

3기통 엔진의 터보 차저 맥동 저감에 대한 연구

A study about reducing Turbocharger Pulsation of 3 cylinder engine.

서광현† · 조성용*

Kwanghyun Seo, Sungyong Cho

Key Words : Pulsation(맥동), Turbocharger(터보차저), 3 cylinder engine(3기통 엔진), Waste-gate(웨이스트 게이트), Boost Pressure(부스트 압력)

ABSTRACT

Development of 3 cylinder turbo charger engine is increasing due to engine down-sizing, cost reduction and emission regulations. However, 3 cylinder engine makes higher Exhaust manifold gas pressure(P3) pulsation than 4 cylinder engine and it generate boosting air with high pulsation. The mechanical waste-gate turbocharger just controlled by the boosting air has higher movement because of this high pulsation boosting air. This causes high vibrations to wasted gate and accelerate wear of the linkage system. So we need to understand out of the exhaust gas pressure pulsation changed by turbocharger compressor pressure(P2) Pulsation. In this study, we discuss how to prevent to abnormal movement of the turbo actuator by stabilized P2 Pulsation.

1. 연구 배경

디젤엔진의 연비 향상과 개발비용 관련 엔진 소형화, 원가 절감 그리고 고출력 엔진 개발이 추세이다. 소형 엔진의 경우 4기통에서 3기통 실린더로 장착으로 경량화 및 경비절감을 시도하고 고출력을 위한 터보차저 장착을 한다. 그러나 3기통과 같은 흡수 실린더는 폭발압에 의한 불평형 우력과 고출력 터보 개발로 회전수 증가로 소음과 진동 문제가 수반된다.

본 논문에서는 당사에서 개발된 디젤 1.8L 3기통 엔진의 waste-gate 터보 차저의 맥동에 의한 진동 저감을 사례를 통한 실험 연구이다.

2. 터보 차저 맥동

2.1 waste-gate 터보 차저 구조

(1) 터보 차저 구조

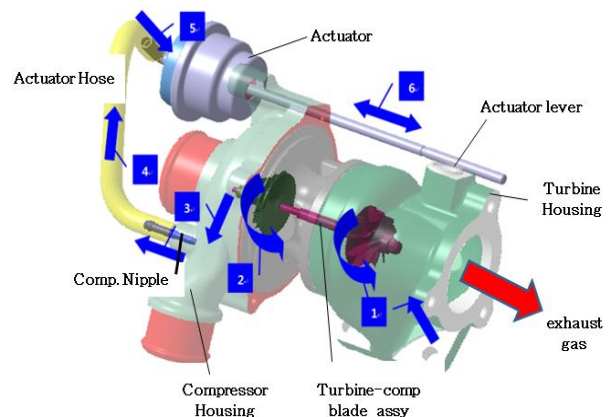


Fig. 1 Turbocharger System

(2) 터보 차저 actuator rod 작동 설명

- 1) Rotate turbine wheel by exhaust gas pressure
- 2) Rotate comp. wheel which have same axle

† 교신저자; 두산인프라코어

E-mail : kwanghyun.seo@doosan.com

Tel : 032-211-6730, Fax : 032-211-8526

* 두산인프라코어 소음진동 개발팀

- 3) Compressor out (boost) pressure increase
- 4) Transmit boost pressure through the act. hose
- 5) Actuator pressure increase or decrease by boost pressure
- 6) Actuator rod controlled.

Waste-gate 터보 구조에서 배기가스(exhaust gas)가 배기 매니폴드(ex-manifold)를 통해 터보의 터빈(Turbine)과 같은 축상에 있는 터보 콤프레셔 블레이드(comp. blade)을 회전시킨다. 회전에 의한 고압의 터보 부스팅 공기(high pulsation boosting air)가 형성되고 터보 흡입구를 통해 엔진 실린더내에서 고압의 공기가 혼합되며 또한 액츄에이터 호스(actuator hose)로 분기된 고압의 압축공기가 액츄에이터를 작동시켜 액츄에이터 레버(actuator lever)가 같이 움직인다.

이때 배기 매니폴드에서 압력을 P2, 터보 콤프 하우징에서 압력을 P3라고 한다.

2.1 터보 차저의 맥동

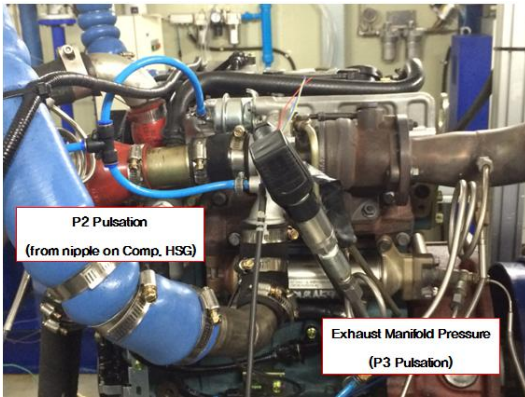


Fig. 2 measure Turbocharger Pulsation

Fig. 2와 같이 3기통엔진에서 실제 터보의 맥동압(pulsation) 측정하였다. 측정은 엔진 max load시 rpm run up 으로 터보에서 부스트 압력(boost pressure)이 형성되는 조건이다. 즉, 터보의 waste-gate가 실제로 작동할 때 맥동압 값이다.

Fig. 3의 그래프에서 측정시간 20s 구간에서 터보의 waste-gate가 동작하기 시작해 부스트압이 80kPa 이르고 104kPa에 수렴한다.

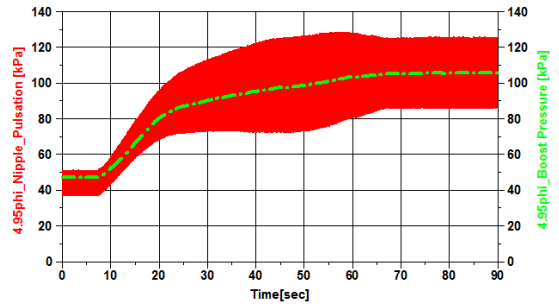


Fig. 3 Full Load Sweep P2 Pulsation

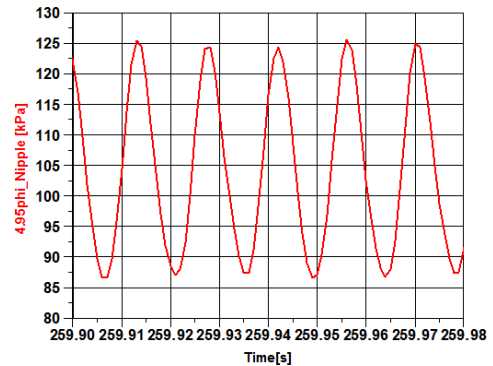


Fig. 4 P2 Pulsation at Rated Power

Fig. 4의 엔진 정격(Rated Power)구간에서 P2 측정값은 $104 \pm 19 \text{ kPa}$ 로 맥동압이 변화가 크다. 이와 같은 터보 액츄에이터 호스에서 맥동압이 급격히 변화함에 따라 실제 터보 액츄에이터 레버(Act. Lever)에서 변위량은 0~1.5mm 로 맥동압이 흔들리는 것과 유사하게 크게 움직인다. 허용 변위량은 0.35mm에 5배 초과된 값으로 터보 액츄에이터 레버(Act. Lever)의 마모를 일으키는 원인이 된다.

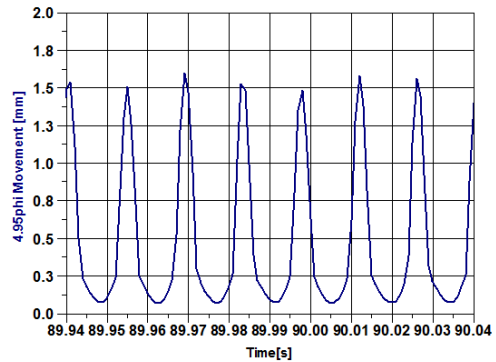


Fig. 5 ACT. Movement(mm)

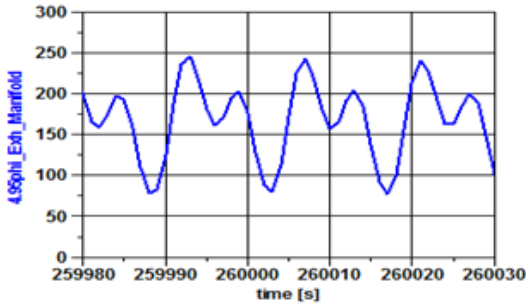


Fig. 6 Exhaust manifold P3 Pulsation(kPa)

터보의 P2 맥동압의 변화가 심한 원인은 3기통엔진에서 발생하는 폭발에 의한 불평형 압력이 Fig.6 과 같이 $160 \pm 90 \text{ kPa}$ 로 심한 압력 변화가 터보의 P2 맥동압에 까지 영향을 끼쳤다.

2.2 터보 차저의 맥동 저감

터보 P2 맥동 저감을 위해 압력 차이에 대한 개선을 위해 압력변화를 줄여주는 오리피스(Orifice) 구조를 터보 액츄에이터 호스와 연결되는 Nipple에 적용하였고 그 개선효과는 Fig. 7과 Fig. 8과 같다. P2 변화값은 65% 감소된 $104 \pm 7.5 \text{ kPa}$ 이고 변위량 또한 0.35mm 이내로 허용 변위량에 만족하였다.

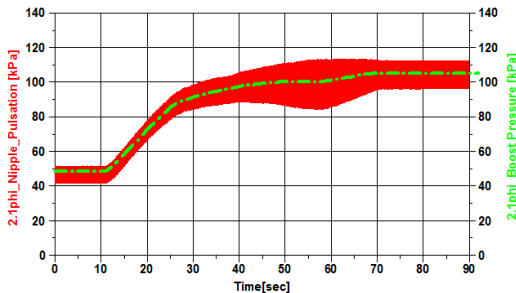


Fig. 7 applied Orifice Nipple P2(kPa)

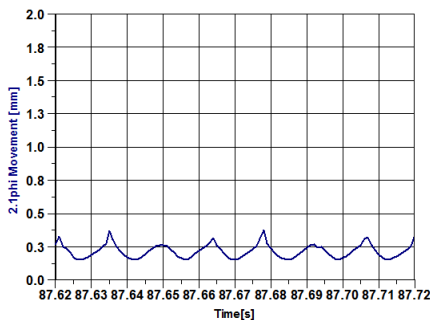


Fig. 8 applied Orifice Nipple Actuator lever Movement(mm)

2.3 터보 차저의 액츄에이터 레버 진동값

Table 1 터보 액츄에이터 레버 진동 평가 결과

TC 사양	진동 level(g)	변위량(mm)
Original	20	0.2~1.5
개선 Orifice1	10.2	0.2~1.0
개선 Orifice 2	6.8	0.2~0.4

3. 결 론

움직임량이 가장 큰 터보 액츄에이터 레버에서 진동과 변위 측정결과 상기 table 1과 같이 Original 사양대비 Orifice 사양 적용시 진동과 변위량이 최대 65%로 크게 감소하였다.

본 연구를 통해 4기통엔진의 같은 터보 구조에서 맥동이 변화가 적은 반면 3기통 엔진에서 발생하였고 이를 토대로 3기통 엔진의 폭발에 의한 압력 변화를 줄이는 것이 맥동 저감에 효과적임을 알 수 있었다. 그 방법으로는 Orifice 이외에 공명기 (Resonator) 적용에서도 같은 결과를 보였다.

터보 차저 액츄에이터 레버(TC Act. Lever)에 발생한 마모현상 개선사례에 의한 논문으로 초기 구조 진동문제의 관점에서 유동에 의한 영향을 밝히는 계기가 되었다.

참 고 문 헌

(1) Hyoung-Woo Lee, Dong-Hwan Lee and No-Gill Park, An Analytical Investigation on Vibration Characteristics of Turbo Compressor, KSNVE 8-6, 1998, pp. 1069-1077

(2) Jun Kawaguchi., Kazunari Adachi, Shinji Kono and Toshiro Kawakami, Development of VFT, 1999, NO. 01-1242, SAE International Congress and Exposition.

(3) Kyuhyun Ryu, Taeyong Chung, A Study on Performance and Exhaust Gas Characteristics of the Diesel Engine with Turbocharger and Intercooler, 1999, SAE NO.99370223