

연소화염에 의한 수평배치 공기갭의 섬락전압 특성

(Flashover Characteristics of the Horizontal Air Gaps Caused by Combustion Flames)

김인식* · 김이국 · 김충년 · 지승욱 · 이상우 · 이광식

(In-Sik Kim · Lee-Kook Kim · Chung-Nyun Kim · Seung-Wook Jee · Sang-Woo Lee · Kwang-Sik Lee)

요 약

본 연구에서는 불평등 전계인 침대침 갭을 수평배치하였을 때, 고전압 전극 부근에 설치한 화염에 의한 교류 및 직류 섬락전압 특성을 조사하였다. 화염에 의해 섬락이 발생할 때, 코로나 개시전압과 섬락극성을 조사하기 위해 전압 및 전류파형을 측정하였으며, 인가전압의 상승에 따른 코로나풍과 쿨롱력에 의한 화염의 형상이 왜곡되고 요동되는 현상을 관찰하였다. 실험 결과, 화염이 전극의 중간위치에 있을 때 화염에 의한 교류 섬락전압은 화염이 없는 경우에 비해 평균 62.7[%] 저하된 것으로 나타났으며, 화염의 높이에 따른 섬락전압의 특성에서 화염의 높이 h=5, h=7 및 h=9[cm]인 경우 교류 섬락전압의 평균값은 화염이 없을 때에 비해 각각 34.2[%], 27.3[%] 및 21.4[%] 저하된 것으로 나타났다.

Abstract

In this paper, characteristics of the ac and dc flashover voltage in the horizontal air gap of a needle-needle electrode system were investigated when the combustion flame was present near the high-voltage electrode. In order to examine the flashover phenomena and the corona inception voltages caused by flame, we measured the voltage and current waveforms when the corona and the flashover was occurred. We also observed, as increasing the applied voltages, the deflection or fluctuation phenomena in the shape of flames caused by the corona wind and the coulomb's force. As the results of an experimental investigation, we found that the reduction of flashover voltages, in comparison with the no-flame case, are 62.7[%] for k=1.0, 34.2[%] for h=5[cm], 27.3[%] for h=7[cm] and 21.4[%] for h=9[cm] when ac voltage is applied.

Key Words : Flashover voltage, Air gap, Combustion flame, Corona wind, Breakdown voltage

1. 서 론

* 주저자 : 경일대 전기공학과 교수
Tel : 053-850-7143, Fax : 053-850-7602
E-mail : iskim@bear.kyungil.ac.kr
접수일자 : 2001년 9월 3일
1차심사 : 2001년 9월 4일
심사완료 : 2001년 10월 10일

대기압 공기 또는 각종 기체의 절연파괴 현상에 관해서는 J. M. Meek, H. Raether 등을 비롯한 여러 연구자에 의해 많은 연구가 수행되어 왔다. 그 후 산업 기술의 발달과 함께 특수한 환경에서 사용되는 전력기기(예로서 전기집진기, MHD발전, 초전도 및 극저온기기 등)들이 개발되면서, 이와 같은 고온 또는 극저온의 상태, 즉 특수 분위기의 기체 절연파괴

연소화염에 의한 수평배치 공기궤의 섬락전압 특성

현상에 대한 연구가 최근 많이 발표되고 있다[1-3].

고전압 도체의 주위에 연소화염이 존재하면, 화염에 의해 절연과괴전압은 일반적으로 저하되는 것으로 보고되고 있다[4-5]. 화염에 의한 절연과괴 특성은 단순히 특수 분위기의 방전현상에 대한 연구뿐만 아니라, 예를 들면 연소 가스를 사용하는 MHD발전에서 전극 부근에서의 방전현상과 매우 밀접한 관계가 있다. 또한, 아크 화염을 발생하는 차단기의 절연회복 특성, 연소가스를 통과시키는 전기집진기의 방전현상 등에 대한 기초 자료를 얻을 경우에도 활용될 수 있을 것이다. 화염 자체의 전기적 특성에 대해서는 지금까지 많은 연구가 수행되어 왔으나, 이들 연구의 대부분은 각종 화염에 대한 자체의 임피던스 특성이나, 전위분포에 따른 화염의 저항을 및 전압·전류 특성 등 물리적 현상에 관해 주로 보고하고 있다[6-7]. 그러나 고전압 및 방전 공학적 측면에서 화염에 의한 섬락 특성에 대한 연구는 거의 발표되지 않고 있다. 한편 송전선로 아래에서 산불 화재가 일어난 경우에는 연소화염에 의해 선로의 절연내력은 상당히 저하되는 것으로 보고하고 있다[4][8]. 우리나라는 국토의 대부분이 산지로 구성되어 있으며, 송전선로가 화재에 노출된 산림지역을 통과하고 있다. 따라서 산불로 인한 송전선로의 피해를 예방하고, 또한 효율적인 대처를 위해서는 산불에 의한 송전선로의 단락 및 지락사고의 원인을 분석하는 것이 매우 중요하다고 생각된다. 특히 초고압 대전력 송전선로 아래에서 산불 화재가 발생한 경우에는 선로의 절연 특성뿐만 아니라, 계통 전체의 신뢰도에 지대한 영향을 미치고 있음으로 이에 대한 기초 연구가 요망되고 있다.

따라서 본 연구에서는 침대침 전극을 수평으로 배치하고 상용 주파수의 교류 및 직류 전압을 인가하였을 때, 절연과괴전압에 미치는 화염의 영향을 조사하였다. 침전극과 같은 심한 불평등전계에서는 코로나 붐이 발생되므로 섬락이 발생되기 전에 화염의 형태가 변화되고 요동되는 현상에 대해서도 관찰하였다.

2. 실험 장치 및 방법

그림1은 실험 장치의 개략도를 나타낸 것이다. 전극 재질은 스테인레스 강(stainless steel)이며, 침의

선단각은 약 30° 이다.

본 실험에서는 교류 및 직류 고전압을 사용하였으며, 교류 고전압은 용량 3[kVA]인 고전압 발생장치(High Voltage Generator, 일본, Matsunaga Mfg. Co. Ltd.)를 사용하였다. 이 장치는 1차 입력전압 220[V], 60[Hz], 단상이며, 2차 출력 전압은 50[kV]이다. 직류 고전압은 상기 고전압 발생장치의 시험용 변압기에서 발생한 교류 고전압을 정류하여 사용하였다. 정류장치는 실리콘정류기(일본, Tokyo Transformer Co. Ltd.)를 이용하였다. 그리고 고전압의 측정은 그림1에서 R1, R2로 나타낸 고전압프로브(High Voltage Probe, 분압비 5000 : 1)와 디지털 오실로스코프(미국, LeCroy Co., type 9350AL)를 사용하였다. 또한 그림1에서 RL은 방전에 의한 전극의 손상을 방지하기 위해 삽입된 보호용 저항이며, $RL=50[k\Omega]$ 이다. 또한 오실로스코프를 이용하여 방전전류를 관측하기 위해 본 실험에서는 측정용 저항 $RM=10[k\Omega]$ 을 연결하였다.

연소화염은 파라핀 오일(normal paraffin oil, 순도 100%)을 연료로 사용하였다. 연소의 형태는 여러 가지 방식이 있지만 실내에서 안정된 화염을 발생시킬 수 있는 심지 연소(wick type combustion)방식을 채택하였다. 램프에서 발생한 화염은 외부 바람에 의해 흔들리지 않도록 $1.2 \times 1.2 \times 1.7[m]$ 인 칸막이를 설치하였다. 그리고 화염의 크기는 전압이 인가되지 않는 상태에서 육안으로 관찰하여 폭 0.5[cm], 높이 3[cm] 정도로 일정하게 유지하였다.

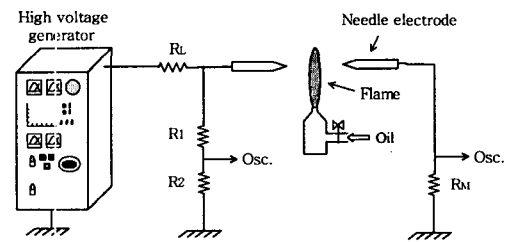


그림 1. 실험 장치의 개략도
Fig. 1. Schematic diagram of experimental setup

그림2는 화염의 수직축을 기준으로 하여 상방향 거리 h에 대한 화염 주위의 수직 온도 분포를 나타낸 것이다. 100[$^{\circ}C$] 미만의 낮은 온도는 서미스터 온도계를 사용하였으며, 고온부의 온도 측정은 약 1,600

[°C]까지 측정 가능한 열전대 온도계(thermometer, class 0.5, 일본 Shimadzu Co., 백금-백금 로지움 thermo-couple)를 사용하여 측정하였다.

그림2와 같이 파라핀 연료의 소규모 화염에서 내부 온도는 약 650[°C]이며, 화염으로부터 수직 거리 h가 증가함에 따라 온도는 급격히 낮아지고 있다. 그러나 화염으로부터 수직거리가 증가하여, 약 h=9~10[cm]이상 떨어지면 주변 실내 온도와 온도차가 적어지므로 거리에 따른 온도는 완만하게 감소된다.

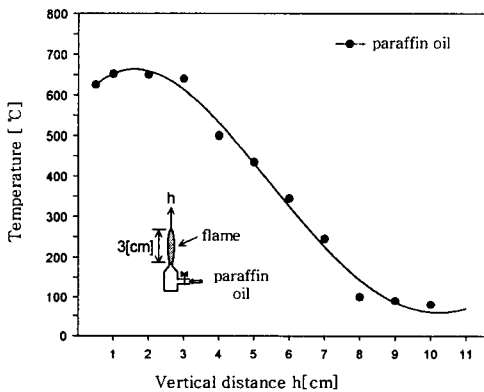


그림 2. 화염의 수직 거리에 대한 온도분포곡선
Fig. 2. Temperature distribution along the vertical distance

본 실험에서 절연과괴전압의 측정치는 동일한 조건에서 5회 측정하여, 그 평균값을 사용하였다.

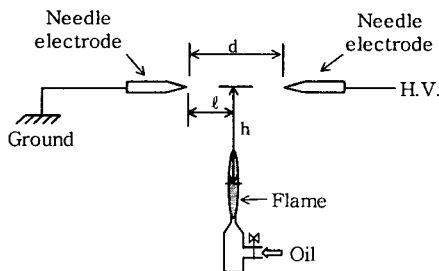


그림 3. 전극 및 화염의 배치도
Fig. 3. Schematic diagram of the electrodes and flame

그리고 화염의 위치는 그림3과 같이 접지측 전극으로부터 화염의 거리 l 과 전극간 갭길이 d 의 비, 즉 $k=l/d$ 로서 표시하였다. 화염위치는 $k=0, k=0.5$ 및 $k=1.0$ 으로 하였으며, 이것은 전극간 거리 d 에 관

계없이 각각 화염이 접지측 전극, 전극의 중앙 및 고압측 전극에 위치하고 있음을 나타내고 있다. 그리고 화염의 높이 h 는 그림과 같이 전극축과 화염사이의 거리이다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 전극간 화염의 위치에 따른 섬락전압 특성

3.1.1 교류전압 인가시의 특성

그림4는 침대침 갭을 수평배치 하였을 때, 전극간 거리 및 화염의 위치변화에 따른 교류 섬락전압 특성을 나타낸 것이다. 갭길이 $d=6$ [cm]까지 변화시킨 경우로서 교류 섬락전압은 실효치이다. 여기서 화염의 위치는 $k=0, k=0.5$ 및 $k=1.0$ 으로 하였으며, 화염의 높이는 $h=0$ [cm]이다.

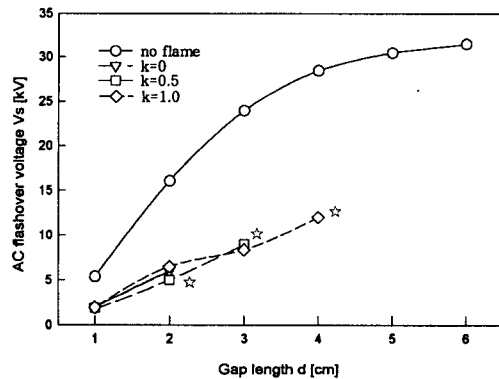


그림 4. 화염위치에 따른 침대침갭의 교류섬락전압 특성
Fig. 4. AC flashover voltage vs. gap length with needle-needle electrode system

섬락전압에 대한 화염의 영향을 비교하기 위해 그림4에서는 화염이 없을 때의 값을 동시에 나타내었다. 갭길이 $d=1$ [cm]일 때 섬락전압은 위치에 관계없이 동일하였으나, $d=2$ [cm]인 경우 $k=0.5$ 에서 가장 낮고, 그 다음 $k=0$ 및 $k=1.0$ 의 순으로 높게 나타났다. 이는 전압의 증가에 따라 화염의 형상은 변화되고 $k=0.5$ 일 때 화염은 갭의 교각이 가장 용이한 형상으로 나타난다. 또한 $k=0$ 은 $k=1.0$ 에 비해 음극으로부터 열전자방출이 용이한 것으로 생각된다.

한편 침전극에서는 코로나풍에 의해 어느 갭 이상

연소화염에 의한 수평배치 공기갭의 섬락전압 특성

에서는 플래시오버가 발생되기 전에 화염이 꺼지는 현상이 나타났다. 그림4의 ☆표는 코로나풍에 의해 화염이 꺼지는 것을 나타내고 있다. 그림과 같이 $k=0$, $k=0.5$ 및 $k=1.0$ 인 경우 각각 $d=2, 3$ 및 4 [cm]까지만 측정되었으며, 이보다 큰 범위에서 섬락전압의 측정은 화염의 소화로 인해 불가능하였다.

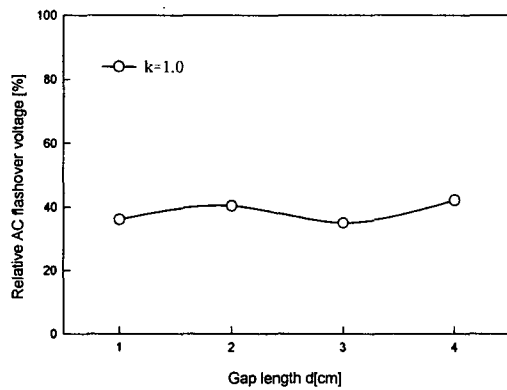


그림 5. 화염 위치에 따른 침대침갭의 상대 교류섬락전압 특성
Fig. 5. Relative AC flashover voltage vs. gap length with needle-needle electrode system

그림5는 화염이 없는 경우의 플래시오버전압을 100[%]으로 하였을 때, $k=1.0$ 에 대한 플래시오버전압을 상대값으로서 표시하였다. 그림4에서 화염위치 k 에 따른 섬락전압의 차이가 크지 않기 때문에 대표적으로 $k=1.0$ 에 대해 나타낸 것이다. 그림과 같이 $k=1.0$ 일 때, 화염에 의한 섬락전압은 화염이 없을 때의 섬락전압에 비해 평균 62.7[%] 저하된 것으로 나타났다.

3.1.2 직류전압 인가시의 특성

그림6은 수평배치인 침대침 갭에서 갭길이 $d=6$ [cm]까지 변화시킨 경우 전극간 화염의 위치변화에 따른 직류 섬락전압 특성을 나타낸 것이다.

그림6과 같이 화염이 없는 경우 침대침 갭에서는 극성효과가 나타났다. 침전극과 같은 불평등전계인 경우에는 코로나방전을 거쳐 전로파괴로 이행되므로, 침이 정극성인 섬락전압은 부극성보다 낮은 것으로 나타난다. 그 이유는 정극성 전압을 인가한 경우, 코로나에 의해 양이온의 공간전하를 형성하고, 그 결과 공간전하의 선단과 음극사이에 전계가 강해지고 스트리머(streamer)의 전전은 용이하기 때문이라고 생

각된다. 그림6과 같이 화염에 의한 직류 섬락전압에서는 극성의 영향은 거의 나타나지 않았다. 이는 화염이 전극의 중앙에 위치하고 있으므로 전압의 크기에 따라 화염에 작용하는 정전력은 정극성 및 부극성에 대해 동일하기 때문이다. 화염이 없는 경우의 섬락전압을 기준으로 할 때, $k=0.5$ 에서 섬락전압의 평균값은 직류 정극성 및 부극성에서 각각 63.3[%] 및 64.1[%] 저하된 것으로 나타났다. 직류전압에서도 코로나풍에 의해 어느 갭 이상에서는 섬락이 발생되기 전 화염이 꺼지는 현상이 나타났으며, 이를 그림6에서 ☆로서 표시하였다. 화염의 소화현상에 의해 $k=0.5$ 일 때, 정극성 및 부극성에서 각각 $d=4$ 및 $d=3$ [cm]까지만 섬락전압은 측정하였다. 그러나 $k=0$ 또는 $k=1.0$ 일 때는 $d=1$ [cm]까지만 측정할 수 있었다.

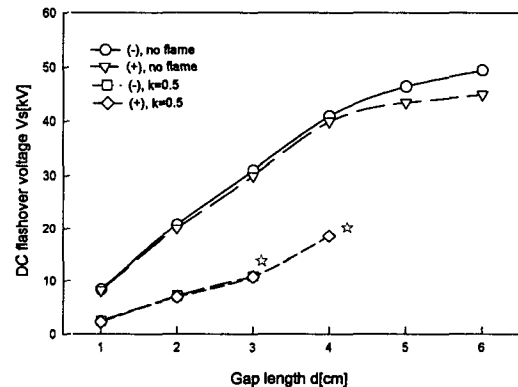


그림 6. 화염위치에 따른 침대침갭의 직류섬락전압 특성
Fig. 6. DC flashover voltage vs. gap length with needle-needle electrode system

3.2 화염높이에 따른 섬락전압 특성

3.2.1 교류전압 인가시의 특성

그림7은 수평배치인 침대침 갭으로부터 화염높이 h 를 변화시켰을 때, 갭길이 d 에 대한 교류 섬락전압 특성을 나타낸 것이다. 여기서 교류 섬락전압은 실효치이다. 화염의 높이는 $h=0, 3, 5, 7$ 및 9 [cm]이며, $k=0.5$ 이다. 그림7과 같이 화염에 의한 교류섬락전압은 높이 h 와 갭길이 d 에 비례하는 것으로 나타났다. $h=0$ 및 $h=3$ [cm]와 같이 화염의 높이가 작은 범위에서는 침전극으로부터 코로나풍에 의해 그림7의 ☆표와 같이 화염의 소화현상이 나타났다. 따라서 이 범위에서는 갭길이 $d=3$ [cm]까지만 조사하였다.

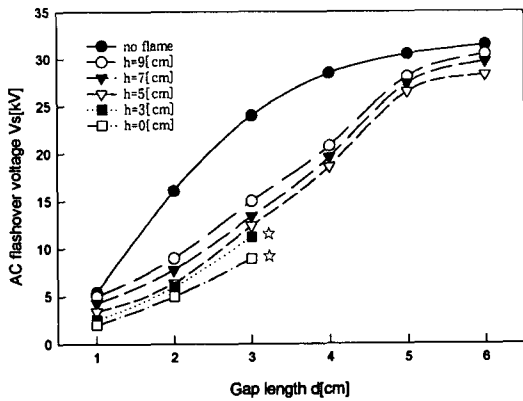


그림 7. 화염높이에 따른 침대침갭의 교류섬락전압 특성
 Fig. 7. AC flashover voltage vs. gap length with needle-needle electrode system

화염이 없을 때를 기준으로 한 교류 섬락전압의 상대값[%]은 $h=0$ [cm]일 때 65.0[%] 저하되었으며, $h=5, 7$ 및 9 [cm]인 경우, 섬락전압의 평균값은 각각 34.2[%], 27.3[%] 및 21.4[%] 저하된 것으로 나타났다. 이는 화염높이 h 가 증가하면 상대공기밀도가 증가되므로, 섬락전압은 상승하는 것으로 판단된다.

3.2.2 직류전압 인가시의 특성

그림8은 수평배치인 침대침갭에서 $d=6$ [cm]까지 갭 길이를 변화시켰을 때 전극으로부터 화염높이 h 에 따른 직류섬락전압과 갭길이의 관계를 나타낸 것이다. 여기서 $k=0.5$ 이며, 화염의 높이는 $h=0, 5$ 및 9 [cm]

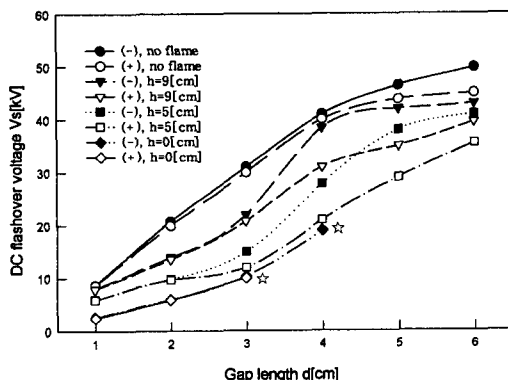


그림 8. 화염높이에 따른 침대침갭의 직류섬락전압 특성
 Fig. 8. DC flashover voltage vs. gap length with needle-needle electrode system

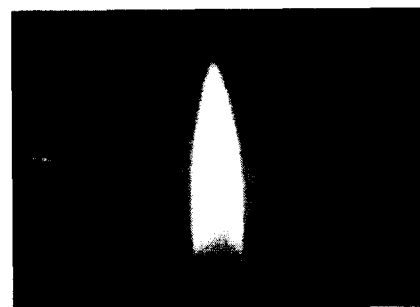
이다. 그림8에서 화염높이가 $h=0$ [cm]일 때, 코로나풍에 의한 화염의 소화현상은 정극성 및 부극성 인가시 각각 $d=3$ [cm] 및 $d=4$ [cm]이상에서 나타났으며, 이를 ☆표로서 표시하였다.

그림8과 같이 화염 높이 h 가 증가하면 직류 섬락전압은 높이 h 와 갭길이 d 에 거의 비례하여 증가하였다. $h=0$ [cm]에서는 전압의 극성 효과가 거의 나타나고 있지 않지만, $h=5$ [cm] 및 9 [cm]에서는 갭 길이가 증가함에 따라 극성 효과가 나타나고 있다. 어느 경우에도 대기압 상온의 공기와 같이 부극성이 정극성보다 높은 것으로 나타났다.

3.3 인가전압에 의한 화염의 형상

3.3.1 교류전압인가시의 형상

사진1은 수평배치의 침대침 전극에서 교류전압을 인가하였을 때, 전압의 상승에 따른 화염의 형상을 나타낸 것이다. 갭길이 $d=2$ [cm]이며, 화염위치는 $k=0.5$ 이다. 사진1(a)은 전압이 인가되지 않는 경우의 화염형상이며, 사진1(b)은 전압 3[kV]인 경우로서 화염의 높이는 낮아지고, 상대적으로 화염폭은 증가되고 있다. 사진1(c)은 전압 5[kV]로서, 코로나에 의해 화염은 심한 요동현상이 나타나고 있다. 교류전압에 의해 화염이 변형되기도 하고, 요동하는 원인으로서는 쿨롱힘과 코로나 풍을 생각할 수 있다. 이는 고온의 화염은 어느정도 전리상태에 있으므로 정,부의 이온이 존재한다고 생각되며, 화염중의 이온전하는 인가전계에 의해 흡인 또는 반발력이 작용하는 것으로 생각된다. 화염이 기울어져 소화되는 현상은 주로 침전극으로부터 발생한 코로나풍에 의한 것이다. 본 실험과 같은 소규모 화염에서, 화염이 소화되는 풍속을 풍속계로서 측정하면 약 0.6~0.8[m/s]정도이다.



(a) 0[kV]

연소화염에 의한 수평배치 공기궤의 섬락전압 특성



(b) 3[kV]



(c) 5[kV]

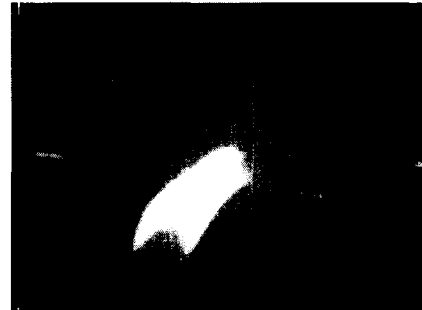
사진 1. 교류전압에 의한 화염의 형상
Photo 1. Shapes of flame caused by ac voltage

3.3.2 직류전압인가시의 형상

사진2는 전극사이 화염위치가 $k=0$ 일 때, 직류 부극성 전압에 대한 화염의 형상변화를 나타낸 것이다. 사진2(a) 및 사진2(b)는 각각 3[kV] 및 5[kV]일 때의 화염 형상이다. 사진으로부터 알 수 있는 바와 같이 화염은 정의 이온으로 대전되어 있는 것으로 나타났다.



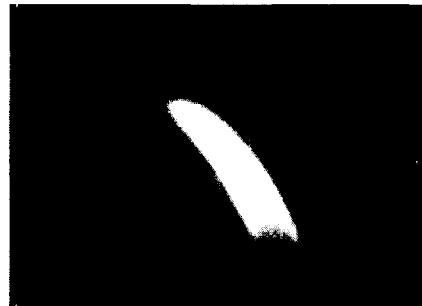
(a) 3[kV]



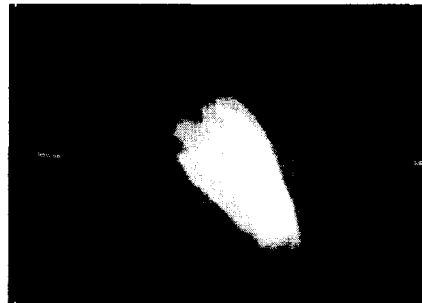
(b) 5[kV]

사진 2. 직류 부극성 전압에 의한 화염의 형상
Photo 2. Shapes of flame caused by dc negative voltage

부극성인 경우는 사진2(a)와 같이 고전압 전극으로 인력이 작용하며, 반대로 정극성일 때는 사진3(a)와 같이 반발력이 작용하고 있다. 전압을 더욱 상승하면, 사진2(b) 및 사진3(b)와 같이 전압극성에 의한 인력과 반발력 외에 코로나풍에 의해 화염은 요동되는 현상이 나타나고 있다.



(a) 3[kV]

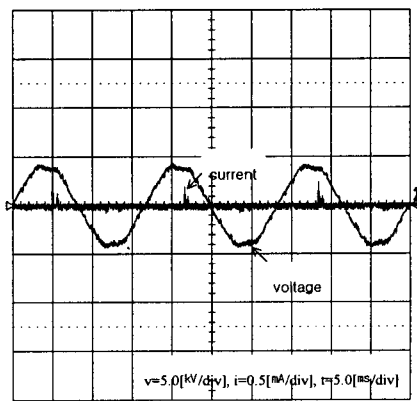


(b) 5[kV]

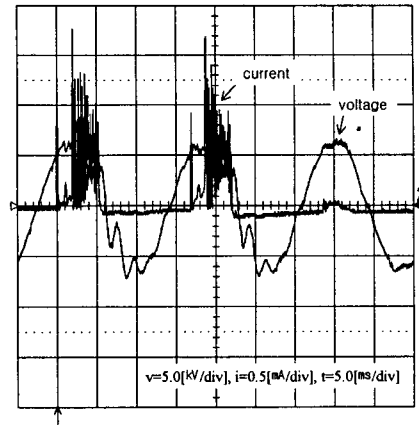
사진 3. 직류 정극성전압에 의한 화염의 형상
Photo 3. Shapes of flame caused by dc positive voltage

직류전압에서도 전압의 크기 및 극성에 따라 흡인되기도 하고, 반발되기도 하는 원인은 정전력과 코로나나뭇을 생각할 수 있다. 직류 부극성전압을 인가한 경우에는 낮은 전압에서도 화염이 전극으로 흡인되는 것은 정전력에 의한 작용이다. 그러나 코로나 개시전압을 넘게 되면 코로나나뭇이 생기고, 역으로 화염을 억제시키는 작용을 하여 사진2(b)와 같이 나타나게 된다. 한편 정극성의 전압을 인가한 경우는 정전력도 코로나나뭇도 화염을 전극으로부터 떨어지게 하므로 화염의 형상은 사진3(b)과 같이 심한 흔들림이 나타나고 있다. 탄화수소의 화염 중에는 H_3O^+ , $C_3H_3^+$, $C_2H_3O^+$ 등의 양이온이 많이 포함되어 있는 것으로 보고되고 있다[9]. 이 중에서 H_3O^+ 가 가장 많고, 그 농도는 대개 109-1012[개/cm] 정도라고 한다. 음전하의 입자는 대부분 전자이고, 그밖에 O^- , OH^- , C_2^- 등의 음이온이 약간 존재하지만, 일반적인 이온 농도의 분포에서는 H_3O^+ , $C_3H_3^+$ 와 같은 양이온이 음이온보다 훨씬 많은 것으로 보고되고 있다[9][10].

그림9는 갭길이 $d=2[cm]$, $k=0$ 인 경우 화염에 의한 코로나의 발생 및 섬락극성을 나타내고 있는 전압 및 전류파형이다. 여기서 코로나는 정극성 전압에서 우선 발생되고 있으며, 전압의 상승과 함께 코로나는 성장하여 정극성 전압에서 섬락이 일어나고 있다. 그러나 갭 길이가 화염의 폭보다 작거나 전극이 화염 내부에 존재할 경우에는 부극성의 반파에서 코로나와 섬락이 발생되는 현상이 나타났다.



(a) $V_p=4[kV]$



(b) $V_p=6[kV]$

그림 9. 화염에 의한 전압 및 전류 파형 ($k=0$)
Fig. 9. Voltage and current waveforms with $k=0$

4. 결 론

본 연구에서는 침대침 전극을 수평으로 배치하고, 상용주파수의 교류와 직류 고전압을 인가하였을 때, 섬락특성에 미치는 화염의 영향을 조사하였다. 화염이 없는 경우와 화염이 존재하는 경우의 섬락전압을 상호 비교하였다. 그리고 침대침 전극 사이에 화염이 존재하는 경우, 화염의 위치에 따른 섬락특성과 전극과 화염의 상호 높이에 따른 섬락특성을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 화염위치가 $k=1.0$ 일 때, 화염에 의한 교류 플래시오버전압은 화염이 없을 때의 섬락전압에 비해 평균 62.7[%] 저하된 것으로 나타났다. 그리고 침대침 갭에서는 갭길이가 증가하면, 코로나나뭇에 의해 화염이 꺼지는 현상이 나타났다.
- 2) 직류전압 인가시에도 화염에 의한 섬락전압은 매우 저하되는 것으로 나타났으며, $k=0.5$ 일 때, 화염이 없는 경우에 비해 화염이 존재할 때 섬락전압의 평균값은 직류 정극성 및 부극성에서 각각 63.3[%] 및 64.1[%] 저하된 것으로 나타났다.
- 3) 화염의 높이 h 를 변화시켰을 때, 교류 및 직류 섬락전압은 높이 h 와 갭길이 d 에 비례하여 상승하는 것으로 나타났으며, 화염이 없는 경우의 섬락전압을 기준으로 할 때 $h=5, 7$ 및 $9[cm]$ 인 경우의 교류섬락전압의 평균값은 각각 34.2, 27.3 및 21.4[%] 저하된 것으로 나타났다. 이는 h 에 비례하여 상대공기밀도가

연소회염에 의한 수평배치 공기갭의 섬락전압 특성

증가되기 때문이라고 생각된다.

4) 교류 및 직류전압을 인가하였을 때, 화염의 형상이 왜곡되거나 요동되는 현상은 화염의 전하에 의한 정전력과 코로나풍에 의한 것이다.

5) 갭 길이 $d=2[\text{cm}]$, 화염위치 $k=0$ 인 경우 정극성의 반파에서 코로나가 일어나고, 전압의 상승에 따라 정극성에서 섬락되는 것으로 나타났다.

6) 화염의 존재에 의해 교류 및 직류 섬락전압이 저하되는 원인은 주로 전압에 의한 화염의 형상변화와 주변 공기의 상대공기밀도의 저하에 기인하는 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초 전력공학 공동연구소 주관으로 수행되었음.

References

- [1] 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.
- [2] M. Nagata, I. Miyachi, Y. Tokoi, "Breakdown Characteristics of High Temperature Air," Trans. on IEE Japan, Vol.104, No. 6, pp.299-306, 1984.
- [3] 이광식, 이동인, 김인식 외, "컴퓨터시스템에 의한 저온에서의 질소가스에 대한 방전특성 측정", 한국조명.전기설비학회 논문지, 제 8권, 제4호, pp.30-37, 1994.
- [4] H. J. West, D. W. McMullan, "Fire Induced Flashovers of EHV Transmission Lines," IEEE-PES Winter Meeting, New York, Paper A73047-2, February 1978.
- [5] 김충년, 김인식, 이광식, 이동인 외, "대기중 화염에 의한 침대평판전극에서의 절연파괴 특성," 대한전기학회 (고전압 및 방전) 춘계 학술연구발표회 논문집, pp. 127-129, 2001.
- [6] K. Koyama, T. Sekiguchi, "The Measurement of the Electrical Conductivity of Seeded Flame Plasmas," Trans. on IEE Japan, Vol.87-6, No. 945, pp.1145-1151, 1987.
- [7] H. Kiwaki, S. Komeji, "Electrical Properties of Combustion Flames," Journal of Applied Physics Japan, Vol.41, No. 10, pp.1077-1084, 1972.
- [8] Electric Power Research Institute, "Transmission Line Reference Book, 345kV and Above/Second Edition," pp. 381-419, 1989.
- [9] A. G. Caydon, H. G. Wolfhard, "Flames : Their Structure, Radiation and Temperature," 4th ed., Chapman and Hall, pp. 340-372, 1979.
- [10] 김광렬, 노수영, 김영주, "최신 연소공학" 도서출판 동화기술, pp. 63-76, 1999.

◇ 저자소개 ◇

김인식(金寅湜)

1953년 10월 3일생. 1974년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1990~1991년 美國 University of Southern California대 초빙 교수. 현재 경일대학교 전기공학과 교수.

김이국(金利國)

1946년 9월 30일생. 1969년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1980년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 경일대학교 전기공학과 부교수.

김충년(金忠年)

1966년 6월 16일생. 1992년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995~1998년 (주)대우중공업 우주항공연구소 주임연구원. 2000~현재 (주)인터커넥션 개발부 선임연구원, 영남대 대학원 전기공학과 박사과정.

지승욱(池昇昱)

1971년 12월 27일생. 1995년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.

이상우(李相雨)

1967년 4월 11일생. 1992년 경일대학교 전기공학과 졸업. 2000년 영남대 공대 전기공학과 졸업(박사).

이광식(李廣植)

1948년 10월 20일생. 1971년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~1989년 Nagoya Institute of Technology대 초빙 교수. 현재 당 학회 부회장. 영남대 공대 전자정보공학부 교수. 영남대 산업대학원장.