

투과율 향상 UV 필터와 IR 모듈을 이용한 자외선-적외선(UV-IR) 카메라 개발

(Development of UV-IR Camera using IR Module and Improved UV Filter Transmittance)

김영석* · 송길목 · 방선배 · 김충민 · 최명일 · 김우진

(Young-Seok Kim* · Kil-Mok Shong · Sun-Bae Bang · Chong-Min Kim · Myeong-Il Choi · Woo-Jin Kim)

Abstract

UV-IR diagnostic technology is being used for predictive maintenance of high voltage equipment together with IR-thermography and ultrasonic devices. In this paper, the UV-IR camera design, fabrication, and perform a simple test to be take advantage of the diagnostic equipment. UV-IR camera developed a $6.4^{\circ} \times 4.8^{\circ}$ 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. In a distance of 5m with the UV-IR it is possible to detect partial discharge with a PD level of 2.5 pC and a RIV(Radio Influence Voltage) level of 3.6dB μ V.

Key Words : UV-IR Camera, Diagnosis, High Voltage, Partial Discharge, IR-thermography

1. 서 론

전력설비의 사고방지를 위해 운전 상태에서 설비의 열화현상을 검출하기 위한 기술은 계속 발전하고 있다. 복잡하고 이해하기 힘든 신호 분석 기술에서 측정상의 어려움을 해소할 수 있는 영상 이미지로 열화 현상을 검출하는 것은 설비진단 기술의 발전이라 할 수 있다[1-3].

UV-IR 카메라는 적외선 열화상 카메라와 자외선

코로나 카메라를 조합한 기술이다. 피사체의 실물을 보여주는 것이 아닌 피사체의 표면으로부터 복사(방사)되는 전자파의 일종인 적외선 파장 형태의 에너지(열)를 검출, 피사체 표면 복사열의 강도를 측정하여 강도의 양에 따라 각각의 다른 색상으로 표현해 주는 카메라이며, 자외선 코로나 카메라는 지구상의 자외선 범위(100~280nm)의 파장 대역을 검출하여 가시광선 대역의 이미지로 변환시켜 보여주는 카메라 기술이다. 다시 말해 전력설비에서 전류에 의해 발생하는 열을 감지하는 적외선 카메라와 전계에 의한 방전 현상을 감지하는 기술이다. 특히, 적외선 열화상 카메라와 자외선 코로나 카메라는 최근 무정전 검사 및 진단 기술로 각광받고 있다[4-6].

UV-IR 카메라의 개발현황을 살펴보면, 남아프리카 공화국의 UViRiCO사의 MultiCam이 유일하며, 시아

* 주저자 : 전기안전연구원 진단기술연구팀 선임연구원
* Main author : Electrical Safety Research Institute
Tel : 031-580-3064, Fax : 031-580-3111
E-mail : athens9@kesco.or.kr
접수일자 : 2012년 9월 17일
1차심사 : 2012년 9월 20일
심사완료 : 2012년 11월 19일

각이 8.0°×6.0°, IR 해상도는 320×240, UV 검출은 240~280nm의 파장대역을 검출할 수 있다[7]. 하지만 아직 국내에는 개발된 적이 없다.

본 논문에서는 국내에서 처음으로 UV-IR 카메라 개발을 목적으로 UV-IR 카메라 설계, 제작, UV 필터 기술 등에 초점을 두고 개발을 하였으며, 설비 진단에 활용할 수 있게 간단한 시험을 수행하였다.

2. UV-IR 카메라의 설계

UV-IR 카메라의 구성은 적외선 열화상 카메라, 자외선 카메라, 실영상 카메라로 구성된다. 지구상에 존재하는 빛(光)은 파장대역이 서로 다르기 때문에 발생하는 빛의 투과율을 좋게 하기 위해 각각의 렌즈가 필요하며, 성질이 다른 두 개의 광학계가 존재하게 된다.

그림 1과 표 1은 UV-IR 카메라의 광학계의 개략도와 설계 사양을 나타낸다. 카메라의 시야각(FOV)은 6.4°×4.8°에 맞게 설계하였고 그림에서와 같이 실영상 및 UV 광학계는 동일한 광학축을 갖는 1개 구조로 설계 및 제작하였으며, 겹침(Overlay) 정확도는 1 mrad 이하가 되도록 하였다. 적외선 영상을 획득하기 위하여 적외선 열화상 카메라 부분을 별도로 설치하였다.

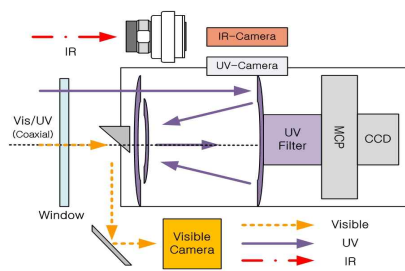


그림 1. UV-IR 카메라의 광학계 개념도
Fig. 1. Schematics of optical system of UV-IR camera

발생된 자외선은 렌즈를 통해 자외선 필터를 통과하게 설계하였으며, 여기서 자외선 필터는 태양광 중 240~280nm 파장대역(UV-C 대역)만 통과하고 나머지 파장대역 부분은 12 OD 이상 차단하는 필터 기술이다. 자외선 이미지 처리는 자외선 이미지를 영상처리 알고리즘을 통하여 노이즈를 제거하고 안전진단에 적

합하도록 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/실 화상 카메라 부분의 2개의 렌즈가 독립적으로 설치됨으로써 생기는 겹침 정확도 손실은 발생하지만, 20m 이상 무한대까지의 영상에서는 겹침에 의한 정확도 손실은 무시할 수 있도록 하였다.

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	$3 \times 10^{-18} \text{ W/cm}^2$
	UV-C 투과율	10%
	기타대역 차단율	> 12 OD
실영상 카메라	초점거리	0.5m ~ 무한대
	줌 기능	광학 33배
적외선 광학계	해상도	640×480
	온도 감도	-40 ~ 160°C
Overlay 정확도	자외선/실영상	< 1 mrad
	자외선/적외선	< 2 mrad @ 20m

3. UV-IR 구성요소의 특징

3.1 IR 센서 모듈의 특징

그림 2는 적외선 열화상 모듈을 나타낸다. 적외선 센서 모듈은 FLIR사의 Tau 640 core를 사용하였으며, 렌즈는 전동 초점 조절방식인 렌즈(Ophir 사)를 사용하였으며, 자외선 광학계의 시야각인 6.4°×4.8°에 맞게 2배 줌을 하였다.

적외선 카메라 모듈은 크게 적외선 렌즈 모듈, 장착 어댑터, 적외선 검출 모듈로 이루어져 있고, 적외선 렌즈 모듈에서 제공하는 모터를 제어하여 정확한 초점을 맞추도록 되어 있다. 또한 화면 중심점의 온도를 표시하는 기능이 있으므로 전력 설비의 이상 유무를 온도 변화로 측정이 가능하다.

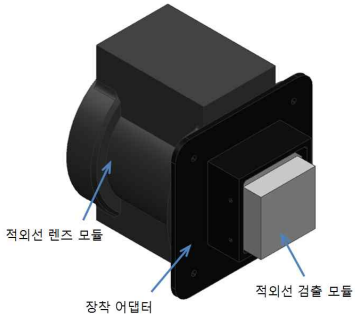


그림 2. 적외선 열화상 모듈
Fig. 2. Module of IR thermography

3.2 UV 필터 특징

UV 필터는 태양광의 자외선, 가시광선, 적외선 파장대역 중 태양광 차단 대역(240~280nm)만을 투과시키는 것으로 자외선은 UV-A(320~400nm), UV-B(280~320nm), UV-C(100~280nm) 대역으로 나뉘게 된다. 자외선 파장 대역 중 UV-A는 지구상에 존재하고, UV-B는 오존층에 흡수되거나 지구상에 존재하며, UV-C는 오존층에 완전히 흡수되어, 지상에는 존재하지 않는다. 하지만 지구상에 존재하는 화염, 코로나 방전에서는 약 230~405nm의 자외선 파장대역이 발생하며[8], 따라서 230~280nm의 자외선 파장대역만 통과하고 나머지 파장대역은 완벽하게 차단하는 UV 필터를 솔라블라인드(SB) 필터라 하며, 방전에 의한 자외선을 쉽게 취득할 수 있다.

표 2는 목표로 하는 UV 필터의 투과율과 차단율을 나타낸다. 사용된 UV 필터는 자체적으로 제작하는 폴리머 흡수 필름, 코팅, UV 필터 Glass(UG5), 황산니켈 결정체 필터를 조합하여 최종 성능을 구현하는 타입으로 제작하였다.

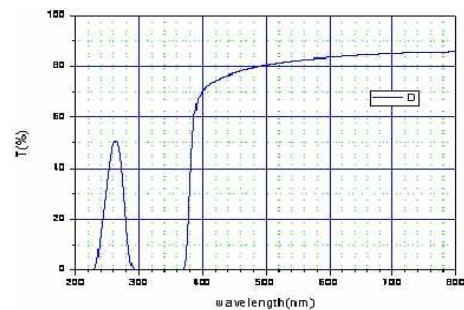
그림 3은 흡수 필터 필름의 투과율 및 차단율을 나타낸다. UV-A, B 파장 대역의 자외선을 흡수하고 UV-C 대역의 자외선을 투과하는 기능을 갖는 흡수필름은 필름 제조 용액의 비율과 제조공정 조건에 따라 투과율 및 차단율이 다르게 형성된다. 그림 a)의 투과율은 265nm의 파장대역에서 약 50% 정도의 특성을 나타내었다. 흡수필름 필터를 3장 겹쳐서 사용하게 되면 투과율을 $0.5 \times 0.5 \times 0.5 = 12.5\%$ 정도를 나타낸다. 그

림 b)의 차단율은 290nm를 기준으로 5.7 OD를 나타내어 차단율은 $5.7+5.7+5.7=17.1$ OD 정도를 나타내었다. 이는 표 2에서 목표치로 제시한 투과율 10%이상, 차단율 12 OD 이상을 초과하는 결과를 나타내었다.

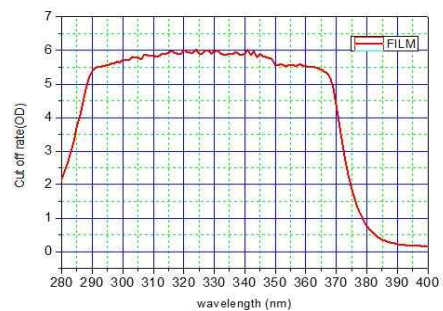
그림 4는 광학계의 필터 구조체 중 가시광선 대역을 차단하는 기능을 갖는 UG 5에 대한 투과율과 황산니켈 필터에 대한 투과율을 나타낸다. UG 5는 유리의 렌즈로 되어 있기 때문에 두께를 조절하여 투과율을 개선하였으며, 너무 얇을 경우, 필터 기능을 확보할 수

표 2. UV 필터 목표 사양
Table 2. Parameters of UV filter

	중심파장대역 [투과율, 차단율]	성능 [투과율, 차단율]
UV Filter	@265nm, 밴드폭 ±15nm	10% 이상 (Max Peak)
	@285~290nm	6 OD 이상
	@290~300nm	10 OD 이상
	@300~750nm	12 OD 이상
	@750~800nm	6 OD 이상



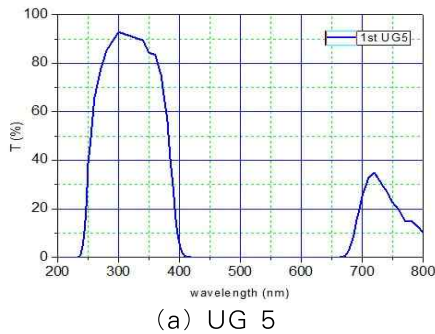
(a) 투과율



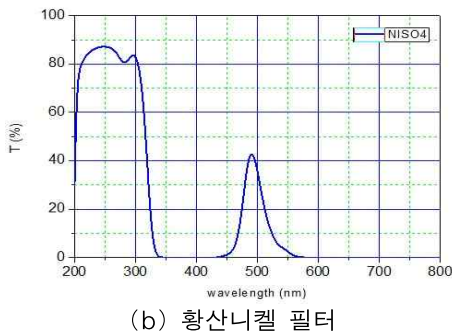
(b) 차단율

그림 3. UV 흡수필름 필터의 투과율 및 차단율
Fig. 3. Cut off rate and transmittance of UV absorption film filter

없기 때문에 두께가 최소한 10mm 이상이 되도록 설계, 제작하였다. 제작한 결과 투과율은 250~280nm 사이에서 67%를 나타냈었다. 그림 b)의 황산니켈 필터는 350~420nm 및 600nm 이상의 파장대역을 흡수하는 기능을 가지며, 250~280nm사이에서는 83%의 UV 투과율을 나타내었다.



(a) UG 5



(b) 황산니켈 필터

그림 4. UG 5 및 황산니켈 필터의 투과율
Fig. 4. Transmittance of filters at UG 5 and Nickel sulfate

UV 광학계의 윈도우 창의 코팅을 통해 투과율을 개선한 것을 그림 5에 나타낸다. 윈도우에서의 투과율은 약 88%을 성능을 나타내었다. 기타 반사경코팅 및 테이퍼 투과율 및 효율을 적용하여 UV 필터의 투과율을 개선하였다.

표 3은 솔라블라인드 UV 필터 조립체의 투과율 및 차단율을 나타낸다. UV 카메라를 구성하는 필터들의 투과율 및 차단율을 조합하여 솔라블라인드 UV 필터 조립체의 투과율 및 차단율을 계산하였다. 가장 중요한 250~280nm사이의 투과율은 흡수필름에 대한 투과율 12.5%, 윈도우의 투과율 88%, 기타 필터 조립체

의 투과율 98%를 조합하여 전체적인 투과율은 11%를 나타냈으며, 차단율 성능은 목표 사양 대비 370~400nm 대역에서 좋은 성능을 보였다.

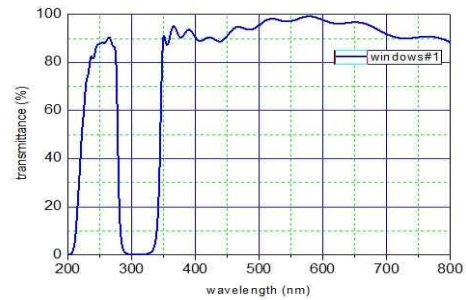


그림 5. 윈도우 코팅 창의 투과율
Fig. 5. Transmittance of window coating

표 3. UV 필터의 투과율 및 차단율
Table 3. Cut off rate and transmittance of UV filters

	투과율	차단율
결과값	11% @ 265nm	6 OD @ 285~290nm 10 OD @ 290~300nm 12 OD @ 300~750nm 9 OD @ 750~800nm

4. UV-IR 카메라의 제작 및 성능확인

그림 6은 제작된 UV-IR 카메라의 외형을 나타낸다. 내부에 장착된 반사경을 이용하여 자외선 영상과 UV 영상이 동일 광축을 갖도록 하였다. 크기는 290mm×266mm×187mm(W×L×H)이며 무게는 약 4.5kg이다. 무게 감소를 위해 내구성이 허락하는 범위 내에서 플라스틱 계열의 재질을 다량 적용하였다. 운용 편의성을 고려하여 관측용 LCD 패널은 15° 상 방향을 보도록 장착시켰고, 버튼은 사용 빈도에 따라 후면과 측면에 배치하였다. UV-IR 카메라는 총 4개의 광학계(UV, IR, 가시광, LRF)를 가진다. 거리 측정기(LRF)와 적외선 카메라는 UV-IR 카메라 운용 시 가시광선, 자외선에 비해 영상 융합 필요성이 낮고, 각 파장대 검출 분해능을 높이기 위하여 본 설계에서는 UV 및 가시 광학계의 광축이 평행하고, 거리측정기와 적외선 카메라는 별도의 광축을 가지도록 설계를 하였다. 그림과 같이 전면

패널에 각 광학계 윈도우를 장착하고, 3개의 입사 광축이 평행하게 설계하여 각 광학계 카메라 이용 시 이질감을 최소화 하였다.

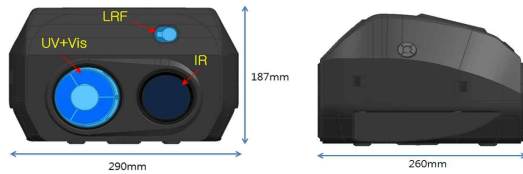


그림 6. UV-IR 카메라 외형 및 치수
Fig. 6. Size and shape of UV-IR camera

그림 7은 UV-IR 카메라의 시스템 보드 블록도를 나타낸다. 메인 보드에서는 각 모듈에 대한 제어와 성능을 나타낸 것이다. 먼저 측정하고자 하는 전력설비에서 자외선이 발생하면, 자외선 이미지 모듈에서 들어온 자외선 영상을 DSP 모듈에서 이미지 처리를 하여 자외선 영상에 있는 노이즈를 제거하여 선명한 UV 영상을 메인 보드의 영상 합성 모듈에 공급한다. 실영상 카메라 모듈의 실영상도 영상합성 모듈에 영상을 공급하게 되어 있다. 적외선영상도 모듈에서 출력된 값이 영상합성 모듈로 공급되도록 하였다. 하지만 전력설비에서 발생하는 자외선 신호가 작기 때문에 자외선 신호를 증폭해야만 하며, 영상증폭관의 증폭률을 조정해주는 UV게인 조정 모듈은 증폭률의 단계를 최대 128단계로 세분화하여 자외선 영상 증폭관에 공급하고 있다. UV 광학계의 영상 초점은 직류 모터를 사용하여 전기적으로 조정하는데 영상의 초점은 실영상을 기준으로 하여 실영상 카메라 렌즈의 위치를 통신을 통하여 획득한 다음 이에 맞는 UV 카메라의 포커스를 UV포커스 드라이버 모듈을 사용하여 조절하였다. 사용자의 키 입력을 받아들이는 키보드, 영상을 나타내는 LCD모듈이 있으며 저장된 영상을 외부로 백업할 수 있게끔 해주는 메모리카드 및 PC의 USB 장치와 인터페이스 할 수 있는 기능도 가지고 있다. 또한 실시간으로 외부 디스플레이에 영상 출력을 할 수 있도록 비디오출력 포트를 제공한다. CPU모듈로 입력된 디지털 오버레이 영상은 동영상 또는 정지영상으로 저장되며 플레이백 영상이나 라이브 출력 영상을 LCD모듈로 출력하도록 구성되어 있다. UV-IR 카

메라에서는 거리측정기를 부착하여 거리측정을 통해 전력설비의 이상여부를 확인할 수 있는 안전진단 소프트웨어를 추가하였으며, 이는 이미지 처리 기능의 DSP 모듈에서 수행한다. UV-IR 카메라의 사용은 전면에 자외선 광학계와 거리측정기가 위치해 있으며, 위쪽에 LCD 모니터가 있어 전력설비의 이상여부를 확인할 수 있도록 하였다.

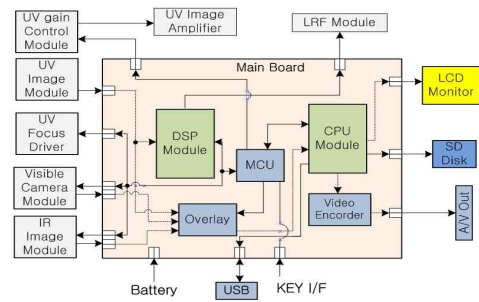


그림 7. UV-IR 카메라 시스템 보드 블록도
Fig. 7. Diagram of system board of UV-IR camera

UV-IR 카메라의 성능시험 기준은 전 세계적으로 제시된 것은 없다. 따라서 적외선 열화상 카메라는 적외선 센서 모듈의 성능을 참조하였으며, 자외선 카메라의 성능확인에는 NEMA Standard No. 107-1987[9], IEC 60270[10]에 의해 개발된 자외선 카메라의 성능을 시험하였다. 시험은 한국전기연구원(KERI)에서 수행하였으며, 시험성적서도 발부받았다.

NEMA Standard는 침 전극을 이용하여 고전압 인가에 대한 시험 방법으로서, 여기서는 침 전극의 설치와 고전압 인가 시의 자외선 영상 검출에 사용하였다. 시험방법은 침 전극을 설치하고 AC 60HZ의 전압을 서서히 증가시켜 부분방전이 발생시켰을 때 침 전극으로부터 5m 거리에 떨어진 곳에 자외선 코로나 카메라를 설치하고 자외선을 검출한 자외선 이미지의 픽셀수가 3개일 때 인가한 전압과 부분방전 값을 기록하였다.

그림 8은 시험장면과 자외선 카메라에서 검출된 영상을 나타내며, 표 4는 시험 결과를 나타낸다. 시험결과 개발된 자외선 카메라는 2.5 pC의 부분방전을 발생시켰을 경우, 5m 거리에서 측정이 가능하며, 그때 최소 RIV 검출은 3.6dB μ V@1MHz 의 값을 가졌다.

그림 9는 UV-IR 카메라를 통해 촬영된 영상 이미지

투과율 향상 UV 필터와 IR 모듈을 이용한 자외선-적외선(UV-IR) 카메라 개발

를 나타낸다. 그림 a)는 UV+Vis 영상으로 실영상에 UV 영상이 동일하게 일치되는 것을 알 수 있었으며, 그림 b)의 UV+IR 영상에서는 20m를 기준으로 하여 UV 영상과 IR 영상의 매칭이 동일하게 일치하는 것을 알 수 있었다.

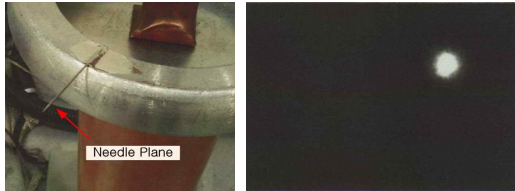
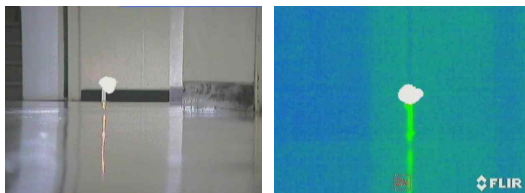


그림 8. UV-IR 카메라의 자외선 시험 및 검출이미지
Fig. 8. UV Image and UV test of UV-IR camera

표 4. UV-IR 카메라의 자외선 성능결과
Table 4. Test results of UV in UV-IR camera

구분		UV-IR Camera
적용 규격		NEMA Standard No.107-1987 IEC 60270
자외선 (UV)	최소 방전 검출	2.5 pC, @5m
	최소 RIV 검출	3.6dB μ V@1MHz, @5m



a) UV+Vis 영상 b) UV+IR 영상

그림 9. UV-IR 카메라의 영상 이미지(@20m)
Fig. 9. UV, Vis, IR Image of UV-IR camera

그림 10은 UV-IR 카메라를 이용하여 촬영된 이미지와 오른쪽에 표시되는 전력설비의 이상여부를 표시하는 것을 나타낸다. UV-IR 카메라를 이용하여 전력설비 진단 시에 전력설비의 이상 유무를 LRF를 통한 거리 측정, 자외선 이미지 패턴법의 활용, 전력설비 방전일치율(%) 및 중심부의 온도 표시를 통해 설비의 이상 유무를 쉽게 알 수 있도록 표현하였다. 비록 UV-IR 카메라에 대한 측정기준은 제시되어 있지 않지만 본 카메라의 설계와 제작을 통해 참고되는 기준

을 가지고 시험하였다. UV 카메라는 NEMA 규격에 의해 전력설비에 활용이 가능할 정도의 감도를 가지는 것으로 판단되며, IR 카메라는 부속품의 성능에 의해 전력설비의 열화 상태를 감지하는 것이 가능한 것으로 판단된다.

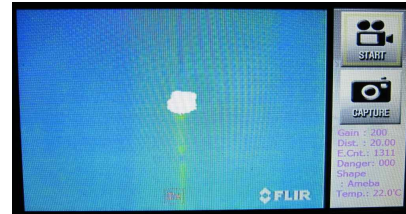


그림 10. UV-IR 카메라의 모니터
Fig. 10. Monitor of UV-IR camera

5. 결론

본 논문에서는 처음으로 UV-IR 카메라 설계, 제작, UV 필터기술 등을 이용하여 UV-IR 카메라를 개발하였다. UV-IR 카메라의 시야각은 6.4°×4.8°에 맞게 설계하였고 실영상 및 UV 광학계는 동일한 광학축을 갖는 1개 구조로 설계 및 제작하였으며, 겹침 정확도는 1 mrad 이하가 되도록 하였다. 적외선 영상 획득을 위해 적외선 열화상 카메라를 별도로 설치하였으며, 안전진단을 위해 거리 측정기를 부착하였다. 적외선 센서 모듈은 온도 측정범위가 -40~160°C까지 가능하고 해상도가 640×480를 사용하여 자외선 광학계의 시야각인 6.4°×4.8°에 맞게 2배 줌을 하였다. UV 투과율은 흡수필름, 윈도우, 기타 필터 조립체의 투과율을 조합하여 11%의 성능을 나타내어 방전에 의한 자외선 검출을 용이하도록 하였다. 이를 이용하여 UV-IR 카메라를 제작하였으며, 크기는 290mm×266mm×187mm (W×L×H)이며, 무게는 약 4.5kg이다. 개발된 UV-IR 카메라는 적외선 센서 모듈에 맞게 열화상 이미지 기능을 가졌으며, 자외선 카메라는 2.5 pC의 부분방전이 발생시켰을 경우, 5m 거리에서 측정이 가능하며, 그때 최소 RIV(Radio Influence Voltage) 검출은 3.6dB μ V@1MHz의 값을 가졌다. 또한 모니터에 표시되는 UV+가시광 영상은 동일하게 일치되었으며, UV+IR 영상에서는 20m를 기준으로 하여 UV 영상과 IR 영상의

매칭이 동일하게 일치하는 것을 알 수 있었다.

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

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] ZANG Chunyan et al, "Research on Mechanism and Ultraviolet Imaging of Corona Discharge of Electric Device Faults, IEEE International Symposium on Electrical Insulation, pp.690-693, 2008.
- [3] Lee, Myung Jun et al, "Current Status of the Ultraviolet Optical Equipment", Korea Association of Defense Industry Studies, Vol. 15, No. 1, pp.225-245, 2008.
- [4] Soon-Won Jung, Kyung-Wan Koo, "Comparison of the Poor Insulator Detecting Technique for the Reliability Enhancement of the Electric Power Facilities", KIEE, Vol. 57P, No. 4, pp. 417-423, 2008.
- [5] Jongman Joung et al, "Leakage current criteria of the poor ceramic suspension insulators", KIEE Conference, pp. 413-418, 2010.
- [6] Alexander R. Pauchard et al, "A Method For Spark Rejection in Ultraviolet Flame Detectors", IEEE Trans on Industrial Electronics, pp. 168-174, 2000.
- [7] <http://www.corocam.co.za/overview.html>
- [8] 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.
- [9] "Methods of Measurement of Radio Influence Voltage(RV) of High-Voltage Apparatus", NEMA Standard Publication No. 107, 1987.
- [10] IEC 60270, "High-voltage test techniques-Partial discharge measurements", 2000.

◆ 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 진단기술연구팀 선임연구원.

Tel : (031)580-3064,
Fax : (031)580-3111,
E-mail : athens9@kesco.or.kr



송길목 (宋佶穆)

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

Tel : (031)580-3061,
Fax : (031)580-3111,
E-mail : natasder@kesco.or.kr



방선배 (方善培)

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

Tel : (031)580-3062,
Fax : (031)580-3111,
E-mail : bsb1586@kesco.or.kr



김종민 (金鐘旻)

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

Tel : (031)580-3065,
Fax : (031)580-3111,
E-mail: ken2003@kesco.or.kr



김우진 (金宇鎭)

1987년 2월 1일생. 2011년 경상대 공대 전자공학과 졸업. 현재 동대학원 전기공학과 석박사통합과정.

Tel : (055)772-1714,
Fax : (055)772-1719,
E-mail: keithr87@naver.com