

친환경 절연가스중 Teflon수지의 연면방전특성

(Surface Discharge Characteristics of Teflon Resin in Environment-Friendly Insulation Gas)

이정환* · 박혜리 · 최은혁 · 장승호 · 이광식**

(Jung-Hwan Lee · Herie Park · Eun-Hyeok Choi · Seong-Ho Jang · Kwang-Sik Lee)

요 약

본 논문은 Knife 전극을 사용했을 때 친환경 절연가스인 $N_2:O_2(100[\%]:0[\%])$ 및 $N_2:O_2(80[\%]:20[\%])$, I-Air, $N_2:O_2(60[\%]:40[\%])$ 의 혼합가스 및 SF_6 중 Teflon 수지에서의 연면절연특성을 구명하여 절연설계 시에 응용 가능한 기초자료를 제공하고자 한다. 사용한 전극은 Knife형 전극으로써, 거리 및 압력을 조정하며 절연가스의 종류에 따른 연면절연과피전압, 연면방전 전계강도를 비교분석하였다. 혼합가스 중에 평균 연면절연과피전압은 I-Air가 가장 높게 나타났다. 또한 SF_6 의 연면방전전계강도는 I-Air의 약 2배 정도로 나타났다.

Abstract

This paper reviews a basic data of the surface discharge characteristics for teflon resin in not only pure N_2 , $N_2:O_2(80[\%]:20[\%])$, I-Air and $N_2:O_2(60[\%]:40[\%])$ mixture gas as environment-friendly insulation Gas also SF_6 . Used electrodes are Knife to Knife. With the changing distance of electrodes and pressure, we can find it, surface discharge voltages and surface dielectric strengths, respectively. Surface discharge Voltages of I-Air are more higher than the other N_2/O_2 mixture gases. Moreover, we can obtain that the surface dielectric strengths of SF_6 are two times about I-Air, approximately.

Key Words : SF_6 , N_2 , Teflon Resin, Surface Discharge

1. 서 론

SF_6 가스는 우수한 절연특성으로 지금까지 전력설비의 절연가스로 다양하게 사용되어 왔다. 그러나 지구온난화계수가 높은 CO_2 , N_2O , CH_4 , PFC, HFC

와 더불어 교토의정서에서 감축대상 가스로 지정되었다. 따라서 그 사용량을 점점 줄여나가야 할 현실에 직면해 있다. 따라서 SF_6 가스를 대체할 절연재의 개발 및 사용이 국내외적으로 가시화되고 있다.

SF_6 는 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[1-2]. 전력설비에서 SF_6 의 사용량을 줄이기 위해서는 SF_6 의 회수량을 증가시키는 기술을 개발하

* 주저자 : 영남대학교 전기공학과 석사과정

** 교신저자 : 영남대학교 전기공학과 교수

Tel : 053-810-3953, Fax : 053-810-4767

E-mail : kslee@yu.ac.kr

접수일자 : 2009년 8월 27일

1차심사 : 2009년 8월 27일

심사완료 : 2009년 9월 4일

친환경 절연가스중 Teflon수지의 연면방전특성

거나, SF₆를 대체할 수 있는 친환경 물질을 개발하는 것이 고려될 수 있으며[3], 이에 대한 연구가 전세계적으로 활발하게 진행되고 있다.

SF₆를 대체할 수 있는 친환경 물질로서는 N₂, CF₃I, N₂/O₂혼합가스, Dry-Air 등이 대두되고 있으며, SF₆에 비해 Global Warming Potential(GWP)은 낮고 절연내력은 비슷한 Perfluorocarbon(PFC)도 연구되어 지고 있다[4]. 뿐만 아니라 고체 및 진공을 매질로 사용하는 절연개폐장치에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.

2008년 3월, 한국전력 송변전기술팀에서는 25.8 [kV]의 교류회로에 사용하는 옥내변전소용 친환경 가스절연개폐장치(Environment-Friendly Gas Insulated Switchgear, EGIS)의 일반 구매규격을 제정하였다.

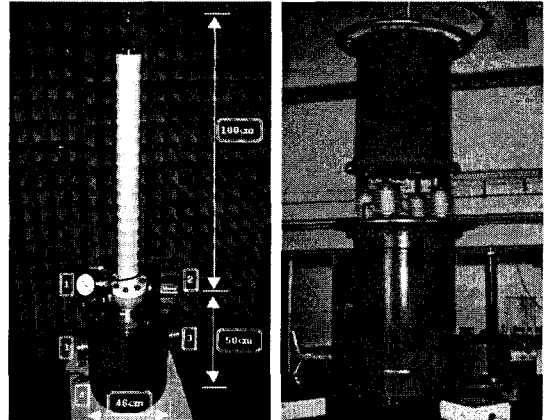
이 규격에 친환경 절연매질의 하나로 N₂가스가 국내·외적으로 크게 각광받고 있다[5].

일반적으로 불연성 가스인 질소(N₂), 아르곤(Ar), 크세논(Xe)등은 자체 연소가 되지 않을 뿐만 아니라 액화 온도가 낮으며, 무해하고 지구 온난화의 영향도 거의 없다[6].

이러한 관점에서 본 논문은 친환경 절연재료인 순수 N₂ 및 N₂:O₂혼합비가 다른 가스중에 Teflon수지의 연면방전특성을 구명하여 친환경 전력설비의 절연설계에 응용 가능한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 실험 장치 및 방법

사진 1 (a)는 본 연구에서 사용한 모의 GIS 챔버이다. 두께 20[mm]의 스테인레스로 만들어졌으며, 내·외부 2중 구조로 이루어져 있다. 내부 챔버는 내직경 260[mm], 높이 460[mm]로서 체적은 약 25[ℓ]이며, 외부 챔버의 경우 내직경 460[mm], 높이 500[mm], 체적은 약 83[ℓ]이다. 또한, 외부에서 챔버 내부의 전극배치 및 방전상태를 관측할 수 있는 원형 아크릴 관측창(직경 110[mm], 두께 20[mm])이 설치되어 있다. 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.



(a) 모의 GIS 챔버 (b) AC 전원장치

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

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

표 1은 Knife형 전극의 모양과 그 주요사양을 나타낸다. 전극의 직경(D)은 10[mm], 길이(L)는 43[mm], 곡률반경은 5[mm]이며 침단각(θ)은 45[°]로 제작하였다. 전극의 두께는 2[mm]이며 스테인리스 스틸을 사용하였다. 연면방전 특성실험에 사용된 고체절연물은 지름(Φ)이 50[mm]이며 두께(t)가 1[mm]인, 불소와 탄소의 강력한 화학적 결합으로 인해 매우 안정된 화합물인 테플론 수지를 사용하였다. 이 수지는 매우 높은 내열성(약 316[°C])과 또한 매우 낮은 마찰계수와 우수한 내마모성, 내화학성, 그리고 내부식성을 가지고 있다. 실험에 사용한 전원장치는 AC용 DY-106(AC 300[kV]/120[mA])이다.

Knife(K)형 전극에서 N₂의 혼합비에 따르는 Teflon수지의 연면방전 실험을 위해 챔버 내부의 나이프전극(Knife-Knife, K-K)을 그림 1과 같이 수평배치하였다. 테플론 수지를 지면과 평행하게 두고 그 위에 전극을 수평배치 시키고 갭 간격(d)을 변화(1~5[mm])시켜 가면서 각 전극간 거리에서 연면방전전압을 측정하였다.

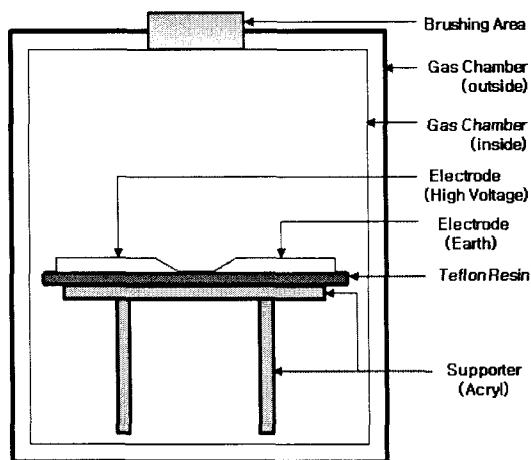


그림 1. 전극 배치도
Fig. 1. Configuration of Electrode Arrangement

사용할 절연가스를 GIS 챔버 내에 주입하기 전 진공펌프를 이용하여 챔버 내부와 가스 주입 호스 내부를 5×10^{-4} [Torr]의 진공상태로 만들었다. 이후, SF₆는 1~5[atm]까지, 순수 N₂ 및 N₂:O₂혼합가스인 경우는 1~7[atm]까지 챔버에 주입하여 각 압력에 대한 연면방전 특성도 연구대상이다.

표 1. Knife형 전극 모양
Table 1. Feature of Knife electrode

Material	Stainless steel
Diameter(D)[mm]	10
Length(L)[mm]	43
The radius of curvature(C)[mm]	5
Thickness(T)[mm]	2
The angle of edge(θ) °	45
Shape	
	Side View Plane View

모의 챔버에 AC전압을 인가하여 연면방전전압을 5회 측정하여 그 평균값을 평균연면방전전압(V_B)으로 취급하였다. 또한, 인가한 전원의 전압상승 속도는 3.15[kV/s]로 하였다. 연면방전 측정방법은 리더방전에 의한 초기방전전압을 이용하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 SF₆가스 중의 전극간 거리에 따른 고체절연물의 연면방전특성

그림 2는 압력(P)에 대한 연면절연파괴전압(V_B) 특성이다. 그림에서 전극간 거리(d)가 1[mm]와 2[mm]일 경우는 P의 증대에 따라 거의 직선적으로 상승하는데, 이는 d가 아주 짧은 경우는 불평등성이 크게 완화되어 평등성이 크게 되기 때문이다. 그 결과 Paschen의 법칙에 따른 특성을 보이게 된다. 그러나 3~5[mm]에서는 불평등성이 커지게 되고 불평등성이 커지게 될수록 Paschen의 법칙은 점점 더 큰 오차를 갖게 된다. 또한 상대적으로 d가 큰 경우(d=3~5[mm])는 P·d가 상대적으로 큰 경우이므로 그림3의 설명에서 보여주는 전극주위의 매질인 SF₆가스의 절연파괴 전계강도 상승률이 낮아짐에 따른 원인도 함께 작용하게 된다. 그 결과, d가 3~5[mm]인 경우에 2[atm]부터는 포화되는 경향을 보이게 된다.

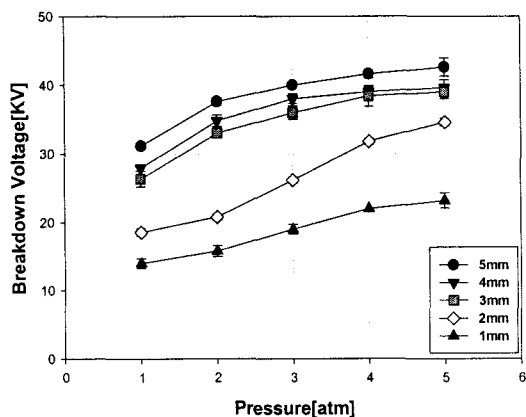


그림 2. SF₆ 중의 전극간의 거리별 연면절연파괴전압
Fig. 2. Breakdown voltage of Surface discharge in SF₆ according to gap distance

진원경 절연가스중 Teflon수지의 연면방전특성

그림 3은 연면면적(S)과 V_B 의 관계를 보여주고 있는데 여기서 d가 1, 2, 3, 4 및 5[mm]일 경우의 S를 각각 S_1, S_2, S_3, S_4 및 S_5 로 나타내고 있다. S의 증대에 따라 V_B 가 증대되는 경향이며 S가 커짐에 따라 포화되는 경향을 보이고 있다. 전극의 폭을 일정하게 고정시킨 경우 d와 S는 서로 비례관계를 갖게 된다. 그 결과, S의 증대에 따라 V_B 도 증대된다.

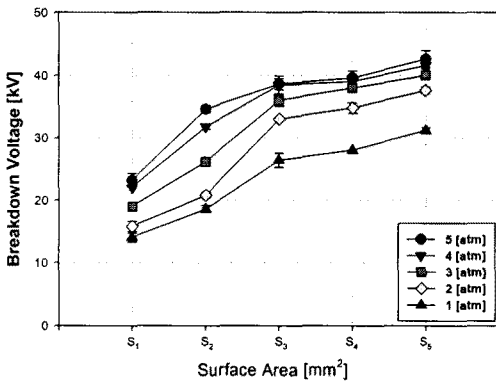


그림 3. SF₆ 중의 면적에 따른 연면절연파괴전압
Fig. 3. Breakdown voltage of Surface discharge in SF₆ according to surface

또한 S가 커짐에 따라 포화하는 경향을 보이게 되는데 이것은, 다음과 같이 두 가지의 메커니즘이 복합적으로 기여한다고 해석된다.

첫째, Teflon수지를 에워싸고 있는 가스는 SF₆이다. 따라서 Schumann의 방전조건식은 다음 (1)식과 같다.

$$1 - \gamma(\epsilon^{ad} - 1) = 0 \tag{1}$$

식 (1)에서 $\epsilon^{ad} \gg 1$ 인 경우가 일반적인 경우이므로 식(1)은 다음 (2)식과 같이 표현된다.

$$d = \frac{1}{a} \ln \frac{1}{\gamma} = \frac{1}{a} \ln K \tag{2}$$

위 식에서 a는 Townsend의 제1충돌전리계수이며 γ 는 제2차 전리계수이다. 그리고 $\frac{1}{\gamma}$ 을 K로 표현하였다. 가스의 종류, 전극의 종류 및 기타 챔버 내의

환경이 결정된 경우에는 γ 즉, 제2차 전리계수가 일정하게 되어 $\frac{1}{\gamma} = K$ 로 일정한 값이 된다. 식 (2)에서 d가 커지게 되면 a가 적어져야 한다는 것인데 이것은 곧 d가 증가할수록 인가전계가 낮아져도 방전이 일어난다는 뜻임을 알 수 있다.

이 결과 d- V_B 특성에서 어느 d까지는 V_B 가 직선적으로 상승하다가 서서히 포화되는 경향으로 나타나게 되는 것이다. 이렇게 V_B 의 증가율이 낮아지게 된다는 것은 전극 주위를 둘러싸고 있는 매질의 절연 파괴 전압의 증가율이 낮아진다는 의미이고 전극주위 매질의 절연파괴전압의 증가율이 낮아지게 되면 매질효과에 의하여 연면절연파괴전압의 증가율도 낮아지게 되는 것이다.

둘째, d가 커지게 되면 S가 커지게 되고 S가 커짐에 따라 Weak spot(취약점)이 개재될 확률이 커지게 되므로 연면절연성을 악화시키는 원인으로 작용하게 된다. 이상의 2가지의 절연파괴이론이 복합적으로 작용하여 S의 증대에 따라 V_B 는 포화하게 되는 것이다.

표 2는 갭 간의 거리 및 압력의 변화에 따른 평균 연면절연파괴전계강도를 표현한 수치이다. 연면방전 전계강도(E_d)는 각각의 V_B 를 d로 나눈 값으로써 단위는 [kV/mm]이다. 표 2에는 SF₆중의 거리에 따른 평균 E_d 를 나타낸다. d가 길어질수록 E_d 값은 감소하고 각각의 동일 d에서는 P가 높을수록 E_d 값이 증대되어 가는데, 이에 관한 이유는 그림 3의 설명에서 이미 설명한 바와 같다.

표 2. SF₆ 중의 거리에 따른 평균 연면방전 전계강도(kV/mm)

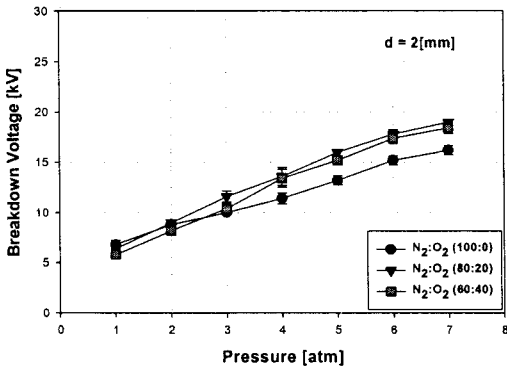
Table 2. Average surface discharge dielectric strength in SF₆ under different distance (kV/mm)

Pressure [atm]	1	2	3	4	5	
Distance of electrodes [mm]	1	14.0	15.8	19.0	22.0	23.2
	2	9.3	10.4	13.1	15.9	17.3
	3	8.8	11.0	12.0	12.8	12.9
	4	7.0	8.7	9.5	9.8	9.9
	5	6.2	7.5	8.0	8.3	8.5

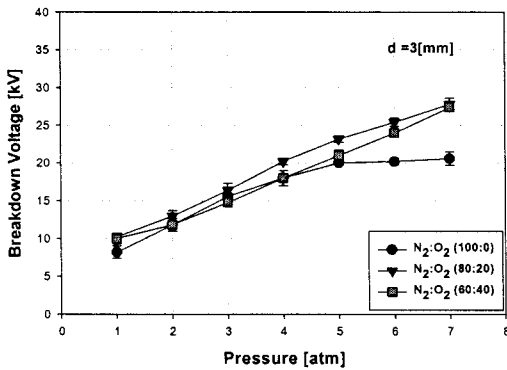
3.2 친환경 가스 중의 전극간 거리 및 기압의 변화에 따른 연면방전특성

그림 4는 $N_2:O_2$ 의 혼합체적비율이 각각 100:0, 80:20 및 60:40[%]인 혼합가스를 매질로 하였을 때, P- V_B 특성을 보여준다. 이상의 결과에서 친환경 가스절연체인 N_2 및 N_2 와 O_2 의 혼합가스를 사용할 경우, I-Air일 경우가 가장 연면절연특성이 우수한 것으로 나타났다. 이것은 토시아키의 연구결과와 서로 일치한다[7].

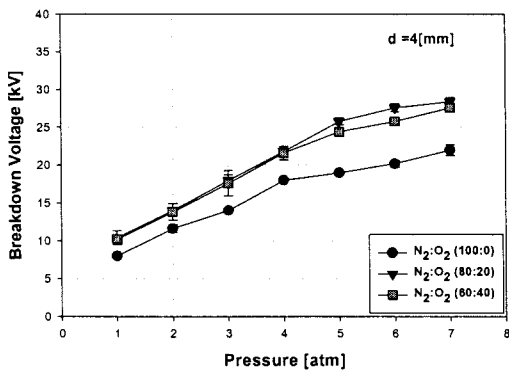
그림에서 d가 2[mm]일 경우는 거의 직선적으로 그 특성을 보여주고 있으나 d가 3[mm] 및 4[mm]에서는 포화되는 경향을 보여주는데 이것은, SF_6 의 경우와 같이 해석될 수 있다. (a), (b), (c) 그림에서 N_2 가 대체적으로 $N_2:O_2$ 혼합가스 보다 절연성이 좋지 못한 것으로 나타나는데, O_2 는 전기적 부정가스이므로 N_2 와 O_2 의 혼합가스가 절연특성이 더 양호한 것으로 볼 수 있다.



(a) 2(mm)일 때의 $N_2:O_2$ 가스의 혼합비에 따른 연면절연파괴전압



(b) 3(mm)일 때의 $N_2:O_2$ 가스의 혼합비에 따른 연면절연파괴전압



(c) 4(mm)일 때의 $N_2:O_2$ 가스의 혼합비에 따른 연면절연파괴전압

그림 4. 친환경가스 중의 전극간의 압력별 연면절연 파괴전압 특성

Fig. 4. Characteristics of Surface Discharge Voltage-Pressure in Environment-Friendly Gas

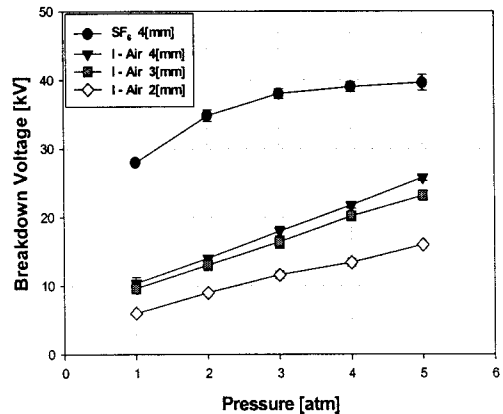


그림 5. SF_6 와 I-Air의 압력별 연면절연파괴전압
Fig. 5. Surface Discharge Voltage in SF_6 and I-Air according to pressure

그림 5는 이상의 결과를 종합하여, 혼합가스 중 그 특성이 우수한 I-Air와 SF_6 의 경우를 비교한 특성이 다. d가 4[mm]이며 P가 1, 2, 3, 4 및 5[atm]일 경우, SF_6 에 대한 제조공기의 V_B 값은 35.7, 40.0, 56.0, 55.0 및 65.0[%]이며, 그 평균값은 50.3[%]이다.

그림 6은 전극간의 d가 4[mm]일 경우의 각 P에

친환경 절연가스중 Teflon수지의 연면방전특성

따른 SF₆와 I-Air의 E_d특성이다. 여기서 E_d는 V_B를 그 연면거리로 나눈 값으로써, 전극간의 거리를 기 준하였다.

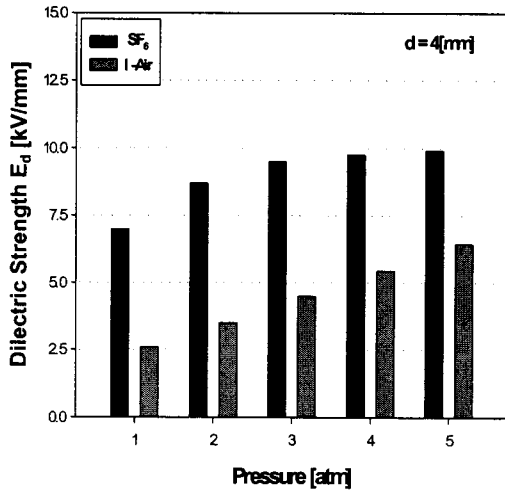


그림 6. 전극간 거리가 4(mm)때 SF₆와 I-Air의 연면방전 전계강도의 비교

Fig. 6. Comparison of Surface discharge dielectric strength in SF₆ and I-Air at 4(mm)

연면방전 전계강도 E_d는 SF₆를 기준으로 할 경우 I-Air는, 기압(1~5[atm])에 따라 SF₆에 대하여 각각 약 37.0, 40.0, 47.0, 55.0, 65.0[%]로 나타났고 평균 E_d는 49.0[%]로 나타났다. SF₆의 E_d의 경우 평균 9.4[%]로 비교적 작은 폭으로 상승하고 있으며, I-Air의 경우 E_d의 평균상승비는 25.9[%]로 나타났다. SF₆와 I-Air의 압력의 상승에 따른 전계강도의 상승비를 표 3에 나타내었다.

그림 6과 표 3에서 알 수 있듯이 Knife전극을 수평으로 배치 시 절연매질의 P에 따른 E_d의 상승비는 P가 상승할수록 감소하는 것을 알 수 있다. SF₆ 및 I-Air 양자 모두 같은 특성을 보여주고 있는데, 이는 앞에서 기술한 바와 같다.

또한 SF₆에 대한 I-Air의 E_d의 비가 P의 상승에 따라 37.0~65.0[%]로 평균 49.0[%]정도이며 V_B의 비가 50.3[%]이나 대기 중에 풍부한 재원이 있으며 특히, 친환경적이므로 아래사항을 고려한다면 사용 가능성이 충분하다고 판단된다.

표 3. Knife전극 배치 시 SF₆와 I-Air의 기압별 연면방전 전계강도 상승비[%]

Table 3. Increasing rate of dielectric strength in SF₆ and I-Air with variation of pressure using Knife electrodes[%]

Pressure [atm]	1→2	2→3	3→4	4→5	
Kind of Gas	SF ₆	24.3	9.2	2.6	1.5
	I-Air	34.6	28.6	21.1	18.4

이상의 결과에서 I-Air가 SF₆가스 정도의 절연성을 가지려면 연면거리의 증대 및 압력의 증대가 요구됨을 알 수 있다. 그 결과 용기의 체적의 증가 및 무게가 상대적으로 두꺼운 것을 택하여 강도를 보강하여야 할 것이다.

E_d를 증대시키고자 할 경우 고체유전체 주위의 매질의 종류, 연면거리, 고체유전체의 물성 및 매질의 거칠기, 전극의 형상 및 기타표면상태 등 다양한 요인을 고려하여야 한다.

4. 결 론

본 논문에서는 SF₆ 가스를 대체할 수 있는 다양한 절연매질 중에서 친환경적인 절연가스로 주목받고 있는 N₂ 및 O₂를 절연 매질로 사용한 I-Air의 절연 특성을 연구한 논문으로 중요한 결론은 다음과 같다.

1) SF₆에서 전극간 거리가 1~2[mm]일 경우는 압력의 증가에 따라 연면절연과피전압이 선형적으로 상승하나 3~5[mm]는 포화하는 경향을 보인다. 이는 전극간의 거리가 매우 짧은 경우는 평등성을 나타내어 Paschen의 법칙에 따른 특성을 보이나, 거리가 길수록 불평등성이 커지게 되어 Paschen의 법칙을 이탈하게 되기 때문이다.

그리고 연면면적이 커짐에 따라 연면절연과피전압이 증대되고 또한 포화되는 경향을 보이는 데, 이것은 두 가지 메커니즘의 복합적 결과로 볼 수 있다.

첫째는, Teflon수지를 에워싸고 있는 SF₆가스가 Schumann의 방전 조건식에 의해, 전극간의 거리가 커지게 될수록 연면절연과피전압의 증가율이 적어지게 되고 또한, 매질효과로 나타나

기 때문이다.

둘째, 연면방전면적이 커질수록 Weak spot이 개재될 확률이 높아지기 때문이다.

- 2) 2~4[mm]까지 갭 길이를 조정하였을 경우, 사용한 I-Air가 가장 우수한 절연내력을 가진 것으로 확인되었다. 순수 N₂가 N₂:O₂ 혼합가스보다 절연성이 좋지 않았는데, 이는 전기적 부성 가스인 O₂의 특성 때문이라 판단된다.
- 3) SF₆와 I-Air의 연면방전전계강도의 상승률이 압력의 상승에 따라 모두 감소하는 경향을 보인다. 이유는 압력의 증가에 비해 연면절연과 피전압의 상승률이 상대적으로 낮아지기 때문이다.

마지막으로 SF₆에 대하여 I-Air의 절연파괴 전압은 평균 49[%], 최대 65[%]의 연면절연과피 전계강도를 보이고 있으며, 그 재료를 자연에서 충분히 얻을 수 있고 친환경적이라는 큰 이점이 있다. I-Air를 사용시 연면거리를 증대시키든지 용기의 압력을 증대시켜야 할 것으로 판단되므로 용기의 크기 및 강도를 적의 증대시켜주면 I-Air는 획기적인 가스절연매질로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 2008학년도 영남대학교 교내학술연구 조성비에 의한 것임.

References

- [1] L.G. Christophorou, J.K. Olthoff and R.J. Van Brunt, "Sulfur Hexafluoride and the Electric Power Industry", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 13, No. 5, pp. 20-24, September/October, 1997.
- [2] L.G. Christophorou and R.J. Van Brunt, "SF₆/N₂ Mixtures Basic and HV Insulation Properties", IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.2, No.5, pp.952-1003, October 1995.
- [3] Toshiaki Rokunche, Yoshitaka Yagihashi, Kenji Aoyagi, Takashi Oomori and Rumihiro endo, "Development of SF₆-Free 72.5 kV GIS", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol.22, No.3, pp.1869-1876, July 2007.

- [4] Masayuki Hikita, Shinya Phtsuka, Shigemitsu Okabe and Shuhei Kaneko "Insulation Characteristics of Gas Mixtures including Perfluorocarbon Gas", IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.15, No.4, pp.1015-1022, August 2008.
- [5] 한국전력신문2008.7.27.
- [6] 이상우, 김이국, 김인식, 이동인, 이광식, "평등 및 불평등 전개하에서 순수 Ar, N₂가스와 Ar/N₂ 혼합가스의 교류 절연파괴 특성"전기조명학회논문집, pp.20-27, 2001.9.
- [7] Toshiaki Rokunche, Yoshitaka Tagihashi, Jenji Aoyagi, Takashi Oomori, and Fumihiro Endo. "Edvelopment of SF₆-Free 72.5 kV GIS", IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.22, No.3, pp.1869-1876, July.2007.

◇ 저자소개 ◇

이정환 (李定煥)

1982년 9월 19일생. 2008년 경일대 전기공학과 졸업. 현재 영남대 대학원 전기공학과 석사과정.

박혜리 (朴惠利)

1984년 8월 14일생. 2006년 프랑스 Cergy-Pontoise 대학교 전기공학과 졸업. 2007년 영남대 전기공학과 졸업. 2009년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2009년 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.

최은혁 (崔殷赫)

1977년 2월 19일생. 2003년 경일대 전기공학과 졸업. 2005년 영남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2009년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 영남대학교 강사.

장승호 (張承鎬)

1951년 1월 14일생. 1991년 경일대 전기공학과 졸업. 1997년 경일대 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 2008년 영남대 대학원 전기공학과 박사과정 수료. 현재 영진전문대학 강사.

이광식 (李廣植)

1948년 10월 20일생. 1971년 영남대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 졸업(박사). 1988~1989년 Nagoya Institute of Technology 초빙교수. 대한전기학회 방전 고전압연구회 간사장 역임. 한국조명전기설비학회 편수위원장·부회장 역임. 현재 한국조명전기설비학회 회장. 영남대학교 전기공학과 교수.