

22.9 kV 노출충전부의 습도변화에 따른 섬락전압 변동 특성

한기봉, 이대종, 한운기
전기안전시험연구원

The Characteristics of Flash-over Voltage by Humidity Variation for 22.9 kV Live Part

Ki-Boong Han, Dae-Jong Lee, Woon-ki Han
Electrical Safety Laboratory Research Institute

Abstract - As the statistical data, the most of electrical shock accidents have been caused by human errors including those of mistake, carelessness, and so on during normal condition. But, there are currently no international standards for the determination of withstand distance to ensure safety of personnel form 22.9 kV electrical power facilities during their normal operation. Therefore, this paper describes the characteristics of flash-over voltage by moisture variation to establish the distance clearances in terms of electrical safety.

1. 서 론

현재 소규모 공장, 빌딩 등 대부분의 수용가에서 사용하고 있는 22.9kV 수·변전설비에서 발생한 감전사고의 최근 3년간('97~'99년) 통계를 살펴보면, 매년 100여명의 감전재해자가 발생하였고, 이는 전체 감전사고의 11.3%를 차지하고 있어 타 설비에 비해 감전사고 점유율이 높음을 알 수 있다. 이러한 수·변전설비에서 발생하는 감전사고는 특고압에 의한 감전사고로 충전부에 직접 접촉하지 않고 가까이 접근한 하역도 감전사고로 이어질 수 있어 그만큼 감전 위험성이 크다고 할 수 있으며, 일단 사고가 발생하면 그 피해정도가 크게 나타나기 때문에 다행히 생명을 건졌다 하더라도 평생동안 고통이 뒤따르게 된다. 22.9kV 수·변전설비에서 발생한 감전사고의 형태를 보면, 전기공사·보수 및 점검중에 발생하는 사고가 70%이상 차지하고 있으며, 그 외에 건물청소 및 도색 작업중에 발생하는 경우도 있고, 어린이들이 장난 놀이 중 수전실 안으로 무단 출입하여 감전되는 경우도 상당수 나타나고 있다. 이와 같이 대부분의 감전사고는 정상적인 전원공급상태일 때 작업자의 부주의 또는 실수 등의 휴면애러에 기인한 사고이므로, 보다 실증적이고 실용적인 측면에서의 감전사고 예방대책이 필요한 실정이다. 이를 위해 우선적으로 정상적인 전원공급상태일 경우 섬락전압특성을 다각적으로 분석할 필요성이 제기되는데, 지금까지의 연구는 설비보호측면에서 뇌임펄스를 이용한 공기중의 절연특성에 집중되어 있을 뿐 실질적인 인체를 고려한 감전재해 측면에서의 연구결과는 매우 미약한 상태이다.

따라서, 본 논문에서는 감전사고 측면에서 22.9kV 노출충전부에 인체가 접근할 경우 습도변화에 따른 거리별 섬락전압 변동 특성을 세부적으로 분석하고자 한다. 이를 위해 우선적으로 섬락전압에 영향을 가장 크게 미치는 습도변화에 따른 섬락특성을 분석하고자 하며, 이 실험을 통하여 얻어진 습도 영향특성은 감전사고 최소화를 위한 최소 접근섬락거리를 제시하는데 유용하게 사용하고자 한다.

2. 실험 방법

22.9kV 노출충전부에 인체가 접근시 습도변화에 따른 거리별

섬락특성실험을 하기 위해 그림 1에서 보는 바와 같이 섬락실험장치를 구성하였다. 전극간에 공급되는 인가전압은 I[kV/sec]로 섬락이 일어날 때까지 상승시켰으며, 이 때 인가 최대전압은 40kV로 한정하였다. 또한 습도조절을 위해서 가습기와 온풍기를 이용하였고, 온·습도계를 이용하여 매 실험마다 온도 및 습도를 측정하였다. 습도의 변동범위는 40%에서 90%까지 10%씩 단계적으로 변화시키면서 섬락이 발생하였을 때의 전압을 매 실험마다 15회씩 측정하였다. 이 실험을 위해 사용된 전극은 그림 2에 나타낸 바와 같이 대표적인 평등전계 특성을 보이는 구전극, 준평등전계 특성을 나타내는 원판전극 그리고, 불평등전계 특성을 보이는 침전극을 대상으로 습도변화에 따른 거리별 섬락전압 특성을 분석하였다.

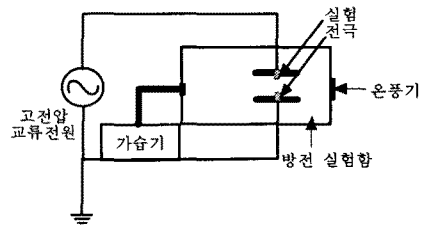


그림 1. 섬락실험 장치

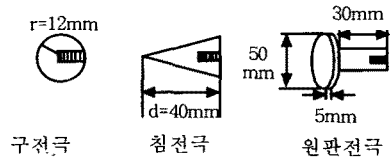


그림 2. 전극의 구성 형태

3. 실험 결과

3.1 구 대 구 전극

그림 3과 4는 평형 균등전계 특성을 갖는 전극형태중 대표적인 형태인 구-구 전극으로 전극간 거리가 10mm인 경우에 습도별 섬락전압을 측정한 결과이다. 결과에서 알 수 있는 바와 같이 습도가 증가함에 따라서 섬락전압이 증가함을 알 수 있었으며, 또한 건조한 경우(40%)에서는 습한 경우(90%)보다 공기절연 파괴가 더 쉽게 발생하였고, 그 차이는 대략 4.5kV 정도임을 알 수 있었다.

그림 5와 6에서는 전극간 거리를 20mm로 하였을 때의 결과를 보여주고 있다. 그림 5와 6의 결과에서 나타낸 바와 같이 극간거리가 20mm인 경우도 습도가 높아짐에 따라서 섬락전압이 증가함을 알 수 있으며, 건조한 경우(40%)와 습한 경우(80%)의 섬락전압은 약 2kV 정도의 차이가 발생하였다.

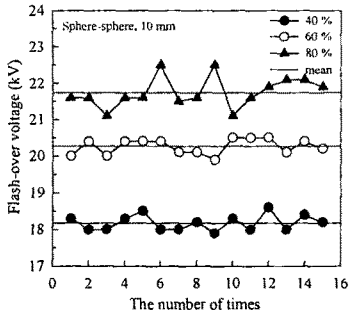


그림 3. 습도별 섬락전압 (구대구:10mm)

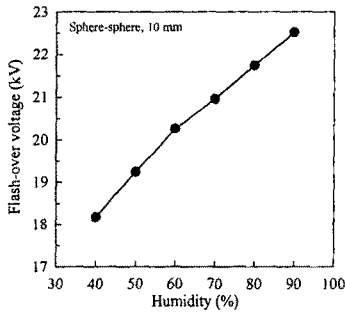


그림 4. 습도별 섬락전압의 평균값(구대구:10mm)

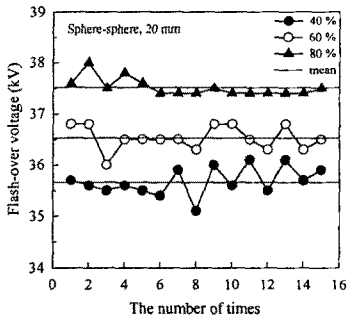


그림 5. 습도별 섬락전압(구대구:20mm)

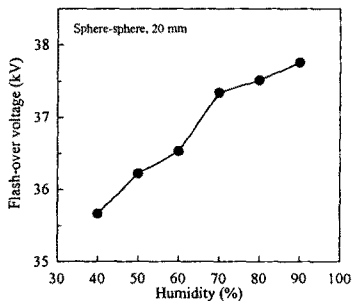


그림 6. 습도별 섬락전압의 평균값(구대구:20mm)

일반적으로 구-구 전극에서는 극간거리(d)가 구의 지름(Φ)의 1.3배 보다 작은 경우에는 평등전계 특성을 갖

는 구간으로 습도의 영향을 무시할 수 있으며, 거리가 멀어질수록 습도의 영향이 큰 것으로 알려져 있다. 그러나, 실험결과 그림 4(극간거리:10mm) 및 그림 6(극간거리:20mm)의 결과에서 알 수 있는 바와 같이 극간거리가 짧은 경우에도 섬락전압은 어느 정도 습도의 영향을 받는 것으로 나타났다. 다만, 본 연구에서 인가한 교류전원의 한계전압은 40kV로 극간거리에 따른 습도별 섬락전압 특성을 분석하는 것은 다소 부족함이 있으나 22.9kV의 전압을 사용하는 수변전설비를 대상으로 한 습도별 섬락특성 분석 측면에서는 유용한 실험결과라 생각된다.

본 실험 조건상 습도의 가변을 위하여 가습기와 온풍기를 이용한 결과 습도변화 뿐만 아니라 동시에 온도변화도 발생하기 때문에 앞의 결과들은 동일한 온도조건하에서 측정된 데이터는 아니다. 따라서, 온도변화에 따른 섬락전압 특성을 분석할 필요가 있는데, 이를 위해 습도를 45%로 고정하고 온도가 38°C에서 33°C까지 변동하는 동안 섬락전압 값을 측정하여 그림 7에 나타났다. 그림 7에서 알 수 있는 바와 같이 극간거리가 짧고 전압이 상대적으로 낮은 범위(40kV 이하)내에서는 섬락전압은 온도 변화에 의해 크게 변동되지 않음을 알 수 있다.

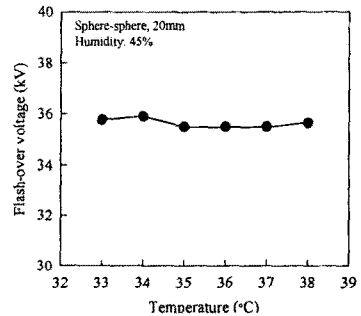


그림 7. 온도별 섬락전압의 평균값(습도 45%)

3.2 원대원전극

그림 8 및 9는 준평형 전계특성을 갖는 전극형태중 대표적인 형태인 원-원전극으로 전극간 거리가 10mm인 경우에 습도별 섬락전압을 측정한 결과이다. 그림 8 및 9의 결과에서 알 수 있듯이 원-원전극에서도 동일하게 습도가 높아짐에 따라서 섬락전압이 상승함을 알 수 있었다. 그림 10 및 11에서는 전극간 거리가 20mm인 경우 원-원전극 습도별 섬락전압을 측정한 결과이다. 이 결과로부터 극간거리가 20mm인 경우에도 습도의 영향을 받았으며, 건조한 경우(40%)와 습한 경우(90%) 사이에는 대략 1.5kV 정도의 차이로 이 정도의 거리에서는 습도의 영향에 큰 차이가 발생하지 않았다.

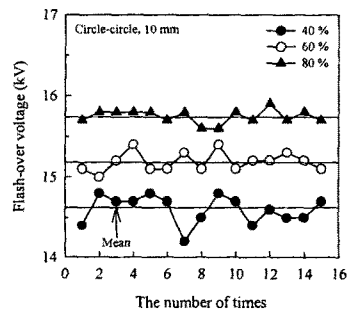


그림 8. 습도별 섬락전압 (원대원:10mm)

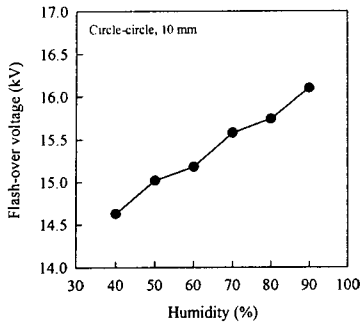


그림 9. 습도별 섬락전압의 평균값(원대원:10mm)

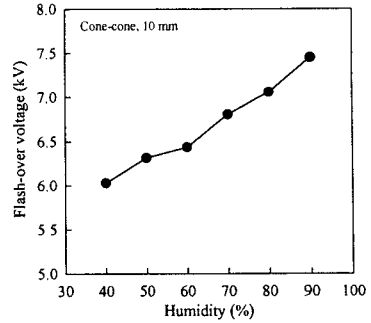


그림 13. 습도별 섬락전압의 평균값(침대침:10mm)

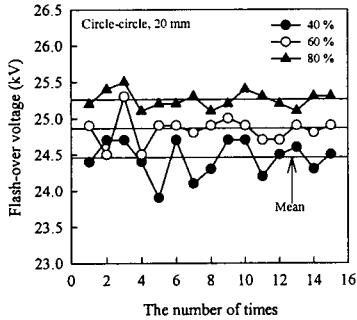


그림 10. 습도별 섬락전압(원대원:20mm)

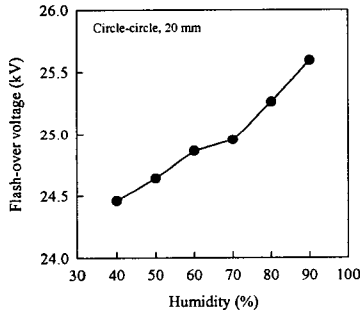


그림 11. 습도별 섬락전압의 평균값(원대원:20mm)

3.3 침 대 침 전극

본 실험에서는 불평등전계 특성을 갖는 대표적인 전극 형태인 침-침 전극구조에서 극간거리가 10mm일 때 습도가 공기절연 파괴전압에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 실험결과 그림 12 및 13의 결과에서 알 수 있는 바와 같이 침-침 전극구조에서도 동일하게 습도가 높을수록 섬락전압은 상승한다는 것을 알 수가 있었다.

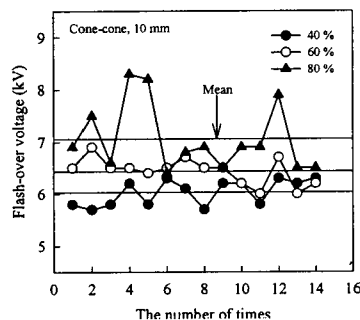


그림 12. 습도별 섬락전압(침대침:10mm)

침-침전극구조에서의 습도별 섬락전압을 나타낸 그림 12에서 알 수 있는 바와 같이 평등전계 특성을 갖는 구-구전극 및 원-원전극의 경우와 비교해볼 때 침-침전극인 경우 매 시험마다 파괴전압의 불안정성을 보이지만 이것은 불평등전계가 갖는 하나의 특징으로 볼 수 있다.

4. 결 론

인체와 고전압 사이에 존재하는 습도변화에 따른 전극간(극간거리:10, 20mm) 섬락전압 변동특성을 분석하기 위하여 평형 균등전계 특성을 갖는 구-구 전극, 준 평등전계 특성을 갖는 원-원 전극 그리고 불평등 전계 특성을 갖는 침-침전극을 대상으로 습도변화에 따른 섬락전압을 측정하고 습도변화가 섬락전압에 미치는 영향은 습도가 증가함에 따라서 섬락전압도 증가하고 그리고 습도가 낮은 경우에 공기의 절연 파괴가 쉽게 일어남을 알 수 있었다. 이와 같은 이유는 습도가 증가할수록 전극 사이에 존재하는 중성수분 입자는 증가하게 되고, 증가된 중성수분입자로 인하여 코로나를 발생시키는 전자의 이동도가 저하되어 섬락발생이 지연되기 때문이다.

그리고 온도변화가 섬락전압에 미치는 영향을 알아본 결과, 극간거리가 짧고(20mm) 전압이 상대적으로 낮은 범위(40kV 이하)내에서 섬락전압은 온도 변화에 의해 크게 변동되지 않음을 알 수 있었다. 그러나, 온도 차이가 급격한 경우에 대해서는 이에 대한 영향을 무시할 수가 없을 것으로 생각된다.

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금에 의해 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 대한전기협회, 전기관계법령집, 1997
- [2] 김두현 의 5, 전기안전공학, 도서출판 동화기술, 1998, pp.175~200
- [3] 한국전기안전공사, 전기재해통계분석, 1997, 1998, 1999
- [4] 고전압공학, 성안당
- [5] Dawalibi, F. P., Southey, R. D., Baishiki, R. S., "Validity of conventional approaches for calculating body currents resulting from electric shocks", IEEE Trans., Power Delivery, pp. 613-626, 1990.
- [6] Farzaneh, M., Drapeau, J. F., "AC flashover performance of insulators covered with artificial ice", IEEE Trans., Power Delivery, pp. 1038-1051, 1995.
- [7] Hui Zhang, Hackam, R., "Influence of fog parameters on the aging of HTV silicone rubber", IEEE Trans., Dielectrics and Electrical Insulation, pp. 835-844, 1999.
- [8] Gela, G., Hotte, P. W., Chatest, M., "IEC Method of calculation of minimum approach distance for live working", ESMO, pp. 154-159, 1998.