

CF-design을 이용한 LED조명기구의 방열 해석

어익수*

*호남대학교 전기공학과

e-mail:iseo@honam.ac.kr

Analyze on Heat-Sink of LED Lighting Fixture using CF-design

Ik-Soo Eo*

요 약

본 논문은 LED조명기구의 상용화에 문제가 되고 있는 방열설계에 관한 논문으로서, CF-design을 이용한 방열해석을 통하여 문제해결의 방법을 제시한다. 해석 결과 시뮬레이션 값과 시제품 제작 후 측정 온도와의 차이가 6[°C]이하로 도출되었으며 주어진 제 요소들을 잘 활용하면 실제제품의 목표치에 근접하는 결과를 얻을 수 있다.

1. 서론

LED반도체의 효율 증가 및 가격 하락으로 인하여 조명기구로서의 활용이 점점되고 있다. 연구용으로 개발되던 LED조명기구가 방열문제를 해결하여 상용화에 이르렀으나, 고용량을 요구하는 사회적 욕구로 반도체 소자의 단일 용량이 커지면서 증폭되는 열 문제를 해결하기 위한 더욱 다양한 방법들이 제시되고 있다. LED의 조명으로서의 활용 특징은 방사에너지의 5%를 사용하는 백열등 보다 3배인 약 15%를 가시광으로 사용할 수 있으며, 형광등의 문제점인 수은이 사용되지 않는 친 환경적인 장점과 장수명의 경제적 가치 때문이다. 본 고에서는 열 문제를 해결하기 위한 방법으로 CF-d를 이용한 해석을 통해 열 문제의 해결방법을 모색한다.

2. 열전달 해석

2.1 열전도율과 열 확산 기본이론

LED조명장치의 열 이동 및 확산에 대한 온도 분포를 해석하기 위하여 정상상태에서의 열전달율은 다음 조건의 지배를 받는다. [그림 1]의 에너지 보존

법칙에 의해 각각의 방향 x, y, z방향에 열전달율은 Taylor급수 전개로 다음과 같이 표현된다.

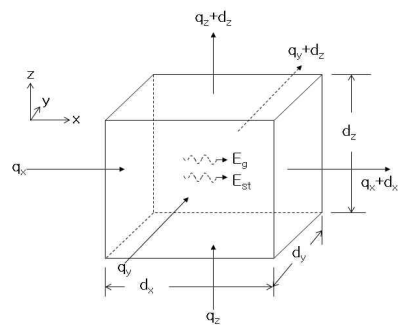


그림 1. 열 이동 및 확산 개념도

$$q_{x+dx} = q_x + \frac{\partial q_x}{\partial x} dx \quad (1)$$

$$q_{y+dy} = q_y + \frac{\partial q_y}{\partial y} dy \quad (2)$$

$$q_{z+dz} = q_z + \frac{\partial q_z}{\partial z} dz \quad (3)$$

매질 내에는 열에너지 발생율과 관련된 에너지 생성 (energy source)항이 존재할 수 있으므로 다음과 같

이 표현될 수 있다.

$$\dot{E}_g = \dot{q} d_x d_y d_z \quad (4)$$

또한 체적 내의 물질에 의해 저장된 내부 열에너지 양의 변화가 일어날 수 있으며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\dot{E}_{st} = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} d_x d_y \quad (5)$$

따라서 에너지 보존 요구의 일반적인 형태는 다음과 같다.

$$\dot{E}_{in} + \dot{E}_g - \dot{E}_{out} = \dot{E}_{st} \quad (6)$$

이를 정리하고, Fourier법칙으로부터 전도 열전달을 정리하면 다음의 열확산 방정식의 일반형이 나온다.

$$\frac{\partial}{\partial x} (k \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (k \frac{\partial T}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (k \frac{\partial T}{\partial z}) + \dot{q} = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad (7)$$

만약 열전도율 k가 상수이고 정상상태 조건이라면 위식은 다음과 같이 간단해진다.

$$\frac{\partial}{\partial x} (k \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (k \frac{\partial T}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (k \frac{\partial T}{\partial z}) + \dot{q} = 0 \quad (8)$$

여기서,

T: 온도

Cp: 비열

k: 열전도계수

2.2. 시뮬레이션 및 해석 모델

2.2.1 모델 생성

실험조건으로 LED 1[W]를 가로10개×세로10개=100[W]로 설치하고 상부에 MCPCB, 동판, 알루미늄 판으로 방열을 설정한다. LED간격은 가로세로 10[mm] 간격으로 설치하고 고휘도 SMD로 설정한다. 전체 냉각 시스템을 구현하기 위해서 Solid Works로 시스템을 구현하였고 이것을 Cfd의 Direct Launching기능을 이용하여 모델을 인포트 하였다[그림 2].

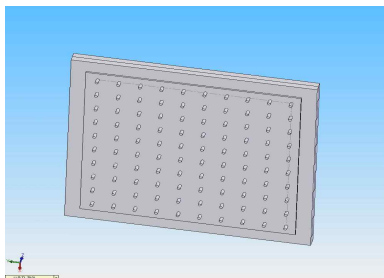


그림 2. CAD 인터페이스

2.2.2 입력 경계 조건

이 해석은 LED의 발열에 의한 열전도 경향을 보기 위한 것으로, LED발열량(LED Body Heating)은 생성시킨 LED Part들을 이용하여 발열 조건을 입력하는 과정으로 Selection Basis를 Group-LED로 하고 Boundary Condition에서 Type을 Total Heat Generation으로 하고 LED 개당 발열량을 고려하여 Total Heat Generation에 0.8을 적용하였다. 그리고 Room condition은 [그림 3]의 Model Entity Selection에서 Surface로 설정 후 외부 6개 면을 선택하고 Pressure는 0으로 하였다. 대기조건을 입력한 후에 대기의 상태 및 대기온도를 입력한다.

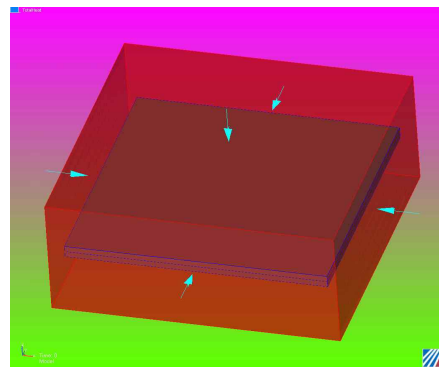


그림 3. Room의 상태 설정

Boundary Condition에서 Type을 Film Coefficient로 적용하고 그 값을 5, Ref, Temp항에 25[°C]를 적용하였으며 단위를 [W/m²/K]로 설정하였다. 해석 대상 외부의 온도 및 상태를 입력함으로써 해석의 기준값이 적용됨을 알 수 있다.

2.2.3 해석

해석 방법에서, 하나는 온도와 속도 압력이 정점에서 거의 변화가 없을 때까지 해석을 수행하는 안정상태와 어느 시점에서의 값을 취득하거나 시간에 따른 온도, 속도, 압력의 변화를 확인하기 위한 일시적 해석이다. 일반적으로 안정상태 해석을 수행하여 각 항(온도, 압력, 속도, 밀도 등)의 수렴성을 확인하는 해석을 주로 LED의 열전달 해석에서 수행된다. 본 논문에서 설정된 값은 중간의 분석에서 Iteration To Run까지를 1,000~ 10,000사이의 값을 선택하였다. 그러나 너무 Save Interval이 작으면 컴퓨터 저장 공간을 넘게 되므로 주의하여야 한다.

2.2.4 해석 결과

CF-d에서 3D해석 결과는 Feature Tree에서 Scalar와 Vector를 볼 수 있다. Scalar를 선택하면 그 향에 맞는 이미지를 얻을 수 있다[그림 4]. 또한 각 단계별 자료를 획득하기 위해서는 해석 후 Step 별로 저장된 데이터를 확인하면 열 분포 상태를 확인 할 수 있다.

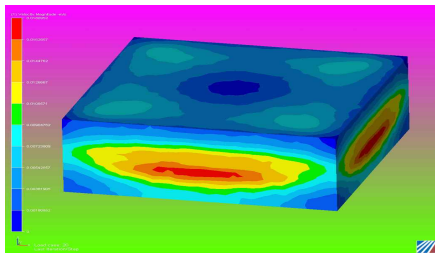


그림 4. 온도 이동 분포(3D)

[그림 6]은 2D로 단면을 잘랐을 때의 열전달에 대해서 분석한다. CF-d에서는 단면을 자른 후 그에 대한 결과들을 볼 수 있도록 Scalar/Vector Results를 제공한다. Scalar/Vector Results를 원하는 값에 맞춘(Velocity, Temperature, Pressure등)다음 각 Step별 값들을 확인한다.

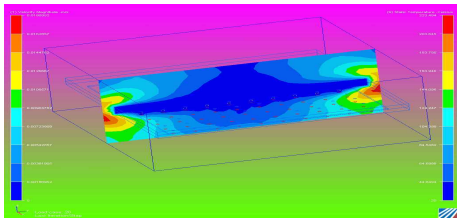


그림 5. 온도 이동 분포(2D)

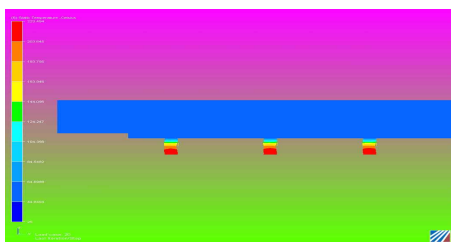


그림 6. 각 단계별 온도 분포(2D)

이러한 결과들은 정성적인 값뿐만 아니라 정량적인 값으로도 얻을 수 있다. [그림 7]은 XY Plot(Graph)으로써 Static Temperature가 섭씨 220 [°C]까지 올라가지만 0.01초에 근접하면서 온도가 약 50[°C]정도로 낮아짐을 알 수 있다. 90[°C]이하에서

LED는 정상작동이 가능하기 때문에 만족한 결과를 알 수 있다.

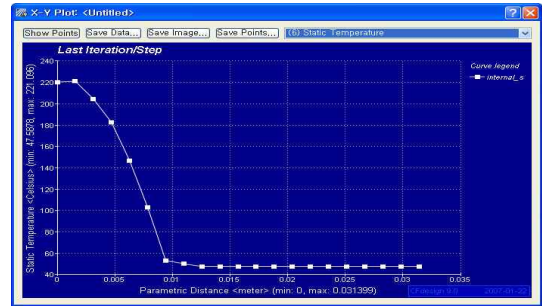


그림 7. X-Y Plot(Graph)

3. 결론

CF-d를 이용하여 LED 열전달 문제를 해석한 결과 LED온도가 50[°C]에 근접하여 만족함을 알 수 있었다. 그러나 정확한 해석 및 검증을 위해서 여러 가지 Factor가 존재하는데 다음의 절차로 실험과 병행해서 확인하며 할 수 있다.

1. 일반적인 해석에서 발열량과 온도 조건은 제조사의 자료와 실험 데이터를 사용하였으며, 실제 Model에 대한 열 실험을 수행하고 결과 값으로 LED의 발열량 및 손실량을 획득하고 MCPCB로의 열전달 값들을 구할 수 있다.
2. 실험에서 나온 데이터와 해석 조건을 설정하여 Law Data를 만들고 이를 바탕으로 다양한 실험 변수에 대하여 해석 물성치를 적용하고 최적의 Model을 찾는다.
3. 최적화 실험 및 해석을 병행하면 시간 절약과 또한 실험에 대한 Proto-Type의 횟수를 현저히 줄일 수 있으므로 더 나은 디자인 및 조건을 도출하는데 실험에 의한 최적화 방안보다 더 나은 결과를 창출할 수가 있다.

참고문헌

[1] Y. C. Kim, "Experimental Study on Ultrasonic Spray Cooling of Finned Heat pipe Heat Sink", Engineering Research & Technology, Vol. 3, pp. 151~156, 2003.

[2] S. J. Kim, "A Study on the Heat Transfer of the Heat Pipe Heat Sink", Taejon National University of Technology, 1998.