

부분방전에 의한 SF₆가스의 특성변화 Characteristic Changes of SF₆ Gas by Partial Discharge

황성철*, 왕국명*, 길경석*†

Seong Cheol Hwang*, Guoming Wang*, Gyung Suk Kil*†

Abstract The defects existing in the gas-insulated switchgear (GIS) cause insulation breakdown and consequent outage. Various diagnostic techniques have been applied to prevent these accidents. The most widely used method is the diagnostic of partial discharge (PD) that generates from the defects. However, few researches has been carried out to study the characteristic changes of Sulfur Hexafluoride (SF₆) gas, which is the insulation medium of GIS. In this paper, partial discharge was generated and the phase resolved partial discharge (PRPD) and parameters of SF₆ gas were analyzed. The average discharge magnitude, pulse count, gas pressure and density in a specific period were compared with that of the initial state.

Keywords : Gas insulated switchgear, Partial discharge, SF₆ gas, Pressure, Density

초 록 가스절연개폐장치(Gas insulated switchgear, GIS)에서 결함이 발생하면 절연이 파괴되고 대형 정전사고로 이어지므로 이를 예방하기 위한 각종 진단기술이 활용되고 있다. 가장 일반적인 방법은 부분방전(Partial Discharge, PD)을 검출하는 것이지만, GIS의 절연매체인 SF₆가스(Sulfur Hexafluoride Gas) 특성변화에 대한 연구는 이루어지지 않고 있다. 본 논문에서는 부분방전을 발생시키고 PRPD(Phase Resolved Partial Discharge)와 SF₆가스 특성 파라미터를 분석하였다. 방전시간이 지속됨에 따라 초기상태 대비 평균방전크기, 방전 횟수, 압력 및 밀도의 변화를 비교하였다.

주요어 : 가스절연개폐장치, 부분방전, SF₆가스, 압력, 밀도

1. 서 론

산업의 발달에 따라 전력의 수요는 급증하고 있으며 인위적 혹은 환경으로 인하여 발생되는 전력계통의 사고로부터 높은 신뢰도가 요구되고 있다. 대도시 지역에 설치되는 전력설비는 단락 및 지락 방지를 위해 최소한의 절연거리를 유지하며 협소한 공간에서도 정상운전이 가능하도록 소형화가 되고 있는 추세이다. 상기의 조건을 만족하며 높은 절연성능을 겸비한 변전설비로써 SF₆가스(Sulfur Hexafluoride Gas)가 충전된 가스절연개폐장치(Gas insulated switchgear, GIS)가 주로 사용된다[1-3]. GIS의 절연특성은 우수하며 옥내·외 또는 지하에서 밀폐형으로 설치된다. 그러나 초고압의 전력계통으로 갈수록 GIS의 사고가 증대됨에 따라 이상징후를 조기에 발견할 수 있는 기술이 필요하다.

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

* 한국해양대학교 공과대학 전기전자공학과

따라서 본 논문에서는 GIS의 결함을 모의하였고 PRPD(Phase Resolved Partial Discharge) 기법으로 부분방전 및 SF₆가스의 특성변화를 분석하였다. 설정시간 후 SF₆가스의 특성 파라미터로 초기상태 대비 변화값을 비교하였다.

2. 본 론

2.1 실험계의 구성

GIS의 제조, 운송 및 조립과정에서 생성될 수 있는 결함을 모의하였다[4]. Fig. 1과 같이 전극계는 텅스텐-구리합금으로 이루어진 외함돌출(Protrusion on Enclosure, POE) 구조이며 평판에 있는 곡률반경 5 μm의 침전극과 도체와의 간격은 3 mm이다. SF₆가스의 압력 및 밀도 특성을 분석하기 위하여 전극계의 하단부 통로에 가스센서를 설치하였다. SF₆가스는 300 kPa로 충전하였고 센서에 주입되도록 하였다.



Fig. 1 Electrode system and gas sensor

Fig. 2와 같이 실험계를 구성하였다. PD free 220 V/50 kV 변압기로 고전압을 인가하여 전극계에서 부분방전이 발생되도록 하였다. 50 Ω 무유도 저항을 이용하여 펄스를 검출하였고 샘플링속도 5 GS/s 오실로스코프(Digital Storage Oscilloscope, DSO) 및 250 MS/s 데이터수집장치(Data Acquisition, DAQ)로 신호를 수집하였다. 전극계에 연결한 가스센서와 LabVIEW 프로그램은 RS-485로 통신하였고 부분방전 발생시 SF₆가스의 특성 파라미터를 관찰하였다.

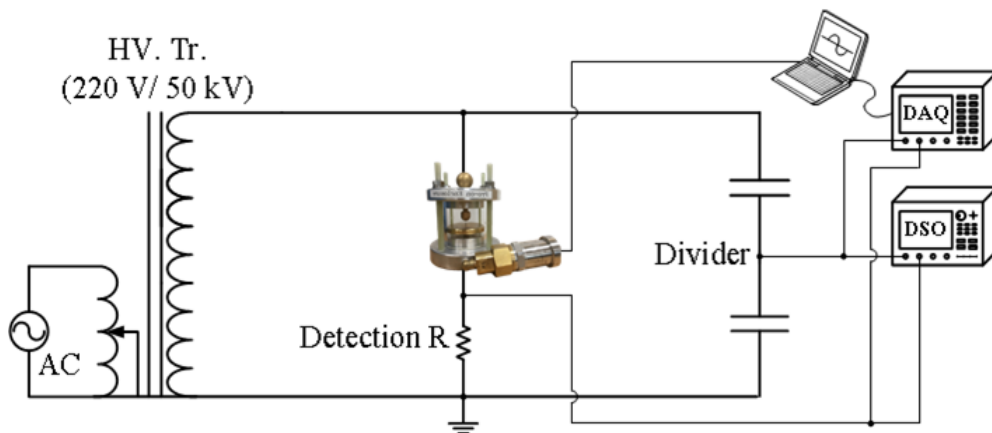


Fig. 2 Configuration of experimental setup

2.2 결과 및 분석

PRPD 기법을 이용하여 POE에서 부분방전이 발생시의 결과값을 비교 분석하였다. Fig. 3에서 방전개시전압(Discharge Inception Voltage, DIV)은 12 kV이며 평균방전크기, 2초동안의 방전발생 횟수 및 위상분포를 확인하였다. 초기상태는 각각 10.56 mV, 44회 및 255° ~ 299°이었고 2시간 후는 각각 10.74 mV, 415회 및 252° ~ 300°로 측정되었다.

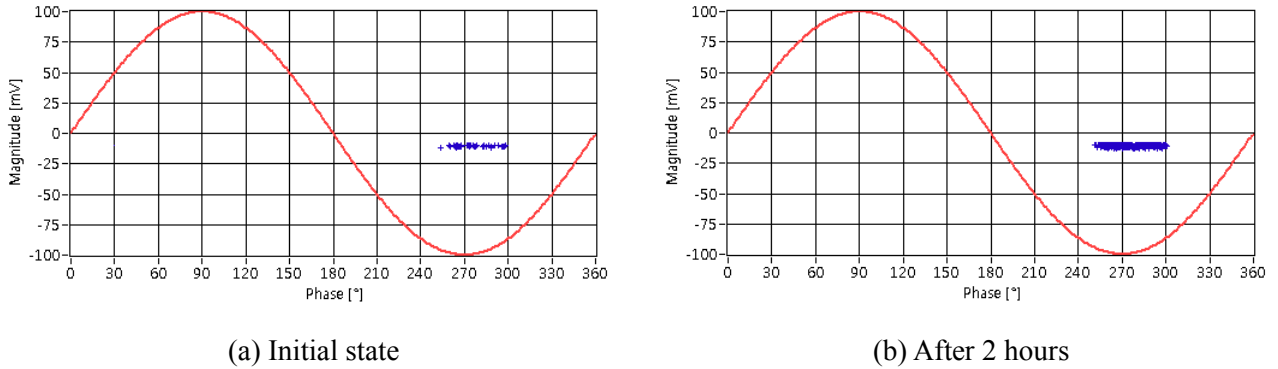


Fig. 3 PRPD pattern

결함으로 공급되는 전류와 리더(Leader)의 진전과정에서 생성되는 방전에너지는 SF₆가스의 가열과 열팽창을 유도하여 가스의 압력(Pressure)과 밀도(Density)를 변화시킨다[5,6]. Fig. 4에서 DIV부터 발생하는 방전에너지로 인하여 압력의 총 증가량은 $\Delta P=0.48$ kPa이었고 밀도의 총 감소량은 $\Delta D=0.02$ g/l로 산출되었다. 방전시간이 지속됨에 따라 SF₆가스의 압력과 밀도는 상이한 양상을 나타내었다.

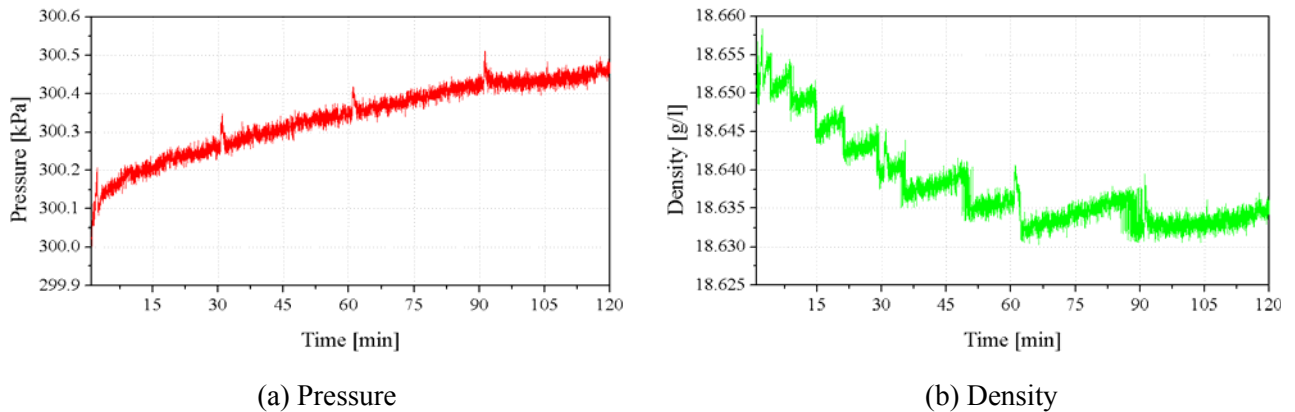


Fig. 4 Characteristic changes of SF₆ gas

3. 결론

본 논문에서는 GIS의 내부결함에서 부분방전 발생과 SF₆가스의 특성을 분석하였다. 평균 방전크기 및 방전 발생횟수는 각각 1.70% 및 8.43배 증가하였고 압력 증가율과 밀도 감소율은 각각 0.16% 및 0.11%로 분석되었다. DIV 12 kV에서 측정시간 동안 SF₆가스의 특성은

미소하게 변화하였지만 방전시간에 따라 변화가 지속될 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] T. Hoshino, H. Koyama, S. Maruyama, M. Hanai (2006) Comparison of sensitivity between UHF method and IEC 60270 for onsite calibration in various GIS, *IEEE Transactions on Power Delivery*, 21(4), pp. 1948-1953.
- [2] Chunjia Gao, Bo Qi, Zhaoliang Xing, Chengrong Li, et al. (2015) Development of a surface charge measurement system for GIS insulator in SF₆, *IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena*, pp. 286-289.
- [3] Dangdang Dai, Xianpei Wang, Yu Zhao, Ying Zhang, et al. (2017) GIS insulation fault diagnosis based on detection of SF₆ decomposition products, *9th International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation*, pp. 60-67.
- [4] H.E. Jo (2016) A Study on the partial discharge characteristics by defect type of GIS in SF₆-N₂ mixture Gases, PhD Thesis, Korea Maritime and Ocean University.
- [5] G.O. Lee (2001) Discharge characteristics of SF₆ - N₂ mixtures under nonuniform electric field, PhD Thesis, INHA University.
- [6] H.S. Ahn, S.C. Cho, J.H. Eom (2007) Fundamental Study on the Maintenance Technology for SF₆ Gas Condition using Pressure and UHF Sensors, *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 21(2), pp. 20-27.