

방열 시스템이 적용된 LED 램프의 효율성 분석 Efficiency Analysis of LED Lamp with Heat Cooling System

홍희록^{*1}, #이준성², 박동근¹

*H. R. Hong¹, #J. S. Lee(jsleel@kgu.ac.kr)², D. K. Park¹

¹경기대학교 대학원 기계공학과, ²경기대학교 기계시스템공학과

Key words : LED Lamp, Cooling Tank, Junction Temperature

1. 서론

LED라고 칭하는 것은 발광다이오드(Lighting Emitting Diode)의 약자로 순방향으로 전압이 걸릴 때 단파장 빛(monochromatic light)이 방출되는 현상인 전기발광효과(electroluminescence)를 이용한 반도체 소자이다. LED칩의 동작은 P(+)층의 정공과 N(-)층의 전자로 된 두 화합물이 접합하여 접합 부근이나 활성층에서 전도대와 가전대의 에너지 차이에 해당하는 만큼의 에너지를 발산한다. LED 조명기기가 기존 조명기기에 비해 각광받는 이유는 단가가 비싼 반면 기존광원에 비해 반영구적인 수명을 가지고 있으며 광효율이 높고 저전력에서 고효율이 가능하기 때문에 에너지를 절약할 수 있다는 것이다[1,2]. LED는 효율이 높고 수명이 길어서 조명 장치에 매우 장점을 가진 소자이지만, 발생된 에너지중 약 80%가 열로 손실되는 것으로 알려져 있다. 이렇게 발생된 열은 LED 조명기기의 접합온도(junction temperature)가 상승되는 결과를 초래하며, 효과적인 열 방출이 되지 않을 경우 열적 과부하로 인한 와이어 끊김, 층간 분리, solder past 접속 분리, 에폭시 레진의 황변 등과 같은 현상으로 인하여 LED의 고장이 발생할 수 있다.

LED 전구의 경우 방열을 위하여 가장 많이 사용되는 방법의 하나가 heat sink를 사용한 방법이다. Heat sink만을 독립적으로 사용하는 LED 전구의 경우 고용량으로 갈수록 방열에 제한이 따를 수 있다. 고용량의 LED 전구의 경우 더 좋은 방열성능을 위하여 heat pipe를 사용한 방법을 heat sink를 사용한 방법과 병행하여 사용하고 있다. Heat pipe는 관을 통하여 고온부분의 열을 저온부분으로 방출하는 방법으로 긴 순환관이 필요하여 상대적으로 소형화가 어려운 기술이며, heat sink를 저온부분에 설치하여 방열성능을 향상시키며, 필요에 따라서 냉각팬 사용을 겸하기도 한다.

본 연구에서는 LED 전구의 사용범위를 실내에서의 사용을 첫 번째 목표로 하여 진행하고 소형화가 힘든 heat pipe방법과는 다르게 냉각탱크를 소형화 하여 냉매를 주입한 냉각탱크에 직접 고온의 LED 소자 기관을 밀착 시키고, 별도의 냉각코일을 구비하였다.

2. 냉각탱크 실험

본 연구에서는 냉각탱크의 실험을 통하여 냉매 충전량 비에 따른 열원온도의 변화, 냉매 충전량의 변화에 대한 열전달효과의 분석, 항온 chamber 온도 변화 시 냉매 충전량의 변화에 따른 냉각탱크의 온도변화에 대하여 해석을 수행하였다. 본 실험의 대상으로 하는 냉각탱크의 구조는 Fig. 1과 같다.

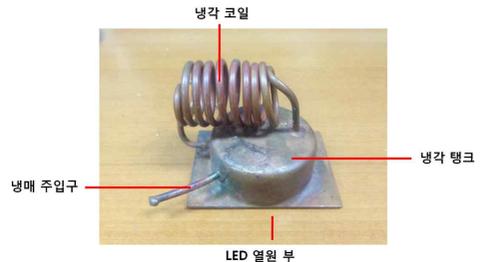


Fig. 1 Structure of a cooling tank

실험은 항온 Chamber에서 실험을 진행하며, LED가 SMD Type이며, 일반적으로 칩의 최대작동 온도가 120°C인 것을 감안하여 실험 조건을 설정하였다. Fig. 2는 필립스 Luxeon K2의 인가 전류에 따른 Junction temperature와 lifetime 선도이며 최대 작동 온도가 120°C인 것을 확인할 수 있다.

실험조건으로는 냉각탱크 및 장착 지그가 Chamber 내벽으로부터 5cm이상 거리를 확보하도록 하였다. 또한, 온도는 상온에서 120°C까지 상승

시키면서 냉매로 증류수를 사용하였다.

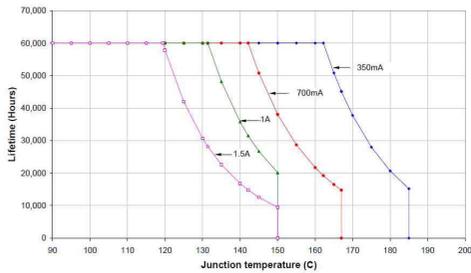


Fig. 2 Junction temperature of lifetime for LED

실험 방법은 냉각탱크에 TC 및 압력센서를 장착하여 각 부위별 온도를 확인하여 진행한다. Fig. 3은 TC 및 압력센서의 부착위치를 표시한 것이다.

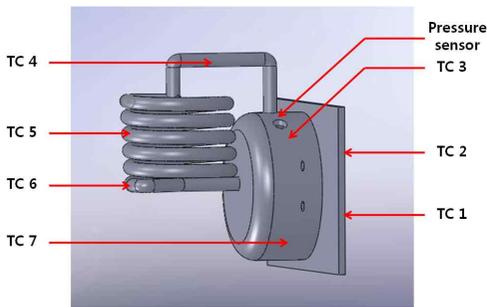


Fig. 3 Attached position of TC and pressure sensor

3. 냉매 충전량비에 따른 열원온도

냉각탱크 내부의 냉매 충전량비에 따라서 열원부의 온도변화를 확인하고자 하며, 실험 조건은 VF_w 0~80%까지, T_h 는 120℃까지 상승시킨다. 실험의 온도변화는 Fig.4와 같으며 VF_w 는 냉매 충전량비, T_h 는 향온 Chamber 내부온도, T_c 는 열원부의 온도이다.

Fig.4에서와 같이 VF_w 의 변화에 대하여 단조증가 또는 단조감소 현상이 나타나지 않고, 특정 체적분율에서 발열부 지점의 온도가 낮게 나타나는 것을 알 수 있다. $VF_w = 20\%$ 일 때 열원의 온도가 최저가 되는 것은 작동유체가 증발 및 응축하며 잠열로써 열원의 열을 냉각탱크 전체로 전달하는 효과로 판단되며, VF_w 가 클 경우에도 온도가 낮게 나타나는 것은 냉매의 자연대류 열전달에 의한 효과로 판단된다.

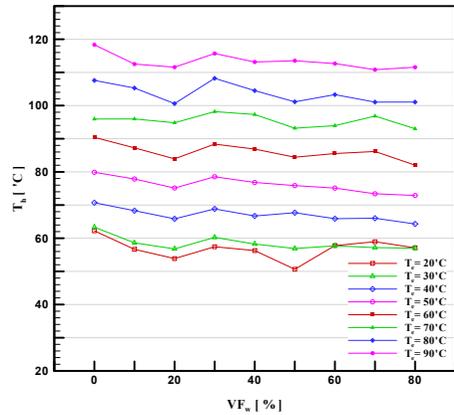


Fig. 4 Temperature change of heat source of refrigerant charge

4. 향온 챔버 온도변화에 따른 냉각탱크의 온도

냉매 충전량비, $VF_w = 40\%$ 에서 냉각탱크 온도를 확인하며, 온도를 확인하는 위치는 냉각탱크의 상·하, 냉각 코일을 확인하였다. 실험의 결과는 Fig.5와 같다..

전체적인 온도변화의 경향은 $VF_w = 20\%$ 일 때와 비슷하지만, 온도는 높게 계측되었다. $T_c = 30\text{℃}$ 에서 $T_c = 70\text{℃}$ 인 사이에서는 $\Delta T = 27\text{℃}$ 로 일정하게 유지되며, $T_c = 80\text{℃}$, $T_c = 90\text{℃}$ 에서는 $\Delta T = 24\text{℃}$ 임을 알 수 있다.

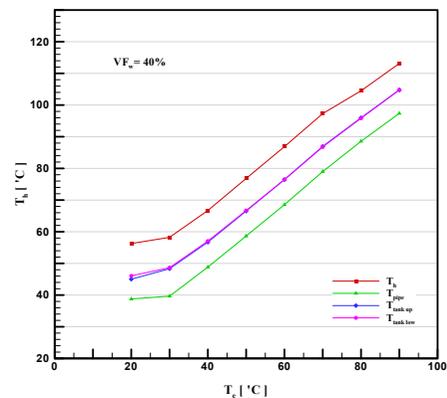


Fig. 5 Temperature change of cooling tank

참고문헌 [선택]