

# 자외선 영상 이미지 비교를 통한 22.9kV 특고압 설비의 상태진단 연구

(The Study of Cable Fault Case and the Fault Management System of Electrical Facilities for private use)

김영석\* · 송길목

(Young-Seok Kim · Kil-Mok Shong)

한국전기안전공사 전기안전연구원

(Electrical Safety Research Institute, Korea Electrical Safety Corporation)

## Abstract

This paper was studied about the ultra-violet rays(UV) image area and discharge quantity of 22.9kV class polymer insulator using UV camera. The UV image area was begun to observe to 60kV that is about 40% of breakdown voltage of polymer insulator and the area was increased by applied voltage. Also, the discharge quantity was increased at 60kV sharply. If the intensity of breakdown passes over about 40%, we can know that need the check on the electrical facility.

### 1. 서론

세계적 경제 어려움 속에 전력시장도 대규모 설비투자가 억제되고 기존설비의 장기간 수명이나 설비이용률의 고효율화가 필요한 시점이다[1]. 이러한 관점에서 전력설비의 관리·운용을 고려한 평가관리도 필요하다. 전력설비의 관리방법은 종래의 시간기준형 관리(TBM)으로부터 상태를 기본으로하는 관리(CBM)로 바뀌는 것이 예측된다. 이를 위해서는 전기설비의 상태를 상시감시하는 시스템의 확립이 요구된다.

또한, 최근 전기설비는 고분자 재료의 사용이 확대되어, 노출충전부에는 폴리머 애자, 케이블 종단접속부, 고분자 부싱 등이 경량화, 비용절감 등의 이유로 많이 사용되고 있다. 하지만, 고분자 재료는 외피에 유기재료를 사용하기 때문에 장기간 노출이 되면 표면의 경년열화가 발생하여 수명이 단축되는 단점이 있으며, 재료표면 열화의 영향을 조사하기 위해서는 노출 충전부의 방전 형태를 상세히 검토하여 장기간 수명의 신뢰성을 확보할 필요가 있다.

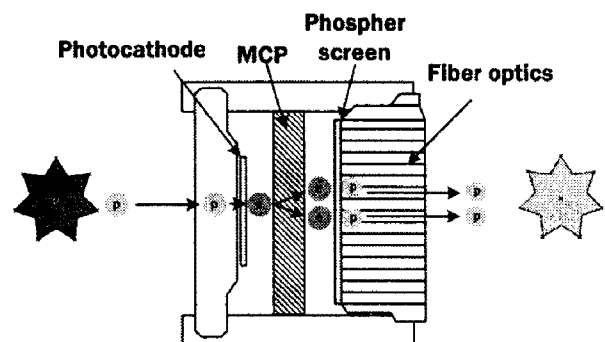
일반적으로 전기설비의 노출충전부는 적외선 열화장비등을 통해 진단하지만, 적외선은 외부의 빛에 의해 실제발생한 온도와 구별하기 어려운 단점이 있다. 최근 개발되어 전력설비에 응용되고 있는 것은 자외선을 이용한 카메라로 이는 자외선의 파장범위를 가시광선 영역과 구별하여 측정할 수 있기 때문에 전력설비의 진단에 크게 활용될 수 있다[2][3]. 하지만 자외선 카메라 또한 정확한 판단 기준이 마련되어 있지 않기 때문에 정확한 전력설비의 진단을 위해서는 자외선 영상을 통한 면적, 크기 등의 기준 마련이 시급하다.

따라서 본 연구에서는 22.9kV 특고압 전기설비 중 고분자 재료를 이용한 노출충전부의 상태를 자외선 카메라를 통해 이미지를 측정하고 상태판단을 할 수 있는 기준 자료를 연구하였다.

### 2. 코로나 방전시 자외선 영상 이미지의 취득

코로나 방전시 발생되는 자외선은 최근 전력설비에 활용되고 있는 자외선 카메라(DayCor II, Ofil Ltd, UV 240~280nm, Israel)를 활용하여 검출한다. 자외선 카메라의 핵심기술은 전기설비에서 발생하는 방전 즉 빛을 받아들여 가시광선의 이미지로 보여지게 하는 것이다.

그림 1은 자외선 카메라의 핵심기술인 MCP(Micro Channel Plate) 및 원리를 나타낸 것이다. 방전에 의해 발생된 빛은 Photocathode를 통해 전자(e)로 변환되고 전자들은 MCP를 통과하게 된다. 이때 들어온 전자는 MCP 채널내를 통과할 때 고전압 인가에 의해 전자들이 증폭되며, gain의 조정 즉 전압의 조정에 의해 전자들은 천배까지 증폭된다. 증폭된 전자들은 빛으로 전



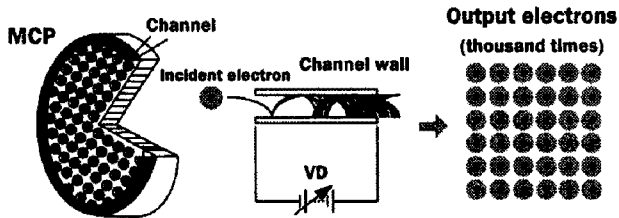


그림 1. MCP 및 자외선 이미지 원리

환되어 최종적으로 우리가 눈으로 볼 수 있는 이미지로 나타나게 된다.

### 3. 코로나 방전 실험

실험은 객관성을 확보하기 위해 IEEE std. 436(IEEE Guide for Making Corona(Discharge) Measurements on Electronics Transformers)에 근거한 실험구성이 이루어졌으며, IEC, ASTM STP 669(Engineering Dielectrics, Volume I, Corona Measurement and Interpretation)에서 권장하는 시험법을 선택하였다. 실험조건은 KS C IEC 60060-1(2006)에 의해 정의된 고전압 발생장치를 이용하여 전기설비를 평가하는 방법을 활용하였다. NASA No. PT-TE-1415의 내용에서도 언급되어 있듯이 전력설비의 코로나 방전에 의해 발생하는 다양한 신호를 검출할 수 있도록 구성하였다. 그림 2는 고전압발생장치와 대상물의 자외선 이미지 측정장치의 개략도를 나타낸 것이다.

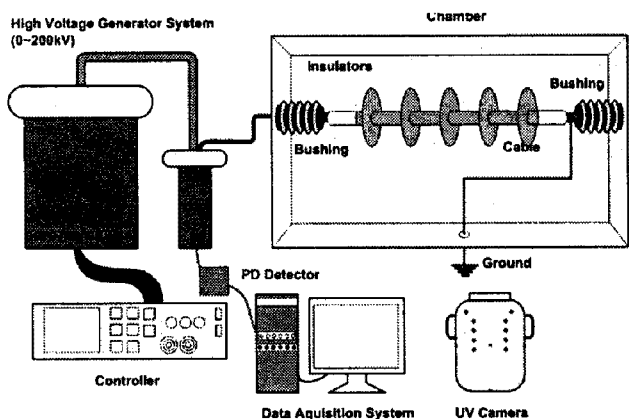


그림 2. 절연에자의 코로나 발생 실험개략도

이때, 실험실 온도는 5°C, 습도는 65%를 유지하였다. 측정거리는 5m로 고정하였으며, 측정치는 10회 이상 측정된 자료를 평균으로 하였다. 코로나 발생 대상물은 현재 국내에서는 22.9kV 배전선로에 가장 많이 이용되고 있는 폴리머애자(Silicone A type)이다. 공급전압은 고전압발생장치(Hipotronics, 0~200kV 60Hz, USA)를 이용하여 기중 절연파괴가 될 때 까지 전압을 상승시키며 그 때 발생하는 자외선을 검출하였다. 또한 전압 상승에 따른 부분방전을 부분방전측정기(mtronix, Omicron, Austria)를 이용하여 측정하여 자외선 이미지

와 비교하였다. 자외선 발생량은 이미지의 크기와 거리에 있어서 각각 선형적이므로 이를 근거로 하여 절연성능을 평가하였다.

### 4. 자외선 이미지 및 방전량의 관계

그림 3은 폴리머애자의 인가전압에 의한 자외선 이미지 크기를 비교한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 폴리머 애자의 자외선 이미지는 전압이 상승할수록 이미지가 커지는 것을 알 수 있다. 폴리머애자의 경우 전압 30kV에서는 자외선 이미지가 관측되지 않았으며, 그림 (b)의 60kV부터 자외선 이미지가 관측되어 점점 커졌으며, 90kV 및 110kV에서 자외선 이미지는 해파리(Jellyfish) 형태로 성장하였다. 실험에 사용된 폴리머 애자의 절연파괴 전압은 약 150kV 정도였다.

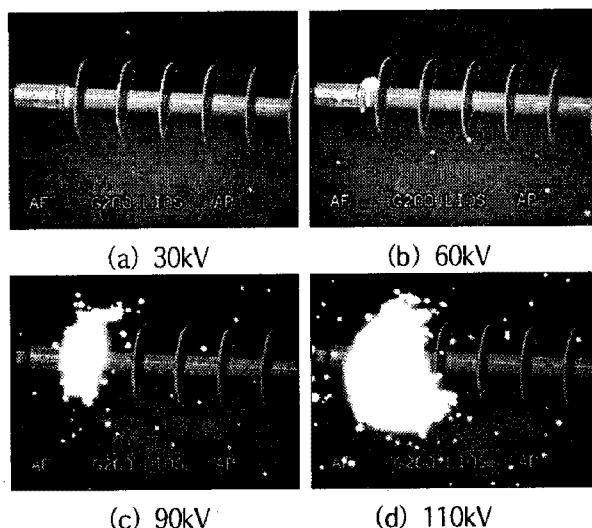
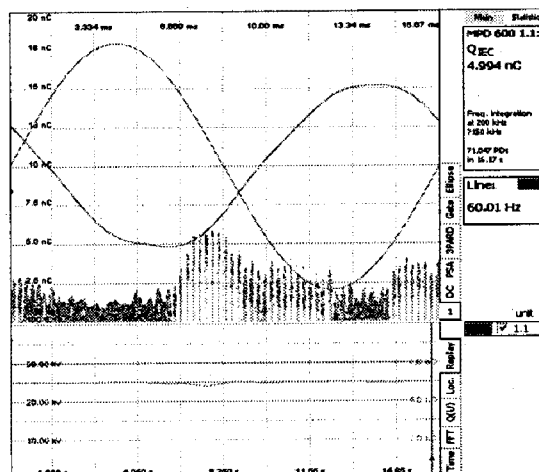
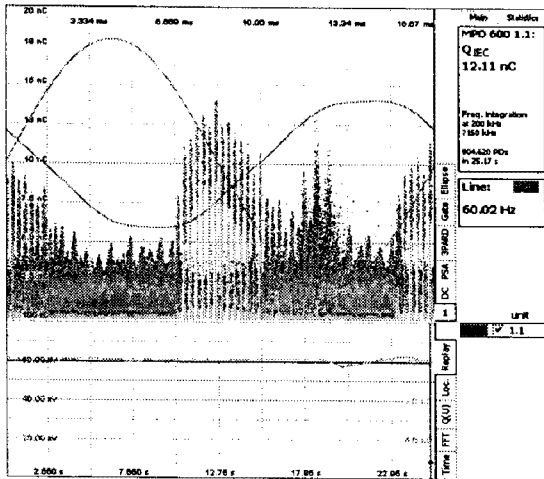


그림 3. 인가전압에 의한 자외선 이미지 크기 비교

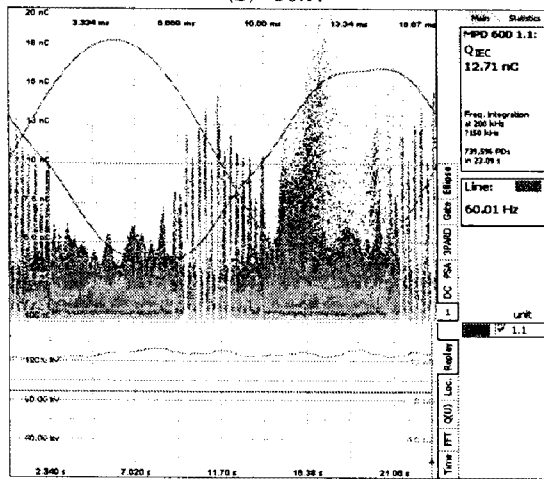
그림 4는 전압인가에 따른 코로나 방전량을 나타낸 것이다. 그림 (a)의 30kV에서는 코로나 방전의 발생이 관측되지 않았으며, 그림 (b)의 60kV에서 코로나 방전이 시작되며, 전압 상승 시 코로나가 발생하는 것을 알



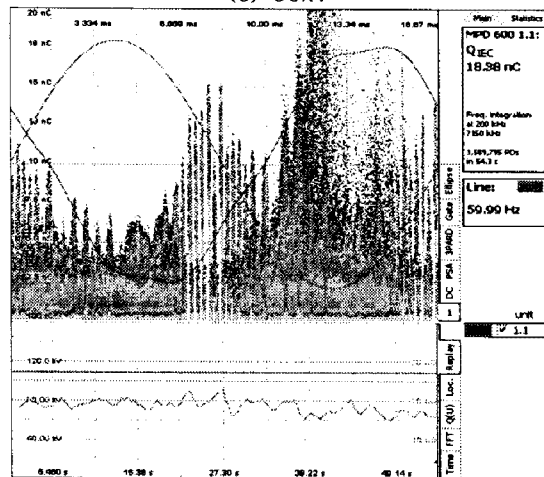
(a) 30kV



(b) 60kV



(c) 90kV



(d) 110kV

그림 4. 인가전압에 따른 코로나 방전량

수 있다. 인가전압이 상승할수록 코로나에서 발생하는 방전량은 점점 증가하는 경향을 나타내었다. 이에 코로나 방전량과 자외선 이미지의 비교분석을 위해 자외선 이미지 면적과 방전량을 비교한 것을 그림 5에 나타낸다. 그림 3과 4에서 언급하였듯이, 자외선 이미지는 60kV에서 관측되어 그때의 면적이 305.71mm<sup>2</sup>이었으며, 90kV에서는 4,565.67mm<sup>2</sup>, 110kV에서는 12,611.62mm<sup>2</sup>로 점점 증가하는 경향을 나타내었다. 한편 코로나 방전량은

특이하게 자외선 이미지가 관측되기 시작하는 60kV에서 방전량이 급격하게 증가하다 감소한 후 증가하는 N자형 곡선을 나타내었다. 이는 코로나 방전이 시작되는 부분에서 순간적으로 많이 방전이 발생하는 것으로 생각된다.

자외선 이미지 면적과 방전량을 바탕으로 전기설비 상태를 진단해 보면, 절연과피의 위험정도가 약 40%를 넘어서게 되면 전기설비에 대한 점검이 필요하다는 것을 추측해 볼 수 있으며, 위험정도가 40% 이상에서는 자외선 면적을 계산하여 교체시기를 선정할 수 있을 것으로 판단된다.

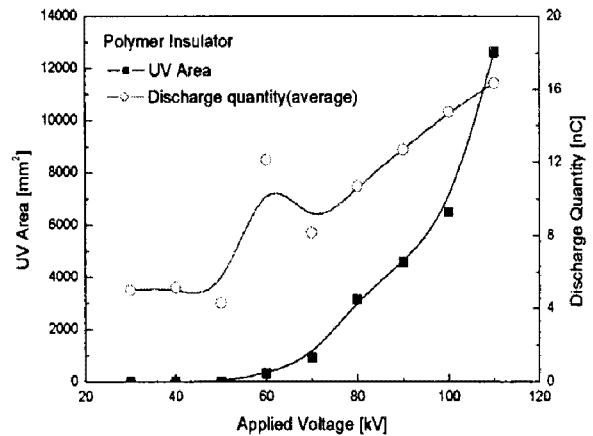


그림 5. 인가전압에 따른 코로나 방전량

## 5. 결론

본 연구에서는 폴리머애자에서 발생하는 코로나 현상을 자외선 카메라와 방전측정을 통해 설비의 상태를 진단할 수 있는 기초연구를 수행하였다. 연구결과, 폴리머애자의 경우 절연과피 전압의 약 40%정도에서 자외선 이미지 검출 및 방전량이 급격하게 상승하는 것을 알 수 있었으며, 절연과피의 위험정도가 40%이상이 되는 전기설비의 점검이 필요하다는 것을 추측해 볼 수 있다.

본 연구는 지식경제부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- [1] 電力中央研究所, "放電部分の發光面積を用いた漏れ電流推定手法の開発", 電力中央研究所報告, 2005.
- [2] 송길목, 방선배, 김종민, 김영식, 정진수, "연면방전에 의한 폴리머 애자의 자외선 발생과 열화특성", 대한전기학회, Vol.57, No. 9, pp.1606-1611, 2008
- [3] 송길목, 방선배, 김종민, 김영식, "코로나 방전에 의한 자기 및 폴리머 애자의 자외선 발생특성", 한국조명전기설비학회, Vol. 21, No. 4, pp.147-152, 2008