

Dry-Air의 연면방전 특성

박혜리, 최은혁, 이상호, 박승규, 김정배*, 박광서*, 이광식
 영남대학교, *(주)효성중공업, *경일대학교

Surface Discharge Characteristics in Dry-Air

Herie Park, Eun-Hyuck Choi, Sang-Ho Lee, Sung-Gyu Park, Jung-Bae Kim*, Kwang-Seo Park*, Lee-Kuk Kim*, Kwang-Sik Lee
 Yeungnam University, *Hyosung Heavy Industries, *Kyungil University

Abstract - 본 연구에서는 챔버 내에 압력 1~7[atm]의 Dry-Air를 주입한 후, AC전압을 인가하여, 전극의 모양에 따라 불평등 전계/준평등 전계를 형성하였을 시, 전극 사이에 놓은 고체절연물의 두께에 따른 연면방전 특성을 실험을 통하여 측정·비교한 것이다. 고체절연물로는 열경화성 플라스틱을 사용하였다. 챔버 내 Dry-Air의 주입압력이 높일수록 연면 절연파괴 전압이 높았고, 준평등 전계에서보다 불평등 전계 인가시 더 높은 절연파괴 전압을 얻을 수 있었다. 또한 고체절연물의 두께가 두꺼울수록 고체의 절연파괴 전압이 높았으며, 고체절연물의 두께가 2[mm]일 경우, Dry-Air의 연면방전 특성이 SF₆보다 평균적으로 12~51[%] 낮고, 3[mm]의 경우도 Dry-Air의 연면방전 특성이 14~45[%] 가량 낮았다.

그리고 챔버 내부의 온도를 측정하기 위한 3개의 온도 센서(UNICON, -50~50[°C])를 챔버 내부에 상·중·하의 위치에 설치할 수 있도록 제작되었다.

1. 서 론

최근 지구온난화 및 기상이변 등의 영향으로 환경문제에 대한 관심이 전 세계적으로 집중되고 있다. 특히 산업화로 인한 대기오염이 지구온난화의 원인이 됨이 밝혀짐에 따라 지구온난화계수가 높은 CO₂, N₂O, CH₄, PFC, HFC, SF₆ 가스는 교토의정서에서 감축대상 가스로 지정되어 그 사용량의 감소가 불가피한 실정이다.

특히, SF₆는 우수한 절연성과 차단성으로 인하여 전력기기의 절연매체로서 주로 사용되어져, 기기의 소형화 및 고신뢰화에 많은 기여를 해오고 있기 때문에 전력설비에서 SF₆의 사용량을 줄이기 위해서는 SF₆를 대체할 수 있는 친환경 물질을 개발하는 것이 시급하다.

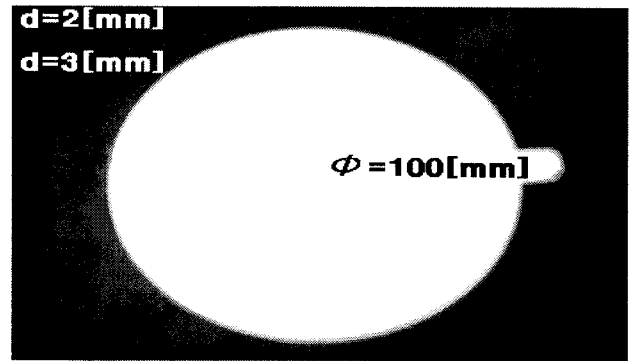
본 논문에서는 SF₆의 대체재로써 대두되고 있으며, 가스절연개폐장치(GIS)에 실제로 적용·시험되어지고 있는 Dry-Air의 연면방전 특성에 대하여 논하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험 장치

본 연구에서 사용된 모의 GIS 챔버는 두께 20[mm]의 스테인리스로 만들어졌으며, 내·외부 2중 구조로 이루어져있다. 내부 챔버는 직경 260[mm], 높이 460[mm]로서 체적은 약 25[l]이며, 외부 챔버의 경우 직경 460[mm], 높이 500[mm], 체적은 약 83[l]이다. 또한, 외부에는 챔버 내부를 관측할 수 있는 아크릴 관측창(직경 110[mm], 두께 20[mm])이 설치되어 있다(사진 1(a)).

챔버는 -90~100[°C]의 온도 범위를 견딜 수 있으며, 10기압까지 가압하여도 내·외부 챔버의 안전에 이상이 없도록 설계·제작되었고, 300[kV]까지 인가 가능하다.



〈사진 2〉 고체절연물로 사용한 열경화성 플라스틱 (φ=100[mm], d=2,3[mm])

챔버 내부에 Dry-Air를 가압하기 전, 진공펌프(SINKU KIKO Co. Ltd, GUD-050A, Pumping seed 60 [l/min])를 챔버에 연결하여 내부압력을 5×10⁻⁴[Torr]로 배기시켰으며, 가압시 압력계(WISE, 0~15기압)를 사용하였다.

Dry-Air는 Dry-Air 제조장치를 이용하여 만들었고, 이 제조장치는 세 단계의 필터를 가지고 있어 공기가 각 필터를 거치는 동안 공기의 노점과 불순물의 함량을 줄여, 최종적으로 노점 -60[°C] 이하의 순수한 Dry-Air를 만드는 장치이며, 그 외관은 사진 1(b)와 같다.

전극으로는 스테인리스 스틸로 만든 침 전극(직경 5[mm], 침단 각도 20°)과 평판 전극(직경 59[mm]), 구 전극(직경 41[mm])을 사용하여 챔버 내부에 상하로 배치하였다.

연면방전을 위한 고체절연물은 지름(φ) 100[mm], 두께(d) 2, 3[mm]의 열경화성 플라스틱을 사용하였으며, 이 절연물을 침 전극과 평판 전극 사이에, 구 전극과 평판 전극 사이에 각각 집어넣어 고체절연물로서 사용하였다(사진 2).

또한, 실험에 사용한 전원장치는 AC용 DY-106 (AC 300[kV]/120[mA])이다.

2.2 실험 방법

Dry-Air의 연면방전 실험을 위해 우선 챔버 내 평판 전극 위에 고체절연물을 중앙에 설치한 후, 침 전극과 구 전극을 각각 배치하였다. Dry-Air를 GIS 챔버 내에 주입하기에 앞서 진공펌프를 이용하여 챔버 내부와 가스 주입 호스 내부를 5×10⁻⁴[Torr]의 진공상태로 만들었다. 이후, Dry-Air 제조장치를 통과하여 노점 -50~-53[°C]가 된 Dry-Air를 1~7[atm]까지 챔버에 주입하였다.

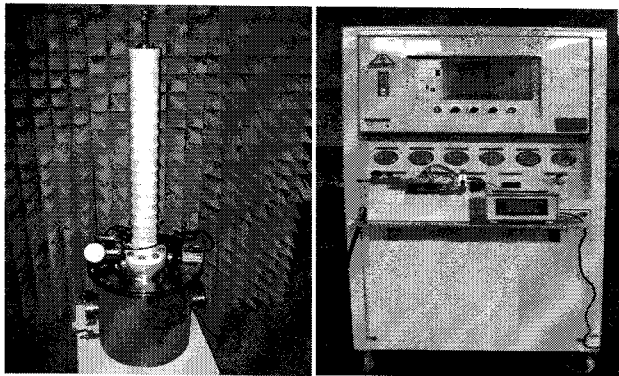
챔버에 AC전압을 5회씩 인가하여 연면방전 특성을 측정하였고, 평균값을 정리하였다. 또한, 이 때의 전압상승 속도는 3.15[kV/s]로 하였다.

비교군으로써 SF₆도 동일한 방법으로 1~6[atm]까지 챔버에 주입하여 연면방전 특성을 알아보았다.

실험 전 10회를 우선 방전시켜 부정현상을 제거한 후 절연파괴특성을 알아보았다.

3. 실험 결과 및 고찰

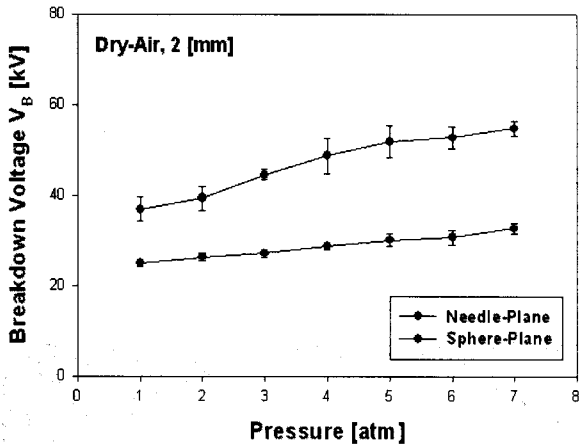
3.1 Dry-Air 내 고체절연물의 두께별 연면방전 특성



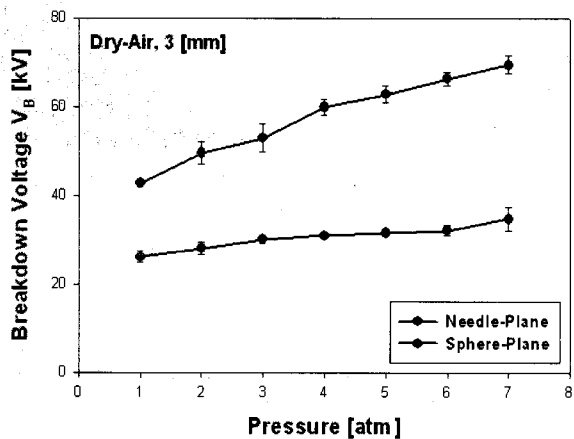
(a) 모의 GIS 챔버 (b) Dry-Air 제조장치
 〈사진 1〉 모의 GIS 챔버와 Dry-Air 제조장치

그림 1-2는 Dry-Air 중 불평등 전계(침 전극과 평판 전극)와 준평등 전계(구 전극과 평판 전극) 사이에 열경화성 플라스틱을 넣어 고체절연물로서 사용했을 때의 절연파괴 전압을 비교하여 나타낸 것이다. Dry-Air의 압력은 1~7[atm]까지 가압하였고, 이 때 사용한 고체절연물의 두께는 각각 2, 3[mm]이다.

압력이 낮을수록 연면파괴 전압이 낮으며, 두께가 고체절연물의 두께가 두꺼워질수록 연면파괴 전압이 높아짐을 알 수 있다. 또한 준평등 전계 하에서보다 불평등 전계 하에서의 고체의 연면방전 특성이 더 좋음을 알 수 있다.

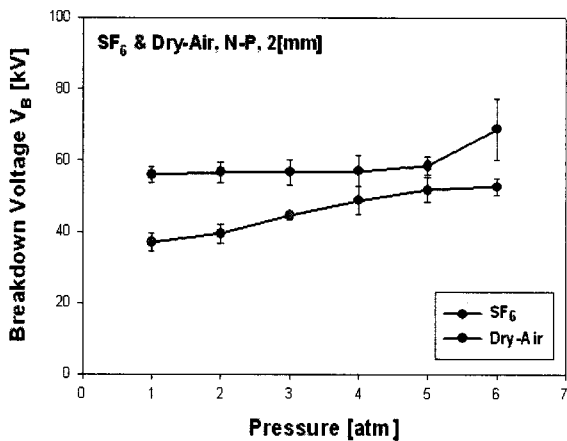


<그림 1> 고체절연물 두께 2[mm] 일 때 Dry-Air의 연면방전특성 (Needle-Plane & Sphere-Plane)



<그림 2> 고체절연물 두께 3[mm] 일 때 Dry-Air의 연면방전특성 (Needle-Plane & Sphere-Plane)

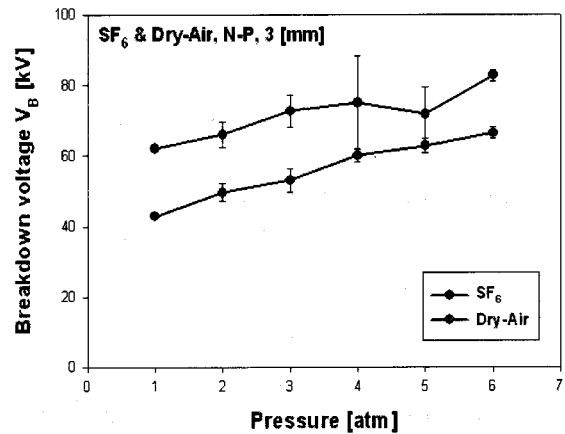
3.2 SF₆와 Dry-Air 내 고체절연물의 두께별 연면방전 특성



<그림 3> 고체절연물 두께 2[mm] 일 때 Dry-Air와 SF₆의 연면방전특성 비교(Needle-Plane & Sphere-Plane)

그림 3-4는 Dry-Air 중 불평등 전계(침 전극과 평판 전극) 사이에 고체 절연물로서 두께 2, 3[mm]의 열경화성 플라스틱을 넣었을 때의 절연파괴 전압을 SF₆ 내에서의 고체의 연면방전 특성과 비교하여 나타낸 것이다.

Dry-Air와 SF₆의 주입 압력은 각각 1~6[atm]까지로 하였을 때, 각 압력에 대해 고체절연물의 두께가 2[mm]일 경우, Dry-Air의 연면방전 특성이 SF₆보다 평균적으로 12~51[%] 낮고, 3[mm]의 경우도 Dry-Air의 연면방전 특성이 14~45[%] 가량 낮다.



<그림 4> 고체절연물 두께 3[mm] 일 때 Dry-Air와 SF₆의 연면방전특성 비교(Needle-Plane & Sphere-Plane)

3. 결 론

본 논문은 챔버 내 압력 1~7[atm]의 Dry-Air를 주입한 후, AC전압을 인가하여, 전극의 모양에 따라 불평등 전계/준평등 전계를 형성하였을 시, 전극 사이에 넣은 고체절연물의 두께에 따른 연면방전 특성을 실험을 통하여 연구·비교한 것이다. 고체절연물로는 열경화성 플라스틱을 사용하였으며, 연면방전 특성은 다음과 같다.

- (1) 챔버 내 Dry-Air의 주입압력이 높을수록 연면 절연파괴 전압이 높다.
- (2) 준평등 전계보다 불평등 전계 인가시 더 높은 절연파괴 전압을 얻을 수 있다.
- (3) 고체절연물의 두께가 두꺼울수록 고체의 절연파괴 전압이 높다.
- (4) 고체절연물의 두께가 2[mm]일 경우, Dry-Air의 연면방전 특성이 SF₆보다 평균적으로 12~51[%] 낮고, 3[mm]의 경우도 Dry-Air의 연면방전 특성이 14~45[%] 가량 낮다.

향후, 다양한 절연재의 절연파괴 특성 및 매질 내 고체절연물의 연면방전 메커니즘을 구명하는 것을 통하여, 탈 SF₆ 전력설비의 개발에 기여하고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이광식, 김영수 외 3명 "건조공기(Dry-Air)의 교류 및 직류전압에 대한 절연특성 연구", 한국조명·전기설비학회지, 2007.11
- [2] 이광식, 이창훈 외 5명, "평등/불평등 전계하에서의 건조공기(Dry-Air) 절연파괴특성", 한국조명·전기설비학회지, 2007.11
- [3] 이광식, 박혜리 외 5명 "Dry-Air의 습도에 따른 절연파괴 특성", 한국조명·전기설비학회지, 2008.05
- [4] 이광식, 박혜리 외 3명 "온도변화에 따른 SF₆와 I-Air의 절연파괴특성 비교", 한국조명·전기설비학회지, 2008.05
- [5] 이동희, "환경저부하형 신절연/소호매체 개발동향", 전기전자재료 제13권 제2호, 2000.02
- [6] Toshiaki Rokunohe, "Development of SF₆-Free 72.5kV GIS", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 22, No. 3, pp.1869~1876, 2007.07
- [7] I. Gallimberti 외 1명, "Streamer and leader formation in SF₆ and SF₆ mixtures under positive impulse conditions: I. Corona development", J.Phys. s. D : Appl. Phys. 12, 1986
- [8] L. Kebbab and A. Beroual, "Fractal analysis of creeping discharge patterns propagating at solid/liquid interfaces: influence of the nature and geometry of solid insulators", JOURNAL OF PHYSICS D: APPLIED PHYSICS, 39, 2006
- [9] N.K. Bedoui, A. Beroual and F.Chappuis, "Creeping discharge on solid/liquid insulating interface under AC and DC voltage", IEEE Conf. on Electrical insulation and dielectric phenomena, 2000
- [10] A.Sierota, "Degradation and breakdown of solid dielectric materials resulting from surface discharges in air and in insulation liquids", IEEE Trans. on Electrical insulation, Vol. 23, No. 6, 1988, 12