

초음파신호의 웨이블릿변환을 이용한 PD Source별 특징에 관한 연구

이동준*, 광희로
태광이엔사, 송실대학교

A Study of PD Sources Characteristics by Wavelet Transform of Ultrasonic Signals

Lee Dong-Zoon*, Kwak Hee-Ro
TGE, Soongsil Univ.

Abstract - In this paper, acoustic signals in SF₆ gas were analyzed using wavelet transform. For this, the PD sources in the SF₆ gas were divided into corona discharge, surface discharge, void discharge and crossing particle and acoustic signals were used to detect the PD sources. The measured signals were time-frequency distribution by wavelet transform and the features were extracted from the PD sources.

As a result, the characteristics of the PD sources were different. And this results is going to be used for basis diagnosis of SF₆ gas insulated apparatus.

가지 경우를 비교하였다.

그림1은 본 논문에서 모의한 부분방전 종류의 모의 전극이다.

1. 서 론

SF₆ 가스를 절연물질로 사용하는 전력기기는 현재 고신뢰성, 장수명 및 축소화로 인하여 널리 보급 사용되고 있으나, 주회로부가 거의 밀폐 접지 된 외함 속에 있으므로 보수점검이 어렵다. 따라서 최근에는 고신뢰화에 대한 요구로 기기의 이상을 검출하여 사고나 장애를 미연에 방지하고자 하는 진단의 중요성이 커지고 있다.

현재의 전력기기 진단방법으로는 기계적 검출법, 화학적 검출법, 전기적 검출법 등을 이용한 여러 가지 방법들이 제시되고 있다. 이러한 진단 방법 중 초음파 진단법은 변압기 내에 발생하는 부분방전의 위치를 추정하는 방법 그리고 GIS내부에서 발생할 수 있는 파티클에 의한 충돌신호를 측정하여 파티클 검출하는 방법과 또한 GIS 내부에서 발생하는 부분방전을 측정하여 부분방전의 위험정도를 예측하는 방법으로 이용해 오고 있다.[1-2]

그러나 이런 방법은 실제 전력기에 적용하여 정밀한 분석을 하는 데는 여러 가지 문제점이 따르고 있어 다양한 분석 기법이 요구되어지고 있다.

따라서 본 논문에서는 SF₆ 가스를 절연물질로 사용하는 전력기기의 진단을 위하여 4가지 부분방전 종류를 구분하고 초음파신호로 계측한 후 이 신호를 웨이블릿변환을 이용한 시간-주파수 분포로 나타내고 이 분포에서 특징을 추출하여 부분방전 종류를 판별하고자 하였다.

2. 본 론

2.1 실험방법

본 논문에서는 부분방전 종류에 따른 초음파 신호를 측정하였다. 이때 이용한 초음파 센서는 공진주파수 150[kHz]인 광대역 센서를 이용하였고, 60[dB]의 프리앰플을 이용하여 신호를 증폭하였다. 부분방전 발생원은 SF₆ 가스가 절연매질인 경우를 모의하였으며 부분방전 종류는 코로나 방전, 연면 방전, 보이드방전을 모의하였고[2] 모의된 방전 외에 노이즈 신호를 측정하여 4

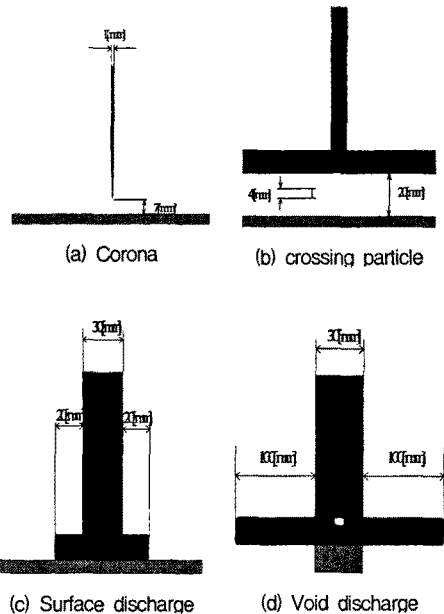


그림 1 부분방전 종류별 모의 전극

본 논문에서는 초음파신호의 웨이블릿변환을 위해 적용한 mother wavelet은 Daubechies family를 사용하였다. 또한, 초음파신호의 분석을 위하여 SPAW 시간-주파수 분포(Smoothed Pseudo Affine Wigner time-frequency distributions)를 이용하였다. 이때 threshold level은 5[%]로 하였다.

2.2 음향신호의 특징

GIS내 부분방전에 의한 음향신호를 주파수 영역에서 분석하기 위하여 먼저 초음파신호를 측정하였다. 이때 측정시간은 10[mSec]로 하였다. 그림 2는 부분방전에 따른 초음파신호를 나타낸 것이다.

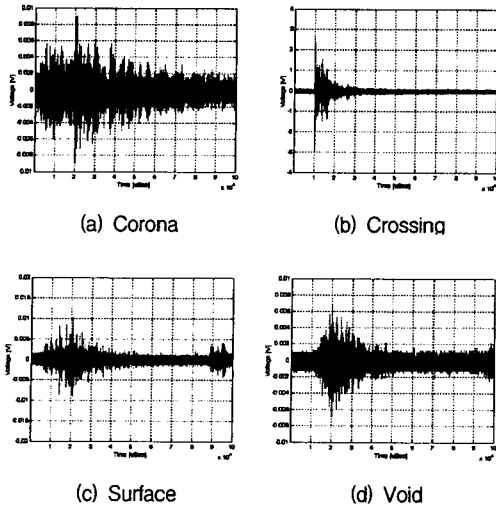


그림 2 부분방전별 초음파신호의 예

그림에서 보듯이 부분방전에 따른 초음파 파형의 형태적인 모습으로는 크로싱의 경우를 제외하고 코로나방전, 연면방전, 보이드방전은 매우 유사한 형태를 나타내고 있어 형태적으로 구분하는 것은 매우 어렵다. 또한 파형의 피크 값($V_{peak-peak}$)은 코로나 방전이 약 0.02[V], 크로싱이 약 6[V], 연면방전이 약 0.02[V] 그리고 보이드방전이 약 0.015[V]로 크로싱의 경우는 다른 부분방전에 의한 신호보다 매우 큰 파형이 측정되었는데 이는 부분방전에 의한 초음파신호라기보다는 파티클이 왕복운동 하면서 외함에 충돌을 일으킬 때 나타나는 신호로 사료된다.

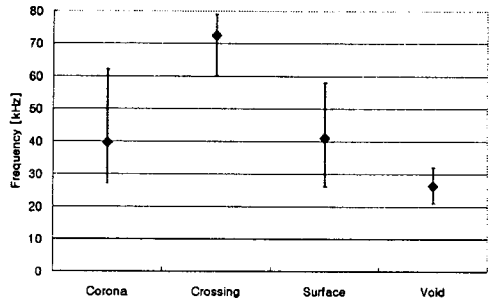
부분방전의 종류에 따라 측정된 초음파 파형의 FFT는 종류에 따라 약간의 차이는 나타나지만 큰 차이가 발생하지는 않아 FFT로 PD의 종류를 구분하는 것은 쉽지 않다[3].

본 논문에서는 GIS내 부분방전 종류에 따라 발생하는 초음파 신호를 계측하여 측정된 신호를 SPAW분포 변환에 의해 시간-주파수 분포로 변환하였다. 변환을 위한 초음파 신호는 측정된 초음파 신호의 피크치가 포함된 2[mSec] 동안의 파형이다. 시간-주파수 분포에서 부분방전별 특징을 구별하기 위하여 시간-주파수 분포에서 나타나는 두드러진 형태의 파형을 주요윤곽선(Major contour)으로 정의[4]하고 부분방전 종류별 특징을 주요윤곽선을 중심으로 설명하였다.

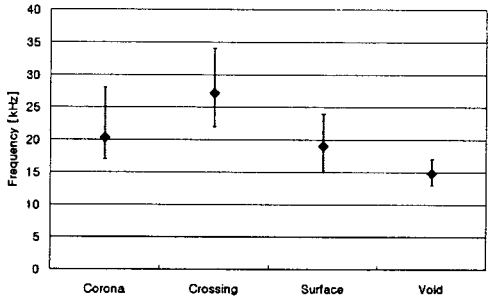
본 논문에서는 초음파신호의 시간-주파수 분포에서 특징량을 추출하였다. 이때 이용한 특징량은 주요윤곽선의 주파수대역, 주파수폭 넓이, 시간폭 넓이이다.

(가) 주파수대역

시간-주파수 분포에 따른 GIS내 부분방전의 특징을 비교해 보기 위하여, 주요윤곽선의 주파수대역을 조사하였다. 그림 3은 주요윤곽선의 주파수 대역을 고주파수(High frequency)와 저주파수(Low frequency)로 나누어 나타낸 것이다.



(a) High frequency



(b) Low frequency

그림 3 부분방전 종류별 주파수 범위

그림 3(a)에서 볼 수 있는 것처럼 코로나방전의 고주파수대역은 약 27~62[kHz]사이에 분포되어 있다. 크로싱은 약 60~80[kHz]사이에 분포되어 있고 연면방전은 약 26~59[kHz]사이에 분포되어 있고 보이드방전은 약 21~32[kHz]사이에 분포되어 있다.

그림 3(b)에서 볼 수 있는 것처럼 코로나방전의 저주파수대역은 약 17~28[kHz]사이에 분포되어 있다. 크로싱은 약 22~34[kHz]사이에 분포되어 있고 연면방전은 약 15~24[kHz]사이에 분포되어 있고 보이드방전은 약 13~17[kHz]사이에 분포되어 있다.

이상의 데이터에서 보듯이 크로싱은 주파수범위가 상대적으로 높게 나타나고 보이드방전은 주파수범위가 낮게 나타나고 있으며 코로나방전과 연면방전은 중간 높이로 나타나고 있다.

(나) 주파수폭 넓이

시간-주파수 분포에 따른 GIS내 부분방전의 특징을 비교해 보기 위하여, 주요윤곽선의 주파수폭 넓이를 조사하였다. 그림 4는 주요윤곽선의 주파수폭 넓이를 나타낸 것이다.

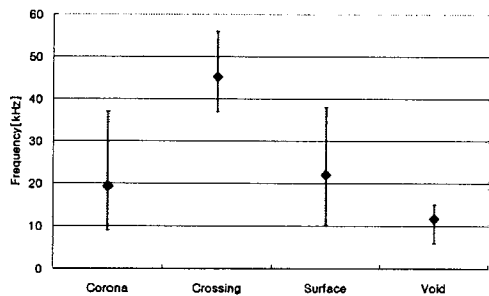


그림 4 부분방전 종류별 주파수폭 넓이

[참고 문헌]

- [1] L.E. Lundgard *et al.*, "Acoustic diagnosis of gas insulated substations : a theoretical and experimental basis," *IEEE Trans. Power Delivery*, Vol. 5, No. 4, pp. 1751-1759, 1990
- [2] R. T. Harrold, "Acoustical Techniques for Detecting and Locating Electrical Discharges", *Engineering Dielectrics Vol. 1: Corona Measurement and Interpretation*, Philadelphia: ASTM, 1979.
- [3] 이동준, 박희로, "초음파 신호와 부분방전 신호의 패턴에 의한 GIS내 파티클 위치 추정", *한국조명·전기설비 논문지*, Vol.14, No.5, pp.12-18, 2000. 9
- [4] P. V. Glahn and R. J. V. Brunt, "Continuous Recording and Stochastic Analysis of PD", *IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation* Vol. 2, No. 4, pp. 590-601, August 1995.
- [2] C. Sidney, Ramesh A. Gopinath, and Haitao Guo, "Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms" Prentice Hall, 1998.
- [3] 손진만 외, "Wavelet 변환을 이용한 여자돌입현상 해석" *대한전기학회 하계학술대회 논문집*, pp920-922, 1997

그림 4에서 볼 수 있는 것처럼 코로나방전의 주파수 폭의 넓이는 약 9~38[kHz]까지이며 또한 크로싱은 약 37~57[kHz]까지 분포되어 있다. 연면방전은 약 10~39[kHz]까지 분포되어 코로나 방전과 비슷하게 분포되어 있다. 그리고 보이드방전은 약 5~15[kHz]로 상대적으로 좁았다.

이상의 데이터 분포로부터 주파수폭의 넓이는 크로싱의 경우 다른 경우 보다 넓게 퍼져 있으며, 코로나방전과 연면방전은 중간 정도 넓이로 퍼져 있고, 보이드방전의 경우 다른 부분방전에 비해 좁게 분포되어 있다.

(다) 시간폭 넓이

시간-주파수 분포에 따른 GIS내 부분방전의 특징을 비교해 보기 위하여, 주요윤곽선의 시간폭 넓이를 조사하였다. 그림 5는 주요윤곽선의 시간폭 넓이를 나타낸 것이다.

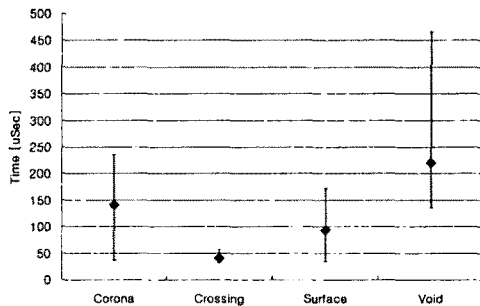


그림 5 부분방전 종류별 시간폭 넓이

그림 5에서 볼 수 있는 것처럼 코로나방전의 시간폭 넓이는 약 40~240[uSec] 사이로 나타나고 있다. 크로싱은 약 40~60[uSec] 사이로 나타나 다른 PD에 비해 짧은 시간동안 발생하고 있음을 알 수 있다. 연면방전은 약 40~175[uSec] 사이로 나타나고 있다. 그리고 보이드방전은 130~470[uSec] 사이로 발생하고 있으나 평균이 220[uSec]로 대부분 300[uSec] 이하의 시간폭 넓이에 있었다.

이상의 데이터 분포로부터 보이드방전은 시간축으로 길게 나타나고, 다음은 코로나방전, 연면방전 그리고 크로싱이 가장 좁게 나타났다.

3. 결 론

SF₆ 가스내 부분방전 종류에 따른 초음파신호의 웨이블릿 특성을 비교해 보았다 그 결과 주파수범위는 크로싱의 경우 상대적으로 높게 나타나고 보이드방전은 낮게 나타나고 있으며 코로나방전과 연면방전은 중간 높기로 나타나고 있다. 또한 주파수폭의 경우 크로싱은 다른 경우 보다 넓게 퍼져 있으며, 코로나방전과 연면방전은 중간 정도 넓이로 퍼져 있고, 보이드방전은 다른 부분방전에 비해 좁게 분포되어 있다. 마지막으로 시간폭의 경우 보이드방전은 길게 나타나고, 코로나방전, 연면방전이 중간정도로 길게 나타나고 크로싱이 가장 좁게 나타났다.

이상의 결과로부터 SF₆ 가스내 부분방전 종류에 따라 특징이 서로 상이하게 나타나기 때문에 본 데이터를 이용하여 진단을 위한 특징량으로 적합한 것으로 사료된다.