

초고압 전력케이블용 중간 접속부 내의 부분방전신호 검출을 위한 박전극 응용

이용성, 양종경, 양종석, 최용성, 박대희
원광대학교

The Application of Al-foil Electrode for Detecting Partial Discharge Signal in Middle Joint Box of EHV Power Cable

Yong-Sung Lee, Jong-Kyung Yang, Jong-Keok Yang, Yong-Sung Choi, Dae-Hee Park
Wonkwang University

Abstract : To detect partial discharge of 154kV joint box, we have made experiment by using the Al-foil electrode 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 had used Al-Foil sensor on middle joint box of 154[kV] underground transmission power cable, and then analyzed reliability of calibration signal by using the Al-Foil electrode sensor of NJB. From above results, decrement properties measured highly. But incase of injecting calibration signal of 500[pC] after measuring signals in IJB, the S/N ratio had about 25[dB] acquisition.

Key Words : EHV Power Cable, Partial Discharge, Al-Foil, S/N ratio

1. 서론

1970년대 중반에 개발 적용된 부분방전 측정법(IEC 60270)은 수회 개선되어 부분방전 진단을 하는데 큰 도움이 되고 있다[1]. 현재 케이블 제조 후에 적용되는 케이블 결함 진단법으로 IEC 60270에 의한 시험법이 적용되고 있으나 전자 차폐실험실에서 케이블의 품질 검사로만 신뢰성을 인정할 수 있고 현장선로와 같이 외부 노이즈에 노출된 곳에서는 적용이 어렵고 현장 적용의 경우 신뢰성이나 재현성이 어려운 것으로 보고 되고 있다 [2, 3].

이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 최근에는 고주파 부분방전(HFPD; High Frequency Partial Discharge) 검출법이 제시되고 있다. 고주파 부분방전 측정법은 국내외에서 다양하게 시험되고 있으며 현장의 조건에 따라 고압전원에 동반한 전원노이즈, 순환전류, 이상신호 그리고 종단부의 코로나로 인한 다양한 잡음을 동반하여 검출되고 있다. 현재 노이즈 제거 및 감소시킬 수 있는 기술이 요구되고 있으며 대안으로 필터 적용 기술이 연구 되고 있다.

이 논문에서는 부분방전현상 발생시 방전량을 분석하기 위해 수행되는 calibration 신호를 NJB의 접속함 표면에 박전극을 부착하여 신호 주입 후 IJB에서 신호검출을 하

였다. IJB에서도 박전극 주입법을 적용하여 NJB에서 주입한 신호와 주파수 특성을 비교하였다. 부분방전 진단의 신뢰성에 영향을 주는 저주파 노이즈를 감소 및 제거하기 위해 자체 제작한 W-LC 필터를 적용 후 주파수 분석을 하였다[4, 5, 6].

2. 본론

2.1 154[kV] 선로 시험

지중 선로는 원거리 송전을 위해서는 수 회의 케이블 접속이 필요하며 국내외에서 시공되는 케이블은 약 300[M]내외의 접속구간이 요구되고 있다. 접속 방법으로는 NJB(Normal Joint Box)와 IJB(Insulation Joint Box)가 있다. IJB에서의 부분방전 진단법으로 박전극을 사용하였으며 그림 1의 B district 와 같이 calibration 신호를 박전극에 주입 후 검출센서용 박전극을 사용하여 측정을 하였다. 그림 1의 A district와 같이 NJB는 박전극을 부착 후 calibrator의 접지를 절연통의 접지와 연결하였다.

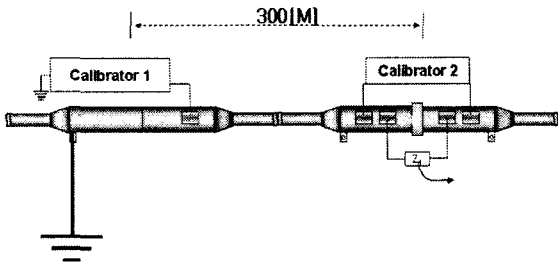


그림 1. Calibration 시험
Fig. 1 Calibration test

2.2 필터 적용

노이즈를 제거하기 위한 부분방전 측정용 필터를 박전극 센서에 적용하였다.

박전극에서 검출되는 신호는 calibration 신호나 절연통 내부에서 발생될 수 있는 PD 신호뿐만 아니라 주위의 노이즈와 케이블의 도체부에 동반된 다양한 노이즈도 함께 검출된다. 필터의 사용은 저주파 노이즈를 감소 및 제거를 하기 위함에 있다. 그림 2는 부분방전 측정 시스템에서 필터를 적용한 구성도로 박전극 센서에서 검출된 신호의 주파수 분석을 하기 위해 스펙트럼 아날라이저를 직접 연결할 수 있음을 보여준다. 그러나 부분방전 측정을 하기 위해서는 Amp를 통하여 신호를 증폭한 후 분석을 하여야 한다.

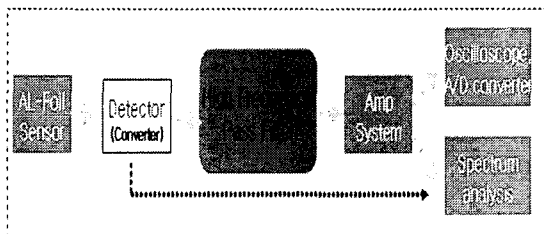
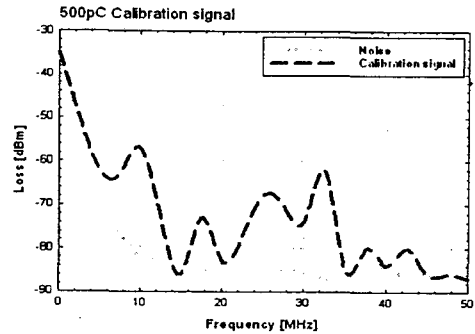


그림 2. 필터 적용
Fig. 2 Application of the filter

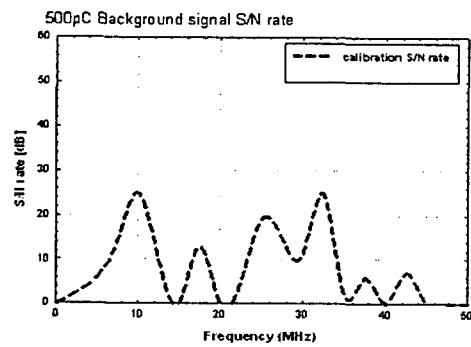
3. 실험 결과

Calibration 신호를 NJB의 박전극에 신호 주입 후 IJB에서 검출하는 방법으로 시험하였다. 그림 3 (a)은 NJB에서 박전극을 사용하여 신호 주입을 하고 IJB의 박전극에서 검출을 한 결과이다. 검출감도가 떨어져 500[pC]의 신호일 때 10[MHz]에서 -60[dBm], 25-33[MHz]일 때 -65[dBm]의 신호가 검출되었다.

그림 3. (b)는 500[pC] calibration 신호 주입시 S/N비를 나타낸 것으로 10[MHz]와 33[MHz] 높은 S/N비 값을 나타내었다.



(a) Noise와 박전극 calibration 주입 신호 비교

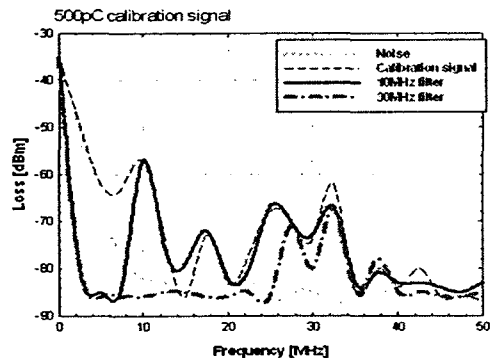


(b) calibration 신호의 S/N비

그림 3. NJB에서 주입된 calibration 신호

Fig. 3 The Calibration signal that was injected in NJB

그림 4에서는 NJB에 calibration 신호를 주입 후에 IJB의 박전극을 사용하여 신호를 검출하였다. 전원 전류에 의한 저주파 노이즈 영역을 감소시키기 위한 방법으로 필터를 적용하여 검출 시험을 하였으며 그림 4. (a)의 10[MHz] 필터를 사용한 경우 10[MHz] 이하의 신호는 크게 감소된 것을 볼 수 있었다. 또한 10[MHz]와 25-35[MHz] 지점에서 신호가 크게 검출 되는 것을 알 수 있었다. 30[MHz] 필터에서도 동일한 결과가 나왔으며 27[MHz] 지점 이하에서 노이즈 및 신호가 크게 감소(cut-off)되는 것으로 확인되었다.



(a) 필터 적용 비교

[참 고 문 헌]

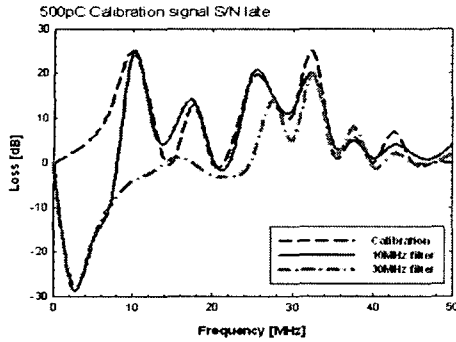


그림 4. 필터 적용 후 NJB에서 주입된 calibration 신호
Fig. 4 The calibration signal that was injected in NJB after a filter application

그림 4. (b)는 500[pC]의 calibration의 신호를 필터를 사용하여 NJB에 주입하였을 경우 S/N비를 나타낸 것이다. 신호의 주파수 분석 결과 4개의 peak 점을 확인할 수 있었다. 봉우리처럼 나타나는 4개의 peak 점은 신호의 최대점이거나 센서의 공진 주파수의 최대 이득 점으로 해석할 수 있다. 그리고 7[MHz] 이하의 주파수에서는 S/N비가 -30[dB]를 나타내고 있는데 계산상의 결과이므로 0[dB] 이하는 0[dB]로 간주하여야 한다.

4. 결 론

본 연구에서는 154[kV] 지중 송전 선로에서 부분 방전 진단 시험을 실시하였다. 자체 제작된 W-LC 필터를 적용해 보았다. 저주파 노이즈 및 신호가 감소 또는 제거되는 것을 확인하였다. 즉 detector에서 차단되지 못하고 유기된 수 [MHz]신호를 차단후 측정 시험을 할 수 있었고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) NJB에서 박전극 센서를 사용한 calibration 신호 주입은 감쇄량이 매우 크게 나타났으나 높은 S/N비의 검출 시스템을 구성할 경우 NJB에서의 신호검출 가능성을 확인하였다.

2) 현장 실험과정 중 부분방전 신호가 검출되지 않았으나, 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 적용가능 성을 확인하였다. 또한, 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

- [1] IEC TC 42/149/CDV, draft for IEC 60270 Ed. 3. 1996.
- [2] 김정태, 이호근, 임윤석, 김지홍, 구자운, "부분방전 펄스파형에 대한 TF Map 적용 가능성에 대한 연구", 대한전기학회 추계 학술대회 논문집, pp107~109, 2004.
- [3] 이전선, "HFPO 부분방전 검출을 이용한 XLPE 전력 케이블 시스템 진단 기술 개발 연구", 한양대학교 박사 학위 논문, 2003.
- [4] Tian, Y., Lewin, P.L., Pommerenke, D., Wilkinson, J.S., Sutton, S.J., "Partial discharge on-line monitoring for HV cable systems using electro-optic modulators", Dielectrics and Electrical Insulation, IEEE Transactions on Vol. 11, No 5, pp. 861 - 869, Oct. 2004.
- [5] Randall W. Rhea, "HF Filter Design and Computer Simulation", Noble Pub, pp. 171-214., 1995.
- [6] G. Matthaei, L. Young, "Microwave Filter Impedance Mathing", "Networks, and Coupling Structure" Artech House, pp. 200-320., 1980.