로 초광대역 (Ultra-wide bandwidth, UWB) 검출기법 또는 단일 주파수 협대역 (Narrow bandwidth, NB) 검출기법 또는 두개의 복합 기술이 사용되고 있다 [1-4]. 본 논문에서는 UWB와 NB 검출 기술을 각각 적용하여 동일한 PD를 측정하고 성능을 비교하였다. 비교 실험을 위하여 362 kV 급 단상 GIS 모형의 한쪽 끝 부분에 rolling-ball 형 부분방전 발생장치를 설치하고 여기서 발생된 신호를 다른 한쪽 끝에 설치된 내장형 UHF PD 센서에서 측정하였다. 센서의 출력을 주파수분석기 또는 오실로스코프를 이용하여 측정하였다. 먼저 3 GHz까지의 부분방전 주파수 특성을 측정하고, UHF 주파수 영역에서 1 GHz 이상의 대역폭을 갖는 초광대역 검출 기법과 특정 주파수에서 좁은 (~100 kHz) 대역폭을 갖는 협대역 검출기법을 적용하여 PD를 측정 하였다. 다양한 주파수와 대역폭으로 측정된 데이터를 비교 분석 하였다.

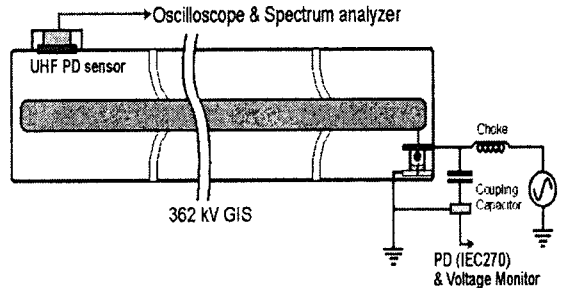


Fig. 1. Experimental set-up for a mock-up 362 kV GIS with an internal UHF sensor and a PD cell. (See text for details).

2.2 PD cell의 PD 주파수 분포 측정

PD cell에서 발생된 PD가 내장형 센서에서 검출된 주파수 특성을 알기 위하여 스펙트럼 분석기 (Rohde and Schwarz, FSP7)를 사용하여 5 - 3000 MHz 대역에서 주파수 분포를 측정 하였다. 그림 2와 같이 300 - 3000 MHz 사이에서 PD에 의한 신호를 관측할 수 있었다. 간헐적으로 발생하는 particle-type PD를 측정하기 위하여 약 3000 주기동안 측정값의 최고값을 누적하였다. 그림 2와 같이 측정된 PD의 주파수 특성은 실험에 사용된 PD Cell의 방사 효율 특성, GIS의 전송손실 특성과 센서의 주파수 특성에 의한 복합 효과에 의한 전체 system의 주파수 특성이다 [5]. 그림 2의 아래쪽에 표시된 trace는 같은 조건에서 측정된 주변 잡음이다. 880 MHz 대와 1850 MHz 대역에서 이동전화/PCS 기지국 신호를 관찰할 수 있으며 0 - 800 MHz 대역에서는 UHF/VHF TV, FM 등 방송신호를 볼 수 있다. 이러한 주파수대역은 많은 시간 동안 일정한 신호가 존재하므로 NB PD 측정용 주파수로는 적합하지 않다.

2. 본론

2.1 실험장치 및 구성

안정된 부분방전을 얻기 위하여 약 1 mm 크기의 알루미늄 구슬이 투입된 부분방전 발생장치 (rolling-ball type PD cell)를 사용하였다. PD-free 변압기를 사용하여 약 15 kV의 전압을 PD cell에 인가했을 때 약

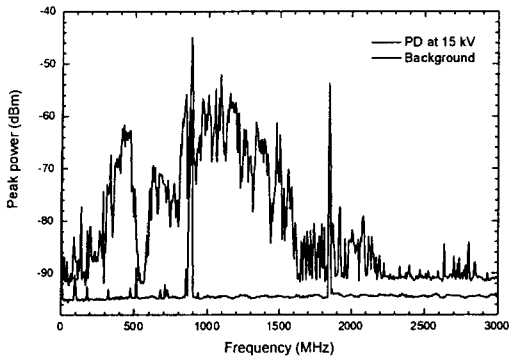


Fig. 2. Spectral distribution of the PD signal detected at the sensor.

### 2.3 UWB PD 측정

전형적인 UHF PD 측정에 이용되는 방법인 UWB PD 측정을 위하여 대역폭이 1 GHz 이상인 오실로스코프 (Tektronix, TDS7104, 10 GS/s)를 사용하여 인가전압 위상에 대한 PD 신호를 측정 하였다. 간헐적으로 발생하는 particle-type PD에 의한 신호를 검출하기 위하여 측정값을 500 주기 동안 누적하였다. 그림 3은 500 주기 동안 누적 측정한 PD cell의 부분방전형태이다. 그림에서 배경으로 보이는 Sine 파형은 PD cell에 인가한 전압의 위상이다.

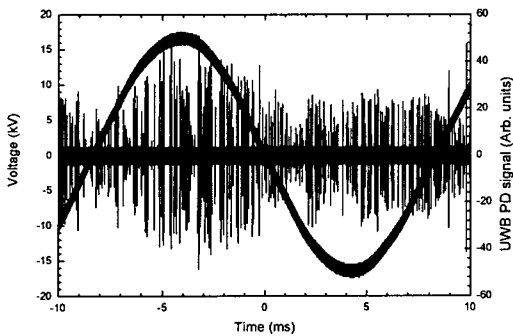


Fig. 3. The PD signal measured with a bandwidth > 1 GHz. Envelope of PD signal for 500 cycles was detected. The background shows applied voltage at the PD cell.

### 2.4 단일 주파수에서 NB PD 측정

특정 주파수에서 NB 측정을 용이하게 하기 위하여 주파수 분석기의 Zero-span mode를 이용하고 해상대역폭은 100 kHz로 조절하였다. 주파수 분석기의 중간 주파수 출력 신호를 대역폭 20 MHz의 오실로스코프를 이용하여 특정 주파수에서 100 kHz 대역폭으로 PD를 측정하였다. 오실로스코프는 UWB 측정때와 같이 모든

측정 주파수에서 500 주기 동안 측정값을 누적하였다. 그림 4 ~ 9는 500 MHz에서 2800 MHz 사이의 특정 주파수에서 관측한 NB PD 신호의 측정 결과이다. 그림에서 배경으로 보이는 Sine 파형은 PD cell에 인가한 전압의 위상이다. 그림 5, 7, 8에서는 먼저 측정된 UWB PD 신호와 비슷한 결과를 얻었으나 주파수에 따라 PD 신호의 전체적인 크기는 2~3 배 차이를 보였다. 이것은 사용된 센서의 주파수에 대한 감도 차이와 실제 PD 신호의 방사 효율 때문이라 생각된다. 특히 2720 MHz에서 측정된 PD 신호는 그 크기가 1300 MHz일때 보다 10 배 이상 적게 관측되었는데 이것은 PD cell의 방사 효율 저하와 낮은 센서의 감도 때문이라 생각 된다 (그림 9). 그림 4는 564 MHz에서 측정된 결과이며 여기서 PD 신호는 주변 잡음의 크기와 비슷하거나 적게 측정되었다. 이 경우 외부에서 PD 신호의 존재 유무를 알 수 없으므로 564 MHz는 그림 1과 같은 실험 조건에서는 NB PD 검출용 주파수로 적합하지 않다. 그러나 그림 5와 같이 주파수를 약간만 변화하면 적절한 크기의 PD 신호를 측정 할 수 있다.

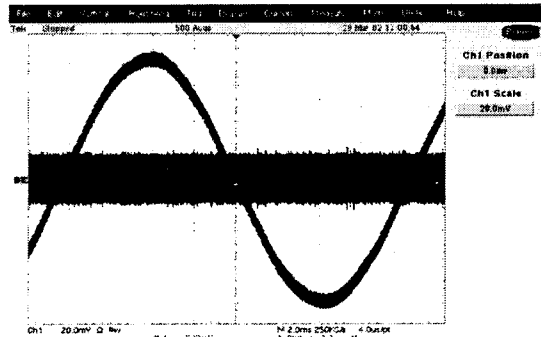


Fig. 4. PD signal at 564 MHz (20 mV/division). Signal to noise ratio is below 1.

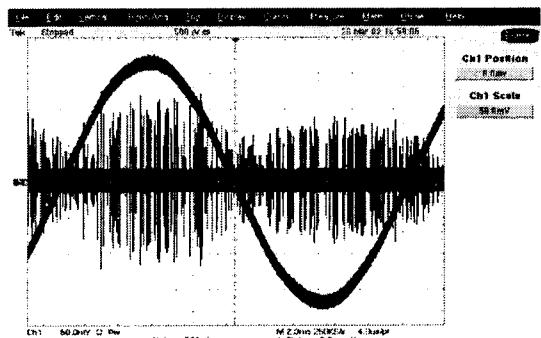


Fig. 5. PD signal at 590 MHz (50 mV/division)

그림 6은 882 MHz에서 측정된 신호이다. 그림 2에서 본것과 같이 휴대전화용 기지국 신호가 매우 강하게 측정되었다. 국내의 경우 840 ~ 900 MHz 대역은 휴대전화기와 기지국에서 사용하고 있어서 넓은 지역에서 항상 강한 신호를 수신 할 수 있으므로 NB PD 검출용 주파수로 사용하기엔 적합 하지 않다. 그러나 그림 7과 같이 주파수를 약간만 변화하면 외부 잡음이 사라지고 PD를 측정 할 수 있다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 UHF 대역에서 UWB 검출 방법과 NB검출 방법을 이용하여 362 kV급 GIS에서 발생된 PD를 측정하고 각각의 특성을 비교 하였다. UWB 방법으로 UHF 대역에서 전형적인 UWB-UHF PD 신호를 얻을 수 있다. NB 방법의 경우 적절한 주파수를 선택 하여야 PD 신호를 얻을 수 있으나 주파수에 대해 PD 신호강도는 ~10 배 차이를 보였다. 비록 NB 기법은 저렴한 비용으로 손쉽게 적용이 가능하나 적용 GIS의 조건에 따라 적절한 주파수를 선택하여야 하므로 범용 UHF PD 측정기기에 적용에는 다소 무리가 있다. 특히 본 연구에서 사용된 GIS와 센서의 구조에서는 564 MHz와 같은 특정 주파수는 PD 측정용으로 사용하기 곤란하며 특히 이동전화 기지국 주파수 영역이나 다른 방송파가 수신되는 주파수 대역은 사용할 수 없다.

광대역 검출기법인 UWB 방법은 UHF 주파수 영역에서 충분히 넓은 주파수 영역을 측정하는 특성 때문에 비교적 고가의 광대역-고속 측정기기를 필요로 한다. 그러나 적절한 대수증폭기와 영상 검출기를 활용하면 NB PD와 같이 느린 데이터 취득 장치를 적용하여 저렴한 비용으로도 측정기기를 구성 할 수 있다 [6]. 또한 측정 방법의 광대역 특성으로 적용되는 GIS 전과전파 특성에 의한 PD 신호의 강도 차이를 줄일 수 있다. 또한 UWB 방법은 도착 시간차 측정 기법을 활용하여 PD의 위치 측정도 할 수 있으므로 적용 위치가 다양한 범용 UHF PD 측정기기에 적합한 검출 기법이다.

#### (참 고 문 헌)

- [1] 윤진열, 박기준, 구선근, "GIS 부분방전 검출기술연구," Technical Memo, TM.98PJ04.M2001.142, 전력연구원, 2001.
- [2] R. Feger, K. Feser, and P. Pietsch, "Partial Discharge Classification in GIS using the narrow-band UHF method," High Voltage Engineering, 1999. Eleventh International Symposium on (Conf. Publ. No. 467), Vol. 5, 1999, pp. 33-36.
- [3] J. P. Zondervan, E. Gulski, J. J. Smit, T. Grun, M. Turne, "A new multi-purpose partial discharge analyser for on-site and on-line diagnosis of high voltage components," High Voltage Engineering, 1999. Eleventh International Symposium on (Conf. Publ. No. 467), Vol. 5, 1999, pp. 348-351.
- [4] S.M. Neuhold, M. L. Schmatz, M. Hassig, M. M. Spuhler, G. Storf, "Combined broad and narrow band multichannel PD measurement system with high sensitivity for GIS," High Voltage Engineering, 1999. Eleventh International Symposium on (Conf. Publ. No. 467), Vol. 5, 1999, pp. 152-155.
- [5] 구선근, 박기준, 윤진열, "가스절연개폐장치용 UHF 부분방전 검출장치의 새로운 감도 측정방법," Trans. KIEE, Vol. 50C, No. 9, 2001, pp. 450-455
- [6] 박기준, 구선근, 윤진열, "UHF 부분방전 감시장치를 위한 초관대역 검출장치 개발 및 특성조사," 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2002.

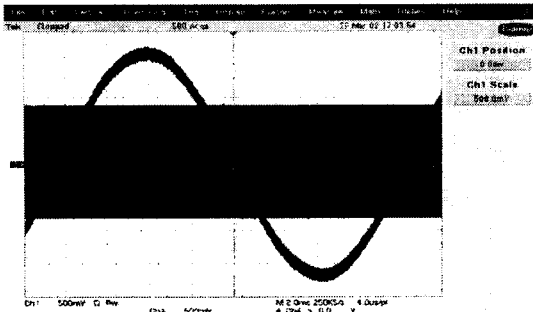


Fig. 6. PD signal at 882 MHz (500 mV/division). The cellular phone base station signal was detected all the time.

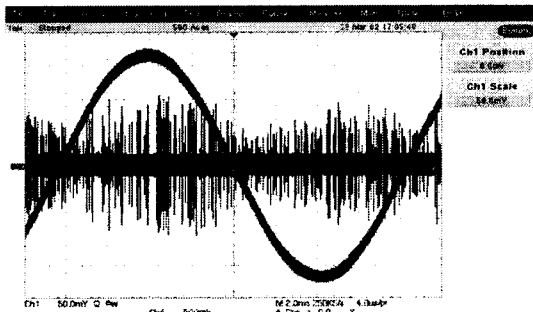


Fig. 7. PD signal at 860MHz (50 mV/division).

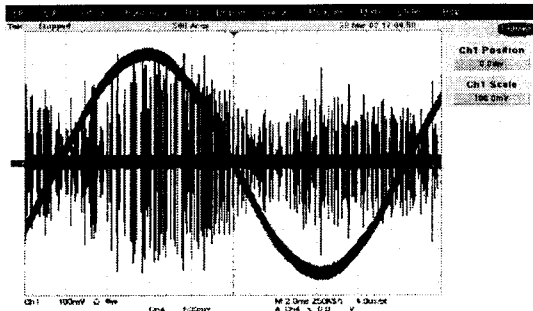


Fig. 8. PD signal at 1300 MHz (100 mV/division)

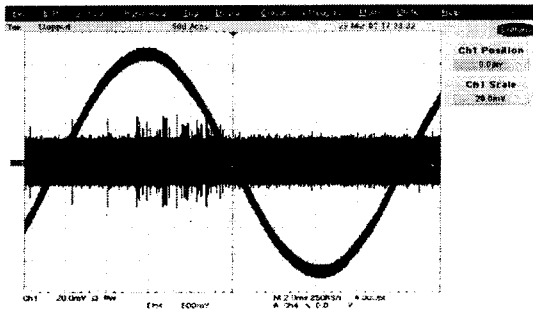


Fig. 9. PD signal at 2720 MHz (20 mV/division)