

## 변압기내 노이즈제거를 통한 초음파 신호 검출

(Ultrasonic Signal Detection in a Transformer Through Noise Elimination)

박현수\* · 곽희로 · 박중신  
(Hyun-Soo Park · Hee-Ro Kwak · Jung-Shin Park)

### Abstract

The corona in oil, the surface discharge in oil, the void discharge which could be in a transformer were imitated by using three electrodes with different shapes and the frequency bands of each ultrasonic signal were measured. After emitting artificial noises toward the transformer, only ultrasonic signals were extracted by frequency filtering, from the ultrasonic signals with noises at partial discharge. As a result, it was confirmed that the ultrasonic signals due to the corona in oil, the surface discharge in oil, the void discharge could be distinguished from the noises.

### 1. 서론

부분방전 초음파 진단 기법의 현장 적용시 주위 환경 및 철심 진동에 의한 화이트 노이즈, 강우에 의한 빗방울의 충돌 및 모래 등 이물질의 충돌 등에 의한 진동 노이즈에 의해 실 부분방전과의 구분이 어려워 질 수 있다[1][2]. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로는 노이즈와 부분방전에 의한 초음파 신호의 주파수 대역을 측정하여 주파수 필터링을 통해 노이즈를 제거함으로써 초음파 신호를 분리하는 방법이 있다.

본 연구에서는 유증코로나, 유증 연면방전, 보이 드 방전에 의한 주파수 대역을 측정하고[3] 임의로 노이즈를 발생시켜 부분방전에 의한 초음파 신호와 노이즈 신호가 동시에 검출되었을 때 주파수 필터링을 통해 실 부분방전에 의한 초음파 신호만을 효과적으로 검출할 수 있는가를 알아보았다.

### 2. 실험장치

그림 1은 본 논문에서 사용된 실험장치의 블록 다이어그램을 나타낸다. 변압기 외벽에 부착된 초음파 센서를 통해 검출된 초음파 신호는 프리앰프에서 증폭된 후 오실로스코프로 전송되고, 다시 GPIB 인터페이스를 통해 퍼스널 컴퓨터로 전송되어 주파수 분석과 노이즈 필터링이 수행되었다.

초음파 센서는 PAC사의 S9208센서로 광대역 센서이고, 프리앰프는 PAC사의 1220A로 60dB의 증폭율을 갖는 광대역 앰프이다.

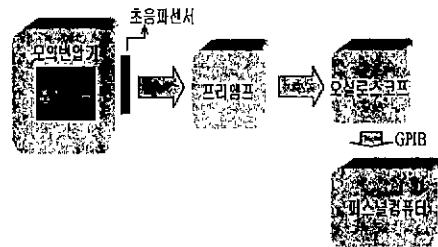
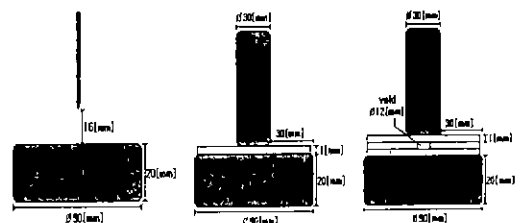


그림 1. 실험장치의 블록다이어그램

그림 2는 변압기 내부 결합중 대표적인 3가지를 모의한 전극으로 그림 2(a)는 권선이나 철심부위에서 이물질의 부착, 제작·공정·조립시에 발생될 수 있는 돌출부 결합을 모의한 침-평판 전극이고, 그림 2(b)는 권선을 둘러싼 절연지 표면 및 프레스 보드 등에서 발생가능한 연면방전을 모의한 IEC(b) 전극이며, 그림 2(c)는 절연지 내부 및 프레스 보드 내부 보이 드 등의 보이 드 결합을 모의하기 위한 전극이다.



(a) 침-평판 전극 (b) IEC(b) 전극 (c) 보이 드 전극

그림 2. 모의 전극

### 3. 실험 결과

#### 3.1. 노이즈에 의한 신호 및 주파수대역

그림 3은 센서와 맵프에서 발생하는 화이트 노이즈의 주파수 분석 결과를 나타낸다

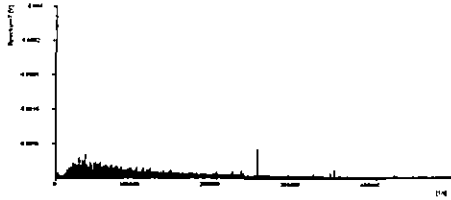


그림 3. 프리앰프 화이트노이즈의 주파수 대역

그림 4는 현장에서 발생할 수 있는 강우에 의한 노이즈(그림 4(a))와 모래 등 이물질의 충돌에 의한 노이즈(그림4(b))의 주파수 분석결과이다.

모래의 충돌에 의한 경우와 강우에 의한 경우 모두 신호의 주파수 대역은 50[kHz] 이하의 저주파 대역에 분포되어 있는 것을 알 수 있다.

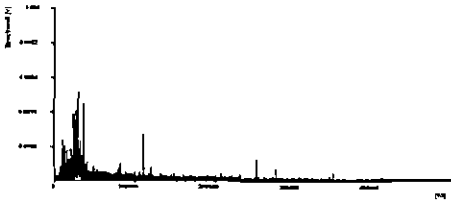


그림 4(a). 강우에 의한 노이즈의 주파수 대역



그림 4(b). 이물질의 충돌에 의한 노이즈

그림 4. 현장에서 발생 가능한 노이즈

그림 5는 위의 두가지 노이즈를 모의하기 위하여 발생시킨 노이즈의 주파수 대역을 나타낸다.

위의 노이즈들을 주파수 분석해 본 결과 강우 및 이물질의 충돌에 의한 노이즈는 50[kHz] 이하의 저주파 대역에 분포하므로 50[kHz] 이하의 진동 노이즈를 발생시켜 실험하였다.

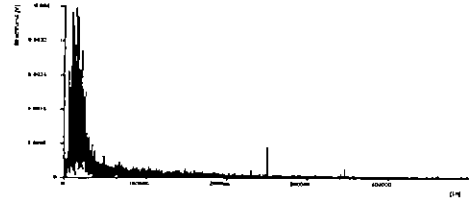


그림 5. 모의한 진동 노이즈의 주파수 대역

#### 3.2. 부분방전 형태별 초음파 신호의 주파수 대역

그림 6은 변압기 내에서 유중 코로나, 유중 연면방전, 보이드 방전이 발생했을 때 수반되는 초음파 신호의 주파수 대역을 보여준다.

유중 코로나의 경우(그림 6(a)) 약 200[kHz] 대역까지 분포하고 있으며 유중 연면방전(그림 6(b))의 경우 약 100[kHz] 대역까지 분포하고 있고, 보이드 방전(그림 6(c))의 경우 약 300[kHz] 대역까지 분포하고 있다.

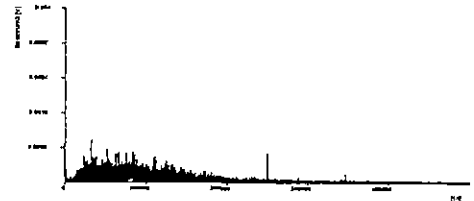


그림 6(a). 유중코로나에 의한 초음파신호의 주파수분석 결과

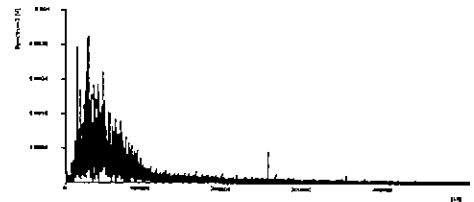


그림 6(b). 유중 연면방전에 의한 초음파 신호의 주파수 분석 결과

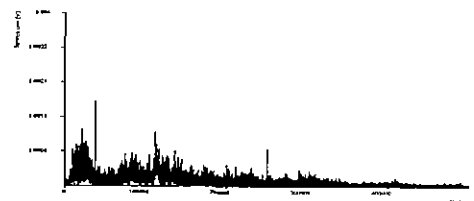


그림 6(c). 보이드 방전에 의한 초음파 신호의 주파수 분석 결과

세가지 경우 모두 50[kHz] 이하 대역의 성분이 존재하므로 노이즈 제거를 위해 50[kHz] 이하의 신호를 제거할 경우 어느정도의 초음파 신호를 분리해 낼 수 있는지 실험해 보았다.

### 3.3 노이즈와 초음파 신호의 분리

#### 3.3.1. 유증 코로나의 경우

그림 7(a)는 유증 코로나에 의한 초음파 신호와 노이즈와 함께 검출된 파형이다. 노이즈의 레벨이 큰 상태에서 작은 초음파 신호가 검출되면 노이즈와의 구분이 어려우며, 트리거를 설정하는데도 문제가 될 수 있다

그림 7(b)는 발생시킨 노이즈의 주파수 대역이 50[kHz] 이하이므로 웨이블릿을 사용하여 약 50[kHz] 이하의 저주파 대역의 신호를 제거한 후의 파형이다. 노이즈를 제거하기 위해 50[kHz] 이하의 신호를 제거했음에도 불구하고 실 유증 코로나에 의한 초음파 신호를 분리해 낼 수 있었으며 노이즈가 없는 상태에서 검출한 유증 코로나의 파형과 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

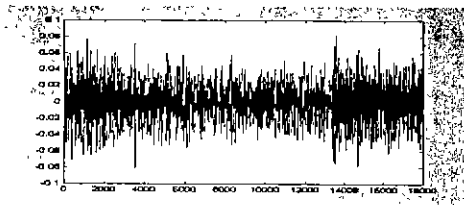


그림 7(a). 노이즈 하에서의 유증코로나에 의한 초음파 신호

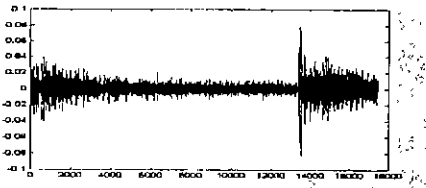


그림 7(b) 노이즈를 제거한 후의 유증코로나에 의한 초음파 신호

#### 3.3.2. 유증 연면방전의 경우

그림 8(a)는 유증 연면방전이 노이즈와 동시에 검출된 파형이다. 이 경우 역시 초음파 신호를 확인하기는 어렵다.

그림 8(b)는 노이즈가 분포하고 있는 50[kHz] 이하의 신호를 제거한 후의 파형이다. 이 경우 인

가전압을 조절하여 유증 코로나에 의한 초음파 신호와 유증 연면방전에 의한 초음파 신호의 크기를 거의 유사하게 발생시켰음에도 불구하고, 노이즈를 제거한 후에는 유증 연면방전의 크기가 유증 코로나의 크기보다 1/2 이상 작게 나타나고 있다. 이것은 유증 연면방전의 경우 주파수 대역이 약 100[kHz] 대역까지 분포하므로, 주파수 필터링으로 인하여 유증 코로나, 유증 연면방전, 보이드 방전의 3가지 가운데서 가장 많은 초음파 신호가 제거되었기 때문으로 생각된다.

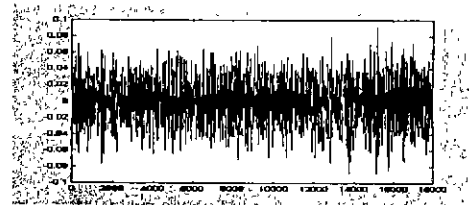


그림 8(a). 노이즈 하에서의 유증연면방전에 의한 초음파 신호

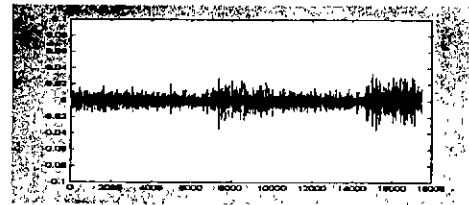


그림 8(b). 노이즈를 제거한 후의 유증 연면방전에 의한 초음파 신호

#### 3.3.3. 보이드 방전의 경우

그림 9(a)는 유증에서 보이드 방전이 발생되었을 때 발생한 초음파 신호가 노이즈와 함께 검출된 파형이다.

그림 9(b)는 그림 9(a)의 신호를 50[kHz] 이하 대역의 신호를 제거한 후의 파형이다. 보이드 방전의 경우 초음파 신호의 주파수 대역이 약 300[kHz]까지 분포하여, 유증 코로나, 유증 연면방전보다 많은 비율의 초음파 신호를 얻을 수 있었으며, 노이즈를 제거함으로써 실 보이드 방전에 의한 초음파 신호를 분리해 낼 수 있었으며 노이즈가 없는 경우 측정된 보이드 방전에 의한 초음파 신호와 유사한 파형을 얻을 수 있음을 알 수 있었다

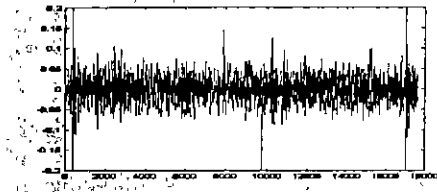


그림 9(a). 노이즈 하에서의 보이드 방전에 의한 초음파 신호

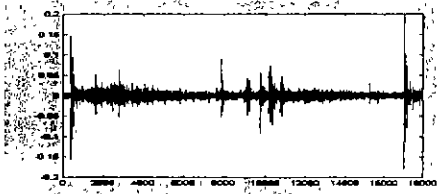


그림 9(b). 노이즈를 제거한 후의 보이드 방전에 의한 초음파 신호

#### 4. 결론

1. 강우 및 이물질의 충돌에 의해 검출되는 노이즈는 약 50[kHz] 이하의 저주파 대역으로 나타났다.
2. 부분방전에 의한 초음파 신호는 유중 코로나의 경우 약 200[kHz], 유중 연면방전의 경우 약 100[kHz], 보이드 방전의 경우 약 300[kHz] 대역까지 분포하며 노이즈의 주파수 대역인 50[kHz] 이하의 신호도 포함되어 있음을 알 수 있었다.
3. 유중 코로나와 보이드 방전의 경우 50[kHz] 이상의 대역에 많은 초음파 신호가 분포하여 50[kHz] 이하를 제거하는 주파수 필터링으로 초음파 신호를 분리해 낼 수 있었으며 노이즈가 없는 상태에서 검출한 초음파 신호의 파형과 유사한 파형을 얻을 수 있었다.
4. 유중 연면방전의 경우 많은 부분의 초음파 신호가 노이즈 신호와 주파수 대역이 중첩되어, 주파수 필터링에 의해 노이즈와 함께 제거되었으나 육안으로 구분이 될 정도로는 분리가 가능함을 알 수 있었다.

#### 참고 문헌

- [1] L.E. Lundgaard "Partial Discharge - Part

XIV "Acoustic Partial Discharge Detection - Practical Application", IEEE Electrical Insulation Magazine, September, October 1992-Vol.8, No.5

- [2] H.Kawada et. al., "Partial discharge automatic monitor for oil-filled power transformer", IEEE Trans. PAS, Vol.103, No.2, pp 422~428, 1984.  
 [3] Zhu Deheng et. al., "The Study Of Acoustic Emission Method For Detection Of Partial Discharge In Power Transformer" International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials, Vol.2, 1988