

SF₆와 이종절연재의 연면방전 특성 비교

이정환*, 박혜리*, 박승규*, 최영길**, 이광식*
 영남대*, 한국전기연구원**

The Comparisons of the Surface Flashover Characteristics at SF₆ and the various insulation media.

Jung-Hwan Lee*, herie Park*, Sung-Gyu Park*, Young-Kil Choi**, Kwang-Sik Lee*
 Yeungnam University*, Korea Electrotechnology Research Institute**

Abstract - In this paper describes the comparisons of the surface flashover characteristics according to the change of the insulation media by experimental GIS(Gas Insulated Switchgear) chamber in accordance with change of pressure(P) and electrode distance(d). The using insulation medias are SF₆, Dry-Air, I-Air(Imitation Air, N₂: O₂ = 79[%] : 21[%]), N₂:O₂ mixture gas and pure N₂.

In this study, in order to compare the properties SF₆ and order insulation gas, we investigated the properties of the various insulation media with a knife to knife electrode under ac high voltage application. The gas pressure was changed from 1 to 5[atm]. as a result, it was found that dielectric strength is SF₆ > I-Air > Dry-Air and the best environmental preservation gas is Dry-Air.

AC용 모의 GIS 챔버의 주요 사양은 압력변화(2~7[atm])를 위하여 안전상 10기압까지 가압이 가능하고 온도변화(-90~100℃) 및 유지가 가능하며, 높은 절연성을 가진 SF₆의 절연내력을 위하여 300[kV]까지 고압인가를 할 수 있도록 절연설계가 되어있다. {그림 1-(a)}

전원은 DY-106 (AC 300[kV]/120[mA])을 사용하였다. {그림 1-(b)} 실험용 챔버 내부압력을 측정하기 위해 압력계(WISE, 0~15기압)를 설치하였다. 실험용 챔버 내부를 진공을 시키기 위해서 5×10⁻⁴[Torr]까지 진공을 유지할 수 있는 진공펌프(SINKU KIKO Co.Ltd, GVD-050A, pumping speed 60ℓ/min)를 사용하였다.

본 연구에 사용한 전극의 재료는 스테인리스 스틸로서 Knife 형 전극(재질 : 스테인레스 스틸, 길이 43[mm], 직경 10[mm], 두께 2[mm], 곡률반경 45°)을 제작하여 K-K를 수평방향으로 사용하였다..

1. 서 론

최근 좁은 지역 내에 건물의 밀집, 고층화되고 문명이 발전함에 따라 요구되는 전력용량이 증가하고 있고 송전전압도 격상하고 있지만 전원 및 전력수송설비의 대도시 근교로의 입지는 제한되어 발·변전소용 등 부지의 효율적 사용 및 환경조화를 위해 설비의 축소화, 밀폐화가 불가피하다. 따라서 가스절연방식을 이용한 소형이면서 초고압·대용량 전력기기의 사용이 확대되고 있고, 대표적인 가스절연개폐장치(GIS)는 SF₆ 가스로 절연하여 밀폐시킨 것으로 규모가 크게 축소되었다.

그러나 방전 시 고독성, 고부식성, CH₄와 같은 비극성 오염물질 제거의 곤란성과 같은 단점들이 있고 1997년 12월 일본 Kyoto에서 개최된 제 3차 당사국회의 (COP3, 지구온난화방지 Kyoto회의)에서, 온실효과를 가진 배출규제 대상으로 지정되어 앞으로는 SF₆ 가스의 배출량이 정식으로 보고되어야 할 뿐만 아니라, 친환경적인 절연매체로 대체하여 사용하여야 한다. 따라서 본 논문은 실험용 모의 GIS장치 내에 SF₆가스 및 대체 가능성 있는 절연체들의 연면방전 특성에 관해 연구 하였다.

2. 본 론

2.1 실험장치

본 연구에 사용된 AC용 모의 GIS 챔버는 스테인레스를 사용하여 내·외부 2중층으로 제작하였으며 모의 챔버 내부를 관측할 수 있도록 하기 위하여 투명한 아크릴을 사용하여 양쪽에 관측창(직경 110[mm], 두께 20[mm])을 만들었다.

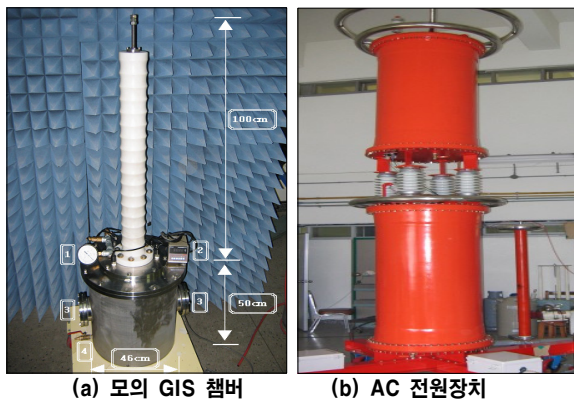


사진 1. 모의 GIS 챔버 & AC 300[kV] 전원장치

2.2 실험방법

이종절연체에 대한 실험은 우선 모의 GIS 챔버 내부를 진공상태(5×10⁻⁴[torr])로 유지하였다. 이 때 각각의 절연체만의 순수한 성분을 주입시키기 위해 가스와 챔버간에 연결된 호스내부도 진공을 시켰다. 사용된 전극은 Knife형을 사용하였으며, 각 절연체 종류에 따른 전극간거리(d)는 SF₆는 5~15[mm]까지 5[mm]씩 증가시켰고 그 외의 절연체는 5~20[mm]까지 5[mm]씩 증가시켜가며 교류전압을 인가(초당 3.15[kV] 상승, 누설전류 10[mA]기준)하여 측정하였다. 전극사이의 고체 절연물로는 불소와 탄소의 강력한 화학적 결합으로 인해 매우 안정된 화합물인 테플론을 사용하였다. 부분방전 전압(V_{PD})은 5회 이상 측정하여 평균값을 이용하였다. 전극 배치는 수평배치이며, 전극에서 d 및 P의 변화에 따른 실험이 끝나면 각각 절연체를 교체 투입 후 같은 방법으로 실험을 수행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 SF₆의 연면방전 특성

그림 1은 SF₆ 중의 K-K형 전극으로 형성하여 SF₆가스 중에서 방전 챔버의 P를 1~5[atm]으로 변경하면서 d에 따른 절연과특성을 나타낸 것이다. 그림 1에서 알 수 있듯이 d와 P가 높아짐에 따라 V_{PD}도 증가하

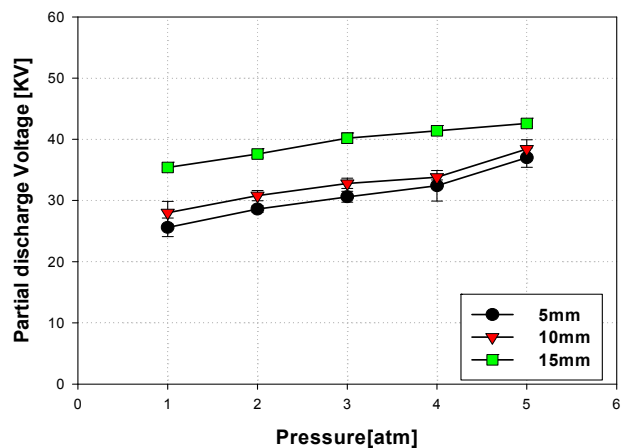


그림 1. SF₆ 에서 갭 길이 변화에 따른 연면방전특성(K-K)

는 것을 알 수 있다. V_B 의 평균 증가 비율은 5[mm]에서는 1.13배, 10[mm]에서는 1.11배, 15[mm]에서는 1.05배로 나타났다. 위 그림 1의 특성에서 보면 파센법칙이 갭 길이 5~15[mm]에서는 일정하게 유지되며 또한 파센법칙의 이탈현상은 거의 보이지 않음을 알 수 있다. 사진2는 SF₆에서 갭 길이 10[mm]일 때 연면방전 이후의 전극 및 절연물의 사진으로 테플론은 도통되었다.

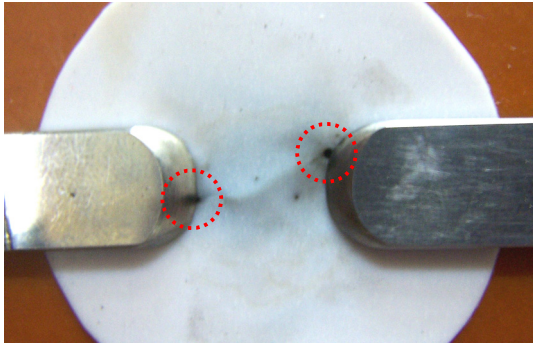


사진 2. SF₆에서 연면방전 후의 절연물 표면

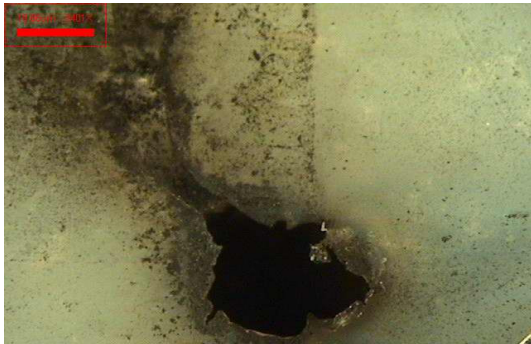


사진 3. SF₆에서 연면방전 후에 절연물의 삼중점 표면(x2400)

알려진 바와 같이 SF₆에서 방전 이후의 불순물의 생성이 육안으로 확인되었으며 절연물 표면 중에서 삼중점에서의 현저한 파손이 확인되었다. 사진3은 사진2의 도통된 부분을 2400배율로 확대한 사진이다.

3.2 SF₆와 이종절연재의 연면방전 특성 비교

그림 2는 갭 길이 5[mm]에서의 SF₆와 친환경 재료인 I-Air 및 Dry-Air, 그리고 N₂O₂(60:40)혼합가스 와 순수N₂의 P에 따른 V_{PD}특성을 나타낸 것이다.

V_{PD}평균 증가 비율이 SF₆를 기준으로 할 때 Dry-Air에 대해서 1기압 일 경우 2.46배, 2기압 1.99배, 3기압 1.61배, 4기압 1.42배, 5기압 1.44배로 전체 평균1.78배가 되었다. I-Air에 대해서는 1기압 2.21배, 2기압 1.61배, 3기압 1.4배, 4기압 1.14배, 5기압 1.14배로 전체 평균1.5배였고 N₂O₂혼합가스는 전체 평균 1.59배, 순수 N₂는 2.65배였다.

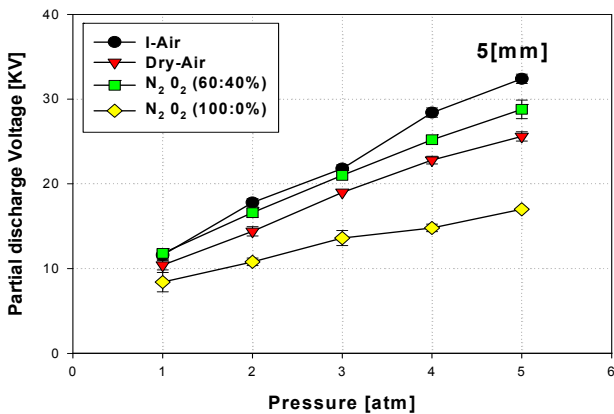


그림 2. 갭 길이 5mm일 때 이종절연재종의 기압별 연면방전특성(K-K)

그리고 SF₆를 대체할 친환경 가스들의 실험후 트래킹을 따른 불순물의 생성을 육안으로 확인하였을때 SF₆ > I-Air > Dry-Air의 순으로 생성되었다. 실험에서 친환경 절연재료인 Dry-Air는 SF₆에 비해 절연성능은 약56%에 그치고 불순물의 생성은 가장 적음을 확인했다.

표 1은 d가 5[mm], P가 1[atm]일 때 SF₆와 이종절연재의 V_{PD}를 P.U 법에 의해 나타낸 것이다. SF₆를 기준으로 하여 I-Air, N₂O₂(60:40), Dry-Air 및 순수 N₂의 순으로 우수한 절연내력을 가지고 있었으며 실험후 불순물의 형성은 역시 Dry-Air가 가장 적었다.

표 1. SF₆와 이종절연재의 부분방전 특성(1atm, 5mm)

매 질	SF ₆	I-Air	Dry-Air	N ₂ O ₂ (60:40)	N ₂ O ₂ (100:0)
V _{PD} [P.U]	1	0.45	0.41	0.45	0.33

표 2. SF₆와 이종절연재의 부분방전 특성(3atm, 5mm)

매 질	SF ₆	I-Air	Dry-Air	N ₂ O ₂ (60:40)	N ₂ O ₂ (100:0)
V _{PD} [P.U]	1	0.71	0.61	0.68	0.42

표 2는 d가 5[mm], P가 3[atm]일 때 SF₆와 이종절연재의 V_{PD}를 P.U 법에 의해 나타낸 것이다.

4. 실험결과 및 고찰

본 연구에서는 GIS 내부에서 발생할 수 있는 연면방전의 특성에 대해 실험하였고 SF₆ 및 이종절연재인, 순수N₂, N₂/O₂혼합가스 및 대체 가능한 절연매질인 제조공기(I-Air) 와 Dry-Air에서 압력(P), 전극간거리(d)의 변화에 따른 부분 절연 파괴전압(V_{PD})의 변화특성으로서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) N₂/O₂혼합가스를 제외한 이종절연재에서는 파센의 법칙을 크게 이탈하는 경우는 없었으며 1[atm]에서 SF₆의 절연성능은 다른 절연재의 2배정도였으며 V_{PD}의 크기는 5[mm], 1 및 3[atm]에서 SF₆ > I-Air = N₂/O₂(60:40) > Dry-Air > 순수 N₂의 순서로 나타났다.

(2) 연면방전 후 절연물에 생긴 트래킹의 흔적을 확인하였을 때 대부분의 경우 삼중점을 기점으로 발생하였고 가장 손상이 심하였다. 또한 SF₆가 트래킹 흔적을 따라 불순물의 흔적이 가장 많이 생겼으며 Dry-Air가 가장 적게 발생함을 확인 하였다.

[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 절소의 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] 박하용 외 4명, " 지하구내에 설치된 변압기의 극간 거리에 따른 연면방전 특성"産業科學技術研究論文集, Vol.10 No.-, 2005
- [7] 유수복 "固體 유전체의 Impulse 沿面 Flashover 過程" 연구논문집, Vol.17 No.-, 1992