

개선된 GIS 스페이서의 전계해석 및 파괴전압특성

류성식*, 신동석, 광희로, 김경화°
 송실대학교, 홍성기능대학°

Electric Field Analyses and Breakdown Voltage Characteristics on the Improved Spacers for GIS

Sung-Sic Ryu*, Dong-Seok Shin, Hee-Ro Kwak, Kyung-Wha Kim°
 Soongsil University, Hongsung College°

Abstract - This paper describes the particle-initiated breakdown characteristics of various spacers, which have a ribbed surface, in the presence of a metallic particle. The particles was attached on the surface of each spacer. The breakdown voltages were measured by changing the particle position on the spacer, the length and thickness of the rib. Also the electrical field analyses were performed. As a result, the breakdown voltage of the spacer with two ribs was highest, and it was varied by the length and the thickness of the rib. Especially, in case of the rib with round edge, the breakdown voltage was higher than that with rectangular edge, which complied with the result through the field analysis.

C, D의 네 가지로 분류하였다. 각각의 스페이서는 아르릴로 제작하였으며 립을 제외한 각 스페이서의 지름 및 높이는 각각 30(mm)로 하였다.

1. 서 론

산업사회의 발달 및 도시기능의 고도화 등으로 전송 전압이 상승하고 있는 추세이며, 전력설비의 대용량·고전압화는 물론 소형화와 옥내화가 불가피하다. 그러므로 운전 및 보수의 간편화, 계통운용의 신뢰성과 안정성의 확보가 요구되어 절연내력과 열적 특성이 매우 우수한 SF₆가스를 절연 소호 매체로 사용하는 가스절연개폐장치(GIS)의 사용이 증가하고 있다. 그러나 GIS는 SF₆가스를 금속용기에 밀폐시킨 매우 콤팩트한 기기이기 때문에 절연거리의 축소로 인하여 고전계 상태에서 파티클이 존재하면 절연성능에 미치는 영향은 상대적으로 크게 된다. 따라서 GIS의 제작, 조립, 운반 및 운전중의 기계적 마모 등에 의하여 파티클 등이 발생하게 되면 전계에 의하여 파티클이 가스공간을 부상·비행하기도 하고, 절연물 표면에 부착하여 기기의 절연성능을 현저히 저하시켜 절연파괴로 이어진다. 특히 스페이서에 금속성 이물질이 부착되어 있을 때 GIS 사고에서 큰 비중을 차지하고 있다.^[1]

금속이물이 스페이서에 부착시 절연파괴가 발생하는 것을 개선하기 위하여 립-스페이서(ribbed spacer)가 제안되어 여러 연구자들에 의해서 연구되어왔지만 절연 파괴 기구에 대한 연구는 아직 미미한 실정이다.^{[2][3]}

따라서 본 논문에서는 다양한 모양의 립-스페이서의 여러 위치에 금속성 파티클을 부착하여 각각에 대한 전계해석을 통하여 스페이서에서의 립의 효과를 분석하였으며, 립의 길이 및 폭의 변화가 절연파괴특성에 미치는 영향을 실험을 통하여 절연파괴전압을 측정하였으며, 이를 비교·검토하였다.

2. 실험장치 및 방법

스페이서에 파티클이 부착되었을 때의 절연파괴특성을 살펴보기 위하여 그림 1과 같은 4가지 형태의 원통형 스페이서를 제작하였으며, 편의상 형태에 따라 A, B,

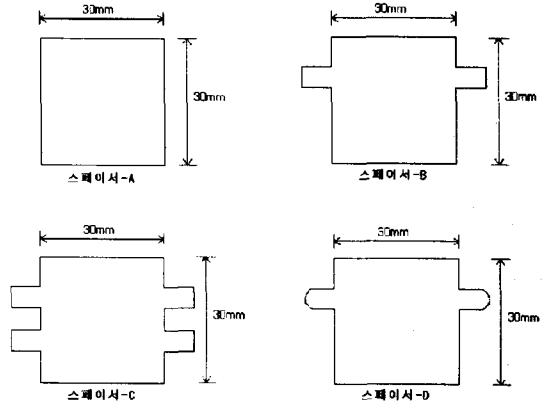


그림 1. 각 스페이서 형상

전극은 지름 90(mm), 두께 20(mm)의 2개의 원형 평판전극을 제작하여 파티클이 부착된 스페이서를 전극사이에 삽입시켰으며, 각 실험에서 파티클은 위치별로 하나씩만 부착시켰다. 인가전압으로 교류전압을 가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 전계해석결과

Ansoft사의 Maxwell 프로그램을 사용하여 각 스페이서에 대한 전계해석을 한 후 스페이서-B와 스페이서-D 경우의 전계해석을 그림 2와 3에 나타내었다.

그림 2는 스페이서-B에서 파티클이 전극과 립 사이에 한 개 부착되어 있는 경우와 파티클에 의해 부분방전이 발생하여 가상스트리머가 립의 끝까지 진전되었을 경우 전계해석을 한 결과이다. 그림 2 (a)는 파티클이 전극과 립 사이에 존재할 때 전계해석한 결과이고, 그림 2 (b)는 전극으로부터 가상스트리머가 발생하여 립의 끝단까지 진행했다고 가정했을 때의 전계해석 결과이다.

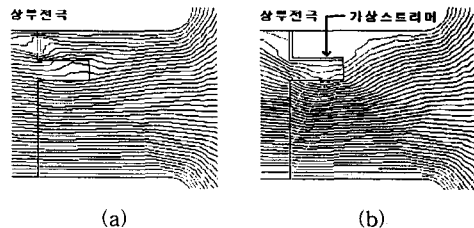


그림 2. 스페이서-B의 경우 전계해석

그림 3은 스페이서-D의 전계해석 결과로서 스페이서-B와는 달리 립의 끝단을 라운드(round)처리하여 립의 끝단에서의 전계분포를 완화하고자 했다. 그림 3 (b)의 해석결과에서 볼 수 있듯이 립의 끝단에서의 전계분포가 Spacer-B에서 보다는 다소 완화됐음을 볼 수 있다.

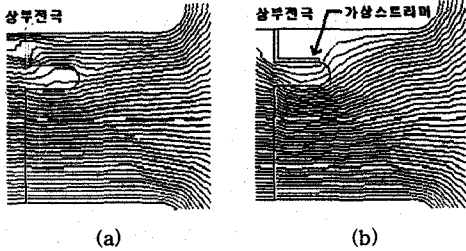


그림 3. Spacer-D의 경우 전계해석

3.2 파괴전압 실험결과

3.2.1 립-스페이서의 파티클 위치별 파괴전압특성

다음은 그림 4와 같이 각각의 스페이서에서 각각의 위치에 파티클을 부착하여 실험한 결과이다. 립-스페이서(B, C, D)의 립의 두께는 각각 4[mm]이며, 립의 폭은 각각 10[mm]이다.

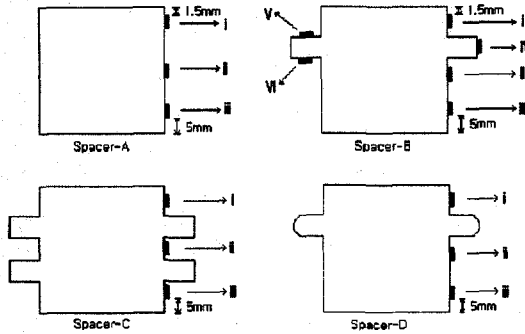


그림 4. 스페이서 종류별 파티클의 부착위치

그림 5는 스페이서-A에서 파티클이 상부(i 위치), 중앙(ii 위치), 하부(iii 위치)에 각각 부착하였을 경우 절연 파괴 실험결과이며, 파괴전압은 파티클이 중앙에 위치할 때 가장 높았다.

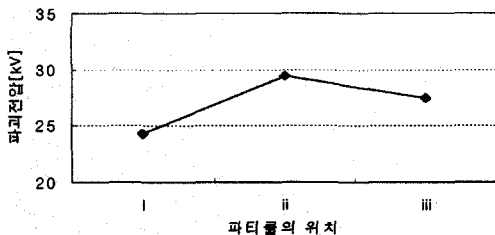


그림 5. 스페이서-A의 파티클 위치별 파괴전압

그림 6은 그림 4의 스페이서-B에 나타난 i~vi의 위치에 파티클을 각각 하나씩 부착하여 파괴전압을 측정·비교한 것이다. 상단(i), 중앙(ii), 하단(iii)의 세 가지 위치에서의 파괴전압을 비교해보면 그림 5의 스페이서-A의 결과와 마찬가지로 파티클이 중앙에 부착시 파

괴전압 값이 가장 높았으나, 스페이서-A와는 달리 스페이서 상단(i)에 파티클이 부착시 파괴전압 값이 상당히 증가한 것을 볼 수 있다. 또한 립의 나머지 위치(iv, v, vi)에 파티클을 각각 부착했을 때의 파괴전압 값들은 상단(i), 중앙(ii), 하단(iii)에 파티클을 부착했을 때의 값보다 더욱 높게 나타나는 것을 볼 수 있다.

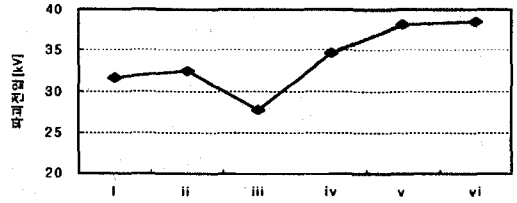


그림 6. 스페이서-B의 파티클 위치별 파괴전압

그림 7은 각각의 스페이서에서 파티클의 상, 중, 하(i, ii, iii) 위치별로 절연파괴전압을 측정·비교한 것이다. 파티클이 스페이서의 상단에 부착되어 있을 때는 스페이서-D의 경우 파괴전압이 가장 높게 나타났으며, 파티클이 스페이서의 중앙에 위치할 때는 스페이서-C의 경우 값이 가장 높게 나타났다. 그리고 파티클이 스페이서 하단에 위치할 때는 A, B, D의 스페이서에서 경우와 거의 같은 값을 보이지만 스페이서-C의 경우에는 증가하였다. 전체적으로 보면 스페이서-C가 가장 우수한 절연성능을 보임을 알 수 있다.

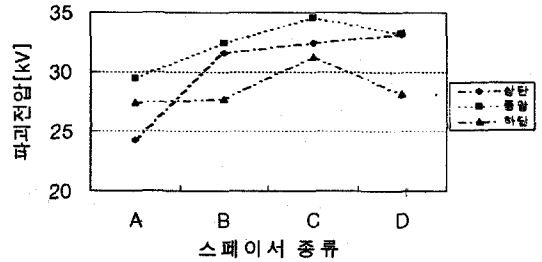


그림 7. 파티클 위치별 각 스페이서에서의 절연파괴전압

3.2.2 립의 위치, 폭 및 두께 변화에 따른 특성

그림 8은 스페이서-B형의 립-스페이서 상단에서 1[mm] 떨어진 곳에 파티클을 부착한 상태에서 립의 위치를 변화시키면서 실험한 결과이다. 파티클을 상단에 부착한 경우에는 립의 위치가 내려갈수록 파괴전압이 감소하였으며, 반대로 파티클을 하단에 부착한 경우에는 파괴전압이 증가하는 경향을 보였다.

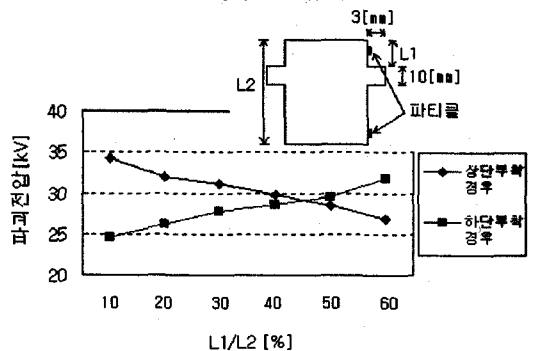


그림 8. 립의 위치에 따른 파괴전압

그림 9는 스페이서-B형에서 립의 폭 변화에 따른 파괴전압 시험결과이다. 결과에서 볼 수 있듯이 립의 폭이 증가할수록 파괴전압이 점차 증가함을 알 수 있다.

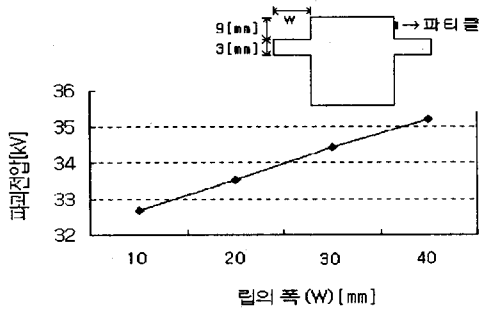


그림 9. 립의 폭 변화에 따른 파괴전압

그림 10은 C형 립-스페이서에서 립 사이의 거리와 립의 두께에 따른 파괴전압 시험결과이다. 립의 폭은 10(mm)이며, 립의 두께는 각각 3(mm)와 6(mm)인 스페이서 두 개를 사용하였다. 그림에서 립 사이의 거리가 증가할 경우 파괴전압은 대략 일정한 값을 보이다가 립의 두께가 6(mm)인 스페이서의 경우에는 립 사이의 거리가 스페이서 길이의 약 40(%) 정도가 되면서부터 감소하기 시작하며, 립의 두께가 3(mm)로 보다 적은 스페이서에서는 립 사이의 거리가 약 60(%)가 되면서부터 파괴전압이 감소하는 특성을 보였다.

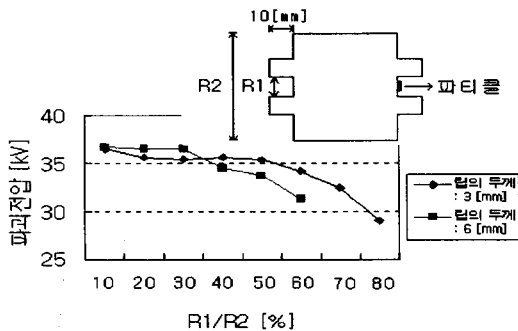


그림 10. 스페이서-C의 립 사이의 거리와 립의 두께에 따른 파괴전압

그림 11은 C형 립-스페이서에서 립의 폭 변화에 따른 파괴전압 시험결과이다. 그림에서와 같이 립의 폭이 증가할수록 파괴전압이 증가함을 알 수 있다.

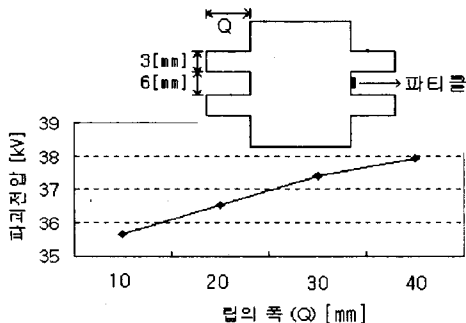


그림 11. 스페이서-C의 립의 폭 변화에 따른 파괴전압

또한, 그림 9의 스페이서-B형의 립이 하나만 있는 스페이서에서의 파괴전압보다는 그림 11처럼 립이 두 개 있는 스페이서에서의 파괴전압이 전체적으로 보다 높음을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 스페이서에 금속성 이물질이 부착되었을 때 일어날 수 있는 절연파괴를 최대한 억제할 수 있는 한가지 방법인 립-스페이서에 대한 전계해석 및 절연 파괴 실험을 행하였다. 그 결과로부터 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

1. 립-스페이서를 사용함으로써 금속성 이물질이 스페이서에 부착될 경우 립이 없는 스페이서보다 파괴전압이 높았다.
2. 립이 2개인 경우의 스페이서에서의 파괴전압, 특히 중앙부에서의 파괴전압이 립이 한 개이거나 없는 스페이서보다 높았다.
3. 립의 끝단을 라운드 처리함으로써 파괴전압을 더욱 상승시킬 수 있음을 전계해석과 실험을 통하여 알 수 있었다.
4. 립이 하나 있는 스페이서에서, 스페이서 상단에 파티클이 부착되어 있는 경우에는 립의 위치가 스페이서의 하단에 위치할수록 파괴전압이 감소하였으나, 파티클이 스페이서의 하단에 부착되어 있는 경우에는 반대로 증가하였다.
5. 립이 두 개 있는 스페이서의 경우, 립 사이의 거리가 멀어질 경우 파괴전압은 거의 일정한 값을 보이다가 거리가 어느 이상이 되면 감소하는 경향을 보였다.
6. 립의 두께에 따른 파괴전압은 립 사이의 거리가 비교적 적은 경우에는 두께가 두꺼운 스페이서의 파괴전압이 약간 높게 나타났으나, 립사이의 거리가 멀어짐에 따라 립의 두께가 얇은 스페이서의 파괴전압보다 더 빨리 감소하는 특성을 보였다.
7. 립이 하나 있는 스페이서와 두 개 있는 스페이서의 경우 립의 폭을 증가시키면 모두 파괴전압이 증가하였으며, 립을 두 개 가지고 있는 스페이서가 립을 하나 가지고 있는 스페이서보다 높은 파괴전압을 보였다.

(참 고 문 헌)

- [1] 권동진 외, "변전설비 진단기술 개발 연구(최종보고서)", 전력연구원, pp. 69-108, 1998
- [2] Fumihiko Endo et al, "Enhancement of Insulation Reliability of GIS", Japan-Korea Symposium on ED and HVE, pp. 5-10, 1997
- [3] Tokio Yamagiwa et al, "Particle-initiated Breakdown Characteristics on a Ribbed Spacer Surface for SF₆ Gas Insulated Switchgear", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 3, No. 3, 1988
- [4] B. Nageswar Rao et al, "Electric Field Computation Studies for a Fixed Particle on the Spacer as related to GIS", IEEE International Symposium on electrical Insulation, pp. 677-680, 1998
- [5] 이 곤, "GIS내 파티클의 상태에 따른 부분방전패턴 및 초음파 신호 특성연구", 석사학위논문, 숭실대학교, pp. 1-16, 1999
- [6] 김경화, "GIS내 금속이물의 상태에 따른 부분방전신호의 패턴분석", 박사학위논문, 숭실대학교, pp. 1-16, 1999
- [7] 류성식 외, "GIS 립-스페이서의 형상에 대한 전계해석 및 파괴전압특성", 2000년도 방전 및 고전압연구회 춘계학술 발표대회 논문집, pp. 107-109, 2000

이 연구는 기초전력공학공동연구소의 지원을 받아 수행되었음.