

DPF 차압센서를 이용한 DPF 효율 진단

김 정 호^{*1)} · 김 태 섭¹⁾ · 이 용 건¹⁾ · 안 태 식¹⁾ · 변 종 욱¹⁾
· 김 기 호²⁾ · 임 재 혁²⁾

두산인프라코어(주)¹⁾, 한국석유관리원²⁾

DPF Efficiency Monitoring using DPF delta pressure sensor

Jungho Kim^{*1)} · Taesub Kim¹⁾ · Woonggun Lee¹⁾ · Taeshik Ahn¹⁾ · Jongwook Byun¹⁾

· Kiho Kim²⁾ · Jaehyuk Lim²⁾

Doosan Infracore¹⁾, Korea Petroleum Quality & Distribution Authority²⁾

Key words: OBD(On-Board Diagnostics; 배출가스 자기진단장치), dP sensor(delta pressure sensor; 차압 센서), DPF(Diesel Particulate Filter; 디젤 미립자 필터), SCR(Selective Catalytic Reduction; 선택적 환원 촉매), DEF(Diesel Exhaust Fluid; 요소수), ECU(Engine Control Unit; 엔진 제어 장치), OTL(OBD Threshold Limit; OBD 제한치)

^{*} Corresponding Author, E-mail: Jungho Kim(Research Engineer), jungho3.kim@doosan.com

2015년 1월부터 발효(EU는 2013년 1월 발효)된 국내 Diesel Euro6 배출가스 법규에 따르면, 엔진에서 생성되는 배출가스 NOx(Nitrogen Oxide; 질소산화물)와 PM(Particulate Matter; 입자상 물질)의 규제치가 기존 Euro5대비 각각 80%, 50%씩 낮아지게 되었으며, PN(Particulate matter Number; 입자상 물질 개수) 및 NH3(Ammonia; 암모니아)의 규제까지 추가 되었다. 또한, 엔진을 제어하는 ECU(Engine Control Unit; 엔진 제어 장치)에서 이러한 배출가스가 법규에 규정된 값(OTL; OBD Threshold Limit) 이상 배출 시에 자체적으로 진단할 수 있도록 하였다. 특히, PN규제가 Euro6 배출가스 규제에 추가되어 DPF(Diesel Particulate Filter; 디젤 미립자 필터)의 장착이 필수가 되었으며, 이에 따라, DPF의 효율을 ECU가 자체적으로 진단해야 하는 법규가 추가 되었다. (별표 16의 2: 대형자동차의 국제표준 배출가스자기진단장치 작동기준 및 성능확인시험 방법-입자상물질 저감장치 감시의 (3)항 필터링 성능, ECE R49 Annex9B-Appendix3 Item2 (c1)-DPF filtering performance) DPF의 효율 진단의 조건은 Hot WHTC(World Harmonized Transient Cycle) Mode 동안의 PM이 25mg/kWh(OTL)이상일 경우 진단을 해야 하는 것으로, DPF내의 Core가 비정상적으로 뚫려 있거나, Dummy DPF가 장착되어 있는 경우이다.

본 연구는 Darcy Weisbach Equation(Pipe내의 압력저하; $\Delta p = \lambda \cdot \rho \cdot L \cdot v^2 / (2 \cdot d)$)과 Blasius Friction Coefficient(Blasius저항 계수; $\lambda = 0.3164 \cdot Re^{-0.25}$), W.H McAdams에 의한 Reynolds Number(원형관 내에서의 레이놀즈 수; $Re = (4 \cdot \dot{V} \cdot \rho) / (\pi \cdot d)$)를 이용하여, 배출가스가 이동하는 관 내의 압력 저하와 유량과의 상관관계를 도출할 수 있었으며, 이러한 이론적 배경을 통해 PM Sensor없이 차압 Sensor만으로 DPF의 효율 진단이 가능함을 확인하였다. 실제로 정상 DPF와 OTL의 85% 수준인 DPF를 제작하여, 동일 엔진에서 WHTC Mode로 시험해 본 결과, 정상 DPF대비 OTL 85%의 DPF의 경우, 동일 배기가스 유량에서 낮은 차압을 나타냄을 확인하였으며, 차압 Sensor가 갖고 있는 Sensor자체의 오차까지 고려하여, 오진(Misdiagnosis)의 가능성을 없애고, 정상적인 진단이 가능함도 함께 확인할 수 있었다.

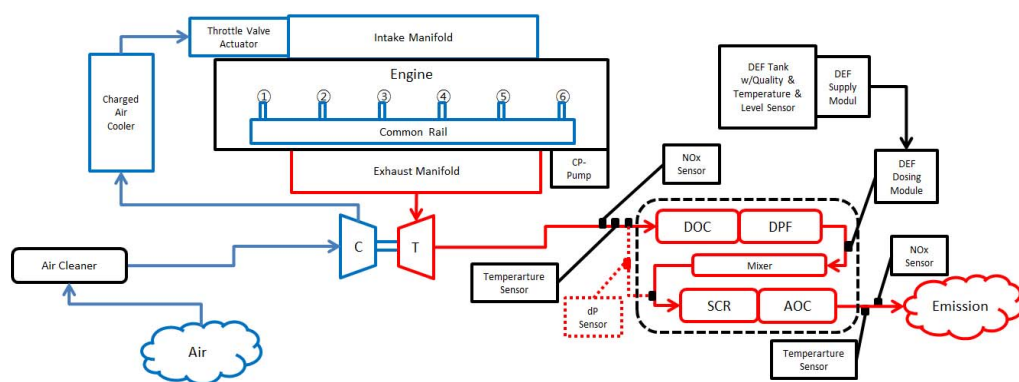


Figure.1 Schematic Diagram: Engine & After-treatment System



Figure.2 Normal DPF & Dummy DPF



Figure.3 DPF Delta Pressure Sensor

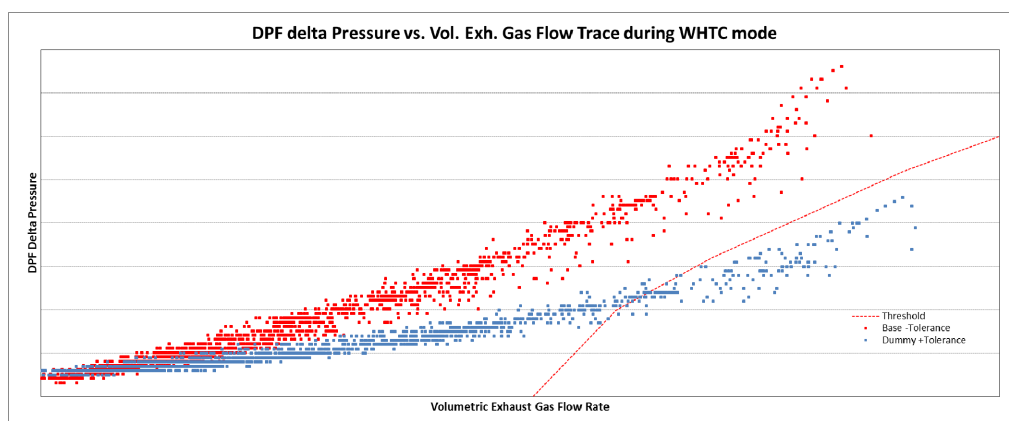


Figure.4 DPF delta pressure vs. volumetric exhaust gas flow rate trace during WHTC mode