

## UV-IR 카메라를 이용한 전력설비 진단을 위한 전기 및 광학적 안전 기준 설정 연구

(A Study of Electrical and Optical Method of Safety Standards for diagnosis of Power Facility using UV-IR Camera)

김영석\* · 김충민 · 최명일 · 방선배 · 송길목 · 곽동순

(Young-Seok Kim · Chong-Min Kim · Myeong-Il Choi · Sun-Bae Bang · Kil-Mok Shong · Dong-Soon Kwag)

### Abstract

UV-IR camera is being used for predictive maintenance of high voltage equipment together with measurement of temperature on localized heat and corona discharge. This paper was suggested the judgement method that is the discharge count, UV image pattern and discharge matching rate to apply the UV-IR camera on power facility. The discharge count method is counted by UV image pixel value. the UV image pattern method is determined by the UV image shape using neural network algorithm method, separated by Sunflower, Jellyfish, Ameba. The UV discharge matching is compare the breakdown the UV image size and measuring UV image size according to distance.

Key Words : UV-IR Camera, UV Image, Discharge, Breakdown, IR-Thermography

### 1. 서 론

우리 일상생활에서 전기는 생활의 편리함을 주기도 하지만, 전기로 인한 피해범위는 인명·재산적 피해뿐만 아니라 지식가치의 피해까지 그 범위가 막대하다. 따라서 고객들은 전기사용의 불안감 해소와 안정적 전력공급을 위해 전력설비에 대한 진단과 유지관리를 필수적으로 수행하고 있다. 또한 고전압 설비 고객들

은 생산성에 차질이 없도록 정전 없이 전력설비를 진단하고 유지 할 수 있는 기술을 선호하며, 이에 적외선(IR) 열화상 카메라와 자외선(UV) 카메라가 전력설비 진단으로 주목받고 있다[1-3]. 적외선 열화상 카메라는 1990년대 초부터 전력설비 진단에 활용되어 오고 있으며, 법적 근거는 없지만 통상적으로 재료의 최고 허용온도법과 3상 온도비교법을 통해 전력설비 진단으로 활용되고 있다[4]. 또한 UV 카메라를 통한 전력설비 진단은 최근 들어 각광받기 시작하였으며, 특히 2011년 전기설비기술기준의 판단기준에 자외선 이미징 패턴 법으로 설비의 이상여부를 판단하고 있으며, 제작사에서 제공하는 방전카운트법도 일부 사용하고 있다[5-6].

본 논문에서는 UV 카메라의 개발에 따른 전력설

\* 주(교신)저자 : 전기안전연구원 선임연구원  
\* Main(Corresponding) author : Electrical Safety  
Research Institute Senior Researcher  
Tel : 031-580-3064, Fax : 031-580-3111  
E-mail : athens9@kesco.or.kr  
접수일자 : 2013년 1월 28일  
1차심사 : 2013년 1월 30일, 2차심사 : 2013년 3월 6일  
심사완료 : 2013년 3월 12일

비 이상여부 판단 방법 적용, 전력설비와의 거리측정, 이미지 크기 계산을 통해 좀 더 신뢰성 있는 방법으로 전력설비 진단에 활용할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

## 2. UV-IR 카메라의 구성 및 제작

UV-IR 카메라의 구성은 IR 카메라, UV 카메라, 실영상 카메라로 구성된다. 즉 지구상에 존재하는 빛(光)의 파장대역이 서로 다르기 때문에 빛의 투과율을 좋게 하기 위해 각각의 렌즈를 사용하였으며, 투과율을 높이기 위해 재질이 다른 두 개의 광학계를 사용하였다. 그림 1과 표 1은 UV-IR 카메라의 내부 구조와 외형을 나타낸다. UV-IR 카메라의 시야각(FOV)은 6.4°×4.8°로 설계하고 실영상 및 UV 광학계는 동일한 광학축을 갖는 1개 구조로 설계 및 제작하였으며, 겹침(Overlay) 정확도는 1mrad 이하가 되도록 하였다. 적외선 영상을 획득하기 위하여 적외선 열화상 카메라 부분을 별도로 설치하였다.

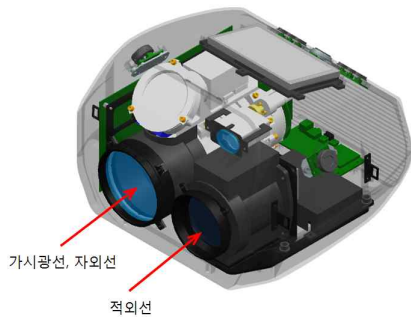


그림 1. UV-IR 카메라의 구성도  
Fig. 1. Schematics of UV-IR camera

발생된 자외선은 렌즈를 통해 자외선 필터를 통과하게 설계하였으며, 여기서 자외선 필터는 태양광 중 240~280nm 파장대역(UV-C 대역)만 통과하고 나머지 파장대역 부분은 12OD 이상 차단하는 필터 기술을 이용하였다. 자외선 이미지 처리는 자외선 이미지를 영상처리 알고리즘을 통하여 노이즈를 제거하고 안전진단에 적합하도록 하는 것이며, 자외선 및 실영상 합성은 자외선 영상과 실영상을 동시에 보이도록

하였다. 그림 1에 나타낸 것과 같이 자외선 광학계와 적외선 광학계의 시야각 차이를 보상하기 위하여 최대한 기구적으로 근접하도록 설계 제작하였다. 그러나 적외선 및 자외선/실영상 카메라 부분의 2개의 렌즈가 독립적으로 설치됨으로써 생기는 겹침 정확도 손실은 발생하지만, 자외선 빛은 거리의 자승에 반비례하여 작아지게 된다. 따라서 20m 이상의 경우에는 광학성능측정과 프로그램 소프트웨어에 의해 영상 겹침에 의한 정확도 손실은 무시할 수 있게 되었다.

표 1. UV-IR 카메라의 설계 사양  
Table 1. Design parameters of UV-IR camera

| UV-IR 카메라 설계사양 |          |                                       |
|----------------|----------|---------------------------------------|
| 시계(FOV)        |          | 6.4°×4.8°                             |
| 자외선 광학계        | UV 감도    | 3×10 <sup>-18</sup> W/cm <sup>2</sup> |
|                | UV-C 투과율 | 10%                                   |
|                | 기타대역 차단율 | > 12OD                                |
| 실영상 카메라        | 초점거리     | 0.5m~무한대                              |
|                | 줌 기능     | 광학 33배                                |
| 적외선 광학계        | 해상도      | 640×480                               |
|                | 온도 감도    | -40~160℃                              |
| Overlay 정확도    | 자외선/실영상  | <1mrad                                |
|                | 자외선/적외선  | <2mrad @20m                           |

## 3. UV-IR 카메라를 통한 전력설비 판단 방법

UV-IR 카메라는 열화상에 의한 온도 측정과 전계에 의한 방전현상에 의해 전력설비의 이상여부를 판단하게 된다. 열화상 온도 측정에 판별은 기존의 전력설비 최고허용온도법과 3상 온도비교법[4]을 적용하면 되므로, 본 논문에서는 전계에 의한 방전 현상에 따른 판단방법에 중점을 두었다. 기존 UV 카메라를 이용하여 전력설비를 판단하는 방법은 3.1절이며, 개발된 UV-IR 카메라는 3.1절, 3.2절 및 4장에서 설명하는 방전일치율법을 UV-IR 카메라에 탑재하여 처음으로 적용하였다.

### 3.1 광증배관을 이용한 방전 카운트법

방전 카운트법은 UV 카메라의 핵심기술 중 하나인 광증배관을 이용한 것이며, 그림 2에 원리를 나타낸 것이다. UV 카메라는 방전에 의해 발생된 빛을 자외선 이미지로 보는 것이다.

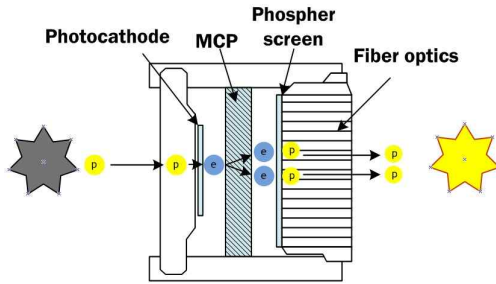


그림 2. 광증배관에 의한 자외선 이미지 취득  
Fig. 2. Schematic of UV image acquisition by MCP

먼저 발생된 자외선은 포토캐소드를 통해 전자(e)로 변환되고 전자들은 광증배관을 통과하여 들어오게 된다. 이때 들어온 전자는 광증배관을 통과할 때 고전압 인가에 의해 전자들이 증폭되며, 게인(gain)의 조정 즉 전압의 조정에 의해 전자들은 천배까지 증폭된다. 여기서 증폭된 전자들은 빛으로 전환되어 최종적으로 가시광의 이미지로 나타나게 된다. 즉 모니터부의 이미지 픽셀(pixel)값을 “방전 카운트”라 하여 설비의 이상 여부를 판단하게 되며, 초당 방전카운값이 표시된다. 방전 카운트 설정을 위한 분석방법은 Adaptive Threshold 방법과 Adaptive Dilation 방법[7] 두 가지 경우를 사용하였으며, 그림 3에 나타낸다.

Adaptive Threshold 방법은 UV 카메라에 맺히는 영상의 감도가 가우시안(Gaussian) 분포를 갖는다고 가정하고, 초점이 흐린 형태도 가우시안 형태라 한다면 초점 흐림이 많이 발생했을 경우 Threshold를 높여주고, 초점이 잘 맞은 상태에서는 Threshold를 낮게 함으로써, 결국 이진영상에서의 표준 거리에 해당하는 UV 형상의 크기로 보정할 수 있다. Adaptive Dilation 방법은 광증배관의 증폭정도가 클 경우 영상의 감도

가 워낙 커서 Adaptive Threshold 방법을 사용할 수 없을 경우 거리측정기로 측정된 거리 지수에 따라 UV 영상의 각 형상에 대하여 팽창(dilation)을 수행하여 영상의 면적을 적절히 조절한다. 즉 초점이 흐려진 경우에는 초점이 잘 맞았을 때보다 희미함으로 인해 영상의 면적이 증가하므로, 팽창을 통해 그 면적을 줄여주는 것이다. 이때 획득한 초점 지수에 따라 팽창의 정도를 다르게 하여 자외선 이미지를 보정한다. 이들 방법을 이용하게 되면 화면 속의 이미지 픽셀 수를 계산하여 전력설비에서 발생하는 방전 값으로 설정하면 된다.

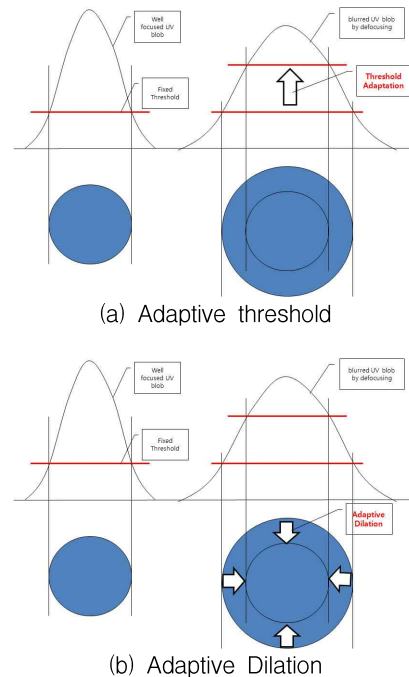


그림 3. 자외선 이미지 결정 방법  
Fig. 3. How to determine the UV images

그림 4는 두 가지 방법을 이용하여 화면상에 보이는 자외선 이미지와 분석한 결과를 나타낸다. UV 이미지 영상은 3가지 형태로 취득할 수 있다. 코로나 방전에 의해 발생하는 자외선 이미지 중 가장 큰 이미지만을 선택하여 판단해주는 방법과 전력설비의 중심에서 발생하는 자외선 영상의 면적을 모두 계산상을 계산하여 판단해주는 방법으로 나타낼 수 있다.

이들 중에서 개발된 UV 카메라에서는 노이즈가 제거된 후 화면상에 나타나는 픽셀 수를 계산하여 전력 설비에서 발생하는 방전카운트로 설정하였다.

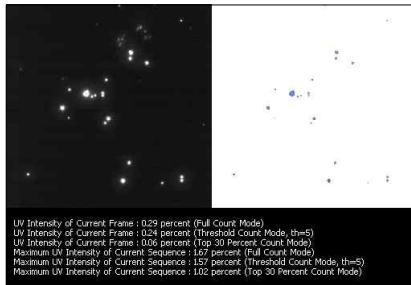


그림 4. 자외선 이미지 분석 결과  
Fig. 4. Analysis result of UV image by S/W

### 3.2 자외선 이미지 패턴 인식법

전기설비 기술기준의 판단기준의 “전로의 절연내력 확인 방법”에는 자외선 이미지 형태로 전력설비의 이상 유무를 판단할 수 있도록 명시되어 있다. 자외선 이미지 형태는 “Sunflower”, “Jellyfish”, “Ameba”로 구분되어 있으며, 이들 형태가 관측되면 전력설비는 요주의로 판정하게 된다. 하지만 실제 현장에서 고전압 방전에 의한 자외선 이미지는 거리별, 주관적 판단 등으로 인해 전력설비의 이상 유무를 판별하기에 어려움을 겪고 있다. 따라서 고전압 방전에서 발생하는 자외선 이미지 형태를 판별해 줄 수 있는 방법을 필요로 하고 있다. 따라서 본 개발된 UV-IR 카메라를 이용하여 이미지 패턴으로 전력설비의 이상여부를 판별할 수 있는 기능을 추가하였다. 그림 5는 자외선 이미지 패턴 개체 라벨링 및 특징 추출 과정을 나타낸다. 즉 고전압 방전에서 발생하는 3가지의 자외선 이미지 형태를 구분하고 각각의 구분형태에 맞게 패턴 형태를 인식하도록 하였다. 패턴 인식은 우선 현장에서 측정된 고전압 방전 이미지를 각 형태별로 구분한다. 이상 패턴을 인식하기 위하여 획득한 자외선 이미지 중 가장 큰 이미지를 기준으로 주변 이미지 3개의 형태를 합친 모양으로 판정하며 이미지의 최소크기는 4×4, 즉 16 픽셀을 기준으로 판단하도록 개발하였다. 기준이 되는 자외선 이미지를 획득한 다음 신경망 알고리즘

의 일종인 ADA Boost 법을 이용하여 이미지 형태를 인식하고 이를 바탕으로 자외선 이미지 자료의 형태 결과를 학습시키는 방법으로 패턴 형태 인식을 수행하였다.

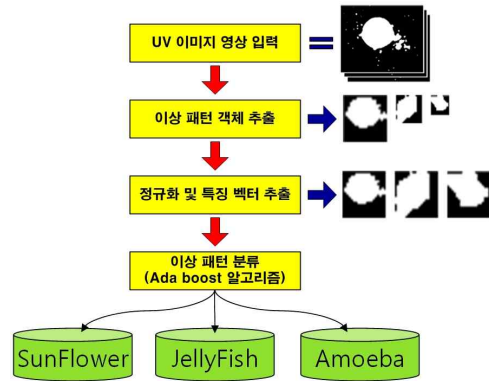


그림 5. 자외선 이미지 패턴 개체 라벨링 및 특징 추출과정  
Fig. 5. UV image pattern object labeling and feature extraction process

## 4. 거리측정과 UV 이미지를 이용한 방전일치율법

3.2절에 소개한 것과 같이 전기설비 기술기준의 판단기준에 자외선 이미지 형태에 의한 판단법이 추가되었지만, 전력설비와 UV 카메라와의 측정거리에 따라 이미지 크기는 다르게 된다. 이에 개발된 UV-IR 카메라에 거리측정기(LRF)를 탑재하여 거리별 자외선 이미지 형태에 따라 전력설비의 이상 여부를 판단할 수 있도록 하였다. 거리별 자외선 이미지 형태를 측정하기 위해 그림 6과 같이 침-평판 전극계를 구성하고 거리별 방전 카운트를 측정하였다. 침-평판 전극계는 스테인레스강(SUS 304)의 재질을 이용하고 평판전극은 직경 250mmφ로 제작하였으며, 침-평판 전극사이의 간격은 100mm로 고정하여 고전압을 인가하였다.

또한 전력설비 중 폴리머애자를 대상으로 하여 고전압 인가 실험을 그림 7과 같이 수행하였다. 전압 인가는 KS C IEC 60060-1(2001)[8]에 의해 정의된 고전압 발생장치를 이용하여 전력 설비를 평가하는 방법을 활용하였다. 고전압발생장치(Hipotronics, 0~200kV,

USA)를 이용하여 기중 절연파괴가 될 때까지 10kV 씩 전압을 상승시키며, 발생하는 자외선은 UV 카메라 (B1, KESCO-EOST)를 이용하였다. 이때 실험실 온도는 5°C, 습도는 30%를 유지하였다. 측정거리는 5m로 고정하였으며, 측정치는 10회 이상 축적된 자료를 평균으로 하였다.

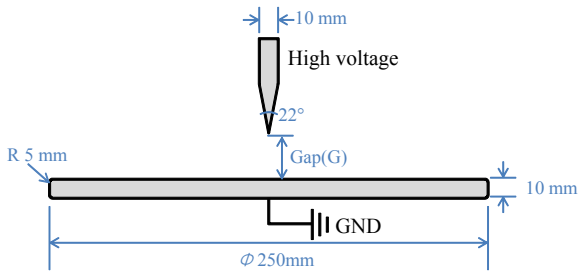


그림 6. 침-평판 전극계  
Fig. 6. Needle-plane electrode

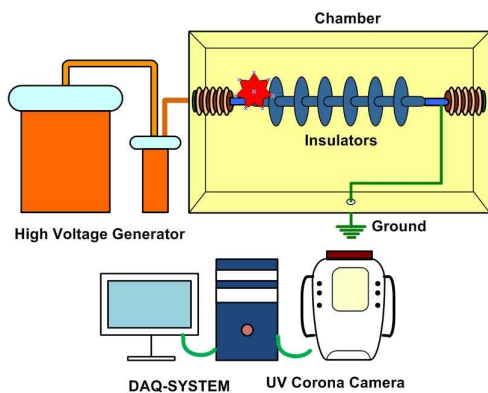


그림 7. 고전압 방전 실험 개략도  
Fig. 7. Schematics of Experiment set-up for High voltage

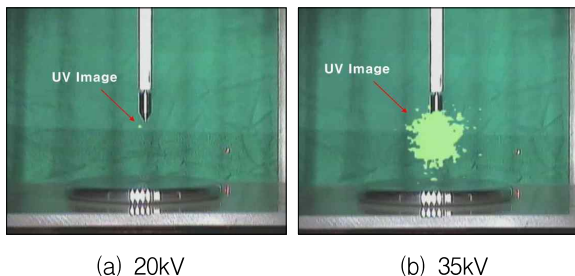


그림 8. 침-평판 전극에서의 자외선 이미지  
Fig. 8. UV image between needle and plane electrode

그림 8은 UV 카메라를 이용하여 침-평판 전극에서 AC전압을 인가하고, 촬영한 코로나 방전 시 자외선 이미지 사진을 나타낸다. 침-평판전극의 절연파괴 전압은 37kV였다. 그림에서 고전압 인가에 따른 전극 간에 자외선이 발생하며, 전압이 증가함에 따라 자외선 검출 이미지도 증가하는 것을 알 수 있다. 본 실험을 통해 절연파괴 직전에서 자외선 이미지 크기와 방전카운트를 측정하였으며, 이때의 방전카운트 값은 25,000/sec이었다.

그림 9는 폴리머애자에서 전압인가에 따른 자외선 이미지 크기의 변화를 나타낸 것이다. 폴리머 B 형태의 애자의 절연파괴전압은 123kV였다. 그림에서 알 수 있듯이 폴리머 애자의 자외선 이미지는 전압이 상승할수록 이미지가 커지는 것을 알 수 있다. 폴리머애자의 경우 절연파괴 전압의 약 40.7%에서 자외선이 발생하였으며, 자외선 이미지는 해바라기(Sunflower) 형태로 성장하였다.

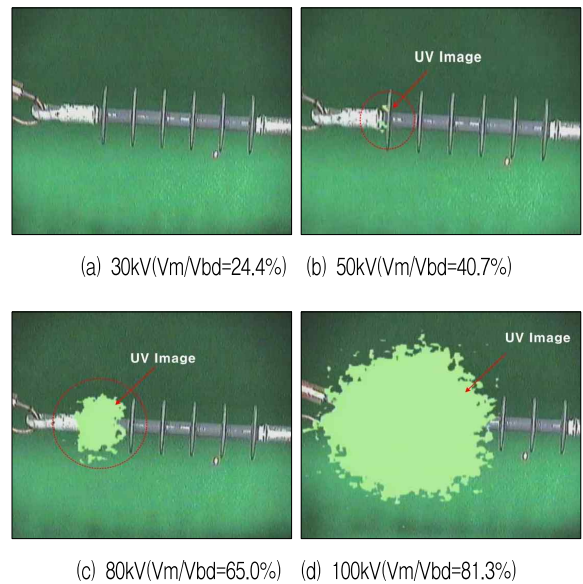


그림 9. 폴리머애자에서의 자외선 이미지  
Fig. 9. UV image on Polymer insulator.

그림 10은 전압인가에 따른 코로나 방전량을 나타낸다. 침-평판 전극계와 폴리머애자에서 발생하는 코로나를 비교해보면, 침-평판 전극계에서는 약 54.1%에서 방전량이 약 3/sec이지만, 폴리머애자에서는 약 애

자 표면의 열 열화에 의한 방전, 기중방전에 비해 연면 방전의 절연과피 전압이 약 70%정도 낮은 영향 등으로 절연매질이 공기뿐인 침-평판 전극보다 먼저 검출 되는 것으로 추정된다.

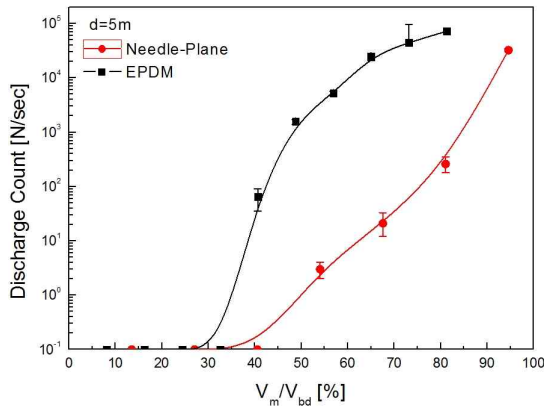


그림 10. 침-평판 전극계 및 폴리머에서 발생하는 자외선 방전량  
Fig. 10. UV strength of needle-plane and polymer insulator

40.7%부근에서 약 70/sec 정도가 검출되었다. 폴리머에서 자외선 검출이 약 40% 부근에서 감지되는 것은 코로나 방전 시 발생하는 코로나 전류, 폴리머 위의 실험을 기본으로 거리별 자외선 이미지 크기와 방전일치율을 계산하였다. 폴리머에서 및 침-평판전극에서 발생하는 자외선 발생량은 주변 매질에 따라 다르지만, 절연과피에 근접할수록 포화되는 특징을 나타내었으며, 그때의 자외선 카운트 값은 약 25,000/sec 이었다. 따라서 아래의 표와 같이 UV 카메라를 설정하고 UV LED 램프를 이용하여 5m에서 25,000/sec의 자외선 광량을 설정하고 각 거리별도 유효카운트를 측정하였다.

| Gain | Threshold | 평균 측정 frame |
|------|-----------|-------------|
| 200  | 160       | 30          |

그림 11은 각 거리별 UV LED 램프에서 발생하는 유효카운트값을 나타낸다. 여기서 UV LED 램프는 미

국 NIST로부터 표준광원으로 인증 받은 것을 사용하였다. 위의 설정 값을 바탕으로 전력설비에서 절연과피 될 때의 가장 위험한 경우를 가정하여 최고 위험율에 대한 거리별 유효 카운트 값은 실험을 통하여 아래와 같은 식 (1)로 획득하였다.

$$C = ay^4 + by^3 + cy^2 + dy + e, \quad y = (d/5) \quad (1)$$

측정된 값은 거리별 유효 카운트 값을 만족하는 임의의 거리에 대한 일반적인 환산식을 획득하여 적용하므로 측정 위치에 따른 어떠한 거리에서도 절연과피 대비 유효 카운트 값을 획득할 수 있게 되었다.

측정된 거리에 대한 절연과피 될 때의 카운트 값과 현재 표시된 유효 카운트 값의 비율을 식 (2)와 같이 방전일치율로 정의하고 방전되는 코로나 양에 따른 위험판정이 표시되도록 하였다. 즉 절연과피 될 때의 자외선 이미지 크기에 대하여 현재 표시되는 자외선 이미지 크기를 비교함으로써 설비의 이상 유무를 판정할 수 있는 방법을 제시하였다. 단 작성된 방전일치율 판정에 대한 적용은 현재 국내에서 고압 전기설비의 대부분을 차지하는 22.9kV에 해당되는 것만 적용하였다.

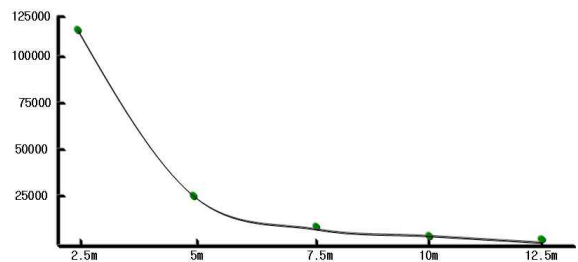


그림 11. UV LED램프를 통한 거리별 유효 카운트  
Fig. 11. Valid count by distance through the UV LED lamp.

$$\text{방전일치율}(\%) = \frac{\text{현재 표시된 유효 카운트 값}}{\text{해당 거리에서 절연과피될 때의 카운트 값}} \times 100 \quad (2)$$

위 식은 한국전기안전공사 전기안전연구원에서 발행된 보고서[9]를 참고하여 전력설비의 절연성

능에 대한 5단계 이상유무 판별법을 이용하여 설비에 적용할 수 있다. 즉 표 2와 같이 제시하는 각 단계는 재료분석을 실시하여 표면의 외형변화와 물성적 변화를 기준으로 하였으며, 전계집중에 의해 파괴되는 단계를 일치시키고자 하였다. 1단계는 Good 또는 Recognition의 단계로 하였으며, 이는 자외선 검출이미지가 전혀 나타나지 않거나 미소하게 나타나는 것을 의미한다. 2단계로서 Check는 일상적인 확인이 필요한 점검이 요구되는 상태로 표면에 오염물이 심각, 초기 표면 열화가 진행되고 있음을 알 수 있다. 세 번째 단계로서 Inspection는 정전계획을 실시하여 정밀검사가 요구되는 상태로써 표면변성, 발수성에서 친수성으로 바뀐 정도를 의미한다. 끝으로 교체를 의미하는 Replacement(Change)는 대상물의 즉각 교체가 요구되는 사항이다. 절연물의 심각한 손상이나 절연 성능의 현격한 저하로 인해 안전한 운영을 위해 교체가 필요함을 의미한다.

여 판단하도록 하였으며, 거리측정과 이미지 크기 계산을 통한 방법은 칩-평판 전극을 이용하여 절연 파괴 대비 최대 방전카운트를 설정하고 UV LED 램프를 통해 각 거리별 최대 방전카운트를 측정하였다. 이를 바탕으로 해당거리에서의 절연파괴 시의 최대 방전값과 현재 나타나는 유효 카운트를 측정하여 방전일치율을 구하고 이를 전력설비의 열화정도 표와 비교하여 설비의 이상 유무를 판별하도록 하였다. 이를 통해 UV-IR 카메라를 통한 전력설비의 열화 현상 진단을 보다 효과적으로 진행할 수 있을 것으로 판단된다.

이 논문은 한국조명·전기설비학회 2012년도 추계학술대회에서 발표하고 우수추천논문으로 선정된 논문임.

본 연구는 2011년도 지식경제부 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구결과입니다. (2011T100100098)

표 2. 전력설비 대상물의 절연상태  
Table 2. Insulation conditions of power facility

| 판정          | 방전일치율 % | 절연상태                 |
|-------------|---------|----------------------|
| Good        | <20     | 정상                   |
| Recognition | 17-30   | 자외선 발생 인지            |
| Check       | 30-50   | 오염물 부착, 초기 표면 열화 진행  |
| Inspection  | 50-60   | 표면변성, 발수성에서 친수성으로 바뀜 |
| Replacement | 60<     | 심각한 손상, 절연성능의 현격한 저하 |

## 5. 결 론

본 논문에서는 UV-IR 카메라를 활용한 전력설비 진단에서 거리측정과 이미지 크기 계산을 통한 신뢰성 높은 이상여부 판단방법을 제시하고자 하였다. 자외선 이미지 패턴 인식법은 기술기준에 수록된 내용을 토대로 자외선 이미지를 인공지능으로 인식하

## References

- [1] Kil-Mok Shong, Young-Seok Kim, Sun-Gu Kim, "Images Detection and Diagnosis of Corona Discharge on Porcelain Insulators at 22.9kV D/L", IEEE SDEMPED2007 Proc. pp.462-466. 2007.
- [2] M. Lindner, S. Elstein, P. Lindner and J. M. Topaz, A. J. Phillips, "Daylight Corona Discharge Imager", High Voltage Engineering Symposium, pp.22-27, 1999.
- [3] Jeong Seung-Cheon, Lim Yeung-Bae, "The Analysis of Temperature Distribution Electric incoming Apparatus Using a Infrared Thermal Imaging System", KIEEME Summer conference, pp.1113-1116, 2004.
- [4] Electrical Safety Research Institute, "A Study of Thermal Temperature Distribution Due to IR Camera", KESCO report, 1993.
- [5] EPRI, "Guide to Corona and Arcing Inspection of Substations", 2002
- [6] EPRI, "Guide to Corona and Arcing Inspection of Overhead Transmission Lines", 2002
- [7] Gao Yinyu, Kim Nam-Ho, "Image Denoising using Adaptive Threshold Method in Wavelet Domain", International Journal of Information and Communication Engineering, No. 9(6), pp. 763-768, 2011
- [8] KS C IEC 60060-1, "High-voltage test techniques-Part 1 : General definitions and test requirements", 2001.
- [9] KESCO, "A study on the UV image detection and the standard of judgment of high-voltage equipments for 22.9kV", KETEP report, pp. 158, 2009.

◆ 저자소개 ◆



**김영석(金榮錫)**

1974년 4월 27일생. 1996년 2월 경상대학교 전기공학과 졸업. 1999년 2월 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2001~2002년 야마구치대학 전기전자공학과 객원연구원. 2003년~현재 전기안전연구원 선임연구원.

Tel : (031)580-3064

Fax : (031)580-3111

E-mail : athens9@kesco.or.kr



**김종민(金鐘旻)**

1972년 7월 18일생. 1998년 2월 전북대학교 전기공학과 졸업. 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년~현재 전기안전연구원 주임연구원.

Tel : (031)580-3063

Fax : (031)580-3111

E-mail : cmkim@kesco.or.kr



**최명일(崔明日)**

1975년 5월 30일생. 2002년 2월 창원대학교 전기공학과 졸업. 2004년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2009년 8월 광운대학교 정보통신대학원 졸업(석사). 2003년~현재 전기안전연구원 주임연구원.

Tel : (031)580-3031

Fax : (031)580-3111

E-mail: ken2003@kesco.or.kr



**방선배(方善培)**

1968년 5월 18일생. 1994년 2월 명지대학교 전기공학과 졸업. 2002년 강원대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2009년 강원대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1997년~현재 전기안전연구원 책임연구원.

Tel : (031)580-3031

Fax : (031)580-3111

E-mail : bsb1586@kesco.or.kr



**송길목(宋信穆)**

1967년 3월 31일생. 1994년 2월 숭실대학교 전기공학과 졸업. 2003년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1996년~현재 전기안전연구원 책임연구원.

Tel : (031)580-3061

Fax : (031)580-3111

E-mail : natasder@kesco.or.kr



**곽동순(郭東洵)**

1975년 9월 8일생. 2002년 2월 경상대학교 전기전자공학부 졸업. 2004년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2008년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2011~2012년 플로리다주립대 CAPS 연구원. 2008~현재 경일대학교 소방방재학과 조교수.

Tel : (053)600-5403

Fax : (053)600-5419

E-mail : dskwag@kiu.ac.kr