

## 지중 배전케이블 부분방전 위치추정 진단 및 분석

윤지섭\*, 김우빈\*, 윤성호\*, 최 원\*\*, 김정태\*  
 대진대학교\*, 한양대학교\*\*

### The Analysis and Diagnosis on Location of Partial Discharge in Underground Distribution Cable

Ji-Sub Yoon\*, Woo-Bin Kim\*, Sung-Ho Yoon\*, Won-Choi\*\*, Jeong-Tae Kim\*  
 Daejin University\*, Hanyang University\*\*

**Abstract** - In order to analyze and diagnosis on Location of partial discharge in underground distribution cable, partial discharges were measured using electromagnetic sensors, oscilloscope, PDMS system at on-site underground multi-circuit switches. Throughout the analysis using 3-phase simultaneous pulse analysis and pulse polarity comparison of circuits, it is possible to separate noises and PD pulses and to find out the location of the pulses.

#### 1. 서 론

전력 수요가 급증하면서 전력설비 기기의 초고압화, 대용량화가 되어 가고 있으며, 이에 따른 안전의 민감성, 도시 미관의 중요성 등이 부각되면서 전력케이블을 지중화로 만들어 전력을 전송하는 비율이 급증하고 있다. 하지만 전력설비의 노후화로 인한 선로의 교체 시기와 사고로 인한 막대한 경제적 손실을 방지하기 위한 방안이 요구되고 있다.

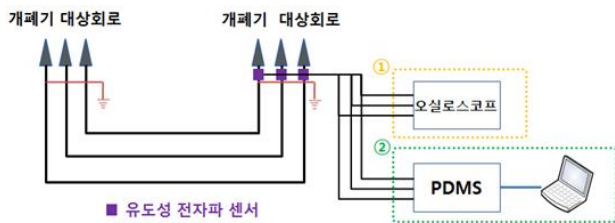
배전케이블의 경우 열화메커니즘에 따라 수트리 진단을 위주로 하는 필 tan delta 진단기법과 부분방전 측정기법인 VLF PD 측정이 있으나, 이들은 사전진단 방법으로 활선 상태에서 열화를 진단할 수 있는 방안일 요구된다. 활선 진단방법으로는 부분방전 측정이 거의 유일하지만, 활선상태의 노이즈 특히 부하 노이즈로 인해 측정이 어려운 문제가 있어, 중단 부하와 고압 설비에서 유발되는 노이즈 제거 및 분류할 수 있는 높은 수준의 기술이 필요하다.

본 논문에서는 지중 배전케이블 현장 진단 및 분석을 하기 위해 지중 개폐기에서 활선상태로 유도성 전자파 센서, 오실로스코프 및 부분방전 진단시스템을 이용하여 측정하였다. 특히 위치추정 기법을 이용하여 노이즈 판단 및 부분방전 발생 위치를 추정하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 현장 부분방전 측정 기법

<그림 1>은 지중 배전케이블의 측정 장치 구성을 나타낸 것으로 각 단말 개폐기와 연결된 접속 엘보 하단에 <그림 2>의 주파수 대역이 10~200MHz인 유도성 전자파 센서를 부착하였다. <그림 3>처럼 현장에서 1GHz, 5GS/s 오실로스코프와 부분방전 진단장비 및 데이터 취득 노트북을 이용하여 부분방전 펄스신호를 검출하였다. 현장 부분방전 측정은 주로 지중 개폐기 간의 선로를 대상으로 측정하였고 극성 분석을 위해 각상의 센서 방향을 동일하게 설치하였다.



<그림 1> 지중케이블 측정 장치 구성



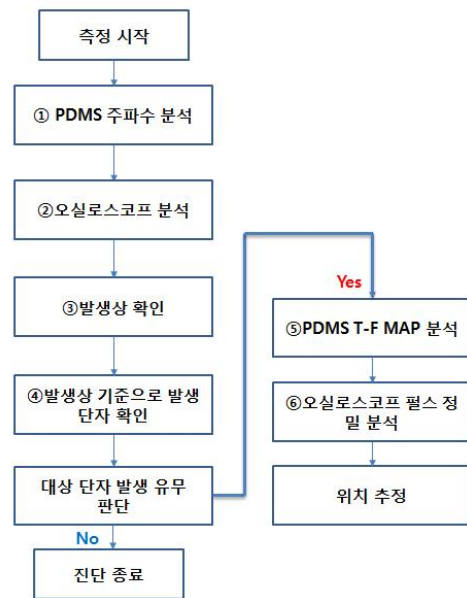
<그림 2> 유도성 전자파 센서



<그림 3> 현장 측정 사진

##### 2.2 부분방전 분석 방법

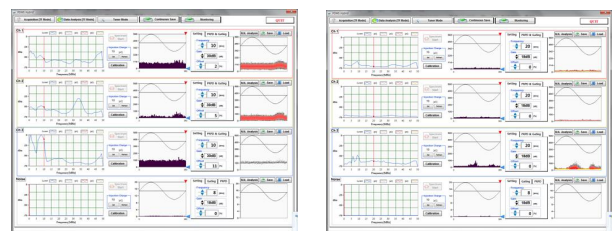
<그림 4>는 부분방전 측정에서 분석까지의 절차를 나타낸 것이다. 처음에 각 상별로 PDMS 진단장비를 이용하여 주파수에 따른 PRPD 분석을 하고 1차 PD 발생 유무를 판단하였다. 그리고 오실로스코프를 이용하여 PDMS 진단장비와 동일하게 PRPD 분석을 하여 비교하였고, 크기가 가장 큰 상을 기준으로 펄스 분석을 하여 3상 동시 펄스 극성 분석을 하였다. 발생상 기준으로 개폐기의 발생 단자 확인을 하기 위해 4 단자 발생상 동시 펄스 극성 분석을 하여 대상 단자 발생 유무를 판단하였다. 판단이 가능할 경우에는 PDMS 진단장비를 이용해 T-F MAP 분석을 하여 다중 결합 발생 유무와 펄스 분석을 수행하였고, 오실로스코프 펄스를 정밀 분석하면서 반사파를 이용한 부분방전 위치추정을 수행하였다.



<그림 4> 지중케이블 부분방전 분석 방법

##### 2.3 측정 결과

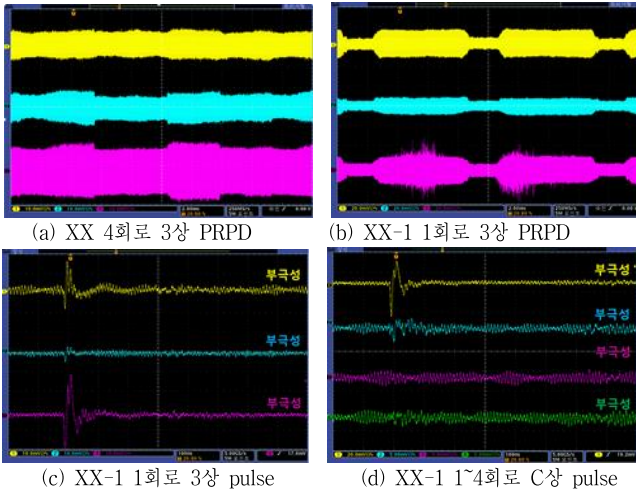
<그림 5>는 PDMS 진단장비를 통해 각 상에서 측정된 데이터를 비교 분석할 수 있도록 나타내는 S/W의 사진으로, 지중 배전케이블 선로 (XX 개폐기 4회로 ~ XX-1 개폐기 1회로) 현장에서의 PDMS 주파수 분석 결과를 나타냈다. 측정 선로의 공장은 92m이며 현장 PDMS 주파수 분석 결과, XX 4회로는 이상 신호가 없었지만 XX-1 1회로에서는 29MHz 주파수 대역에서 C상의 신호가 가장 크게 나타났다.



(a) XX 4회로 측정 (b) XX-1 1회로 측정

<그림 5> PDMS 분석

<그림 6>은 오실로스코프로 측정한 현장 PRPD 및 측정 펄스 신호로, (a)에서 볼 수 있듯이 XX 4회로 3상 PRPD 결과는 아무런 이상이 없고 펄스신호가 나타나지 않았다. 하지만 XX-1 1회로 측정 결과, (b)의 PRPD를 보면 1회로 C상에서 부분방전 신호가 검출되었음을 확인할 수 있다. (c)는 100ns/div로 측정된 결과로 pulse신호가 모두 부극성으로 같은 극성이 나타난 점을 확인할 수 있다. (d)는 XX-1 1~4회로의 각 C상을 측정된 결과로, (c)와 마찬가지로 모두 부극성이 나타났다. 이러한 PDMS 주파수 분석 결과와 오실로스코프 PRPD 및 측정펄스 분석 결과를 통해, XX-1 개폐기 1회로 C상 부근의 엘보 또는 개폐기에서 이상신호가 발생하였음을 판단할 수 있다.



<그림 6> 오실로스코프 이용 PRPD 및 측정 펄스 분석

### 3. 결 론

본 논문에서는 지중 배전케이블 현장 진단 결과를 통해 각 상의 패턴을 비교 분석하고 결합신호원과 부분방전 발생 위치를 추정하였다. PDMS 진단장비를 이용한 주파수 피크 분석에서 C상의 신호가 크게 나타난 것을 확인하였고, 오실로스코프 PRPD와 측정 펄스 분석을 통해 C상 부분방전 신호 유무와 3상 및 1~4회로 동일 극성의 신호를 확인하였다. 이를 통해, XX-1 개폐기 1회로 C상 부근의 엘보 또는 개폐기에서 이상신호가 발생한 것으로 판단하였다. 이러한 지중 배전케이블 현장 진단 결과를 활용한다면 또 다른 부분방전 진단시에 기초 자료로 활용될 수 있다고 생각된다. 하지만 인접 개폐기에 표시된 상 표시가 달라지는 경우가 있어 부분방전 진단에 어려움이 발생할 수 있으므로 개선책이 요구된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] K. Rethmeier, C. Balkon, A. Obralic, W. Kalkner and R. Plath, "PD Localization by Time Domain Reflectometry with PD Decoupling at Joints of High Voltage Cable Systems - Advantages and Limits", 13th International Symposium on High Voltage Engineering, T7-553, The Netherlands, 2003
- [2] C. Herold, T. Leibfried, S. Markalous, I. Quint, "Algorithms for Automated Arrival Time Estimation of Partial Discharge Signals in Power Cables", 15th International Symposium on High Voltage Engineering, T7-332, Slovenia, 2007