

# 평등전계에서 AC 및 표준 뇌 임펄스 전압의 SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub> 혼합 가스 절연 파괴 특성

성허경, 박신우, 황청호, 김남렬, 허창수  
인하대학교

## Breakdown Characteristics of SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub> Mixtures Under AC and Standard Lightning Impulse Voltages in Uniform Field

Heo-Gyung Sung, Shin-Woo Park, Chung-Ho Hwang, Nam-Ryul Kim, Chang-Su Huh  
Inha Uni.

**Abstract** : Although many studies have been carried out about binary gas mixtures with SF<sub>6</sub>, few studies were presented about breakdown characteristics of SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub> mixtures. At present study the breakdown characteristics of SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub> mixtures in uniform field was performed. The experiments were carried out under AC and standard lightning impulse (SLI) voltages. The sphere-sphere electrode whose gap distance was 1 mm was used in a test chamber. SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub> mixtures contained from 0 to 100% SF<sub>6</sub> and the experimental gas pressure ranged from 0.1 to 0.4 MPa. The results show that addition of SF<sub>6</sub> to CF<sub>4</sub> increase AC and SLI breakdown voltages. Under AC voltages the breakdown voltages of each mixture were linearly increased according to the quantity of SF<sub>6</sub>. However under SLI voltages the breakdown voltages of each mixture were similar.

**Key Words** : Breakdown, AC Voltage, Impulse Voltage, SF<sub>6</sub>, CF<sub>4</sub>

### 1. 서론

SF<sub>6</sub>는 강한 절연내력 특성과 아크 소호 능력을 가지고 있어서 고전압 절연 기기에 많이 사용된다. 그러나 최근 환경적인 문제, 고압에서 온도가 낮아질 때의 액화, 전극의 돌출과 금속 이물질에 의한 불평등 전계에서의 취약성 등 약점이 나타나고 있다. 이러한 이유로 N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, AR, dry air 등과 SF<sub>6</sub>를 혼합한 가스의 절연내력 연구가 활발히 이루어지고 있다.[1] 그러나 국내에서는 PFC계열 중 무독성이고 어는점이 낮으며 절연내력이 높은 CF<sub>4</sub>와 혼합한 가스의 절연 내력 연구는 부족한 실정이다.

SF<sub>6</sub>가 고압, 저온에서 액화될 위험이 있기 때문에 온도가 낮은 지역에서 SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub> 혼합가스 연구가 활발하다. 특히 캐나다에서 SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub>의 연구가 많으며 혼합가스의 전극간 거리, 혼합 비율에 따른 절연내력과 부분방전 연구 등이 실행되고 있다.[2-3]

이 논문은 SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub> 혼합가스의 혼합 비율과 압력에 따른 절연파괴 특성을 나타내었다. 그리고 평등 전계에서 AC전압과 standard lightning impulse(SLI) 전압을 사용하여 실험하였다. 순수 SF<sub>6</sub>와 SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub> 혼합가스의 절연내력 특성을 비교하여 SF<sub>6</sub>를 대체하기에 충분한 혼합가스인지 조사하였다.

### 2. 실험

실험에서 사용된 실험 구성도를 그림 1에 나타내었다. 평등 전계를 만들기 위해서 구-구 전극이 사용되었고 전극의 지름은 12 mm, 전극 간격은 1 mm로 고정되었다. 전원은 60 Hz AC, SLI가 인가되었고 가스 혼합기(오차±2%)를 사용해서 혼합가

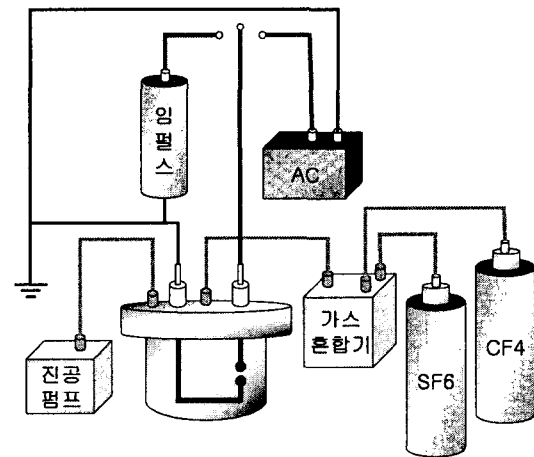


그림 1. AC, SLI에서 SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub> 혼합가스 절연파괴 특성 실험 구성도(구-구 전극, 전극 간격 1 mm)

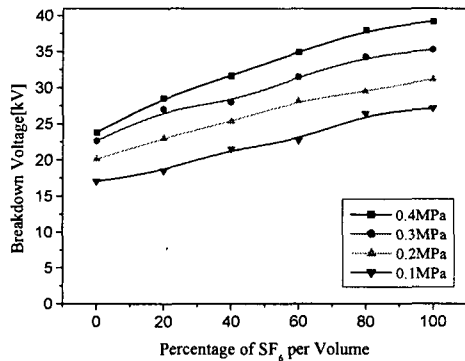


그림 2. AC 전압에서 SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub> 혼합가스의 비율에 따른 절연 파괴 전압, 전극 간격 1 mm

스가 실험용 챔버에 채워졌다.

실험용 챔버와 전극을 메탄올로 깨끗이 닦아낸 후 진공 펌프로 챔버안의 공기를 배출시켰다. 그 후 혼합기를 사용해서 혼합가스를 챔버에 0.1~0.4 MPa까지 채웠다. 각 압력과 혼합비에서의 절연 파괴점을 10개씩 찾았고 절연파괴 후 3분의 간격을 두고 실험하였다. 각 혼합비의 실험이 끝나면 챔버 내부를 다시 닦아내서 이전의 실험에서 챔버내부에 묻어있는 혼합가스의 영향을 최소화시켰다.

### 3. 결과 및 고찰

평등전계에서 SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub> 혼합가스의 혼합 비율에 따른 AC 전압에서의 절연파괴 전압을 그림 2에 나타내었다. 다른 SF<sub>6</sub> 혼합가스 실험에서의 결과처럼 혼합 비율에 따라서 선형적으로 증가하였다.[4] 압력별로 비교해 보면 압력이 증가함에 따라서 절연 파괴 전압이 높아졌다.

동일한 조건에서 전압만 SLI로 바꿔 실험한 결과를 그림 3에 나타내었다. AC에서의 결과와 유사한 결과가 관찰되었다. 그러나 0.1~0.2 MPa에서 혼합가스의 절연파괴 전압은 SF<sub>6</sub>의 양과 상관없이 서로 비슷하고 순수 CF<sub>4</sub>, SF<sub>6</sub>의 결과만 차이가 있다.

AC, SLI의 결과에서 살펴보면 낮은 압력에서는 적은 양의 SF<sub>6</sub>가 첨가된 혼합가스를 사용하는 것이 더 우수하다. 왜냐하면 SLI의 경우 저압에서 SF<sub>6</sub>와 적은 양의 SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub>의 절연내력이 비슷하기 때문이다. 그러나 평등전계에서 높은 절연파괴 전압이 필요한 경우 SF<sub>6</sub>의 절연성능을 완전히 대체하기 힘들기 때문에 고압에서 많은 양의 SF<sub>6</sub>를 함유한 혼합가스를 사용하는 것이 유리하다고 생각된다.

### 4. 결론

SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub> 혼합가스의 절연파괴 전압은 AC에서 혼합

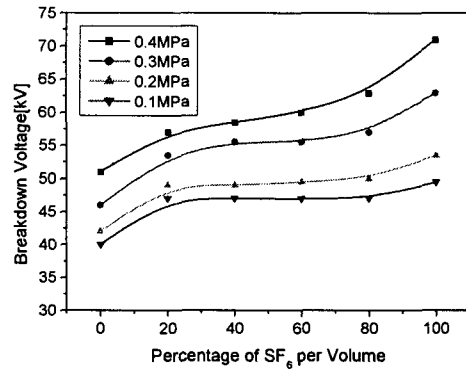


그림 3. SLI 전압에서 SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub> 혼합가스의 비율에 따른 절연 파괴 전압, 전극 간격 1 mm

비에 따라 선형적으로 증가하였다. SLI 전압에서는 순수가스와 혼합가스 사이에는 선형적인 증가를 보이고 각 혼합가스에서 혼합비에 따른 증가는 완만한 증가를 보였다. 필요한 절연 내력에 따라서 순수 SF<sub>6</sub>를 대체할 수 있을 만큼의 절연내력을 SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub> 혼합가스에서 찾을 수 있다. 다른 SF<sub>6</sub>의 취약점을 보상하는 SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub> 혼합가스의 특성은 추가적인 연구가 필요하다.

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력 연구원(R-2005-B-142) 주관으로 수행된 과제임.

### 참고문헌

- [1] W. Khechen, J.R. Laghari, "Breakdown studies of SF<sub>6</sub>/argon gas mixtures", Electrical Insulation, IEEE Trans. on Vol 24, Issue 6, p. 1141 - 1146, 1989
- [2] J. Berg, E. Kuffel, "Breakdown voltage characteristics of SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub> mixtures in uniform and non-uniform field gaps", Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Annual Report., Conf, p. 126 - 129, 1995
- [3] W. Ziomek, E. Kuffel "Breakdown and Prebreakdown Characteristics of SF<sub>6</sub>/CF<sub>4</sub> Mixtures in Non-uniform Electric Field", High Voltage Engineering, Eleventh International Symposium on Conf. Vol 3, p. 240 - 243, 1999
- [4] N.H. Malik, A.H. Qureshi, "A Review of Electrical Breakdown in Mixtures of SF<sub>6</sub> and Other Gases", Electrical Insulation, IEEE Trans. on Vol EI-14, Issue 1, p. 1 - 13, 1979