

인가전원에 따른 SF₆ 가스의 절연특성

(Characteristics of SF₆ Gas for Kinds of Applied Voltage)

윤대희* · 최은혁* · 송현직* · 도영희* · 김종현* · 이광식*
(D.H. Yoon* · E.H. Choi* · H.J. Song* · Y.H. Do* · J.H. Kim* · K.S. Lee*)

*영남대학교

Abstract

산업현장에서 많이 사용되고 있는 전력기기의 이상 발생에는 여러 가지 원인이 있을 수 있다. 어떤 경우든 사고로 진전되면 경제적, 인적 손실이 발생된다. 본 논문은 GIS 및 많은 전력기기에서 사용되고 있는 절연매체인 SF₆의 인가되는 전압의 종류에 따라 저온에서의 절연파괴 특성을 알아보기 위해 모의 GIS 장치에 교류 전압 및 부극성 직류 전압 등 전원의 종류를 달리 하면서 각각의 전원 종류에 대한 SF₆가스의 절연파괴 전압을 측정하였다. 본 연구 결과는 SF₆가스를 절연매체로 이용하는 전력기기를 혹한지역의 전력계통에서 사용할 때 전원의 종류에 따른 절연설계에 중요한 자료가 될 것으로 사료된다.

1. 서 론

전원 및 전력수송설비의 대도시 근교로의 입지가 제한되어 발·변전소용 부지의 효율적 사용 및 환경조화를 위해 설비의 축소화, 밀폐화가 불가피하므로 compact한 초고압·대용량 전력기기의 사용이 확대되고 있다. 이들 기기는 종래의 대기절연 방식을 탈피하여 절연성능이 우수하고 불활성을 갖는 안정한 SF₆ 가스를 절연매체로하여, 활선부를 밀폐하여 외기 및 환경에 영향을 받지 않도록 함으로서 높은 신뢰성을 가지게 되었다. 그 대표적인 전력기기인 가스절연개폐장치(Gas Insulated Switchgear : GIS)는 40여년 전부터 상업화가 시작되어 현재 765kV급까지 광범위하게 사용되고 있다.^[1]

또한 정보산업 등의 발달로 인하여 전력의 수요가 증가하고, 보다 안정적인 전력 공급이 필요하게 되었다. 전력설비의 고장에 따른 전력공급 장애로 인한 사회적인 영향이 크고, 또한 복구에 많은 시간과 경비가 소요된다. 따라서 보다 안정적이고 신뢰도 높은 전력을 공급하기 위해 전력설비 및 기기의 유지와 보수를 통한 전기적 사고를 미연에 방지할 수 있는 진단기술을 필요로 하게 되었고, 이러한 상황에서 GIS를 포함한 전력기기의 안정성 확보를 위한 절연진단 기술이 개발되고 있다.^[2]

그러나, 혹한지역과 열대지역 등과 같은 극한 환경에서 사용되는 GIS 및 전력기기의 절연매체인

SF₆ 가스의 온도변화에 따른 절연특성에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. GIS 사용 현장에서는 SF₆ 가스의 압력 유지만으로 운전의 안전성을 주로 제어하고 있다. 그러나 주위 환경의 온도변화에 의해 가스 압력이 달라지므로 전력기기의 절연특성에 변화가 발생하게 될 것이다.

본 논문에서는 온도변화에 의한 SF₆ 가스압력 변화에 따른 절연특성을 연구하기 위해 모의 GIS 챔버 내에 SF₆ 가스를 5기압으로 주입하고, 교류 전압 및 부극성 직류전압을 인가하여 온도변화에 따른 SF₆의 절연파괴 전압 및 압력변화를 측정하였다. 본 연구는 혹한 지역에서 운용되는 전력설비의 최적 절연설계 및 설비 운용 자료로서 활용될 것으로 기대된다.

2. 실험장치 및 방법

2.1. 실험장치

SF₆ 가스를 절연매체로 사용하는 전력설비가 저온 환경에서 사용되고 있을 때 전력기기의 내부압력 변화 및 인가되는 전압의 종류(교류, 직류)에 따른 절연파괴 특성을 연구하기 위해 그림1과 같이 모의 GIS 챔버를 제작하였다.

챔버는 스테인레스(두께 20[mm])를 사용하여 내·외부 2중으로 제작하였으며, 내부 챔버(직경 :26[cm], 깊이 :47[cm])의 체적은 약25,000[cm³], 외부 챔버(직경 :46[cm], 깊이 :50[cm])의 체적은 약

83,000[cm²]이고, gap 간격은 최대 70[mm]까지 가능하며 10기압에서 내·외부챔버가 안전하도록 설계 제작하였다. 챔버의 양쪽은 챔버 내부에서 발생하는 현상을 관찰하기 위해 투명한 아크릴로 창을 만들었다. 또한, 챔버 내부의 온도를 측정하기 위해 상, 중, 하 3개의 온도센서를 부착하였다.

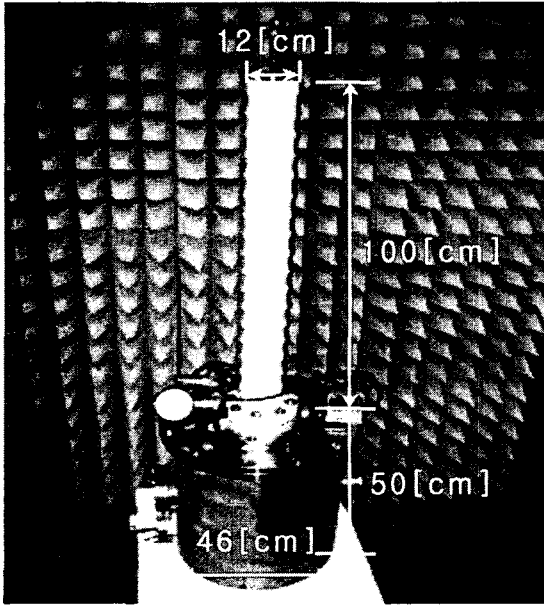


사진1. 모의 GIS 챔버

2.2. 실험방법

사진1과 같은 모의 GIS 챔버 내부를 진공펌프(SINKU KIKO Co.Ltd, GUD-050A, pumping speed 60 l/min)를 이용하여 진공(5×10^{-4} [torr])을 만든 다음 SF₆ 가스 5기압을 주입하였다. 전압원은 교류 고전압 시험기(Input : AC 380V 60Hz, Output: AC 300kV 120mA), 부극성 고전압 측정시스템(Pulse Electronic Eng. Tokyo ; HDV-300KIV-N)을 사용하여 교류 및 직류 전압을 인가하였다.

드라이아이스를 사용하여 온도를 저하시키고, 3개의 온도계를 사용하여 챔버 내부의 온도변화를 측정하고 온도의 저하에 따른 내부 압력의 변화를 관측하여 SF₆의 상전이 특성을 관측하였다.

본 연구에서 사용한 전극은 스테인레스 스틸 재질을 사용하여 침(침단각도 20°)대 평판(직경 59[mm]) 구조로 gap 간격은 3[mm]로 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림1은 전극부의 온도 변화에 따른 압력의 변화를 나타낸 것이다. 온도를 강하시킴에 따라 거의

선형적으로 압력이 저하하고 있지만, -10[°C]~ -20[°C] 사이에서 약간 비선형적인 모양을 나타낸다.

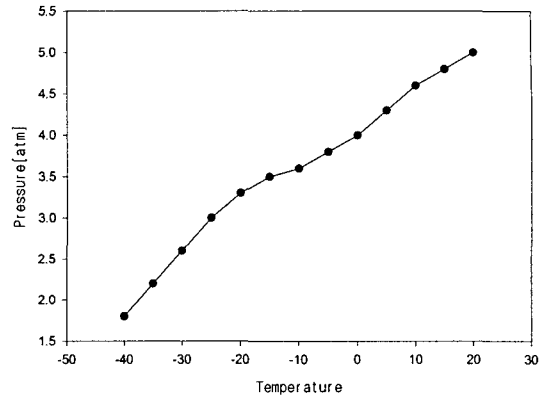


그림1. 온도변화에 따른 압력변화

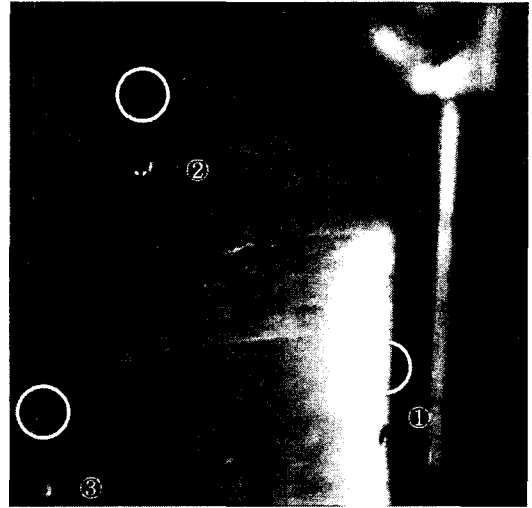


사진2. 액체 SF₆

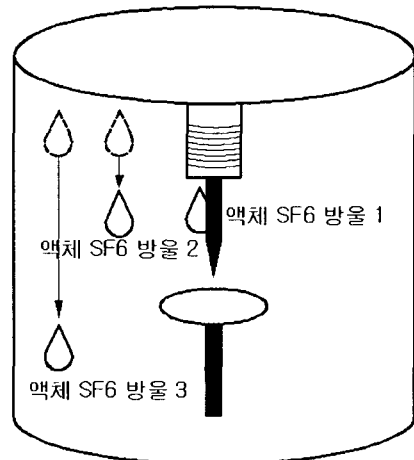


그림2. 액체 SF₆ 낙하

이 온도에서부터 SF₆가스가 액화되어 챔버내부 벽면을 흘러내리고, 상판에 맺힌 액체 SF₆가 떨어지는 것을 육안으로 확인할 수 있었다. 사진2에서 액체 SF₆가 떨어지는 모습을 보여주고 있다.

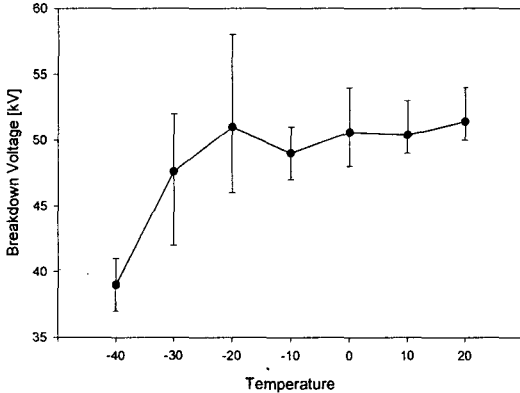


그림3. 온도변화에 따른 교류 절연과피 전압

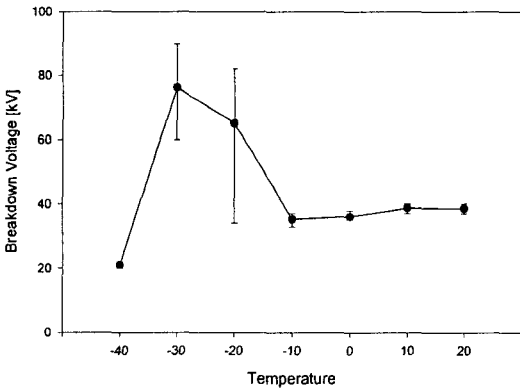


그림4. 온도변화에 따른 직류 절연과피 전압

그림3, 4는 교류 및 직류전압을 인가했을 때 온도 변화(드라이아이스를 이용하여 20°C에서 -40°C로 저하시킴)에 따른 SF₆의 절연과피 전압을 보여주고 있다.

20°C ~ -10°C 영역에서는 온도 감소에 따라 챔버 내부 압력이 서서히 감소하고, 이데 따라 절연과피 전압도 감소하고 있어 Paschen's law가 적용되는 영역이다.

-10°C ~ -30°C 영역에서는 절연과피 전압의 편차가 크게 나타나고 있는데, 그 이유는 이 영역에서 액화가 진행된 SF₆가 침전극 선단을 감싸고 있을 때는 과피전압이 높게 나타나고, 액화 SF₆ 물방울 챔버 바닥으로 떨어지고 난 후에는 SF₆의 액화로 인해 전극 주위에 SF₆ 밀도가 희박하므로 과피전

압이 현저히 낮아지기 때문이다.

-30°C ~ -40°C 영역에서는 거의 모든 SF₆가 액화된 상태이고 전극 주위에는 극히 희박한 SF₆가 존재하기 때문에 절연과피 전압은 급격히 낮아진다.

또한 교류 전압을 인가했을 때가 부극성 직류 전압을 인가했을 때 보다 절연과피 전압이 더 높게 나타났다. 이것은 부극성 직류전압을 인가하면 전계에 의해 전하가 한 방향으로 계속 흐르고, 교류전압을 인가하면 교번되는 전계로 인해 전극사이에 전하가 정체를 가능성이 높고, 정체가 된 전하는 부성기체인 SF₆에 의해 소멸되기 때문이라 생각된다.

3. 결론

본 논문에서는 GIS 내부의 SF₆ 절연가스의 온도가 변화할 때 압력 변화와 전압 인가 방법에 따른 SF₆의 절연과피 전압을 측정하였다. 그 결과 SF₆가 액화가 진행되면 침전극의 선단부를 액체 SF₆가 감싸게 되어 과피전압의 편차가 크게 나타남을 확인하였다.

극성 효과에 의해 교류 과피전압이 부극성 직류 과피전압보다 높게 나타나는 것을 확인했으며, SF₆가 액화 진행되는 동안(-10°C ~ -30°C)에는 액체와 기체가 혼합되어 있어 복잡한 방전현상이 발생하고 있음을 확인하였다. 이 부분은 좀더 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] 電氣學會 超傳導 マグネット 調査 専門 委員會 “超傳導 電力機器의 開發 動向”, 電氣學會 技術報告(II部), 第192号 (昭 60-7)
- [2] H. Okubo, et "Electromagnetic Spectrum Radiated from Gas Discharge and its Relation to Partial-Discharge Characteristics" ETEP Vol.7, No.1. 1997
- [3] 이광석 외 4인, SF₆와 액체 절소의 절연과피특성과 정기포현상, 대한전기학회 논문지, Vol. 54C, No. 8, 2005. 8.
- [4] 최은혁 외 5인, (-)전압 인가시 액체 SF₆의 전극형상에 따른 절연과피특성, 대한전기학회 하계 학술대회 논문집 pp2085~2087, 2005년 7월
- [5] 박경태, “온도변화에 따른 SF₆의 방전 및 방사전자과 특성”, 영남대학교 대학원, 2002. 12.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 (재)기초전력연구원(과제번호 : R-2004-B-203)의 주관으로 수행된 과제임.