

PCB회로 보드장치내의 안정적 방열설계를 위한 연구

원종운* · 이종휘**

*서남대학교 전자전기공학과 · **군산대학교 기계공학부

The stable design of radiant heat inside PCB circuit board device

Jong-Wun Won* · Jong-Hwi Lee**

*Dept. of electronic warfare aircraft Engineering, Seonam University

**Dept. of Mechanical Engineering, Kunsan National University

Abstract

In this study, the heat flow analysis compatible commercial code CFX 11 was used to develop the structure inside PCB circuit board devices, which could stable radiant heat as well as the cooling device within it. In case of modifying the arrangement of electronic parts on the PCB inside the multi channel temperature measurement board devices, radiant heat effects did not show a rising tendency, whereas the overall temperature went down in case of installing the vents in the outer case of PCB circuit board devices. In terms of installation location, it was the most appropriate to install it on the electronic parts with no heat. Besides, in case of mounting the fan as a cooling device by considering various user environments for multi channel temperature measurement board devices, the radiant heat effects were shown higher than in case of installing the vents, and the middle sections were the most appropriate to its installation location. In case of changing the wind quantity of the fan from its selected installation location, the best radiant heat effects were shown at high speed as expected.

Keywords : CFX 11, PCB Circuit Board, Radiant heat

1. 서론

현 산업사회에서 제품의 경쟁력을 높이기 위한 가장 중요한 점은 제품의 가격과 품질 및 디자인이다. 이 중에서 가격과 품질은 상호 반비례적인 관계에 있어 비싸고 좋은 부품을 사용하면 가격이 높아지고, 반대로 가격을 내리고자 하면 품질이 떨어지게 된다. 따라서 같은 부품을 사용하여 고품질의 제품을 만들기 위해서는 최적의 설계를 하여야 하고, 이를 위해서는 제품을 구성하고 있는 각 부품의 작동환경을 정확히 파악하여

설계하는 것이 필요하다. 자동차도 마찬가지로 고품질의 저가 부품을 설계하기 위해서는 각 부품의 작동 환경을 알아야 한다. 이를 위해 자동차 제조 회사에서는 실차 상태에서 자동차의 각 부분에서 온도를 계측하는 시스템을 장착하여 사용하고 있다. 이러한 자동차 환경에서 사용되는 PCB회로 보드장치에 있어서 중요한 것은 무엇보다 사용하고자 하는 안정화된 온도 센서의 특성에 맞게 설계하는 것이다. 온도 센서의 제품으로서 열전대가 있다.

† Corresponding Author : Jong-Hwi Lee, Jong-Hwi Lee, #528 Hanshin S-Meca
1359 Gwanpyeong-dong Yuseong -gu Daejeon, Korea WING SHIP TECH, CORP.
M · P : 010-4456-9330, E-mail: vovbobvov@naver.com

Received April 20, 2013; Revision Received June 11, 2013; Accepted June 18, 2013.

열전대란 열원을 기초로 한 모든 분야에 온도변화의 수치를 가장 민감하게 감지할 수 있는 온도 센서의 제품으로서 두 종류의 서로 다른 금속선의 한끝을 용접하여 회로를 만들어 전기적으로 접속시키고 그 접합부의 접속 단을 측온 접점(열 접점), 도선 또는 계기와 접속 단을 기준 접점(냉 접점)이라 하여 양 접합 부위에 다른 온도를 가하게 되면 이때 양단의 온도차에 의해 금속사이에 온도와 일정한 관계가 있는 열기전력이 발생하여 전류가 흐르게 된다. 따라서 기준 접점은 온도를 일정하게 유지하고 열기전력의 수치를 측정함으로써 측온 접점의 온도를 알 수가 있으며 이때의 금속선을 열전대라고 한다.

온도를 정확하게 측정하기 위하여 사용 장소, 용도에 따라서 적당한 열전대를 선정하는 것이 가장 중요하다. 내열, 내식, 내진성을 고려한 보호관 선정, 구조 및 취부방법, 취부위치 등에도 주의할 필요가 있다. 특히 부식성 기중에 사용하실 때는 보호관 파손이나 부적당한 취부 등의 요인을 제거하여야 정확한 제조와 지시를 얻을 수 있다. 특히 자동차 환경에서 사용되는 온도 센서는 보통 K-type 열전대 센서를 주로 많이 사용한다. 그런데 자동차의 경우, 계측 환경이 안정적이지 못하고, 변동이 되기 때문에 일반 온도계측 장치로는 정확한 데이터를 얻기가 힘들며, 별도의 고가의 온도계측 장치를 수입하여 사용하고 있다. 이러한 온도 계측 장치는 기존 생산된 차량의 경우, 운전 조건별, 운전 지역별, 운전자 특성별 등 통계적인 데이터가 요구되므로 많은 수량이 수입되어, 이를 대처하기 위해서 뿐 아니라 해외 현지 공장 등에서도 사용하기 위한 국내 개발품의 필요가 요구된다.

최근에 국내의 한 기업에서 개발하고 있는 PCB 회로 보드장치는 현재 국산 제품이 없는 실정으로, 주로 독일, 미국 등의 선진국에서 고가로 수입하여 사용하고 있다. 따라서 수입 대체 효과뿐 아니라, 수출용으로서도 경쟁력을 갖춘 제품의 개발이 요구된다. 이를 위해서 특수 환경 하에서 정밀 측정이 가능하도록 최적의 설계 및 품질 보증이 요구된다. 자동차 환경에서 사용되는 PCB 회로 보드장치는 엔진 부근에 탑재되기 때문에 일반적인 표준상태와 달리 주위온도가 고온이라는 점이 가장 큰 문제로 제기되고 있으며, 장시간 사용하는 경우에는 내부 온도가 상승하여 열전대의 허용온도 범위를 넘어가면 측정값의 정밀도가 떨어지며 또한 급격한 온도 상승의 경우에는 온도 Drift 현상이 발생하는 문제점이 있다. 이로 인한 PCB 회로 보드장치의 결함이 발생할 수 있다.

이와 같은 이유로 PCB 회로 보드장치에 발생하는 결함을 제거할 수 있도록 전자부품의 재질 및 배치를

고려하여 PCB 회로 보드 장치의 효과적인 방열을 위한 구조개선 및 냉각장치 설치 방안을 선정하는데 있어서 기본적으로 많은 실험적인 시행착오는 불가피하며 이에 따라 개발시간 및 개발비용이 막대하게 소요되고 다채널 온도계측 보드장치내의 상세한 공기 측유동 및 열전달 특성을 파악할 수 없는 문제를 안고 있는 실정이다. 전자부품의 냉각에 있어서 선행되어진 밀폐 공간 내에서 압전세라믹 냉각팬의 열성능에 대하여 실험적으로 연구하였다. 손영석 등은 대류와 전도 열전달을 이용한 전자부품의 냉각특성을 수치해석으로 연구하였다. 참고문헌에서는 PCB 구조변화가 전자장비 냉각에 미치는 영향에 관하여 수치적으로 연구하였다.

이와 같이 컴퓨터 용량 및 수치기법의 발달에 따라 최근 들어 전자부품의 열전달 현상에 수치해석방법을 활발히 적용하고 있으며, 실제 현상을 정확히 예측하면서도 해석에 소요되는 시간과 경비를 상당히 절감하고 있다.[1,2,3].

1.2 연구목적

전자부품 냉각에 관련하여 기존의 연구들은 표준대기상태에서의 냉각방식에 대한 연구였으나, 고온대기상태에서의 방열에 대한 연구는 하지 않았다. 따라서 본 연구에서는 현재 개발되고 있는 다채널 온도계측 보드 장치의 고온에서 발생할 수 있는 결함에 대한 해결책으로 효과적인 방열을 통해 온도 상승률을 감소시키고 장치 내부의 열을 적절히 방열시키는 것이 요구된다. 따라서 다채널 온도계측 보드장치의 효과적인 방열을 위한 구조개선 및 냉각장치 설치 방안을 도출하고자 한다.

1.3 연구내용

본 연구에서 구체적 연구내용은 다음과 같다.

PCB 회로 보드 장치의 효과적인 방열을 위한 구조개선 및 냉각장치 설치에 있어서의 주요 설계변수 변경에 따라 그 결과를 비교 분석하여, 다채널 온도계측 보드장치의 결함을 줄여 품질을 더욱 향상시킬 수 있는 개선방안을 도출한다. 주요 설계변수 변경은 구체적으로 다음과 같다.

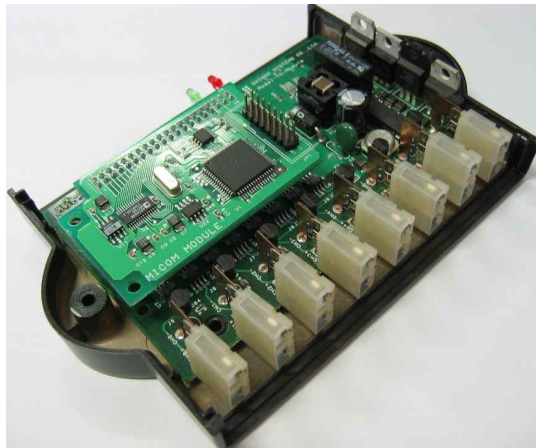
- 1) PCB 회로기판의 전자부품 배치 변경
PCB 회로기판의 전자부품 배치변경 방식이 공기의 자연대류 특성에 미치는 영향을 고찰한다
- 2) 통풍구 설치의 따른 변경

환기구를 설치하고 설치위치 변경을 통하여, PCB 회로기판의 온도분포에 미치는 영향을 고찰한다.

3) 팬의 풍량 변경

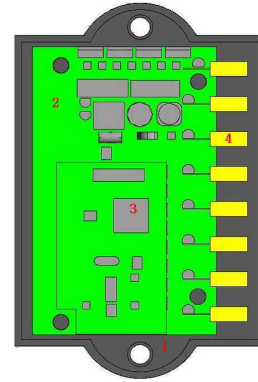
방열 극대화를 위한 풍량 변경에 따라 PCB 회로기판의 온도분포에 미치는 영향을 고찰한다.

2. 시스템구조



[Figure 1] Actual structure of PCB circuit board device

Fig. 1은 본 연구에서 고려하는 PCB 회로 보드장치의 실제사진이며, Fig. 2는 PCB 회로 보드장치의 개략적인 형상 및 구조를 나타낸 것이다. 다채널 온도계측 보드장치는 총 4개의 주요 구성요소로 이루어져 있다. 다채널 온도계측 보드장치 내부에는 2개의 PCB 회로기판이 있으며 크기가 큰 기판은 하부에, 크기가 작은 기판은 상부에 위치하여 2개 층을 이루고 있다. PCB 회로기판 위에는 약 20가지 종류의 전자부품(electronic component)들이 간격을 두고 배치되어 있고, 오른쪽에는 세로방향의 일정한 간격으로 온도를 측정할 수 있는 8채널의 K-type 열전대(K-type thermocouple)가 배치되어 있다. 이를 보호하는 플라스틱 재질의 외측케이스(case)는 외부와의 공기를 차단하도록 막혀있다. 이러한 밀폐공간에서 전자부품의 배치를 변경하여 온도를 제어한다. 또한 개선방안으로 통풍구 및 팬이 외측케이스에 설치되어 다채널 온도 계측 장치의 내부온도를 추가로 제어하게 된다.

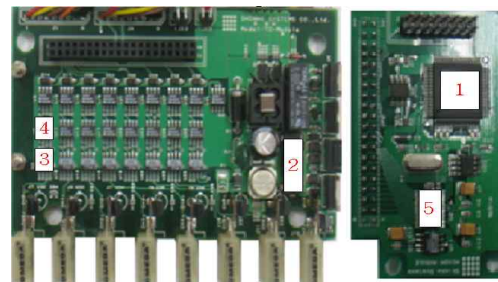


- 1. Case
- 2. PCB
- 3. Electronic components
- 4. K-type thermocouple

[Figure 2] Shape and structure of PCB circuit board-device in the present

3. 실험내용 및 결과

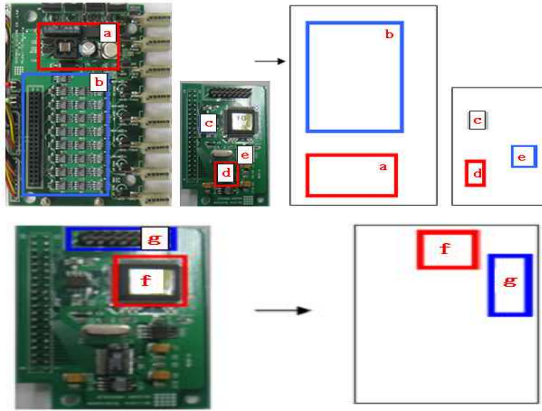
본 연구에서는 75℃의 항온챔버에 다채널 온도계측 보드장치를 넣고 Thermocoupl 센서를 이용하여 실험을 하였으며, 계측기는 NI SCXI를 사용하였다. Fig. 3 PCB 회로기판에 배치되어 있는 전자부품 중에서 발열량 수치가 높은 주요 전자부품 5개를 선정하고, 그 위치를 나타낸 그림이며, 수치해석결과의 타당성 검토 시, 선정된 주요 전자부품 5개의 온도를 비교하여 판단하는 기준으로 사용하였다.



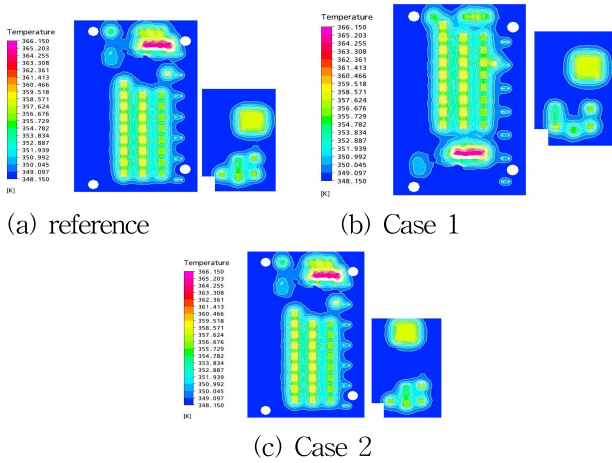
[Figure 3] Location of five important electronic components

3.1 PCB 회로기판의 전자부품 배치 변경

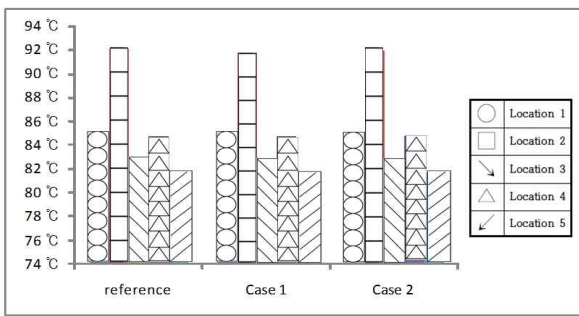
PCB 회로 보드 장치 구조 개선안으로 PCB 회로기판의 전자부품 배치를 변경하는 것을 제안하였고, 제안된 PCB 회로기판의 전자부품 배치변경 방식이 공기의 자연대류 특성에 미치는 영향을 고찰한다. Fig. 4는 PCB 회로기판의 전자부품 배치 변경을 나타낸 그림으로 기호 a, b, c, d, e, f로 표시한 부분의 전자부품 배치를 변경하였다.



[Figure 4] Alteration of electronic component arrangement on PCB



[Figure 5] Temperature distribution on PCB according to the electronic component arrangement

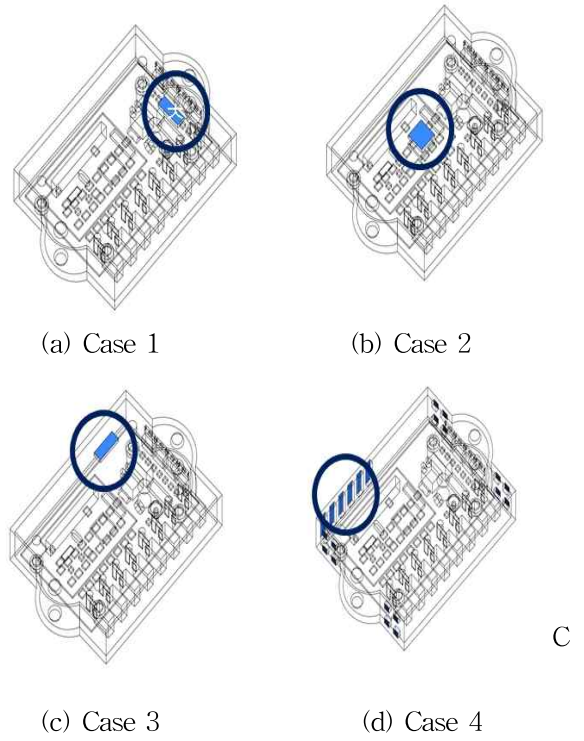


[Figure 6] Comparison of reference, Case1, Case2

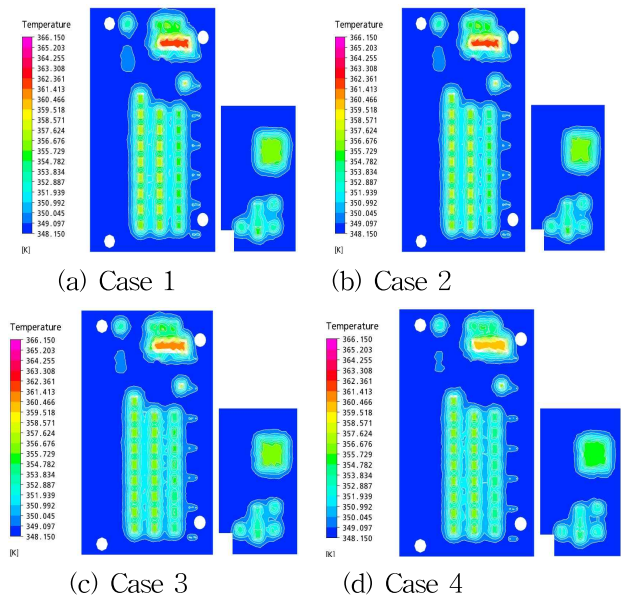
Fig. 6과 같이 다채널온도 계측회로 장치의 전자부품마다 정상적으로 작동할 수 있는 허용온도 범위에서 벗어나지 않도록 하기위한 방열조건의 구조 개선안으로 PCB 회로기판의 전자부품 배치를 변경하는 것을 제안하였으나, 기대와는 달리 5개의 주요 전자부품들의 온도는 Case 1의 온도가 가장 낮지만 아주 미세한 차이를 보여주고 있어 효과가 거의 없다고 판단하였다.

3.2 통풍구 설치

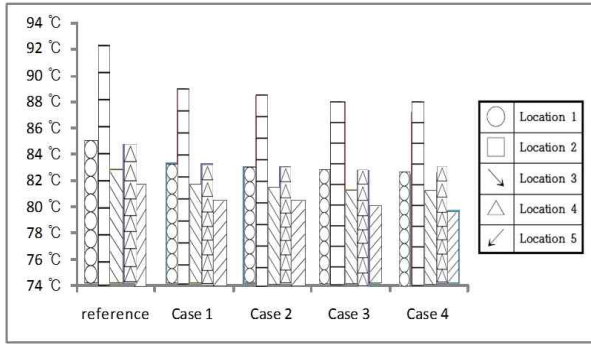
PCB 회로 보드 장치 외측케이스에 환기구를 설치하고 설치위치 변경을 통하여, 온도분포에 미치는 영향을 고찰한다. Fig. 7은 통풍구 설치 위치의 4가지 경우에 대하여 나타낸 것이다.



[Figure 7] Four location cases of ventilating opening



[Figure 8] Temperature distribution on PCB according to the ventilating opening location



[Figure 9] Comparison of reference, Case 1, Case 2, Case 3 and Case 4

* Fig. 9에서 reference는 Fig. 5 (a) 참조

Case 1, Case 2, Case 3, Case 4의 정확한 온도 값은 각각 1번 위치에서 83.39°C, 83.15°C, 82.83°C, 82.56°C, 2번 위치에서 88.96°C, 88.52°C, 88.04°C, 87.23°C, 3번 위치에서 81.70°C, 81.55°C, 81.35°C, 81.12°C, 4번 위치에서 83.35°C, 83.10°C, 82.85°C, 82.61°C, 마지막으로 5번 위치에서 80.41°C, 80.29°C, 80.04°C, 79.78°C로 나타났다.

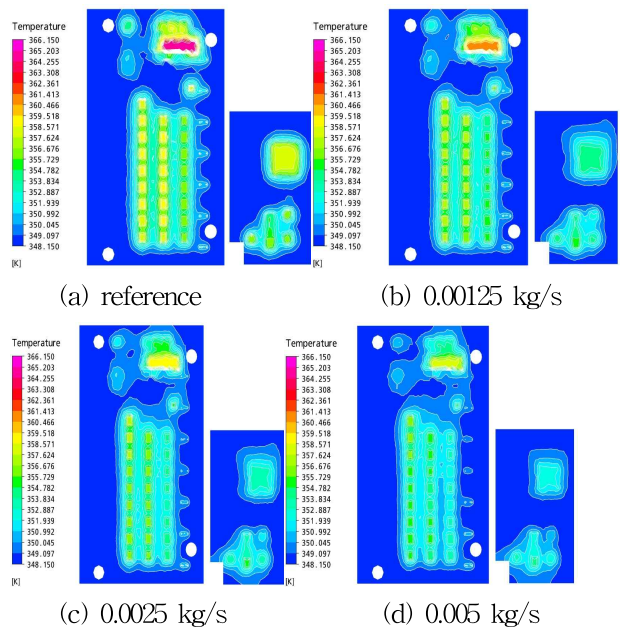
통풍구를 설치하였을 때가 전자부품의 배치 변경을 했을 때에 비하여 PCB 회로기판의 온도가 확실히 낮아진 것을 확인할 수 있었으며, Case 1, Case 2, Case 3, Case 4로 갈수록 점점 낮아졌다. Case 4의 경우에 가장 온도가 낮아진 것을 확인할 수 있었다.

PCB 회로 보드장치 내부유동의 흐름을 확인하기 위하여 가장 고온의 전자부품과 두 번째 고온의 전자부품을 수직으로 지나가는 단면에서의 속도벡터를 확인하였다. Case 1과 Case 4를 비교 검토하였을 때, 속도벡터의 최대크기는 각각 $1.8e-08$ m/s와 $2.4e-08$ m/s로 Case 1의 경우가 Case 4의 경우보다 수치적으로는 크게 나타났지만 속도벡터 크기가 너무 작아서 무시할 수 있다고 판단하였으며, 전체적인 유동의 흐름을 보면 Case 4의 경우가 Case 1의 경우보다 훨씬 더 활발하게 일어나고 있음을 분명히 알아 볼 수 있었다. Case 4의 경우, 각 전자부품을 수치적으로 확인하면 1번은 -2.54°C , 2번은 -4.879°C , 3번은 -1.77°C , 4번은 -2.14°C , 5번은 -1.958°C 의 효과를 보았다. Fig. 9에서와 같이 PCB 회로 보드 장치 내의 전체적인 온도구배가 작아졌다는 것으로 오작동의 결합이 발생할 가능성이 줄어드는 것을 의미하며 가장 만족할 만한 결과이나 Fig. 7의 Case 4와 같이 너무 많은 환기구의 설치로 인해 다채널 온도계측 보드장치 내로 먼지나 이물질 등의 유입이 될 수 있는 측면을 고려할 때, 통풍구의 설치 위치는 Case 3이 가장 적합할 것으로 판단된다.

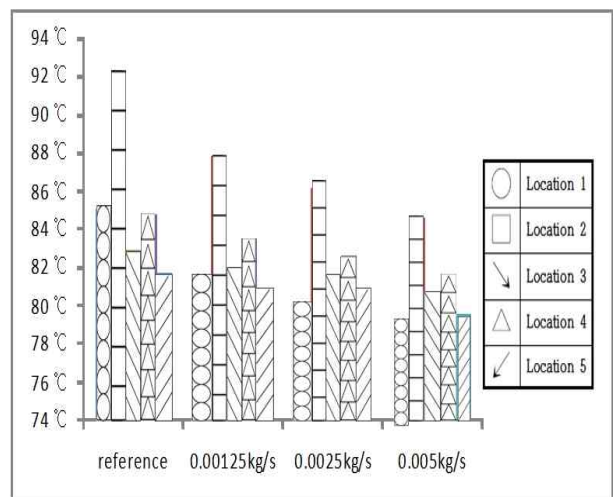
3.3 팬 설치에 따른 변화

(1) 팬의 풍량 변경

PCB 회로 보드 장치내의 팬 설치를 통해 방열 극대화를 위한 풍량 변경에 따라 PCB 회로기판의 온도분포에 미치는 영향을 고찰한다. Fig. 11은 전동기의 속도로 변화를 주어 팬의 풍량을 3가지 경우로 변경하여 해석한 결과로 다채널 온도계측 보드장치 내의 유동에 대한 비교를 나타낸 것이다.



[Figure 10] Temperature distribution on PCB according to the inlet air flow rate



[Figure 11] Comparison of reference, 0.00125 kg/s, 0.0025 kg/s, 0.005 kg/s

Fig. 11은 초기 설계안의 PCB 회로기관과 팬의 풍량을 변경한 3가지 경우인 0.00125kg/s, 0.0025kg/s, 0.005kg/s에 대한 수치해석 결과를 비교하여 나타낸 것이다. 0.00125kg/s, 0.0025kg/s, 0.005kg/s의 정확한 온도 값은 각각 1번 위치에서 81.50°C, 80.23°C, 79.12°C, 2번 위치에서 87.86°C, 86.17°C, 84.57°C, 3번 위치에서 82.03°C, 81.35°C, 80.40°C, 4번 위치에서 83.46°C, 82.60°C, 81.60°C, 마지막으로 5번 위치에서 80.91°C, 80.33°C, 79.55°C로 나타났다.

예상된 대로 팬의 풍량이 많아질수록 강제대류가 활발히 일어나 방열효과가 커지고 다채널 온도계측 보드장치내부의 온도구배를 작아지게 하였다. 방열효과는 저속 팬 0.00125 kg/s 의 경우보다 고속 팬 0.005 kg/s 의 경우가 좋았으며, 이때의 통풍구에서의 속도벡터는 저속 팬, 중속 팬, 고속 팬의 순으로 각각 16.63 m/s, 33.24 m/s, 66.46 m/s로 풍량과 비례하여 나타났다.

Fig. 11과 같이 저속 팬(0.00125 kg/s), 고속 팬(0.005 kg/s)을 설치하였을 경우, 최소 5°C에서 최대 7°C까지 온도를 하강시키는 안정적인방열효과를 볼 수 있었다.

4. 결론

(1) PCB 회로 보드장치의 전자부품마다 정상적으로 작동할 수 있는 허용온도 범위에서 벗어나지 않도록 하기 위한 안정화된 구조 개선안으로 PCB 회로기관의 전자부품 배치를 변경하여 검토한 결과, 초기 설계안과 온도 차이가 거의 나지 않아 방열효과가 향상되지 않았다.

(2) PCB 회로 보드장치의 외측케이스에 통풍구를 설치하여 검토한 결과, 초기 설계안보다 전체적으로 온도가 약 1 ~ 3°C 하강하였으며, 통풍구의 설치 위치는 실질적으로 장치 내 설치할 수 있는 위치와 먼지나 이물질 등의 유입이 될 수 있는 측면을 고려하여 통풍구는 발열이 없는 전자부품 위에 설치하는 것이 가장 안정적이다 판단된다.

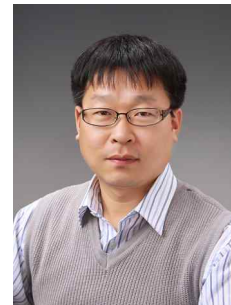
(3) 팬의 풍량을 변경시켜 비교했을 때, 초기 설계안보다 저속 팬(0.0015 kg/s), 고속 팬(0.005 kg/s)을 설치하였을 경우, 최소 5°C에서 최대 7°C까지 온도를 하강시키는 안정적인 방열효과를 볼 수 있었다.

5. 참고 문헌

- [1] S,H, Park, M,C, Choi, "Experimental Study on Thermal Performance of Piezoelectric Fan in an Enclosure", Journal of mechanical science and technology, B, vol 30, No12, pp.1173-1180, 2006
- [2] Y,S, Son, J,Y, Shin, "Numerical Analysis on Cooling Characteristics of Electronic Components Using Convection and Conduction Heat Transfer", Journal of mechanical science and technology, D, pp.390-395, 2001
- [3] H,Y, Pak, K,W, Park, "A Numerical Study on the Effect of PCB Structure Variation on the Electronic Equipment Cooling", Journal of mechanical science and technology, vol19, No12, pp.3329-3343, 1995

저 자 소 개

원종운



2009년8월 : 군산대학교 대학원 기계공학과(공학석사).

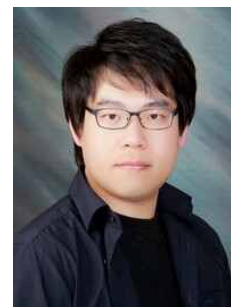
2012년2월 : 서남대학교 대학원 전자전자공학과 (박사수료).

2013년 1월~현재 : (유)성실공사 이사

관심분야 : 태양광시스템, 자동차 전장시스템

주소: 전북전주시 덕진구 송천중앙로138 미성프라자2층

이종휘



2009년2월 : 군산대학교기계공학과 (공학석사),

2011년3월 : 군산대학교 기계공학과 (박사수료),

2012년 8월~현재 왕십테크놀로지(주) 근무.

관심분야 : 환, 열교환기시스템

주소: 대전광역시유성구관평동1359번지 SMECA첨단복합센터 5층 528호