

교류 인가시 SF₆의 상태변화에 따른 절연파괴특성

(The discharge characteristics for different state under AC of SF₆)

최은혁·윤대희·박광서*·김종환**·이광식

(Eun-Hyuck Choi · Dae-Hee Yoon · Kwang-Seo Park · Jong-Whan Kim · Kwang-Sik Lee)

영남대학교, *경일대학교, **경북교육청

Abstract

In this paper the experiments of insulation characteristics by temperature change of SF₆ gas in model GIS(Gas Insulated Switchgear) were described. From this results, the breakdown voltage was increased with a drop of temperature and an increase of the inner pressure in model GIS.

It is considered that these result are fundamental data for electric insulation design of superconductor and cryogenic application machinery which will be studied and developed in the future.

1. 서론

산업사회의 발달과 더불어 신뢰성 높은 양질의 전기에너지와 운전 및 보수의 간편화, 계통 운용의 신뢰성, 안전성 확보가 요구되고 있다. 이에 따라 절연 특성이 매우 우수한 고압의 SF₆가스를 절연 재료로 사용하는 변전기기의 사용이 증가되고 있는 실정이며, 국·내외에서 건설 및 운용 중이다.

하지만, 현대사회가 첨단과학의 이기를 갈망함에 따라 현재보다 더 많은 전력에너지를 필요함과 동시에 도시의 공간 활용의 효율성 측면에서 전력기기들의 소형화 및 고 신뢰화가 시도되고 있다. 또한, SF₆ 가스 적용 변전기기는 공급범위가 확대되어, 혹한 지역에 설치가 되고 있는 데, 이 경우 온도 저하에 따라 액화현상으로 절연특성의 큰 변화를 가져옴으로서 오동작 현상이 큰 문제점으로 지적되고 있다.

본 연구에서는 챔버 내에 일정 가스량 존재시의 온도와 압력의 변화에 따른 SF₆의 AC 절연특성을 구명함으로써 각종 고온초전도 및 극저온 응용 설비의 절연설계에 기초 자료를 제공하고자 한다. 아울러 온도저하에 따른 상전이 특성도 연구의 대상이다.

2. 실험장치 및 방법

2.1. 실험장치

본 연구에 사용된 실험용 모의 GIS 챔버의 외관

은 그림 1과 같고 이것은 SF₆의 방전 특성을 연구하기 위해 설계·제작한 챔버이다. 최대 인가전압은 150[kV]까지 인가 가능하다. 전원은 AC 300[kV](DY-106, AC 300[kV]/120[mA])을 사용하였다. 실험용 모의 GIS 챔버 내부온도를 관측하기 위하여 온도센서(UNICON, -50[°C]~50[°C])를 실험용 모의 GIS 챔버 내부 중심부에 전극부와 평행하게 전극 중심축과 8[cm] 떨어진 곳에 설치하였다. 실험용 모의 GIS 챔버 내부압력을 측정하기 위해 압력계(WISE, 0~15기압)를 설치하였다. 실험용 모의 GIS 챔버 내부를 진공펌프(SINKU KIKO Co.Ltd, GUD-050A, pumping speed 60ℓ/min)로 5×10⁻⁴[Torr]까지 진공을 유지할 수 있으며, 열 절연을 위하여 챔버 내·외부사이에 진공층을 두었다.

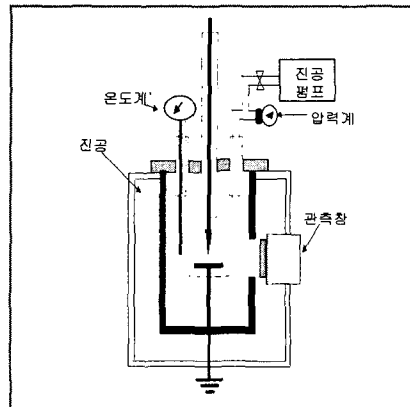


그림 1. 실험용 모의 GIS 챔버

실험용 모의 GIS 챔버 내부에 설치된 온도센서와 전극부를 관측할 수 있는 관측창(직경 110[mm], 두께 20[mm])을 설치하였다. 이 관측창의 재질은 투명 아크릴이며, 원통형으로 제작 설치하였다.

본 연구에 사용한 전극의 재료는 스테인레스 스틸을 사용하였다. 평판전극의 직경은 59[mm]이며, 침전극의 직경은 5[mm]하였으며, 침 침예도를 20°로 제작하였다.

실험용 모의 GIS 챔버의 주요 사양은 압력 변화(2~6[atm])를 위해 안정상 10기압 정도의 가압이 가능하고 압력 유지를 위해 실험용 GIS 챔버 내의 기밀성 유지가 가능하다. 또한 온도변화(50~-50[°C]) 및 유지가 가능하고 높은 절연성을 가진 SF₆ 가스의 절연내력 시험을 위해 150[kV]까지 고압인가를 할 수 있도록 절연설계가 되어있다.

챔버의 내직경은 190[mm]이며, 내깊이는 280[mm]이다.

2.2. 실험방법

사용전극은 침-평판(상부 ; 침, 하부 ; 평판)이며, 갭의 길이는 3[mm]로 하였다.

SF₆을 투입하기전 챔버내를 10⁻⁴[torr]까지 배기시킨후 상온(30°C)하에서 4, 5 및 6[atm]까지 SF₆을 투입후 각 기압에서 온도센서부의 온도를 30~-40[°C]까지 하강시켜갈 때 압력변화와 이에 따른 절연파괴전압(V_B) 특성 및 상전이 현상을 연구하였다. AC전원을 이용하여 절연파괴 전압은 10회 측정하여 평균한 값을 이용하였다.

절연파괴 측정시의 전압은 상승속도 1[kV/s]로 하였다. 부정현상을 없애기 위해 처음 10번 정도 방전시킨 후 절연파괴 전압값을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 2는 일정가스량에서 온도저하에 따른 AC 절연파괴전압을 나타내고 있는 그림이다.

그림과 같이 크게 3개 구간으로 구분할 수 있으며, 구간 I은 4, 5 및 6기압에서 온도의 감소에 따라 압력이 감소하는 구간으로 Paschen's law에 의해 V_B도 감소함을 확인하였다.

구간 II는 드라이아이스와 접촉부인 챔버의 상부로부터 SF₆가 액화되면서 서서히 침전극 주위와 내벽으로부터 액화 SF₆가 타고 내려오는 구간이다. SF₆가 일정압력을 유지하고 있는 가스가 온도

가 저하됨에 따라 액화되어 상대적으로 챔버내에 가스량이 감소하지만, V_B는 구간 I보다 상대적으로 증가한다. 이는 상부로부터 액화된 SF₆가 상부의 침전극을 타고 내려오면서 전극을 도포하게 되면 V_B 상승하게 되고, 침 전극 주위에 에워싸고 있던 액화 SF₆가 떨어지는 순간 V_B는 낮게 나타남에 기인한다. 따라서 액화 SF₆와 SF₆ 가스가 공존하는 영역의 절연특성이라 볼 수 있다.

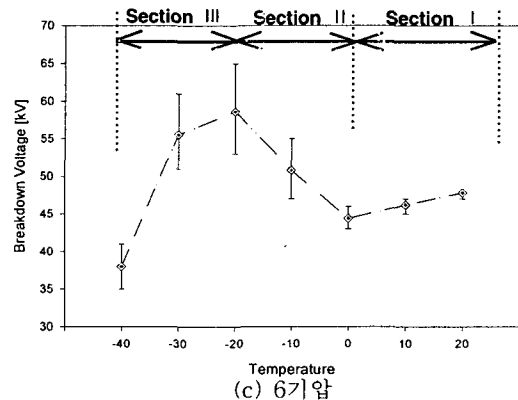
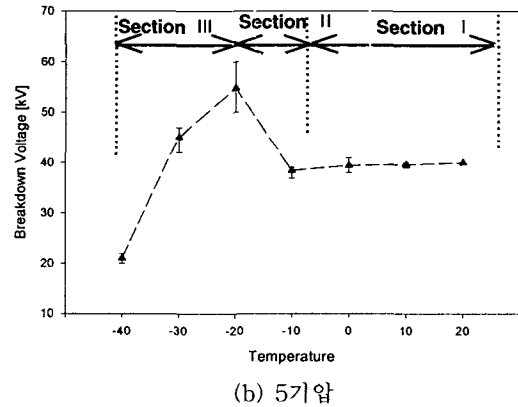
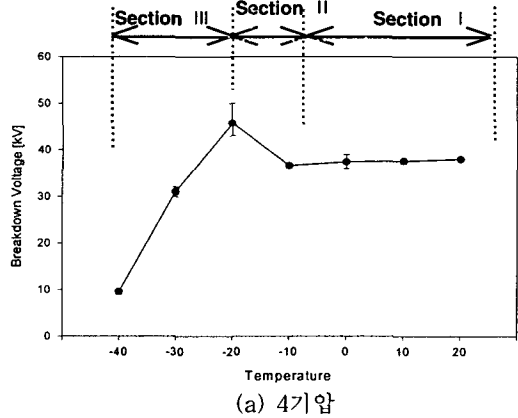


그림 2. 일정가스량 유지시 AC 절연특성

구간 Ⅲ은 일정 압력을 유지하고 있던 SF₆가 모두 액화되어 챔버의 하부에 모이게 되어 전극 주변에는 극소의 SF₆ 가스와 미량의 잔류공기의 혼합체로 채워진 극히 낮은 압력상태가 되어 V_B가 낮아짐을 확인 할 수 있다.

4. 결 론

본 논문은 AC 고전압을 사용하여 SF₆의 상전이 특성, 온도-절연파괴특성 현상을 비교 분석 하였다. 전원의 종류에 관계없이 기체상태에서는 Paschen's law에 의해 온도 감소에 따라 V_B도 감소함을 확인하였다. 각 압력에 따른 SF₆의 액화가 진행되면 액화 SF₆가 침전극을 도포하여 절연파괴 전압은 급격히 상승하고, 침전극을 에워싸고 있던 액화 SF₆가 떨어져 버린 직후 측정된 V_B는 낮게 나타남을 확인하였다.

연구결과를 응용 보완하면 현재 혹은 지역에 설치 혹은 설치될 SF₆ 가스 적용 변전기기에서 온도 저하에 따라 액화현상으로 절연특성의 큰 변화를 가져옴으로서 오동작 문제 해결에 사용이 기대된다.

감사의 글

본 연구는 (재)기초전력연구원(과제번호 ; R-2004-B-203)의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Landry, M. et al. " Dielectric withstand and breaking capacity of SF₆ circuit breakers at low temperatures " Power Delivery, IEEE Transactions on, pp. 1029~1035, July 1988
- [2] Gong Guoli et al, " The influence of SF₆ and SF₆/N₂ dissociating products on the electrical performance of several insulating varnishes ", Electrical Insulating Materials, pp. 495~497, 1995
- [3] T.Ueda et al, " Discrimination of Partial Discharge Electromagnetic Signal in SF₆ Gas from External Noise Using Phase Gate Control Method ", IEEE International Symposium on Electrical Insulation, pp. 117~120, 1996
- [4] 이광식 외 3명, " 대기압하에서 액체질소(LN₂)의 방전특성에 관한 연구 ", 대한전기학회 논문지 Vol 45 No 7, 1996.7.
- [5] C.Beyer et al. " Influence Reactive SF_x Gases on Electrode Surfaces after Electrical Discharge under SF₆ Atmosphere", IEEE Trans, pp. 234~240, 2000
- [6] 주재현, " 액체질소중의 방전형상과 방사전자과의 특성에 관한 연구 ", 영남대학교 대학원 1997.8.
- [7] 이광식, " 액체질소 및 극저온 가스의 방전특성에 관한 연구 ", 한국전력공사, 1993.8.
- [8] 박경태, " 온도변화에 따른 SF₆의 방전 및 방사전자과 특성 ", 영남대학교 대학원, 2002.12.
- [9] 이광식 외 4명, " SF₆ 가스의 온도변화에 따른 절연 특성 "대한전기학회 논문지 Vol 52C No 8, 2003.8
- [10] Frank M. White, " Fluid Mechanics ", McGraw-Hill, 1995.8.
- [11] 이광식 외 4명, "SF₆와 액체 질소의 절연파괴특성과 正氣泡現象", Vol 54C No 8, 2005.8