

진공에서 전극 재질에 따른 절연파괴 전압 특성 파악

이승수*, 허준*, 윤재훈*, 임기조*, 강성화**
 충북대학교*, 충청대학**

characteristic of breakdown voltage of electrode material in vacuum

Seung-Su Lee*, June-Her*, Jae-Hun Yoon*, Kee-Joe Lim* and Seong-Hwa Kang**
 Chungbuk University*, Chungcheong College**

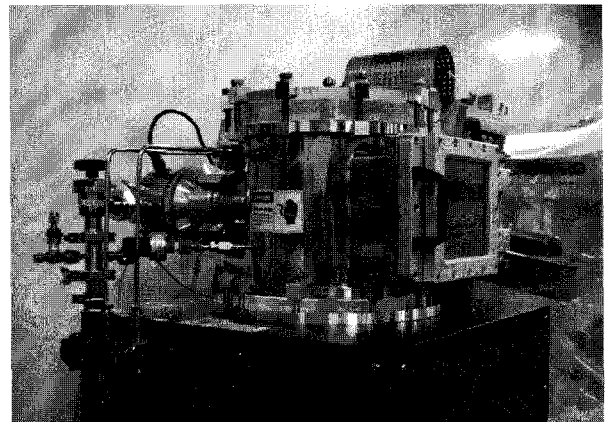
Abstract - SF6 widely used as insulating gas is rising as the environment problem. For decreasing this greenhouse gas, electrical breakdown characteristics of vacuum with air are studied in non-uniform field. The gap of needle to plane was 0.5mm. The pressure of vacuum the range of 10^{-4} ~ 10^{-5} torr. The diameter of a plane made of the stainless steel is 150mm. As a result of the experiment, the breakdown voltage is increased about degree of vacuum increased. The electrode material influenced breakdown voltage in vacuum.

진공 상태를 모의하기 위해 <그림 2>와 같이 스테인리스 재질의 높이 20cm, 직경 20cm 크기의 진공 및 압력 용기를 제작하고, 진공펌프를 사용하였다. 불평등 전계를 모의하기 위하여 봉대평판 전극을 사용하였다. 봉과 평판은 스테인리스 재질과 구리 재질이며, 두 개 모두 rod의 직경은 2mm, 4mm, 6mm 이며 평판의 직경은 150mm, 두께 10mm이다. 실험에 사용된 전극의 극간 거리는 0.5mm로 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 절지하였다.

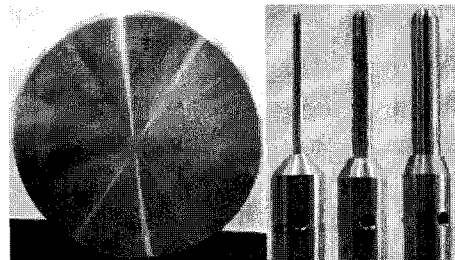
1. 서 론

진공은 뛰어난 절연매체이기 때문에 오래 전부터 X선관이나 브라운관(CRT : cathode ray tube), 진공스위치(VST : vacuum switch tube)등에 채택되어 왔으며, 진공절연을 채택한 전력기기는 VST로 구성되어 있는 진공차단기 VCB이다. 그런데 이 VCB는 지금까지 정격 84kV 이하로 적용되고 있다. SF6가스의 지구온난화 문제, 기기의 복잡화, compact화의 관점 등에서 볼 때, 앞으로 절연매체로서 진공절연의 적용이 확대될 것으로 예상되고 있다. 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, 고 전압화를 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 상태에서도 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 많게 되므로 압력의 증가만큼 파괴전압의 증가율이 나타나지 않게 된다.

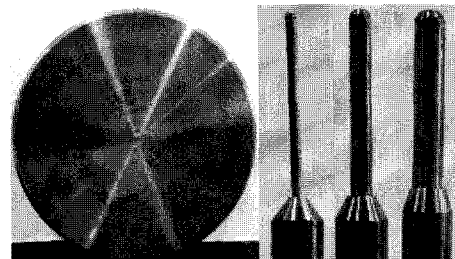
본 논문에서는 진공에서 전극 재질과 전극 면적에 따른 파괴전압특성을 진공도에 따라서 분석하였다.



<그림 2> 진공 챔버

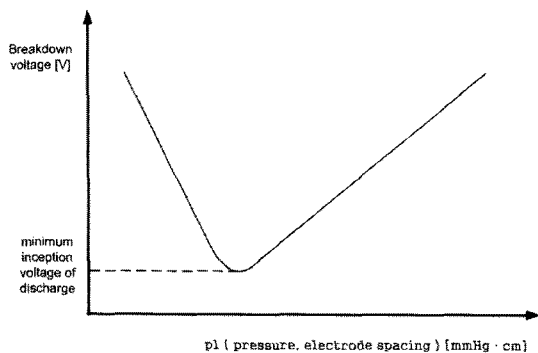


a) 스테인리스



b) 구리

<그림 3> rod-plane 전극

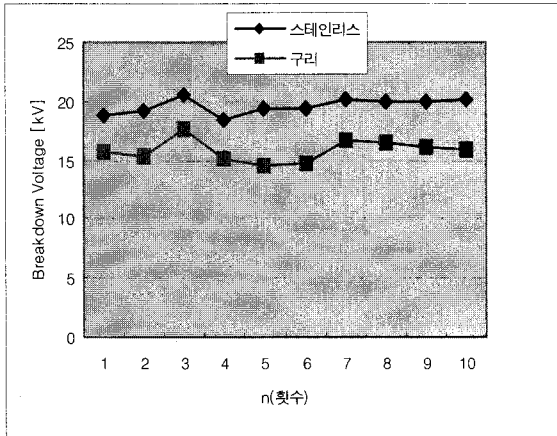


<그림 1> 파센의 커브

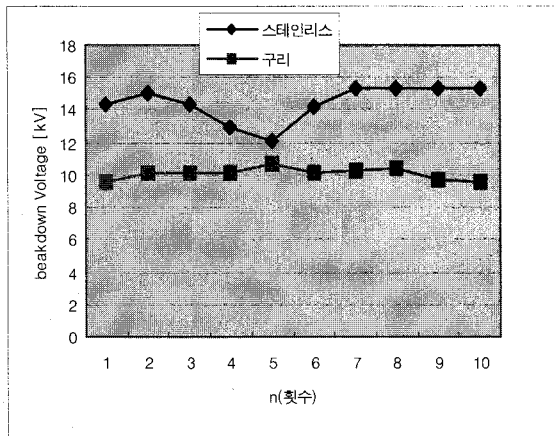
2. 실험

2. 결과 및 고찰

본 실험에서 직경이 커짐에 따라 파괴전압이 선형적으로 증가하는 모습을 보였다. 또한, 진공도가 높아짐에 따라 파괴전압이 상승하였으며, 구리보다 스테인리스 재질에서 파괴전압이 높아졌다. <그림 4>는 rod 직경이 2mm이고 극간 gap이 5mm일 때 스테인리스와 구리재질의 전극간 파괴전압의 모습을 나타내었다.

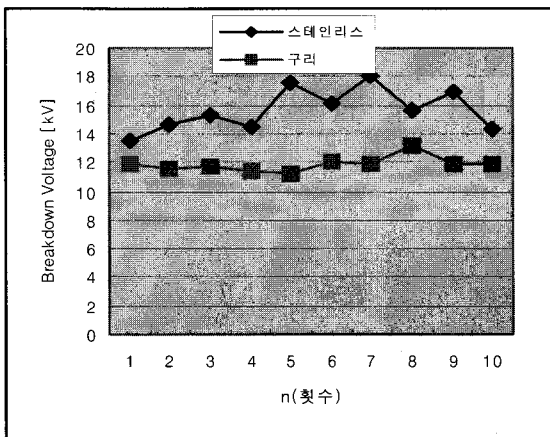


<그림 4> 10⁻⁵ torr, 직경 2mm에서 절연파괴전압

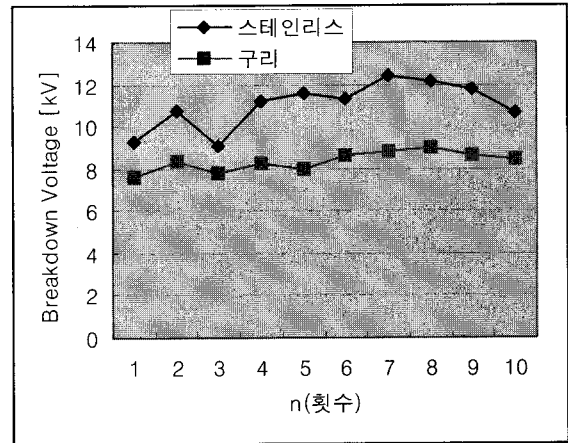


<그림 5> 10⁻⁵ torr, 직경 6mm에서 절연파괴전압

<그림 4>, <그림 5>는 10⁻⁵ torr에서 rod 직경이 각각 2mm, 6mm 일 때 스테인리스와 구리 전극에 따라 측정된 절연파괴전압을 나타내었다. 같은 gap과 진공도일 경우 rod 직경이 작을수록 파괴전압이 높고, 스테인리스 재질의 전극일 경우 파괴전압이 높음을 볼 수 있다.



<그림 6> 10⁻⁴ torr, 직경 2mm에서 절연파괴전압



<그림 7> 10⁻⁴ torr, 직경 6mm에서 절연파괴전압

<그림 6>, <그림 7>은 10⁻⁴ torr에서 rod 직경이 각각 2mm, 6mm 일 때 스테인리스와 구리 전극에 따라 측정된 절연파괴전압을 나타내었다. 10⁻⁵ torr일 때와 마찬가지로 같은 gap과 진공도일 경우 rod 직경이 작을수록 파괴전압이 높고, 스테인리스 재질의 전극일 경우 파괴전압이 높음을 볼 수 있다. 여기에서 전극의 직경이 커질수록 파괴전압이 낮아지는 것을 모두 확인할 수 있는데 이는 area effect에 관한 것으로 직경이 크면 작을 때보다 최대 전계치는 낮더라도 절연 파괴를 유발하는 유효 전계 면적이 증가함으로써 절연 내력이 저하되어 이런 현상이 발생하게 된다.

또한 진공도가 높아짐에 따라 절연파괴전압이 상승하였음을 각각의 rod 직경에서의 절연파괴 그래프에서 확인할 수 있다.

3. 결 론

절연기체를 대체하여 진공을 사용할 경우, 전극 재질과 전극의 면적의 선정은 가장 중요한 요소들 중에 하나이다. 따라서 본 논문에서는 전극의 재질과 rod 직경 그리고 진공도에 따른 절연파괴전압의 특성을 알아보았다.

첫째, 같은 진공도, rod 직경일 경우 스테인리스 재질의 전극이 구리 재질의 전극의 절연파괴전압 보다 높다.

둘째, 전극의 면적이 증가함으로써 절연파괴전압이 낮아지는데 이는 area effect에 의한 것이다. 따라서 진공에서의 절연 설계시 최대전계치를 낮추는 것도 중요하지만 최대전계의 90%영역인 유효면적을 줄이는 것 또한 매우 중요하다는 것을 보여 준다.

셋째, 진공도가 높아지면 절연파괴전압이 높아진다.

지금까지 진공에서 절연 설계를 하는데 중요한 요소인 전극의 재질, rod 직경, 진공도에 따른 절연파괴전압 특성을 살펴보았다. 이외에도 다른 재질의 전극과 전극간 거리 등에 따른 면밀한 조사 및 실험이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

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

[참 고 문 헌]

- [1] 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
- [2] 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
- [3] J. M. Lafferty, "Triggered vacuum gaps", proc. IEEE, vol. 54, no. 1, pp. 23-32, 1966