

앰프용 히트싱크의 방열특성에 관한 해석적 연구

서재형¹, 이무연^{*}
¹동아대학교 기계공학과

Numerical Analysis on Cooling Characteristics of the Heat Sink for Amplifier

Jae-Hyeong Seo¹ and Moo-Yeon Lee^{*}

¹School of Mechanical Engineering, Dong-A University

요약 본 연구의 목적은 앰프용 방열장치로서 히트싱크의 방열특성을 수치적으로 연구하는 것이다. 히트싱크의 열전달 성능을 분석하기 위하여 상용 수치해석 프로그램인 ANSYS의 정상상태 열모델을 사용하여 해석하였고 히트싱크의 핀 두께, 핀 피치 및 핀 개수에 따른 열전달 성능을 고찰하였다. 결과적으로, 히트싱크의 Junction부 온도는 핀 두께 및 핀 개수가 증가할수록 감소하였다. 또한 히트싱크의 핀 두께를 1 mm에서 3 mm로 증가함에 따라 열저항은 0.764°C/W에서 0.739°C/W으로 향상되었고, 히트싱크의 핀 개수를 9개에서 20개로 증가함에 따라 열저항은 1.254°C/W에서 0.610°C/W로 향상되었다.

Abstract The objective of this study is to numerically investigate the cooling characteristics of the heat sink as a cooling device for the amplifier. In order to analyze the heat transfer performances of the heat sink, the steady-state thermal model of the ANSYS software was used and analyzed with the fin thickness, fin pitch and fin number of the heat sink. As a result, the temperature at the junction of heat sink was decreased with the increase of fin thickness and fin number. In addition, the thermal resistances of the heat sinks were enhanced from 0.764°C/W to 0.739°C/W and 1.254°C/W to 0.610°C/W, respectively, with the increase of the fin thickness from 1 mm to 3 mm and fin number from 9 to 20, respectively.

Key Words : Amplifier, Cooling characteristics, Heat sink, Temperature distribution

1. 서론

전기 및 전자기기가 고성능화 및 고집적 화됨에 따라 회로기판의 구성요소를 포함한 핵심 부품의 소형화에 따른 다양한 문제가 발생하고 있다. 특히 전기-전자기기의 성능이 향상됨에 따라 전력소모의 증가와 더불어 발열문제는 전기-전자 제품의 효율 및 수명과 연관되어 중요한 문제가 부각되고 있다[1]. 따라서 전기-전자기기의 회로 기판에서 발생하는 열의 효과적인 제거는 기기의 효율과 더불어 수명과 연관되어 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나 전기-전자기기에서 발생된 열을 냉각하기 위해서 적용된 냉동시스템의 구동을 위하여 필요치 않은 에

너지가 발생하기 때문에 냉동시스템의 구동전력을 최소화하는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이러한 관점에서 냉각 시 에너지 소비가 적은 히트싱크에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히, 히트싱크의 재료 및 형상 변화를 통하여 방열성능을 향상시키는 방향으로 많은 연구가 진행되고 있다. Jung and Lee (2011)는 파워 앰프용 히트싱크의 방열성능에 관한 연구를 수행하였으며, 상용 수치해석 프로그램을 이용하여 파워 앰프에 사용되는 히트싱크의 핀을 수직(Vertical type)핀과 원형(Round type)핀 형상 변경을 통하여 핀의 방열 성능을 수치적으로 해석하였고, 수직(Vertical type)핀 형상이 원형(Round type)핀 형상에 비하여 열전달 표면적의 증가로 인하여 냉각

본 논문(작품)은 동아대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

*Corresponding Author : Moo-Yeon Lee (Dong-A Univ.)

Tel: +82-10-5440-8421 email: mylee@dau.ac.kr

Received December 11, 2014

Revised January 23, 2015

Accepted February 12, 2015

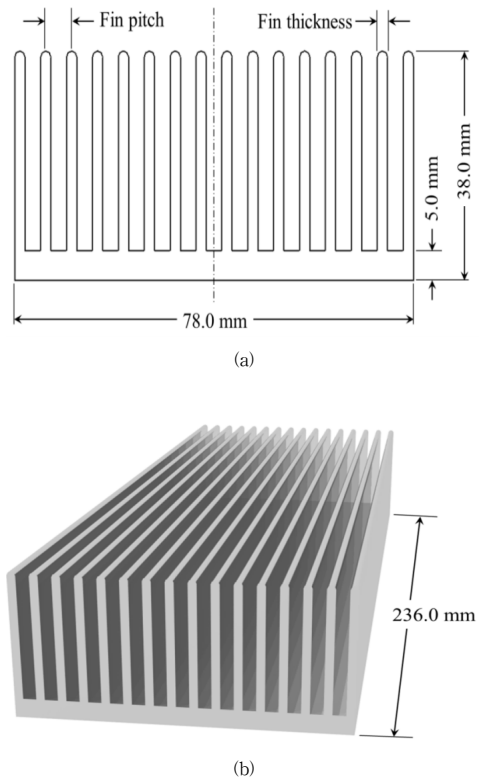
효과가 우수하다고 보고하고 있다[2]. Kim and Lee (2014)는 고용량 환경에서 히트싱크 베이스의 두께 변화에 따른 방열성능 변화에 관하여 연구를 수행하였고, 히트싱크 베이스 판의 두께를 5, 9.5, 14 mm로 변화시키면서 온도분포를 해석하였다. 그들은 히트싱크의 방열율은 베이스의 두께가 얇을수록 향상되는 효과를 보인다고 보고하고 있다[3]. Kim et al. (2002)의 또 다른 연구에서는 히트싱크의 다양한 형상에서 열저항 특성을 자연대류와 강제대류 조건에서 실험적으로 제시하였고, 강제대류 조건에서 적층형 형상의 히트싱크가 방열성능이 우수하게 나옴을 확인하였다[4]. Ryu et al. (2008)은 히트싱크 면적에 따른 IGBT의 열분포 특성을 모델링을 통하여 제시하였다. 그들은 단일 IGBT소자에 대하여 2가지 히트싱크에 대하여 열적 분포 특성을 열화상 카메라를 이용하여 촬영하였고 ANSYS를 이용한 시뮬레이션 결과와 비교하여 거의 일치함을 보였다[5].

따라서 본 연구에서는 냉각시스템 구동 시 에너지 소비가 거의 없고, 작은 공간에서도 효과적으로 사용할 수 있는 히트싱크를 애플용으로 사용 가능한지에 대하여 평가하고자 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 상용 수치해석 프로그램인 ANSYS (v13.0)을 이용하여 정상상태 열전달 해석을 수행하였고, 애플용 히트싱크의 핀 개수, 핀 피치 및 핀 두께에 따른 열전달성능을 고찰하였다.

2. 수치해석 방법

본 연구에서는 애플용 히트싱크의 방열성능을 분석하기 위하여 상용 수치해석 프로그램인 ANSYS (v13.0)의 정상상태 열전달 해석 모델을 이용하여 히트싱크의 온도 분포를 수치적으로 해석하였다. 본 연구의 대상인 히트싱크의 형상은 Fig. 1과 같으며 히트싱크의 가로(L, mm), 세로(W, mm) 및 높이(H, mm)는 각각 236(L) × 78(W) × 38(H)이다. 히트싱크의 재질은 알루미늄이고, 본 연구에 사용된 수치해석 조건은 Table 1에 나타내었으며, 히트싱크 핀 개수, 핀 피치 및 핀 두께 변화에 따른 해석 모델의 사양은 Table 2에 나타내었다. 핀 피치, 핀 두께 및 핀 개수의 영향을 고찰하기 위하여 M1, M2, M3 해석 모델은 핀 피치 및 핀 개수는 같고 핀 두께를 각각 1 mm, 2 mm, 3 mm로 변화시켰고, M2, M4, M5, M6 해석 모델은 핀 두께는 같고 핀 개수를 각각 16, 20, 12, 9로 변화시

켰다.



[Fig. 1] Configurations of the heat sink
(a)Dimension (L×W×H) (b)Picture

[Table 1] Properties of the heat sink

Material	Aluminum
Thermal conductivity (W/mm · °C)	5.432×10^{-3}
Density (kg/mm ³)	21
Specific heat (mJ/kg · °C)	9.51×10^5

Table 3은 본 연구에서 사용한 초기 및 경계 조건으로 100W급 발열량을 가진 애플용 히트싱크에 대하여 Base에 열유속값은 $5.432 \times 10^{-3} \text{ W/mm}^2$ 적용하였고 주변온도는 21 °C로 고정하였다. 히트싱크 모델별 방열성능을 분석하기 위하여 히트싱크 베이스 (Base and Junction)부 온도를 서로 비교하였고 식 (1)을 이용하여 열저항을 계산하여 열전달 특성을 고찰하였다. 여기서 P_{amp} 는 애플의 전력이며, T_{amb} 는 주변온도이고 T_{jun} 는 핀과 히트싱크 베이스의 접합부 온도이다.

[Table 2] Specifications of the heat sink

Specifications	Model					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Size (mm)	L236×W78×H38					
Fin pitch (mm)	5.067		4		6.909	9.5
Fin number (EA)	16		20		12	9
Fin thickness (mm)	1	2	3	2		
Base fin thickness (mm)	5					
Volume (mm ³)	214350	339640	467880	401530	277740	231310
Mass (kg)	0.576	0.913	1.258	1.080	0.747	0.622

[Table 3] Initial and boundary conditions

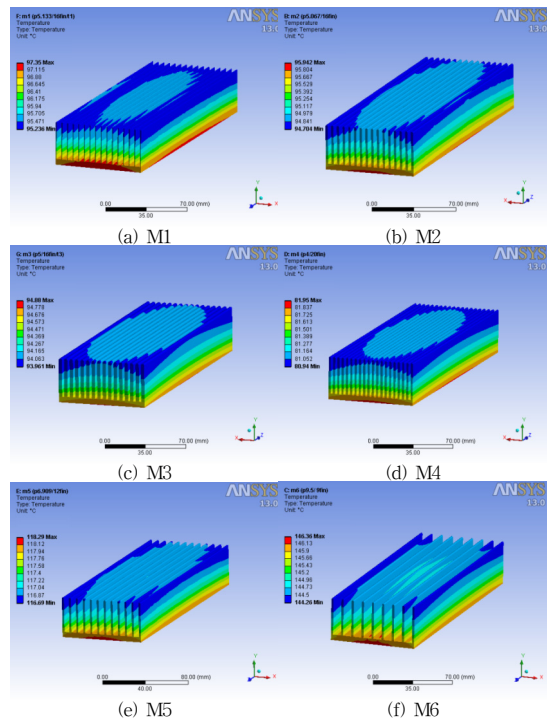
Heat flux (W/mm ²)	5.432×10 ⁻³
Ambient temperature (°C)	21

$$\frac{T_{jun} - T_{amb}}{P_{amp}} = R_{th} \quad (1)$$

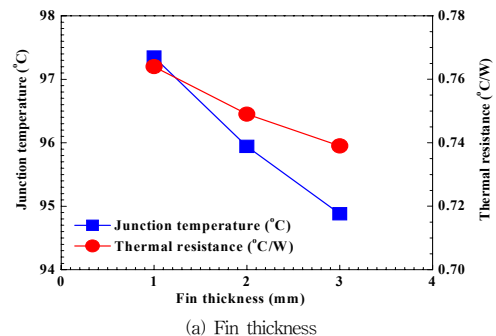
3. 결론 및 고찰

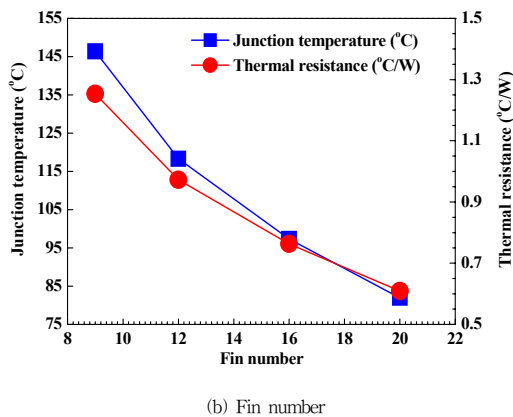
Fig. 2는 핀 두께, 핀 피치 및 핀 개수 변화에 따른 히트싱크 모델별 정상상태 열전달 해석을 통한 열전달 특성을 해석적으로 나타내었다. M1, M2, M3 모델의 해석 결과를 통하여 핀 두께 1 mm, 2 mm, 3 mm 변화에 따른 히트싱크 Junction 부 온도 변화를 비교하였고, 핀 두께 증가에 따라 Junction부 온도는 97.4 °C, 95.9 °C, 94.9 °C로 감소함으로써 방열성능이 향상된 것을 알 수 있었다. 또한, M2, M4, M5, M6 모델의 해석결과를 통하여 핀 개수 9, 12, 16, 20 변화에 따른 히트싱크 Junction 부 온도 변화를 비교하였고, 핀 개수 증가에 따라 Junction부 온도는 146.4 °C, 118.3 °C, 95.9 °C, 82.0 °C로 감소함으로써 방열성능이 향상된 것을 알 수 있었다. 결과적으로 히트싱크는 핀 두께 및 핀 개수가 증가할수록 방열성능이 향상됨을 알 수 있었다. Fig. 3은 핀 두께 및 핀 개수 변화에 따른 히트싱크의 Junction부 온도 및 열저항 특성을 나타내었다. 히트싱크의 핀 두께를 1 mm, 2 mm, 3 mm로 증가할 경우 Junction 부 온도 및 열저항은 감소하였고, 핀 개수를 9, 12, 16, 20으로 증가시킬 경우 열저항은 감소하

었다. 즉 히트싱크의 핀 두께를 1 mm에서 3mm로 증가함에 따라 열저항은 0.764 °C/W에서 0.739 °C/W로 3% 향상되었고, 핀 개수를 9개에서 20개로 증가함에 따라 열저항은 1.254 °C/W에서 0.610 °C/W로 51% 향상되었다. 결과적으로 수치해석 결과로부터 핀 두께 및 핀 개수를 증가시킬 경우 히트싱크의 방열성능이 향상됨을 알 수 있었고, 이러한 이유는 핀 두께 및 핀 개수 증가에 따른 핀 표면적 증가로 전열 성능 향상에 따른 히트싱크의 방열량이 증가하였기 때문이다[6].



[Fig. 2] Temperature distribution characteristics of the heat sink with variations of the fin pitch, fin number and fin thickness





[Fig. 3] Heat transfer characteristics of the heat sink with variations of the fin pitch and fin number

또한, 핀 두께 3 mm인 히트싱크 M3 해석 모델과 핀 개수 20인 히트싱크 M4 해석 모델의 재료 질량을 비교해 보면, 각각 1.258 kg 및 1.080 kg로 M4 모델이 M3 모델보다 16.5% 질량이 감소하지만 Junction부 온도는 94.9 °C에서 82.0 °C로 감소함으로써 M4의 방열능력이 M3보다 증가함을 알 수 있다. 즉, 히트싱크의 열전달 성능을 향상시키기 위해서는 핀 두께 증가보다는 핀 개수 증가가 효과적임을 알 수 있다. 결과적으로 본 연구결과를 히트싱크 설계에 적절히 활용할 수 있으며, 히트싱크를 적용한 애플의 요구 방열량에 따라 필요한 히트싱크 핀 개수를 설계할 수 있으며 핀 개수와 핀 두께 변화에 따른 열전달 성능 특성 분석을 통하여 히트 싱크 필요 재료의 최소 질량을 산출하는데 사용될 수 있다. 이러한 특성을 반영하여 히트싱크 설계 시 제작 단가 측면에서 히트싱크의 핀 두께 변화보다는 핀 개수 변화를 주는 것이 방열에 효과적임을 알 수 있다.

4. 결과

본 연구는 애플용 히트싱크의 온도분포 및 열저항 등의 열전달 특성을 해석적으로 연구하기 위하여 핀 두께, 핀 피치 및 핀 개수 변화에 따른 히트싱크 모델별 정상상태 열전달 해석을 수행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 히트싱크는 핀 두께 및 핀 개수를 증가할수록 방열 성능이 향상되었으며, 히트싱크의 핀 두께를 1 mm, 2 mm, 3 mm 증가함에 따라 히트싱크 Junction부 온도는 97.4 °C, 95.9 °C, 94.9 °C로 감소하였고, 핀

개수를 9, 12, 16, 20로 증가함에 따라 히트싱크 Junction부 온도는 146.4 °C, 118.3 °C, 95.9 °C, 82.0 °C로 감소하였다.

3. 히트싱크의 핀 두께를 1 mm에서 3mm로 증가함에 따라 열저항은 0.764 °C/W에서 0.739 °C/W로 3% 향상되었고, 핀 개수를 9개에서 20개로 증가함에 따라 열저항은 1.254 °C/W에서 0.610 °C/W로 51% 향상되었다.
4. 히트싱크의 열전달 성능을 향상시키기 위해서는 핀 두께 증가보다는 핀 개수 증가가 효과적이다.

References

- [1] T. K. Lim, H. S. Lee, J. P. Won, J. W. Cho, M. Y. Lee, "Study on the Performance Characteristics of the Thermosyphon Used for the Vehicle Operated at Low Temperature Conditions", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 13, No. 2, pp. 510-515, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.2.510>
- [2] Y. H. Jung, D. R. Lee, "The Study on Heat Radiation Performance of the Heat Sink for Power Amplifier Use", *Proc. of the SAREK Summer Annual Meeting*, pp 1145-1150, 2011.
- [3] J. H. Kim, G. W. Lee, "Effect of the variation of base thickness on the heat release performance of the heat sink", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 15, No. 8, pp. 4749-4755, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.8.4749>
- [4] J. H. Kim, J. H. Yun, C. S. Lee, "An Experimental Study on the Thermal Resistance Characteristics for Various Types of Heat Sinks", *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 14, No. 8, pp.676-682, 2002.
- [5] S. H. Ryu, J. K. Hong, C. S. Won, H. K. Ahn, D. Y. Han, "Thermal Distribution Modeling of IGBT with heatsink areas", *Proc. of KIEEME Summer Annual Meeting*, pp. 30-31, 2008.
- [6] S. C. Lim, M. H. Lee, K. M. Kang, "Thermal Analysis of Heat Sink Models using CFD simulation", *Korean Journal of Materials Research*, Vol. 15, no. 12, pp. 829-832, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3740/MRSK.2005.15.12.829>

서 재 형(Jae-Hyeong Seo)

[정회원]



- 2008년 2월 : 동아대학교 기계공학과 (공학사)
- 2011년 2월 : 동아대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 동아대학교 기계공학과 (공학박사과정)

<관심분야>

친환경 자동차 열관리, 열/물질 전달, 나노유체

이 무 연(Moo-Yeon Lee)

[종신회원]



- 2010년 2월 : 고려대학교 기계공학부 (공학박사)
- 2011년 2월 ~ 2012년 8월 : 자동차부품 연구원 선임연구원
- 2012년 9월 ~ 현재 : 동아대학교 기계공학과 교수

<관심분야>

친환경 자동차 열관리, 열/물질전달, 연료전지, 나노유체