범용 소형엔진의 성능개발

박성영*
*공주대학교 생산기술연구소
e-mail:sungyoung@kongju.ac.kr

Development of the Small Size Engine for General Purpose

Sung-Young Park*
*Industrial Technology Research Institute, Kongju National University

요 약

기존의 범용 가솔린 소형엔진의 경우 대부분이 캬브레이터 연료 공급 방식으로 연비 및 배기가스 성분이 매우 열악한 실정이다. 본 연구에서는 이러한 단점을 극복하고 배기규제에 대응하기위하여 전자제어식 연료분사방식으로 엔진을 변경하고, 관련핵심 부품의 개발을 수행하였다. 전자제어식 소형엔진에 적합한 인젝터, 연료펌프를 선정하였으며 연료레일은 새로이 설계하여 장착하였다. 최적의 작동조건을 선정하기위하여 엔진의 성능개발을 수행하였다. 개발된 소형엔진은 기존의 캬브레이터 방식의 엔진 대비 우수한 연비개선 효과와 배기가스 저감 효과가 있었다.

1. 서론

심각한 대기오염으로 인하여 배기규제가 강화되면서, 소형엔진의 연료 공급 계통은 기존의 캬브레이터 방식에서 벗어나 전자연료 분사방식으로 전환이 필요하게 되었다.[1] 전자연료 분사방식의 경우 배기가스를 저감시킬수 있을 뿐만 아니라 연료효율 또한 높일 수 있는 장점이 있다.

가솔린 엔진효율에 있어 흡기성능은 가장 중요한 요인중 하나인데, 흡기성능이 좋다면 적은 연료로 높은 효율을 보장할 수 있기 때문이다. 흡기성능을 좌우하는 요소중 유동특성 및 흡입성능은 유량계수 Cf(Flow coeff icient)로 평가 할 수 있으며, 이 들은 흡기포트, 연소실 등에 의해 제어된다. 특히 흡기 포트의 형상은 실린더 안으로 들어가는 흡입공기량 에 밀접한 관계가 있으며, 형상에 대한 유동특성도 제어되기에 매우 중요한 요소이다.[2] 연료 소비효율에 있어 또다른 중요한 요소는 인젝터이다. 기존의 캬브레이터 방식에서는 연료의 조절이 힘들었으나 인젝터를 통하여 연료를 분사하게 되면 연료의 조절이 쉬워진다. 이는 연료의 낭비를 줄여 연비의 향상을 가져오게 된다. 인젝터가 작동을 하기 위해서는 기본적으로 연료탱크에서 인젝터까지 연료를 공급해줄 연료펌프도 필요하게 되는데 연료펌프의 효율 또한 연비향상에 영향을 끼친다.

본 연구는 기본의 캬브레이터 방식의 소형엔진을 전자연료 분사방식의 엔진으로 설계를 변경하고 이를 위해 핵심 부품의 총체적인 개발을 수행하였다. 그림 1은 본 연구의 결과로 구성된 전자분사방식의 소형엔진이다.

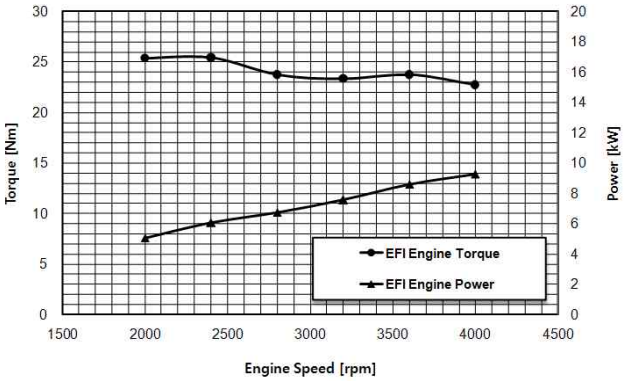
[그림 1] 전자연료 분사방식 엔진 시제품

2. 본론

2.1. 엔진의 출력 및 토크 성능

본 연구에 적용된 엔진의 성능실험을 통한 출력과 토크성능은 그림 2와 같다. 엔진 최고회전수인 4000rpm에서 9.2kW(12.56PS)의 출력을 발생시키고 있으며, 최대토크는 2400rpm에서 25.4Nm의 토크를

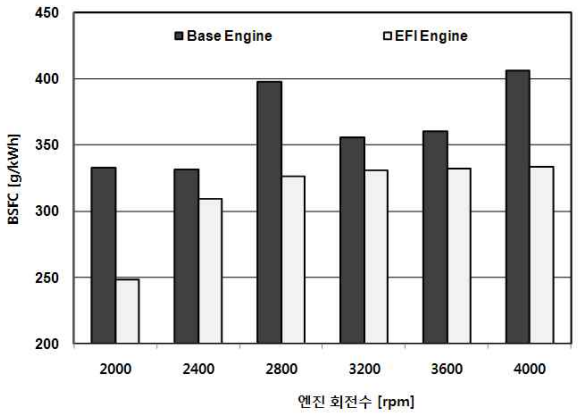
생성하였다.



[그림 2] 전자분사식 엔진의 출력 및 토크선도

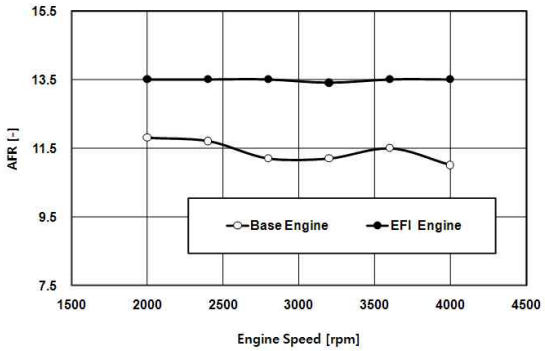
2.2. 연료소모율

연료소모율은 1kW의 출력을 1시간동안 생산할 때 소모되는 연료의 질량으로 정의되며 단위는 g/kWh 이다. 전자분사식 엔진은 카브레터 방식인 베이스 엔진 대비 열효율 측면에서 상당히 유리하다. 이는 연료의 미립화가 우수하여 연소효율을 향상시키기 때문이다. 이러한 연소효율의 상승은 연소실내의 평균온도를 상승시키고 평균유효압력의 상승을 유발할 것으로 판단된다. 그림 3은 엔진의 전개성능을 비교한 내용이다. 전부하의 경우 평균적으로 약 17%의 연료소모율 저감효과가 있다. 특히 2000rpm의 경우에는 약 34%의 연료 저감효과가 있었다. 이 연료저감 효과는 전자분사식 엔진의 공연비 제어에 의한 효과가 상당부분을 차지하고 있다.



[그림 3] 전부하에서의 연료소모율 비교

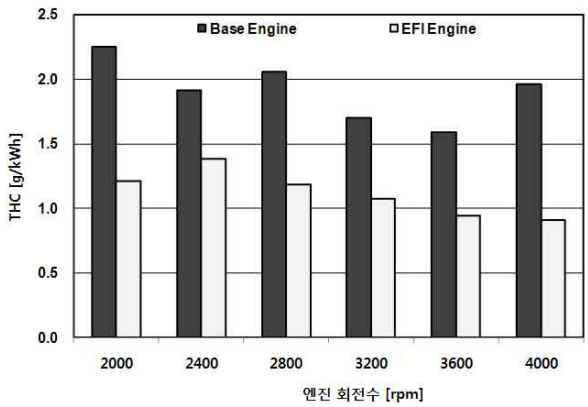
그림 4는 전부하 전개성능에서 베이스엔진과 전자분사식 엔진의 공연비를 비교한 결과이다. 베이스엔진의 경우는 카브레터에 의해 제어되는 공연비는 약 11.5를 기준으로 ±0.4정도의 변동량을 보였다. 전자분사식 엔진의 경우 인젝터를 ECU를 통해 개폐조절하여 13.5의 공연비를 일정하게 유지하였다. 이론적인 공연비는 14.7이지만, 출력이 중시되는 전부하인 점을 감안하여 전부하에서 전자분사식 엔진의 공연비를 13.5로 결정하였다.



[그림 4] 전부하에서의 공연비 비교

2.3. 배기가스 성분

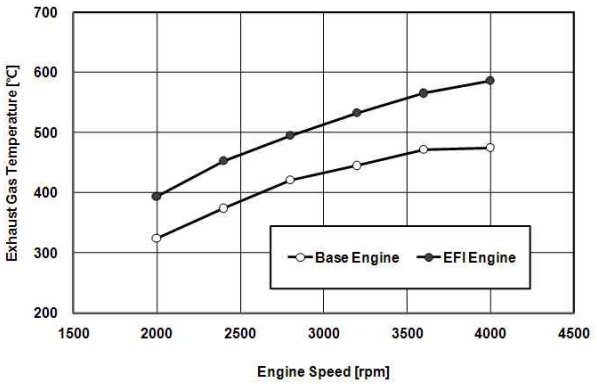
전자분사식 엔진에서 전부하 운전시 공연비의 증가는 배기 성분 중 HC를 저감하는 효과가 있다. 이는 공연비가 이론공연비에 가까워질수록 연소 후 배출되는 미연탄화수소성분이 저감되기 때문이다. 그림 5에서 보이는 바와 같이, 엔진회전수 4000rpm에서 베이스엔진의 THC 배기성분 대비 약 54%가 저감되었으며, 전부하 영역에서 평균 41%의 THC 저감 효과가 나타났다.



[그림 5] THC 배기성분 비교

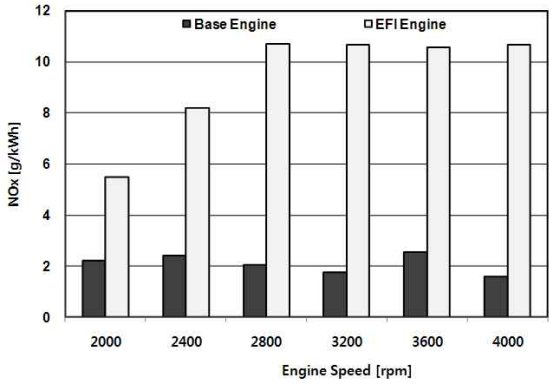
이와 같이 연비가 향상되고 미연탄화수소성분이 감소하는 것은 연소효율이 증대되었기 때문이다. 이

러한 연소효율 증대의 첫 번째 증거는 배출되는 배기가스의 증대로 확인될 수 있다. 그림 6은 두 엔진에서 배출되는 배기가스의 온도를 나타내고 있다. 베이스엔진 대비, 전자분사식 엔진의 배출가스 온도는 전부하 운전 영역에서 평균 21%정도 높으며, 엔진 회전수에 따라 70 ~ 112℃의 온도 차이를 보이고 있다.



[그림 6] 배기온도 비교

이러한 배기가스 온도의 상승은 엔진 열효율의 상승이라는 장점도 있지만, 배출가스 성분 중 연소온도에 지배적인 영향을 받는 NOx의 발생량을 증가시킬 가능성이 커지게 된다. 실제로 전자분사식 엔진의 배출가스 성분 중 NOx 성분의 배출량은 베이스엔진 대비 평균 약 3.5배 증가하였다. 특히 엔진회전수 4000rpm에서는 약 5.7배의 증가량을 보이고 있다. 이러한 현상은 엔진의 열효율이 증가함에 따라 연소실의 온도가 상승하기 때문이다. 이러한 NOx 성분의 증가를 억제하기위해서는 연료분무를 농후하게하는 것이 하나의 방법이 될 수 있으나 이러한 방법은 THC의 증가와 연비의 악화를 초래하므로 근본적인 방안이 요구된다. 일반적으로 자동차의 경우에는 3원촉매 등을 사용하여 배기가스성분의 대부분을 제어하고 있다.



[그림 7] 전부하에서의 NOx 발생량 비교

3. 결론

본 연구는 전자제어식 소형 엔진의 성능을 개발함을 목표로 하였으며 성능 및 Emission을 시험한 결과 엔진 최대 출력 및 최대 토크는 12.56HP 및 25.4N·m로 나타났으며 연료 소비율은 309g/kWh로 약 1%정도 좋아졌으며 HC+NOx는 7.46g/kWh로 측정되었으며 THC는 기화기식 엔진에 비해 4000rpm에서 약 53% 저감되었으며 NOx는 4000rpm에서 약 5.7배 증가하였다.

4. 참고 문헌

[1] 이준순, 박성영, “소형엔진용 연료펌프의 성능에 대한 실험적 연구” 한국산학기술학회 2009년도 추계학술대회 논문집Ⅱ 제10권 2호, pp.515-519, 2009.

[2] 이주형, 박성영, “소형엔진의 흡기포트의 유동특성” 한국산학기술학회 2009년도 추계학술대회 논문집Ⅱ 제10권 2호, pp.520-525, 2009.

[3] 박윤서, 박성영, “소형엔진 흡기포트의 성능 평가” 한국산학기술학회 2009년도 추계학술대회 논문집Ⅱ 제10권 2호, pp.538-541, 2009.