

**염수 환경 열화 상태를 모의한 절연애자의 자외선 코로나 특성 분석**

**김영석\***, 최명일\*, 김종민\*, 방선배\*, 송길목\*, 이명준\*\*, 이우창\*\*  
 한국전기안전공사 전기안전연구원\*, (주)이오시스템\*\*

**Analysis of Properties of UV Corona on Insulator in Salt Water Environments**

Young-Seok Kim\*, Myeong-Il Choi\*, Chong-Min Kim\*, Sun-Bae Bang\*, Kil-Mok Shong\*, Myeong-Jun Lee\*\*, Woo-Chang Lee\*\*  
 Electrical Safety Research Institute, Korean Electrical Safety Corporation\*, EO System\*\*

**Abstract** - In this paper, the UV corona camera was developed using the solar blind and Multi Channel Plate(MCP) technology for the target localization of UV camera. UV camera developed a 6.4 ° × 4.8 ° of the field of view as a conventional camera to diagnose a wide range of slightly enlarged, and power equipment to measure the distance between the camera and the distance meter has been attached. The UV camera was developed and measured using a UV image, as applied voltage increased ultraviolet images of the phenomenon could be obtained. And we investigated properties of UV corona image on insulator in salt water environments. From the results, the breakdown voltage was decreased and UV images were taken at low voltages and the UV image is rapidly increased with increasing High voltage.

**1. 서 론**

전력수요의 증가와 발전설비의 노후화 등에 의해 기존 전력설비의 진단은 설비의 수명연장, 안정적인 전력공급, 전기사고에 의한 정전과 이에 따른 재산적 피해 최소화하기 위해 중요하며, 최근 설비진단에 대한 관심도 증가되고 있다. 또한 이들 전력설비의 진단장비는 약 95%가 외국의 장비를 도입하여, 부분방전, 코로나 방전 등의 열화를 효과적으로 검출하는 수단이며, 사진 및 촬영상태에 활용하고 있다.

특히, 우리나라의 원자력발전, 화력발전 설비는 대부분 해안가에 위치해 있으며, 염분과 분진에 의한 영향을 많이 받게 된다. 따라서 외부에 노출되어 있는 고전압 설비에 대한 안전대책과 설비의 장수명화를 위해 설비 진단은 반드시 필요하다. 일반적인 고전압 설비에서 방전에 의한 사고는 기중 또는 액체나 고체 절연과피에 의해 나타나며, 최근에는 코로나 방전에 의한 열화 상태를 진단하기 위해 자외선 코로나 카메라가 개발되어 국내에 활용되고 있다. 자외선 코로나 카메라는 코로나 방전 현상을 가시광선 영역의 이미지로 보여줌으로써 현장 전기안전관리자들이 쉽게 눈으로 열화 상태를 알 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 최근 개정된 전기설비 기술기준의 판단기준에 자외선 이미지 형태에 의한 판단법과 제작사에서 제공하여 방전카운트로 설비의 열화 상태를 진단하는 방법이 적용되고 있지만, 1대당 가격이 비싸다는 단점이 있다.

따라서 외국 진단장비의 수입 대체할 수 있는 진단 장비를 개발할 필요가 있으며, 자외선 이미지에 의한 열화 상태를 판단할 수 있는 분석기술을 개발함으로써 안전 관리자가 쉽게 현장에 적용할 수 있는 장비가 요구된다. 본 논문에서는 국내의 기술로 개발 중인 자외선 카메라의 개발동향과 발전소 전력설비 환경과 비슷한 염수환경을 모의하여 코로나 방전 이미지를 측정하였으며, 경제성과 분석기술 등이 포함된 장비의 개발을 통해 전기안전 서비스의 질적 향상과 국가 기술경쟁력 확보에 기여하고자 한다.

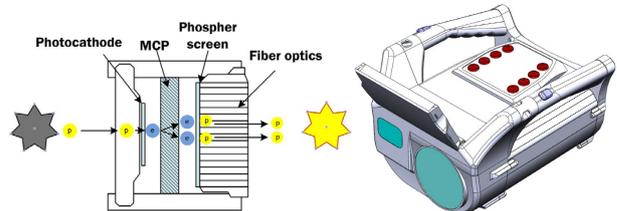
**2. 본 론**

**2.1 자외선 코로나 카메라 국내 개발 동향**

전력설비를 진단 할 수 있는 장비로 최근 주목 받고 있는 것은 자외선 코로나 카메라이다. 자외선 코로나 카메라를 생산하는 업체는 세계적으로 이스라엘, 남아프리카공화국 등이 있다. 기존 국내에서 수입되어 활용되고 있는 자외선 코로나 카메라는 이스라엘에서 생산한 것으로, 코로나 방전에서 발생하는 자외선 광자를 내부의 광증배관(MCP, Multi Channel Plate) 기술을 이용하

여 자외선을 수천만 배로 증폭하여 가시광선의 이미지로 나타낸 것이다. 그림 1에 자외선 코로나 카메라 원리와 국내에서 개발된 제품을 나타낸다.

자외선 코로나 카메라는 핵심기술인 UV-C 대역(Solar Blind 대역)을 빛을 받아서 자외선을 탐지하는 장비로서, 한국전기안전공사 전기안전연구원과 (주)이오시스템에서 군사용인 자외선 탐지 장치를 응용한 자외선 코로나 카메라를 개발하였다.



**<그림 1> 자외선 코로나 카메라의 개념 및 개발품**  
**<Fig. 1> The concept of UV corona camera and developed camera**

자외선 코로나 카메라의 핵심기술은 자외선 필터기술, 자외선 이미지 처리 기술, 자외선 및 주간영상 합성 등이 있다. 자외선 필터는 태양광 중 250~280 nm 파장대역(UV-C 대역)만 통과하고 나머지 파장대역 부분은 12 OD이상 차단하는 필터 기술이다. 자외선 이미지 처리는 자외선 이미지를 영상처리 알고리즘을 통하여 노이즈를 제거하고 안전진단에 적합하도록 하는 것이며, 자외선 및 주간영상 합성은 자외선 영상과 주간 영상을 동시에 보이도록 합성하는 기술이다. 자외선 코로나 카메라를 이용하여 전력설비를 진단할 수 있는 범위인 시계는 6.4°×4.8°로서 기존 카메라보다 약간 확대되어 넓은 범위를 진단할 수 있으며, 전력설비와 카메라 사이의 거리를 측정할 수 있는 거리측정기가 부착되었다.

또한 기존 카메라에서는 전력설비의 열화현상을 방전 카운트로 이상여부를 판단하지만, 개발된 제품에는 방전 카운트뿐만 아니라, 거리측정과 자외선 이미지 비교를 통해 설비의 이상여부를 판단할 수 있는 안전진단 소프트웨어가 탑재될 예정이다.

**2.2 염수환경에서의 절연애자의 코로나 방전 실험**

원전 발전설비 및 전력설비에 많이 사용되고 있는 고압 절연애자의 염수 등의 환경조건 실험을 위하여 “교류 시스템에 사용되는 고압애자의 인공 오염 시험(KSC IEC 60507)”에 의거하여 실험을 수행하였다. 이 규격은 최고 전압이 1,000V~765kV인 교류 시스템에 사용하며, 오염 대기에 노출되는 옥외용 세라믹 소재와 유리 소재로 제작된 절연체의 상용 주파수 내전압 특성 결정이 적용된다. 이 규격은 가공지선과 변전소 견인선, 부싱(Bushing) 등에 사용하는 절연체에 대한 인공 오염 시험 절차를 명시한 것이다.

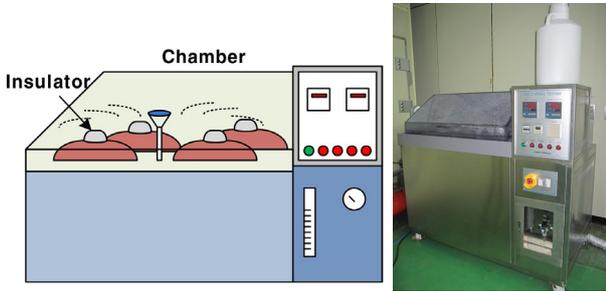
표준 시험을 위한 오염 시험 방법으로는 절연체를 정해진 오염 환경에 노출시키는 염무법, 절연체 표면에 고체 오염층을 부착시키는 고체충법이 있으며, 본 실험에서는 염무법을 통해 인공 오염 실험을 수행하였다.

**2.2.1 염수환경 열화실험장치 구성**

염수환경 열화실험 장치는 KSC IEC 60507 기준에 적합하도록 설계 및 제작하였다. 그림 2는 염수환경 열화실험 장치와 염수분무 실험의 그림을 나타낸다. KSC 기준에 의하면 노출충전부 등에 사용되는 고압애자, 부싱의 염수 시험법은 염무법과 고체충법이 있다. 본 실험에서는 염무법을 이용하였으며, 염수 분무를 위

한 분무시스템을 구성하였다. 염분은 압축공기를 분무하여 시험 챔버 안에 연무를 생성하게 하는 방법이다. 그림은 시험챔버 내에 염수분무에 의해 염분이 도포되는 흐름을 나타낸 것이다.

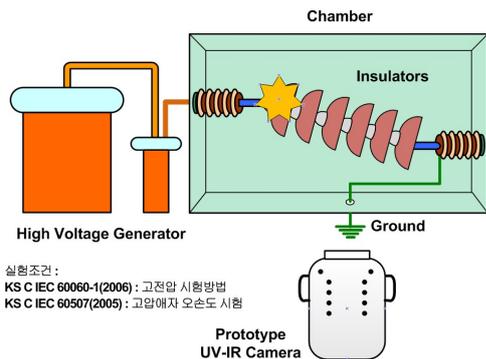
실험은 공융염 염화나트륨(NaCl)과 수돗물을 준비하여 염도를 5%로 맞추었으며, 가속열화상태를 모의하기 위해 50시간, 100시간 등으로 가속열화 시켰다. 실험에 사용된 절연애자는 송전용 현수애자(191mm)를 사용하였다.



〈그림 2〉 염수환경 열화실험장치  
〈Fig. 2〉 Apparatus of salt water environment.

### 2.2.2 염수환경 열화실험방법

그림 3은 고전압 인가에 따른 절연애자의 자외선 이미지 촬영 개략도를 나타낸다. 고전압 인가 실험은 KS C IEC 60060-1(2006)에 의해 정의된 고전압 발생장치를 이용하여 평가하는 방법을 활용하였다. 이때, 실험실 온도는 5℃, 습도는 65%를 유지하였다. 대상물과 자외선 코로나 카메라와의 측정거리 5m로 고정하였으며, 측정치는 10회 이상 측정된 자료를 평균으로 하였다. 고전압발생장치(Hipotronics, 0~200kV)를 이용하여 기중 절연파괴가 될 때 까지 10kV씩 전압을 상승시키며 그 때 발생하는 자외선 이미지를 검출하였다.



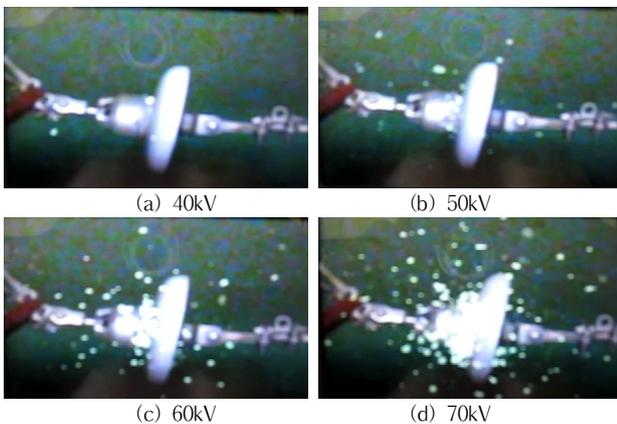
실험조건:  
KS C IEC 60060-1(2006) : 고전압 시험방법  
KS C IEC 60507(2005) : 교압애자 오손도 시험

Prototype UV-IR Camera

〈그림 3〉 절연애자의 자외선 이미지 실험 개략도  
〈Fig. 3〉 Schematic of experimental for UV image on insulator.

### 2.2.3 염수환경 열화실험 결과

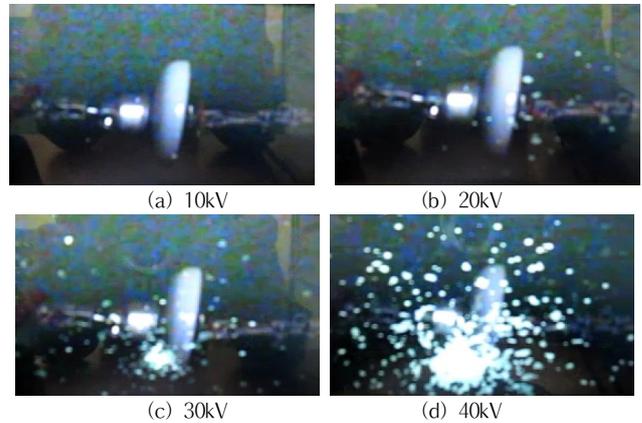
그림 4는 실험에 사용한 정상 현수애자에서의 자외선 이미지를 나타낸다. 고전압을 인가 후 절연파괴 될 때까지의 자외선 방



〈그림 4〉 정상상태 현수애자에서의 자외선 이미지  
〈Fig. 4〉 UV image of insulator at normal state.

에 따른 자외선 검출은 약 40kV 근처에서 발생하여 이미지 형태 전 이미지를 촬영하였으며, 절연파괴 전압은 약 85kV였다. 방전과 면적이 점점 증가하는 것으로 나타났다.

그림 5는 환경열화장치에 의해 염수를 50시간 분무하고 난 뒤 현수애자에서 발생하는 자외선 이미지를 나타낸다. 고전압을 인가 후 절연파괴 될 때까지의 자외선 방전 이미지를 촬영하였으며, 절연파괴 전압은 약 45kV였다. 방전에 따른 자외선 검출은 약 10kV 근처에서 발생하여 이미지 형태와 면적이 점점 증가하는 것으로 나타났다.



〈그림 5〉 염수분무(50h) 후의 현수애자에서의 자외선 이미지  
〈Fig. 5〉 UV image of insulator after salt water(50hour).

## 3. 결 론

개발한 자외선 코로나 카메라는 6.4°×4.8°로서 기존 카메라보다 약간 확대되어 넓은 범위를 진단할 수 있으며, 전력설비와 카메라 사이의 거리를 측정할 수 있는 거리측정기가 부착되었다. 자외선 코로나 카메라를 이용하여 자외선 이미지 영상을 촬영하였으며, 절연파괴 전압에 가까울수록 자외선 방전 이미지가 증가하는 것을 알 수 있었으며, 염수분무에 의한 가속열화에 의해 절연파괴전압도 낮아지며, 낮은 전압에서도 자외선 이미지가 검출되는 것을 알 수 있었다. 환경열화에 의한 자외선 이미지의 변화는 큰 차이는 나타나지 않았지만, 환경열화의 이미지와 정상상태의 이미지 비교를 통해 자외선 이미지의 면적 계산과 형태를 보고 절연애자의 열화 상태를 진단할 수 있을 것으로 판단된다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 송길목, 방선배, 김종민, 김영석, “코로나 방전에 의한 자기 및 폴리머 애자의 자외선 발생특성”, 한국조명전기설비학회, Vol. 21, No. 4, pp.147-152, 2008.
- [2] Alexandre R. Pauchard, Dragan Manic, Adrian Flanagan, Pierre A. Besse, Rade S. Popovic, “A Method For Spark Rejection in Ultraviolet Flame Detectors”, IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 47, NO. 1, pp. 168-174, 2000.
- [3] KSC IEC 60507, “교류 시스템에 사용되는 교압 애자의 인공 오염 시험”, 한국표준협회, 2005.