

히트 파이프를 이용한 자동차용 오디오 앰프의 ECU 방열 모듈에 관한 연구 A Study on the ECU Heat Dissipation Module of Car Audio Amplifier using Heat Pipe

*박재우¹

*J. W. Park(pjw7550@dreamwiz.com)¹

¹경남정보대학 자동차과

Key words : Heat Pipe, Heat Sink, Heat Dissipation Module

1. 서론

프로세싱 속도가 증가하고 패키징 공간이 줄어들어 따라서 열성능과 방열판 선택이 중요한 문제로 부각되고 있다. 특히 PCB의 언덕티드(unducted) 에어플로우 공급 시스템에 장착되었을 때 방열판의 열전도 성능은 열전도 및 공기흐름에 중요한 역할을 한다. 방열판은 구조적으로는 단순해보이지만 핀필드(fin field)의 공기흐름과 방열판 및 주변 간의 열적 커플링으로 인해 상당히 복잡한 문제를 야기한다. 그러므로 방열판을 설계할 때에는 세분적인 열분석이 아니라 전체적인 디바이스의 전력 소비에 따라서 설계하는 것이 바람직하다.

자동차용 오디오 앰프는 대부분 고온설계를 하지만, 적정수치 이상인 경우엔 자기보호 회로인 프로텍션 회로가 작동된다. 과부하가 스피커 쇼트에서 오는 경우에 자기보호회로가 작동하는 것과 같다. 이러한 경우 앰프 자체적 불량이기 전에 방열에 문제가 있어 작동 중에 소리가 줄어드는 현상이 발생한다. 방열 문제로 인한 검사는 거의 모든 사용자들이 이미 앰프의 손상을 받고 난 이후에 알게 되는 경우가 많다. 계속되는 과열로 인한 앰프 손상은 앰프의 수명이나 음색에 막대한 지장을 초래한다. 또한 방열문제가 대두되면 사용 중 앰프가 자주 동작을 멈추거나 파괴되는 문제가 발생할 수 있다. 카 오디오 앰프는 4Ω에서의 출력이 2Ω에서의 출력에 비해 적게 나온다. 2Ω에서의 출력이 4Ω일 때의 출력에 비해 2배로 늘어나는 것이 정상이다. 가끔 2배로 늘어나지 못하고 1.5배 혹은 그 이하로 나오는 앰프들이 있는데 이런 앰프는 비교적 성능이 떨어진다고 생각하면 된다. 많은 앰프는 4Ω 뿐만 아니라 2Ω에서도 작동되게 만드는데, 그러기 위해서는 방열 등을 고려하여 충분히 잘 작동되도록 만들어야 하기 때문에 임피던스가 낮아지는데도 그에 비해 출력이 배가되지 못한다면 방열에 문제를 일으킬 수 있다. 특히 앰프의 작동이 멈추는 현상은 더운 여름철에는 더욱 자주 발생된다. 이는 앰프 내의 프로텍션 기능이 있어 앰프의 보호를 위해 앰프 스스로가 작동을 멈추게 하기 때문이다. 이때에는 잠깐 오디오 전원을 끄고 몇 분 후 다시 틀면 음악이 나온다. 즉 여기에서 보더라도 앰프의 방열 기술은 앰프의 성능을 평가하는 또 하나의 측도이므로 열 문제를 해결하여 여름철에도 다운되지 않고 안정적으로 잘 작동되는 앰프를 개발하여야 한다.

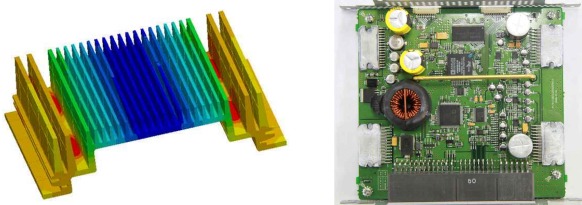


Fig. 1 현재 쏘나타의 자동차 오디오 앰퍼 ECU와 방열판

따라서 카오디오 제품 개발단계에서 내부구조와 각부품의 발열량을 계산해서 충분한 냉각성능을 갖도록 개발하는 것이 반드시 필요하다.

2. Heat Pipe의 작동 원리

Heat Pipe는 작동유체가 응축부에서 증발부로 귀환하는 구동력에 따라 모세관식, 중력식, 회전식, 전자기력식 등 여러가지 Type이 있으며 통상 Heat Pipe는 여러모양의 Wick(wick)이 삽입된 모세관식을 말한다.

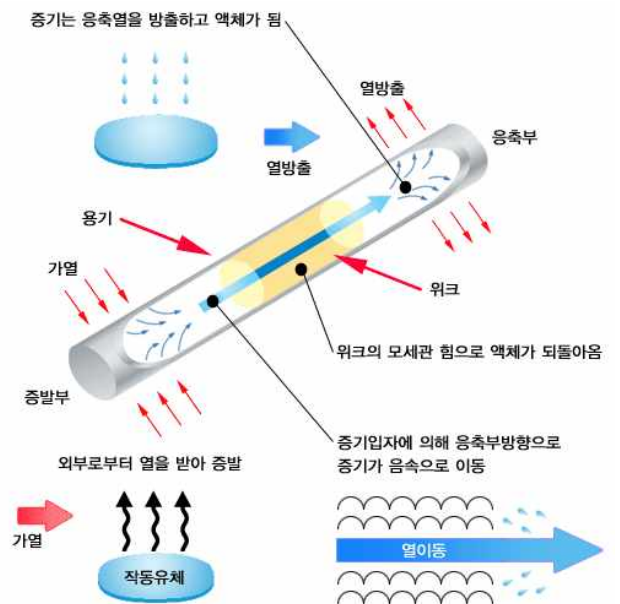


Fig. 2 Heat Pipe의 작동원리에 대한 도식도

모세관식은 Wick의 형상에 따라 Wrapped Screen Type, Sintered Metal Type, Axial Groove Type으로 나뉘며, 특징으로서 무중력 또는 중력하에서도 증발부의 위치가 변화하거나 상부에 위치하여도, 즉 설치 각도에 제한이 없다. 중력식 Heat Pipe는 Wickless Heat Pipe로서 일명 Thermosyphon이라고 불리기도 한다. 특징에는 Wick Heat Pipe 보다 제작이 용이하고 가격이 저렴하며 경량이나 중력이 존재하는 정지상태, 즉 증발부가 하부에 있는 일정 각도 이상으로 유지되어야 한다.

히트 파이프 작동의 핵심 부품인 Wick은 응축부에서 증발부로 액체상태의 작동 유체를 되돌려 보내는 내부의 모세관 구조물로서, 보통 메쉬(mesh) 또는 그루브(groove)의 형상을 가지는데, 이것은 액체의 표면 장력에 의한 모세관 현상을 일으킨다. 액체의 귀환에는 모세관 외에도 전자기력, 원심력, 삼투압, 혹은 중력 등을 이용할 수 있다.

중력을 이용하는 경우에는 내부의 모세관 구조물을 필요로 하지

않으며 특별히 열사이펀(thermosyphon)이라고 불리고 있다. 열 사이펀은 응축부에서 응축된 작동 유체가 중력의 힘으로 가열부로 귀환하므로 반드시 가열부가 응축부의 밑에 위치하여야 한다는 제약을 제외하면, 작동 원리와 적용 분야에서 열파이프와 유사하므로 보통 '윅 없는 열파이프(wickless 히트 파이프)'라고 부르기도 하며, 중력장에서 사용될 때 양자는 혼용되기도 한다.

사용목적에 따라 작동온도를 절대온도 0에 가까운 극저온부터 1000℃ 이상의 초고온 영역까지의 온도범위를 5단계로 분류할 수 있다

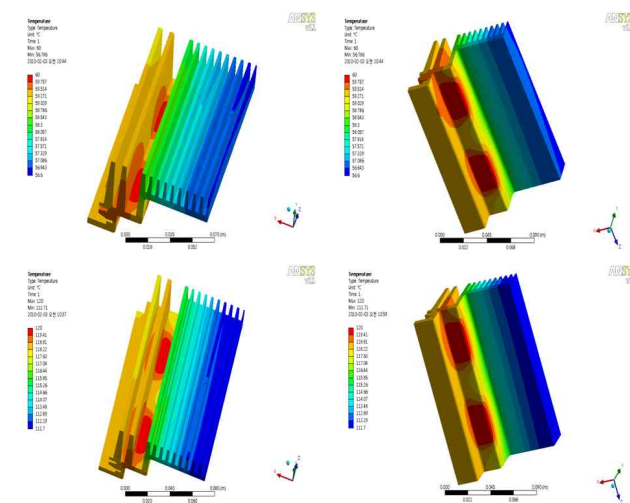
표 1. 온도에 따른 작동 유체

작동온도(℃)	주요작동유체
-270 ~ -70 (극저온)	헬륨, 아르곤, 크립톤, 질소, 메탄
-70 ~ 200 (저온)	물, 프레온계 냉매, 암모니아, 아세톤, 메탄올, 에탄올 등
200 ~ 500 (중온)	나프탈렌, 유황, 수은
500 ~ 1000 (고온)	세슘, 칼륨, 나트륨
1000 이상 (초고온)	리튬, 납, 은

3. 방열 Module 열해석

쏘나타의 자동차 오디오 앰퍼 ECU에 방열 모듈 열해석은 Ansys V11 Workbench에서 수행하였으며, 해석 조건은 다음과 같다.

- 해석종류 : Steady-State Thermal Analysis
- 중심부 단면 대칭 조건
- 발열부 : 60℃, 120℃, 주변 온도 22℃
- 외부면 대류 (22℃, 5 w/m².)
- 바닥면 (22℃, 0 w/m². °C)
- Aluminum 6063 Heat Sink
- 열 전도율 (Thermal Conductivity) : 200 w/m². °C
- 비열 (Specific heat) : 900 J/Kg. °C
- 밀도 (Density) : 2770 kg/m³



	W/m ² (평균)	m ²	W	g
60℃	3488.793	0.172	600.072	952.780
120℃	8997.414	0.172	1547.555	952.780

Fig. 3 기존 방열 모듈 열해석

현재 쏘나타의 자동차 오디오 앰퍼 ECU에 사용하고 있는 방열 모듈을 열해석한 결과를 Fig. 3에서 살펴보면 TR에서 발생되는 열을 효과적으로 뽑아내지 못하는 것을 알 수 있다. 방열판의 무게가 무려 1kg 정도이면서 제거능을 하지 못하고 있고, ECU 중간 부분의 방열판은 열발산에 전혀 역할을 하지 못하므로 과감히 제거하는 것이 바람직한 것을 확인할 수 있다. 그리하여 Fig. 4와 같이 경량화와 열방출을 함께 고려하고 TR과 맞닿는 부분에 Heat Pipe를 삽입하여 열확산을 한층 더 빨리 진행시키는 방법까지 고려하였다.

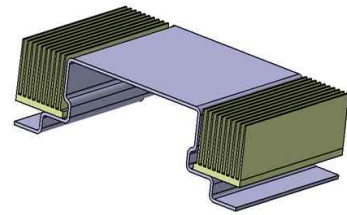


Fig. 4 경량화와 열방출을 함께 고려한 방열 개선 모델

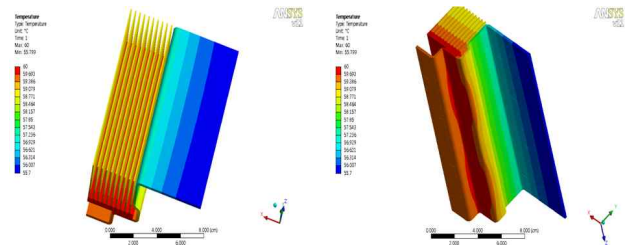


Fig. 5 방열판(Heat Sink)만을 사용했을 때 열방출 효과(60℃)

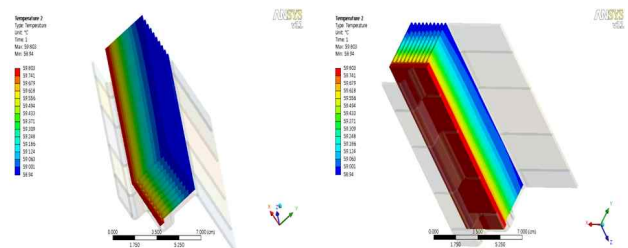


Fig. 6 Heat Pipe를 함께 사용했을 때 열방출 효과(60℃)

Heat Pipe의 사용으로 방열판(Heat Sink) 바닥면에 균일하게 열이 분포하는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

기존 쏘나타의 자동차 오디오 앰퍼 ECU에 사용하고 있는 방열 모듈을 열해석 함으로써 열방출에 비효율적인 방열판 부분을 확인하고 과감히 제거함으로써 중량을 500g정도로 줄일 수 있어서, ECU의 TR이 위치한 부분에 방열판을 집중 배치하여 열확산을 향상시켰다. 또한 Heat Pipe를 TR과 맞닿는 부분에 Heat Pipe를 삽입하여 열확산을 한층 더 빨리 진행시키는 효과까지 얻을 수 있다. 다만 Heat Pipe의 사용은 일정 시간 후 열량이 머무르는 단점이 있으므로 방열판의 알루미늄 블록에 삽입하는 것이 훨씬 더 바람직할 것으로 판단된다.