

열화상 측정시스템의 적용기술



공 성 훈

• 출처:ASHRE Journal, 2000년 3월호
 • Lawry G. Eads
 Richard A. Epperly, P.E
 John R. Snell Jr.
 (Dupont사와 Snell Infrared사에서 적외선 측정, 전기에너지 평가 및 비파괴 분야와 관련되어 연구활동을 하고 있음)

서론

열화상 측정시스템은 물체에 발생하는 열을 감지하고 측정하여 이것을 시각적으로 보여주는 장치이다. 이는 많은 적용분야(건물외피 진단, 전선 부하, 습기문제등)에서 활용되고 또한 비파괴검사를 위한 기술로서 빠르게 발전하고 있다.

여기서는 난방, 환기, 공기조화분야 등에서 사용되어진 열화상 측정시스템의 적용분야에 대해 설명하려고 한다. 그리고 열화상 측정시스템과 관련된 이론 및 이것을 활용하기 위한 제반 여건에 대해서도 설명한다

시스템의 이론적 배경

모든 물질들은 그들의 온도와 방사비율로 적외선 에너지를 방사한다.

스테판-볼츠만 법칙의 방정식은

$$Q = \sigma \times \epsilon \times T^4 \quad (1)$$

여기서, Q = 열 에너지 (Watts or Btu/h)

$$\sigma = 5.669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 (0.1714 \times 10^{-8} \text{ Btu/h} \cdot \text{ft}^2)$$

$$\epsilon = \text{emissivity value (방사율)} \quad 0 < \epsilon < 1$$

$$T = \text{절대온도 K}$$

물체는 주어진 온도에서 광역의 스펙트럼을 복사한다.

웨인의 변위법칙은 주어진 온도에서 최고 복사점을 알 수가 있다.

웨인의 법칙은

$$\mu_m = b / T_k \quad (2)$$

여기서, μ_m = 최대복사 파장

b = 웨인의 일정변위(=2,897)

T_k = 표면온도(K)

적외선 복사는 보통 2~15 μm 사이의 파장으로 그려진다. 이 파장들은 라디오 파장보다는 짧으나 빛보다는 길어서 적외선 복사는 인간의 시각으로는 볼 수 없다.

적외선 시각화 시스템은 탐지기의 표면으로부터 나오는 적외부 복사에 초점을 맞추기 위한 렌즈를 사용한다. 전기적 반응결과는 광자나 열적 효과로부터 나오는 결과와는 다르다.

이 시각화 시스템은 회색톤 배열에 서로 다른 연관된 온도분포를 보여주기 위해 전기적 그림으로 변환되기도 하고, 또는 손에 들고 다니는 적외부 온도계에 넓게 사용되기도 한다. 과거의 시각화 장치는 탐지기를 냉각하기 위해 액체 질소를 필요로 했으나 오늘날의 시각화 장치는 전기적으로 냉각되거나 또는 전혀 냉각

을 하지 않아도 된다. 이 두 가지 타입은 거의 모든 장치에 동등하게 사용되고 있다. 오늘날 IR 시스템의 전체 크기나 무게는 아주 소형화되어 전형적인 비디오 캠코더와 흡사하다.

시각화 시스템과 스팟(spot)복사계는 둘 다 물리 법칙에 기초를 두고 있다.

열화상 시스템의 한계는 반짝이는 철이나 낮은 표면발산온도 등을 측정할 때 다소 오차가 생길 수 있으며, 그 한계에도 불구하고 다른 열분포의 위치를 상대적으로 나타낼 수 있다는 것이다.

그 적외선 시각화가 된 결과는 사진, 비디오 형태, 전기적 테이타로 기록되어 질 수 있으며 이 기록된 것은 사후에 조사와 비교할 때 기본 측정값으로 활용가능하고, 또는 유지 관리 서비스에 사용되어 질 수 있다.

이외에 적외선 열화상 측정시스템은 보존된 잔류열과 표면온도의 증가와 감소로 불규칙하게 나타나는 여러 가지 상황도 알 수 있다.

○ 적용

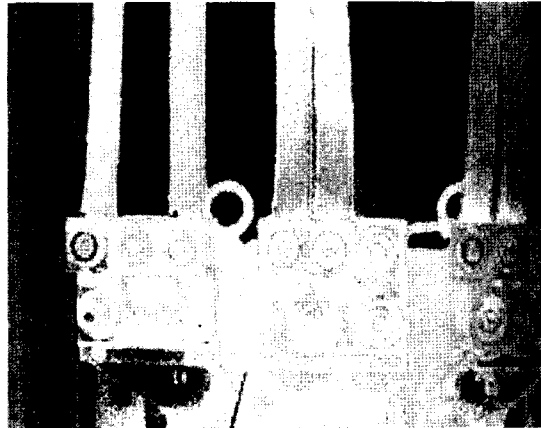
여기서 공기조화 시스템에 적용이 가능한 부분은 다음과 같다.

- ① 장비의 문제점
- ② 시스템 체크 및 효율
- ③ 빌딩 효율

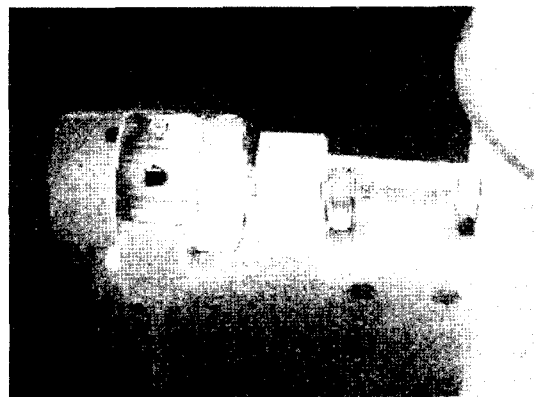
다음 예들은 열화상 측정시스템을 어떻게 활용하고, 또한 효율을 높게 시스템을 어떻게 유지하는지를 보여줄 것이다.

설비부분의 장비진단

공기조화 시스템에서 열화상 측정시스템은 냉각장치의 여러 가지 타입에 대한 열 분포 뿐만 아니라 열선의 온도분포를 조사하는 유용한 도구이다. 펌프와 모터에서는 커플링과 베어링, 드라이버 벨트를 조사하는 것을 포함해서 열전대로써 잘못 분석할 수 있는 패턴을 보완할 수



〈그림 1〉전기배선의 진단



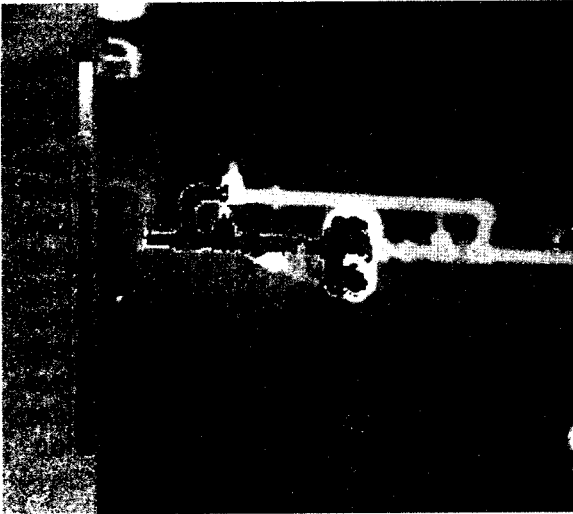
〈그림 2〉모터부분의 열화상

있는 성능도 가지고 있다.

(그림 1)은 적외부 셔모그래피가 3개의 배선 중 1개가 과열된 것을 보여주고 있다.

그런데 이런 전기적 점검 데이터는 종종 오해를 가져오며 고장이 났을 때 그 사실을 정밀히 조사하기 위해 과학적으로 증명된 표준적인 기준이 없다.

(그림 2)는 적외부 열화상 측정시스템에서 과열된 베어링이 어떻게 나타나는가를 보여주며 열화상 측정시스템은 기계장비를 분석하기 위해 특히 진동분석과 공기 초음파기술 등과 연계해



<그림 3> 스팀트랩의 열화상

서 넓게 사용되어진다. 이외에 산업현장에서 필요한 것 중의 하나는 공기조화 시스템에서의 전기적 시스템을 자세히 점검하는 것이다.

증기 트랩, 밸브, 관 부분의 진단

열화상 측정시스템은 증기트랩이 재기능을 하는지 조사하는데 유용하다. 만약 트랩이 작동한다면 스팀측에서 응축면까지 가로질러 다른 온도차를 볼 수 있으나 트랩이 열리지 않는다면 열 분포는 트랩의 양쪽 면에 공급되는 스팀의 온도를 보여줄 것이고 트랩이 닫히지 않는다면 양쪽 면에 응축열이 나타나는 경향을 보일 것이다.(그림3 참조)

복사 열 코일의 부분진단

코일로 난방하는 천장과 바닥 시스템은, 코일이 파괴되고 고장난 것 뿐만 아니라 코일 사이의 열분포를 평가하는데 도움을 준다.

공간에서 조절된 공기의 분포

열시각화 시스템과 스팟(spot)복사계는, 공간에서의 공기분포를 조화롭고 효율적으로 결정

하는데 사용될 수 있다.

단열 시공 성능조사

단열이 열악한 지점의 온도는 주로 청색 계열으로 나타나며, 접합부에 발생빈도가 많은 편이다. 단열성능 조사는 쾌청한 날씨 상태에서 아침 일찍 측정한 결과 값이 좋은 결과가 나온다. 여기서 좋은 날씨 상태란 바람이 없고 비도 안오고 하늘이 맑고 안과 밖의 온도차가 10°C이상되는 안정적인 밤 시간 온도이다.

틈새바람진단

문과 창문과 같은 확실한 개구부를 통하여 흐르는 공기를 예측하는 것은 어려우나 벽 뒤에 있는 매우 조그만 틈으로 움직이거나 배관재, 배선홀, 접합부분의 크랙과 같은 공간으로 오랜 시간동안 흐르는 공기를 발견하는 것은 비교적 용이하다.

틈새바람 조사의 부차적인 이득의 하나는, 더운 습공기가 천천히 움직이는 벽 안쪽에 결로가 발생할 수 있는 위치를 알 수가 있다는 것이다. 이런 습기는 철골 조인트 부분, 조적조 정면의 백화현상, 풍화, 얼룩 등을 포함하여 구조물 자체에 상당한 손상을 준다.

지붕 습기 검사

물이 지붕에 침투하면, 과도한 에너지를 소비하게 되며, 오랜 기간 지붕 막과 단열재와 지붕 구조에 큰 피해를 준다. 단열재가 젖었을 때, 실제로 건조시키는 것은 불가능하다. 물이 들어오는 지점과 번져나가는 지점과의 거리가 멀기 때문에 지붕에 침투한 습기의 위치를 파악하는 것은 어렵다.

투습된 단열재는 건조한 단열재에 비해 열전도율이 상승되는데 적정조건에서 적외선 카메라로 가시화할 수 있으며 섬유유리, 펄 라이트, 나무 섬유 등과 같은 흡수성 단열재도 가시화



〈그림 4〉 건물구조체의 진단

시킬 수 있다.

지붕단열재의 습기는 과도한 에너지소비를 유발할 뿐만 아니라 재료의 수명이 단축된다. 물론 지붕을 보수하거나 습기를 제거하면 지붕구조의 교체주기는 연장된다.(그림4참조)

투습된 단열재는 이미지가 노랗게 보이는데 이것은 다른 열적 특성을 가지기 때문이며, 지붕을 보수하거나 습기를 제거하면 지붕시스템의 생애주기는 길어진다.

적외선 열화상 측정시스템의 사용자 교육

열화상 측정시스템의 사용이 필요할 때는 잘 교육받고 능력있는 사람을 활용하여야 한다.

요즘의 열화상 기구의 작동은 쉬운 반면, 교육과 경험이 요구되는 부분이 있으며 또한 정확한 판단이 요구된다. 정확하고 의미있는 결과를 얻기 위해서는 열화상 측정시스템에 대한 적절한 자격을 부여할 수 있다. 미국에서는 비파괴 검사와 관련된 ASHT기술의 적용과 OSHA기준(29 CFR 1910.119)를 요구하고 있다.

결론

열화상 프로그램은 적절한 장비와 적절히 훈련된 인원을 활용하면 장비와 시스템에 매우 효과적인 도구로 사용할 수 있다. 그리고 공기조화 시스템이나 빌딩에 관련된 장비(파이프, 보일러 등)를 분석하는 것에도 유용하다.

온도측정장치나 적외부 보조장치도 열화상 측정기를 보완할 수 있는 바람직한 시스템이다.

그리고 열화상 시스템에는 숙련된 고급인력이 필요하고 아울러 외부에서 공인된 자격증제도도 요구될 수 있다. 상기의 점들을 잘 고려 한다면, 열화상 시스템은 건물에너지 시스템의 진단과 보수분야에 많은 발전을 가져올 것이다. ㉞

Translated by permission from ASHRAE Journal, copyright Vol.42, No.3, 2000, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. The original English language version of this translation is available from ASHRAE, 1791 Tullie Circle, N.E., Atlanta, GA 30329 USA (www.ashrae.org). SAREK is solely responsible for the accuracy of this translation.