

EGR 가스 폐열회수에 의한 디젤엔진의 연비에 미치는 ATF 워밍업의 영향

허 형 석^{*1)} · 이 동 혁¹⁾ · 강 태 구¹⁾ · 이 현 균¹⁾ · 김 태 진²⁾

자동차부품연구원 에너지부품연구센터¹⁾ · 코렌스 선행연구팀²⁾

Effect of Fast ATF Warm-up on Fuel Economy Using Recovery of EGR Gas Waste Heat in a Diesel Engine

Hyungseok Heo^{*1)} · Donghyuk Lee¹⁾ · Taegu Kang¹⁾ · Heonkyun Lee¹⁾ · Taejin Kim²⁾

¹⁾Energy System Research Center, Korea Automotive Technology Institute, 74 Yongjeong-ri, Pungse-myeon, Cheonan-si, Chungnam 330-912, Korea

²⁾Advanced Research Team, KORENS Inc., 4-1BL 3LT, 857-5 Eogok-dong, Yangsan-si, Gyeongnam 626-220, Korea

(Received 16 May 2011 / Revised 10 November 2011 / Accepted 18 November 2011)

Abstract : Cold start driving cycles exhibit an increases in friction losses due to the low temperatures of metal components and media compared to the normal operating engine conditions. These friction losses are adversely affected to fuel economy. Therefore, in recent years, various techniques for the improvement of fuel economy at cold start driving cycles have been introduced. The main techniques are the upward control of coolant temperature and the fast warm-up techniques. In particular, the fast warm-up techniques are implemented with the coolant flow-controlled water pump and the WHRS (waste heat recovery system). This paper deals with an effect of fast ATF (automatic transmission fluid) warm-up on fuel economy using a recovery system of EGR gas waste heat in a diesel engine. On a conventional diesel engine, two ATF coolers have been connected in series, i.e., an air-cooled ATF cooler is placed in front of the condenser of air conditioning system and a water-cooled one is embedded into the radiator header. However, the new system consists of only a water-cooled heat exchanger that has been changed into the integrated structure with an EGR cooler to have the engine coolant directly from the EGR cooler. The ATF cooler becomes the ATF warmer and cooler, i.e., it plays a role of an ATF warmer if the temperature of ATF is lower than that of coolant, and plays a role of an ATF cooler otherwise. Chassis dynamometer experiments demonstrated the fuel economy improvement of over 2.5% with rapid increase in the ATF temperature.

Key words : ATF warmer/cooler integrated with EGR cooler(배기 재순환 냉각기 일체형 자동변속기 오일 가열기/냉각기), Fast warm-up(급속 워밍업), Waste heat recovery system(폐열 회수 시스템), Fuel economy improvement(연비 향상)

Nomenclature

ATF : automatic transmission fluid

EGR : exhaust gas recirculation

LPM : liter per min, l/min

Temp. : temperature, °C

T/S : thermostat

WHRs : waste heat recovery system

W/P : water pump

1. 서론

최근 지구 온난화에 대응하기 위한 온실가스 감축 및 연비 규제가 크게 강화되고 있는 추세이다. 유

*Corresponding author, E-mail: hsheo@katech.re.kr

럽은 이산화탄소(CO₂) 배출량 기준으로 연비 규제를 제정하였으며, 2012년 130 g/km를 시작으로 2020년에는 95 g/km까지 제한하는데 합의하였다. 미국은 CO₂ 및 연비 절감을 목표로 2016년까지 15.1 km/ℓ의 연비를 달성하는 규제안을 발표하였으며, 2020년에는 21.3 km/ℓ까지 연비 규제가 크게 강화될 것으로 추정된다. 이와 같은 연비 규제는 좀 더 적극적인 규제방안으로 자율 협약에서 페널티 부여로 변화하고 있으며, 연비 규제를 만족하지 못하는 수입 차량에 대해서도 페널티를 적용하여 강화된 규제를 무역장벽으로 이용하려는 추세이다.¹⁾

이러한 연비 규제 강화정책 대응 방안으로 자동차 메이커들은 차체의 경량화, 엔진 효율 증대, 변속기 전달 효율 증대 등 다양한 기술 개발들을 진행하고 있다. 이 중 파워트레인 시스템에서는 냉각 요소 기술로 수온 조절기(Thermostat) 개변 온도 상향 조정 또는 전자식 수온 조절기에 의해 엔진의 온도를 기존 대비 높게 제어하여 엔진의 기계적 마찰손실을 저감시킬 수 있는 냉각수 온도 상향 제어기술과 빠른 워밍업(Fast warm-up)을 통한 저온 연비 향상 기술들이 주류를 이루고 있다.²⁾

빠른 워밍업 기술로는 냉각수 유량 제어식 워터펌프와 폐열회수 시스템 등이 선보이고 있다.^{2,3)}

냉각수 유량 제어식 워터펌프 기술은 초기 엔진 워밍업 시에 워터펌프에 의한 냉각수 순환을 정지 또는 최소화하여 실린더 헤드 부와 엔진 오일 온도의 빠른 상승을 가져오는 것이다. 이를 통하여 연소 효율 증가 및 기계적 마찰 손실 저감으로 연비 개선과 유해 배출가스를 저감시킬 수 있다. 이러한 워터펌프 기술은 파워트레인 시스템 중에서도 엔진의 빠른 워밍업을 위한 것이라 할 수 있다. 냉각수 유량 제어는 워터펌프를 전동식으로 하면 엔진 워밍업 시에 냉각수 순환을 정지 또는 최소화시킬 수 있다. 또한, 전동식 워터펌프 전 단계 기술로 보고 있는 클러치 타입 워터펌프로도 가능하다. 이 기술은 클러치 시스템을 적용하여 엔진 워밍업 시에 워터펌프 폴리에서 펌프 회전체로의 동력 전달을 차단하여 냉각수 순환을 정지시키는 단순 On/Off 방식이다.

폐열회수 시스템 기술은 배기열을 회수한 엔진 냉각수의 재순환 루프 구성에 따라 엔진뿐만 아니

라 ATF의 빠른 워밍업을 가져올 수 있다는 점이 냉각수 유량 제어식 워터펌프 기술과 차별화 된다. 현재까지 EGR 시스템이 적용되지 않는 경우가 대부분인 가솔린 차량에 대해서는 배기열을 회수하기 위한 추가적인 열교환기가 필요하나 EGR 시스템이 적용된 차량에서는 EGR 냉각기를 통과하는 엔진 냉각수를 활용할 경우 연비 개선을 위한 추가적인 비용 상승 없이 연비 향상을 도모할 수 있다.

지금까지의 배기열 회수를 통한 빠른 워밍업 기술에 대한 논문들은 핵심부품의 설계 측면에서 많이 다루어 왔다. 즉, 배기열 회수 장치와 ATF 가열기/냉각기의 성능 향상을 위한 부품 설계 기술들이 대부분이었다.^{4,5)}

시스템 측면에서는 가솔린 엔진이나 HEV에 적용한 사례가 대부분이다. Kim 등²⁾이 배기열을 회수하기 위한 별도의 배기열 회수 장치, ATF 가열기, 워터 밸브 등으로 시스템을 구성하여 가솔린 차량을 대상으로 ATF의 빠른 워밍업 효과에 대해서 실차 평가를 수행하였다. 이 시스템에서는 초기 냉간 시동시 배기열 회수로 인한 촉매 활성화 온도 도달 시간 지연에 영향을 주지 않게 하기 위하여 배기열 회수 장치를 촉매 컨버터 후류에 장착하였다. 이로 인하여 배기열 회수 장치까지의 배기 열손실이 크고, 긴 냉각수 라인도 열손실에 상당한 영향을 주어 워밍업 효과는 미미하였다.

본 연구에서는 3.0 ℓ급 승용 디젤 차량을 대상으로 하여 EGR 냉각기에서 엔진 냉각수로 버려지는 폐열을 직접 ATF의 빠른 워밍업에 활용할 경우의 ATF 및 엔진 냉각수의 온도 특성과 연비 특성을 고찰하였다.

2. 요소부품 및 냉각시스템 구성

ATF의 냉각을 위하여 공랭식과 라디에이터 내장형 수냉식 냉각기 두 개를 직렬 연결하던 기존의 시스템(Fig. 1)을 하나의 라디에이터 외장형 수냉식 냉각기로 하여 EGR 냉각기와 일체형으로 제작하였다. 기존 시스템에서는 주위 온도가 낮은 겨울철에는 공랭식일 경우 ATF 워밍업이 상당히 지연되고, 수냉식 또한 초기 냉간 시동 시에는 라디에이터로 냉각수 순환이 차단되기 때문에 ATF 워밍업이 상당히 늦다. 그러나 라디에이터 외장형 수냉식으

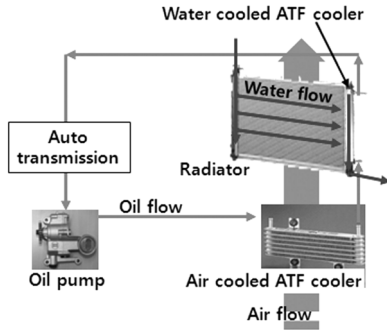


Fig. 1 ATF flow diagram of conventional system

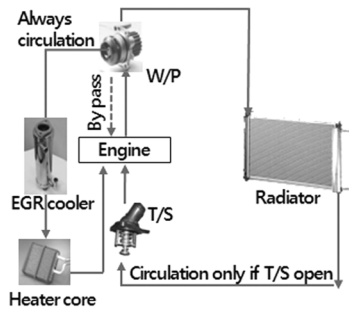


Fig. 2 Coolant flow diagram of conventional system

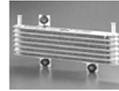

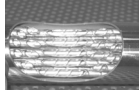
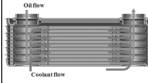

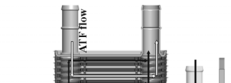
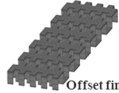
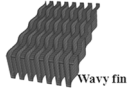
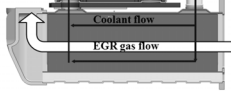
로 할 경우 엔진 냉각수가 항상 냉각기로 순환되기 때문에 ATF보다 온도가 빠르게 상승하는 초기 냉간 시동 시에는 ATF 가열기 역할을 할 수 있다. 엔진 냉각수보다 ATF 온도가 높아지는 구간에서는 ATF 냉각기 역할을 하기 때문에 기존 시스템에서의 ATF 냉각기와는 달리 ATF 가열기/냉각기라고 한다.

엔진 냉각수의 흐름도는 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 수온 조절기 개변 시 순환되는 라디에이터 라인 과 EGR 냉각기와 히터코어가 직렬로 연결된 항시 순환 라인 및 바이패스 라인으로 구성된다.

본 연구에 적용된 ATF 가열기/냉각기는 Table 1에 나타낸 바와 같이 두 개의 냉각기가 담당하던 ATF 냉각 역할을 하나의 ATF 가열기/냉각기가 담당할 수 있도록 오프셋 핀(Offset fin)을 둔 고효율의 적층형 튜브(Stacked tube) 타입으로 개발한 시제품을 적용하였다.

EGR 냉각기도 기존 EURO-4 대응을 위하여 주로 사용하던 스파이럴 튜브(Spiral tube) 타입의 관다발(Shell and tube) 열교환기에서 EURO-5/6 대응을 위하여 웨이비 핀(Wavy fin)을 배기 측 튜브에 내장한

Table 1 Comparison of the structure of conventional and developed parts

Conventional type		
Air cooled ATF cooler	Water cooled ATF cooler	Shell and tube type EGR cooler
		
Developed type		
ATF warmer/cooler	Stacked tube type EGR cooler	ATF warmer/cooler integrated with EGR cooler
		
		

고효율의 적층형 튜브(Stacked tube) 타입으로 개발한 시제품을 적용하였다.

개발 모듈의 장착 위치는 Fig. 2의 기존 EGR 냉각기 위치와 동일하다. 냉각수는 먼저 EGR 냉각기를 통과한 후 ATF 가열기/냉각기를 통과하게 된다. 이와 같은 시스템 구성으로 자동변속기 윤활 시스템의 라인이 짧아졌고, 엔진 프론트에 장착되던 공랭식 ATF 냉각기와 라디에이터에 내장되었던 수냉식 ATF 냉각기의 제거로 라디에이터 방열환경 여건이 개선되었으며, 향후 라디에이터 헤더의 슬림화를 가져올 수 있게 되었다.

3. 실험 장치 및 조건

3.1 단품성능 실험 장치 및 조건

개발 일체형 모듈에 대한 단품성능 실험은 ATF 냉각기와 EGR 냉각기에 대해서 각각 방열 성능 및 압력손실 평가 실험을 하였으며, 냉각수 측 압력손실은 모듈 상태에서 수행하였다. 또한 기존 시스템에 적용되었던 라디에이터 내장형 ATF 냉각기와 EGR 냉각기에 대해서도 성능 실험을 수행하였다.

ATF 냉각기의 성능실험 장치는 온도를 제어할 수 있는 탱크, 순환 펌프, 유량 제어 밸브 등으로 구성되었으며, EGR 냉각기의 성능실험 장치는 LPG 버너에 의해 공기를 가열할 수 있는 배기 시뮬레이

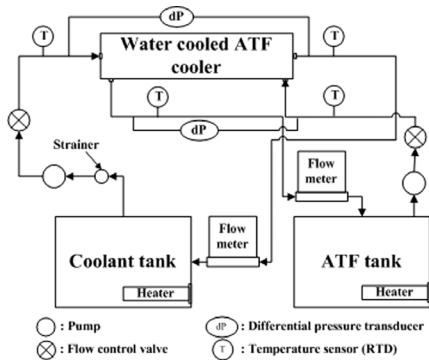


Fig. 3 Schematic diagram of water cooled ATF cooler experimental setup

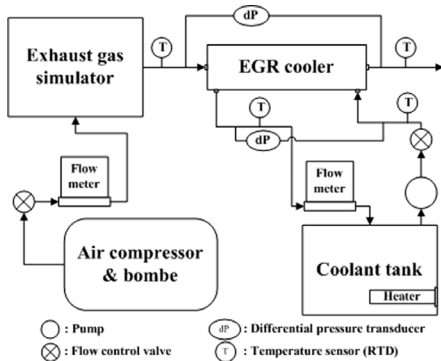


Fig. 4 Schematic diagram of EGR cooler experimental setup

Table 2 Experimental conditions of water cooled ATF cooler

Fluids	Flow-rate	Inlet temperature
ATF	3/7/10/15 LPM	110°C
Water	10/20/30/40 LPM	80°C

Table 3 Experimental conditions of EGR cooler

Fluids	Flow-rate	Inlet temperature
Exhaust gas	60/80/100/120 kg/h	500°C
Water	10/20/30/40 LPM	80°C

터, 컴프레서, 온도를 제어할 수 있는 탱크, 순환 펌프, 유량 제어 밸브 등으로 구성되었다. 각 단품 성능 시험 장치의 개략도를 Fig. 3과 4에 나타내었다. 실험 조건은 Table 2와 3에 나타내고 있다.

3.2 실차 성능 시험 장치 및 조건

기존 시스템과 개발 일체형 모듈을 적용한 시스템에 대해서 ATF 및 엔진 냉각수의 온도 특성과 각

Table 4 Specifications of the test vehicle

Items	Specifications
Engine type	V6 E-VCT(EURO-4)
Displacement volume	2,959 cc
Transmission	Auto, 6-speed
Vehicle weight	2.03 ton
Max. power	180.1 kW

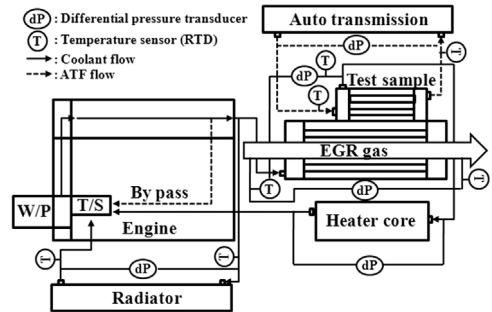


Fig. 5 Schematic diagram of vehicle experimental setup

유체의 압력손실 특성을 보고자 무부하 상태에서의 실차 성능 실험을 일차적으로 수행하였다. Table 4는 차량 제원을 나타낸 것이며, 실차 성능 실험을 위한 온도 센서 및 차압 센서의 장착 위치는 Fig. 5에 나타내었다. 또한 FTP-75 모드에서도 각 시스템에서의 온도 및 압력손실 특성, 연비 및 배출가스 특성을 보고자 차대 동력계 상에서 실차 성능 실험을 하였다. 실차 성능 실험에서의 데이터 획득은 Yokogawa사의 DA100과 Pierburg사의 배기분석 시스템을 사용하였다.

4. 실험결과

4.1 단품 성능 시험결과

실차 실험에서 나타나는 시스템 특성을 명확히 분석하고, 각 유체의 유량 특성을 파악하기 위하여 ATF와 EGR 냉각기에 대한 방열 성능 및 압력 손실에 대한 단품 리그 평가를 하였다. 실차 실험에서 많은 유량계를 장착하기에는 장착 공간의 협소로 불가능하기 때문에 단품 실험에서의 유량에 따른 차압 특성 결과를 이용하면 실차에서는 차압 특성만 측정하더라도 유량 분배율 특성을 파악할 수 있다.

수냉식 ATF 냉각기의 방열 성능은 기존 ATF 냉각기보다 개발 ATF 가열기/냉각기의 경우가 ATF 유량 15 LPM에서 56.8% 증가하였다(Fig. 6). ATF 측

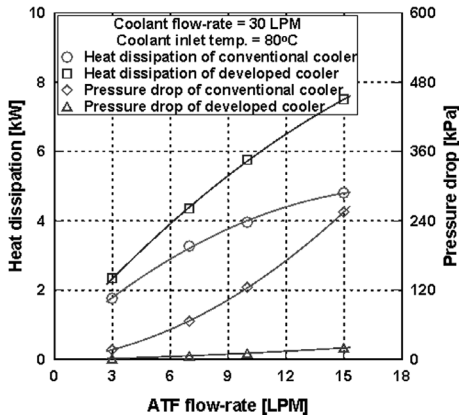


Fig. 6 Performance of water cooled ATF cooler (rig test)

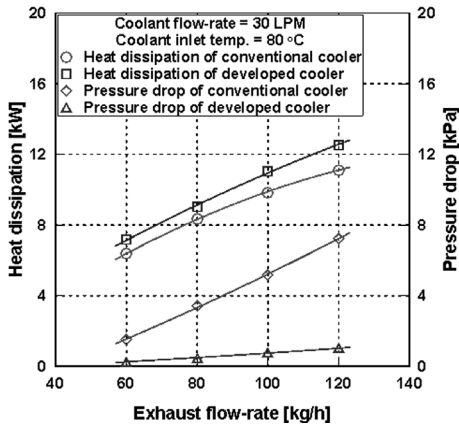


Fig. 7 Performance of EGR cooler (rig test)

압력 손실은 하나의 유로를 갖는 기존의 동심원형 ATF 냉각기 보다는 ATF 측 튜브를 6단으로 적층함으로써 단위 면적당 통과 유량을 크게 줄인 적층형 ATF 가열기/냉각기의 경우가 유량 15 LPM에서 95.3% 저감되었다.

EGR 냉각기의 경우, 방열 성능은 기존의 EURO-4 대응 보다 개발 EGR 냉각기의 경우가 EGR 가스 유량 120 kg/h에서 13.0% 증가하였다(Fig. 7). EGR 가스 측 압력 손실의 경우도 배기의 유로를 길이가 긴 스파이럴 튜브를 적용한 경우보다 튜브를 5단으로 적층함으로써 단위 면적당 통과 유량과 튜브 길이를 줄인 개발 EGR 냉각기의 경우가 EGR 가스 유량 118 kg/h에서 86% 저감되었다.

냉각수 측 압력 손실은 개발 모듈의 경우가 EGR 냉각기 하나만을 둔 기존 시스템 보다 냉각수 유량

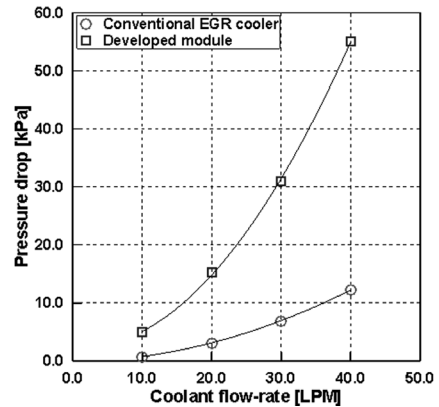


Fig. 8 Pressure drop of coolant (rig test)

30 LPM에서 218% 증가하였다(Fig. 8). 시스템 측면에서 보면 새로운 시스템은 라디에이터 내장형 ATF 냉각기를 제거하였기 때문에 라디에이터의 냉각수 측 압력 손실은 감소하게 된다.

4.2 실차 성능 실험결과

무부하 조건에서의 실차 실험에서는 100 분간 데이터를 획득하였다. 무부하 상태에서는 EURO-4 엔진을 탑재한 대상 차량의 경우, Fig. 9에 나타낸 바와 같이 초기 수 십초 간만 EGR 밸브를 열고, 그 후에는 연소 불안정 발생의 이유로 EGR 밸브가 닫힌다. EGR 밸브 개도 5% 이하는 EGR 밸브가 닫힌 상태이다.

EGR 밸브가 닫히는 무부하 조건에서는 기존 시스템에서의 EGR 냉각기의 냉각수 온도와 같이 입, 출구의 온도 차이가 거의 발생하지 않는다(Fig. 10). 개발 모듈에서의 냉각수 입, 출구 온도 차이는 무부하 상태에서는 ATF 보다 먼저 온도가 상승하는 엔진 냉각수에서 ATF로 열전달이 이루어지기 때문이다.

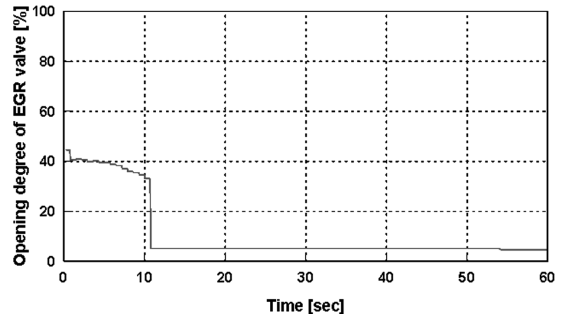


Fig. 9 Opening degree of EGR valve (idle)

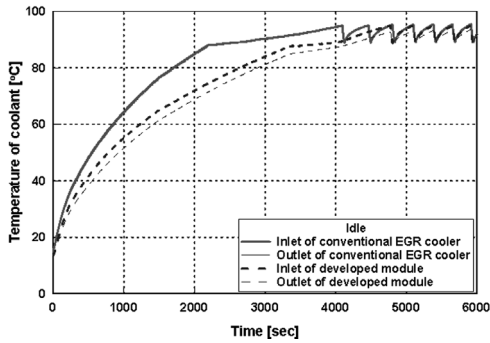


Fig. 10 Coolant temperature of test sample (idle)

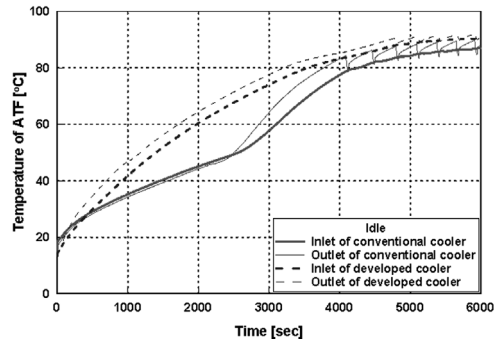


Fig. 12 ATF temperature of ATF cooler (idle)

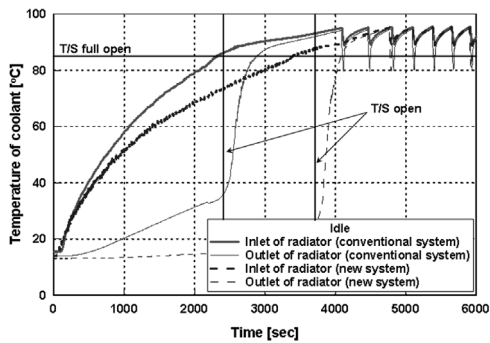


Fig. 11 Coolant temperature of radiator (idle)

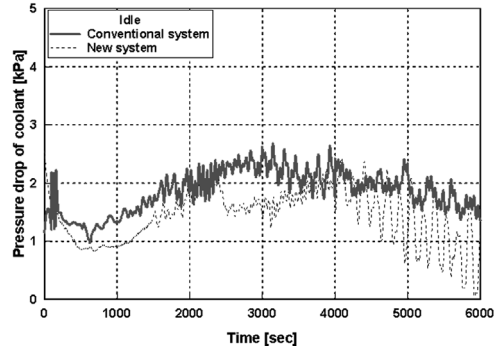


Fig. 13 Coolant pressure drop of heater core (idle)

따라서 냉각수 입구보다는 출구에서의 온도가 낮게 나타나는 것이다.

무부하 상태에서의 라디에이터 입구와 출구의 냉각수 온도 특성은 기존 시스템보다는 개발 모듈을 적용한 시스템의 경우가 냉각수의 열을 ATF 워밍업에 사용하기 때문에 수온 조절기의 개변 온도(82°C)를 기준으로 볼 경우 냉각수 워밍업이 약 19분 정도 늦어지고 있다(Fig. 11). 수온 조절기의 완전 개변 온도는 95°C이다. 기존 시스템의 경우 라디에이터로 냉각수가 순환되지 않음에도 불구하고 라디에이터 출구에서의 냉각수 온도가 상승하는 것은 ATF에서 냉각수로 열을 주기 때문이다. 따라서 라디에이터에서 ATF 냉각기를 제거하는 것은 라디에이터 헤더의 슬립화뿐만 아니라 방열 환경 여건이 개선되는 이점이 있다.

ATF 냉각기가 라디에이터에 내장된 기존 시스템보다는 항상 엔진 냉각수가 순환되는 위치에 장착한 개발 모듈 시스템의 경우가 ATF 온도가 상당히 빠르게 상승하는 특성을 보여주고 있다(Fig. 12). 개발

모듈을 장착한 시스템에서는 초기부터 엔진 냉각수에서 열을 회수하여 ATF 입구보다 출구 온도가 높은 반면 기존 시스템에서는 수온 조절기가 열려 라디에이터로 엔진 냉각수가 유입되어야만 ATF 입구보다 출구 온도가 높아지는 특성을 보이고 있다.

개발 모듈을 적용한 시스템에서 히터코어의 냉각수 측 차압(Fig. 13)이 낮게 나타나는 이유는 단품성능 실험 결과에서도 나타났듯이 개발 모듈의 경우가 냉각수 측 유로 저항이 커 시스템에서 냉각수 유량 감소로 나타났기 때문이다. 결국 동일한 워터펌프 회전수에서 개발 모듈과 히터코어로 이어지는 냉각수 라인으로의 냉각수 유량 감소만큼 라디에이터 라인으로는 증가하게 된다. 따라서 전체 냉각시스템 관점에서 유로 저항을 재설계할 필요는 있다. ATF 측 차압은 단품 실험 결과와 마찬가지로 유동 저항을 대폭 줄인 개발 모듈의 경우가 낮게 나타나고 있다(Fig. 14).

Fig. 15는 FTP-75 모드 실험 조건을 나타낸 것이다. EGR 냉각기 전, 후단에서의 EGR 가스의 온도 분포를 나타낸 Fig. 16을 보면 배기 입구 온도는 비슷한

EGR 가스 폐열회수에 의한 디젤엔진의 연비에 미치는 ATF 워밍업의 영향

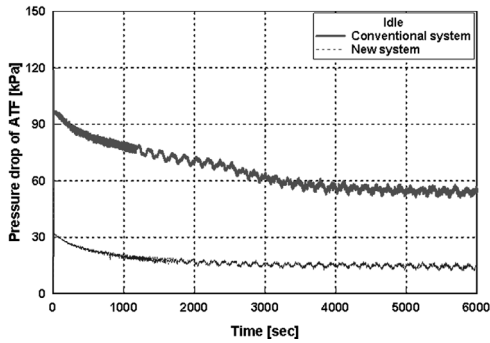


Fig. 14 ATF pressure drop of ATF cooler (idle)

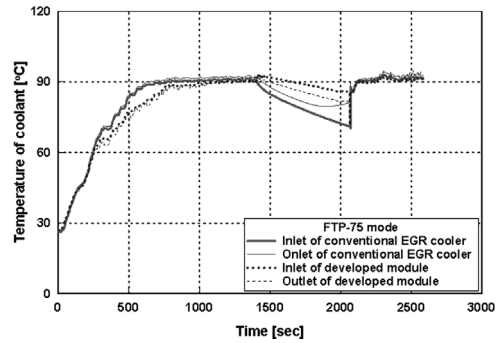


Fig. 17 Coolant temperature of test sample (FTP-75 mode)

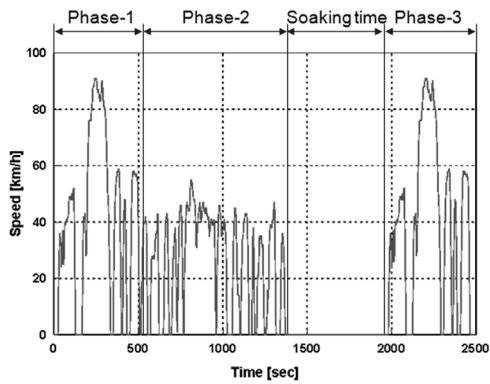


Fig. 15 Test condition (FTP-75 mode)

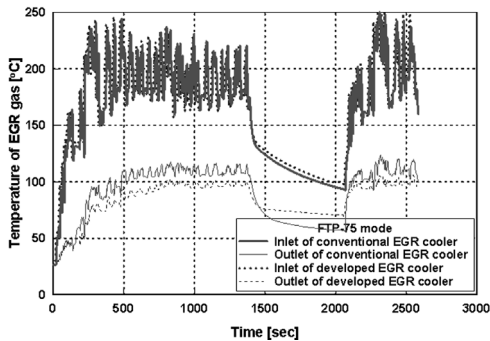


Fig. 16 EGR gas temperature of EGR cooler (FTP-75 mode)

반면 출구 온도는 개발 EGR 냉각기를 적용한 경우가 평균적으로 20°C 가량 낮게 나타나 개발 EGR 냉각기의 방열 성능이 더 우수함을 알 수 있다.

시험 샘플 전, 후단의 냉각수 온도 분포를 나타낸 Fig. 17을 보면 기존 시스템의 경우에는 입구 온도보다는 출구 온도가 높게 나타나 EGR 가스를 엔진 냉각수가 냉각시키고 있음을 알 수 있으며, 개발 모

듈을 적용한 시스템에서는 Phase-3을 제외한 구간에서는 냉각수 입구 온도가 출구 온도보다 높아 ATF로 열을 주고 있음을 알 수 있다. 라디에이터 입, 출구의 냉각수 온도 분포는 무부하 조건에서의 실험 결과와 마찬가지로 라디에이터 내장형 ATF 냉각기를 제거한 새로운 시스템에서의 라디에이터 방열 성능이 훨씬 개선되었음을 알 수 있다(Fig. 18).

ATF 온도 분포를 나타낸 Fig. 19를 보면 새로운 시스템에서는 ATF 가열기/냉각기가 ATF 온도보다 냉각수 온도가 높은 초기에는 확실한 가열기 역할을 해주고 있고, 냉각수 온도보다 ATF 온도가 상승하는 경우에는 냉각기 역할을 해주고 있다.

Table 5는 FTP-75 모드로 1회 실험한 배출가스 및 연비 특성을 나타낸 것으로 배출가스는 모두 계기로 측정된 값이고, 연비는 배출가스로 계산한 값이다. 새로운 시스템을 적용할 경우 NO_x는 25.1% 저감되었다. 이는 성능이 우수한 EGR 냉각기를 적용하여 EGR 가스의 온도가 기존보다 많이 낮아져 EGR 롤이 좋아졌기 때문이다. 연비는 새로운 시스템의

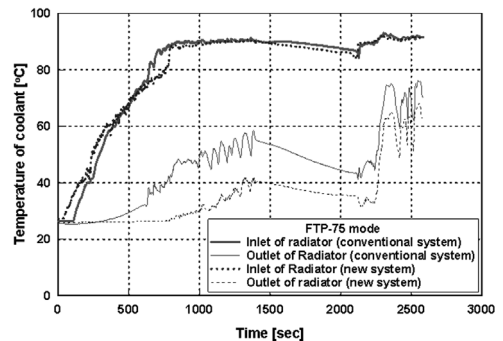


Fig. 18 Coolant temperature of radiator (FTP-75 mode)

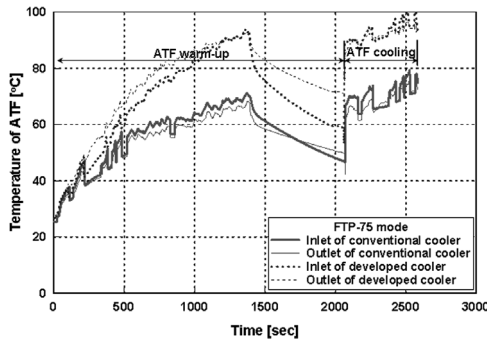


Fig. 19 ATF temperature of ATF cooler (FTP-75 mode)

Table 5 Test results at FTP-75 mode

System	NO _x (g/km)	CO ₂ (g/km)	Fuel economy (km/ℓ)
Conventional system	0.407	216.7	12.399
New system	0.305	211.2	12.7151

경우가 ATF 워밍업 효과로 2.5% 향상되었고, 이에 따라 CO₂도 2.5% 저감되었다. 점도가 높은 ATF의 빠른 워밍업으로 마찰 손실 저감에 의해 연비 향상을 가져올 수 있었다. 이는 Fig. 19에서 보여 주듯이 개발 모듈의 경우, 2,100초 까지 ATF의 워밍업 역할을 해주고 있는 반면 기존 시스템에서는 ATF의 냉각 역할을 하기 때문이다. 이러한 연비 향상 효과는 열교환기의 성능이 아니라 ATF 온도가 낮은 구간에서는 ATF 가열기 역할을 할 수 있도록 장착 위치를 변경하였기 때문이다. 연비 향상 효과는 Cold FTP 모드에서 더 커질 것으로 판단된다.

5. 결론

공랭식과 라디에이터 내장형 수냉식 ATF 냉각기 두 개를 사용하던 것을 하나의 라디에이터 외장형 ATF 가열기/냉각기로 대체하였고, EGR 냉각기는 EURO-5/6 대응을 위하여 고효율 EGR 냉각기로 대체하였다. 또한 ATF 가열기/냉각기를 EGR 냉각기와 일체화하여 엔진 냉각수 및 EGR 가스의 폐열 회수에 의한 ATF의 빠른 워밍업 효과가 배출가스 및 연비에 미치는 영향을 실험하였다. 3.0 ℓ급 EURO-4 엔진을 탑재한 승용 디젤 차량에서 실차 실험을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 새로운 시스템의 경우, 초기 냉간 시동시 엔진 냉

각수의 열을 ATF 워밍업에 사용하여 엔진 냉각수의 워밍업은 늦어졌지만 ATF의 워밍업은 상당히 빨라져 2.5%의 연비 상승효과를 가져왔다.

- 2) 기존 EURO-4 대응 EGR 냉각기보다 방열 성능이 우수한 개발 EGR 냉각기를 적용하여 EGR를 향상으로 25.1%의 NO_x 저감 효과를 가져왔다.
- 3) 기존 두 개의 ATF 냉각기를 하나의 라디에이터 외장형 ATF 가열기/냉각기로 대체하여 EGR 냉각기와 일체화함으로써 오일 라인이 짧아졌으며, 부품 수 및 이에 따른 중량 저감을 가져올 수 있게 되었다.
- 4) 공랭식과 라디에이터 내장형 ATF 냉각기의 제거로 라디에이터 방열 환경 여건의 개선을 가져와 방열 성능이 향상되었으며, 향후 라디에이터 헤더의 슬림화를 가져올 수 있게 되었다.

후 기

본 연구는 지식경제부의 지원으로 수행한 산업핵심기술개발사업의 일환으로 진행되었으며 연구를 지원하여 주신 기관에 감사드립니다.

References

- 1) H. Heo and H. Lee, "Technology Trends of Exhaust Heat Recirculation System for Power-train Fast Warm-up," Auto Journal, KSAE, Vol.32, No.5, pp.14-22, 2010.
- 2) D. Kim, M. Jung, J. Lee and K. Kim, "A Study of Improving of Efficiency of Power-train Cooling System," Annual Conference Proceedings, KSAE, pp.731-736, 2009.
- 3) N. Kawamoto, K. Naiki, T. Kawai, T. Shikida and M. Tomatsuri, "Development of New 1.8-Liter Engine for Hybrid Vehicles," SAE 2009-01-1061, 2009.
- 4) J. Kim, M. Park, Y. Choi, D. Kim, T. Chung and M. Park, "Automatic Transmission Warmer for Better Fuel Consumption," Annual Conference Proceedings, KSAE, pp.266-269, 2010.
- 5) J. Hwang, H. Heo, S. Bae, H. Lee, D. Lee, H. Kim and S. Park, "Evaluation of Thermal Flow Characteristics of Chevron Type ATF Warmer/Cooler," Annual Conference Proceedings, KSAE, pp.281-286, 2010.