

## 22.9kV급 지중전력케이블의 부분방전 측정을 위한 평면루프센서 설계 및 제작 연구

신동훈, 임광진, LWIN Kyawsoe, 박노준\*, 박대희\*  
 원광대학교 대학원 전자재료공학과, 원광대학교 전기전자및정보공학부\*

### A Study on the Design and Fabrication for Partial Discharge Measurement in 22.9kV Underground Power Cable using Planar Loop Sensor

Dong-Hoon Shin, Kwang-Jin Lim, Kyawsoe Lwin, Noh-Joon Park\* and Dae-Hee Park\*

Dept. of Electronical Material Eng. Wonkwang Univ., Dept. of Electrical Electronic and Information Eng. Wonkwang Univ.\*

**Abstract :** The objective of this paper is to effectively detect partial discharges in underground power cables. In this field, we have been usually applied several sensors for such partial discharges. This study used a type of beyond compare antenna based on the influence of background noises. Also, we designed a new structure that is able to easily apply in the adhesion of planar loop types for underground power cables in measurement sensitiveness elevation. A high frequency simulation tool (CST-MWS) was applied to the antenna used in this study, and it was used to evaluate certain characteristics. We fabricated an antenna using the simulation data obtained from a specific test. After checking the sensitivity of this Planar Loop Sensor in the Lab, it was tested in an actual site. This paper analyzed the data as a part of time and frequency domain using an oscilloscope and spectrum analyzer, respectively.

**Key Words :** PD(Partial Discharge), Cable Diagnosis, Planar Loop Sensor, HFCT(High Frequency Current Transformer)

#### 1. 서론

전력산업은 경제의 성장과 더불어 증가하고 있으며, 그에 따른 대용량의 전력송전이 요구되고 대도시를 중심으로 지중화가 진행되고 있다[1]. 지중 전력케이블은 유지보수 및 진단의 중요성을 두고 있으며 일반적으로 부분방전을 측정하기 위해 고주파 부분방전 측정법, 용량성 박-센서 측정법, 안테나 측정 방법 등 크게 3가지로 분류할 수 있다[2, 3]. 일반적으로 지중 전력케이블에서 발생하는 부분방전 주파수 대역은 수 kHz에서 수백 MHz의 넓은 광대역 특성을 지니고 있다[4]. 현재 국내외 측정방법은 10 MHz 전후를 지향하고 있는데, 본 논문에서는 보다 광대역이 범위를 지정하여 부분방전 검출빈도를 높이는데 그 목적을 둘 수 있다. 실험은 광대역 특성을 지닌 안테나센서를 제작하여 적용하였으며, 실제 현장에서 이용되고 있는 HFCT-센서와 비교하여 검출 특성을 확인 하고자 한다.

#### 2. 실험

##### 2.1 평면루프센서의 설계 및 제작

안테나를 설계하는데 있어 중요한 것은 제작하고자 하는 안테나의 검출 이득 및 적절한 주파수 대역의 설정이다.

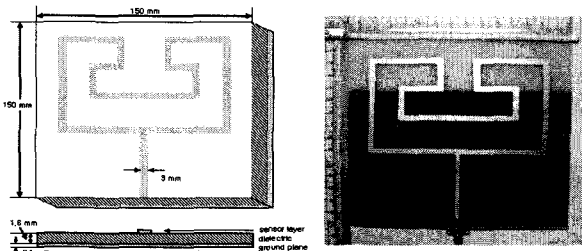


그림 1. 평면루프센서의 규격 및 구조

일반적으로 -10 [dB]이하의 검출특성을 나타낼 경우 안테나로서 동작특성이 양호하다고 판단되며, 주어진 주파수 대역 내에서 검출이득 특성을 나타낼 때 그 특성을 확인 할 수 있다. 평면루프센서 설계를 위해 CST-MWS 프로그램을 이용하였다. 그림 1은 설계된 평면루프 센서의 규격 및 구조를 나타낸 것이다.

##### 2.2 측정 시스템 및 실험 방법

실험은 현장에 포설되어있는 배전선로와 동일한 조건을 갖춘 실험실에서 진행하였으며, 부분방전 신호를 모의하기 위해 최대 100 [pC]의 크기를 인가할 수 있는 캘리브레이터(calibration generator PD-1D)를 이용하여 신호를 인가하였으며 최대 50 [kV]의 고전압을 인가할 수 있는 내전압기(Hipotronix 750-2CTS)를 사용하여 전력케이블의 허용 전력인 22 [kV]를 인가하여 실험을 진행 하였다.

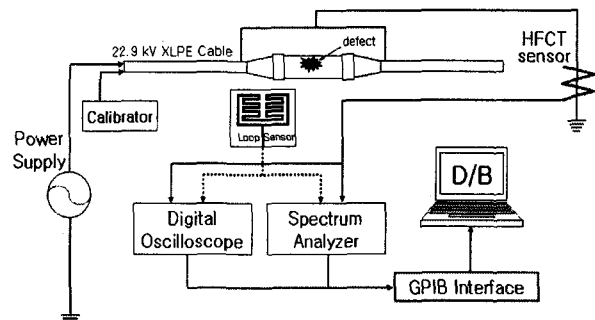


그림 2. 부분방전 측정 시스템

그림 2는 부분방전 측정을 위한 실험 시스템이다. 실제로 중간 접속함 내부에는 결함이 존재하며 20 [kV] 이상의 고압을 인가했을 경우 이상신호가 발생된다. 이상 신

호 발생 시 HFCT센서와 평면루프센서에서 신호를 검출하고 스펙트럼 아날라이저(Agilent N9320A) 및 오실로스코프(Tektronix TDS3032)를 통해 Frequency-domain 과 Time-domain을 각각 분석 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 Frequency-domain 분석결과

그림 3은 HFCT센서와 평면루프센서의 주파수 특성 분석 결과이다.

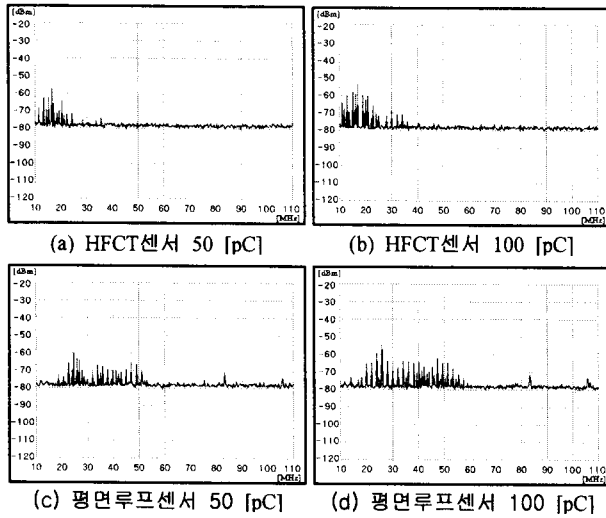


그림 3. 각 센서의 Calibration 주파수특성 결과

그림 3의 (a), (b)를 통해 HFCT센서의 주파수 특성이 10~40 MHz 임을 확인할 수 있었으며, 검출된 신호 레벨은 100 [pC] 주입 시 최대 -55 [dBm] 이었다. 이에 반하여 평면루프센서의 경우 10~60 [MHz]의 광대역특성을 확인 하였으며, 검출된 신호레벨은 HFCT센서와 동일한 -55 [dBm]의 검출 특성을 확인할 수 있었다.

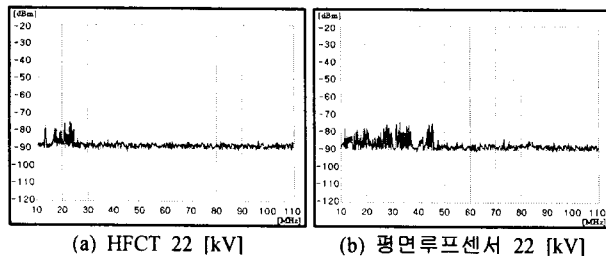


그림 4. HFCT 센서와 PLA 센서의 HV인가 결과

고전압(High Voltage) 인가결과 케이블 접속함 내부에서 부분방전이 발생되었고, 그림 4의 (a), (b)와 같이 PD가 검출되었으며 검출주파수 대역의 차이를 보였다. 새롭게 제안한 평면루프센서가 HFCT센서보다 넓은 주파수 대역 특성을 나타냈으며, 신호특성 또한 우수함을 보였다.

#### 3.2 Time-domain 분석결과

그림 5는 100 [pC]의 캘리브레이션을 인가하였을 때 나타나는 PD-Level을 확인한 결과이다. HFCT센서와 동일한

위상에서 신호가 검출되었으며 검출 횟수 및 신호크기는 평면루프센서가 우수함을 확인 하였다. 또한 그림 6과 같이 실제 22 [kV]의 고전압을 인가 한 후 검출 특성을 비교한 결과 HFCT센서는 0.5 [V]인 반면에 평면루프센서는 1.5~2 [V]의 높은 부분방전 검출특성을 확인할 수 있었다. 중요한 것은 안테나센서가 지니는 고유특성인 노이즈 영향에 대해 우수성을 확인할 수 있었던 실험결과이었다.

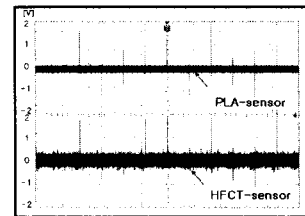


그림 5. 각 센서의 Calibration Test (100 [pC])

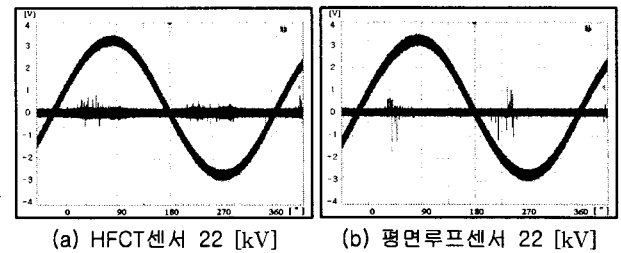


그림 6. 각 센서의 HV 인가 결과

### 4. 결론

본 논문에서는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, Frequency-domain 분석결과, 평면루프센서의 주파수대역이 10~60 [MHz]로 HFCT센서의 주파수 대역인 10~40 [MHz]보다 넓은 특성을 확인하였고,

둘째, Time-domain 분석결과, 평면루프센서가 HFCT센서에 비해 노이즈 영향을 적게 받음을 확인할 하였다.

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성·지원사업(I-2004-0-074-0-00) 및 Post BK21 사업에 의해 작성되었습니다.

### 참고 문헌

- [1] G.C. Montanari, "Insulation Diagnosis of High Voltage Apparatus by Partial Discharge Investigation", IEEE 8th ICPADM, Vol. 1, pp. 1-11, 2006.
- [2] P.Wang and P.L.Lewin, S.J.Sutton, "Calibration of Capacitive Couplers for Online PD Detection in HV Cables", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 21, No. 3, pp. 28-39, 2005.
- [3] Xin Li, Chengrong Li, Wei Wang, Bin Wei, Weijiang Wan "Partial Discharge Measurement in XLPE Cable Joint by Using VHF Sensor", 2004 International Conference on Solid Dielectrics, Vol. 2, pp. 669-671, 2004.
- [4] IEEE Std 400.3TM, "IEEE Guide for Partial Discharge Testing of Shielded Power Cable Systems in a Field Environment", IEEE Power Engineering Society, pp. 16-18, 2006.