

**MV급 케이블 중간접속부의 PD 측정을 위한 UHF-센서와 HFCT-센서의 비교시험**

신동훈, 이용성\*, 김정은\*, 양종석, 박노준, 박대희  
원광대학교, (주)엠펜워\*

**Comparison test for PD measuring about UHF-sensor and HFCT-sensor in cable joint-box of MV grade**

Dong-Hoon Shin, Yong-Sung Lee\*, Jung-Yoon Kim\*, Jong-Seok Yang, Noh-Joon Park, Dae-Hee Park  
Wonkwang University, M-Power Co. LTD\*

**Abstract** - In this paper, we measured PD signals from artificial surface defects and corona discharges under laboratory circumstances like the fields using both HFCT-sensor and UHF-sensor for MV grade XLPE cable with AMP, spectrum analyzer and oscilloscope. Also, detected signals were analyzed via PRPDA system in this paper. As a result, in this case of HFCT-sensor, the amount of background noise are larger than as compared to UHF-sensor. There is needed some hardware or software or software algorithm removing background noise effectively for diagnosis the underground power transmission cable in the case of HFCT-sensor.

**1. 서 론**

경제 성장에 따라 전력 수요는 날로 증가되어 기간 전력 시스템은 크게 확장되고, 전력설비 기기는 초고압화, 대용량화되고 있다. 그에 따른 도시미관의 중요성이 부각되면서 전력케이블은 점점 지중화 되어가고 있다. 일반적인 지중 배선 선로(22.9kV)는 중간접속부, 터미널로 구성되어 있으며, 이중 중간접속부는 케이블을 연결하는 중요한 역할을 하는 부분인데, 중간접속부의 사고로 인한 막대한 경제적 손실을 방지하기 위해서 많은 노력이 요구되고 있다[1, 2].

중간접속부에는 다양한 잡음이 발생하는데 우리가 측정하고자 하는 부분방전 신호와 함께 발생한다. 따라서 미소한 부분방전 신호를 측정함에 있어서 노이즈 저감 대책은 매우 중요하다[3].

따라서 본 논문은 케이블 중간접속부의 부분방전의 정확한 검출을 위한 UHF 센서와 HFCT 센서를 적용하여 동일한 결함을 가지고 있는 케이블에서 각각의 센서들의 부분방전 검출 신호 패턴을 비교 분석하였다.

**2. 본 론**

**2.1 실험장치의 구성 및 방법**

계면방전 및 코로나 방전에 의한 PD 신호와 calibration 신호에 의한 PD신호를 검출하기 위하여 그림 1과 같이 선로시험 장치를 구성하였고, 각각의 경우에 모두 UHF 센서와 HFCT 센서를 적용하였다.



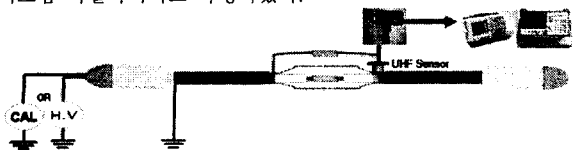
**<그림 1> 실험장치의 구성**

모의 선로는 22.9kV 지중선로와 동일한 케이블을 사용하였다. 모의 선로는 케이블의 중단부와 중간 접속부의 표면에 도전성 불순물 및 스크래치를 가공하여 계면 방전에 발생하도록 하였고, 총 길이를 15[m]로 제작하였다.

**2.2 PD 신호 검출**

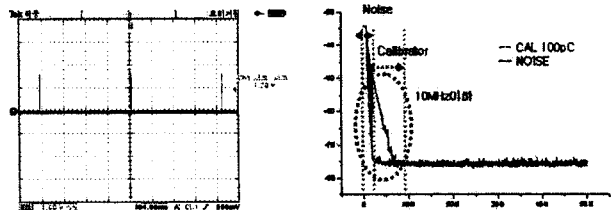
**2.2.1 UHF 센서**

부분방전 신호와 센서의 백그라운드 노이즈 스펙트럼 분석을 위한 calibration 신호 검출 및 계면방전 검출 구성도는 그림 2와 같으며 AMP 및 UHF 센서를 접속재에 부착시키고 계측기와 연결하였다. 또한 케이블에 HV를 인가하고 발생된 코로나를 오실로스코프와 스펙트럼 아날라이저로 측정하였다.



**<그림 2> UHF센서를 적용한 모의 실험로**

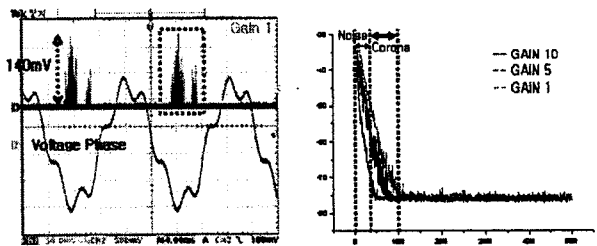
그림 3은 모의선로에 100pC의 calibration 신호를 주입한 후 중간 접속부에서 검출된 신호이며 각각 오실로스코프와 스펙트럼 아날라이저로 측정하였다.



(a) Gain 2; 4ms/div; 1.7Vp-p (b) calibration 신호의 스펙트럼 분석  
**<그림 3> UHF 센서의 calibrator 신호 검출**

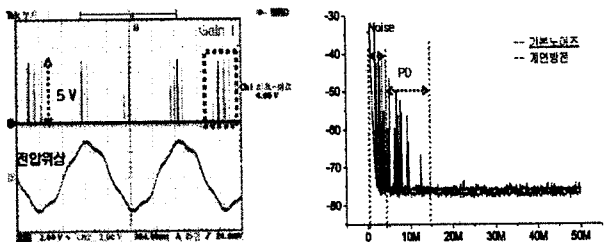
측정결과 10MHz 이하 대역에서 calibration 신호가 나타나고 있으며 센서의 공진 현상은 발생하지 않았다. 또한 AMP Gain을 2로 올리면 출력이 2배로 정확하게 출력됨을 그림 3의 (a)와 같이 확인하였고 AMP Gain을 5 이상으로 올리면 출력이 선형적으로 증가하지 않음을 알 수 있었으며 측정되는 백그라운드 노이즈는 거의 없었다.

주파수 스펙트럼 분석에서 3 ~ 9 MHz 성분을 관찰한 결과, 기본 노이즈 주파수 성분은 0 ~ 3 MHz 범위에 있고 calibrator 주파수 성분의 범위는 0 ~ 9 MHz 이었다.



(a) 4ms/div, 141mVp-p (b) Gain에 따른 코로나 스펙트럼  
**<그림 4> UHF 센서의 코로나 검출 결과**

그림 4에서 신호의 위상이 270° 부근일 때 코로나 패턴이 나타남을 관찰할 수 있었고 S/N비 또한 우수한 특성을 보였으며 calibrator 신호의 검출 테스트에서와 같이 센서의 공진 현상은 없었다. 또한 Gain 5, 10의 출력 차이가 거의 없음을 알 수 있었으며 측정된 백그라운드 노이즈가 거의 없었음을 볼 수 있었다.



(a) 4ms/div, 4.96Vp-p(인가전압 18kV) (b) 계면방전신호의 스펙트럼  
**<그림 5> UHF 센서의 계면방전 검출 결과**

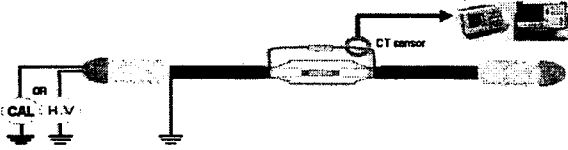
그림 5는 UHF 센서의 계면방전 검출결과로서 위상이 각각 80°와 260° 부근에서 PD패턴이 나타났는데, 계면방전의 크기는 약 5V로서 코로나 방전 크기 140mV 보다 더 높게 나타났다.

주파수 스펙트럼 분석에서 5 ~ 15 MHz 성분을 관찰한 결과, 기본 노이즈 주파수 성분은 0 ~ 5 MHz 범위에 있고 계면 방전 주파수

수 성분의 범위는 5 ~ 15 MHz이었다.

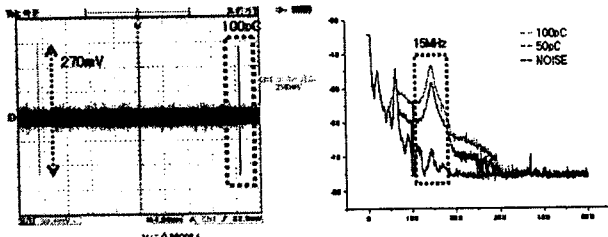
### 2.2.2 HFCT 센서

CT센서는 케이블 중간접속부의 중성선에 설치하여 흐르는 순환 전류의 고주파 신호검출에 용이하다[1]. 그림 6은 HFCT 센서를 실선로에 적용하여 calibration 신호 및 계면방전 검출을 위한 구성도이며 AMP를 사용하지 않고 계측기와 직접연결 하였다.



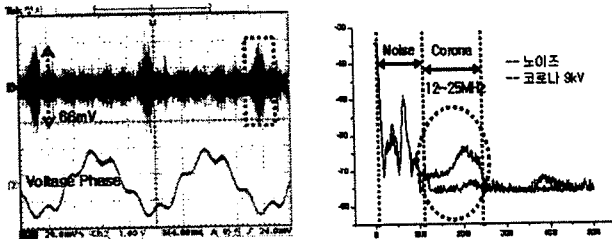
〈그림 6〉 HFCT센서를 적용한 모의 실선로

그림 7은 모의선로에 UHF 센서와 마찬가지로 100pC의 calibration 신호를 주입한 후 오실로 스코프와 스펙트럼 아날라이저로 측정된 결과 값이다.



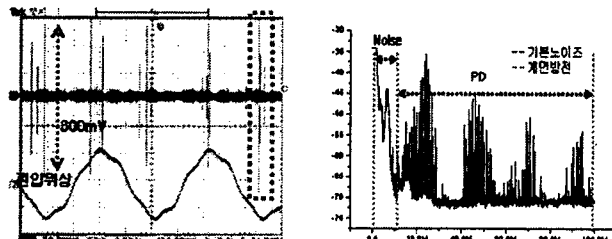
(a) 100pC calibration 신호 (b) calibration의 스펙트럼 분석  
〈그림 7〉 HFCT 센서의 calibrator 신호 검출

측정결과 주입된 calibration 신호에 대해 HFCT센서는 공진주파수가 15 MHz이었고, 30 MHz까지의 calibration 신호 성분이 검출되었으며 측정주파수 대역은 7 ~ 30 MHz이었다. 주파수 스펙트럼 분석결과 백그라운드 노이즈 성분은 0 ~ 18 MHz 대역에 분포하였고 calibrator 주파수성분은 0 ~ 30 MHz 대역에서 검출되었다.



(a) 4ms/div, 66.4mVp-p (b) 코로나 노이즈 스펙트럼  
〈그림 8〉 HFCT센서의 코로나 검출결과

그림 8에서 코로나 패턴은 270° 부근에서 관찰되었고 크기는 약 66mV 이었다. 또한 감도가 타 센서에 비하여 떨어짐을 확인 하였으며 측정되는 백그라운드 노이즈가 많았다. 주파수 스펙트럼은 약 12 ~ 25 MHz대역에서 검출되었다.

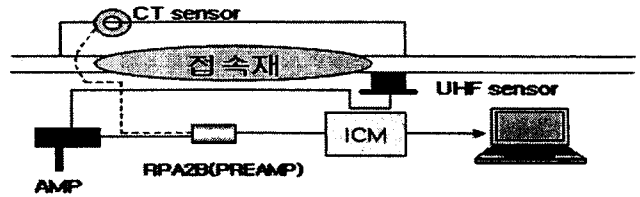


(a) 4ms/div, 300mVp-p (b) 계면방전신호의 스펙트럼  
〈그림 9〉 HFCT센서의 계면방전 검출결과

그림 9는 HFCT센서의 계면방전 검출결과로서, 80° 와 260° 위상에서 PD패턴이 나타났으며 계면방전의 크기가 코로나 방전보다 더 높게 측정되었다. 주파수 스펙트럼 분석 결과 100 MHz 대역까지도 측정됨을 확인하였다.

### 2.3 검출 신호의 PRPD 분석

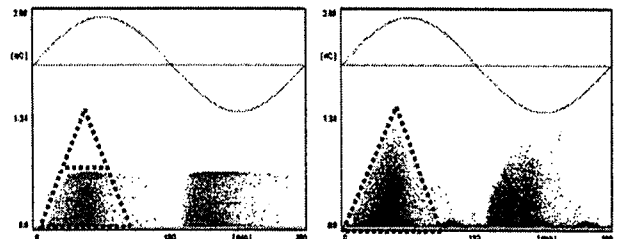
UHF 센서와 HFCT 센서에 대한 PRPDA 패턴 분석을 위한 실험 구성도는 그림 10과 같다.



〈그림 10〉 UHF센서와 HFCT센서의 PRPDA 패턴 분석 시스템

그림 11의 (a)는 계면방전에 대한 UHF 센서의 PRPD 분석을 나타낸 그림이다. UHF센서 경우에 AMP의 최대 출력전압은 약 6V로 계면방전 패턴의 윗부분이 잘려나간 형태로 나타남을 볼 수 있다. 또한 계면방전의 전형적인 PRPDA 패턴은 1, 3사 분면에서 삼각형 형태의 패턴을 나타낸다[4, 5].

그림 11의 (b)는 HFCT센서의 PRPD 분석이며, 역시 1, 3사 분면에 전형적인 방전 패턴이 나타남을 볼 수 있는데, 코로나방전의 경우에는 유입노이즈로 인한 PRPD 분석이 불가능하였다.



(a) UHF 센서(AMP 사용) (b) HFCT 센서(AMP 미사용)  
〈그림 11〉 계면 방전의 PRPDA 패턴

### 3. 결 론

본 논문에서는 MV급 케이블 중간접속부의 PD측정을 위하여 동일한 결합을 가지고 있는 케이블에서 각각 UHF센서와 HFCT센서를 적용하여 PD 신호를 검출하였고 PRPD 분석을 수행하였다.

Calibrator 측정결과 100pC의 동일한 calibration 신호를 주입한 경우에 UHF센서는 0 ~ 9 MHz의 주파수 대역에서 신호가 검출된 반면에 HFCT 센서는 7 ~ 30 MHz 대역에서 검출되었다.

계면방전 측정에서는 UHF센서의 경우에 측정된 PD신호의 주파수 대역은 0~15MHz인 반면에 HFCT센서는 0 ~ 100 MHz 대역에서 PD신호가 검출되었다.

코로나 방전의 PRPD 분석결과 HFCT센서를 사용하는 경우에는 유입 노이즈의 고조파 성분으로 인하여 패턴측정이 불가능하였음을 확인하였다.

따라서 HFCT센서를 적용하기 위해서는 적절한 노이즈 경감대책이 수반 되어야할 것으로 사료된다.[3]

#### 감사의 글

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

#### 〈참 고 문 헌〉

- [1] 이용성, "XLPE 전력케이블의 PD 검출을 위한 LC필터 설계와 적용 시험 연구", 원광대학교 석사 학위 논문, 2005
- [2] E. Lemke, W. Weissenberg, "Experience in PD diagnosis tests of HV cable terminations in service using the ultra-wide band PD probing", 8th International Symposium on High Voltage Engineering, pp.1~4, 2003.
- [3] 권동진, 정길조, 진상범, 박희로, "변압기 부분방전과 노이즈에 의한 초음파 신호 분석", 대한전기학회 논문지, Vol. 51, No. 8, pp.354~360, 2002.
- [4] A. Cavallini, G.C. Montanari, "A New Methodology for the Identification of PD in Electrical Apparatus; Properties and Applications", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 12, No. 2, pp.203~215, 2005.
- [5] A. Cavallini, D. Fabiani, G.C. Montanari, "Applications to cable diagnosis of a new methodology for partial discharge inference", 6th International Conference on Insulated Power Cables(JICABLE 2003), C.8.2.2, pp 659~664, Versailles, France, June, 2003.