소형엔진의 전자분사장치 설계개발

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

Port-Fuel Injection Design Development of the Small Size Engine

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

요 약

기존의 소형엔진은 캬브레이터 연료 공급 장치를 사용하는 방식으로 연비 및 배기가스 성분이 매우 열악한 실정이다. 본 연구에서는 이러한 단점을 극복하기위하여 전자분사장치를 장착하기위한 설계 및 작동기법에 대한 연구를 수행하였다. 소형엔진은 저가의 범용 동력장치로서 전자화를 위하여 최소한의 제어장치 만으로 구성되어야 한다 일반적으로 전자화를 위해서는 크랭크 축과 캠축의 위상각 신호를 통하여 연료분사와 점화를 제어하는 것이 일반적인 통례이나 본 연구에서는 크랭크 축의 CPS센서와 흡기포트의 압력변동을 이용하여 연료분사와 점화를 제어하는 기구와 장치를 설계 개발하였다. 본 장치는 저가의 범용 엔진에 적용이 가능하며 제어반복성에도 우수한 특성을 보였다.

1. 서론

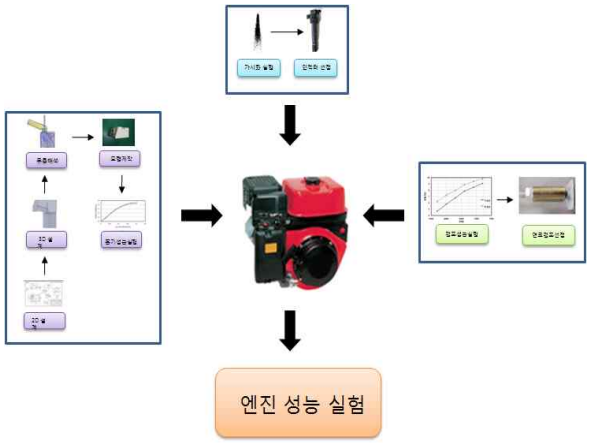
최근 들어 여가 생활 및 이동의 편의성으로 인한 소형엔진의 사용이 날로 늘어나고 있으며 그 영역을 점점 넓혀가고 있는 실정이다.[1] 그러나 최근 배기규제가 기존 자동차 엔진에 국한되지 않고 노외용 소형엔진(non-road engine) 부분에서도 세계적으로 강화되고 있으며 선진국 시장 수요의 증대와 배기규제 대응을 위한 노외용 소형엔진의 기술개발 노력이 필요한 시점이다.[2-4]

현재 소형엔진의 배기규제에 대응하기 위한 연구에는 기계적인 구조변경에 의한 방법과 연료개선에 의한 방법으로 구분할 수 있다. 기계적인 구조변경에는 흡·배기포트 개조에 의한 소기효율 개선 방안, 분사방식 적용에 의한 공연비 최적화 방안, 기화기 니들형상 및 스로틀 위치제어를 통한 공연비 제어방식 등이 있으며 연료개선에 의한 방법으로 LPG 등과 같은 저공해 연료 적용을 통한 연료 공급 개선에 의한 방법이 있다.[5-7]

심각한 대기오염으로 인하여 배기규제가 강화되면서, 소형엔진의 연료 공급 계통은 기존의 캬브레이터 방식에서 벗어나 전자연료 분사방식으로 전환이 필요하게 되었다. 전자연료 분사방식의 경우 배기 가스를 저감시킬수 있을 뿐만 아니라 연료 소비효율또한 높일수 있는 장점이 있다. 기존 소형엔진의 대부분인 캬브레이터 방식은 엔진 상태에 따른 공연비 최적화에 한계가 있어 더 이상의 연비개선은 기대하기 힘들다. 전자연료 분무방식의 경우 엔진의 상태에 따른 연료의 공급량 제어가 가능하기 때문에 공연비를 최적화 할 수 있어 연비향상 효과 및 배기가스 저감을 이룰 수 있다.

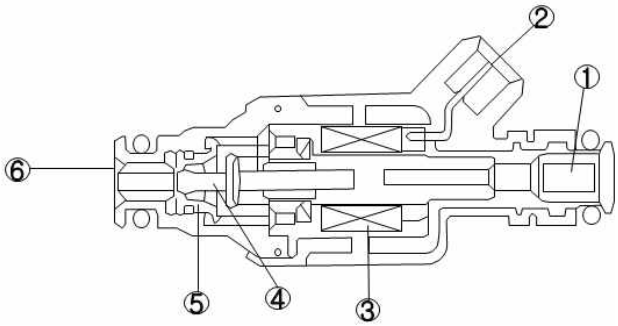
가솔린 엔진효율에 있어 흡기성능은 가장 중요한 요인 중 하나인데 그 이유는 흡기성능이 좋다면 적은 연료로 높은 효율을 볼 수 있기 때문이다. 흡기성능을 좌우하는 요소 중 유동특성 및 흡입성능은 유량계수 Cf(Flow coefficient)로 평가 할 수 있으며, 이 들은 흡기포트, 연소실 등에 의해 제어된다. 특히 흡기 포트의 형상은 실린더 안으로 들어가는 흡입공기량 에 밀접한 관계가 있으며, 형상에 대한 유동특성도 제어되기에 매우 중요한 요소이다. 연료 소비효율에 있어 또 다른 중요한 요소는 인젝터이다. 기존의 캬브레이터 방식에서는 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 인젝터 까지 연료를 공급해줄 연료펌프도 필요하게 되는데 연료펌프의 효율또한 연비향상에 영향을 끼친다.



[그림 1] 전자연료 분사방식 엔진의 개발 컨셉

그림 2는 일반적인 인젝터의 내부모습이다. 인젝터의 작동원리는 솔레노이드에 전류가 인가되지 않는 동안 스프링과 시스템 압력은 니들 밸브를 밸브 시트부로 눌러 인젝터 내부에서의 연료 누설을 방지한다. 솔레노이드에 전류가 인가되면, 형성된 마그네틱 힘은 밸브 시트부로부터 니들밸브를 잡아당겨 밸브 시트부를 지나 분사구를 통하여 외부로 연료를 분사하며, 솔레노이드부터 신호가 사라지면 니들 밸브와 시트는 스프링에 의하여 작동전의 상태로 되돌아오게 된다.



①필터	②터미널	③솔레노이드
④니들밸브	⑤밸브시트	⑥분사구

[그림 2] 일반적인 인젝터의 내부모습

가솔린 엔진의 경우 연소특성이 엔진 성능에 많은 영향을 끼친다. 연소특성은 연료 분무의 미립화 상태와 수송과정에 의하여 큰 영향을 받는다. 연소 특성을 향상시키기 위해서는 충분히 미립화된 연료의 분무를 적절한 시기에 분무하여, 최적 혼합기 분포를 형성한 후 연소가 이루어지게 되면 엔진성능 향상 및 배기가스의 저감을 이룰 수 있다. 이러한 이유로 연료 분무의 시각적, 공간적인 변화를 파악하는 것이 매우 중요하다.[8]

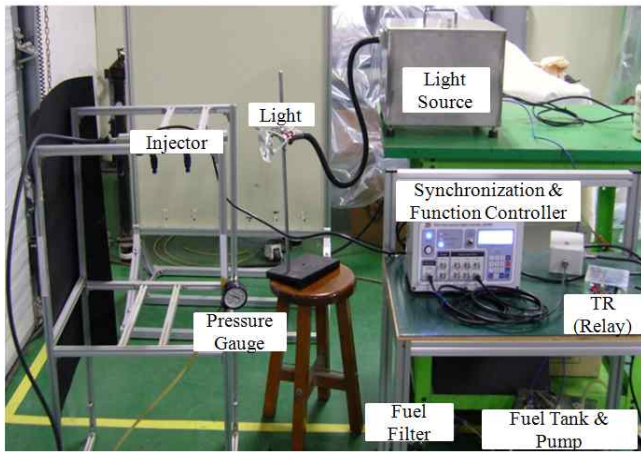
본 연구는 기본의 캬브레이터 방식의 소형엔진을 전자연료 분사방식의 엔진으로 변경하기위한 핵심 부품의 설계 및 개발을 수행하였다. 인젝터의 분무 가시화 실험을 통해 분무길이 분무각을 분석하여 소형엔진에 적합한 인젝터를 선정하였으며, 이를 맞는 흡기 포트를 설계하고 인젝터를 장착하였다.

2. 본론

본 연구에서는 전자연료 분사방식의 소형엔진을 개발함에 있어 연료의 wetting이 최소화된 최적의 흡기포트를 설계하기 위하여 인젝터의 분무각 실험을 수행하였다. 실험을 통하여 얻어진 결과를 바탕으로 인젝터의 장착각을 결정할 수 있다.

2.1. 분무각 측정장치

각 인젝터의 분무압력에 따른 분무각 변화량을 측정하기 위해서 그림 3과 같은 가시화 실험장치를 구성하였다. 촬영은 암실 조건에서 분무영상을 취득하였다.



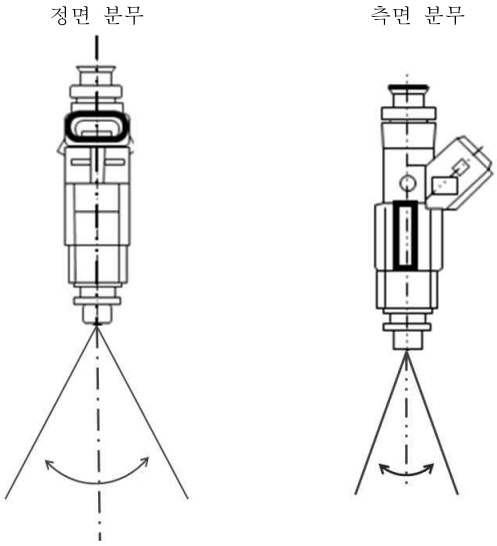
[그림 3] 분무 가시화 실험장치

2.2. 실험 결과

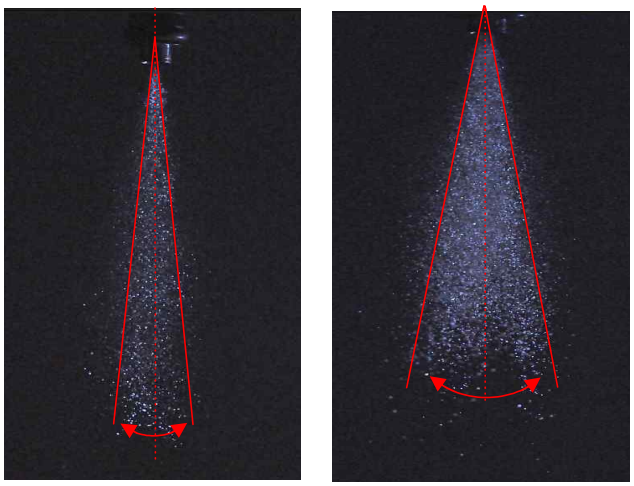
분무 압력별 인젝터의 분무각을 표 1에 나타내었다. 3홀 인젝터 대비 6홀 인젝터는 정면 분무각과

측면 분무각이 9° 이상 크게 나타났다. 3홀 인젝터 및 6홀 인젝터는 가압이 됨에 따라 정면 분무각은 증가하나, 측면 분무각은 변화가 거의 없음을 알수 있다. 그림 4는 실제 인젝터의 분무각을 가시화 한 모습이다.

[표 1] 인젝터 분무각



홀 / bar	3 hole		6 hole	
	정 면 분무각	측 면 분무각	정 면 분무각	측 면 분무각
2 bar	10.5°	10°	19°	19°
3 bar	11.5°	10.5°	20°	19°

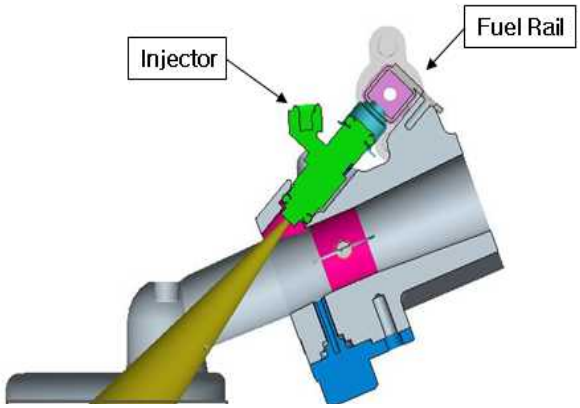


3홀인젝터 6홀 인젝터

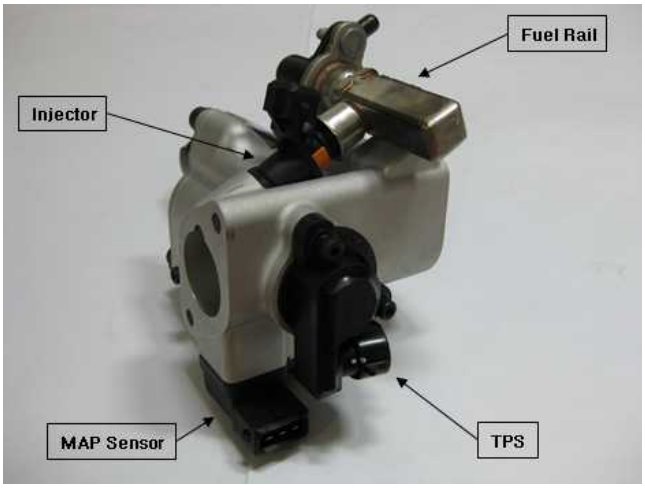
[그림 4] 인젝터의 분무각 비교

2.3. 설계 및 제작

그림 5(a)는 소형엔진의 새롭게 설계하여 적용될 흡기포트 3D 모델링을 나타낸 그림이며, 그림 5(b)는 실제 제작된 흡기포트에 인젝터가 장착된 모습이다. 그림(a)는 흡기포트에 인젝터 장착후 유효한 분무각을 보여주고 있다. 그림 (a)를 통해 새롭게 설계된 포트에 적용될 인젝터의 유효 분무각은 20° 설정하였으며, 표 1 에서와 같이 3홀, 6홀 인젝터 모두 새롭게 설계한 포트에 유효함을 확인하였다.



(a) 3D모델링



(b) 제작된 흡기포트 및 분무시스템

[그림 5] 인젝터를 장착한 흡기포트

3. 결론

본 연구는 3홀 인젝터와 6홀 인젝터의 분무 가시화 실험을 통하여 인젝터의 장착각도를 결정하였다. 인젝터의 장착각은 연료 분사시 연료의 wall wetting량을 결정하는 매우 중요한 인자이므로 wetting량을 최소화 하도록 설계되어야한다. 인젝터의 분무각도는 20° 이내에서 설정이 가능하였기 때문에 최종적인 장착각과 분무 통과 공간을 이에 적정하도록 설계하였으며, 인젝터, 연료레일, 흡기포트부, 트로틀 및 센서 장착부를 제작하였다.

본 연구에서 설계 제작된 인젝터 모듈은 실제 소

형엔진에 적용되어 성능실험을 수행할 예정이다.

참고 문헌

[1] W.A. Schuster, "Small Technology", Delmar Publishers, 1999.

[2] T. Tokui and J. Shirahata, "Small Engine Ctalyst for US Emission Regulations", SAE 2002-32-1837, 2002.

[3] J. Bin, L. Manqun, Y. Xicheng and Sun Yaqin, "Emission Control Strategy and Technologies on Chinese-Made Four-stroke Non-Road Small Spark-Ignition Engines", SAE 2005-32-0052, 2005

[4] P. Stuecke, C. Egbers and W. Geyer, "A Two-Stroke Chain Saw Engine to Fulfil Current Tier Emission Levels", SAE 2005-32-0101, 2005

[5] B. Kobayashi, T. Sawada, R. Zama, N. Ogura and S. Wada, "Investigation of Port Design for Small Air-Head Stratified Scavenging Two-Stroke Cycle Engine", SAE 2005-32-0012, 2005.

[6] M. Yoshida, T. Suzuki, Y. Oguri. W. Bin, Z. Dasen, S. Shuying and L. Xinghu, "Study on Electronic control of Air-Fuel Ration and Ignition Timing for Small Gas-oline Engine", SAE 2001-01-1861,2001.

[7] M.Sivakumar and V. Balasubramanian, "Flow Field Analysis of a Carburettor Using CFD', SAE 2005-26-058-2005.

[8] K. H. Lee, C. S. Lee, C. H. Lee and J. S. Lee, "Measurement of Spray Characteristics for Gasoline Injector Using the Image Processing Technology", ILASS-Korea, Vol.5, No.2, 2000, pp.68-74.

[9] Sang-In Lee, Sung-Won Lee and Sung-Young Park, "Study on the Spray Characteristics of a Port Fuel Injector for a Gasoline Engine", ILASS-Korea, Vol.15, No.2, 2010, pp.61-66.