

48V BSG 시스템 적용을 위한 디젤 상용차 엔진의 성능 평가

민 용 호^{*1)} · 이 경 복¹⁾ · 원 장 혁¹⁾ · 정 진 범¹⁾ · 신 동 현¹⁾ · 성 영 주²⁾ · 송 종 욱²⁾

자동차부품연구원¹⁾ · 동아전기부품²⁾

Perpormance evaluation of diesel commercial vehicle engine for 48V BSG system

Yongho Min^{*1)} · Kyoungbok Lee¹⁾ · Janghyeok Won¹⁾ · Jinbeom Jeong¹⁾ · Donghyun Shin¹⁾
Youngjoo Sung²⁾ · Jongwook Song²⁾

Korea Aautomotive Technology Institute¹⁾, Dong-Ah Electric²⁾

Abstract : 전 세계적으로 온실가스 배출 저감 요구 및 연비개선을 통한 경제성 향상 필요성이 크게 대두되어, 각 자동차 업체에서 이와 관련한 기술개발이 활발히 추진되고 있다. 승용차 1대가 하루 10분씩 공회전을 줄일 경우, 연간 94,100원, 경유차는 89,490원을 절약할 수 있으며 휘발유차는 연간 126g, 경유차는 3,600g의 대기 오염물질 배출 억제할 수 있는 것으로 알려져 있으며, 상용차의 경우 동등 혹은 그 이상의 억제효과가 있는 것으로 판단되어진다.

본 연구는 발전제어 및 회생발전을 통한 연비개선 극대화를 위한 성능 시험으로 48V BSG 장착을 위한 대한 엔진은 F170엔진으로 흡기 시스템은 저압터보와 고압터보 2개의 트윈터보가 적용되었고 초반 차량 발진 구간에서의 공기량 확보를 위해 세팅되어 있음을 시험 결과로부터 확인할 수 있었다. BSG 구동을 동력계로 모사하여 엔진 냉각수 온도에 따라 Cranking phase를 진행하여 엔진 파라미터를 수집하였고 엔진 토크, 연료 소비량, 흡입 공기량, 엔진 각부 온도/압력 그리고 Emission 데이터를 취득하였다.

Key words : ISS(Idle Stop and Start), BSG(Belt-driven Starter Generator), ISG(Integrated Starter Generator), ES(enhanced starter), DS(Direct Starter)

1. 서 론

전 세계적인 자동차 온실가스 배출규제는 자동차 파워트레인의 혁신을 요구하고 있으며, 특히 CO₂ 배출량이 큰 상용차 파워트레인의 효율성 개선을 위한 총체적이고 균형적인 접근이 필요한 시점이

다. 2021년 유럽 CO₂ 배출 규제량인 95g/km는 32%의 효율을 갖는 엔진 수준을 의미하며, 30% 이상의 엔진효율 달성을 위해서는 30% 이상의 에너지 회생 또는 에너지 사용량 절감이 필요한 상황이기 때문에, 자동차의 엔진효율 향상과 더불어 파워트레인의 전동화 및 ISS와 발전제어 등의 에너지 사용량 관리/절감기술이 요구된다.^{1,2)}

ISS 시스템은 BSG(Belt-driven starter generator), ES(Enhanced starter), DS(Direct Starter), ISG(Integrated Starter Generator) 등과 같은 다양한

* 민용호, E-mail: yhmin@katech.re.kr

방식으로 구현 가능하며, 이중에서 BSG 방식은 엔진 시동시간을 최소화시키고 장착성이 우수하며, 회생에너지에 의한 배터리 충전이 가능하여 연비개선 효과가 우수하면서도 ISG 대비 투자비용이 저렴한 장점을 지고 있다.^{3,4)}

본 연구에서는 48V BSG system을 장착을 위한 엔진을 적용성 평가를 통하여 상용차용 48V 배터리 및 전원체계의 기존 전력부족으로 입하여 도입이 어려웠던 다양한 시스템을 적용시킬 수 있는 계기가 될 것으로 예측된다.

2. 대상엔진 및 장치구성

2.1 대상 엔진

48V BSG 장착을 위한 대상 엔진은 EURO6 F170 엔진으로 E-County bus와 상용차에 사용되는 엔진이다. 엔진제어시스템과 연료분사시스템은 Denso 시스템을 사용하며 Urea dosing 시스템은 Bosch사의 것을 사용하고 있다. fig.1은 시험 엔진의 간략한 사양과 엔진 사진을 나타낸다.



Fig. 1 target engine for 48V system

2.2 시험 장치 구성

엔진 시험을 위해 관련 측정 장비를 fig.2 와 같이 구성하여 필요한 데이터를 취득하였다. 시험에 사용된 엔진 동력계는 2가지로써, Motoring이 가능한 150kW의 AC transition Dynamometer와 Braking만 가능한 580kW급 EC dynamometer이다. F170 엔진의 배기가스 분석을 위해 HORIBA사의 Gas analyzer를 사용하여 CO, CO₂, O₂, THC, NO_x, CH₄ 등을 측정하였다. 엔진 Exhaust manifold 후단과 촉매 전단 사이에 샘플링 probe를 설치하여 Engine out 배기가스를 측정하였다.

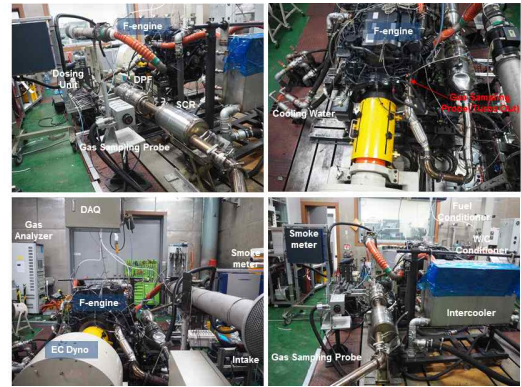


Fig.2 Configuration of measuring equipment

3. 시험 결과 및 고찰

3.1 엔진 시험 운전 조건

Full load 조건을 포함한 엔진 구동 전영역에서의 엔진 성능 파라미터를 측정하였고 운전 포인트는 fig.3에 표시하였다.

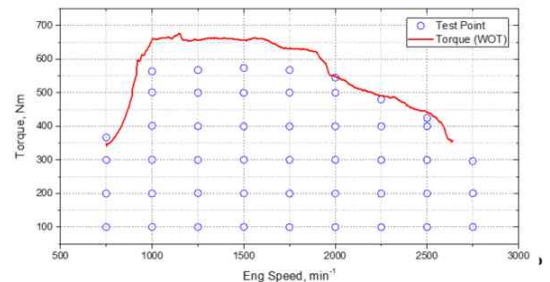


Fig.3 Engine performance evaluation driving point

3.2 F170엔진 성능 평가

Fig.4는 WOT(Wide Open Throttle) 조건에서의 엔진 성능 및 효율을 도시하였다. 1,000~1,500rpm에서 650Nm정도의 최대토크를 유지하며 그 이후에 토크가 크게 감소하는 특징을 보인다. 그에 따라 최대출력은 160~170ps를 보인다.

Idle~1,000rpm의 구동 보조가 이루어질 수 있는 구간을 붉은 점선으로 표시하였으며 해당 구간의 BSFC효율은 750rpm에서 400g/kWh 이상으로 연비효율이 상대적으로 열악한 것을 확인할 수 있다.

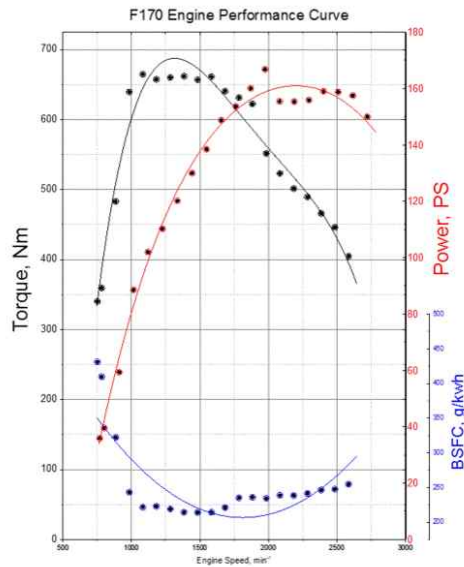


Fig.4 Full load Engine performance curve.

3.3 엔진 저항 토크 측정

Idle stop 상태에서 엔진 재시동은 엔진 벨트에 장착된 BSG의해 이루어지며 이는 엔진 분사가 시작될 때까지 여러 저항을 이겨낼 수 있는 일정 토크 이상으로 엔진 크랭크샤프트를 회전시켜야 한다. 엔진 저항 토크는 실린더 압축일에 의한 저항, 주위 온도에 따른 오일 점성에 의한 저항, 보기류의 전장 부하 저항, 기계 장치의 마찰 저항 등이 포함되며 일반적으로 낮은 온도에서는 점성 저항이 지배적으로 나타난다.

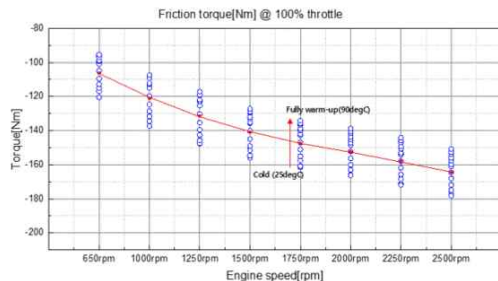


Fig. 5 Engine Resistance Torque According to Coolant Temperature

향후 BSG의 구동 및 제어에 사용할 수 있는 엔진 저항 토크를 냉각수온도(엔진오일 온도)에 따라 구성하였고 Fully warm-up 기준(90degC) -95Nm ~ -150Nm 저항토크를 보인다. Resistance torque는 25degC ~ 90degC의 엔진 냉각수 온도(엔진오일 온도)상황에서 dynamometer의 강제 motoring상황(모든 포인트에서 torque 안정화 이후 측정)에서의 토크를 측정하였다.

4. 결론

1) 본 연구는 엔진 속도 2,700rpm까지의 엔진 운전 전 구간에 대해 F170 엔진의 다양한 엔진 파라미터와 배기가스 배출량에 대한 엔진 시험을 통해 database를 구성하였다.

2) 본 연구 결과는 향후 48V BSG 개발 시제품 적용에 따른 효율 변화 분석과 최적화 구동 등에 대해 base 데이터로 활용될 예정이다.

후 기

본 연구는 한국에너지기술평가원의 “CO₂ 저감을 위한 중형 상용차 통합운전효율 향상기술 개발”의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- 1) Heerak Ahn, Ingyu Jang, Kyushik Park, " Analysis of energy storage system for 48V BSG system ," KSAE 2014-11-1333-1339.
- 2) Hanbyul Chung, Youngok Lee, Jaegoo Kim, Kyushik Park, "Development of BSG (Beltdriven Starter Generator) System, Mando Global R&D Center, 2013
- 3) Tamai, G., Jeffers, M. a., Thurston, C. Lo C., Tarnowsky , s., Poulos, s., "Developemnet of the Hybrid System for the Sature Vue Hybrid," SAE 2006-01-1502,2006
- 4) Cluett, I., "Application of Low-Cost Belt Starter_Generator Hybrid Technology in Emerging Markets," SAE 2007-26-059,2007