

변압기 이상음의 초음파 분석에 관한 연구

백화종* · 지석근*

*군산대학교 공과대학 전자정보공학부

A study on ultrasound analysis of the transformer strange signal

Hwa-Jong Back* · Suk-Kun Jee*

*Kunsan National University

E-mail : jeesk@ks.kunsan.ac.kr

요 약

동작되고 있는 고전압 기기는 전기의 독특한 특성 때문에 초음파 방출을 유발하는 특유한 소리를 방출한다. 초음파 방출이란 아킹, 코로나, 트래킹과 같은 전기적변화에 의해서 발생된다. 고전압 전력 설비에서 아킹, 코로나, 트래킹은 여러 가지 장애를 일으킬 뿐만 아니라 인체에도 매우 치명적인 손상을 야기한다.

고전압 기기의 장애 요소를 방지하고 사전에 진단하기 위해 초음파 측정이 주목받게 되었지만 아직까지 기초적인 측정 데이터가 충분히 제시되어 있지 않은 실정이다. 본 논문에서는 변압기 설비에서 발생하는 초음파 이상음을 분석하고 분석한 자료를 표준 데이터화 하는데 그 목적을 둔다.

ABSTRACT

A running high voltage equipments produce ultrasonic wave that has unique sound by the specific characteristics of the electricity. The generation of the ultrasonic wave is made by the electric transform like arcing, corona, and tracking so on. The mechanical losses and fatal human damages are happened by the electric failure of high voltage equipments.

To prevent and diagnose the obstacle factors of the high voltage equipments, the measurement of the ultrasonic wave became to be prominent. However standardized data have been a deficient situation by now.

This paper measures the ultrasonic wave coming from the real running transformer equipments and transforms it as an audio frequency. Measured data represents as frequency and time domain through the FFT(Fast Fourier Transform) transform. In conclusion, the purpose of this paper is to standardize the analyzed data.

키워드

고전압 기기, 초음파, 아킹, 코로나, 트래킹

1. 서 론

전기적 장치로부터의 초음파 방출은 전기의 독특한 특성 때문에 초음파 방출을 유발하는 아주 특유한 소리를 갖는다. 여기서 초음파 방출이란 코로나(corona), 트래킹(tracking), 아킹(arc)과 같은 전기적 변화에 의해서 발생되는데 각각은 그들만의 소리와 격렬함의 정도를 갖는다[1][2]. 이러한 소리들은 전기기기 상태에 대한 심한 정도에 따라 어떤 전기적 초음파 신호를 방출하게 된다.

전기가 고전압 선에서 벗어나거나 전기적 연결부 안의 결함을 건너 뛸 때 주변의 공기 분자들을 교란시키며 이 공기의 교란에 의한 공기 분자들의 충돌에 의해 초음파를 발생한다. 흔히 이 소리들은 일반적으로 딱딱 때리는 것 같은 소리 또는 툭툭 튀기는 소리로 감지되기도 하며 부저를 울리는 소리로도 들린다.

초음파 시험은 다양한 형태의 잠재적인 전기적 고장들, 특히 아킹, 코로나, 트래킹 같은 전기적 고장을 확인하고, 또한 전기적 고장들은 비용이 많이 소요될 뿐만 아니라 인체에도 매우 치명적일 수가 있기 때문에

그 위치를 정확히 찾아내는 데 이용되어진다. 또한 고전압 전력설비에서 아킹, 코로나, 트래킹같은 방전현상이 일어나면 여러 가지 장애를 일으킬 뿐만 아니라 인체에 치명적인 결과를 가져올 수 있기 때문에 기기의 고장을 미연에 방지하기 위해서는 이러한 방전현상의 진전상태를 운전중 연속적으로 감시할 필요가 있다.

초음파 측정이 주목을 받게된 주된 이유는 측정장치가 비교적 간단하여 현장적용에 용이하고 전기적인 측정법과 상호간섭을 일으키지 않는 특징이 있고, 또한 고전압기기의 전기적 측정에서 문제가 되고 있는 정전용량 및 외부잡음에 대한 영향도 받지 않기 때문이다.

부분 방전현상에 의해 발생하는 음파의 약 99%는 초음파 영역에서 방출되므로 초음파를 이용한 고전압설비의 예방진단에 대한 연구는 크게 기대되고 있으나 아직까지 기초적인 측정 데이터가 충분히 제시되어 있지 않는 실정이다.

II. 헤테로다인(heterodyne) 방식

헤테로다인 방식은 수신 전파를 주파수 변환기를 통해서 일정한 주파수의 중간주파수로 떨어뜨려 중간주파수 증폭기로 충분한 증폭도와 선택도를 취한 다음에 다시 검파하는 방식이다. 고주파 증폭부는 입력을 정합하는 입력 회로와 증폭 회로로 구성된다. 주파수 변환부는 주파수 혼합 회로와 극부 발진 회로로 구성되고, 입력 신호를 중간주파수로 변환하는 부분이다. 중간 주파 증폭부는 변환된 신호를 증폭한다. 복조부는 신호 입력에서 가청주파수의 원 신호를 분리하는 회로이다.

헤테로다인 방식을 사용하는 이유는 초음파는 약 20KHz 이상의 음파로서 사람의 귀로는 소리로 느낄 수 없기 때문에, 사람이 소리로 느낄 수 있는 가청주파수로 변환하기 위하여 쓰인다.

고전압 설비에서 방출되는 초음파는 독특한 특성으로 초음파 방출을 유발하는 특유한 소리를 갖고 있기 때문에 헤테로다인 방식을 이용하여 초음파를 가청주파수로 변환하여 청각으로 그 초음파를 분석할 수 있다.

식 (1)은 이득을 구하는 식을 나타내고 있다.

$$Gain[dB] = 20 \log \frac{V_o}{V_i}$$

$$= RF[dB] + MIXER[dB] + IF[dB] + AF[dB] \quad (1)$$

주파수 변환의 원리는 그림 3.3에 나타내듯이 비직선상의 입력력 특성을 가진 다이오드, 트랜지스터,

FET 등에 2개의 신호 f_1 , f_2 를 가하면, 출력측에 다시 그 합 $f_1 + f_2$ 와 $f_2 - f_1$ ($f_2 > f_1$)의 신호가 생기는데 이 현상을 헤테로다인 현상이라 한다. 출력측에 동조회로를 구성하므로서 합과 차의 신호를 골라 낼 수가 있다.

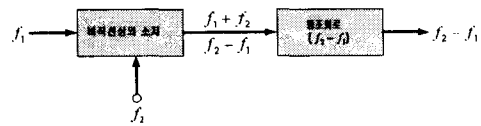


그림 1. 헤테로다인 현상.

III. 측정방법

측정 분석을 위하여 초음파 발생 변화 요인의 자료를 수집 및 정리하고, 주 변화요인인 아킹, 코로나, 트래킹의 개념을 정리 이해하고 측정기기에 대한 사용법을 파악한다. 또한 측정에 있어 가장 중요한 모든 안전절차에 대해 점검하고 관찰한 후에 측정 검사를 실행해야 한다. 측정에 앞서 기록을 위한 보고서 양식을 만들고 검사 장비의 형태 및 위치를 파악하고 시험하려는 항목을 정하고 온도, 습도, 측정시의 일반적인 날씨 상태, 특정한 대기의 상태 예를 들어 안개 경보나 설비 세척등에 의한 상태 등을 기록하면서 측정 검사한다. 습도 상태를 기록하기 위하여 온도계, 습도계 등을 사용하고 비 접촉식 온도계를 사용하여 검사할 장치의 온도를 기록하고 기록과 분석을 위하여 판독 값인 dB 값을 기록한다. 변전소에서 측정시 측정할 때마다 동일한 조건을 주기 위하여 측정 위치를 표기하고 적절한 모듈을 선택하고 스캐닝 모듈의 경우에는 파라볼라 집중기 등을 사용하여 측정했는지 기록한다. 처음에는 최고의 감도로 조정하여 스캔하고 모든 방향으로 돌리면서 스캔하면서 감도를 적절하게 조절한다.

코로나, 트래킹, 아킹의 튀는 소리나 딱딱 튀는 소리를 듣고 가장 큰 소리로 들리는 방향을 탐지하여 탐지기의 방향 설정하고 감도 다이얼을 적절하게 조절하여 주변의 소리를 줄이고 검사한다. 정확한 측정 분석을 위하여 측정된 데이터를 항상 기록한다.

다음은 측정 방법의 설정이다.

- 측정 주파수대는 40kHz로 설정
- Mode는 실시간 모드로 설정
- 최적 감도 조절
- Sampling rate는 11025Hz
- Sampling format은 Mono, 16bit
- FFT size는 4096 points
- Smoothing window는 Hanning window

IV. 실험 및 결과(#3 변압기)

그림 2는 세 번째 측정된 이상음을 발산하는 변압기 애자 부분의 측정부위를 원으로 나타내고 있다.

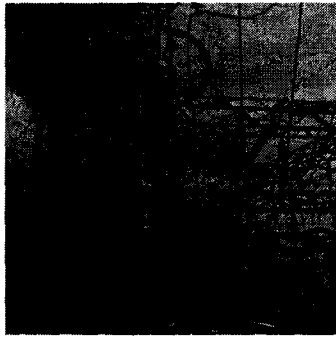


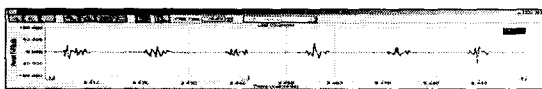
그림 2. #3 변압기.

표 1은 세 번째 변압기의 데이터 기록을 나타내고 있다. 12dB에서 14dB까지의 데이터 변화를 보이고 있고 특히 7회차 측정에서는 0dB를 나타내고 있는데 이는 순간적인 변압기의 이상현상이거나 측정과정에서의 실수로 추정된다. 하지만 나머지 측정에서는 거의 비슷한 데이터 값을 보이고 있다.

표 1. #3 변압기의 측정 데이터.

횟수(회)	1	2	3	4	5	6	7	8
Time	10:12	11:04	12:05	13:06	14:02	15:03	16:03	17:02
온도(℃)	27	29	30	31	32	31	31	30
습도(%)	72	79	67	68	68	68	68	73
dB	12	11	14	14	13	13	0	13

그림 3은 #3 변압기의 1회 측정된 것으로 온도는 27℃ 습도는 72% dB는 12 시간은 오전 10시12분에 측정된 데이터의 시간 신호와 주파수 스펙트럼이다.



(b)

그림 3. #3 변압기 1회

(a) 시간 신호 (b) 주파수 스펙트럼.

그림 4는 가동중인 변압기들의 측정 시간대에 대한 크기 변화의 값을 dB로 나타내고 있다. 오전 10:00에서는 10~12dB로 나타나고 있고 11:00 에서는 11dB로 거의 일정하게 나타난다. 12:00 에서는 이전보다 다소 높은 13~15dB로 나타나고 13:00 는 12:00 보다 조금 낮은 13dB로 #2, #3, #4, #5 변압기가 거의 동일하게 나타나고 있다. 14:00 는 #2, #3, #4, #5 변압기 모두가 13dB로 나타난다. 15:00 도 역시 14:00 와 거의 비슷하게 나타난다. 16:00 에서는 13~15dB로 나타나는데 #1 변압기에서는 0dB가 나오고 있다. 이는 변압기에 순간적인 이상현상이 발생하여 나타난 결과이거나 측정과정에서 에러가 발생한 결과 추정되어진다. 17:00 에서도 13dB로 변압기가 거의 동일한 값을 보이고 있다.

결론적으로 전체적인 시간대에서 보면 아침에는 dB값이 약간 작게 정오에는 조금 높게 늦은 오후 시간으로 갈수록 dB값은 약간 낮게 나타나는 것을 볼 수가 있다. 그러나, 전체적으로 dB값은 큰 폭의 차이값으로 나타나지 않고 비슷한 수준으로 나타나고 있다. 따라서, 온도가 낮은 오전시간에는 크기가 작게 나타나고 온도가 높아지는 오후시간에는 크기가 높은 것을 확인할 수 있다.

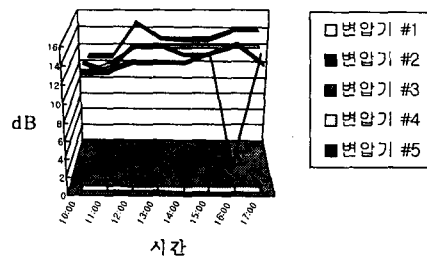


그림 4. 시간대별 데이터 변화.

그림 5는 가동중인 변압기들의 습도에 대한 크기 변화를 그림으로 나타내고 있다. 그림에서 보면 습도가 67%~70%에서는 dB값이 약간 높게 나타나고, 습도가 72%~79%에서는 dB값이 낮게 나타나고 있다. 결론적으로 습도가 낮을 때 크기 값이 높고, 습도가 높을 때 크기 값이 낮다.

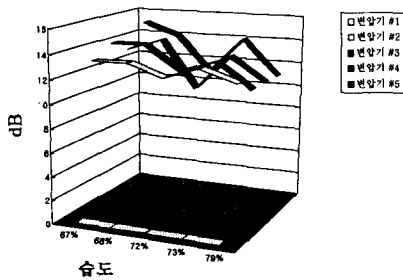


그림 5. 습도별 데이터 변화.

V. 결 론

전기적 장치로부터의 초음파 방출은 전기의 독특한 특성 때문에 초음파 방출을 유발하는 아주 특유한 소리를 가지고 있고, 여기서 초음파 방출이란 코로나(corona), 트래킹(tracking), 아킹(arcng)과 같은 전기적 변화에 의해서 발생된다는 것을 연구 분석을 통하여 나타내었다. 따라서 고전압 설비에서 방출되는 아킹, 코로나, 트래킹을 확인함으로써 고전압 설비의 상태를 알 수 있다.

고전압 설비에서 초음파 방출로 인해 여러 가지 설비 장애가 발생하면 이를 위한 수리비용이 많이 들고 또한 인체에 대하여 치명적인 문제가 발생하기 때문에 이를 사전에 예방 및 방지하기 위하여 초음파 분석이 필요하다.

초음파를 이용한 고전압 설비의 예방 진단에 대한 연구는 현재 크게 부각되고 있지만 그에 대한 기초적인 지식이나 측정 분석 데이터가 충분하게 표준 데이터화 되어있지 않은 실정이기 때문에, 본 논문에서는 측정 분석한 자료를 표준 데이터화 하는데 중점을 두었다.

따라서 본 연구에서는 실제 운용되는 변전소의 변압기를 채택하여 그 변압기에서 방출되는 요인을 찾아 분석하고 판독하였다. 초음파를 방출하는 변압기 5개를 취하여 분석한 결과 #1 변압기는 정상음으로 판독되었고 나머지 4개의 변압기에서 #2 변압기는 코로나, #3 변압기도 코로나, #4 변압기는 트래킹(Tracking), #5 변압기도 트래킹으로 실험결과가 나왔다.

본 논문 실험에서 발생한 이상음을 갖는 변압기 #2, #3에서 발생한 초음파는 코로나에 의한 요인으로 분석되었으며 코로나는 변압기 설비의 균열이나 표면 약화나 설비 파손에 의해서 발생되기 때문에 그 현상의 진전을 막고 예방하기 위해서는 설비의 교체나 수리 등이 필요하다.

이상음을 갖는 변압기 #4, #5에서 방출되는 초음파

는 트래킹에 의한 요인으로 판독했으며 이 요인은 변압기 설비에 먼지나 오물 또는 수분 등 부식될 수 있는 오염물질로 인해서 전기적인 이상현상을 발생하기 때문에 트래킹 요인에 대한 예비대책은 그 설비를 항상 청결하고 깨끗하게 청소를 해 줌으로써 트래킹의 상태를 진전됨이 없이 사전에 예비할 수 있다.

고전압 기기를 사용하는 전력회사, 산업현장 등에서 이러한 초음파 분석을 이용함으로써 설비의 수리 및 보존 비용을 절감하고, 인명 피해를 줄일 수 있을 것이다.