

## 직류 고전압(HVDC)에서 부분방전의 측정과 분석 Measurement and Analysis of Partial discharges in HVDC

김민수\*, 김선재\*, 길경석\*<sup>†</sup>, 박대원\*\*

Min-Su Kim\*, Sun-Jae Kim\*, Gyung-Suk Kil\*<sup>†</sup>, Dae-Won Park\*\*

**Abstract** This paper described the measurement and analysis of partial discharges (PDs) in a DC high voltage (HVDC). Two types of electrode systems, a protrusion on conductor and a crack on epoxy plate, were fabricated to simulate the insulation defects. We built a DC high voltage supply which consists of a AC transformer with 220 V/50 kV, a diode of 100 kV, and a HV capacitor of 0.5 uF and 100 kV. PD pulse is detected through a 50 ohm resistor. Waveforms of PD pulse detected in DC were different from those in AC voltage.

**Keywords** : Partial discharges (PDs), DC high voltage (HVDC), Electrode systems, Protrusion on conductor, Crack, Epoxy plate

**초 록** 본 논문에서는 HVDC에서 부분방전의 측정 및 분석에 관하여 기술하였다. 절연결합을 모의하기 위해서 도체돌출 및 크랙의 두 가지 전극계를 설계하였다. 220 V/50 kV의 AC변압기, 100 kV 다이오드, 0.5 uF 고압 캐패시터로 고전압 DC전원공급장치를 제작하였다. PD펄스는 50 Ω으로 검출 하였다. DC에서 검출된 PD펄스 파형은 AC에서와는 다르게 분석되었다.

**주요어** : 부분방전, HVDC, 전극계, 도체 돌출, 크랙, 에폭시 평판

### 1. 서 론

산업발달로 인하여 전력수요가 급증함에 따라 전력수요를 타국가와 연계로 충당하는 방식의 연구가 이루어 지고 있다. 기존의 AC송전은 상용주파수가 다른 국가와 전력망의 연계가 어렵지만 DC계통은 상용주파수가 다른 국가와의 연계가 가능하여 나날이 증가하는 수용전력을 충당할 수 있다. 또한 AC송전보다 DC송전의 절연이 쉬우며 손실이 적은 장점을 가지고 있어 북유럽의 경우 HVDC송전을 하고 있다. 우리나라의 경우 제주도에 전력공급은 케이블을 이용한 송전방식을 사용하고 있다[1~3]. HVDC로 변환하기 위한 컨버터에 관한 연구는 활발히 이루어지고 있으나, 직류 고전압에서 전력설비 절연진단기술이 미흡한 실정으로 많은 연구가 요구된다. 본 논문에서는 HVDC 전력설비의 진단기술을 개발하기 위한 기초연구로써 직류 고전압에서 발생하는 부분방전의 특성을 분석하였다[4,5].

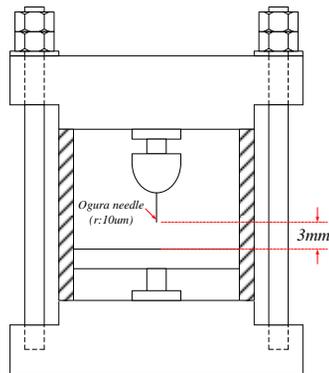
† 교신저자: 한국해양대학교 공과대학 전기전자공학부(kilgs@kmou.ac.kr)

\* 한국해양대학교 공과대학 전기전자공학부

\*\* 한국해양대학교 해양조명·전력IT센터

## 2. 설계 및 제작

본 논문에서는 가스절연방식을 사용하는 전력설비에서 발생될 수 있는 결합 중 도체 돌출과 크랙의 결합을 Fig. 1, 2와 같이 제작하였다. 결합계는 지름 125 mm, 높이 86 mm인 원기둥 형태이며, 전극의 간격은 3 mm, 고전압 인가부는 전계의 집중을 방지하기 위하여 황동재질의 직경이 30 mm인 구의 형태의 전극으로 구성하였다. 침전극의 곡률 반경은 10  $\mu\text{m}$ , 평판전극은 지름 80 mm, 두께 10 mm로 가장자리를 둥글게 제작하여 전계의 집중을 방지 하였다. Crack의 절연체 직경 70 mm, 두께 5 mm이며, 평판전극은 POC와 동일하다. 전극계 내부의  $\text{SF}_6$  압력은 3bar로 유지하였다.

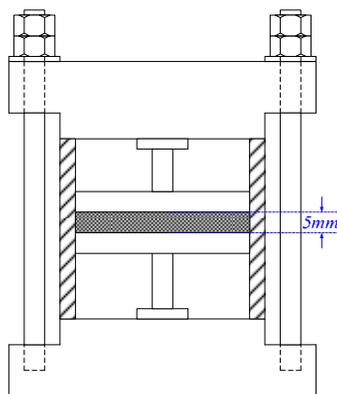


(a) drawing



(b) photograph

Fig. 1 Protrusion on conductor cell



(a) drawing



(b) photograph

Fig. 2 Crack cell

### 3. 실험 및 분석

Fig. 3 과 같이 HVDC 에서 방전을 모의 위하여 실험계를 구성하였다. 220 V/50 kV 의 AC 변압기, 100 kV 다이오드, 0.5  $\mu$ F 캐패시터로 고전압 DC 전원장치를 제작하여 실험을 수행하였다. 또한 외부의 노이즈를 감소시키기 위해 차폐함을 사용하였으며, 인입부에 충분한 절연내력을 확보하기 위하여 Fig. 2 와 같이 고체절연물을 설치하였다. 부분방전 펄스는 정밀저항 (50 $\Omega$ )으로 검출하여 오실로스코프로 측정하였다.

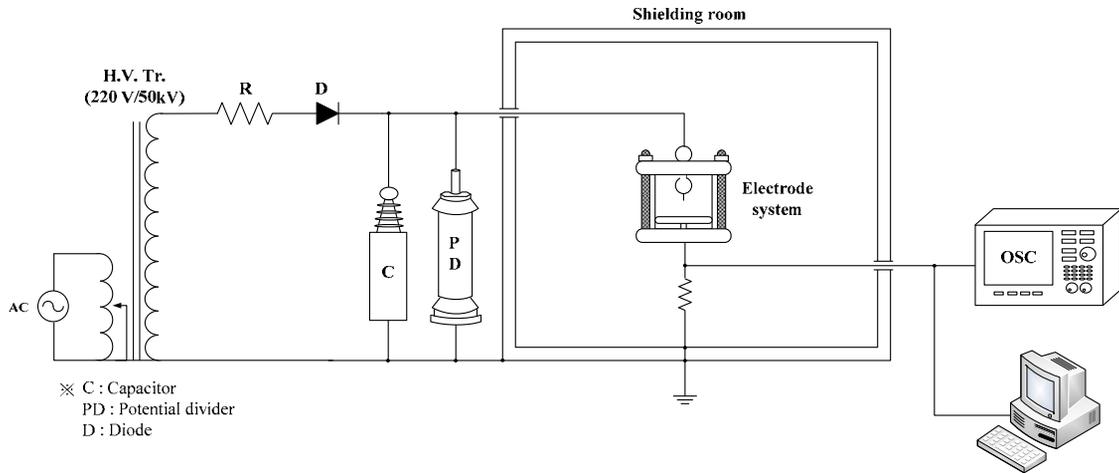
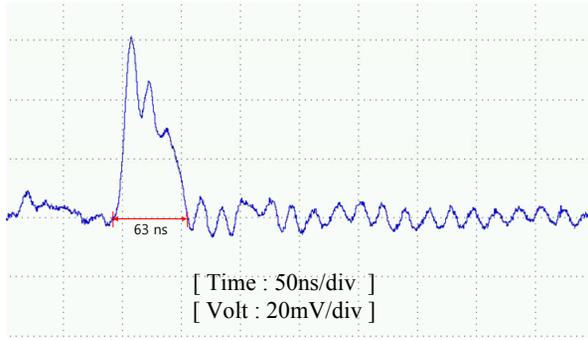


Fig. 3 Experimental set-up

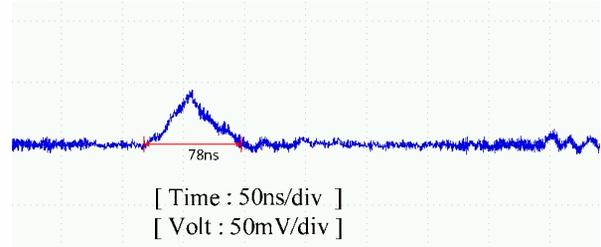


Fig. 4 Solid dielectric

SF<sub>6</sub> 압력 3 bar에서 15 kV까지 전압을 인가하였을 때 측정된 결과를 Fig. 5, 6에 나타내었다. Fig. 5(a)는 DC에서 부분방전 파형에서 폭이 63 ns 이고, (b)는 AC에서 부분방전 파형에서 78 ns 이다. Fig. 6 (a)는 Crack의 부분방전 파형으로 폭이 100 ns로 감쇄진동파 형태이며, (b)에서는 최대방전 전하량이 87 pC인 것을 확인하였다.

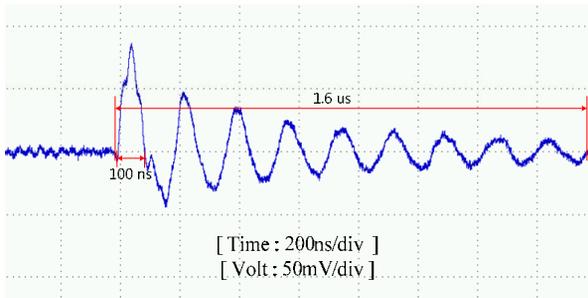


(a) DC

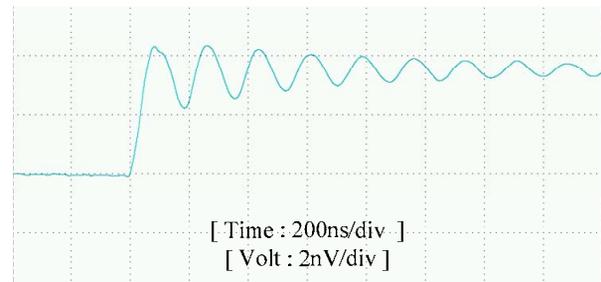


(b) AC

Fig. 5 PD pulse waveform at POC



(a) Waveform



(b) Integration waveform

Fig. 6 PD pulse waveform at Crack

#### 4. 결론

본 논문에서는 가스절연방식을 사용하는 전력설비에서 발생할 수 있는 결함 중 POC와 Crack을 모의 하였으며, SF<sub>6</sub>가스 압력은 3 bar, 인가전압은 15 kV로 동일한 조건에서 부분방전 특성을 분석하였다. 측정결과 AC와 DC에서 비교하였을 때 POC는 AC의 펄스 폭이 15 ns길게 나타났으며 삼각형 형태의 펄스를 확인 하였다. Crack은 전압이 15 kV로 동일 할 때 DC에서는 부분방전이 Fig. 6(a)와 같이 나타났으나, AC에서는 부분방전이 발생하지 않았다. DC에서 POC는 Crack에 비해 폭은 37 ns, 최대방전 전하량은 2배 작은 것을 확인할 수 있었다. 향후 다양한 종류의 결함계를 제작하여 직류 고전압에서 부분방전의 연구가 필요할 것이라 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2012년도 중소기업기술개발지원사업(No.S2074384)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

## 참고문헌

- [1] U. Schichler, M. Kuschel, J. Gorablenkow(2013) PARTIAL DISCHARGE MEASUREMENT ON GAS-INSULATED HVDC EQUIPMENT, *International Symposium on High Voltage Engineering*, pp.2313-2316.
- [2] H. Q. Niu, A. Cavallini, G. C. Montanari(2008) IDENTIFICATION OF PARTIAL DISCHARGE PHENOMENA IN HVDC APPARATUS, *IEEE International Symposium on Electrical Insulation*, pp.373-376.
- [3] Kenta Mamiya, Yoshinobu Murakami, Masayuki Nagao, Naohiro Hozumi, Tatsuki Okamoto(2013) STUDY ON CONDITION FOR SPACE CHARGE MEASUREMENT IN FULL SIZE HVDC CABLES, *International Symposium on High Voltage Engineering*, pp.1065-1068.
- [4] Peter Morshuis, Jens Beyer(1997) Quality assessment of HVDC components by PD analysis, *Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena*, pp.542-545.
- [5] R. Sarathi, G Koperundevi(2008) UHF Technique for Identification of Partial Discharge in a Composite Insulation Under AC and DC voltages, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, Vol 15, pp.1724-1730.