

변압기내 부분방전의 종류에 따른 초음파 신호 특성

박현수\*, 박재도, 정용기, 곽희로  
 송실대학교

Characteristics of Ultrasonic Signals by Partial Discharge Types

Hyun-Soo Park\*, Jae-Do Park, Young-Ki Chung, Hee-Ro Kwak  
 Soongsil Univ.

**Abstract** - This paper describes the frequency characteristics and the number of pulse of ultrasonic signals due to partial discharge occurred at each electrode. The defects which could occur in a transformer were simulated by using needle-plane electrode, IEC(b) electrode and void electrode.

As a result, the dominant frequency of ultrasonic signals generated by corona in oil and partial discharge in void was hardly changed regardless with the applied voltage, but in case of surface discharge in oil, its dominant frequency moved to low frequency with the applied voltage.

The increasing rate of pulse number per second was high in order of the surface discharge in oil, the partial discharge in void, the corona in oil.

1. 서 론

전력용 변압기 내부에서 발생하는 부분방전은 부분방전 발생시 수반되는 초음파 신호를 측정함으로써 검출될 수 있다.<sup>[1]</sup> 이 초음파 진단법은 외부 코로나에 의한 노이즈의 영향은 적으나 강우나 모래의 충돌 등에 의한 외부노이즈와 변압기 내부에서 항상 발생하는 철심에 의한 진동 노이즈, 그리고 측정 감도가 낮다는 문제점들이 있다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 많은 실험 및 연구가 필요하지만 일반적으로 부분방전에 의한 초음파 신호의 측정은 변압기 내에서 가장 발생빈도가 높고 위험한 결함인 돌출부를 침-평판 전극으로만 모의하여 실험하여 왔다.

본 실험에서는 변압기내에서 발생 가능한 유중 코로나, 유중 연면방전, 보이드 방전 등을 모의하는 전극을 모의, 제작하여 돌출부만이 아닌 연면방전 및 보이드 방전 각각의 방전형태에 따른 초음파 신호의 특성을 분석하였다.

2. 실험 장치 및 방법

그림 1은 본 논문에서 사용된 실험장치의 블록다이어그램이다. 모의변압기 외벽에 부착한 초음파 센서(광대역)를 사용하여 검출된 초음파 신호는 프리앰프(60dB)에서 증폭된 후 오실로스코프 또는 퍼스널 컴퓨터에 내장되어 있는 초음파 데이터 취득 시스템으로 전송되고, 오실로스코프와 데이터 취득 시스템을 사용하여 초음파 신호의 주파수 및 펄스 특성의 분석을 수행하였다.

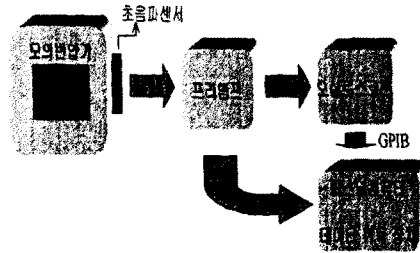
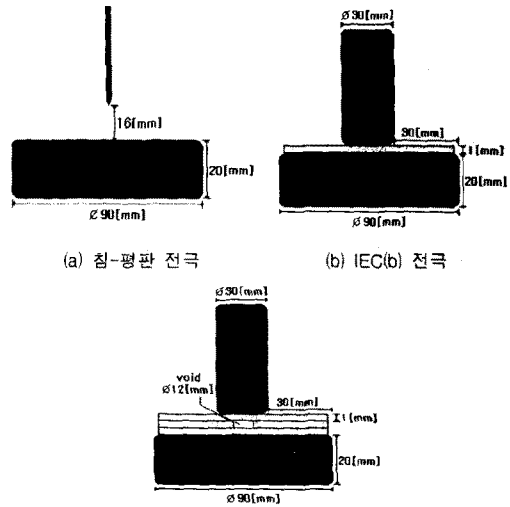


그림 1. 실험장치의 블록다이어그램

그림 2는 변압기 내부에서 발생할 수 있는 결함 중 대표적인 3가지를 모의하기 위하여 제작된 전극이다. 그림 2(a)는 변압기내 권선이나 철심부위에서 이물질의 부착 혹은 제작·공정·조립시에 발생할 수 있는 돌출부 결함을 모의한 침-평판 전극을 보여주고, 그림 2(b)는 권선을 둘러싼 절연지 표면 등에서 생길 수 있는 연면방전을 모의하기 위한 IEC(b) 전극이며, 그림 2(c)는 절연지 내부 및 프레임 보드 내부 보이드 등의 보이드 결함을 모의하기 위한 전극이다.

인가전압과 초음파 신호의 관계를 보기위해 전극별로 방전 초기부터 말기까지 인가전압을 2~3(kV)씩 증가시키며 실험하였다.



(c) 보이드 전극  
 그림 2. 모의 전극

### 3. 실험 결과

#### 3.1 PD 종류에 따른 초음파 신호의 주파수 특성

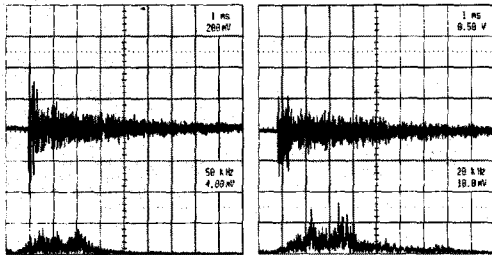
각 경우의 부분방전 진전에 따른 부분방전 초기, 중기, 말기시의 인가전압은 다음 표 1과 같다.

표 1. 부분방전 진전별 인가전압

단위 : kV

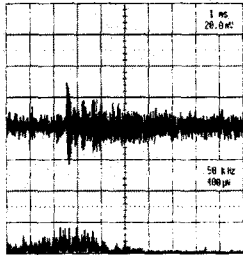
|         | 초기 | 중기 | 말기 |
|---------|----|----|----|
| 유중 코로나  | 16 | 20 | 26 |
| 유중 연면방전 | 20 | 26 | 31 |
| 보이드 방전  | 18 | 23 | 29 |

그림 3은 유중 코로나, 유중 연면방전, 보이드 방전이 일어난 경우의 초음파 신호의 파형 및 주파수 분석 결과를 나타낸다. 초음파 신호 파형의 형태는 3가지 경우 모두 유사하게 나타났으며 각 결합에 대해 주파수 분석을 한 결과, 유중 코로나와 유중 연면방전, 보이드 방전에 의한 초음파 신호의 주파수 대역은 약간의 차이가 있음을 알 수 있었다. 각각의 주파수 대역은 유중 코로나의 경우 약 20~250[kHz], 유중 연면방전의 경우 약 10~120[kHz], 보이드 방전의 경우 약 0~300[kHz]로 다르게 나타남을 볼 수 있다. 또한 주 주파수 (dominant frequency)는 유중 코로나의 경우 약 75[kHz]와 150[kHz], 유중 연면방전의 경우 44[kHz]와 68[kHz]에 위치하고 있고 보이드 내부 부분방전 시 약 150[kHz]로 결합의 종류에 따라 상이하게 나타나고 있다. 부분방전에 의한 초음파 신호는 부분방전의 메카니즘에 따라 주파수 대역이 달라지게 된다고 알려져 있는데 유중 코로나, 유중 연면방전, 보이드 방전의 경우 각각의 발생 기구의 차이로 인해 주파수 대역이 상이하게 나타난다고 생각한다.<sup>(2)(3)</sup>



(a) 유중 코로나

(b) 유중 연면방전



(c) 보이드 방전

그림 3. 부분방전 종류에 따른 초음파 신호의 주파수 분석 결과(초기)

#### 3.2 부분방전 진전에 따른 초음파 신호의 변화

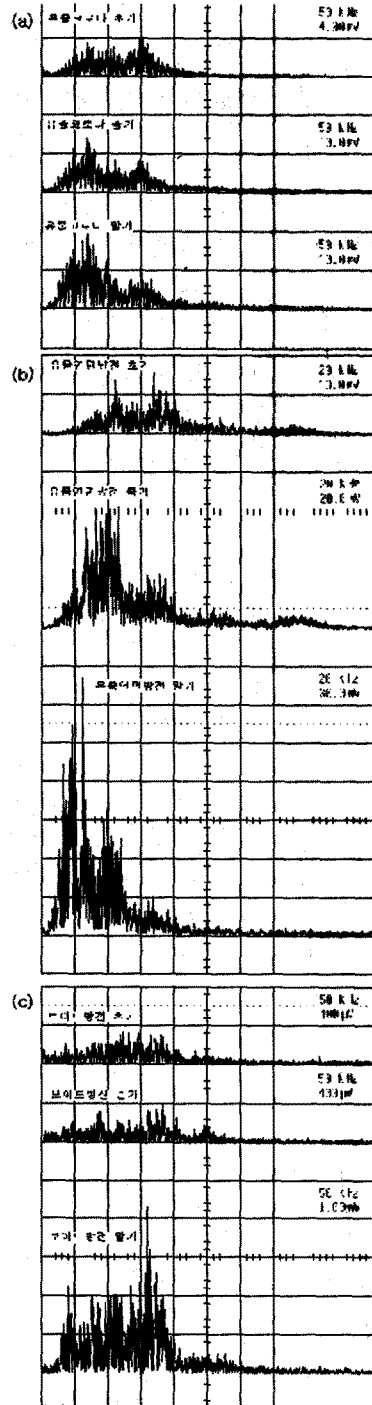


그림 4. 부분방전 진전에 따른 초음파 신호의 주파수 분석 결과

그림 4는 유중 코로나, 유중 연면방전 및 보이드 방전의 부분방전 진전에 따른 초음파 신호의 주파수 분석 결과를 나타낸다.

유중 코로나의 경우 부분방전 초기 발생시에는 주 주파수가 약 75[kHz]와 150[kHz]로 두 대역이 거의 동일한 크기로 나타났으나 부분방전이 진전함에 따라 150[kHz]대역의 주파수 성분은 그 크기가 약간 증가한 반면 75[kHz]대역은 상대적으로 크게 증가하고 있다.

유중 연면방전의 경우 유중 코로나는 부분방전의 진전에도 불구하고 주 주파수가 약 75[kHz]로 거의 일정했던 경우와는 달리 유중 연면방전의 경우 부분방전의 진전에 따라 주 주파수가 저주파수 대역 측으로 이동하고 있다. 유중 연면방전에 의한 주 주파수는 유중 연면방전 초기시 약 44[kHz]대역과 68[kHz]대역에 위치하고 있으나 부분방전의 진전에 따라 약 24[kHz]로 이동하고 있다.

보이드 방전의 경우에는 주 주파수는 초기 약 150[kHz]에서 다른 주파수 범위보다 약간 컸으나 부분방전의 진전에 따라 150[kHz]~180[kHz] 대역간에 불규칙하게 분포하고 있다.

그림 5는 유중 코로나, 유중 연면방전, 보이드 방전이 일어난 경우 부분방전 진전에 따른 1초간의 초음파 신호 펄스수의 변화 경향을 나타낸다. 데이터 취득 시스템의 sampling rate는 2.5(MHz)이고 펄스 계수시 화이트 노이즈의 레벨이 최대 34[mV]까지 나타났으므로 노이즈와의 구분을 위해 임계 레벨(threshold level)을 40[mV]로 설정하였다.

초기 가장 많은 펄스수를 나타낸 것은 유중 코로나였으며, 부분방전의 진전에 따라 유중 연면방전의 펄스수가 유중 코로나의 펄스수보다 커지고 있다. 부분방전 진전에 따른 초음파 신호 펄스수의 변화율은 유중 연면방전, 보이드 방전, 유중 코로나의 순으로 나타났으며 보이드 방전과 유중 코로나의 경우의 증가량은 큰 차이가 없었으나 유중 연면방전의 경우 다른 두 경우보다 훨씬 큰 변화율로 증가하고 있다.

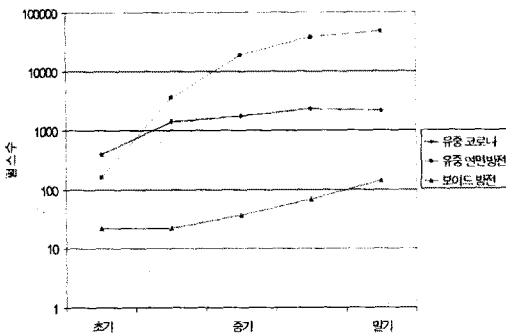


그림 5. 부분방전 진전에 따른 초음파 신호 펄스수의 변화

#### 4. 결 론

1. 결합별 주파수 대역은 각각 유중 코로나의 경우 약 20~250[kHz], 유중 연면방전의 경우 약 10~120[kHz], 보이드 내부 부분방전의 경우 약 0~300[kHz]로 측정되었다.
2. 부분방전 진전시 각 경우의 주 주파수는 유중 코로나의 경우 주 주파수는 75[kHz]로 나타났으며, 부분방전의 진전에 관계없이 거의 변함이 없었고, 유중 연면방전의 경우 주 주파수는 초기 약 44[kHz], 68[kHz]대역에서 말기 약 24[kHz]대역으로 낮아졌으며, 보이드 방전의 경우 주 주파수는 부분방전

진전에 관계없이 약 150~180[kHz]대역에 분포하였다.

3. 초당 펄스수의 증가량이 가장 큰 것은 유중 연면방전이었으며 그 다음으로 보이드 방전, 유중 코로나의 순으로 나타났고, 유중 연면방전의 경우 유중 코로나 및 보이드 방전에 비해 증가율이 매우 큰 것으로 나타났다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] H.Kawada et. al., "Partial discharge automatic monitor for oil-filled power transformer", IEEE Trans. PAS, Vol.103, No.2, pp.422~428, 1984.
- [2] Zhu Deheng, Tan Kexiong, Jin Xianhe "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
- [3] L.E. Lundgaard "Partial Discharge - Part XIV : Acoustic Partial Discharge Detection - Practical Application", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol.8, No.5, September, October 1992
- [4] R.T.Harrold, "Acoustic technology applications in electrical insulation and dielectric", IEEE Trans. EI, Vol.20, No.1, pp.3~19, 1985.