

## 고주파 부분 방전을 위한 필터 설계

오 용<sup>1</sup>, 김형준<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>동신대학교, <sup>2</sup>전기안전연구원

### Filter Design for High-Frequency Partial Discharge

Yong Oh<sup>1</sup>, Hyoung-Jun Gil<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Dongshin University, <sup>2</sup>Electrical Safety Research Institute

**Abstract** - In this paper, we developed HPF (high pass filter) consisted of lumped LC components to decrease the noises that are detected in PD (partial discharge) measuring test, and adapted it to field test. We tested under laboratory circumstances like the fields, and measured the phase change properties of detected signal in UHF sensor with Lemke probe and oscilloscope (TDS-3054, Tektronix).

일하게 구현한 가공 실선로에서 시험하였다. 가공 실선로는 현장조건과 동일한 23[kV]급 지중 케이블을 사용하여 중단처리부와 중간 접속부를 가공하였다. 그림1, 2에 가공 실선로 구성도를 나타냈으며, 중간 접속함은 실선로와 동일한 조건으로 접속하였고 표면에 도전성 불순물 및 스크래치 가공처리 하였다.

#### 1. 서 론

절연과파 예방을 위한 부분방전 측정은 전력 기기의 절연 진단을 위한 방법으로 사용되고 있으나, 측정 중에 주변 노이즈의 영향을 받아서 많은 어려움이 있다. 국내 지중 송전 케이블이 포설 된지 20여년이 지나는 동안 다양한 형태의 고장 및 사고를 경험하게 되었고 사전에 케이블의 유지보수 및 열화 진단의 중요성이 요구되고 있다 [1, 2].

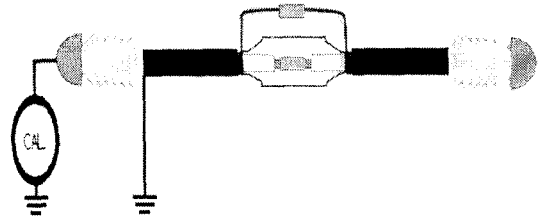
케이블 열화진단의 한 방법인 부분방전 진단이 효과적인 방법으로 표준 규격은 IEC 60270방식이 있다 [3]. 그러나 현장의 각종 노이즈와 활선상태에서 측정은 불가능하여 대체할 수 있는 고주파 부분방전(HFPD; High Frequency Partial Discharge) 검출법이 제시되고 있으며 국내외에서 다양하게 시험되고 있다. 이 시험법도 현장 조건에 따라 고압전원에서 동반된 전원노이즈, 순환전류, 이상신호 그리고 중단부의 코로나로 인한 다양한 잡음이 검출되고 있어 노이즈 제거 및 감소 기술이 요구되고 있다 [4, 5]. HFPD 검출법의 우수성에도 불구하고 각종 노이즈로 인하여 측정 및 분석이 어려웠다.

그러나 본 연구에서는 현장 적용이 가능하도록 하기 위하여 현장에서 발생할 수 있는 각종 노이즈와 부분방전 신호의 주파수 범위를 분석하여 고주파 부분 방전 신호만을 통과 시키는 필터를 설계하였다 [6, 7].

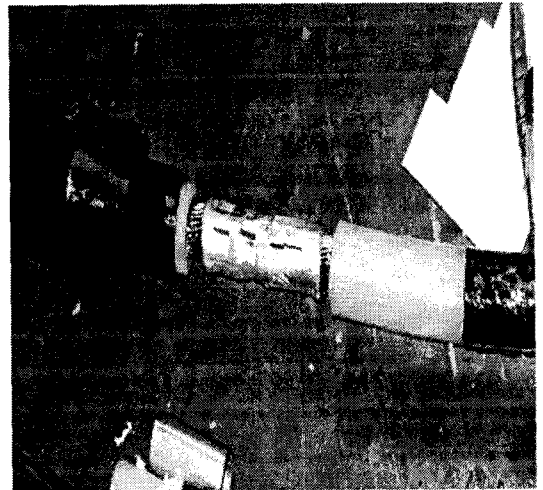
#### 2. 시료 및 실험방법

##### 2.1 시료 제작

실험 시료는 현장 실선로 시험과 현장 조건과 동



<그림 1> 모의 실선로



<그림 2> 모의 실선로 중간접속처리

##### 2.2 실험장비 및 방법

본 실험에 이용된 부분방전 측정 신호 검출용 센서는 UHF(300~800[MHz]) 센서이며, 이것을 고주파 부분방전 검출법에 적용하였다. 그리고 센서 및 케이블 실험은 두 가지의 조건시험을 하였다.

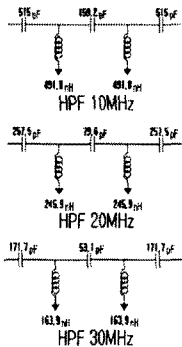
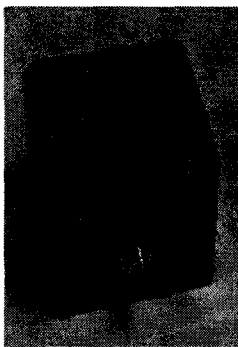
첫째, 실선로와 동일한 환경으로 가공된 모의 실선로 케이블에 지중 선로의 종단부와 중간 접속부와 비슷한 환경을 구성하였다. 종단부와 중간 접속부와의 거리는 종단부의 도전부가 노출된 관계로 충분히 안전한 거리를 제공하여야 한다. 그림 3과 같이 가공 실선로는 총 길이를 약 15[m]로 제작하였다. 사진 상태에서 종단부에 calibration 신호를 주입하여 신호 감쇄량과 특성을 분석하였고, 그림 4와 같이 자체 제작된 LC 필터를 사용하여 신호를 측정하였다.



(a) 모의 실선로 접속함



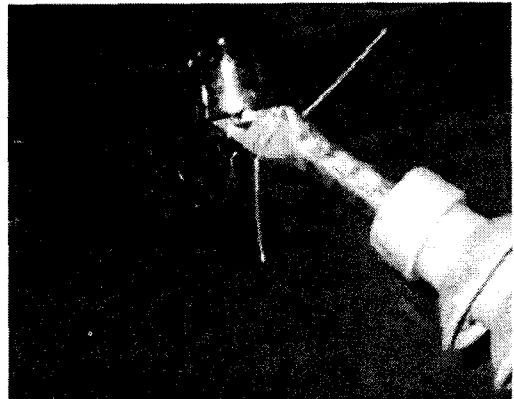
(b) 신호검출용 UHF 센서  
 <그림 3> 시험을 위한 모의 중간 접속부



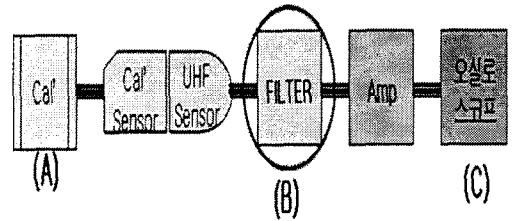
<그림 4> LC 필터 및 회로도

두 번째로 모의 실선로 케이블에 calibrator를 제거 후 500[V/s]의 속도로 부분 방전이 발생하는 시점까지 전압을 상승 시켜 부분방전 신호를 분석하였다. 코로나 방전 시험은 그림 5와 같이 종단부에 날카로운 철사를 감아서 종단부 방전이 발생하도록 한 후 접속함에서 검출시험을 하였다.

본 실험에서 사용된 필터는 10[MHz]에서 300[MHz]까지의 고주파수 통과 필터를 제작하여 그림 6과 같이 실험하였다.



<그림 5> 코로나 방전 시험

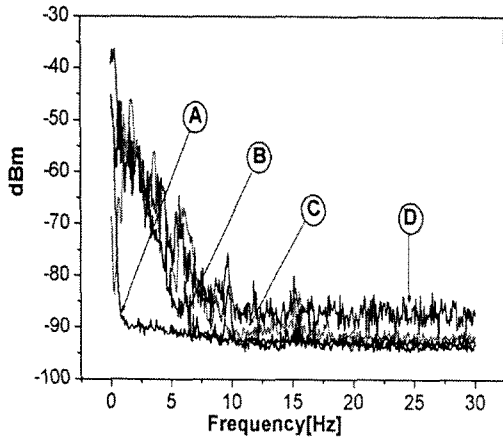


<그림 6> 10~300[MHz] 까지 필터 시험 구성도

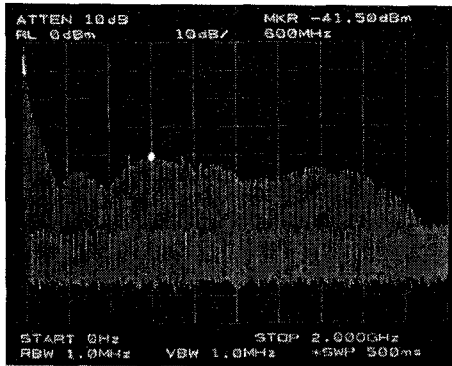
### 3. 결과 및 검토

전력구에서 발생하는 고전압에 의한 각종 노이즈는 30[MHz] 이하에서만 발생하는 것으로 보고되었다. 따라서 고주파 대역에서 부분방전을 검출하는 방법은 외부노이즈의 영향이 비교적 적은 영역에서 부분방전을 측정하기 때문에 현장에 설치된 전력기기 진단에 유용하다.

현장 선로의 종단부에서 발생하는 코로나신호는 1~20[MHz]에서 크게 발생하는 것을 알 수 있었고 주파수가 높아짐에 따라 감소되는 것을 볼 수 있었다. 이번 시험에서도 그림 7 (a)와 같은 양상을 볼 수 있었다 [8].



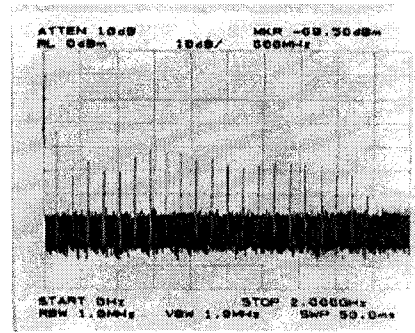
(a) 현장에서의 노이즈 주파수 스펙트럼  
 (A: 전자 차폐실, B: 전력구 현장선로, C: 실험실 시험선로, D: 변전소)



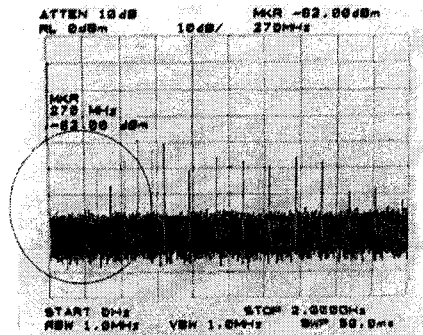
(b) 모의 방전실험

<그림 7> 현장에서의 노이즈 주파수 스펙트럼

그림 8 은 필터를 사용 후 cut off 이하의 신호가 제거된 것을 나타내고 있다. 필터특성, 위상 그리고 방전량의 변화를 검출하기 위해 사용된 장비는 오실로스코프이었고, 이후 스펙트럼 아날라이저를 사용하여 필터의 주파수 특성도 면밀히 검토하였다. 또한 모의 실선로 케이블에 calibration 신호 주입 후 검출 시험을 하였다. 이 시험에서는 부분방전 측정용 LC 필터가 신호를 통과시키는지 확인하기 위한 시험으로 사용되었고 이후 calibration 신호는 필터를 잘 통과하는 것을 볼 수 있었다. 표 1은 필터 사용 전·후의 Calibration 신호를 비교하였다.



(a) 필터 통과전



(b) 필터 통과 후

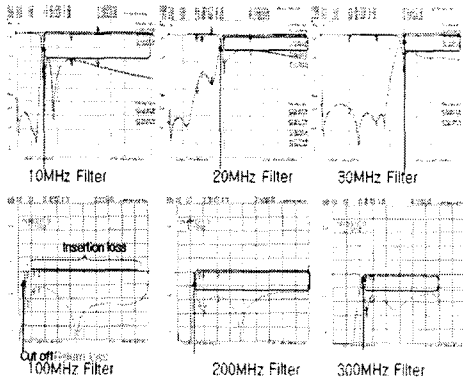
<그림 8> 필터의 주파수 특성

<표 1> 필터를 통과한 Calibration 신호의 변화

방전전하량	필터 주파수	Amp' 증폭	검출신호
500[pC]	X	1X	6[V]
500[pC]	10[MHz]	1X	5.9[V]
500[pC]	20[MHz]	1X	5.8[V]
500[pC]	30[MHz]	1X	5.5[V]
500[pC]	300[MHz] 1	1X	0[V]
10,000[pC]	300[MHz]	2X	100[mV]

그림 9는 스펙트럼 아날라이저를 사용하여 설계 및 제작된 LC필터의 주파수 특성시험이다. 모의 실선로 케이블에서 calibration 신호와 모의 방전 실험에서 필터의 주파수 특성은 우수하였으며, 필터의

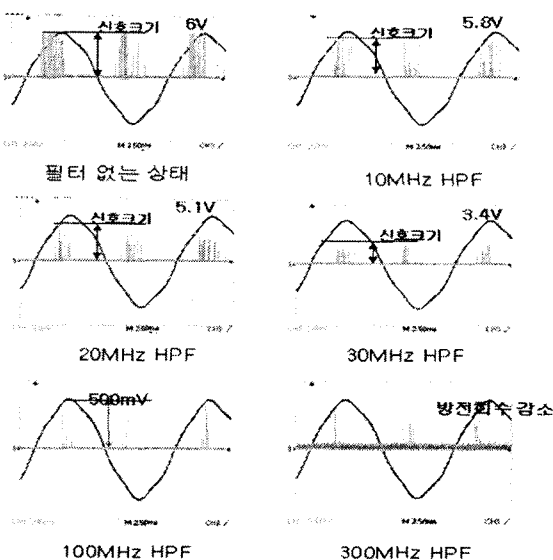
주파수 범위를 증가함에 따라 신호도 감소(손실)하는 것을 볼 수 있었다.



〈그림 9〉 주파수별 필터 특성 비교

그림 10은 모의 실선로에서 검출된 부분방전 신호를 비교 분석한 것이다. 필터의 주파수가 증가함에 따라 방전 신호의 크기가 감소하는 것을 볼 수 있었고, 100[MHz] 이상에서는 부분방전 측정시스템의 증폭률을 2배로 하였음에도 신호의 크기와 방전 횟수가 크게 감소하여 분석이 어렵게 되는 것을 볼 수 있었다.

즉, 10[MHz] 필터에서 저주파 노이즈 제거와 코로나가 약간 감소되는 것을 볼 수 있었고, 100[MHz] 이상 필터에서는 코로나 및 저주파 노이즈 제거되나, 모의 PD 신호도 크게 감소되는 것을 볼 수 있었다. 또한, Amp' Gain 2배에도 불구하고 검출 신호가 미약하게 검출 되는 것을 볼 수 있었다. 실험 결과 10~30[MHz] HPF 필터에서 S/N비가 우수함을 알 수 있었다.



〈그림 10〉 모의 실선로 PD신호 특성

## 4. 결 론

본 연구에서는 실선로와 동일한 실험선로를 구성하고 모의결합을 주입시켜 검출된 부분방전 신호, 주파수 특성 및 노이즈 제거 시험을 하였다. 또한 노이즈 제거를 위한 LC 필터를 설계하였고 고전압에 의한 저주파 노이즈제거 시험을 함으로써 노이즈가 크게 감소되는 것을 알 수 있었다. 부분방전신호는 필터 통과 후에 약간 감소하였으나 노이즈가 크게 감소하여 측정에 큰 문제가 없음을 알 수 있었다. 이번 시험에 있어 22.9[kV] 모의 시험선로의 노이즈 분포는 지중선로의 주파수 범위와 비슷한 1~30[MHz] 범위로 30[MHz] 부분방전 측정용 LC 필터의 적용가능성을 확인하였다.

## 〔참 고 문 헌〕

- [1] C. S. Kim, J.S.Lee, C.Y.Lee, W.N.Kim, "On-site PD measurement for after-laying test of 345[kV] XLPE cable system in korea", Proceedings of J-K Symposium on ED & HVE, pp. 125-128, 2003.
- [2] 김재철, 서인철, 김영노, 전영재, "전자파 측정을 이용한 폐쇄 배전반의 사고 예방진단 기법에 관한 연구", Journal of KIIEE Vol, 16, No. 5, pp. 29~37, 2002.
- [3] IEC TC 42/149/CDV, draft for IEC 60270 Ed. 3.
- [4] 권동진, 진상범, 광희로, "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 Matching, "Networks, and Coupling Structure" Artech House., pp. 200-320.
- [8] 이진선, "HFPD 부분방전 검출을 이용한 XLPE 전력 케이블 시스템 진단 기술 개발 연구", 한양대학교 박사 학위 논문, 2003.