

# 모의 GIS 내에서 파티클의 재질에 따른 절연파괴 특성

## The Breakdown Characteristics due to Particles in GIS Chamber

이재걸\*, 곽희로, 이강수, 김경화, 조국희\*

숭실대학교, 한국전기연구소\*

Jae-Gil Lee\*, Hee-Ro Kwak, Kang-Soo Lee, Kyong-Hwa Kim, Kook-Hui Cho\*,  
Soongsil Univ., KERI\*

**Abstract** - In this paper, the behaviour and effect of various particles made of conducting wires( Fe, Cu, Al ) in a SF<sub>6</sub> insulated electrode system, are presented. It is shown that the ac breakdown voltage of compressed SF<sub>6</sub> is influenced by different conducting particles. The breakdown voltage due to the particle is dependent of a class of particle. The breakdown voltage due to Cu particle was the highest and the breakdown voltage due to Al particle was the lowest.

### 1. 서론

최근 문명의 발전은 인구의 도시집중과 도시기능의 고도화가 수반되어 특정의 좁은 지역에서 대용량의 전력이 사용되고 있다. 그러나 대도시에서 전원 및 전력수송설비의 임지는 제한되어 발, 변전소용 부지의 효율적 사용 및 환경조화를 위해 설비의 축소화, 밀폐화가 불가피하므로 콤팩트한 초고압·대용량 전력기기인 가스절연 개폐장치(GIS)의 사용이 급격히 증가하였다. 이는 높은 절연내력을 가지는 SF<sub>6</sub> 가스를 금속용기에 밀폐시킨 콤팩트하고 신뢰성이 높은 기기야기 때문이다. 그러나 초고압 GIS 변전소의 경우 크기가 종래의 약 1/20까지 축소됨으로써, 설계전계치가 크게되어 미소결함이 존재 할 경우 부분방전 등 고전압특유의 현상이 나타난다.

통상의 운전상태에서는 부분방전이 발생하지 않는 충분한 전계강도를 갖도록 설계되어 있으나 GIS의 제작, 운반, 원장조립 등에 의하여 도체에서의 들기, 스페이서의 크랙 및 금속이물 등이 발생할 수 있다. 이러한 결함에 의해 전계의 폐열이 발생하여 절연파괴에 도달할 수도 있다. GIS는 내부사고 발생시 사고파급이 크고 복구 작업도 어려우므로 GIS사고에 대한 예방대책이 필수적으로 대두되고 있다.

본 연구에서는 GIS내부에 혼입된 금속이물의 재질(Cu,Fe,Al)에 따른 절연내력특성을 분석하였다. 모의 동축원통전극을 설치한 SF<sub>6</sub> 가스챔버내에 금속이물을 혼입하여 금속이물(particle)의 재질에 따른 죽경 및 길이가 파괴 전압특성에 미치는 영향과 SF<sub>6</sub> 가스압력에 따른 절

연파괴전압특성을 측정, 비교분석하였다.

### 2. 실험장치 및 방법

본 연구에서 실험장치는 고압발생장치, 실험용 모의 가스챔버 및 모의 동축원통전극으로 구성하였다.

가스챔버는 전계에 의한 금속이물의 재질에 따른 절연파괴를 실험하기위해 GIS를 모의하여 내부를 관찰할수 있도록 아크릴을 이용하여 원통형으로 제작하였다. 그리고 전압인가선, 접지선 및 가스주입구등을 취부하고 완전밀폐를 하였다.

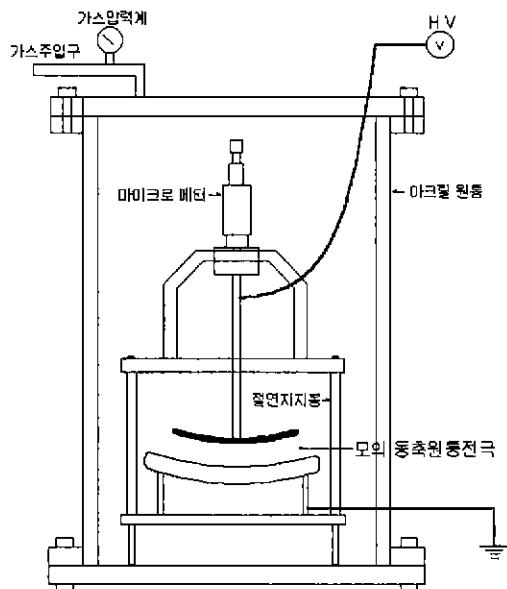


그림 1. 모의 동축원통 전극 내장 아크릴 가스 챔버

그림 1은 가스챔버내에 설치한 모의 동축원통전극의 단면도이다. 전극간의 거리는 마이크로미터를 이용하여 10~35[mm]까지 조정이 가능하도록 하였다.

전극간 거리는 15[mm]로 고정하여 실험을 하였다. 금속이물에 의한 절연파괴기구에 미치는 압력의 영향을 알아보기위해 가스압력을 1[bar]~2[bar]까지 0.5[bar]간격으로 조절하면서 실험을 하였으며, 금속이물의 재질에 따라 각각의 길이별 부상 및 절연파괴전압을 측정, 비교분석하였다. 또한 금속이물의 재질에 따른 직경의 변화가 절연파괴전압에 미치는 영향을 분석하였다.

금속이물의 재질에 따라 가스압력이 변화할 때 절연파괴전압에 미치는 영향을 분석하기위해 길이10[mm], 직경 1[mm]인 선형의 Cu, Fe, Al을 사용하였다. 또한 금속이물의 재질에 따라 길이를 변화시켜 절연파괴전압 특성을 측정하기위해 금속이물직경 1[mm], 가스압력 1[bar]의 조건에서 실험하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

금속이물에 의한  $SF_6$ 가스의 절연파괴는 도전성 금속이물이 기립, 부상을하였을 경우 침대 평판전극과 같은 형상이 되며 침과 같은 역할을 하는 금속이물에 전계가 집중되어 부분방전 이후 절연파괴에 이르게 된다.

금속이물에 의한  $SF_6$ 가스의 절연파괴는 반드시 금속이물의 부상에 이어 발생하므로, 재질이 다른 금속이물의 길이별 부상전압을 그림 2에 나타내었다. 그림 2에서 사용한 금속이물의 직경은 1[mm], 압력은 2[bar]이며 길이는 3, 5, 7, 10[mm]를 사용하였다. 그림에 나타난 바와 같이 밀도가 가장 큰 구리의 부상전압이 가장 높았으며, 밀도가 가장 낮은 알루미늄의 부상전압이 가장 낮게 나타났다.

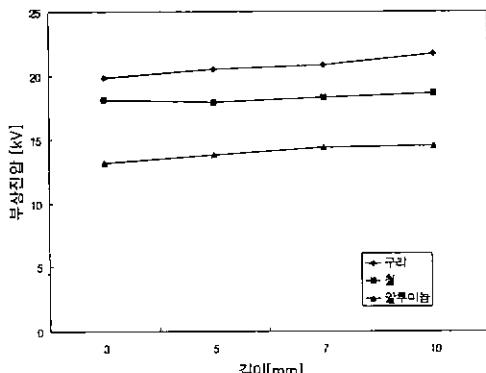


그림 2. 재질이 다른 금속이물의 길이별 부상전압

그림 3은 재질이 다른 금속이물의 길이에 따른 파괴전압 특성이다. 금속이물의 직경은 1[mm]로 일정하고, 압력은 1[bar], 전극간의 갭간격은 15[mm]이다. 그림에 나타난 것과 같이  $SF_6$ 가스의 절연내력은 금속이물의 길이가 길수록 감소한다. 금속이물의 길이가 길수록, 기립 및 부상하였을 경우 전극간거리가 짧아지는 것과 같은 효과를 보이므로 길이가 길수록  $SF_6$ 가스의 절연파괴전압은 낮아지며, 금속이물의 재질에 따라 밀도가 작을수록 절연파괴전압이 낮아진다.

금속이물의 재질의 특성에 의해 부상 및 파괴전압이 큰 차이를 보였으며, 이는 금속이물의 재질이  $SF_6$ 가스의 절연파괴에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 금속이물 길이의 증가에 따른 파괴전압의 변화경향은 재질이 다른 경우에도 비슷한 감소비율을 나타냈다.

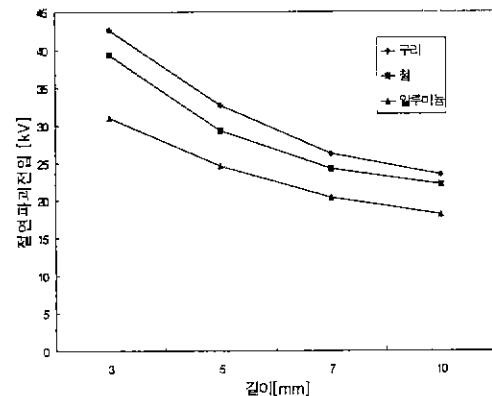


그림 3. 금속이물 각 재질의 길이에 따른 절연파괴 전압특성

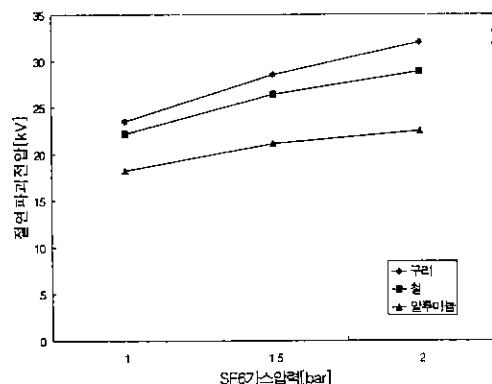


그림 4. 금속이물의 각 재질의 압력에 따른 절연파괴 전압특성

그림 4에는  $SF_6$ 가스의 압력변화에 따른 금속이물의 재질에 대한 절연파괴전압을 나타내었다. 그림 4에서 사용된 각각의 금속이물은 길이 10[mm], 직경 1[mm]의 선형 금속이물을 사용하였다. 그림 3에서와 같이  $SF_6$ 가스는 압력이 높을수록 파괴전압이 상승하는 절연내력특성을 보였다. 압력의 증가에 따라 재질이 다른 금속이물의 파괴전압이 차이를 보이면서 증가하였다.

그림 3과 4에서 보인것과 같이  $SF_6$ 가스내에서 절연파괴전압에 영향을 미치는 요인으로 금속이물의 재질과 길이 및 압력의 관점에서는, 재질이 다른 금속이물은 각각의 밀도의 차이에 의해 밀도가 높은 구리의 파괴전압이 가장 높고, 밀도가 가장 낮은 알루미늄에서 가장 낮은 파괴전압이 나타났다. 또한 같은 압력에서  $SF_6$ 가스의 절연내력특성은 금속이물의 재질에 큰 영향을 받는다는 것을 알수 있다

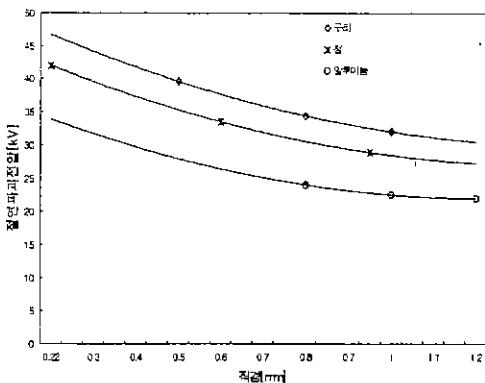


그림 5 금속이물 재질의 직경별 파괴전압 특성

그림 5는 재질이 다른 금속이물 직경의 변화에 따른 절연파괴특성을 나타내었다. 길이는 10[mm] 압력은 1[bar]을 사용하였다. 직경의 변화도 길이, 압력의 변화와 마찬가지로 금속이물의 재질에 따라 파괴전압의 차이를 나타냈다. 금속이물의 직경은 커질수록 SF<sub>6</sub> 가스의 절연파괴전압은 낮아짐을 알 수 있다. 금속이물의 재질특성은 구리 > 철 > 알루미늄 순으로 파괴전압의 크기가 나타났으며, 이는 SF<sub>6</sub> 가스내에서 절연파괴를 발생시키는 금속이물의 밀도차에 의해 밀도가 클수록 부상전압이 상승하여 더 높은 전압에서 파괴가 이루어 진다.

지금까지의 실험으로 GIS내에 여러 재질의 금속이물이 존재할 경우에 금속이물의 밀도의 차에 의해 밀도가 클수록 금속이물의 부상전압이 상승하여 더 높은 전압에서 파괴가 발생함을 알 수 있다. 이는 밀도가 클 경우 같은 부피에서의 질량이 크므로 중력의 영향에 의해 밀도가 작은 것보다 더 높은 전압에서 부상한다. 금속이물의 길이가 길수록 절연파괴전압은 낮아짐을 알 수 있다. 또한 금속이물의 직경도 GIS내에서 영향요인으로 작용하는 것으로 나타났다.

#### 4. 결론

본 연구논문에서는 금속이물의 재질에 따른 SF<sub>6</sub> 가스의 절연파괴특성을 측정하여 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 금속이물의 재질에 따른 SF<sub>6</sub> 가스의 절연내력은 금속이물의 밀도가 작을수록 금속이물의 부상이 용이하여 낮은 전압에서 절연파괴가 발생했다.
- (2) GIS내에 존재하는 금속이물의 길이가 길수록 재질에 따른 차를 유지한채 SF<sub>6</sub> 가스의 절연내력은 감소하는 경향을 보였다.
- (3) 금속이물의 길이가 증가함에 따라 금속이물의 부상전압은 재질별로 유사한 증가경향을 나타내었다.
- (4) 금속이물의 직경이 클수록 SF<sub>6</sub> 가스의 절연내력이 감

소하는 경향을 보였다.

위와 같이 GIS내에 존재할 수 있는 여러종류의 파티클이 모두 GIS의 절연내력에 치명적인 영향을 미칠수 있으므로 파티클의 종류보다는 파티클의 형태에 관한 연구와 여러 가지 형태의 파티클에 있어서의 전압인가시의 파티클 주변의 전계의 분포를 해석해 볼 필요가 있다.

#### (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] ガス絶縁開閉装置の直流絶縁調査専門委員会, "ガス絶縁開閉装置の直流絶縁", 電気學會技術報告, 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.
- [4] Alan H. Cookson at. al, "Particle-Initiated Breakdown between coaxial Electrodes in Compressed SF<sub>6</sub>", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-91, No. 3, pp. 343~349, 1973