

## GIS가스 챔버 내에서 파티클 부상특성

이강수\*, 곽희로, 조용우, 김경화, 조국희\*, 권동진\*\*, 전상준\*\*\*  
 숭실대학교, 한국전기연구소\*, 한전전력연구원\*\*, 대한전선\*\*\*

## The Bouncing Characteristics of Particles in GIS Chamber

Kang-Soo Lee\*, Hee-Ro Kwak, Yong-Woo Cho, Kyong-Hwa Kim, Kook-Hae Cho\*, Dong-Jin Kweon\*\*, Sang-Joon Jun\*\*\*  
 Soongsil Univ. KERI\*, KEPRI\*\*, TEC\*\*\*

**Abstract** - In this paper, the behaviour and effect of conducting particles in a SF<sub>6</sub> insulated electrode system, are presented. It is shown that the bouncing voltage of the particle is independent of particle length, and that the breakdown voltages are affected by the particle length. The longer the particle, the lower the breakdown voltages. The bouncing-off, the lift off and breakdown voltages increase as the particle diameter increase. The breakdown voltage of free particle is lower than fixed particle on the enclosure.

해 파티클이 자유롭게 움직일 수 있는 상태로 있을 때, 하부전극에 수직으로 고정되어 있을 때, 그리고 내부전극에 수직으로 고정되어 있을 때 각각에 대한 절연과피특성을 측정 분석하였다.

### 2. 실험장치 및 방법

본 연구의 실험장치는 그림 1과 같이 고전압 발생장치, 실험용 모의 원통전극을 설치한 가스챔버, 전치증폭기 및 기록장치인 오실로스코프로 구성하였다.

### 1. 서 론

시각적인 환경공해 및 전력공급 신뢰도 향상을 위해 GIS의 사용이 급격히 증가하였다. GIS는 모선, 차단기, 단로기, 접지장치 등을 조합하여 설치된 설비이다. 높은 절연내력을 가지는 SF<sub>6</sub> 가스를 금속 용기에 밀폐시켰기 때문에 콤팩트하고 신뢰성이 높다. 통상의 운전상태에서는 부분방전이 발생하지 않는 충분한 전계강도를 갖도록 설계되어 있다. 그러나 GIS의 제작, 운반, 현장조립 등에 의하여 도체에서의 돌기, 스페이서의 크랙 및 도전성 이물질 등이 발생할 수 있다. 이러한 결함에 의해 전계의 왜형이 발생하여 절연과피에 도달할 수도 있다.<sup>[1][2]</sup> GIS는 내부사고 발생시 사고파급이 크고 복구 작업도 어려우므로 GIS사고에 대한 예방대책이 필수적으로 대두되고 있다. 본 연구에서는 GIS내부에 금속이물 혼입시 절연내력특성에 미치는 영향을 분석하고자한다. GIS내에 금속이물(particle) 존재시 금속이물의 길이, 직경에 따른 과피전압특성과 SF<sub>6</sub> 가스압력에 따른 절연과피전압특성을 측정, 분석하였다. 모의 동축원통전극을 설치한 가스챔버내에 있는 파티클의 길이별, 직경별 절연과피전압과 부상전압을 측정, 분석하였고, SF<sub>6</sub>가스압력의 변화에 대해서도 같은 측정과 분석을 하였다. 또한, 고전계에서 파티클 부상시 절연과피특성에 미치는 영향을 분석하기 위

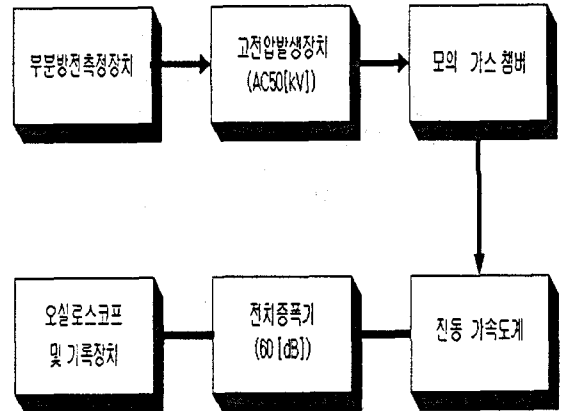


그림 1 실험장치의 개략도

그림 2는 SF<sub>6</sub>가스 절연 챔버내에 설치한 모의 동축원통전극의 단면도이다. 동축원통구조는 GIS내부에서 도전성 이물질이 전계에 의해 부상하는 것을 실험하기 위하여 GIS를 모의하여 제작한 것이다. 전극간의 gap거리는 10~35[mm]로 조정 가능하게 하였다. 전극 내에서 도전성 이물질 바운싱시의 진동신호 및 초음파 신호를 검출할 수 있도록 하부전극외면에 센서를 취부할 수 있도록 하였다. 전극 내에서 도전성 이물질 부상시 이를 관찰하기

위하여 챔버 외부 원통을 아크릴로 제작 밀폐하였으며, 고압선, 센서선, 접지선 및 가스주입구등을 취부하고 완전 밀폐를 하였다. SF<sub>6</sub>가스의 절연 내력이 공기의 약2.5배이므로 간극거리가 큰 경우 도전성 이물질이 존재하여도 이물질의 부상은 이루어지나 절연파괴에 까지 이르지 않기 때문에 간극거리는 15[mm]로 하여 실험하였으며, 압력변화와 도전성 이물질의 상태에 따른 파괴전압특성을 분석하기 위해 가스압력을 1[bar]에서 2[bar]까지 조절하면서 도전성 이물질이 자유롭게 움직일 수 있을 때, 원통전극 하부에 수직으로 고정되어 있을 때 및 도체에 수직으로 고정되어 있을 때 각각에 대한 파괴전압을 측정하였다. 또한, 도전성 이물질의 직경과 길이가 절연파괴전압 및 부상 전압에 미치는 영향을 분석하였다.

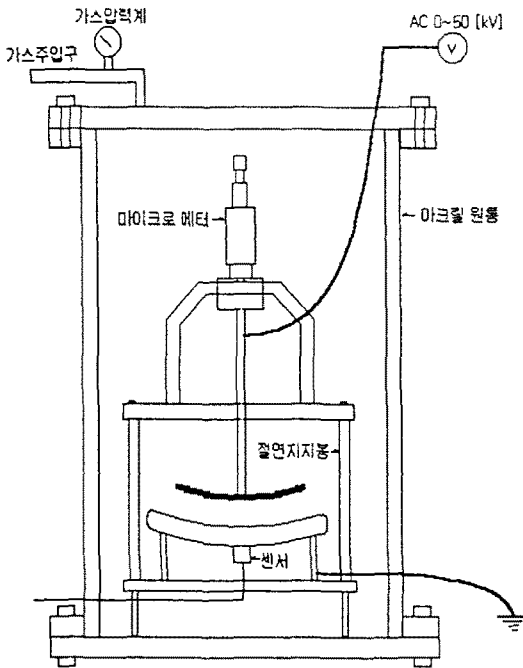


그림 2. 모의 동축원통 전극 아크릴 가스 챔버

이물질의 길이에 따른 부상전압과 절연파괴전압 특성을 분석하기 위해 직경 0.5[mm]인 구리도선을 3 ~ 10[mm]까지 변화시켜 각각에 대한 부상전압과 절연파괴전압을 측정하였다. 직경의 변화에 대해서도 같은 실험을 하였으며 이때의 bouncing off 전압도 측정하였다. 직경은 0.26, 0.5, 0.8, 1.0[mm]인 구리도선을 사용하였고 이때 길이는 7[mm]로 일정하게 하였다. 실험결과에 나타난 데이터는 실험을 수회 실시한 후 이를 평균하여 그래프로 나타

낸 것이다.

### 3. 실험결과 및 고찰

그림3은 도전성 이물질의 상태에 따른 SF<sub>6</sub>가스압력 변화시의 절연파괴 전계를 도기한 것이다.

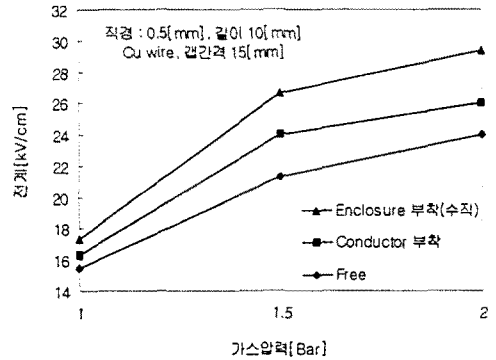


그림 3. 도전성 이물질 존재시 압력에 따른 파괴전계 특성

그림 3에 나타난 것과 같이 도전성 이물질의 상태에 따른 절연파괴전계는 가스압이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보여주고 있다. 도전성 이물질이 free일 때 절연파괴 전계가 가장 낮고, 외벽에 고정되어 있을 때 절연파괴 전계가 가장 높게 나타났다. 도전성 이물질이 free일 때가 GIS의 절연내력에 가장 나쁜영향을 줄 수 있다.

그림 4는 파티클 길이에 따른 부상전계 및 절연파괴전계를 나타낸 것이다.

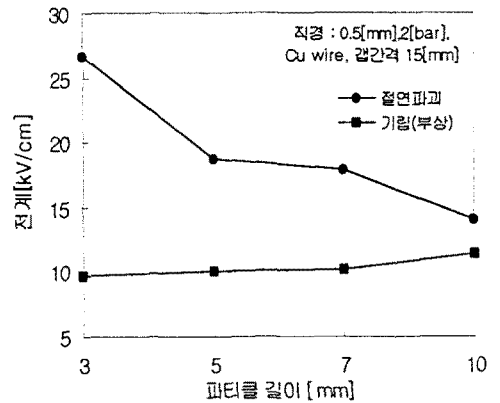


그림 4. 도전성 이물질의 길이에 따른 절연파괴 전계 및 부상전계와의 관계

그림에 나타난 것처럼 도전성 이물질의 길이가 증가함에 따라 부상전계는 거의 일정하게 나타났

나, 절연파괴전계는 감소하였다. 절연파괴전계의 감소는 길이가 긴 경우 부상시 침대 평판으로 전극이 형성되어 갭 간격이 짧게되기 때문인 것으로 판단된다. 또한 전압을 급속히 올린 경우가 서서히 올린 경우보다 파괴전압과 부상전압에서 약 20%정도 낮은 것으로 나타났다.

그림 5는 파티클의 직경에 따른 절연파괴 전계와 부상전계 그리고 bouncing off전계를 나타내고 있다

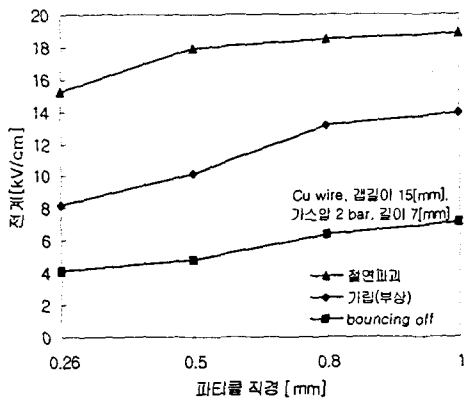


그림 5. 파티클 직경에 따른 절연파괴전계, 부상전계 및 Bouncing off 전계

그래프에서 파티클의 직경이 증가함에 따라 각각의 전계는 증가하는 추세를 보이고, bouncing off전압은 기립전압의 약 1/2정도이다. 파괴전계는 직경이 증가함에 따라 약간의 증가 추세는 보이지만 직경이 커질수록 포화되는 경향을 나타내고 있다.

이상의 실험에서 이물질의 거동은 전압을 서서히 증가시키면 처음에 기립과 동시에 바운싱을 시작하고, 이때 전압을 내려도 반복운동은 계속하고 부상전압의 약 1/2정도일 때 도전성 이물질이 bouncing off됨을 알 수 있었다. 부상후 전압을 계속 증가시키면 도전성 이물질은 도체에 부딪치며 전극간을 왕복 운동하다 전압을 더 증가하면 절연파괴 됨을 알 수 있다. 이 때 이물질의 하단에서 미세한 불꽃 발생이 관찰되었고, 이는 부분방전에 의한 발광으로 사료된다. 도전성 이물질의 부상은 전극간에 인가되는 전계에 의한 전자기력이 중력보다 큰 경우 발생하게 된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 도전성 이물질의 여러 파라메타에 따른 절연파괴전압 및 부상전압을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 파티클의 길이에 따른 부상전압은 거의 변화가 없으나, 절연파괴전압은 파티클의 길이가 길수록 더욱 낮아진다.
- (2) 파티클의 직경이 클수록 부상전압은 높아지고, 절연파괴 전압은 증가추세는 보이지만 직경이 더욱 커지면 포화된다.
- (3) 직경이 클수록 기립 전압은 높아지며, 기립전압의 약 1/2전압에서 bouncing off된다.

이상과 같이 도전성 이물질이 GIS내에 혼입된 경우 SF<sub>6</sub> 가스의 절연내력을 저하시킴으로 사고발생의 원인이 되고 있으므로 앞으로는 이물질의 종류와 형태에 따른 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Li Ming at. al, "Behaviour and Effect of Conducting Spiral Particles under AC Voltage in A Gas Insulated Electrode System", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 3, No. 1, pp. 159~164, 1988
- [2] 가스絶縁開閉裝置の直流絶縁調査専門委員會, "가스絶縁開閉裝置の直流絶縁", 電氣學會技術報告, 第397号, 1991.
- [3] T. Hattori at. al, "A Study on Effects of Conducting Particles in SF<sub>6</sub> Gas and Test Methods for GIS", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 3, No. 1, 1988.