

ULEV 규제 대비 엔진 및 배기가스 제어기술 현황

이귀영, 황자룡, 박수찬

대우자동차 기술연구소

1. 서론

종래의 carburetor 및 기계식 연료 분사 장치를 대신하여 전자제어 연료분사 장치가 적용된 이래 자동차 엔진 제어 시스템 (Engine Management System)은 획기적인 발전을 거듭했다. 이렇게 도입된 전자제어 연료분사 방식은 1966년 미국 캘리포니아주에서 시작된 자동차의 배기가스 규제를 만족시키기 위한 수단으로서 뿐만 아니라 자동차에 요구되는 성능 및 운전성과 연료 경제성을 함께 향상시켰다. 최근 microcomputer의 발전과 더불어 제어하고자 하는 항목과 정밀도도 비약적으로 증가하는 것이 가능하게 되었고 연료분사에 필요한 제어만으로 그치지 않고 점화시기(spark timing) 제어를 비롯하여 transmission 제어 등 자동차의 동력전달체계를 전부 제어하는데 까지로 응용범위가 넓어지고 있다.

그림 1은 엔진 제어 시스템의 한 예를 나타낸다. ECU (Engine Control Unit)는 냉각수 온도 센서, 흡기 유량 센서, Lambda 센서 등 각종 센서로부터 들어오는 정보를 종합하여 최적의 연료 분사량 및 점화시기를 결정해 준다. 각 부하조건 및 엔진 회전수에 따른 최적의 연료 분사량 및 점화시기는 엔진 개발 단계에서 calibration과정을 통하여 결정된다. 전자 제어 시스템의 장점은 다음과 같다.

- 연비 향상
- 뛰어난 가속속 반응
- 단위 배기량당 출력 증가
- 배기가스 저감
- 뛰어난 냉시동성

전세계적으로 환경오염에 대한 관심이 집중되면서 대기오염의 주범인 자동차 배기가스 저감을 위한 움직임이 각국

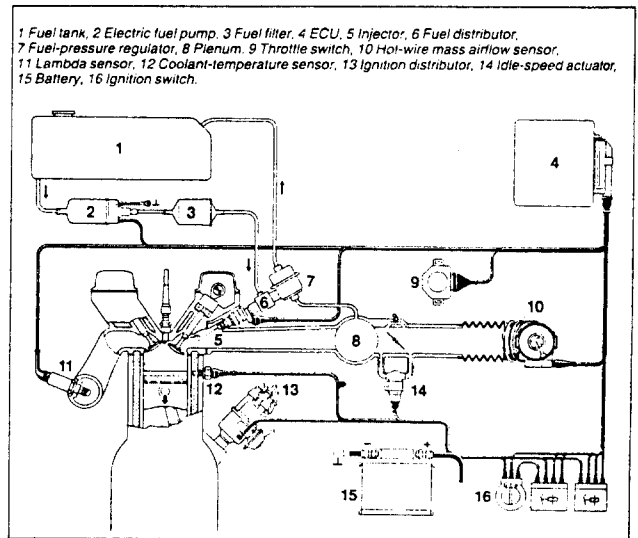


그림 1. 엔진 제어 시스템 개략도.

정부 및 환경 관련 단체를 중심으로 한층 활발해지고 있다. 세계적으로 규제가 가장 심한 미국의 경우 캘리포니아 대기자원국(CARB)에서는 2010년까지 자동차 배기가스를 단계적으로 줄이는 TLEV, LEV, ULEV 규제 등의 예시안을 제안했으며 이미 94년부터 TLEV 규제를 적용중에 있다. 이는 표 1에서와 같이 Model Year별로 각 규제를 만족하는 차량의 판매 할당을 정했을 뿐만 아니라 각 기업별 전체 판매차량에 대한 NMOG (Non-Methane Organic Gas) fleet average를 규제 대상으로 하고 있다. 또한 나머지 49개 주에서도 캘리포니아와 동일한 규제를 적용 예정으로 있으며 유럽도 EURO II/III와 같은 강화된 배기가스 규제 법안을 제정해 놓고 있다. 이와 같은 강화된 배기가스 규제를 만족시키기 위해서는 엔진 제어 시스템의 적용은 필수적이며 점

표 1. CARB 규제치 및 연도별 적용 비율.

5만 마일 기준 (g/mile)

규 제	Model Year				94	95	96	97	98	99	2000	2003
	NMOG	CO	NOx	HCHO								
CURRENT	0.25 *	3.4	0.4		90%	85%	80%	73%	48%	23%		
TLEV	0.125	3.4	0.4	0.015	10%	15%	20%					
LEV	0.075	3.4	0.2	0.015				25%	48%	73%	96%	75%
ULEV	0.04	1.7	0.2	0.008				2%	2%	2%	2%	15%
ZEV	0.0	0.0	0.0	0.0					2%	2%	2%	10%
NMOG fleet average					0.250	0.231	0.225	0.202	0.157	0.113	0.073	0.062

*NMHC

TLEV : Transitional Low Emission Vehicle

LEV : Low Emission Vehicle

ULEV : Ultra Low Emission Vehicle

ZEV : Zero Emission Vehicle

차 제어해야 할 항목이 증가하고 있다.

본고에서는 엔진 제어 시스템의 이해를 돕기 위해 EMS의 구성 부품에 대해 설명하고, ULEV 규제를 만족시키기 위한 배기가스 제어기술에 대해 살펴보았다.

2. 엔진 제어 시스템(EMS)의 구성 부품

엔진 제어 시스템은 그림 1에서와 같이 흡입 유량센서, 공기 온도 센서, 대기압 센서 그리고 냉각수 온도 센서, crank angle 센서등 각종 센서로부터 들어오는 정보를 ECU에서 수집해 임의 운전 상태에 대한 최적의 연료 분사량 및 점화시기를 결정한다. 결정된 signal에 따라 injector 및 distributor가 작동한다. 또한 정교한 공연비 제어를 위해 O₂ 센서(혹은 lambda 센서)로부터 들어오는 신호를 이용하여 연료 분사량을 수정한다. 이외에도 공회전 제어를 위한 idle speed control, NOx 저감을 위한 EGR valve control 그리고 엔진 연소 불안정 현상인 knocking을 방지하고 출력 향상을 위한 knock control mode가 추가된다. 이와같은 기본적인 역할을 수행하는 엔진 제어 시스템의 구성 부품에 대해 자세히 살펴보기로 하자.

2.1 Air Flow Meter

전자 제어 연료 분사 시스템에서 엔진의 가혹한 운전조건에서도 최적의 공연비(Air-Fuel Ratio)로 정확하게 제어하기 위해서는 흡입 공기량 측정이 선행되어야 하며, 공기량 측정장치인 Air Flow Meter는 EMS 구성 부품중 가장 중요한 품목중의 하나이다. Air Flow Meter가 갖추어야 할 조건은 다음과 같다.

- 넓은 공기유량 영역에서의 정확한 응답 특성
- 공기유량의 빠른 변화에 대한 신속한 응답성

- signal processing의 용이

Air Flow Meter는 측정 방식에 따라 직접 검출 방식과 간접 검출 방식이 있다. 간접 검출방식으로는 speed density type과 throttle speed type이 있고, 직접 검출방식으로는 다음과 같은 두가지 방식이 있다.

- 공기 체적 검출 방식 : Karman Vortex type
Vane type
- 공기 질량 검출 방식 : Hot Wire type
Hot Film type

2.2 Air Temperature Sensor

엔진에 흡입되는 공기의 질량은 온도 및 대기압에 따라 변하므로 체적 유량을 측정하는 방식에서는 이에 대한 공기의 질량 보정이 필요하다. ECU는 온도 센서로부터의 출력 전압에 의해 흡기온도를 감지하여 흡입공기 온도에 대응하는 연료분사량의 보정을 한다.

2.3 Barometric Pressure Sensor

대기압에 따른 흡입 공기의 밀도를 보정하기 위한 대기압 센서는 대기압을 검출하여 전압으로 변환한 신호를 ECU에 보낸다. ECU는 이 신호를 이용하여 차의 고도를 계산하여 적절한 공연비가 되도록 연료분사량을 보정하며 점화시기도 보정한다.

2.4 Throttle Position Sensor

이는 throttle valve의 축과 같이 회전하는 가변 저항기로서 throttle valve의 개도를 검출하기 위한 것이다. throttle valve의 회전 각도에 따라 출력전압이 변화하여 ECU는 이 TPS 신호와 엔진 회전수 등 다른 입력 신호를 종합 운전 모드를 판정하여 연료 분사량을 제어한다.

2.5 Idle Speed Control

idle시에는 throttle valve가 닫혀진 상태이므로 엔진으로의 공기 유입은 throttle valve의 틈새 및 idle control valve를 통하여 이루어진다. idle 회전 속도는 엔진 개발 과정에서 결정되며, 이는 idle control actuator의 연속적인 개폐로 인한 공기량 제어를 통해 유지된다. 일반적으로 idle 회전수가 낮으면 회전이 불안정해지고 발진시 engine stall이 일어나기 쉬우며 역으로 회전속도가 크면 idle 연비가 나빠진다.

2.6 Fuel Pressure Regulator

Injector를 통해 분사되는 연료량은 분사압력, 분사시간 및 spray hole 직경에 의해 결정된다. 따라서 spray hole의 dimension이 결정된 Injector에 대해서 연료의 분사량을 통전시간으로 제어하려면 분사압력이 흡기관 압력에 대응하여 일정하게 유지되도록 해야 한다. 이와 같은 기능을 수행하는 것이 fuel pressure regulator이다.

2.7 Injector

전자 연료 분사 시스템에 있어서 연료의 분사는 injector에 의해 이루어진다. 분사량은 ECU에서 산정된 Injector 개도시간에 종속되며 기본적으로 다음과 같이 두가지 시스템으로 분류된다.

- SPI (Single Point Injection)
- MPI (Multi Point Injection)

Injector의 분사 장소가 흡기관이므로 injector의 분사압력이 흡기관 부압에 대하여 일정하게 유지되도록 연료 압력 조절기(fuel pressure regulator)에 의하여 연료의 압력은 조절되며, 잉여 gasoline은 연료탱크로 반환된다.

SPI 시스템의 경우, 연료는 throttle valve 상부 중앙에 위치한 하나의 injector에 의해 분사되며, 각 실린더로의 혼합기 분포는 manifold에 의해 이루어진다. MPI 시스템의 경우, 각 실린더마다 하나의 injector가 있으며 injector는 manifold내에 장착되어 각 실린더의 흡입 밸브를 향해 분사된다. 각 injector로의 연료 공급은 fuel distributor에 의해 이루어진다. MPI용 injector의 구조는 그림 2와 같다. 또한 MPI 시스템의 경우 injector의 분사방식은 다음과 같이 분류된다.

- 연속분사(sequential injection)
- Group 분사(group injection)
- 동시분사(simultaneous injection)

그림 3은 각 분사 방식에 대하여 도식한 것이다. 연속분사는 각 실린더의 흡입행정에 맞춰서 개별적으로 각 injector에 구동 pulse가 가해져 분사하는 방식이다. group 분사는 주어진 엔진 회전에 있어서 흡입 행정이 이루어지기 전에 2(4 실린더의 경우) 또는 3(6 실린더의 경우) group으

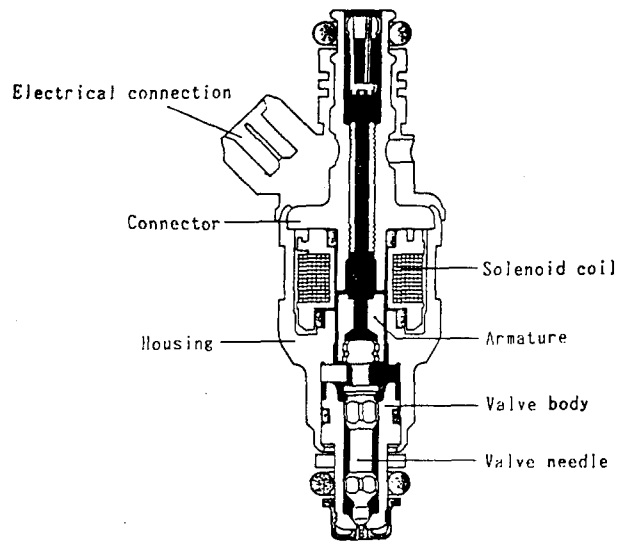


그림 2. MPI용 Injector의 구조.

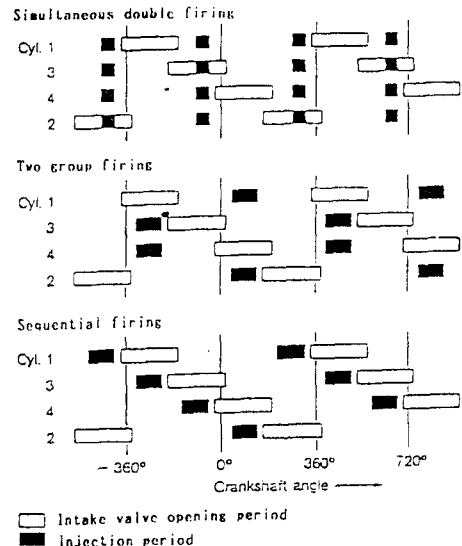


그림 3. MPI 시스템의 분사방식.

로 나누어 분사하는 방식이며, 동시분사는 모든 injector가 동시에 분사를 하는 방식이다.

2.8 Crank Angle Sensor

점화시기는 1°CA (Crank Angle) order의 정도로 제어되는 것을 요구한다. 예를 들면 엔진 회전속도가 6000rpm의 경우 1°CA 는 약 $30\mu\text{s}$ 라는 아주 짧은 시간이 된다. 따라서 timing을 정확히 제어하기 위해서는 crank각을 정확하게 검출해야만 한다.

crank angle sensor는 점화시기의 기준인 crank angle 뿐만 아니라 엔진 회전수의 검출도 병행하고 있다.

2.9 Ignition Control

가솔린 엔진은 피스톤으로 압축한 혼합기를 점화 plug의 spark에 의해 점화 연소시켜 출력을 얻는다. 점화에 의해 발생한 연소가스의 압력이 피스톤을 밀어 내려서 효율적으로 출력을 얻도록 최적의 crank 위치에서 충분한 에너지의 spark를 발생시키는 것이 중요한 제어항목이다.

점화장치는 10~35kV의 고전압을 발생시키는 ignition coil과 igniter, 고전압을 엔진의 각 기통에 분배하는 distributor와 high tension cable, 그리고 방전부인 점화 plug로 구성되어 있다.

2.10 O₂ Sensor(or lambda sensor)

배기가스 규제에 대응하기 위하여 삼원촉매장치(three-way catalyst)가 많은 차량에 탑재되어 있다. 삼원촉매는 이론 공연비 부근에서 CO, HC의 산화, NOx의 환원을 동시에 행하고 각각 CO₂, H₂O, O₂, N₂의 무해한 성분으로 변환시키는 능력을 갖는다. 따라서 삼원촉매를 효과적으로 사용하여 배출가스를 충분히 정화하기 위해서는 공연비를 정도 높게 이론 공연비로 유지할 필요가 있다. 그러나 그림 4에서 보는바와 같이 CO, HC, NOx를 모두 정화할 수 있는 공연비 범위가 극히 좁기 때문에 open loop 제어로는 이 요구를 만족시킬 수 없다. 그러므로 삼원촉매가 요구하는 공연비를 실현하는 방법으로 배기관에 O₂ sensor를 부착하여 공연비가 이론 공연비에 비해 농후상태(rich)인지, 희박상태(lean)인지를 검출하여 ECU에 전기신호를 보내 연료 분사량을 제어(feed-back control)함으로써 이론 공연비를 유지하도록 하고 있다.

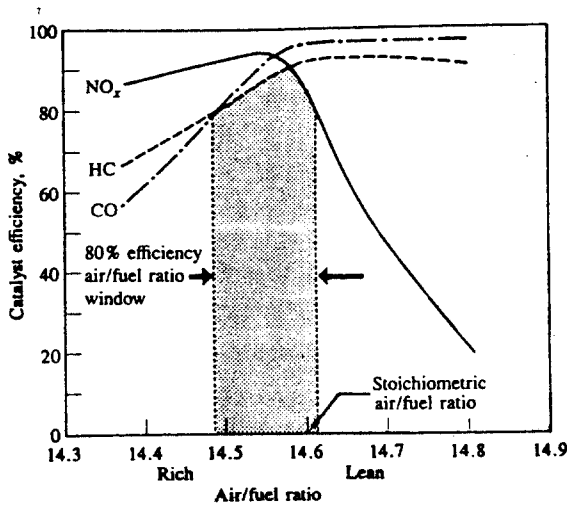


그림 4. 공연비 변화에 따른 삼원촉매장치의 정화효율 변화.

2.11 EGR(Exhaust Gas Recirculation) valve

자동차 배기가스 성분중 NOx(질소산화물)는 인체의 중추신경 및 점막에 유해한 물질일 뿐만 아니라 광화학 smog

의 주원인으로 세계 각국에서는 HC, CO와 더불어 규제가 더욱 강화되고 있다. CO 및 HC는 불완전 연소의 결과로 발생되므로 이의 감소를 위한 연소의 개선은 기관성능도 향상되는 결과를 가져오나 NOx는 연소온도의 상승과 함께 증가하며(그림 5), 일반적으로 연소온도가 2000℃를 넘으면 급격히 증가하는 경향을 보이므로 NOx를 감소시키기 위해서는 기관성능의 희생을 다소 감수하여야 한다. 실제로 NOx의 감소에는 연소온도를 낮추는 방법이 효과적이어서 배기가스의 일부(약 6~13% 정도)를 재순환 시키면 연소실내에 불활성 가스(CO₂ 등)가 유입되기 때문에 연소시 최고 온도가 낮아지고 이에 따라 NOx의 배출량은 감소한다.

최근 많이 사용되는 방식은 전자제어 방식(electronic controlled type)으로 엔진 회전수 및 부하에 따라 미리 program 된 EGR율로 제어하기 위하여 그림 6과 같이 EGR valve 부압실에 연결되는 vacuum line 도중에 solenoid valve를 설치하고, 이 solenoid valve를 duty control 하여 EGR valve에 걸리는 부압을 제어함으로써 EGR을 행하는 방식이다.

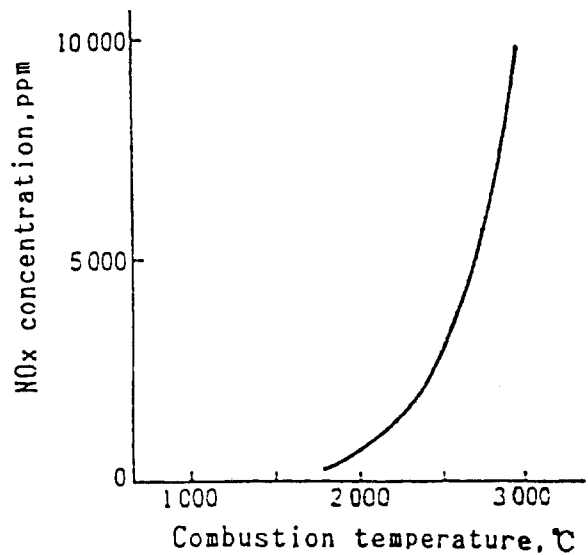


그림 5. 연소온도와 NOx 농도와의 관계.

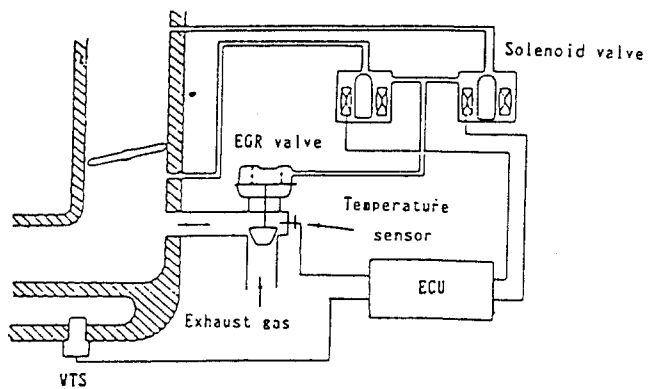


그림 6. 전자제어방식의 EGR valve.

2.12 ECU (Electronic Control Unit)

ECU는 각종 센서의 신호에 근거하여 엔진 상태에 대응하는 연료분사량을 결정하고 이 분사량에 대응하여 injector의 분사시간을 제어할 뿐만 아니라 점화시기도 제어한다. 우선 엔진내의 흡입공기량과 엔진 회전속도로부터 기본분사 시간을 계산하고, 이것에 각 센서로부터의 신호에 따른 보정을 더하여 총 분사시간(연료분사량)을 결정하고 있다. 종래의 ECU는 연료분사 제어뿐이었지만 최근에는 microcomputer에 의한 digital 제어가 종래의 analog 제어에 비해서 단 시간에 보다 많은 정보처리가 가능하기 때문에 다가능을 가진 고정밀도의 엔진 집중제어가 가능하게 되었다.

ECU에 입력되는 센서신호의 형태로는 throttle position 신호나 수온 sensor 등의 analog 신호와, idle switch의 점접신호나 차속 sensor 신호 등의 digital 신호의 2종류가 있다. 신호형태의 차이에 따라서 ECU 내의 입력처리방법도 달라진다. 센서로부터의 입력신호가 ECU에 입력되면 우선 입력회로를 통과하고 digital 신호는 직접, analog 신호는 A/D converter를 이용하여 digital 신호로 변환한 후 연산처리하고 엔진 상태에 대응하는 최적의 연료분사 시간을 결정한 후 그 결과를 출력회로를 통하여 injector를 구동한다.

2.13 Water Temperature Sensor

수온센서는 흡기다기관 냉각수 통로에 설치되어 냉각수 온도를 검출하는 일종의 저항기(thermister type)로서 냉각수 온도에 따라 연료분사량의 증감 및 점화시기를 보정하는데 사용된다.

2.14 Knock Sensor

연소실에서의 화염 전파 도중에 압력이 비정상적으로 높게 된 경우 화염의 전파를 기다리지 않고 자기착화해서 일시에 연소해 버리는 경우가 있다. 이 경우 급격한 연소에 의해 생기는 압력상승이 연소실내의 가스를 진동시키고 이로 인해 엔진블럭을 두드리는 것과 같은 음을 발생시킨다. 이러한 현상을 knocking이라 한다. knocking이 계속되면 점화 plug 전극이나 피스톤의 과열등 엔진에 큰 damage를 주므로 knocking이 발생하지 않도록 제어할 필요가 있다. knocking은 점화시기와 밀접한 관계가 있기 때문에 knocking의 제어는 점화시기를 제어함으로써 가능해진다.

knock sensor는 실린더 블럭에 부착되며 실린더 블럭에 전해지는 knocking에 의한 진동을 piezo 압전효과를 이용한 센서에 의해 전기 신호로 변환한다.

3. 배기가스 제어 기술

앞에서도 언급했듯이 전자제어 시스템의 장점으로는 연비 향상, 출력증가, 뛰어난 냉시동성 및 가감속 반응 그리고 배

기가스 저감등이 있다. 최근들어 미국을 선도로하여 전세계적으로 배기가스 규제가 점차로 강화됨에 따라 각 maker들은 배기가스 저감을 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 따라서 강화되는 배기가스 규제를 만족시키기 위해서는 전자제어 시스템의 적용이 필수임은 물론 추가 기능이 늘어나고 있는 추세다. 더욱이 emission 관련 부품의 자기 고장 진단 기능인 OBD-II (On-Board Diagnostics II) 기능을 1996년부터 미국에 판매되는 차량에 채택하도록 되어있어 이를 만족시키기 위해서는 EMS의 용량 증대 및 관련 제어기술의 개발이 질실히 요청된다. 이와같이 엔진 및 차량개발에 있어 최대의 관심사중의 하나가 배기가스 저감기술이며 최근에 개발되는 모든 엔진들은 ULEV 규제 만족을 목표로 하고 있다. 이런 배경하에서 세계 자동차 업계에서는 나름대로의 연구개발을 통해 그 해결 방안을 강구중에 있으며 지금까지 발표된 해결방안으로는 전략적 측면에서 크게 engine-out emission을 줄이는 방법과 배기가스 후처리 장치를 이용하는 방법으로 나눌 수 있다. 그리고 이들 시스템은 엔진 제어시스템의 최적화를 통해 그 효율을 극대화할 수 있다.

3.1 Engine-out Emission 저감 방안

이는 엔진에서 발생하는 배기가스 발생을 최소화하기 위한 방안으로 초기 엔진 설계시부터 고려해야 할 사항이다. 엔진에서 발생하는 HC 저감 방안으로서 crevice volume 최소화가 있다. crevice volume이란 연소실에서의 연소가 일어나기 힘들 정도의 좁은 공간으로 피스톤과 실린더벽 사이의 공간, 흡배기 밸브와 seat ring 사이의 공간등을 의미한다. 혼합기가 이 공간에 있게 되면 결국 미연소상태로 배출되므로 설계시 이를 최소화해야 한다.

보다 적극적인 방법으로는 흡기 유동을 제어하여 엔진 성능 향상은 물론 연소효율을 높이는 방안이 있는데 대표적인 것이 AVL사의 CBR (Controlled Burn Rate) 시스템으로 그림 7과 같다. 비대칭인 흡기 포트중 한쪽에 control valve를 장착한 것으로 부하 및 회전수에 따라 최적의 유동상태를 유지하도록 밸브의 개도를 조절하는 것이다. 이러한 시스템은 안정된 연소를 확보하여 HC 발생이 감소할 뿐만 아니라 EGR 효율을 향상시켜 NOx를 상당량 줄일 수 있다.

밸브의 개폐를 임의로 조절할 수 있는 linear EGR 밸브를 이용하면 NOx 발생을 최소화시키는 물론 연비를 향상시킬 수 있다. 이는 종래의 manifold 부압을 이용한 방식이 아닌 ECU의 명령에 의해 작동되는 것이다. 또한 종래의 기계식 throttle control을 대신한 electric throttle control 역시 배기가스 저감 및 연비향상에 큰 효력이 있다. 그리고 정교한 점화시기 제어를 위해 distributor를 대신하여 direct electronic ignition 시스템이 채택되고 있다. 이와같이 engine-out emission 저감을 위해서 연소실이라든가 피스톤, 흡기포

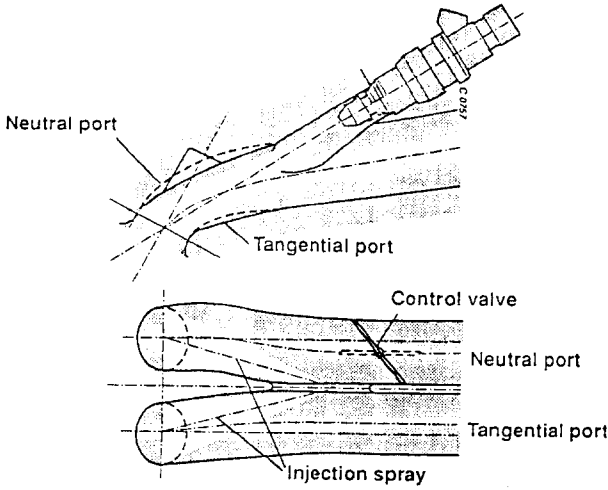


그림 7. AVL사의 CBR 시스템의 흡기 포트 형상.

트, 밸브 타이밍 최적화와 같은 엔진 설계의 최적화와 아울러 정교한 제어를 위한 전자 제어 장치들의 사용이 증가되고 있음을 알 수 있다.

3.2 배기가스 후처리 기술

배기가스 중에서 규제 대상이 되는 것은 미연 HC, CO, NOx 이며, 이는 공연비를 이론 공연비(stoichiometric)에 가깝게 제어할 수 있다면 catalytic converter 하나로써 대부분 정화가 가능하다. 공연비에 따른 엔진에서의 배기가스 발생 농도는 그림 8과 같다. 즉, HC 및 CO의 경우 공연비가 농후(rich)해 질수록 증가하는 경향을 보이거나 NOx의 경우는 이론 공연비보다 약간 lean한 상태에서 발생량이 크고

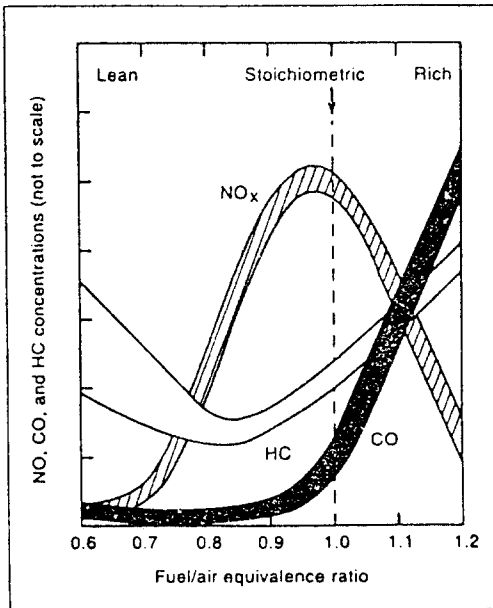


그림 8. 공연비에 따른 엔진에서의 HC, CO, NOx 배출 농도 변화.

기타 영역에서는 감소하는 경향을 보임을 알 수 있다. 그리고 공연비에 따른 catalytic converter의 정화효율(conversion efficiency)을 나타내는 그림 4를 보면 이론 공연비를 중심으로 극히 작은 공연비 범위내에서만 모든 배기가스에 대해 높은 정화효율을 나타냄을 알 수 있다. 따라서 배기가스 저감을 위해서는 정교한 공연비의 제어가 선행조건임을 알 수 있다. 이는 배기가스 중의 산소 농도에 비례하는 전압 신호를 내는 linear O₂센서 출력을 이용하여 공연비를 이론 공연비로 feedback 제어함으로써 가능해진다.

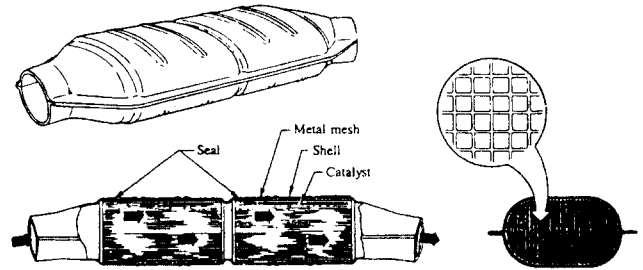


그림 9. Catalytic Converter의 구조.

일반적으로 사용되고 있는 catalytic converter는 그림 9와 같다. catalyst의 주성분은 Pt(백금), Rh(로듐), Pd(팔라듐)과 같은 귀금속 계열이며 각각의 함유량을 조절해서 최적의 정화효율을 갖도록 해야하는데 활성화 온도에 도달하면 높은 정화효율을 나타낸다.

그림 10은 온도에 따른 catalyst 정화효율을 나타낸다. 충분히 높은 온도에서의 정상상태 정화효율은 CO의 경우 99% 정도이며 HC의 경우도 95% 이상 된다. catalyst의 정화효율이 50%에 해당하는 온도를 light-off 온도라고 한다. 그러나 엔진 냉시동시에는 catalyst가 활성화 온도에 도달하기 이전에 많은 양의 HC 및 CO 성분이 배출되는데, 표 1 규제의 운전 모드인 FTP-75 mode 시험시(그림 11) 냉간 운전시(150초 이내)에 발생하는 NMHC (Non-Meth-

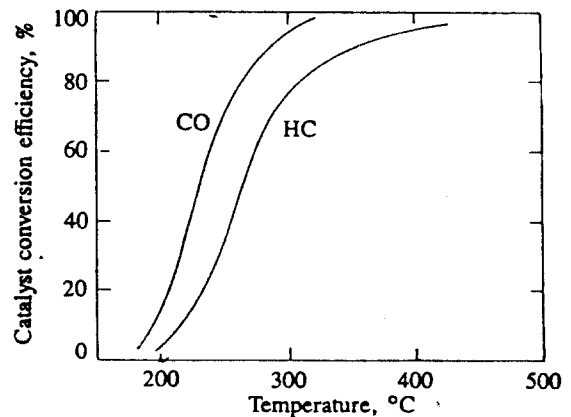


그림 10. Catalyst의 온도에 따른 CO, HC 정화효율.

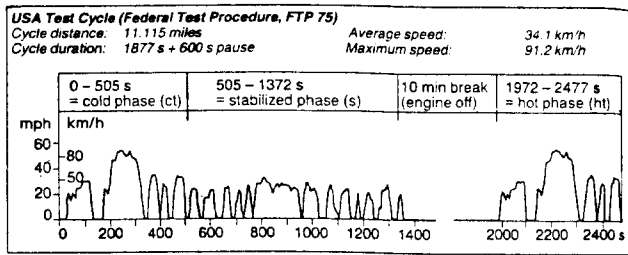


그림 11. 배기시험 운전 모드인 FTP-75.

ane Hydrocarbon)와 CO 양은 전체 배출량의 약 80% 정도다. 이런 특성으로 인해 catalyst의 light-off time내에 배출가스를 처리해야만 한다.

이를 위한 방안으로 EHC(Electrically Heated Catalyst)가 있다. 이는 catalyst의 light-off time을 줄이기 위해 catalyst내에 열선을 장착한 것으로 시동후 battery로부터 전원을 공급하여 catalyst가 활성화 온도에 빨리 도달하도록 하는 것이다. lambda 센서 역시 일정온도 이상이 되어야 정확한 출력을 나타내기 때문에 lambda 센서내에 열선을 장착한 heated type lambda 센서 역시 필수적으로 사용되어야 한다. 또 대부분의 차량이 냉시동후 warming-up중 엔진의 공연비가 농후한 상태에서 작동되기 때문에 배출가스중에 포함된 CO와 HC가 산화반응을 일으킬 수 있는 산

소가 충분하지 못하다. 이 문제를 해결하기 위해 2차 공기를 배기 매니폴드에 공급하여 냉간 시동시 산화를 촉진하는 secondary air injection 방식도 채택되고 있다. 또한 엔진 배기 manifold에 가깝게 추가로 보조 converter를 장착하는 close-coupled catalytic converter도 적용되고 있다. 이는 엔진 가까이 converter를 설치하여 배기가스가 배기관을 따라가며 발생하는 열손실을 최소화하여 정화효율을 향상시키는 방법이다.

ULEV 규제 만족을 위해서는 위에서 언급한 기술외에도 많은 새로운 기술이 개발되고 있으며 필요에 따라 위에서 언급한 기술들의 조합으로 소기의 목적을 이루고 있다.

참 고 문 헌

- [1] "Engine Management System", KEFICO.
- [2] "Automotive Handbook, 3rd Edition", BOSCH, 1993.
- [3] J. B. Heywood, "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw-Hill, 1988.
- [4] "Advanced Engine Technology for Low Emission-1995 Seoul Motor Show Seminar", AVL, 1995.

저 자 소 개



이 귀 영

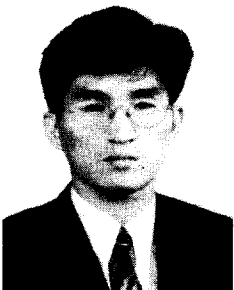
1973 서울대학교 기계공학 학사
 1981 서울대학교 기계공학 석사
 1984 U.C Berkely 기계공학 박사
 1975.7~1981.2 대우중공업 (주)
 1986.1~1992.12 대우자동차 (주)
 1993.1~현재 고등기술연구원
 자동차기술연구실장

현재 대우자동차 기술연구소 P/T설계개발담당 이사.



황 자 룡

1977 서울대학교 기계공학 학사
 1979 서울대학교 기계공학 석사
 1979.3~1984.3 국방과학연구소
 1984.3~1986.3 대우중공업
 1986.3~현재 대우자동차
 기술연구소 현재 P/T 설계4실장.
 현재 P/T 설계4실장.



박 수 찬

1988 서울대학교 농업기계학 학사
 1990 포항공과대학 기계공학 석사
 1990.1~현재 대우자동차 기술연구소
 현재 P/T설계4실.