

화염에 의한 전기적 섬락특성 실험(Ⅰ)

손홍관*, 이형권*, 한형주*, 박인표*, 한세원*, 김병걸*, 오한호*, 최인혁**
 한국전기연구원*, 한국전력연구원**

Electrical Flashover Characteristic Test by Gas Flames(Ⅰ)

H.K. Sohn*, H.K. Lee*, H.J. Han*, I.P. Park*, S.W. Han*, B.G. Kim*, H.H. Oh*, I.H. Choi**
 KERI*, KEPCO**

Abstract - Most of the transmission lines in Korea pass through a mountains. The forest fire occurred in around the transmission lines make an accident such as flashover and faults in the power transmission lines. In spite of that risk, there are no research on the flashover characteristics by fires in electric discharge engineering in our country.

Therefore, by studying flame's electrical conductivity, the paper recommended measures that can minimize transmission line's flashover accidents in the future, which can be caused by forest fire in a region where transmission lines pass through.

1. 서 론

우리나라는 국토의 64.2%가 산림으로 이루어져 있고, 전기를 공급하는 대부분의 송전선로가 산악지 및 산림을 통과하므로 송전선비 주변에 산불이 발생하면 산불화염으로 인한 섬락이 발생하여 송전선로의 트립이 발생하게 된다. 그러나 이러한 위험성에도 불구하고 국내에서 산불화염으로 인한 섬락특성 연구는 매우 기초적인 수준에 머무르고 있다.

따라서 본 논문은 화염이 가진 전기적 도전성을 섬락전압 특성에 대한 실험을 통하여 확인하고, 향후 송전선로가 통과하는 지역에서 발생하는 산불화염으로부터 야기될 수 있는 송전선로의 섬락사고를 최소화할 수 있는 대책을 제시하는데 활용하고자 한다.

2. 섬락전압 감소요인

일반적으로 가공선로와 대지사이는 공기로 절연되어 있지만 산불 발생시는 화염, 분진 및 기타의 영향으로 공기절연거리의 감소효과에 의해 섬락이 발생할 수 있다. 이와 같이 송전선로와 대지사이의 섬락전압에 영향을 주는 원인은 다음과 같은 것들이 있다.[1][2][3]

- 공기밀도의 감소
- 도전성 입자
- 공기의 이온화 및 도전을 상승

여기서, 도전성 입자를 제외한 나머지 원인들은 화염만으로 실험구성을 하여도 적용되어지는 것으로 판단되며, 이에 본 논문에서는 LPG를 이용한 순수 화염을 이용하여 화염시 섬락전압의 감소를 확인하였다.

3. 화염섬락 특성실험

3.1 실험장치의 구성

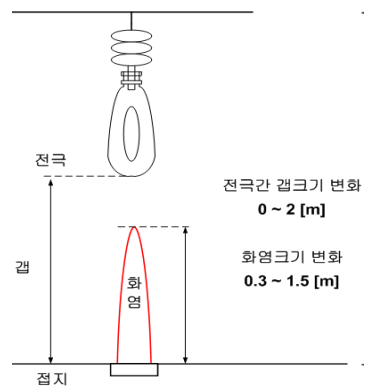
화염섬락 특성실험을 위하여 <그림 1>와 같이 실험장치를 구성하였으며, 인가전압은 상용주파내전압 발생기를 이용하여 전극에 인가하였다. 실험에 사용된 전극은 아킹혼전극과 전선전극을 모의한 길이 2m 금속봉을 사용하였다. 전선전극으로 ACSR(410mm²) 전선전극을 사용하였으나 도체내부에 충전되어 있는 Grease가 화염의 높은 온도를 견디지 못하고 녹아내려 금속봉으로 대체하였다.

접지측 전극으로 사용된 버너 고정용 지그는 화구로부터 10cm 위쪽에 금속망을 설치하여 섬락 발생시 화염을 따라 화구안으로 섬락이 침입하지 못하도록 하였다.

화염은 화염발생장치를 특수하게 제작하여 화염의 높이를 조정할 수 있도록 하였으며, 연소화염은 <그림 2>의 LPG(50kg×4)를 사용하여 용기 각각에 레귤레이터 및 역화방지기를 장착함으로써 안전사고에 대비하였다. LPG 연료와 화염발생장치(버너용량: 30Kcal/Hr)는 금속형 플렉시블 케이블을 이용하여 연결하였고, 가스누설시 가스공급을 차단할 수 있는 센서를 부착하였다.

화염발생장치의 화염높이는 0.3~1.5m까지 조정이 가능하며, 전극간의 갭거리를 최대 2m, 화염높이 최대 1.5m까지의 갭거리와 화염높이의 다

양한 조합을 통해 화염이 가진 전기전도성과 갭공간에서 화염비율에 따른 섬락전압의 감소를 확인하였다.



<그림 1> 실험구성



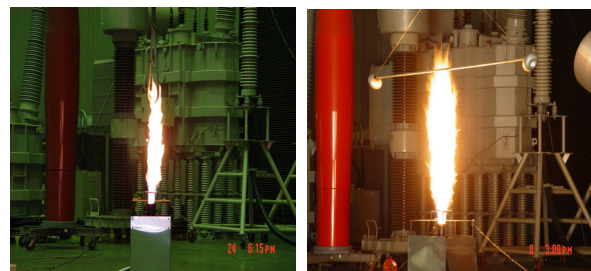
(a) LPG

(b) 화염발생장치

<그림 2> 실험장치

3.2 실험방법

전극간의 간격은 화구 위쪽의 금속망으로부터 전극까지 0.6~2.0m까지 0.2~0.3m 간격으로 변화시키고, 각각의 전극간격에 대해 화염의 크기는 0.3~1.5m까지 약 0.15m 간격으로 변화시키면서 섬락특성을 실험하였다. LPG 용기에 장착된 레귤레이터를 조정함으로써 화염의 크기를 안정되게 변화시켰고, 실험용 버너의 전자장치를 섬락으로부터 보호하기 위하여 <그림 2>와 같이 화염섬락장치의 각 면을 도전성 금속을 이용하여 차폐하였다. 섬락전압 값은 각 조합마다 5회 실험하여 그 값을 평균하여 사용하였다. <그림 3>은 전극이 화염에 휩싸인 경우를 실험장면을 보여주고 있다.

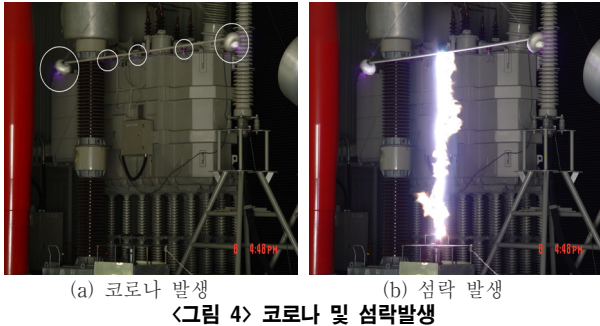


(a) 아킹혼 전극

(b) 전선 전극

<그림 3> 실험장면

전압 인가시 전극에서는 <그림 4>에 표시된 부분과 같이 여러 부분에서 코로나가 발생하였고, 섬락은 인가측 전극에서 집지측 전극으로의 최단거리로 발생하였다. 화염이 있을 때 섬락은 화염표면을 따라 발생하는 경향을 나타내었다.

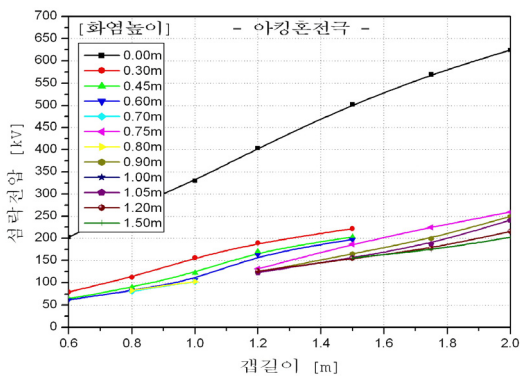


<그림 4> 코로나 및 섬락발생

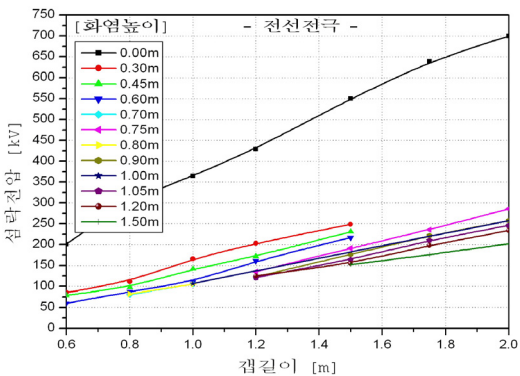
4. 실험결과 및 분석

4.1 갭길이에 따른 섬락전압 변화

갭길이에 따른 섬락특성을 <그림 5>에 나타내고 있으며, 갭길이가 증가함에 따라 섬락전압이 높아지고, 또한 갭간 존재하는 화염의 높이가 커짐에 따라 섬락전압이 일정하게 감소됨을 알 수 있다. 예를 들어 1.5m의 동일한 갭거리 상에서도 갭간 화염존재시 화염높이에 따라 아킹혼 전극은 280.6~346.4kV, 전선전극은 301.7~398.8kV의 섬락전압 감소가 발생하였다. 이는 같은 갭거리라도 화염에 의해 전극과 화염사이의 온도가 상승되어 상대공기밀도 감소하고 LPG연소 연료의 화학적 반응에 의해 주변공기의 이온화 현상이 발생되어 섬락전압의 차이가 발생하는 것으로 보인다.



(a) 아킹혼 전극



(b) 전선 전극

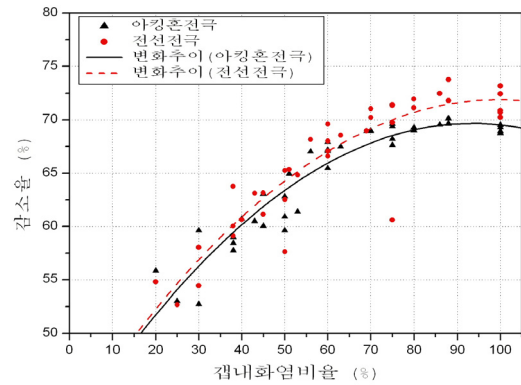
<그림 5> 갭길이에 따른 섬락전압의 변화

4.2 갭내 화염비율에 따른 섬락전압 변화

<그림 6>은 화염이 없을 때의 섬락전압 값을 기준으로 각 화염 높이에서의 섬락전압 값에 대한 감소율을 나타낸 것으로서, 갭내 화염비율에 따라 섬락전압의 감소율이 다르게 나타남을 알 수 있다. 갭내 화염비율에 따라 아킹혼 전극에서는 최소 52.73% 최대 70.13%, 전선 전극에서는 최소 52.18% 최대 73.78%까지 섬락전압이 감소하였다.

아킹혼 전극의 경우 전계의 집중이 한 곳으로 몰려 섬락전압 감소율이 추가 고르게 분포되어 있다. 반면, 전선 전극은 <그림 4>와 같이 전

선의 여러 곳에서 전계가 발생되어 섬락이 발생되므로 섬락 전압이 아킹혼 전극에 비해 약 20~70kV 높게 나타나고 감소율의 변화도 일정하지 않는 경향을 보였다. 그러나 변화율이 일정하지 않을 뿐 전극의 모양에 관계없이 갭내 화염비율 증가에 따라 섬락전압은 감소하였다.



<그림 6> 갭내 화염비율에 따른 섬락전압 감소율

<그림 6>에서 갭내에 화염이 20%이상 존재하면 섬락전압은 화염이 없는 경우보다 50%이상 감소하는 것을 알 수 있으며, 갭내에 화염이 약 70%이상 존재할 경우에는 섬락전압이 약 70%까지 감소하여 화염이 없을 경우 섬락전압의 약 30%의 전압에서 섬락이 발생됨을 알 수 있었다. 즉 갭내 화염이 70%이상 존재할 경우 섬락전압은 포화되어 전극간에 화염이 100% 휩싸인 경우에도 더 이상 섬락전압은 감소하지 않았다. 이는 갭내에 화염이 일정크기 이상 존재하게 되면, 공기 밀도 감소와 이온화 현상 등 섬락전압에 영향을 주는 요소들이 더 이상 진행되지 않고 정체되어 포화상태가 된 것으로 추측할 수 있다.

송전선로가 지나가는 지역에 산불이 발생한 경우 지상고의 최소 20% 이상은 화염이 존재한다고 볼 수 있으며, 수목이 존재하는 경우는 거의 화염에 휩싸인다고 판단되므로 섬락전압은 최대 70%정도까지 감소하는 것으로 판단할 수 있다.

그러나 본 실험은 섬락전압 감소요인 중에서 도전성 입자의 영향에 대해서는 반영이 되지 않은 실험이므로 분진 등에 의한 섬락전압의 영향에 대해서는 향후 추가적인 실험을 통해서 규명할 예정이다.

5. 결론

- ① 동일한 갭거리에서, 화염의 크기를 달리했을 경우 섬락전압의 차이가 뚜렷하게 나타나는 것을 확인하였다.
- ② 갭내 화염비율이 높을수록 섬락전압 감소율은 커지며, 갭내 화염비율이 70% 이상이 되면 섬락전압이 더 이상 감소하지 않고 포화상태가 되었다.
- ③ 갭간 화염이 20%이상 존재할 경우 화염이 없는 경우보다 50%이상 섬락전압이 감소하였고, 갭내 화염이 70% 이상 존재하면 섬락전압은 약 70%정도까지 감소하여, 화염이 없는 경우의 30% 전압에서 섬락이 발생함을 확인하였다.
- ④ 본 실험을 통해 산불이 발생한 지역의 송전선로는 섬락전압의 최대 70%까지 감소함을 실험을 통해 확인하였다.
- ⑤ 향후 전극배치, 화염의 위치, 인가전압 등 다양한 조건의 실험을 통하여 고온의 화염이 공기의 절연과 파괴 특성에 미치는 영향을 조사하고 나아가 화염에 의한 선로섬락사고를 예방하기 위한 송전선로 운영방안을 수립할 계획이다.

[참고 문헌]

- [1] A.Sukhmandan, D.A.Hoch, "Fire Induced Flashovers of Transmission Lines : Theoretical Models", IEEE Africon 2002, pp.617-622
- [2] Hein frederich Vosloo, "The need and contents a Life Cycle Management Plan for Eskom Transmission Line Servituets" Dissertation, Rand Afrikaans University, pp.141-159
- [3] J.R.Fonseca, A.L.Tan, etc., "Effects of Agricultural Fires on the Performance of Overhead Transmission Lines" IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.5, No.2, April1990, pp.687-694
- [4] 林 洋司, 久富 光春, 池田 義一, "火災がフラッシュオーバー特性に及ぼす影響", 中部工業大學紀要, 1986
- [5] 손흥관, "화염으로 인한 전기적 섬락특성", 대한전기학회 하계학술대회 2007, pp.703-704