

# 불평등 전계중에 금속구 및 금속침의 부유 물체가 존재하는 경우의 Flashover특성

석복렬<sup>1)</sup>, 허근도, 김규섭, 조정수, 박정후  
부산대학교 공과대학 전기공학과

## A Study on the Characteristics of DC Flashover with Floating Metallic Objects in Unipolar Ion Field

B.Y. SEOK, G.D. HUH, K.S. KIM, J.S. CHO, C.H. PARK  
Department of Electrical Engineering, Pusan National University

### ABSTRACT

This paper describes the effect of floating metallic object on dc flashover characteristics in air gap producing unipolar ion flow field. Needle-to-plane electrodes of 120mm in gap length were used as the main gap electrode and the tested metallic objects were spheres with the radius of 2, 10 and 15mm or needles from 5 to 40mm long. The characteristics of flashover voltage vs. location of the floating object are different completely with the shape of the floating metal and polarity of the applied voltage.

### 1. 서 론

우리 나라는 2002년 754kV 송압을 목표로 관련 분야에 관한 활발한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 고전압 송전선 하에 자동차등 금속 물체가 존재하는 경우, 그 금속 부유 물체가 대전되어 대지와의 사이에 방전을 일으키는 경우를 생각할 수 있다. 따라서, 송전선의 외부 절연을 생각한 경우, 이온류장중에 부유 금속이 존재하는 경우를 침대 평판 겹중에 구나 침 모양의 부유물체가 존재하는 경우의 flashover특성을 분석했다.

### 2. 실험 장치 및 방법

<2.1> 실험 조건의 설정: 부유 금속 물체가 존재하는 경우의 기중 갭의 flashover특성을 검토하는, 여러 가지 실험 조건의 설정이 필요하다.

본 연구에서는, 단 극성 이온류장중에 부유 금속 물체를 둔 경우의 flashover과정과 특성을 검토하였다. 이 경우, 단 극성 이온류장을 형성시키는 전극의 형상으로는 여러 종류가 있으나 이제까지 가장 많이 연구되고, 잘 알려진 침대 평판 전극 계를 채용했다.

이러한 이온류장중에 금속 부유 물체를 두면, 물체는 대전한다. 그 대전 현상은, 잘 알려져 있는 것처럼 전기력선을 따라 운동하는 하전 입자에 의해 대전되는 전계대전 이 지배적으로 된다. 본 연구에서는 침과 구를 부유 물체로 사용하여 실험을 행하였다.

<2.2> 실험 장치와 방법: 부유 금속의 위치를 고정하기 위하여 테프론 봉을 지지대로 사용하였다. 즉, 주전극계의 축은 지상1350mm 위치에 설정되고, 침전극은, 텅스텐으로 제작하고,

직경1mm, 선단곡률반경은 0.5mm이다. 또, 침전극의 길이  $l_0$ 은 90mm이다. 평판 전극은, 중 780mm, 횡900mm, 두께1.2mm의 황동재로, 평판의 주변으로부터의 코로나 방전을 억제하기 위해, 평판의 모서리는 알루미늄관(직경50mm)에 의해 덮여 있다. 이제, 갭의 길이는  $g$ 로 나타내었다.

<2.1>에서 설명한 것처럼, 부유 금속으로는 구와 침을 사용하고, 부유 금속의 크기가 flashover특성 미치는 영향을 조사할 목적으로, 부유 금속의 반경  $r$ 을, 2, 10, 15mm로 변화시키고, 부유 침의 길이  $l_s$ 는 5~40mm사이로 변화시켰다. 또, 부유 금속은 전극 계의 축상에 두고, 그 위치는 침전극과의 유효갭의 ( $g-2r$  또는  $g-l_s$ ) 로 규격화한  $\%d=100d/(g-2r)$  또는  $\%d=100d/(g-l_s)$ 로 나타내었다. 실험전압은 직류로, 전압 상승 속도는 약 1kV/sec이다. 인가전압의 극성은, 침전극축의 전압으로 나타내고, 각각 정, 부의 극성에관한 파괴특성을 조사했다. 여러 경우의 측정치는, 각각 최저 5회의 전압을 인가하고, 그 평균치로 했다. 코로나 개시전압  $V_c$ 는, 갭에 대해서 직렬로 접속시킨 저항 ( $R_m=1M\Omega$ )와 Image intensifier를 사용하여 측정했다. 또, 이 연구에서는 모든 실험을 기온 20~25°C, 상대습도 75%이하의 기상조건에서 행하였다.

### 3. 실험결과

그림1)로부터 알수있는 것처럼, 본 연구의 실험계에서는 주갭이 부유 금속에 의해 분할된 직렬갭계를 구성하고 있다.

이하에는, 주전극에 있는 침전극과 평판이 단락된 경우를 flashover이라 부르고, 어느 한쪽의 서브갭이 단락된 경우를 부분flashover라 부르고 각각의 발생 개시전압을 flashover전압  $V_F$ , 부분 flashover전압  $V_{FP}$ 라 나타낸다. 또, 부유 금속물체 및 절연 지지봉이 없는 경우의 flashover를  $V_{FO}$ 라 한다.

#### 3.1) 부유구가 있는 경우

<A> 正極性: 침대 평판 전극간에 부유구의 위치 $\%d$ 를 상승시켜 가면,  $V_F$ 는  $\%d$ 의 증가와 함께 상승하지만, 한번 최대점을 취한 이후로  $\%d=20\sim80$ 에서는 거의 일정하게 되고, 구가 평판에 가까운 경우에는  $\%d$ 의 증가와 함께  $V_F$ 는 감소한다. 구의 반경  $r$ 을 변화 시켜 보았을 경우는 그림2)에서 볼수 있는 것처럼  $r$ 이 크게 될수록 유효갭의 길이( $g-2r$ )이 줄어드는 것과는 관계없이, 최대  $V_{max}$ 는 높아진다.

또, %d에 표시한 (1)의 영역은, r의 증가와 함께 넓어지고,  $V_{max}$ 에 해당하는 %d의 값도 크게 된다. 한편, (3)의 영역은, r의 증가와 함께 넓어지고, 최소 flashover전압  $V_{min}$ 도 r의 증가와 함께 감소하고 있다. 나머지 (2)의 영역도 r의 증가와 함께 상승하고 있다.

<B> 負極性: 정극성의 경우와 같이  $V_F$ -%d특성을 나타내면 그림3)과 같이 된다. 즉, %d=0보다 증가시킨 경우,  $V_F$ 는 서서히 감소하고, 한번 극소치를 접한 후 증가한다. 이 극소치를 나타내는 지점까지의 %d를 (1)로 한다. 또, 부유구가 평판에 가까운 경우는, 부유구와 평판간에 PF가 발생하고, CD 사이가 단락된 후 flashover가 발생한다. 이 영역을 (3)으로 하고, (1)과 (3)이외의 영역을 (2)로 한다. (2)의 영역에서는,  $V_F$ 는 최초의 %d의 증가와 함께 서서히 증가하고, %d는 40에서 최대의  $V_{max}$ 를 나타내고, 이것을 지나면  $V_F$ 는 %d와 함께 감소한다. 또, (2)와 (3)의 경계 근방에서  $V_F$ 는 극소치를 나타내고, %d=100에서 최소의 flashover전압  $V_{min}$ 이 나타난다.

다음, 구의 반경r이  $V_F$ -%d특성에 미치는 영향을 보면  $V_F$ 는 r이 증가함에 따라 전반적으로 감소하게 되고, (1)과 (3)의 영역은 범위가 넓어진다.

### 3.2) 부유침이 있는 경우

<A> 正極性: 침대 평판 전극간에 부유침의 위치 %d를 변화시킨 경우의 flashover특성과 코로나 개시전압을 그림4)에 나타낸다. 그림4)에 의하면  $l_b=20mm$ 의 경우, 코로나 개시전압은 %d에 무관하게 거의 일정하다. 또, Flashover전압  $V_F$ 는 %d=0에서 최대로 되고, 그 이외의 %d에 대해서는  $V_F$ 는 거의 일정하다. 부유침의 길이  $l_b$ 를 변화시킨 경우의  $V_F$ -%d도 그림4)에 나타나 있는 것처럼  $l_b$ 를 증가시키면  $V_F$ 는 저하한다.

<B> 負極性: 그림5)에 부유침의 위치 %d에 따라 변화시킨 경우의 flashover특성과 코로나 개시전압을 나타냈다. 그림5)에 의하면  $l_b=20mm$ 의 경우, 코로나 개시전압은 정극성의 경우와 같이 %d의 위치에 관계없이 거의 일정하다. 그러나, flashover특성은 정극성의 경우와는 다르게 %d의 영향을 크게 받는다. Flashover전압  $V_F$ 는 %d=0일때 최대로 되고, %d를 증가시키면 %d=% $d_{1crit}$ 까지  $V_F$ 는 직선적으로 감소한다(영역1). 거기다, %d를 증가시키면 %d=% $d_{2crit}$ 까지  $V_F$ 값이 불안하고(영역2), %d=% $d_{2crit}$  이상에서는 또, 직선적으로 감소한다(영역3). %d=% $d_{3crit}$ 에서  $V_F$ 의 최저치가 나타나고, %d=% $d_{3crit}$ 보다 %d가 증가하면  $V_F$ 는 급격히 증가한다(영역4). 또, 부유침의 길이  $l_b$ 를 변화시켜  $V_F$ 의 변화를 조사해 본 결과  $l_b$ 가 증가함에 따라  $V_F$ 는 감소함을 알았다.

## 4. 결론

1. 침대 평판갭 사이에 부유 금속구 및 부유 금속침을 둔 경우, 최초의 코로나 방전은 침전극으로부터 개시된다.
2. 부유물체의 위치에 의해서는, 물체와 전극간이 극부적으로 단락되는 부분 flashover현상을 볼수있고 특히 구상 물체가 평판 전극부근에 존재하는 경우가 현저하다.
3. Flashover전압에 부유물체가 영향을 미치는 원인은 대별하면, (1) 물체의 대전에 의해 일어나는 침전극으로부터의 방전, 진전의 억제, (2) 정,부의

코로나의 간섭에 의한 코로나 안정화 작용의 저감에 따르는 임펄스 코로나적 진전특성의 출현, (3) 물체의 대전에 의한, 물체와 평판 전극간의 전계강도에 따르는 부분 flashover(PF)의 발생, (4) 물체에 의한 방전로 단축의 효과,로 된다.

### <참고 문헌>

- 1) EPRI, TRANSMISSION LINE REFERENCE BOOK HVDC  $\pm 600kV$ (1978)
- 2) V.Mazur: "Physical model of lightning initiation on aircraft in thunderstorms", J. of Geophysical Research, vol.94, No.3, p.3326(1989)
- 3) B.Hutzler and P.Sireau: "Some Properties of air gaps containing additional floating electrodes", Proc. of 4th ISH, Athena, No.44.06(1983)
- 4) Z.Jianchao and W.Qifa: "Experimental studies on the dielectric strength of air gaps with conductive barriers" Proc. of ISH, Braunschweig, No.11.12(1987)
- 5) M.Kubuki, R.Yoshimoto, K.Tanoue and M.Hara: "Breakdown Characteristics in Air Gaps with Artificial Floating Metals under DC Voltage", IEEE Trans. on DEI, Vol.2, p.155(1995)
- 6) M. Akazaki and M. Hara, "The Mechanism and Characteristics of dc Corona from Floating Particles", in Japanese, J.IEE of Japan, Vol.90, no. 8, pp.1611-1620, 1970.
- 7) M.Hara and M.Akazaki, "Influence of Floating Particles on Switching Surge Flashover Characteristics of Long Air Gaps", in Japanese, J.IEE of Japan, Vol.91, no. 3, pp.557-566, 1971.
- 8) M. Hara, T. Yamashita and M. Akazaki, "Microdischarge Characteristics in Air Gap between Spherical Particle and Plane", IEE Proc, Vol. 130, Pt. A, pp. 329-335, 1983.
- 9) T. Suzuki, K. Miyake and T. Hara, "Breakdown Process in Rod-to-plane Gaps with dc Voltages", IEEE Trans. on IA, Vol. 21no. 1, 26-34, 1985.

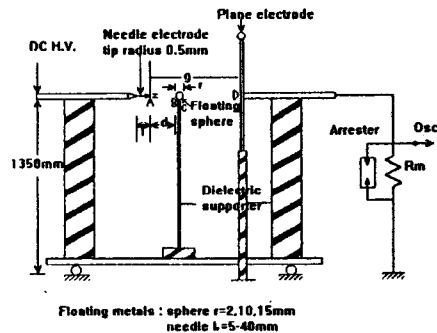


그림 1). 실험장치

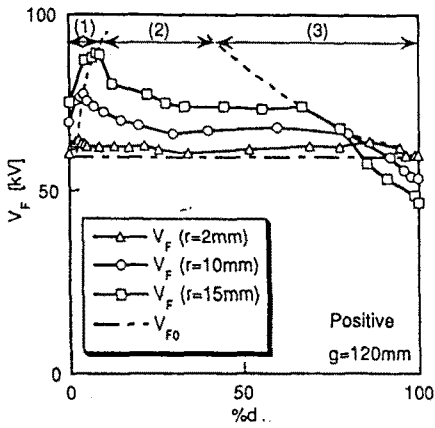


그림2) 부유구의 반경을 변화시켰을 경우의  $V_F$ - $\%d$  특성(正極性)

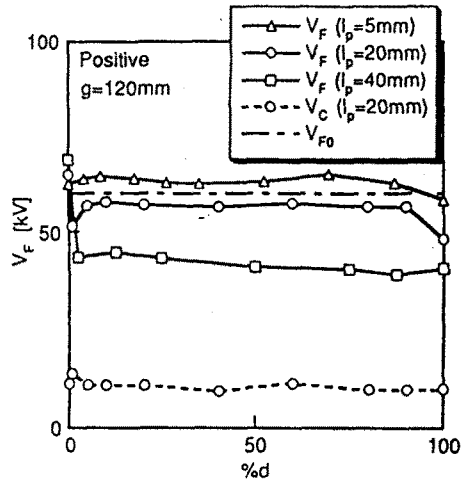


그림4) 부유침의 길이를 변화시켰을 경우의  $V_F$ - $\%d$  특성(正極性)

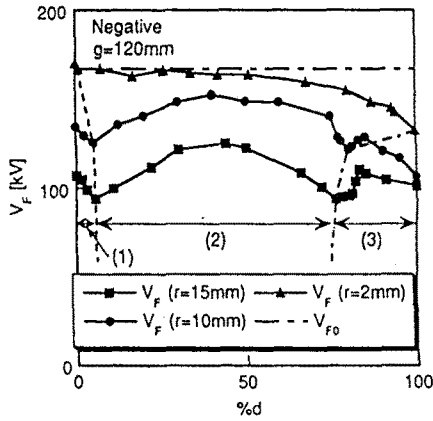


그림3) 부유구의 반경을 변화시켰을 경우의  $V_F$ - $\%d$  특성(負極性)

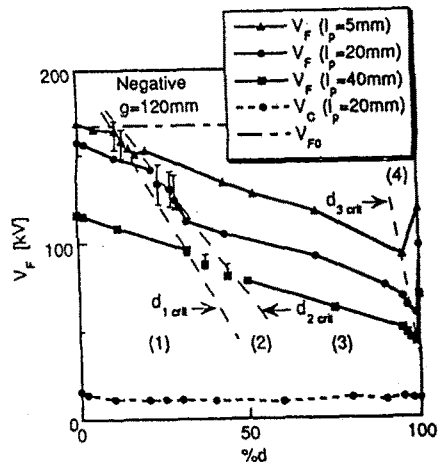


그림5) 부유침의 길이를 변화시켰을 경우의  $V_F$ - $\%d$  특성(負極性)