

OO 다기능레이더 통제 유닛 공조 시스템 공기 유동 경로에 의한 시스템 영향성 연구

최영학*

*(주)한화시스템

yh0614.choi@hanwha.com

A study on the temperature effect following air flow path in air conditioner system, Multi Functional Radar(Control Set)

Young-Hak Choi*

*Hanwha Systems Co.,Ltd

요 약

다기능레이더(MFR : Multi Functional Radar) 통제 유닛(CS : Control Set)에는 장비와 승무원에게 적절한 운용 환경을 제공하기 위한 공조 시스템(Air Conditioner System)이 있다. 공조 시스템은 내부 및 외부의 온/습도 데이터를 수집하여 기온에 따른 운전 모드를 확인 후 장비에 적절한 운용 환경을 제공하기 위해 온도 프로파일에 따라 자동으로 동작한다. 야전에 기 배치된 일부 다기능레이더에서 공조 시스템의 공기 유동 경로 영향에 의해 특정 위치에서의 구성품 온도 상승 문제가 발생했으며, 현상 발생 시 정비 및 유지보수를 위한 수리기간이 발생하여 공군 방공시스템의 공백이 발생할 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 공기 유동 경로(Air Flow Path)에 따른 시스템 영향성을 분석하여 합리적인 대안을 소개하였다.

1. 서론

한국형 중거리 지대공 유도무기체계 'OO'의 부체계인 '다기능레이더'는 고출력의 RF 신호를 생성하여 안테나를 통해 빔을 방사, 표적의 탐지/추적을 수행하는 장비이다. 다기능레이더는 송신기 유닛, 안테나 유닛, 통제 유닛 및 레이더 받침대 등으로 구성되며, 통제 유닛은 다기능레이더의 모든 내부 구성품에 대한 상태정보를 확인하여 운용을 제어한다. 그러므로 다기능레이더의 정상적인 운용과 원활한 작전 수행을 위해서는 통제 유닛의 운용 상태가 안정적으로 유지 되어야 한다. 다기능레이더는 고출력으로 송신 시 일부 구성품들이 약 100℃ 이상의 고온 상태를 유지하며, 해당 구성품을 냉각시키기 위해 발열을 제어하는 등 적절한 온도를 유지하기 위한 기능을 담당하는 장비들이 존재한다.

통제 유닛에서는 공조 시스템이 해당 기능을 수행하며, 내부 구성품의 적절한 운용 환경을 제공하기 위해 온/습도 데이터를 수집하여 온도 프로파일에 따라 자동으로 동작하도록 되어 있다. 공조 시스템에 의해 내부 구성품 온도가 제어되지 않는 경우에는 다기능레이더 운용 제어와 관련된

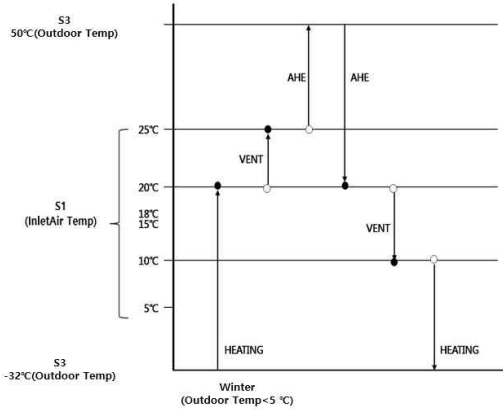
구성품의 성능 저하가 발생할 수 있으며, 심한 경우 고장을 유발하는 등 치명적인 결함이 발생할 수 있다. 이처럼 공조 시스템은 통제 유닛을 안정적으로 운용하기 위한 매우 중요한 요소이나, 특이사항이 발생했을 때 정비를 위한 전력화 공백이 부득이하게 발생하게 된다. 현재까지 통제 유닛 내부 구성품 온도 상승으로 인한 장기간 정비한 이력은 없으나, 야전에 배치된 다기능레이더의 수가 증가하고 배치 후 사용 기간이 늘어남에 따라 몇몇 포대에서는 통제 유닛 내부 구성품 온도 상승으로 인한 문제가 식별 되었다. 따라서 본 논문에서는 온/습도 조건에 의한 공조 시스템 동작 조건과 공기 유동 경로 등을 파악하여 내부 구성품에 온도 상승을 유발할 수 있는 원인과 시스템에 미치는 영향을 분석하여 발생 가능한 상황을 사전에 방지 하고자 한다. 또한, 합리적인 대책 방안을 수립하여 소요군의 전력화 공백 최소화 및 소요군의 안정적인 장비 운용에 기여하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 공조 시스템 기능 및 특성

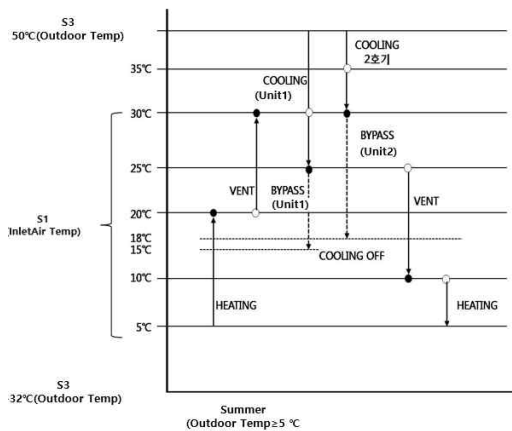
2.1 공조 시스템 동작 특성

OO 다기능레이더 통제 유닛의 공조 시스템은 장비에 적절한 운용 환경과 승무원을 위한 쾌적한 환경을 제

공하기 위해 내부 공기를 순환/냉방/난방을 통해 일정한 온도로 유지 및 제공하는 기능을 수행한다. 공조 시스템은 장비용/승무원용 공조기로 구성되어 있으며, 내부 및 외부의 온도/습도 데이터를 센서 모듈을 통해 확인 후 그림 1, 그림 2와 같이 온도 프로파일에 의해 동작 모드가 결정되는 일련의 과정이 반복된다.



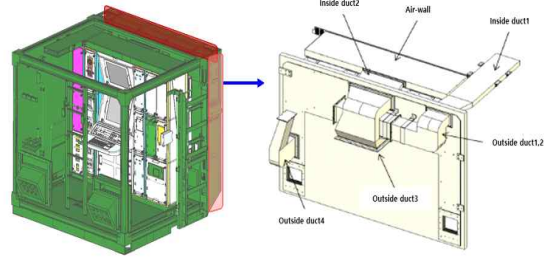
[그림 1] 겨울모드 온도 프로파일



[그림 2] 여름모드 온도 프로파일

2.2 공조 시스템 동작모드 및 조건

통제 유닛 및 장비용 공조기 형상은 그림 3과 같으며, 공조 시스템은 셀터 내부 및 외부의 온/습도 데이터를 RS-422 통신을 통해 수신하여 운영자가 확인할 수 있도록 패널 조립체에 표시한다. 상대습도가 90% 이상일 경우 '다습' 램프가 점등되며, 운영자는 '제습' 버튼을 눌러 제습운전(건조-Heating/제습-Cooling)을 해야 한다. 제습 후 '다습' 램프가 소등되고 공조 시스템을 작동하는 경우 외부 기온에 따른 운전 모드를 확인하여 온도 프로파일에 따라 자동 운전을 실시한다. 온도 프로파일에 따른 동작 모드 및 특성은 표 1과 같다.



[그림 3] 장비용 공조기 형상

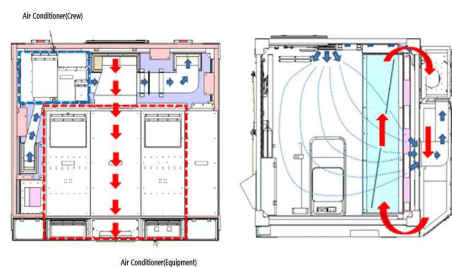
[표 1] 공조 시스템 운용 모드 및 특성

모드	내용
운용범위	-32°C ~ 50°C
발열 (Heating)	10°C 이하에서 작동하고, 20°C 이상에서 정지한다.
송풍 (Vent)	장비 작동 시 내부 온도가 20°C에서 작동하고, 내부 온도가 25°C 혹은 10°C가 되면 정지한다.
AHE(Air to Air Heater Exchanger)	겨울 모드에서 실내 온도가 25°C 이상이 되면, 차가운 외기를 유입하여 열교환기를 통해 내기의 온도를 낮추고 내부 공기를 순환시킨다.
냉방 (Cooling)	여름 모드에서 실내 온도가 25°C 이상이 되면 작동한다. 실내 온도가 20°C에서 15°C까지는 응축기의 빈번한 전원 on/off를 방지하고자 바이패스 조건을 적용하여 전원 on 상태이나, 온도는 더 이상 내려가지 않는 상태를 유지한다.

3. 공기 유동 경로에 따른 시스템 영향성

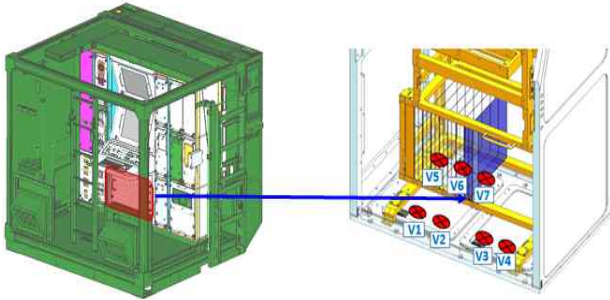
3.1 공기 유동 경로 특성

통제 유닛에서 내부 구성품의 온도 상승은 공조 시스템의 오동작 혹은 공기 유동 경로 문제에 의해 발생할 수 있다. 통제 유닛의 공기 유동 경로는 셀터 하부 흡입구로 시작하여 내/외부 덕트를 통해 공조기 상부로 순환하는 방식으로 그림 4와 같다. (장비용 공조기 : 장비용 공조기 하부→셀터 바닥 허니콤→운용정비콘솔 및 캐비닛 조립체→Air-wall 조립체→내부덕트→외부덕트→장비용 공조기 상부)



[그림 4] 공조기 공기 유동 경로

야전에 기 배치된 통제 유니트 내부 구성품의 온도 상승 문제는 그림 5와 같이 운용정비콘솔 하단부에서 발생하였다. 운용정비콘솔 하단에는 다기능레이더 운용 소프트웨어가 탑재되어 있는 레이더통제컴퓨터가 있으며, 그 중 V7 위치에 장착되어 있는 VR11(VME Single Board Computer)의 CPU에서 온도 상승 문제가 발생하였다. VR11의 CPU 온도는 95℃ 이상으로 감지되면 'Alarm'이 발생하며, 외부 운용 환경 조건은 표 2와 같다.

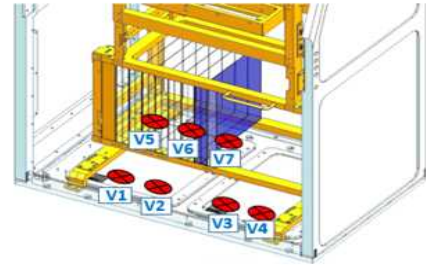


[그림 5] 온도 상승 문제 위치

[표 2] VR11 운용 환경 조건

Conditions	Style1	Style 3,6,8
High Temperature - Storage	+85℃	+85℃
Low Temperature - Storage - Operating	-40℃ 0℃	-40℃ -40℃
Temperature Shock - Storage - Operating	+/-10℃/min +/-5℃/min	+/-20℃/min +/-10℃/min
Relative Humidity - Storage, Operating	Up to 95% non-condensing	

VR11의 CPU 온도 상승 문제는 통제 유니트의 공조 시스템이 온도 프로파일에 의해 정상적인 동작을 하고 있는 환경에서 발생하였다. 따라서, 공기 유동 경로 영향성 확인을 위해 그림 6과 같이 운용정비콘솔 하단 부분인 V1~V7 각 위치에서 풍속을 측정하였다. 측정 결과 Slot 전면부인 V1~V4으로 Main Air Flow가 형성되었으며, 문제가 되었던 Slot 하단 V6~V7 위치의 풍속은 0m/s인 것으로 확인되었다.



Measurement of wind speed(m/s)						
V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
4.7~5.0	4.2~4.5	2.0~2.3	3.5~3.8	2.0~2.1	0	0

[그림 6] 위치별 풍속 측정 결과

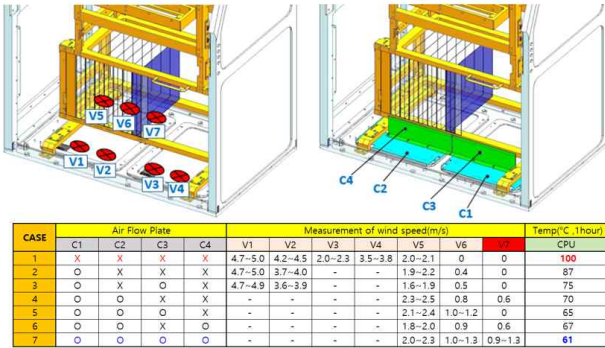
유체의 위치에너지와 운동에너지의 합은 항상 일정하다는 '베르누이의 정리'를 응용한 속도압 방정식 $[\frac{V^2}{2g} = V_p]$ 에 따라 풍속을 이용하여 풍압을 계산할 수 있으며, 여기서 V_p 는 속도압(kgf/m²), V 는 공기의 속도(m/sec), g 는 중력가속도(9.8m/sec²)를 나타낸다.

위 방정식을 근거로 V1~V7 각 위치별로 풍속을 측정하여 공조 시스템의 흡입구로부터 유입된 공기의 풍압을 계산할 수 있다. V6~V7 위치의 경우 풍속이 0m/s로 흡입구로부터 유입된 공기가 해당 경로로 유동되지 않는다는 것을 의미하며, 해당 위치의 구성품은 공조기를 통해 발열 제어가 되지 않을 수 있다는 것을 뜻한다.

3.2 시스템 영향성 분석 및 대책

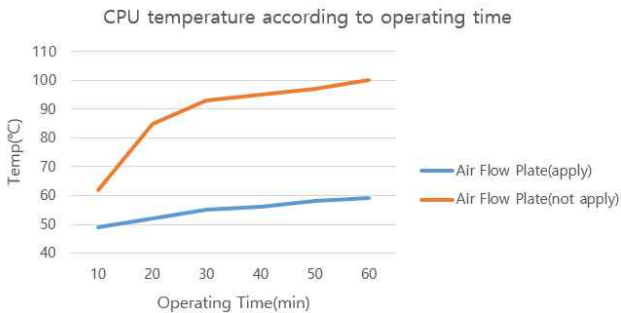
공기 유동 경로 문제로 인해 통제 유니트 구성품인 VR11의 CPU가 과열될 경우 해당 보드의 수명 감소 및 열 부하에 의해 동작 성능에 영향을 미칠 수 있다. 또한, VR11에 탑재된 다기능레이더 운용 소프트웨어가 정상 동작하지 못해 자체모드 운용 불가 상태로 전환될 수 있다. 따라서, 이와 같은 상황을 사전에 방지하기 위해 공기 유동 경로를 분석 후 운용정비콘솔 하단 Slot에 흐르는 공기의 양을 고르게 분배시켜 적정 온도를 유지할 수 있는 방안을 여러 조건의 실험을 통해 도출해 보았다. 그림 7은 위치별로 공기 유동판 적용 여부에 따른 운용정비콘솔 하단 V1~V7에서의 풍속 측정 결과이다.

측정 결과 C1~C4 위치에 공기 유동판을 모두 적용할 경우 기존 Slot 전면부에 생성되었던 Main Air Flow가 Slot 하단부로 생성됨을 확인할 수 있다.



[그림 7] 위치별 풍속 측정 결과(공기 유동판 적용)

C1~C4 위치에 공기 유동판을 모두 적용할 경우 Slot 하단부로 균일한 공기 유동 경로가 형성되는 것을 확인할 수 있었으며, 기존에 1시간 장비 운용 시 100°C 까지 상승했던 VR11의 CPU 온도가 약 60°C 까지 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 장비 운용 시간에 따른 CPU 온도 측정 결과는 그림 8과 같다.



[그림 8] 운용 시간에 따른 CPU 온도 측정

위 결과는 C1~C4 위치에 모두 공기 유동판을 적용했을 때 운용시간에 따라 온도 변화를 측정한 데이터로, 향후 공조 시스템을 적용한 유사 장비 설계 시 기초 자료로 활용할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 통제 유닛 공조 시스템 동작과 공기 유동 경로를 분석하여 시스템 온도 영향성을 분석하고 대책 방안에 대해 고찰해 보았다.

공조 시스템이 온도 프로파일에 의해 정상 동작하고, 통제 유닛 내부 구성품이 모두 정상인 상태라고 한다면, 운용 중 특정 위치에서의 구성품 온도 상승은 공기 유동 경로 문제에 의해 발생할 수 있다는 합리적 의심을 할 수 있다. 실제 온도 상승 문제가 발생한 위치의 풍속 측정 및 풍압 계산 결과 공기 유동량이 없었으며, 이로 인해 해당 위치의 구성품에서 온도 상승 문제가 발생했다.

위 문제에 대해 실험적 데이터를 기반으로 공기 유동판

을 적용하여 기존에 공기 유동량이 없었던 위치에 균일한 공기 유동량을 발생시켜 온도 상승 문제를 해결할 수 있었다. 향후 공기 유동판 재질 및 형상 보완과 수치 보완을 통해 해석 결과에 대한 신뢰성 확보를 위한 지속적 연구가 필요하다.

또한, 실험적 데이터를 기반으로 도출된 본 연구 결과가 기 배치된 다기능레이더에서 발생 가능한 상황을 사전에 방지하여, 소요군의 전력화 공백 최소화 및 소요군의 안정적인 장비 운용에 기여할 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] 김진영, 최성환, 김영환, “에어덕트와 팬을 이용한 전자장비 VME 서브랙의 공기 유동에 관한 연구”, 제22회 태성 ANSYS Users 그룹 미팅, 제 1권 1호, p. 1, 9월, 2012년.