

## 가공(架空)전력선을 모의(模擬)한 공기 갭에서 교류 및 직류 섬락특성에 미치는 연소화염의 영향

(The Influence of Combustion Flame on AC and DC Flashover Characteristics in the  
Air-Gaps Simulated Overhead Power Lines)

김인식\*

(In-Sik Kim)

### 요 약

가공전력선이 통과하는 지역에서 발생된 연소화염은 계통 섬락사고의 원인이 되고 있다. 본 논문에서는 연소화염에 의한 전력선의 절연내력 저하특성과 화염의 형상변화를 알아보기 위해, 직류 및 교류 전압 인가 시 전력선을 모의한 대기압 공기 갭에 대한 섬락특성과 화염의 소화특성을 조사하였다. 실험 결과, 화염에 의한 섬락현상은 비교적 작은 갭에서 발생되었으며, 수평배치형 침대침 갭에서 교류 섬락전압의 상대값은 평균 37.3[%]인 것으로 나타나 화염이 없는 경우에 비해 크게 저하하였다. 갭 길이가 증가함에 따라 전극 간 섬락이 발생되기 전에 침전극로부터 발생된 코로나풍에 의해 화염은 소화되는 현상이 나타났다.

### Abstract

A combustion flame under the overhead power lines may be caused by breakdown disturbances in power systems. In this study, experiments were conducted for the purpose of investigating the reduction in insulation strength caused by combustion flame and the shape changes of the flame, and flashover characteristics and extinction phenomena of the flame in the simulated conditions of overhead power lines were examined under the application of a.c. and d.c. high-voltages. As the results of the experimental investigation, it is demonstrated that flame can remarkably reduce breakdown voltages of the air-gap in shorter range of the gap distance. As the gap distance increases, flame was quenched, before the flashover, by corona wind generated from the needle electrodes.

Key Words : Flashover Characteristics, Simulated Power Line, Combustion Flame

---

\* 주저자 : 경일대학교 제어전기공학부  
Tel : 053-850-7143, Fax : 053-850-7602  
E-mail : iskim@kiu.ac.kr  
접수일자 : 2010년 2월 22일  
1차심사 : 2010년 2월 23일  
심사완료 : 2010년 3월 4일

## 1. 서 론

오늘날 전력계통은 점차 고전압·대용량화되는 경향이 있다. 이러한 고전압 계통의 주요 운용목표는 정전사고에 대한 신뢰성 확보라고 생각된다.

전력계통에서 정전사고의 원인은 매우 다양하다. 우리나라의 송·배전선로는 대부분 가공(架空)전선로이기 때문에 낙뢰, 바람, 비, 눈 등의 기상조건에 의한 사고가 많이 발생된다. 또 다른 요인은 고온의 화염으로서 이러한 화염이 선하지에 존재하면, 전력선의 절연내력은 크게 저하되어, 선간단락 또는 전력선과 대지간 지락사고를 일으킬 수 있다[1-2].

외국의 경우에도 청명한 날씨임에도 불구하고 간혹 지락사고로 추정되는 고장이 장거리 송전선로에서 관측되고 있다. 이러한 불명확한 정전사태는 주로 송전선로 인근에서 발생된 화염에 의한 것으로 보고되고 있다[3-4]. 선로의 선간거리, 즉 클리어런스(clearance)를 충분하게 설계하더라도 화염이 존재하면 절연내력은 크게 저하되어 정전사태가 야기될 수 있다. 이때 도체와 대지 간의 접촉 시에는 많은 지락전류가 수반되기 때문에 화재를 진압하는 소방관에게도 위험한 상황에 노출될 가능성이 있다.

우리나라의 송·배전선로는 대부분 가공방식이며, 전 국토에 분포되어 있으므로 산불 외에도, 쓰레기소각, 논밭두렁 태우기, 과수원의 나뭇가지 태우기, 가로수 태우기, 건물화재 등 각종 화염에 노출될 수 있다. 따라서 계통의 신뢰도 측면에서 화염에 의한 전력선의 접촉특성은 매우 주요한 과제가 되고 있다.

지금까지 공기 또는 각종 기체만의 절연과피 현상에 관해서는 많은 연구가 발표되었으나[5-6], 고전압 및 방전 공학적 측면에서 금속 전극사이에 화염이 존재하는 경우의 절연과피특성에 대해서는 많이 발표되지 않고 있어 연구의 필요성을 느낀다. 또한 침전극과 같은 심한 불평등전계 갭에서는 코로나풍(corona wind)이 발생되어 화염의 소화 현상이 나타날 수 있는데 이에 대한 연구도 지금까지 거의 발표되지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 안정된 소규모 화염 상부에 침전극을 배치하고, 전극과 화염의 수평 및 수직거리를 변화시켰을 때 교류 및 직류전압에 대한 공기 갭의

섬락전압 및 화염의 소화전압 특성을 조사하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 수평배치형 침대침전극 구성

가공 전력선의 도체 배치는 지지물 형태에 의해 결정되며, 보통 수직형과 수평형으로 구분할 수 있다. 그림 1은 우두형 철탑에서 채용된 수평형 도체배치를 나타낸 것이며, 수직형은 이미 보고하였다[2].

그림 2는 수평배치형 침대침전극과 화염으로 구성된 실험장치를 나타낸 것이다. 전력선 도체와 도체사이는 일반적으로 표준 전극시스템에서는 그림과 같이 침대침 전극으로 모의할 수 있다. 전극의 재질은 스테인레스강(stainless steel)이며, 침전극의 선단각은 약 30°이다. 화염의 위치표시는 그림 2에서 접지측 전극과 화염사이 거리를  $\ell$ , 전극간 갭 길이를  $d$ 라 하면 두 거리의 비, 즉  $k = \ell/d$ 로서 표시하였다.

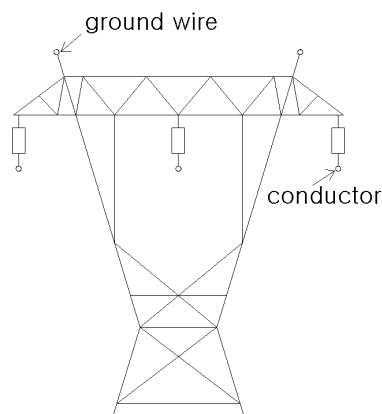


그림 1. 수평형 가공선로의 도체배치도  
Fig. 1. Schematic diagram of conductors arrangement with horizontal-type overhead lines

화염위치는  $k=0$ ,  $k=0.5$  및  $k=1.0$ 으로 하였으며, 이는 각각 접지측 전극( $k=0$ ), 전극의 중앙( $k=0.5$ ) 및 고압측 전극( $k=1.0$ )에 위치하고 있음을 나타낸다.

그림 2에서  $R_1$  및  $R_2$ 는 분압용 저항이며, 전극 손상을 방지하기 위해 보호용 저항  $R_L=50[k\Omega]$ 을 삽입하였다. 또한 오실로스코프를 이용하여 방전전류를 관측

가공(架空)전력선을 모의(模擬)한 공기 갭에서 교류 및 직류 섬락특성에 미치는 연소화염의 영향

하기 위해 측정용 저항  $R_M=10[k\Omega]$ 을 연결하였다.

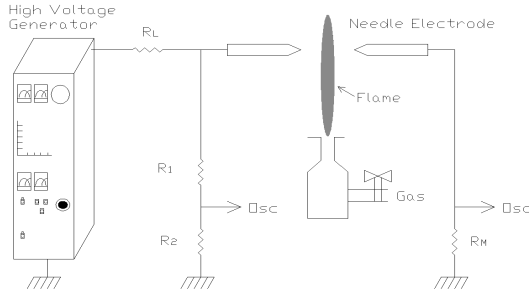


그림 2. 수평형 침대침전극과 화염의 배치도  
Fig. 2. Schematic diagram of the needle-needle electrodes and flame

## 2.2 수직배치형 침대평판전극 구성

그림 3은 수직배치형 침대평판전극과 화염으로 구성된 실험 장치를 나타낸 것이다.

이는 전력선 도체와 대지 면은 표준 전극시스템에서 침대평판전극으로 모의할 수 있기 때문이다. 침전극의 선단각은 약  $30^\circ$ 이며, 접지축 평판전극은 직경  $150[mm]$ , 두께  $10[mm]$ 이다. 평판전극의 가장자리는 곡률 반경  $r=5[mm]$ 로서 설계하였다. 여기서 갭 길이  $d$ 는 침전극과 화염 중심사이의 거리이며, 수평거리  $s$ 는 화염중심과 침전극의 수평거리를 나타내고 있다.

## 2.3 화염주위 온도분포 및 연소현상

본 실험은 평판전극 중앙에 프로판가스(propane gas)를 공급하여 전극 상에 일정한 화염을 생성시켰다. 프로판가스는 탄소(C)수가 3인 메탄계의 탄화수소( $C_3H_8$ )를 주성분으로 하는 기체연료이다. 이 가스의 발열량은 약  $23,550[kcal/m^3]$ 이며, 비교적 청결하고 양질인 연료로 평가된다. 본 실험에서 프로판 화염의 높이는 약  $3[cm]$ 로서 일정하게 유지하였다.

그림 4는 화염의 수직축 방향에 대한 화염 상부의 온도 분포를 나타낸 것이다. 그림과 같이 프로판 가스의 화염 내부 온도는 약  $650\sim 700[^\circ C]$ 정도이며, 화염으로부터 수직 거리가 증가함에 따라 온도는 급격히 낮아지고 있음을 알 수 있다.

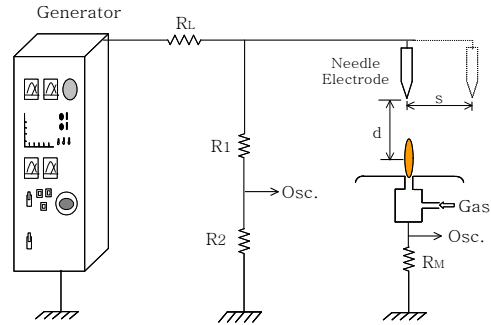


그림 3. 수직형 침대평판전극과 화염의 배치도  
Fig. 3. Schematic diagram of the needle-plane electrodes and flame

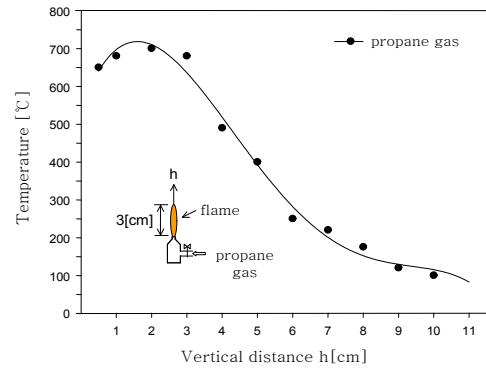


그림 4. 화염의 수직 거리에 대한 온도 분포  
Fig. 4. Temperature distribution along the vertical distance

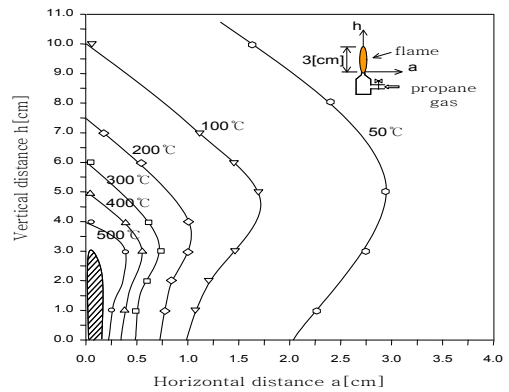


그림 5. 프로판 화염 주위의 등온선 분포곡선  
Fig. 5. Isothermal lines around the propane-gas flame

그림 5는 프로판 화염의 주위공기에 대한 등온선 분포를 나타낸 것이다. 그림과 같이 양쪽 축의 원점에

높이 3[cm]인 연소화염이 위치하고 있으며(빗금 형상 부분), 수평축은 화염으로부터 수평거리[cm]이며, 수직축은 화염으로부터의 수직거리[cm]를 나타내고 있다. 이로부터 화염에 대한 수평방향의 온도구배는 수직방향에 비해 급격한 것을 알 수 있다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 수평배치형 갭의 섬락 및 소화전압 특성

##### 3.1.1 교류전압 인가시의 특성

그림 6은 수평배치형 침대침 갭에서 교류전압 인가시의 섬락전압 및 화염의 소화특성을 나타낸 것이다. 전압은 교류 실효 값이며, 갭 길이는  $d=6[cm]$ 까지 변화시켜 조사하였다.

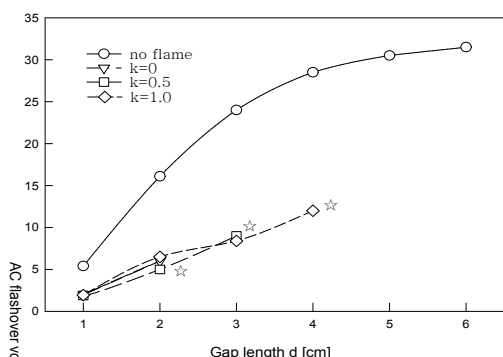


그림 6. 수평형 침대침갭의 교류섬락전압 특성  
Fig. 6. Characteristics of a.c. flashover voltages with the horizontal needle-needle gap system

그림과 같이 화염이 존재할 때의 섬락전압은 화염이 없는 경우에 비해 크게 저하되었으며, 이 때의 섬락전압은 화염위치  $k$ 에 따른 영향은 크지 않는 것으로 나타났다. 실험결과, 갭 길이  $d=1[cm]$ 일 때 섬락전압은 화염위치에 관계없이 동일하였으나,  $d=2[cm]$ 에서는  $k=0.5$ 에서 가장 낮고,  $k=0$  및  $k=1.0$ 의 순으로 높게 나타났다. 여기서 화염이 없을 때의 섬락전압을 100으로 하여 화염에 의한 섬락전압을 상대값[%]으로서 나타내면, 화염이  $k=1.0$ 인 경우 섬락전압은 평균 37.3[%]인 것으로 나타났다. 이는 고온의 화염에 의해 주변

공기의 상대공기밀도가 크게 저하되기 때문이라고 생각된다.

한편 갭 길이가 비교적 작은 범위에서는 침전극에서 발생한 코로나풍(corona wind)에 의해 화염이 꺼지는 소화현상이 나타났다. 실험결과, 그림 6과 같이  $k=0$ ,  $k=0.5$  및  $k=1.0$ 일 때 각각  $d=2[cm]$ ,  $3[cm]$  및  $4[cm]$ 에서 화염은 소화되었으며, 이를 그림 6에서 ☆표로서 표시하였다. 이 범위를 초과하면 섬락이 발생되기 전에 화염이 소화되어 화염에 의한 섬락전압은 측정할 수 없었다.

사진 1은 수평배치형 침대침 전극에서 화염위치가  $k=0.5$ 일 때, 교류전압 인가 시 전압상승에 따른 코로나풍에 의한 화염의 요동현상을 나타낸 것이다. 여기서는 고전압 교류전압을 우측 침전극에 인가된 경우를 나타내고 있다.



(a) 0[kV]



(b) 5[kV]

사진 1. 침대침 갭의 화염형상(교류,  $k=0.5$ )  
Photo 1. Shapes of flame with  $k=0.5$  applied by the ac voltages

사진 1 (a)는 전압 0[kV]일 때의 화염형상으로서 매우 안정된 상태에 있으나, 전압이 약 5[kV]로 상승하게 되면 화염은 사진 1 (b)와 같이 심한 요동현상을 나타낸다. 여기서 전압을 더욱 상승시키면 화염은 심하게 요동하다가 결국 그림 6에서 나타낸 바와 같이 약 8.9[kV]에서 소화되었다.

이러한 화염의 요동현상은 침전극에서 발생된 코로나풍에 의한 것으로 판단된다. 이 용어는 태양이 빛이나 열뿐만 아니라 다량의 플라즈마(plasma)를 주위 공간에 방출하는데 이것을 태양풍(solar wind)이라 부르는 것과 유사한 개념으로 이해된다.

### 3.1.2 직류전압 인가시의 특성

그림 7은 화염위치에 따른 수평배치형 침대침 갭에서 갭 길이를  $d=6[cm]$ 까지 변화시켰을 때 직류전압에 대한 섬락전압 및 소화특성을 나타낸 것이다.

그림과 같이 직류 섬락전압에서는 갭 길이가 작기 때문에 극성효과는 거의 나타나지 않았으며, 화염이 존재할 경우의 섬락전압은 화염이 없을 때에 비해 크게 저하되는 것으로 나타났다. 실험결과, 화염이 없는 경우의 섬락전압을 100으로 하였을 때, 화염이  $k=0.5$ 인 경우의 정극성 및 부극성 직류섬락전압의 평균값은 각각 36.7% 및 35.9%인 것으로 나타났다.

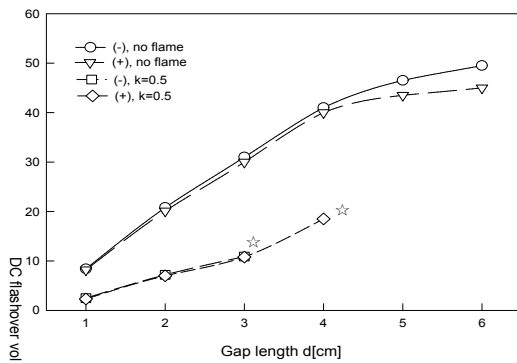


그림 7. 수평형 침대침갭의 직류섬락전압 특성  
Fig. 7. Characteristics of d.c. flashover voltages with the horizontal needle-needle gap system

한편 직류전압에서도 갭 길이가 작은 범위에서 코로나풍에 의해 화염의 소화 현상이 나타났다. 실험결과,

화염이  $k=0.5$ 일 때, 정극성 및 부극성에 대한 소화현상은 각각  $d=4[cm]$  및  $d=3[cm]$ 에서 발생되었으며, 으며, 그림 7에서 이를 ☆로서 표시하였다. 이 범위이상에서는 소화로 인해 섬락전압의 측정은 불가능하였다.

사진 2는 수평배치형 침대침 전극에서 화염위치가  $k=0.5$ 일 때, 직류전압 인가 시 전압상승에 따른 코로나풍에 의한 화염의 요동현상을 나타낸 것이다. 사진 2는 직류 고전압이 우측 침전극에 인가된 경우로서, 직류전압의 극성은 정극성이다.

사진 2 (a)는 전압 0[kV]일 때의 형상으로서 화염은 매우 안정된 상태에 있다. 그러나 사진 2 (b)와 같이 전압이 약 5[kV]로 상승하게 되면 화염은 좌측으로 심한 요동현상이 나타난다. 여기서 전압을 계속 상승시키면 화염은 더욱 심하게 요동하다가 결국 그림 7에서 나타낸 바와 같이 약 18.5[kV]에서 소화되었다.



(a) 0[kV]



(b) 5[kV]

사진 2. 침대침 갭의 화염형상(직류 정극성,  $k=0.5$ )  
Photo 2. Shapes of flame with  $k=0.5$  applied by the d.c. voltages

연소화염이 존재하는 전극사이에 직류전압을 인가한 경우 화염에 작용하는 힘은 쿨롱력(Coulomb's force)과 코로나풍력(forces of corona wind)을 생각할 수 있다.

고온의 화염은 어느 정도 전리 상태에 있으므로 정·부의 이온이 존재하나, 화염 중에는 이동도가 작은 정이온이 다수 존재하는 것으로 생각된다.

### 3.2 갭 길이에 따른 수직배치형 전극의 섬락 및 소화전압 특성

#### 3.2.1 교류전압인가시의 특성

그림 8은 교류전압 인가 시 수평거리  $s=0$ [cm]일 때, 갭 길이에 따른 수직배치형 전극의 섬락전압 및 소화전압 특성을 나타낸 것이다.

그림과 같이 갭 길이가 작은 범위에서 섬락이 발생됨과 동시에 화염이 쓰러져 소화되는 현상이 일어났으며, 화염이 존재하는 경우의 섬락전압은 화염이 없을 때에 비해 매우 낮은 것으로 나타났다. 실험결과, 갭 길이  $d=1$ [cm] 및  $2$ [cm]일 때의 섬락전압은 각각  $2.6$  [kV] 및  $5.3$ [kV]에서 발생되었다. 이를 그림 8에서는 ☆표로서 나타내었다. 화염이 없는 경우의 섬락전압을 100으로 할 때, 갭 길이  $d=1$ [cm] 및  $2$ [cm]의 섬락전압은 각각  $23.6$ [%] 및  $29.2$ [%]인 것으로 나타났다.

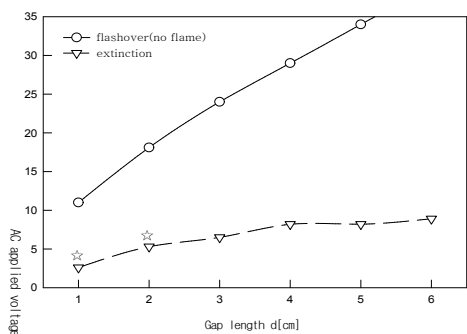


그림 8. 수직형 침대평판갭의 교류섬락전압 특성  
Fig. 8. Characteristics of a.c. flashover voltages with the vertical needle-plane gap system

한편 갭 길이  $d=3$ [cm]이상에서는 섬락이 발생되기 전에 코로나풍에 의해 화염은 소화되었으며, 소화전압

은 매우 낮은 것으로 나타났다. 실험결과, 화염이 없는 경우의 섬락전압을 100으로 하였을 때, 교류전압에 대한 평균 소화전압은 약  $28.7$ [%]인 것으로 나타났다. 그리고 소화전압은 갭 길이가 작은 범위에서는 갭 길이에 거의 비례하여 증가하는 경향을 가지고 있으나, 갭 길이가 어느 값보다 크게 되면 거의 일정한 것으로 나타났다.

#### 3.2.2 직류전압인가시의 특성

그림 9는 직류전압 인가 시  $s=0$ [cm]일 때, 갭 길이에 따른 섬락전압 및 소화전압 특성을 나타낸 것이다.

그림 9와 같이 화염에 의한 섬락현상은 갭 길이가 작은 범위에서 부극성 직류전압을 인가하였을 때 관측되었으며, 매우 낮은 전압에서 섬락하였다. 이 경우에도 전극 간 섬락이 발생됨과 동시에 화염은 쓰러져 소화되었다. 실험결과, 그림 9와 같이 갭 길이  $d=1$ [cm]인 부극성 전압을 인가하였을 때 섬락이 발생되었으며, 이 때의 섬락전압은  $2.3$ [kV]이다. 이를 그림에서 ☆표로서 나타내었다. 이 때의 섬락전압은 화염이 없는 경우를 100으로 할 때, 약  $11.5$ [%]인 것으로 나타났다.

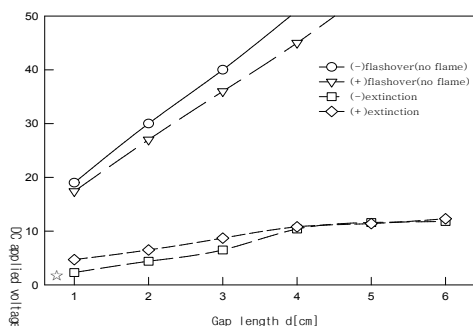


그림 9. 수직형 침대평판갭의 직류섬락전압 특성  
Fig. 9. Characteristics of d.c. flashover voltages with the vertical needle-plane gap system

한편 갭 길이  $d=1$ [cm]인 부극성 전압의 섬락을 제외하고는 전체 갭의 정극성 및 부극성 전압에서 섬락이 발생되기 전에 소화되었으며, 소화전압은 매우 낮은 것으로 나타났다. 실험결과, 화염이 없는 경우의 섬락전압을 100으로 할 때, 정극성 및 부극성 전압의 평균 소화전압은 각각  $24.8$ [%] 및  $12.2$ [%]인 것으로 나타

났다.

소화전압은 갭 길이가 작은 범위에서 갭 길이에 비례하여 증가하고 있다.  $d=4[\text{cm}]$ 까지 소화전압의 평균 증가율은 정극성 및 부극성에서 각각 약  $2.0[\text{kV}/\text{cm}]$  및  $2.7[\text{kV}/\text{cm}]$ 인 것으로 나타났다. 반면  $d=4[\text{cm}]$  이상에서는 소화전압이 거의 일정한 것으로 나타났다. 이는 동일한 전극배치의 교류전압 특성과 유사한 경향을 보이고 있다. 또한 갭 길이가 비교적 작은 범위에서 그림과 같이 소화전압은 극성효과가 나타났으며, 부극성이 정극성보다 낮은 것으로 나타났다.

### 3.3 수평거리에 따른 수직배치형 전극의 소화전압 특성

#### 3.3.1 교류전압인가시의 특성

그림 10은 수직배치형 전극에서 교류전압 인가 시, 수평거리  $s$ 를 변화시켰을 때 갭 길이  $d$ 에 대한 소화전압 특성을 나타낸 것이다.

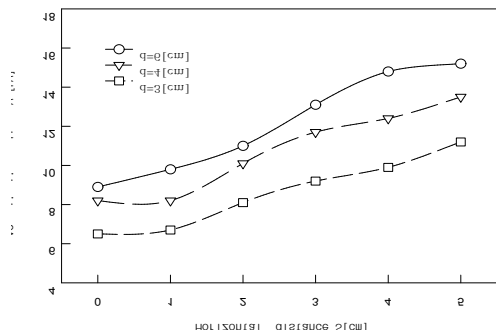


그림 10. 수직형 침대평판갭의 교류소화전압 특성  
Fig. 10. Characteristics of a.c. extinction voltages with the vertical needle-plane gap system

그림과 같이 침전극에서 발생된 코로나풍에 의해 비교적 낮은 전압에서 화염은 소화되었으며, 소화전압은 갭 길이 및 수평거리에 비례하는 것으로 나타났다. 실험결과, 그림 10에서 갭 길이  $d=3, 4$  및  $6[\text{cm}]$ 일 때, 수평거리  $s$ 에 대한 소화전압의 평균증가율은  $0.9, 1.1$  및  $1.3[\text{kV}/\text{cm}]$ 인 것으로 나타났다. 이는 갭 길이  $d$  및 수평거리  $s$ 가 증가하면 침전극과 화염의 거리가 증가하므로 소화전압은 거리에 비례하는 것으로 생각된다.

그림 11은 침대평판 전극에서 교류전압 인가 시 전압상승에 따른 화염의 형상을 나타낸 것이다.

여기서 화염 A는 침전극에 인가된 전압이  $0[\text{kV}]$ 일 때의 형상으로서 화염은 매우 안정된 상태로 직립해 있다. 그러나 전압이 인가되어 침전극으로부터 코로

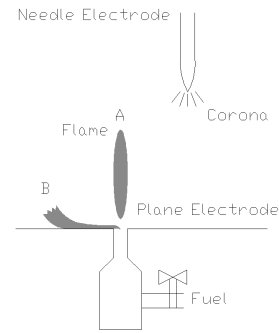


그림 11. 수직형 침대평판갭의 화염 형상  
Fig. 11. Shapes of flame in the vertical needle-plane gap system

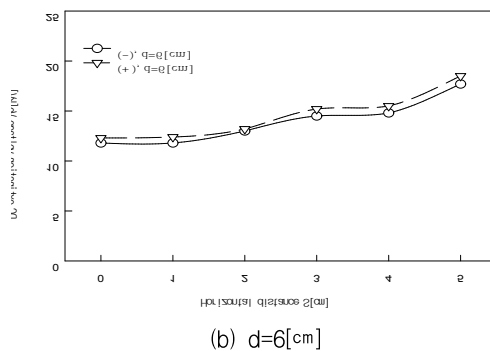
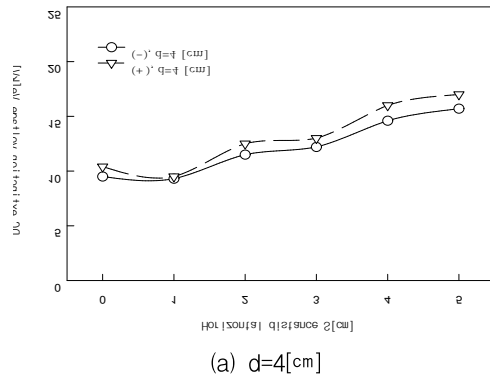


그림 12. 수직형 침대평판갭의 직류소화전압 특성  
Fig. 12. Characteristics of d.c. extinction voltages with the vertical needle-plane gap system

나뭇잎이 발생되면 화염 B와 같이 화염은 쓰러지는 현상이 나타난다. 전압을 더욱 상승시키면 화염은 평판 전극을 향해 심하게 기울어지다가 소화된다.

### 3.3.2 직류전압인가시의 특성

그림 12는 수직배치형 전극에서 갭 길이  $d=4[\text{cm}]$  및  $d=6[\text{cm}]$ 인 경우, 수평거리  $s$ 에 따른 직류 소화전압 특성을 나타낸 것이다. 여기서 수평거리는  $s=5[\text{cm}]$ 까지 변화시켰으며, 직류 정극성 및 부극성 전압에 대해 조사하였다.

그림과 같이 침전극에서 발생된 코로나풍에 의해 섬락이 일어나기 전에 비교적 낮은 전압에서 화염은 소화되었으며, 소화전압은 갭 길이와 수평거리에 비례하는 것으로 나타났다. 실험결과, 갭 길이  $d=4[\text{cm}]$  및  $d=6[\text{cm}]$ 일 때, 수평거리  $s$ 에 대한 직류 정극성 및 부극성 소화전압의 평균증가율은 약  $1.2[\text{kV}/\text{cm}]$ 인 것으로 나타났다. 또한 직류소화전압에서는 극성의 영향이 나타났으며, 정극성이 부극성보다 높은 것으로 나타났다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 연소화염이 존재하는 가공전력선을 모의한 공기 갭에 대한 섬락전압과 전압상승에 따른 화염의 형상변화와 소화전압 특성도 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 수평배치형 침대침 전극에 교류전압을 인가한 경우, 화염에 의한 섬락전압은 화염이 없을 때에 비해 크게 저하되었으며, 또한 비교적 작은 갭에서는 코로나풍에 의해 화염의 소화현상이 나타났다.
- (2) 수평배치형 침대침 전극에서 직류전압을 인가한 경우 극성효과는 거의 나타나지 않았으며, 화염이 존재할 때의 섬락 및 소화현상은 교류전압 인가시의 경우와 유사한 특성으로 나타났다.
- (3) 수직배치형 전극에서 교류전압을 인가한 경우 갭 길이가 작은 범위에서는 섬락과 소화현상이 동시에 나타났으나, 갭이 증가함에 따라 섬락이 발생되기 전에 비교적 낮은 전압에서 화염은 소

화되었다.

- (4) 수직배치형 전극에서 직류전압을 인가한 경우 거의 모든 갭에서 섬락 발생 전에 화염은 소화되었으며, 소화전압은 정극성이 부극성보다 높은 극성효과를 보이고 있다.
- (5) 수직배치형 전극에서 수평거리  $s$ 를 변화시켰을 때 모든 갭에서 섬락 발생 전에 화염은 소화되었다. 이 때 소화전압은 갭 길이 및 수평거리에 거의 비례하였으며, 또한 직류소화전압에서는 정극성이 부극성보다 높은 것으로 나타났다.

## References

- [1] In-Sik Kim, "Breakdown Characteristics of a Model Power Line in the Presence of Combustion Flame", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 20, No. 10, pp. 164-171, December 2006.
- [2] Kwang-Seo Park, In-Sik Kim, "Influence of Combustion Flame on Breakdown Characteristics of Vertical Model Power Lines", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 22, No. 4, pp. 85-92, April 2008.
- [3] J. R. Fonseca. and A. L. Tan, "Effects of Agricultural Fires on the Performance of Overhead Transmission Lines," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 5, No. 4, pp. 687-693, 1990.
- [4] M. Moreno, "Performance of External Insulation in Presence of Flame due to Sugarcane Burning", CIGRE 33-85 (WG-07), Prague, 1985.
- [5] M. Hara, J. Suehiro, S. Sumiyoshitani, M. Akazaki, "Mode and Characteristics of Corona Discharge in High Temperature Air," Trans. on IEE Japan, Vol.107-A, No. 8, pp.379-386, 1987.
- [6] M. Nagata, I. Miyachi, Y. Tokoi, "Breakdown Characteristics of High Temperature Air," Trans. on IEE Japan, Vol.104, No. 6, pp.299-306, 1984.

### ◇ 저자소개 ◇



김인식(金寅湜)

1953년 10월 3일생. 1974년 영남대 전기공학과 졸업. 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1990~1991년 미국 University of Southern California Visiting Scholar. 현재 경일대학교 제어전기공학부 교수.