

가스절연 개폐장치의 결함별 부분방전 신호 특성

구선근, 임재섭, 박기준, 윤진열  
한국전력공사 전력연구원

Characteristics of Various PD Signatures due to Defects in GIS

Sun-geun Goo, Jae Sup Lim, Kijun Park, and Jin-yul Yoon  
Power System Laboratory - Korea Electric Power Research Institute

**Abstract** - 가스절연개폐장치에서 발생하는 사고를 예방하기 위해서는 방전 위치 및 방전원인을 방전신호로부터 유추하는 것이 핵심 기술이다. 본 논문에서는 다양한 방전원에 대한 신호 유형을 정리하고 방전원별 특성을 추출하여 실제 부분방전 발생시 방전원을 쉽게 유추할 수 있도록 하였다.

1. 서 론

국내 전력수요의 증가에 따라 변전설비의 예방진단에 대한 필요성이 증가하고 있다. 대부분 국내 변전소는 가스절연개폐장치(GIS)로 구성되어 있다. 345 kV 이어 765 kV 변전소가 운전중이며 설비 용량도 크게 증가하고 있다. 특히 GIS의 고장으로 인한 사회·경제적 파급효과가 매우 높기 때문에 미리 사고를 예방할 수 있는 예방진단연구가 활발히 진행되고 있으며, 그 결과로 UHF(Ultra-high frequency, 극초단파) 부분방전 상시감시장치가 국내의 변전소에 적용·운전되고 있다.[1]

UHF 대역에서 각종 결함에 대한 방전신호의 유형은 IEC60270법에 의해 측정된 방전유형과 다를 수 있으므로 UHF 대역에서의 정확한 유형분류가 선행되어야 실 변전소에서 오류 없는 예방진단활동이 이루어 질 수 있다. 따라서 본 논문을 통해 UHF 대역에서의 다양한 방전유형을 분석, 분류하여 추후 신경망 회로와 같은 방전신호에 대한 결함원인의 자동판단기법 등에도 활용할 수 있도록 하였다.

2. 본 론

2.1 부분방전 측정 실험 장치

그림 1과 같이 UHF 센서가 장착된 GIS에 다양한 형태의 모의 부분방전 발생장치(PD Cell)에 고전압을 인가해 방전신호를 발생시켰다. 이때 발생된 방전신호는 센서에서 검출되어 UHF 대역(본 실험에서는 600 - 1,750 MHz 또는 600 - 1,100 MHz)의 대역통과필터를 거쳐 영상검출기(Video detector)로 인가된다. 영상검출기는 방전신호의 envelope만을 추출하여 오실로스코프(TDS-7104, Tektronix)로 전송하여 25 kS/s로 digitizing하여 PD analyzer에서 유형분석을 하였다. PD analyzer에서는 GIS 인가전원의 한 주기를 256개의 sample로 규격화 하여 PRPS로 표시하였다.

특히 그림 2와 같이 인가전압에 대한 PRPS 분석을 통해 방전신호의 크기(V), 방전발생시간(t), 방전발생위상( $\Phi$ ), 및 동일위상 동일발전크기에서의 방전발생빈도(N)를 추출하여 표 1과 같이 5개의 형식으로 방전유형을 표현한 후 그 특징을 방전원별로 분석하였다.

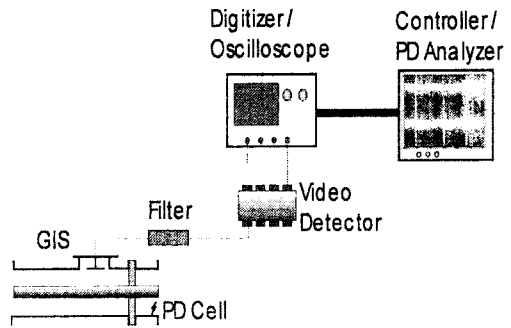


그림 1. UHF 부분방전 신호취득장치 구성도

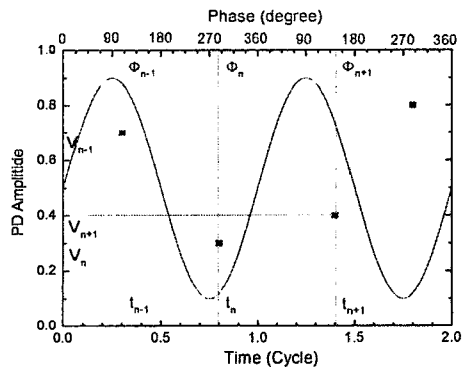


그림 2. 부분방전신호의 특성변수.

표 1. 방전신호 가시화 방법

- $\Phi : V : N$  (PRPD)
- $V_n : (t_{n+1} - t_n)$
- $(t_{n+1} - t_n) : (t_n - t_{n-1})$
- $\Phi_n : \Phi_{n-1}$
- $(V_{n+1} - V_n) : (V_n - V_{n-1})$

## 2.2 결함별 PD 신호의 특성 요약

GIS에서 발생하는 결함은 크게 자유도체, 부유전극, 돌출전극, 절연체 결함 등 4가지로 나누고 각각을 모의할 수 있는 PD Cell 들을 제작하여 약 300여 가지의 서로 다른 조건에서의 방전신호를 취득하였다.

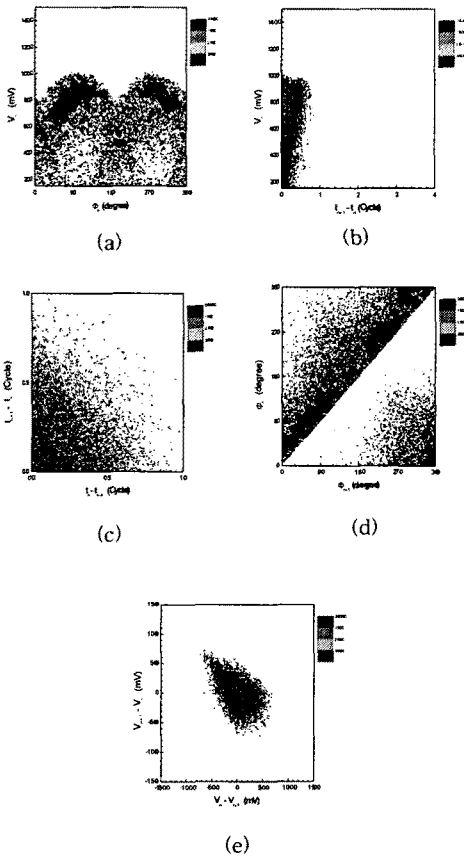


그림 3. 자유도체의 방전유형. (a)  $\Phi:V:N$ , (b)  $V_n:(t_{n+1}-t_n)$ , (c)  $(t_{n+1}-t_n):(t_n-t_{n-1})$ , (d)  $\Phi_n:\Phi_{n-1}$ , (e)  $(V_{n+1}-V_n):(V_n-V_{n-1})$ .

그림 3은 측정된 신호의 한 예로 직경 1 mm, 길이 5 mm의 알루미늄 wire 3개가 인가된 전압에 의해 자유 거동하는 경우로 특히  $V_n : (t_{n+1} - t_n)$ 의 경우 기존의 1개의 자유도체에 대한 연구결과([2], [3])에서 방전 발생시간차( $\Delta t = t_{n+1} - t_n$ )를 이용해 자유도체의 최대 상승높이  $H( = g\Delta t^2/8, g: 중력가속도)$ 를 통계적으로 계산할 수 있었으나, 도체가 2개 이상 존재할 시 도체사이의 방전에 의해 방전발생시간차를 이용한 자유도체 상승높이를 유추할 수 없었다.

또한 2개 이상의 wire가 자유 거동시 전압이 낮을 때는 도체가 기립하는 것을 도체 서로가 방해하여 기립전압을 낮추는 역할을 하였으나, 전압이 높아지면 도체가

수직으로 서로 연결되어 도체의 유효 길이를 증가시키는 역할을 해 도체가 1개일 때 보다 더 위험한 것으로 판단되며 이는 도체가 다수 있을 시 방전신호 발생시부터 고장으로 이어지는 시간이 그만큼 짧을 수 있음을 의미한다. 또한 도체의 개수가 증가 할수록 그림 3 (d)  $\Phi_n : \Phi_{n-1}$ 의 좌상 분면의 밀도가 우하 분면에 비해 증가하며 이를 이용해 도체 개수를 유추할 수 있다. 도체의 모양이 변화하면 방전유형이 바뀌나 전체구조는 크게 바뀌지 않음을 알 수 있었다.

다른 종류의 결함에 대해서도 같은 방법으로 유형분석을 하였으며 그림 4는 부유전극, 돌출전극, 절연체 이상에 의한 방전신호를 PRPD로 표현한 예이다. 부유전극의 경우 GIS 인가전압 위상이  $0 - 90^\circ, 180 - 270^\circ$ 에서 비교적 일정한 크기의 신호가 분포하나 전극의 모양이나 극성에 따라 매우 다양한 방전유형을 보여주고 있다. 따라서 미지의 방전신호의 원인을 유추하기 위해 다양한 부유전극에 의한 방전유형을 사용하여야 정확한 판단을 기할 수 있다.

자유도체와 부유전극의 경우 IEC60270방법에 의해 측정된 방전유형과 UHF 대역의 방전신호유형은 비록 미세한 차이를 보이기 는 하나 전체 모양은 유사성을 보인다. 그러나 돌출전극의 경우 이 두 방법에 의한 방전신호는 경우에 따라 그림 5와 같이 상이함을 보이는데 이는 돌출전극의 코로나 방전이 서로 다른 주파수 성분의 방전으로 구성되어 있어 저주파 대역에서 측정하는 IEC60270방법과 극초단파 대역에서 측정하는 UHF방법에서 측정된 부분방전 신호의 형태가 상이하게 나타난다. 또한 돌출전극에 의한 방전은 작은 미세방전의 합으로 구성되는데 시상수가 큰 IEC60270방법이 UHF 대역에서 측정된 것보다 방전크기가 과장되어 표현된다. 따라서 IEC60270방법에 의해 측정된 유형을 기초해 미지의 방전신호의 원인을 유추하는 것은 부정확한 판단 결과를 초래할 수 있다.

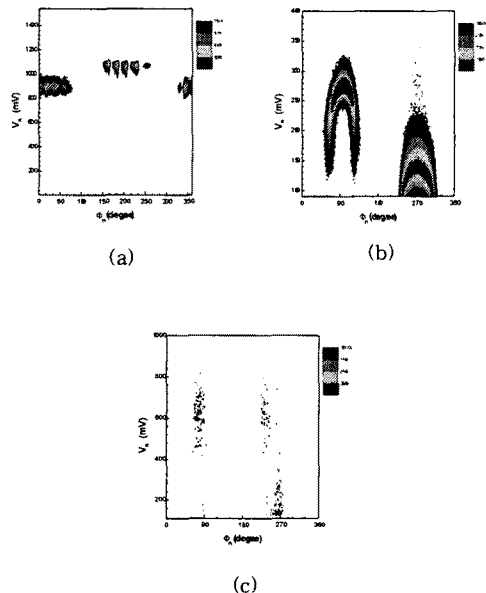


그림 4. 다양한 방전원별 PRPD. (a) 부유전극. (b) 돌출전극. (c) 절연체 이상.

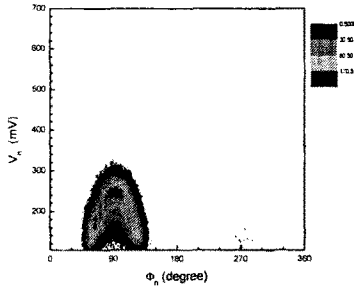
또한 기존의 연구에서 돌출전극이 GIS의 내부도체 또는 외함 중 어디에 부착되어 있는가에 따라 전압의 변화에 대해 서로 상이한 방전유형을 보여주는 것으로 보고하였으나, [4] 전극의 조건에 따라 비슷한 진행과정을 보여주는 경우도 있어 돌출전극의 위치에 대한 방전유형을 판단할 때 유의하여야 한다.

### 3. 결 론

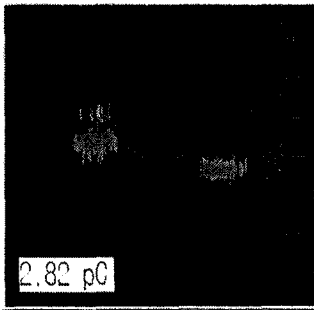
방전유형의 표현방법은 상기한 5가지 외에도 많은 방법이 있을 수 있고, 각 유형에 대해 쉽게 분석되는 물리량이 있으므로 용도에 맞게 적절한 표현방법을 사용해야 한다.

방전원의 종류, 모양, 위치, 열화시간 등 다양한 변수에 의해 유형이 변화한다. 따라서 미지의 방전신호에 대한 원인을 분석코자 할 경우 되도록 다양한 조건에서 방전유형을 참고유형으로 가지고 있어야 한다.

또한 IEC60270법에 의해 측정된 방전유형과 UHF 대역에서 측정된 방전유형이 서로 상이한 경우가 있으므로 IEC60270법에 의해 측정된 유형을 이용해 미지의 방전신호에 대한 원인을 분석할 때 잘못된 판단을 할 수 있으므로 유의하여야 한다.



(a)



φ

(b)

그림 5. 측정대역이 다른 돌출전극의 부분방전신호 유형. (a)UHF 대역에서의 부분방전신호. (b) IEC60270방법에 의한 부분방전신호

[본 내용은 산업자원부 전력산업 연구개발사업의 기술개발결과입니다]

### [참 고 문 헌]

- [1] 윤진열, 박기준, 구선근, "GIS 부분방전 검출기술 연구", 최종보고서, 전력연구원, TR.98PJ04.J2002.407, 2002.10.
- [2] M. Hikita, M. Onomoto, Y. Kunitake, M. Kozako, S. Yuasa, S. Okabe and S. Ohtsuka, "Motion Analyzer and Size Estimation of a Free Moving Metallic Particle in GIS based on Propagation Properties of Acoustic Wave", 2003 ISH, Proceedings CD.
- [3] 윤진열, 박기준, 구선근, "GIS내 자유 도전성 파티클 결합에 대한 위험도 평가 방안", 대한전기학회지 Vol. 51C, No. 4, Apr. 2002
- [4] A. G. Sellars, O. Farish and M. M. Peterson, "UHF Detection of Leader Discharges", IEEE Trans. Elec. Ins., Vol. 2, No. 1, Feb 1995.

방전원인 중 가장 다양한 형태를 가진 절연체 이상에 의한 방전신호유형은 크게 절연체 내 공극과 절연체 표면에 부착된 이물로 나타날 수 있으며 PRPD 분석에서 부유전극과 같이 주로 GIS 인가전압 위상의 0 - 90°, 180 - 270°에서 주로 방전이 발생하나 방전신호의 크기는 부유전극과 달리 다양한 크기의 신호를 발생하며 유형의 세부적 형태는 결합의 위치, 열화의정도 등 다양한 조건에 따라 다양하게 나타난다.