

22.9 kV XLPE 전력케이블에서 부분방전 측정을 위한 Planar Patch Sensor 설계 및 제작 연구

임광진, 양상현, LWIN Kyawsoe, 박노준*, 박대회*
원광대학교 대학원 전자재료공학과, 원광대학교 전기전자및정보공학부*

A Study on the Design and Fabrication for Partial Discharge Measurement in 22.9kV XLPE Power Cable using Planar Patch Sensor

Kwang-Jin Lim, Sang-Hyun Yang Kyawsoe Lwin, Noh-Joon Park* and Dae-Hee Park*
Dept. of Electrical 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 XLPE 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 patch types for XLPE 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 Patch 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 Patch Sensor, HFCT(High Frequency Current Transformer)

1. 서 론

XLPE 전력케이블은 사용 중 여러 가지 요인에 의하여 수명을 다하지 못하고 조기 파괴되는 경우가 많다. 국내에서도 지중 케이블의 절연파괴 사고가 빈번하여 최근 사고 원인을 규명을 위한 연구가 진행되고 있다. 케이블을 지중에 매설시 외부 손상이나 지하수에 의한 침식 등에 의해서 결함이 발생한다. 발생한 결함부분에서 절연물의 절연내력이 상대적으로 약해져 그 부분에서 전계 집중으로 인한 부분 방전이 일어나면 이로 인해 열화가 발생 및 진행되어 결국 전로 파괴에 이르게 된다. 이러한 부분방전을 측정하기 위해 고주파 부분방전 측정법, 용량성 박-센서 측정법, 안테나 측정 방법 등 크게 3가지로 분류할 수 있다[1-3]. 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 부분방전 검출빈도를 높이기 위해 보다 광대역이 범위의 Planar Patch Sensor를 설계·제작하였다. 제작된 센서는 모의 결함을 가지고 있는 22.9 kV급 XLPE 전력케이블의 접속부에 적용하였으며 실제 현장에서 이용되고 있는 HFCT와 비교하여 검출 특성을 확인하고자 한다.

2. 실험

2.1 Planar Patch Sensor 설계 및 제작

안테나를 설계하는데 있어 중요한 것은 제작하고자하는

안테나의 검출 이득 및 적절한 주파수 대역의 설정이다.

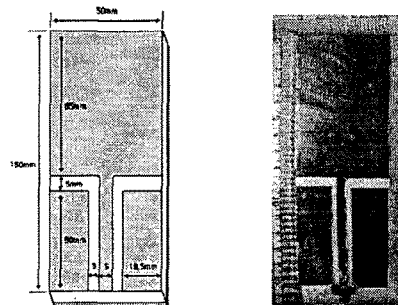


그림 1. Planar Patch Sensor의 규격 및 구조.

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

2.2 측정 시스템 및 실험 방법

그림 1과 같이 실제 Planar Patch Sensor를 제작하였다. 제작된 Planar Patch Sensor의 크기는 가로 5×15cm (가로×세로)이며, 이 센서를 이용하여 22.9 kV XLPE 케이블 접속부에서 부분방전 신호를 측정하였다. 측정 시스템은 그림 2와 같이 구성도를 나타냈으며, 전원공급장치

(Tektronix), 스펙트럼 아날라이저(Agilent, N9320A), Notebook, 오실로스코프(Tektronix TDS3032), Planar Patch Sensor 및 HFCT 센서로 구성하였다. 각각의 센서는 Frequency-domain 과 Time-domain으로 비교 분석 하였다.

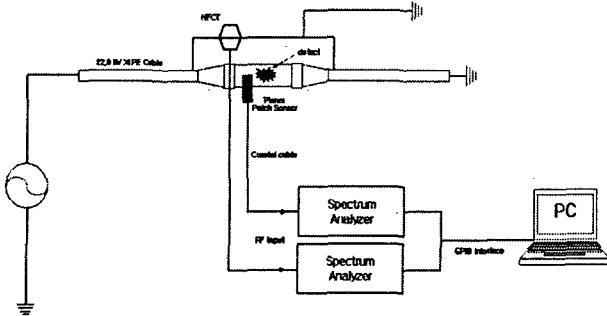
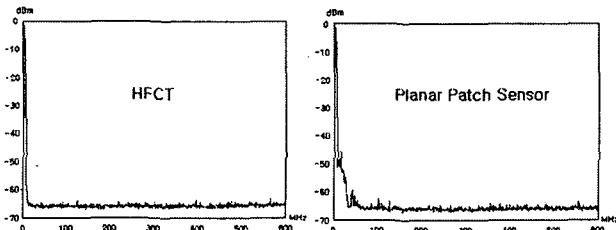


그림 2. 부분방전 측정 시스템

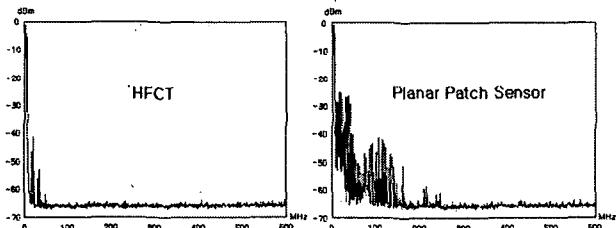
3. 결과 및 고찰

3.1 Frequency-domain 분석결과

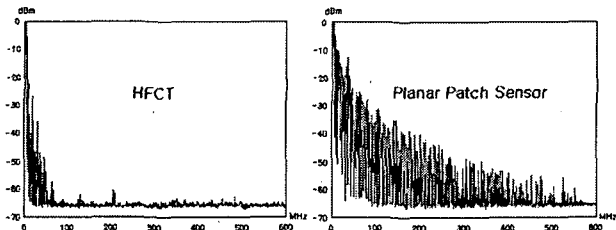
그림 3은 HFCT와 Planar Patch Sensor의 주파수 특성 분석 결과이다.



(a) background noise



(b) 15kV 인가



(c) 20kV 인가

그림 3. 각 센서의 주파수특성 결과

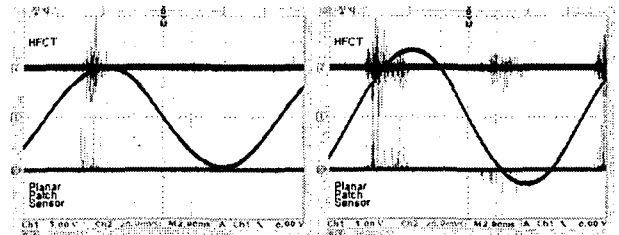
그림 3을 통해 HFCT의 주파수 특성이 10~50 MHz 임을 확인할 수 있었으며, 검출된 신호 크기는 최대 -37[dBm]이었다. 이에 반하여 Planar Patch Sensor의 경우 10~560 [MHz]의 광대역특성을 확인 하였으며, 검출된 신호크기는 -55 [dBm]의 검출 특성을 확인 할 수 있었다.

고전압(High Voltage) 인가결과 케이블 접속함 내부에서

부분방전이 발생되었고, 그림 3의 (b), (c)와 같이 광대역에서 PD가 검출되었으며 검출주파수 대역의 차이를 보였다. 새롭게 제안한 Planar Patch Sensor가 HFCT보다 넓은 주파수 대역 특성을 나타냈으며, 신호특성 또한 우수함을 보였다.

3.2 Time-domain 분석결과

그림 4는 고전압을 인가하였을 때 나타나는 PD-Level을 확인한 결과이다. 그림 4의 (a), (b)는 실제 15 [kV], 20 [kV] 고전압을 인가 한 후 검출 특성을 비교한 결과 HFCT는 0.04 [V]인 반면에 Planar Patch Sensor는 1.8 [V]의 높은 부분방전 검출특성을 확인 할 수 있었다. HFCT와 동일한 위상인 90°, 180°에서 신호가 검출되었으며 신호크기는 Planar Patch Sensor가 우수함을 확인 하였고 노이즈 영향은 Planar Patch Sensor가 좀 더 영향을 받는 것으로 확인되었다.



(a) 15kV 인가

(b) 20kV 인가

그림 4. 각 센서의 위상특성 결과

4. 결론

본 논문에서는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, Frequency-domain 분석결과, Planar Patch Sensor의 주파수대역이 10~560 [MHz]로 HFCT의 주파수 대역인 10 ~ 50 [MHz]보다 넓은 특성을 확인하였고,

둘째, Time-domain 분석결과, Planar Patch Sensor가 HFCT에 보다 신호 검출 더 우수함을 확인하였다. 하지만 Planar Patch Sensor의 노이즈의 영향에 대하여 개선이 필요함이 판단된다.

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] H. Okubo, H. Yamashita, N. Hayakawa, T. Ueda, M. Hikita, "Electromagnetic Spectrum Radiated from Gas Discharges and its Relation to partial-Discharge characteristics", ETEP Vol.7, No1, pp 57-63, January/February 1997.
- [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.