

SF₆ 가스중 결함별 부분방전의 PRPD 분석

PRPD Analysis of Partial Discharges on Defects in SF₆ Gas

조향은*, 길경석*[†], 박대원**, 홍성준***

Hyang-Eun Jo*, Gyung-Suk Kil*[†], Dea-Won Park**, Seong-Jun Hong***

Abstract This paper described the analysis of partial discharge (PD) pattern on insulation defects in SF₆ gas to develop an insulation diagnosis algorithm for Gas Insulated Switchgear (GIS). Protrusion on the conductor (POC), enclosure (POE) and free particle (FP) were fabricated to simulate insulation defects. Phase (ϕ) distribution, magnitude (q) and pulse counts (n) of PD pulse were compared on each defect. PD pulses on POC and POE were distributed in ranges of 40°~130° and 230°~310°, respectively. However, the distribution on FP was in all phase. The positive polarity of PD pulses detected was 98.6% on the POC and the negative one of them was 98.3% at on the POE. The polarity ratio of them on FP was about one. In addition, the peak charge was 12.5pC on POC and POE, 62.5pC on FP. From the experimental results, we could derive a feature of PD pulse on each insulation defects.

Keywords : Partial discharge (PD), Pattern, Insulation defect, Gas Insulated Switchgear (GIS), Diagnosis

초 록 본 논문에서는 가스절연개폐장치 절연진단 알고리즘 개발을 위해 SF₆ 중 결함별 부분방전 패턴을 분석하였다. 결함을 모의하기 위하여 Protrusion on the conductor (POC), Enclosure (POE) 및 Free particle (FP)의 전극계를 설계하고, 각 결함별 부분방전의 위상분포(ϕ), 크기(q) 및 펄스 수(n)를 비교하였다. POC와 POE의 경우 부분방전 펄스가 각각 40°~130°와 230°~310°에서 분포하였으며, FP는 전대역에 걸쳐 나타났다. POC는 정극성에서 98.6%, POE는 부극성에서 98.3%의 부분방전 펄스가 검출되었으나, FP는 양극성에서 비슷한 분포를 나타내었다. 또한, 최대방전량은 POC와 POE에서 12.5pC, FP에서 62.5pC이었다. 측정 결과로부터 절연 결함별 부분방전의 특성을 확인할 수 있었다.

주요어 : 부분방전, 패턴, 절연결함, 가스절연개폐장치, 진단

1. 서 론

전력설비 중 개폐장치는 선로의 분기와 연계로 구성이 복잡한 부하설비에서 계통을 구성, 분리 및 변경을 목적으로 사용되며, 그 중에서도 SF₆ 가스로 충전, 밀폐하여 절연을 유지시

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

* 한국해양대학교 공과대학 전기전자공학부

** 한국해양대학교 해양조명·전력IT센터

*** (주)원방하이테크

키는 가스절연개폐장치(Gas Insulated Switchgear, GIS)가 많이 사용되고 있다[1,2]. SF₆ 가스의 절연내력은 1기압에서 공기의 2.5~3.5배 가량 높은 장점 때문에 소형화가 가능하여 도심지 또는 좁은 지역에 대용량의 전력소비를 요구하고 있는 곳에 사용된다. 하지만 절연열화 등의 고장 발생 시 광범위한 피해를 발생시키며, 사고 복구에 많은 시간이 소요되는 문제가 있다[3]~[5]. 대부분 제작, 조립, 설치 및 운전과정에서 도전성 이물질의 혼입으로 현장시험 과정에서 측정되는 것이 일반적이거나, 측정되지 않을 경우 절연파괴 사고의 주된 원인으로 작용하고 있다. 사고의 주요원인이 되는 부분방전은 절연물 및 결함의 종류에 따라 고유의 방전특성을 가지고 있는 것으로 알려져 있다[6].

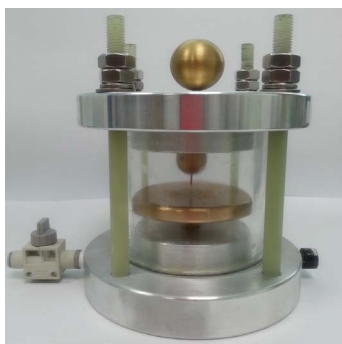
따라서 본 논문에서는 가스절연개폐장치 내부에서 발생 가능한 결함을 모의하고, 각각의 부분방전 위상(ϕ), 크기(q) 및 펄스 수(n)를 분석하였다.

2. 본 론

2.1 실험계의 구성

2.1.1 PD cell

결함을 모의하기 위하여 Fig. 1과 같이 Protrusion on conductor (POC), Protrusion on enclosure (POE) 및 Free particle (FP)의 세 가지 PD cell을 제작하였다. 평판전극은 지름 80mm, 두께 10mm로 가장자리를 둥글게 처리하여 전계의 집중이 발생하지 않도록 하였으며, 곡률반경이 10 μ m인 침전극을 사용하여 돌출부에서만 방전이 발생하도록 구성하였다. POC와 POE에서의 침-평판 전극간격은 3mm이며, FP는 직경 1mm인 알루미늄 볼을 사용하고, 전극간격을 5mm로 설정하였다. 이때 SF₆가스 압력은 5bar이다.



(a) POC



(b) POE



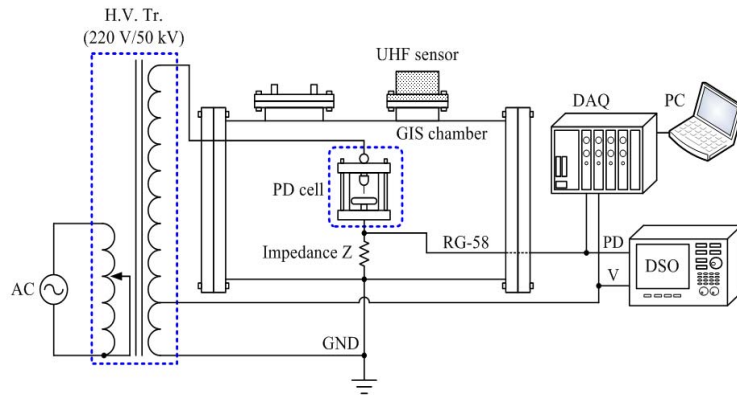
(c) FP

Fig. 1 Photographs of PD cell

2.1.2 측정 시스템

GIS 내부에서 발생하는 PD를 모의하기 위하여 Pilot GIS Chamber를 Fig. 2와 같이 제작하였다. Chamber는 직경 460mm, 길이 1,160mm이며, 외부에 UHF 센서를 부착할 수 있는 구조

이다. Chamber 내부에 PD cell 및 검출센서를 설치하고, 오실로스코프와 DAQ를 이용하여 부분방전 위상분포를 측정하였다.



(a) Block diagram

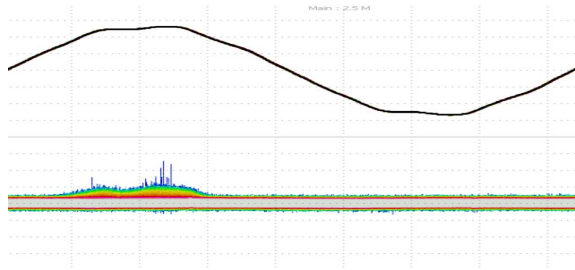


(b) Photograph

Fig. 2 Experimental apparatus

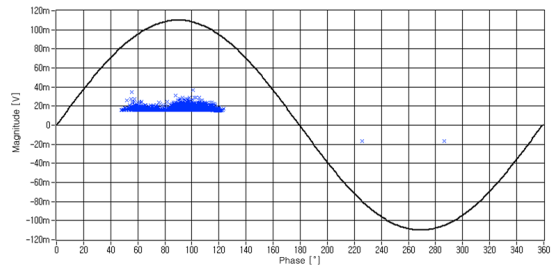
2.2 측정 및 분석

Fig. 3에 측정 결과를 나타내었다. POC에서는 40° ~ 140° 위상에서 부분방전이 분포하였으며, 40° ~ 120° 위상에서 전체 부분방전의 95% 이상이 발생하였다. 이때 측정된 최대 방전 펄스는 약 50mV이며, 전하량은 12.5pC에 해당한다. POE의 경우 부분방전은 220° ~ 320° 에서 분포하였고, 220° ~ 300° 구간에서 90% 이상이 나타났으며, 최대 방전 펄스는 POC와 동일하였다. FP는 전 위상에 걸쳐 부분방전이 분포하였고, 부분방전 펄스는 최대 250mV가 측정되었으며, 이때 전하량은 62.5pC이다. 결함에 따른 부분방전 펄스의 위상분포와 비율을 정리하여 Table 1에 나타내었다.

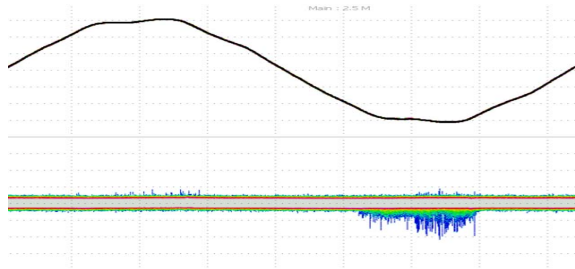


상 : 인가전압 [10kV/div, 2ms/div]
 하 : 부분방전 펄스 [20mV/div, 2ms/div]

(a) POC 17kV

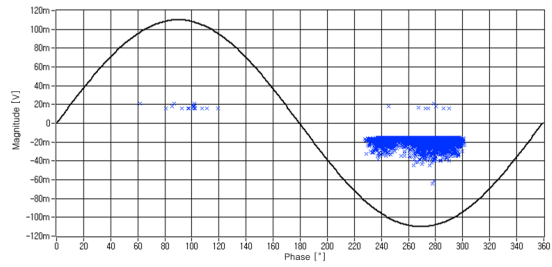


(b) POC 14kV

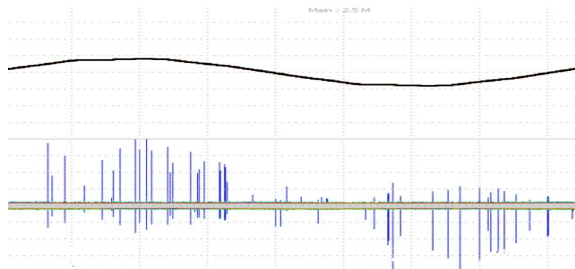


상 : 인가전압 [5kV/div, 2ms/div]
 하 : 부분방전 펄스 [20mV/div, 2ms/div]

(c) POE 11kV

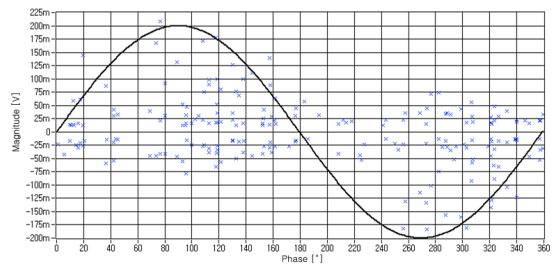


(d) POE 16kV



상 : 인가전압 [20kV/div, 2ms/div]
 하 : 부분방전 펄스 [50mV/div, 2ms/div]

(e) FP 13kV



(f) FP 17kV

Fig. 3 Typical distribution of PD pulses

Table 1 Phase distribution of PD pulses on each electrode system

위상	0~180									180~60								
	0~60			60~120			120~180			180~240			240~300			300~360		
결함	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120	120-140	140-160	160-180	180-200	200-220	220-240	240-260	260-280	280-300	300-320	320-340	340-360
POC																		
POE																		
FP																		

또한 결함별 전체 펄스 수 대비 정극성 및 부극성 펄스 수를 Table 2에 나타내었다. POC와 POE는 각각 정극성과 부극성에서 발생하는 PD가 전체의 95% 이상이었으며, FP의 경우 정, 부극성의 발생 비율이 약 50%로 양극성에서 유사하게 나타났다.

Table 2 Polarity ratio of PD pulse on each electrode system

	$N_p/N_T(\%)$	$N_N/N_T(\%)$
POC	98.64	1.34
POE	1.7	98.3
FP	49.87	50.13

(N_p : 정극성 펄스 수, N_N : 부극성 펄스 수)

3. 결론

본 논문에서는 가스절연개폐장치에서 발생 가능한 Protrusion on conductor, Protrusion on enclosure 및 Free particle 세 가지 결함을 모의하고 각각의 부분방전 위상(ϕ), 크기(q) 및 펄스 수(n)를 비교하였다. POC와 POE는 각각 $40^\circ\sim 140^\circ$ 및 $220^\circ\sim 320^\circ$ 위상에서 부분방전이 발생하였고, 이때 발생한 펄스는 두 결함 모두 최대 약 50mV가 측정 되었으며, 전하량으로는 12.5pC에 해당한다. FP의 경우 전위상에 걸쳐 펄스가 분포하였고, 크기는 최대 250mV로 전하량 65.2pC이다. 또한 전체 펄스 수 대비 정극성 및 부극성 펄스 수를 분석한 결과 POC는 정극성에 98.64%, POE는 부극성에서 98.3%의 비율을 나타냈으며, FP는 양극성에 발생하는 비율이 유사하게 나타났다. 측정 결과로부터 GIS에서 결함 발생시 원인 판별이 가능함을 확인하였다.

후 기

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

참고문헌

- [1] N.H, Malix, A, Al-Asainly, M.I. Qurashi(1997), Electrical Insulation in Power Systems, Dekker, Saudi Arabia, pp. 5-6
- [2] N. Achatz, J. Gorablenkow, U. Schichler, B. Hampton, J. Pearson(2005), Features and benefits of UHF partial discharge monitoring systems for GIS, ISEIM 2005, Japan, pp. 722-755
- [3] Muhannad Al-Suhaily, Sander Meijer, Johan J. Smit, Peter Sibbald, Jos Kanters(2010), Risk estimation for H.V. components in Gas-Insulated Substations, CMD2010, Japan, pp. 551-554
- [4] T. Hoshino, S. Maruyama, T. Sakakibara, S. Ohtsuka, M. Hikita, G. Ueta and S. Okabe, Attenuation Characteristics of Electromagnetic Waves Due to Partial Discharges in a GIS Using Different Types of PD-Detecting Coupler, CMD2010, Japan, pp. 551-554
- [5] R. Ambikairajah, B. T. Phung and J. Ravishankar, MODELLING AND CLASSIFYING PARTIAL DISCHARGE WAVEFORMS, ISH, Korea, pp. 1004-1008
- [6] A. Ovsyannikov, R. Arbuzov, A. Kovalenko, A. Gaivoronsky(2012), ABOUT RELATION BETWEEN REAL AND APPARENT CHARGE OF PARTIAL DISCHARGE, ISH, Korea, pp. 1009-1013