

Wavelet transform을 이용한 GIS내 초음파 신호 분석

이동준* 곽희로* 박종신** 김두석***
 송실대학교* 한전 중앙교육원** 호원대학교***

Analysis of Ultrasonic signal in GIS using Wavelet transform

Dong-Zoon Lee* Hee-Ro Kwak* Jung-Shin Park** Du-Suk kim***
 Sonngsil Univ.* Central Institute of Education, KEPCO** Howon Univ.

Abstract - In this paper, acoustic signals in GIS were analyzed by using wavelet transform and FFT to distinguish sound source caused by collision of particles and partial discharges.

As a result, the analysis using wavelet transform was more accurate than that using FFT. Therefore, wavelet transform was useful technique to analyze the acoustic signals in GIS.

1. 서 론

GIS는 현재 고신뢰성, 장수명 및 축소화로 인하여 널리 보급 사용되고 있으나, 주회로부가 거의 밀폐 접지 된 외함 속에 있으므로 보수접점이 어렵다. 최근에는 고신뢰화에 대한 요구로 기기의 이상진단을 검출하여 사고나 장애를 미연에 방지하는 이상진단의 중요성이 커지고 있다.

현재의 GIS 진단방법으로는 기계적 검출법, 화학적 검출법, 전기적 검출법 등을 이용한 여러 가지 방법들이 제시되고 있다.

이러한 진단 방법중 초음파 진단법은 GIS내부에서 발생할 수 있는 파티클이 왕복운동에 의해 외함과 충돌시 발생하는 충돌신호를 측정하여 GIS내부에 파티클 유무 및 파티클의 크기를 측정하는 방법과 또한 GIS 내부에서 발생하는 부분방전에 의해 발생한 음향 신호를 측정하여 PD의 위험정도를 예측하는 방법으로 이용할 수 있다.[1]

그러나 이런 방법은 실제 GIS에서 적용하는데 여러 가지 문제점이 따르고 있는 실정으로 다양한 분석 기법이 요구되어지고 있다.

따라서 본 논문에서는 GIS 내부의 이상진단을 위하여 초음파신호로 계측이 가능한 두 가지 경우 즉 파티클 충돌과 부분방전발생시를 모의하여 이때 나타난 초음파 신호를 분석하여 초음파 신호원에 대한 종류를 판별하고자 하였다.

특히 신호 분석방법으로 시간과 주파수 영역에서 분석이 가능한 wavelet transform을 이용하여 분석을 행하고 기존의 분석방법인 FFT와 비교해 보고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험방법

본 논문에서는 GIS내에서 초음파가 발생하는 신호원을 파티클이 외함과 충돌하여 발생하는 음향 신호와 GIS내부에서 부분방전 발생시 발생하는 음향 신호에 대해 모의하였다. 먼저 파티클 충돌에 의한 초음파 신호를 모의하기 위하여 모의 챔버를 제작하였으며 챔버 안에 SF₆ 가스를 100[Kpa]을 넣은 후 원형전극과 선형구리 파티클을 삽입하여 실험하였다. 또한 부분방전 발

생을 모의하기 위하여 원형전극 대신 침전극을 삽입하여 실험하였다. 그림 1은 본 논문에서 모의한 것을 개략적으로 나타낸 것이다.

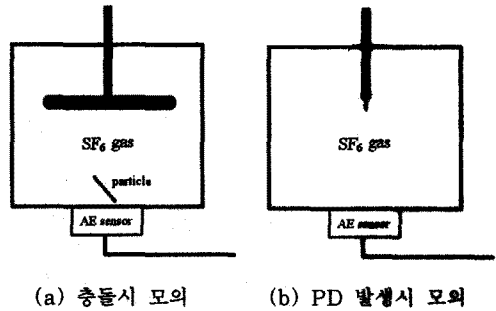


그림 1. 모의 챔버의 개략도

각각의 모의 챔버에 AC 23[kV]와 29[kV]를 인가하여 각각 3회 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 전치 증폭기를 이용하여 신호를 증폭시켜 오실로스코프에서 관측하였다.

2.2 Wavelet transform

Wavelet transform은 시간영역 및 주파수영역에 대한 새로운 해석기법으로서, 이 wavelet transform은 특히 비정현적인 신호를 해석하는데 유리하다.[2]

Wavelet transform은 신호와 wavelet과의 유사성을 나타내는 계수를 구하는 것으로, wavelet은 mother wavelet $\psi(t)$ 를 scaling과 translation 시킨 함수이다.

Wavelet transform 변환식은 식 (1)과 같다.

$$(W_{\psi f})(b, a) = |a|^{-\frac{1}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \overline{\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)} dt \quad (1)$$

여기서 a는 scaling 파라미터, b는 translation 파라미터, f(t)는 분석하고자 하는 신호, $\psi(t)$ 는 mother wavelet이라 불리는 분석함수이다.

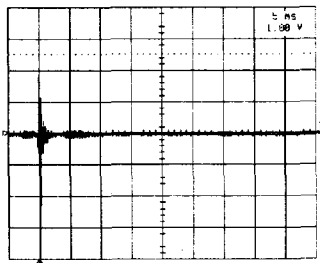
Wavelet transform에는 연속신호에 대해서 연속 wavelet transform, 이산 wavelet transform이 있고, 이산신호에 대해서 이산시간 wavelet transform, 이산 wavelet transform의 네 종류가 있다. 본 논문에서는 연속신호에 대한 이산 wavelet transform을 이용하여 분석하였다. [3]

Mother wavelet 함수는 Morlet family, Mexican hat family, Haar family, Daubechies family 등이 있으며 본 논문에서는 Daubechies family를 mother wavelet으로 사용하였다.

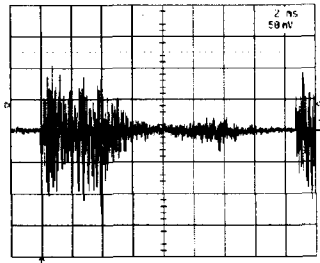
3. 결 과

3.1 초음파 측정 결과

본 논문에서 측정한 초음파 신호를 그림 2에 나타내었다.



(a) 충돌시



(b) PD 발생시

그림 2. 대표적인 초음파 신호

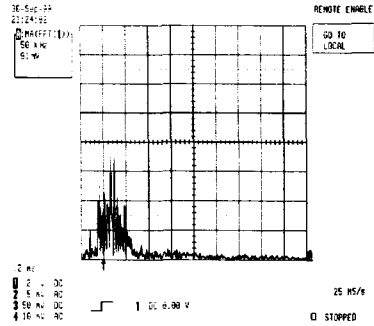
그림 2에서 보듯이 충돌에 의한 초음파 신호는 매우 큰 신호가 나타나고 있으며 인가전압의 위상과 상관없이 불규칙적으로 발생하고 있다. 부분방전에 의한 초음파 신호는 상대적으로 작은 크기의 신호가 발생하고 있다. 그러나 단순히 파형의 외형인 형태를 가지고 비교 분석하는 것은 실제 GIS에서는 잡음 및 파형의 감쇄 등에 의해 실효성을 가지지 못하므로 신호를 주파수 성분으로 분석하고자 한다.

3.2 FFT 분석

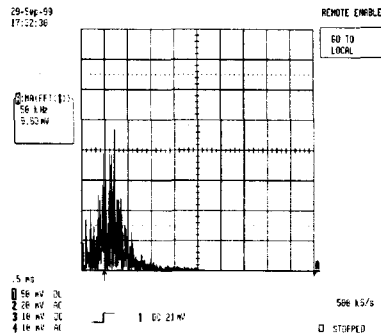
초음파 측정장치로 계측된 초음파 신호를 FFT로 분석하였다. 그림 3은 그림 2에 계측된 파형을 FFT 한 것이다.

그림에서 보는 것처럼 충돌시 나타난 초음파 신호의

주파수는 약 40~100[kHz]에서 두드러진 특성이 나타나고 있으며, PD 발생시 나타난 초음파 신호는 약 30~80[kHz]에서 두드러진 특성이 나타나고 있어 FFT 분석으로는 서로 큰 차이를 찾을 수 없다.



(a) 충돌시



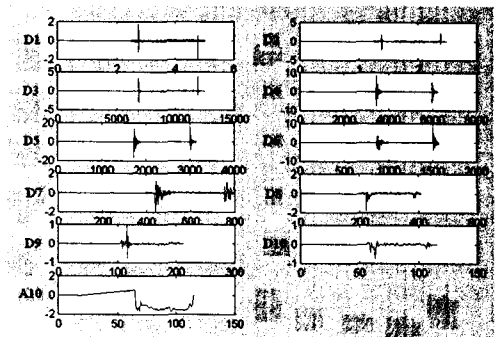
(b) PD 발생시

그림 3. 초음파 신호의 FFT

3.3 Wavelet transform 분석

그림 2에 계측된 초음파를 Daubechies family 중 Daubechies 10을 mother wavelet으로 삼아 변환시켜보았다. 이에 따라 고역통과 필터를 통과한 신호(D1 > D2 > D3 > D4 > D5 > D6 > D7 > D8 > D9 > D10)와 저역통과를 통과한 신호(A10)로 분석하였다.

그림 4는 wavelet transform을 수행한 결과를 나타낸 것이다.



(a) 충돌시

4. 결 론

본 논문에서는 GIS내에서 발생할 수 있는 초음파신호를 측정하여 wavelet transform을 이용하여 초음파의 신호원에 대한 구별 여부를 기존의 FFT분석과 비교하여 보았다. 그 결과는 다음과 같다.

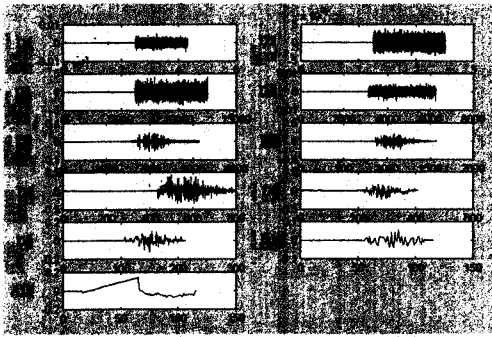
- (1) 초음파 신호에 대한 FFT 결과 총돌시와 PD 발생시 모두 주파수 대역이 40~80(kHz)에서 많이 발생하고 있었다.
- (2) 파티클 총돌 및 PD에 의해 발생하는 초음파 신호에 대해 Daubechies 10을 mother wavelet으로 삼아 wavelet transform을 해 본 결과 저주파영역(A10)에서 서로 다른 특성을 나타내었다.

이상의 결과로부터 GIS내 초음파 신호를 wavelet transform 하여 분석하면 FFT에 의한 분석보다 더 정확히 초음파 신호원을 구별할 수 있음을 알 수 있었다.

(참 고 문 헌)

- [1] L.E. Lundgard *et. al.*, "Acoustic diagnosis of gas insulated substations : a theoretical and experimental basis," *IEEE Trans. Power Delivery*, Vol. 5, No. 4, pp. 1751-1759, 1990
- [2] C. Sidney, Ramesh A. Gopinath, and Haitao Guo, "Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms" Prentice Hall, 1998.
- [3] 손진만 외, "Wavelet 변환을 이용한 여자돌입현상 해석" 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp920-922, 1997

본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초전력공학공동연구소 주관으로 수행되었음.

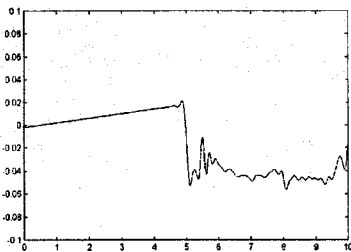


(b) PD 발생시

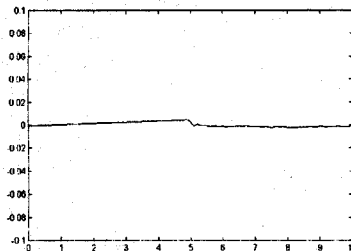
그림 4. Wavelet transform 결과의 예

그림 4에서 보는 것처럼 총돌시 나타난 초음파와 부분방전 발생시 나타난 초음파의 비교 결과 저주파 영역인 A10에서 두 신호를 구별하기 좋은 특징이 나타났다.

그림 5는 wavelet transform 결과 중 저주파 영역 A10을 나타낸 것이다.



(a) 총돌시



(b) PD 발생시

그림 5. Wavelet transform 결과 중 A10

그림 5에서 보는 것처럼 저주파인 A10에서 나타난 결과를 보면 총돌시에는 중반 이후에는 저주파대의 신호가 나타나는 반면에 PD 발생시에는 거의 나타나지 않고 있다. 이것은 총돌에 의해 발생한 초음파 신호에서는 저주파대의 음향신호가 포함되어 있음을 보여주는 것이다.