

전극형상에 따른 건조공기(Dry-Air)의 절연파괴 특성에 관한 연구

김영수, 김도석, 도영희, 윤대희, 김정배[◆], 이광식
 영남대학교, [◆]효성중공업

A Study on the Breakdown Characteristics of Dry-Air with Electrode Shape

Young-Su Kim · Do-Seok Kim · Young-Hoe Do · Dae-Hee Yoon · Jeong-Bea Kim[◆] · Kwang-Sik Lee
 Yeungnam Uni · [◆]Hyosung Heavy Industries

Abstract - 본 연구는 SF₆를 대체하기 위한 건조공기(Dry-Air)의 특성을 연구할 목적으로 교류전압 인가 시 압력(P)변화 및 갭길이의 변화에 따른 절연파괴특성을 연구하였다. 본 연구를 통해 챔버 내의 P가 증가 할수록 절연파괴특성은 증가하는 것을 확인했다. 그리고 불평등전계 보다 평등전계에서 절연파괴특성이 더 증가하고 전극간거리(d)가 증가 할수록 절연파괴특성이 증가하는 것을 확인했다.

1. 서 론

산업 발달로 송전전압이 격상하고 있는 추세이며, 도시기능의 고도화 등으로 좁은 지역에서 막대한 전력이 사용되고 있다. 그러나 전원 및 전력수송설비의 대도시 근교로의 입지는 제한되어 발·변전소용 부지의 효율적 사용 및 환경조화를 위해 설비의 축소화, 밀폐화가 불가피하므로 가스절연방식을 이용한 소형이면서 초고압·대용량 전력기기의 사용이 확대되고 있다. 이들 기기는 종래의 대기절연방식을 탈피하여 절연성능이 우수하고 불활성을 갖고 안전한 SF₆가스를 절연매체로 하여 활선부를 밀폐하며 외기 및 환경에 영향을 받지 않도록 함으로서 높은 신뢰성과 콤팩트한 구조로 사용하고 있다.

그 대표적 전력기기인 가스절연개폐장치(GIS)는 40년 전부터 상업화가 시작된 이래 22[kV]급에서 765[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 SF₆가스는 적외선 흡수력이 크고, 화학적 불활성 때문에 지구 대기권으로부터 신속히 제거되지 못한다. 이러한 이유에서 화학적 불활성으로 성층권 오존 파괴에 관해 영향이 없음에도 불구하고 1997년 12월 일본 Kyoto에서 개최된 제 3차 당사국회의(COP3, 지구온난화방지 Kyoto회의)에서, 온실효과를 가진 배출규제 대상으로서, CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC에 더하여 SF₆ 가스도 지정된 것이다. 이에 따라 SF₆ 가스의 배출량이 정식으로 보고되어야 할 뿐만 아니라, 현재 이 가스의 주된 사용자인 중전기회사는 이 가스의 사용에 대한 정당성과 또한 동시에 환경에 대한 보존성을 제시할 수 있어야 하게 되었다.

따라서, 본 논문은 SF₆를 대체할 수 있는 물질로 대두되고 있는 건조공기(Dry-Air)에 대한 전극형상에 따른 절연파괴전압(V_B)특성을 분석해 보고자 한다.

2. 본 론

2.1. 실험장치

본 연구에 사용된 실험용 모의 챔버의 외관은 <그림 1>과 같은 것은 SF₆의 방전 특성을 연구하기 위해 설계·제작한 챔버이다. 전원은 AC용 DY-106 (AC 300[kV] / 120[mA])을 사용하였다.

실험용 모의 챔버의 내부압력을 측정하기 위해 압력계(WISE, 0~15기압)를 설치하였다. 실험용 모의 GIS 내부를 진공펌프(SINKU KIKO Co.Ltd, GUD-050A, pumping speed 60ℓ/min)로 5×10⁻⁴[Torr]까지 진공을 유지할 수 있으며, 전극부를 관측할 수 있는 관측창(직경 110[mm], 두께 20[mm])을 설치하였다.

실험용 모의 챔버의 주요 사양은 압력(P) 변화(3~5[atm])를 위해 안전상 10기압 정도의 가압이 가능하고 P 유지를 위해 실험용 챔버 내의 기밀성 유지가 가능하다.



<그림 1> 실험용 모의 GIS 챔버, AC 300[kV] 전원장치 & Dry-Air 건조장치

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 Needle-Plane전극 (Needle ; 상부, Plane ; 하부, N-P) 및 Plane-Plane전극 (P-P), Sphere-Sphere전극 (S-S)을 사용하였다.

2.2 실험방법

Dry-Air 실험은 우선 모의 GIS 챔버 내부를 진공상태(5×10⁻⁴[torr])로 유지하였다. 그리고 건조장치로 Dry-Air를 만들어 챔버내에 주입시켰다. 이 때 Dry-Air만의 순수한 성분을 주입시키기 위해 가스와 챔버간에 연결된 호스내부도 진공을 시켰다.

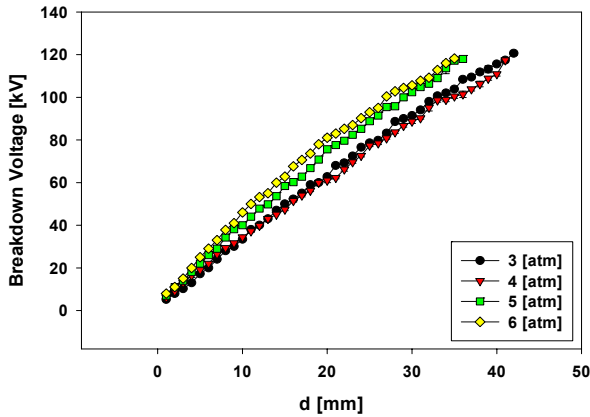
사용된 전극은 N-P, P-P 및 S-S를 사용하였으며, 전극형상에 따른 각각의 전극간거리(d)는 불평등전계, 준평등전계, 평등전계 모두 1[mm]씩 증가시키며 교류전압을 인가(초당 3.15[kV]상승)하여 측정하였다.

V_B는 5회 측정하여 평균한 값을 이용하였다. 전극 배치는 수직 배치이며, 각 전극에서 d 및 P의 변화에 따른 실험이 끝나면 전극과 Dry-Air를 교체 투입 후 같은 방법으로 실험을 수행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

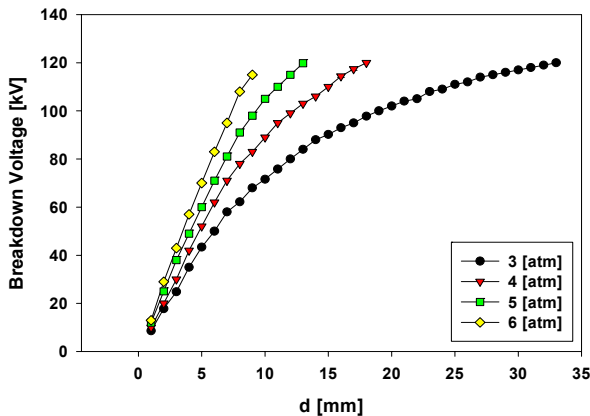
3.1 Dry-Air의 절연파괴 특성

<그림 2>는 Dry-Air 중의 불평등전계인 침대평판 전극으로 형성하여 Dry-Air 가스 중에서 방전 챔버의 P를 3, 4, 5 및 6[atm]으로 변경하면서 d에 따른 절연파괴특성을 나타낸 것이다. 그림 2에서 알 수 있듯이 d와 P가 높아짐에 따라 V_B도 증가함을 알 수 있다. V_B의 평균 증가 비율은 3[atm]에서는 1.05배, 4[atm]에서는 1.12배, 5[atm]에서는 1.08배, 6[atm]에서는 1.08배로 나타났다.



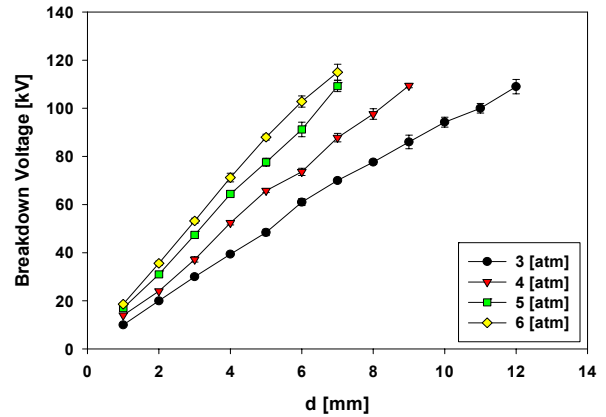
<그림 2> Dry-Air에서 N-P의 절연파괴특성

<그림 3>은 Dry-Air 중의 준평등전계인 평판대평판 전극으로 형성하여 Dry-Air 가스 중에서 방전 챔버의 P를 3, 4, 5 및 6[atm]으로 변경하면서 d에 따른 절연파괴특성을 나타낸 것이다. <그림 3>에서 알 수 있듯이 d와 P가 높아짐에 따라 V_B 도 증가함을 알 수 있다. V_B 의 평균 증가 비율은 3[atm]에서는 1.12배, 4[atm]에서는 1.17배, 5[atm]에서는 1.23배, 6[atm]에서는 1.34배로 나타났다.



<그림 3> Dry-Air에서 P-P의 절연파괴특성

<그림 4>는 Dry-Air 중의 평등전계인 구대구 전극으로 형성하여 Dry-Air 가스 중에서 방전 챔버의 P를 3, 4, 5 및 6[atm]으로 변경하면서 d에 따른 절연파괴특성을 나타낸 것이다. <그림 4>에서 알 수 있듯이 d와 P가 높아짐에 따라 V_B 도 증가함을 알 수 있다. V_B 의 평균 증가 비율은 3[atm]에서는 1.26배, 4[atm]에서는 1.30배, 5[atm]에서는 1.38배, 6[atm]에서는 1.37배로 나타났다.



<그림 4> Dry-Air에서 S-S의 절연파괴특성

3. 결 론

본 연구에서는 건조공기(Dry-Air)의 압력(P), 전극간거리(d) 및 전극의 종류의 변화에 따른 절연파괴전압(V_B)의 변화특성으로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 불평등전계에서의 V_B 의 평균 증가 비율은 3기압 1.05배, 4기압 1.12배, 5기압 1.08배, 6기압 1.08배로 나타났다. 준평등전계에서의 V_B 의 평균 증가 비율은 3기압 1.12배, 4기압 1.17배, 5기압 1.23배, 6기압 1.34배로 나타났다. 평등전계에서의 V_B 의 평균 증가 비율은 3기압 1.26배, 4기압 1.30배, 5기압 1.38배, 6기압 1.37배인 것을 확인할 수 있었다.

둘째, 본 연구의 P 및 d범위에서는 SF₆는 과센범칙을 이탈하는 현상을 보이는 반면 Dry-Air에서는 나타나지 않으므로 P 혹은 d를 증가시켜 가면 SF₆의 V_B 에 근접한 값을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 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
- [2] 이광식 외 4명, " SF₆와 액체 질소의 절연파괴특성과 正氣泡現象 ", Vol 54C No 8, 2005.8
- [3] C.Beyer et al. " Influence Reactive SF₆ Gases on Electrode Surfaces after Electrical Discharge under SF₆ Atmosphere ", IEEE Trans, pp. 234~240, 2000
- [4] 이광식 외 4명, " SF₆ 가스의 온도변화에 따른 절연특성 ", 대한전기학회 논문지 Vol 52C No 8, 2003.8
- [5] 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
- [6] 최은혁 외 5명, " 액체 SF₆중 기포거동과 절연파괴특성에 관한 연구 ", 조명전기설비학회지, 2006.5.
- [7] 이동희, " SF₆ 대체가스 연구동향 ", 대한전기학회 논문지, 2002.7
- [8] 김도석 외 6명, " 온도 및 압력변화에 따른 제조공기(I-Air)의 절연파괴특성 ", 조명전기설비학회지, 2007.5.