

기중부분방전원 식별을 위한 광대역 부분방전신호의 측정 및 주성분분석기법의 적용

이강원, 김명룡, 박대원, 심재복*, 창상준
한국철도기술연구원, 산업기술시행원*

Application of Principle Component Analysis and Measurement of Ultra wideband PD signal for Identification of PD sources in Air

K. W. Lee, M. Y. Kim, D. W. Park, J. B. Shim*, S. H. Chang
KRRI, KTL*

Abstract : PD(partial discharge) occurred from variable PD sources in air may be the cause of breakdown in high voltage equipment which affect huge outage in power system. Identification and localization of PD sources is very important for engineer to cope with huge accident beforehand. PD phenomena can be detected by acoustic emission sensor or electromagnetic sensor like antenna. This paper has investigated the identification method using PCA(principal component analysis) for the PD signals from variable PD sources, for which the electric field distribution and PD inception voltages were simulated by using commercial FEM program. PD signals was detected by ultra wideband antenna. Their own features were extracted as the frequency coefficients transformed with FFT(fast fourier transform) and used to obtain independent pincipal components of each PD signals.

1. 서론

부분방전신호파형은 매우 짧은 주기동안 발생 및 소멸하는 물리적인 현상을 나타낸다. 이렇게 짧은 펄스는 수 [Hz]부터 수 [GHz]까지의 넓은 주파수대역에 걸쳐 분포한다. 광대역 안테나법은 이러한 요구를 충족시킬 수 있는 부분방전 검출법으로 부분방전에 대한 검출강도를 높일 수 있고, 외부노이즈에 의한 간섭을 받지 않으며, 각 결함으로부터 발생된 각 부분방전펄스의 형태를 직접적으로 관찰할 수 있으므로 결함에 대한 다양한 정보를 추정할 수 있게 한다[1]. 본 논문에서는 광대역 안테나를 이용하여 측정된 부분방전신호파형에 대한 주파수공간에서의 특징벡터를 이용한 모의된 방전원의 식별방법으로서 주성분분석기법을 살펴보았다. 광대역 안테나를 이용하여 측정된 부분방전신호파형은 부분방전원의 물리적, 구조적 특징을 담은 부분방전 신호파형을 감쇠 및 왜곡의 영향을 거의 받지 않고 간직하고 있으므로 이를 이용한 특징벡터의 추출을 통하여 부분방전원의 식별을 행하고자 한다.

2. 실험

본 논문에서 사용되는 광대역 안테나는 수백 [MHz] 이상에서 사용되는 UHF(ultra high frequency) 안테나의 장점을 가지며 동시에 수백[MHz]이하에서 존재하는 부분방전신호의 주파수성분에 대한 측정이 가능한 광대역 안테나이다. 광대역 안테나의 주파수 대역은 30[kHz] - 2[GHz]으로서 다이폴 안테나의 일종인 모노폴 안테나의 형태를 가진다. 거리에 따라 실측된 신호의 거리에 따른 감쇠기울기는 근사적으로 약 -5.36[dB/m]라는 것을 확인할 수 있었다. 광대역 안테나를 이용하여 방전원으로부터 설정된 거

리만큼 떨어진 위치에서 전자파를 수신하며, 수신된 파형은 수[ns] ~ 수[μs]의 짧은 주기의 펄스신호이므로 이를 충분히 효과적으로 재생하기 위해서는 Nyquist의 조건을 따라 측정주파수대역의 두배이상의 샘플링주파수가 필요하게 되어, 이에 적합한 디지털 오실로스코프(2[Gs/s], 5[GHz], Tektronix)를 사용하였다. 오실로스코프로 관찰 및 저장된 파형은 GPIB 및 플로피 디스크를 통하여 개인용 컴퓨터에 저장되었고, 저장된 파형데이터들에 대해 매트랩의 주파수분석도구를 이용하여 각 부분방전원별 신호에 대한 특징성분을 시간영역과 주파수영역으로 나누어 분석하였고, 분석결과를 토대로 주성분분석기법(Principle Component Analysis)을 이용하여 부분방전원의 분류를 행하였다.

3. 결과 및 고찰

주위 노이즈원이 거의 없는 실험실환경과는 달리 주변에 전철선로가 있고, 접지정도가 낮은 경우, 각 모의 방전원으로부터 측정된 파형은 실험실에서 측정된 것과는 달리 매우 진동하는 파형을 나타내어 육안으로 구분하기 매우 어려우나 측정된 신호파형에 대한 주파수특성을 FFT(Fast Fourier Transform)을 이용하여 살펴보면 서로 다른 주파수특성을 나타낸다는 것을 알 수 있다. 침대평판전극으로부터 측정된 방전파형은 부의 전극에서 발생된 스트리머에 의한 것으로서 생각되며 다른 방전파형과의 비교를 위하여 정의 파형으로 발생한 것에 트리거한 결과에 의한 것이다. 침대평판전극으로부터 측정된 방전파형의 주파수특성은 방사노이즈와 혼합되어 나타낸 결과를 나타내며 주로 50[MHz]이하에서 분포하고 있다는 것을 알

수 있다. 침대구 전극구조로부터 측정된 방전파형의 경우 감쇠진동하는 파형이며 파형초기에서의 진동주파수는 파형의 후기에서의 진동주파수보다 높다는 것을 알 수 있으며, 이에 대한 주파수분포를 살펴보면 마찬가지로 75[MHz] 부근과 115[MHz] 부근의 두 부분으로의 주파수 성분분포를 하고 있다는 것을 확인할 수 있다. 침대침 전극구조의 경우도 진동감쇠파형의 형태를 가지나 침대구의 경우와는 달리 파형의 초기와 후기에 걸쳐 고른 진동 주파수를 나타내고 있으며, 주파수분포를 살펴보면 50~200[MHz]사이에 넓게 분포되어 있다. 표면방전 전극구조로부터 발생되어 측정된 방전파형의 크기(수[V])는 다른 방전원으로부터 측정된 방전파형의 크기(수[mV]) 보다 크게 측정되었으며, 주파수분포에서도 150[MHz]이하의 영역에서 매우 큰 첨두치들을 가진 주파수성분들이 존재하고 있는 것을 확인할 수 있다. 이러한 원인으로는 침대평판, 침대구, 침대침 전극구조에서의 방전은 주로 코로나 방전과 스트리머 방전이고, 표면방전을 위한 전극구조의 경우는 코로나 방전과 동시에 스파이크방전이 표면을 따라 발생하였기 때문으로서 스파이크방전에너지는 스트리머 방전에너지에 비해 수 백배 크기 때문이다. 결과적으로 각 방전원으로부터 측정된 파형 중에 형태별로는 침대구, 침대침과 표면방전이 유사하며, 주파수분포에서는 4가지의 방전원들이 서로 다른 분포를 하고 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 주파수분포계수를 특징벡터로 하여 주성분 분석기법에 적용하여 부분방전원의 분류를 시도하였고, 구해진 주성분(principle component)는 그림 1과 같은 그래프로 보여질 수 있다.

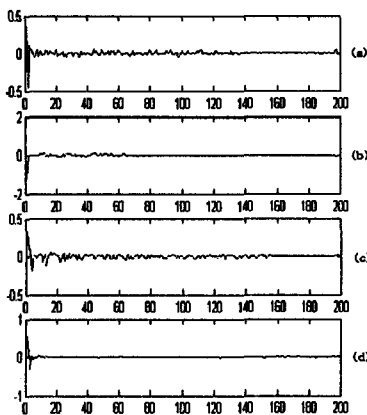


Fig 1 Principal coefficients obtained from PCA method.
(a: needle-needle, b:needle-plane, c:needle-sphere, d:surface)

그림 1은 각 전극구조에서 발생된 부분방전신호파형의 주파수공간 특징벡터들에 대한 주성분분석 결과값들을 보여주고 있으며, 그림 2는 이러한 주성분분석 결과에 의한 값들(각 50개)의 분포를 첫째 계수를 x축 값으로 하고 두 번째 계수를 y축 값으로 지정하여 얻어진 결과를 2차원적으로 나타낸 것으로서 전극구조가 같은 부분방전 신호파형들은 일정한 형태의 군집을 이루고 있다는 것을 알 수

있다. 그림 2(c)의 침대구 전극구조에서 발생된 방전신호의 주파수공간 특징계수들의 주성분들은 그림 2(d)의 표면방전을 위한 전극구조에서 발생된 방전신호의 주파수공간 특징계수들의 주성분들과 매우 가까운 거리에 분포하고 있어 각각의 분포중심은 뚜렷이 다르나 각 중심으로부터의 거리에 따라 방전원을 분류하는 경우 분류가 어려울 수 있다. 그러나 그림 2(a)의 침대침 전극구조에서 발생된 방전신호의 주파수공간 특징계수들의 주성분들은 각 주성분들의 중심으로부터 아주 가까운 거리에서 분포하고 있으며 다른 방전원들의 주성분분포들과 뚜렷이 구분되는 거리에서 하나의 군집으로 분포하고 있다. 또한 그림 2(b)의 침대평판 전극구조에서 발생된 방전신호의 주파수공간 특징계수들의 주성분들도 침대침의 경우와 유사하지만 침대침의 주성분들의 중심들의 평균거리보다 약간 떨어진 분포를 하고 있다는 것을 알 수 있다.

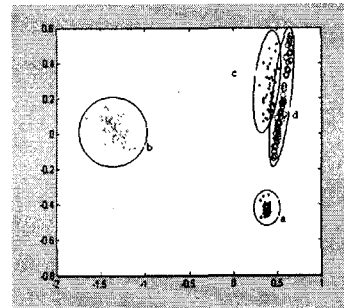


Fig 2 Classification result by PCA method
(a:Needle-Needle, b:Needle-Plane, c:Needle-Sphere, d:Surface)

4. 결론

광대역 안테나로부터 측정된 부분방전신호는 각 부분방전원들의 구조적 차이에 의해 서로 다른 주파수분포를 가지고 있다는 것을 실험적으로 확인하였으며, 본 논문에서는 부분방전신호의 주파수분포를 이루는 계수들로부터 주성분을 추출하여 각 부분방전원별 식별을 시도하였으며, 정성적이기는 하나 각 방전원들로부터 얻어진 각각의 부분방전신호별 주성분들이 침대구방전원과 표면방전원을 제외하고 서로 구별이 충분히 가능한 거리에 군집으로 분포되어 있다는 것을 확인할 수 있었으며, 침대구 방전원과 표면방전원은 각 군집의 중심간 거리는 다른 방전원들에 비해 근접해 있음에도 불구하고 각각 독립적 분포를 이루고 있어 부분방전신호의 주파수분포를 특징벡터로 한 주성분분석기법은 부분방전원을 식별하기 위한 효과적인 방법이나 분류효과를 높이기 위한 기법개량이 요구된다.

참고 문헌

- [1] T. Brosche, W. Hiller, E. Fauser, "Novel Characterization of PD signals by real time Measurement of Pulse parameters", IEEE trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 6, No. 1, Feb. 1999