

전극형상변화에 따른 Dry-Air 중의 에폭시 수지의 연면방전특성

(Surface discharge Characteristics for epoxy resin in Dry-Air with different electrode features)

박혜리 · 이정환 · 최은혁 · 박승규 · 박광서 · 이광식

(Herie Park · Jung-Hwan Lee · Eun-Hyuck Choi · Sung-Gyu Park · Kwang-Seo Park · Kwang-Sik Lee)

영남대학교

Abstract

This paper gives a basic data of the surface discharge characteristics for epoxy resin in Dry-Air. Used electrodes are needle to plane, sphere to plane and KS M3015 electrodes. With the changing electrodes in same condition, we can obtain different creeping lengthes, breakdown voltages and dielectric strengths, respectively. Dielectric strengths of Needle to plane electrodes are more higher than the others. Breakdown voltage and dielectric strength increase as the thickness of epoxy resin and creeping strength increase.

1. 서 론

최근 지구온난화 및 기상이변 등의 영향으로 환경문 제에 대한 관심이 전 세계적으로 집중되고 있다. 특히 산업화로 인한 대기오염이 지구온난화의 원인임이 밝혀 짐에 따라 지구온난화계수가 높은 CO₂, N₂O, CH₄, PFC, HFC, SF₆ 가스는 교토의정서에서 감축대상 가 스로 지정되었으며, 따라서 그 사용량의 감소가 불가피한 실정이다.

SF₆는 안정된 열적·화학적 특성 및 우수한 절연성 과 차단성으로 인하여 고전압 전력기기 내의 절연매 체·소호매체로써 주로 사용되어져 왔으며, 전력기기의 소형화 및 고신뢰화에 많은 기여를 해오고 있다. 전력 설비에서 SF₆의 사용량을 줄이기 위해서는 SF₆의 회수 량을 증가시키는 기술을 개발하거나, SF₆를 대체할 수 있는 친환경 물질을 개발하는 것이 고려될 수 있으며, 이에 대한 연구가 전 세계적으로 활발하게 진행되어지 고 있다.

SF₆를 대체할 수 있는 친환경 물질로서는 CO₂, N₂, SF₆/N₂혼합가스, N₂/O₂혼합가스, Dry-Air 등이 대두되 고 있으며, 고체 및 진공을 매질로 사용하는 절연개폐 장치에 대한 연구도 활발하다.

특히, Dry-Air를 절연매질로 사용하는 친환경가스절 연개폐장치(Environment-Friendly Gas Insulated Switchgear, EGIS)가 국내·외적으로 개발 및 도입되고

있다. 본 논문에서는 절연매체 중 Dry-Air를 사용하여 에폭시 수지의 연면방전 특성을 전극형상의 변화에 따 라 비교해보고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

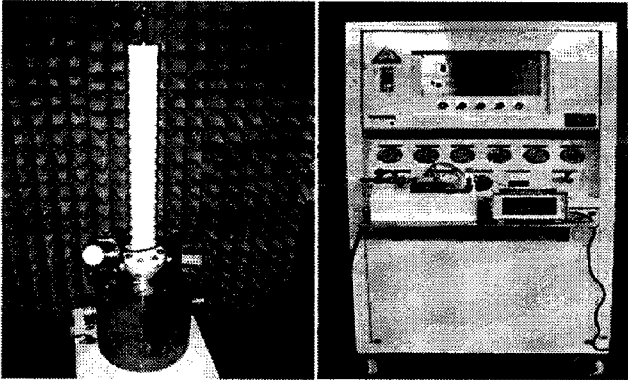
2.1. 실험장치

사진 1-(a)는 본 연구에서 사용한 모의 GIS 챔버이 다. 두께 20[mm]의 스테인레스로 만들어졌으며, 내·외 부 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 설치되 어 있다. 챔버는 -90~100[°C]의 온도 범위를 견딜 수 있으며, 10기압까지 가압하여도 내·외부 챔버의 안전 에 이상이 없도록 설계·제작되었고, 300[kV]까지 인가 가능하다.

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 사용 하였다.

절연매질인 Dry-Air는 제조장치를 이용하여 만들었

고, 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 만든다. 그 외관은 사진 1(b)와 같다.



(a) 모의 GIS 챔버 (b) Dry-Air 제조장치
 사진 1. 모의 GIS 챔버와 Dry-Air 제조장치
 Photo. 1. Experimental GIS chamber and Dry-Air product machine

스테인리스 스틸로 만든 평판전극(Plane, 직경 59[mm]), 침전극(Needle, 직경 5[mm], 침단 각도 20°), 구전극(Sphere, 직경 41[mm]) 및 황동제 KS M3015 전극을 이용하여 침 대 평판, 구 대 평판 전극을 사용하였다.

연면방전을 위한 고체절연물은 지름(Φ) 100[mm], 두께(d) 2, 3[mm]의 에폭시 수지를 사용하였다.

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

2.2. 실험방법

Dry-Air 내의 에폭시 수지의 전극 형상별 연면방전 실험을 위해 우선 챔버 내 각 전극을 Needle-Plane, Sphere-Plane, KS전극으로 상부와 하부에 수직 배치하였으며, 고체 절연물을 전극 사이의 중앙부에 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 $-50 \sim -53^{\circ}\text{C}$ 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.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 전극형상에 따른 에폭시 수지의 연면방전특성

그림 1, 2, 3은 모의 GIS 내의 전극 형상에 따른 에폭시 수지의 연면방전특성을 나타낸 것이다. 그림 1은 침 대 평판전극을 상하로 배치한 경우이고, 그림 2는 구 대 평판전극을 상하로 배치한 경우이며, 그림 3은 KS전극을 상하에 배치한 경우이다. 전극 사이에는 두께 2, 3[mm]의 에폭시 수지를 각각 집어넣어 연면방전특성을 알아보았다. 고체절연물의 두께가 두꺼워질수록 연면방전거리가 증가하여 연면파괴전압이 상승함을 확인하였다.

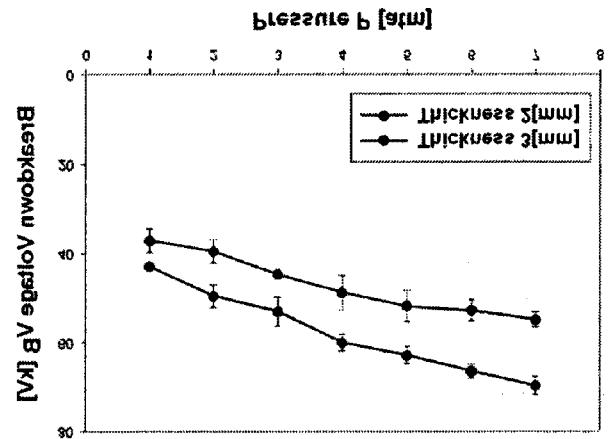


그림 1. 침 대 평판 전극을 사용한 연면방전특성
 Fig. 1. Surface discharge characteristics with needle-plane electrodes

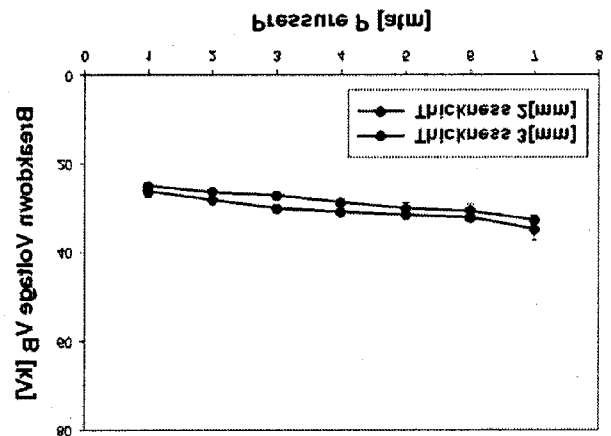


그림 2. 구 대 평판 전극을 사용한 연면방전특성
 Fig. 2. Surface discharge characteristics with sphere-plane electrodes

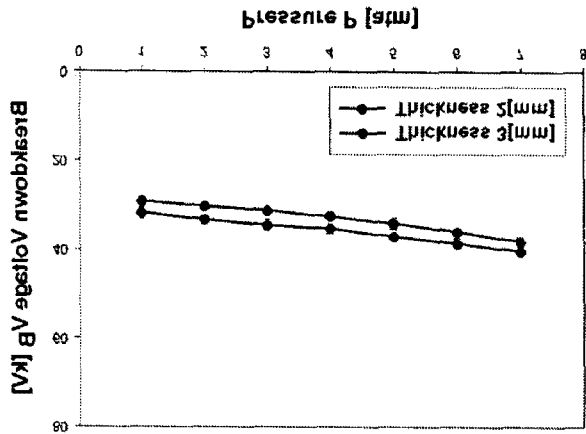


그림 3. KS 전극을 사용한 연면방전특성
Fig. 3. Surface discharge characteristics with KS electrodes

각 경우, 노점이 $-50 \sim -53[^\circ\text{C}]$ 인 Dry-Air를 챔버에 1~7[atm]까지 가압하였는데, 전극형상과 상관없이 압력이 증가함에 따라 절연파괴 전압이 높아짐을 알 수 있다.

고체절연물의 연면 방전 시, 전극 형상에 따라 연면 거리가 달라지므로, 이를 고려하여 그림 4에서는 두께 3[mm]인 에폭시수지의 절연파괴 강도를 Dry-Air의 압력에 따라 나타내었다. 전극형상이 전계의 형성에 영향을 주므로 연면거리 1[mm]에 대한 절연내력은 전극 형상에 따라 다르게 나타나며, 준평등 전계에서보다 불평등 전계에서 절연파괴 강도가 더 높게 나타남을 알 수 있다.

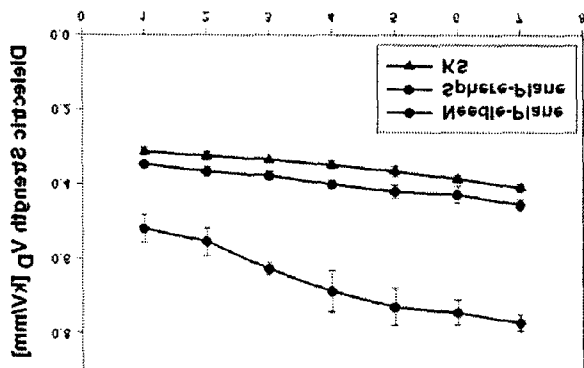


그림 4. 전극 형상별 절연파괴 강도의 비교
Fig. 4. Comparison in Dielectric strength with different electrodes

표 1은 1[atm]의 Dry-Air를 주입했을 때의 고체절연물의 연면방전거리와 평균 절연파괴 강도를 전극 형상에 따라 표현한 것이다. 침 대 평판전극의 경우, 구 대

평판전극과 KS전극에 비해 절연파괴 강도가 각각 1.68배, 1.73배 가량 높음을 알 수 있다.

표 1. Dry-Air 1 [atm] 내의 에폭시 수지의 전극 형상별 연면 거리와 절연파괴강도의 비교

Table 1. Comparison in creeping length and dielectric strength for epoxy resins with different electrodes at Dry-Air 1 [atm]

Electrode length, V _D	Needle to Plane	Sphere to Plane	KS
Creeping length [mm]	75	77	96
V _D [kV/mm]	0.57	0.34	0.33

4. 결론

본 논문에서는 챔버 내 압력 1~7[atm]의 Dry-Air를 주입한 후, AC전압을 인가하였을 때, 전극의 형상과 고체절연물의 두께에 따른 절연파괴전압, 연면방전 거리, 절연파괴 강도에 대해 비교하였다. 고체절연물로는 에폭시 수지를 사용하였고, 연면방전 특성은 다음과 같다.

- (1) 고체절연물의 두께가 두꺼워질수록 연면방전 거리가 증가하므로 연면파괴전압이 증가한다.
- (2) 전극형상과 상관없이 압력이 증가함에 따라 절연파괴 전압이 높아진다.
- (3) 전극 형상에 따라 절연파괴 강도는 다르게 나타나며, 준평등 전계에서보다 불평등 전계에서 더 높다.

위의 결과는 친환경 전력설비의 설계시 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

참고 문헌

- (1) 이광식, 김영수 외 3명 "건조공기(Dry-Air)의 교류 및 직류 전압에 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 5명 "Dry-Air의 연면방전 특성", 대한전기학회 전기물성·응용부문화 연구회 합동 춘계학술대회 논문집, 2008.05
- (5) Toshiaki Rokunche, "Development of SF₆-Free 72.5kV QS", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 22, No. 3, pp.1869~1876, 2007.07