

초고압 GIL을 위한 SF₆/N₂ 혼합가스의 절연특성 Dielectric Characteristics of SF₆/N₂ Mixture Insulation Gas for HV GIL

장용무, 김철호, 김정태*, 구자윤**

Yong Moo Chang, Chul Ho Kim, Jeong Tae Kim, Ja Yoon Koo*

한양대 퓨전전기기술응용연구센터, 대전대학교 전기공학과, 한양대 SMDT
EFT Center Hanyang University, Dept. EE Daejin University, SMDT Hanyang University

Abstract : In this paper, a full scaled gas discharge chamber was designed and fabricated for evaluating the dielectric performance of SF₆/N₂ mixture gases. And it describes work on AC and lightning impulse dielectric characteristics of SF₆/N₂ mixture insulation gas from experiments and full scale models.

Key Words : GIL, Dielectric Characteristics, SF₆/N₂ Mixture, EM Pulse

1. 서 론

장거리 송전을 위한 가공송전로 및 지중케이블의 대안으로 개발된 가스절연 송전선로 (GIL, Gas Insulated Transmission Line)는 대면적의 도체단면으로 인한 저항손실이 낮고, 가스절연으로 선로의 용량성분이 매우 낮다는 장점을 가지고 있어 대용량의 전력송전이 요구되는 곳에 매우 효과적인 지중 전력 전송 시스템이다[1,2]. 또한 GIL 및 GIS와 같은 가스절연기기의 절연매질로 사용되는 SF₆ 가스는 절연 및 소호능력이 우수하며 회복 특성이 뛰어나기 때문에 현재 가장 널리 사용되고 있다. 그러나 SF₆ 가스가 이산화탄소보다 지구온난화지수(GWP₁₀₀)의 약 23,900배에 높아 교토 의정서에 의하여 앞으로 사용이 제한되고 있는 물질이다. 그래서 GIL의 연구 개발 방향도 초기의 비용절감에 이어 최근에는 N₂ 가스 등을 혼합하여 SF₆ 가스 사용을 최소화하는 쪽으로 주력하고 있다. 현재 해외 선진사들이 개발한 GIL들은 대부분 SF₆/N₂ 혼합가스에 적용하고 있으나 혼합가스의 절연특성을 고려한 설계파라미터에 대한 실질적인 실험 데이터들은 일부 소규모의 실험실에서 실시된 결과들만이 조금씩 발표되고 있다. CIGRE의 워킹그룹활동 보고서 등[2]에 따르면 혼합가스의 비율이 SF₆: N₂ = 20 : 80이 많이 적용되고 있어 현재 국내에서 개발되고 있는 345 kV GIL에서도 SF₆혼합비가 20%를 넘지 못하도록 제한하고 있다.

본 연구에서는 국내에서 개발하고 있는 345 kV GIL에 적용하고 있는 SF₆와 N₂를 혼합시킨 절연가스를 대상으로 실규모 절연거리 및 가스압력 범위에 대하여 불평등 전계 하에서 AC 및 충격 내전압 실험을 실시하여 혼합가스 절연특성을 분석하여 GIL 절연설계 자료로 활용한다.

2. 결과 및 토의

초고압 방전 챔버는 최대 충격전압 1400 kV, AC 전압 400 kV까지 인가할 수 있도록 설계 제작하였으며, 방전실험용 전극은 불평등 전계를 발생시키기 위한 봉-평판 전극으로 실규모의 절연 거리를 구현하기 위하여 전극간의 간격 조절범위는 0 mm에서부터 최대 150mm까지 절연가스가 충전된 상태에서 조절이 가능하도록 하였다.

충격전압시험설비는 표준 뇌충격전압 1600 kV, 개폐충격전압 1200 kV까지 인가할 수 있는 16단의 Marx 전압 발생장치이며, AC 전압시험설비는 최대 400 kV/1A 용량으로 별도의 냉각이 필요 없이 연속으로 장기 과전압시험도 가능하도록 하였다. SF₆/N₂ 혼합가스 발생장치는 SF₆가스를 0%에서 최대 30%의 비율로 혼합 가능하며, 혼합가스의 토출 압력은 최대 1 MPa 까지 조절할 수 있다. 본 논문에서는 SF₆를 10~30% 범위에서 혼합하여 곡률반경 15mm의 봉- 평판전극으로 실제 초고압 가스절연기기의 가스 충전압력 범위인 0.3~0.6 MPa(계기압력)까지 변화시키면서 뇌충격과 AC 내전압 실험을 각각 수행하였다. 그리고 충격내전압실험에서 V_{50%} 절연파괴전압을 얻기 위하여 가장 보편적으로 사용하고 있는 Up-and-Down method를 활용하였다.

불평등 전계(봉-평판 전극)에서 SF₆/N₂(20:80)혼합가스의 압력과 전극 간격에 따른 부극성의 뇌충격 절연파괴 실험결과이다. 실험은 Up-and-Down method로 동일한 전극 간격에 대하여 실험결과와 신뢰성을 위하여 최소 20회 이상 수행하였다. 실험수행은 정극성 및 부극성 뇌충격전압에 대하여 모두 실시한 결과 부극성 절연파괴전압이 정극성 경우보다 낮은 결과를 보였다. 실험결과를 보면 0.3 MPa과 0.4 MPa에서는 절연파괴전압의 상승률이 선형적으로 변화되지만, 0.5 MPa 경우에는 90 mm에서 100 mm 정도의 전극간격부터는 상승률이 달라지는 것을 알 수 있다. 그리고 불평등전계(봉-평판 전극)에서 SF₆/N₂ 혼합가스의 압력과 전극간격 변화에 따른 AC 절연파괴 전압 실험 결과는 전극간의 거리가 증가함에 따라 절연파괴 전압은 선형적으로 증가 되다가 일정한 거리부터는 절연파괴전압의 상승률이 둔화되어 포화되는 경향을 알 수 있었다. 즉 전극 간격이 10 mm에서 50 mm까지는 절연파괴 전압이 거리에 따라 증가되다가 50 mm 이후에서는 전극간격이 증가되어도 절연파괴 전압은 거의 일정해지는 것을 확인할 수 있다. 0.6 MPa의 경우에는 50 mm 이상의 전극간격에서는 절연파괴전압이 보유하고 있는 설비용량의 한계로 인하여 직접 실험을 수행하지 못하였으나 0.4 MPa과 0.5 MPa에서의 절연파괴 실험 결과 값의 추이를 살펴볼 때 0.6 MPa의 경우에도 50 mm이후의 갭 간격에서의 절연파괴 전압 값은 포화상태가 될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 지식경제부 전력산업원천기술개발사업(R-2007-1-011)의 지원으로 이루어진 연구결과입니다.

참고 문헌

- [1] L. G. Christophorou and R. J. Van Brunt, "SF₆/N₂ Mixtures Basic and HV Insulation Properties", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Vol. 2 No. 5, pp 952-1003 October 1995
- [2] O. Vocker and H. Koch, "Insulation Co-ordination for Gas-Insulated Transmission Lines(GIL)", IEEE Trans. Power Delivery, V16(1), p.122, 2001

† 교신저자) 장용무, e-mail: changym@hanyang.ac.kr, Tel:031-400-5023
주소: 안산시 상록구 한양대학교 퓨전전기기술응용연구센터