

초음파 센서를 이용한 케이블 접속재내 부분방전 특성분석

(Analysis of the Characteristics of Partial discharge in a Cable splice using a Ultrasonic sensor)

신동석* · 이동준 · 류성식 · 곽희로

(Dong-Seok Shin* · Dong-Zoon Lee · Sung-Sic Ryu · Hee-Ro Kwak)

Abstract

This paper describes the study on the basic characteristic of discharge generated in cable splices using ultrasonic measurement method. Two kinds of defect which might be existed in a real cable splice were simulated. One is surface discharge moisture and metallic alien substances and the other is partial discharge by metallic particle.

As a result, there were some differences in the characteristics of ultrasonic signals according to each defect. Therefore, it was found that it could be possible to protect the failure in cable splices in advance by analyzing the ultrasonic signals coming from the cable splice due to partial discharge.

1. 서론

지중배전선로는 가공 시스템에 비해 편리함과 전력의 안정 공급 및 공급 신뢰도 향상, 도시 환경 미화 등의 사회적, 경제적 측면에서 전 세계적으로 계속 증설되고 있으며, 앞으로도 지속적으로 증설될 전망이다.

케이블의 접속개소는 지중배전선로의 급증과 더불어 증가될 것으로 예상되며, 지중배전케이블의 고장 원인은 주로 시공불량과 접속재 부위에서 발생되고 있다. 따라서 접속재의 절연상태 양부를 사전에 활선 상태에서 판정하여 지중배전선로의 고장 예방의 필요성이 대두되고 있다.[1]

본 논문에서는 케이블 접속재의 내부결함 검출에 의한 예방진단의 가능성을 검토하기 위하여 활선 상태에서 설비의 이상징후에 대한 감시가 가능한 초음파 측정 기법을 이용하였다[2-5] 이를 위해 초음파 신호 측정 시스템을 이용한 연면방전 및 코로나 방전을 모의 실험하였다. 특히 연면 방전은 실제 케이블 접속재내 존재 가능성이 있는 수분 및 금속성 이물질이 제면상에 있는 상태에서 실험하였으며, 코로나 방전은 금속성 파티클을 이용하여 실험하였다. 이때 발생하는 초음파 신호를 검출하여 비교, 검토하였다.

2. 실험 장치

그림 1은 케이블 접속재내 부분방전 측정을 위한 전체 실험장치 구성도를 보여주고 있다. 초음파 센서는 NF社. AE-901E, 협대역(20[kHz]~150[kHz])이고 이득 60[dB]를 갖는 10[kHz] High Pass Filter를 갖는

Pre-Amp를 사용하였다.

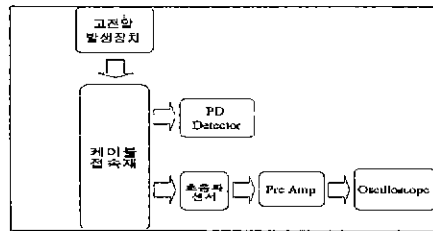


그림 1. 전체 실험장치 구성도

케이블에 전압을 인가하기에 앞서 초음파 발생 장치를 이용해 초음파 신호를 발생시켜 초음파 측정 장치의 정상적인 작동여부를 확인하였다.

그림 2는 초음파 발생장치를 이용한 부분방전 모의 실험장치를 보여주고 있다. 모의 방전은 Function Generator에서 sin파를 발생시켜 압전소자에 전압을 가함으로써 압전기 역효과를 이용하여 초음파를 발생시켰다. 이때 sin파의 주파수는 10[kHz]였으며 전압 레벨은 5[V]이었다.

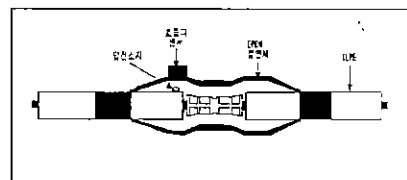


그림 2. 케이블 접속재내 압전소자를 이용한 부분방전 모의 실험장치

그림 3은 케이블 접속재내 존재 가능한 결함으로

수분 및 금속성 이물질에 의한 연면방전 모의 실험장치를 보여주고 있다. 케이블 접속재내 연면방전에 의한 초음파 신호의 발생을 모의하기 위하여 metal foil를 케이블 절연체의 표면에 감아 접지면을 만들었다. 이때 접지면인 metal foil과 케이블 도체와 거리는 70[mm]를 유지하였다.

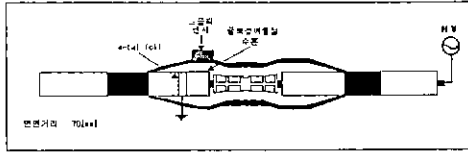


그림 3. 케이블 접속재내 수분 및 금속이물질에 의한 연면방전 모의 실험장치

그림 4는 케이블 접속재내 존재 가능한 결함으로 금속성 파티클에 의한 코로나방전 모의 실험장치를 보여주고 있다. 실험에 사용된 금속성 파티클은 지름이 0.56[mm], 길이가 5[mm]인 구리이다.

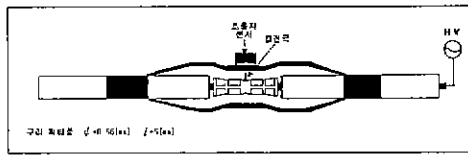


그림 4. 케이블 접속재내 금속성 파티클을 이용한 코로나방전 모의 실험장치

3. 결과 및 고찰

그림 5는 초음파 발생장치에 의해 발생한 초음파 신호를 얻은 파형이다.

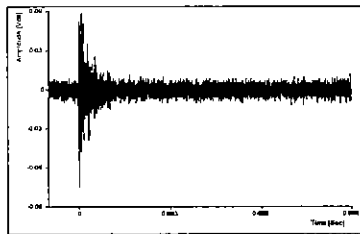
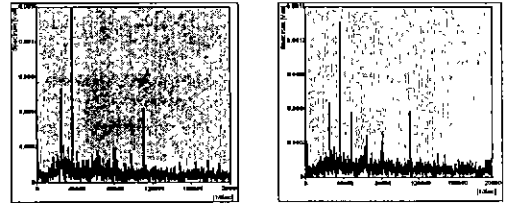


그림 5 초음파발생장치에 의해 발생한 초음파 파형

이는 이 연구를 위해 사용되는 초음파 센서 및 초음파 측정장치의 적합성을 보여주며 케이블 접속재내 발생하는 부분방전 또한 측정 가능함을 보여주고 있다.

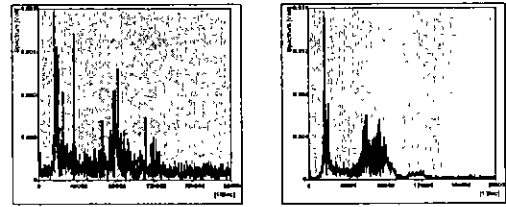
그림 6은 케이블 접속재내 계면상 수분 존재시 인가전압의 상승에 따른 초음파 신호의 주파수 특성을 보여주고 있다. 인가전압의 상승에 따라 80~

90[kHz]대의 대역이 증가함을 보이고 있다.



(a)인가전압 5(kV)일때

(b)인가전압 7(kV)일때

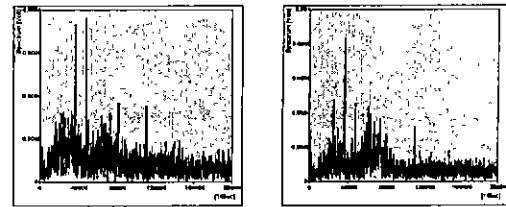


(c)인가전압 9(kV)일때

(d)인가전압 11(kV)일때

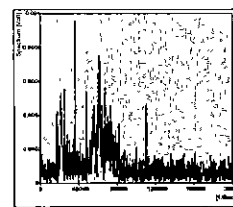
그림 6. 케이블 접속재내 수분 존재시 FFT

그림 7은 케이블 접속재내 계면상 금속성 이물질 존재시 인가전압의 상승에 따른 초음파 신호의 주파수 특성을 보여주고 있다. 인가전압의 상승에 따라 20~30[kHz]대의 비교적 넓은 대역의 주 주파수대 성분이 증가하였다.



(a)인가전압 9(kV)일때

(b)인가전압 10(kV)일때

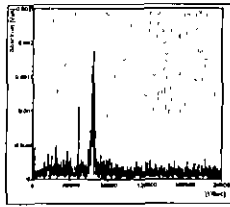


(c)인가전압 11(kV)일때

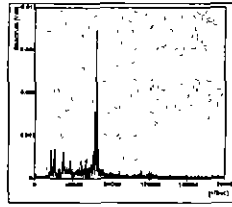
그림 7. 케이블 접속재내 이물질 존재시 FFT

그림 8은 케이블 접속재내 계면상 금속성 파티클 존재시 인가전압의 상승에 따른 초음파 신호의 주파수 특성을 보여주고 있다. 인가전압의 상승에 따라 계면상에 금속성 이물질이 존재할 때와는 달리 20~30[kHz]대의

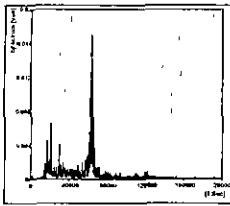
비교적 좁은 대역의 주 주파수대 성분이 증가하였다.



(a)인가전압 3(kV)일때



(b)인가전압 5(kV)일때



(c)인가전압 7(kV)일때

그림 8 케이블 접속제내 파티클 존재시 FFT

4. 결 론

활선 상태의 적용이 가능한 초음파 측정기술에 의한 지중 선로 접속제의 고장 검출에 관한 연구에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 수분에 의한 연면방전의 경우 인가전압의 상승에 따라 증가하였으며 80~90[kHz]의 주 주파수 성분이 증가함을 알 수 있었다.
2. 금속성 이물질이 존재할 때의 연면방전인 경우 초음파 신호의 주 주파수 성분은 초기에 비해 20~30[kHz]대의 성분이 비교적 넓은 대역으로 크게 증가함을 볼 수 있었다.
3. 금속성 파티클이 존재할 때의 부분방전인 경우 초음파 신호의 주 주파수 성분은 초기에 비해 20~30[kHz]대의 성분이 비교적 크게 증가했으며 금속성 이물질이 존재하는 연면방전과 비교했을 때 그 주파수대는 매우 좁게 나타났다.

따라서 초음파 신호 측정 시스템을 이용하여 부분방전에 의해 발생하는 초음파 신호의 주 주파수 성분을 분석함으로써 케이블 접속제내의 결함을 종류 및 부분방전의 상태를 사고 이전에 알 수 있으며 따라서 케이블 접속제의 절연사고를 미연에 방지할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- (1) 김상준 외 "배전케이블 수명예측 기준결정 및 일화진단 시스템 구축", 전력연구원 1차년도 중간보고서, 1996. 4.
- (2) 송일근 외, "배전용 케이블 접속제의 활선진단기술 개발 및 신기술 동향", 한국조명·전기설비 학회지, Vol.14, No. 4, pp 31-37, 2000. 8.
- (3) 곽희로 외 5인, "초음파 기법에 의한 케이블 접속제 내부 파티클 영향 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 1853-1855, 1997.
- (4) K. Fukunaga, M. Tan and H. Takehana, "New partial discharge detection methode for live UHF/B-F cable joint" IEEE Trans on Electrical Insulation, vol 27, No. 3, June 1992.
- (5) D. Pommerenke, I. Krage, W. Kalkner E. Lemke and P. Schmigi, "On-site PD measurement on High voltage cable accessories using integrated sensors", 9th ISH, Austria, August a995