

평등/불평등 전계하에서의 건조공기(Dry-Air) 절연파괴특성

(Breakdown Characteristics of Dry-Air under Uniform Fields and Non-Uniform)

이창훈* · 김영수 · 최은혁 · 김정배* · 최영길 · 이광식

(Chang-Hun. Lee · Young-Su. Kim · Eun-Hyuck. Choi · Jung-Bae. Kim · Young-Kil. Choi · Kwang-Sik. Lee)

영남대학교, *효성중공업

Abstract

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

1. 서론

산업 발달로 송전전압이 격상하고 있는 추세이며, 도시기능의 고도화 등으로 좁은 지역에서 막대한 전력이 사용됨에 따라 설비의 축소화, 밀폐화가 불가피하므로 가스절연방식을 이용한 소형이면서 초고압·대용량 전력기기의 사용이 확대되고 있다.

그러나 화학적 불활성으로 성층권 오존 파괴에 관해 영향이 없음에도 불구하고 1997년 12월 일본 Kyoto에서 개최된 제 3차 당사국회의 (COP3, 지구온난화방지 Kyoto 회의)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.

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

과 같이 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 60 l/min)로 5×10⁻⁴[Torr]까지 진공을 유지할 수 있으며, 전극부를 관측할 수 있는 2개의 관측창(직경 110[mm], 두께 20[mm])을 설치하였다.

실험용 모의 챔버의 주요 사양은 압력(P) 변화(3⁵[atm])를 위해 안전상 10기압 정도의 가압이 가능하고 P 유지를 위해 실험용 챔버 내의 기밀성 유지가 가능하다.

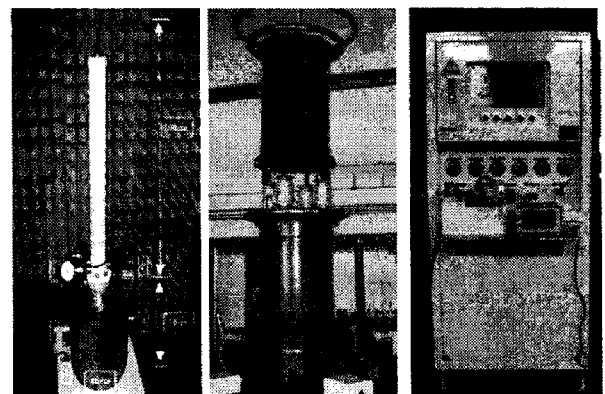


그림 1. 실험용 모의 GIS 챔버, AC 300 [kV] 전원 장치 및 Dry-Air 장치
Fig. 1. The Experimental model GIS and AC 300 [kV] Power Supply & Dry-Air Equipment

2. 본론

2.1. 실험장치

본 연구에 사용된 실험용 모의 챔버의 외관은 그림 1

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 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. 이때 Dry-Air만의 순수한 성분을 주입시키기 위해 가스와 챔버간에 연결된 호스내부도 진공을 시켰다.

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

V_B 는 5회 측정하여 평균한 값을 이용하였다. 전극 배치는 수직배치이며, 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 절연파괴특성

그림 2~6은 Dry-Air 중의 평등/불평등 전계 하에서의 절연파괴특성을 비교한 것이다. 전극은 평등전계(구 대 구전극)와 불평등전계(침 대 평판전극)로 형성하여 Dry-Air 가스 중에서 방전 챔버의 압력을 10[N/cm²]씩

25[N/cm²]~45[N/cm²]까지 변경하면서 d에 따른 절연파괴특성을 나타낸 것이다.

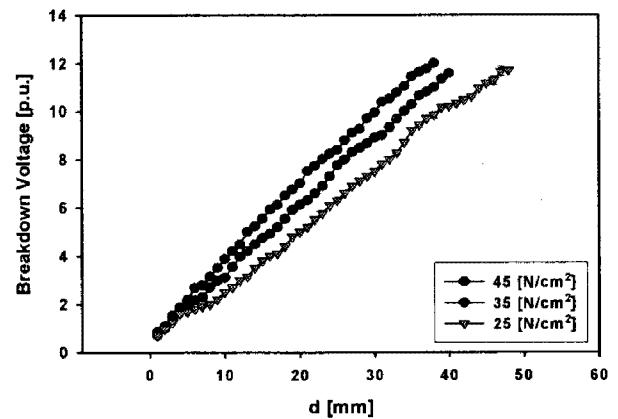


그림 2. Dry-Air에서 N-P의 절연파괴특성 (Needle & Plane Electrode)

Fig. 2. Breakdown Characteristics of N-P in Dry-Air

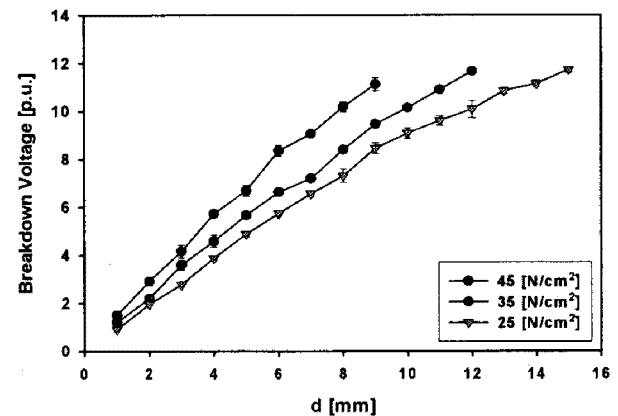


그림 3. Dry-Air에서 S-S의 절연파괴특성 (Sphere & Sphere Electrode)

Fig. 3. Breakdown Characteristics of S-S in Dry-Air

그림 2와 3은 Dry-Air 중의 불평등전계 및 평등전계인 침 대 평판과 구 대 구전극으로 형성하여 Dry-Air 가스 중에서 방전 챔버의 P를 25, 35, 45[N/cm²]로 변경하면서 d에 따른 절연파괴특성을 나타낸 것이다. 그림 2와 3에서 알 수 있듯이 d와 P가 높아짐에 따라 V_B 도 증가함을 알 수 있다.

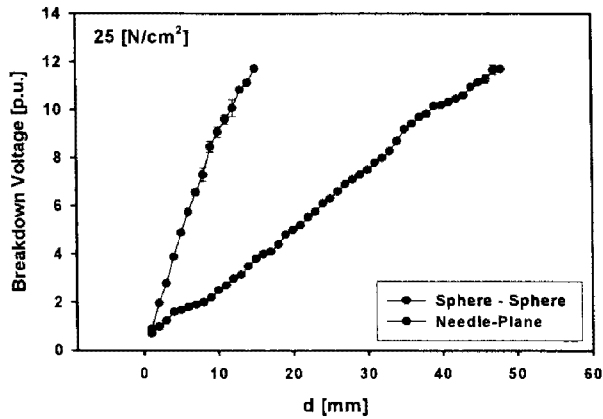


그림 4. 압력 25 [N/cm²]일 때 Dry-Air의 갭 길
이 변화에 따른 절연파괴특성

Fig. 4. Breakdown Characteristics of Dry-Air
with Gap Variation under the
25 [N/cm²]

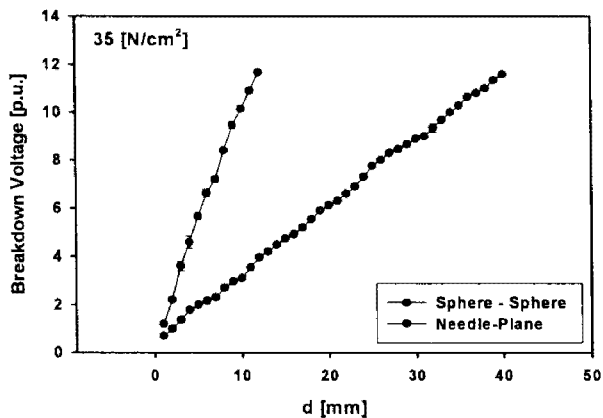


그림 5. 압력 35 [N/cm²]일 때 Dry-Air의 갭 길
이 변화에 따른 절연파괴특성

Fig. 5. Breakdown Characteristics of Dry-Air
with Gap Variation under the
35 [N/cm²]

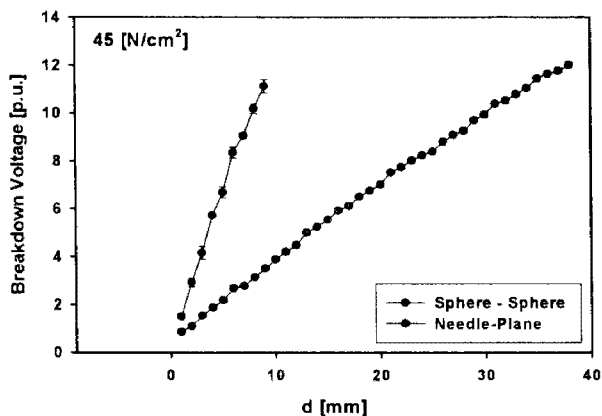


그림 6. 압력 45 [N/cm²]일 때 Dry-Air의 갭 길
이 변화에 따른 절연파괴특성

Fig. 6. Breakdown Characteristics of Dry-Air
with Gap Variation under the
45 [N/cm²]

이와 같이 그림 2~6에서 알 수 있듯이 압력별 d의 증가에 따른 V_B의 평균 증가 비율은 전극종류 및 압력 변화에 따라서 Dry-Air는 평등전계일 경우 25[N/cm²]은 약 1.23배, 35[N/cm²]은 약 1.25배, 45[N/cm²]은 약 1.31배 정도 증가하는 것으로 나타났고, 불평등전계일 경우 25[N/cm²]은 약 1.06배, 35[N/cm²]은 약 1.07배, 45[N/cm²]은 약 1.08배 정도 증가하는 것으로 나타났다.

또한, 평등전계와 불평등전계의 V_B의 차이는 평등전계가 25[N/cm²]은 약 1.12배, 35[N/cm²]은 약 1.09배, 45[N/cm²]은 약 1.19배 정도 높은 것을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 연구는 건조공기(Dry-Air)에 관한 절연파괴전압 (V_B)특성으로서 주로 전극종류와 가스 압력(P) 변화 및 전극간거리(d)에 따른 특성을 연구한 결과의 주요 결론이다.

1) 압력별 d의 증가에 따른 V_B의 평균 증가 비율은 전극종류 및 압력변화에 따라서 Dry-Air는 평등전계일 경우 25[N/cm²]은 약 1.23배, 35[N/cm²]은 약 1.25배, 45[N/cm²]은 약 1.31배 정도 증가하는 것으로 나타났고, 불평등전계일 경우 25[N/cm²]은 약 1.06배, 35[N/cm²]은 약 1.07배, 45[N/cm²]은 약 1.08배 정도 증가하는 것으로 나타났다.

2) 평등전계와 불평등전계의 V_B의 차이는 평등전계가 25[N/cm²]은 약 1.12배, 35[N/cm²]은 약 1.09배, 45[N/cm²]은 약 1.19배 정도 높은 것을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [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] 이광식 외 3명, " 대기압하에서 액체질소(LN₂)의 방전특성에 관한연구 ", 대한전기학회 논문지 Vol 45 No 7, 1996.7
- [9] Landry, Metal, " Dielectric withstand and breaking capacity of SF₆ circuit breakers at low temperatures ", Power Delivery, IEEE Transactions on, pp. 1029~1035, July 1988
- [10] Gong Guolietal, " The influence of SF₆ and SF₆/N₂ dissociating products on the electrical performance of several insulating varnishes ", Electrical Insulating Materials, pp. 495~497, 1995