

불평등 전계에서 표준 뇌 임펄스 전압의 SF₆/CF₄ 혼합 가스의 절연 내력

허창수, 성허경, 박신우, 황정호, 김남렬
인하대학교

Dielectric Strength of SF₆/CF₄ Mixture Under Standard Lightning Impulse Voltages in Non-Uniform Field

Chang-Su Huh, Heo-Gyung Sung, Shin-Woo Park, Cheong-Ho Hwang, Nam-Ryul Kim
Inha University

Abstract - In these days SF₆ mixtures and alternative gas have been studied because of global warming and liquefying at low temperature and high pressure. At present work the breakdown characteristics of SF₆/CF₄ mixture in non-uniform field was performed. The experiments were carried out under positive and negative standard lightning impulse (SLI) voltages. The point-plane electrode was used with 3 mm gap distance in the test chamber. The SF₆/CF₄ mixture which contain 20% of SF₆ was compared with pure SF₆ and CF₄ gas. Experimental gas pressure ranged from 0.1 to 0.4 MPa. The breakdown voltage under negative SLI is higher than the breakdown voltage under positive voltage. And the breakdown voltage of SF₆ 20%, CF₄ 80% mixture is similar to that of pure SF₆.

1. 서 론

최근 많은 산업에서 환경적인 문제가 큰 이슈가 되고 있다. 고전압 절연 기기에 많이 사용되는 SF₆ 가스는 절연 내력이 강하고 아크 소호 능력이 있으며 화학적으로 안정하고 무독성인 장점이 있다. 그러나 지구 온난화지수가 CO₂보다 23,900배 높고 압력이 높으며 온도가 낮아지면 액화되며 금속 이물질 등에 의한 불평등 전계에서 절연내력 약화되는 등의 문제가 존재한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 N₂, CO₂, Ar, dry air 등과 SF₆를 혼합한 가스에 대한 연구와 대체가스에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다.[1-2]

PFC중 가스 부착능력을 가지고 무독성인 CF₄를 사용한 혼합 가스에 절연 특성은 여러 국가에서 연구되고 있다. SF₆/CF₄ 혼합 가스의 전극 간 거리, 혼합 비율에 따른 절연내력과 부분방전 연구 등이 이뤄지고 있다.[3-4] 하지만, 국내에서는 아직 연구가 부족한 실정이라서 CF₄, SF₆/CF₄ 혼합 가스에 대한 연구가 필요하다.

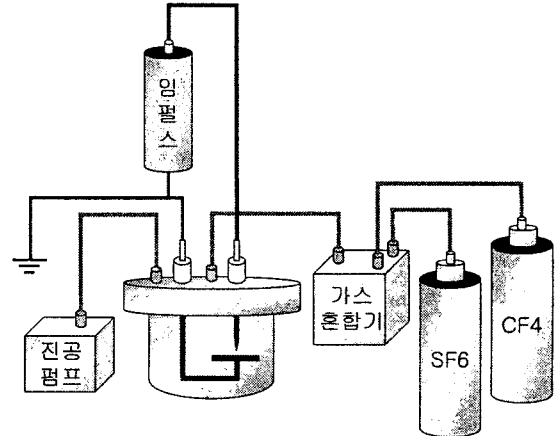
침대 평판 전극을 통해서 불평등 전계에서 SF₆/CF₄ 혼합 가스에 절연 파괴 실험을 실행하였다. 실험은 순수 SF₆, CF₄ 가스와 SF₆ 20%, CF₄ 80%를 혼합한 혼합 가스의 압력에 따른 절연 내력을 나타내었다. 비율과 압력에 따른 절연파괴 특성을 나타내었다. 그리고 standard lightning impulse (SLI) 전압에서 정극성, 부극성에서 실험하였다. SF₆ 20%, CF₄ 80% 혼합 가스와 순수 SF₆ 가스의 절연 내력을 비교하여 대체가스로 사용되기에 충분한지 알아보았다.

2. 본 론

2.1 실험 구성 및 방법

2.1.1 실험 구성

실험에서 사용된 실험 구성도를 그림 1에 나타내었다. 침-평판 전극을 통하여 불평등 전계가 형성되도록 하였다. 침전극 선단의 지름은 0.3 mm이고 지름 60 mm의 원판을 평판 전극으로 사용했다. 전극 사이의 거리는 3 mm로 하였고 각 전극은 스테인리스로 만들어졌다. 전원은 SLI가 인가되었고 정극성과 부극성 모두에서 실험하였다. 진공펌프를 사용해서 챔버내부의 가스를 배출시켰고 가스 혼합기 (오차±2%)를 사용해서 혼합가스가 실험용 챔버에 채워졌다.

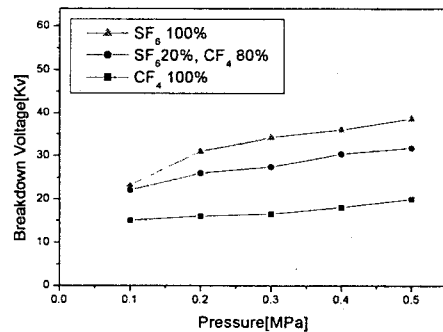


<그림 1> SLI에서 SF₆/CF₄ 혼합 가스 절연파괴 특성 실험 구성도 (침-평판 전극, 전극 간격 3 mm)

2.1.2 실험 방법

실험 챔버 내부와 전극을 메탄올로 닦아내고 진공 펌프를 사용하여 챔버 내부에 존재하는 공기를 배출시켰다. 그리고 가스혼합기를 사용해서 혼합비를 정확하게 맞추어서 충분히 혼합된 상태의 혼합 가스를 챔버에 주입했다. 가스의 압력은 0.1~0.5 MPa로 변화시키며 실험하였다. 각각의 혼합비와 압력에서 절연파괴점은 20개씩 찾았고 전압을 인가하는 간격은 3분으로 일정한 조건에서 실험했다. 그리고 하나의 혼합 가스에서 실험이 끝나면 챔버 내부를 다시 닦아내어서 다음 실험에 영향이 미치지 않도록 하였다.

2.2 실험 결과

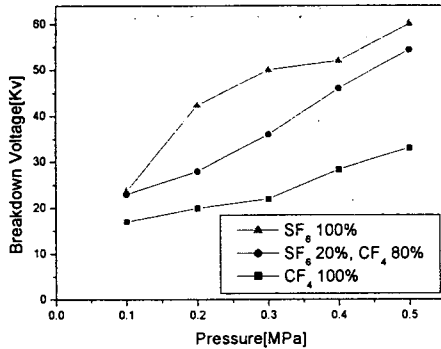


<그림 2> 정극성 SLI 전압에서 SF₆/CF₄ SF₆, CF₄, SF₆ 20%, CF₄ 80% 혼합 가스의 압력에 따른 절연 파괴 전압, 전극 간격 3 mm

2.2.1 정극성 SLI 전압

정극성 SLI 전압에서 순수 SF₆, CF₄ 가스와 SF₆ 20%, CF₄ 80% 혼합 가스의 압력에 따른 절연파괴 전압을 그림 2에 나타내었다. 압력에 따른 절연파괴 전압의 상승 기울기는 크지 않았으며 어느 정

도 선형적인 증가를 했다. 혼합비에 따른 비교를 해보면 SF₆ 20%, CF₄ 80% 혼합 가스에서의 절연내력은 순수 CF₄ 가스의 경우보다 1.6배 정도 높았으며 순수 SF₆ 가스의 84%가량의 절연 내력을 나타내었다. 그리고 0.1 MPa에서는 순수 SF₆와 SF₆ 20%, CF₄ 80% 혼합 가스는 거의 같은 절연파괴 전압을 가졌고 나머지 구간에서는 일정한 간격을 가지고 비슷한 기울기로 증가하였다.



〈그림 3〉 부극성 SLI 전압에서 SF₆/CF₄ SF₆, CF₄, SF₆ 20%, CF₄ 80% 혼합 가스의 압력에 따른 절연 파괴 전압, 전극 간격 3 mm

2.2.2 부극성 SLI 전압

부극성 SLI 전압에서 정극성 SLI 실험과 같은 조건에서의 실험결과를 그림 3에 나타내었다. 압력에 따른 절연파괴 전압은 각각의 가스에서 다른 형태를 보였지만 정극성 SLI와 비교하면 압력에 따른 절연 내력의 상승 기울기가 더 큰 것을 알 수 있다. 그리고 혼합비에 따른 절연내력을 비교를 해보면 SF₆ 20%, CF₄ 80% 혼합 가스에서의 절연내력은 순수 CF₄ 가스의 경우보다 1.55배 정도 높았으며 순수 SF₆ 가스의 82%가량의 절연 내력을 나타내었다. 그리고 부극성 SLI에서도 정극성의 경우처럼 0.1 MPa에서 순수 SF₆ 가스와 SF₆ 20%, CF₄ 80% 혼합 가스는 거의 같은 절연파괴 전압을 나타내었다. SF₆ 20%, CF₄ 80% 혼합 가스는 0.2, 0.3 MPa 에서는 절연 파괴 전압 차이가 많이 났다. 그러나 0.4, 0.5 MPa 에서는 순수 SF₆ 가스 90%가량의 절연내력을 갖는다.

2.3 결과 분석

정극성, 부극성 SLI의 결과를 살펴보면 순수 CF₄ 가스의 절연 내력은 SF₆ 20%, CF₄ 80% 혼합 가스와 순수 SF₆ 가스의 절연내력보다 40~60%의 절연내력을 가졌다. SF₆ 20%, CF₄ 80% 혼합 가스와 순수 SF₆ 가스를 비교해보면 0.1 MPa 에서는 SF₆ 20%, CF₄ 80% 혼합 가스가 순수 SF₆ 가스의 절연내력을 거의 대체할 수 있다. 그러나 0.2, 0.3 MPa에서 부극성 SLI의 경우 순수 SF₆ 가스의 절연내력과 많은 차이를 보이기 때문에 SF₆ 20%, CF₄ 80% 혼합 가스는 사용하기에 적합하지 못한 가스 혼합이다. 그러나 0.4, 0.5 MPa에서는 순수 SF₆ 가스의 80~90% 정도의 절연내력을 보이므로 순수 SF₆ 가스를 충분히 대체 할 수 있다. 적은 양의 SF₆ 가스로 순수 SF₆ 가스와 비슷한 절연내력을 가지고 있으므로 대체 혼합 가스로 많은 가치를 가지며 더욱 많은 연구가 필요하다.

3. 결 론

순수 SF₆, CF₄ 가스와 SF₆ 20%, CF₄ 80% 혼합 가스의 절연파괴 전압은 압력의 상승에 따라 증가하였다. 정극성 SLI에서는 증가하는 기울기가 작았고 부극성에서는 기울기가 더 컸다. 정극성, 부극성 두 실험에서 CF₄ 가스의 절연 내력을 살펴보면 순수 CF₄ 가스만 사용하기에는 절연내력이 많이 부족했다. 그리고 SF₆ 20%, CF₄ 80% 혼합 가스의 절연 내력은 순수 SF₆ 가스의 80~90% 절연 내력을 보였다. 정극성 SLI를 인가했을 때는 압력에 상관없이 일정한 비율을 보였다. 그러나 부극성 SLI를 인가했을 때 0.2, 0.3 MPa 에서는 순수 SF₆ 가스의 절연 내력과 많은 차이가 났다. 그러므로 0.3 MPa 보다 압력을 높여서 사용하는 것이 절연내력의 측면에서 더욱 유리하다. 적은 양의 SF₆ 가스로 순수 SF₆ 가스의 절연 내력과 비슷한 절연 내력을 가질 수 있으므로 CF₄ 가스를 대체 혼합 가스로 사용할 수 있는 가능성이 높다.

감사의 글

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

[참 고 문 헌]

- [1] W. Khechen, J.R. Laghari, "Breakdown studies of SF₆/argon gas mixtures", Electrical Insulation, IEEE Trans. on Vol 24, Issue 6, p. 1141 - 1146, 1989
- [2] N.H. Malik, A.H. Qureshi, "A Review of Electrical Breakdown in Mixtures of SF₆ and Other Gases", Electrical Insulation, IEEE Trans. on Vol EI-14, Issue 1, p. 1 - 13, 1979
- [3] J. Berg, E. Kuffel, "Breakdown voltage characteristics of SF₆/CF₄ mixtures in uniform and non-uniform field gaps", Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Annual Report, Conf, p. 126 - 129, 1995
- [4] W. Ziomek, E. Kuffel "Breakdown and Prebreakdown Characteristics of SF₆/CF₄ Mixtures in Non-uniform Electric Field", High Voltage Engineering, Eleventh International Symposium on Conf. Vol 3, p. 240 - 243, 1999