

초음파 기법에 의한 케이블 접속재 내부파티클 영향 연구

박치영, 이동준, 권창오, 곽희로, 송일근,* 박하용**
승실대학교, 한전 전력연구원,* 삼척 산업대학교**

A Study on the Affection of Conducting Particle in Cable Splice by Ultrasonic Method

Chi-Young Park, Dong-Zoon Lee, Chang-O Kwon, Hee-Po Kwak, Il-Keun Song,* Ha-Yong Park**
Soongsil Univ. KEPRI,* Samchok Industrial Univ.**

Abstract - This paper describes the characteristics of partial discharge generated by conducting particle in cable splice using ultrasonic method. For simulating partial discharges generated by defects, outer semi conductor of cable splice as ring shape electrode was used. The conductive particle was attached on the surface of cable insulator(XLPE) to examine the affection of conducting particles in cable splice. The correlation between the partial discharge quantity and the magnitude of the ultrasonic signal was investigated as the number, length, diameter and alignment of particle when applied voltage increased.

그림 1은 케이블 접속재 내부의 원형전극과 도전 파티클의 위치를 나타낸 것이다. 케이블 접속재는 도체 단면적 325[mm²]의 23[kV]급 케이블 PCJ-type 조립형 직선 접속재를 사용하였고, 연면방전을 모의하기 위해 접속재 외부 반도체층인 원형전극에 전압을 인가해 부분방전을 발생시켰다.

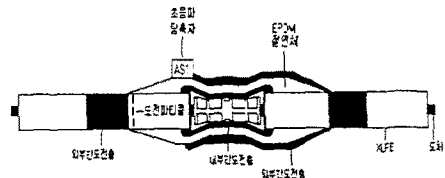


그림 1. 원형전극과 도전 파티클의 위치

1. 서 론

지중배전선로는 도심지역등 주요 부하밀집 지역의 전력공급을 담당하고 있어 만약 선로사고가 발생하게 되면 예기치 않은 정전으로 큰 사회적 혼란을 초래할 뿐만 아니라 막대한 경제적 손실이 따른다. 지중배전선로 사고중 대부분이 접속재 부분에서 발생하고 있다. 특히 선로절연사고중 접속재 내부의 도전파티클에 의한 사고가 주로 발생하고 있기 때문에^[1] 이러한 선로절연사고를 미연에 방지하기 위해서 접속재 활선 진단기술이 요구된다.^[2] 본 논문에서는 활선적용이 가능한 초음파 방식을 이용하여 접속재 내부에 도전 파티클이 존재할 때 그 영향을 고찰하기 위하여, 도전 파티클을 접속재 계면에 삽입하고 파티클의 갯수, 길이, 직경, 배열에 따라 발생하는 초음파 신호의 크기와 방전량값을 측정, 분석하였다.

실험에서 원형전극에 의해 발생된 방전전류가 외부 반도체층을 통해 초음파 탐촉자로 흘러가는 것을 억제하기 위해서 케이블 접속재 외부 반도체층을 원형전극에서 초음파 탐촉자를 취부한 부분까지 제거하였다. 연면거리는 원형전극에서 도체까지의 거리지만 실제로는 접지 도체가 접속재 내부 반도체층과 닿기 때문에 원형전극에서 케이블 접속재 내부 반도체층까지의 거리이다.

2. 실험장치 및 방법

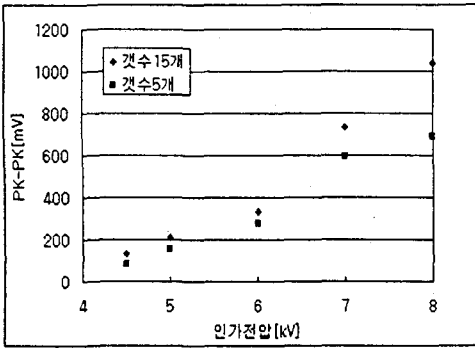
본 연구의 실험장치의 구성은 고전압 발생장치, 부분방전 측정장치, 케이블 접속재, 초음파 탐촉자, 전치증폭기, 초음파 측정장치, 오실로스코프로 구성하였다.^[3]

도전 파티클은 부분방전이 발생하기 쉬운 위치를 감안하여 접속재 계면에 부착하였다. 초음파 탐촉자는 측정감도가 좋은 AS1위치에 설치하여 접속재 외부에서 초음파 신호의 Pk-Pk값 및 방전량을 측정하였으며, 초음파 탐촉자에서 프리엠프까지는 신호의 감쇄를 고려하여 길이가 30[cm]인 동축케이블을 이용하였다.

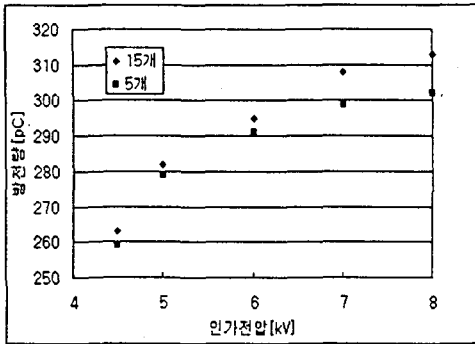
3. 실험결과 및 고찰

파티클 갯수에 따른 초음파 신호의 특성을 고찰하기 위해서, 본 실험에서는 파티클의 갯수에 따라

실험하였다. 그림2는 파티클 존재시 인가전압에 따른 초음파 신호 및 방전량의 변화경향을 나타낸 그림이다. 케이블 접속부 계면에 길이:10[mm], 직경:0.26[mm]인 파티클을 각각 5개, 15개를 부착한 후 실험을 하였다. 그림에서 보인바와같이 인가전압이 증가함에 따라 초음파 신호의 Pk-Pk의 크기가 증가하고 있다. 또한 인가전압에 비례하여 방전량값도 증가하였다. 즉, 파티클이 접속재 내부에 존재시 인가전압을 증가했을 경우 초음파 신호와 전기적 신호의 변화경향은 일치하였다. 그림에서 파티클 갯수가 증가함에 따라 초음파 신호 및 부분방전량이 증가하는 이유는 갯수가 많아짐에 따라 전체왜형이 커지기 때문에 그만큼 절연체 표면에 누설전류가 많이 흐르게 되어 방전량이 증가하고 Pk-Pk값도 비례적으로 증가하기 때문이다.



(a) 초음파 신호



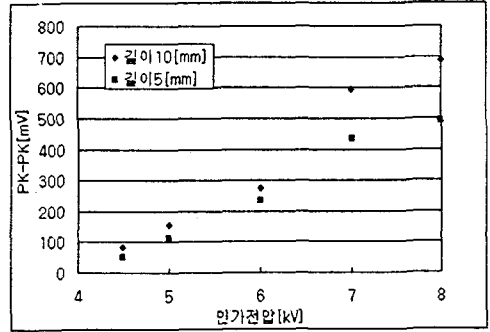
(b) 전기적 신호

그림 2. 2종류 갯수의 파티클 존재시 인가전압에 따른 초음파 신호와 전기적 신호

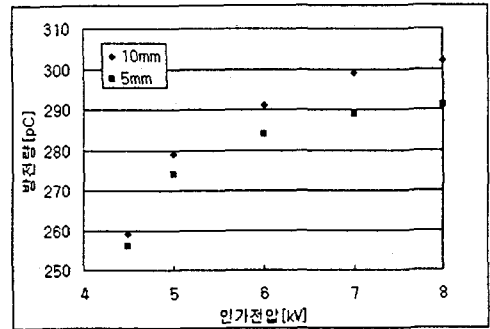
또한 파티클 길이에 따른 초음파 신호의 특성을 고찰하기 위해서, 파티클을 길이별로 실험을 하였다. 그림3은 길이가 5[mm] 및 10[mm]인 파티클이 각각 케이블 접속재 내부에 존재시 인가전압에 따른 초음파 신호의 변화경향 및 전기적 신호의 변화경향을 나타낸 그림이다. 그림에서 인가전압이 증

가함에 따라 초음파 신호의 Pk-Pk값의 크기가 증가함을 나타내고 있다. 또한 인가전압이 증가함에 따라 방전량값도 비례적으로 증가하였다.

결과적으로 파티클 길이가 길수록 초음파 신호의 Pk-Pk값과 부분방전량은 상대적으로 높았다.



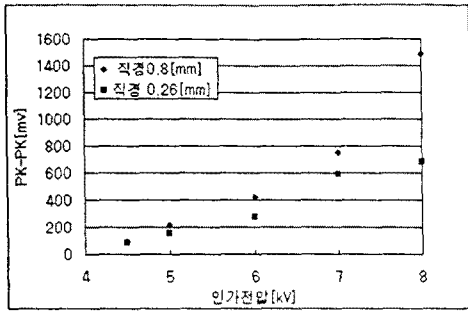
(a) 초음파 신호



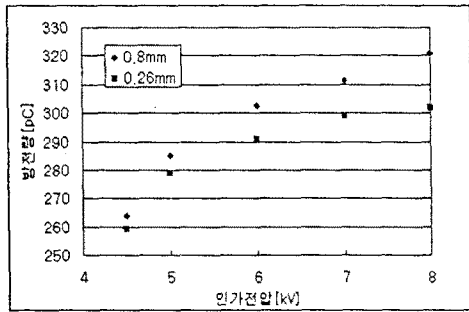
(b) 전기적 신호

그림 3. 2종류 길이의 파티클 존재시 인가전압에 따른 초음파 신호와 전기적 신호

파티클 직경에 따른 초음파 신호의 특성을 고찰하기 위해서, 파티클을 직경별로 실험을 하였다. 그림4는 원형전극에 전압을 인가하고 파티클 직경에 따른 초음파 신호의 변화경향 및 전기적 신호와의 관계를 나타낸 그림이다. 길이 10[mm]인 파티클을 직경에 따라 각각 0.8[mm], 0.26[mm]를 각각 계면에 5개 부착하여 실험하였다. 그림에서 인가전압이 증가함에 따라 초음파 신호의 Pk-Pk값이 증가함을 보이고 있다. 그리고 파티클 직경이 크면 초음파 신호의 크기가 커짐을 보이고 있다. 또한 인가전압이 증가하면서, 방전량값은 비례적으로 증가하였다. 결과적으로 파티클 직경이 굵을수록 초음파 신호의 Pk-Pk값 및 부분방전량은 상대적으로 높았다. 이는 직경이 굵어짐에 따라 전체의 왜형이 커져 절연체 표면에 누설전류가 증가하기 때문에 방전량이 증가하고 Pk-Pk값도 상대적으로 증가하기 때문이다 사료된다.

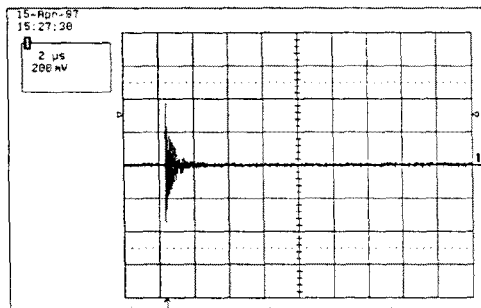


(a) 초음파 신호

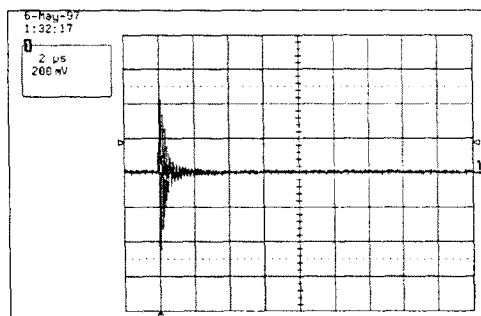


(b) 전기적 신호

그림 4. 2종류 직경의 파티클 존재시 인가전압에 따른 초음파 신호 크기와 전기적 신호



(a) 수평배열



(b) 수직배열

그림 5. 파티클 배열에 따른 초음파 파형

파티클 배열에 따른 초음파 파형을 비교하기 위하여, 본 실험에서는 길이 10[mm], 직경 0.26[mm]인 파티클을 원형전극과 수평, 수직한 배열로 계면에 5개 부착하여 실험하였다. 그림 5(a)는 파티클을 원형전극과 수평으로 배열하고 원형전극에 8[kV]인가했을 때 측정된 초음파 파형으로 초음파 신호의 Pk-Pk값은 688[mV]이다. 그림 5(b)는 파티클을 원형전극과 수직으로 배열하고 마찬가지로 원형전극에 8[kV]인가했을 때 측정된 초음파 파형으로 초음파 신호의 Pk-Pk값은 815[mV]이다.

결과적으로 그림 5에서 케이블 접속재 계면에 파티클을 원형전극과 수직으로 배열하여 측정된 초음파 신호의 Pk-Pk값은 수평으로 배열하여 측정된 초음파 신호 보다 높았다. 이는 파티클을 수직으로 배열한 경우 전극의 확장효과로 볼수있기 때문에 이에 따라 연면거리가 짧아지므로 초음파 신호는 수평으로 배열한 경우보다 큰 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 초음파 기법에 의한 케이블 접속재 도전 파티클 영향을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 케이블 접속재 내부에 파티클이 존재할 때 발생하는 초음파 신호를 접속부 외부에서 검출함으로써 파티클에 의한 영향을 규명하였다.
2. 파티클의 갯수, 길이, 직경의 증가에 따른 초음파 신호의 Pk-Pk값과 전기적 신호의 크기는 증가 하였다.
3. 파티클 배열에 따른 실험에서 파티클이 원형전극과 수직으로 배열한 경우 측정된 초음파 신호의 크기는 수평으로 배열한 경우 측정된 것 보다 높았다.
4. 인가전압을 증가시켰을 때 초음파 신호의 Pk-Pk값과 전기적 신호의 크기는 비례적으로 증가 하였다. 즉, 초음파 신호와 전기적 신호는 상관관계가 있음을 나타내었다.

따라서 초음파 측정기법을 이용해 케이블 접속재 내부 도전 파티클에 의해 발생하는 초음파 신호를 검출함으로써 접속재 사고를 미연에 방지할 수 있을 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 송일근 외, "지중배전선로의 준공시험기술 및 접속부 진단기술개발(연구보고서)," 전력연구원, 1996.4.
- [2] 전기학회 기술보고(II부), "전력설비의 운전중 절연진단방법," 일본전기학회지, 402권, 7호, 1992.1.
- [3] 광희로 외, "배전용 케이블 접속부의 내부고장 검출에 관한 기초 연구," 한국조명·전기설비학회, pp 122~124, 1996.11.