

가변 흡·배기시스템에 의한 과급디젤기관의 체적효율 향상에 관한 연구 A Study on the Volumetric Efficiency Improvement by Variable Induction & Exhaust System in a Turbocharged Diesel Engine

강희영 · 고대권

H. Y. Kang and D. K. Koh

Key Words : Turbocharger(과급기), Intercooler(공기 냉각기), Volumetric Efficiency(체적효율), Combined Supercharging(병합 과급), Helmholtz Resonator(헬름홀츠 공진기), VIS(가변 흡기시스템), Long Term Period(장주기 요소), Pulsating Effect(맥동 효과)

Abstract : In this study, a variable induction and exhaust system is applied to turbocharged diesel engine to improve the volumetric efficiency, especially, in a low and transient engine speed range where much of the pollutant matters are expelled out. The volumetric efficiency is known as one of the most important factor which affects significantly engine performance, fuel economy and further emission and noise level. As the torque increase with the engine speed up, the gas flow in an exhaust pipe become pulsating and then has an effect on boost up capacity of air charging into the cylinder and expelling capacity to atmosphere simultaneously. But at a low and idling speed, the pulsation effect was not so significant. Accordingly, resonator was employed to compensate their loss. The variable induction system consists of the secondary pipe, resonator, intercooler, and torque variance were examined with extended operating conditions. In the mean time, for interpretation and well understanding for the phenomena of wave action that arising during intake and exhaust process between turbocharger and variable intake system, the concept of the combined supercharging was introduced. Some of results are depicted which deal with a pressure history during valve events of induction process. Consequently, by the governing of these phase and amplitude of pulsating wave, it enables us to estimate and evaluate for the intake system performance and also, designing stage of the system layout.

1. 서 론

심각한 대기오염으로부터 환경을 보호하고, 자동차 방출 배기가스에 대한 법적 규제에 대응하며 또한 고유가로 인한 연료비를 절감하기 위하여 최근 국내에서도 높은 비출력, 오염물 방출 수준 및 연비를 향상시키기 위하여 배기가스 구동 터보과급기를 장착한 자동차들이 생산되고 있다. 이러한 과급기로는 단순 과급기, 웨이스트게이트 밸브(wastegate-valve) 부착 과급기¹⁾ 또는 가변형상 과급기(VGT)²⁾ 등을 채용하고 있다. 그럼에도 불구하고 디젤엔진의 일부 저속 운전 구간 또는 급가속시 같은 과도기에

많은 공해물질들이 엔진으로부터 대기로 방출되고 있어서 이에 대한 연구가 절실하다.

과급시 문제는 급기 온도 상승으로 가능한 한 흡입 공기 온도를 낮게 유지하여 밀도를 높임으로서 실린더 안으로 충전되는 공기의 무게를 최대로 취할 수 있으며, 가솔린 불꽃 점화기관의 경우, 초기온도가 높으면 높을수록 데토네이션(detonation) 또는 조기착화(pre-ignition)의 경향이 더욱 커진다. 반면에 디젤기관은 전체 사이클을 통하여 불 때 온도의 범위는 초기온도의 함수이다. 따라서 초기온도가 높으면 높을수록 벽면으로의 직접적인 열손실과 열해리에 의해서 열손실은 더욱 더 커진다. 즉 체적효율 뿐만 아니라 열효율도 공기 온도가 올라감에 따라 나빠진다. 공기냉각기로 급기온도를 낮추어 실린더내의 공기 밀도가 높아지면 높아질수록 착화 지연 기간은 더욱 더 짧아지고 따라서 연소과정은 더욱 부드러워

접수일 : 2007년 6월 29일, 채택확정 : 2008년 1월 4일
고대권(책임저자) : 부경대학교 기계공학부
E-mail : dkkoh@pknu.ac.kr, Tel : 051-620-1582
강희영 : 부경대학교 기계공학부

지고 제어가 잘되며 완전연소를 가능하게 한다.³⁾

체적효율이란 한 사이클 동안 실린더 안에 실제로 공급된 공기의 체적을 흡기 상태로 행정 용적을 채웠을 때의 공기 체적으로 나눈 것으로 정의하며 이것은 일반적으로 이론 공연비 조건에서 엔진성능, 토크특성 및 오염물 방출 수준에 커다란 영향을 미치며, BHP는 체적효율에 비례한다.^{4),5)} 체적효율은 급기방식에 따라 크게 달라지는데, 이것을 자연급기와 과급기를 통한 과급으로 구분할 수 있다. 어느 것을 채용하든 흡·배기시스템의 가스 유동 특성은 관 내부에 파의 형성과 맥동이 연속적으로 시스템에 전파되며 이것이 평균 공기 유동률에 영향을 주어 결국 체적효율에 지대한 영향을 준다.

터빈의 유동 특성은 비정상 유동이다. 매 사이클마다 배기밸브가 열리면서 고온 고압의 분출 에너지가 배기관으로 밀려들면서 배기관 안은 격렬한 압력 맥동을 수반한다. 이러한 맥동을 잘 이용하여 배기관을 신중하게 배치하면 터빈 효율 개선과 배기관 배압을 낮출 수가 있다.³⁾ 1925년 스위스 기술자 Alfred Büchi는 압력과 과정(pressure wave process)을 이용하는 배기가스 구동 터보 과급기를 처음으로 특허출원(Swiss patent, DRP No. 568855)하였다. 이것은 배기 매니폴드 배치를 다소 상대적으로 작은 단면적을 가진 관으로 나누어 최소 폭발 간격(minimum firing intervals)을 갖는 실린더만이 같은 관을 통해서 배기된다. 이 효과는, 첫째, 배기 분출(blow-down) 초기의 압력맥동이 실린더와 배기관 사이의 교축 손실을 줄인다. 그래서 그와 같은 평균값의 일정 압력을 얻을 수 있는 것 이상으로 배기터빈에서 이용 가능한 에너지를 증가시킬 수 있다. 둘째, 압력골(trough)은 소기 기간 동안에만 발생하는데 이것이 잔류가스를 밀어내고 신기로 실린더를 채우는 기능을 이용하는 것이다.⁶⁾

배기가스에 의해 구동되는 과급기의 동력 전달특성은 터빈 회전운동의 맥동에 의하여 동시에 동축상에 연결된 블로워(blower)의 압축공기의 토출유량도 맥동하게 하고, 흡기 행정에도 직접적으로 영향을 미친다. 결국 충전효율에 지대한 영향을 준다. 이러한 맥동의 물리적 특성은 크게 피스톤의 회전 속도와 관 길이, 흡·배기밸브의 개폐시기, 흡·배기시스템의 형상 그리고 배기관의 단열상태에 크게 좌우된다.⁷⁾ 일반적으로 흡기시스템 내부의 유동을 선형으로 가정하지만 배기시스템의 유동은 엔트로피 불연속에 의한 분명한 비선형으로서 토크 증가시 가스의 유량

증가로 인하여 아주 극적인 맥동으로 변한다. 한편, 가변 흡·배기시스템에 과급기를 장착하는 경우, 그 매칭이 미치는 영향에 대하여 Ohata는 고속 회전영역은 1차 흡기관에 의한 단주기 요소에, 저속 회전영역은 2차 흡기관과 1차 흡기관에 의한 장주기 요소에 의하여 체적효율이 영향을 받으며,^{7),8)} 또한 헬름홀츠 공진기를 부착하여 스프링-질량계를 구성하면, 공진 회전수가 낮아지고 그 자유도 수만큼 공진 피크를 갖는 것으로 알려져 있다.^{9),10)} 특히 잦은 과도기 조건에서 운전되는 자동차의 터보 과급기는 단순히 장착하기만 하면 성능 향상이 이루어지는 것이 아닌 매우 복잡한 문제로서, 이에 관한 매칭 기술은 엔진 설계자에게는 매우 어려운 과제이나 아쉽게도 국내에서는 이 분야에 대한 괄목할 만한 기초 연구 결과가 그렇게 많지 않다.¹¹⁾

따라서 본 연구의 목적은 과급디젤엔진의 저속 운전영역에서의 체적효율을 향상시키는 것에 집중하며 그 방법으로는 공진기와 공기 냉각기가 장착된 가변 흡·배기시스템을 이용하여 흡·배기시스템의 맥동류가 체적효율에 미치는 영향에 대하여 조사한다.¹²⁾

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

Fig. 1은 본 실험장치의 개략도이다. Table 1에 실험에 사용된 엔진의 규격을 나타내었다. 엔진의 형식은 3기통 직분식 디젤엔진이다. 배기시스템은 배기매니폴드, 과급기, 소음기 그리고 배기서지탱크로 구성되어 있다. 배기매니폴드는 엔진블록에 직결되어 있다. 과급기의 규격을 Table 2에 표시하였다.

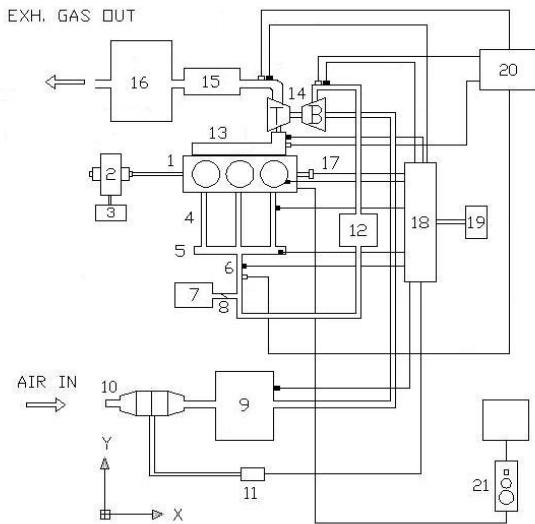
흡기시스템은 층류유량계, 흡기서지탱크를 지나서 과급기의 블로워 입구와 연결되고 블로워 출구에서 공기냉각기, 2차 흡기관, 플리넘, 그리고 1차 흡기관을 통해서 실린더로 들어간다. 흡기관의 제원은 Table 3과 같다.

배기압력 맥동을 측정하기 위해서 터보과급기 입·출구에 피에조 저항식 저압 압력센서와 열전대(PT100 Ω)를 부착하였다. 흡기압력 맥동측정은 2차 흡기관, 플리넘, 그리고 1차 흡기관에 압력센서와 열전대를 부착하여 흡입공기의 압력과 온도 변화를 측정하였다. 동력계는 와전류식 동력계(흡수동력 132kW)를 사용했다. 데이터 획득은 LabVIEW를 사용하였다.

2.2 실험방법

실험 조건은 무 부하 운전의 경우, 엔진 회전속도범위는 1000rpm에서 2500rpm까지 100rpm 씩 증가시켰다. 공기 냉각의 유무, 공진기 개폐조건 그리고 2차 흡기관의 길이 변화에 따라서 수행했다. 또한 부하 운전 조건은 엔진 회전속도 1300, 1600, 1900, 2200, 2500rpm, 토크는 각각 7.46, 36.9, 56.5N-m의 부하에 대하여 그 때의 각 부분의 온도와 압력을 측정하였다.

Table 4에 Fig.에 사용된 약성어를 나타냈다.



- 1. Diesel Engine
 - 2. Dynamometer
 - 3. Dynamometer controller
 - 4. Primary pipes
 - 5. Plenum(Manifold)
 - 6. Secondary pipe
 - 7. Resonator
 - 8. Controller
 - 9. Intake surge tank
 - 10. Laminar flow meter
 - 11. Diff. transmitter for flow meter
 - 12. Inter-cooler
 - 13. Exhaust manifold
 - 14. Exhaust Gas Turbo charger
 - 15. Silencer
 - 16. Exhaust surge tank
 - 17. Rotary encoder
 - 18. Terminal block
 - 19. DAQ(PXI) system
 - 20. Digital Thermometer
 - 21. Flow meter for F.O.
- : Pressure transducer □ : Thermo-couple

Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

Table 1 specification of test engine

Item Description	Specification
Type	4 stroke DI
Swept volume(cm ³)	2591
Bore × Stroke	∅100 ×110mm
Charging method	Turbocharged with intercooled
Number of cylinder	3
Power	35kW(at 2600rpm)
Compression ratio	17.6
Valve Timing	EVO 133 deg / EVC 375 deg IVO 345 deg / IVC 576 deg

Table 2 specification of Turbocharger

Turbo model	TD03L-06G (Mitsubishi)
Turbine area	4.0cm ²
Matching parts	4.8cm ²
Blower rpm	205,000rpm

Table 3 Dimension of intake system

Item	Diameter(mm)	Length(mm)
Resonator: 2460 cm ³	48	440
Inlet of T/C blower	59	1700
Secondary pipe	59	360 + 410 360 + 890
Primary pipe	39	354
Plenum: 2060 cm ³	97	280
Exhaust pipe	39	300

Table 4 Legend of intake system

Item	Acronym
Non Air Cooling	NAC
Air Cooling	AC
Secondary Long pipe	L
Secondary Shot Pipe	S
Resonator Shut	S
Resonator Open	O
With torque 36.9N-m	T3
With torque 56.5N-m	T5

3. 실험결과 및 고찰

체적효율에 영향을 주는 요소로서, 2차 흡기관의 길이 변화, 공진기의 개폐, 공기 냉각의 유무, 토크 변화를 고려하였다. 위 조건에 1000rpm에서 2600rpm 사이의 엔진 회전속도와와의 조합에 따른 과급 디젤엔진의 체적효율 변화를 종합적으로 Fig. 2에 나타내었다. 공회전속도 구간인 1000rpm 부근에서 공기 냉각기, 단관 및 공진기의 영향(AC S Open)으로 무냉각 장관 공진기 닫힘 조건(NAC L shut) 보다 체적효율이 약 6.3% 향상되었다. 그러나 과급을 하더라도 저 속도 영역에서는 체적효율이 낮은 것을 알 수 있다.

1100~1600rpm 구간에서는 체적효율에 큰 변화가 없다. 이것은 비록 과급엔진이긴 하지만 부하가 작아서 터빈을 가속시키기에는 배기가스 유량이 불충분하여, 저속도 구간에서는 흡기매동류와 공진기에 의한 영향을 받는 것으로 생각된다.

엔진 회전속도가 증가할 때, 토크를 증가시키면 체

적효율은 선형적으로 증가하였다. 이것은 회전속도 증가와 토크의 증가에 의하여 전체 배기가스 에너지의 증가가 터빈 회전수의 상승과 블로워의 압축력 증대로 변환되기 때문이다. 2300rpm 이상, 토크 36.9 N·m 이상에서 체적효율이 100%를 넘었다.

무 부하운전 조건(7.46N·m)에서는 체적효율 곡선에 굴곡이 있음을 볼 수 있다.

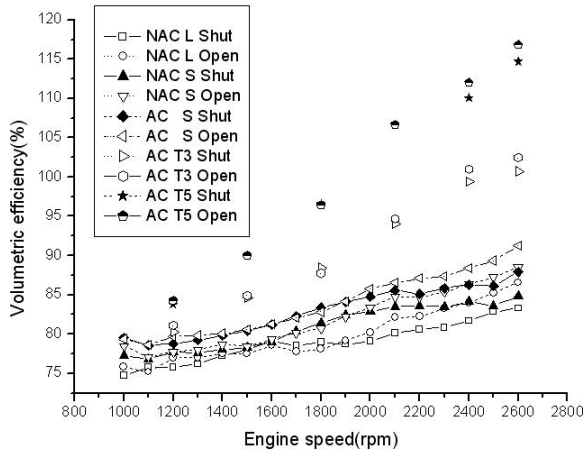


Fig. 2 Variation of measured volumetric efficiency with engine speed and variance of 2nd. pipe length, air cooling, resonator and torque

3.1 2차 흡기관에 의한 체적효율 변화

Fig. 3은 2차 흡기관 길이 변화에 따른 엔진 회전속도 1000rpm에서 2600rpm 구간에서 체적효율 변화를 나타내고 있다. 길이 360mm인 2차 흡기관에 장관(L) 890mm와 단관(S) 410mm를 확장 연결하였다. 공진기는 단혀있고, 공기 무 냉각, 토크는 7.46N·m을 부가하였으며 과급 조건이다.

체적효율은 단관이 장관보다 좋았다. 장, 단관에서 체적효율 최대 피크는 2600rpm에서 나타나고 있다. 운전 구간별 체적효율 특성을 살펴보면 장관은 1000rpm에서 74.7%로 가장 낮았고 2600rpm에서 83.3%로 가장 높았다. 1100, 1600 그리고 2600rpm에서 체적효율 피크를 나타내지만 1700, 1900rpm 구간에서는 처짐을 알 수 있다.

단관의 경우는 1100rpm에서 가장 낮고, 공회전 구간인 1000rpm 부근에서 체적효율 곡선이 상승하는 것을 볼 수 있다. 2차 흡기관 길이 변화에 따른 체적효율 향상 가능성을 보여주고 있다. 체적효율 피크 공진회전수는 1000rpm 이하, 2100, 2600rpm에서 나타나고 있으며 1200rpm도 피크로 볼 수 있다. 따라서 2차 흡기관을 단관보다 더 짧게 하면 1000rpm 부

근에서 체적효율은 더욱 향상될 것으로 보인다. 1200rpm에서 완만하게 상승하다가 1600~2200rpm까지는 선형적으로 증가한다. 1600rpm을 제외한 정격 2600 rpm 이하의 영역에서 단관이 우세하다. 이렇게 체적효율이 선형적으로 증가하지 않는 이유는 흡기관 길이 변화에 의한 맥동압력과의 영향을 받아 흡기관 내부의 공기 유동율이 변화하기 때문이다.

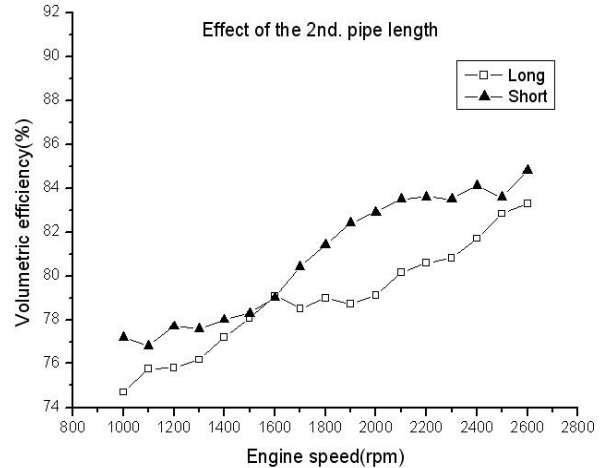


Fig. 3 Variation of measured volumetric efficiency with engine speed and 2nd. pipe variance

3.2 공진기에 의한 영향

공진기의 부착은 기존 흡기시스템에 기주의 진동을 부가하는 것으로서 공진 주파수를 낮추어 체적효율에 영향을 준다. Fig. 4는 장, 단관 및 공진기 개폐 조건에서 전 회전 속도영역의 체적효율 변화를 보여준다.

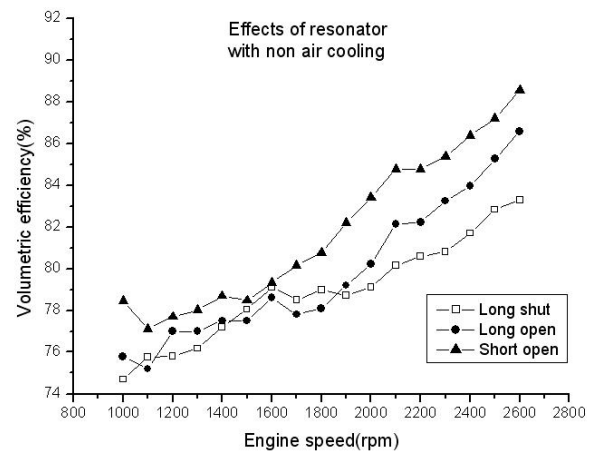


Fig. 4 Variation of measured volumetric efficiency with engine speed and 2nd. pipe variance coupled to resonator

1000rpm 부근에서 체적효율의 크기는 단관 열림>장관 열림>장관 닫힘 순서이다. (1100rpm을 제외한 모든 영역에서) 1100rpm 장관, 닫힘 조건에서 체적효율은 약 76%정도이다. 이와 같은 효율을 저속 회전 구간인 1000rpm 장관 열림 조건에서 얻을 수 있음을 알 수 있다. 이것은 공진기를 통과한 급기의 맥동이 더욱 낮은 주파수대역에서 공진을 일으켜 또 다른 피크가 형성되기 때문이다. 즉 효율은 같아지면서도 엔진 회전속도는 더욱 낮은 영역에서 얻을 수 있어서 저속 엔진성능 향상을 기대할 수 있다. 중속 회전 구간인 2000rpm 부근에서의 체적효율은 단관 열림>장관 열림>장관 닫힘 순서이다. 단관 열림 : 장관 닫힘의 차이는 84 : 79 이다. 2600rpm 부근에서는 단관 열림과 장관 열림 모두 급격히 증가하고 있다. 공진기를 열었을 때 저속, 중속 그리고 고속 모든 구간에서 체적 효율이 향상되었다. 1600rpm은 비슷하였다.

3.3 공기 냉각기에 의한 영향

Fig. 5는 공기 냉각기를 장착함으로써 체적효율이 뚜렷이 향상되었음을 볼 수 있다. 1000rpm 부근의 체적효율은 단관 열림 과 단관 닫힘이 비슷하며, 1800 rpm에서는 단관 닫힘이 약간 우세하지만 고속이 되면 단관 열림이 우세해진다. 1600rpm이상에서 공기 냉각에 의한 체적효율에 미치는 영향은 더욱 커진다. 최고는 91%로 2600rpm에서 나타나고 있다. 공기 냉각기의 영향은 급기 온도 하강에 의한 밀도 증가로 공기 무게가 증가함으로써 체적효율이 상승한다. 또한 체적효율 곡선상에 피크 값이 그렇게 크지 않은 이유는 공기 냉각기의 층류 유동 효과(flow laminar effect)로 공진 효과가 감소하였음을 알 수 있다.¹³⁾

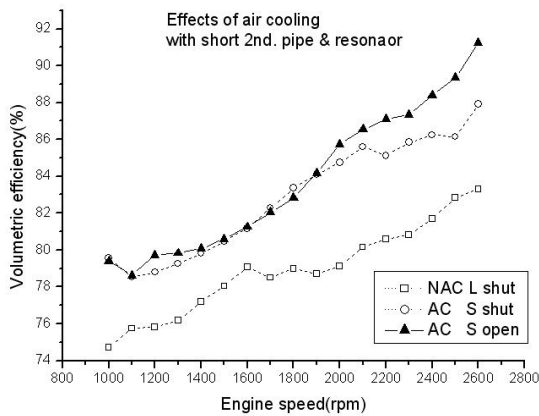


Fig. 5 Variation of measured volumetric efficiency with engine speed and air cooling, short 2nd. pipe variance coupled to resonator

3.4 토크에 의한 영향

Fig. 6은 공기 냉각 유무, 공진기의 개폐 그리고 토크에 의한 체적효율 향상을 보여주고 있다. T3은 torque 36.9N-m를 T5는 torque 56.5N-m를 나타낸다. 토크 증가에 따라서 체적효율은 비약적으로 증가함을 보여주고 있다. T3는 80~103%, T5는 84~117% 까지 증가한다.

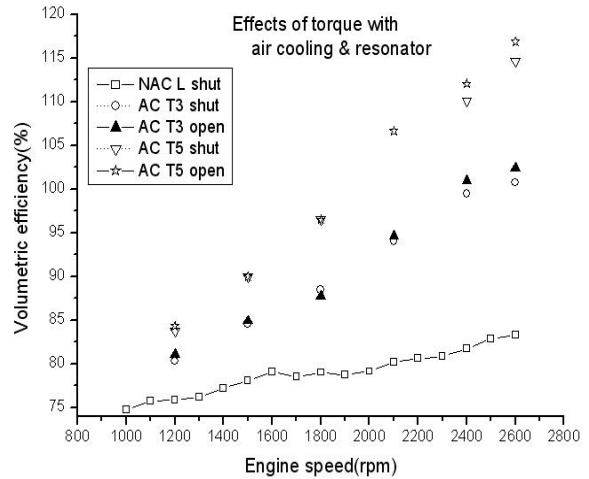


Fig. 6 Variation of measured volumetric efficiency with engine speed and torque, air cooling and short 2nd. pipe coupled to resonator

3.5 흡기 맥동류의 영향 및 평가

Fig. 7은 1차 흡기관 안의 흡기 맥동류의 시간에 대한 압력 변동을 나타낸 그림으로서 생성과 소멸 과정을 보여준다. Fig. 7은 흡기 밸브가 열려있는 기간 동안 무 냉각 장관 닫힘 조건과 냉각 단관 열림 조건을 비교한 그림이다. 두 조건에서 흡기 맥동류는 흡기 밸브가 열린 후 약간의 지연을 갖고 압력강하를 시작한다. 그러나 압력 강하를 지나면서 서로 위상이 달라진다.

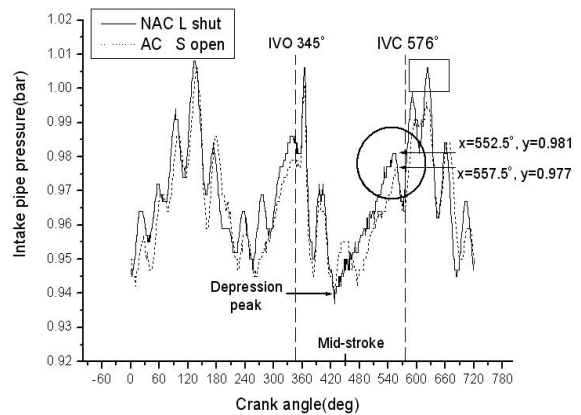


Fig. 7 Comparison of intake pulsating flow between NAC L shut vs. AC S open in intake pipe at 1000rpm

원으로 표시된 부분의 흡기 밸브가 닫히기 직전의 압력파에 대한 해석과 평가는 과동의 지연으로 위상 불일치를 보여주고 있으며, 한편 진폭은 피크 값이 대기압 이하를 가리키고 있다. 이것은 급기 부족을 의미한다. 네모 부분은 최대 피크의 위상 지연을 가리킨다. 따라서 흡기 밸브가 닫히기 직전에 최대 피크가 오게 하려면 2차 흡기관 길이를 더욱 짧게 해야 한다.

3.6 배기 맥동류의 영향 및 평가

Fig. 8은 엔진회전속도 1200rpm에서 배기 매니폴드 안의 배기 맥동류의 시간에 대한 압력 맥동을 나타내고 있다. 비교의 대상은 공기 냉각 단관 열림, 공기 냉각 토크 36.9N·m 그리고 공기 냉각 토크 56.5N·m이다.

본 실험에 사용된 배기매니폴드는 엔진 블록과 배기매니폴드 사이에 연락관(1차 연결관)이 없는 직결 구조이다. 그 결과 기통 간 간섭에 의한 영향으로 각 실린더의 배기압력 변화는 서로 비슷한 경향을 갖는다. 배기가스 배출 특성은 극적인 압력 맥동으로 표현되며, 두 개의 피크와 압력강하에 의한 심한 처짐을 뚜렷하게 나타낸다. 이는 배기 분출과 압출로 구분한다. 배기 분출 에너지의 피크 압력은 토크가 증가할수록 커짐을 볼 수 있다. 반면에 압출 에너지는 토크가 작은 것이 더 크다. 이러한 원인은 실린더로부터 배기관으로 배출되는 가스는 높은 압력과 열을 가지고 있기 때문에(배기 분출) 배기관으로 들어가자마자 엔트로피 불연속에 의한 부분적인 반사를 겪는다. 즉 일부는 관 끝으로 진행하고 일부는 실린더 쪽으로 역류한다. 그러다가 다시 피스톤의 상승에

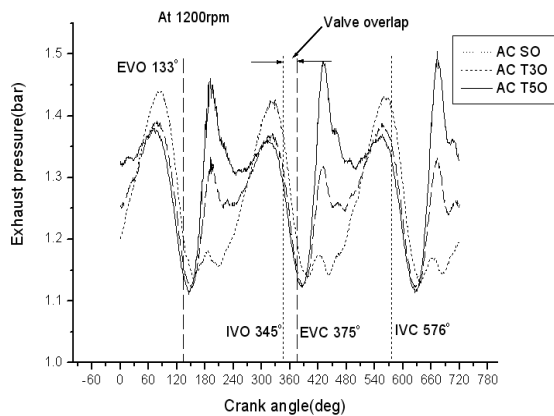


Fig. 8 Comparison of the exhaust pressure of ACSO, ACT30, ACT50 during exhaust process

의하여 압출되기 때문이다. AC SO의 피크는 3 개중에서 제일 작다. 따라서 터빈을 유효하게 회전시키지는 못하는 것 같다. 그러한 원인은 배기가스가 실린더로부터 배기공을 통하여 배기매니폴드로 유입될 때 배기가스는 급격한 면적 증가로 압력이 떨어지기 때문이다. 이에 대한 해결 방법은 터빈 입구까지 독립된 배기연락관이 설치되어야 함을 알 수 있다.

밸브 오버랩 기간의 파형은 약 1.3에서 1.1 bar로 낮아지고 있다. 이 기간에 배기가스의 압력이 흡기압력 보다 높으면 배기가스 역류에 의한 소기 장애와 체적효율 저하를 가져올 수 있다. 배기 맥동압력의 골의 위상이 30도 정도 지연되고 있다. 골이 오버랩 기간에 오게 하려면 관 길이를 좀 더 짧게 하거나 밸브 타이밍을 늦추는 방법을 택할 수 있다.

4. 결 론

가변 흡기시스템을 이용한 과급 디젤엔진의 저속 운전영역에서의 체적효율 향상에 대한 연구 결과를 요약하면 아래와 같다.

- 1) 1000rpm 부근에서 체적효율이 2차 흡기관 길이의 변화에 의하여 영향을 받는 것은 저속운전 영역에서는 과급기의 효과가 미약한 것을 알 수 있었다. 또한 공회전 속도 구간인 1000rpm 부근에서 단관, 공기 냉각기 및 공진기로 구성된 가변흡기시스템에 의하여 체적효율이 약 6.3% 향상된 것은, 공진기 부가에 의하여 더욱 낮은 주파수대역에 공진에 의한 체적효율 피크가 존재함으로써, 과급엔진의 저속구간의 경우에 흡기맥동류와 공진기에 의한 파동효과가 있음을 알 수 있었다.
- 2) 엔진 회전속도와 토크를 함께 증가시키면 체적효율이 선형적으로 증가하는 것은 배기에너지 증가에 의한 터빈의 압축력 증대에 기인한 것으로 보인다.
- 3) 공기 냉각기에 의하여 체적효율이 향상되었다. 고속이 되면 단관이 우세해지고, 1600rpm이상에서 공기 냉각을 하면 체적효율이 더욱 증가하는 것은 급기가 공기 냉각기의 튜브를 통과 할 때 층류 유동 효과에 의해서 공진 효과는 감소하고 배기에너지 증가에 의한 터빈의 압축력 증대가 더욱 크게 작용하는 것으로 생각된다.
- 4) 과급을 하더라도 체적효율은 BDC 부근의 흡기압력파의 위상과 진폭에 영향을 받는다.

위 결론으로 부터 2차 흡기관, 공기 냉각기 및 공진기의 적절한 조합에 의하여 흡기밸브가 닫히기 직전에 최대 피크가 오도록 흡기압력을 제어하고 이를 토대로 흡입 공기량에 비례하는 최적 전자연료분사 제어가 이루어지면 디젤엔진의 저속 과도기 운전구간의 체적효율 향상을 실현하고 동시에 획기적인 배기오염물 배출 수준 개선이 가능할 것으로 사료된다.

후 기

본 논문은 2006학년도 부경대학교 기성회 학술연구비에 의하여 연구되었음.(PK-2006-059)

참고 문헌

1. M. Capobianco, A. Gambarotta and G. Cipolla, 1990, "Effect of inlet pulsating pressure characteristics on turbine performance of an automotive waste-gated turbocharger," SAE Paper, 900359.
2. M. Capobianco and A. Gambarotta, 1992, "Variable geometry and waste-gated automotive turbochargers: measurements and comparison of turbine performance," Transactions of the ASME, Journal of Engineering for Gas turbines and Power, Vol. 114, pp. 553~560.
3. Sir Harry R. Ricardo and J. G. G. Hempson, 1968, "The High-Speed Internal-Combustion Engine," Blackie & Son limited, 5/E. London and Glasgow, pp. 153~173.
4. J. C. Livengood, A. R. Rogowski and C. F. Taylor, 1952, "The Volumetric Efficiency of Four-Stroke Engine," SAE Paper, 520259.
5. C. F. Taylor, J. C. Livengood, D. H. Tsai, 1954, "Dynamics in the Inlet System of a Four-Stroke Single-Cylinder Engine", ASME Headquarters, August 9, Paper No. 54-A-188.
6. K. Zinner, 1978, "Supercharging of Internal Combustion Engines, Translate from the German by G. Winkler, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 21~22.
7. A. Ohata, H. Saruhashi, I. Matsumoto, Y. Imamura, 1985, "Acoustic Control Induction System for 6-Cylinder Engines" JSAE Rev. 8~15.
8. D. Broome, M. A. C. Bng, M. I. Mech. E, 1969, "Induction Ram" Automobile Engineer: Part one. The inertia and wave effect.
9. D. Bortoluzzi, V Cossalter and A. Doria, 1998, "The Effect of Tunable Resonator on the Volumetric Efficiency of an Engine," SAE paper, 983045.
10. 강희영, 2006, "가변 흡기시스템에 의한 디젤기관의 체적효율 향상에 관한 연구," 한국 동력기계공학회지, 제10권 1호, pp. 12~18.
11. M. C. Brands, 1979, "Helmholtz Tuned Induction System for Turbocharged Diesel Engine," SAE Paper, 790069.
12. S. M. Hanriot, M. A. Faraco, J. R. Sodre, R. M. Valle, 2000, "An Experimental and Numerical Study from Pulsating Flow in Intake Manifold," SAE Paper, 2000-01-362.
13. F. Gonzalez and F. Payris, 1989, "Improvements in the Performance and Reliability of a Turbo Intercooling Diesel Engine," II EAEC, Conference Starasbourg, IMechE 1989, C382/069.