

# 집단보호장비 내의 회로카드조립체 고장 원인 분석 및 품질 향상

박세진<sup>1\*</sup>, 기상식<sup>2</sup>

<sup>1</sup>국방기술품질원, <sup>2</sup>삼양화학공업

## Analysis of Causes PCB Failure for Collective Protection Equipment and Improvement of Quality

Se-Jin Pak<sup>1\*</sup>, Sang-Sik Ki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Defense Agency for Technology and Quality

<sup>2</sup>Samyang Chemical Co, Ltd

**요약** 본 논문은 집단보호장비에 들어가는 회로카드조립체의 고장 원인 분석 및 품질 개선에 관한 연구이다. 해당 장비는 현재 운용중인 무기체계의 구성품으로 냉난방 기능뿐만 아니라, 화생 방어 역할을 한다. 그런데 군에서 운용중에 응축부조립체의 팬이 동작하지 않는 현상이 다수 발생되었다. 이에 따라 고장 원인을 분석하였고 특정 회로카드조립체가 소손됨을 확인하였다. 고온의 환경조건에서 지속적인 냉방가동에 따라 부품이 가열되고 이에 따라 고온에 노출된 전자부품이 열화되어 소손됨을 알 수 있었다. 따라서 본 논문은 이를 해결하기 위해 방열판을 적용하여 과온 동작에 의한 고장 빈도를 낮추고 회로카드조립체의 수명을 연장한 품질 개선에 관한 연구이다. 개선된 회로카드조립체는 실험을 통해 방열 성능을 확인하였다. 뿐만 아니라 체계 호환성 검사, 양압유지, 소음 시험, 작동시험 등을 통해 성능검사를 마쳤으며 현재 개선된 제품을 적용중이다. 이번 개선을 통해 현재까지 해당 회로카드조립체에서 발생한 고장은 없으며 해당 장비의 품질이 향상됨을 확인하였다.

**Abstract** This study is the analysis of causes of printed circuit board (PCB) in collective protection equipment failure and quality improvement. The equipment is a component of the weapon system currently in operation and serves to defend against enemy chemical and biological attack as well as heating and cooling functions. However, during operation in the military, fans of condensate assembly failed to operate. The cause of the failure is the burning of PCB. It was found that the parts were heated according to the continuous cooling operation under the high temperature environmental conditions. Accordingly, the electronic components exposed to high temperature were deteriorated and destroyed. To solve this problem, PCB apply to heatsink. The performance test of improved PCB has been completed. Futhermore system compatibility, positive pressure maintenance and noise test were performed. This improvement confirmed that no faults have occurred in PCB so far. Therefore, the quality of the equipment has improved.

**Keywords** : Collective Protection Equipment, Quality Improvement, Condesate, Weapons System, Heatsink

### 1. 서론

유도무기체계의 주요구성품인 통제소는 상위 방공체

제체계 및 인접 통제소와 연동하여 전술정보를 실시간 공유하여 포대급 사격통제 임무를 수행하는 장비이다. 교전체계의 핵심요소로 방공작전시 운용자가 상주하는 유

\*Corresponding Author : Se-Jin Pak(Defense Agency for Technology and Quality)

Tel: +82-10-3280-3153 email: rivigen@naver.com

Received February 19, 2019

Revised March10, 2019

Accepted May 3, 2019

Published May 31, 2019

일한 장소를 제공한다. 이런 역할을 하는 통제소의 구성품인 집단보호장비는 쉘터 내 냉난방기능 및 생화학작용 대비한 공기정화 및 양압 발생 기능을 수행한다. 집단보호장비는 냉난방장비, 화생장비로 구성되어 있다. 본 논문에서 다루게 될 회로카드조립체는 냉난방장비 및 화생장비 내에 장착되어 있다. 냉난방장비의 작동원리는 Fig. 1과 같다.

냉방 사이클의 주요부품인 압축기에 의해 압축이 이루어지며, 증발기 코일에서 증발된 냉매는 기체 상태로 흡입되어 압축기에서 고온 고압으로 압축된 후 응축기로 배출한다. 압축기에서 고온 고압으로 압축된 냉매는 응축기를 통과하며 실외의 차가운 공기와 열교환을 하여 열을 빼앗기고 응축된다. 또한 응축된 냉매는 필터드라이어에서 불순물 및 수분이 걸러지고 수액기에서 잠시 저장된다.

수액기와 필터드라이어를 거쳐 팽창변을 통과하면서 저온 저압의 액체상태 냉매로 바뀌어진다. 여기서 팽창밸브는 증발기 코일 출구 측의 냉매온도를 감지하여 개폐 정도를 조절하여 냉매량을 적절히 증발기 코일 측으로 보낸다[1].

그 후, 증발기 외부로는 실내의 따뜻한 공기가 증발기 송풍기에 의해 강제적으로 통과된다. 여기서 냉매는 따뜻한 실내공기의 열을 흡수하여 증발하게 되며, 증발된 냉매는 기체 상태로 압축기로 흡입된다. 그 과정 중 실내공기는 열교환을 통하여 열을 빼앗겨 온도가 내려간다. 이와 같은 과정을 통하여 냉매는 계속 순환하면서 증발작용을 하여 실내공기를 낮추어 준다[2].

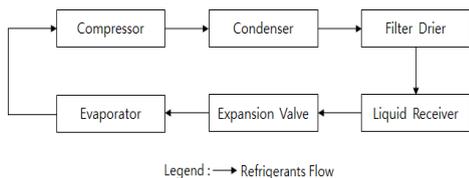


Fig. 1. Operating Principles of Heating and Cooling Equipment

이러한 동작을 하는 냉난방장비의 구성품 중 응축부 팬이 동작하지 않는 현상이 16~18년 다수 발생되었다. 따라서 해당 원인에 대한 원인분석을 수행하였다. 그 결과 냉난방제어기 내부의 온도가 상승되어 특정 회로카드조립체가 고온에 소손됨을 확인하였다. 따라서 이를 해결하기 위해 세 가지 방열판을 제작/장착하여 시험하여 회로카드조립체의 온도를 하강 시켰으며, 변경 후 체계 호

환성 검사, 양압유지, 소음 시험, 작동시험을 완료하였다. 본 연구를 통한 개선된 회로카드조립체에서 현재까지 발생한 고장은 없음을 확인하였고 품질이 향상됨을 확인하였다.

## 2. 원인분석

반복적으로 고장이 발생한 회로카드조립체는 응축기/증발기 송풍기 모터 구동에 필요한 전류를 출력하고 작동 신호에 따라 응축기/증발기 송풍기 모터를 제어하는 역할을 한다. 이 회로카드 조립체에는 절연 게이트 양극성 트랜지스터 (Insulated Gate Bipolar Transistor, 이하 IGBT)가 Fig. 2와 같이 장착된다.



Fig. 2. Printed Circuit Board

현미경 분석 결과 이 회로카드 조립체의 전자부품 중 하나인 IGBT Driver 내부 단자 소손을 Fig. 3과 같이 확인하였다.



Fig. 3. IGBT Combustion  
(a) Inside of IGBT Driver  
(b) Scale Up Combustion Area

소손 부위를 확인 후, IGBT 제조사에 원인 분석을 문의한 결과 고온노출, 다습한 주변 환경, 고온 다습한 환경 (Fig. 4)을 답변 받았다. IGBT Driver 내부 단자 소손의 원인에 대하여 원제작사(SEMIKRON, 독일)는 열화 또는 습기에 의한 영향으로 판단하였다.

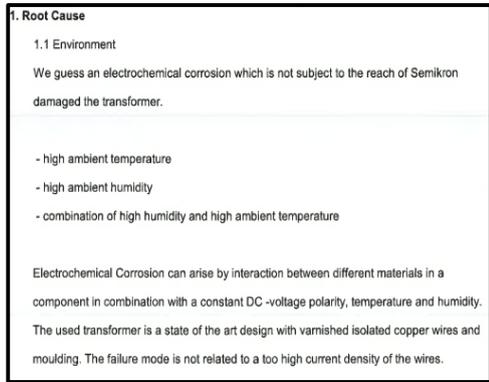


Fig. 4. IGBT Driver Manufacturer Cause Analysis

이에 따라, 냉난방제어기 내부 습기 유입 가능성 검토 결과한 결과, 덮개 결합 틈새는 EMI 가스켓과 진공그리드로 처리되어 제어기 내부 기밀이 유지되기 때문에 습기가 유입될 가능성은 낮은 것으로 판단되었다.

다음 원인으로 열화에 의한 소손 가능성 확인을 위해 국방규격에 따른 냉방과부하 조건인 고온조건에서 냉난방장비 가동 시 제어기 온도 측정결과 제어기 내부온도가 91.7 °C까지(Table 1) 상승함을 확인하였다.

Table 1. The Result of Experiment

Division	Heating and Cooling Controller		
	IGBT1	IGBT2	Inside
Begin(°C)	26.8	26.7	26.9
After(°C)	109.1	45.4	91.7

아래 Fig. 5은 지속적으로 문제가 발생한 IGBT SKHI 71 R의 데이터이다[3].

Absolute Maximum Ratings			
Symbol	Conditions	Values	Units
V <sub>S</sub>	Supply voltage primary	15.6	V
V <sub>H</sub>	Input signal voltage	V <sub>S</sub> + 0.3	V
I <sub>OUTPEAK</sub>	Output peak current	2	A
I <sub>OUTAVMAX</sub>	Output average current (T <sub>s</sub> = 85 °C)	20	mA
f <sub>swmax</sub>	Max. switching frequency (C <sub>CE</sub> < 9nF)	50	kHz
V <sub>CE</sub>	Collector emitter voltage sense across the IGBT (for 1200V-IGBTs)	900	V
dv/dt	Rate of rise and fall of voltage (secondary to primary side)	15	kV/μs
V <sub>ISO10</sub>	Isolation test voltage input - output (2 sec. AC)	2500	V
V <sub>ISO12</sub>	Isolation test voltage output 1 - output 2 (2 sec. AC)	1500	V
R <sub>Qonmin</sub>	Minimum rating of R <sub>Qon</sub>	10	Ω
R <sub>Qoffmin</sub>	Minimum rating for R <sub>Qoff</sub>	10	μC
Q <sub>outputse</sub>	Max. rating for gate T <sub>g</sub> = 85 °C charge per pulse T <sub>g</sub> = 55 °C	0.7	μC
T <sub>sp</sub>	Operating temperature	-40 ... + 85	°C
T <sub>stg</sub>	Storage temperature	-40 ... + 85	°C

Fig. 5. The datasheet of IGBT SKHI 71 R

데이터시트에서 볼 수 있듯이 냉방과부하 조건에서 운용온도 범위(-40 ~ +85°C)를 초과함을 확인하였다.

### 3. 개선방안

2장에서 원인분석한 내용을 바탕으로 하절기와 같이 고온의 환경조건에서는 지속적인 냉방가동에 의해 부품이 가열되며, 제어기 내부에서 외부로의 열 발산이 제한되어 제어기 내부온도가 상승하고 이에 따라 고온에 노출된 전자부품(IGBT Driver)이 열화되어 소손되는 것으로 판단되었다. 열화에 의해 전자부품이 소손되는 것을 방지하기 위하여 전자부품에서 발생하는 열 방출이 용이하도록 방열판을 설치하는 것이 효과적인 방법이라 판단되었으며, 방열판 설치의 이번엔 문제가 발생한 GATE1 회로카드조립체 뿐만 아니라, 유사한 환경에 적용되는 회로카드조립체에 모두 적용하는 것이 타당하다고 판단하였다.

회로카드 조립체의 온도상승을 억제하기 위해 제작된 방열판은 총 3종(Fig. 6)으로 알루미늄 재질로 제작하였다. 방열판은 IGBT 장착부와 CPU 장착부로 나눌 수 있으며, 본 시험에서는 IGBT 장착부와 CPU 장착부의 방열 핀 개수와 방열핀의 넓이를 각기 다르게 하여 제작하였다. 그리고 IGBT Driver와 방열판의 접촉면적을 늘리기 위하여 중간층에 젤(Gel) 시트를 삽입하여 방열판의 방열 효율을 높이고자 하였다[4].

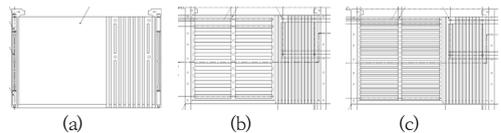


Fig. 6. Heatsink Shape A(a), Heatsink Shape B(b), Heatsink Shape C(c),

방열판의 성능 평가를 위하여 회로카드 조립체에 방열판을 부착하기 전과 방열판 3종(A, B, C)을 부착한 후 IGBT Driver의 표면 온도를 측정하여 방열판에 따른 포화 온도를 비교하여 방열판의 성능을 평가한다. 방열판은 회로카드 조립체 GATE, GATE1, GATE2에 동일한 방열판을 동시에 부착하여 시험하고 시험 시작과 온도 포화가 발생할 때까지의 온도를 연속 적으로 측정하였다. 회로카드 조립체가 장착된 공간 내부의 온도 변화를 측정하기 위하여 냉난방제어기의 CPU 회로카드와 화생제어기의 CPU 회로카드에 온도센서를 부착하여 시험시작부터 온도포화가 발생한 시점까지의 온도를 연속 측정한다. 온도포화는 30분 동안의 온도변화가 ± 0.5 °C 이내로 발생하였을 때 온도 포화에 도달하였다고 판단하였다.

냉난방제어기와 화생제어기는 국방규격에 명시되어 있는 실외 공기 온도와 실내 공기 온도가 유지되는 상태에서 시험을 진행하며 온도 조건은 <Table 2>와 같다. 실외 및 실내의 온도가 유지되는 상태에서 냉난방장비의 운전을 냉방, 수동, 4단으로 설정하여 회로카드조립체 IGBT Driver의 포화 온도를 측정하였다.

Table 2. Temperature Condition

Division	Room Condition		Outdoor Condition	
	Dry Bulb	Wet Bulb	Dry Bulb	Wet Bulb
Temperature	$(32.0 \pm 0.5) \text{ } ^\circ\text{C}$	$(23.0 \pm 0.5) \text{ } ^\circ\text{C}$	$(43.0 \pm 0.5) \text{ } ^\circ\text{C}$	$(26.0 \pm 0.5) \text{ } ^\circ\text{C}$

냉난방제어기 회로카드 조립체의 온도측정은 GATE1, GATE2, CPU 회로카드에서 측정하였다. (Fig. 7) GATE1 회로카드에는 IGBT Driver가 2개 장착되기 때문에 온도 측정 위치를 2곳으로 선정하는 것이 바람직하나 회로카드 내부의 한정된 공간과 응축부 조립체와 회로카드의 결합 공간이 협소하여 IGBT Driver간의 사이를 온도측정 위치로 선택하였다.

GATE2 회로카드에는 IGBT Driver가 1개 장착되기 때문에 IGBT Driver 측면을 온도측정 위치로 선택하였다. 그리고 회로카드 조립체가 장착되는 제어기 내부의 온도를 측정하기 위하여 CPU 회로카드 조립체의 표면 온도를 측정하였다. 냉난방제어기 회로카드 조립체의 온도측정 위치는 아래의 그림과 같으며, 온도센서를 IGBT Driver 측면에 부착한 이유는 방열판과 IGBT Driver의 접촉 면적에 방해되는 요인을 최소화하기 위해서였다.

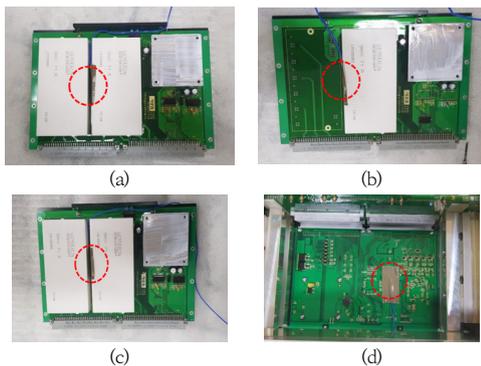


Fig. 7. Temperature Measurement Point  
(a) Gate 1 (b) Gate 2 (c) Gate (d) CPU Circuit Card

화생제어기 회로카드 조립체의 온도측정은 GATE와 CPU 회로카드에서 측정하였다. (Fig. 7(c)) GATE 회로

카드에는 냉난방제어기의 GATE1 회로카드와 동일한 구성으로 제작되어 있기 때문에 측정 위치를 GATE1 회로카드와 동일하게 선정하였다. 그리고 회로카드가 설치되는 공간의 주면 온도를 측정하기 위하여 CPU 회로카드의 표면 온도를 측정하였다.

냉난방제어기와 화생제어기 회로카드 조립체의 온도는 열전대 온도센서와 데이터로거(Fig. 8(a))을 통하여 측정하였으며, 온도 측정의 주기는 50 ms로 설정하였다. 온도 측정 결과는 데이터로거와 연결된 컴퓨터에 실시간으로 저장 되도록 하였으며, 실험 완료 후 저장 데이터를 분석하여 온도 포화 발생 시 최고 온도의 값을 기록하였다.

방열판의 성능을 평가하기 위한 시험공간은 항온항습의 설정 및 측정이 가능한 2개의 항온항습 룸챔버를 이용하였다.(Fig. 8(b)) 냉난방제어기와 화생제어기가 위치한 곳을 실외 공간으로 설정하였으며, 해당 공간의 온도는 집단보호장치의 냉방과부하 실외 온도 조건인 건구 온도  $(43 \pm 0.5) \text{ } ^\circ\text{C}$ , 습구 온도  $(26 \pm 0.5) \text{ } ^\circ\text{C}$ 가 유지되도록 하였다. 그리고 냉방이 가동되는 곳을 실내 공간으로 설정하였으며, 해당 공간의 온도는 건구 온도  $(32.0 \pm 0.5) \text{ } ^\circ\text{C}$ , 습구 온도  $(23.0 \pm 0.5) \text{ } ^\circ\text{C}$ 가 시험이 수행되는 동안 유지되도록 하였다.



Fig. 8. (a) Data Logger GL820 (b) Temperature Measurement Environment

냉난방제어기 및 화생제어기의 방열판 부착 전 시험 결과<Table 3>, GATE1 IGBT Driver의 시험 시작 시의 표면 온도는  $45.6 \text{ } ^\circ\text{C}$  이었으며 시험 시작 후 온도 포화에 도달한 뒤의 최고 온도는  $109.6 \text{ } ^\circ\text{C}$  로 시작 시점의 온도보다  $64.0 \text{ } ^\circ\text{C}$ 의 상승을 보였다. GATE2 IGBT Driver의 시작 온도는  $45.4 \text{ } ^\circ\text{C}$  이었으며 온도 포화 시점의 최고 온도는  $89.5 \text{ } ^\circ\text{C}$  로 약  $44.1 \text{ } ^\circ\text{C}$  온도 상승을 가졌다. 온도 포화에 소요되는 시간은 약 4시간 이었다. GATE1의 IGBT Driver는 최고 동작 온도인  $85.0 \text{ } ^\circ\text{C}$ 를  $24.6 \text{ } ^\circ\text{C}$  초과한 온도에서 포화가 발생하였으며, GATE2의 IGBT Driver는  $4.5 \text{ } ^\circ\text{C}$ 를 초과한 온도에서 포화가 발생하였다. GATE 회로카드의 IGBT Driver 역시 최고 동작 온도인  $85.0 \text{ } ^\circ\text{C}$ 를  $18.1 \text{ } ^\circ\text{C}$  초과한 온도에서 포화가 발

생하였다.

Table 3. The Result of Experiment before Applying Heatsink

Measurement Point	Begin(℃)	After(℃)	Temperature Differenc(℃)
GATE1 IGBT	45.6	109.6	64.0
GATE2 IGBT	45.4	89.5	44.1
Heating and Cooling Inside	45.0	82.3	37.3
GATE IGBT	43.7	103.1	59.4
CBR Inside	42.9	75.0	32.1

방열판 3종(A,B,C)을 적용하여 시험한 결과 포화온도는 Table 4와 같다. 온도 포화에 걸린 시간은 방열판 부착 전보다 늘어난 4시간 20분에서 5시간 20분 가량이 소요되었다.

방열판 3종을 통한 시험을 통해 방열판을 통한 포화온도 하강을 확인할 수 있었다. 시험 결과를 바탕으로 냉난방제어기의 경우에는 방열판의 형상에 따라 큰 차이를 보이지 않았지만, 화생제어기 GATE 회로카드 조립체는 방열판 A를 적용하였을 때 가장 높은 온도하강 효과를 가졌으며 IGBT Driver의 최고 허용 온도보다 11.2 ℃ 낮음으로써 IGBT Driver의 고온 발열 현상을 해결하였다고 판단된다. 또한 방열판 B 및 방열판 C의 적용에 따른 포화 온도를 비교하였을 때 방열판 A의 적용 결과와의 차이가 각각 4.2 ℃와 6.9 ℃의 차이를 가짐으로써 방열판의 종류에 따른 방열 효율의 차이가 있다고 판단되었다.

Table 4. The Result of Experiment After Applying Heatsink

Measurement Point	Heatsink A	Heatsink B	Heatsink C
GATE1 IGBT	84.6 ℃	86.1 ℃	86.3 ℃
GATE2 IGBT	72.3 ℃	73.5 ℃	73.8 ℃
Heating and Cooling Inside	71.4 ℃	72.4 ℃	72.1 ℃
GATE IGBT	73.8 ℃	78.0 ℃	80.7 ℃
CBR Inside	65.2 ℃	67.4 ℃	68.0 ℃

방열판 3종을 통한 시험을 통해 방열판을 통한 포화온도 하강을 확인할 수 있었다. 시험 결과를 바탕으로 냉난

방제어기의 경우에는 방열판의 형상에 따라 큰 차이를 보이지 않았지만, 화생제어기 GATE 회로카드 조립체는 방열판 A를 적용하였을 때 가장 높은 온도하강 효과를 가졌으며 IGBT Driver의 최고 허용 온도보다 11.2 ℃ 낮음으로써 IGBT Driver의 고온 발열 현상을 해결하였다고 판단된다. 또한 방열판 B 및 방열판 C의 적용에 따른 포화 온도를 비교하였을 때 방열판 A의 적용 결과와의 차이가 각각 4.2 ℃와 6.9 ℃의 차이를 가짐으로써 방열판의 종류에 따른 방열 효율의 차이가 있다고 판단되었다.

이처럼 냉난방제어기와 화생제어기의 방열 효율 차이가 나타나는 이유는 설치 환경에서 찾을 수 있었다. Fig. 9와 같이 냉난방제어기의 회로카드가 설치되는 응축부조립체는 자체가 하나의 차폐 공간이기 때문에 공기의 순환이 불가능하여 방열판의 방열 성능에 중요한 외부와의 공기 순환이 전혀 불가능하다.



Fig. 9. Installation Environment of Gate 1,2

반면에 Fig. 10과 같이 화생제어기의 GATE 회로카드는 설치공간의 내부 면적이 냉난방제어기에 비해 넓으며, 회로카드간의 간격 이격은 없으나 방열판이 내부의 넓은 공간 방향으로 설치되어 있어 내부 온도와 함께 열분산이 발생했을 가능성이 크다고 판단된다[5]. 그리고 제어기 자체가 공기중에 노출되는 면적이 넓어 제어기 내부의 온도가 냉난방제어기에 비해 낮게 유지됨으로써 방열판의 방열 효율에 영향을 주었다고 판단되었다.



Fig. 10. Installation Environment of Gate

### 4. 결론

본 연구는 고온의 환경조건에서 지속적인 가동으로 인한 회로카드조립체의 열화에 의한 소손을 방지하기 위한 방열판 적용을 통해 시험한 결과 포화 온도를 낮춤으로 품질 향상을 확인하였다. 개선된 회로카드조립체는 적용 후 체계 호환성 검사, 양압유지, 소음 시험, 작동시험을 마쳤으며 현재까지 고장이 발생한 이력이 없다.

논문에서 개선한 회로카드조립체는 현재 군에서 운용 중인 집단보호장비에 적용되며 약 2년에 걸쳐 동일한 문제가 6회 발생하였다. 회로카드조립체 3종의 가격이 약 600만원이다. 해당 집단보호장비의 운용기간은 최소 10년 이상임을 고려하였을 때 본 개선을 통해 3억원 이상의 운용비용 절감을 볼 수 있다.

뿐만 아니라 향후 양산될 후속 무기체계에도 동일한 장비가 적용될 예정이므로 발생 가능한 문제점을 방지하는 등 품질을 사전에 제고하는 성과를 이루었다고 생각한다. 특히 집단보호장비는 냉난방기능 및 생화학 작용제로부터 오염된 상황에서 여과된 공기를 개인 보호 장구 착용 없이 교전능력 부여하는 역할을 하기 때문에 우리군의 작전 운용상 중요한 개선을 하였다고 판단한다.

방열판의 성능에 영향을 끼치는 요소로는 반도체와 방열판 간의 접촉성, 방열판의 표면적 등이 있다. 그러나 방열판이 한정된 두께로 제작될 경우 방열판을 늘려 표면적을 최대한으로 늘린다면 오히려 방열효과가 제한될 수 있음을 확인하였다. 또한 본 연구를 통해 외부와의 공기 순환이 제한될 경우 방열 성능의 제한을 확인하였고 이에 따라 장비 설계 시 공기의 자연대류를 고려한 설계가 필요할 것으로 판단된다.

### References

[1] Seung-Won Wang, Yonggahp Chung, Seong-Lyong Kim, Yeoung-Min Han, "Design of Thermo-starting System for Propulsion System Test Complex", *The Korean Society of Propulsion Engineers*, pp.632-635, Dec 2013.

[2] Jae-Hyeong Seo, You-Ma Bang, Moo-Yeon Lee, "Investigation on the Performance of Special Purpose Automotive Air-Conditioning System Using Dual Refrigeration Cycle", *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers*, Vol.40, No.4, pp.213-220, Apr. 2016  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-B.2016.40.4.213>

[3] Datasheet "Sevenpack IGBT and MOSFET Driver, SKHI 71 R", SEMIKRON

[4] Jung-Kyun Kim, Wataru Nakayama, Sun-Kyu Lee, "Characterization of a Thermal Interface Material with Heat Spreader", *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, Vol.27, No.1, pp.91-98, Jan. 2010.  
DOI: <http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE01182956>

[5] Sung, Sun-Kyung, "Heat Emission Characteristics on Natural Convection Radiator with Various Aspect Ratios in Heating Space", *Korea Academy Industrial Cooperation Society*, Vol.11, No.1, pp.37-42, Jan. 2010.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.1.037>

박 세 진(Se-Jin Pak)

[정회원]



- 2014년 2월 : 한양대학교 전자시스템공학과 (공학사)
- 2013년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 (연구원)

<관심분야>

유도탄, 제어공학, 화생장비

기 상 식(Sang-Sik Ki)

[정회원]



- 2000년 2월 : 마산대학교 방사선과
- 2000년 3월 ~ 2003년 4월 : 금산기술검사 방사성동위원소 안전관리자
- 2003년 4월 ~ 현재 : 삼양화학공업 품질보증

<관심분야>

방사선, 전기