

수직배열 모델 전력선의 절연파괴 특성에 미치는 화염의 영향

(Influence of Combustion Flame on Breakdown Characteristics
of Vertical-Model Power Lines)

박광서* · 김인식

(Kwang-Seo Park · In-Sik Kim)

요 약

많은 나라에서 가공 송전선로 아래에서 발생된 산불에 의해 계통 섬락사고를 일으키고 있다. 본 연구에서는 상용주파수 교류 및 직류 고전압을 인가하였을 때, 연소화염에 의해 전력선의 절연강도가 저하하는 특성을 조사하기 위해 수직배열 전력선에 대한 모의조건에서 다양한 실험을 수행하였다. 실험 결과, 화염이 없는 경우에 비해 연소 화염이 존재하면 화염의 거리(h)에 따라 절연파괴전압은 크게 저하되는 것으로 나타났다. 도체와 화염의 거리(h)가 작을수록 절연파괴전압이 감소하였으며, 교류전압 인가 시, h=9[cm]일 때 평균 46.2[%], h=3[cm]일 때 평균 62.5[%] 저하된 것으로 나타났다.

Abstract

Occurring forest fire or burning bushes beneath overhead transmission lines have caused breakdown disturbances of the system in many countries. In this study, experiments for flashover characteristics in the simulated condition of vertical power lines were conducted so as to investigate the reduction in insulation strength caused by combustion flame. As the results of an experimental investigation, it is demonstrated that flame can reduce breakdown voltages of the model lines according to height(h) of flame. The breakdown voltages were decreased with decreasing the height(h) of flame, it can be seen that the average reduction of flashover levels, in comparison with the no-flame case, are 46.2[%] for h=9[cm] and 62.5[%] for h=3[cm] when ac voltage is applied.

Key Words : Breakdown Characteristics, Vertical-Model Power Line, Combustion Flame

1. 서 론

오늘날 산업이 발달함에 따라 우리나라의 전력계통은 점차 고전압·대용량화되고 있다. 전력계통의 신뢰성을 향상시키기 위해서는 정전사고에 대한 원인 규명과 대책 수립이 가장 필수적인 요소이다.

자연현상에 기인한 송전선로의 정전사고는 계절

* 주저자 : 경일대학교 컴퓨터에너지공학부
Tel : 053-850-7157, Fax : 053-850-7602
E-mail : kspark@kiu.ac.kr
접수일자 : 2007년 12월 10일
1차심사 : 2007년 12월 11일
심사완료 : 2007년 12월 18일

수직배열 모델 전력선의 절연파괴 특성에 미치는 화염의 영향

에 따라 그 원인이 상이한 것으로 나타난다. 하절기에는 낙뢰로 인한 피해가, 동절기에는 건조한 기후 때문에 화재에 의한 섬락사고가 많이 발생된다.

산림청 통계에 따르면 우리나라에서 최근 5년간(2001년부터 2005년까지) 산불발생은 매년 574건이며, 피해면적은 매년 5,862[ha]인 것으로 집계되고 있다[1]. 산불의 원인은 입산자 실화 42[%]이며, 논·밭두렁 소각이 18[%], 담뱃불 실화 11[%], 기타 쓰레기 소각, 성묘객 실화 등의 순으로 나타나고 있다. 우리나라는 지형상 산지의 경사와 기복이 심하며, 임도(林道)도 부족해 산불발생지역에 접근이 곤란한 경우가 많다. 특히 봄철에는 계절풍의 영향으로 산불의 진행상태에 대한 예측이 어렵고, 연소진행속도가 평지의 약 8배나 빠르기 때문에 일단 발화되면 진화는 매우 어렵게 된다. 일반화재에 비해 산불의 가장 큰 특징은 울창한 수목의 연소에 의한 고열 화염이 상층기류와 함께 전력선에 쉽게 접근할 수 있다는 점이다. 산림이 울창하고 가연성(可燃性) 낙엽이 많이 쌓인 지역에서는 산불에 의한 불기둥의 높이는 약 20~30[m]에 이르며, 화염 중심부의 온도는 약 1,200[°C] 정도인 것으로 보고되고 있다[2]. 또한, 주변 연기의 온도도 약 600[°C]에 이르는 것으로 추정되고 있다. 이러한 화염에는 고온의 이온화가스(hot ionized gas)가 다량 존재하고 있을 것으로 예상되며, 또한 불꽃화염과 고온 공기로 인해 절연내력이 약화됨으로써 화염이 존재하는 송전선로에서는 각종 섬락사고를 일으킬 수 있으리라고 생각된다.

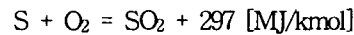
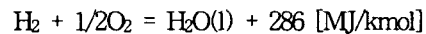
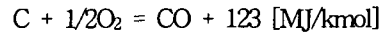
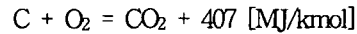
화재로 인한 송전선로의 피해를 사전에 예방하고, 또한 효율적으로 대처하기 위해서는 화염에 의한 송전선로의 섬락사고를 분석하는 것은 매우 중요하다고 생각된다. 화염 자체의 물리적특성에 대해서는 지금까지 많은 연구가 수행되어 왔으나[3-4], 고전압 및 방전 공학적 측면에서 화염의 존재에 의한 전극의 섬락 특성, 즉 금속도체(전극)와 화염사이의 섬락특성에 대해서는 지금까지 많이 발표되지 않고 있어 연구의 필요성을 느낀다.

따라서 본 연구에서는 수직배열 모델전력선에 대한 섬락특성에 미치는 화염의 영향을 조사하였다. 안정된 소규모 화염 중에서 상용주파수 교류 및 직류 고전압을 인가하였을 때, 도체의 간격, 화염의 높

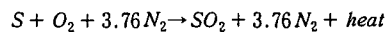
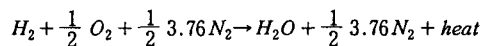
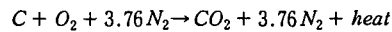
이 및 도체의 배치상태 등을 변화시킨 경우 공기의 절연파괴전압을 조사하였다. 이 때 화염이 없는 경우의 특성과 상호 비교하였다.

2. 연소반응 이론

연소는 연료의 형태, 종류, 산지 등에 따라 다르다. 연소에 의해 열을 발생하는 성분원소는 주로 수소(H), 탄소(C), 유황(S)이므로 이들 가연(可燃)원소의 연소에 대한 기본 화학방정식은 다음과 같다[5].



연료가 연소해 생성하는 고온의 가스를 연소가스라 하고, 일반 연소성분인 탄소, 수소, 황성분의 반응식은 다음과 같다[5].



따라서 가연성 연료 중 탄소, 수소, 황 성분은 연소하여 다량의 연소열을 발생하고 있다.

3. 실험 장치 및 방법

3.1 모델선로의 배치 및 실험장치

그림 1은 수직배열 모델선로와 연소화염으로 구성된 실험장치의 개략도를 나타낸 것이다. 그림 1과 같이 도체(A) 및 도체(B)를 수직으로 배열한 도체아래에 연소화염을 배치시켰으며, 모델 선로로서 사용된 도체는 직경 1.8[mm]인 강선(steel wire)을 이용하였다.

그림 2는 모델선로와 화염의 배치관계를 나타낸 것이다. 여기서 갭 길이(d)는 두 도체사이의 수직거

리이며, 화염 높이(h)는 그림에서 표시된 바와 같이 두 도체의 중심과 화염의 중심사이 거리이다.

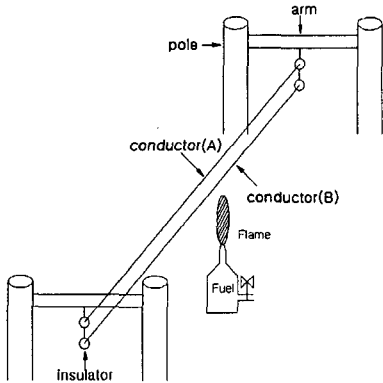


그림 1. 실험장치의 개략도
Fig. 1 Schematic diagram of experimental setup

본 실험에서는 교류 및 직류 고전압을 사용하였으며, 교류 고전압은 용량 3[kVA]인 고전압 발생장치(High Voltage Generator. 일본, Mats-unaga Mfg. Co. Ltd.)를 사용하였다. 이 장치는 1차 입력전압 220[V], 주파수 60[Hz], 단상이며, 2차 출력전압은 60[kV]이다.

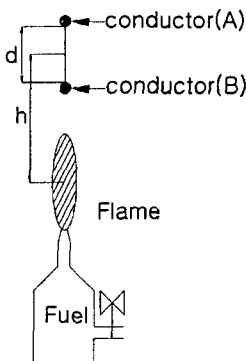


그림 2. 수직배열 모델도체와 화염의 배치도
Fig. 2. Schematic diagram of the vertical-model conductors and flame shape

직류 고전압은 상기 고전압 발생장치의 시험용 변압기에서 발생된 교류 고전압을 정류하여 사용하였다. 정류장치는 실리콘정류기(일본, Tokyo Trans-

former Co. Ltd.)를 이용하였다. 고전압의 측정은 고전압프로브(High Voltage Probe. 분압비 5000:1)와 디지털 오실로스코프(미국, LeCroy Co., type 9350AL)를 사용하였다. 본 연구에서 사용된 절연과 피전압의 측정값은 동일한 조건에서 5회 측정하여 그 평균값을 취하였다.

그림 2의 수직배열 모델 선로에서 두 도체사이 단상 교류(또는 직류) 고전압을 인가하여 절연과피특성을 조사할 때, 상부도체(A)에 고전압이 인가된 경우를 'A형 모델선로', 하부도체(B)에 고전압이 가해진 경우를 'B형 모델선로'라고 하였다.

3.2 연소화염의 온도특성

그림 3은 파라핀 화염 주위의 공기에 대한 등온선 분포를 나타낸 것이다. 그림에서 원점에 높이 3[cm]인 안정 화염이 위치하고 있으며(빗금 형상 부분), x축은 화염으로부터 수평거리[cm]이며, y축은 수직거리[cm]를 나타내고 있다. 이로부터 화염에 대한 수평방향의 온도구배는 수직방향에 비해 매우 급격한 것을 알 수 있다. 이것은 화염이 연소될 때 화염의 측면 또는 아래에서 유입된 화염주위의 공기는 연료와 혼합하여 화학적 연소과정이 일어나고, 연소 후의 고온공기는 상승기류를 형성하여 위로 올라가기 때문이라고 생각된다.

연소화염은 파라핀오일(normal paraffin oil, 순도 100[%])을 연료로 사용하였다. 이 파라핀오일은 석유계 연료이며, 주성분은 탄화수소이다. 이 연료의 대략적인 조성은 탄소 75~90[%], 수소 8~25[%], 산소 0~3.3[%], 질소 0~2[%], 황 0~5[%] 등으로 되어 있다. 그리고 파라핀오일의 비점은 약 450~570[K], 밀도는 약 0.79~0.83[g/cm³], 발열량은 약 40~50[MJ/kg]이다. 파라핀오일은 액체 연료이며, 단위 중량당 발열량이 크기 때문에 연소장치를 소형으로 할 수 있으며, 연소 후에 회분(ash) 등에 의한 장치의 오손이 비교적 적게 발생하고, 저렴한 가격으로 안정되게 공급할 수 있는 장점이 있다.

램프에서 발생된 화염은 외부 바람에 의해 흔들리지 않도록 1.2×1.2×1.7[m]인 칸막이를 설치하였다.

수직배열 모델 전력선의 절연파괴 특성에 미치는 화염의 영향

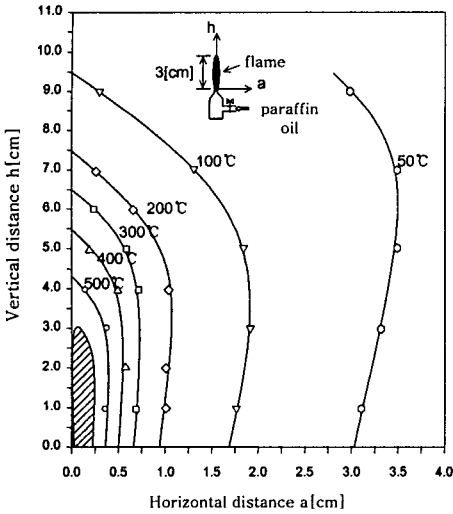


그림 3. 파라핀 화염 주위의 등온선 분포곡선
Fig. 3. Isothermal lines around the paraffine-oil flame

온도측정에 있어서 100[°C]이하의 낮은 온도는 서미스터(thermister)온도계로 측정하고, 고온부 온도측정은 약 1,600[°C]까지 측정 가능한 열전대 온도계(thermometer, class 0.5, 일본 Shimadzu. Co., 백금-백금 로지움 thermocouple)를 사용하였다.

화염의 크기는 전압이 인가되지 않는 상태에서 육안으로 관찰하여 폭 0.5[cm], 높이 3[cm]정도로 안정하게 유지하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 화염 높이(h)에 따른 교류섬락전압 특성

그림 4 및 그림 5는 수직배열 모델선로에서 화염 높이(h)에 따른 교류 섬락전압 특성을 나타낸 것이다. 여기서 그림 4와 그림 5는 각각 A형 모델선로와 B형 모델선로에 대한 섬락특성이며, 화염의 높이(h)는 h=3, 6, 9 및 12[cm]이다.

화염이 없는 청결한 도체의 플래시오버 전압과 도체표면에 매연이 부착된 상태의 섬락전압도 함께 나타내었다. 이는 파라핀 화염에 대해 섬락전압을 측정할 때, 연소시 발생하는 매연(soot)은 도체가 접근

하면 그 표면에 부착하게 된다. 따라서 매연이 부착되기 전후에 있어서 섬락전압을 비교할 수 있다.

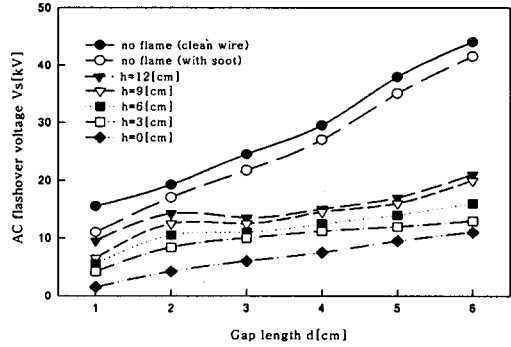


그림 4. A형 모델선로의 교류섬락전압 특성
Fig. 4. AC flashover voltage vs. gap length in the A-type model conductors

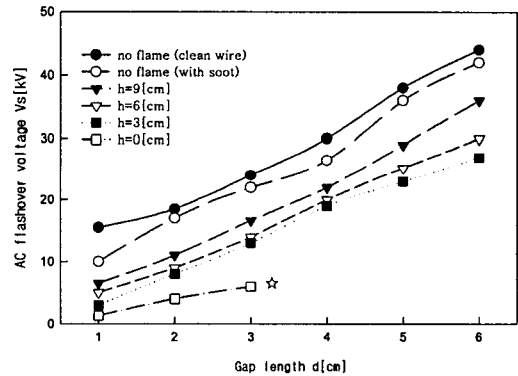


그림 5. B형 모델선로의 교류섬락전압 특성
Fig. 5. AC flashover voltage vs. gap length in the B-type model conductors

그림 4와 그림 5에서 알 수 있는바와 같이 모든 갭 길이(d)에서 도체가 청결하고 화염이 없는 경우에 절연파괴전압은 가장 높게 나타나고 있다. 그 다음은 화염은 없으나 도체표면에 그을음이 부착된 경우이고, 화염이 존재하면 도체와의 높이(h)가 작을수록 절연파괴전압은 낮아지는 것을 알 수 있다.

한편, 그림 5에서는 h=0[cm]에서 d=3[cm]까지만 교류 플래시오버 전압이 측정 가능하였으며, 이를 그림에서는 ☆표로서 표기되어 있다. 이것은 d=3[cm]를 넘는 범위에서는 이미 보고된 바와 같이 절연파괴전압의 상승과 함께 코로나풍(corona wind)이 발생되

어 화염이 소화되는 현상이 나타났기 때문이다[6].

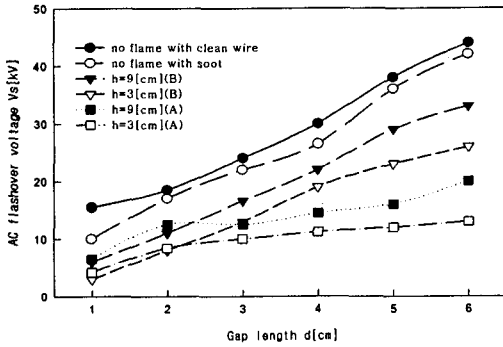


그림 6. A 및 B형 모델선로의 교류섬락전압 비교
Fig. 6. Comparison of AC flashover voltage between the A and B-type model conductors

그림 6은 A형 모델선로와 B형 모델선로에 대한 플래시오버전압을 상호 비교한 것이다. 그림 4 및 그림 5에서는 화염의 높이(h)로서 h=0, 3, 6, 9 및 12 [cm]에 대한 섬락특성이 표시되어 있지만, 그림 6은 그림의 복잡성을 피하기 위해 대표적인 화염 높이로서 h=3과 h=9[cm]에 대해 나타내었다. 이 그림에서 알 수 있는바와 같이 갭 길이가 증가함에 따라 A형 모델선로와 B형 모델선로사이의 섬락전압에는 뚜렷한 차이가 나타나고 있으며, B형 모델선로가 A형 모델선로보다 섬락전압이 높은 것으로 나타났다.

표 1은 A형 선로 및 B형 선로에 대한 섬락전압을 상대값(%값)으로서 상호 비교한 것이다. 이 표에서 보는바와 같이 화염이 없는 깨끗한(clean) 도체의 섬락전압을 100[%]로 하였을 때, 그을음(soot)이 있는 도체의 섬락전압은 평균 92.1[%]인 것으로 나타났다. 그리고 높이 h=9[cm]일 때, A형선로 및 B형선로의 상대섬락전압 평균값은 각각 53.8[%] 및 69.3[%]로서, B형선로가 A형선로에 비해 15.5[%] 높은 것으로 나타났다. 또한 h=3[cm]에서도, A형선로 및 B형선로의 섬락전압 평균값은 각각 37.5[%] 및 55.3[%]로서, 역시 B형선로가 A형선로에 비해 17.8[%] 높은 것으로 나타났다. 이는 B형선로가 A형선로에 비해 고전압 도체가 연소화염에 대해 상대적으로 가까이 위치함으로써 전압 상승에 따라 고전압 도체로부터 코로나가 발생되고, 이 코로나풍이 가까이 위치한 연소화

염의 형상을 왜곡시키기 때문이라고 생각된다.

표 1. A형 및 B형 모델선로의 교류섬락전압(상대값) 비교

Table 1. Comparison of AC flashover voltage between the A and B-type model conductors

갭길이 d 높이 h	d=2[cm]	d=4[cm]	d=6[cm]	평균[%]
no flame (clean)	100	100	100	100
no flame (soot)	91.9	89.0	95.5	92.1
h=9[cm](B형)	59.5	73.4	75.0	69.3
h=9[cm](A형)	67.6	48.4	45.5	53.8
h=3[cm](B형)	43.3	63.4	59.1	55.3
h=3[cm](A형)	45.4	37.4	29.6	37.5

이와 같이 코로나의 발생으로 인해 도체부근에 존재하는 화염은 도체로부터 멀어지도록 그 형상이 변화되는 현상 외에도 코로나로 인해 주변 공기가 냉각되는 효과도 있을 것으로 예상된다.

4.2 화염 높이(h)에 따른 직류섬락전압 특성

그림 7 및 그림 8은 화염의 유무 및 화염높이(h)를 변화시켰을 때, 갭 길이(d)에 대한 직류 플래시오버 전압 특성을 나타낸 것이다. 여기서 도체는 화염의 수직 상 방향에 위치하며, 화염 높이(h)는 h=0 및 9 [cm]이다.

그림 7은 A형 선로, 그림 8은 B형 선로의 섬락특성으로서, 화염이 없는 깨끗한 도체, 매연이 부착된 도체 및 화염 높이 h=0 및 9[cm]에 대한 직류 고전압의 극성에 따른 섬락전압이 표시되어 있다.

이는 파라핀 화염에 대해 섬락전압을 측정할 때, 연소시 발생하는 매연(soot)은 도체가 접근하면 그 표면에 부착되기 때문이다. 따라서 매연이 부착되기 전후에 있어서 섬락전압을 비교할 수 있다.

그림 7과 그림 8에서 알 수 있는바와 같이 모든 갭 길이(d)에서 도체가 청결하고 화염이 없는 경우에

수직배열 모델 전력선의 절연파괴 특성에 미치는 화염의 영향

직류 절연파괴전압은 가장 높게 나타나고 있다. 그 다음은 화염은 없으나 도체표면에 그을음이 부착된 경우이고, 화염이 존재하면 도체와의 높이(h)가 작을수록 직류 절연파괴전압은 낮아지는 것을 알 수 있으며, 이는 교류 섬락전압 특성과 동일한 경향으로 나타나고 있다.

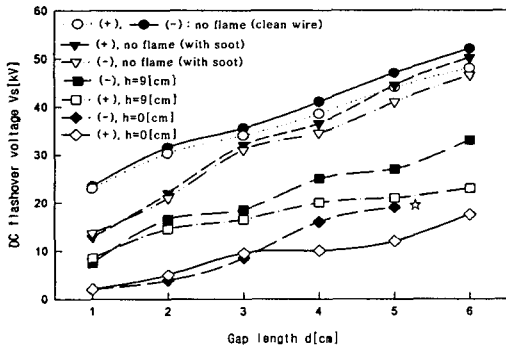


그림 7. A형 모델선로의 직류섬락전압 특성
Fig. 7. DC flashover voltage vs. gap length in the A-type model conductors

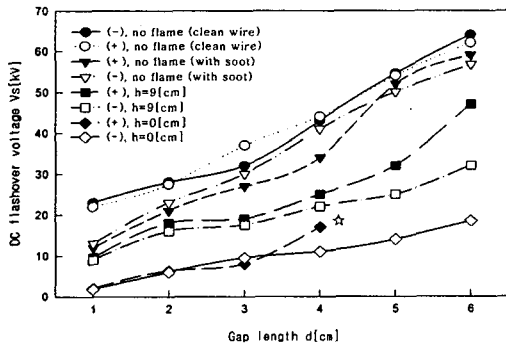


그림 8. B형 모델선로의 직류섬락전압 특성
Fig. 8. DC flashover voltage vs. gap length in the B-type model conductors

한편, 그림 7 및 그림 8에서도 h=0[cm]인 경우 코로나의 발생으로 인해 직류플래시오버 전압은 극성에 따라 각각 d=5[cm] 및 d=4[cm]까지만 측정이 가능하였다. 이것을 그림 7 및 그림 8에서는 그림 상에 ☆표로서 나타내었으며, 이 범위를 넘게 되면 도체로부터 발생하는 코로나풍에 의해 화염은 소화되는 현상이 나타났다. 이러한 소화현상은 A형 선로에서

는 부극성이며, B형 선로에서는 정극성에서 나타나고 있다. 이것은 연소화염과 상대적으로 가까운 도체에서 직류 정극성일 때 나타나는 현상이며, 전압의 상승과 함께 직류 불평등 전계가 가해질 때, 정극성이 부극성에 비해 코로나의 성장이 활발하기 때문이라고 생각된다.

그리고 모델선로에 대한 직류 플래시오버전압 특성에서는 극성의 영향이 크게 나타난다. 그림 7 및 그림 8로부터 알 수 있는바와 같이 동일한 화염높이에서 갭 길이(d)가 증가함에 따라 직류섬락전압은 극성에 따라 상당히 큰 차이를 보이고 있다. 여기서 수직배치 A형 선로인 그림 7에서는 상부도체가 부극성(DC-)일 때 정극성(DC+)인 경우보다 섬락전압이 높게 나타나고 있다. 한편 수직배치 B형 선로인 그림 8에서는 하부도체가 정극성(DC+)일 때 부극성(DC-)인 경우보다 섬락전압이 높은 것을 알 수 있다.

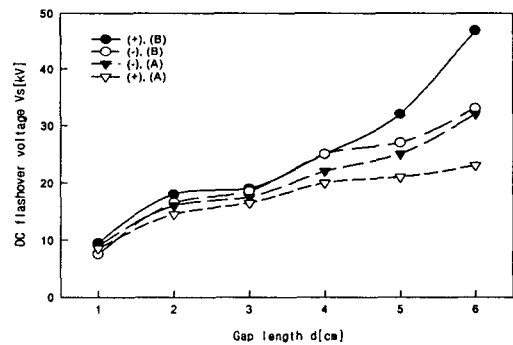


그림 9. A형 및 B형 모델선로의 직류섬락전압 비교
Fig. 9. Comparison of DC flashover voltage between the A and B-type model conductors

그림 9는 화염높이 h=9[cm]인 경우에 대해 A형 선로 및 B형 선로에 대한 플래시오버전압을 상호 비교한 것이다. 이 그림에서 알 수 있는바와 같이 갭 길이가 증가하면 극성의 영향은 비교적 뚜렷이 나타나고 있다. 여기서는 극성의 영향이 가장 크게 나타나는 갭, 즉 d=6[cm]인 경우 직류섬락전압에 대해 서로 비교하였다. 그림 9에서 A형 모델선로인 경우에 정극성 및 부극성에 대한 직류 섬락전압은 각각 23.0

[kV]와 33.0[kV]인 것으로 나타나고 있다. 그러나 동일한 갭에서 B형 모델선로인 경우에는 정극성 및 부극성에 대한 섬락전압은 각각 47.0[kV] 및 34.0[kV]인 것으로 나타났다. 이로부터 A형 모델선로에서는 고전압 도체에 부극성을 인가했을 때의 섬락전압이 정극성인 경우보다 높고, B형선로에서는 정극성인 경우가 부극성보다 섬락전압이 높은 것으로 나타났다.

표 2는 화염높이 h=9[cm]일 때 A형 선로와 B형 선로에 대한 직류섬락전압을 상대값으로서 비교한 것이다. 여기서는 화염이 없는 청결한 도체의 섬락전압을 기준(100[%])으로 하고, 각 모델선로에 대한 정,부 극성의 섬락전압을 [%]값으로서 나타내었다.

표 2. A형 및 B형 모델선로의 직류섬락전압(상대값) 비교
Table 2. Comparison of DC flashover voltage between the A and B-type model conductors

갭길이 d 높이 h	d=4[cm]	d=5[cm]	d=6[cm]	평균[%]
no flame (clean)	100	100	100	100
h=9[cm](B+)	58.2	59.3	75.8	64.4
h=9[cm](B-)	50.0	45.5	50.0	48.5
h=9[cm](A+)	52.7	47.8	48.0	49.5
h=9[cm](A-)	61.0	57.5	63.5	60.7

이 표에서 알 수 있는 바와 같이 동일한 화염높이에서 섬락전압은 극성의 영향이 뚜렷이 나타나고 있다. 표 2와 같이 B형 모델선로인 경우 정극성의 섬락전압은 부극성인 경우보다 갭 길이 d=6[cm]일 때 25.8[%] 높게 나타났으며, 전체 갭에 대한 평균값으로는 15.9[%] 높게 나타났다. 한편 A형 모델선로인 경우에는 부극성 섬락전압은 정극성보다 갭길이 d=6[cm]인 경우 15.5[%] 높았으며, 전 갭에 대한 평균으로는 11.2[%] 높게 나타났다. 이것은 고전압 도체와 연소화염의 상대적인 위치에 기인하는 것으로서 직류 고전압 도체로부터 발생된 코로나와 정전력에 의해 화염 형상이 변화하기 때문이라고 생각된다. 또한 연소화염과 상대적으로 가까운 위치에 있는 도체가 직류 정극성일 때 코로나의 성장은 활발하고

코로나풍도 많아지는 것으로 생각할 수 있다.

한편 고온의 연소화염에 있어 절연파괴의 주요 요인으로서 열전리(thermal ionization)를 생각할 수 있다.

열역학 평형조건하에서 M. N. Saha는 가스압력 p와 절대온도 T를 사용하여 다음 식 (1)과 같은 전리도 θ 에 대한 식을 유도하였다[7].

$$\frac{\theta^2}{1-\theta^2} = \frac{1}{p} \frac{(2\pi m_e)^{3/2}}{h} (kT)^{5/2} \exp\left(-\frac{W_i}{kT}\right) \quad (1)$$

여기서 θ 는 전리도(ionization degree)이며, 중성 입자밀도 n에 대한 이온밀도 n_i 의 비율로서 $\theta = \frac{n_i}{n}$ 로 표시된다. 그리고 m_e 는 전자의 질량, h는 플랑크의 상수이므로 이를 대입하면 식(2)과 같이 정리된다.

$$\frac{\theta^2}{1-\theta^2} = 2.4 \times 10^{-4} \frac{T^{6/2}}{p} \exp\left(-\frac{W_i}{kT}\right) \quad (2)$$

또한, T는 기체의 온도[K], p는 기체의 압력 [Torr], W_i 는 기체 입자의 전리전압[eV], k는 볼츠만의 상수이다. 이 식을 이용하여 전리도 θ 를 구하면 연소화염에 대한 전리도는 $\theta = 1.24 \times 10^{-16}$ 이하로 계산된다. 따라서 화염의 전하밀도는 매우 낮아 열전리의 영향은 크지 않은 것으로 판단된다.

5. 결 론

연소화염이 존재하는 수직배열 모델 전력선에서 직류 및 교류 고전압을 인가하였을 때, 절연파괴 특성에 미치는 화염의 영향을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 교류전압을 인가한 경우, 화염이 없고 도체가 청결한 이상적인 상태의 절연파괴전압을 기준으로 하였을 때, 연소화염이 존재하면 화염의 높이(h)에 따라 절연파괴전압은 크게 저하되는 것으로 나타났다. 실험결과, 도체와 화염의 높이(h)가 낮을수록 절연파괴전압은 감소하였으며, h=9[cm]일 때 평균 46.2[%], h=3[cm]일 때 평균 62.5[%] 저하된 것으로

수직배열 모델 전력선의 절연파괴 특성에 미치는 외염의 영향

나타났다.

(2) 교류전압을 인가한 경우, 섬락전압은 모델선로의 형태에 따라 차이가 있으며, B형 모델선로의 섬락전압은 A형 선로에 비해 높은 것으로 나타났다. 실험결과, 화염높이 $h=9[\text{cm}]$ 일 때, B형선로의 섬락전압은 A형선로에 비해 15.5[%] 높았으며, 또한 $h=3[\text{cm}]$ 에서도 17.8[%] 높은 것으로 나타났다.

(3) 직류전압을 인가한 경우, 선로의 형태에 따라 섬락전압에는 극성의 영향이 나타났다. 실험결과, B형 모델선로인 경우 정극성에 대한 섬락전압은 부극성보다 평균 15.9[%] 높게 나타났으며, A형 모델선로인 경우에는 부극성 섬락전압이 정극성보다 평균 11.2[%] 높게 나타났다.

본 연구의 결과는 산불발생 다발지역을 통과하는 전력선에서는 산불화재의 영향을 고려할 필요가 있다. 이 지역의 전선로는 식물과의 이격거리, 전선로의 상호이격거리, 전선로의 지상고 높이, 이도의 결정, 애자의 형상 등 기존의 전기설비관련규정에 대해 재검토가 필요하며, 이에 대한 전선로의 설계 시에 기초 자료로서 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

References

- (1) 산림청 산불정보시스템자료, "산림청 산불정보시스템 홈페이지", <http://sanfire.forest.go.kr>.
- (2) H. J. West, D. W. McMullan, "Fire Induced Flashovers of EHV Transmission Lines," IEEE-PES Winter Meeting, New York, Paper A73047-2, February 1978.
- (3) 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.
- (4) H. Kiwaki, S. Komeji, "Electrical Properties of Combustion Flames," Journal of Applied Physics Japan, Vol.41, No. 10, pp.1077-1084, 1972.
- (5) 김광렬, 노수영, 김영주, "최신 연소공학" 도서출판 동화기술, pp. 63-76, 1999.
- (6) 김인식, 김이국, 이광식, 외, "연소화염에 의한 수평배치 공기궤의 섬락전압 특성," 조명·전기설비학회논문지 제16권, 제1호, pp.27-34, 2002.
- (7) E. Kuffel, W. S. Zaengl, "High Voltage Engineering Fundamentals," Pergamon Press, pp. 311-335, 1984.

◇ 저자소개 ◇

박광서 (朴光緒)

1970년 3월 23일생. 1997년 영남대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 졸업(석사). 2003년 8월. 동 대학원 졸업(박사). 현재 경일대학교 컴퓨터제어전기공학부 전임강사.

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 컴퓨터제어전기공학부 교수.