

변압기내 결함의 종류에 따른 부분방전의 초음파신호 특성 분석

박현수* 진상범 곽희로 권동진** 박하용***
 송실대학교 전력연구원** 삼척대학교***

Characteristics of Ultrasonic Signal by Defect types in the Transformer

Park Hyun-Soo* Chin Sang-Bum Kwak Hee-Ro Kweon Dong-Jin** Park Ha-Yong***
 SongSil Univ. KEPRI** SamChok Univ.***

Abstract - Out of the defects occurred in a transformer, the cases of protrusion and surface discharge were simulated by using needle-plane and IEC(B) electrode. The waveform and frequency characteristics of ultrasonic signals due to partial discharge occurred at each electrode were analyzed. And then, the ultrasonic signal characteristics from the partial discharge due to the two kinds of defect were compared. As a result, in the case of the protrusion and surface discharge, the waveforms were similar, but the frequency spectra were different.

1. 서 론

전력용 변압기 내부에서 발생하는 부분방전은 부분방전 발생시 수반되는 초음파신호를 측정함으로써 검출될 수 있다. 이 초음파 진단법은 외부 코로나에 의한 노이즈의 영향은 적으나 강우나 모래의 충돌 등에 의한 외부 노이즈와 변압기 내부에서 항상 발생하는 철심에 의한 진동 노이즈, 그리고 측정 감도가 낮다는 문제점들이 있다. 이러한 노이즈를 제거하기 위한 기법으로는 변압기 내부 부분방전에 의한 초음파신호의 주파수 대역을 측정하여 그 대역외의 신호는 협대역 센서와 필터를 사용하여 제거하는 방법이 있다. 그러기 위해서는 먼저 변압기 내부 결함에 의해 나타나는 초음파신호의 주파수 대역을 선정할 필요가 있다.

일반적으로 부분방전에 의한 초음파 신호의 측정온 변압기 내에서 가장 발생빈도가 높고 가장 위험한 결함인 돌출부를 침-평판 전극으로 모의하여 실험하여 왔고 일반적으로 주 주파수는 150[kHz]대역으로 알려져 있다. 그러나 부분방전에 의한 초음파 신호의 주파수대역은 부분방전의 메커니즘에 의해 변화하므로^{[1][2]} 연면방전이나 보이드방전의 경우에는 주파수대역이 돌출부의 경우와 일치하지 않을 수 있다.

본 실험에서는 변압기내 돌출부와 연면방전의 경우를 모의하여 전극을 제작, 실험하여 돌출부와 연면방전에 의한 초음파신호의 차이점을 알아보고, 돌출부의 경우와 연면방전 모두를 검출할 수 있는 주파수 대역을 알아보려한다.

2. 실험 장치

그림 1은 본 논문에서 사용된 실험장치를 보여준다. 모의변압기 외벽에 부착한 초음파 센서를 사용하여 검출된 초음파신호는 프리앰프에서 증폭된 후 오실로스코프로 전송되고, 오실로스코프와 컴퓨터를 사용하여 파형의 분석과 FFT 분석을 수행하였다. 초음파 센서는 NF사의 AE901E(광대역)를 사용하였고 프리앰프는 20[kHz] High Pass Filter를 내장하고, 60[dB]의 이득을 갖는 제품을 사용하였다.

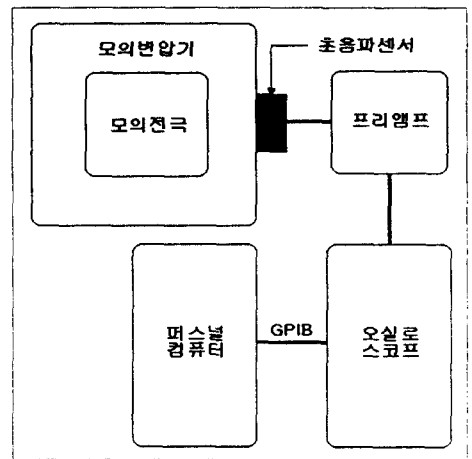
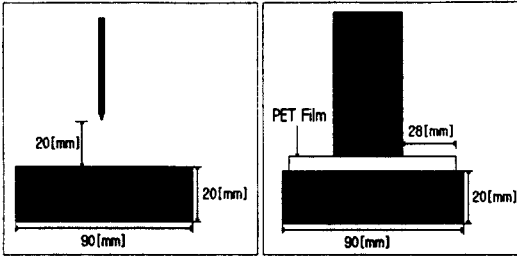


그림 1. 실험장치의 개략도

그림 2는 변압기 내부에서 발생할 수 있는 대표적인 형태의 결함을 모의하기 위하여 제작된 모의전극이다. 그림 2(a)는 변압기내 권선이나 철심부위에서 이물질의 부착 혹은 제작·공정·조립시에 발생할 수 있는 결함을 모의한 침-평판 전극을 보여주고, 그림 2(b)는 권선을 둘러싼 절연지동에서 생길 수 있는 연면방전을 모의하기 위하여 제작되었다. 침-평판 전극의 경우 파괴전압은 26~27[kV]였고, 연면방전의 경우에는 32~33[kV]로 나타났다. 전극별로 방전 초기부터 말기까지 인가전압을 2~3[kV]씩 증가시키며 실험하였다.

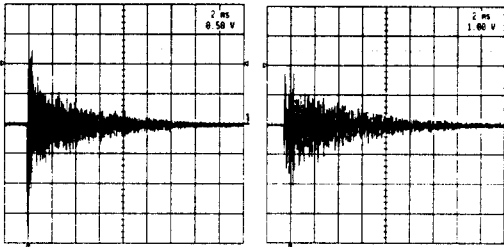


a. 침-평판 전극 b. IEC(b) 전극
그림 2. 모의전극

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 전극별 대표적인 파형의 비교

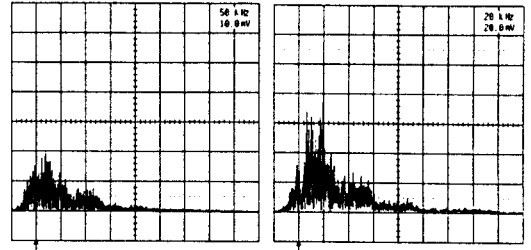
그림 3에서 (a)는 침-평판 전극에서 유증코로나에 의해 발생된 초음파신호를 보여주고, (b)는 IEC(b) 전극에서 연면방전에 의한 초음파신호를 보여준다. 그림 3의 (a)와 (b)에서 측정된 것과 같이, 파형의 형태는 유사하게 나타나므로, 파형의 형태에 의해 결함의 종류를 판별하는 것은 불가능함을 알 수 있었다. 따라서 두가지 결함을 구분하기 위해서는 주파수 스펙트럼과 같은 분석이 필요하다.



(a)유증코로나: 인가전압 25[kV] (b)유증연면방전: 인가전압 25[kV]
그림 3. 초음파신호의 파형

3.2. 전극별 주파수대역

그림 4는 침-평판 전극에서 유증코로나가 일어난 경우와 IEC(b) 전극에서 연면방전이 일어난 경우의 초음파신호의 주파수 분석 파형을 나타낸다. 각 결함에 대해 주파수 분석을 한 결과, 침-평판 전극과 연면방전을 모의한 전극에서의 초음파 대역은 약간의 차이가 있음을 알 수 있었다. 각각의 주파수대역은 침-평판 전극에서 유증코로나시 약 20~250[kHz], IEC(b) 전극에서 연면방전시 약 10~120[kHz]로 다르게 나타남을 볼 수 있다. 또한 주(dominant) 주파수는 침-평판 전극에서 유증코로나의 경우 약 75[kHz], IEC(b) 전극에서 연면방전의 경우 25~40[kHz]대역에 위치하고 있다. 따라서 주파수 분석에 의한 파형을 분석함으로써 결함의 종류 판별이 가능할 것으로 보인다.

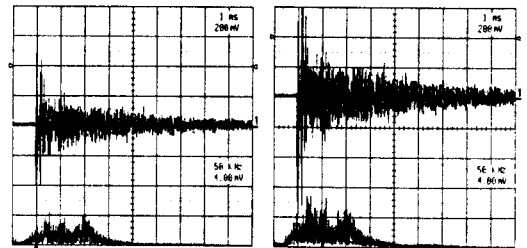


(a)유증코로나: 인가전압 25[kV] (b)유증연면방전: 인가전압 25[kV]
그림 4. 초음파신호의 주파수 분석 파형

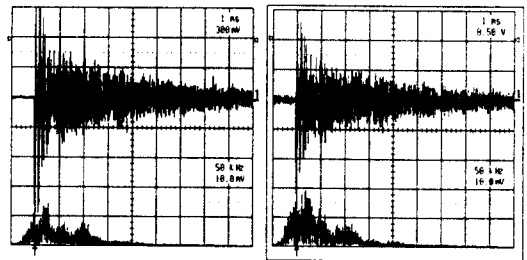
3.3. 인가전압의 증가에 따른 초음파신호 주파수 대역의 변화

3.3.1. 유증코로나의 경우

그림 5는 유증코로나의 진전에 따른 초음파신호의 특성 변화를 분석하기 위하여 인가전압을 증가시키므로써 유증코로나가 진전하였을 경우, 각 인가전압에 따른 초음파 파형과 주파수 분석 파형을 보여준다. 변압기 내에서 유증코로나가 발생하였을 경우 초음파 파형의 주파수 대역은 인가전압이 증가함에도 불구하고 약 20~250(kHz)정도로 비교적 넓은 폭으로 일정하게 나타남을 알 수 있었다.



(a)15[kV] (b)18[kV]



(c)21[kV] (d)25[kV]

그림 5. 유증코로나의 경우 인가전압에 따른 초음파신호와 FFT 파형의 변화

또한 유증코로나 초기 발생시에는 주 주파수가 약 75(kHz)와 150(kHz)로 거의 동일하게 나타났으나 인

가전압이 상승함에 따라 150[kHz]대역의 주파수 성분은 그 크기가 거의 일정한 반면 75[kHz]대역은 상대적으로 크게 증가함을 알 수 있었다. 따라서 변압기내 돌출부에 의해 유중코로나가 발생하였을 때 가장 측정이 용이한 초음파신호의 주파수대역은 약 70~150[kHz]로써 나타남을 알 수 있었다.

3.3.2. 유중연면방전의 경우

그림 6은 인가전압을 증가시킴으로써 유중에서 연면방전이 진전하였을 경우, 각 인가전압에 따른 초음파 파형과 주파수 분석 파형을 보여준다. 침-평판 전극에서 유중코로나가 부분방전의 진전에도 불구하고 주 주파수와 주파수대역이 거의 일정했던 경우와는 달리 유중연면방전의 경우 인가전압의 상승에 따라 주 주파수와 초음파 신호의 주파수대역 모두가 이동함을 알 수 있었다. 주파수대역은 유중연면방전 초기시 약 10~120[kHz]로써 유중코로나보다 비교적 낮게 나타남을 알 수 있었고 유중연면방전의 진전에 따라 주파수 대역이 약 10~80[kHz]로 작아짐을 알 수 있었다. 또한 주 주파수는 유중연면방전 초기시 약 43[kHz]대역과 68[kHz]대역에 위치하고 있으나 주 주파수 역시 주파수대역과 함께 인가전압의 상승에 따라 약 20[kHz], 약 40[kHz] 정도로 이동함을 볼 수 있었다.

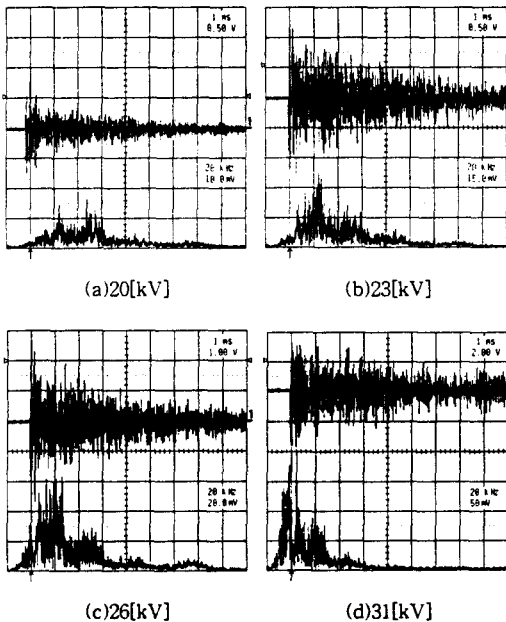


그림 6. 연면방전시 인가전압에 따른 초음파신호와 FFT 파형의 변화

따라서 유중연면방전의 경우에는 침-평판전극에 의한 유중코로나와는 달리 검출에 용이한 주파수대역은 약 2

0~80[kHz]대역임을 알 수 있었다. 그리고 유중코로나와 주 주파수와 주파수대역 모두가 상이하므로 돌출부에 의한 유중코로나와 유중연면방전은 서로 구분이 가능함을 확인하였다.

4. 결 론

본 연구를 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 침-평판 전극에 의한 유중코로나의 경우 주 주파수는 약 75[kHz]대역에서 나타났고, 인가전압에 따라 변함이 없었다.
2. 유중코로나의 경우 검출이 용이한 주파수 대역은 약 70~150[kHz] 대역임을 알 수 있었다.
3. IEC(b) 전극에 의한 유중연면방전의 경우 주 주파수는 약 20~68[kHz]대역에 분포하였다.
4. 유중연면방전의 경우 검출이 용이한 주파수 대역은 약 20~80[kHz]대역임을 알 수 있었다.
5. 변압기내 돌출부에 의한 유중코로나와 연면방전은 서로 주파수 특성이 상이하므로 서로 구분이 가능함을 알 수 있었다.

(참 고 문 헌)

- (1) 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
- (2) L.E. Lundgaard "Partial Discharge - Part XIV : Acoustic Partial Discharge Detection - Practical Application", IEEE Electrical Insulation Magazine, September, October 1992-Vol.8, No.5
- (3) R.T.Harrod "Acoustic Emission Signatures of Arcs and Sparks" IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Boston, MA, June 9-11, 1980