

변압기 부분방전에 의한 초음파 신호의 발생형태

Patterns of the Ultrasonic Signal caused by Partial Discharge in Transformer

권동진*, 최인혁*, 정길조*, 박찬영**, 나현석**, 박재준***

Dong-Jin Kweon*, In-Hyuk Choi*, Gil-Jo Jung*, Chan-Young Park**, Hyun-Suk Na**, Jae-Jun Park***

Abstract

Generally, it is known that many partial discharges are occurred in one voltage cycle. In this case, it is not easy to distinguish between ultrasonic signals caused by the partial discharge. We describes a pattern of the ultrasonic signal by the partial discharge in transformer. The test setup for ultrasonic signal measurement was to simulate a internal partial discharge by using a needle to plane electrodes. We compared the number of partial discharge and ultrasonic signal in one voltage cycle. The results showed that it was possible to distinguish between ultrasonic signals by analysing partial discharge detection method and ultrasonic signal on time domain.

Key Words(중요용어) : Transformer(변압기), Partial discharge(부분방전), Ultrasonic signal(초음파 신호), Diagnosis(진단), Pattern(패턴)

1. 서 론

전력수요의 증가에 대처하기 위하여 전력용 변압기가 대용량화, 초고압화됨으로써, 전력용 변압기의 예방진단 기법에 대한 연구와 현장적용이 활발히 이루어지고 있다.¹⁾ 특히 변압기 내부에서 발생하는 부분방전은 초음파 신호를 발생하므로, 변압기의 건전성을 감시하는 기법으로 초음파 신호의 측정에 관한 연구가 많이 진행되어 왔다.²⁾ 국내에서도 변압기에서의 부분방전을 감시하기 위한 초음파 측정시스템의 개발과 그 적용 가능성을 제시한 바 있으며,³⁾ 최근에도 이를 보완하거나, 현장에 적용하기 위한 연구가 계속 진행되고 있다.⁴⁾

변압기의 부분방전을 감시하기 위한 초음파 신호

측정 시스템은 변압기의 운전중에 이상유무를 상시 진단하는 온라인 진단시스템과 온라인 진단시스템에서 이상신호가 발생하거나, 온라인 진단시스템이 적용되지 않은 변압기를 대상으로 정기적으로 측정하는 정기 점검장치로 크게 구분할 수 있으며, 이러한 측정시스템의 목적에 적합하도록 적절한 신호처리 장치와 진단 알고리즘의 개발이 필요하다.

특히 온라인 진단시스템에서는 초음파 신호의 파형 분석보다는 초음파 신호수의 상시 감시가 유효한 것으로 제시되고 있다.⁵⁾ 그러나 상용 주파수의 한 주기에서 발생하는 부분방전과 이에 따른 초음파 신호의 발생 패턴에 대해서는 아직까지 연구된 적이 없다. 본 연구에서는 변압기 내부의 부분방전에 의한 초음파 신호의 발생형태에 관하여 연구하였다. 변압기 내부의 방전형태는 침-평판전극으로 모의하였으며, 전기적인 부분방전 펄스와 초음파 신호의 발생형태를 비교, 분석하였다.

* 한전 전력연구원 전력계통연구실

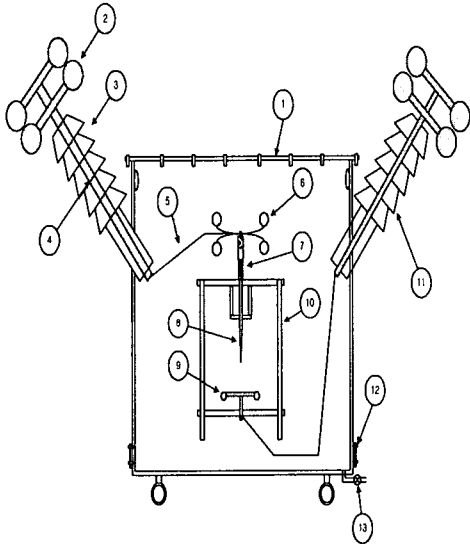
** (주)담텍

*** 중부대학교 정보공학과

2. 실험장치

본 연구에서의 실험장치는 변압기 내부에서의 부분방전의 발생과 이 부분방전에 의한 초음파 신호를 측정할 수 있도록, 크게 고전압 발생장치, 모의 변압기, 부분방전 발생장치, 부분방전 측정장치 및 오실로스코프로 구성하였다.

그림 1은 실험장치의 구성도이며, 여기서 ①은 모의 변압기이며, 내부에는 침-평판전극이 절연유에 함침되어 부분방전을 발생한다. 모의 변압기는 실 변압기를 내장하였을 경우, 권선과 외함 사이에서 부분방전이 발생하지 않도록 1,500(W)×1,500(D)×1,200(H)[mm]의 크기로 제작하였다. 고전압 전원은 ②의 이중 corona ring 사이에 접속하여, 접속부분에서 부분방전이 발생하지 않도록 하였다.



- ①Model transformer ②Corona ring ③ Insulator ④Conductor ⑤High Voltage Lead Wire ⑥Corona ring ⑦Micrometer ⑧Needle Electrode ⑨Plane Electrode ⑩Supporter ⑪ Earthing Insulator ⑫Earth Terminal ⑬Drain Valve

그림 1 모의 변압기

변압기 내부의 대표적인 부분방전은 침-평판전극을 이용하여 모의하였으며, 절연과피 사고의 전진과정인 미소한 부분방전에서부터 절연과피까지를 임의의 크기로 발생시킬 수 있도록 제작하였다. 특히 변압기 열화의 초기형태의 부분방전을 발생시키기 위

하여, 전극 이외 부분에서의 부분방전은 실험실 환경의 노이즈 레벨 이하가 되도록 제작하였다.

침-평판전극에서 ⑧의 침 전극에는 고전압 발생장치에서 부싱을 통하여 고전압이 인가되고, ⑨의 평판전극은 또 하나의 부싱을 통하여 접지되어 있다. 침 전극은 holder를 이용하여 용이하게 교체할 수 있도록 하였으며, 침 전극은 마이크로미터를 이용하여 최대 75[mm]의 전극간 거리를 조절하도록 제작하였다. 본 연구에서는 내부 부분방전을 발생시키기 위하여, 침 전극과 평판전극 사이의 간격을 25[mm]로 설치하였다. 침 전극에 사용된 침의 구경은 10[μm]이며, 평판전극은 간이 로고우스키 코일 형태로 직경 130[mm]로 제작하였다. 평판전극은 미세한 돌출부를 제거하기 위하여 mirror 처리를 하였다.

고전압 발생장치는 400[kV], 0.5[A]의 고전압, 저전류인 부분방전 free의 시험용 변압기(Test Transformer)이며, 이 고전압 발생장치에는 IEC 270에 따른 부분방전을 측정하기 위한 부분방전 측정장치(0~999[pC/nC] 40~400[kHz], Tettex, TE-571, 1998)가 구비되어 있다. 또한 오실로스코프는 LeCroy 9354AL 500[MHz]를 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 2는 일반적으로 부분방전을 분석하기 위해 측정하는 전기적인 방전 파형을 나타낸 것으로, 본 연구에서는 침 전극에 25[kV]의 전압을 인가하였을 경우이다. 그림 2에서는 최대 4.4[nC]의 부분방전 전하량이 인가전압의 위상각 약 50~110도 사이에서 상당히 많이 발생하고 있음을 나타내고 있다.

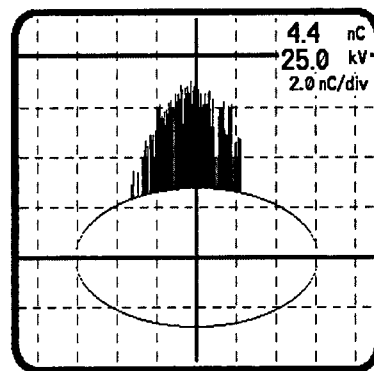


그림 2 대표적인 부분방전 파형

일반적으로 변압기 내부에서 부분방전이 발생할 경우, 그 부위에는 국부적인 발열을 동반하고 그 발생 열에 의해 주변의 절연유가 급격한 압축을 받아 충격파로 유중에 전달되는 펄스형태의 초음파가 발생된다. 따라서 인가전원 주파수의 한 주기에서 그림 2와 같이 수많은 부분방전이 발생한다면 이때 발생하는 초음파는 잔향이 남아 있을 경우에 또 다른 초음파가 발생하여 서로 합해져 초음파 신호간의 구분이 어렵게 될 것이며, 이러한 경우에는 초음파 펄스 수의 계측에 상당한 어려움이 있을 것이다.

그림 3은 그림 1의 모의 변압기에 압전진동자를 설치하여, 변압기 내부에서 한 개의 부분방전이 발생할 경우에 측정되는 초음파 신호의 파형을 측정한 것이다. 이때 초음파 센서와 압전진동자의 거리는 약 750[mm]이며, 압전진동자에는 Pulse Generator를 사용하여 10[Vp-p]의 구형파를 한[개/초] 인가하여 초음파를 발생시켰다. 초음파 센서는 광대역의 센서를 사용하였으며 측정된 초음파 신호는 46[dB]의 Pre-amp로 증폭하였다.

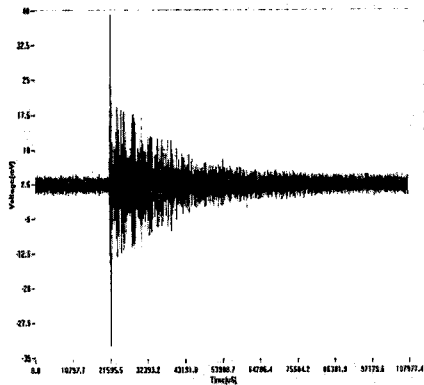


그림 3 압전진동자에 의한 초음파 신호

그림 3과 같이 본 연구의 모의 변압기에서는 초음파 신호의 반사현상에 의해 한번의 부분방전에 의해 발생하는 초음파 신호는 전체길이가 약 30[msec]를 나타내었다. 이 신호는 60[Hz] 인가 전원 주파수의 한 주기인 약 16.7[ms]보다 훨씬 긴 것으로, 그림 2와 같이 한 주기에 부분방전이 많이 발생한다면, 부분방전에 의한 초음파 신호간의 구분은 불가능하게 될 것이다.

그러나, 그림 2와 같은 전기적인 부분방전 펄스 파형은 인가전원 주파수의 한 주기에서 발생하는 펄스를 나타내는 것이 아니며, 그림 2의 부분방전은

60[sec] 동안 발생한 부분방전을 누적시켜 나타낸 것이다. 따라서 실제로 인가전원 주파수의 한 주기에서 발생하는 부분방전의 수는 그림 2보다는 상당히 적은 수가 될 것이다.

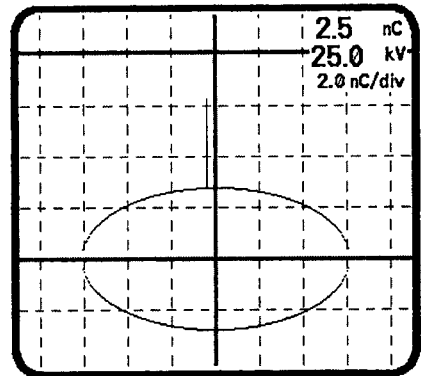


그림 4 부분방전이 한개 발생할 경우

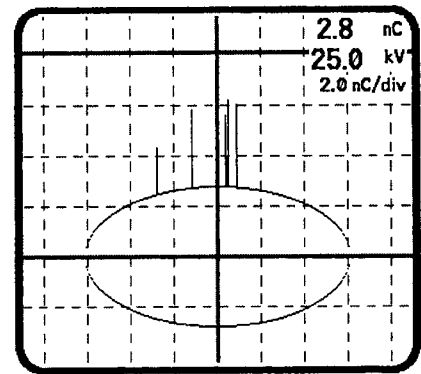


그림 5 부분방전이 여러 개 발생할 경우

그림 4와 그림 5는 본 연구에서 사용한 부분방전 측정장치에서 가장 짧은 시간동안에 up date되는 측정 mode인 Scope mode에서 측정한 것으로, 약 200[ms] 동안에 측정된 부분방전 펄스를 누적시켜 나타낸 것이다.

그림 4와 그림 5의 파형은 인가전원 주파수의 약 12주기 중에 한 개 또는 6개의 부분방전 펄스가 나타났음을 보여 주고 있다.

그림 6과 그림 7은 그림 4와 그림 5와 같은 조건

에서 부분방전에 의해 발생하는 초음파 신호를 측정할 것이다. 그림 6은 초음파 펄스가 한 개 발생될 경우로, 초음파 신호의 전체길이는 그림 3과 유사하게 약 30[ms]를 나타내었다.

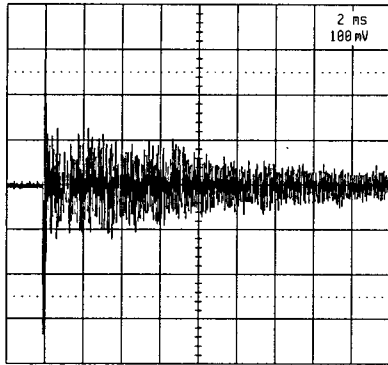


그림 6 그림 4에 대응하여 초음파 펄스 한개가 발생한 경우

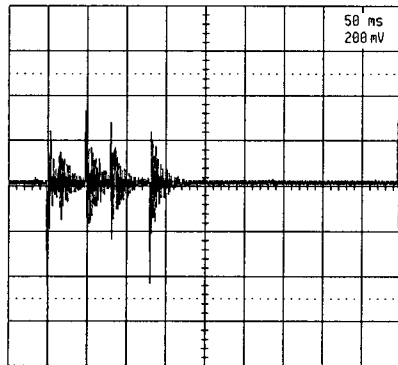


그림 7 그림 5에 대응하여 초음파 펄스 여러 개가 발생한 경우

그림 7은 초음파 신호 4개가 발생되어 초음파 신호의 잔향이 남아 있을 경우에 또 다른 초음파가 발생한 경우로, 그림 7과 같이 초음파 신호가 여러 개 발생할 경우에도 초음파 신호의 발생간격은 약 30[ms]를 나타내었고, 초음파 신호간의 구분은 뚜렷하여 초음파 신호의 계수는 무리없이 수행될 수 있을 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 변압기 내부의 부분방전에 의한 초음파 신호의 발생형태를 모의 변압기와 침-평판전극을 이용하여 발생, 분석하였다. 이때 발생하는 부분방전은 최대 4.4[nC]의 아주 큰 방전량으로 거의 절연파괴 전압에 근접한 경우이다. 그러나 이때 발생하는 부분방전은 부분방전 측정장치에서 나타나는 파형이 인가전압 주파수 약 12주기 동안에 발생한 펄스를 누적시켜 나타내는 것으로, 실제로 발생하는 부분방전은 한 주기에 한 개가 발생하여 부분방전에 의한 초음파 신호수의 측정으로 부분방전을 상시 감시하는데 무리가 없음을 알 수 있었다. 물론 본 연구는 침-평판전극으로 부분방전 형태를 모의한 것으로, 향후 변압기 내부에서 발생할 수 있는 부분방전 형태인 연면방전이나 절연지의 관통파괴시의 부분방전 발생형태는 계속 연구되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1]. 권동진 외, "765kV 변전기기 예방진단시스템 개발," 한전 전력연구원 보고서, pp.1~123, 1999
- [2]. E. Howells and E. T. Norton, "Detection of Partial Discharge in Transformers Using Acoustic Emission Techniques," IEEE Trans. PAS, Vol. 97, No. 5, pp.1538~1549, 1978.
- [3]. 권동진 "초음파 경향분석에 의한 전력용 변압기의 예방진단에 관한 연구," 숭실대학교 박사학위논문, pp.1~124, 1995
- [4]. 박재준, 권동진 외, "이산 웨이블릿 변환기법을 이용한 변압기 열화신호의 특징 추출에 관한 연구," 한국전기전자재료학회 춘계학술대회논문집, pp.5~12, 2000
- [5]. 권동진, 김정부 외, "초음파 신호 수의 이동평균에 의한 전력용 변압기의 예방진단," 대한전기학회 논문지, Vol.45, No.3, pp.432~437, 1996