2008년도 대한전기학회 전기설비전문위원회 추계학술대회 논문집 (2008. 9. 25 - 26)

# XLPE 케이블의 PD 검출 필터 시험

조재철, 최용성
동신대학교

# Filter Test for Detecting Partial Discharge in XLPE Cable

Jae-Chul Cho, Yong-Sung Choi[2]
Dongshin University

**Abstract** - Due to a variable noises in the field underground lines, clear technology of noises is very important in the diagnosis technology of partial discharge. Therefore we progressed filter test to improve the measuring test of partial discharge in a field. We applied to field test after making W-LC filter for partial discharge measurement, and then designed experimental environment such as under- ground distribution lines of field. Measuring sensor for test was UHF sensor. And we analysed those using the Lemke Probe and oscilloscope (TDS-3054, Tektro- nix). Finally, we obtained excellent data of noise decrement in the joint box of 22.9[kV] distribution lines from above experiment.

## 1. 서 론

부분방전 측정 시험은 XLPE 전력케이블 결함 진단의 중요한 툴로 이용되고 있다. 그러나 현장선로에서 검출된 신호는 전원 노이즈, 코로나 노이즈, 이상신호 등으로 분석이 어려운 문제를 가지고 있어 노이즈 감소 및 제거 기술은 진단 기술에서 매우 중요하다 [1].

케이블의 사고 방지를 위한 대안으로 열화진단의 표준 규격인 IEC 60270방식이 있다 [2]. 1970년대 중반에 개발 적용된 부분방전 측정법(IEC 60270)은 전자 차폐실과 같은 실험실에서 케이블의 품질 검사의 방법으로 사용되고 있으나 현장선로와 같이 외부 노이즈에 노출된 곳에서는 적용이 어렵다. 설사 얻는다고 해도 신뢰성 있는 결과를 얻을 수는 없고 측정 결과의 재현성도 없는 것으로 보고 되고 있다 [3]. 이 문제를 해결하기 위한 방법으로 최근에는 고주파 부분방전(HFPD; High Frequency Partial Discharge) 검출법이 제시되고 있다. 현재 국내외에서 다양하게 시험되고 있으나, 현장의 조건에 따라 고압전원에 동반한 전원노이즈, 순환전류, 이상신호 그리고 종단부의 코로나로 인한 다양한 잡음을 동반하여 검출되고 있어, 이와 같은 노이즈를 제거 및 감소시킬 수 있는 기술을 요구하고 있다 [4].

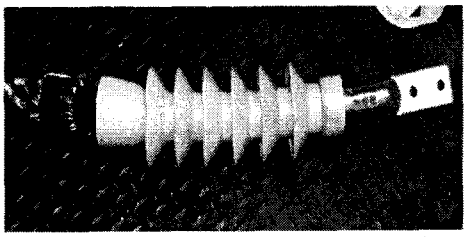
부분방전이 발생하면 방전 펄스 전류, 초음파, 진동, 방사전자파, 광, 가스 발생 등의 여러 가지 현상을 수반한다. 이와 같은 현상은 적합한 센서와 계측기를 사용하여 검출 할 수 있으며, 덧붙여 부분방전을 검출하는 방법에는 초음파 측정법, 진동 측정법, 방사 전자파 측정법 정전용량 측정법등 여러 가지 방법이 있다 [5]. UHF 센서 측정법은 전자파 측정 기법으로 부분방전 발생시 주변의 전계변화에 따른 방사 전자파를 검출하는 방법이다. 센서에서 미약하게 검출된 신호를 신호증폭기를 통해 증폭 한 후 분석 장비를 사용하여 신호분석을 하게 된다.

따라서 이와 같은 측정 방법을 현장에 적용하기 위해 현장에서 발생할 수 있는 각종 노이즈와 부분방전 신호의 주파수 범위를 분석하여 고주파 부분 방전 신호 통과 필터를 설계하였다 [6, 7].

## 2. 실험 방법

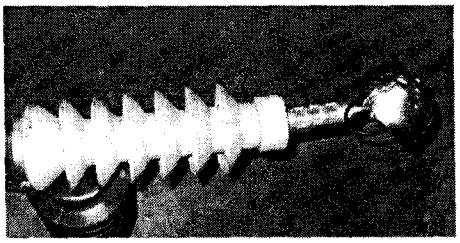
### 2.1 모의 선로 제작

모의 선로는 23kV 지중선로와 동일한 케이블을 사용하였다. 그림 1 과 같이 종단 처리된 8m 케이블과 7m케이블 2개를 23kV급 중간 접속함을 사용하여 접속을 하였다. 모의 선로는 케이블의 종단부와 중간 접속부의 표면에 도전성 불순물 및 스크래치를 가공하여 계면 방전이 발생하도록 하였고, 총 길이를 15[m]로 제작하였다.



(a) 23[kV]급 케이블 종단처리

(b) 23[kV]급 케이블 중간 접속

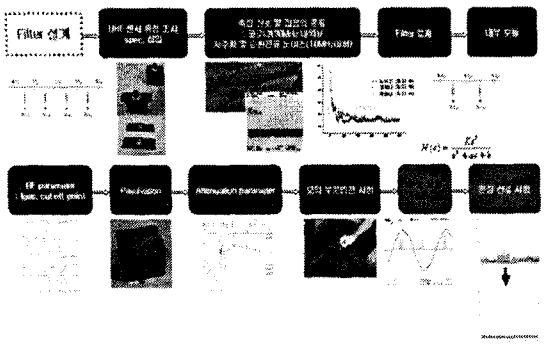


(c) 종단 코로나 방지 처리

**<그림 1> 모의 선로 제작**

### 2.2 필터 설계

그림 2는 노이즈를 제거하기 위한 부분방전 측정용 필터 설계의 계획도를 보여주고 있다. 우리는 전력 설비의 부분방전 측정 시험을 위해, 관련 이론에 의한 노이즈의 주파수 특성을 조사하여 제작 및 시험하였다. 그리고 저주파 노이즈를 제거하기 위해 HPF(고주파 통과 필터)로 W-LC 필터를 설계하였다. 고전압에 의한 주위의 전자계 영향을 받지 않기 위해 주회로를 차폐하여 보호하였다. 또한 부분방전 신호의 필터 반응을 먼저 확인하기 위해 모의 PD신호 발생기인 Calibrator를 사용하였다.



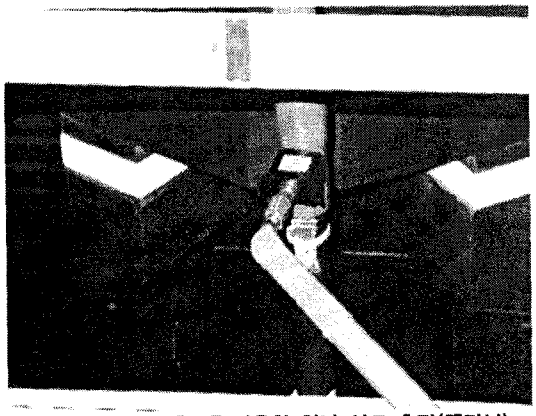
**<그림 2> 필터 설계 순서**

### 2.3 현장 선로 시험

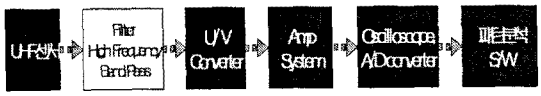
현장 시험은 주로 종단부에서 이루어졌으며, 필터 사용 전, 후를 비교하여 시험하였다. 현장 선로의 종단부는 도체부가 노출되어 있어서 시험 중 감전의 염려가 있다. 따라서 그림 3과 같이 길이 1.5m의 절연봉에 센서를 부착하여 시험하였다.

### 2.4 측정 시스템 구성

그림4는 UHF 센서를 사용하여 부분방전 신호를 측정하는 시스템이다. UHF센서에서 검출된 신호가 U/V Converter를 통해 1~50[MHz] 범위의 신호로 변환된다. 입력된 미약한 신호는 Amp'에 의해 증복되어 Oscillo- scope로 보내진다. 그리고 Oscilloscope는 컴퓨터와 연결되어 측정된 데이터를 저장한다.



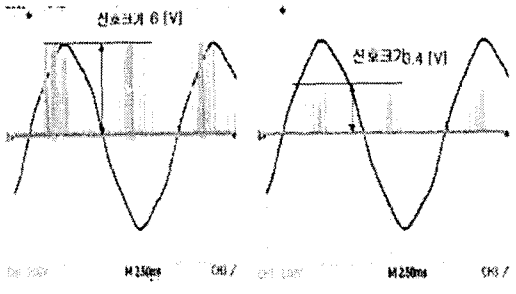
**<그림 3> UHF센서를 사용한 현장 선로 측정(종단부)**




**<그림 4> UHF 측정 시스템**

## 3. 결과 및 검토

전력구에서 발생 된 각종 노이즈는 30[MHz] 이하에서 발생하는 것을 볼 수 있었다. 고주파 대역의 부분방전 검출법은 외부노이즈의 영향이 비교적 적은 영역에서 부분방전을 측정하기 때문에 현장 진단에 유용하다. 케이블 진단 시험 중에 다양한 노이즈가 검출되었고, 일부 30[MHz]이상에서 영향을 주는 곳도 있었으며, 이상신호도 시험 중에 검출되었다. 그리고 현장 선로의 종단부에서 발생되는 코로나 신호는 30[MHz] 이상에서도 검출되었다. 그림 5는 자체 제작한 W-LC 필터를 사용하기 전과 사용 후의 검출 신호이다. 필터 통과 후에 신호의 크기가 감소되었으나 신호의 발생회수나 위상은 변하지 않아 신호를 분석하는데 문제는 없었다.

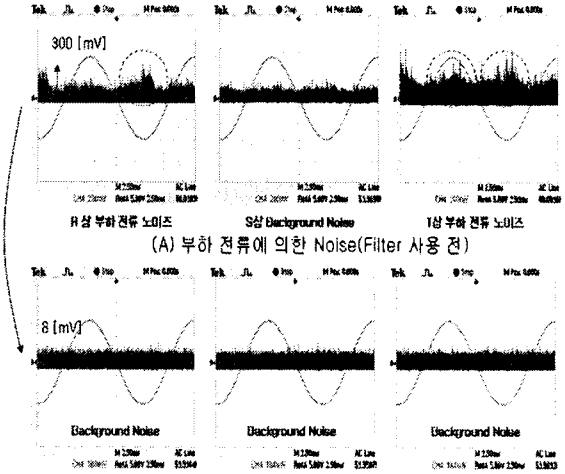



(A) 필터 없는 상태 (B) 30MHz HPF

**<그림 5> 모의 선로 PD 신호**

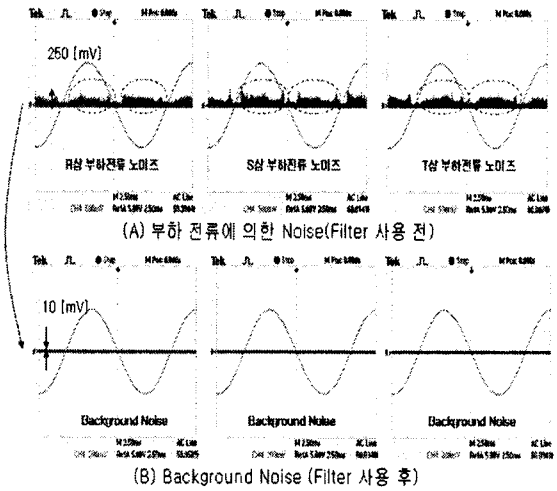
그림 6은 현장 선로에서 부분방전 검출 시험을 한 것으로 필터 사용전과 사용 후로 나타냈다. 현장 선로의 각 상별로 검출 시험을 하여 비교하였다. 공통적으로 부하 전류 노이즈 및 background 노이즈가 높게 발생하였으나 필터 통과 후에는 크게 감소되

는 것을 볼 수 있다. 필터 통과 전의 크기는 1칸당 200[mV]이고 필터 통과 후의 크기는 1칸당 10[mV]이다.



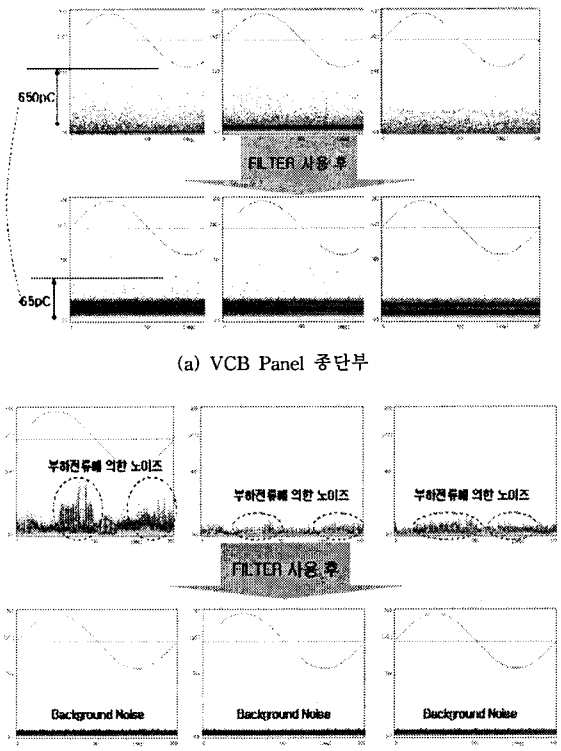

**<그림 6> 현장선로 종단**

그림 7은 배전 인입부를 측정한 것으로 필터 통과 전의 크기는 1칸당 500[mV]이고 필터 통과 후의 크기는 1칸에 200[mV]이다. 공통적으로 전체 노이즈의 크기가 크게 감소한 것을 알 수 있었다.




**<그림 7> DS panel 종단부**

그림 8은 PRPDA 분석법을 사용하여 검출된 신호를 누적한 것이다. 필터 사용 전에는 부하 전류노이즈와 background 노이즈 등이 검출되었으나 필터 통과 후에는 함께 감소하여 미약하게 background 노이즈만 검출되었다.




**<그림 8> PRPDA 기법을 이용한 패턴분석 S/W**

현장 데이터를 종합적으로 정리해 보면 표1과 같은 데이터를 얻을 수 있었다. 모의가공선로에서 발생된 신호는 PD 신호로서, 필터 통과 후에 40[%]정도 감소된 반면 현장 선로에서 시험된 노이즈들은 7배 이상의 감소 효과를 볼 수 있었다. 현장 선로 중에 비상 발전기로 운영되는 선로에서는 발전기 인버터에서 발생되는 고주파 노이즈가 크기의 감소 없이 유입되었으나 방전 위상과 회수가 부분방전 패턴과 매우 다르게 나타나 노이즈임이 쉽게 판명되었다.

**<표 1> 필터를 통과 전, 후의 신호변화**

| 선로 | 필터 사용 전 노이즈 크기 | | | 필터 사용 후 노이즈 크기 | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | R | S | T | R | S | T | |
| 모의가공 선로 | 6[V] | | | 3.4[V] | | | PD신호 |
| A 선로 | 2.5[V] | 1.5[V] | 2.4[V] | 50 [mV] | 150[ mV] | 100[ mV] | 노이즈 |
| B 선로 | 350 [mV] | 150[ mV] | 220[ mV] | 20 [mV] | 18 [mV] | 18 [mV] | 노이즈 |
| C 선로 | 400[ mV] | 200[ mV] | 200[ mV] | 16 [mV] | 16 [mV] | 16 [mV] | 노이즈 |
| D 선로 | 450[ mV] | 200[ mV] | 550[ mV] | 12 [mV] | 12 [mV] | 12 [mV] | 노이즈 |
| E 선로 | 450[ | 270[ | 230[ | 12 | 12 | 12 | 노이즈 |

| | mV] | mV] | mV] | [mV] | [mV] | [mV] | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 발전기 인버터 유입신호 | 2 [V] | 2 [V] | 2 [V] | 2 [V] | 2 [V] | 2 [V] | 노이즈 (펄스크기) |

## 4. 결 론

본 연구에서는 활선상태의 현장 선로에서 부분방전 진단 시험을 실시하였다. 자체 제작된 W-LC 필터를 사용하여 노이즈 제거 시험을 하였고, 실험실에서 시험한 모의 선로 실험결과와 동일하게 노이즈를 제거하였다. 현장 실험과정 중 부분방전 신호가 검출되지 않았지만, 노이즈 제거 실험은 모의 선로와 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 이번 시험을 통해 자체 제작된 W-LC필터가 현장 선로에 적용될 경우 부하전류에 의한 노이즈 및 주변 노이즈 감소에 상당한 효과가 있을 것이다.

## [참 고 문 헌]


[1] E. Lemke; H. Elze, W. Weissenberg, "Experience in PD diagnosis tests of HV cable terminations in service using the ultra-wide band PD probing" XIV Symposium, 2003.

[2] IEC TC 42/149/CDV, draft for IEC 60270 Ed. 3.

[3] 이전선, "HFPD 부분방전 검출을 이용한 XLPE 전력케이블 시스템 진단 기술 개발 연구", 한양대학교 박사 학위 논문, 2003.

[4] 권동진, 진상범, 곽희로, "외부 코로나 노이즈를 제거한 내부 부분방전 측정기법", Journal of KIIEE, Vol, 15, No.1, 2001.

[5] 김정태, 이호근, 임윤석, 김지홍, 구자윤, "부분방전 펄스파형에 대한 TF Map 적용 가능성에 대한 연구", 대한전기학회 추계 학술대회 논문집, pp107~109, 2004.

[6] Randall W. Rhea, "HF Filter Design and Computer Simulation", pp. 171-214.

[7] G. Matthaei, L. Young, Microwave Filter Impedance Mathing, "Networks, and Coupling Structure" Artech House, pp. 200-320.