

가솔린압축착화 연소에서

연료 분사 전략 적용을 통한 질소산화물 배출 저감

황 영 훈¹⁾ · 박 현 욱¹⁾ · 심 의 준¹⁾ · 배 충 식^{*1)}

한국과학기술원 기계공학과¹⁾

Reduction of NOx Emissions in Gasoline Compression Ignition Combustion using Fuel Injection Strategy

Younghoon Hwang¹⁾ · Hyunwook Park¹⁾ · Euijoon Shim¹⁾ · Choongsik Bae^{*1)}

Korean Advanced Institute of Science & Technology¹⁾

Key words : Gasoline Compression ignition(가솔린 압축착화), Partially-premixed combustion(부분 예혼합 연소), Mixture stratification(혼합기 성층도), Nitrogen Oxide(질소산화물), Hydrocarbon(탄화수소)

* 황 영 훈, E-mail: hyhdudgns@kaist.ac.kr

가솔린압축착화 연소 기술은 디젤 엔진에서 문제시 되는 입자상물질과 질소산화물 배출을 저감하고자 개발된 신연소 기술의 한 형태이다. 가솔린은 높은 착화저항성으로 인해 혼합기 형성 시간을 확보할 수 있다는 점과 더불어 우수한 기화 특성으로 인해 예혼합기를 형성하기에 유리하다. 이처럼 예혼합기 형성을 통해 인해 입자상물질 및 질소산화물이 생성되는 영역을 회피하여 연소가 진행된다. 또한 가솔린압축착화 연소는 가솔린 엔진 대비 높은 압축비에서 구동되고, 예혼합기 연소로 연소 기간을 단축함으로써 기존 디젤 엔진과 동등하거나 더 높은 수준의 열효율을 가진다는 장점이 있다.

그러나 가솔린압축착화 엔진이 저부하 운전 영역에서 구동될 때는 가솔린의 높은 착화저항성과 낮은 당량비로 인해 연소안정성이 떨어지는 문제점이 있다. 그리하여 선행연구에서는 흡기를 가열하여 혼합기의 온도를 높이는 연구를 진행하였다. 흡기 온도를 높일수록 연소 안정성을 높이는 효과를 가져왔지만, 동시에 연소 온도가 높아져 질소산화물 배출량이 증가하였다. 가솔린압축착화 연소 기술은 신연소 기술의 주요 목적인 저배기 특성을 유지해야 한다. 본 연구에서는, 흡기 가열 및 연료 분사 전략 적용을 통해 입자상물질과 질소산화물의 배출량을 EURO VI 배기 규제치 보다 낮은 수준을 유지하는 동시에 연소 안정성을 대변하는 COV of IMEP 기준 5%미만을 목적으로 한다.

그림 1에 본 연구에 사용된 연구용 단기통 엔진을 도시화 하였다. 엔진의 구동 조건은 엔진 회전속도와 부하를 각각 1400rpm, 3bar IMEP로 설정하였다. 연료의 성층도가 연소 안정성과 배기 특성에 미치는 영향을 연구하기 위해 가솔린 분사시기를 -14 CAD aTDC에서 -46 CAD aTDC 사이를 2 CAD 단위로 실험을 진행했고, 흡기 온도를 333K에서 363K까지 10K 단위로 변화시키며 실험을 진행했다.

그림 2는 흡기 온도 353K 조건에서 가솔린 분사시기를 변경하였을 때의 COV of IMEP, 연소상(CA50) 및 질소산화물, 탄화수소 배출량 변화를 나타낸 그래프이다. 연소 시에 MPRR이 10bar/CAD 이상일 경우에는 엔진 소음이 크고, 엔진 내구성에 악영향을 미치기 때문에 구동이 불가능하다. 그래프에서 'High MPRR zone' 으로 표시된 구간은 해당 구간을 나타낸 것이다. 먼저 연소상을 보면 지각된 연료 분사 시기에서는 기존의 디젤 연소와 같이 연료 분사 시기가 지각될수록 연소상이 지각된다. 반면 진각된 분사 시기에서는 연료 분사 시기가 진각될수록 연소상이 지각되는데, 연료 분사 시기가 진각된

에 따라 혼합기 내에서 연료의 성층도가 낮아져 국부 영역에서의 당량비가 낮아지고 착화성이 떨어지기 때문이다. 질소산화물 배출 특성을 보면 지각된 분사 시기에서는 높은 수준의 질소산화물 배출을 보인다. 이는 지각된 분사 시기에서는 연료의 성층도가 높아 높은 당량비를 형성하는 영역에서의 연소 온도가 높기 때문으로 판단된다. 그리하여 질소산화물 배출량을 줄이기 위해서는 가솔린 분사 시기를 전각시켜야 한다. 그러나 이 경우 탄화수소 배출량과 COV of IMEP가 증가하는 trade-off 관계를 보인다. 그림 3은 흡기 온도를 증가시키고, 가솔린 분사 시기를 변경시켰을 때의 배기배출량 변화를 나타낸 그래프이다. trade-off를 해결하기 위해 흡기 온도를 증가시키며 가솔린 분사 시기를 전각시키게 될 경우 그림 3에서 화살표로 표시된 부분과 같이 질소산화물과 탄화수소를 동시에 저감시킬 수 있다. 그 결과 흡기 온도 90°C, 가솔린 분사 시기 상사점 이후 -36 크랭크 각 조건에서 질소산화물과 입자상물질 배출량이 EURO VI 배기규제치보다 낮은 수준을 보였고, COV of IMEP는 4.03%를 기록했다.

본 연구는 환경부 Golbal-Top Project(글로벌탑 저배기/저탄소 자동차 신연소 원천기술 개발, 2016002070001) 친환경자동차기술개발사업단의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

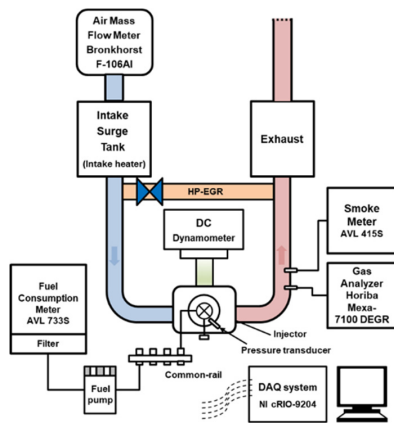


그림 1. 실험장치 구성도

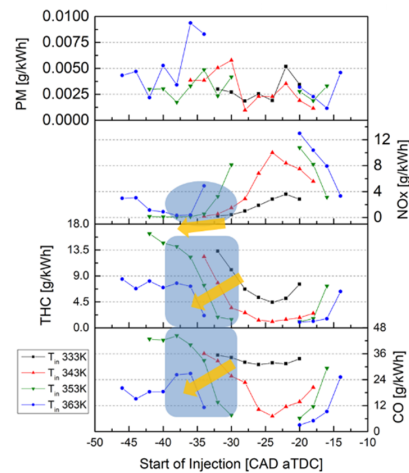


그림 3. 흡기 온도 및 가솔린 분사 시기에 따른 배기배출 특성 변화

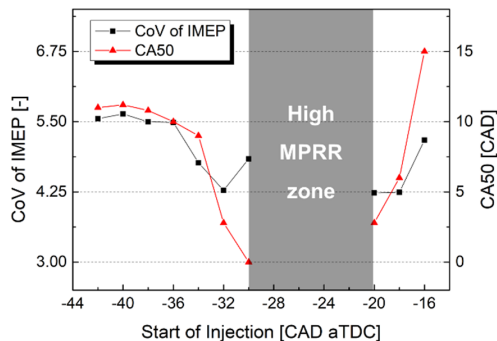


그림 2. 가솔린 분사 시기에 따른 연소 현상 및 배기 배출 특성 변화 (흡기 온도 80°C)

