

기중 아크 차단에 대한 접점 및 소호 재료의 영향

이상엽, 박홍태, 오일성, 이경행  
 LC산전 전력연구소, 전력기기사업부

Influence of Contact and Wall Material on Arc Interruption in Air

S.Y. Lee, H.T.Park, I.S.Oh, K.H. Lee.  
 LG Industrial Systems.

**Abstract** - Air arc interruption used in low rated voltage breaker, ACB and MCCB, have used the arc chamber composed of metal plates and insulating laminates which supposed these mechanically, and geometry and materials of arc chamber are very different by breaker manufacturer.

These breakers have required to be smaller and to interrupt higher current by user, therefore the arc chamber geometry and material in breaker have been small, complex and various.

The purpose of this study is to examine the effects of insulating laminates and contact materials on air arc interruption. Contacts were surrounded by a rectangle chamber of insulating laminates. Contact concoctions were composed of AgW, AgCdO that have used in low rated voltage breaker, and insulating laminates were polyester, epoxy. We found strong dependance of arc voltage on insulating material. The ablated vapor on polyester increased arc voltage that was useful in air arc interruption.

1. 서 론

기중 차단기의 아크 소호실은 고압 차단기 경우와 달리, 진공 상태이거나, 고압 특수 기체(SF<sub>6</sub>) 등을 이용하지 않고, 절연 재료로 공기를 이용하여, 차단 시 전극간의 절연 회복 특성이 고압 차단기에 비해서 떨어지게 된다.

기중 아크 역시 일반적인 아크 플라즈마의 원칙을 벗어 나지는 않지만, 절연체로서의 공기는 여러 종류의 기체가 복합적으로 구성되어 있어, 수직적인 모델링이 어려울 뿐 아니라, 매우 여러 가지 요인이 복합적으로 작용함으로써, 이에 대한 해석 및 분석이 난해하다.

대부분의 기중 차단기는 여러 개의 금속 판과 이를 지지하는 절연 적층 판으로 구성되어 있는 아크 소호실에서 아크를 소호하게 되는데, 아크 소호실내의 금속 판의 주 역할은 자계를 형성하여, 금속 판 사이로 아크 플라즈마를 흡입하는 역할을 하여 차단을 돕게 되며, 아크 길이를 증가시키며, 아크를 여러 개의 직렬 아크로 분할 및 냉각하여, 전극간의 절연 회복을 돕게 된다. 이러한 금속 판의 재료도 다양하게 적용되고 있으며, 금속판을 지지하며, 아크 소호 재료로 이용되는 절연 적층판은 매우 다양하다.<sup>1)</sup>

최근, 차단기 사용자들은 차단기 외형 크기의 소형화를 지속적으로 요구하고 있으며, 이로 인하여, 차단기 내부의 아크 소호실의 크기는 더 축소될 수 밖에 없었다. 이로 인하여, 기중 아크에 영향을 미치게 되는 접점, 절연 적층판, 금속판 등, 사용 재료 상호간의 발생하는 작용

이 더욱 확대되었으나, 이에 대한 고찰이 부족하여, 차단기의 차단 능력 향상에 많은 어려움이 있었다.

본 연구에서는 사고 전류 차단 시 기중 아크에 영향을 미치는 접점과, 소호 재료의 영향을 알아보았다. 특히 기중 차단기에서 이용하고 있는 한류 작용에 영향을 주는 전극간의 아크 전압과 접점의 표면 및 성분 변화에 대해서 알아보았다.

2. 본 론

2.1 접점 및 소호 재료

본 연구에서 사용된 접점은 저압 기중 차단기에서 사용되는 AgW, AgCdO 접점을 사용하였다. 일반적으로 AgW 계열의 접점은 내아크성 및 기계적 특성이 우수하여, 아크 차단 후 특성이 좋으며, AgCdO는 접점의 저항이 낮아 사용 시, 온도 특성이 우수하여, 많이 사용되고 있는 접점이다. 특히, 대부분의 개폐기에서는 AgCdO 접점을 사용하고 있다. 아크 소호실에 사용된 절연 적층 판은 현재 아크 소호실 부품으로 사용되고 있는 폴리에스테르와 에폭시를 이용하였다.

표 1. Material

Contacts		
	Anode	Cathode
#1	AgW	AgW
#2	AgCdO	AgCdO
Lateral Wall		
	Polyester	Epoxy

2.2 시험편의 배치 및 실험 장치

기중 차단기의 아크 소호실을 모의하기 위해, 아래 그림 1.과 같이, 아크릴로 자체 제작한 챔버에서, 외부 요소가 기중 아크에 영향을 미치지 않도록 밀폐하여 실험하였다. 최대 접점간의 개리 거리를 30mm로 하였으며, 접점간의 개리 속도는 2.5 (m/s)로 설정하였다.

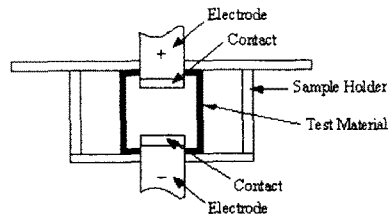


그림 1. 시험편의 배치

그리고, 아크 차단 시험을 위한 전류원은 그림 2.와 같이 구성하였으며, LC 공진 주파수는 60Hz이다. 각 시험 전류 1, 1.5, 2 ( kA<sub>rms</sub> )에서 3회씩 차단 실험을

하여, 각 재료가 아크 차단에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

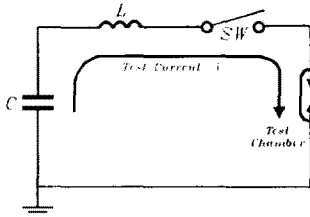


그림 2. LC 공진 회로

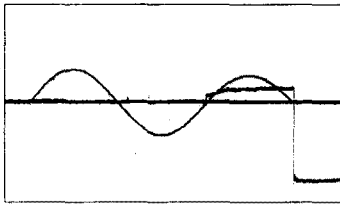
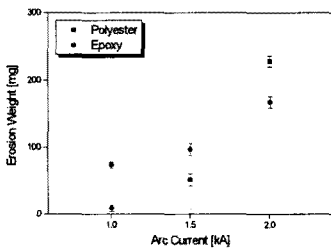


그림 3. 시험 오실로그래프  
(AgW, 폴리에스테르, 1.0kArms)

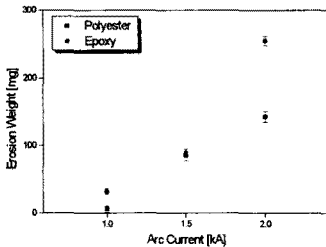
### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 접점 표면 손실

그림 4. 는 각 접점 별 시험 전류에서의 차단 후 접점의 중량 변화를 나타내었다. 본 연구에서는 소호 재료에서 발생되어, 전극의 표면에 부착된 카본을 제거한 후, 중량 변화를 측정하여, 순수한 접점 재료의 손실 특성을 알아보았다. 접점 재료의 손실이 다량으로 발생 시, 실 운전 시 차단 후, 접점 간의 접촉 저항의 증가로 인하여



(a) AgW 접점 손실 특성



(b) AgCdO 접점 손실 특성

그림 4. 소호 재료에 따른 접점 재료의 손실 특성

차단기 내부 온도가 상승되어, 많은 문제를 야기하게 된다.

일반적으로, AgW 접점의 경우 AgCdO 접점 보다, W의 기계적 특성이 우수하여, 내아크성 및 손실 특성이 우수한 것으로 알려져 있지만, 그림 4.의 결과, 접점의 손실 특성이 소호 재료에 따라서 다르게 나타나는 것을 알 수 있었다. AgW 접점의 경우 폴리에스테르 재료보다는, 에폭시와 사용 시 손실 특성이 우수한 것으로 나타났다. 위의 결과로 보면, AgW 접점과는 소호 재료로 에폭시의 사용이 유리하며, AgCdO 접점의 사용 시 폴리에스테르를 사용하는 것이 적절한 조합이라 판단된다.

#### 3.2 재료가 아크 전압에 미치는 영향

아크 전압은 접점 개리 시, 접점 양단의 전압으로써, 이는 아크 플라즈마 자체의 도전율과 관련된다. 일반적으로 고압 차단기는 높은 정격 전압에도 불구하고, 낮은 아크 전압을 갖는다. 진공 차단기의 경우 대부분 100[V]미만이며, 가스(SF<sub>6</sub>) 차단기의 경우 수 백 [V]의 아크 전압을 갖는다. 하지만, 일반 기중 차단기의 경우 높은 아크 전압을 요구하게 되는데, 이는 아크 전압에 의한 한류 작용을 차단 현상이 이용하기 때문이다. 저압기기는 전압보다는, 전류에 의한 에너지가 크므로, 별도의 한류기를 이용하여 전류를 제한함으로써, 차단기에서의 에너지 부담을 낮게 해주며, 동시에 차단 용량을 상승시킨다.<sup>[2]</sup>

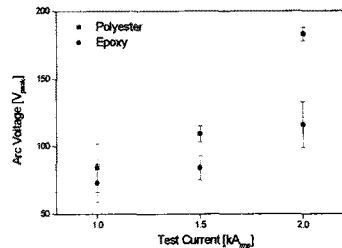
기중 차단기에서의 아크 전압을 높이려는 방법으로는 아크 주를 길게 하여, 도전 길이를 늘리는 방법을 이용한다. 아크 소호실의 금속판에서 발생하는 자계를 강하게 형성되도록 형상 설계하여, 금속 판 내로 아크를 흡입하는 방법이 많이 연구되었으며, 이를 현재 적용하고 있다.

금속 아크 방전 이론에 따르면, 안정한 아크에서의 전압 강하는 양극주 부분은 전체의 약 20% 이하이며, 음극 및 양극 주변에서의 전압 강하가 대부분을 차지하게 된다. 그러므로, 금속 전극 재료의 재질에 따라 아크 전압의 차이가 발생하게 된다.<sup>[3]</sup>

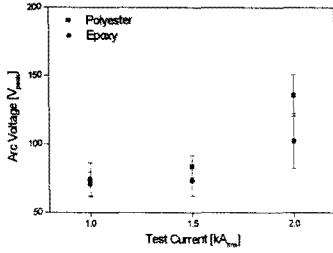
본 연구에서는, 접점 및 소호 재료가 아크 전압에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 밀폐된 상태에서, 접점 및 소호 재료만으로 시험하였으며, 시험 시 2대의 분압기를 이용하여, 음극, 양극에서의 전압을 측정, 계산하였다.

그림 5. 에서 접점 재료와 소호 재료에 따른 아크 전압의 차이를 나타내었다.

그림 (a)는 AgW 접점을 사용했을 때의 아크 전압의 차이를 나타내는데, 폴리에스테르를 소호 재료로 사용 시 아크 전압이 더욱 높게 나왔다. 특히, 2kArms로 시험했을 경우, 약 180 [V<sub>peak</sub>] 가량 나타났으며, 에폭시를 소호 재료로 사용 시 보다 약 60 [V] 가량 높게 나타났다. 그림 (b)는 AgCdO 접점을 사용했을 때의 아크 전압을 나타내었는데, 그림 (a)의 결과와 동일하게 소호



(a) AgW 접점 아크 전압



(b) AgCdO 접점의 아크 전압

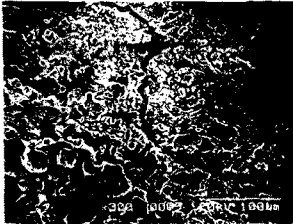
그림 5. 재료에 따른 아크 전압의 변화

재료로 폴리에스테르를 사용하였을 경우가 아크 전압이 높게 나타났다. 2kA<sub>rms</sub> 시험 시 약 140 [V<sub>peak</sub>]의 아크 전압이 나타났다. 그림 (a)와 비교하면, 동일한 소호 재료를 사용했을 때에도 접점에 따라서, 약 40 [V]의 아크 전압 차이가 나타남을 알 수 있다.

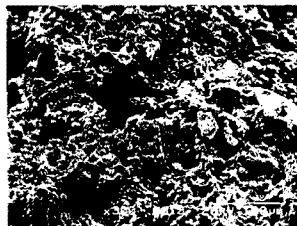
### 3.3 접점의 표면 변화.

소호 재료에 따른 접점 표면의 변화를 알아보기 위해 EM을 이용하여, 표면을 관찰하였다.

그림 6.은 AgW 접점을 폴리에스테르와 에폭시에서 시험 전류 2kA<sub>rms</sub>에서 3회 시험 한 후의 전자현미경을 이용하여 관찰하였다. 그림 6. (a)는 폴리에스테르를 소호 재료로 사용한 접점의 표면이다. 접점 표면 손상이 에폭시를 소호 재료로 사용한 경우보다 적게 나타났다. 표면 형태도 전혀 다른 형태를 나타내었다. 소호 재료에서 생성된 물질이 부착된 것으로 판단된다. 반면, 폴리에스테르를 소호 재료로 사용 시 접점 표면의 상태는 깨끗이 지워졌다.



(a) 폴리에스테르 소호 재료



(b) 에폭시 소호 재료

그림 6. AgW 접점(Cathode) SEM(×300)

## 4. 결 론

본 연구에서는 기중 아크에 영향을 미치는 여러 가지 소호 접점 재료 및 절연 재료에 의한 아크 전압 특성 재료 특성을 알아보았으며, 이에 다음과 같은 결론을

얻을 수 있었다.

(1) 폴리에스테르와 AgW-AgW접점 사용 시, 에폭시와 비교하여, 접점 손실이 크게 나타났다.

(2) 동일한 소호 절연 재료를 사용 시, AgW 접점이 AgCdO 접점보다 아크 전압이 높았게 나타났다.

(3) 폴리에스테르가 에폭시 보다는 손실 및 아크 전압의 측면에서는 기중 차단에 우수한 절연 재료라고 판단된다.

### (참 고 문 헌)

[1] Flurscheim, "Power circuit breaker theory and design" IEE Power E. E. pp.189-190, 1985.

[2] 이복희 譯 "고전압 대전류 공학" 청문각, pp119-120, 1998

[3] 전춘생 "방전, 고전압 공학", 동명사, pp189, 1999