

불평등전계하에서의 SF₆/N₂와 SF₆/N₂/CO₂ 혼합가스의 절연 특성

박상현, 김성태, 허국범, 서호준, 이동희
수원대학교

Insulation Characteristics of SF₆/N₂ and SF₆/N₂/CO₂ Mixture Gases in Non-Uniform Fields

Sang-Hyun Park, Sung-Tae Kim, Guk-Bum Heo, Ho-joon Seo, Dong-Hee Rhie
The University of Suwon

Abstract : 환경친화적 가스절연기기의 개발을 위해 SF₆와 완충기체와의 혼합가스에 관한 연구가 주목받고 있다. 본 논문에서는 GIS 설계에 있어 기초가 되는 준평등전계 하에서의 가스 절연특성을 검토하기 위하여 순 SF₆, N₂, CO₂ 이들이 혼합된 2종 및 3종 혼합가스에 대해 가스압력 0.6MPa 이하에서 상용교류전압을 인가하여 실험에 의해 그 부분방전특성과 절연특성을 조사하였다. 특히 실용 전력기기의 경우 금속이물질 등의 혼입에 의해 기기 내에서 불평등전계가 형성되어 부분방전을 거쳐 절연파괴에 이르는 가능성이 있으므로 본 연구에서는 불평등전계하의 절연특성을 검토하였다. 실험 결과 SF₆/N₂ 2종 혼합 가스에 비하여 SF₆/N₂/CO₂ 3종 혼합 가스의 교류 절연 특성이 향상됨을 확인하였으며 이상의 결과로부터 교류 절연 파괴 특성만을 고려하였을 경우 SF₆/N₂/CO₂ 3종 혼합 가스가 SF₆ 대체 혼합가스로써 타당성을 확인하였다.

Key Words : N-특성, SF₆, SF₆/N₂, SF₆/N₂/CO₂, 침전극

1. 서 론

절연, 소호 및 전류차단을 위해 고압질소 및 SF₆/N₂ 혼합가스의 사용이 꾸준히 제안되어 왔으며[1-4], 더욱이 최근에는 가스절연송전선용으로 고압질소가 심각하게 고려되고 있다[4]. SF₆/N₂ 혼합가스는 과거로부터 현재에 이르기까지, 차단기에서 사용하는 압력 조건하에서 SF₆가 응축되어 그 전류차단능력이 저하되는 가혹한 기후조건(T<-40℃)에서 사용되어져 오고 있다. 그와 같은 용도에 있어서는 SF₆ 50%를 포함한 SF₆/N₂ 혼합가스가 유효한 전류차단 매질로 알려져 있다[5,6]. SF₆/N₂ 외에도 SF₆/CF₄나 SF₆/He를 포함한 여타 혼합가스가 이용되고 있다[6,7]. 특히 실용 전력기기의 경우 금속이물질 등의 혼입에 의해 기기 내에서 불평등전계가 형성되어 부분방전을 거쳐 절연파괴에 이르는 가능성이 있으므로 불평등전계 하에서 SF₆, N₂, CO₂ 혼합된 2종 및 3종 혼합가스에 대해 가스압력 0.7MPa 이하에서 상용교류전압을 인가하여 실험에 의해 그 절연특성을 조사하였다.

2. 실험

불평등전계 하의 절연파괴특성을 검토하기 위해 압력용기 내 중앙부에 고전압 도체상의 금속 이물질을 모의한 침-평판 전극을 설치하였다. 침전극의 곡률반경 r은 500μm 이다. 또한 전극간 간격 g는 1~10mm 로 가변시킬 수 있도록 구성하였으며, 본 실험에서는 10 mm로 고정하여

실험에 임하였다.

가스를 압력용기에 봉입할 때에는, 우선, 용기 내부를 진공펌프로 0.1torr 정도까지 배기시켰다. 그 후 시험용기 중을 SF₆ 및 혼합용 가스로 목표 압력까지 충전시키고 가스압력 및 혼합비를 변화시켜 측정치를 측정하였다. 혼합비의 조절은 모두 압력비로 환산하여 조정하였다. 시험가스는 SF₆/N₂ 2종 혼합 가스 및 SF₆/N₂/CO₂ 3종 혼합 가스 등으로 하였다. 이와 같은 혼합가스의 혼합도를 확보하기 위하여 가스 봉입 후 24시간 동안 방치하여 자연 확산에 의해 충분히 가스들이 혼합될 수 있도록 하였다.

교류절연파괴시험의 경우 절연파괴 측정 시에는 공시물의 저전압측 즉 평판전극을 직접 접지시키고, 부분방전 측정 시에는 공시물의 저전압측을 임피던스 정합회로를 통해 접지시킨 후 공시물에 전압을 인가하여 임피던스 정합회로 내의 검출저항에 의해 부분방전신호를 검출하여 PD검출기로 측정하였다. 교류절연파괴 시험 시에는 초기에 교류전압을 1분간 인가한 후 다음 1분간은 이전 전압치보다 2kV 승압시킨 전압을 인가한다. 이를 절연파괴가 일어날 때까지 반복하여 시험하였다.

3. 결 론

그림 1에는 전극간 거리를 동일하게 10mm로 한 경우 SF₆와 N₂를 혼합한 2종 가스에 대한 실험 결과를 나타내었다. 그림 1의 그래프에서 나타난 바와 같이 SF₆/N₂ 2종 혼합 가스의 경우 N₂ 혼합 비율이 증가할수록 SF₆ 가

스에 비하여 교류 절연파괴 전압이 감소하는 경향을 알 수 있으며 또한, 완충가스인 질소의 비율이 증가함에 따라 절연파괴전압의 극대치가 고압력측으로 편이되는 현상을 실험적으로 파악하였다. 상기 특성은 전극간 전계가 공간전하 축적효과에 의해 영향을 받아 나타나는 것으로 이해되고 있으며 일반적으로 "코로나 안정화작용(corona stabilization)"이라 불리고 있다. 부분방전개시전압의 경우 SF6 100%의 경우에 비하여 혼합 가스의 부분방전개시전압이 낮아짐을 실험적으로 규명하였다.

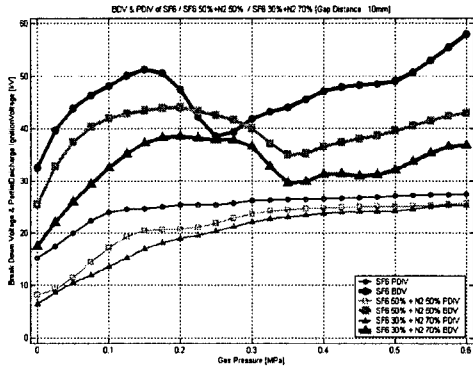


그림 1. SF6 / SF6 50+N2 50% / SF6 50+N2 50% 혼합가스에 대한 부분방전개시전압과 교류절연파괴의 압력의존성(극간거리 10mm)

그림 2 ~ 그림 3에는 전극간 거리를 10mm로 한 경우 SF6 50%, SF6 30% 를 기반으로 완충가스인 질소와 이산화탄소를 혼합한 경우에 대한 실험 결과를 나타내었다. 그림 2의 실험 결과에서 SF6 30% 를 기반으로 한 혼합 가스는 절연파괴전압의 경우 CO2를 1~3%까지 첨가하는 경우 절연내력이 상승하는 것을 파악하였으며 3%를 초과하여 첨가하는 경우 절연내력이 다소 낮아짐을 확인하였다. 이의 사실로부터 SF6 30% 혼합가스의 경우 절연내력을 높이기 위하여는 CO2를 1~3%를 첨가하는 경우 성능이 우수하면서 환경친화형 절연매질을 확보할 것으로 사료된다.

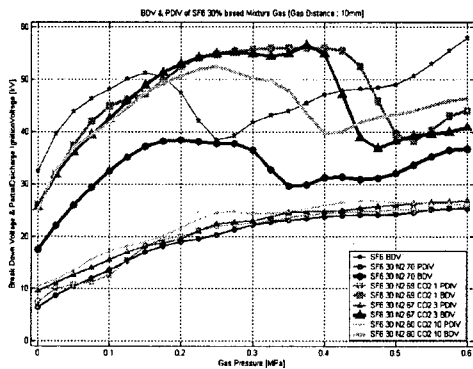


그림 2. SF6/N2/CO2 혼합가스에서 CO2 혼합비율에 따른 부분방전개시전압과 절연파괴전압의 압력의존성 (극간거리 10mm, SF6 30%)

또한, 그림 3의 실험 결과에서 SF6 50% 를 기반으로 한 혼합 가스는 절연파괴전압의 경우 CO2를 1~7%까지 첨가하는 경우 절연내력이 상승하는 것을 파악하였으며 7%를 초과하여 첨가하는 경우 절연내력이 다소 낮아짐을 확인하였다. 이의 사실로부터 SF6 50% 혼합가스의 경우 절연내력을 높이기 위하여는 CO2를 1~7%를 첨가하는 경우 성능이 우수하면서 환경친화형 절연매질을 확보할 것으로 사료된다.

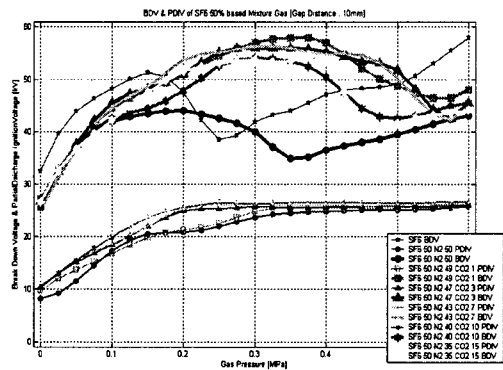


그림 3. SF6/N2/CO2 혼합가스에서 CO2 혼합비율에 따른 부분방전개시전압과 절연파괴전압의 압력의존성 (극간거리 10mm, SF6 50%)

참고 문헌

- [1] L.G.Christophorou(ed.), Gaseous Dielectrics, Volumes, I-V, Pergamon Press, New York, respectively, 1978, 1980, 1982, 1984, 1987; Volumes VI and VII, Plenum press, New York, respectively, 1990 and 1994.
- [2] Electric Power Research Institute : Gases Superior to SF6 for Insulation and Interruption : Report EPRI EL-2620, September, 1982.
- [3] S.A.Boggs, F.Y.Chu, and N.Fujimoto(eds), Gas-Insulated substations, Pergamon Press, New York, 1986.
- [4] L.G.Christophorou, R.J.Van Brunt, "SF6/N2 Mixtures, Basic and HV Insulation Properties", IEEE Trans. Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 2, pp.952-1003, 1995.
- [5] A.Lee, L.S. Frost, "Interruption Capability of Gases and Gas Mixtures in a Puffer-Type Interrupter" : IEEE Trans. Plasma Science, Vol. Ps-8, pp.362-367, 1980.
- [6] B.Chervy, H.Riad, A.Gleizes, and J.J. Gonzalez, Interruption Capability of SF6-CF4 and SF6/C2F6 Mixtures", Eleventh Intern. Conf. Gas Discharges and Their Applications, pp.1-334-1-337, Chuo University, Tokyo, Japan, 1995.
- [7] A. Gleizes, I. Sakalis, M. Razafinimanana, S. Vacquie, "Decay of Wall Stabilized Arcs SF6/N2 in Mixtures," J. Appl. phys., Vol. 61, pp.510-518, 1987