

23kV급 조립형 케이블 접속재에서 부분방전 신호의 초음파 검출특성

이우영, 류희석, 선종호 (한국전기연구소)
김상준, 송일근, 김주용 (전력연구원)

Ultrasonic detection properties for partial discharge at the premolded joint of a 23kV cable

Woo-Young Lee, Hee-Suk Ryoo, Jong-Ho Sun
(Korea Electrotechnology Research Institute)
Sang-Jun Kim, Il-Gun Song, Joo-Yong Kim
(Korea Electric Power Research Institute)

Abstract - In this paper, ultrasonic detection properties at a premolded joint utilized in a 23kV cables are studied. In a experiment a artificial defect within a joint and a measuring system are builded for generating discharges, gathering data about a detection properties, respectively.

The experiment results show that one point detection is not allowed for monitoring a global status of a joint discharges and a detection sensitivity is less than 100pC. And also the attenuation and wave speed at the material of joint insulator are obtained.

II. 초음파 측정 시스템의 구성

본 논문에서 사용한 초음파 방식의 부분방전 측정 시스템의 구성은 그림 1과 같이 표시된다. 접속재 표면에 설치된 초음파 센서가 접속재 내의 부분방전으로부터 발생하는 초음파 신호를 검출하면 진단 및 주 증폭기를 거치면서 신호처리기에서 다루기 적합한 신호로 증폭되게 된다. 동기신호 발생기는 인가전원 위상을 기준으로 부분방전 발생 형태를 측정할 수 있는 동기신호를 발생한다.

I. 서론

지중배전선로의 고장 중 접속재의 내부방전에 의한 것으로 추정되는 것이 많은 부분을 차지하고 있는 것으로 나타나고 있다. 따라서 케이블 선로의 고장을 예방하기 위해서는 접속재 내에서 발생하는 방전 현상을 사전에 검출하는 것이 효과적인 방법으로 볼 수 있다. 그러나 활선 상태에서, 더우기 접속재가 설치된 맨홀과 같은 현장에서 접속재 내부의 부분방전을 측정하는 적절한 방법이 제시되어 있지 못해 아직 현장에 적용되지 못하고 있다. 이에 관한 연구들은 외국에서 다양한 방법들로 수행되고 있으며 주로 고압부와 직접 접촉이 필요치 않은 방법들이 대상이 되고 있다. 이 중 대표적인 방법들로는 초음파 측정방법과 정전용량 혹은 자장을 이용한 field coupling 방법들이 있다.^{1)~12)}

본 연구에서는 부분방전 측정시 전기적 잡음의 영향을 줄일 수 있는 초음파 방식에 대해 측정 시스템을 구성하고, 접속재 내에서 발생하는 부분방전을 측정함으로써 초음파 방식에 의한 부분방전의 검출 특성을 살펴보았다.

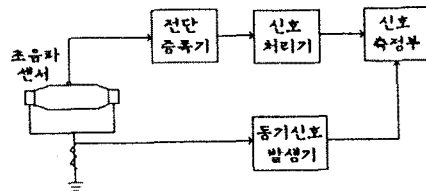


그림 1 초음파 방식에 의한 부분방전 측정시스템

1. 초음파 센서

접속재의 방전신호 측정을 위해 사용한 초음파 센서는 광대역 주파수 특성을 가진 것으로 300kHz~2MHz 주파수 대역에서 응답 감도가 30dB 이상 되는 것을 사용하였다. 그리고 센서의 크기는 직경이 5mm, 높이가 3.2mm로 접속재의 굴곡정도에 대해 무리없이 센서의 면이 접속재의 표면에 부착될 수 있는 것으로 하였다.

2. 진단 및 주 증폭기

초음파 센서의 출력신호를 증폭하기 위해 진단 증폭기와 주 증폭기의 2단으로 구성된 증폭단을 사용하며 최대 증폭율은 각 증폭율이 40dB, 60dB로 전체 100dB가 된다. 그리고 진단 증폭기의 주파수 대역은 50kHz

~2MHz이고 주 증폭기는 20kHz~2MHz로 초음파 센서의 주파수 대역을 포함하게 된다.

3. 신호 처리기

주 증폭기의 출력단에 나타난 초음파 신호에 대해 그 크기와 발생빈도를 인가된 전원위상 기준으로 측정하며 오실로스코프와 멀티채널 분석기를 사용한다.

4. 동기신호 발생기

인가전원의 위상에 관한 동기신호를 발생시키며 신호처리부에 입력하여 부분방전의 패턴을 측정할 수 있게 한다. 60Hz 대역필터부와 위상 가변부를 포함하고 있어 고조파가 혼합된 인가전원에 대해서도 0~360° 전 위상각에 대해 동기신호를 발생할 수 있다.

III. 부분방전의 측정 및 실험결과

본 장에서는 부분방전 측정에 사용된 시료 케이블과 접속재 내의 방전을 위해 인위적으로 만든 결함 그리고 이 결함으로 부터 발생된 방전이 앞에서 구성된 측정 시스템을 이용하여 수행된 실험 결과를 살펴본다.

1. 시료 케이블 및 접속재 결함

실험에 사용된 시료 케이블은 길이 5m, 도체단면적 325mm²의 23kV급 CV케이블로서 양끝은 중단 접속재로 단말처리하고 중앙 부분은 조립형 직선 접속재로 연결한 형태로 그림 2와 같다.

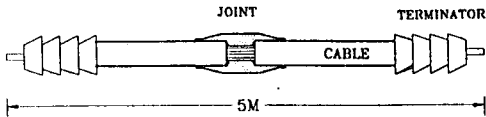


그림 2 시료 케이블

시료 케이블 중앙 부분에 설치된 직선 접속재에서의 방전발생을 위해 만든 인위적 결함은 접속재의 절연체와 케이블의 절연체 간 계면에 전계가 집중되도록 침전극을 삽입한 형태로 그림 3과 같다.

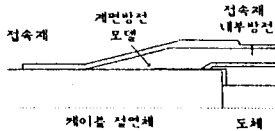


그림 3 접속재 내의 인위적 결함

결합에서 발생하는 방전은 방전개시 전압이 13kV 정도로 약 50pC의 방전량이 발생되었다.

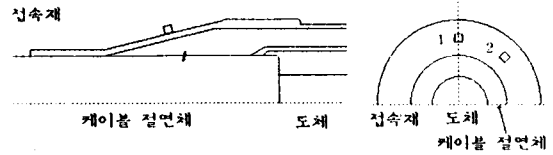
2. 실험결과

초음파 시스템의 부분방전 측정특성을 알아보기 위해 본 논문에서는 접속재 매질에서의 거리에 따른 주파수 전달특성과 전송특성 그리고 방전량과 초음파 신호와의 관계 등에 관한 실험을 수행하였다.

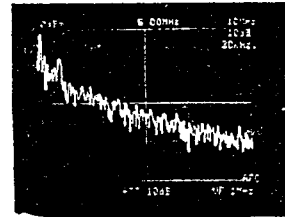
1) 측정 주파수 대역

방전원에 의해 발생하는 초음파 신호는 접속재의 절연체 매질을 통과하면서 주파수에 따른 전달특성이 다르게 나타난다. 따라서 초음파 신호의 측정 주파수 대역을 설정하기 위해 주파수 스펙트럼 분석기를 사용하여 거리변화에 따른 주파수 스펙트럼의 전달특성을 측정하는 것이 필요하다.

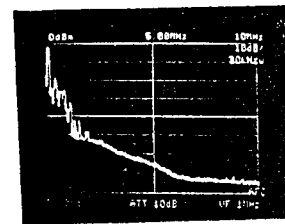
그림 4는 신호 전송 거리의 차이에 의한 초음파 신호의 주파수 스펙트럼 특성을 나타낸 것이다.



a) 초음파 센서의 설치 위치



b) "1" 위치에서의 주파수 스펙트럼



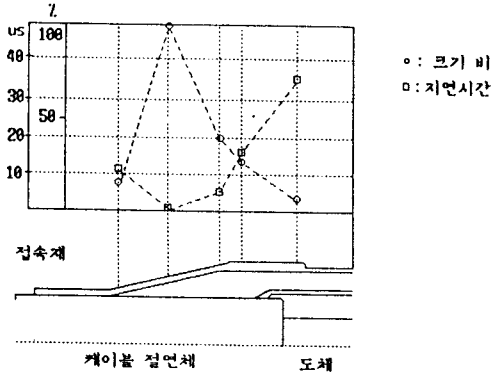
c) "2" 위치에서의 주파수 스펙트럼

그림 4 초음파 신호의 주파수 스펙트럼 특성

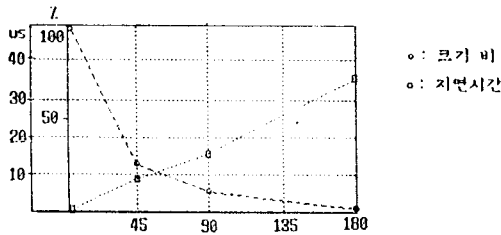
이 결과로 부터 1MHz 이상의 주파수 대역에서는 신호 스펙트럼이 많은 감쇄가 발생됨을 알 수 있다. 이것은 보다 넓은 측정영역을 확보하기 위해서는 측정 주파수 영역을 1MHz보다 낮게 설정해야 함을 뜻한다.

2) 측정위치에 따른 응답특성

접속재 표면에 설치된 초음파 센서의 위치가 케이블의 축방향으로 변화하는 경우와 회전방향으로 변화하는 경우에 따른 초음파 신호의 감쇄 및 전송시간 측정결과를 그림 5와 같다.



a) 축방향의 응답신호 크기와 지연시간



b) 회전방향의 응답신호 크기와 지연시간

그림 5 센서위치에 따른 전송특성

접속재의 표면상 거리로 약 2cm가 떨어지면 신호 크기가 50% 이상 감소하고 지연시간의 특성으로부터 접속재 매질에서의 전송속도는 1,300m/s 정도로 나타남을 알 수 있었다. 따라서 한 위치에 설치된 초음파 센서로는 접속재 전체의 방전현상을 관측할 수 없으며 접속재 진단을 위해서는 여러지점에서 측정을 수행하여야 한다.

3) 시스템의 측정감도

측정된 초음파 신호와 방전량의 관계를 파악하기 위해 전기적 부분방전 측정방법과 초음파 측정방법의 결과를 비교하였다. 그림 6은 이 측정결과를 나타낸 것으로 부분방전의 방전량이 약 100pC일 때 전기신호와 초음파 신호를 나타내었다. 초음파 신호의 측정 조건은 증폭율이 80dB로서 초음파 센서의 출력은 10 μV 정도가 된다.

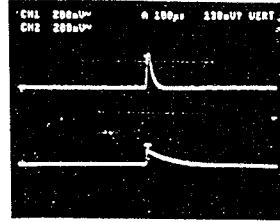


그림 6 부분방전의 전기신호와 초음파 신호의 비교 (상 : 전기신호 하 : 초음파 신호)

IV. 결론

이상과 같은 실험결과들로부터 다음과 같은 검출 특성을 알 수 있었다.

1) 1 MHz 이상의 주파수 영역에서는 방전원과 초음파 센서 간의 거리가 멀어짐에 따라 많은 감쇄가 발생되기 때문에 초음파의 측정 주파수 영역을 1MHz 이하로 하는 것이 바람직 하다.

2) 조립형 접속재의 절연체(EPR)에서의 신호 전송 속도는 1,300 m/s, 감쇄율은 0.4 dB/mm로 나타났다.

3) 구성된 초음파 측정시스템의 측정감도는 100pC 이하로 나타났다.

이러한 실험실적 검출특성을 기반으로 현장 적용이 용이한 초음파 측정 시스템의 개발에 관한 연구가 계속 수행 중에 있다.

참고문헌

- [1] G.Katsuta, T.Endoh etc., "Development of a new detection method of partial discharge for EHV long-distance cable active line", T.IEE Japan, Vol. 111-B, No. 11, 1991
- [2] G.Katsuta and T.Endoh and etc., "Development of a method of partial discharge detection in extra-high voltage cross-linked polyethylene insulated cable lines", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 7. No. 3, July 1992
- [3] Toya A., Endoh T and etc., "Development of a partial discharge automatic-monitoring system for EHV XLPE insulated cable lines" 4th International Conference on Insulated Power Cables, France, 1995
- [4] Y.Nakatani, T.Miyazaki and etc., "Development of partial discharge measurement method for pre-mold accessories with separated shielding layers", T.IEE Japan, Vol. 115-B, No. 10, 1995
- [5] K.Fukunaga "A proposal of a new partial discharge detection method for live UHV/EHV cable joints", T.IEE Japan, Vol. 111-B, No. 12, 1991