

AMESim 기반 연료온도가 디젤 솔레노이드 인젝터의

내부 동적거동 특성에 미치는 영향에 대한 수치해석적 연구

김 재 현¹⁾ · 이 진 우²⁾ · 김 기 현³⁾

히로시마대학교 공학부¹⁾ · 울산과학기술대학교 기계공학부²⁾ · 신라대학교 융합기계공학부³⁾

Numerical Analysis of Inner Dynamic Characteristics of Diesel Solenoid

Injector with Fuel Temperature using AMESim Model

Jaehyun Kim¹⁾ · Jinwoo Lee²⁾ · Kihyun Kim³⁾

Graduate School of Engineering, Hiroshima University¹⁾, School of Mechanical Engineering, Ulsan College²⁾, Division of Mechanical Convergence Engineering, Silla University³⁾

Key words : AMESim(아메심), Diesel solenoid injector(디젤 솔레노이드 인젝터), Injection rate(분사율), Needle displacement(니들 변위), Fuel temperature(연료온도)

* Corresponding author: 이진우, E-mail: jwlee2@uc.ac.kr

디젤 엔진에서 연료 온도의 변화에 대한 영향은 대부분 냉시동 조건에서 기화특성 악화에 따른 연소 효율 악화에 대한 개선관점에서 연구가 되어 왔다. 하지만, 연료 온도 변화 시, 연료 점도와 밀도의 변화가 함께 동반되며 이로 인해 분사율 특성에 영향을 주어 동일한 분사신호 인가의 경우에도 연료량에 차이를 일으킨다. 따라서 연료 온도에 따른 분사 신호 인가 기간에 대한 보정값을 구성하는 것이 연소개선을 위해 선제적으로 행해져야 한다. 다만, 실험적으로 분사량 계측을 통해 보정값을 구하는 경우, 시간적으로 매우 불리할 뿐 아니라, 다양한 조건에 대한 대응 수준이 떨어질 수 밖에 없다. 이에 본 연구에서는 1-D 시뮬레이션 tool인 AMESim을 기반으로 구성된 모델을 이용하여 연료 온도 변화에 따른 연료 점도와 밀도 특성이 인젝터 내부 동특성에 미치는 영향에 대한 작동기구를 분석하여 분사율 특성 변화 원인에 대한 물리적 근거를 제시하고 하였다.

Fig.1과 같이 AMESim 기반으로 구성된 모델을 분사율 관점으로 Fig.2에 보이는 바와 같이 실험결과와의 검증을 통해 인젝터 내부 해석 결과에 대한 신뢰성을 확보하였다. 분사압 300 bar, 분사기간 1500 μ s 조건에서 연료온도 변경 시(-30℃, -20℃, 40℃)의 분사량 결과를 연료 점도와 밀도에 대해 Fig.3과 같이 나타내었다. 시험 조건의 연료 온도 조건을 대변하는 점도값과 밀도값 각각의 변화에 따른 인젝터 내부 거동을 니들의 변위, 컨트롤 챔버의 압력 변동, 컨트롤 챔버로의 연료 유출입 오리피스 유량계수 관점으로 Fig.4와 같이 분석하였다.

분석결과, 연료 온도에 따라 컨트롤 챔버 내로의 연료 유출입 오리피스의 유량 차이가 발생하며, 이로 인해 컨트롤 챔버 내 압력 변동에 영향을 주어 니들 변위에 변화가 나타나게 되어 최종적으로 분사량에 영향을 미치는 것으로 확인하였다. 다만 연료 온도변화는 연료 점도와 밀도에 영향을 미치지만, 특히 컨트롤 챔버 내 연료 토출을 결정하는 오리피스의 경우, Re수에 따라 Cd값이 크게 변화하는데, 밀도의 경우 -0.5의 order로, 점도의 경우 -1의 order로 영향을 주며, 실제 연료 온도로 인해 밀도보다 점도 변화의 폭이 크기 때문에 연료 점도의 변화가 분사량 결과에 지배적인 인자임을 확인하였다. 본 연구를 기반으로 다양한 대체 연료 적용에 따른 인젝터 내부 거동에 연구를 향후 진행할 예정이다.

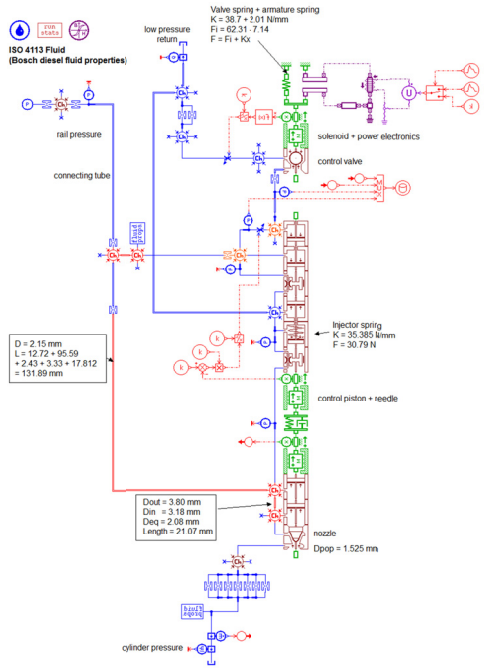


Fig. 1. Diesel injector model based on AMESim

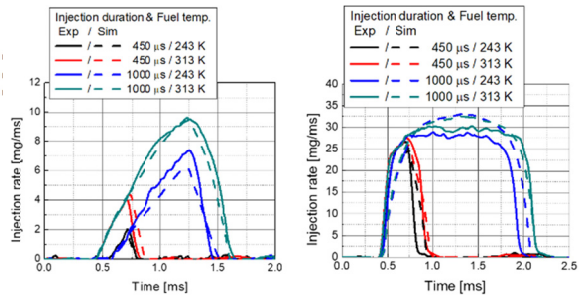


Fig. 2. Model validation with experimental result

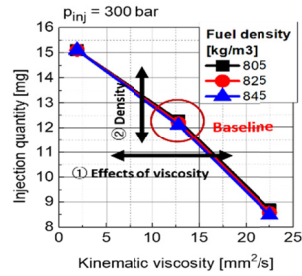


Fig. 3. Injected mass with fuel viscosity and fuel density

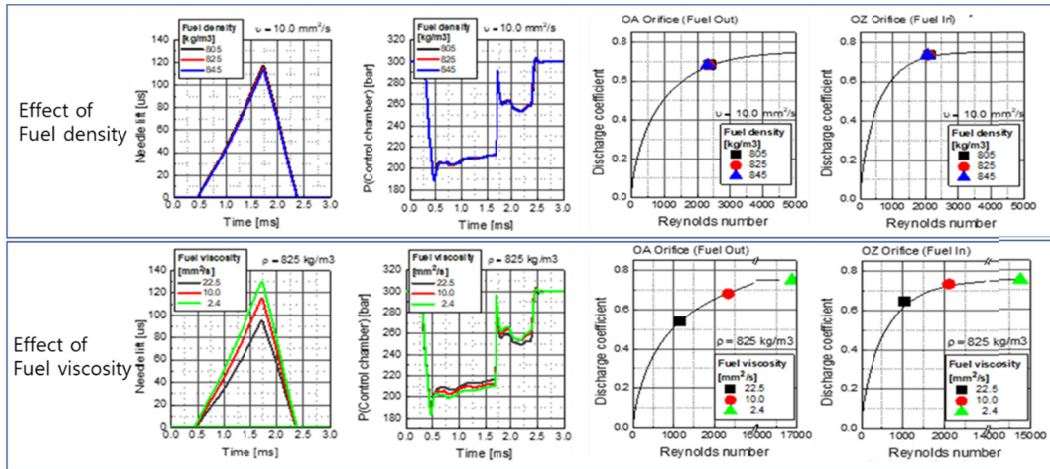


Fig. 4. Injector dynamic characteristics with fuel density and fuel viscosity in terms of needle lift, control chamber pressure and fuel in/out orifice of control chamber