

진공에서 극간 gap에 따른 절연파괴 전압 특성 파악

윤재훈, 김병철, 이승수, 임기조, 강성화*
충북대학교, *충청대학

characteristic of breakdown voltage of electrode gap in vacuum

Jae-hun Yoon, Byung-chul Kim, Sueng-su Lee, Kee-jo Lim and Seong-Hwa Kang*
Chungbuk University, Chungcheong university*

Abstract : SF6 widely used as insulating gas is rising as the environment problem. For decreasing this greenhouse gas, electrical breakdown characteristics of vacuum with air are studied in non-uniform field. The gap of needle to plane was 0.5mm, 0.8mm. The pressure of vacuum the range of 10^{-4} ~ 10^{-5} torr. The diameter of a plane made of the stainless steel is150mm. As a result of the experiment, the breakdown voltage is increased about electrode gap distance increased. The electrode material influenced breakdown voltage in vacuum.

Key Words : vacuum, sus electrode, breakdown voltage

1. 서 론

진공차단기는 1980년대 국내 교류계통에 적용되기 시작하여 약 20년동안 고신뢰성, 보수점검의 용이, 소형 및 경량화 등 많은 이점이 입증됨으로써 현재 국내 배전압급의 개폐장치에 대부분 적용되고 있다. 최근에는 전력 계통 부하의 급증으로 인한 차단용량 증가 및 핵융합로의 전원설비로서의 적용에 대한 필요성이 대두되어 소형, 고전압화를 위한 진공 절연의 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 진공이 갖는 절연파괴전압특성을 위해 다양한 전극 재료 개발이 이루어지고 있으며 전극형상에 의해 아크구동력을 이용한 검토가 이뤄지고 있다. 진공 상태가 되는 경우, 밀도가 급격히 감소하여 전자가 충돌할 수 있는 분자 및 양이온의 개수가 희박하여 충돌전리작용이 발생하기 어렵게 된다. 이에 따라 진공의 상태에서 파괴전압은 급격히 증가하게 된다. 이는 파센 커브에서 잘 나타나고 있다. 파센의 법칙에 따르면, 공기의 불꽃방전 전압은 압력과 극간 거리의 곱에 비례하는 함수의 형태이며, 극간 거리가 일정할 경우 압력에 증가함에 따라 선형적으로 파괴전압이 증가한다. 하지만 압력이 매우 높아지면 전자와 양이온의 재결합 기회도 많이 되므로 압력의 증가만큼 파괴전압의 증가율이 나타나지 않게 된다.

본 논문에서는 진공에서 극간 gap과 전극 면적에 따른 파괴전압특성을 진공도에 따라서 분석하였다.

2. 실험

진공 상태를 모의하기 위해 <그림 2>와 같이 스테인리스 재질의 높이 20cm, 직경 20cm 크기의 진공 및 압력 용기를 제작하고, 진공펌프를 사용하였다. 불명등 전계를 모의하기 위하여 봉대평판 전극을 사용하였다. 봉과 평판은 스테인리스 재질이며, rod의 직경은 2mm, 4mm, 6mm 이며 평판의 직경은 150mm, 두께 10mm이다. 실험에 사용

된 전극의 극간거리는 0.5mm, 0.8mm로 하였다. 로터리펌프를 이용하여 10^{-3} torr까지 진공상태를 만든 후, 10^{-5} 까지 터보펌프를 이용하여 감압하였다. 인가전압은 0~100kV의 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.

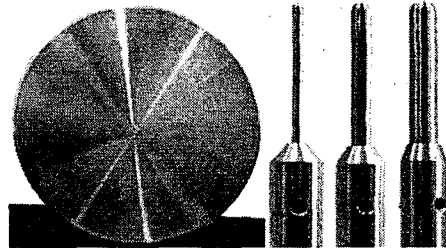


그림 1. rod-plane 전극

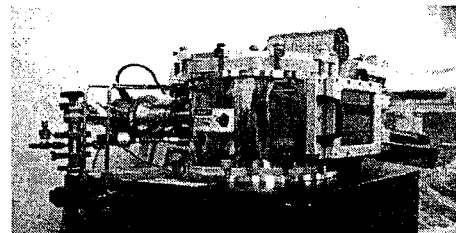


그림 2. 진공 챔버

3. 결과 및 고찰

본 실험에서 진공도가 높아짐에 따라 선형적으로 파괴전압이 증가하는 모습을 보였다. 또한, 전극간의 gap 이 증가함에 따라 파괴전압이 상승하였으며, rod전극의 직경에 따라서는 파괴전압이 낮아졌다. <그림 3>은 rod직경이

2mm이고 극간 gap이 각각 0.5mm, 0.8mm일때 파괴전압의 모습을 나타내고 있다.

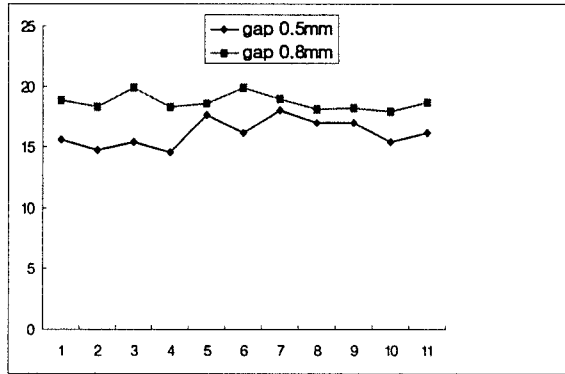


그림 3. 10⁻⁴ torr에서절연파괴전압 (직경 2mm)

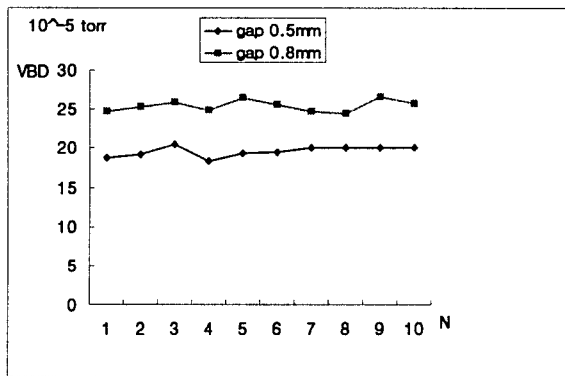


그림 4. 10⁻⁵ torr에서절연파괴전압 (직경 2mm)

<그림 3>, <그림 4>는 10⁻⁴ 및 10⁻⁵ torr에서 (rod 직경 2mm)전극 사이의 gap에 따라 측정된 절연파괴전압 을 그래프로 나타낸 것이다. 같은 gap일 경우 진공도가 커짐 에 따라 절연파괴 전압이 상승하는 것을 확인 할 수 있으며, 극간 거리가 커질수록 파괴전압이 상승 하는 것을 확인 할 수 있다.

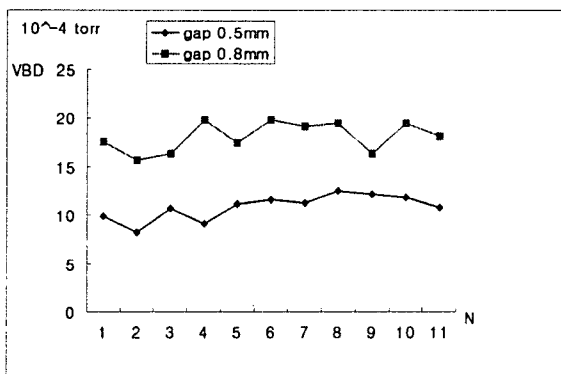


그림 5. 10⁻⁴ torr에서절연파괴전압(직경 6mm)

<그림 5>, <그림 6>은 10⁻⁴ 및 10⁻⁵ torr에서 (rod 직경 6mm) 전극 사이의 gap에 따라 측정된 절연파괴전압 을 그래프로 나타낸 것이다. 진공도가 높고 gap이 커짐에 따라 절연파괴 전압이 상승하는 것을 확인 할 수 있다.

<그림 3> 과 <그림 5>를 각각 비교해보면 전극의 직경이 커질수록 파괴전압은 낮아지는 것을 확인 할 수 있다. area effect에 관한 것으로 2mm일때보다 최대 전계치는 낮더라도 절연파괴를 유발하는 유효 전계 면적이 증가함으로써 절연 내력이 저하되는 것을 확인 할 수 있다

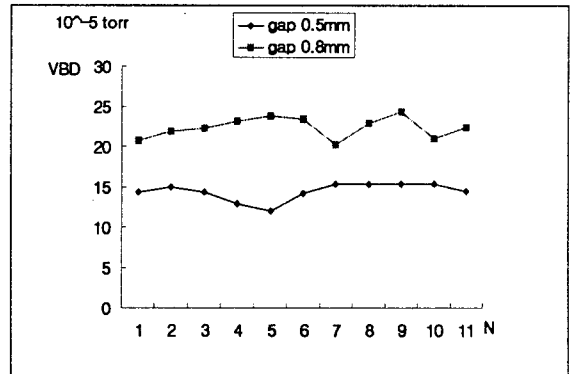


그림 6. 10⁻⁵ torr에서절연파괴전압 (직경 6mm)

4. 결과 및 검토

절연기체를 대체하여 진공을 사용할 경우, 전극의 면적과 극간 gap의 선정이 가장 중요하다고 할 수 있다. 본 논문에서는 모의실험을 통하여 진공도 및 극간 gap에 따른 절연파괴전압의 특성을 살펴보았다.

첫째, 같은 gap일 경우 진공도와 극간거리가 커짐에 따라 절연파괴 전압이 증가한다.

둘째, 전극의 면적이 증가함으로써 절연파괴전압은 낮아진다. 전극 면적에 따른 파괴전압양상은 면적효과에 기인하는 것이다. 진공에서의 절연 설계시 최대전계치를 낮추는 것도 중요하나 최대전계의90%영역인 유효면적을 줄이는 것 또한 매우 중요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 대학전력연구센터 지원사업의 지원으로 이루어 졌으며, 이에 관계자 분들께 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] H.okubo, S, Yanabu:"feasibility study on application of high voltage and high power vacuum circuit breaker", 20th Int. symp. on discharge and Electrical insulation in vacuum pp. 275-278, 2002
- [2] F. Mijazaki, Y. Inagawa, K. Kato, M, sakaki, H.ichikawa H.okubo : "Electrode conditioning characteristics in vacuum under impulse voltage application in non-uniform electric field", IEEE Transactions on DEI, vol 12, No. 1, pp17-23,2005
- [3] J. M. lafferty, "Triggered vacuum gaps" , proc.IEEE, vol.54, no1, pp.23-32, 1966