

# 4kW급 상용차량용 전력전자 냉방장치의 열 환경 성능평가

한근우\*, 김성곤\*, 이충훈\*, 최명현\*, 정영국\*\*

\*(재)자동차융합기술원, \*\*세한대학교

## Thermal environmental performance evaluation of 4kW power electronic cooling system for commercial vehicle

Keun Woo Han\*, Seong Gon Kim\*, Chung Hoon Lee\*, Myoung Hyun Choi\*,  
Young Gook Jung\*\*

\*JIAT, \*\*Sehan University

### ABSTRACT

This study deals with an evaluation method for testing the robustness of the 4 kW commercial power electronic cooling system to the thermal environment. The power electronic cooling system consists of a cascaded push pull DC / DC converter, a three phase DC / AC inverter, and an electric compressor. The system manufactured by the thermal environment evaluation test (heat distribution test, thermal impact test, high temperature operation test, temperature cycle test, low temperature operation test) for the commercial electric power cooling system for commercial vehicle proves that it is robust against thermal environment.

### 1. 서론

상용차량에서 사용되고 있는 기계식 에어컨 시스템은 엔진의 가동에 의하여 발생하는 에너지를 이용해 차량 실내온도를 유지한다. 기계식 에어컨 시스템의 작동은 엔진 구동력의 일부를 사용하기 때문에 상용차의 연비에 큰 영향을 준다. 상용차량은 하절기 작업대기, 차량 내 야간취침 등이 빈번하며, 특히 운전자의 운행습관에 따라 연료 소비량이 증가한다[1]. 본 논문은 이상의 문제점을 해결하기 위하여 전력전자 변환장치를 이용한 냉방시스템을 제안한다. 전력전자 냉방장치는 24V의 배터리로부터 250V의 전압으로 승압하기 위한 최대용량 4kW급 Cascaded push pull DC/DC컨버터와 냉방장치의 전동압축기를 구동하기 위한 3상 DC/AC 인버터로 구성된다. 제작된 냉방장치의 열 환경에 대한 강인함을 파악하기 위하여, 열화상 카메라에 의한 열 분포 시험, 장치를 열 환경 챔버 내에서의 4시간 보관 후 온도를 급변하는 열 충격 시험(JASO D 001 94), 고온에서 119시간 유지하는 고온동작 시험(GMW3172), 24시간 주기로 온도를 급변시키는 온도사이클 시험, 저온에서 1시간 유지하는 저온 동작 시험(JASO D 001 94)을 수행하여 열 환경에 대해 강인성을 파악하고자 한다.

### 2. 제안된 시스템

그림 1은 상용차용 냉방시스템의 전체 구성도를 나타내고 있으며, 그림 2는 컨버터 인버터로 구성된 제안된 전력전자 냉방장치를 나타낸다. 제안된 시스템은 24V 배터리 전원으로부터

250V이상의 높은 직류전압을 출력하기 위한 Cascaded push pull DC/DC컨버터와 3상 PMSM을 구동하기 위한 3상 전압형 인버터로 되어있다. Push pull컨버터는 다른 방식[1]에 비하여 하드웨어와 스위칭 패턴이 간단하다는 장점이 있다.

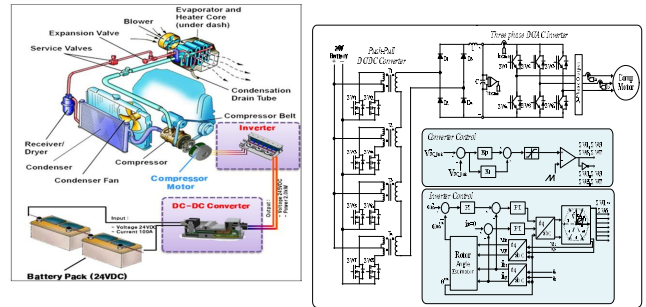


Fig.1. Power electronic cooling system for commercial vehicles Fig. 2. The proposed system

Push pull컨버터는 토로이드 타입 고주파 변압기를 이용하여 1차와 2차를 절연 분리하였으며, 2차 측은 다이오드, 인덕터, 커패시터를 이용한 LC 필터회로로 구성하였다. 구성된 3상 DC/AC 인버터는 회전자 위치 센서리스 형태로 무시동 기간에도 냉방시스템이 원활히 구동될 수 있도록 전동식 압축기를 구동한다.

### 3. 열 환경 성능평가 실험 및 고찰

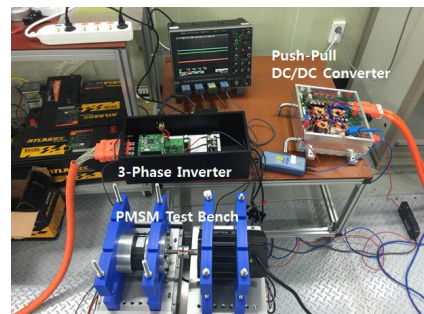


Fig. 3. Experiment system

그림 3은 제안된 차량용 전력전자 냉방장치의 실험 장치를 나타낸다. 실험 장치는 배터리전압 24V, cascaded push pull컨버터 출력전압 250V, 스위칭 주파수 30kHz, 토로이달 변압기 인덕턴스 500uH, 4.06mH(1차, 2차), 권선비 10:10:30(1차:1차:2차), 확장된 유기전력 기반 센서리스로 제어되는 1.5kW 3상

PSMSM(6poles)으로 구성된다. 그림 4는 컨버터의 열 분포도를 측정된 결과이다. 열 분포 측정기는 플라이어 FLIR 열화상카메라 SC660이며, 컨버터와 0.6m거리에서 90도 각도로 열 분포 측정을 한 결과를 표 1에 나타내었다.

Table 1. Thermal distribution test

Condition	Transformer	MOSFET
Max.Temperature	55°C	70°C

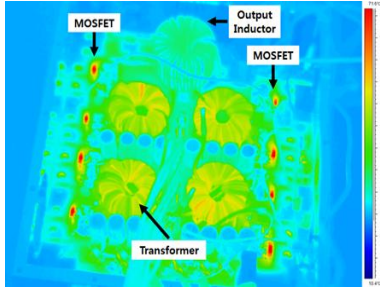
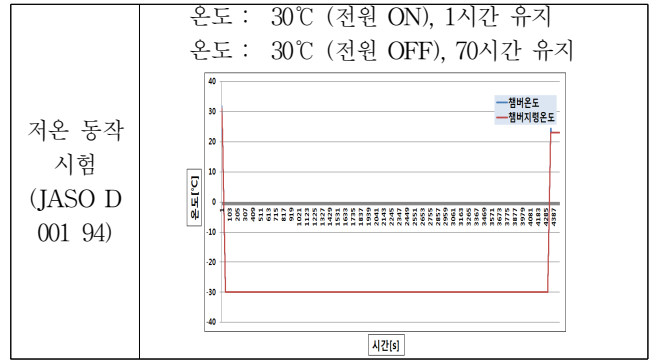


Fig.4. Thermal distribution of converter

표 2는 열 환경 성능평가를 위하여 열 환경 성능평가 chamber에서 수행한 열 충격 시험, 고온동작 시험, 온도사이클 시험, 저온동작 시험 등의 각 조건을 나타낸 것이며, 그림 5는 이 경우에 대한 냉방장치의 동작파형을 나타낸 것이다.

Table 2. Thermal environmental performance evaluation test

시험항목	시험조건
열 충격 시험 (JASO D 001 94)	<p>고온 : 120°C, 4시간 유지(장치 무동작) 저온 : 40°C, 4시간 유지(장치 무동작)</p>
고온 동작 시험 (GMW3172)	<p>온도 : 100°C(전원 ON), 1시간 유지 후 온도 : 100°C(전원 OFF), 118시간 유지 후 온도 : 상온 24°C, 2시간 유지</p>
온도 사이클 시험	<p>Cycle : 10cycle (1cycle = 24h)(장치 무동작)</p>



저온 동작 시험 (JASO D 001 94)

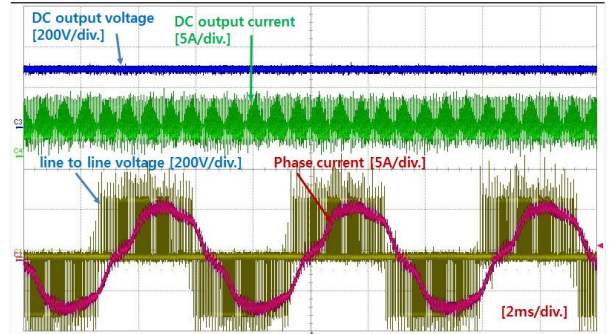


Fig. 5. Experimental waveforms of converter and inverter

열 충격 시험과 온도사이클 시험은 장치를 무동작 상태로 시험 조건에 두었다가 꺼내어 동작시키는 시험이며, 고온동작 시험과 저온동작 시험은 장치를 동작상태로 시험 조건하에 두는 시험이다. 여기서 JASO는 자동차 전장시스템에 대한 일본 열 환경 시험규격이며, GMW는 자동차 전장시스템의 GM사의 열 환경 시험규격을 나타낸다. 표 2의 혹독한 열 환경 평가 조건하에서도 Cascaded push pull 컨버터는 24V의 배터리전압을 250V로 승압 가능하며, 3상 인버터를 통해 교류전압/전류가 안정적으로 발생됨을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 상용차량을 위한 4kW급 전력전자 냉방장치를 제안하고 열 환경 성능평가를 하였다. 제안된 전력전자냉방장치는 구조와 스위칭패턴이 매우 간단한 Cascaded push pull DC/DC컨버터와 전동식 압축기 구동을 위한 3상 DC/AC인버터로 구성된다. 제안된 시스템을 제작하여 컨버터 부분의 열 분포도를 열화상카메라로 측정하였으며, 열 환경 chamber에서 열 충격 시험, 고온동작 시험, 온도 사이클 시험, 저온동작 시험을 한 결과, 컨버터부의 직류전압의 승압과 인버터부의 교류전압/전류가 안정적으로 출력됨을 알 수 있었다.

이 논문은 중소기업청에서 시행한 2014년 기술혁신개발사업에서 지원을 받아 수행한 연구 성과물입니다.(No: S2225934)

#### 참 고 문 헌

- [1] 한근우, 김성근, 정영국, 임영철 "상용차를 위한 무시동 에어컨 압축기용 공진형 DC/DC컨버터 개발", 전력전자학회지 논문지, 제19권, 6호, pp.557 563, 2014.12