

불평등 전계 시 에폭시와 N₂, dry-air 혼합절연체의 절연파괴특성

정해은, 박성희, 강성화*, 임기조

충북대학교, 충청대학교*

Electrical Breakdown Characteristics of Composite Insulation Composed of Epoxy Resins with N₂, Dry-air in Non-uniform Field

Hae-Eun Jung, Seong-Hee Park, Seong-Hwa Kang* and Kee-Jo Lim

ChungBuk Univ, ChungCheong Univ*

Abstract : SF₆ widely used as insulating gas is rising as the environment problem. For decreasing this greenhouse gas, electrical breakdown characteristics of composite insulation composed of epoxy resins with N₂, air are studied in non-uniform field. The gap of needle to plane was 3mm, 5mm. The pressure of air, nitrogen was varied within the range of 0.1~0.6MPa. The thickness of a needle is 1mm and the curvature radius of the end of needle is 100um. The diameter of a plane made of the stainless steel is 50mm. As a result of the experiment, the breakdown voltage is increased about 3 times when epoxy resins is composited. The thickness of epoxy resins filled opposite to electrode concentrated electric field weakly influences on breakdown voltage.

Key Words : Composite insulation, Nitrogen, Dry-air, Epoxy resins, non-uniform field

1. 서 론

SF₆ 가스는 화학적으로 안정성, 무취, 무독성 및 비폭발성 등 많은 장점을 가지고 있어 전력산업 전반에 걸쳐 광범위하게 이용되고 있지만 [1], 온실가스라는 치명적인 약점으로 인하여 친환경적인 요구를 만족시키지 못하고 있다. 따라서 SF₆ 가스의 절감대책으로 N₂, CO₂ 및 기타 가스와의 혼합에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다. [2] 하지만, 이러한 절감대책 역시 SF₆ 가스의 사용을 배제시키지 못하고 있기 때문에 여전히 문제로 남아있다고 볼 수 있다.

이러한 SF₆ 가스의 사용을 배제하기 위한 방안으로 N₂, dry-air와 고체절연체인 에폭시로 구성된 혼합절연체의 특성을 살펴보았다. 금속이물 혼입 및 내부구조 등에 의해 기기 내에 불평등전계가 형성이 되면, 이로 인하여 부분방전 및 절연파괴가 발생할 가능성이 있다. [3] 특히, SF₆ 가스를 사용하는 경우 불평등 전계 시 가스 압에 따라 파괴전압이 N특성을 보이기 때문에 내부기기의 절연 설계 시 이러한 불평등전계하에서의 특성이 매우 중요하다고 볼 수 있다.

본 논문에서는 N₂ 및 dry-air와 에폭시로 구성된 혼합절연체의 압력에 따른 절연파괴 특성을 불평등 전계에서 전극간 거리에 따른 에폭시 두께의 변화를 통하여 에폭시의 두께 및 가스의 압력에 따른 특성을 분석하였다.

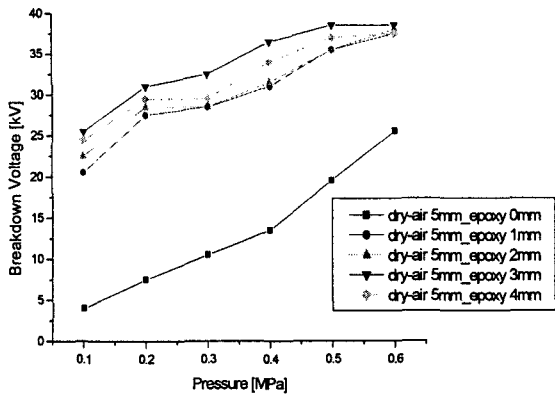
2. 실험

순수한 절연기체를 주입하기 위하여 <그림 1>과 같이 스테인리스 재질의 높이 20cm, 직경 20cm 크기의 진공 및 압력 용기를 제작하고, 진공펌프를 사용하였다. 불평등

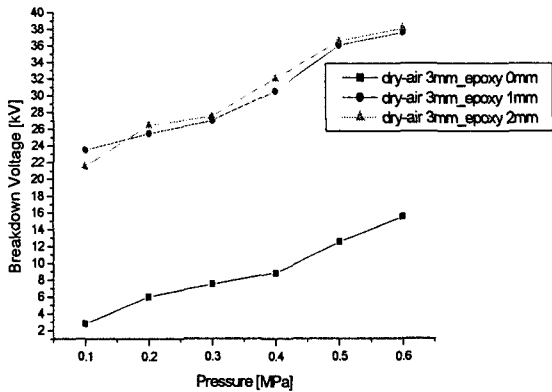
전계를 모의하기 위하여 침대평판 전극을 사용하였다. 침과 평판은 스테인리스 재질이며, 침의 직경은 1mm, 침단 곡률반경은 100um, 평판의 직경은 50mm, 두께 5mm이다. 전극세척 및 에폭시 접착력 향상을 위하여 Acetone, NaOH 수용액, Chloroform을 사용한 후 에폭시를 1~4mm의 두께로 도포하였다. 실험에 사용된 전극의 극간거리는 3mm, 5mm로 하였다. 터보펌프를 이용하여 10⁻⁶ torr까지 진공상태를 만든 후, 0.1~0.6MPa까지 가압하였다. 인가전압은 0~50kV의 변압이 가능한 유절연변압기를 이용하였다. 실험 시 정확한 온도 및 습도, 압력을 파악하기 위하여 실험 용기에 센서를 부착하였으며, 실험 시 발생하는 아크로 인한 손해가 가지 않도록 장비 각 부분을 접지하였다. 에폭시는 에프스사에서 제조된 상온 24시간의 경화시간, 내열도 100°C, 절연파괴강도 25kV/mm, 유전율 3~4의 특성을 가지는 범용 전기전자부품 절연용 에폭시인 ES-2를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

dry-air를 절연기체를 사용하였을 경우, 에폭시의 두께에 따른 절연파괴 특성을 알아보려고 3mm, 5mm의 극간거리를 두고 평판전극에 에폭시를 도포하여 그 결과를 그림 1에 나타내었다. 그림 2에는 N₂를 절연기체로 사용하였을 경우를 나타내었다. (a)의 경우 침대평판 전극간 거리가 5mm, (b)는 3mm일 때의 결과이다. 전체적으로 에폭시를 도포하였을 경우, 약 3배 정도 파괴전압이 상승하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 같은 불평등조건하에서 dry-air를 절연기체로 사용하였을 경우, N₂와 비교하여 파괴전압이 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다.



(a) 극간거리 5mm



(b) 극간거리 3mm

그림 1. epoxy resins and dry-air 절연파괴특성

전계가 집중되는 침단부분이 아닌, 평판전극에 에폭시를 도포한 결과, 에폭시 도포에 따라 파괴전압의 상승은 가져왔지만, 에폭시의 두께에 따라서는 파괴전압의 증가 폭이 적음을 확인할 수 있다.

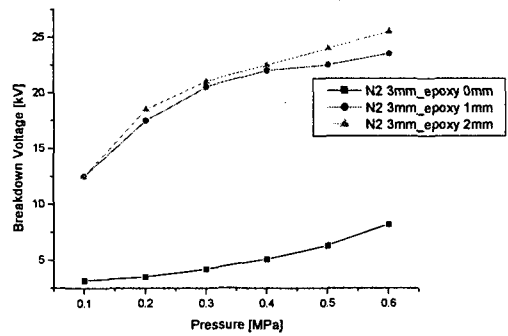
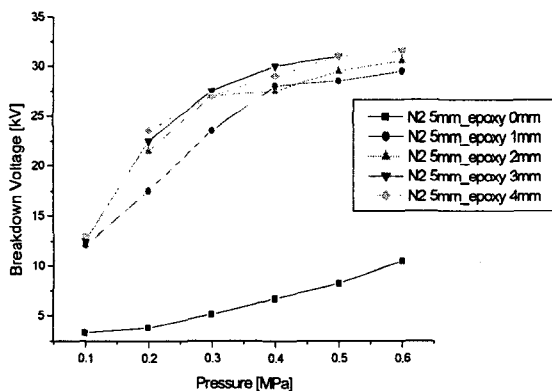


그림 2. epoxy resins and N2 절연파괴특성

4. 결론

절연기체를 대체하여 고체와 기체의 혼합절연체를 사용할 경우, 절연기체의 종류 및 고체절연체의 선정이 가장 중요하다고 할 수 있다. 본 논문에서는 SF6 가스를 대체할 방법으로 에폭시와 N2, dry-air의 혼합절연체 사용을 제시하였고, 모의실험을 통하여 압력 및 고체 절연물의 두께에 따른 특성을 살펴보았다.

첫째, 불명등 전계내에서 전계가 집중되고 있지 않는 부위에 에폭시를 도포할 경우, 파괴전압이 약 3배정도 증가하는 효과를 보이고 있지만, 고체절연물의 두께에 따라 절연능력이 선형적으로 증가하지 않음을 알 수 있다. 둘째, 일정한 절연거리로 고정되어 있는 경우, 고체절연물의 두께가 증가할수록 절연기체의 절연거리가 감소하기 때문에 기체의 압력증가에 따라 파괴전압 증가에 영향을 미치게 된다.

에폭시와 같은 고체절연체는 열화 등에 의하여 절연능력이 저하될 경우, 설계되어진 절연내력을 발휘할 수 없기 때문에 이를 고려한 설계가 중요하다. 따라서 에폭시의 열화를 완화시킬 수 있는 방법을 추후 고려해야 할 것이다. 또한, 에폭시의 절연특성은 에폭시수지의 종류 및 경화형태에 따라서도 차이가 있기 때문에 보다 면밀한 조사 및 실험이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] N. H. Malik and A. H. Qureshi, "Breakdown Mechanisms in Sulphur-Hexafluoride", IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol. EI-13, No 3, pp. 135~144, June. 1978.
- [2] N. H. Malik and A. H. Qureshi, "A Review of Electrical Breakdown in Mixtures of SF6 and Other Gases", IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol. EI-14, No 1, pp. 1~13, February. 1979.
- [3] Li Ming et. al. "Behaviour and Effect of Conducting Spiral Particles under AC Voltage in a Gas Insulated Electrode System", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 3, No.1, pp. 159~164, 1988