

차량연비향상을 위한 점화순서 제어에 관한 연구

이태표 김중부 임국현 안두수
 현대자동차 중앙연구소 인덕대학 메카트로닉스과 LG정밀연구소 성균관대 전기전자 및 컴퓨터공학과

A study on the Improvement of Ignition Sequence control for Fuel Economy on vehicle

Lee Tae-pyo Kim Jong-boo Yim kuk-hyun Ahn Doo-soo

Abstract - In this paper, to present a new ignition control system for improvement the fuel economy.

An actual hardware was made to prove that new control system, which only some of cylinder using under the idle status or low speed preserving the engine rpm, is applicable to effect fuel economy.

1. 서 론

최근들어 경제의 어려움과 유가의 인상으로 인해 자동차의 연료 소모율에 대해 소비자들이 많은 관심을 가지게 되었다. 차량의 폭발적 증가로 근래에는 차량의 운행 형태가 많이 바뀌어 출,퇴근 시간 정체는 오히려 당연한 것으로 받아들여지고 있다. 이렇듯 시내 주행시 도로상에서의 정차 시간이나 20~40Km/h 이하의 저속, 서행형태의 주행시간이 점점 늘어나 가만히 서서 연료를 낭비하는 격이 되므로 많은 양의 연료 손실을 가져오게 되어, 시내 주행시 주행연비가 현저히 떨어지게 되는데, 이러한 낭비를 줄이기 위해 몇몇 나라에서는 신호등 정차시 시동을 끄고 다시 켜는 캠페인을 벌이기도 하였고, 엑셀 페달을 밟지 않으면 자동적으로 시동이 꺼지고 다시 밟으면 시동이 켜지는 자동차를 생산하기도 하였다 [1]. 그러나 실험적으로 엔진이 예열된 상태에서는 약80초 이상 엔진을 정지시켜야만 연비 측면에서 유리하고, 개시동시 생성되는 유해가스로 인하여 정차할 때마다 시동을 끄는 것은 오히려 환경측면에서 불리하다[5].

따라서, 본 연구에서는 연비향상을 목적으로 새로운 점화제어 방식을 이용하여 정차상태에서는 일부 실린더만으로 일정한 엔진회전수를 유지하고, 주행상태에서는 전 실린더를 이용하는 가변실린더 엔진에 대해 고찰하였다. 과거에 일부 제작되었던 가변실린더 엔진[4]은 정차상태나 저속상태에서 2개의 실린더 또는 3개의 실린더만을 이용하였으나, 저속 주행시간이 길어질수록 사용하는 실린더 주위에 열이 집중하여 열응력이 발생하게 되고, 사용하지 않는 실린더는 냉각수의 순환으로 주변의 온도가 더욱 떨어지게 되므로[2,3], 운전자가 출력을 원하여 엑셀(accel) 페달을 밟을 경우 전 실린더를 이용하게 되는데, 이럴 경우 사용하지 않는 1개 또는 2개의 실린더는 제점화시 많은 유해가스가 배출되고 연료 소모율도 많아지게 되며 회전수가 고르지 못한 결과를 가져오게 된다.

이러한 문제점을 극복하고자 새로운 점화방식과 밸브 개폐시기를 이용하여 정지상태나 저속주행상태에서와 같이 많은 출력을 요하지 않는 운행조건에서는 연료소비를 줄여 주행연비를 향상시키는 방안을 구상하였다. 즉, 하나의 실린더가 고정적으로 폭발하지 않음으로 발생하는 진동, 실화, 노킹, 열의 불균형적 분포등을 방지하기 위하여 점화순서 및 동기하는 연료 분사 순서를 새롭게 구성함으로써 상기 문제들을 해결하고, 이를 H/W로 제작하여 연비향상 효과를 확인하였다.

2. 점화순서 제어 이론

2.1 점화순서 제어방안

먼저 3실린더 엔진, 5실린더 엔진과 같은 홀수 기통의 소형 엔진과 4실린더, 6실린더엔진과 같은 짝수 기통의 엔진을 구분하고, 홀수 실린더는 3기통의 소형엔진을 기준으로 하고 짝수 실린더는 일반 승용차용의 엔진을 기준한다. 홀수 실린더 엔진의 정상적인 점화 순서는 1번-3번-2번 순서대로 진행되고, 짝수 실린더 엔진은 1번-3번-4번-2번 실린더 순서대로 점화가 이루어진다. 이러한 정상상태에서 가변실린더 작용을 하게되면 다음과 같이 점화 순서가 변화한다.

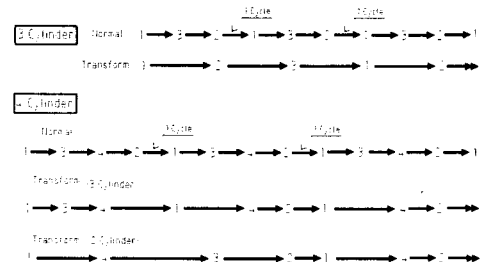


그림1. 점화순서 제어방안

홀수 실린더 엔진에서는 가변 실린더 작동시 점화 순서를 1번-2번-3번-1번-2번으로 한실린더씩 건너 뛰어 점화 시키는 것이다. 즉 한 개의 실린더는 1440°의 두 사이클동안 1회 점화하는 것으로 모든 실린더가 계속적으로 가동되는 것이고, 짝수 실린더 엔진에서는 3실린더 구동시에는 720°의 한 사이클동안 하나의 실린더만을 작동시키지 않는 것으로 엔진의 한 사이클을 기준으로 1번, 3번, 4번, 2번을 순차적으로 작동시키지 않는 방식이다. 또한 2실린더 작동시에는 한 사이클(720°)을 기준으로 1번, 4번 실린더가 작동하고 다음 사이클일때는 2번, 3번 실린더가 작동한다. 이러한 방식으로 모든 실린더를 약간의 시간간격을 통해 계속해서 가동시키면서 전체적인 실린더 점화횟수를 현저히 줄일 수 있어 기존의 가변실린더 엔진이 가지는 단점을 많이 보완하였다.

표1. 기존차량대비 기기 장착 차량 연비 효과

| 비교 사항 | 기존 차량 | 기기 장착 차량 |
|----------------------|---------|------------------------|
| 공회전 및 저속 | 전 실린더가동 | 2실린더만 구동시켜 약30%의 연료 절감 |
| 중,저속 주행시 (30km~50km) | 전 실린더가동 | 3실린더만 구동시켜 약 15%의 연료절감 |
| 고속 주행시 및 급가속, 경사길 | 전 실린더가동 | 고출력을 위해 전 실린더가동 |

구동장치로는 솔레노이드를 이용하여 원하는 시기에 보조 밸브를 눌러 열어 줄 수 있도록 설계 제작하였다. 보조 밸브의 복귀는 기존과 마찬가지로 밸브 스프링에 의한다. 보조밸브를 구동하기 위해 밸브를 밀어주는 로드가 실린더 헤드 커버를 관통하여 외부에 설치되므로 엔진오일의 누출 가능성이 있어 헤드커버에 홀 가공을 하고 밸브 스템을 이용하여 오일의 누출을 막고 보조밸브의 원활한 작동이 이루어지도록 하였다.

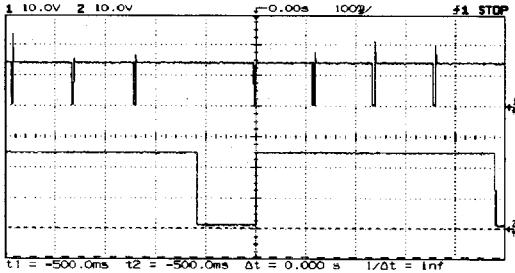


그림 4. 제어된 연료분사와 솔레노이드 작동 신호

그림 5에서는 보조 밸브 구동장치인 솔레노이드 구동 장치의 제작 및 장착을 보여주고 있다.

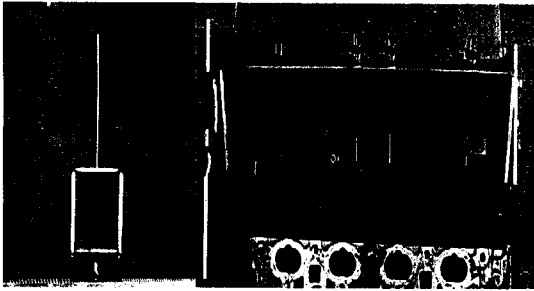


그림 5. 보조밸브 구동용 솔레노이드 구동장치

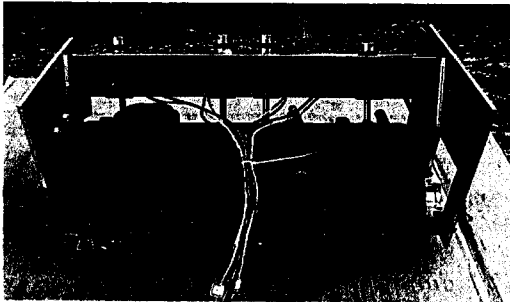


그림 6. 보조밸브의 장착 모습

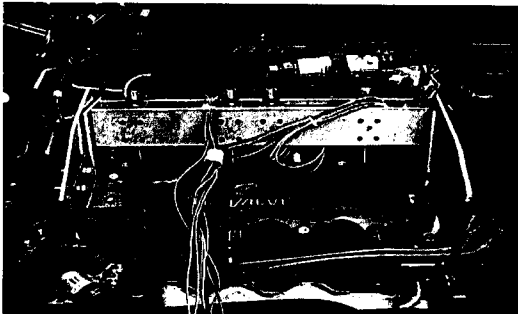


그림 7. 보조 밸브의 실차 장착 모습

3.4 제어기

바이패스 제어기는 C-MOS와 스위칭 트랜지스터 (switching transistor)를 이용해 HARDWARE적으로 제작하였다. 바이패스 제어기를 이용해 분사신호를 차단한 결과 ECU에서 인젝터의 구동이 멈추었음을 파악하여 고장 진단을 내리고 분사신호를 계속해서 차단하는 결과를 확인하였다. 이를 해결하기 위해 ECU로부터 출력되는 분사 신호를 흡수할 수 있도록 별도의 저항을 설치하고, 인젝터는 ECU의 분사 신호로 작동되는 스위칭 트랜지스터 (switching transistor)를 이용해 구동하였다.

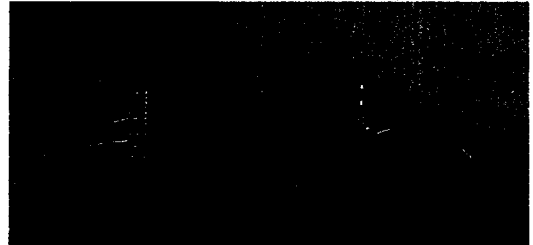


그림 8. 분사 신호 제어기

3.5 비교실험 장치

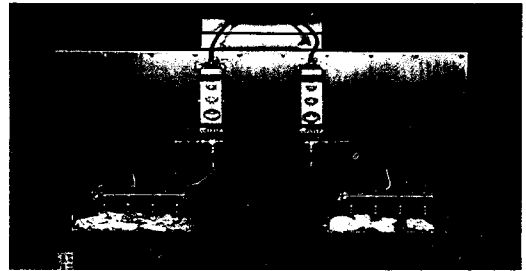


그림 9. 연료소비량 비교장치

4. 결 론

새로운 점화방식과 밸브 개폐시기를 이용하여 정지상태나 저속주행상태에서와 같이 많은 출력을 요하지 않는 운행조건에서는 연료소비를 줄여 주행연비를 향상시키는 방안으로 정지상태와 저속상태, 서행상태일 때 연료분사를 차단하여 3기통 모드로 구동시켰을 때, 연료 소모량 비교 실험장치를 통해 확인한 결과 약 20%의 연료 소비율 감소현상을 확인 할 수 있었다. 정확한 분사 신호의 제어를 위해 ECU로부터 출력되는 분사신호를 흡수할 수 있도록 별도의 저항을 설치하고 인젝터는 ECU의 분사 신호를 작동되는 스위칭 트랜지스터를 이용하여 구동시킬 수 있는 바이패스제어기를 Hardware로 제작하였다. 본 실험 결과 ECU 로직(Logic)의 변화없이 외부에 장치된 바이패스 제어기만으로 약 20%의 연료 절감을 얻을 수 있었다.

(참 고 문 헌)

- [1] E. Kreyszig, "Advanced Engineering Mathematics", P205-P211, 1992
- [2] Yasuhiko Iwamoto, Yoshiaki Danno, Osamu Hirako, Toyoaki Fukui, and Nobuaki Murakami, "The 1.5-Liter Vertical Vortex Engine," SAE Paper 920670
- [3] Kaoru Horie, Kazutoshi Nishizawa, Toru Ogawa, Shusuke Akazaki, and Keiji Miura, "The Development of a High Fuel Economy and High Performance 4-Valve
- [4] Meirovitch, L., "Dynamics and Control of Structures", Wiley-Interscience, 1990
- [5] Doyle, J. C. and Stein, G., "Multivariable Feedback Design : Concepts for a Classical/Modern Synthesis", IEEE Trans, Automat. Contr., Vol. AC-26, PP 4-16, 1981