



북미 OBD-II 법규

박 정 국 · 현대자동차(주) 남양연구소 수석연구원

1. 서 론

OBD-II(On-Board Diagnosis) 법규는 미국의 자동차 배출가스 관련 규제 중 하나로서 차량에 내장된 컴퓨터로 차량 운행 중 배출가스 제어 부품이나 시스템을 진단하여 고장으로 판정되었을 때 고장 코드(DTC: Diagnostic Trouble Code)를 저장하고 경고등(MIL: Malfunction Indicator Light)이 켜지도록 규정한 법규로 94MY 이후 승용차와 경 중형 트럭과 차량을 적용 대상으로 하며 현재는 미국 전역을 포함한 Canada까지 이 법규를 만족하는 차량만 판매할 수 있다.

유럽(EU)에서도 이와 유사한 내용의 법규를 제정하여 2000년부터 시행 중이며 북미 OBD-II와 동일한 개념으로 진단 항목별 상세 규정없이 정해진 배출가스 기준치를 넘을 때 경고등을 점등하도록 규정하고 있다. 가장 큰 차이점은 북미 OBD-II와는 달리 증발가스시스템의 누출감지를 제외하고 있다는 것이다.

북미에서 1963년 도입된 Clean Air Act의 발효와 더불어 자동차 배출가스 규제가 시작되었는데, 1980년대에 엔진 기술의 향상과 더불어 배출가스 제어 목적으로 도입된 엔진 전자제어 시스템에 의해 촉매가 최적으로 기능을 발휘하기 위한 공연비와 점화 시기를 전자 제어하여 배출가스를

줄이게 될 수 있었고 이러한 전자제어 시스템의 고장 진단을 도울 목적으로 OBD를 도입하게 된다.

처음 적용된 기존 OBD 시스템들은 전자부품과 결선의 단락 점검만을 행했기 때문에 촉매나 산소 센서의 열화, 센서나 액추에이터의 비정상적인 거동등에 의해 배출가스가 증가하는 것을 알 수 없을 뿐 만 아니라, 진단 장비와 연결하기 위한 컨넥터, 고장코드, 경고등의 점등기준과 저장된 정보의 형태가 표준화 되어있지 않아 차량이나 제작업체마다 다른 컨넥터가 필요하였고, 고장코드를 해석하기 위한 여러가지 다른 자료가 있어야 하는 등 많은 혼선과 불편을 초래하였다.

이러한 문제를 해결하기 위해 범용 진단장비 연결 컨넥터와 통신사양, 전자제어부품의 용어와 고장코드를 표준화된 것으로 사용하도록 하고 고장이 발생되면 배출가스가 증가될 항목 별로 고장판정 기준과 진단 요건등을 추가하여 개정된 것이 OBD-II 법규이다. 또, 정비소에 경고등 점등으로 입고된 차량에 대해서 관련 고장 발생 상황을 쉽게 파악할 수 있도록 해야 하므로 고장 코드, 고장 발생시 운전상태(Freeze Frame), 관련 센서 측정값등 고장 발생 항목과 내용을 구체적이고 개별적으로 컴퓨터에 기억할 것과 이 정보 역시 쉽게 지워지지 않도록 규정하였고 사용자 확인검사시험¹이나 I/M Test²에서도 먼저 범용진단장



치로 고장내용이 없다는 확인을 한 후 시험을 행하도록 유도하고 있다.

2. OBD-II 법규의 구성 및 내용

CARB³ OBD-II 법규는⁴ 시스템이 만족해야 하는 일반적인 규정과 각각의 진단 항목 별로 요구되는 진단기능, 고장판단 근거와 경고등의 점등과 소등, 고장코드의 저장과 삭제에 대한 요건을 규정한다.

이 외에도 Readiness관련 내용, 고장 발생시 저장해야 할 엔진 운전 상태에 대하여 규정하고 있으며 OBD-II 기능의 승인과 인증을 위한 OBD 증명시험(OBD Demonstration) 방법, 인증서류에 포함되어야 할 내용, 사용차 확인시험과 OBD법규 만족과의 관계, OBD 기능 확인시험 규정이 기술되어 있으며 표준화, 범용진단장치로 읽어 볼 수 있는 센서 신호의 정의등에 대해서는 SAE나 ISO의 표준을 따르도록 하고 있다.

2.1. Monitoring 항목과 고장판정 기준

OBD-II 법규에 따른 진단항목은 촉매, 엔진 실화, 연료계, 냉방기 냉매의 누출, 2차공기 시스템, 증발가스 시스템의 누출, 산소센서, EGR, Thermostat, PCV(Positive Crankcase Ventilation) 밸브, 기타 엔진이나 트랜스미션의 제어나 진단에 사용되는 센서와 솔레노이드등이

모두 포함된다.

배출가스와 관련된 부품의 고장판정 기준은 고장이 발생했을 때 Emission이 얼마나 증가하는가에 초점을 맞춰 각 진단 항목별, 또 Emission 규제 적용대상 별로 다른 기준을 적용하고 있다. 예를 들면 촉매의 경우는 FTP⁵ Mode HC가 규제치의 1.75배이상 증가할 정도의 열화상태를 고장으로 판정하도록 하며 연료계, 2차 공기 시스템, 산소센서등은 FTP 기준 HC, CO, NOx를 모두 포함하여 규제치의 1.5배이상 증가를 고장판정 기준으로 하고 있다.

또 엔진 실화의 경우에는 촉매손상을 줄 정도의 실화율과 FTP Emission 규제치 기준의 실화율의 두 가지 경우가 있다.

Thermostat의 경우에는 FTP Emission과는 관계없이 열림 상태로의 고착 여부를 판정해야 한다. 연방정부에서 허용하는 냉방기 냉매를 사용하거나 PCV밸브를 엔진에 고정시키는 경우는 이들 항목이 진단 대상에서 제외할 수 있도록 하며, Knock 센서와 같이 관련 부품이 열화나 고장 나더라도 배출가스를 증가 시키지 않을 경우에는 경고등을 점등시키지 않아도 된다.

또 몇 가지 항목의 요건에는 모델년도별 적용 도입 물량(Phase-in schedule)을 명시하고 있다.

2.2. OBD-II 진단 및 MIL점등, Fault Code 저장 관련 요구 조건

1. In-Use Compliance Test
2. Inspection and Maintenance Test
3. CARB : California Air Resource Board 캘리포니아 대기 보전국
4. Mail-Out #97-24

California : Title 13, 1968. 1 of CCR, "Malfunction and Diagnostic System Requirements 1994 and Subsequent Model-Year Passenger Cars, Light-Duty Trucks, and Medium Duty Vehicles and Engines(OBD-II)"

EPA : EPA 40 CFR Part 86 - Control of Air Pollution From New Motor Vehicles and New Motor Vehicles Engines : Regulation Requiring On-Board Diagnostic System on 1994 and Later Model Year Light-Duty Vehicles and Light-Duty Trucks

5. Federal Test Procedure

OBD 법규 내에는 진단 횟수와 고장코드의 저장과 삭제, 경고등의 점등 방법과 소등 방법, 또 고장시 운전상태, Readiness관련 사항도 명백히 정의 되어있다.

연료 시스템에서의 0.5mm 누출과 Thermostat 을 제외한 모든 진단은 FTP 모드의 Phase-I, II 동안 최소한 1회 이상 수행할 수 있도록 해야 하며 연료시스템과 엔진실화, 전자부품의 회로 점검은 연속적으로 진단하도록 하고 있다.

고장이 발생하면 두번째 운전사이클⁶에서는 필히 경고등을 점등하고 고장코드와 고장시 운전상태를 저장해야 하며, 고장이 치유된 상태에서 연속 3회의 운전사이클동안 재발되지 않을 경우에만 경고등을 소등할 수 있고 고장코드 삭제는 40회의 난기운전사이클⁷ 동안 재발되지 않아야 한다. 또, 촉매 손상을 일으킬 정도의 실화가 발생하면 경고등은 점멸방식으로 경고하여야 한다.

고장코드 저장시 같이 저장해야 할 고장시 운전 상태에는 엔진부하, 엔진속도, 연료제어값, 차속, 냉각수온도, 연료 피드백 제어상태, 고장코드등을 포함하며, Readiness Code는 모든 항목에 대한 진단이 최소 1회이상 완료했는지를 나타내는 정보를 의미하는 것으로 확인 검사 직전에 고장코드를 지우지 않았다는 것을 확인하는데 사용된다.

범용 진단장비(Generic Scan Tool)와 차량에 내장된 컴퓨터간의 통신방법, 교환 데이터, 연결 컨텍터등은 SAE나 ISO등의 표준 규약을 만족해야 한다.

2.3. OBD 적용 및 기능의 증명

인증(Certification) 시 진단 시스템에 대한 설명자료, 진단방법 및 고장코드 발생조건, 로직 흐름도 및 각 항목별 고장판단기준 설정 근거자료 등과 제작자 OBD 증명 자체 보고서를 제출하여

기술적인 내용에 대한 CARB의 승인을 받아야 한다. 또, 매년 정해진 항목에 대해 CARB에서 각 제조업체 차량에 대한 확인 시험을 실시하여 제작자의 보고서와 실차의 일치 여부를 검증할 수 있도록 하고 있다.

3. 항목 별 진단 대응 기술

진단 대응 기술은 항목별 엔진운전 조건이나 운전 영역이 모두 다르기 때문에 여러 가지 복잡하고 다양한 진단 로직이 적용되고 있으며 진단에 필요한 센서의 사양과 위치등 시스템 적인 사항은 개발을 진행하면서 문제점을 걸러내야 하므로 차량과 엔진마다 다른 기술적 내용을 포함하고 있다. 이하에 가솔린 엔진에 적용되고 있는 진단 기술의 원리에 대해서만 간략하게 소개 한다.

3.1. 촉매 진단

촉매는 엔진이 다양한 조건에서 운전되면서 열화, 피독 또는 파손등의 손상이 발생하여 효율이 감소하고 배기가스가 증가하게 된다. 진단 방법으로 촉매 후 온도의 증가 둔화를 판정하기 위해 온도센서를 장착하는 경우도 있지만 고온 내구성 때문에 거의 사용할 수 없고 현재 상용화된 촉매진단방법은 촉매 후의 산소 농도의 변화추이를 추가 산소센서로 읽어 촉매 전의 산소센서의 거동과 비교하는 것이다.

촉매가 열화되면, 공연비가 희박할 때 배출가스 중의 산소를 흡착했다가 농후할 때 방출하는 산소 저장능력(Oxygen Storage Capacity)이 감소되는데, 촉매 전의 배출가스 중 산소농도는 연료 제어에 의해 lean과 rich를 반복하게 되지만 촉매 후의 산소농도는 촉매의 산소저장능력과 산화반응에 의해 촉매 전에서 볼 수 있는 lean-rich반복

6. Driving Cycle : 엔진 시동에서 시동 Off까지를 구성한 경우 1Driving Cycle로 정의된다.

7. Warm-up Cycle : 시동 후 40F(22.2℃) 이상 온도 상승 및 최소 160F(71℃) 온도조건에 도달한 경우



자동차 기술

현상을 볼 수 없게 된다. 열화된 촉매인 경우에는 이러한 기능이 떨어지기 때문에 촉매 후 산소센서의 특성이 촉매 전 산소센서의 거동과 비슷해지는 현상을 나타낸다. 따라서 촉매 전후 산소센서 신호특성 즉, 진폭의 비나 진동 주파수를 비교하거나, 농후 또는 희박 기간의 비를 열화지수로 계산하여 열화정도를 판단한다.

3.2. 엔진실화

엔진실화는 엔진 부조, 배출가스증가, 촉매의 온도 증가 또는 다량의 실화가 지속적으로 발생할 경우 촉매 온도증가에 의해 Melting이 발생하기도 하며 심한 경우에는 미연 연료가 실린더 내 유막을 파괴하여 피스톤 및 링과 실린더 라이너가 손상을 입어 엔진 fail로 연결될 수도 있다.

실화 발생여부는 실린더 압력을 측정하면 가장 정확히 알 수 있으며 고급 차량인 경우 실린더 압력센서를 장착하는 경우도 있지만 대부분은 크랭크샤프트센서를 이용하여 폭발행정마다의 회전각속도를 계산하여 기준으로 삼고 실화 발생 시 회전각속도가 늦어지는 현상을 처리하여 실화판단의 근거로 사용한다.

3.3. O₂ Sensor

산소센서의 손상도 촉매와 마찬가지로 열화, 피독과 기계적인 손상에 따라 신호진폭의 저하, 응답성 또는 진동 주파수의 저하등의 현상을 나타낸다. 따라서 이러한 값들을 기준치와 비교하는 방법이 사용되므로 부가적인 센서나 장치 없이 ECU 내에서 자체적으로 측정, 연산하여 판단할 수 있다.

촉매 후 O₂ sensor의 경우에는 촉매 후 배기가스의 산소가 규칙적으로 변동하지 않기 때문에 응답성을 파악하기 어렵지만 연료차단이 일정기간 이상 유지되었으나 rich상태를 나타내거나, 촉매 후 산소센서 보상에 의한 연료 제어량이 소정값 이상임에도 불구하고 계속 Lean한 값을 나타내

는 경우를 고장으로 판단 한다.

3.4. 연료시스템의 진단

연료시스템은 연료계량과 공급에 관련된 부품의 고장을 진단하는 것으로 연료량 제어값과 연료량 제어 학습치가 설정 기준값을 넘을 경우 고장으로 판정한다.

3.5. 증발가스 시스템 누출 진단

증발가스에 대해서는 이미 오래 전부터 강화 증발가스 배출관련 법규와 ORVR, 연료의 증발성 등 상당히 엄격한 규제가 발전되어 왔다. OBD-II에는 이러한 증발가스 제어시스템에 직경 1mm 상당의 누출이 있을 경우 고장으로 판정하도록 하고 있다. 2000년부터는 Phase-in 비율에 따라 직경 0.5mm 상당의 누출을 감지해야 하는 것으로 강화된다.

진단방법은 크게 부압방식과 정압방식으로 나눌 수 있다.

정압방식은 밀폐된 상태에서 기준 오리피스를 통하여 공기를 펌핑하면서 소비된 전류를 기준으로 삼고 실제 연료 tank시스템으로 직접 공기를 펌핑할 때의 소비전류와 비교한다. 누출이 있는 경우 소비전류가 기준치보다 떨어지게 된다. 이러한 방식은 누출이 있을 경우에는 증발가스가 대기 중으로 더 많이 방출되어 OBD-II 법규의 취지에 역행하기 때문에 진단조건을 더 엄격히 제한하도록 하고 있다.

부압방식은 밀폐상태에서 캐니스터 퍼지 밸브를 열어 연료 시스템 내 부압을 인가하면서 시스템 내 압력이 떨어지는 현상을 보고 누출여부를 판정하는 방법이다.

즉, 누출이 없는 시스템에서는 압력 감소 기구가 크고 부압상태에서 다시 밀폐시켰을 때 압력의 회복이 없다. 이러한 방식은 고온지역이나 연료주입 직후 주행상태와 같이 증발량이 많으면 오감지 가능성이 있으므로 다양한 조건에서의 시험

이 필요하다.

3.6. EGR Monitoring

EGR(Exhaust Gas Re-circulation)의 진단 방법은 흡기 매니폴드의 압력을 측정하는 방법과 EGR 온도를 측정하는 방법으로 나누어진다. 압력측정 방법은 EGR이 작동되면 흡기 부압이 감소하므로 감속시 EGR Valve를 열어 압력 변화를 관찰하여 정상작동 여부를 판정하는 것이고 온도 측정 방법은 EGR작동시 온도가 증가하는 것으로 정상작동 여부를 판정하는 것이다.

3.7. Comprehensive Component Monitoring

통상적인 전자제어 부품의 전기적 단락과 같은 전기회로 진단뿐만 아니라 정상적인 값을 나타내는지를 진단하여야 하는 요건에 따라 엔진 운전조건과 운전상태에 따라 적절한 출력값을 보이지 않는 경우를 고장으로 판정한다. 예를 들면 공기량 측정값이 현재 엔진속도와 쓰로틀개도에 의해 추정되는 값과 현격히 다른 경우 센서값 적정성 고장으로 판정한다.

이에 포함되는 부품은 공기량 센서, 쓰로틀개도 센서, 냉각수온 및 공기온도센서, 연료탱크 압력센서, 흡기매니폴드압력센서, 크랭크샤프트위치센서, 캠샤프트위치센서, 차속센서, 공회전속도제어밸브, 산소센서히터, 각종 솔레노이드 밸브등이다.

4.OBD-II 적용과 장래의 추이

현대자동차는 이미 1992년부터 OBD 개발에 착수하여 96MY Accent 이래 현재는 북미와 유럽지역의 모든 수출차량에 대해 성공적으로 적용하고 있다. OBD-II 규제를 만족하면 배출가스 제어 관련 부품을 항상 정상기능 상태로 유지할 수 있다는 긍정적인 측면이 있으나 자동차 메이커에서는 관련 업무가 증가되고 진단용 부품의 추가 적용에 따른 원가상승등의 부담이 있다.

CARB에서는 법규 내용과 메이커의 적용 업무 사이에 발생하는 어려움과 법규의 원래 취지의 타당성에 대한 검토를 지속적으로 수행하여 불합리한 점을 개선해 나가고 있다. 현재에는 촉매 진단시 고장판정 기준을 HC에 국한하지 않고 NOx를 포함시키거나, LEV-II의 도입에 따른 고장판정 기준의 설정, 실 내구 차량 대신 열화부품의 장착을 허용하는등이 그 내용이다⁸.

또 고장발생 내용을 차량내장 컴퓨터에만 기록하는 것이 아니라 제조업자 또는 Emission Data관리자로 무선 송출하여 고장내용을 집계, I/M Test와의 연계하는 시스템에 대한 연구를 수행하고 있다⁹.

〈박정국 편집위원: ckpar@hyundai-motor.com〉

8. CARB OBD-II Workshop, June 30, 1999

9. CARB OBD-III Concept 9th CRC On-Road Vehicle Emissions Workshop, April, 1999