

## 전기자동차용 부탄 연료 복합열원 히팅시스템의 열적 성능에 관한 수치적 연구

방유마<sup>1</sup>, 서재형<sup>2</sup>, 마헤쉬수레쉬파티르<sup>1</sup>, 조종표<sup>3</sup>, 이무연<sup>\*</sup>  
<sup>1</sup>동아대학교 기계공학과, <sup>2</sup>엔티에프텍, <sup>3</sup>한국에너지기술연구원

### Numerical Study on Thermal Performances of Multi Heat Source Heating System Using Butane for Electric Vehicle

You-Ma Bang<sup>1</sup>, Jae-Hyeong Seo<sup>2</sup>, Mahesh Suresh Patil<sup>1</sup>,  
Chong-Pyo Cho<sup>3</sup>, Moo-Yeon Lee<sup>\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Dong-A University

<sup>2</sup>R&D Division, NTF Tech Co.

<sup>3</sup>Industrial Energy Efficiency Research Center, Korea Institute of Energy Research

**요약** 본 연구의 목적은 복합열원을 이용하는 전기자동차용 부탄 연료식 히팅 시스템의 열적 성능을 수치적으로 연구하는 것이다. 복합열원 히팅 시스템은 승차공간 난방을 목적으로 하는 공기 가열부와 배터리 열관리를 위한 냉각수 가열부로 구성 되어 있으며, 각 열원별 열적 성능을 분석하기 위하여 상용 수치해석 프로그램인 ANSYS CFX를 이용하여 공기 및 냉각수 유량변화에 따른 각 열원별 토출 온도를 도출하고 난방 용량을 계산하였다. 수치해석을 통하여 도출된 각 열원별 토출 온도는 이론적으로 계산한 토출 온도와 비교하였고, 약 0.15% 이하의 오차를 나타내었다. 결론적으로 외부공기의 유량을 0.005, 0.01, 0.015 kg/s로 증가시킬 경우 승차공간으로 유입되는 공기 온도는 감소하였으며, 배터리 열관리용으로 배출되는 냉각수 온도는 증가하였다. 또한 냉각수 유량을 0.005, 0.01, 0.015 kg/s로 증가시킬 경우 토출되는 난방 공기와 냉각수 온도는 감소하였다. 더불어 배터리 열관리를 위한 최적의 냉각수 온도와 승차공간을 위한 높은 난방 용량을 만족하기 위한 공기 및 냉각수 유량 조건은 각 0.01 kg/s 와 0.015 kg/s로 나타났다.

**Abstract** This study numerically investigates the thermal performance of a 2.0-kW butane-based combustion heating system for an electric vehicle under cold conditions. The system is used for cabin space heating and coolant-based battery thermal management. ANSYS CFX 17 software was used for parametric analysis. The mass flow rates of cold air and coolant were varied, and their effects were compared. The numerical results were validated with theoretical studies, which showed an error of 0.15%. As the outside air mass flow rates were increased to 0.005, 0.01, and 0.015 kg/s, the cabin supply air temperature decreased continuously while the coolant outlet temperature increased. When the coolant mass flow rates were increased to 0.005, 0.01 and 0.015 kg/s, the air temperature increased while the coolant outlet temperatures decreased. The optimal mass flow rates are discussed in a consideration of the requirements for high cabin heating capacity and efficient battery thermal management.

**Keywords** : Butane, Electric vehicle, Heating system, Multi source, Thermal properties

### 1. 서론

화석연료를 이용하는 운송 시스템에서 발생하는 환경

오염 물질과 지구 온난화 가스 등으로 전 세계적인 환경 문제가 발생하는 요즘, 이러한 문제를 줄일 수 있는 대안으로 전기자동차와 같은 친환경 자동차의 개발이 이루어

본 연구 한국에너지기술연구원의 주요사업으로 수행한 결과입니다. (B6-2401)

\*Corresponding Author : Moo-Yeon Lee(Dong-A Univ.)

Tel: +82-51-200-7642 email: mylee@dau.ac.kr

Received September 12, 2016

Revised October 6, 2016

Accepted October 7, 2016

Published October 31, 2016

지고 있다. 이중 전기자동차와 연료전지 자동차의 경우 구동, 차량 내부 장치, 냉난방 시스템 모두 전기를 이용하여 구동하고 있다. 이러한 구조는 앞서 언급한 환경오염 물질의 배출을 최소화 할 수 있는 장점이 있지만, 생산되는 전기에너지 혹은 차량 배터리에 저장되어 있는 전기 에너지에 따라 주행거리 및 차량 시스템 활용도에 크게 영향을 미친다. 이 중 전기자동차의 난방 시스템으로 속효성이 우수한 PTC 히터를 일반적으로 사용함에 따라 겨울철 승차공간 난방시 주행거리가 최대 50%정도 저하되는 문제를 가지고 있다. 이러한 PTC 히터의 한계로 인하여 PTC 히터의 고효율화 또는 대체 난방 시스템에 관한 필요성이 대두되고 있으며[1], PTC 히터를 대체하는 고효율 전기자동차용 난방 시스템에 대한 연구 및 개발이 학계 및 산업체를 중심으로 많이 이루어지고 있다[2,3,4].

전기자동차용 난방 시스템 중 연소식 히터의 경우 연료를 점화하기 위한 스파크 전기 만을 요구하며, 이는 전기 자동차의 단점인 겨울철 난방 시스템 사용 시 전기 소모율의 증가에 따른 주행거리 절감을 보완하는 한편, 겨울철 높은 연소열을 통한 실내공간 및 배터리 시스템의 적정 온도에 맞추어 주는 장점을 가지고 있다[5]. 하지만 이러한 연소형 히터 상용품의 경우 일반적으로 승합차 혹은 대형 버스에 장착되어 있으며, 연료는 디젤을 이용한다. 이러한 디젤 연소식 히터는 전기를 많이 사용하지 않는 장점을 가지고 있지만 디젤 연소시 발생하는 오염물질을 생성하고 있기 때문에 전기자동차의 난방시스템으로는 적절하지 않다. 따라서 전기자동차용 난방시스템으로는 디젤식 공기히터 보다는 비교적 연소시 오염물질 생성이 적은 탄화수소계열 연료인 부탄을 이용하는 연소식 공기 히터를 전기자동차에 적용시키기 위한 연구가 일부 진행되고 있다[6]. 그러나 부탄을 연료로 하는 연소식 공기 히터의 경우 디젤 연료에 비하여 성능이 저하되는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 극복하기 위한 연구가 이루어지고 있으며, 공기 히팅 히터의 시스템 효율을 향상시키기 위한 열교환기등 형상 변경을 통한 연소 효율 개선 및 성능 개선을 수행하고 있다. Lee et. al.은 연소식 히터 버너부의 연소 수치해석을 통하여 버너의 성능 평가에 관하여 고찰하였다. 특히 버너 연소 형태의 경우 등심연소를 기화된 연료가 직접 공급된다고 가정하고 swirler 주위의 구멍 배열의 개수에 따라서 버너 성능을 고찰하였고, 구멍 배열 증가에 성능이 증가하였

으며 3열에서 낮은 유속과 그에 따른 공기의 혼합율이 높아지는 것을 확인하였다[7]. Hwang et. al.은 연소기의 형상에 따른 화염 형상 변화와 2차, 3차 공기 노즐을 통한 다단연소 기술에 따른 효율 분석을 실시하였다[8]. 또한 그들은 다단연소를 적용하여 반응영역을 넓게 유지하는 것이 열교환면에 높은 온도의 배기가스를 유지하여 히터의 성능을 높이는 데 유리하다고 제시하였다.

앞서 설명한 히팅 시스템들의 경우 전기자동차 전용으로는 적절하지 않으며, 히팅 시스템을 전기자동차에 적용하기 위해서는 승차 공간 난방뿐만 아니라 최대연비 확보를 위한 배터리 시스템의 열관리도 가능한 복합 열원 히팅 시스템에 대한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 그동안 연구가 많이 진행되지 않은, 부탄 연료용 전기자동차용 복합열원 히팅 시스템의 제안하고, 열교환기에 유입되는 냉각수의 유량 및 외부 유입 공기 유량 변화에 따른 열적 성능 특성을 분석하였다.

## 2. 수치해석 방법

본 연구에서는 부탄 연소식 히터에 대한 모델링을 Solidworks 프로그램으로 실시하고 이에 대하여 상용 수치해석 프로그램인 ANSYS CFX프로그램을 이용하여 수치해석을 실시하고자 한다.

본 연구의 부탄 연소식 히터의 열교환기 형상은 Fig. 1과 같다. 입구로 유입되는 연소 가스가 상부와 하부(공기측과 냉각수 측)로 나뉘며, 열교환기 바깥으로 차량 공간에 차가운 외기와 배터리를 보온할 냉각수가 유입되어 열교환을 한다. Table 1은 히트싱크 및 냉각수 튜브의 재료 및 물성치 조건으로써 히트싱크의 경우 알루미늄, 냉각수 튜브는 구리를 이용하였다.

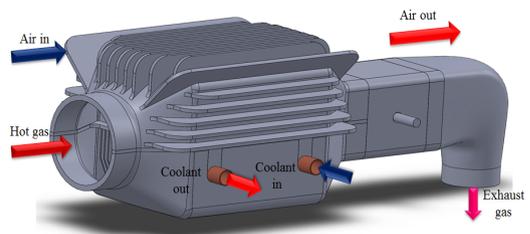
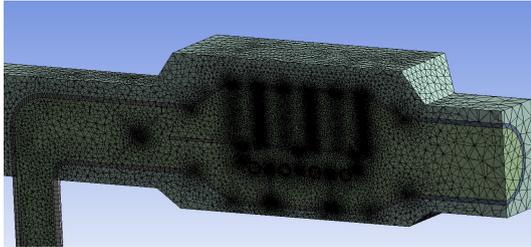


Fig. 1. Configuration of the Heat exchanger

**Table 1.** Material of the heat exchanger

Properties	Specifications
Heatsink Material	Aluminum
Heatsink Thermal conductivity (W/mm °C)	0.237
Tube Material	Copper
Tube Thermal conductivity (W/mm °C)	0.401



**Fig. 2.** Mesh form of numerical analysis

**Table 2.** Mesh properties

Properties	Specifications
Mesh type	Automatic Mesh type
Span Angle Center	Fine
Nodes	1,339,519
Elements	7,585,566

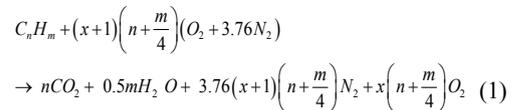
**Table 3.** Condition of numerical analysis

Properties	Specifications
Hot gas temperature [K]	1273
Hot gas mass flow rate [g s <sup>-1</sup> ]	1.25
Water inlet temperature [K]	274
Cold air inlet temperature [K]	273
Wall boundary condition	Adiabatic
Outlet air Pressure	Standard atmosphere

**Table 4.** Specification of the mass flow rate

Specifications	Factors			
Water inlet mass flow rate [Kg / s]	0.005	0.01	0.015	0.01
Cold air mass flow rate [Kg / s]	0.01		0.005	0.015

Fig. 2 는 현재 열교환기 해석에 이용된 Mesh 형상에 관한 그림이고 Table 2는 Mesh 조건을 나타내었다. Mesh는 ANSYS에서 제공하는 Automatic Mesh type를 이용하였으며, Node 개수와 Elements 개수는 각각 1,339,519개, 7,585,566개로 설정하였다. 또한 부탄 연소 식 공기 히터의 수치해석을 위하여 Table 3과 같이 온도 및 압력 조건을 기입하였다. 또한, 열교환기 내부에 고온 가스가 유동하고 있으며, 열교환기를 통하여 바깥에 유입되고 있는 냉각수를 가열하고 고내로 유입시킨다. 또한 배터리의 적정 온도인 25 °C ~ 40 °C 로 유지시켜 주기 위하여[9], 열교환기 내부를 통과하는 냉각수를 가열하여 열이 배터리에 전달되도록 설계하였다. 또한 고온 가스 온도의 표면온도는 상온 표준대기압 단열상태에서 약 2300 K 으로 외부와의 접촉을 고려하여 약 1273 K으로 대입하였다[10]. 이와 함께 1.25 g/s인 Hot gas mass flow rate는 아래의 알칸 계열의 연소 화학반응식 (1)을 이용하여 필요한 양의 mass flow rate를 계산하였다.



또한 냉각수의 유입 온도는 냉각수가 얼지 않은 온도인 274K로 가정하였으며 주위 온도는 겨울철 대기 온도인 273K을 이용하였으며, 열교환기 벽 열교환 및 주위 압력 조건을 단열 조건과 표준 대기압으로 설정하여 수치해석을 실시하였다.

현재 열교환기의 성능 분석을 확인하기 위하여 Water inlet mass flow rate와 Cold air mass flow rate를 변경하였다. Table 4 에서 확인 가능하듯이 Water inlet mass flow rate과 Cold air mass flow rate를 0.005 kg/s부터 0.015 kg/s 까지 0.005 kg/s 간격으로 수치해석을 실시하여 고내로 유입되는 공기 온도와 배터리로 유입되는 냉각수 온도 특성을 확인하고자 한다.

### 3. 결과 및 고찰

Fig. 3와 본 수치해석의 결과로 유입 공기 유량과 냉각수 유량이 0.01 kg/s 일 때 각각의 히터 내부 기체 유

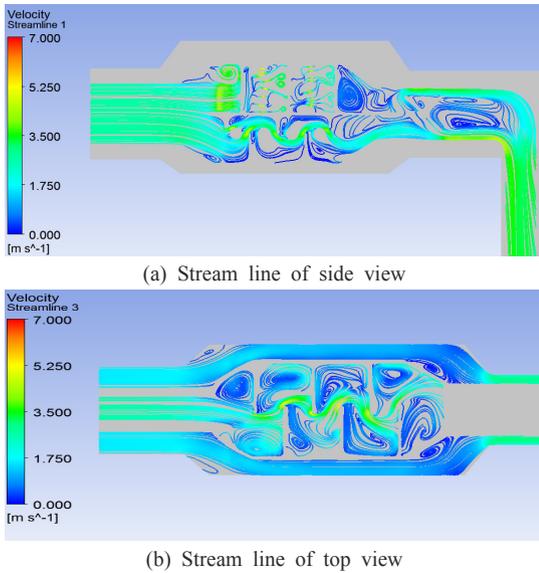


Fig. 3. Air stream line in heat exchanger

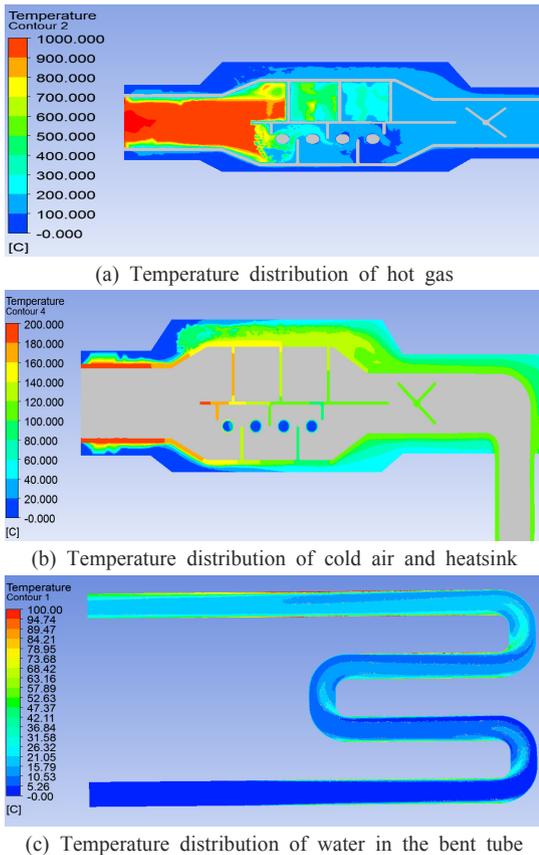


Fig. 4. Temperature distribution (cold air mass flow rate : 0.01 kg/s, water mass flow rate : 0.01 kg/s)

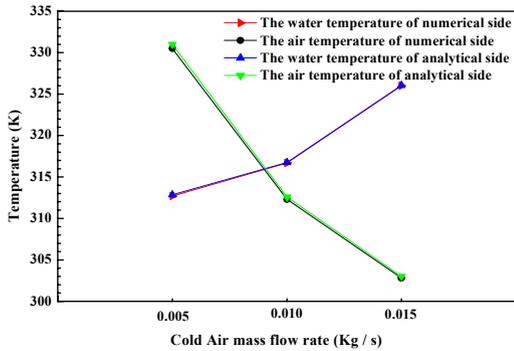
동과 온도 분포를 확인할 수 있다. 유입된 고온 가스는 상하부로 나뉘어 유동되며, 상부로 유동된 고온 가스는 열교환기 상단부를 통하여 외부 유입 공기의 온도를 상승시킨다. 또한 좌우로 구성된 상부 배플 주위에서 swirling이 발생하며 고온의 공기가 지속적으로 머무르나 상하의 이동이 거의 없음을 확인할 수 있다. 열교환기 하단부의 경우 배플은 상하에 배치되어 있어 유체의 유동은 상하로 움직인다.

그 결과 swirling이 거의 일어나지 않고, 냉각수 튜브로 열전달이 이루어진다.

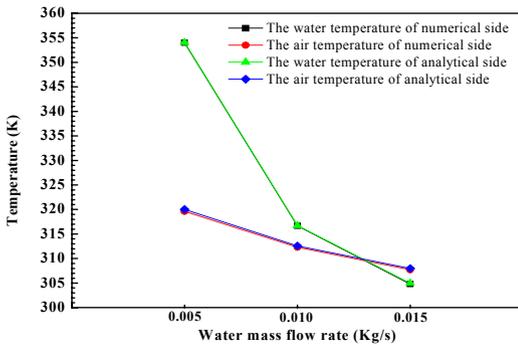
Fig. 4는 고온가스, 외부 유입 공기, 냉각수 온도분포를 나타낸다. 고온 가스가 열교환기 내부로 유입되면서 열교환기 첫 번째 배플에 닿으면서 온도가 급격하게 감소되기 시작하며, Fig. 4 (b)와 같이 외부 유입 공기와 열전달이 촉진되기 시작한다. 이와 함께 Fig. 4 (c)와 같이 튜브의 냉각수는 튜브 토출구로 갈수록 냉각수가 가열되어 온도가 상승한다.

본 수치해석의 정확성을 확인하기 위하여 수치해석으로 확인되는 승차 공간 유입 온도 및 토출되는 냉각수의 온도와 이론적으로 계산되는 온도들과의 비교분석을 실시하였다. Fig. 5 (a) 와 (b) 는 각각 냉각수 유량과 외부 유입 공기 유량을 0.01 kg/s로 고정하고 나머지를 변경하였을 때 온도에 대한 비교 그래프이다. 수치해석 결과와 이론적인 온도 차이를 비교하였을 때 최대 0.15%의 차이를 나타내고 있다. 이에 따라 본 수치해석의 결과가 이상적인 온도 값에 근사함을 알 수 있다.

Fig. 5은 변수들에 따른 냉각수 토출 온도 및 고내 유입 공기 온도를 나타낸다. 냉각수의 유량을 0.01 kg/s 로 고정하고 외부 유입 공기의 유량을 0.005kg/s, 0.01 kg/s, 0.015 kg/s로 증가시킬 경우 공기 온도는 331 K, 312.58 K, 303 K로 점점 줄어들게 된다. 그 이유는 열교환기와 공기 히터 사이의 공간은 일정하지만 공기의 유량이 증가됨에 따라 유속이 증가하게 된다. 그 결과로 외부 공기와 열교환기 외벽의 접촉시간이 줄어들어 열교환기에서 외부 유입 공기로 열전달률이 줄어들었고, 승차 공간에 공급되는 공기의 온도가 감소하게 된다. 또한 토출되는 냉각수의 온도는 312.7 K, 316.69 K, 326 K로 점점 증가하게 된다. 이는 외부 유입 공기 속도 증가에 따른 열 전달률 감소로 인해 공기의 온도가 감소한 만큼의 열이 냉각수 쪽에 유입되어 냉각수의 온도가 상승했음을 알 수 있다.



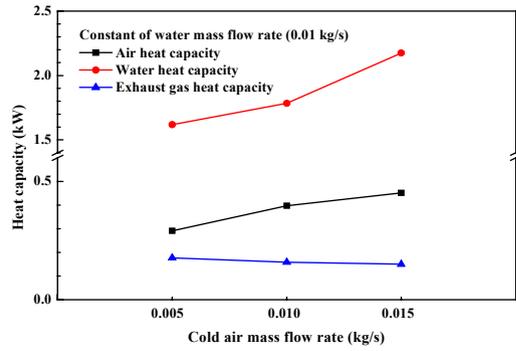
(a) Constant of water mass flow rate (0.01 kg/s)



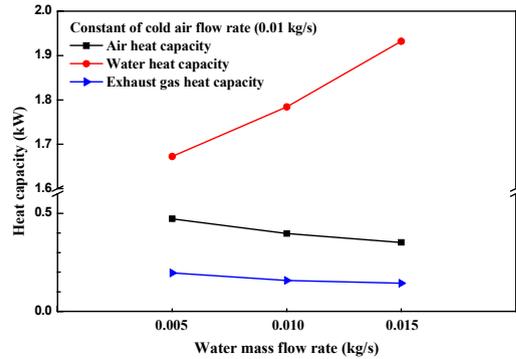
(b) Constant of cold air mass flow rate (0.01 kg/s)

Fig. 5. Validation of numerical analysis compared to theoretical calculation

공기의 유량을 0.01kg/s으로 고정시키고 냉각수의 유량을 0.005kg/s, 0.01 kg/s, 0.015 kg/s로 변화시켰을 때 토출되는 난방 공기 및 냉각수 온도를 Fig. 5 (b) 그래프에 나타내었다. 냉각수의 유량이 증가할수록 튜브에서 토출되는 냉각수 온도는 354.05 K, 316.75 K, 304.95 K로 줄어들었으며, 이는 냉각수 유량의 증가로 인한 유속 상승으로 내부에 유동하는 냉각수에 열전달 되는 시간이 줄어들기 때문이다. 또한 냉각수 유량 증가에 따른 난방 공간에 공급되는 공기 온도는 319.6 K, 312.3 K, 307.7 K로 줄어들었다. 이는 냉각수의 유량이 증가할수록 높은 유속으로 인하여 토출 온도가 감소되었지만 냉각수의 난방용량은 증가하였다. Fig. 6은 유입 공기 유량 및 냉각수 유량 변화에 따른 승차공간 및 배터리 난방 용량에 관하여 나타낸다. 복합열원의 외부 유입 공기 및 냉각수 유량이 증가할수록 배출 가스의 열용량은 줄어들게 된다. Fig. 6 (a)는 냉각수의 유량을 0.01 kg/s로 고정하고 공기 유량을 0.005 kg/s, 0.01 kg/s, 0.015 kg/s로 증가하였을 때 난방 용량을 나타낸다. 공기 유량이 증가함에 따



(a) Constant of water mass flow rate (0.01 kg/s)



(b) Constant of cold air mass flow rate (0.01 kg/s)

Fig. 6. Heat capacity with variation of numerical analysis

라 외부 공기의 열량 또한 0.291 kW에서 0.452 kW로 증가하며, 냉각수의 온도 또한 1.62 kW에서 2.17 kW로 증가하게 된다. 난방 용량은 유량과 온도차에 영향을 받으며 외부 유입 공기의 유량이 증가할수록 난방 공기의 온도는 감소하고 냉각수의 온도는 증가하게 되나 유량의 증가량에 따른 난방 용량 증가량이 온도 감소에 따른 난방 용량 감소량 보다 크기 때문에 공기의 난방 용량이 증가하게 된다. 냉각수 난방 용량은 토출 온도 상승으로 인해 증가하게 된다.

Fig. 6 (b)는 외부 공기 유량을 고정하고 냉각수의 유량을 0.005 kg/s, 0.01 kg/s, 0.015 kg/s로 증가하였을 때 난방 용량을 나타내고 있다. 냉각수 유량이 증가함에 따라 냉각수의 열량은 1.673 kW에서 1.932 kW로 증가하나, 외부 공기의 열량은 오히려 0.472kW에서 0.352kW로 감소된다. 이는 Fig. 6 (b)에서 확인할 수 있듯이 냉각수 유량의 증가에 따라 공기의 온도는 감소되며, 이로 인하여 냉각수의 유량이 증가할 경우 온도차는 낮아지지만 유량의 증가폭에 따라 열량이 증가되며, 유량이 고정된 외부 공기는 열량이 감소하였다.

마지막으로 전체 조건에서 배터리 쪽으로 유입되는 냉각수의 적정 온도(25°C ~ 40 °C)를 만족 하는 조건은 냉각수 유량이 0.01 kg/s, 외부 공기 유량이 0.005 kg/s, 그리고 냉각수 유량이 0.015 kg/s, 외부 공기 유량이 0.01 kg/s 일 경우 적정 온도로 충족된다. 다만 두 조건 의 열량을 비교 할 경우 냉각수 유량이 0.015 kg/s, 외부 공기 유량이 0.01 kg/s 일 때 더 많은 공급열량을 가지고 있기 때문에 최적 조건으로 판단하였다.

#### 4. 결론

본 연구는 전기자동차용 부탄 연료용 복합열원 히팅 시스템의 냉각수 유량 및 유입 공기 유량의 변화에 따른 냉각수 토출 온도 및 공기 토출 온도를 상용해석프로그램 ANSYS CFX를 이용하여 수치해석을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 수치해석으로 얻어진 냉각수 토출 온도 및 난방 공기 온도와 이론계산으로 얻어진 온도를 비교하여 오차가 최대 0.15% 로 나타났다.
2. 복합열원 히팅 시스템 열교환기의 내부는 상하부로 나뉘며 상부의 경우 swirling 등의 영향으로 핀으로 열전달이 발생하였다.
3. 유입 공기 유량이 3배 증가하였을 경우 승차 공간으로 유입되는 공기 온도는 48.3% 감소하였고, 배터리 열관리를 위한 냉각수 토출 온도는 33.5% 증가하였다.
4. 냉각수 유량이 3배 증가하였을 경우 승차 공간에 유입되는 공기 온도는 25.5% 감소하였고, 냉각수 토출 온도는 60.6%로 감소하였다.
5. 복합 열원 히팅 시스템의 최적 조건으로 냉각수 유량 0.015 kg/s 및 외부 공기 유량 0.01 kg/s로 나타났다.

#### References

- [1] S. M. Park, S. D. Kim, C. S. Jung, C. W. Lee, J. W. Kim, S. W. Jung, "Development of intelligent-controlled high voltage PTC for Eco-Friendly EV", *Proc. of KSME Spring Conference on Energy or Power Engineering*, pp. 144-147, 2011.
- [2] S. H. Kim, W. K. Na, "A study on Applying Auxiliary Heater to Diesel Vehicle for Heating Performance Improvement", *Proc. of KASE Spring Conference*, pp. 488-492, 2004.
- [3] H.-J. Kim, E.-Y. Kang, S.-B. Im, G.-C. Hoang, Y.-K. Kim, "A Comparative Analysis of Thermal Properties of COB LED based on Thermoelectric Device Structure," *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)*, vol. 15, no. 2, pp. 189-194, Apr. 2015.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.2.189>
- [4] G.M. Jeon, H.W. Lee, Y.S. Ki, "The Study to Suggest a Methods to Evaluate Heating and Cooling Energy Performance based on Daily Life," *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol. 5, no. 3, pp. 291-299, June 2015.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/AJMAHS.2015.06.16>
- [5] D. Y. Choi, W. S. Lee, C. M. Kim, Y. C. Choi, H. R. Shim, "Development of Heating System on Battery Electric Vehicle for Range Enhancement by Using Bio-Ethanol Fire-Operating Heater", *Proc. of KASE Annual Conference*, pp. 689-688, 2013.
- [6] Y. M. Bang, J. H. Seo, M. Y. Lee, "Experimental Study on the Heating Performances of the Air Heater with Diesel for Passenger Cabin Heating of an Electric Vehicle", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 16, no. 11, pp. 7250-7255, 2015.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.11.7250>
- [7] S. S. Lee, J. S. Lee, D. Y. Lee, K. H. Suk, "Combustion characteristics of the heater for the vehicle", *Proc. of The Fourth National Congress on Fluids Engineering*, pp. 253-256, 2006
- [8] C. H. Hwang, S. W. Baek, "Numerical Investigation on the Thermal and Flow Characteristics of Combustion Heater for Commercial Vehicle", *The Korean Society of Combustion*, vol. 16, no. 2, pp. 40-46, 2011
- [9] L. H. Saw, Y. H. Ye, A. A.O. Tay, W. T. Chong, S. H. Kuan, M. C. Yew, "Computational fluid dynamic and thermal analysis of Lithium-ion battery pack with air cooling", *Applied Energy*, vol. 177, pp. 783-792. 2016.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.05.122>
- [10] Stephen R. Turns, *AN INTRODUCTION TO COMBUSTION: CONCEPTS AND APPLICATIONS*. p. 649, McGraw-Hill, 2000.

**방 유 마(Yu-Ma Bang)**

[준회원]



- 2015년 2월 : 동아대학교 기계공학과 (공학사졸업)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 동아대학교 기계공학과 (석사과정)

<관심분야>

열/물질전달, 나노유체, 히트 파이프

**조 종 표(Chong-Pyo Cho)**

[정회원]



- 2002년 2월 : 고려대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2007년 2월 : 고려대학교 기계공학과 (공학박사)
- 2007년 4월 ~ 현재 : 한국에너지기술연구원 책임연구원

<관심분야>

에너지 및 동력, 자동차공학

**서 재 형(Jae-Hyeong Seo)**

[정회원]



- 2011년 3월 ~ 2013년 2월 : 동아대학교 기계공학과 (공학박사수료)
- 2014년 9월 ~ 현재 : 엔티에프텍 연구개발부 과장

<관심분야>

친환경 자동차 열관리, 열/물질 전달, 나노유체

**이 무 연(Moo-Yeon Lee)**

[정회원]



- 2010년 2월 : 고려대학교 기계공학과 (공학박사)
- 2011년 2월 ~ 2012년 8월 : 자동차부품 연구원 선임연구원
- 2012년 9월 ~ 현재 : 동아대학교 기계공학과 교수
- 2014년 3월 ~ 현재 : 엔티에프텍 대표

<관심분야>

친환경 자동차 열관리, 열/물질전달, 연료전지, 나노유체

**마헤쉬 수레쉬 파티르(Mahesh Suresh Patil)**

[정회원]



- 2011년 7월 ~ 2013년 7월 Godrej & Boyce Mfg. Co. Ltd. Mumbai, India (Assistant Manager)
- 2013년 7월 ~ 2015년 7월 : India, NIT Calicut 기계공학과 (공학석사)
- 2015년 9월 ~ 현재 : 동아대학교 기계공학과 (박사과정)

<관심분야>

Heat transfer, Fluid flow, Green car, Thermal management system