

평등/불평등 전계 하에서의 제조공기(I-Air) 절연파괴특성

이창욱, 이창훈, 최은혁, 김정배[◆], 이광식
 영남대학교, [◆]호성중공업

Breakdown Characteristics of Imitation Air under Uniform Fields and Non-Uniform

Chang-Uk Lee, Chang-Hun Lee, Eun-Hyuck Choi, Jung-Bae Kim, Kwang-Sik Lee
 Yeungnam University, [◆]Hyosung Heavy Industries

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 niform fields(Sphere-Sphere electrode) and non-uniform fields(Needle-Plane electrode) and studied relations breakdown voltage (V_B) by each P different d.

1. 서 론

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 절연체로 사용하는 전력설비의 사용이 증가되고 있는 실정이며, 국·내외에서 건설, 운전 중이다.

그러나 현재 초고압 송변전기에 적용되고 있는 SF₆가스는 잘 알려진 진 바와 같이 가격이 비싸고 저온 및 높은 압력에서 액화되기 쉬우며 온난화 계수가 CO₂의 약 23,900배로 대기 중으로 방출될 경우에는 온실 효과를 야기 시키는 단점을 가지고 있다. 최근 환경에 대한 관심과 규제가 높아지면서 온실가스에 대한 규제로서 교토 의정서가 정식 발효됨에 따라 SF₆가스는 급후 총량 제한에 의해 사용량이 규제 받을 가능성이 대담이 높다.

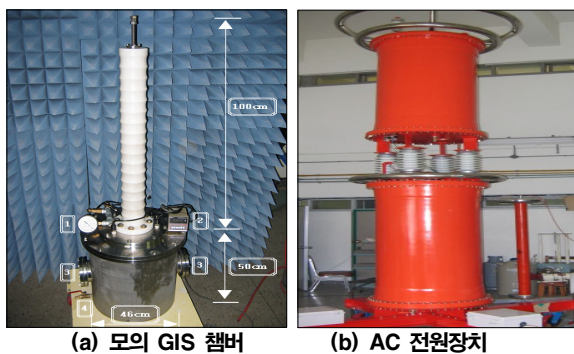
따라서 본 연구에서는 SF₆를 대체할 수 있는 물질로 대두되고 있는 제조공기(I-Air, 순도 99.9% N₂ : 79%, 순도 99.9% O₂ : 21%를 혼합시킨 공기)의 압력을 변화 시켰을 때의 절연파괴전압(V_B)을 연구한 것이다.

2. 본 론

2.1 실험장치

본 연구에 사용된 AC용 모의 GIS 챔버는 스테인레스를 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(2~7[atm])를 위하여 안전상 10기압까지 가압이 가능하고 온도변화(-90~100°C) 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)}



〈그림 1〉 모의 GIS 챔버 & AC 300[kV] 전원장치

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]), 평판전극(직경 59[mm]) 및 침 전극(직경 5[mm], 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.

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

〈그림 2〉 전극의 모양

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[cm Hg])로 유지시켰다. (I-Air만의 순수한 성분을 위해서 챔버를 진공 시킬 때, 연결된 호스 내부도 같이 진공을 시킨.)

다음 실험과정으로 2[atm]~7[atm]까지 I-Air를 투입 후 각 기압에서 전극간거리(d)를 최초 1[mm]를 기준으로 1[mm]씩 최고 40[mm]까지 증가시키고 AC 300[kV] 전원장치로 교류전압을 인가(초당 3.15[kV]상승)하여 V_B 특성을 연구하였다.

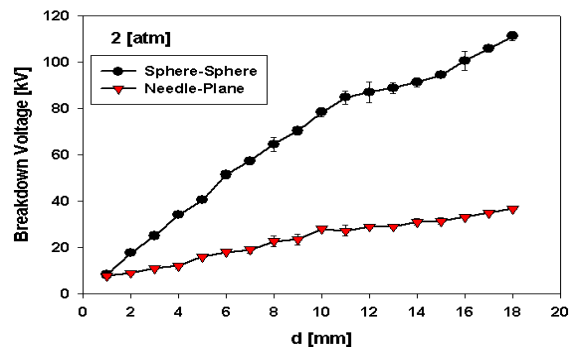
전극의 배치는 수직배치이며, 각 기압에서 d의 변화에 따른 실험이 끝나면 I-Air를 교체 후 실험하였다.

V_B는 5회 측정하여 평균한 값을 이용하였다.

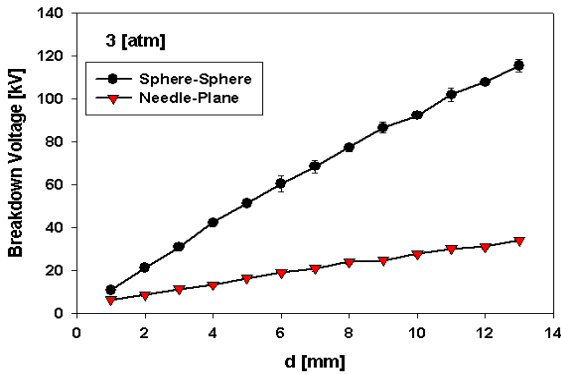
3. 실험결과 및 고찰

3.1 압력별 평등/불평등 전계 하에서의 절연파괴특성

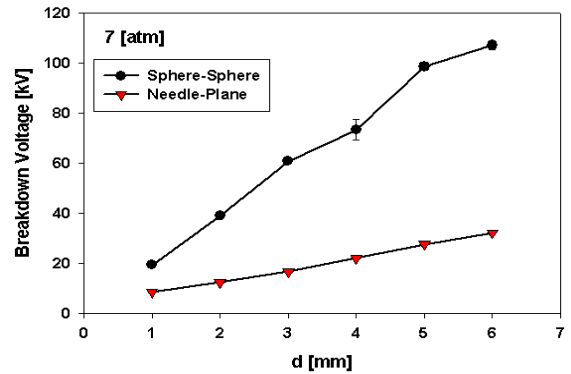
그림 2~7은 I-Air 중의 평등/불평등 전계 하에서의 절연파괴특성을 비교한 것이다. 전극은 평등전계(구 대 구전극)와 불평등전계(침 대 평판전극)로 형성하여 I-Air 가스 중에서 방전 챔버의 압력을 1[atm]씩 2[atm]~7[atm]까지 변경하면서 d에 따른 절연파괴특성을 나타낸 것이다.



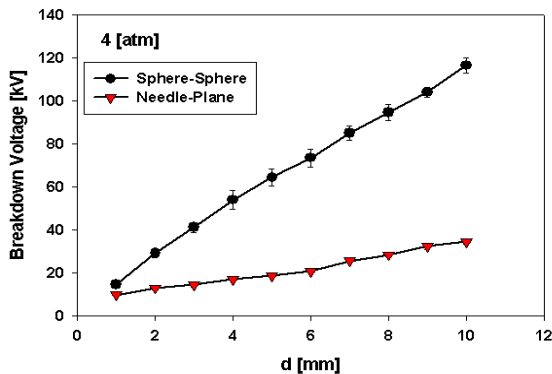
〈그림 3〉 압력 2[atm]일 때 I-Air의 d 변화에 따른 절연파괴특성 (Sphere-Sphere & Needle-Plane Electrode)



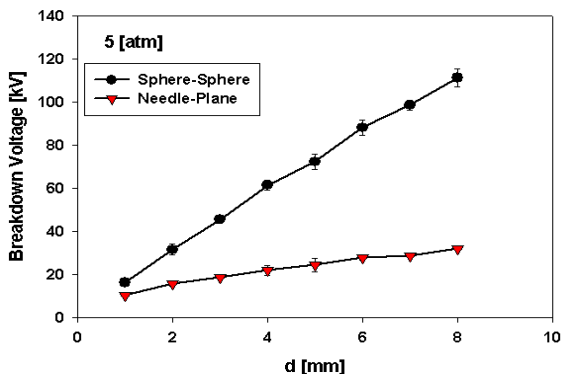
〈그림 4〉 압력 3[atm]일 때 I-Air의 d 변화에 따른 절연파괴특성 (Sphere-Sphere & Needle-Plane Electrode)



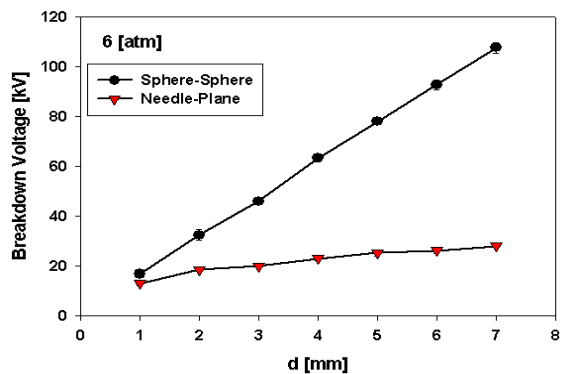
〈그림 8〉 압력 7[atm]일 때 I-Air의 d 변화에 따른 절연파괴특성 (Sphere-Sphere & Needle-Plane Electrode)



〈그림 5〉 압력 4[atm]일 때 I-Air의 d 변화에 따른 절연파괴특성 (Sphere-Sphere & Needle-Plane Electrode)



〈그림 6〉 압력 5[atm]일 때 I-Air의 d 변화에 따른 절연파괴특성 (Sphere-Sphere & Needle-Plane Electrode)



〈그림 7〉 압력 6[atm]일 때 I-Air의 d 변화에 따른 절연파괴특성 (Sphere-Sphere & Needle-Plane Electrode)

이와 같이 그림 3~8에서 알 수 있듯이 압력별 d의 증가에 따른 V_B 의 평균 증가 비율은 전극종류 및 압력변화에 따라서 I-Air는 평등전계일 경우 2[atm] : 약 1.18배, 3[atm] : 약 1.23배, 4[atm] : 약 1.27배, 5[atm] : 약 1.33배, 6[atm] : 약 1.37배, 7[atm] : 약 1.43배로 나타났으며 불평등전계일 경우 2[atm] : 약 1.09배, 3[atm] : 약 1.14배, 4[atm] : 약 1.14배, 5[atm] : 약 1.17배, 6[atm] : 약 1.13배, 7[atm] : 약 1.3배로 나타났습니다.

그리고 평등전계와 불평등전계의 V_B 의 차이는 평등전계가 2[atm] : 약 2.73배, 3[atm] : 약 3.05배, 4[atm] : 약 2.99배, 5[atm] : 약 2.72배, 6[atm] : 약 2.65배, 7[atm] : 약 3.2배 높은 것을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

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

1) 압력별 d의 증가에 따른 V_B 의 평균 증가 비율은 전극종류 및 압력변화에 따라서 I-Air는 평등전계일 경우 2[atm] : 약 1.18배, 3[atm] : 약 1.23배, 4[atm] : 약 1.27배, 5[atm] : 약 1.33배, 6[atm] : 약 1.37배, 7[atm] : 약 1.43배로 나타났으며 불평등전계일 경우 2[atm] : 약 1.09배, 3[atm] : 약 1.14배, 4[atm] : 약 1.14배, 5[atm] : 약 1.17배, 6[atm] : 약 1.13배, 7[atm] : 약 1.3배로 나타났습니다.

2) 평등전계와 불평등전계의 V_B 의 차이는 평등전계가 2[atm] : 약 2.73배, 3[atm] : 약 3.05배, 4[atm] : 약 2.99배, 5[atm] : 약 2.72배, 6[atm] : 약 2.65배, 7[atm] : 약 3.2배 높은 것을 확인할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [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] 최은혁 외 5명, " 액체 SF₆중 기포거동과 절연파괴특성에 관한 연구 ", 조명전기설비학회지, 2006.5.
- [4] 이동희, " SF₆ 대체가스 연구동향 ", 대한전기학회 논문지, 2002.7
- [5] 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
- [6] 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
- [7] 이광식 외 4명, " SF₆와 액체 질소의 절연파괴특성과 正氣泡現象 ", Vol 54C No 8, 2005.8.
- [8] 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
- [9] 이광식 외 4명, " SF₆ 가스의 온도변화에 따른 절연특성 ", 대한전기학회 논문지 Vol 52C No 8, 2003.8.
- [10] 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