

고자장 수·변전 설비에서의 적외선 카메라용 반사경 설계

배영철*

Design of a Reflector Mirror for Infrared Camera in the High Magnetic Field of Power System

Young-Chul Bae*

요 약

최근에 열화상 카메라는 수·변전 설비의 열화 상태를 진단하는데 많이 사용하고 있다. 그러나 자장이 높은 곳에서는 열화상 카메라의 전자부가 높은 자장으로 인하여 제대로 동작하지 못하는 문제점이 발생한다. 이를 해결하기 위해 일반적으로 반사경을 사용할 수 있으나 반사경의 휨 등에 의해 반사 성능이 떨어지는 문제점이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 극복하기 위하여 아크릴 판에 알루미늄을 코팅하여 설계한 후 이를 제작하여 측정의 오차를 줄이고 측정 효율을 높이는 방법을 제시한다.

ABSTRACT

Recently infrared cameras have been widely used to diagnosis degradation status of the power substitution system. At the place of high magnetic field, however, electronic parts of infrared camera take a place problem that is not reasonable working due to high magnetic field. To solve this problem, we may generally use reflector, it has a problem that the performance of reflection degrade caused by flexure of the reflector. In this paper, in order to overcome these problem, technique of design for reflector is proposed to reduce error and to increase measurement efficiency. The reflector is made by coating using aluminum on the acrylic sheet.

키워드

Infrared Camera, Reflector Mirror Design, Thermal Drgadition Diagnosis, Fault Diagnosis, High Magnetic Field
열화상 카메라, 반사경 설계, 열화 진단, 고장 진단, 고자장

1. 서 론

한국전력을 포함한 대부분 전력 회사의 전력 설비는 발전, 송전, 변전, 배전 설비로 구성한다. 일반적으로 소비자는 배전설비 이후의 전력 회사와의 경계에서부터 책임을 가지고 운영한다. 가정은 컷 오프 스위

치에서부터 권한을 가지고 있다.

산업 현장의 전력 설비는 소형의 경우 가정용 시스템과 비슷하지만 대규모 사업장은 발전 설비를 포함한 전력설비를 가지고 있는 경우도 있다. 일반적으로 산업 현장의 전력 설비는 발전 설비를 제외하고 구성하며 이를 수·변전 설비라고 부른다.

* 교신저자(corresponding author) : 전남대학교 전기·전자통신·컴퓨터 공학부(ycbae@jnu.ac.kr)

접수일자 : 2013. 10. 21

심사(수정)일자 : 2013. 12. 23

게재확정일자 : 2014. 02. 11

전력설비는 가장 기본적인 동력을 제공하는 설비이므로 발생 가능한 정전 사고에 대비한 다양한 진단 기법이 필요하다.

수·변전 설비를 포함한 전력 설비의 진단 기법으로는 설비에서 발생하는 열을 측정하여 정상 상태와 이상 상태를 비교하여 진단하는 열화진단법이 일반적으로 사용하고 있다.

최근에는 적외선 카메라인 열화상 카메라를 이용하여 진단하는 것이 일반적이다. 열화상 카메라는 발열부에서 발생하는 열이 적외선을 방출하는 것에 생각하여 발열부에서 발생하는 적외선 파장을 온도로 변환 한 후 온도를 측정한다.

최근에는 열화상 카메라로 측정할 열화상 데이터의 온도 변화를 기록한 시계열데이터를 이용하여 이를 비선형 기법의 하나인 카오스 분석 기법을 적용하여 사람의 육안이 아닌 진단 알고리즘을 적용한 연구가 있었다[1-2].

열화상 카메라의 구성은 광학부와 전자부로 크게 구성된다. 열화상 카메라를 이용한 전력 설비 진단은 다양한 제품이 개발되어 활용되고 있다. 측정하고자하는 설비가 멀리 떨어져 있을 경우에는 망원 렌즈를 이용하여 측정하기도 한다.

문제는 전력 설비 중에서 정류기와 같은 고자장을 방출하는 설비를 측정하는데 어려움이 있다. 이들 설비들은 산업 현장에서 대부분 옥내에 설치되어 있으며 고자장을 방출하므로 열화상 카메라를 포함한 측정기들의 전자부가 손상되는 경우가 많이 발생한다. 또한 진단을 위해 빈번하게 출입을 하면 인체에도 영향이 있을 것으로 보고 있다.

이러한 고자장의 영향을 방지하기 위한 대표적인 방법은 자장을 차폐하는 것이다. 차폐 방법으로는 납, 차폐 렌즈를 이용하여 차폐하는 방법이 주로 이용되고 있다. 납을 이용한 차폐 기법은 납의 중량으로 카메라를 이동하는 데 어렵다는 단점이 있다. 또한 차폐 렌즈를 적용한 기법은 렌즈의 성능에 따라 고자장을 완전하게 차폐하지 못한다는 문제점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위한 기본적인 방법으로 반사경을 이용하여 해결하고자 하는 기본적인 방법[3-6]을 제시하였으나 시중에서 판매하고 있는 알루미늄 반사판을 사용하여 반사판의 휨과 낮은 반사율로 인하여 온도 측정의 오차 등이 있는 단점이 있었다.

따라서 고자장이 있는 수·변전 설비에서 반사판의 휨의 방지와 낮은 반사율을 극복하기 위한 고도화된 반사경 설계 및 제작이 요구된다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 극복하기 위하여 아크릴 판에 알루미늄을 코팅하여 설계한 후 이를 제작하여 측정의 오차를 줄이고 측정 효율을 높이는 방법을 제시한다.

II. 반사경 설계

2.1 새로운 반사경 도입의 필요성

고자장 설비들이 있는 장소는 주로 옥내이다. 이들 설비들은 건물의 효율성과 예산 절감을 위해서 매우 컴팩트하게 시공되어 사용되고 있다. 따라서 설비 진단을 위해 열화상 카메라를 설치할 때 고자장을 회피할 수 있는 충분한 이격 거리를 확보할 수 없다. 또한 외부에서 망원렌즈를 이용하여 측정하면 충분한 이격 거리를 가지고 고자장으로부터 열화상 카메라의 손상을 피할 수 있으나 벽면 등의 장애물로 인하여 측정이 불가능한 문제가 발생한다.

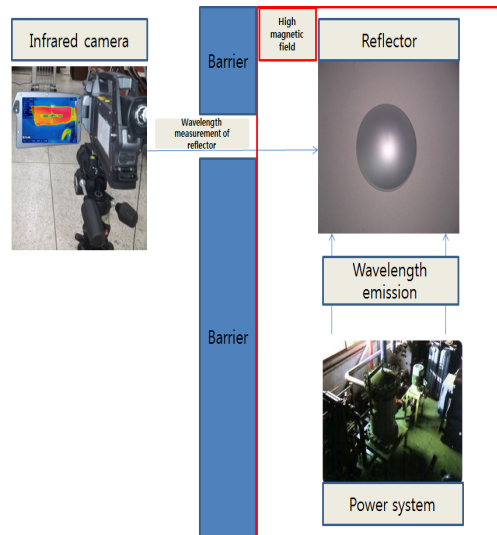


그림 1. 반사경을 이용한 측정 방법[5]
Fig. 1 Measurement method using reflector[5]

이러한 문제점을 해결하기 위하여 그림 1과 같은 측정방법을 제시하였다. 그림 1의 반사경을 이용한 온

도 측정에서 가장 문제가 되는 것은 온도를 측정하는 적외선 파장을 반사판이 어느 정도 반사시키는지 하는 문제이다. 실제로 반사경을 설계할 때 반사판이 휘면 반사율이 급격하게 감소하여 정확한 온도 측정이 어려운 문제점이 존재한다.

2.2 반사경 설계 및 제작

온도 측정을 위한 전체 시스템에서 반사경 설계를 위해서는 수·변전 설비에서 방출하는 파장을 반사경에 모두 모을 수 있는 반사경 설계가 필요하다. 이를 위해서는 적외선 카메라의 파장을 완전히 받아들여 반사할 수 있는 파장 대역을 조사한 후 이들 이 파장 대역의 손실을 최소화하여 처리 할 수 있는 재질을 찾아 구성한 연구[6]을 기초로 하여 제작하는 것이 필요하다.

본 논문에서는 반사율과 가격을 고려하여 알루미늄을 코팅 재료로 선정하고 반사경을 제작하였다. 이를 위해 먼저 모재로서 두께 1.2mm의 광학용 아크릴을 선정하고 크기는 100mm×750mm로 제작하였다.

반사경 제작은 그림 2와 같은 구조로 제작하였다.

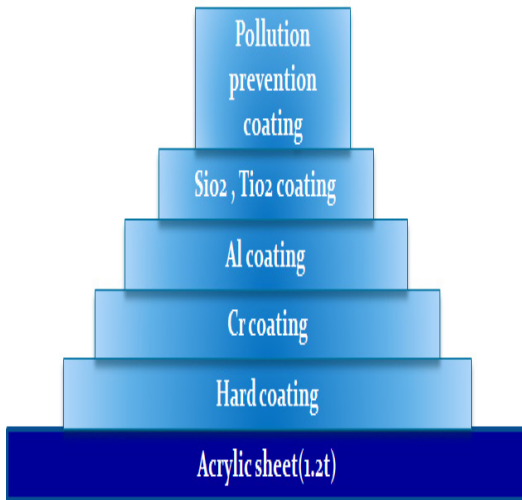


그림 2. 반사경 구조
Fig. 2 Structure of reflector

반사경 제작을 위해 먼저 두께 1.2mm의 아크릴 판을 사용한다. 모재로 사용할 수 있는 재료는 유리, 아크릴 등 다양한 재료를 사용할 수 있으나 본 연구의

실험에서 사용하기 위해서는 빈번하게 이동해야 하는 문제를 극복하기 위하여 파손의 우려가 있는 유리보다는 아크릴 판을 사용하였다.

모재로 사용하는 아크릴은 판 위에 평탄도를 맞추기 위해 경도 3H의 flow 코팅으로 하드 코팅을 수행한다. 이는 모재와 코팅 막의 부착성을 좋게 하기 위한 것이다. 코팅되지 않은 아크릴 모재의 경우 탈막 현상이 발생하므로 하드 코팅을 통하여 이를 방지해야만 한다. 코팅 막의 성능은 모재 표면인 아크릴의 특성에 따라 많이 달라진다. 따라서 표면이 단단하고 매끄러울수록 좋은 품질의 코팅 막을 성막 할 수 있다.

다음으로 하드 코팅을 한 후에 400 Å으로 크롬(Cr)을 증착한다. 크롬을 증착하는 이유는 하드 코팅 막과 알루미늄 코팅 막의 부착력을 증가시키기 위함이다. 이러한 기능의 코팅 막을 접합 층(bonding layer)라고 한다.

크롬 코팅 후 반사판 주 재료인 1200Å의 알루미늄을 코팅한다. 이때 일반 상업용 알루미늄의 경우 표면이 거칠기 때문에 본 연구에서는 매끄러운 광학용 알루미늄을 사용하였다.

그 후에 120Å SiO₂, TiO₂를 도포한다. 이는 알루미늄 코팅 막의 산화를 방지하기 위해서 금속산화물을 코팅한다. 알루미늄은 산소와 결합하여 산화작용을 하므로 이를 방지하기 위하여 SiO₂를 도포한다. 또한 SiO₂, TiO₂의 두 가지 약품을 적절한 두께로 교대로 증착을 시행하면 어느 정도 반사율을 향상시킬 수 있다.

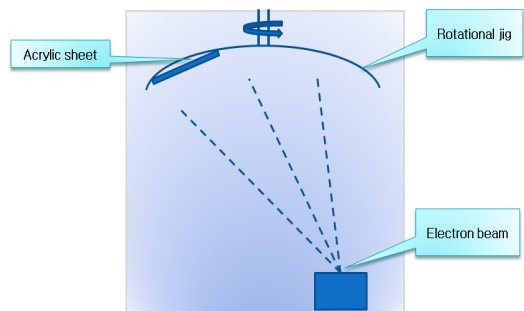


그림 3. 반사경 증착
Fig. 3 Reflector deposition

마지막으로 알루미늄 코팅이 벗겨지는 것과 이물질이 묻을 수 있으므로 이를 방지하기 위하여 오염 방지 코팅인 발수 코팅을 수행한다. 발수 코팅을 수행하

면 이물질이 묻어도 쉽게 떨어지게 된다.

진공증착은 그림 3과 같은 형태로 진행한다. 아크릴 판을 회전 지그 위에 고정시켜 놓고 진공 분위기 (2.0×10^{-5} Torr)에서 전자빔을 이용하여 코팅 물질을 증발시켜 아크릴 표면에 성막하는 형태이다.

그림 4에 완성된 반사경을 나타내었다. 그림 4는 반사경의 휨 방지를 위해서 프레임으로 고정하였다.

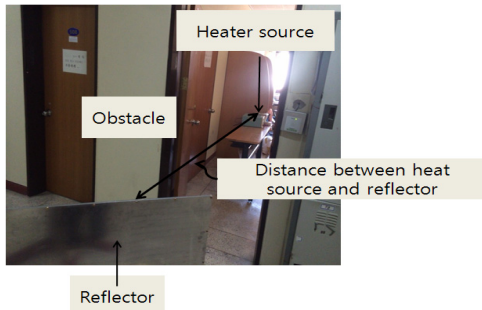


그림 4. 완성된 반사경
Fig. 4 Finished reflector

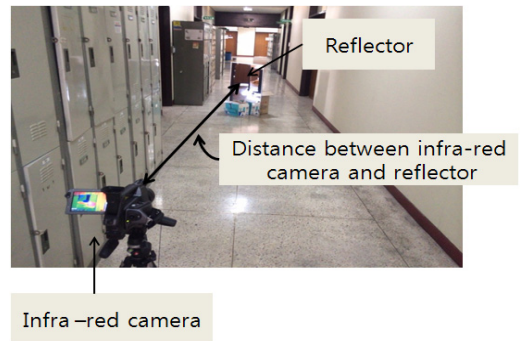
III. 반사경을 이용한 온도 측정

4.1 실험 장치

설계한 반사경을 이용한 온도를 측정하기 위하여 그림 5와 같은 측정 장치를 구성한 후 측정 대상을 직접 측정한 경우, 기존의 반사판을 이용하여 측정한 경우, 새로 설계한 반사경을 이용하여 측정한 각각의 경우에 대하여 온도를 측정하였다. 그림 5(a)는 장애물이 있는 경우의 열원과 반사경 사이의 거리를 보여준다.



(a) 열원과 반사경 거리
(a) Distance of heart source and reflector



(b) 반사경과 적외선 카메라의 거리
(b) Distance between reflector and infra-red camera

그림 5. 장애물이 있는 온도 측정
Fig. 5 Temperature measurement with obstacle

그림 5(b)는 반사경과 적외선 카메라의 거리와 측정 방법을 보여준다.

온도 측정은 측정 대상 물체를 직접 측정한 경우와 반사경을 이용하여 반사경을 고정시켜 놓고 측정 대상 물체와 카메라를 이동하면서 측정하였다. 직접 측정은 열원과 반사경을 1m 거리로 놓고 측정하였다. 측정 대상 물체는 열이 발생할 수 있는 전자회로를 놓고 측정하였으며 이를 그림 6에 나타내었다. 그림 6에서 원안에 나타내는 부분을 대상으로 측정한다.

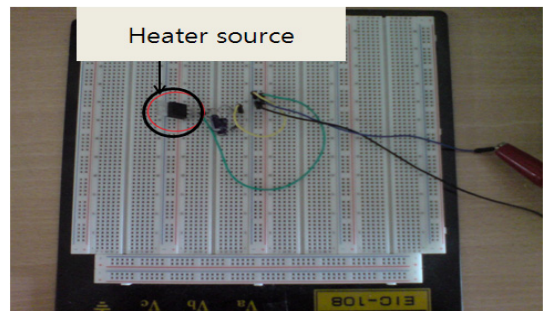
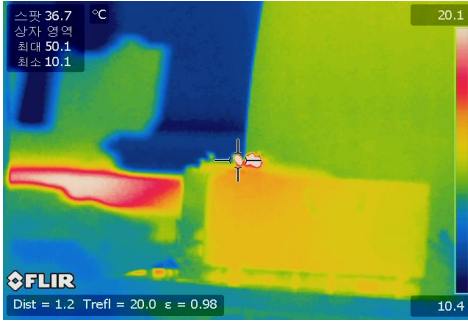
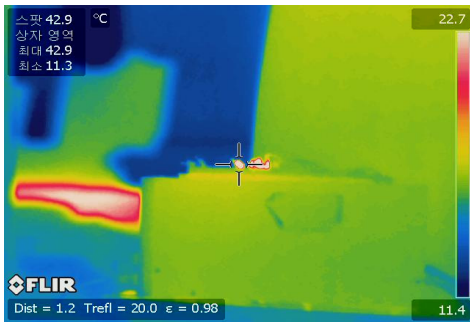


그림 6. 열원
Fig. 6 Heat source

그림 7은 반사경을 이용하여 반사경을 고정시켜 놓고 카메라와 열원의 거리를 이동하였을 때의 측정 결과를 보여준다. 그림 7(a)는 열원과 반사판의 거리가 2.65m이며 (b)는 4m이다.



(a) 반사경과 열원 거리 2.65m일 때
(a) Distance 2.65m between reflector and heart source



(b) 반사경과 열원 거리 4m 일 때
(b) Distance 4m between reflector and heart source
그림 7. 반사경을 이용한 온도 측정
Fig. 7 Temperature measurement using reflector

측정 결과 직접 측정한 경우보다 반사경을 이용한 경우에 거리가 멀어짐에 따라 온도가 더 떨어짐을 알 수 있다. 온도 측정의 결과를 표 3에 각각 나타내었다.

표 3. 온도 측정 결과
Table 3. Result of temperature measurement

Material	IT	HR	RC	ST	MT
D-M	14	1		43.47	63.8
Camera moving					
D-R	13.5	2.65	1	41.01	42.35
			2	35.84	48.38
			3	32.64	44.54
			4	31.75	35.23
			5	29.93	34.87
Heat moving					
D-R	14	2.65		41.01	42.35

		4	1	35.14	44.64
Heat source-camera moving					
D-R	13	4	5	28.86	30.43
IT : Internal temperature [°C]					
HR : Heat source - reflector (distance) [m]					
RC : Reflector- camera (distance)[m]					
ST : Spot temperature [°C]					
MT : Maximum temperature [°C]					
D-M : Direct measurement					
D-R : Designed reflector					

따라서 표 3의 결과로부터 적절한 온도 보정 회로가 필요한 것으로 보이며 이에 대한 연구가 필요하다.

V. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 높은 자장으로 인하여 적외선 카메라를 사용할 수 없는 지역에서의 수·변전 설비의 온도 측정을 위한 방법으로 반사경을 사용한 방법을 제안하고 이 반사경을 알루미늄 코팅 기법을 적용하여 설계·제작하였다. 설계·제작한 알루미늄 반사경을 이용하여 열원을 측정하였다. 측정 결과 직접 측정할 경우에 비해 큰 차이는 없으나 열원의 측정 거리가 멀어질수록 온도 편차가 발생하고 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 보다 정밀한 온도 측정을 위해서는 거리에 따라 편차를 줄일 수 있는 온도 보정회로 개발이 필요하다고 본다. 또한 고장에서 발생하는 와류 등의 현상을 반영한 측정 방법 등이 고려되어야 할 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 지정 전남대학교 중화학설비 안전진단센터의 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] Y.-C. Bae, "Diagnosis of power supply by analysis of chaotic nonlinear dynamics," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 1, 2013, pp. 13-19.

- [2] S.-S. Hwang and Y.-C. Bae, "Diagnosis of power supply using time-series of infrared camera," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 6, 2012, pp. 1443-1447.
- [3] J. So and Y.-C. Bae, "Design of Reflect mirror for Infrared Camera," In *Proc. of KI-ECS 2013 fall conf.*, vol. 7, no. 2, 2013, pp. 357-359.
- [4] Y.-C. Bae, "The Mirror for Infrared Camera," In *Proc. of KIIS Fall Conf. 2013*, vol. 23, no. 2, 2013, pp. 163-164.
- [5] Y.-C. Bae, "Design of a Reflector for Infrared Camera," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 1, 2014, pp. 97-103.

저자 소개



배영철(Young-Chul Bae)

1984년 광운대학교 전기공학과(공학사)

1986년 광운대학교대학원 전기공학과(공학석사)

1997년 광운대학교대학원 전기공학과(공학박사)

1986년~1991년 한국전력공사

1991년~1997년 산업기술정보원 책임연구원

1997년~2006년 여수대학교 전자통신전기공학부 부교수

2002년~2002년 Brigham Young University 방문교수

2006년~현재 전남대학교 전기·전자통신·컴퓨터공학부 교수

2011년~2011년 University of Utah 방문교수

※ 관심분야 : Chaos Control and Chaos Robot, Robot control etc.