

침-평판 전극계에서 SF₆ 가스 압력에 따른 부분방전 패턴 분석

Analysis of PD Patterns Depending on SF₆ Gas Pressure on a Needle-plane Electrode

김민수*, 정기우*, 길경석*[†], 박대원**

Min-Su Kim*, Gi-Woo Jeong*, Gyung-Suk Kil**[†], Dae-Won Park**

Abstract This paper described the partial discharge (PD) pattern as a function of SF₆ gas pressure on needle-plane electrode system. Electrode system is consisted of a needle electrode with a radius curvature of 10 μm, and a plane electrode with diameter of 80 mm and thickness of 10 mm, and its gap between the needle and the plane electrode is 5 mm. We detect PD pulses by a 50ohm resistor which is located between the electrode system and a ground. Phase distributions of PD pulses were analyzed at 1 bar, 3 bar and 5 bar of SF₆ gas pressure. From the experimental results, PD pulses were appeared in ranges of 48°~128°, 222°~312° at 1 bar, in ranges of 53°~120° at 3 bar and in ranges of 45°~123° at 5 bar, respectively.

Keywords : Needle-plane electrode, SF₆ gas, Pressure, PD pulse, Phase distribution

초 록 본 논문에서는 침-평판 전극계에서 SF₆ 가스 압력에 따른 부분방전 패턴에 대하여 기술하였다. 전극계는 곡률반경이 10 μm인 침 전극과 지름 80 mm, 두께 10 mm인 평판 전극으로 구성되며, 침 전극과 평판 전극의 거리는 3 mm로 제작하였다. 정밀저항을 전극계와 접지선 사이에 삽입하여 부분방전 펄스를 검출하였으며, 1 bar에서부터 5 bar까지 SF₆ 가스를 봉입시키고 각각의 압력에서 120주기 동안 부분방전 펄스의 위상분포를 분석하였다. 실험결과, 1 bar에서는 48° ~128°, 222° ~312° 에 부분방전 펄스가 분포하였으며, 발생횟수는 1,622회로 측정되었다. 3 bar에서는 53° ~120°, 5 bar에서는 45° ~123° 에 분포하였고, 발생횟수는 각각 214회와 123회로 측정되었다.

주요어 : 침-평판 전극, SF₆ 가스, 부분방전 펄스, 위상분포, 발생횟수

1. 서 론

가스절연개폐장치(GIS)는 내부에 차단기, 피뢰기와 같은 각종 장치들이 설치되고 SF₆ 가스로 절연을 유지시키는 전력설비를 말하며, 절연내력이 높은 장점 때문에 대용량의 전력소비가 요구되는 곳에 사용되고 있다 [1,2]. 그러나 사고가 발생할 경우 피해 범위가 광범위하므로 사고의 예방이 필수적이다.

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

* 한국해양대학교 공과대학 전기전자공학부

** 한국해양대학교 해양조명·전력IT센터

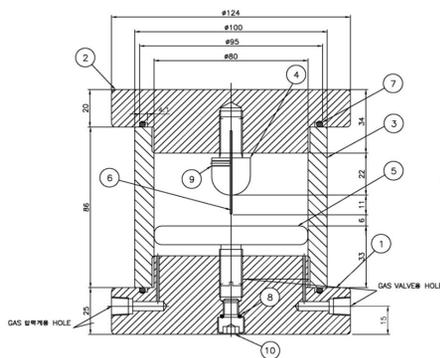
가스절연개폐장치의 사고는 제작, 운반 및 조립 과정에서 생성된 절연 결함에 의해 발생하며, 대부분 장치 내부에서 발생하기 때문에 육안으로 확인하기 어렵다. 이러한 이유로 절연상태의 감시 및 진단에 대한 연구가 국내외적으로 수행되고 있으며, 특히 부분방전(Partial Discharge)의 측정에 의한 방법이 가장 많이 적용되고 있다 [3-6].

그러나 결함구조에 따른 부분방전 특성에 대한 내용이 주류를 이루고 있으며, SF₆ 가스의 압력에 따른 영향에 대해서는 그 연구가 미흡한 실정이다. 따라서, 본 논문에서는 압력에 따른 부분방전 패턴에 대한 기초 자료를 확보하기 위하여, 침-평판 구조를 갖는 전극계에서 SF₆ 가스의 압력에 따른 부분방전 펄스의 위상분포를 분석하였다.

2. 설계 및 제작

2.1 침-평판 전극계

가스절연개폐장치 사고는 접촉 불량, 내부 고체 절연물 결함 및 조립설치 과정중 불충분한 품질관리에 의한 이물질 혼입 등에 기인한다. 대부분은 제작, 조립 및 설치과정에서 도전성 이물질이 혼입될 수 있으며, 이러한 결함 또는 이물질은 GIS의 절연성능을 저하시키므로 초기 검출이 필요하다. 본 논문에서는 GIS 내부의 도체에서 발생할 수 있는 결함을 모의하기 위하여 침-평판 구조의 전극계를 Fig. 1과 같이 제작하였다 [7-10].



(a) Diagram



(b) Photograph

Fig. 1 Needle-plane electrode

상부 전극은 GIS 도체를 모의하기 위해 반구형으로 설계하였으며, 돌출부는 곡률반경 10 μm의 침전극을 사용하여 돌출부에서만 방전이 발생하도록 구성하였다. 평판전극은 지름 8 mm, 두께 10 mm로 가장자리를 둥글게 처리하여 전계의 집중이 발생하지 않도록 하였으며, 침전극과 평판전극의 간극은 3 mm이다. 전극계에는 SF₆ 가스를 봉입할 수 있도록 밸브를 설치하였고 압력계로 내부의 압력을 확인할 수 있도록 하였다.

2.2 부분방전 분석 프로그램

Fig. 2에 설계한 부분방전 분석 프로그램을 나타내었다. 그래픽기반의 프로그램인 LabVIEW W를 사용하였으며, 분석 VI와 표시 VI로 구성된다. 부분방전 펄스는 Peakholder에 의해 검출부로 전송되고, ϕ -q 표시부에 의하여 실시간으로 부분방전 펄스가 누적되도록 하였다.

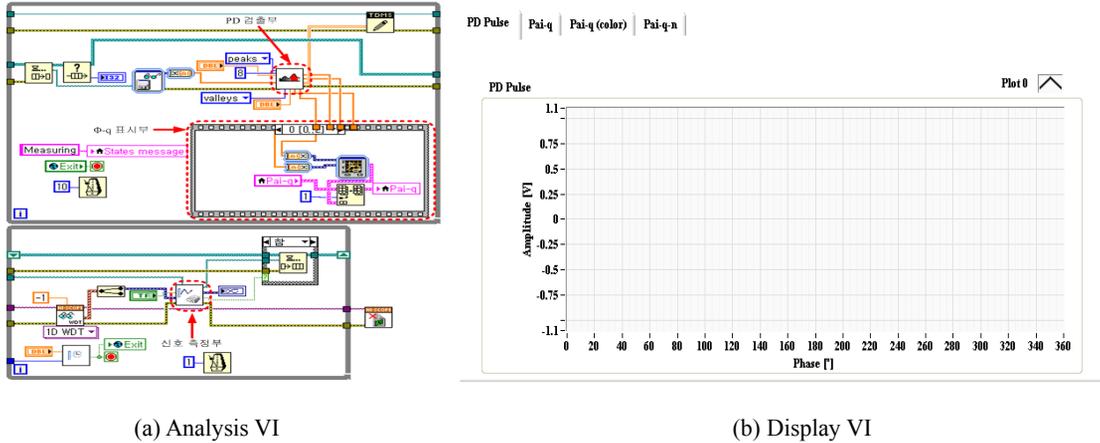
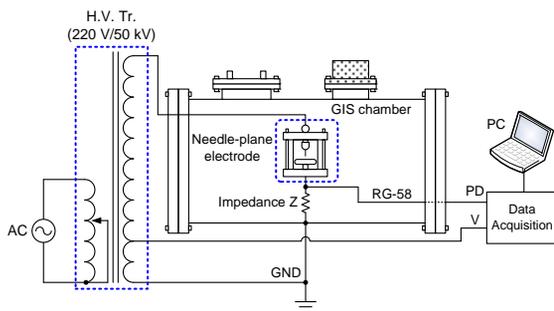


Fig. 2 PD analysis program

3. 실험 및 분석

침-평판 전극계에서 SF₆ 가스 압력에 따른 부분방전 펄스의 위상분포를 분석하기 위하여 Pilot GIS chamber를 이용하여 Fig. 3과 같이 실험계를 구성하였다. 최대 전압 50 kV, 출력전류가 5 mA인 몰드형 고압 변압기를 사용하였으며, 변압기는 절연유 내부에 함침(舍浸)시켜 접속부에서의 코로나 발생을 방지하였다. 변압기 2차측 단자에서 인가전압의 위상을 측정하였으며, 정밀 저항을 침-평판 전극계와 접지선 사이에 설치하여 부분방전 펄스를 측정하였다.

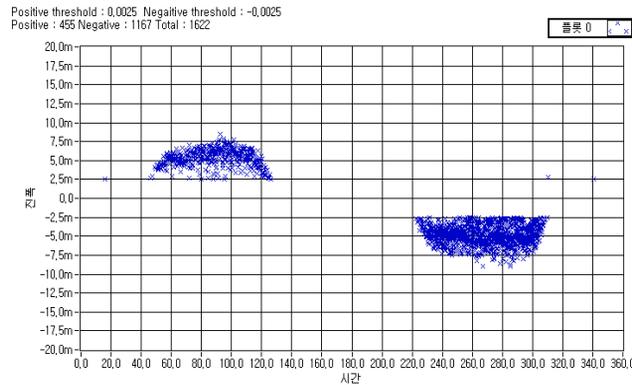


(a) Configuration diagram

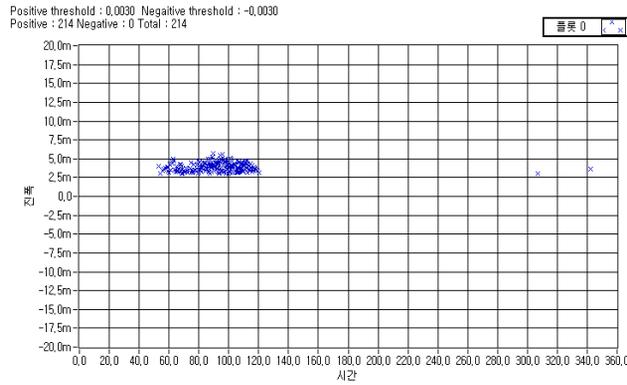
(b) Photograph

Fig. 3 Configuration of the experimental setup

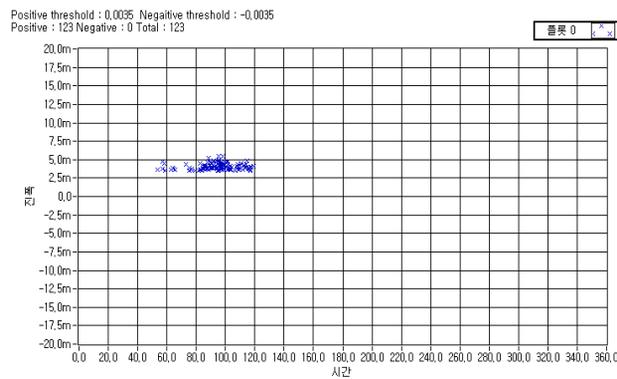
침-평판 전극계를 GIS 챔버에 설치하고, 실험을 수행하였으며, 분석 프로그램을 이용하여 부분방전 펄스의 위상분포를 측정하였다. 압력에 따른 부분방전 패턴을 분석하기 위하여 전극계에 1 bar, 3 bar 및 5 bar의 SF₆ 가스를 봉입하였다. 각각의 압력에서 측정한 PD패턴을 Fig. 4에 나타내었다.



(a) 1 bar (3 kV)



(b) 3 bar (4.5 kV)



(c) 5 bar (6 kV)

Fig. 4 PD patterns as a function of SF₆ gas pressure

1 bar에서는 $48^{\circ} \sim 128^{\circ}$, $222^{\circ} \sim 312^{\circ}$ 에 부분방전 펄스가 분포하였으며, 발생횟수는 1,622 회로 측정되었다. 3 bar에서는 $53^{\circ} \sim 120^{\circ}$, 5 bar에서는 $45^{\circ} \sim 123^{\circ}$ 에 분포하였고, 발생횟수는 각각 214회와 123회로 측정되었다. 압력이 증가함에 따라 방전개시전압이 높아지고, 펄스 발생횟수는 감소하였으며, 위상분포가 변화하는 것을 확인하였다.

4. 결 론

본 논문에서는 GIS의 절연진단에 적용하기 위한 기초 연구로써 SF₆ 가스의 압력에 따른 부분방전 패턴에 대하여 기술하였다. 절연결함을 모의하기 위하여 침-평판 구조의 전극계를 제작하였으며, LabVIEW기반의 부분방전 분석 프로그램을 설계하였다. 침-평판 구조의 전극계에서 SF₆ 가스의 압력을 1 bar, 3 bar 및 5 bar로 변경하면서 부분방전 패턴을 측정하였다. 실험결과, 동일한 구조의 전극계에서 SF₆ 가스의 압력에 따른 부분방전 패턴을 분석한 결과, 1 bar에서는 정극성과 부극성 위상에서 부분방전 펄스가 발생한 반면, 3 bar와 5 bar에서는 정극성 위상에서만 부분방전 펄스가 분포하였다. 따라서, 동일한 전극구조에서도 압력에 따라 다른 부분방전 패턴을 나타내므로 결함을 판정하는데 있어 압력에 대한 파라미터를 정확하게 설정해야 할 것으로 판단된다.

후 기

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

참고문헌

- [1] S. Okabe, T. Yamagiwa and H. Okubo (2008) Detection of Harmful Metallic Particles inside Gas Insulated Switchgear Using UHF Sensor, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 15(3), pp.701-709.
- [2] K. Dreisbusch, K. Weinheim, G. Hans-Gerd A. Schnettler (2008) Determination of a failure probability prognosis based on PD - diagnostics in gis, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 15(6), pp.1707-1714.
- [3] Gyung-Suk Kil, Il-Kwon Kim, Dae-Won Park, Su-Yeon Choi, Chan-Yong Park (2009) Measurements and analysis of the acoustic signals produced by partial discharges in insulation oil, *Current Applied Physics*, 9(2), pp.296-300.
- [4] N. C. Sahoo, M. M. A. Salama and R. Bartnikas (2005), Trends in partial discharge pattern classification: a survey, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 12(2), pp.248-264.

- [5] T. K. Abdel-Galil, R. M. Sharkawy, M. M. Salama, and R. Bartnikas (2005) Partial Discharge Pulse Pattern Recognition Using an Inductive Inference Algorithm, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 12(2), pp.320-327.
- [6] M. S. Naidu, V. Kamaraju (2009) *High voltage engineering*, McGraw-Hill, p.364.
- [7] E. Gulski and A. Krivda (1993) Neural Networks as a Tool for Recognition of Partial Discharges, *IEEE Transactions on Electrical Insulation*, 28(6), pp.984-1001.
- [8] M. M. Salama and R. Bartnikas (2000) Fuzzy Logic Applied to PD Pattern Classification, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 7(1), pp.118-123.
- [9] T. Hoshino, K. Nojima, and M. Hanai (2004) Real-time PD identification in diagnosis of GIS using symmetric and asymmetric UHF sensors, *IEEE Transactions on Power Delivery*, 19(3), pp.1072-1077.
- [10] M. D. Judd, O. Farish, and B. F. Hampton (1996), The Excitation of UHF Signals by Partial Discharges in GIS, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 3(2), pp.213-228.