

평등/불평등 전기장의 제조공기(I-Air)에 대한 압력별 절연파괴강도 특성

(Dielectric Strength for Imitation Air with Pressure Variation under Uniform and Non-Uniform Fields)

이창욱, 이창훈, 최은혁, 이상호, 이광식

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

영남대학교

Abstract

In this paper approves (AC and DC) high voltage by experimental GIS(Gas Insulated Switchgear) chamber and (AC and DC) power source to study breakdown characteristics by pressure(P) change and change of electrode distance(d) at (AC and DC) 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 Dielectric Strength using uniform and non-uniform fields(sphere-sphere and Needle-Plane electrode) and studied relations dielectric strength(V_D) by each P different d.

1. 서론

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

그 대표적 전력기기인 가스절연개폐장치(GIS)는 40년 전부터 상업화가 시작된 이래 25.8[kV]급에서 800[kV] 급까지 광범위하게 사용되고 있으나, 방전 시 고독성, 고부식성 화합물 형성이 화합물로부터 공기나 CH₄와 같은 비극성 오염물질 제거의 곤란성, 수증기, 도전성입자 및 도체 표면 거칠기에 대한 파괴전압의 민감성, 저온조건(-50℃ 이하)에서 SF₆가스가 부분적으로 액화되는 경우와 같이 주위 환경에 따라 아주 낮은 온도에서 나타나는 비 이상적인 기체 거동 등이 단점이라 할 수 있다. 또한 현재 초고압 송변전기에 적용되고 있는 SF₆ 가스는 환경에 끼치는 영향이 매우 적은 것으로 인식되어 왔지만, 지구온난화 계수(GWP, Global Warming Potential)가 이산화탄소의 23,900배로 매우 높고 화학적으로도 매우 안정되어 대기 중 수명도 길기 때문에 이에 따라 대기 중에 방출되었을 때 장시간 축적되어 지구 온난화에 끼치는 영향이 위협할 정도까지 될 수 있다. 온난화에 대한 기여도는 온난화 계수와 대기 중의 가스농도의 축적으로 결정되기 때문에, SF₆ 가

스의 대기 중 농도는 매우 적어 현재 지구온난화의 영향력은 CO₂ 가스에 비해서 적은 것으로 보고는 되고 있다. 그러나 SF₆ 가스를 지속적으로 사용하는 경우에는 문제가 가중되므로 배출량 감소, 사용량 저감 등의 방안이 마련되고 있으며, 동시에 SF₆ 가스를 대체할 새로운 절연가스 연구에 관심이 고조되고 있다.

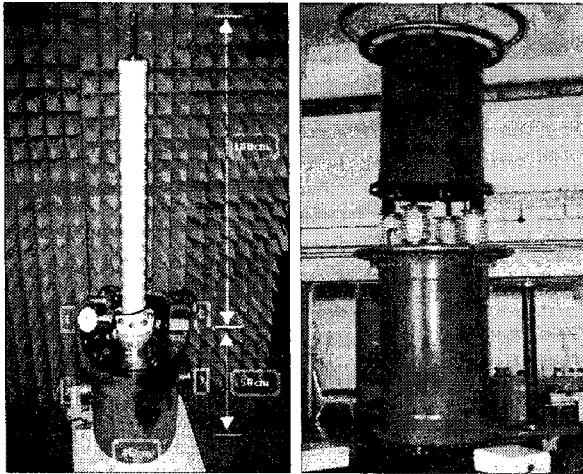
따라서 본 연구에서는 SF₆를 대체할 수 있는 물질로 대두되고 있는 제조공기(I-Air, 순도 99.9% N₂ : 79%, 순도 99.9% O₂ : 21%를 혼합시킨 공기)의 압력을 변화시켰을 때의 절연파괴강도(V_D)을 연구한 것이다.

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)}

AC전원은 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

DC전원은 (Pulse Electronic Eng. Tokyo ; HDV-300 KIV-N 150[kV]/1[mA])을 사용하였다. {그림 2}

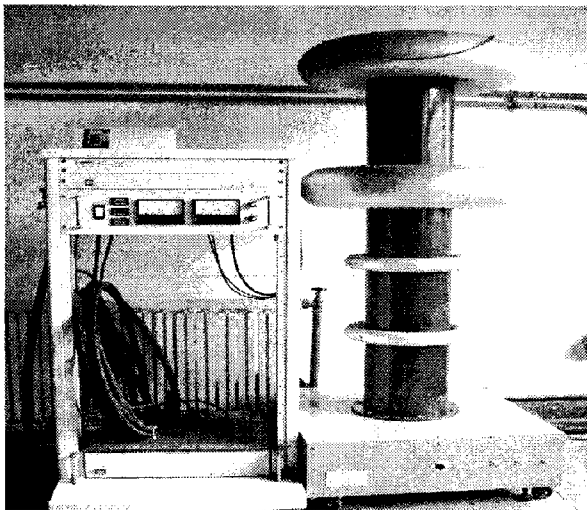


그림 2. DC (-)용 전원장치
Fig. 2. DC (-) Power Supply

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 스틸로써 전극의 배치는 수직 배치하였으며, 구 전극(직경 41[mm]), 평판 전극(직경 59[mm]) 및 침 전극(직경 5[mm], 침단각도 20°)을 제작하였다. 사용된 전극 형상의 종류는 Sphere-Sphere전극 (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)		Needles (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]-50[N/cm²]까지 I-Air를 투입 후 각 기압에서 전극간거리(d)를 최초 1[mm]를 기준으로 1[mm]씩 최고 15[mm]까지 증가시키고 AC 300[kV] 전원장치 및 DC 150[kV]로 교류전압(초당 3.15[kV]상승) 및 직류전압을 인가하여 V_D 특성을 연구하였다.

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

V_D는 5회 측정하여 평균한 값을 이용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. AC 전원 인가시 압력별 I-Air의 절연파괴강도

그림 3~4는 AC 전원 인가시 I-Air 중의 평등/불평등 전계인 S-S 전극 및 N-P 전극으로 형성하여 I-Air 가스 중에서 방전 챔버의 압력을 10[N/cm²]씩 20[N/cm²]-50[N/cm²]까지 변경하면서 d에 따른 V_D를 나타낸 것이다.

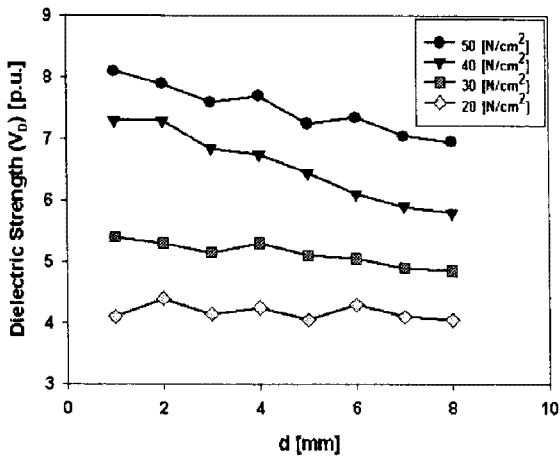


그림 3. AC 전원 인가시 I-Air의 d 변화에 따른 절연파괴강도 (Sphere & Sphere Electrode)
Fig. 3. Dielectric Strength for I-Air with Gap Variation under AC power source.

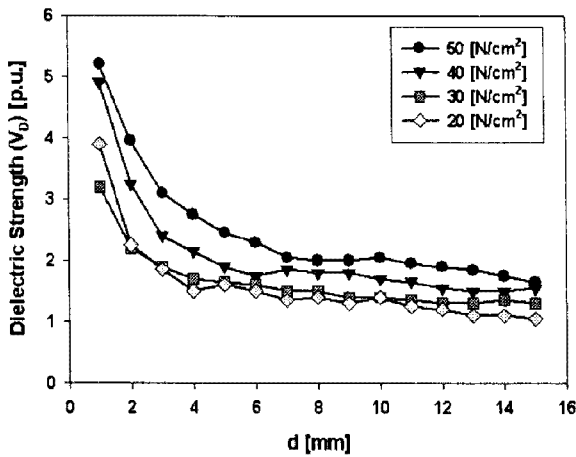


그림 4. AC 전원 인가시 I-Air의 d 변화에 따른 절연파괴강도 (Needle & Plane Electrode)
Fig. 4. Dielectric Strength for I-Air with Gap Variation under AC power source.

그림 3과 같이 평등 전계(S-S 전극)에서 압력 20 [N/cm²] ~ 50 [N/cm²] 까지 I-Air에서 d의 증가에 따른 V_D의 평균 감소비율은 20 [N/cm²] : 약 0.01배, 30 [N/cm²] : 약 0.02배, 40 [N/cm²] : 약 0.16배, 50 [N/cm²] : 약 0.15배로 나타났다.

그림 4와 같이 불평등 전계(N-P 전극)에서 압력 20 [N/cm²] ~ 50 [N/cm²] 까지 I-Air에서 d의 증가에 따른 V_D의 평균 감소비율은 20 [N/cm²] : 약 0.15배, 30 [N/cm²] : 약 0.13배, 40 [N/cm²] : 약 0.14배, 50 [N/cm²] : 약 0.14배로 나타났다.

이와 같이 그림 3과 4에서 알 수 있듯이 AC 전원 인

가시 평등/불평등 전계에서 d의 증가에 따른 V_D의 평균 감소비율은 압력이 높을수록 크지만 평균 V_D는 압력이 높을수록 높다는 것을 확인하였다.

3.2. DC 전원 인가시 압력별 I-Air의 절연파괴강도

그림 3~4는 DC 전원 인가시 I-Air 중의 평등/불평등 전계인 S-S 전극 및 N-P 전극으로 형성하여 I-Air 가스 중에서 방전 챔버의 압력을 10 [N/cm²]씩 20 [N/cm²] ~ 50 [N/cm²]까지 변경하면서 d에 따른 V_D를 나타낸 것이다.

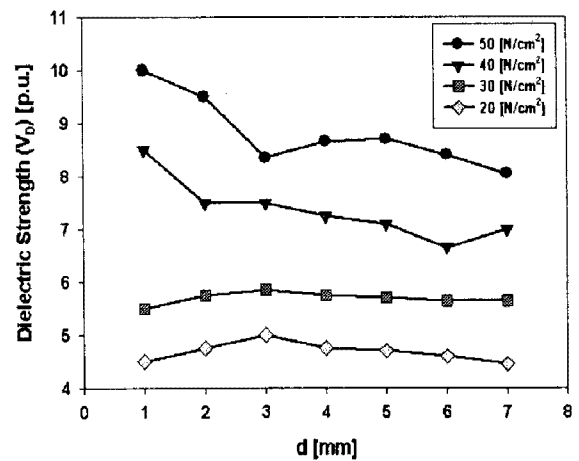


그림 5. DC 전원 인가시 I-Air의 d 변화에 따른 절연파괴강도 (Sphere & Sphere Electrode)
Fig. 5. Dielectric Strength for I-Air with Gap Variation under DC power source.

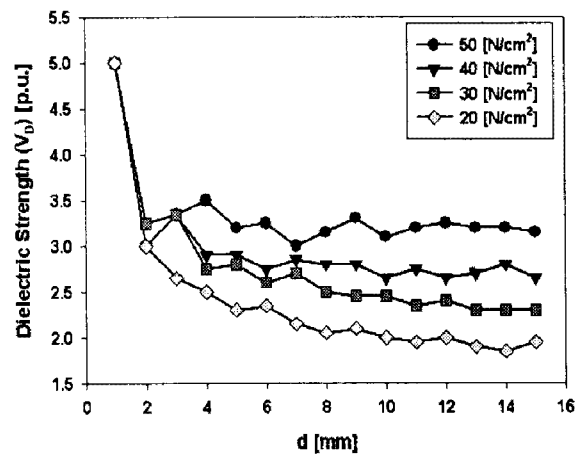


그림 6. DC 전원 인가시 I-Air의 d 변화에 따른 절연파괴강도 (Needle & Plane Electrode)
Fig. 6. Dielectric Strength for I-Air with Gap Variation under DC power source.

그림 5와 같이 평등 전계(S-S 전극)에서 압력 20(N/cm²)~50(N/cm²) 까지 I-Air에서 d의 증가에 따른 V_D의 평균 감소비율은 20(N/cm²) : 약 0.15배, 30(N/cm²) : 약 0.14배, 40(N/cm²) : 약 0.17배, 50(N/cm²) : 약 0.18배로 나타났다.

그림 6과 같이 불평등 전계(N-P 전극)에서 압력 20(N/cm²)~50(N/cm²) 까지 I-Air에서 d의 증가에 따른 V_D의 평균 감소비율은 20(N/cm²) : 약 0.13배, 30(N/cm²) : 약 0.12배, 40(N/cm²) : 약 0.11배, 50(N/cm²) : 약 0.09배로 나타났다.

이와 같이 그림 5와 6에서 알 수 있듯이 DC 전원 인가시 평등 전계에서 d의 증가에 따른 V_D의 평균 감소비율은 압력이 높을수록 크지만 평균 V_D는 압력이 높을수록 높다는 것을 확인하였고 불평등 전계에서는 d의 증가에 따른 V_D의 평균 감소비율은 압력이 높을수록 작지만 평균 V_D는 압력이 높을수록 높다는 것을 확인하였다.

4. 결론

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

1) 그림 3~6과 같이 AC 및 DC 전원 인가시 평등/불평등 전계하에서 d의 증가에 따른 V_D는 압력이 높을수록 높다는 것을 확인하였다.

2) 그림 3~5에서 d의 증가에 따른 V_D의 평균 감소비율은 압력이 높을수록 크지만 그림 6에서는 d의 증가에 따른 V_D의 평균 감소비율은 압력이 높을수록 작은 것을 확인하였다. 이는 d가 1[mm]일 때의 측정된 V_D가 압력 20(N/cm²)~50(N/cm²) 까지 거의 같기 때문에 나타난 결과라는 것을 확인하였다.

AC 및 DC 전원 인가시 평등/불평등 전계하의 I-Air에 대한 압력별 V_D 특성을 연구한 결과 d의 증가에 따른 V_D의 평균 감소비율은 압력이 높을수록 크지만 평균 V_D는 압력이 높을수록 높다는 것을 확인하였다. 그리고 DC 전원 인가할 때의 d의 증가에 따른 V_D의 평균 감소비율은 AC 전원 인가할 때보다 조금 높게 나타나는 것을 확인하였다.

참고 문헌

[1] 이광식 외 3명, " 대기압하에서 액체질소(LN₂)의 방전특성에 관한 연구 ", 대한전기학회 논문지 Vol 45 No 7, 1996.7.
 [2] C. Beyer et al, " Influence Reactive SF_x Gases on Electrode

Surfaces after Electrical Discharge under SF₆ Atmosphere ", IEEE Trans, pp. 234~240, 2000

[3] 이동희, " SF₆ 대체가스 연구동향 ", 대한전기학회 논문지, 2002.7
 [4] 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
 [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.
 [8] 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