

극초단 (UHF) 부분방전 전류 측정

박기준*, 구선근, 윤진열
전력연구원, 전력계통연구소

Ultra-fast measurement of partial discharge current

Kijun Park*, Sun-geun Goo, Jin Yul Yoon,
Power System Laboratory, Korea Electric Power Research Institute, Taejeon 305-380, Korea

Abstract - 국내최초로 5 GHz 이상의 대역폭을 갖는 초고속 파형 측정장치를 이용하여 수 pC의 부분방전이 발생할 때의 전류를 측정하였다. 상용 GIS 환경과 유사한 SF₆ 가스로 절연된 부분방전발생 장치를 제작하였다. 장치 내부에 작은 금속 이물질을 투입하고 부분방전을 발생시켰다. 부분방전시의 전류는 전압분배기와 전류프로브에서 측정되었다. 전류의 상승시간은 약 80 ps 이었고 반치폭은 약 105 ps 이며 이때의 방전량은 60 pC로 측정되었다. IEC270 방법에 의한 측정에서는 7 pC으로 측정되었다.

제작되었다.

1. 서 론

Ultra-high Frequency (UHF) 부분방전 검출기술은 가스로 절연된 고전압기기에서 부분방전으로부터 발생한 UHF 대역의 전자파를 검출하여 부분방전의 위치와 특성에 관한 정보를 제공한다. [1, 2] Gas-insulated switchgear (GIS)와 같이 비교적 높은 압력의 가스로 절연된 고전압 기기에서 부분방전이 발생할 때는 매우 빠른 상승시간 (rise time)을 갖는 전류가 흘러 방전이 발생한다. 이때 전류의 상승시간과 발생하는 UHF 신호는 밀접한 상관관계를 가지고 있다. 또한 이때 발생한 방전량은 낮은 대역폭을 갖는 부분방전 량 측정장치에서 얻은 값과 많은 차이를 가질 수 있다. [3-5]

지금까지 보고에 의하면 SF₆ 가스로 절연된 기기에서 부분방전이 발생하면 10⁻⁹ 초 이하의 상승시간을 갖는 전류를 검출 할 수 있었다. 본 논문에서는 국내 최초로 4 GHz 이상의 대역폭을 갖는 전류 측정장치를 구성하고 가스절연 상태에서 미소한 부분방전을 발생시켜 그때의 실제 방전량을 산출 하였다. 또한 전통적인 (IEC270) 방법을 적용하여 이때의 부분방전을 측정하였다.

2. 본 론

2.1 실험장치구성 및 실험방법

부분방전을 발생하여 이때 발생한 전류를 정확히 측정하기 위해서 그림 1과 같이 실험 장치를 구성하였다. 적절한 방전량을 얻기 위하여 그림 1과 같이 particle cell을 설계하였다. 방전량 발생장치로 particle cell을 사용한 이유는 방전량 크기의 변화폭이 적고 방전이 비교적 간헐적으로 발생하므로 방전 펄스의 선택이 용이하기 때문이다. 적절한 (< 10pC) 방전을 발생시키기 위해서 적절한 크기의 금속구를 준평판 전극에 투입한 후 약 5 kg/cm²의 SF₆ 가스를 충전하고 약 10 kV의 전압을 구전극에 인가하였다.

광대역 전류 파형을 측정 할 수 있도록 방전 셀의 준평판 전극의 중심부를 절연하였다. 이때 도체와 절연체의 크기는 SMA 코넥터와의 임피던스 정합을 고려하여

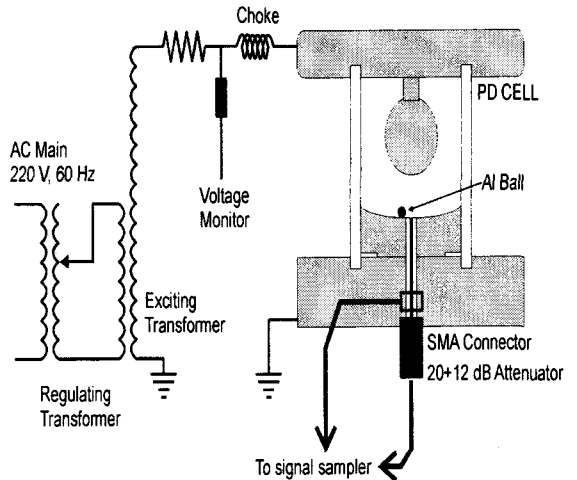


Figure 1. Experimental set-up. Partial discharge cell was filled with SF₆ gas at 5 kg/cm² and a 1.5 mm diameter aluminum ball was used as a particle.

방전셀의 준평판전극 중심부에서 방전한 전류파형은 20 dB 및 12 dB 감쇠기 (BW > 18 GHz)를 거쳐 동축선으로 전송되어 오실로스코프 (BW = 4 GHz, TDS-7404, Tektronix)에서 측정되고 저장되었다. 정확한 전류의 크기를 산출하기 위하여 약 2 GHz 대역폭을 갖는 교정된 전류 프로브를 중심전극에 삽입하여 감쇄기를 거친 전류와 비교하였다. 또한 이때의 방전량은 IEC270 권고안에서 제시한 전통적인 방법으로도 측정하였다.

2.3 측정장치의 상승시간 확인

오실로스코프와 측정선 및 감쇠기의 계통 상승시간을 알기위하여 그림 2와 같이 알려진 펄스를 인가하여 전체 계통의 상승시간을 산출하였다. 그림 2에서 12.5 GHz 펄스 발생기(MP1767A, Anritsu)에서 나온 펄스는 (상승시간, tr = 28 ps) 실제 측정에 사용된 감쇠기와 동축선을 거쳐 오실로스코프로 입력된다. 펄스 발생기에서 발생된 신호의 상승시간은 sampling 스코프 (대역폭 40 GHz, tr = 17.5 ps, 83480A, 83485, HP)로 확인하였다.

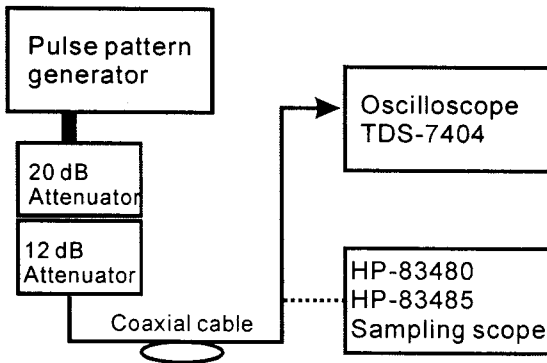


Figure 2. Measurement system bandwidth and rise time verification set up. The SMA type connections and phase stable cable was used.

그림 3은 약 28 ps 상승시간을 갖는 펄스를 이용하여 실험에 사용한 그림 2의 오실로스코프 및 신호선에서 얻은 전압파형이다. 그림 3에서 구한 측정시스템의 상승시간(10% - 90%)은 약 102 ps 이며 사용된 동축 신호선의 종류에 따라 약간 변화한다.

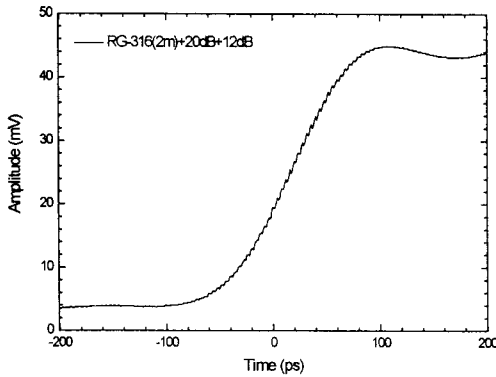


Figure 3. Measured voltage waveform of the pulse train from the pulse generator. The measured risetime of the pulse is 102 ps.

2.4 부분방전 전류 파형 및 방전량

그림 4의 점선은 PD cell에 10 kV의 전압을 인가하여 얻은 부분방전 전류 파형이다. 측정된 파형의 상승시간은 약 130 ps 이며 측정시스템의 상승시간을 고려하면 실제 전류의 상승시간은 81 ps 이다. 이때의 반치폭은 140 ps 이고 전류파형으로부터 계산된 방전량은 약 70 pC 이다. 측정시스템의 주파수 특성을 고려하여 측정된 데이터를 deconvolving 하여 그림 4의 실선으로 표시된 전류 파형을 얻었다. 측정시스템의 주파수특성을 고려한 전류파형의 반치폭은 약 105 ps 이고 이때의 방전량은 약 60 pC 이다.

같은 조건에서 IEC270 권고안에서 제시한 전통적인 방법(6)으로 측정된 방전량(apparent charge)은 7 pC 이고 이 값은 그림 1과 같은 광대역 측정장치를 이용한 측정값과 큰 차이를 보인다. 이는 전통적인 결보기

방전량 측정기기의 대역폭을 고려하지 않은 교정오차 때문이라 생각된다.[7]

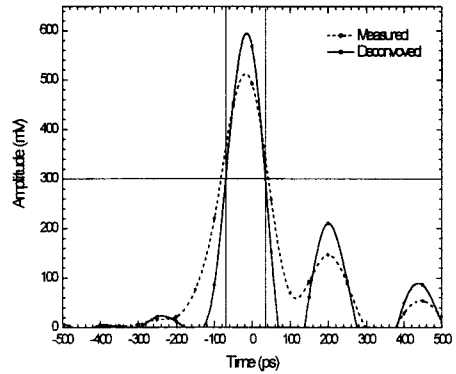


Figure 4. Measured current waveform for the partial discharge pulse in the PD cell shown in Figure 1.

그림 4와 같이 측정된 전류파형을 Fourier 변환하여 얻은 주파수 스펙트럼을 그림5에 보였다. 본 실험에서 사용된 측정장치의 대역폭은 5 GHz 이상임을 알 수 있다.

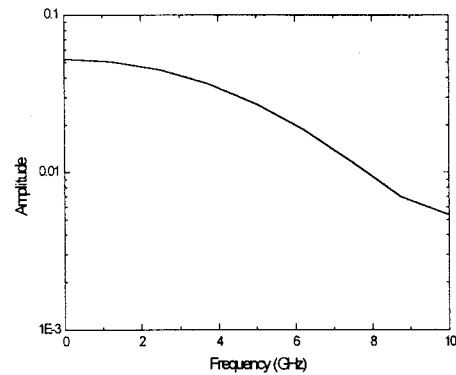


Figure 5. Frequency spectrum of the deconvolved current waveform shown in Figure 5. The 3 dB bandwidth exceeds 5 GHz.

3. 결 론

국내최초로 5 GHz 이상의 대역폭을 갖는 초고속 파형 측정장치를 구성하여 상용 GIS 환경과 유사한 SF₆ 가스로 절연된 부분방전발생 장치에서 수 pC의 부분방전이 발생할 때 전류를 직접 측정하였다. 일정한 크기의 방전을 발생하기 위하여 발생 장치 내부에 작은 금속구를 투입하였다. 부분방전시의 전류는 교정된 전류프로

브와 대역폭 18 GHz인 전압분배기로 측정되었다.

10 kV의 전압을 인가하였을 때 측정계통의 상승시간을 고려한 부분방전 전류의 상승시간은 약 80 ps 이었고 반치폭은 약 105 ps 이며, 방전량은 60 pC로 측정되었다. 가스로 절연된 고전압기기에서 작은 부분방전이 발생할 때의 전류파형을 직접 측정하고 전류의 상승시간이 수십 ps임을 확인 하였다.

동일한 부분방전의 IEC270 방법에 의한 측정에서는 7 pC 으로 측정되었다. 약 10배 정도의 큰 측정량 차이는 전통적인 방전량 측정기기의 대역폭을 고려하지 않은 교정오차 때문이라 생각된다

[참 고 문 헌]

- [1] 구선근, 박기준, 윤진열, GIS 부분방전 검출기술연구 1차년도 중간보고서, 전력연구원, TM98PJ04.M2001.166, 2001. 4.
- [2] 박기준, 구선근, 윤진열, "362 kV GIS 내부 이물질 운동에 의한 UHF 부분방전신호 검출," 대한전기학회 추계학술대회 논문집, 2000. 11.
- [3] G. Wanninger, "Discharge currents of free moving particles in GIS," 10th Int. symposium on high voltage Eng., 1997.
- [4] M. D. Judd and O. Farish, "High bandwidth measurement of partial discharge current pulses," IEEE Int. symp. on Electrical Insulation, Washington, U.S.A. 1998.
- [5] S. M. Neuhold, H. R. Benedickter, M. L. Schmatz, "A 300V Mercury switch Pulse Generator with 70 psec risetime for investigation of UHF PD signal transmission," IEE Int. symp. on High-Voltage Eng., 1999.
- [6] IEC-Publ. 270, Partial discharge measurements, 1981.
- [7] G. Wanninger, "Apparent Charge Measurement in GIS by Diagnostic Methods," ETEP Vol. 7, No. 4, pp251-255, 1997.