

154kV급 중간접속부내의 부분방전 진단을 위한 HFCT 적용 기준신호 측정연구

이용성, 김정운\*, 이경용, 최용성, 박대희  
원광대학교, 엠파워\*

Measurement of Basis Signal with HFCT for Diagnosing Partial Discharge  
in Middle Joint Box of 154kV Grade

Yong-Sung Lee, Jung-Yoon Kim\*, Kyung-Yong Lee, Yong-Sung Choi, Dae-Hee Park  
Wonkwang University, M power\*

**Abstract** - To detect partial discharge of 154kV joint box, we have made experiment by using the HFCT sensor. Generally the signals which are detected in partial discharge test of underground power transmission cable are accompanied with both noises of high voltage and noises of surrounding power cable. The most noise in near to end part of joint box is corona, beside other noises flowed from surrounding area. Partial discharge test is difficulty due to these noises. First, we test reliability on both injection of calibration signal in NJB and removal of low frequency. After that, we had analyzed frequencies by measuring signals in IJB with 300[m] distance from NJB. Also we had measured S/N ratio by using the indirected injection method of calibration signal in IJB. In this experiment, two measurement methods were difference of detection acquisition, but these had the equal frequency properties.

1. 서 론

XLPE 전력 케이블의 열화 진단 시험으로 적용되는 부분방전 진단은 방전 펄스 전류, 초음파, 진동, 방사전자파, 광, 가스 발생 등의 여러 가지 현상을 수반한다. 이와 같은 현상에 반응하는 센서와 계측기를 사용하여 검출할 수 있다. 부분방전을 검출하는 방법에는 초음파 측정법, 진동 측정법, 전자파 측정법 그리고 정전용량 측정법등이 적용되고 있다 [1]. 케이블의 제조 후에 결함 진단법으로 IEC 60270에 의한 시험법이 적용되고 있으나 전자 차폐실과 같은 실험실에서 케이블의 품질 검사의 방법으로만 신뢰성을 인정할 수 있고 현장선로와 같이 외부 노이즈에 노출된 곳에서는 적용이 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 최근에는 고주파 부분방전(HFPD; High Frequency Partial Discharge) 검출법이 제시되고 있다 [2]. 154[kV] 초고압 XLPE 선로의 부분방전 진단법은 박전극 센서를 사용한 진단법이 주로 적용되고 있다.

이 논문에서는 부분방전현상 발생시 방전량을 분석하기 위해 수행되는 calibration 신호를 NJB의 접지에 HFCT를 사용하여 주입 후 IJB에서 신호검출을 하였다. IJB에서 신호검출을 위해 박전극 센서를 사용하였다. 신호특성을 비교하기 위하여 IJB에 박전극을 사용한 calibration 신호와 주파수 특성을 비교하였다 [3].

부분방전 측정 후 진단에 신뢰성에 영향을 주는 저주파 노이즈를 제거하기 위해 W-LC필터를 적용 후 주파수 분석을 하였다 [4, 5].

2. 본 론

2.1 154[kV] 선로 시험

본 실험 대상의 송전용 154[kV]급 XLPE 케이블시스템은 지중 송전 케이블 시스템으로 원거리 송전을 위해서 수 회의 케이블 접속이 되어있다. 1구간당 시공된 XLPE 케이블은 약 300[m] 내외의 간격으로 접속되어 있다. 접속 방법으로 NJB(Normal Joint Box)와 IJB(Insulation Joint Box)가 있다. 그림 1에서 IJB의 부분방전 진단법은 박전극을 사용하였다. calibration 신호 주입법으로 NJB은 HFCT를 적용하였고 IJB에서는 박전극을 사용하였다.

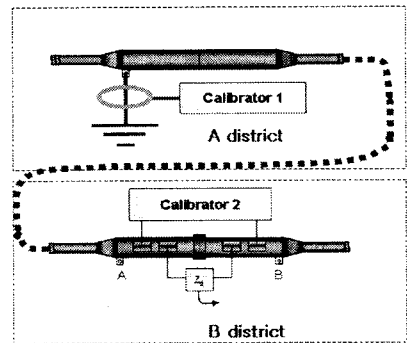


Fig. 1 Calibration test

2.2 필터

그림 2와 같이 노이즈를 제거하기 위한 부분방전 측정용 필터를 박전극 센서에 적용하였으며, 박전극 (a)-(b)는 calibration 신호를 주입 센서로, 박전극 (c)-(d)는 절연통내에 발생된 신호를 검출하기 위해 사용하였다.

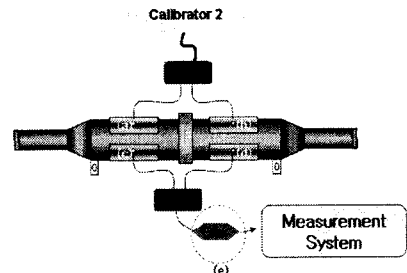


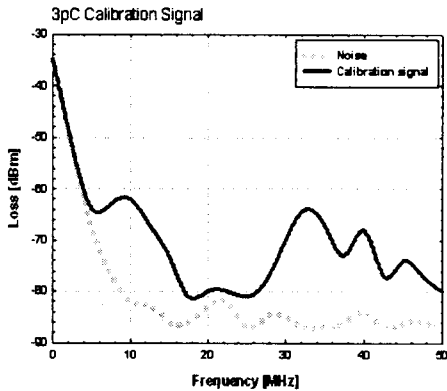
Fig. 2 The foil electrode sensor detection method that applied a filter

박전극 (c)-(d)에서 검출되는 신호는 calibration 신호나 절연통 내부에서 발생할 수 있는 PD 신호뿐만 아니라 주위의 노이즈와 케이블의 도체부에 동반된 다양한 노이즈도 함께 검출된다. 따라서 필터를 사용함으로써

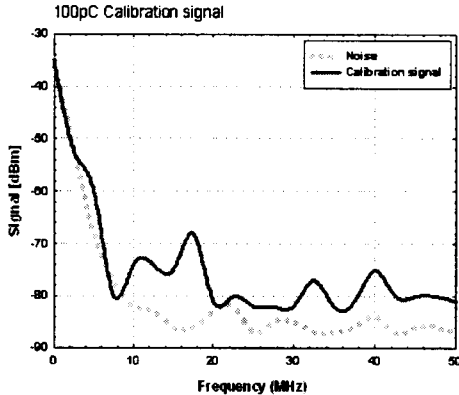
그에 따른 주파수 특성을 분석하였다.

### 3. 실험 결과

그림 3은 부분방전 검출 시험 전에 수행되는 calibration 신호와 주위 노이즈의 크기를 비교한 것이다. Calibration 신호가 노이즈보다 크게 발생할 경우 신호 검출 및 분석이 불가능하게 되는데 10[MHz]이하에서는 노이즈 곡선이 높거나 같게 나타나고 있다. 그림 3 (a)는 IJB에서 calibration 신호를 주입 후 박전극 센서를 사용하여 검출한 결과이다. 10[MHz]와 30에서40[MHz]지점에서 20[dB] 정도 높게 나타났다. 그림 3. (b)의 경우는 NJB에 HFCT를 사용하여 calibration 신호를 100[pC] 주입하여 IJB의 박전극 센서에서 검출된 결과를 나타낸 것이다. 가장 높게 나타난 주파수 영역은 10~20[MHz]이고 노이즈보다 10[dB] 높게 검출되었다.



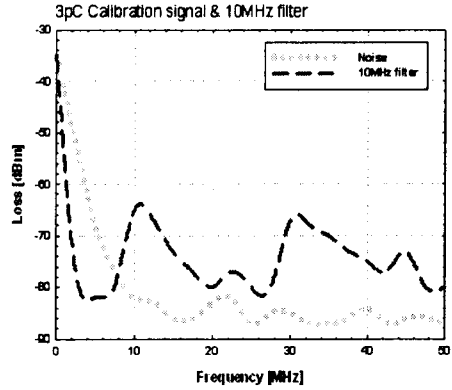
(a) Calibration signal by using the CT sensor at IJB



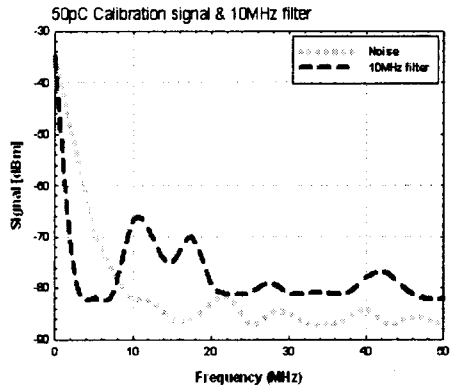
(b) Calibration signal by using the HFCT at NJB

Fig 3. Comparison with noise and detection signal

그림 4 (a)는 자체 제작한 10[MHz]급 필터를 적용 후 에 측정된 결과로 10[MHz] 이하의 신호가 감소되는 것을 확인 할 수 있다. 12[MHz] 부분과 30[MHz] 부분에서 15[dB]의 신호검출을 확인 할 수 있다. 그림 4 (b)는 NJB의 HFCT에 주입된 calibration 신호를 IJB의 박센서에 필터를 적용한 결과이다. 10[MHz] 이하의 신호가 감소된 것을 확인할 수 있다. 검출 신호의 주파수 범위는 10~18[MHz]의 범위에서 10[dB]정도의 신호 이득이 확인 되었다.



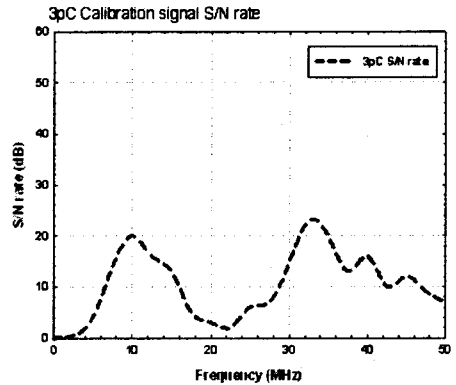
(a) Calibration signal injected in IJB



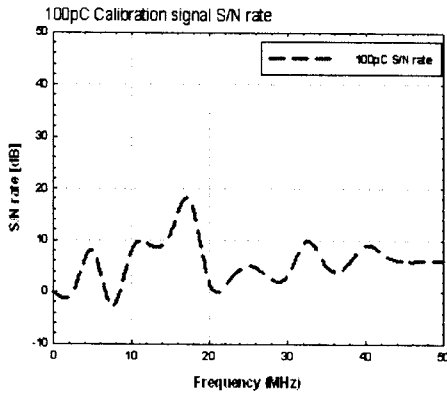
(b) Calibration signal injected in NJB

Fig 4. Signal with 10[MHz] filter

그림 5 (a)는 그림 3 (a)의 S/N비를 나타낸 것이다. 10[MHz]를 중심으로 10[MHz] 대역으로 최고 20[dB]의 이득과 평균 12[dB]의 이득을 보여주고 있고, 35[MHz]를 중심으로 20[MHz] 대역으로 최고 25[dB]의 이득과 평균 12[dB]의 이득을 보여주고 있다. 그림 5 (b)는 그림 3 (b)의 S/N비를 나타낸 것으로 15[MHz]를 중심으로 10[MHz] 대역으로 최고 18[dB]의 이득과 평균 10[dB]의 이득을 보여주고 있다. 30[MHz]이상에서 평균 5[dB]의 이득을 나타내고 있다.



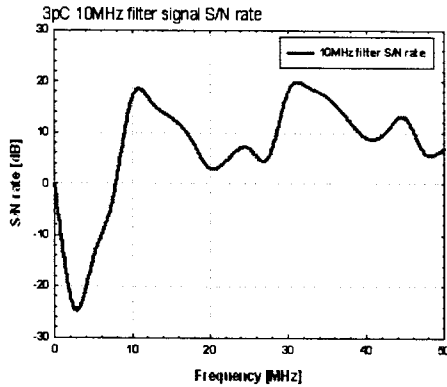
(a) Injection signal of IJB CT



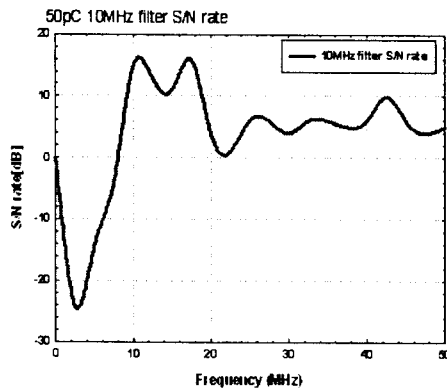
(b) Injection signal of NJB HFCT

Fig 5. Comparison with injection signal of IJB CT and NJB HFCT

그림 6에서는 필터를 적용 후 S/N비에 대한 주파수를 분석하였다.



(a) Injection signal of IJB CT



(b) Injection signal of NJB HFCT

Fig 6 Change of S/N ratio with filter

그림 6 (a)에서는 10~18[MHz], 30~40[MHz]대역에서 10[dB]이상의 이득을 나타냈고 10~45[MHz]범위에서 평균 8[dB]의 이득을 보여주고 있다. 그런데 7[MHz] 이하의 주파수에서는 S/N비가 -20[dB]를 나타내고 있는데 계산상의 결과이므로 -0[dB]이하는 0[dB]로 간주하여야 한다.

그림 6 (b)에서는 10-20[MHz]범위에서 10[dB]이상의 이득을 나타냈고 25-44[MHz]범위까지 평균 5[dB]의 이득을 보여주고 있다.

결과적으로 보면 NJB의 HFCT에 주입된 calibration 신호와 IJB에서 주입된 calibration 신호의 주파수 특성 및 범위를 비교하였을 때 NJB에서 주입된 신호가 크게 감소되는 양상이 있었으나 주파수 특성은 비슷하게 나타나는 것을 볼 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 154[kV] 지중 송전 선로에서 부분 방전 진단 시험을 실시하였다. 자체 제작된 W-LC 필터를 사용하여 저주파 신호를 제거 후 측정 주파수 영역의 신호 변화를 확인한 결과 detector에서 감소시키지 못한 저주파 신호도 크게 감소시킬 수 있는 것을 확인하였다.

1) NJB에서 HFCT를 사용하여 calibration 신호를 주입 후 IJB에서 신호 검출시 감도는 낮으나 검출 가능성 확인.

2) 현장 실험과정 중 부분방전 신호가 검출되지 않았지만, 저주파 노이즈 제거 실험은 모의 선로와 동일한 결과를 얻음.

3) 자체 제작된 W-LC필터가 현장 선로에 적용 가능성 확인.

이번 시험에서는 10[MHz] 필터까지 적용하였으나 센서의 주파수 특성상 5[MHz]급 필터의 적용의 필요성이 요구된다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원 (R-2003-B-274) 주관으로 수행된 과제임

#### [참 고 문 헌]

- [1] Hitoshi Okubo, Naoki Hayakawa, "A novel technique for partial discharge and breakdown investigation based on current pulse waveform analysis", Dielectrics and Electrical Insulation, IEEE Transactions on, Vol.12, No.4, pp.736-744, Aug. 2005
- [2] IEC TC 42/149/CDV, draft for IEC 60270 Ed. 3. pp.12-20, 1996
- [3] Choong-Sik Kim, Takeshi Kondo and Teruyoshi Mizutani, "Change in PD Pattern with Aging", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Vol.11, No.1, pp.13-18, Feb. 2004.
- [4] 이용성, "22.9 kV XLPE 케이블 PD 검출용 필터 시험" 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.2277-2279, 2005.
- [5] Randall W. Rhea, "HF Filter Design and Computer Simulation", Noble Pub, pp.171-214., 1995.