

<기술논문>

자동변속기 오일 온도센서 출력 이상 진단 로직 개발

권 준 의^{*1)} · 최 영 선²⁾ · 심 장 선²⁾

현대자동차(주)¹⁾ · 케피코(주)²⁾

Development of A/T Oil Temperature Sensor Plausibility Diagnostic Logic

JunEui Kwon^{*1)} · YoungSun Choi²⁾ · JangSun Sim²⁾

¹⁾Research & Development Division for Hyundai Motor Company & Kia Motors Corporation, 772-1 Jangduk-dong, Whasung-si, Gyeonggi 445-706, Korea

²⁾Kefico Engineering & Technology Insitute, KEFICO CORPORATION, 410 Dangjung-dong, Gunpo-si, Gyeonggi 435-716, Korea

(Received 20 April 2005 / Accepted 3 August 2005)

Abstract : The CARB in USA has demanded OBD functions that detect any deterioration of performance of OTS as well as a simple defect of OTS which can affect emission to meet the reinforced emission regulation. In this paper, OTS plausibility monitoring functions to meet the demand from CARB are discussed. The output from OTS is used for the diagnostics of the torque converter clutch stuck and the gear ratio synchronous error. It is possible to diagnose the abnormality of OTS function by considering the oil temperature characteristics which changes according to the driving status of vehicles. In result, the OBD regulations of the CARB can be satisfied obligating car manufacturer to detect any problems in OTS functions which can affect emissions.

Key words : CARB(California Air Resource Board), OBD(On-Board Diagnostics), A/T(Automatic Transmission), OTS(A/T Oil Temperature Sensor), Plausibility monitoring

Nomenclature

T_{jc} : current A/T oil temperature detected
 T_{ji} : A/T oil temperature before each monitoring period
 T_{sc} : current A/T oil temperature detected when all monitoring conditions are satisfied
 T_{si} : initial A/T oil temperature detected when monitoring conditions are first satisfied
 T_{off} : engine coolant temperature before key-off
 T_{start} : engine coolant temperature at key-on

T_{amb} : current ambient temperature
 T_{ots} : A/T oil temperature after cranking
 T_{ect} : engine coolant temperature after cranking
 T_{eit} : intake air temperature after cranking
 T_{abst} : soaking time(from ECU)
 T_{rst} : detected soaking time
 T_{um} : detected ambient temperature before key-off
 τ : time constant

1. 서론

미국 캘리포니아주 대기보전국(CARB : California Air Resource Board)은 정비성 향상과 사용중인 차량의 배기(Emission)를 저감시킬 목적으로 각 배

*To whom correspondence should be addressed.
jekwon@hyundai-motor.com

기 관련 부품의 고장을 감지하도록 하여 고장 발생 시 운전자로 하여금 적절한 A/S를 받도록 경고하는 기능, OBD(On-Board Diagnostics), 적용을 의무화하였으며 최근에는 주행거리가 많은 차량 및 신규 차량의 수량 증가로 효과적인 배기 제어시스템 작동 필요의 중요성이 제기됨에 따라 배기에 영향을 미치는 부품의 단순 고장뿐만 아니라 열화 정도까지 감지할 수 있는 자기 진단기능의 향상 및 개선 등의 규정 만족을 요구하였다.

자동변속기의 경우 오일온도는 토크 컨버터 클러치 Stuck이나 변속시의 Gear Ratio Synchronous Error 자기 진단의 조건으로 사용된다. 차량의 주행 상태에 따라 오일온도는 변화하지만 온도센서에 기능 이상이 있을 경우 즉, 온도는 변화하지 않거나 아주 느리게 변화하는 경우, 종래의 단순한 전기적인 특성만 고려하여 진단하는 방법으로는 이러한 동적 온도특성을 정확하게 진단할 수 없으므로 잘못된 온도정보로 자동변속기를 제어하거나 정확한 고장을 진단할 수 없게 되어 배기에 영향을 미친다.

이 논문에서는 진단조건이 만족하였을 때 온도센서의 출력 특성을 측정하여 센서의 기능 이상 여부를 진단할 수 있는 몇 가지 모니터링 기능 개발 및 시험 결과를 설명하고자 한다.

2. 오일 온도센서의 전기적 특성 및 고장 진단

온도센서의 출력 전압은 오일 온도변화에 따라 Fig. 1과 같이 오일 온도가 -40°C일 경우는 약 4.9V, 160°C일 경우는 약 0.26V를 출력한다.

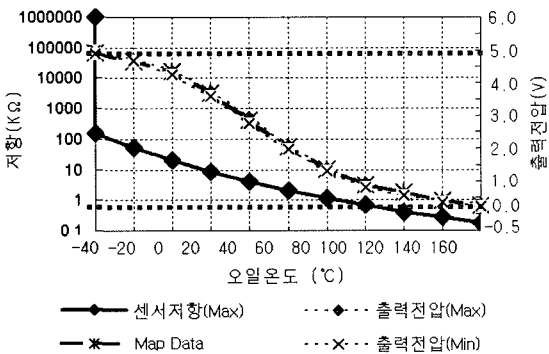


Fig. 1 Characteristic curve of the oil temperature sensor

고장 진단은 각 온도에 따른 출력 전압 모니터링을 통해 출력 전압이 Lower Voltage보다 낮은 전압(0.26V)의 경우는 GND Short, Higher Voltage보다 높은(4.9V) 경우는 Open 또는 Battery Short로 판단한다.

3. 오일 온도센서 모니터링 기능 개발

엔진 냉각수온 및 자동변속기의 오일온도는 차량의 주행 상태에 따라 변화하지만 급격한 변화는 없으며, 오랜 시간 동안 정차하였을 경우에는 주위 온도와 비슷하게 된다. 이런 온도 특성을 이용하여 온도센서 기능 이상을 진단할 수 있는 모니터링 기능을 다음과 같이 개발하였다.

3.1 JUMP MONITORING

오일온도 전 구간에서 모니터링 진단 시간 동안 오일온도 증감량(Gradient) 측정을 통해 온도변화를 검출함으로써 센서의 기능 이상을 진단하는 방법이며, 엔진 시동 후 모니터링 시간 동안 오일온도가 Threshold보다 크게 변화하면 온도센서의 기능 이상이 있는 것으로 판단한다.

$$|T_{jc} - T_{ji}| > \text{Threshold_Jump}(^{\circ}\text{C})$$

Threshold(°C) 및 모니터링 시간을 판단하기 위해 차량에서 오일온도의 증감량을 개측하였으며 Fig. 2와 같다. 운전상태에 따라 모니터링 시간에 대한 오일온도 변화량이 다르므로 오일온도 변화 수준이

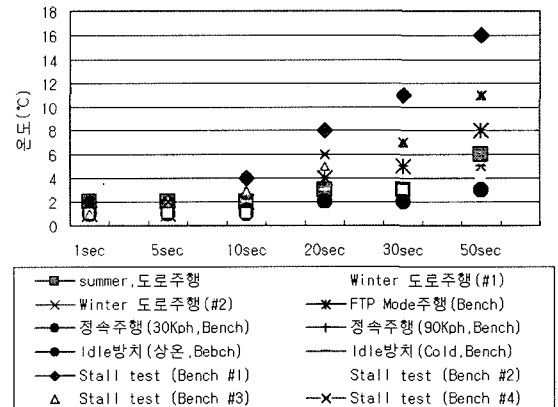


Fig. 2 Test graph of oil temperature variation with driving condition

일정 수준 이내인 10sec 이하에서 기능 이상 여부를 판단하는 모니터링 시간으로 정하는 것이 바람직하며, Threshold(°C)는 10sec 내에서 측정된 최대값에 편차를 고려하여 설정하였다.

위 시험결과를 확인하기 위해 이 로직을 적용할 차량에서 주행 및 정차 상태의 오일온도 변화량을 측정된 결과 Fig. 3과 같으며, 오일온도 증감량이 JUMP 모니터링 판정 Threshold(°C)보다 큰 경우 이상 판정을 하는 타당한 이유가 된다.

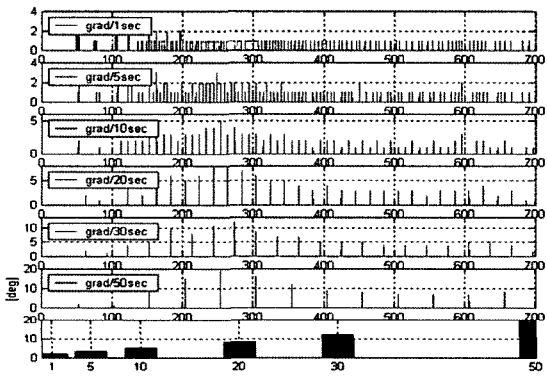


Fig. 3 Test data of oil temperature change in vehicle with measuring time

3.2 WARM UP TIME MONITORING

토크 컨버터 클러치 Stuck이나 변속 시의 Gear Ratio 모니터링을 진단하는 온도 조건보다 낮은 온도, 즉 극저온에서부터 차량을 운전할 경우의 온도 센서의 기능 이상 여부를 판단하는 방법이며, 출발 초기시의 오일온도로부터 토크 컨버터 클러치 Stuck이나 변속 시의 Gear Ratio Synchronous Error를 진단하는 온도에 도달하는 시간을 측정하여 온도센서 이상 여부를 판단한다.

이 방법은 오일온도 변화가 가장 적은 조건(자동 변속기 중립 및 엔진 아이들 상태)에서 특정 온도에 도달하는 시간 측정을 통해 판단하는 방법이며, 오일온도 변화 시간을 측정한 결과 Fig. 4와 같으며 판단 기준 시간 안에 특정 온도까지 도달하지 못할 경우는 기능 이상 있는 것으로 판단할 수 있다.

Fig. 5는 시동 시의 오일온도가 다른 상태에서 Threshold 온도에 도달하는 시간을 측정된 그래프이며 Fig. 4에서 설정한 시간을 만족함을 알 수 있다.

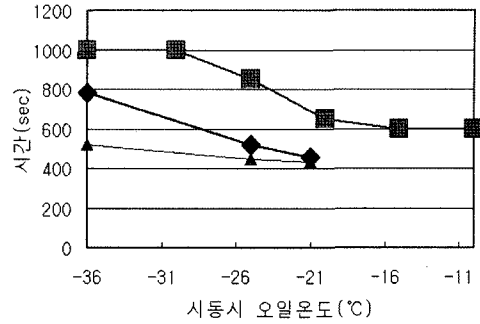


Fig. 4 Time to reach target temperature after engine starting

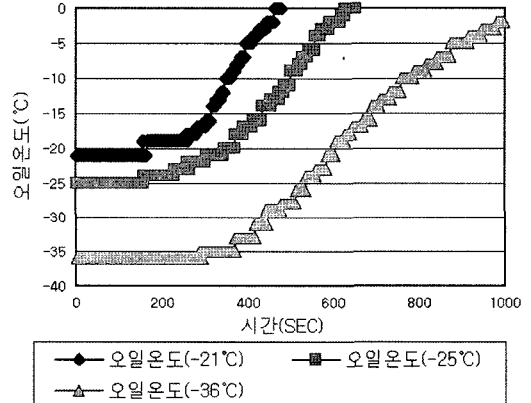


Fig. 5 Trend of oil temperature after engine starting

3.3 STUCK MONITORING

장 시간 동안 차량을 주행할 경우 오일온도는 변화하므로 모니터링 시간 동안 오일온도 변화를 측정하여 온도센서의 기능 이상을 판단하는 방법이다.

모니터링 조건이 성립하는 운전조건에서 기능 이상 여부를 판단하는 총 누적 시간 동안

$$(T_{sc} - T_{si}) < \text{Threshold_Stuck}(°C)$$

의 조건이 성립한다면 온도센서에 기능 이상이 있는 것으로 판단한다.

Stuck 모니터링 기능을 차량에서 다음과 같은 두 가지 방법으로 확인하였다.

첫째, FTP(Federal Test Procedure) Mode이며 운전 시간은 830 ~ 900sec이므로 기능 이상 여부 판단시

간을 이 범위 안에서 설정할 필요가 있으며, Fig. 6에서와 같이 각 오일온도에 대한 시험결과를 근거로 진단 판단시간은 오일온도가 충분히 변화하고 변화량이 설정한 Threshold(°C)를 만족하는 시간 즉, 450 ~ 600sec로 설정함이 타당하였다.

Fig. 7과 같이 FTP Mode에서 확인한 결과 FTP Mode 운전 시간인 900sec 안에 1회 이상 기능 이상 여부를 판단할 수 있었으며, 50 ~ 60°C 온도에서부터 오일온도 5°C 변화하는데 소요되는 시간이 길어 지므로 기능 이상 여부를 잘못 판단하는 것을 방지하기 위해서 Stuck 모니터링 판단 온도조건을 50°C 이하로 제한하는 것이 바람직하였다.

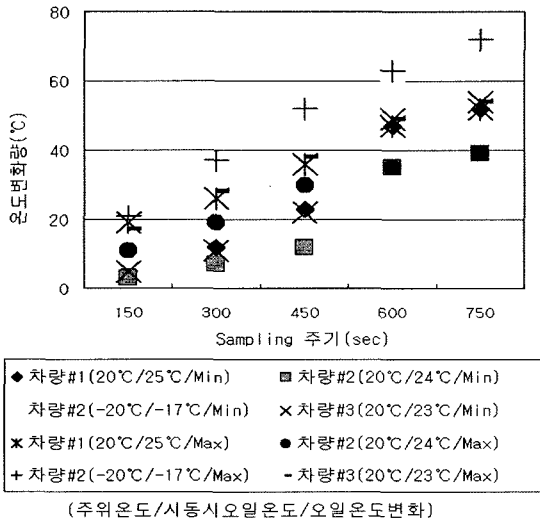


Fig. 6 Measuring data of the oil temperature variation with sampling time(in FTP Mode)

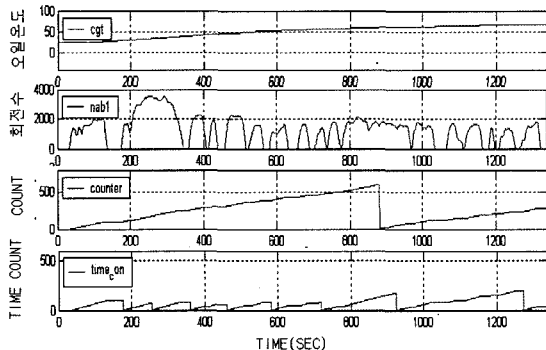


Fig. 7 Test result of the confirmed oil temperature variation with sampling time(in FTP Mode)

둘째, Stuck 모니터링에 영향을 줄 수 있는 운전조건 즉, 극저온 아이들(중립 상태) 상태에서 오일온도는 아주 느리게 변화하므로 FTP Mode에서 설정한 값에 대한 타당성 확인이 필요하다.

Fig. 8에서와 같이 -30 ~ -20°C인 주위 온도에서부터 확인한 결과 기능 이상 여부를 판단하는 시간은 진단 잘못을 방지하기 위해서 Threshold(°C)를 충분히 만족할 수 있는 최소 10 ~ 17°C의 오일온도 변화량에 해당하는 시간으로 설정함이 타당하다는 것을 확인하였다.

또한 Fig. 9에서와 같이 Threshold 값인 5°C 변화하는데 소요되는 시간이 FTP Mode에서 확인한 것 같이 50 ~ 60°C 온도에서부터 길어지므로, 기능 이상 여부를 잘못 판단하는 것을 방지하기 위해서

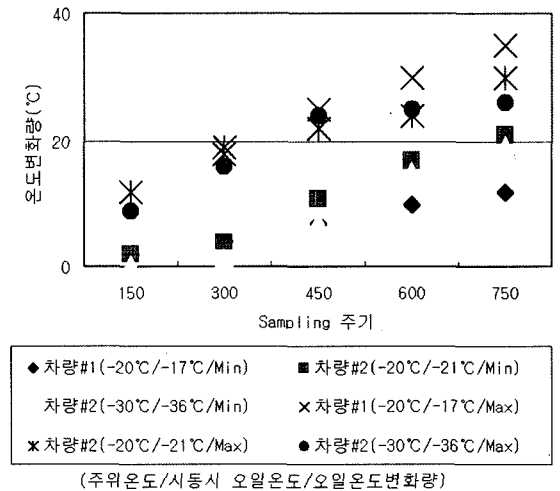


Fig. 8 Measuring data of the oil temperature variation with sampling time(in Idle)

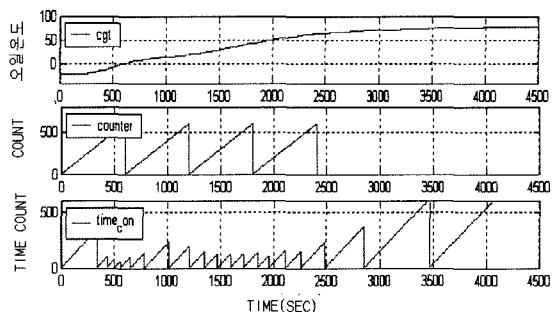


Fig. 9 Test result of the confirmed oil temperature variation with sampling time(in Idle)

Stuck 모니터링 판단 온도 조건을 50°C이하로 제한 하는 것이 타당하다는 것을 알 수 있다.

3.4 SOAKING TIME MONITORING

차량 주행후 장 시간 동안 정차하였을 경우 엔진 냉각수와 자동변속기의 오일은 주위 온도만큼 충분히 냉각될 것이며 완전히 Soak 한 상태에서 이 둘의 차이는 작게 되지만, 온도센서가 고온에서 Stuck된 상태에서 Soak하면 둘의 차는 크게 된다.

엔진 제어 유니트(Engine Control Unit)에서는 다음과 같이 Soak 시간을 계산하며

$$\text{Soaking time}(\Delta t) = \tau \log_e[(T_{\text{off}} - T_{\text{amb}})/(T_{\text{start}} - T_{\text{amb}})]$$

설정된 Soak 시간 후에 오일온도와 엔진 냉각수 온도의 차가 Threshold(°C)보다 클 경우 오일 온도센서의 기능 이상이 있다고 판단한다.

$$T_{\text{ots}} - T_{\text{ect}} > \text{Threshold_Soak}(^{\circ}\text{C})$$

Table 1에서는 현재의 주위 온도와 이전 주행 시 측정된 주위 온도의 차가 작은 경우 엔진 냉각수 온도와 Intake Air 온도의 차가 5°C 이하가 될 때 ECU에서 계산한 Soak 시간은 20,000sec이며 실제 측정된 값보다 길며 이 때의 자동변속기의 오일온도와 엔진 냉각수 온도의 차도 5°C 이하가 되므로 충분히 Soak되었다는 것을 알 수 있다. 또한 현재의 주위 온도와 이전 주행 시 측정된 주위 온도의 차가 큰 경우의 엔진 냉각수 온도와 Intake Air 온도의 차가 5°C 이하가 될 때의 Soak 시간을 비교한 결과 ECU에서 계산된 Soak 시간은 11,400sec이며 실제 측정된 Soak 시간은 20,000sec이므로 Soak 시간을 20,000sec로 설정 시는 엔진 냉각수 온도와 Intake Air 온도 차가 5°C 이

Table 1 Measuring data of soaking time at the ambient temperature

Tamb (°C)	Tum (°C)	Tect (°C)	Teit (°C)	Tect-Teit (°C)	Tots (°C)	Tabst (sec)	Trst (sec)
-20	-18	-12	-15	3	-16	20,000	16,784
-10	-10	-4	-8	4	-9	20,100	14,987
-5	-2.5	6	0	6	2	20,200	11,516
0	0	7	3	4	4	20,300	14,218
10	-4.5	12	12	0	11	13,800	20,000
15	4.5	17	18	1	17	13,800	20,000
40	14.25	46	48	2	46	11,400	20,000

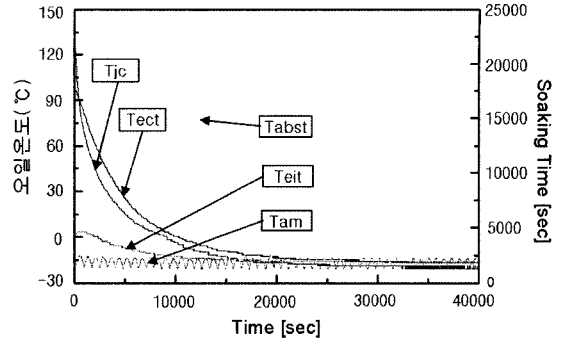


Fig. 10 Characteristic graph of soaking time at the ambient temperature(- 20°C).

하로 되며 충분히 Soak되었다고 판단할 수 있다.

Fig. 10은 주위 온도 -20°C에서 차량 주행 후 장 시간 동안 정차하였을 때 실시간 단위로 변화하는 온도를 측정한 그래프이며 Soak 판단 시간 즉, 20,000sec(약 5.6시간) 후 자동변속기 오일온도, 엔진 냉각수 온 및 Intake Air 온도가 주위 온도와 같아진다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 종래의 자동변속기의 오일 온도센서의 전기적 단선 및 단락의 고장 판정뿐만 아니라 전기적 출력 특성 변화에 의한 기능 이상 여부를 진단하기 위해 출력 특성을 측정하여 오일온도가 타당한 가를 판단할 수 있도록 하는 온도센서 기능 이상 진단 모니터링 기능을 개발하였다.

본 연구에서의 오일 온도센서의 출력 이상 진단 모니터링 기능은

- 1) JUMP MONITORING
- 2) WARM UP TIME MONITORING
- 3) STUCK MONITORING
- 4) SOAKING TIME MONITORING

모두 4가지로 하였으며, 차량 확인 시험결과 충분히 온도센서의 기능 이상 여부를 판단할 수 있다는 것을 확인하였다.

그 결과, 배기에 영향을 미치는 부품의 단순 고장뿐만 아니라 기능 이상까지 감지하여 고장 여부를 판단할 수 있도록 강력하게 요구하는 미국 CARB의 OBD 사항을 만족시킬 수 있었다.

References

- 1) C. K. Park, "The Trends of Technologies to Reduce Automotive Exhaust Emissions," Hyundai Motor Company, Technical Review Vol.15, pp.1-12, 2002.
- 2) California Air Resources Board, Malfunction and Diagnostic System Requirements for 2004 and Subsequent Model-Year Passenger Cars, Light-Duty Trucks, and Medium-Duty Vehicle and Engines(OBD II), Title 13, California Code Regulation, Section 1968.2.
- 3) California Air Resources Board, Enforcement of Malfunction and Diagnostic System Requirements for 2004 and Subsequent Model-Year Passenger Cars, Light-Duty Trucks, and Medium-Duty Vehicle and Engines, Title 13, California Code Regulation, Section 1968.5.
- 4) SAE J2012, Diagnostic Trouble Code Definition-Equivalent to ISO/DIS 15031-6 : April 30, 2002, April 2002(SAE J2012).
- 5) Robert Bosch Gmbh, Software Documentation MG 7.9.8 Diagnostic, Control Specification, pp.50-53, 2003.