

무공해 승용 자동차의 냉방을 위한 전동식 냉방시스템 성능에 관한 연구

이무연^{1*}, 조중원¹, 이호성¹, 원종필¹
¹자동차 부품 연구원 열제어시스템 연구센터

Performance Characteristics of the Electrical Air Conditioning System for the Zero Emission Passenger Vehicle

Moo-Yeon Lee^{1*}, Chung-Won Cho¹, Ho-Seong Lee¹ and Jong-Phil Won¹

¹Thermal Management System Research Center, KATECH

요약 본 연구의 목적은 친환경 무공해 승용 차량에 적용되는 전동식 냉방시스템의 성능특성을 실차에서 확인하는 것이다. 이를 위하여 인버터로 구동되는 전동식 스크롤 압축기를 적용한 전동식 냉방시스템을 설계 및 제작하여 수소 연료전지 자동차에 설치하여 다양한 주행도로 조건에서 실험을 진행하였다. 주행조건의 변화는 시험차량에 장착된 전동식 냉방시스템의 성능에 영향을 주었으며, 고속 및 일반도로 주행조건에서 냉방시스템의 성능이 정지조건에서 냉방시스템의 성능보다 우수하게 나타났다. 또한, 외기온도가 20.0°C에서 30.0°C로 증가함에 따라 고내 온도는 평균 5.2°C 더 적게 감소하였다.

Abstract The objective of this study is to investigate the cooling performances of the electrical air-conditioning system using electric driven scroll compressor for zero emission passenger vehicles. This air conditioner with air source was used R-134a as a refrigerant and installed in a real zero emission passenger vehicle for tests under various driving conditions. The cooling performance of the electrical air conditioner was affected by driving velocities and conditions of the tested vehicle. The condensing rate of the condenser during driving is better than that of the idle condition. The average cool down temperature in the cabin room decreased on average 5.2°C with the increase of the outdoor temperature from 20.0°C to 30.0°C. In addition, the cooling performances were sufficient for cooling loads of the tested passenger car under tested conditions.

Key Words : Air conditioning, COP, Zero emission, R-134a

기호설명

exp : 팽창장치 (expansion device)

suc : 입구(suction)

COP : 성능 (coefficient of performance)

h : 엔탈피, (kJ/kg)

1. 서론

하첨자

comp : 압축기 (compressor)

dis : 토출 (discharge)

환경오염에 따른 지구온난화 및 이상기후현상에 따라 전 세계적으로 친환경 고효율 제품 및 기술에 대한 관심이 증가하고 있다. 물론 자동차 분야에서도 이러한 기술

본 논문은 지식경제부에서 지원하는 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행되었음.

*교신저자 : 이무연 (mylee@katech.re.kr)

접수일 11년 10월 28일

수정일 (1차 11년 11월 11일, 2차 11년 11월 21일)

게재확정일 11년 12월 13일

에 대한 연구 및 투자가 증가하고 있으며 배출가스 저감 및 고효율 설계 기술에 대한 관심이 증가하고 있다. 따라서 국내외 자동차 업계에서는 각종 환경 규제 및 이산화탄소 배출 규제에 대응하기 위하여 내연기관의 사용을 최소화하기 위한 친환경 무공해 자동차 (zero emission vehicle)에 대한 연구를 진행하고 있다. 대표적으로 친환경 무공해 자동차에는 하이브리드 자동차, 전기 자동차, 그리고 수소연료전지 자동차가 있다. 하이브리드 및 전기 자동차는 일본과 한국을 중심으로 일부 판매가 되고 있으나 하이브리드 자동차의 경우 일정 구간만 배터리를 이용하여 주행하고 배터리가 소진되면 내연기관을 이용해야 하는 단점이 있고 전기자동차는 공조시스템을 작동하였을 경우 주행거리가 급격히 감소하는 단점이 있다. 이에 반해 수소연료전지 자동차는 수소 충전이 고압으로 이루어지는 단점이 있으나 1회 충전으로 많은 주행거리를 확보할 수 있어 국내를 중심으로 활발히 연구가 이루어지고 있다.

이러한 친환경 무공해 자동차들은 기본적으로 내연기관의 사용을 최소화하거나 사용하지 않으므로 여름과 겨울철의 공조시스템 사용시 해결해야 할 문제점이 존재한다. 즉 기존의 내연기관에서 발생하는 엔진 폐열 및 동력을 이용할 수 없기 때문에 이를 대체할 수 있는 공조시스템에 대한 개발이다. 이를 대체할 수 있는 난방시스템의 개발은 수소 전지자동차를 포함한 친환경 무공해 자동차의 상용화를 위하여 해결해야 할 중요한 과제가 되었으며 현재까지 제시되고 있는 대안으로는 PTC (positive temperature coefficient) 히터를 사용하는 것이다.

이와 더불어, Lee et al. (2011a)의 연구에서도 언급되었듯이 친환경 무공해 자동차의 승차공간 냉방을 위한 전동식 냉방시스템에 대한 연구가 필요하다. 즉, 기존의 엔진을 이용하여 구동되는 기계식 냉방시스템을 대체 할 수 있는 전동식 냉방시스템에 대한 개발이 필요하다.[1] 최근에 이러한 추세에 맞추어 Lee et al. (2011b) 및 Park et al. (2011) 등에 의하여 친환경 무공해 자동차의 냉방을 위한 전동식 냉방시스템에 대한 연구들이 일부 이루어 지고 있으나 상용화 단계에 진입하기 위해서는 다양한 연구들이 필요하며 실제 자동차의 주행조건에서 냉방시스템에 대한 평가가 필요하다.[2,3]

따라서 본 연구에서는 그 동안 연구가 많이 이루어지지 않은 친환경 무공해 자동차에 적용되는 전동식 공조시스템에 대한 연구를 수행하고자 한다. 이를 위하여 부하 대응이 가능한 인버터로 구동되는 전동식 스크롤 압축기를 수소연료전지 자동차에 장착하여 전동식 냉방시스템을 구축하였고, 다양한 실도로 조건에서 냉방성능 특성을 고찰하였다. 더불어 수소연료전지 자동차가 정지된 상태

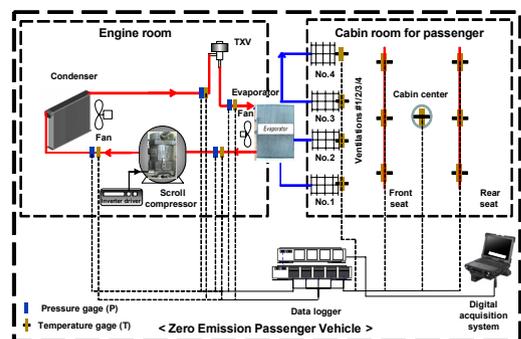
에서 냉방 및 난방시스템 작동에 따른 자동차의 연비에 미치는 영향을 평가하기 위하여 주행거리 감소를 비교하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

Fig. 1는 본 연구에서 사용한 실험장치의 개략도이며, 실제 수소연료전지 자동차에 전동식 냉방시스템을 구축하였다. 전동식 냉방시스템의 구성은 엔진부에 위치한 전동식 스크롤 압축기, 응축기, 그리고 팽창 장치인 TXV (thermostatic expansion valve)와 승차공간의 냉방을 위하여 자동차 운전석 전면에 위치한 증발기로 구성 되어져 있다. 이렇게 구성된 냉방시스템 및 측정 장비들은 다양한 실도로 주행 조건에서 평가를 위하여 실제 수소연료전지 자동차에 장착되었으며 수소연료전지 자동차에서 발생하는 다양한 전자파들로 인하여 오작동 되지 않도록 모든 시스템들을 절연시켰다. 또한 수소연료전지 자동차가 운행 될 때 전동식 냉방시스템의 냉방성능 및 승차공간의 온도 하강 효과 (cool down)를 관찰하기 위하여 압축기, 응축기, 팽창장치, 그리고 증발기 입/출구에 온도와 압력을 측정하였다.

Table 1는 본 연구에서 사용된 전동식 냉방시스템 사양 및 수소연료전지 자동차의 스택 용량을 나타내고 있다. 압축기는 기존의 왕복동식이나 사판식 압축기에 비하여 구조가 간단하고 체적효율이 우수한 전동식 스크롤 압축기를 사용하였다.[4] 전동식 스크롤 압축기는 고전압인 240 V로 구동되며 인버터로 압축기의 회전수를 제어 하도록 설치되었다. 응축기 및 증발기는 평판 핀과 튜브로 구성된 평판 핀-튜브 열교환기를 사용하였다.



[그림 1] 실험장치 개략도
[Fig. 1] Schematic diagram of the experimental setup

[표 1] 시스템 사양

[Table 1] Specifications of the tested system

Components	Specifications
Stack capacity of the fuel cell vehicle (kW)	100
Compressor	Electric-driven & Scroll type
Condenser	Fin-tube heat exchanger
Evaporator	Fin-tube heat exchanger
Expansion device	Thermostatic expansion valve (TXV)
Refrigerant	R-134a
Working fluid	Air

[표 2] 실험 조건

[Table 2] Test conditions

	Mode	Conditions
Air temperature (°C)	Outdoor	20.0/30.0
	Indoor	40.0
Cabin room	Air flow rate	Maximum
	Mode	Recirculation
Driving mode (km/h)	Highway	100.0
	City	50.0
	Idle	0.0

Table 2는 본 연구에서 사용한 다양한 주행 및 실험 조건이다. 실제 자동차의 냉방 성능 실험은 환경 챔버 처럼 온도와 습도를 임의적으로 제어하지 못하므로 시험 당일의 외기 온도 조건이 중요하다. 본 연구에서는 외기 온도 20.0 °C 및 30.0 °C에서 승차공간의 온도를 40.0 °C로 설정하여 실험을 진행하였다. 승차공간의 고내온도는 북미표준지역 실험 조건이며, 본 연구에서 사용한 주행 조건들은 실제 자동차 회사에서 자동차의 냉방시스템 성능의 평가를 위하여 진행되는 조건들이다.[5] 먼저, 다양한 실제 도로 환경을 반영하기 위하여 자동차가 고속으로 운전되는 고속도로 조건을 모사하기 위하여 100.0 km/h로 30.0min 이상을 주행하였으며, 시내도로 조건을 모사하기 위하여 자동차 주행속도 50.0 km/h로 30.0min 이상 일반 도로를 주행하면서 실험을 진행하였다. 또한 자동차의 주차 및 정차시 냉방 성능을 평가하기 위하여 주차장에 자동차를 정지시켜 놓고 실험을 진행하였다. 또한 승차공간의 풍량 조건은 최대 풍량 조건에서 이루어졌다.

Table 3는 본 연구에서 사용한 계측장치 및 불확실도를 나타내고 있다. 냉방시스템 및 승차공간의 온도는 불확실도 ±0.1 °C의 T-type 열전대가 사용되었으며, 압력은 불확실도 ±0.1 FS (static accuracy)의 PI3H 압력계가 사용되었다. 모든 온도 및 압력은 Gantner의 Data logger를 이용하여 수집하였다.

[표 3] 계측장치 및 불확실도

[Table 3] Test equipments and uncertainty of the experimental parameters

Items	Accuracy
Thermocouples (T-type)	± 0.1 °C
Pressure gage (PI3H)	± 0.1 FS static accuracy
Data logger (Gantner)	E. Gate IP (V3) (2.93W @ 12.06 V)

2.2 실험계산

냉방시스템의 냉방 COP (coefficient of performance)를 계산하기 위하여 압축기 및 증발기를 통과하는 냉매의 엔탈피를 이용하여 식 (1)과 같이 계산하였다.

$$COP = \frac{h_{exp,out} - h_{comp,suc}}{h_{comp,dis} - h_{comp,suc}} \quad (1)$$

3. 실험결과 및 고찰

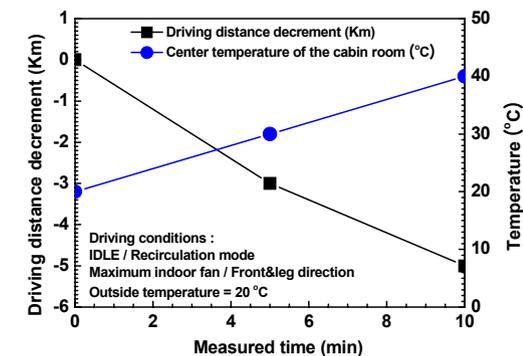
수소연료전지 자동차는 기존의 자동차와는 달리 내연기관이 없기 때문에 승차공간의 냉방 및 난방을 위하여 별도의 공조시스템이 필요하다. 본 연구에서는 수소연료전지 자동차의 난방장치로 난방 성능 및 속효성이 우수한 PTC히터를 사용하였고 냉방장치로 전통식 냉방시스템을 사용하였다.

3.1 공조시스템 사용이 연비에 미치는 영향

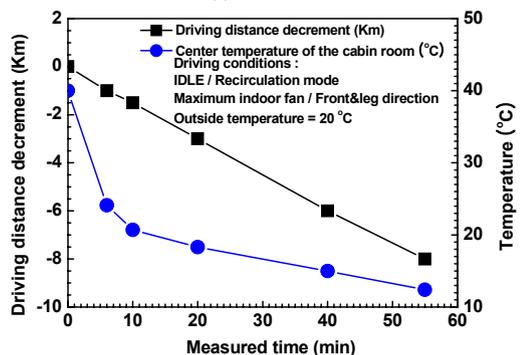
본 연구에서 시험 자동차에 대하여 난방 및 냉방 장치를 가동할 경우 자동차의 주행 거리 및 성능에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 난방 및 냉방시스템 작동에 따른 자동차의 주행거리 감소량을 비교하였다.

Fig. 2는 외기 온도 20.0 °C, 승차공간 고내온도 40.0 °C, 그리고 자동차 정지상태 (idle)에서 연비 측정에 의하여 주행거리의 감소에 미치는 영향을 예측하였다. 외기 온도를 20.0 °C로 선택한 이유로는 자동차의 주행 환경에 따라 냉방 및 난방을 모두 필요로 하는 조건이기 때문이다. Fig. 2 (a)는 승차공간의 고내온도 20.0 °C에서 난방을 위하여 난방용 PTC (positive temperature coefficient) 히터를 사용하여 고내온도를 상승시켰으며, 난방에 따른 자동차의 주행거리 감소량을 나타낸다. 승차공간의 고내온도가 20.0 °C에서 40.0 °C로 상승시키기 위하여 난방용 PTC히터를 10min 가동하는 동안 자동차 주행거리는 5.0 km 감소하였다. 또한 난방용 PTC히터를 사용할 경우 히터 가동 시간에 따라 고내온도는 선형적으로 증가함을 확인할 수 있다. 이러한 선형적 온도상승특성 때문에 PTC히터는 현

재까지 내연기관을 사용하지 않는 친환경 무공해 자동차의 난방시스템으로 대안으로 많이 사용되고 있다. Fig. 2 (b)는 승차공간의 냉방을 위하여 전동식 냉방시스템을 사용할 경우의 자동차의 주행거리 감소량을 나타낸다. 먼저, 난방용 PTC 히터를 사용하여 승차공간의 고내온도를 40.0 °C로 안정화 시킨 후 냉방시스템을 가동하여 승차공간의 고내온도를 감소시켰다. 고내온도가 40.0 °C에서 15.0 °C로 감소하는데 냉방시스템은 40.0min 가동하였고, 자동차 주행거리는 6.0 km 감소하였다. 더불어, 냉방 및 난방시스템에 따른 수소연료전지 자동차의 주행거리에 미치는 영향을 파악하기 위하여 각 시스템 작동 10.0min 동안 주행거리 감소량을 비교하였다. 난방시스템 사용은 자동차 주행거리를 총 5.0 km 감소시킨 반면 냉방시스템 사용은 총 1.5 km 감소시켰다. 이러한 이유는 냉방시스템 작동 시 낮은 외기온도로 인하여 적은 냉방부하에 기인한 것도 있지만 일반적으로 냉방시스템을 사용하는데 필요한 전동식 압축기 및 보기류의 소요동력이 발열효율 1.0 이하인 PTC 히터로 구성된 난방시스템 보다 더 적게 사용되기 때문이다.



(a) PTC heater



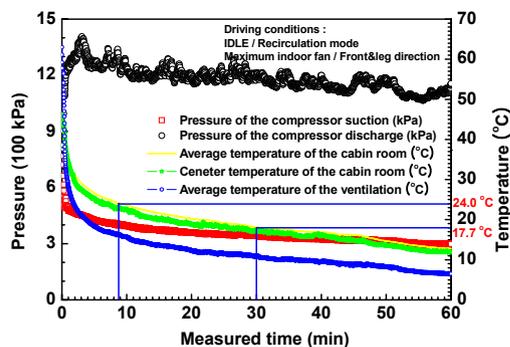
(b) Air conditioning system

[그림 2] PTC 히터 및 냉방시스템 작동에 따른 시험차량의 주행거리 감소

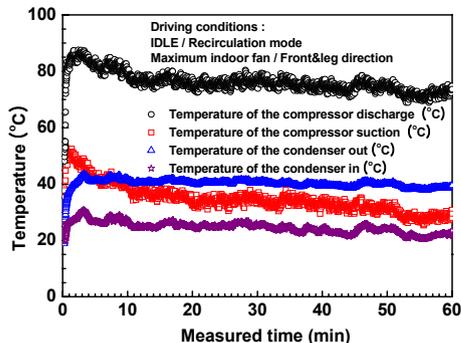
[Fig. 2] Decrease of the driving distance of the tested car with PTC heater and air conditioning system

3.2 정지상태 주행모드에서 성능

Fig. 3는 자동차가 정지된 상태에서 자동차 승차공간 고내온도 40.0 °C에서 냉방시스템 작동에 따른 냉방성능을 나타내는 그래프이다. 냉방시스템의 냉방성능은 승차공간의 구역별 평균온도, 중심부 온도, 그리고 냉기가 나오는 냉기 취출부 (ventilation) 4.0개의 평균온도를 가지고 비교하였다. 자동차 정지상태에서 냉방시스템 작동시 전동식 압축기 최대 토출 압력은 1400.0 kPa, 평균 압축비는 2.82, 그리고 평균 토출 온도는 75.9 °C이다. 압축기 입출구 온도 및 압력은 승차공간의 고내온도 감소와 함께 냉방부하의 감소로 인하여 감소함을 확인할 수 있다. 냉방시스템 작동 후 9.2min 시점에서 고내 평균온도는 24.0 °C로 감소하였고 30.0min 시점에서 고내 평균온도는 17.7 °C로 하강함을 확인하였다. 또한 Fig. 3 (b)에서 보는 것처럼, 응축기 입출구 평균온도 차이는 시험 전구간에서 15.5 °C로 나타났다. 승차공간 구역별 평균온도와 중심부 온도 차이는 평균 0.74 °C로 잘 일치하였으며 냉기 취출부 평균온도와 구역별 평균온도 차이는 6.8 °C를 나타내고 있다. 이러한 이유는 자동차 운전석 전면 내부에 설치된 증발기에서 나온 냉기가 승차공간 내부 전체를 냉방하는데 발생하는 시간차이며 간냉식 냉각 방식의 특성이다.[6]



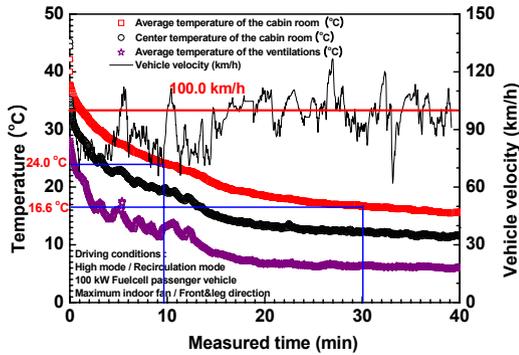
(a) Pressure and temperature characteristics



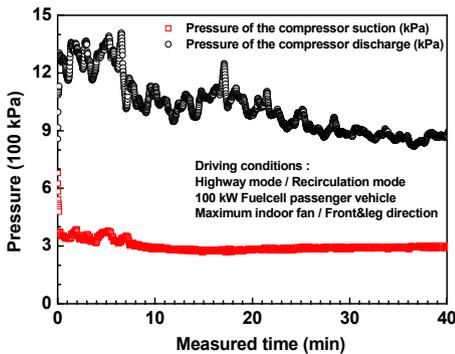
(b) Temperatures of the air conditioning system

[그림 3] 정지상태에서 냉방시스템의 성능

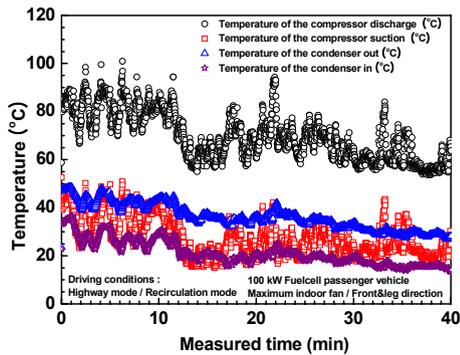
[Fig. 3] Performances of the air conditioning system during idle driving conditions (0.0 km/h)



(a) Temperatures of the cabin room



(b) Suction and discharge pressure of the compressor



(c) Temperatures of the air conditioning system

[그림 4] 고속도로에서 냉방시스템의 성능
[Fig. 4] Performances of the air conditioning system during highway driving conditions (100.0 km/h)

3.3 고속도로 주행모드에서 성능

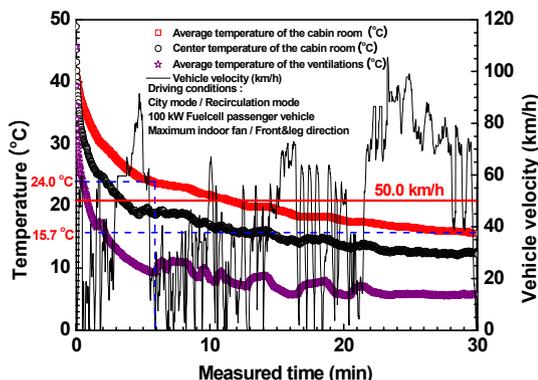
Fig. 4는 외기온도 20.0 °C에서 고속도로에서 주행 중인 수소연료전지 자동차의 냉방시스템 작동에 따른 냉방성능을 나타내는 그래프이다. Fig. 4 (a)에서 보는 것처럼, 승차공간의 고내 평균온도를 40.0 °C로 안정시킨 후 평균 주행 속도 100.0 km/h에서 승차공간의 구역별 고내 평균온

도, 중심부 온도, 그리고 냉기가 나오는 냉기 취출부 (ventilation) 4.0개의 평균온도를 보여주고 있다. 평균 주행 속도 100.0 km/h에서 수소연료전지 자동차의 냉방시스템 작동시 전동식 압축기 최대 토출 압력은 1543.0 kPa, 평균 압축비는 2.79, 그리고 평균 토출 온도는 70.0 °C이다. 응축기 입출구 평균온도 차이는 시험 전구간에서 14.6 °C로 나타났다. 압축기의 평균 압축비 및 응축기 토출 온도가 정지상태의 냉방시스템보다 낮은 이유는 자동차가 100.0 km/h로 주행하면서 자동차의 전면부 (FEM, front end module)로 유입되는 풍량이 증가하여 응축 효율을 상승시키고 엔진 룸내부에 위치한 압축기 및 연결 배관의 열교환 효율을 향상시켰기 때문이다. 고속도로에서 냉방시스템 작동 후 9.6min이 지나서 고내 평균온도는 24.0 °C로 감소하였으며, 30.0min 후 고내 평균온도는 16.6 °C로 하강함을 확인하였다. 승차공간 구역별 평균온도와 중심부 온도차이는 평균 4.47 °C로 나타났으며, 냉기 취출부 평균온도와 구역별 평균온도는 10.38 °C차이를 나타내고 있다. 자동차 주행 여부에 따른 전동식 냉방시스템의 성능차이를 고찰하면, Fig. 3(a)와 Fig. 4(a)에서 보는 것처럼 초기 10.0min 동안은 고속운전 및 정지상태에서 냉방성능은 유사하게 나왔으나 30.0min 경과 시점에서는 고속 운전시 승차공간의 고내 평균온도가 정지상태보다 1.0 °C이상 더 떨어짐을 확인할 수 있었다. 이러한 이유는 앞에서도 언급하였듯이 냉방시스템의 열교환 효율 측면에서 고속 주행이 자동차가 정지 할 경우보다 응축기의 응축효율이 증가하였고, 낮은 외기 온도로 인하여 자동차의 전면부 및 측면부의 유리를 통하여 들어오는 공기가 고내온도에 영향을 주었기 때문이다.

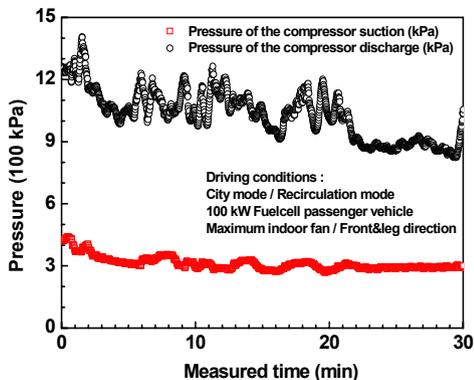
3.4 시내도로로 주행모드에서 성능

Fig. 5는 외기온도 20.0 °C에서 시내도로에서 주행 중인 수소연료전지 자동차의 냉방시스템작동에 따른 냉방성능을 나타내는 그래프이다. Fig. 5 (a)에서 보는 것처럼, 승차공간의 고내 평균온도를 40.0 °C로 안정시킨 후 평균 주행 속도 50.0 km/h에서 승차공간의 구역별 고내 평균온도, 중심부 온도, 그리고 냉기가 나오는 냉기 취출부 (ventilation) 4.0 개의 평균온도를 보여주고 있다. 평균 주행 속도 50.0 km/h에서 수소연료전지 자동차의 냉방시스템 작동시 전동식 압축기 최대 토출 압력은 1406.0 kPa, 평균 압축비는 2.74, 그리고 평균 토출 온도는 83.4 °C이다. 응축기 입출구 평균온도 차이는 시험 전구간에서 16.4 °C로 나타났다. 시내도로에서 냉방시스템 작동 후 6.0min이 지나서 고내 평균온도는 24.0 °C로 감소하였으며, 30.0min 후 고내 평균온도는 15.7 °C로 하강함을 확인하였다. 승차공간 구역별 평균온도와 중심부 온도차이는 평균 4.33 °C로 나타났

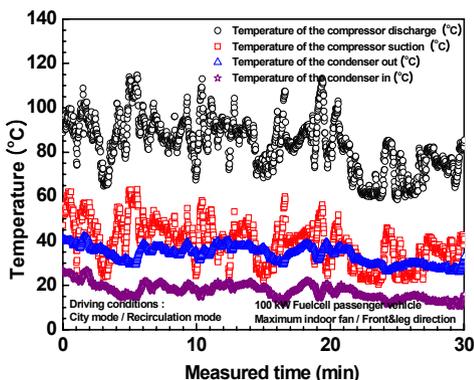
으며, 냉기 취출부 평균온도와 구역별 평균온도 차이는 12.04 °C를 나타내고 있다.



(a) Temperatures of the cabin room



(b) Suction and discharge pressure of the compressor



(c) Temperatures of the air conditioning system

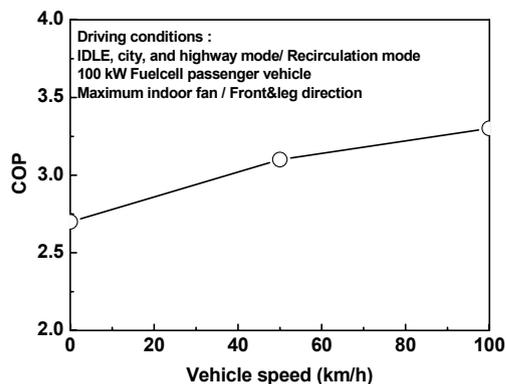
[그림 5] 시내도로에서 냉방시스템의 성능
[Fig. 5] Performances of the air conditioning system during city driving conditions (50.0 km/h)

평균 주행 속도 50.0 km/h에서도 100.0 km/h에서처럼, 주행 중 압축기의 평균 압축비 및 응축기 토출 온도가 정지상태의 냉방시스템 보다 낮게 나타났다. 즉 독립된 에너지원을 사용하면서 자동차의 주행 여부와 별도로 구동되는 전동식 냉방시스템이라도 냉방성능은 자동차 주행과 일정 부분 관련이 있다는 것을 확인할 수 있었다.

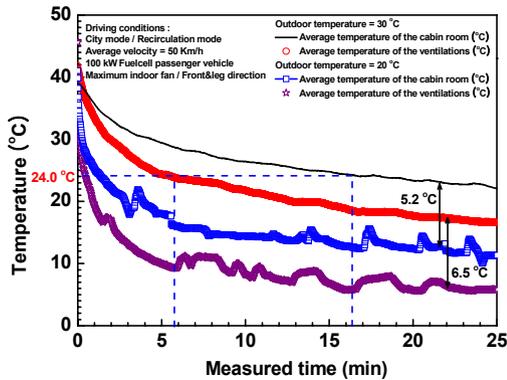
또한, 수소연료전지 자동차의 주행시와 정지시의 냉방시스템의 냉방 COP 변화를 고찰하기 위하여 Fig. 6과 같이 비교하였다. 자동차 주행속도가 50.0 km/h에서 냉방 COP는 정지시보다 14.8% 증가하였고, 100.0 km/h에서는 정지시보다 22.2% 증가하였다. 이러한 이유는 자동차 주행시 차량 전면부로 유입되는 풍량이 증가하여 응축부의 열교환 효율이 향상되었기 때문이다.

3.5 외기온도 변화에 따른 성능 특성 비교

Fig. 7은 외기온도 변화에 따른 수소연료전지 자동차의 냉방성능에 관한 그래프이다. 승차공간의 고내 평균온도를 40.0 °C로 안정시킨 후 평균 주행 속도 50.0 km/h에서 승차공간의 구역별 고내 평균온도와 냉기가 나오는 냉기 취출부 4.0 개(ventilation)의 평균온도를 외기온도 변화에 따라 비교하였다. 외기온도 20.0 °C에서 30.0 °C 증가함에 따라 승차공간 고내 평균온도는 5.2 °C 증가하였고, 냉기 취출부 평균온도는 6.5 °C 증가하였다. 즉 외기온도가 증가함에 따라 응축기의 응축효율이 상대적으로 감소하였고, 주행 중 자동차 전면부 및 측면부를 통하여 침투하는 열이 증가하였기 때문이다. 또한 고내 평균온도가 24.0 °C로 감소하는데 외기온도 20.0 °C에서는 냉방시스템 작동 후 6.0min 그리고 외기온도 30.0 °C에서는 16.0min이 소요되었다.



[그림 6] 주행속도 변화에 따른 냉방 COP 비교
[Fig. 6] Cool down performances of the cabin room with the variation of the vehicle velocity



[그림 7] 시내도로에서 외기온도변화에 따른 고내온도 성능
 [Fig. 7] Cool down performances of the cabin room with the variation of the outdoor temperature during city driving conditions (50.0 km/h)

4. 결론

본 연구에서는 수소연료전지 자동차에 적용되는 전동식 냉방시스템의 성능특성을 파악하기 위하여 전동식 스크롤 압축기를 적용한 냉방시스템을 설계하였다. 또한 전동식 냉방시스템의 성능 특성을 파악하기 위하여 자동차의 주행조건을 변화시켜가면서 다양한 실험을 진행하였고 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 전동식 냉방시스템의 냉방성능은 자동차주행 여부에 따라 일정부분 영향을 받고 있으며, 자동차 주행속도가 50.0 km/h에서 냉방 COP는 정지시보다 14.8% 증가하였고, 100.0 km/h에서는 정지시보다 22.2% 증가하였다.
- (2) 전동식 냉방시스템 가동 후 승차공간 고내온도는 모든 주행 모드에서 10.0min이내에 40.0 °C에서 24.0 °C로 감소하였고, 30.0min 경과 후 18.0 °C이하가 되었다.
- (3) 외기온도가 20.0 °C에서 30.0 °C로 증가함에 따라 고내 평균 온도는 5.2 °C증가하였고, 냉기 배출부 평균온도는 6.5 °C증가하였다.

References

[1] Lee, M. Y., Won, J. P., Lee, D. Y. and Cho, C. W., , "Study on the Performance Characteristics of the Roof Mounted Electrical Air Conditioning System Using Inverter Scroll Compressor", Journal of the KAIS, 12 (10), In press,

2011a.

[2] Lee, M. Y., Cho, C. W., Lee, H. S., Lee, D. Y., Park, Y. C. and Won, J. P., "Performance Characteristics of a Simultaneous Hybrid Heat Pump using Coolant and Air Sources for an Electric Bus", Int. J. of Refrigeration, In Review, 2011b.

[3] Park, I. Y., Won, J. B., Goh, H. B. and Lim, K. S., "Optimum Control of A/C System for Hybrid Car by Electric Compressor", Proceeding of KSAE 2011, pp. 2155-2159, 2011.

[4] Cho, C. W., Lee, M. Y., Lee, H. S., Mo, J. H., Oh, S. T. and Won, J. P., "Heating Performance Characteristics of a Coolant Source Heat Pump using Wasted Heat of Electric Devices for an Electric Bus", Int. J. KSME, In Review, 2011.

[5] Lee, H. S., Won, J. P., Cho, H. W., Lee, M.Y., Jung, Y.C., Jeon, H. B. and Kim, Y. C., "A Study on the Performance Characteristic of CO2 Mobile Air Conditioning Bench Tests with the Variation of Driving Conditions on the Road", Proceeding of KSAE 2011, 2011.

[6] Cho, C. W., Lee, M. Y., Lee, H. S., Mo, J. H., Oh, S. T. and Won, J. P., "Performance Characteristics of a Household Refrigerator with Dual Evaporators Using Two-Stage Compression Cycle", Int. J. Air Conditioning and Refrigeration, 17 (3), pp. 107-113, 2011.

이 무 연(Lee, Moo-Yeon)

[정회원]



- 2003년 2월 : 고려대학교 기계공학부 (공학석사)
- 2007년 2월 : LG연구소(연구원)
- 2010년 2월 : 고려대학교 기계공학부 (공학박사)
- 2011년 1월 : 고려대학교 기계공학과 (연구교수)
- 2011년 2월 ~ 현재 : 자동차부품 연구원 선임연구원

<관심분야>

친환경 자동차 열관리, 전동식 히트펌프, 신재생에너지 변환시스템, 열/물질전달

조 중 원(Cho, Chung-Won)

[정회원]



- 1999년 2월 : KAIST 기계공학과 (공학석사)
- 2005년 2월 : KAIST 기계공학과 (공학박사)
- 2006년 4월 : 두산중공업 신재생 에너지 개발팀
- 2008년 5월 : 에너지기술연구원 고분자 연료전지 연구단
- 2008년 7월 ~ 현재 : 자동차부품 연구원 열제어시스템 연구센터

<관심분야>

친환경 자동차 열관리 시스템 , 연료전지 및 BOP

이 호 성(Ho-Seong Lee)

[정회원]



- 2003년 2월 : 고려대학교 기계공학부 (공학사)
- 2006년 2월 : 고려대학교 기계공학부 (공학석사)
- 2007년 9월 ~ 현재 : 자동차부품 연구원 선임연구원

<관심분야>

자동차 냉각시스템 해석 및 평가, 자동차 열관리

원 중 필(Won, Jong-Phil)

[정회원]



- 1992년 2월 : 경희대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1999년 2월 : 경희대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1993년 2월 ~ 현재 : 자동차부품 연구원 열제어시스템 연구센터 책임연구원

<관심분야>

자동차 냉각장치, 열교환기, 연료전지