

GIS내 발생하는 초음파 파형의 통계적 연산자를 이용한 신호 분석

이동준\*, 신동석, kwak호  
 송실대학교

Analysis of ultrasonic signal in GIS by statistic operators

Dong-Zoon Lee\* Dong-Suk Sin, Hee-Ro Kwak  
 Soongsil Univ.

**Abstract** - In this paper, the measured ultrasonic signal in GIS was filtered by wavelet transform, and then the origin signal and the filtered signals were analyzed by statistic operators. As a result, it was confirmed that different characteristics were obtained with the impact of particle and with partial discharge inception.

모의하였다. 마지막으로 분석의 참고 자료로 사용하기 위하여 본 실험실에서 발생하는 노이즈 음향신호를 측정하였다.

그림1은 본 논문에서 이용한 모의 전극의 모형을 나타낸 것이다.

1. 서 론

최근에는 전력공급의 고신뢰화에 대한 요구로 기기의 이상진단을 검출하여 사고나 장애를 미연에 방지하는 이상진단의 중요성이 커지고 있다.

GIS는 현재 고신뢰성, 장수명 및 축소화로 인하여 널리 보급 사용되고 있으나, 주회로부가 거의 밀폐 접지 된 외함 속에 있으므로 보수점검이 어려운 실정이다. GIS의 사고의 원인 중 파티클에 의한 사고가 차지하는 비중은 큰 편으로 [1] GIS의 예방진단을 위하여 GIS내 파티클을 검출하기 위한 여러 가지 방법들이 연구되고 있다. 또한 파티클 이외에 GIS를 진단하는 항목으로는 GIS내에서 발생하는 부분방전을 측정하여 분석하는 방법으로 이에 대한 연구도 많이 행해지고 있다.[2]

파티클 검출과 부분방전 검출에 관한 이 두 가지를 모두 한꺼번에 수행하기 위한 방법으로는 초음파 진단법이 매우 유리하다.[3] 그러나 이때 발생 한 두 가지 초음파 신호원은 FFT 분석 등으로 구분하기가 어려운 게 사실이다.[4]

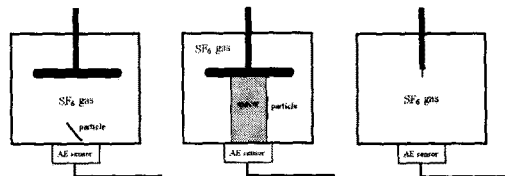
따라서 본 논문에서는 GIS 내부에서 발생하는 초음파신호를 계속이 가능한 두 가지 경우 즉, 파티클 충돌과 부분방전 발생시 모의하여 측정하였으며 측정된 초음파 신호를 wavelet transform으로 주파수 대역별로 필터링한 후 원신호와 필터링된 신호에 대해 통계적 연산자를 이용하여 그 특성을 분석하였다.

2. 실험 및 분석방법

2.1 실험방법

본 논문에서는 GIS내에서 초음파가 발생하는 신호원 중 파티클 충돌에 의한 초음파 신호를 모의하기 위하여 모의 챔버를 제작하였으며 챔버 안에 SF<sub>6</sub> 가스를 100[Kpa]을 넣은 후 원형전극과 선형 구리 파티클을 삽입하여 실험하였다.

또한 부분방전시 발생하는 초음파 신호는 전극에 이물 및 돌기부착시 나타나는 코로나 방전을 모의하기 위하여 침전극을 삽입하여 실험하였고, 또한 파티클이 스페이서 부착시 나타나는 연면방전을 모의하기 위하여 아크릴로 제작한 모의스페이서에 파티클을 부착시켜 연면방전을



(a) 충돌 (b) PD(연면) (c) PD(코로나)

그림 1. 모의 전극의 개략도

각각의 모의 챔버에 AC 23[kV] 이상 인가하여 각각 7회 이상 측정하였으며, 고전압 발생장치에서 모의 GIS 챔버까지의 리드 선은 코로나 링을 이용하여 GIS 외부에서의 노이즈의 발생을 최대한 억제하도록 하였다.

초음파 신호를 측정하기 위하여 사용한 초음파 센서는 NF사의 AE-901E로써 주파수 대역이 20[kHz]~20[MHz]까지 광대역 주파수 특성을 가지고 있으며, 60[dB]의 이득특성을 가지는 진차 증폭기를 이용하여 신호를 증폭시켜 오실로스코프에서 관측하였다.

분석데이터 개수는 각 전극의 경우에 대하여 7개, 노이즈의 경우에는 4개로 하여 분석하였다.

2.1.1 분석방법

본 논문에서 이용한 통계적 연산자로는 피크-피크 전압(V<sub>peak-peak</sub>), 표준편차(σ), 첨도(Ku)이다. 수식은 아래와 같다.

$$V_{peak-peak} = V_{max} - V_{min} \quad (1)$$

$$Ku = \frac{\sum(x_i - \mu)^4 \cdot p_i}{\sigma^4} \quad (2)$$

본 논문에서는 GIS내에서 발생하는 초음파 신호를 주파수 대역별로 분석하고자 wavelet을 이용하여 필터링한 후 각각의 대역별 신호를 분석하였다. 이때 사용된 mother wavelet으로는 Daubechies family를 사용하여 원래 측정된 신호와 필터링된 Details 1~Details 8 까지의 신호를 분석대상으로 하였다. 그림 2는 임의의 신호에 대한 wavelet의 주파수 필터링 방식을 나타낸 것으로 본 논문에서 N=8인 경우까지만 이용하였다.

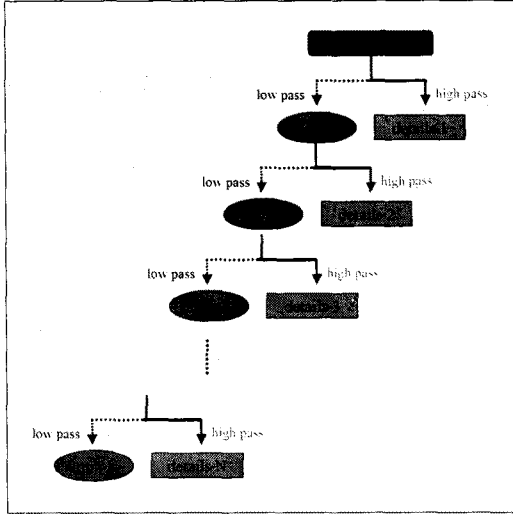


그림 2 Wavelet 필터링

### 3. 결 과

#### 3.1 Wavelet 필터링 파형

그림 3은 부분방전(코로나방전시) 발생시 측정된 초음파 파형을 wavelet 필터링하여 나타낸 그림이다. 원 신호(S)와 필터링되어 나타난 신호 Details1(D1)~Details8 (D8)까지의 신호를 보여주고 있다.

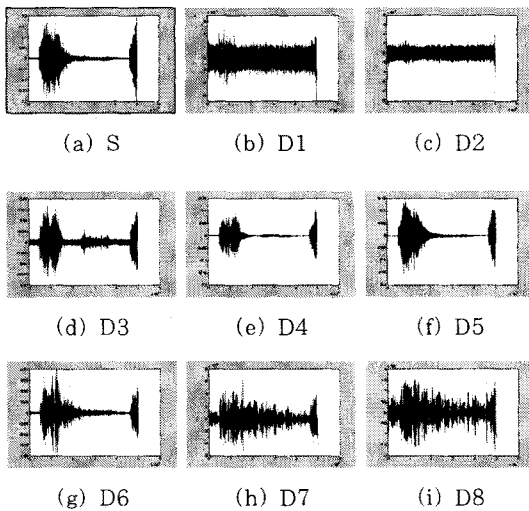


그림 3 필터링된 파형의 대역별 신호

그림 3에서 보는 것처럼 고주파 대역인 D1과 D2

대역에서는 노이즈 신호가 나타나고 있으며 D3~D6 대역에서 초음파 신호와 유사한 신호가 잘 나타나고 있다.

#### 3.2 파형의 통계적 분석

그림 4는 각각의 음원에 대한 피크-피크 전압을 나타낸 것이다.

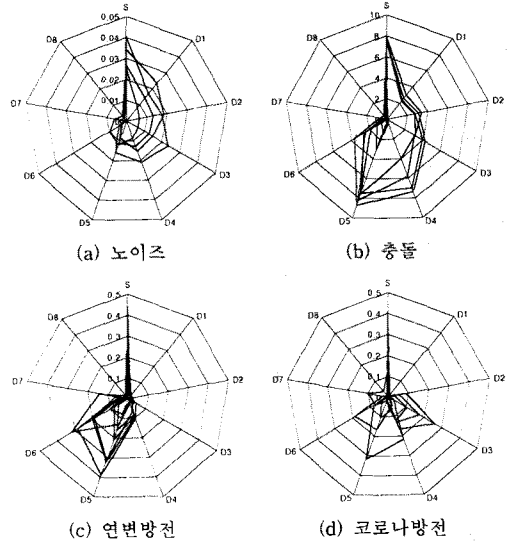


그림 4 GIS내 초음파 음원에 따른 피크 전압

그림 4에서 보는 것처럼 노이즈 신호는 원신호의 약 50(%) 정도 크기 신호가 D1~D5 대역에서 나타나고 있다. 파터클 충돌시에는 D1 대역의 신호가 점점커지면서 D5 대역에서는 원신호 정도의 크기를 갖는 신호가 나타난후 D6대역에서 급격히 줄어들고 있다. 또한 연면방전시에는 주로 D5~D6대역에서 큰 신호가 나타나고 있으며 코로나방전시에는 규칙적인 패턴이 나타나고 있지 않다.

대역별 피크-피크 전압은 원신호가 어느 대역에 많이 분포하는지를 알 수 있는 간접 기준치로 노이즈의 경우는 D1~D5 대역의 신호가 고루 분포하고 있음을 알 수 있으며, 충돌시에는 연면방전시와 비교하여 D5이전 대역인 고주파대역에서도 많이 분포하고 있으며, 연면방전시에는 상대적으로 D5~D6 대역에서 많이 분포하고 있다.

그림 6은 GIS내 초음파 음원에 따라 측정된 초음파 신호의 첨도를 데이터 별로 나타낸 것이다.

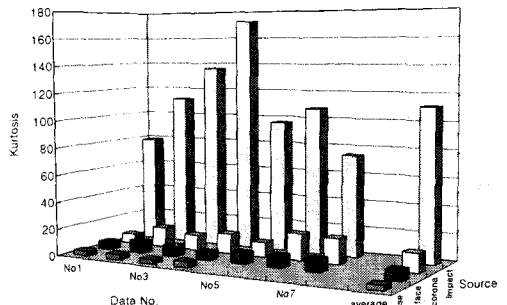
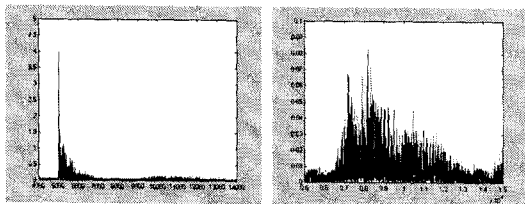


그림 6. GIS내 초음파 음원에 따른 첨도

그림 6에서 보는 것처럼 충돌시의 침도가 매우 크게 나타나고 있으며 상대적으로 방전시와 노이즈에서는 매우 작게 나타나고 있다. 그러나 방전시 값을 노이즈와 비교해 보면 약 3배 이상 큰 값을 나타내고 있음을 알 수 있다.

침도 값은 데이터 분포가 얼마나 첨예한지를 측정하는 통계적 연산자로 초음파 신호에서는 피크 값 이후 얼마나 잔향이 길게 나타나는 지를 측정할 수 있는 간접 요소이다. 그림 6에 의하면 충돌신호의 경우 잔향이 짧게 나타나고 있으며 다음은 코로나 방전시 그리고 연면 방전 순이다.

그림 7은 충돌과 연면방전시 측정된 초음파 신호를 동일한 시간(1.2(msec)) 동안의 신호를 절대값으로 나타낸 파형이다. 그림에서 보듯이 충돌시 양의 파형은 매우 첨예한 값을 나타내나 잔향이 미약한 반면 연면방전시에는 잔향이 길게 나타나고 있어 침도에 의한 값과 매우 일치하는 경향을 나타내고 있다.



(a) 충돌 (b) 연면방전

그림 6. 초음파 신호의 양의 파형

#### 4. 결 론

본 논문에서는 GIS내에 측정되는 초음파 신호를 wavelet transform으로 필터링하여 원신호와 각 대역별 신호를 가지고 통계적 연산자를 적용해 보았다. 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 피크 값은 충돌시에는 D3~D5 대역에서 크게 나타나고 있으며, 연면방전시에는 D5~D6 대역에서 크게 나타나고 있다.
- (2) 침도의 경우 충돌시 신호가 매우 크게 나타났으며 다음으로 코로나 방전, 연면방전 순으로 나타났다.
- (3) 침도 값으로부터, 방전시 잔향이 충돌시 잔향보다 더 많이 발생하는 것으로 사료된다.

위 결과로부터 GIS내에 발생하는 초음파 신호의 신호원 구별이 가능함을 알 수 있었으며, 이런 통계적 연산자를 기초로하여 패턴인식의 특징량 등으로 이용하면 GIS 초음파 진단 요소로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

#### (참 고 문 헌)

- [1] N. Fugimoto and G.L Ford, "Results of Recent GIS Fault Survey", IEEE Workshop on Gas Insulated Substation, Toronto, Sept 1990
- [2] M.D. Judd, O. Farish and B.F. Hampton "Broadband Couplers for UHF Detection of Partial Discharge in Gas Insulated Substations", IEE Proc. Sci. Meas. Vol. 142, No. 3, May 1995.
- [3] L.E. Lundgaard, R. Hegerberg and B. Skyberg, "Partial Discharge and Particle Detection in GIS Using Acoustic Emission Technique", in Proc. 5th Int. Symp. High Voltage Eng., Braunschweig, Paper No. 12.08, 1987.
- [4] 이동준, 광희로 외, "Wavelet transform을 이용한 GIS 내 초음파 신호 분석", 대한전기학회 하계학술대회 논문지 pp.1918-1920, 2000.