

# 침대평판 전극에서의 부분방전량과 자외선 이미지 특성

(A Characteristics of UV images and PD quantity at Needle-Plane electrodes)

송길목\* · 김영석\* · 박상택\*\*

(Kil-Mok Shong · Young-Seok Kim · Sang-Taek Park)

## Abstract

In this paper, it's described the techniques for the analysis of corona generated in open live parts of electric facilities. At needle-plane electrodes, when the voltage increased(0~70kV, ramping 10kV) using the high voltage generation system(HIPOTRINICS 0~200kV, USA), it's generated the partial discharge. There are compared between UV detected image and PD quantity. As these results, UV areas and gains are normalized. And electric facilities are evaluated the 5 steps such as 'good', 'recognition', 'check', 'inspection', 'change(replacement)'.

## 1. 서론

최근 전력설비의 진단기술은 활선상태에서 상시 감시가 가능한 시스템의 개발과 안전관리가 쉽게 접근하여 판단할 수 있는 진단장비의 개발이 증가하는 추세이다. 진단장비의 대부분은 센서기술에서 기인한다. 진단 기법의 종류는 다양하여 전력설비의 외관변화에서 확인할 수 있는 방법, 이음 또는 진동의 변화 등을 판단하는 방법, 누설전류를 측정하여 분석하는 방법, 전자파를 측정하거나 적외선 또는 자외선을 검출하여 판단하는 방법 등이 있다. 이러한 진단기술은 전기에너지를 안전하게 사용하기 위한 것으로 사고를 미연에 방지하고 안정된 에너지 관리를 위해 매우 필요하다[1-3].

본 연구는 최근에 현장에 보급되고 있는 진단장비의 하나로서 자외선 검출 카메라의 분석기술에 관련된 내용이다. 자외선 검출 카메라의 경우, 코로나 방전에 의해 발생하는 자외선을 효과적으로 검출할 수 있다는 장점을 가지고 있으며, 이로 인해 현장에서 전력설비를 관리하는데 매우 효과적일 것으로 알려져 있다. 그러나 진단을 위한 분석기술이 없고, 자외선 이미지만을 제공함으로써 이에 대한 문제해결이 요구되었다. 자외선 검출 이미지는 그 위치를 파악하는데 효과적이거나 발생지점의 열화정도를 파악하기에는 어려움이 많은 게 현실이다. 이에 따라 안전관리자의 관점에서 전력설비의 열화정도를 분석하고 이를 판정하여 안정된 설비운영을 하는데 목표가 있다[4].

## 2. 자외선 검출 카메라의 특성

### 2.1. 자외선 카메라의 검출 메커니즘

본 연구에서 이용된 자외선 검출 카메라(DayCorII, Ofil LTD, Israel)의 구동메커니즘을 보면, 그림 1에서 그림 4까지의 과정을 거치면서 자외선을 검출한다.

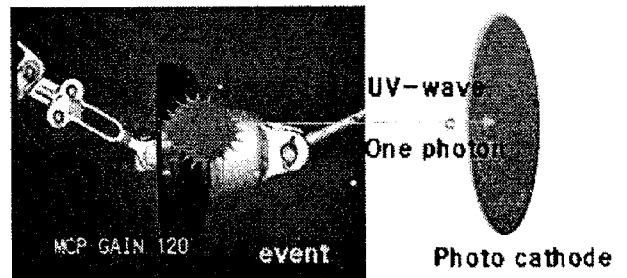


그림 1. photo cathode에 의한 자외선 검출

코로나 방전에 의해 발생하는 자외선은 광검출 전극(photo cathode)에서 검출한다. 자외선 검출은 1차적으로 극소량의 광전자(photon)만을 검출하므로 이를 증폭하기 위해 MCP(micro channel plate)를 이용한다.

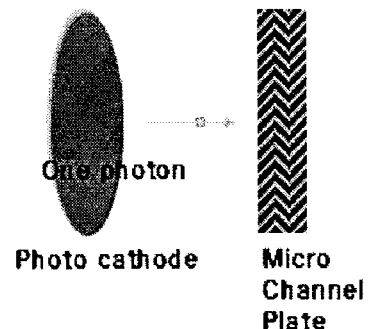


그림 2. 자외선 광검출 증폭

MCP에서는 검출된 광전자를 증폭하는 장치로써 게인(gain)에 따라 광전자의 수가 많아진다. 광전자의 증폭은 자외선 발생을 확인하는데 매우 유용한 방법이다. 이를 이미지화하기 위해 감광층(phosphor layer)을 이용한다.

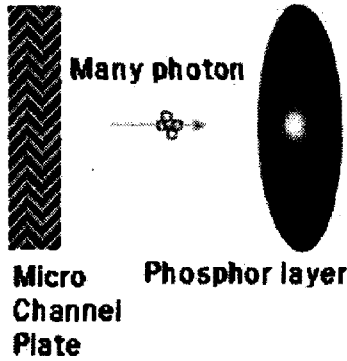


그림 3. 감광층에 의한 이미지 생성

감광층에 의해 이미지가 B/W로 나타나게 되면, 실화상을 촬영한 이미지와 겹치게 한다. 그림 4는 자외선 검출이미지와 실화상 이미지를 겹친 것이다.

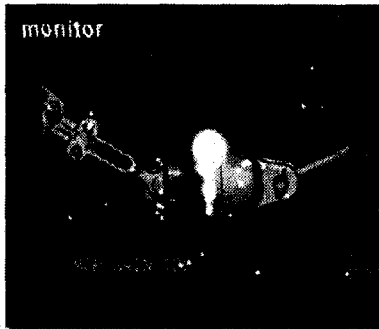


그림 4. 자외선 검출이미지 출력

자외선을 검출하여 출력하는 방법은 크게 2가지로 되어 있다. 하나는 기술한 것과 같이 자외선 검출이미지이며, 다른 하나는 광자수(photon count)에 의해 숫자로 표시되는 방법이다.

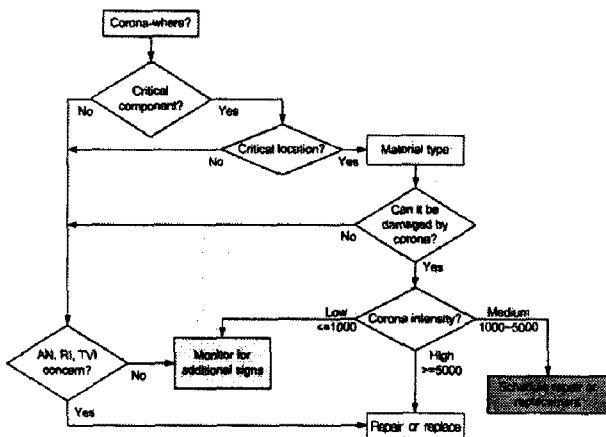


그림 5. EPRI에서 제안한 자외선 검출 분석흐름도

EPRI에서는 이를 이용한 방법으로 그림 5와 같은 순서에 의해 자외선검출이미지를 판단하는 방법을 시도하고 있다[5]. 코로나가 발생하게 되면, 일정영역내에 있는 광전자의 수를 측정하여 이를 판단의 근거로 활용하고자 하였다. 그 수치가 1,000이하에서는 정상상태를 의미하며, 1,000에서 5,000까지는 수리계획 또는 교체, 5,000 이상에서는 수리나 교체를 권고하고 있다. 그러나 자체 실험결과에 의하면, 검출영역을 선정하고 이를 판정하는데에는 많은 에러요소가 있어서 정확한 판정이 되지 않는 것으로 나타났다. 따라서 본 논문에서는 광전자가 검출되면 일정한 비율로 증폭하는 장비의 특성을 이용하여 자외선 검출이미지를 계산하고 이를 부분방전량과 매칭하여 판단하는 방법을 제시하였다.

## 2.2. 자외선 검출범위

자외선 검출이미지를 판단하는 데 중요한 검출범위를 측정하는 방법으로 기존에 쓰이고 있는 이미지 분석프로그램(Image Partner, SARANSOFT, Korea)을 활용하였다. 그림 6은 측정거리에 따른 이미지 내부의 정량화를 위해 5m에서 촬영된 이미지이다.

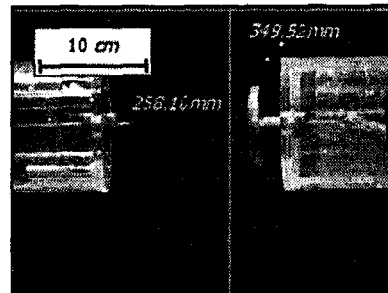


그림 6. 측정거리에 따른 이미지 면적 계산

취득영상에 있는 다양한 정보를 쉽게 계산하고 분석하기 위하여 각 측정거리마다 자외선 카메라에서 촬영된 이미지를 계산하였다. 각 측정거리마다 자외선 카메라를 이용하여 촬영한 이미지를 분석 프로그램에 의해 크기를 확인하였다. 그림 7은 각 측정거리에서 계산된 검출범위를 나타낸 것이다.

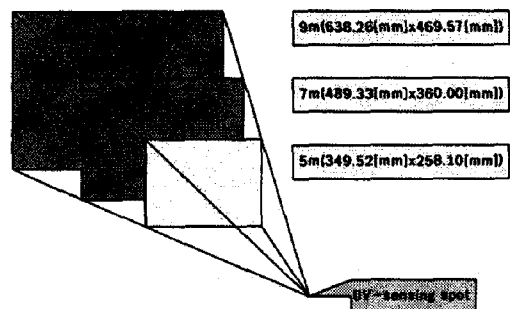


그림 7. 각 측정거리에서 계산된 검출범위

각 측정거리마다 검출한 이미지를 계산하여 측정거리  
에 따른 전체 이미지의 면적을 계산하여, 자외선 카메라  
의 기본이 되는 측정거리에 따른 검출범위에 대해 확  
인하였으며, 이를 근거로 하여 각각의 이미지 분석에  
활용이 가능하였다.

### 3. 실험방법과 구성

실험은 고전압발생장치(HIPOTRINICS 0~200kV, USA)  
를 이용하여 침대 평판전극에 전압을 발생시키고 이때 기  
중에서 코로나 방전에 따른 자외선 발생을 자외선 검출  
카메라에 의해 검출하였다. 실험 및 검증에 필요한 흐름도  
는 그림 8과 같다.

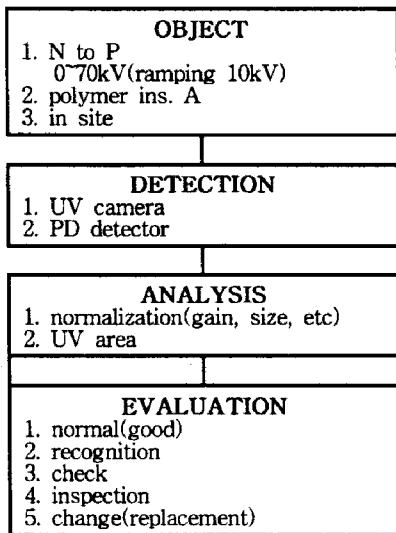


그림 8. 측정 및 분석흐름도

실험대상물은 침대평판전극을 이용하였으며, 극간거리  
는 100mm로 하였다. 고전압발생은 10kV마다 발생시키고  
70kV에서 절연파괴되어 60kV까지 측정된 자료를 이용하  
였다. 다음으로 폴리머에자를 고전압발생장치에 의해 절연  
파괴 까지 전압을 상승시키고 그때의 자외선발생을 검출  
하였다. 고전압을 인가한 상태에서 각각 5회 측정하고 이  
를 3회 평균값으로 부분방전량을 측정하고 자외선 검출이  
미지와 비교하였다. 분석은 게인(gain)과 측정거리, 측정거  
리에 따른 자외선 검출이미지 면적을 분석프로그램에 의  
해 산출하여 분석되었다. 평가는 총 5단계로 구성되었으며,  
평가를 단계별로 구분한 근거는 절연물의 표면이 오염되  
고 절연능력이 저하되는 변화를 근거로 하였다.

### 4. 실험결과 및 토론

#### 4.1. 부분방전에 따른 자외선 이미지 검출

자외선 검출 카메라에 의해 검출된 자외선 이미지는 그  
림 9와 같다.

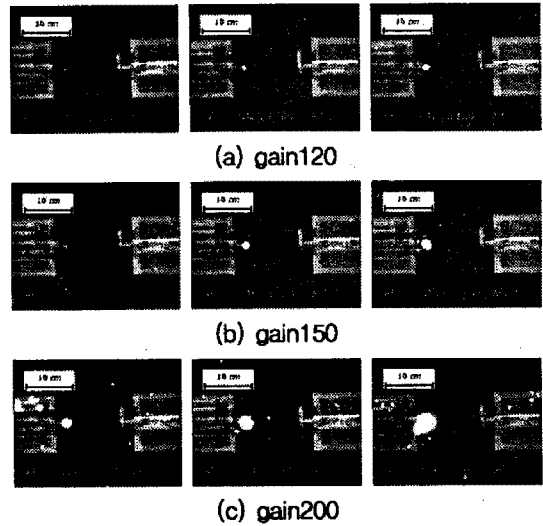


그림 9. 침대평판전극에서의 자외선 검출 이미지

게인에 따라 자외선 검출이미지의 크기가 다르고 측정  
거리에 따라 달라지게 된다. 따라서 이를 하나의 식에 의  
해 표현하할 필요가 있다. 자외선 검출이미지의 경우 게인  
이 높으면 자외선 검출이미지의 크기가 커지고 전압상승  
에 따라 전계집중이 되면서 자외선 발생이 커지는 것으로  
나타났다. 그림 10은 그림 9에서 검출된 자외선 이미지  
의 면적을 계산하여 그 평균값으로 분포를 나타낸 것이다.

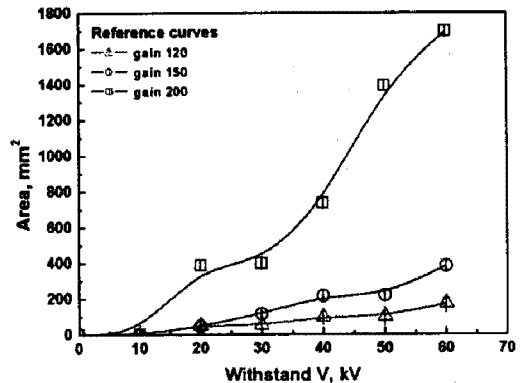


그림 10. 전압상승에 따른 자외선 검출이미지 분포

각 게인에 따른 자외선 검출이미지는 다르므로 2차 다  
항식으로 표현이 가능하다. 현장에서 적용이 가능하기 위  
해서는 게인이 하나의 식에서 표현되어야 하므로 이를 수  
식화 할 필요가 있다. 그림 11은 게인에 따른 2차항의 계  
수를 산출하여 나타낸 그래프이다.

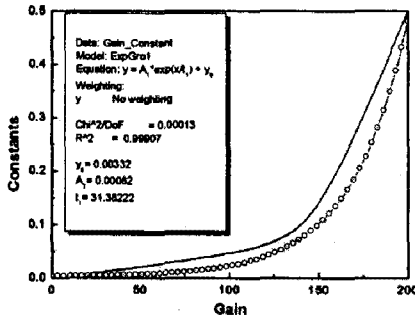


그림 11. 개인 대 2차항 계수 곡선

#### 4.2. 전압상승에 따른 부분방전량 검출

그림 12는 자외선 발생을 검출할 때의 부분방전량을 검출한 것이다. 이는 총 5회 동안 측정된 값을 평균하고 이를 3회 반복하여 다시 평균한 값을 그래프로 나타내었다. 그림 12는 전압상승에 따른 부분방전량을 나타내어 평균한 곡선이다.

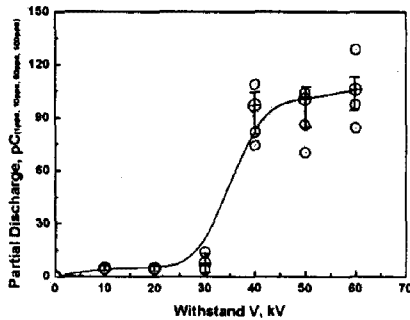


그림 12. 전압상승에 따른 부분방전량 추이곡선

부분방전량의 특성을 볼츠만 모델(Boltzmann model, Sigmoidal function)에 의한 함수의 식으로 표현이 가능하였다. 판단기준은 5단계로 구분되었으며, 구분하였을 때의 절연성능에 대해 요약하면 표 1과 같다.

표 1. 전력설비 대상물의 절연상태와 조치

판정	기준	절연상태	조치
Good	<20	정상	안전
Recognition	17-30	자외선 발생 인지	안전
Check	30-50	오염물 부착 심각, 초기 표면 열화 진행	일상 monitoring
Inspection	50-60	표면변성, 발수성에서 친수성으로 바뀜	정전계획 수립, 정밀검사
Change	60<	심각한 손상, 절연성능의 현격한 저하	즉시 교체 필요

판정기준에 있어서 'Good'와 'Recognition'은 전력설비가 정상적으로 운용되고 있음을 나타내는 것이고, 'Check'는 오염물 부착이 절연물 표면에 부착되어 있는 상태 또는 초기 표면 열화진행을 의미한다. 이때의 조치사항으로는 일상적인 모니터링과 더불어 지속적인 유관점검이 요구된다. 'Inspection'은 절연성능이 저하되어 표면이 탄화된 상태이며, 표면의 발수특성이 친수성으로 바뀐 상태를

의미한다. 이때의 조치사항으로는 정전계획을 수립하고 정밀검사를 할 필요가 있다. 다음으로는 'Change'의 상태로 절연물 표면이 심각한 소손이나 전계집중에 의해 절연과괴에 임박한 상태를 의미한다. 이에 대한 조치로는 정전하여 설비를 교체할 필요가 있다. 이에 대한 분석흐름도는 그림 13과 같다.

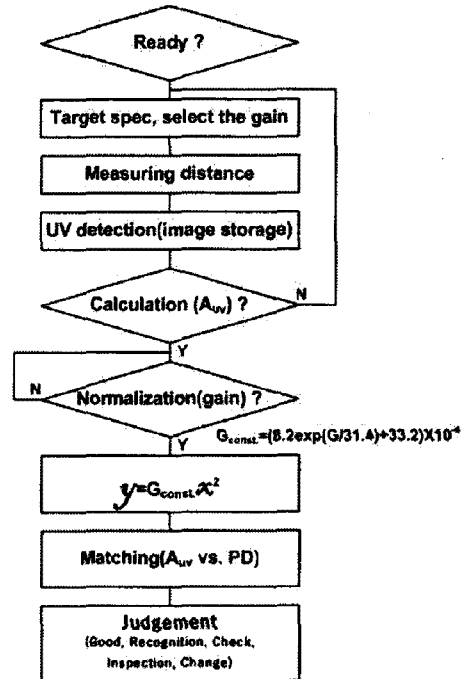


그림 13. 자외선 검출이미지 분석흐름도

#### 5. 결론

본 연구는 현장에서 측정된 다양한 자료에 의해 객관성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 실험을 통해 측정된 자료와 산출식은 보완하고 이를 적용한다면, 현재 자외선 검출 카메라가 가지고 있는 장점과 분석기술에 의한 판단으로 전력설비의 전기안전을 확보하는데 매우 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참고 문헌

- (1) 송길목, 방선배, 김종민, 김영석, "코로나 방전에 의한 자기 및 폴리머 애자의 자외선 발생 특성", KIEE Vol. 22, No. 4, 2008
- (2) 송길목, 김종민, 정진수, 김영석, "가속열화에 의한 폴리머 애자의 연면방전과 재료분석", KIEE summer conf., 2008
- (3) 송길목, 김영석, 김중서, 정진수, "폴리머애자의 내전압 특성에 따른 부분방전 측정과 자외선 특성", KIEE autumn conf., 2008
- (4) 송길목, 방선배, 김종민, 김영석, 정진수, "연면방전에 의한 폴리머애자의 자외선 발생과 열화특성", Trans. KIEE. Vol. 57, No. 9, 2008
- (5) EPRI, "Guide to Corona and Arcing Inspection of Substations", 2002