

15kV급 EPR 난연 케이블의 부분방전신호 감쇄현상 연구

김기상, 권현숙, 홍동석
대한전선

A Study on the Partial Discharge Pulse Attenuation of the EPR Retardant 15kV Cable

Ki-Sang Kim, Hyun-sook Kwon, Dong-Suk Hong
Taihan Electric Wire Co.,Ltd

Abstract - 실선로 전력 케이블의 부분방전 측정은 주위 전력설비의 신호들이 혼합되면 정확한 부분방전 진단이 어려운 면이 있다. 본 논문에서는 15kV급 EPR 난연 케이블을 대상으로 거리에 따른 부분방전 신호를 검출 및 감쇄 정도 확인 시험을 통하여 발생 위치 추정 기준을 마련하고자 한다. 이를 위해 길이 500m의 EPR 난연 케이블을 제작하여 모의 선로를 구성하였고, IEC60270에 적합한 Calibrator를 이용하여 신호를 인가한 후 HFCT 센서를 사용하여 일정한 거리를 두고 방전 신호를 검출하고, Techimp社의 PDBASE와 OMCRON社의 MPD600을 이용하여 부분방전 신호를 분류하였다. 전압 인가 지점에서 단계적인 거리증가에 따른 부분방전 신호 감쇄 현상 및 일정 길이(300[m])에 대한 주입 신호별 감도 측정을 분석하였다. 본 논문의 시험대상인 15kV급 EPR 난연 케이블은 원자력 발전소의 배전선으로 사용하기 위해 제작된 것으로, 포설 후 절연체 내에 B/D가 발생했다고 가정했을 때, PD신호의 검출 및 대략적인 위치의 추정은 안전을 최우선시 하는 원자력 발전 및 배전 부문에서 주요한 문제로 부각 될 것이다.

1. 서 론

전력케이블 시스템의 절연 열화란 절연체가 그 고유의 성능을 잃게 되는 것으로, 이는 절연 내력을 저하시키고 절연 파괴로 이어질 경우 전기 사고로 진전된다. 절연 열화의 측정방법에는 오프라인방법과 온라인방법이 있으며, 본 논문에서는 오프라인 방법 중 하나인 부분방전 신호 측정방법을 활용하였다. 열화 판정에서 부분방전 측정은 매우 효과적이며, 열화판단의 신뢰도 및 열화위치 파악에 있어서 부분방전 신호의 전파 특성은 매우 중요하다[1].

IEC60270에는 전력케이블의 부분방전 신호를 저주파 대역(수십 kHz에서 수백 kHz)에서 탐색한다고 명시되어 있다. 그러나 저주파 대역의 측정은 노이즈로 인해 진성 부분방전신호와의 구별이 어렵다는 단점이 있다. 실제 장거리 선로에서 저주파 대역의 부분방전 측정 시 많은 외부 노이즈로 인해 측정이 불가능 한 점을 고려하여, 본 시험에서는 측정 주파수 대역을 유효적으로 변화 시켜가며 부분방전 신호를 측정하였다[2].

2. 본 론

2.1 모의 선로의 구성

부분방전 신호 감도 측정은 Techimp社 및 Omicron社 장비로 측정하였으며, Calibrator(CAL 542)를 이용하여 케이블의 말단에서 신호를 주입하였다. MPD600은 HFCT를 통해 들어온 신호를 획득하는 장비이고, MCU502는 여러 대의 MPD600을 제어하고 USB케이블을 통해 PC로 데이터를 전송하는 역할을 한다. Techimp社의 PDBASE는 T-F map을 이용하여 노이즈를 제거하고 부분방전신호만을 분류할 수 있다는 장점이 있다.

<표 1>에서는 본 시험에 사용된 15kV급 EPR 난연 케이블의 제원을 나타내었다.

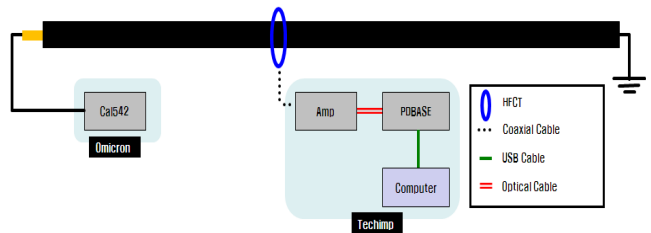
<표 1> 15kV급 EPR 난연 케이블의 제원

| 제작년도 | 절연체재질 | 규격 | 길이 |
|------|----------|---------------|------|
| 2011 | Pink EPR | 4AWG ,15KV AC | 500m |

2.1.1 측정 거리에 따른 신호 감쇄현상 모의 선로 구성

HFCT를 케이블 본선에 걸어 신호 주입지점을 기준으로 5~10m 단위

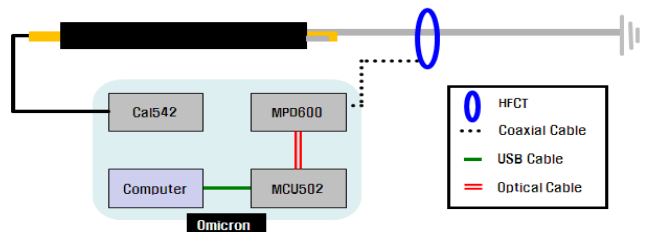
로 측정하였다. Calibrator 신호를 500[pC]으로 고정하여 도체에 주입하였고, Techimp社의 PDBASE로 측정하였다. <그림 1>은 측정 장비가 장착된 모의 선로를 도식화하였다.



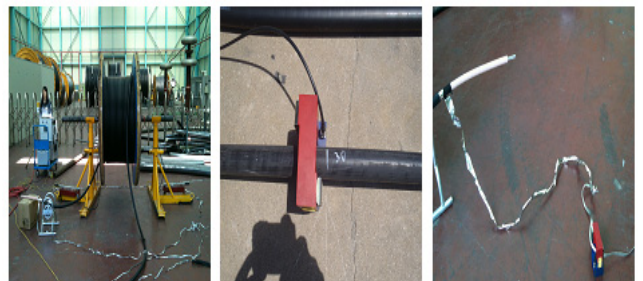
<그림 1> 거리에 따른 신호 감쇄현상 측정 개념도

2.1.2 신호 크기별 감도 측정 모의 선로 구성

상기 2.1.1항 보다 측정감도를 높이기 위해 본 케이블 시스템과 연결된 접지선에 HFCT센서를 장착 후 케이블 말단에 Calibrator를 이용하여 신호를 주입하였다. 원자력 배전 케이블을 목적으로 제작된 15kV급 EPR 케이블은 보통 접속점 사이의 케이블 길이가 300[m]임을 감안하여 길이를 산정하였고, Calibrator를 이용하여 100, 200, 500, 1000[pC] 총 네 가지 크기의 신호를 주입하여 300[m]지점 접지선에서 감도를 측정하였다. 측정 장비는 OMCRON의 MPD600을 사용하였고, SNR이 최대가 되는 주파수 대역을 탐색하였다.



<그림 2> 신호 크기별 감도 측정 개념도



<그림 3> 15kV급 EPR 케이블 PD감도 측정 준비

2.2 실험 결과

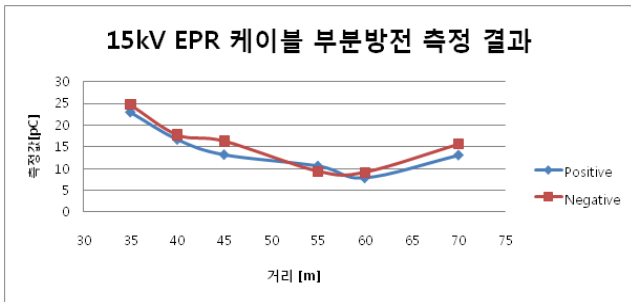
2.2.1 측정 거리에 따른 신호 감쇄현상 결과

주입 신호 기점으로 측정 거리에 대한 감도는 <표 2>와 같다. SNR이 가장 큰 주파수 대역에 중심 주파수를 설정하고, 주파수 동조와 함께 PRPD(Phase Resolved Partial Discharge)를 이용하여 측정 및 분석하였다. 또한 500[pC]의 Calibrator 신호를 주입하여 신호주입 지점 기준으로 35~70[m]까지 측정하였으며, 5~10[m]단위로 신호 감쇄를 확인하였다.

약 60~70[m]지점은 주입신호에 비하여 노이즈의 레벨이 높아져서 감도확인이 불가능하였다. 이는 측정 현장 주변의 진동기, 내압기 등의 외부 노이즈가 안테나 역할을 하는 케이블에 삽입되어 신호대비 노이즈비가 높아졌을 것으로 사료된다.

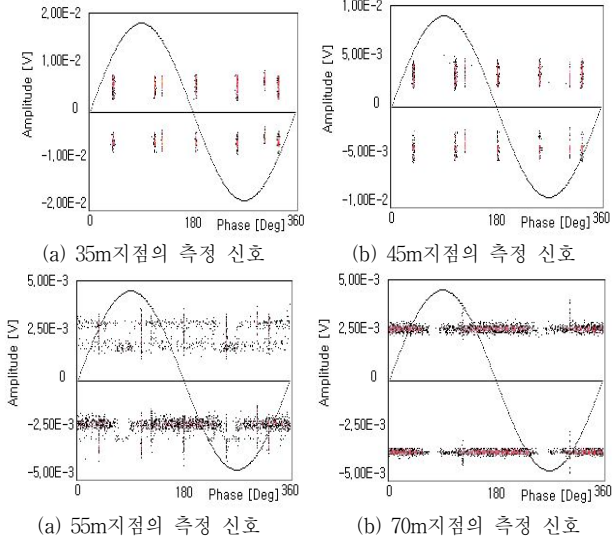
<표 2> 거리에 따른 부분방전 신호 측정 결과

| 거리 [m] | 측정감도 [pC] | |
|--------|-----------|----------|
| | Positive | Negative |
| 35 | 23.02 | 24.74 |
| 40 | 16.72 | 17.77 |
| 45 | 13.21 | 16.33 |
| 55 | 10.60 | 9.32 |
| 60 | 7.85 | 9.14 |
| 70 | 13.11 | 15.65 |



<그림 4> 거리에 따라 감쇄되는 Calibrator 신호

기점으로 부터 60[m]지점 이후로 진원을 알 수 없는 외부 노이즈의 삽입으로 측정 감도가 상승하였고, 70[m] 이후 지점에서는 약 20[pC]의 노이즈 신호가 불규칙 하게 측정되어 시험을 중지 하였다. <그림 5>는 35, 45, 55, 70[m]지점에서 측정된 Calibrator 신호를 나타내었다. 55[m]지점 이후로 노이즈의 삽입이 증가하는 것을 확인 할 수 있다.



<그림 5> 측정 지점에 따른 Calibrator신호의 검출

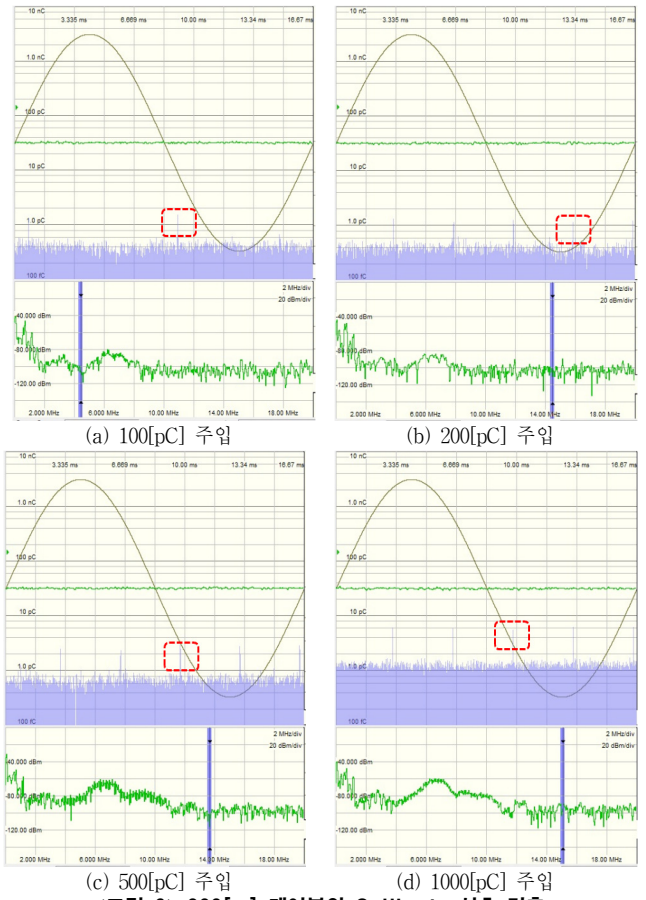
2.2.2 신호 크기별 감도 측정 결과

HFCT센서를 통해 측정된 주입 신호의 감도는 <표 3>과 같다. 또한 최대의 SNR을 찾기 위해 측정 주파수 대역을 매 측정 시 마다 변경하였다. <그림 6>은 주기적으로 측정되는 Calibrator 신호를 나타내었다.

<표 3> 주입 신호크기에 따른 측정 감도 결과(300m)

| 주입신호[pC] | 측정감도[pC] | 측정 주파수 대역[MHz] |
|----------|----------|----------------|
| 100 | 1.17 | 4.44 |
| 200 | 1.27 | 14.50 |
| 500 | 2.95 | 13.70 |
| 1000 | 5.58 | 15.10 |

<표 3>에서와 같이 주입신호가 2배 상승할 때 측정 감도 역시 약 2배로 증가함을 확인 할 수 있었다. 200[pC]주입 지점부터는 약 4[MHz]대역의 노이즈가 삽입되어 측정주파수를 10[MHz]이상으로 높여서 측정하였다.



<그림 6> 300[m] 케이블의 Calibrator신호 검출

3. 결 론

본 논문에서는 15kV급 EPR 난연 케이블을 대상으로 측정 지점에 따른 신호 감쇄현상 및 일정 길이(300[m])에 대한 주입신호 크기별 감도를 측정하였다. 실험의 특성 상 월드룸에서 외부 노이즈를 차단시킨 후 정확하게 측정되어야 하지만 케이블의 길이가 긴 점을 감안하여 외부 노이즈의 영향을 적게 받는 장소를 선정하여 실험 하였다[3,4].

본선에 HFCT센서를 취부 하여 거리에 따른 부분방전 신호를 측정 한 결과, 타 전력기에서 유입되는 노이즈의 영향으로 총 길이 500[m] 중 70[m]지점까지만 Calibrator신호를 확인할 수 있었다. 그리고 최대의 SNR대역을 탐지하지 않고, 측정 주파수 대역을 일정하게 설정한 점이 측정 감도 감쇄에 영향을 주었을 것이라고 분석할 수 있었다.

실험을 통해 도출된 결과와 실제 모의 공극을 이용한 추가시험을 통해 향후 포설된 유사 제원의 케이블에서 부분방전 발생 시 대략적인 위치 추정 가능성이 가능할 것으로 생각되지만, 현장상황에 따른 외부 노이즈를 감안한 부분방전 신호 감쇄 연구가 추가로 진행되어야 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이용성, "154kV급 중간점속부내의 부분방전 진단을 위한 HFCT 적용 기준신호 측정연구", 대한전기학회 춘계학회 논문집, p217-219, 2005
- [2] 김정태, "신호선 길이에 따른 부분방전 펄스 응답 특성", 대한전기학회 추계학회 논문집, p409-412, 2010
- [3] G. C. Montanari, "A New Approach to Partial Discharge Testing of HV Cable Systems", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 22, No. 1, 2006
- [4] 김충식, "최신 전력케이블 부분방전 진단기술 비교분석", 2011