

차량 엔진룸 냉각용 후드 개발을 위한 수치해석

이석영[†]

인하공업전문대학 기계과

(2018년 11월 13일 접수, 2018년 12월 11일 수정, 2018년 12월 14일 채택)

Numerical analysis for development of vehicle engine room cooling hood

Suk Young Lee[†]

Department of Mechanical Engineering, Inha Technical College

(Received 13 November 2018, Revised 11 December 2018, Accepted 14 December 2018)

요 약

본 연구는 자동차 엔진룸 내부에서 엔진과 연계된 부품의 냉각효과를 높이기 위해 후드 개발을 위한 수치해석을 다루고 있다. 급격한 온도편차에서 유발되는 엔진룸내 부품 온도를 저감시키면 부품에 대한 내구성 저하를 최소화할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 차량 엔진룸 주요 부품 중에서도 온도제어가 비교적 용이한 발전기, 배터리, ECU 및 파워스틸 오일 등 4가지 부품을 목표로 엔진룸 냉각용 후드 개발을 위한 수치해석을 수행하였다. 그리고 수치해석을 검증하기 위하여 수치해석에서 가정하였던 동일한 조건으로 실험을 수행하여 비교하였다.

주요어 : 냉각효과, 후드, 엔진룸, 수치해석

Abstract - This study deals with the numerical analysis for hood development to improve the cooling effect of the engine related components in engine room. Reducing the component temperature in engine room caused by a sudden temperature deviation can minimize the durability degradation of components. Therefore, in this study, numerical analysis for the development of the hood in engine room was carried out in four parts such as generator, battery, ECU and power steel oil which are relatively easy to control temperature among the main components in engine room. In order to verify the numerical analysis, experiments were conducted under the same conditions as those assumed in the numerical analysis.

Key words : Cooling effect, cooling hood, engine room, numerical analysis

1. 서 론

자동차에서 엔진의 성능과 효율성을 향상시키는 많은 기술이 연구되고 개발되고 있지만, 엔진과 관계된 부품에 대한 지속적인 기술개발도 필요로 한다. 또한, 엔진 냉각에 있어서는 라디에이터의 기능이 향상되어 대부분의 엔진온도 조절은 개선되어 사실상 엔진 냉각에는 새로운 기술을 개발하는 것에는 한계가 있으나, 엔진과 연계된 부품의 냉각에 대해서는 아직까지 연구가 미진한 실정이다. 자동차의 엔진룸은 자동차의 어떤 부위보다 열이 가장

많이 발생하는 곳으로 상승온도가 하절기의 경우, 부분적으로 최고 약 120℃까지 상승한다. 따라서 엔진룸에 배치되는 전장부품은 고온에서도 견딜 수 있도록 자동차 양산 메이커에서는 그 기준을 정해 놓고 있다. 엔진룸에서의 부품은 높은 온도차 변화를 심하게 겪는 상황을 반복하게 되므로 내구성을 확보하거나, 지속적인 성능유지에 문제가 될 수 있다. 특히 하절기에 대기온도가 약 30℃ 이상의 상태가 되면 대기에서 발생하는 복사열과 엔진에서 발생하는 엔진에 의한 열로 엔진룸내 부품은 열악한 상황에 놓이게 된다. 하지만 현재 일반적으로 적용되고 있는 수냉식 엔진 냉각 방법은 엔진외의 다른 부품들을 동시에 냉각시키지 못하기 때문에, 엔진룸의 주요부품을 냉각시켜줄 다른 수단이 필요하다.

[†]To whom corresponding should be addressed.
Tel : 032-870-2131 E-mail: sylee@inhac.ac.kr

상황이다. 즉, 엔진룸의 주요부품의 온도를 주행중에 낮출 수 있다면, 급격한 온도편차에서 유발되는 자동차 구성 부품의 내구성 저하를 최소화 할 수 있으므로 이러한 기술개발은 매우 의미 있다고 판단된다.⁽¹⁾ 엔진룸 냉각 성능을 향상시키기 위한 연구들이 여러 연구자들에 의해 수행되었다. Oh 등⁽²⁾은 전산유체역학을 이용하여 엔진룸의 열 및 유동장을 해석하였으며, Lee⁽³⁾는 차량 엔진룸에서의 냉각효율 향상에 대한 해석을 수행하였다. Katoh⁽⁴⁾는 3차원 열유동 해석을 통해 엔진부품 냉각 향상 방안을 연구하였으며, Lee⁽⁵⁾는 중형차 엔진룸 내부 유동을 분석하여 내부 형상과 부품 냉각과의 상관관계를 분석하였다. 차량엔진은 최적의 온도상태인 약 85~88℃ 사이를 항상 유지하기 위해 전자제어를 통해 열을 조절한다. 하지만 엔진자체의 열을 제어하더라도 자동차의 구조상 엔진이 있는 공간인 엔진룸에서 온도제어가 이루어지지 않는 부품은 발전기, 흡기부, 배기부, 라지에이터를 비롯한 냉각수부, 배터리와 엔진과 관계된 각종 센서부, 엔진의 회전을 전달하는 미션부 그리고 파워스티어링 오일부와 브레이크 오일부 등이 해당된다. 따라서, 본 연구에서는 자동차 엔진룸 주요부품 중에서 온도제어가 비교적 용이한 발전기, 배터리, ECU 및 파워스틸 오일 등 4가지 부품을 목표로 온도를 감소시키고 공랭효과를 향상시켜기 위한 차량 엔진룸 냉각용 후드 개발을 위한 수치해석을 수행하고자 한다.

2. 수치해석

2-1. 해석모델

본 연구에서는 엔진룸으로 흡입되는 공기에 대해 엔진룸 및 후드 내부에서의 유동을 해석하여 냉각 대상 부품에 대한 냉각 위치를 선정하고 후드 형상에 의해 생성된 덕트 및 노즐 제원을 최적화하기 위해 Fig. 1에서 보는 바와 같이 2L급 커먼레일 디젤 엔진을 장착한 차량을 대상으로 모델링 범위를 정하였고 Fig. 2에서 4까지에서 보여주는 방법으로 엔진룸, 구성부품 및 후드에 대하여 3D 모델링을 실시하였다. Table 1는 Fig. 4에서 보여주는 후드형상에 대한 관 및 노즐에 대한 위치 및 제원을 보여주며, 후드에 대한 1차 모델링을 통해 해석한 결과에 대해 보완점을 찾아 수정한 2차 모델링으로 해석을 진행하였다. 수치해석에 사용된 프로그램은 ANSYS CFX v18.0이고 자체 내장된 디자인모듈러에 의해 3D모델링 작업을 하였고, 정확한 계산을 위해 격자를 ANSYS 자체에 내장된 격자생성 프로그램에 생성한 결과, 노드수(Nodes)는 450만개 이상, 엘리먼트수(Elements)는 750만개 이상이 생성될 수 있도록 정확한 계산이 되도록 하였다.



Fig. 1. Modeling area

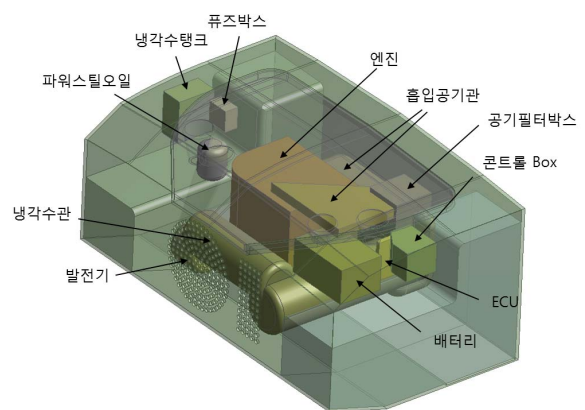


Fig. 2. Modeling of components in engine room

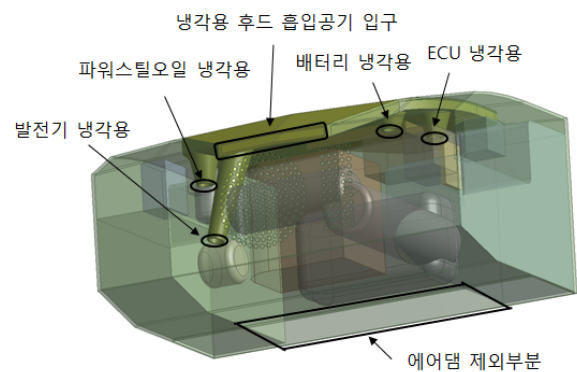


Fig. 3. Modeling of air inlet and outlet in hood

2-2. 수치해석 기법

해석 시간은 연속모드로 설정하였고 유동해석은 열전달을 포함하여 후드 내부의 유속 분포와 부품에 대한 온도를 분석하였다. 후드 내부의 유동은 비압축성, 난류, 점성유동으로 가정하였고 난류모델은

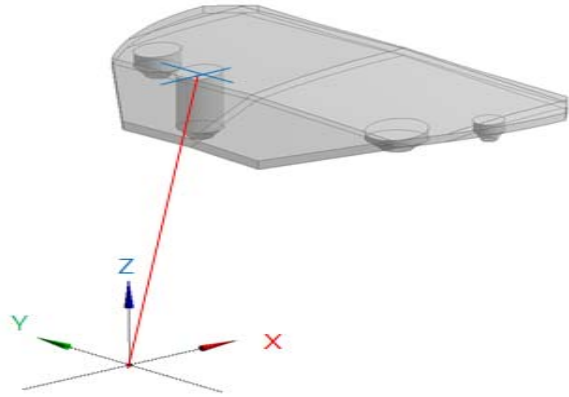


Fig. 4. Modeling and reference coordinates of hood

Table 1. Location and specifications of hood

모델링	구분	발전기	ECU	배터리	파워스텔 오일	
1차	위치	X	50	71	51	56
		Y	30	-56	-44	53
		Z	74	94	93	90
	관직경	6	6	6	6	
	관길이	8	24	5	5	
	노즐직경	3	3	3	3	
2차	위치	X	45	68	48	52
		Y	26	-52	-40	53
		Z	72	94	92.5	90
	관직경	6	4	8	6	
	관길이	8	24	5	5	
	노즐직경	3	2	4	3	

k-ε 모델을 사용하였다. 작동유체는 공기로 가정하였으며 후드 외부로의 열전달은 따로 고려하지 않았다.

2-3. 경계조건

후드 입구로 흡입되는 냉각용 공기온도는 20℃, 속도는 차량속도 60km/h로 가정하였고 후드에 부착되는 공기관 및 노즐은 냉각대상 부품 1개당 1개씩으로 매칭하였다. 부품별 발생열은 Table 2에서와 같이 가정하였다.

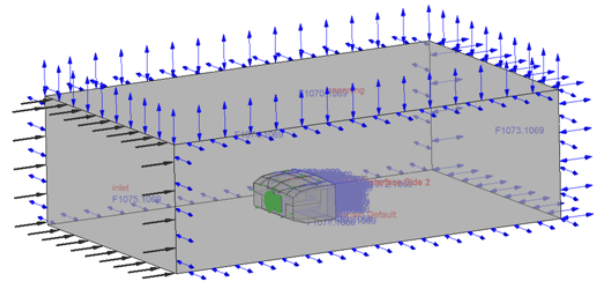


Fig. 5. Boundary conditions

Table 2. Heat generation in components

구분	발열량(W/m3)
발전기	12,000
ECU	5,200
배터리	5.1×10 ⁷
파워스텔 오일	8,000

3. 결과 및 고찰

1차 모델링을 통해 해석한 결과에 대해 보완점을 찾아 수정한 2차 모델링으로 해석을 진행하였다.

3-1. 수치해석 결과 분석

Fig. 6에서 9까지는 1차 모델링을 적용한 유동해석 결과를 보여주고 있으며, 결과를 분석하여 보완 작업을 통해 생성된 것이 2차 모델링이다. 이러한 2차 모델링에 대한 해석결과를 Fig. 10, 11에서 보여주고 있으며, Table 3은 1, 2차 모델링을 통해 계산된 결과를 비교한 것이다. 먼저, Fig. 6을 보면 이중 격벽, 관 및 노즐로 구성된 후드에서 흡입된 공기 속도가 이들을 지나면서 더욱 증가하며 노즐에서 분사된 공기는 냉각 대상 부품으로 이동함을 알 수 있다. 또한, 엔진룸 내부 유동속도는 차량 움직임에 의한 주변의 유동속도에 비해 현저히 감소됨을 알 수 있고, 특히, 엔진과 라지에이터 사이에서는 비교적 커다란 유동이 생성되지만 엔진 측면과 후부 영역에서는 유동속도가 감소되고 엔진과 라지에이터 사이에서 발달된 유동은 결국 에어댐 후부영역을 통해 엔진룸 외부로 방출되는 것을 알 수 있다. Fig. 7은 발전기를 냉각하기 위한 노즐 끝단에서 유동현상을 보여주는 것으로 공기가 노즐에서 발전기로 분출될 때 생성되는 유동과 엔진룸에서 흡입되는 공기와 서로 충돌이 생기는 것을 볼 수 있다. 이 때

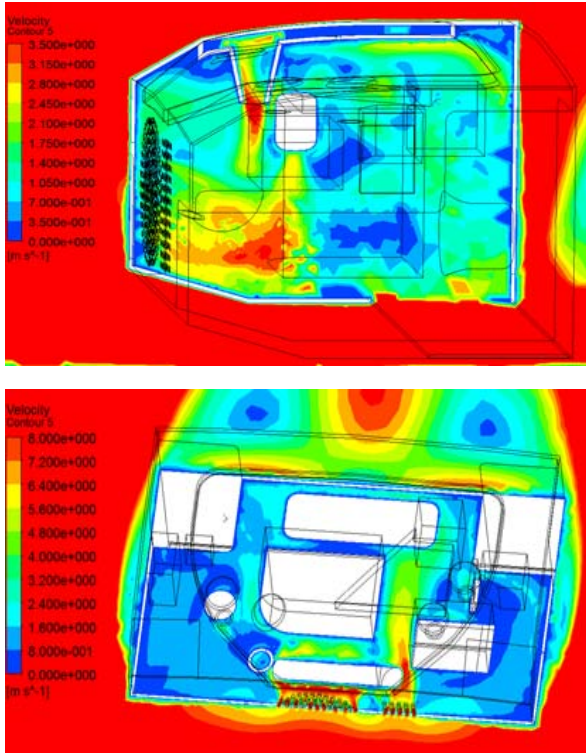


Fig. 6. Distribution of calculated cooling air velocity in engine room - 1st model

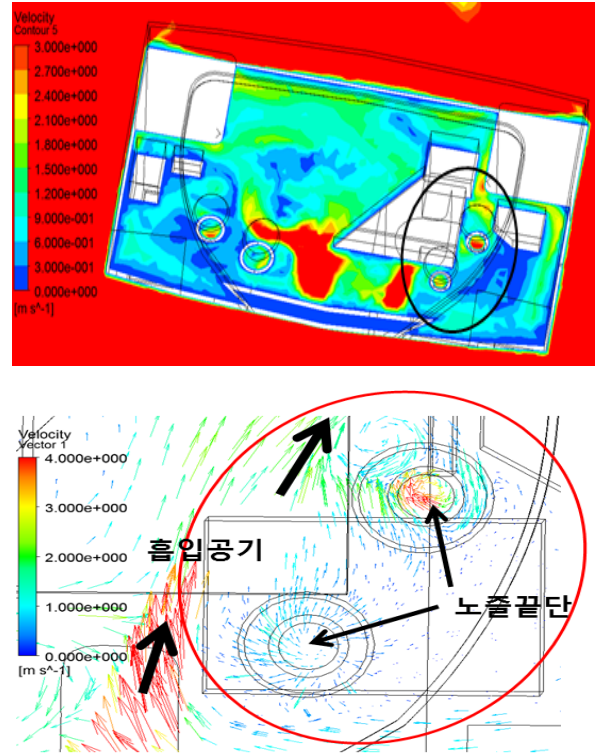


Fig. 8. Distribution of calculated cooling air velocity and vector around battery and ECU - 1st model

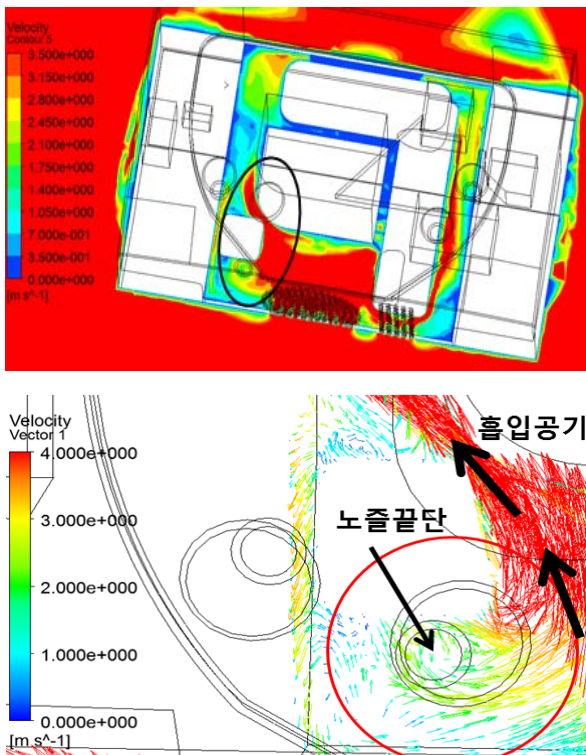


Fig. 7. Distribution of calculated cooling air velocity and vector around generation - 1st model

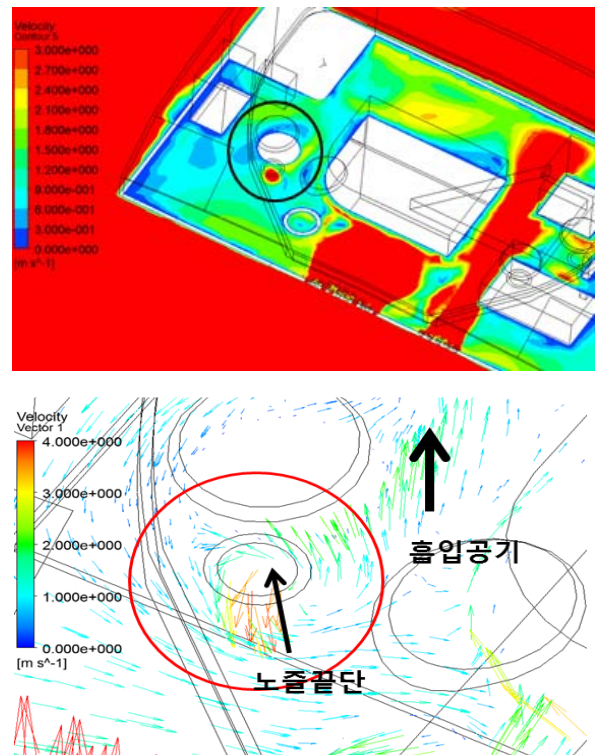


Fig. 9. Distribution of calculated cooling air velocity and vector around power steering oil - 1st model

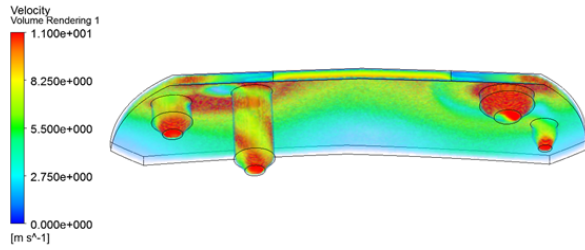


Fig. 10. Distribution of air velocity in hood- 2nd model

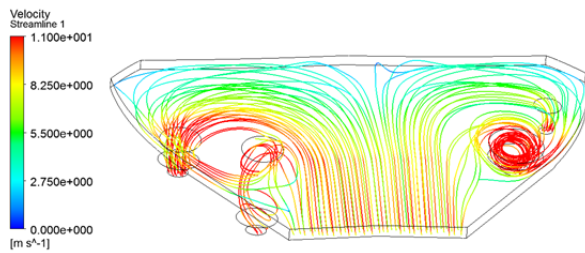


Fig. 11. Air streamline in hood- 2nd model

흡입 공기에 의해 생성되는 노즐 주변의 평균유동속도는 2.8m/s이며 이를 고려하여 관 및 노즐에 대한 위치와 제원을 변경하여 2차 모델링을 실시하였다. Table 1에서 2차 모델링은 부품 냉각에 대한 효율을 증가시키기 위하여 관의 길이, 노즐 직경, 노즐 위치 등을 1차 모델링을 분석하여 변경한 것이다. Fig. 8은 배터리와 ECU 냉각을 위한 노즐 주위에서의 유동분포로서 평균유동속도는 각각 0.8, 1.1m/s로서 노즐에서 배터리 및 ECU로 공기가 분출할 때 엔진룸에서 흡입되는 공기와의 간섭 고려하여 노즐 직경, 노즐 끝단 위치 등을 변경하여 2차 모델링으로 수정하였다. Fig. 9는 파워스틸오일 냉각용 노즐 주위의 유동분포로서 노즐 주변 평균유동속도는 1.1m/s이며 2차 모델링 시 공기유동 벡터 방향 등을 분석하여 노즐 끝단의 위치 선정과 직경 등을 결정하였다. Fig. 10, 11은 2차 모델링을 통해 계산된 후드에서의 유동해석 결과이며 Fig. 14와 Table 3은 1, 2차 모델링을 통한 열유동해석 결과로서 4가지 냉각대상 부품에 대한 저감된 온도차를 보여주며 계산된 결과를 분석하면 1차에 비해 2차 모델링에 의한 결과값이 개선됨을 확인하였다.

3-2. 수치해석 결과 검증

해석결과 2차 모델링이 상대적으로 냉각효과가 양호한 것으로 나타났으며 2차 3D모델링을 적용하여 Fig. 11과 같은 후드를 시제작하고 수치해석에서 가정하였던 동일한 조건으로 2L급 커먼레일 디젤엔진을 장착한 차량을 대상으로 Fig. 12와 13에서 보



Fig. 11. Hood manufactured for experiment



Fig. 12. Hood attached to vehicle



Fig. 13. Experimental apparatus

여주는 바와 같이 검증용 실험을 수행하였다. 실험 횟수는 10회를 기준으로 하였으며 실험결과는 평균값을 기준으로 수치해석값과 비교 평가하였다. 실험결과 저감된 온도차가 Fig. 14와 Table 3과 같이 측정되어 해석값 거의 유사한 결과로서 수치해석의 타당성을 검증하였다.

Table 3. Reduced temperature difference in components
단위 : °C

구분		발전기	ECU	배터리	파워스틸 오일
모델링	1차	5.2	6.2	2.3	2.2
	2차	6.4	7	3.5	3.2
실험		7.8	9.7	3.1	2.8

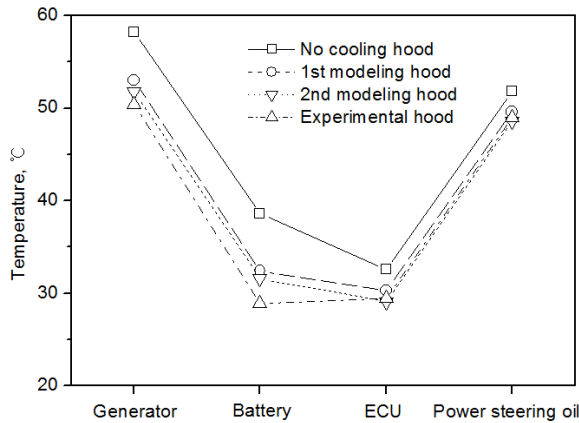


Fig. 14. Temperature of Components temperature in engine room

4. 결론

자동차 엔진룸 내 부품 냉각용 후드 개발을 위한 최적화 설계를 위해 상용 프로그램인 ANSYS v18.0을 사용하여 발전기, 배터리, ECU 및 파워스틸 오일 등 4가지 부품에 대하여 1차 모델링을 적용하여 수치해석을 수행하여 분석 후 후드의 관 및 노즐에 대한 위치 및 직경 등을 변화시켜 2차 모델링을 실시 후 해석을 통하여 냉각효율을 비교하였다.

(1) 1차 모델링을 적용한 해석결과, 노즐에서 분출되는 공기와 엔진룸으로 흡입되는 공기와 충돌이 생기는 것을 확인하였고 이러한 유동현상을 보완하여 2차 모델링을 진행하였다.

(2) 2차 모델링을 적용한 수치해석 결과, 발전기, 배터리, ECU 및 파워스틸 오일에서 온도가 각각 1.2, 0.8, 1.2, 1.0°C만큼 감소되었다.

(3) 해석결과를 검증하기 위하여 2차 모델링 형상과 동일한 후드를 제작하여 수치해석과 동일한 조건에서 실험을 수행한 결과 2차 모델링에서 해석을 통해 계산된 결과값과 유사함을 확인하였다.

후기

이 논문은 인하공업전문대학의 지원에 의하여 연구되었음

REFERENCES

1. Song, B. K., Oh, S. M., Kang, J. J. and Kim, S. J., 2012, An experimental study on the temperature of electronic components in OBC based on the cooling water and the ambient temperature, Transactions of KSAE, Vol. 11, pp. 2493-2497
2. Oh, K. T., Kim, J. H., Lee, S. W., Kim, Y. S., Ha, J. W. and Kang, W. K., 2007, Automobile underhood thermal and flow simulation using CFD, Journal of Computational Fluids Engineering, Vol 12, pp. 22-27
3. Lee, D. R., 2005, Analysis of the enhancement of cooling efficiency of a vehicle in the engine room, Journal of Computational Fluids Engineering, Vol 10, pp. 55-62
4. Katoh, N., 1991, Numerical simulation on the three dimensional flow and heat transfer in the engine compartment," SAE 910306, USA.
5. Lee, D. R., 2004, Study of flow analysis of a mid-size vehicle in an engine room, Journal of Computational Fluids Engineering, Vol 9, No 4, pp.13-19