

불평등전계 하의 고체절연물 연면방전특성

(Surface discharge Characteristics for solid dielectric under non-uniform field)

박혜리 · 이정환 · 최은혁 · 박송규 · 김이국♦ · 김기재 · 이광식

(Herie Park · Jung-Hwan Lee · Eun-Hyuck Choi · Sung-Gyu Park · Lee-Kook Kim · Ki-Chae Kim · Kwang-Sik Lee)

영남대학교, ♦경일대학교

Abstract

This paper presents a basic data of the surface discharge characteristics for solid dielectric under non-uniform field in N₂/O₂ mixture gas. Used electrodes are needle and plane. Used solid dielectric is epoxy resin. With the variation of the mixture rates of the gas by 80[%]:20[%], 60[%]:40[%] and 40[%]:60[%] in same condition, we can obtain different surface dielectric strength. Increased pressure and thickness caused increased surface dielectric strength.

1. 서론

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

SF₆는 안정된 열적·화학적 특성 및 우수한 절연성과 차단성으로 인하여 고전압 전력기기 내의 절연매체·소호매체로써 주로 사용되어져 왔으며, 전력기기의 소형화 및 고신뢰화에 많은 기여를 해오고 있다. 전력설비에서 SF₆의 사용량을 줄이기 위해서는 SF₆의 회수량을 증가시키는 기술을 개발하거나, SF₆를 대체할 수 있는 친환경 물질을 개발하는 것이 고려될 수 있으며, 이에 대한 연구가 전 세계적으로 활발하게 진행되어지고 있다.

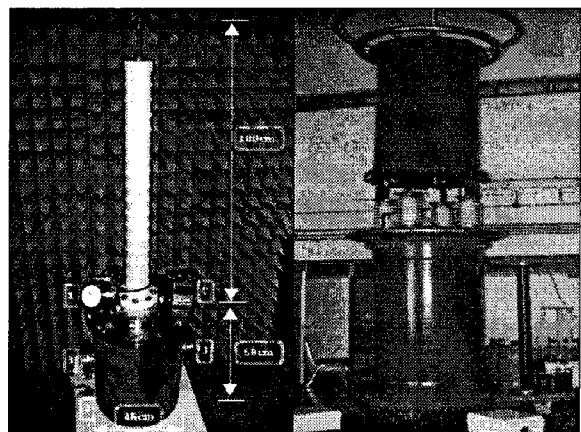
SF₆를 대체할 수 있는 친환경 물질로서는 N₂, CF₃I, N₂/O₂혼합가스, Dry-Air 등이 대두되고 있으며, 고체 및 진공을 매질로 사용하는 절연개폐장치에 대한 연구도 활발하다.

따라서 본 연구에서는 SF₆를 대체할 수 있는 물질로 고려되어지는 N₂/O₂혼합가스(순도 99.9% N₂ 가스와 순도 99.9% O₂가스)의 혼합비를 변화시켰을 때 고체절연물의 두께에 따른 연면방전특성을 연구하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1. 실험장치

사진 1-(a)는 본 연구에서 사용한 모의 GIS 챔버이다. 두께 20[mm]의 스테인레스로 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.



(a) 모의 GIS 챔버 (b) AC 전원장치

사진 1. 모의 GIS 챔버와 AC 300(kV) 전원장치
Photo 1. The Experimental GIS chamber and AC 300(kV) Power Supply

챔버는 $-90\sim 100^{\circ}\text{C}$ 의 온도 범위를 견딜 수 있으며, 10기압까지 가압하여도 내·외부 챔버의 안전에 이상이 없도록 설계·제작되었고, 300[kV]까지 인가 가능하다.

실험에 사용한 전원장치는 AC용 DY-106 (AC 300[kV]/120[mA])로써 사진1-(b)와 같다.

챔버 내부에 N_2/O_2 혼합가스를 주입하기 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 사용하여 조절하였다.

본 연구에 사용한 전극은 표1과 같다. 전극형상의 종류는 침전극(Needle, 직경 5[mm], 침단각도 20°)과 평판전극(Plane, 직경 59[mm])이며, 재질은 스테인리스 스틸이다. 전극의 배치는 수직배치(Needle : 상부, Plane : 하부, N-P)로 하였다.

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

표 1. 전극의 모양

Table 1. Shape of electrodes.

Shape	Diameter [mm]	Angle [$^{\circ}$]
	59	20
Kind of electrodes	Plane (P)	Needle (N)
Material	Stainless steel	

2.2. 실험방법

불평등 전계 하의 N_2/O_2 혼합가스 내 고체절연물의 연면방전 실험을 위해 우선 실험용 모의 GIS 챔버 내부에 평판전극과 고체절연물, 침전극을 순서대로 접하도록 배치하였다.

챔버 내부와 가스 주입 호스 내부를 진공 (5×10^{-4} [torr])으로 배기시킨 후, N_2/O_2 혼합가스를 주입하였다. 이때 사용한 N_2/O_2 혼합가스는 순수한 N_2 가스(순도:99.99[%])와 순수한 O_2 가스(순도 : 99.99[%])의 혼합비를 각각 $\text{N}_2:\text{O}_2=80\%:20\%$, $60\%:40\%$, $40\%:60\%$ 로 조절하여 제조한 가스로서, 챔버 내에 주입하고자 하는 압력을 기준으로 분압법칙을 적용하여 사용하였다. 주입한 매질의 압력은 1~7[atm]으로 조절하였다.

AC용 DY-106 전원장치를 이용하여 전압을 인가하였으며, 고체절연물의 연면을 따라 절연파괴가 일어날 때의 절연파괴전압(V_B)을 측정하였다. 실험이 끝난 후, 고체절연물의 연면방전거리를 측정하여 연면방전 전계강도(E_d)를 계산하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. $\text{N}_2:\text{O}_2=80\%:20\%$ 인 혼합가스 중의 연면방전특성

그림 1은 N_2 가스와 O_2 가스의 혼합비가 $80\%:20\%$ 인 혼합가스를 매질로 사용하였을 때, 가스의 압력 변화에 따른 고체절연물의 두께(t)별 연면방전 전계강도(E_d)를 나타낸다. E_d 는 압력이 증가함에 따라 상승하는 형태를 보이는데, 이는 압력이 증가함에 따라 고체절연물의 연면에 접하는 가스의 절연내력이 상승하게 되어 매질효과가 발생하기 때문으로 사료된다. 또한, t가 2, 3[mm] 일 때의 E_d 의 평균치는 각각 0.422, 0.463[kV/mm]로써, t가 두꺼워짐에 따라 E_d 가 증가함을 알 수 있다.

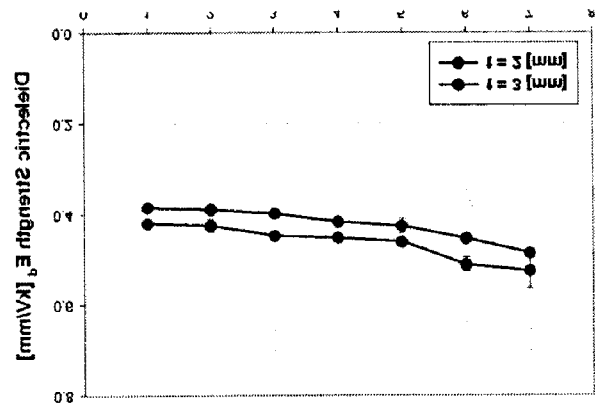


그림 1. $\text{N}_2:\text{O}_2=80\%:20\%$ 인 혼합가스 중의 압력에 따른 고체절연물의 t별 E_d

Fig. 1. E_d with variation of pressure and solid thickness in $\text{N}_2:\text{O}_2=80\%:20\%$ mixture gas

3.2. $\text{N}_2:\text{O}_2=60\%:40\%$ 인 혼합가스 중의 연면방전특성

그림 2는 N_2 가스와 O_2 가스의 혼합비가 $60\%:40\%$ 인 혼합가스를 매질로 사용하였을 때, 가스의 압력 변화에 따른 고체절연물의 t별 E_d 를 나타낸다.

E_d 는 압력이 증가함에 따라 상승하는 형태를 보이는데, 이는 $N_2:O_2=80[\%]:20[\%]$ 인 혼합가스의 경우의 특성과 동일하게 설명할 수 있다. t 가 2, 3[mm] 일 때의 E_d 의 평균은 각각 0.414, 0.464[kV/mm]이다.

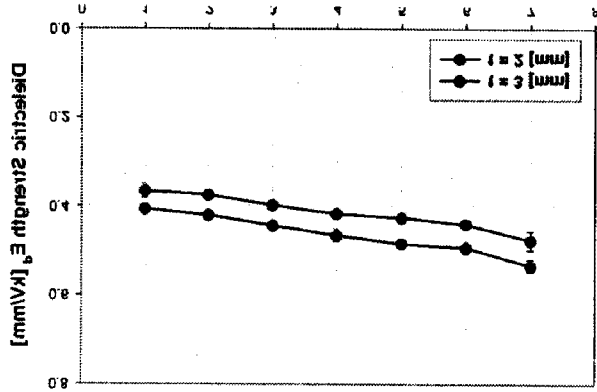


그림 2. $N_2:O_2=60[\%]:40[\%]$ 인 혼합가스 중의 압력에 따른 고체절연물의 t 별 E_d
 Fig. 2. E_d with variation of pressure and solid thickness in $N_2:O_2=60[\%]:40[\%]$ mixture gas

3.2. $N_2:O_2=40[\%]:60[\%]$ 인 혼합가스 중의 연면방전특성

그림 3은 N_2 가스와 O_2 가스의 혼합비가 40[%]:60[%]인 혼합가스를 매질로 사용하였을 때, 가스의 압력 변화에 따른 고체절연물의 두께별 E_d 를 나타낸다. 이때의 연면방전특성은 $N_2:O_2=80[\%]:20[\%]$, 60[%]:40[%]인 혼합가스의 경우의 특성과 동일하게 설명할 수 있다. t 가 2, 3[mm] 일 때의 E_d 의 평균치는 각각 0.409, 0.457[kV/mm]이다.

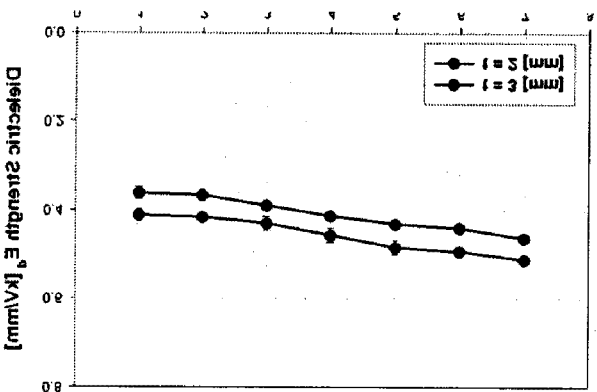


그림 3. $N_2:O_2=40[\%]:60[\%]$ 인 혼합가스 중의 압력에 따른 고체절연물의 t 별 E_d
 Fig. 3. E_d with variation of pressure and solid thickness in $N_2:O_2=40[\%]:60[\%]$ mixture gas

4. 결론

본 논문에서는 불평등전계 하에서 고체절연물의 연면방전 특성을 연구하였다. 사용한 매질은 압력 1~7[atm]인 N_2/O_2 혼합가스(순도 99.9% N_2 가스와 순도 99.9% O_2 가스)이며, 혼합비를 각각 $N_2:O_2= 80[\%]:20[\%]$, 60[%]:40[%], 40[%]:60[%]로 변화시켰으며, 고체절연물의 두께에 따른 연면방전특성을 연구한 것이다. 연면방전 특성은 다음과 같다.

(1) 압력이 증가함에 따라 고체절연물의 E_d 가 증가한다. 이는 연면에 접하는 가스의 절연내력이 상승하게 되어 매질효과가 발생하기 때문으로 사료된다.

(2) 고체절연물의 두께가 두꺼울수록 E_d 가 증가한다.

(3) 고체절연물의 두께와 매질의 압력이 동일한 조건 하에서 N_2 가스와 O_2 가스의 혼합비에 대하여 E_d 가 비례하지는 않음을 알 수 있다.

위의 결과는 각종 매질 내의 고체절연물의 연면방전 특성에 대한 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 이광식, 이창욱 외 3명, "평등/불평등 전계하의 제조공기(I-Air)에 대한 압력별 절연파괴강도 특성", 한국조명·전기설비학회 추계학술대회 논문집, 2007.11
- [2] 이광식, 이창욱 외 3명, "평등/불평등 전계하에서 제조공기(I-Air)와 SF_6 에 대한 압력별 절연파괴특성", 한국조명·전기설비학회 추계학술대회 논문집, 2007.11
- [3] 이광식, 김도석 외 5명, "온도 및 압력 변화에 따른 제조공기(I-Air)의 절연파괴특성", 한국조명·전기설비학회 춘계학술대회 논문집, 2007. 5
- [4] 이광식, 최은혁 외 3명, " SF_6 와 제조공기의 절연특성 비교 연구", 한국조명·전기설비학회 춘계학술대회 논문집, 2008. 5
- [5] 이광식, 도영희 외 4명, "배전급 전력설비를 위한 제조공기의 절연성 평가", 한국조명·전기설비학회논문지 제22권 제2호, 2008. 2
- [6] 이광식, 이창욱 외 6명, "불평등 전계하의 제조공기(I-Air)에 대한 절연파괴 특성", 한국조명·전기설비학회 춘계학술대회 논문집, 2007. 5
- [7] 이광식, 박해리 외 5명 "Dry-Air의 연면방전 특성", 대한전기학회 전기물성·응용부문화 연구회 합동 춘계학술대회 논문집, 2008.05
- [8] Toshiaki Rokunche, "Development of SF_6 -Free 72.5kV GIS", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 22, No. 3, pp.1869~1876, 2007.07
- [9] 박해리, "이종 매질 중 고체절연물의 연면방전 특성", 영남대학교, 석사학위논문, 2009.02