

차륜형 대공포의 냉방기 최적화 설계[§]

전기현*† · 이부환** · 이동희**

*국방기술품질원, **두산 DST 방산연구소,

Optimized Design of Air Controlling System in Air Defense Gun Systems of Wheeled Vehicle

Ki-Hyun Jeon*†, Boo-Hwan Lee** and Dong-Hee Lee**

* Defense Agency for Technology and Quality

** Defense Research & Design Center, Doosna DST.

(Received May 9, 2013 ; Revised August 21, 2013 ; Accepted August 21, 2013)

Key Words: Air Conditioning Unit(냉방기), CLF(Cooling Load Factor, 냉방부하), CLTD(Cooling Load Temperature Difference, 냉방부하온도차)

초록: 최신의 전투장갑차들은 통합형 공조장치를 선호하는 경향이 있음에도 불구하고 분리형 공조장치에 대한 필요성이 제기되고 있다. 본 연구에서는 특수목적용 장갑차량 및 군용규격이 요구되는 장갑차량의 냉방, 난방장치에 대한 연구로 상용 Fluent 를 이용한 유동해석을 통해 덕트 및 최적화 배치를 구현하였으며 실차를 통한 시험 수행으로 해석결과를 검증하고, 선정된 냉방 및 난방기의 유효성을 확인하였다. 기존 차량의 변경 모델이나 계열차량의 경우, 현재 선정된 모델의 부분 변경으로 가능하며, 차륜형 장갑차용으로 선정된 현재 모델의 유효성을 본 연구를 통해서 입증되었다.

Abstract: A modern combat vehicle needs to have a separate air-conditioning unit, although new combat systems tend to employ an integrated heating, cooling, and ventilating system. In this study, we investigated an air conditioning unit for an armored combat wheeled vehicle as a special use and military specification and performed a case study of a unique military combat vehicle. By using Fluent software, we tried to determine a suitable air ducting method and its location in the armored combat vehicle. The results show that an air-conditioning unit is one of the best solutions for wheeled vehicles that are not equipped with a cooling unit for their crews, and it can be applied to similar types of armored vehicles.

- 기호설명 -

CLTD : 냉방부하온도차(°C)

CLF : 냉방부하계수

Q : 열량, Rate of Heat flow (Kcal/hr)

U : 열전달률, Thermal Transmittance(Kcal/hr m²°C)

1. 서론

근래 개발되는 무기체계는 고도의 정밀조건 및 고감도 시스템으로 진화함에 따라 무기체계를 효과적으로 제어하기 위해서는 운용자의 운용환경도

중요한 요소로 대두되고 있다. 현재의 무기개발자들은 대부분 통합형의 환경제어장치를 장착하도록 설계하고 있다. 통합형 환경제어장치란 화생방/난방/냉방/양압장치를 하나의 통합시스템으로 개발하여 승무원의 운용성을 향상시킨 체계라 볼 수 있다. 따라서, 한국 및 기타국가의 군용 장갑차량에 대한 냉난방장치의 적용사례를 파악하고 현재 한국군에서 신규 개발 및 도입을 준비하고 있는 차륜형 장갑차의 공기조화장치에 대한 공기조화장치의 최적화 설계방안을 검토하고자 한다. 군용 장갑차량의 경우, 그 운용목적에 따라 다양한 형식의 냉방장치가 적용되고 있다. 운용 목적 별로 분류하면 공격용(Attack) 장갑차량으로 전차/자주포/돌격장갑차 등이 있고, 수송용(Carrier) 장갑차량으로 보병용 장갑차, 방어용(Defense) 장갑차량 등

§ 이 논문은 대한기계학회 에너지 및 동력공학부문 2013년도 춘계학술대회(2013. 5. 31., 영흥에너지파크) 발표논문임.

† Corresponding Author, 38sojung1@hanmail.net

© 2013 The Korean Society of Mechanical Engineers

으로 나눌 수 있다. 공격 및 수송용 차량의 경우 주요 운용이 차량의 이동과 관련되어 있어 대부분이 차량의 엔진과 차량엔진용 축전지를 이용한 냉방장치를 적용하게 된다. 방어용 장갑차량은 기동능력을 가진 장갑차량이지만 그 운용 목적이 방어를 위주하는 무기체계로 대부분의 운용이 진지 배치 형으로 고정형 장비와 유사하다고 볼 수 있다. 이 경우 차량의 엔진의 진동/소음 및 운용상 차량엔진을 정지하는 경우가 대부분이므로 냉/난방기를 위한 별도의 전원장치가 필요하게 된다.

대부분의 방어용 무기의 경우, 복잡한 탐지센서와 방어 무기 체계를 운용하기 위해서는 대용량의 전원이 필요하게 된다. 따라서 방어용 무기체계의 경우 가스터빈엔진과 직류/교류 발전기로 구성된 별도의 전원공급기를 적용하는 경우가 많고 이러한 전원공급기에서 냉방기용 전원을 추가로 공급하는 방식으로 적용하는 경우가 많다. 하지만 방어용 무기체계나 첫 번째의 공격용/수송용 무기체계에서 냉방기에 공급해야 할 기존 전원이 부족하거나 차량의 동력원이 부족할 경우에는 환경 제어장치를 추가적으로 운용하는데 제약이 발생한다. 공격용 및 수송용 차량의 동력장치의 변경 없이 또한 방어용 장갑차량의 기존 전원에 어떤 영향도 없이 장갑차 내부공기를 제어할 수 있는 공기조화장치를 적용하고 개발하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 군용 공기조화장치의 적용사례

특수목적용 공기조화장치는 다양하게 개발되어 있다. 열전효과(Peltier Effect)를 이용하는 열전형 공기제어장치(Fig. 1 참고)는 러시아 및 중국에서 주로 냉방기 및 소형 전원장치로서 유도탄 및 군용장비에 널리 사용하고 있다. 열전효과는 이종 금속간의 전자 교환에 따라 한 곳에서는 열 에너지를 빼앗기고, 반대의 경우에는 열에너지가 방출되게 되는 열전 효과를 이용하는 것이다. 또 다른 특수 목적용 냉방기로는 수냉식 조끼와 연결한 소형 냉방기로 차량 내부에 적용하여 외부에서 군

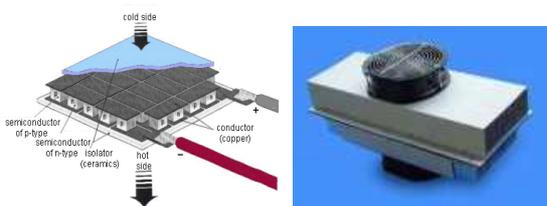


Fig. 1 Peltier effect & cooling unit

인들이 조끼를 착용하여 사막의 건조하고 고온의 기후에서도 쉽게 적응할 수 있도록 개발하였다. 이라크와 같은 사막 환경하에서 작전수행 및 이동시 적용되었다. 기 개발되어 운용되고 있는 차량에 추가로 적용하는 냉방기의 경우 Fig. 2 에 볼 수 있듯이 개별로 개발된 소형 냉방장치(Cooling Unit)과 자켓냉방기(Jacket Unit)를 일체형으로 개발하여 승무원이 착용한 개별 Jacket(조끼)으로 냉기를 공급하도록 설계되어 있다. 기존 차량의 변경을 최소화하도록 소형화 설계를 적용하였고 체계의 형상이나 제약조건에 따라서 전원공급기와 냉방기를 분리시키는 방안도 적용이 가능하나

영국의 전투탱크에 적용된 냉방기 모델 (Fig. 3 참고)은 소형 디젤엔진을 포함한 전원공급기와 냉방기를 일체형으로 설계하여 각 구성품의 배치공간을 최적화하고 승무원과 근접한 위치에 장착하고 덕트를 이용한 효율적인 냉방시스템으로 적용하였다.

3. 냉방 부하 계산

한국형 지형에 맞는 냉방 부하를 계산하여 공기조화장치중 냉방능력의 적정용량을 산정하고 무기체계의 그 운용 환경을 사전 예측하여 부하조건들을 검토하고 적용예상 무기차량을 대상으로 ASHRAE Handbook of Fundamental 의 가이드라인에 의해 냉방부하(Cooling Load)를 계산한다. 현재 운용중인 군용 장갑차량에 대한 냉방부하를 분류하면 외부부하(External Load, 일사/전도/침입외기), 내

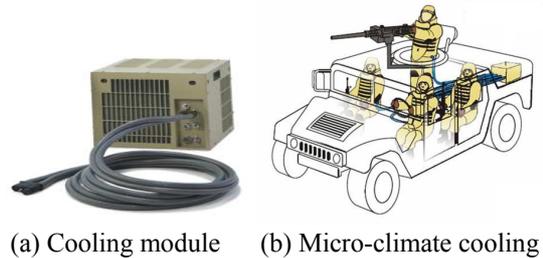


Fig. 2 Air conditioning for military use

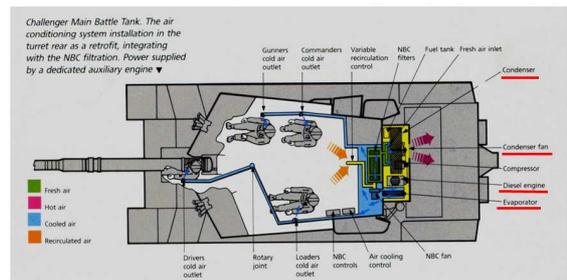


Fig. 3 Cooling unit of challenger battle tanks

부부하(Internal Load, 내부기기/인체/조명) 및 환기 부하(Ventilation Load, 외기 환기/여과)등으로 분류될 수 있다.

태양열 복사에 의한 벽면을 통한 열부하는 복사, 대류, 전도 및 벽체의 열저장에 의한 2 차적인 열 전달 과정을 거치게 된다. 이러한 열부하를 계산하기 위해서 단순한 표면 외기온도 대신에 상당외기온도(Solar-Air Temperature)의 개념이 적용된 CLTD(Cooling Load Temperature Difference)를 적용하여 외부 부하를 계산하게 된다.(Fig. 4 참고)

$$Q = U \times A \times CLTD \quad (1)$$

$$U = 1/R_T, \quad R_T = \sum \frac{1}{f} + \sum \frac{X}{\lambda} \quad (2)$$

냉방부하의 경우 계산 결과는 Fig. 5 와 같으며, 각 요소별 유입열량을 계산한 결과로 전기장치 열부하가 외부열분야 보다 큰 것을 알 수 있다. 실제 계산된 열부하량은 외부 열부하가 훨씬 높으나 체계내부에 단열재를 적용하여 대부분의 태양열복사 및 동체를 통한 열전도를 차단하여 냉방부하에 미치는 영향은 감소하였기 때문이다.

4. 유동해석

본 연구에서는 냉방장치의 성능검토를 위하여 상용 유동해석코드인 Fluent 를 사용하여 적합한 냉방 덕트 설계조건을 분석하였다. 분산 배치되어 있는 승무원의 냉방효과를 향상시키기 위해 승무원 위치별로 냉방 덕트를 별도 설치하여 운용하는

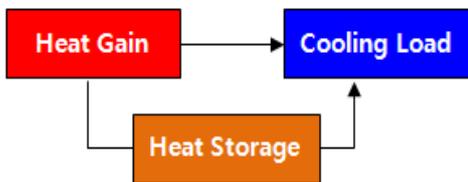


Fig. 4 Schematic diagram of heat gain

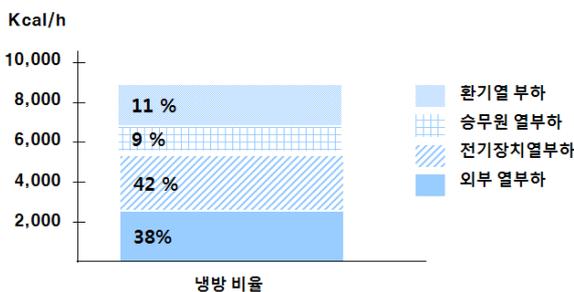


Fig. 5 Results of calculating cooling load

개념의 냉방기로 전체 내부의 온도 분포보다는 개별 승무원이 위치하고 있는 장소의 국부냉방 효과가 더 중요한 요소가 된다. 따라서 본 연구에서는 실제 덕트 모델의 제작에 앞서 내부 덕트 해석을 수행함으로써 증발기에서 각 덕트로 적절하게 공급될 수 있도록 설계인자를 찾고자 하였다. 또한 덕트 해석을 통하여 얻어진 수정된 형상자료를 기초로 하여 최적의 덕트 형상을 도출하고자 하였다. (Fig. 6 참고)

냉방덕트 유동 해석에 적용한 조건은 다음과 같다.

- 1) 3-D Modeling: Catia V5R16
- 2) Mesh: Gambit
- 3) 상용 CFD: Fluent 6.3.26
- 4) 입구조건: 유량 600m³/hr
- 5) 유동조건: Incompressible flow
- 6) 경계 벽면 조건: No Heat Flux (duct)
- 7) 난류모델: k-ε model

Table 1 Internal flow analysis of cooling duct

구 분	실내 유동해석	해석결과
내부 유동		승무원별 유속 3 ~ 5 m/s
단열재 미적용		승무원 온도분포 31 ~ 34℃
단열재 적용		승무원 온도분포 28 ~ 29℃

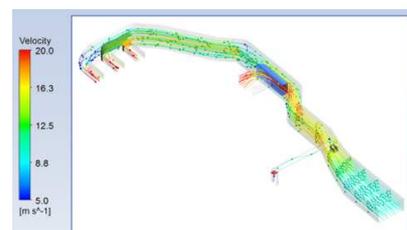


Fig. 6 Streamline of duct

Table 2 Cooling flow analysis of system

구분	덕트 유동해석	차압
우측 덕트	1 차 	412 Pa
	2 차 	61.3 Pa
좌측 덕트	1 차 	395 Pa
	2 차 	56.5 Pa

Fluent 를 이용하여 덕트 유동해석을 수행한 결과는 Table 1 과 같고 내부온도에 대한 실내기류 해석 결과는 Table 2 와 같다. 해석결과를 바탕으로 동일한 입구조건으로 출구에 대한 효과적인 유량 배분이 되고 및 압력강하가 적도록 덕트 형상을 개선하여 최종 적용하였다. Table 1 과 같이 덕트 유동해석 결과를 바탕으로 표 2 의 실내 유동해석 시 초기 유입조건으로 적용하여 해석을 실시하였고 개선된 덕트 유동으로 인해 실내유동에서 향상된 결과를 얻을 수 있었다.

물론 실제의 냉방 덕트로 적용하기 위해서는 덕트 출구 유속이나 압력 강하 외에 추가로 고려해야 할 조건들이 있다. 실제 차량에 적용하기 위해서는 덕트 경로의 적합성, 제작비용을 고려한 덕트 재료 및 제작성, 레도차량의 진동에 대한 내진동 및 충격특성 등을 추가로 고려해야 한다. 따라서 3D 모델링 작업에서 실제 차량 내부와 내부 장비들과 동일하게 형상을 모델링하여 덕트의 형상을 적용해야 한다. 덕트 유동해석결과를 실내기류해석의 입구조건으로 반영하고, 혹서기의 외부 조건에 대한 냉방기의 기화기 입구온도는 유사체계의 혹서기 실측온도 데이터를 적용하여 기화기 출구 초기온도를 계산하여 내부기류 해석을 수행하였다.

실내기류 해석결과, 단열재 미적용시에는 냉방

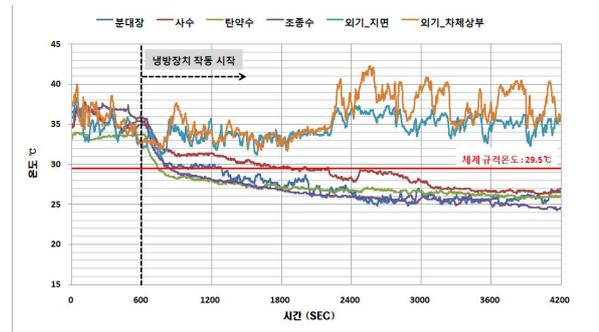


Fig.7 Test results for real vehicle

기의 냉방능력이 부족한 것으로 판단되며, 단열재 적용은 반드시 필요한 것으로 판단된다. 내부 덕트 출구의 방향 및 유량배분이 승무원별 온도편차를 개선하는데 기여하고 있음을 판단할 수 있다.

5. 실차냉방 성능시험

본 연구에서는 해석결과를 바탕으로 혹서기시 실차(유사장비)에서 냉방장치의 성능시험을 실시하여 해석결과와 비교 분석하였으며, 실차 시험시 외기온도 34 도 조건, 습도 62% 조건에서 해석 예측치인 28~ 29 도와 유사한 27~29 도의 시험결과를 Fig. 7 과 같이 획득하였다. 실차 냉방성능시험 결과, 최초 해석조건에서 접근한 냉방용량 예측값은 타당한 것으로 판단되었으며, 실차에 적용된 덕트의 형상 및 재질은 제작 용이성 등에 의해 일부 구성품들이 변경 적용되었다. 제품의 부분 변경으로 인한 추가요인들을 감안하더라도 해석결과 및 실차 시험결과로 판단시 해석의 유효성은 검증된 것으로 판단되며, 추후 일부 변경모델에 대해서도 동일한 해석조건으로 해석수행시 유용한 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

6. 결론

본 연구에서는 기존의 군용 장갑차량에 적합한 공기조화장치 용량을 확정하기 위한 냉방용량을 선정하여 냉방부하를 계산 및 냉방 덕트 모델의 유동해석, 실내기류 해석 등을 통해 냉방용량의 타당성을 분석하고 실차 시험을 통한 적정성을 확인하였다. 외부열 차단을 위한 단열재의 적용유무가 냉방부하에 영향을 크게 미치고 있음을 알 수 있으며 냉방부하는 전기장치 등의 내부 기기의 열부하로 인한 냉방부하가 높은 것으로 계산되었는데 이는 외부 열부하에 대해서는 단열재를 적용하여 상대적으로 차단효과가 증대되어 전체 열부하

에 대한 영향이 감소되었기 때문이다. 냉방유동해석의 결과로써 덕트 형상은 유량배분이 개선되고, 압력강하가 작도록 덕트 모델의 수정과 단열재의 적용유무가 냉방부하에 영향을 크게 미치고 있음을 알 수 있다. 따라서 적정 냉방온도를 달성하기 위해서는 단열재의 적용은 필수적임을 판단할 수 있다.

참고문헌

- (1) ASHRAE, 1992, "Air-Conditioning Cooling Load," ASHRAE Handbook, pp. 26.1 ~45, *Mech. Eng. B*, Vol. 23, No. 1, pp. 123~180.
- (2) Spitler J.D., F.C. Mc Quiston, and K. Lindsey, 1993, "The CLTD/SCL/CLF Cooling Load Calculation Method," *ASHRAE Transactions*, Vol. 99. No. 1, pp.183~192.
- (3) Kim Hwan-Yong and Yee Jung-Jae, 2007, "Preparation the Standard Weather Data and TAC Map for Heating and Cooling Load Calculation in the 17 Provinces of Korean," *Trans. of Architectural Institute of Korea*, Vol. 23, No. 9, pp. 197~204.
- (4) B. I. Ryu, H. Y. Kim and H. Y. Hwang, 1995, "A Study on the Calculation of Cooling Load of Building, CLTD and CLF," *The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineering of Korea*, 1995, pp. 434~439.
- (5) ASHRAE, 1996, "Heating, Ventilating and Air-conditioning System and Equipment," ASHRAE Handbook, p.19.
- (6) Incropera, F. P. and Dewitt, D. P., 1993, "Introduction to Heat Transfer," pp. 269~302.