

UV 센서 어레이를 이용한 폴리머 애자의 코로나 방전 신호분석 연구

(A Study on the Signal Analysis of Corona Discharge on the Polymer Insulator using UV Sensor Array)

최명일* · 김재철**

(Myeong-Il Choi · Jae-Chul Kim)

Abstract

To prevent any accident in electric power utilities, many researches for inspection and diagnosis deteriorations occurring by corona discharges have been continuously studying. Inspection and diagnosis of electric power utility is very important to prevent an accident. This paper studies a measurement of ultra-violet(UV) ray of corona discharges on polymer insulators using an UV sensor array with an optic lens. The detection of an UV signal begins at 60kV, which is about 37.5% of the breakdown voltage of the polymer insulator and the stronger the high voltage increased to the polymer insulator was. It can be determined that the polymer insulator mounted on a live part must be examined when the discharge risk exceeds approximately 40%. In conclusion, the status of power utilities can be checked using an UV sensor.

Key Words : UV Camera, UV Sensor, Corona Discharge, Polymer Insulator

1. 서론

최근 전력설비에는 폴리머 애자, 케이블 종단 접속재, 고분자 부싱 등의 전력설비에 경량화, 비용 절감 등의 이유로 고분자 재료가 사용되고 있다. 하지만 고분자 재료는 장기간 외부에 노출이 되면 재료 표면의 경년 열화가 발생하여 수명이 단축되고, 열화에 따른 코로나 방전의 발생으로 지락 사고를 일으키게 된다. 따라서 전력설비의 사고를 사전에 예방하기 위해서는 코로나 방전을 적절하게 검출하여 진단하는 방법이 시간적 측면과 신뢰성 측면의 우수성으로 주목을 받고 있다. 이에 최근 전력 설비의 노출 충전부의 진단 장비로 이스라엘 Ofil사에서 출시된 자외선 카메라

* 주저자 : 한국전기안전공사 전기안전연구원
주임연구원

** 교신저자 : 송실대학교 전기공학과 교수

* Main author : Doctor course, Department of
Electrical Engineering, Soongsil
University

** Corresponding author : Professor, Department of
Electrical Engineering, Soongsil
University

Tel : 02-820-0647, Fax : 02-817-0780

E-mail : jckim@ssu.ac.kr

접수일자 : 2010년 8월 12일

1차심사 : 2010년 8월 18일

심사완료 : 2014년 2월 25일

(DayCor II, UV 240~280nm)를 이용하여 설비의 이상상태를 확인하며 자체적으로 방전 카운트를 활용하여 설비의 이상 유무를 판별하고 있다. 실제 현장에서 자외선 카메라를 이용하여 고전압 설비에서 발생하는 코로나 방전 이미지를 촬영한 것을 그림 1에 나타냈다. 그림에서 볼 수 있듯이 설비상태의 열화에 의해 자외선 이미지가 선명하게 보이는 것을 알 수 있으며, 또한 이를 이용하여 이득(gain)값에 따른 이미지 면적과 방전량을 이용하여 전력설비의 열화 상태를 판단해 주는 연구를 수행하였다[1-3]. 하지만 현재 이스라엘에서 출시한 자외선 카메라는 제작사에서 제공하는 방전 카운트로 이상유무를 판별하지만, 거리별 이득값 및 방전카운트에 대한 측정영역도 한정되어 있어 현장에서 사용하기에는 많은 제약이 따르며, 진단 장비의 가격이 너무 비싸다는 단점도 있다. 따라서 외산 자외선 카메라를 대체하여 자외선 센서를 이용한 간단하고 실용적인 검출 기술도 최근 주목을 받고 있다[4].

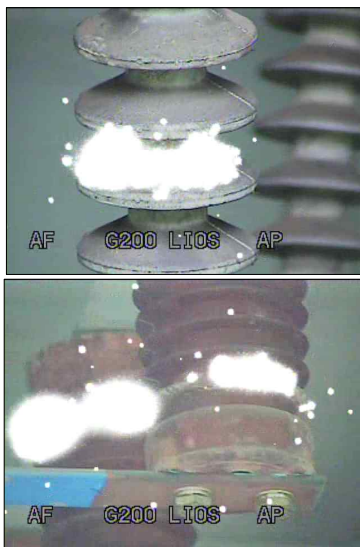


그림 1. DayCor II(Ofil)의 자외선 이미지
Fig. 1. ultra-violet image of DayCor II(Ofil)

UV 센서는 금속의 광전자 효과와 가스증폭 효과를 이용한 센서로서 자외선 검출 영역은 185~260nm의 좁은 파장 대역 특성을 가진다. 물론 센서 자체적으로는 코로나 방전을 검출하기에는 신호가 미약하지만,

광학렌즈를 부착하여 발생하는 자외선을 집광할 수 있으며, DC 전압의 공급에 의해 자외선 검출이 용이할 뿐만 아니라 기존 자외선 카메라의 핵심기술인 MCP에 비해 가격이 저렴하다는 장점도 있다[5].

따라서 본 연구에서는 전력설비의 노출 충전부에 사용되고 있는 고분자 절연 애자에서 발생하는 코로나 방전을 UV 센서를 통해 검출하는 방법과 판별방법에 대하여 연구하였다.

2. 실험구성 및 방법

그림 2에서 볼 수 있듯이 본 논문에서는 코로나 방전 시 발생하는 자외선을 검출하기 위해 자외선 감지 센서인 UV Tron R9533(하마마쓰(사),일본)을 사용하였다. 그림 2 (a)의 R9533은 전면에 애노드 및 캐소드가 설치되어 있다. 그림 2 (b)는 R9533 센서를 이용하여 2×2로 배열한 것으로 전력 설비의 코로나 방전 시 자외선이 발생하는 위치를 정확하게 찾기 위해 구성한 것이다. 각 센서 사이에는 자외선 감지에 따른 간섭을 최소화하기 위하여 장벽을 설치하였다.

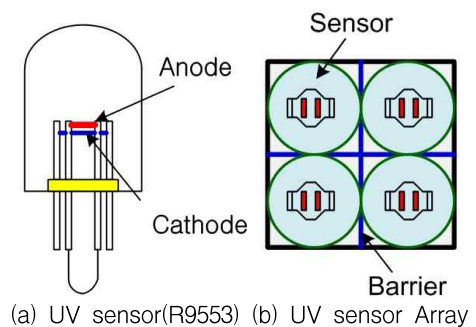


그림 2. 자외선 센서 및 센서어레이
Fig. 2. UV sensor and array

코로나 발생 시의 검출되는 자외선은 크기가 작기 때문에 UV 광을 검출하기 위해 투과형 광학 렌즈를 설계하여 적용하였다. 그림 3은 광학렌즈를 이용하여 자외선을 감지하는 시스템을 개략화하여 나타낸 것이다[5].

렌즈의 재질은 UV대역에서 투과도가 우수한 UV급 fused silica로 정하고, 렌즈의 초점거리는 200mm, 렌

즈의 직경은 100mm, 화각(FOV)은 10°로 초기조건을 선정 후 중심파장 250nm에 대해서 UV 집광 비구면 렌즈의 최적화를 실시하였다. 렌즈에 의해 후단부에 형성되는 이미지 상면에 UV R9533 센서를 위치하도록 하였으며, 센서의 구동전압은 400V이상으로 하였다. 또한 자외선의 변화를 측정하기 위하여 레코더를 설치하여 출력되는 펄스 신호를 카운트하고 신호파형을 관찰하였다. 고전압 인가 실험은 IEEE Std. 436에 근거한 실험구성이 이루어졌으며, IEC, ASTM STP 669에서 권장하는 시험법을 선택하였다.

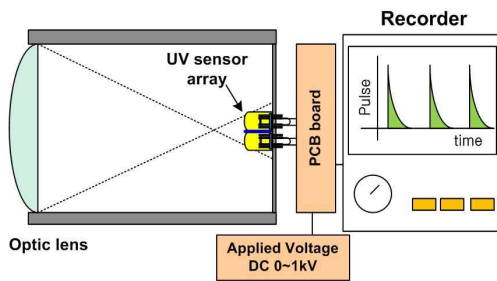


그림 3. 광학렌즈를 이용한 자외선 측정 시스템
Fig. 3. System diagram detecting UV rays using the optical lens

실험 조건은 KS C IEC 60060-1(2006)에 의해 정의된 고전압 발생장치를 이용하여 전력 설비를 평가하는 방법을 활용하였다. 이때 실험실 온도는 5°C, 습도는 65%를 유지하였다. 측정거리는 5m로 고정하였으며, 측정치는 10회 이상 축적된 자료를 평균으로 하였다. 코로나 발생 대상물은 현재 국내에서는 22.9kV 배전선로에 이용되고 있는 정상적인 폴리머애자 (Silicone A type)이며, 공급전압은 고전압발생장치 (Hipotronics, 0~200kV, 60Hz, USA)를 이용하여 기중 절연파괴가 될 때까지 10kV씩 전압을 상승시키며 그때 발생하는 자외선을 검출하였다.

3. 실험결과 및 검토

3.1 자외선 센서를 이용한 실험결과

그림 4는 UV R9533 센서를 이용하여 코로나 방전

시의 자외선 신호를 검출한 결과를 나타낸다.

이때 폴리머애자의 절연파괴 전압은 160kV이었으며, 센서의 DC 구동 전압은 700V로 하였다. 그림에서 절연파괴 전압의 약 37.5%에 해당하는 60kV이상에서부터 확실하게 코로나 방전에 의한 UV 신호가 검출되는 것을 방전 펄스 카운트로 확인하였으며, 폴리머 애자에 인가되는 고전압의 세기가 증가함에 따라 점차 UV 센서에서 검출되는 펄스의 수도 점차적으로 증가되는 것으로 확인할 수 있었다.

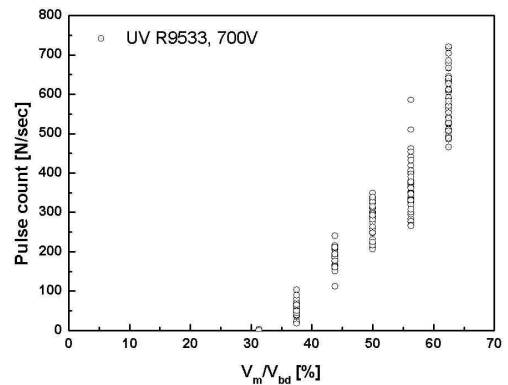


그림 4. UV 9533센서 의한 코로나방전 시의 신호
Fig. 4. UV signal during corona discharge using the UV R9533 sensor

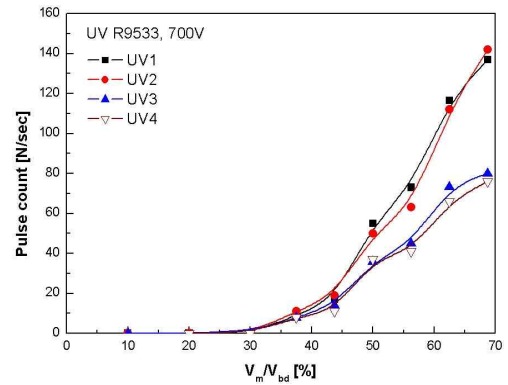


그림 5. 2x2센서에 의한 코로나 방전 시의 UV신호
Fig. 5. UV signals during corona discharge using 2x2 array of R9533

그림 5는 R9533 센서를 이용하여 2x2로 배열하여 코로나 방전시의 자외선 신호를 검출한 결과를 나타낸다. 그림에서 60kV이상에서 코로나 방전에 의한

UV 광이 검출되는 것을 확인하였으며, 센서 1과 2번에서 펄스 카운트가 3번과 4번 센서에 비해 높게 나타났다. 하지만 자외선 펄스 카운트는 그림 4에 비해 작은 것을 알 수 있다. 또한 센서 4개를 어레이 방식을 이용하여 코로나 발생 부위를 매우 정확하게 찾는 것은 어려운 것으로 판단된다. 이 결과는 제작된 광학계의 spot 면적이 2×2센서 면적보다 작기 때문에 자외선이 모두 집광되지 못한 결과를 판단된다.

따라서 광학계의 spot 면적을 크게 하고 센서 개수를 늘려준다면 코로나 방전이 나타나는 위치를 정확하게 감지할 수 있을 것으로 판단된다.

3.2 자외선 신호를 이용한 판별 방법

폴리머 애자에서 발생하는 코로나 방전 시, 자외선 신호(펄스 카운트)를 이용하여 고전압 설비의 이상 유무를 판별하는 방법에 대해 분석하였다. 그림 6은 자외선 펄스 카운터에서 획득한 데이터를 이용하여 비주얼 이미지로 보여주는 방법을 나타낸다. 그림에서 검출한 자외선 펄스카운트를 시각적 이미지로 보여주면 그림 (a)와 같은 해상도가 낮은 화면으로 보이게 된다. 따라서 보간법을 이용하면 그림 (b)와 같이 자외선이 집중되는 부분과 흐릿한 부분을 구분할 수 있다. 하지만 이미지의 해상도가 매우 낮아 직접 적용할 수 없으므로 보간법을 이용하여야 한다. 보간법은 유효 데이터를 이용하여 존재하지 않는 데이터 추론 기법이다.

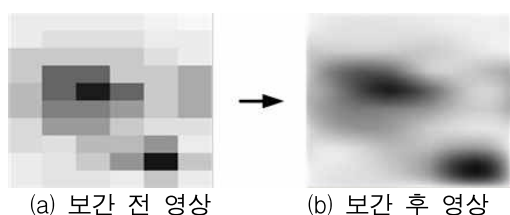
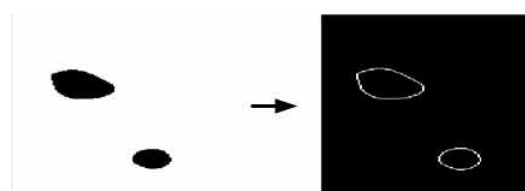


그림 6. 자외선 신호를 이용한 영상 비교
Fig. 6. Comparison of image using UV signals

그림 7은 그림 6의 (b)영상을 이용하여 등고선을 설정한 결과이다. 등고선 알고리즘은 일종의 Threshold

기법을 사용하여 영상의 명도를 숫자로 변환한 상태에서 설정한 Threshold 이상의 값과 이하의 값으로 구분하는 과정을 순차적으로 일정 간격으로 표시하여 이를 겹치는 기법을 사용하였다. Threshold 함수를 사용하여 그림 7 (a)와 같이 나타나며 이 그림의 외곽선을 추출하여 그림 7 (b)를 생성한다. 이러한 기법으로 다양한 Threshold 값을 설정하여 같은 그림을 여러 장 얻은 후 모두 표시하는 방식으로 등고선을 표시할 수 있다.



(a) Threshold에 의한 영상 추출 (b) 외곽선 추출

그림 7. Threshold를 이용한 등고선 표시
Fig. 7. Contour line using Threshold

그림 8은 UV 센서 어레이 시스템을 이용한 자외선 검출 신호를 처리한 영상과 가시광선 영역에서의 실 영상을 매칭하여 154kV급 현수애자에서 코로나 방전이 나타나는 것을 현장에서 측정된 결과를 나타낸 것으로 코로나 방전이 집중하는 부분에는 자외선 등고선이 집중함으로 설비의 이상 유무를 판별할 수 있을 것으로 판단된다.



그림 8. UV 센서 어레이 시스템을 이용한 154kV 현수애자의 자외선 측정 신호
Fig. 8. UV signals of 154kV suspension insulator using UV sensor array system

4. 결 론

본 연구에서는 광학렌즈가 부착된 자외선 센서 어레이를 이용한 폴리머 애자의 코로나 방전 신호분석과 판별방법에 대하여 실험을 실시하였다.

전력 설비 노출 충전부의 코로나 방전 발생 시의 자외선 특성은 자외선 센서와 광학렌즈를 이용하여 빛을 집광함으로써 자외선 신호를 검출할 수 있었으며, 폴리머 애자의 절연파괴 전압의 37.5%에 해당하는 60kV에서 자외선 신호가 확실하게 검출되는 것을 확인하였다. 또한 자외선 발생 위치를 검출하기 위해 멀티형태로 배열하여 실험한 결과, 각 센서마다 자외선 센서 신호의 검출량이 다르게 측정되었으며, 광학계의 spot 면적을 크게 하고 센서 개수를 늘려준다면 코로나 방전이 나타나는 위치를 정확하게 감지할 수 있을 것으로 판단된다.

국내 UV Sensing 진단기술의 지속적 개발은 활성 상태에서 전력설비의 열화 상태를 진단하여 전기안전 서비스의 질적 향상과 국가 기술경쟁력 확보에 기여할 것으로 기대한다.

References

- [1] K.M. Shong, S.G Kim, W.K Han, Y.S. Kim, J.S. Jung and H.J. Choi, "Recognition and Detection of Corona Discharge on Porcelian Insulators at 22.9kV Distribution Line Using UV-Camera", 15th ISH2007, pp.439, 2007.
- [2] Kil-Mok Shong, Young-Seog 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.
- [3] Kil-Mok Shong, Sun-Bae Bang, Chong-Min Kim, Young-Seog Kim, Jin-Su Jung,, "The Characteristics UV Generation Aging Materials in According to Surface Discharge", KIEE, Vol.57, No. 9, pp.1606-1611, 2008.
- [4] Kil-Mok Shong, Sun-Bae Bang, Chong-Min Kim, Young-Seog Kim, "The Ultraviolet Generation Characteristics of porcelain and Polymer Insulators by Corona Discharge", KIEE, Vol. 21, No. 4, pp.147-152, 2008.
- [5] Young-Seog Kim, Myeong-II Choi, Chong-Min Kim, Sun-Bae Bang, Kil-Mok Shong, Chong-Min Kim, "Comparison of UV images and Measurement of the Corona Discharge from Insulators using the UV Sensor", KIEE, Vol. 60, No. 4, pp.899-904, 2011.

◇ 저자소개 ◇



최명일(崔明日)

1975년 5월 30일생. 2002년 창원대학교 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2011년 숭실대학교 대학원 전기공학과 박사수료. 2003년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 주임연구원.

Tel : (031)580-3019

Fax : (031)580-3111

E-mail : ken2003@kesco.or.kr



김재철(金載哲)

1955년 7월 12일생. 1979년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1983년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 숭실대학교 전기공학과 교수. 본 학회 회장.

Tel : (02)817-0647

Fax : (02)817-0780

E-mail : jckim@ssu.ac.kr