

중속 디젤 엔진의 2단 과급 시스템 적용 연구

김기현^{*1)} · 김기두¹⁾ · 김병석¹⁾
현대중공업¹⁾

Application of two-stage turbocharging system in medium speed diesel engines

Kihyun Kim^{*1)} · Kidoo Kim¹⁾ · Byungseok Kim¹⁾

^{*1)} Engine Research Department, Hyundai Heavy Industry, 1000 bangeojinsunhwan-doro, Dong-gu, Ulsan, Korea

Abstract : Application of two-stage turbocharging system recently has been increased to reduce engine fuel consumption and nitric oxides emissions in medium speed diesel engines. Improved turbocharging efficiency with two-stage turbocharging system could build higher intake pressure compared with one-stage turbocharging system. Higher intake pressure enable stronger Miller cycle and reduced valve overlap duration which led to improved engine thermal efficiency. In this study, the effect of two-stage turbocharging with Miller cycle on engine performance was investigated using 1-D engine simulation code. Optimized pressure ratio between low pressure TC (turbocharger) and high pressure TC was calculated to achieve high turbocharging efficiency. Fuel consumption and nitric oxides emissions were improved with stronger miller cycle by earlier intake valve closing. These were attributed to the decreased effective compression ratio. Decreased valve overlap duration also resulted in the reduced fuel consumption due to the decreased pumping loss.

Key words : Two-stage turbocharging(2단 과급), Miller cycle(밀러 사이클), Valve overlap duration(밸브 오버랩 구간), Intake valve closing(흡기 밸브 닫힘)

1. 서 론

중속 디젤 엔진은 고 압축비와 희박 연소 등에 의하여 높은 열효율을 내는 동력기관으로 각광받고 있다.¹⁾ 최근에는, 2단 과급 시스템과 강화된 밀러 사이클을 함께 적용하여 연비와 질소 산화물 배출물을 더욱 줄이고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다.²⁾ 2단 과급 엔진은 기존의 1단 과급 엔진에 비해 향상된 과급 효율에 따라 더 높은 과급 압력을 얻을 수 있고 흡기 밸브 닫힘 시기를 전각 시킴으로써 더 강화된 밀러 사이클을 적용할 수 있다.

본 연구에서는, 2단 과급 시스템 적용에 따른 효과를 검증하기 위해 1차원 엔진 해석 프로그램을 사용하여, 저압 터보차저와 고압 터보차저 간

압력비에 따른 전체 과급 효율에 대해 분석하였다. 최적의 압력비 조건에서 흡기 밸브 닫힘 시기와 밸브 오버랩 기간을 변수로 하여, 밸브 타이밍이 연비 및 엔진 성능에 미치는 영향에 대해 연구하였다.

2. 본 론

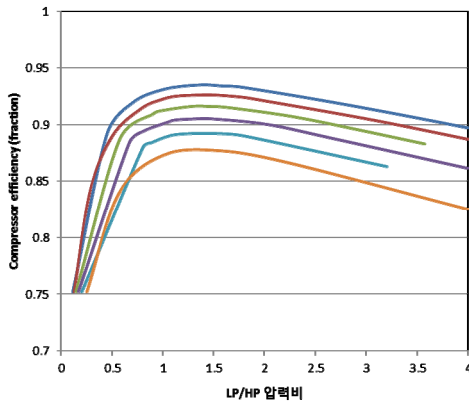


Fig. 1 Total turbocharger efficiency according to the compression ratio between LP(low pressure) T/C and HP(high pressure) T/C

2단 과급 엔진은 저압 터보차저와 고압 터보차저로 구성되어 있는데, 저압 터보차저 후단에 인터쿨러, 고압 터보차저 후단에 에어 쿨러가 모델링 되어 있다.

외부의 공기가 저압 터보차저를 통해 1차 과급된 후, 가열된 공기의 밀도를 낮추기 위하여 인터쿨러에서 1차 냉각한다. 인터쿨러에서 냉각된 공기는 고압 터보차저를 통해 2차 과급되며, 과급된 공기의 밀도를 낮추기 위해 에어쿨러에서 2차 냉각한다. 이 때, 각 터보차저에서의 압력비에 따라 전체 과급 시스템의 효율이 결정된다.

Fig. 1은 저압 터보차저(LP T/C)와 고압 터보차저(HP T/C) 간 압력비 비율에 따른 전체 과급 시스템의 효율 특성을 나타내고 있으며 두 터보차저 간 압력비 비율이 1~1.5 인 영역에서 가장 높은 전체 과급 효율이 발생하는 것을 확인 할 수 있다.

Fig. 1로부터 계산된 과급 효율을 대입한 T/C를 적용하여, 밀러사이클에 따른 연비 및 엔진 성능 특성에 대해 분석하였다.

흡기 밸브 닫힘 시기의 진각에 따라 유효 압축비가 줄어들어 연비 및 질소산화물 배출물의 개선 효과가 나타났다. 터보차저의 허용 가능 압력비 범위내에서, 흡기 밸브 닫힘 시기를 최대한 진각할 수록 연비를 개선할 수 있었다.

밸브 오버랩 기간이 감소함에 따라 오버랩 기간 동안에 펌핑 손실이 줄어들어 연비가 개선되었다. 흡기 밸브 닫힘 시기 및 밸브 오버랩 기간 최적화를 통하여, 기존 1단 과급 엔진 대비 연비 3%, 질소 산화물 7% 저감할 수 있었다.

3. 결 론

중속 디젤 엔진에서 1차원 엔진 해석 프로그램을 사용하여 2단 과급 시스템 및 밀러사이클에 따른 연비 및 엔진 성능 특성에 대해 연구를 수행하여, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 저압 및 고압 터보차저의 압력비에 따른 전체 과급 효율을 계산하고 최적의 압력비를 도출하였다.
- 2) 밀러 사이클 적용에 따라 흡기 밸브 닫힘 시기와 밸브 오버랩 기간에 따른 엔진 성능을 분석하였다. 유효 압축비 감소 및 펌핑 손실 저감을 통하여 연비와 질소 산화물 저감이 가능하였다.

References

- 1) Binder K, Schwarz V. Present and future of heavy duty engines strategies for compliance to the emission legislation. In: Thermo- and fluid dynamic processes in Diesel engines 2: selected papers from the THIESEL 2002 conference, Valencia, Spain. Springer-Verlag. ISBN 3-540-20187-4. p. 19-28.
- 2) Saulnier S, Guilain S. Computational study of diesel engine downsizing using two-stage turbocharging. In: SAE Technical Paper 2004-01-0929; 2004