

평등/불평등 전계 하에서 제조공기(I-Air)와 SF₆에 대한 압력별 절연파괴특성

(Breakdown Characteristics for Imitation Air and SF₆ with Pressure Variation under Uniform and Non-Uniform Fields)

이장욱, 이장훈, 최은혁, 정승호, 이광식

(Chang-Uk Lee, Chang-Hun Lee, Eun-Hyuck Choi, Seung-Ho Jang, Kwang-Sik Lee)

영남대학교

Abstract

In this paper approves AC high voltage by experimental GIS(Gas Insulated Switchgear) chamber and AC 300[kV] power source to study breakdown characteristics by pressure(P) change and change of electrode distance(d) at AC high voltage of Imitation Air(I-Air, N₂ : O₂ = 79[%] : 21[%]) to alternate SF₆ and achieved research. Gave P change of I-Air to study I-Air's breakdown characteristics using uniform(Sphere-Sphere electrode) and non-uniform fields(Needle-Plane electrode) and studied relations breakdown voltage (V_B) by each P different d.

1. 서론

고기압 SF₆가스를 절연매체로 하는 대표적 전력기기인 가스절연개폐장치(GIS ; Gas Insulated Switchgear)는 높은 절연내력과 밀폐화에 의한 고신뢰화, 보수기간편화, 초소형화, 환경조화 등의 여러 가지 장점을 가지고 있어 22[kV]급부터 800[kV]급에 이르기까지 기간계통 및 도시과밀지역의 중추변전소등의 중요거점에 적용대상이 확대되고 있다.

최근 GIS 개발에 있어 환경에 대한 관심과 규제가 높아지면서, 온실가스에 대한 규제로서 교토의정서가 정식발효됨에 따라(2005.02) 친 환경이라는 새로운 이슈가 핵심으로 떠오르고 있다. 현재 전력기기에 사용되고 있는 SF₆ 가스는 무해하고 화학적으로 극히 안정적이며, 다른 가스들에 비해 월등한 절연성능을 가지고 있을 뿐만 아니라 전류차단의 아크소호 능력까지 탁월하여 지금까지 개발되어 있는 대부분의 GIS 절연/아크소호 매질로 이용되어 왔다. 그러나 SF₆ 가스의 사용량 증대에 따른 환경문제가 부각됨에 따라 대표적인 온실가스의 하나인 SF₆에 대한 규제가 오스트레일리아, 캐나다, 일본 EU 등 여러 국가에서 시행되고 있다. 비록 현재 강제이행국은 아니지만 우리나라 또한 이에 자유로울 수는 없을 뿐만 아니라 향후 강제 이행국으로 될 것이 거의 확실시 되고 있다. 현재 선진국에서는 SF₆

가스의 사용량 감소를 위해 다양한 방식의 대체절연 매질을 이용한 전력기기 연구/개발이 활발히 진행되고 있다.

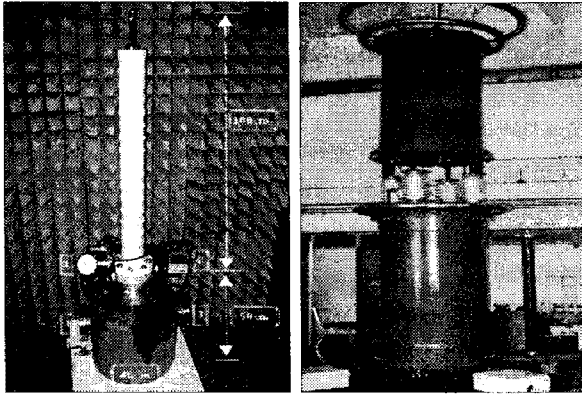
따라서 본 연구에서는 SF₆를 대체할 수 있는 물질로 대두되고 있는 제조공기(I-Air, 순도 99.9% N₂ : 79%, 순도 99.9% O₂ : 21%를 혼합시킨 공기)의 압력을 변화시켰을 때의 절연파괴전압(V_B)을 연구한 것이다.

2. 실험장치 및 방법

2.1. 실험장치

본 연구에 사용된 AC용 모의 GIS 챔버는 스테인레스 사용하여 내·외부 2중층으로 제작하였으며 모의 챔버 내부를 관측할 수 있도록 하기 위하여 투명한 아크릴을 사용하여 양쪽에 관측창(직경 110[mm], 두께 20[mm])을 만들었다. AC용 모의 GIS 챔버의 주요 사양은 압력변화(20~50[N/cm²])를 위하여 안전상 10기압까지 가압이 가능하고 온도변화(-90~100℃) 및 유지가 가능하며, 높은 절연성을 가진 SF₆의 절연내력을 위하여 300[kV]까지 고압인가를 할 수 있도록 절연설계가 되어있다. {그림 1-(a)}

전원은 DY-106 (AC 300[kV]/120[mA])을 사용하였다. {그림 1-(b)}



(a) 모의 GIS 챔버 (b) AC 전원장치

그림 1. 모의 GIS 챔버 & AC 300 [kV] 전원장치
Fig. 1. The Experimental model GIS and AC 300 [kV] Power Supply

실험용 챔버 내부압력을 측정하기 위해 압력계 (WISE, 0~15기압)를 설치하였다. 실험용 챔버 내부를 진공을 시키기 위해서 5×10^{-4} [Torr]까지 진공을 유지할 수 있는 진공펌프(SINKU KIKO Co.Ltd, GVD-050A, pumping speed 60 l/min)를 사용하였다.

본 연구에 사용한 전극의 재료는 스테인리스 스틸로서 전극의 배치는 수직 배치하였으며, 구 전극(직경 41[mm]), 평판 전극(직경 59[mm]) 및 침 전극(직경 [5mm], 침단각도 20°)을 제작하였다. 사용된 전극 형상의 종류는 Sphere-Sphere 전극 (S-S) 및 Needle-Plane 전극 (Needle ; 상부, Plane ; 하부, N-P)을 사용하였다.

	Diameter [mm]		Angle [°]
	41	59	20
Shape			
Kind of electrodes	Plane (P)		Needle (N)
Material	Stainless steel		

표 1. 전극의 모양
Table 1. Shape of electrodes.

2.2. 실험방법

제조공기(I-Air, 순도 99.9% N₂ : 79%, 순도 99.9% O₂ : 21%)를 혼합시킨 공기) 실험을 위해 우선 모의 GIS 챔버 내부를 진공상태(-68[cmHg])로 유지시켰다. (I-Air만의 순수한 성분을 위해서 챔버를 진공 시킬 때, 연결된 호스 내부도 같이 진공을 시킴.)

다음 실험과정으로 20[N/cm²]~40[N/cm²]까지 I-Air

를 투입 후 각 기압에서 전극간거리(d)를 최초 1[mm]를 기준으로 1[mm]씩 최고 12[mm]까지 증가시키고 AC 300[kV] 전원장치로 교류전압을 인가(초당 3.15[kV] 상승)하여 V_B 특성을 연구하였다.

전극의 배치는 수직배치이며, 각 기압에서 d의 변화에 따른 실험이 끝나면 I-Air를 교체 후 실험하였다.

V_B는 5회 측정하여 평균한 값을 이용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 평등 전계하에서 압력별 SF₆와 I-Air의 절연파괴특성

그림 2~4는 평등 전계(S-S 전극)하에서 압력별 SF₆와 I-Air의 d의 변화에 따른 V_B 특성을 나타낸 것이다

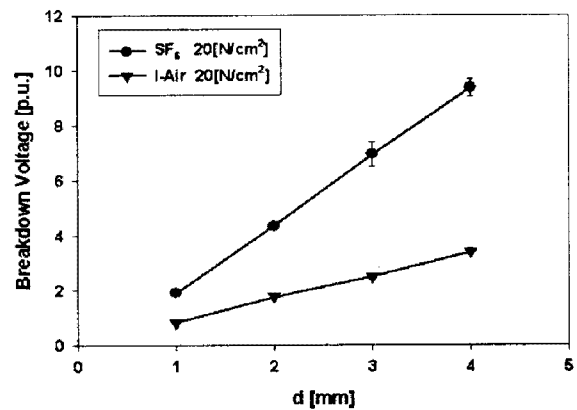


그림 2. 압력 20 [N/cm²] 일 때 SF₆와 I-Air의 d 변화에 따른 절연파괴특성 (Sphere & Sphere Electrode)
Fig. 2. Breakdown Characteristics for SF₆ and I-Air with Gap Variation under the 20 [N/cm²]

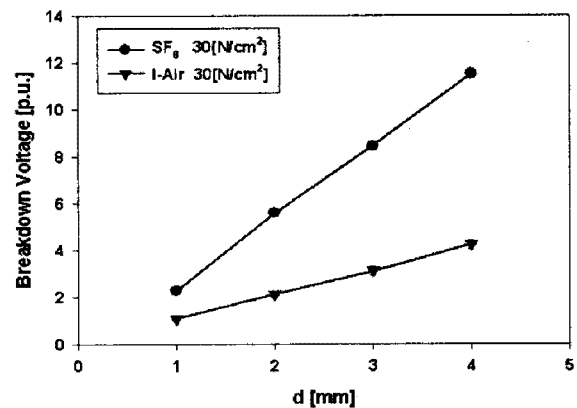


그림 3. 압력 30 [N/cm²] 일 때 SF₆와 I-Air의 d 변화에 따른 절연파괴특성 (Sphere & Sphere Electrode)
Fig. 3. Breakdown Characteristics for SF₆ and I-Air with Gap Variation under the 30 [N/cm²]

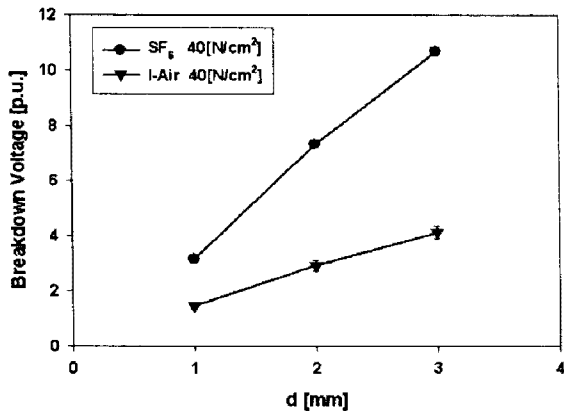


그림 4. 압력 40 [N/cm²] 일 때 SF₆와 I-Air의 d 변화에 따른 절연파괴특성 (Sphere & Sphere Electrode)
Fig. 4. Breakdown Characteristics for SF₆ and I-Air with Gap Variation under the 40 [N/cm²]

그림 2~4에 나타난 바와 같이 같은 압력에서 SF₆와 I-Air의 d가 증가됨에 따라 V_B가 증가된 것으로 나타났다.

압력별 d의 증가에 따른 V_B의 평균 증가 비율은 그림 2와 같이 압력 20[N/cm²]일 때, SF₆ 가스는 약 1.3배 증가하였고 I-Air는 약 1.23배 증가하였다. 그리고 I-Air의 평균 V_B는 SF₆ 가스의 약 37.6% 정도로 나타났다.

그림 3과 같이 압력 30[N/cm²]일 때, SF₆ 가스는 약 1.33배 증가하였고 I-Air는 약 1.19배 증가하였다. 그리고 I-Air의 평균 V_B는 SF₆ 가스의 약 37.9% 정도로 나타났다. 그림 4와 같이 압력 40[N/cm²]일 때, SF₆ 가스는 약 1.26배 증가하였고 I-Air는 약 1.13배 증가하였다. 그리고 I-Air의 평균 V_B는 SF₆ 가스의 약 40% 정도로 나타났다.

3.2. 불평등 전계하에서 압력별 SF₆와 I-Air의 절연파괴특성

그림 5~7에 나타난 바와 같이 같은 압력에서 SF₆와 I-Air의 d가 증가됨에 따라 V_B가 증가된 것으로 나타났다.

그림 5~7은 불평등 전계(N-P 전극)하에서 압력별 SF₆와 I-Air의 d의 변화에 따른 V_B 특성을 나타낸 것이다. 압력별 d의 증가에 따른 V_B의 평균 증가 비율은 그림 5와 같이 압력 20[N/cm²]일 때, SF₆ 가스는 약 1.03배 증가하였고 I-Air는 약 1.03배 증가하였다. 그리고 I-Air의 평균 V_B는 SF₆ 가스의 약 50.1% 정도로 나타났다.

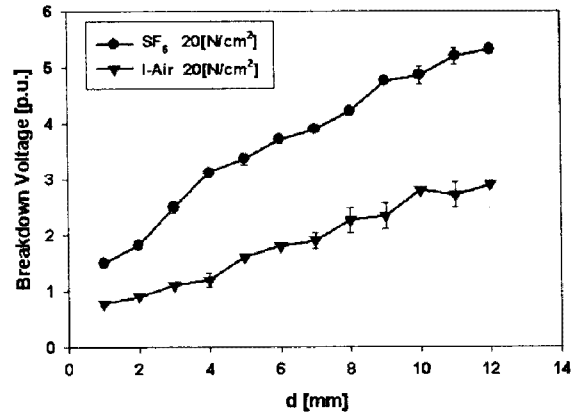


그림 5. 압력 20 [N/cm²] 일 때 SF₆와 I-Air의 d 변화에 따른 절연파괴특성 (Needle & Plane Electrode)
Fig. 5. Breakdown Characteristics for SF₆ and I-Air with Gap Variation under the 20 [N/cm²]

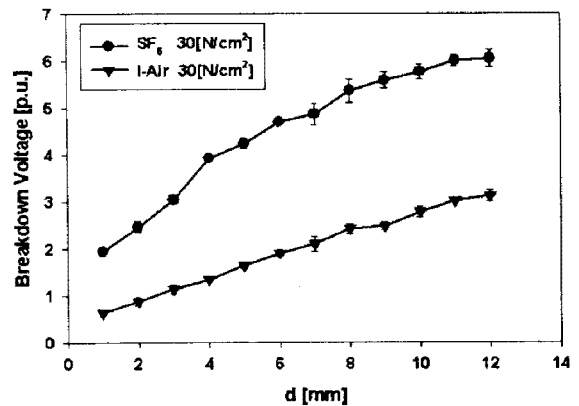


그림 6. 압력 30 [N/cm²] 일 때 SF₆와 I-Air의 d 변화에 따른 절연파괴특성 (Needle & Plane Electrode)
Fig. 6. Breakdown Characteristics for SF₆ and I-Air with Gap Variation under the 30 [N/cm²]

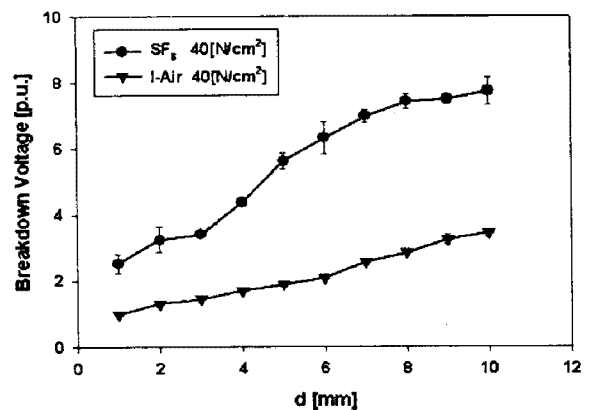


그림 7. 압력 40 [N/cm²] 일 때 SF₆와 I-Air의 d 변화에 따른 절연파괴특성 (Needle & Plane Electrode)
Fig. 7. Breakdown Characteristics for SF₆ and I-Air with Gap Variation under the 40 [N/cm²]

그림 6과 같이 압력 30[N/cm²]일 때, SF₆ 가스는 약 1.02배 증가하였고 I-Air는 약 1.06배 증가하였다. 그리고 I-Air의 평균 V_B는 SF₆ 가스의 약 43.5% 정도로 나타났다. 그림 7과 같이 압력 40[N/cm²]일 때, SF₆ 가스는 약 1.02배 증가하였고 I-Air는 약 1.03배 증가하였다. 그리고 I-Air의 평균 V_B는 SF₆ 가스의 약 38.9% 정도로 나타났다.

4. 결론

본 연구는 제조공기(I-Air)에 관한 절연파괴전압(V_B) 특성으로서 주로 가스압 변화 및 전극간거리(d)에 따른 특성을 연구한 결과의 주요 결론이다.

1) 평등 전계(S-S 전극)하의 압력 변화에 따른 SF₆ 와 I-Air의 V_B를 비교해 보면 I-Air의 V_B가 SF₆ 가스의 V_B에 대한 I-Air의 평균 비율은 압력이 20, 30 및 40[N/cm²]에서 각각 약 37.6%, 37.9% 및 40% 정도로 나타났다.

2) 평등 전계하의 압력별 d의 증가에 따른 V_B의 평균 증가 비율은 압력변화에 따라서 SF₆ 가스는 20[N/cm²] : 약 1.3배, 30[N/cm²] : 약 1.33배, 40[N/cm²] : 약 1.26배로 나타났으며, I-Air는 20[N/cm²] : 약 1.23배, 30[N/cm²] : 약 1.19배, 40[N/cm²] : 약 1.13배로 확인되었다.

3) 불평등 전계(N-P 전극)하의 압력 변화에 따른 SF₆와 I-Air의 V_B를 비교해 보면 I-Air의 V_B가 SF₆ 가스의 V_B에 대한 I-Air의 평균 비율은 압력이 20, 30 및 40[N/cm²]에서 각각 약 50.1%, 43.5% 및 38.9% 정도로 나타났다.

4) 불평등 전계하의 압력별 d의 증가에 따른 V_B의 평균 증가 비율은 압력변화에 따라서 SF₆ 가스는 20[N/cm²] : 약 1.03배, 30[N/cm²] : 약 1.02배, 40[N/cm²] : 약 1.02배로 나타났으며, I-Air는 20[N/cm²] : 약 1.03배, 30[N/cm²] : 약 1.06배, 40[N/cm²] : 약 1.03배로 확인되었다.

참고 문헌

[1] C. Beyer et al, " Influence Reactive SF_x Gases on Electrode Surfaces after Electrical Discharge under SF₆ Atmosphere ", IEEE Trans, pp. 234~240, 2000
 [2] 최은혁 외 5명, " 액체 SF₆중 기포거동과 절연파괴특성에 관한 연구 ", 조명전기설비학회지, 2006.5.
 [3] 이동희, " SF₆ 대체가스 연구동향 ", 대한전기학회 논문지, 2002.7

[4] Sayed A. ward " Optimun SF₆-N₂, SF₆-Air, SF₆-CO₂ Mixtures Based on Particle Contamination", Conf. Record of the IEEE Intern. Symp. on Elect. Insul., Anaheim, CA USA, April 2000
 [5] 이광식 외 4명, " SF₆와 액체 질소의 절연파괴특성과 正氣泡現象 ", Vol 54C No 8, 2005.8.
 [6] 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
 [7] 이광식 외 4명, " SF₆ 가스의 온도변화에 따른 절연특성 ", 대한전기학회 논문지 Vol 52C No 8, 2003.8.