신뢰성응용연구 신뢰성기술
제10권, 제4호. pp.279-297, 2010

자동차용 유해가스 검출기의 신뢰성 평가기준

최만엽*·박동규*·오근태**·정해성*** 1)

자동차부품연구원*·수원대학교 산업정보공학과**·서원대학교 멀티미디어공학과***

Reliability Assessment Criteria of Air Quality System

Manyeop Choi*·Dongkyu Park*·Geun Tae Oh**·Hai Sung Jeong*** 1)

Corporation Support and Reliability Division, Korea Automotive Technology Institute*·
Dept. of Industrial Information Engineering, Univ. of Suwon**·
Dept. of Multimedia Engineering, Seowon Univ.***

Abstract

AQS(Air Quality Control System) is the important part of a car air conditioning system. This device intercepts automatically the influx of harmful waste gas. In this paper reliability assessment criteria for AQS are established in terms of quality certification test and lifetime test. The former quality certification test comprises general performance test and environmental test. Items which pass the test undergo lifetime test which guarantees the extent of mean lifetime with certain confidence.

Key word : AQS, general performance test, environmental test, lifetime test

---

1) 교신저자 hsjeong@seowon.ac.kr
논문접수일 : 2010년 09월 16일 논문수정일 : 2010년 09월 22일 게재확정일 : 2010년 10월 01일

1. 서론

자동차를 사용하는 회수와 시간이 점점 증가됨에 따라 차 실내에서의 활동시간이 많아지므로 차 실내에서의 쾌적성과 안락성에 대한 소비자의 요구가 증대되고 있는 추세이다. 이에 따라 운전 중 피로, 졸음, 두통, 무기력의 원인이 되는 유해한 배기가스의 차 실내 유입을 자동으로 차단하여 실내공기의 청정도와 환기상태를 최적으로 유지시켜 주는 자동차용 유해가스 검출기(이하, "AQS(Air Quality Control System) 센서"라 한다)를 장착하는 차량이 늘고 있다. 따라서, 배기가스를 감지하여 출력신호를 나타내는 AQS 센서의 신뢰성도 강하게 요구되고 있다.

AQS 센서가 갖추어야 할 조건으로는 응답속도가 빠르고 가역성 있게 반복 측정 가능하여야 하며, 감지하려고 하는 가스만을 선택적으로 감지할 수 있어야 하고, 공존가스에 의한 방해나 영향을 받지 않아야 하며, 분위기 습도, 온도 등의 영향을 받지 않고, 안정된 감도를 나타내어야 한다.

AQS 센서는 환경 센서로서 각종 성분을 함유하는 환경에 노출되어 사용된다. 사용환경조건이 가혹할 때는 센서소자 자체의 재질이 변하고 열화 되어감과 동시에 소자재질과 화학반응을 일으키거나 소자표면에 부착하여 그 성능을 저하시키는 경우가 많다. 따라서 AQS 센서가 산화성 가스 및 환원성 가스의 농도를 기준치 이상으로 정확히 감지하는지, 온도변화에 따른 감지성능의 차이가 발생하지 않는지, 또한 습도에 의한 센서의 부식으로 수명에 얼마나 영향을 미치는지 등 기본적인 성능과 성능의 경시변화, 즉 신뢰성을 평가하기 위한 시험방법과 평가기준이 마련되어야 한다.

본 연구에서는 AQS 센서의 신뢰성을 높이기 위한 품질시험(기본성능 평가시험과 내환경 평가시험)과 고장률 시험기준을 제시하고자 한다. 이 논문에서 제시하는 기준은 AQS 센서의 신뢰성 시험을 위한 유효한 시험기준을 제공하며, 이 기준을 적용하는 경우 인용하고 있는 규격도 동시에 참고하여야 한다. 해당 부품을 제조하는 제조자나 사용자가 해당 부품의 품질이나 특성을 고려하여 일부조건에 대한 사항을 추가하거나 일부 조건을 변경하여 이 기준을 적용하더라도 효과를 거둘 수 있도록 하였다. 이 기준의 목적은 AQS 센서의 품질시험을 합격한 시료에 대하여 신뢰성 시험을 통해 B_{10} 수명이 일정수준임을 보증하는데 있다.

2. 일반사항

2.1. 적용범위

본 논문에서는 가스센서를 이용하여 차량 외기의 유해가스를 검출하는 AQS 센서의 신뢰성 평가시험조건, 시험방법 및 평가기준의 규정을 적용 범위로 한다.

2.2. 인용규격

이 논문에서 참고한 국내규격은 KS A 0006(2001), KS C CISPR 16-1(2004), KS C CISPR 25(2004), KS D 9502(2009), KS R 0015(2001), KS R 1063(2005), KS R ISO 7637-2(2004), KS R ISO 7637-3(2004)이며, 국제규격은 ISO 7637-1(1990), ISO/TR 10605(1994)이다.

3. 신뢰성 시험

3.1 신뢰성 시험의 기본적 방법

본 연구에서는 신뢰성 인증을 위하여 수행되는 시험을 기본성능 평가시험, 내환경 평가시험과 수명시험으로 나누었다. 기본성능 평가시험과 내환경 평가시험에서는 대상 부품이 정해진 품질 관련 성능 요건(성능 및 내환경성 관련)을 만족하는지 여부만을 평가하고, 수명시험에서 B_{10}수명을 정해진 신뢰수준으로 보증한다.

AQS 센서의 잠재적 고장형태와 그 영향을 분석해 보면 차량을 구동한 상태에서는 배기가스를 감지하기 위하여 항상 전원이 공급되어 작동되고 있을 확률이 높기 때문에 전기적 스트레스에 의한 구성부품의 고장이나 감지소자의 특성 열화가 발생할 우려가 높으므로 이에 대한 평가를 위하여 전원 공급에 따른 작동내구시험이 필요하다. 또한 고온, 저온에서의 특성을 파악하기 위한 고온/저온 방치/작동 시험, 염수의 영향에 의한 감지소자의 특성변화를 확인하기 위한 염수분무 시험, 먼지에 의한 감지소자의 특성변화를 확인하기 위한 분진시험, 온습도가 AQS 센서에 미치는 영향을 확인하기 위한 온습도 사이클 시험, 열충격을 주었을 때의 영향을 확인하기 위한 열충격 시험, 수분의 침투에 의한 영향을 파악하기 위한 내수시험, 진동에 의한 영향을 파악하기 위한 진동 시험, 전자파의 영향에 대한 전자파 시험 등이 필요하다.

기본성능 평가시험은 내환경성 평가시험 및 수명시험 전·후의 성능열화 및 고장을 판별하기 위한 필수적인 시험항목을 포함하여야 하므로 배기가스의 공급에 따른 센서소자의 반응시간을 측정하기 위한 동작특성시험, 센서소자의 열화에 따른 소비전류변화시험을 실시한다. 배기가스에 대한 반응시간 판정수준은 업체 및 제품별로 규정하는 수준이 다르므로 인수·인도 자간의 협정에 따른다.

수명평가시험은 작동시간으로 사용하였을 때의 수명을 고려하여 초기 성능에 대한 성능열화는 인수·인도 당사자간의 협정에 따르는 조건으로 작동하여 수명을 예측하고 더 나아가 AQS 센서를 수명이 다할 때까지 작동하여 이때의 AQS 센서에 대한 정확한 수명과 고장원인 및 고장형태를 발견하여 분석할 필요가 있다고 판단된다.

3.2 시험의 일반 사항

3.2.1 시료의 분류

대상으로 하는 AQS센서는 산화물 반도체를 이용한 가스센서 타입으로 한다. 시험시 AQS 센서의 외관은 양호하고, 흠, 울퉁불퉁함, 휨, 비틀림 등의 결점이 없어야 한다.

3.2.2 시료의 채취

시험에 필요한 시료는 제조공정을 대표할 수 있는 최소의 개수로 한다. 시료의 수는 각 시험별로 주어져 있다.

3.2.3 시험실 환경 및 전원

시험실 환경은 특별히 지정되지 않은 경우에는 KS A 0006(2001)의 상온, 상습상태(온도 20±15℃. 습도 65±20%)에서 실시하며, 시험전압은 특별한 지정이 없는 경우 DC (13.5±0.1)V로 한다.

4. 기본성능 평가시험과 내환경성 평가시험

4.1 기본성능 평가시험

기본성능은 다음 <표 1>의 각 항을 만족하여야 한다.

<표 1> 기본성능 평가기준

시험항목	시험방법	평가기준	시료수 주(1)
1. 작동특성	4.1.1	지정된 기준을 만족하여야 한다.	3
2. 소비전류	4.1.2	초기화가 끝난 다음 소비전류는 200 mA 이하일 것.	3

주(1) 내환경성 및 수명평가시험에 사용되는 시료의 총수이다.

4.1.1 작동특성시험

a) 시험조건

가스종류 및 농도는 지정된 기준에 따르되 지정된 기준이 없는 경우 CO 20ppm, NOx(NO 또는 NO_2) 3ppm으로 한다. 가스공급 속도는 가스공급 지점으로부터 시료까지 거리를 0.1초

이내에 공급하고, 지정된 응답시간 이상으로 가스를 공급한다. 초기화 시간은 지정된 기준이 없는 경우 (35±2)s로 하고, 시험전압은 DC (13.5±0.1)V로 한다.

b) 시험장치

4.1.1 a) 시험조건을 만족할 수 있는 성능시험기와 시험전압을 공급할 수 있는 전원장치, 그리고 전압계를 준비한다.

c) 시험방법

시험 시료를 성능시험기에 설치하고 전압계를 시료 양단에 연결한다. 다음 시료의 전원단자에 시험전압을 인가한다. 초기화 시간 동안 청정공기를 공급한 후 가스를 조건에 맞게 공급한다. 가스 공급 후 시간에 따른 시료의 출력전압을 측정한다. 이 절차를 반복하면서 가스의 종류와 가스공급 시간에 따른 시료의 출력전압, 시험 및 평가가 이루어지는 동안 제품의 기능 및 성능을 저해하는 현상을 기록하고 <표 1>의 기준에 따라 판정한다.

4.1.2 소비전류 시험

a) 시험조건

초기화 시간은 지정된 기준이 없는 경우 (35±2)s로 하고, 시험전압은 DC (13.5±0.1)V로 한다.

b) 시험장치

4.1.2 a)의 시험전압을 공급할 수 있는 전원장치와 전류계를 준비한다.

c) 시험방법

시료에 전압을 인가하고 초기화 시간동안 청정공기를 공급한다. 초기화 시간이 끝난 후 시료에 흐르는 전류를 측정・기록하고 <표 1>의 기준을 따라 판정한다.

4.2 내환경 평가시험

기본성능 평가시험에 합격한 제품에 한하여 내환경성 평가시험을 실시하여 <표 2>의 평가기준을 만족하여야 한다.

4.2.1 저온 및 고온 방치 시험

a) 시험조건

시험온도는 저온(-40℃), 고온(120℃)이고, 전원을 인가하지 않는다.

b) 시험장치

시험조건을 만족할 수 있는 항온조와 4.1.1 b)의 성능시험기를 준비한다.

c) 시험방법

항온조에 시료를 넣고 저온에서 (70±2)h 방치, 고온에서 (94±2)h 방치하고, 각 시험온도에서 시험 후 상온, 상습에서 2시간 이상 방치 후 4.1 작동특성을 측정한다. 시험 전·후 AQS 센서의 성능과 시험 및 평가가 이루어지는 동안 제품의 기능 및 성능을 저해하는 현상을 기록한다.

<표 2> 내환경성 평가기준

시험 항목	시험방법	평 가 기 준	시료수
1. 저온 및 고온 방치	4.2.1	시험 후 정상상태로 작동하여야 하며 4.1.1을 만족하여야 한다.	6
2. 저온 및 고온 작동	4.2.2	시험 후 정상상태로 작동하여야 하며 4.1.1을 만족하여야 한다.	6
3. 온습도 사이클	4.2.3	시험 후 정상상태로 작동하여야 하며 4.1.1을 만족하여야 한다.	3
4. 열충격	4.2.4	시험 후 정상상태로 작동하여야 하며 4.1.1을 만족하여야 한다.	3
5. 내수	4,2.5	시험 후 정상상태로 작동하여야 하며 4.1.1을 만족하여야 한다.	3
6. 진동	4,2.6	시험 후 정상상태로 작동하여야 하며 4.1.1을 만족하여야 한다.	3
7. 먼지	4,2.7	시험 후 정상상태로 작동하여야 하며 4.1.1을 만족하여야 한다.	3
8. 염수분무	4,2.8	시험 후 정상상태로 작동하여야 하며 4.1.1을 만족하여야 한다.	3
9. 복사 방출(2)	4,2.9	KS C CISPR 25 표 11의 등급 3을 만족하여야 한다.	3
10. 전도 방출(2)	4,2.10	KS C CISPR 25 표 7의 등급 3을 만족하여야 한다.	3
11. 전원선 전도 내성(2)	4,2.11	<표 3>을 만족하여야 한다.	3
12. 정전기(2)	4,2.12	<표 4>를 만족하여야 한다.	3
13. 통상전원 전압(2)	4,2.13	시험 후 정상상태로 작동하여야 하며 4.1.1을 만족하여야 한다.	3
14. 전원 전압 순단(2)	4,2.14	시험 후 정상상태로 작동하여야 하며 4.1.1을 만족하여야 한다.	3
15. 역전압(2)	4,2.15	시험 후 정상상태로 작동하여야 하며 4.1.1을 만족하여야 한다.	3
16. 과전압(2)	4,2.16	시험 후 정상상태로 작동하여야 하며 4.1.1을 만족하여야 한다.	3
17. 절연저항(2)	4,2.17	시험 후 AQS센서에 유해한 결함이 없어야 하고 절연저항은 10 MΩ이상이어야 한다.	3
18. 내전압(2)	4,2.18	시험 후 절연파괴가 없어야 한다.	3

주(2) 전자파 시험은 지정된 경우에 실시한다.

4.2.2 저온 및 고온 작동 시험

a) 시험조건

시험 온도는 저온(-30℃), 고온(100℃)이고, 시험전압 DC (13.5±0.1)V를 인가한다.

b) 시험장치

4.2.2 a) 시험조건을 만족할 수 있는 항온조와 시험전압을 공급할 수 있는 전원장치, 4.1.1 b)의 성능시험기를 준비한다.

c) 시험방법

항온조에 시료를 넣고 저온에서 (70±2)h, 고온에서 (118±2)h 동안 전압을 공급한다. 각 시험 온도에서 시험 후 상온, 상습에서 2시간 이상 방치 후 작동특성을 측정한다. 시험 전·후 AQS 센서의 성능과 시험 및 평가가 이루어지는 동안 제품의 기능 및 성능을 저해하는 현상을 기록한다.

4.2.3 온습도 사이클 시험

a) 시험조건

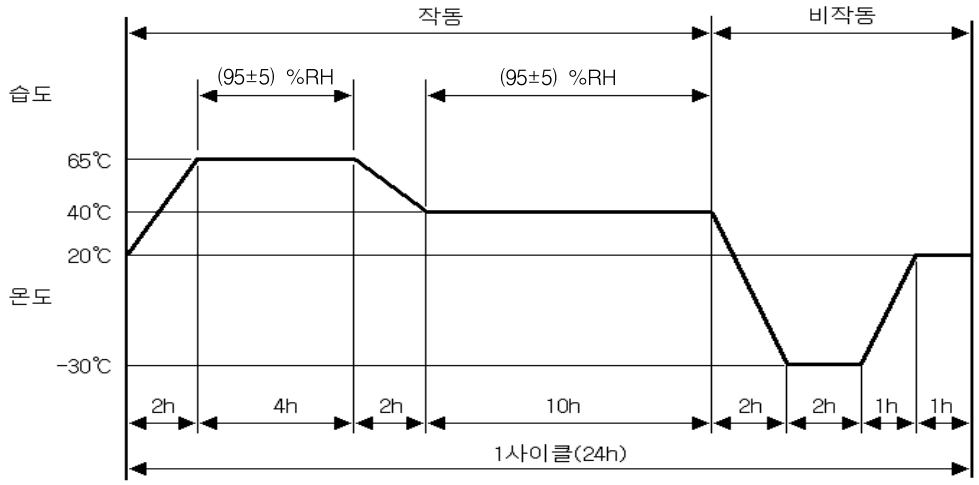
<그림 1>과 같은 온습도 사이클로 5사이클 시험한다. 시험전압을 인가한다.

b) 시험장치

4.2.3 a)의 조건을 만족하는 항온항습조와 시험전압을 공급할 수 있는 전원장치를 준비한다.

c) 시험방법

AQS 센서를 통전상태에서 상온, 상습에서 2시간 방치 후 4.2.3 a)의 조건으로 온습도 사이클 시험을 실시한다. 시험 완료 후 상온, 상습에서 2시간 방치 후 4.1.1 작동특성을 측정한다. 시험 전·후 AQS 센서의 성능과 시험온도 및 습도에 관한 사항을 기록한다.



<그림 1> 온습도 사이클 구성

4.2.4 열충격 시험

a) 시험조건

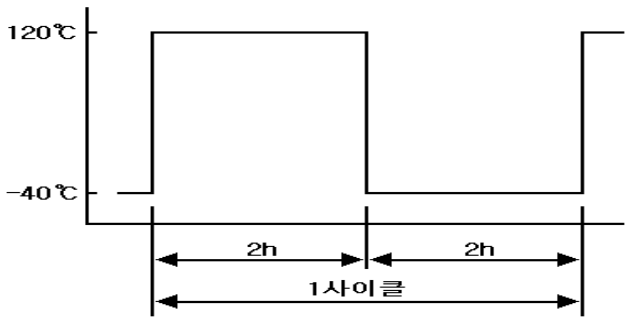
<그림 2>와 같은 사이클로 6사이클 시험한다. 온도변환 시간은 -40℃에서 120℃로, 120℃에서 -40℃로의 변환시간은 5분 이내로 한다.

b) 시험장치

시험장치는 상기 온도조건으로 온도사이클이 가능한 시험장치를 사용한다.

c) 시험방법

시료를 항온조에 넣고 시험 사이클 조건을 맞춘다. 시험조건에 따라 사이클 시험을 실시한다. 시험 완료 후 상온, 상습에서 2시간 방치 후 4.1.1 작동특성을 측정한다. 시험 전·후 AQS 센서의 성능과 시험 및 평가가 이루어지는 동안 제품의 기능 및 성능을 저해하는 현상을 기록한다.



<그림 2> 열충격 시험 사이클 구성

4.2.5 내수 시험

a) 시험조건
시험전압을 인가한다.

b) 시험방법
KS R 0015(2001) S2를 따른다. 시험 후 상온, 상습에서 2시간 작동 후 4.1.1 작동특성을 측정한다. 시험조건, 시험 전・후 AQS 센서의 성능 특성과 수분침투 유무를 기록한다.

4.2.6 진동 시험

a) 시험조건
진동 파형 정현파, 진동 주파수 10～400㎐, 진동 가속도 (40±5)㎧², 진동 시간 및 방향 8시간(상하 4시간, 전후 2시간, 좌우 2시간), 스위프 주기 10분으로 한다.

b) 시험장치
4.2.6 a) 시험조건을 만족할 수 있는 진동시험기로 한다.

c) 시험방법
시료를 차량부착상태와 유사한 조건으로 진동시험기에 장착한다. 전기적 작동은 하지 않는 상태로 시험을 실시한다. 시험조건에 따라 진동시험을 실시한다. 시험 중 외형상 변형, 균열 등을 점검한다. 시험 완료 후 4.1.1 작동특성을 측정한다. 시험 전・후 AQS 센서의 성능, 시험실 상태 및 진동의 진폭, 주파수, 시험종료 시까지의 진동횟수(또는 시험시간)과 시험 후 외형 관찰 결과를 기록한다.

4.2.7 먼지 시험

a) 시험방법
KS R 1063(2005) F3에 따른다. 시험 완료 후 4.1.1 작동특성을 측정한다. 먼지 조건, 시험온도 및 습도에 관한 사항, 먼지 침투 유무 및 그 개소, 시험 전・후 AQS 센서의 성능을 기록한다.

4.2.8 염수분무 시험

a) 시험조건
전원을 인가하지 않은 상태로 커넥터를 연결한다. 분무 조건은 KS D 9502(2009)를 따른다.

b) 시험방법
KS D 9502(2009)에 따라 96시간 동안 염수분무시험을 한다. 염수분무 후 250 kPa의 공기압

으로 시료의 표면을 건조시키고 38 ℃이하의 맑은 물을 분무하여 표면을 닦은 후 4.1.1 작동 특성을 측정한다. 염수분무 조건, 시험온도 및 습도에 관한 사항, 부식상태, 시험 전·후 AQS 센서의 성능을 기록한다.

4.2.9 복사 방출 시험

a) 시험조건

시험 주파수 150㎑~1,000㎒, 시험실 온도 (23±5)℃, 상대 습도 30%~60%으로 한다.

b) 시험장치

KS C CISPR 16-1(2004)을 따른다.

c) 시험방법

KS C CISPR 25(2004)를 따른다. 시험전압, 시험 온습도와 측정 결과를 기록한다.

4.2.10 전도 방출 시험

시험조건, 시험장치 및 시험방법이 4.2.9 복사 방출 시험과 같다.

4.2.11 전원선 전도 내성 시험

a) 시험조건

시험실 온도 (23±5)℃, 상대 습도 30%~60%로 한다. 단, 지정된 기준이 없는 경우에는 <표 3>을 만족해야 하며, 기능 상태 구분은 4.2.12 정전기 시험의 <표 5>를 따른다.

<표 3> 시험 파형 및 기능 상태

시험 파형	레벨(3)	조 건	인가시간	기능 상태
파형 1	-100 V	Ri=10Ω, td=2㎳, tr=1㎲, t1=0.5s, t2=200㎳	5000회	C등급
파형 2a	+50 V	Ri=2Ω, td=50㎲, tr=1㎲, t1=0.5s t2=200㎳	5000회	C등급
파형 2b	+10 V	Ri=0.05Ω, td=0.2s, t1=1㎳, tr=1㎳, t6=1㎳	10회	A등급
파형 3a	-150 V	Ri=50Ω, td=0.1㎲, tr=5㎳, t1=100㎲, t4=10㎳, t5=90㎳	1시간	A등급
파형 3b	+100 V	Ri=50Ω, td=0.1㎲, tr=5㎳, t1=100㎲, t4=10㎳, t5=90㎳	1시간	A등급
파형 4	-7 V	Va=-5V, Ri=0Ω, t7=30㎳, t8=50㎳, t9=10s, t10=5㎳, t11=5㎳	1회	A등급
파형 5a	+86.5 V	Ri=2Ω, td=200㎳	1회	A등급

주(3) ISO 7637-1의 레벨 Ⅳ에 준함.

b) 시험장치

KS R ISO 7637-2(2004)을 따른다.

c) 시험방법

KS R ISO 7637-2(2004)을 따른다. 시험전압, 시험 온습도와 측정 결과를 기록한다.

4.2.12 정전기 시험

a) 시험조건

정전기 조건 330pF/2kΩ, 150pF/2kΩ, 시험실 온도 (23±5)℃, 상대 습도 30% ~ 60%로 한다. 단, 지정된 기준이 없는 경우에는 <표 4>를 만족해야 하며, 기능 상태 구분은 <표 5>를 따른다.

<표 4> 시험수준 및 기능 평가기준

방전 형태		시험 수준(kV)(4)				최소 방전수	휴지시간 (sec)
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ		
직접 방전	방전전압	±4	±6	±7	±8	3	5
	방전 전압 인가시 기능 평가기준	A	B	C	E		
기중 방전	방전전압	±4	±8	±14	±15	3	5
	방전 전압 인가시 기능 평가기준	A	B	D	E		

주(4) ISO/TR 10605에 준함.

b) 시험방법

시료 각 부 및 커넥터 부를 낮은 방전전압부터 높은 방전전압 순으로 <표 4>에 준해 실시한다. 방전 형태는 직접방전과 기중방전 두 가지 모두 실시한다. 시험전압, 시험 온습도와 측정 결과를 기록한다.

<표 5> 기능 상태 구분

등 급	기능 상태
A등급	외란에 노출되는 도중 및 이후에 장치/시스템의 모든 기능이 설계된 목적에 맞추어 작동한다.
B등급	노출되는 도중에 장치/시스템의 모든 기능이 설계된 목적에 맞추어 작동한다. 그러나 하나 또는 그 이상의 기능이 허용 기준을 초과할 수 있다. 모든 기능은 노출이 끝난 뒤에 자동적으로 정상 상태로 회복된다. 기억 기능은 A등급을 유지하여 한다.
C등급	노출되는 도중에 장치/시스템의 하나 또는 그 이상의 기능이 설계된 목적에 맞추어 작동하지 않으나, 노출이 끝난 뒤에 모든 기능이 자동적으로 정상 상태로 회복된다.
D등급	노출되는 도중에 장치/시스템의 하나 또는 그 이상의 기능이 설계된 목적에 맞추어 작동하지 않고, 노출이 끝난 뒤에 모든 기능이 자동적으로 정상 상태로 회복되지 않는다. 그리고 단순 “작동자/이용” 행동에 의해 장치/시스템은 재설정된다.
E등급	외란에 노출되는 도중 및 이후에 장치/시스템의 하나 또는 그 이상의 기능이 설계된 목적대로 작동하지 않는다. 그리고 장치/시스템의 수리 또는 교환이 없이는 정상 작동이 불가능하다.

4.2.13 통상 전원 전압 시험

a) 시험조건

지정된 기준에 따르되 지정된 기준이 없는 경우 DC 10V, 14V, 16V로 한다.

b) 시험장치

4.1.1 a) 시험조건을 만족할 수 있는 성능시험기와 시험전압을 공급할 수 있는 전원장치, 그리고 전압계를 준비한다.

c) 시험방법

4.2.13 a)의 각각의 전압에서 4.1.1 작동특성을 측정하여 만족하여야 한다. 시험전압, 시험 온습도와 측정 결과를 기록한다.

4.2.14 전원 전압 순단 시험

a) 시험조건

<그림 4>의 전압을 5사이클 인가한다.

b) 시험장치

4.2.14 a)의 전압파형을 공급할 수 있는 장치와 4.1.1 b)의 시험장치가 필요하다.

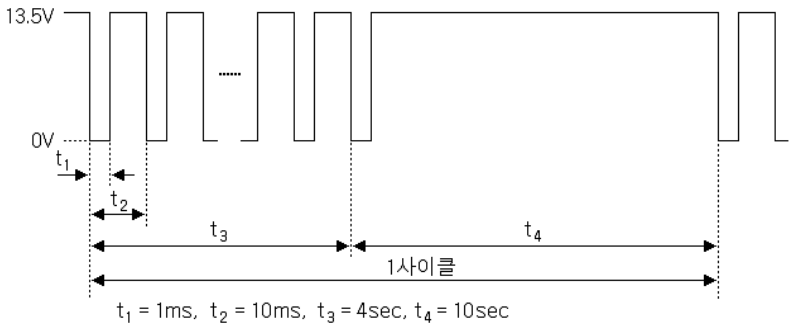
c) 시험방법

4.2.14 a)의 조건으로 전압을 인가하고, 4.1.1 작동특성을 측정하여 만족하여야 한다. 시험전압, 시험 온습도와 측정 결과를 기록한다.

4.2.15 역전압 시험

a) 시험조건

시험전압인 DC (13.5±0.2)V를 1분간 인가한다.



<그림 4> 전원전압 순단 시험 파형

b) 시험방법

전원단자에 4.2.15 a)의 시험조건으로 전원을 역으로 인가하고, 4.1.1 작동특성을 측정하여 만족하여야 한다. 시험전압, 시험 온습도와 측정 결과를 기록한다.

4.2.16 과전압 시험

a) 시험조건

DC (24±0.2)V를 1분간 인가한다.

b) 시험방법

전원공급단에 4.2.16 a)의 시험조건으로 전원을 인가한다. 시험 중에도 정상동작 되어야 하고, 시험 후 정상전원을 인가하여 4.1.1 작동특성을 측정하여 만족하여야 한다. 시험전압, 시험 온습도와 측정 결과를 기록한다.

4.2.17 절연저항 시험

a) 시험장치

DC 500V에 해당되는 절연저항계를 사용한다.

b) 시험방법
시료 밑바닥과 시료는 충분한 절연이 되어 있어야 한다. 전압을 인가하고 1~2분 경과하여 지침이 일정할 때 절연저항을 측정한다. AQS센서의 외함과 전원선을 측정한다. 시험 후 AQS센서에 유해한 결함이 없어야 하고 절연저항은 10 MΩ이상이어야 한다. 시험전압, 시험 온습도와 측정 결과를 기록한다.

4.2.18 내전압 시험

a) 시험조건
AC 500V의 전압이 인가되어야 한다.

b) 시험장치
4.2.18 a)의 전압을 인가할 수 있는 전원공급장치가 필요하다.

c) 시험방법
시료 밑바닥과 시료는 충분한 절연이 되어 있어야 한다. AQS 센서의 외함과 전원단자 사이에 50 Hz 또는 60 Hz에서 4.2.18 a)의 전압을 1분간 인가한다. 시험 후 절연파괴가 없어야 한다. 시험전압, 시험 온습도와 측정 결과를 기록한다.

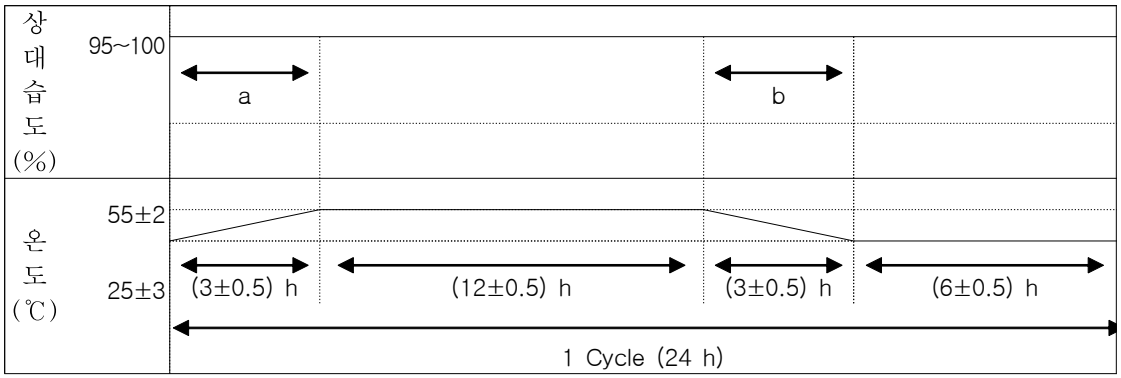
5. 수명시험

5.1 시험조건 및 판정기준

다음 <표 4>에 제시된 절차대로 시료 8개를 1,300시간동안 수명시험을 하여 1개의 고장도 발생하지 않으면 신뢰수준 90%에서 B_{10} 수명 10년 또는 160,000km를 보증한다.

<표 4> 수명시험

시험조건	시험장치	시험방법	판정기준	시료수	허용 고장수
○ 시험전압 : 정격전압 DC (13.5±0.1)V ○ 온습도 조건 : <그림 5>의 조건. 단, 온도 변환구간인 a, b 구간에서 상대 습도의 변화는 시험기의 상황에 따라 허용됨. ○ 시험시간 : 1,300시간	○ 수명시험조건을 만족할 수 있는 장치 ○ 4.1.1 a) 시험조건을 만족할 수 있는 성능시험기	○ 시료에 전압을 10분간 온, 5분간 오프를 반복하여 주어진 시험시간 동안 시험한다. ○ 매 300 시간 작동 후 4.1.1 작동특성 시험을 실시한다.	○ 4.1.1 작동특성 시험 후 작동상의 이상이 없어야 한다.	8	0



<그림 5> 수명 평가시험의 온습도 조건

5.2 수명시험의 이론적 근거

5.2.1 자동차용 유해가스 검출기의 신뢰성 평가척도 선정

수명시험은 수명 예측을 위한 시험항목이므로 가장 중요한 시험이라고 할 수 있다. 국내 업체에서는 주로 1,000시간 전원을 인가하거나, 전원 ON 10초, OFF 5초 반복을 200,000회 작동시켜 규정된 기준을 만족해야 하는 시험을 한다. 정확한 수명평가시간을 산출하기 위하여 다음과 같은 산정 근거로 수명평가시험 소요시간을 구하였다.

a) 전제 조건 : 자동차부품인 경우 정비지침서상 교환 또는 정비주기가 없는 부품은 자동차 수명과 동일하다고 가정할 경우 일반적으로 통용되고 있는 자동차 수명에 근거하여 10년 160,000km(일반적으로 통용), 5년/100,000km를 보증하는 것으로 간주한다.

b) 본 신뢰성 평가시험에 소요되는 시험시간의 산정을 위한 자료로서 각 국가별 차량의 평균 주행거리는 자동차공업협회와 교통안전공단의 통계 조사자료, 차량의 평균 주행속도에 관하여는 유럽의 연비인증 모드에 사용되는 ECE-15+EUDC 모드(주행평균속도는 33.8Km/h)와 미국의 연비시험 시 사용하는 FTP-75 모드(주행평균속도는 34.1Km/h)를 사용하였다. 이중 좀 더 가혹한 조건인 33.8km/h을 시험시간 산정을 위한 평균 주행 속도로 채택하였다.

c) 국가별 연간평균 주행거리 : 연간 약 16,197km, 즉 1일 평균 주행거리 44.38km/d(각국의 DOT(Department of transportation)에서 조사한 통계자료)

d) 일일 평균 차량 운행시간 : (44.38km)/(33.8km/h) = 1.313h

e) AQS 센서 작동시간 산정 : 배기가스 감지를 위하여 주행 중 항상 전원이 공급되어 있다고 가정할 경우

- 10년 기준 작동시간 : (1.313h/24h)×(87,600h/10년) = 4,792h/10년
- 160,000km 기준 작동시간 : 160,000km ÷ 33.8km/h = 4,734h/160,000km

따라서, 10년 기준과 160,000km 기준 중 더 가혹한 4,792시간을 적용하여 4,800시간을 작동하여 10년 160,000km를 보증하는 것으로 결정했다.

5.2.2 수명분포

자동차용 유해가스 검출기의 수명에 결정적인 부품은 유해가스 감지 센서의 열화이기 때문에 유해가스 감지 센서의 필드 고장 데이터를 활용하면 자동차용 유해가스 검출기의 수명은 형상모수(m)가 3인 와이블 분포를 따른다.

5.2.3 B_{10} 수명 보증을 위한 시료 수와 시험시간 결정

와이블 분포에서 소비자 위험(2종 오류)이 β, 합격 판정 개수가 C일 때 시료 수 n은 다음과 같다.

$$n \geq \frac{\chi^2_{\beta}\,[2(C+1)]}{2F(t)} \tag{1}$$

B_{10}수명을 보증할 경우 위치 모수 $\mu = 0$이고, 누적 고장률이 적을 때(20% 이하) 누적 고장률 $F(t)$는 식 (2)와 같고 시료 수 n은 식 (3)과 같다.

$$F(t) = \left[\frac{t\Gamma\left(1+\frac{1}{m}\right)}{MTTF}\right]^m = \left[\frac{t\ln[1-0.1]^{-\frac{1}{m}}}{B_{10}}\right]^m \tag{2}$$

$$n \geq \frac{\chi^2_{\beta}\,[2(C+1)]}{2\left(\frac{t}{B_{10}}\right)^m \ln[1-0.1]^{-1}} \tag{3}$$

이 때 시료 수는 시험시간(보증하고자하는 B_{10}수명과의 비)과 형상 모수, 신뢰수준, 합격 판정 개수에 의하여 정하여진다. 또한 시료 수를 정하고 이에 대한 시험시간을 정할 수도 있다. 와이블 해석을 하려면 5개 이상의 데이터가 필요하므로 시료 수는 8개 이상으로 하였다. 수명분포가 형상 모수 m이 3이므로 신뢰수준 90%($\beta = 0.1$), 합격 판정 개수 $C = 0$일 때 시료 수가 8개이면 시험시간은 식 (4)와 같다.

$$\frac{t}{B_{10}} \geq \left(\frac{X_{\beta}^{2}\,[2(C+1)]}{2n\ln[1-0.1]^{-1}} \right)^{\frac{1}{m}} = \left[\frac{X_{0.1}^{2}\,[2]}{(2)(8)\ln[1-0.1]^{-1}} \right]^{\frac{1}{3}} \fallingdotseq 1.40 \tag{4}$$

즉, 8개의 시료로 보증하고자 하는 B_{10} 수명의 1.4배 시험을 하여 고장이 1개도 없으면 B_{10} 수명을 90%의 신뢰 수준으로 보증할 수 있다.

형상 모수 m이 3일 때 시료 수와 시험시간과의 관계는 다음 <표 5>와 같다.

<표 5> 형상 모수와 시험시간과의 관계

형상모수	시험시간 (보증하고자하는 B_{10} 수명과의 비)			
	$n = 8$	$n = 10$	$n = 15$	$n = 20$
3	1.40	1.30	1.14	1.03

5.2.4 가속수명시험

시험시간의 단축을 위해 가속시험을 수행한다. 전자부품에 대해서는 습도에 의한 회로부품의 고장이 문제가 되므로 온습도 모형에 기초한 Arrhenius-peck 모델을 사용하며 가속계수는 식 (5)와 같이 결정 될 수 있다.

$$\text{가속계수} = \frac{L_u}{L_a} = \exp\left[\left(\frac{E}{k}\right)\left(\frac{1}{T_u} - \frac{1}{T_a}\right)\right]\left(\frac{H_u}{H_a}\right)^{-\alpha} \tag{5}$$

여기서 L_u : 사용자조건에서의 제어기의 수명, h

L_a : 가속시험온도조건에서의 수명, h

E : 활성화 에너지, eV

k : 볼츠만 상수(= 8.6173×10^{-5} eV/℃)

T_a : 가속시험의 절대온도, K

T_u : 사용자 조건에서의 절대온도, K

H_a : 가속시험조건에서의 상대습도, % RH

H_u : 사용자 조건에서의 상대습도, % RH

α : 습도지수

일반 사용조건에서의 유해감지센서의 습도환경은 50% RH이며, 가속시험을 위해서는 95 % RH를 사용한다. 그리고, 식 (5)에서 온도에 의한 가속을 하지 않고 습도에 의한 가속만을 수행하고, 습도지수 α는 선진 신뢰성 기준(GM Worldwide engineering standards)에 따라 2.66으로 취하였다. 식 (5)로부터 가속 계수는 5.5이므로 작동시간 4,800시간을 B_{10} 수명으로 보증하기 위한 시간은 정상조건에서의 수명시간 6,720(=4,800×1.4)시간의 1/5.5배인 1,300시간이다.
따라서, 판정기준은 시료 8개를 1,300시간까지 가속수명수명시험을 하여 1개의 고장도 발생하지 않으면 합격을 하게 되면 신뢰수준 90%에서 B_{10} 수명 10년 또는 160,000km를 보증한다.

6. 결론

자동차용 AQS 센서의 신뢰성을 시험하는 방법으로 작동특성 시험, 소비전류 시험, 저온 및 고온 방치 시험, 저온 및 고온 작동 시험, 온습도 사이클 시험, 열충격 시험, 내수 시험, 시험, 진동 시험, 분진 시험, 염수분무 시험, 전자파 시험, 작동내구 시험방법 등이 있으나, 완성차 및 부품 업체에 따라서 자동차용 AQS 센서의 신뢰성 시험방법의 규격이 서로 달라 제품의 신뢰성 향상에 어려움이 있다. 따라서 위와 같은 문제를 해결하기 위해서는 자동차용 AQS 센서의 신뢰성 시험방법과 신뢰성 평가기준을 표준화할 필요가 있었다.
자동차용 AQS 센서의 신뢰성 시험방법은 신뢰성 변화를 복합 환경조건하에서 온도 및 전기적 성능의 변화 요인을 따라 변하는 센서의 신뢰성을 해석하여 보다 정확한 고장요인을 파악하고 평가하는 것을 목적으로 한다. 따라서 본 논문에서 제시하는 기준은 개정된 KS D 9502(2009)와 국제적으로도 권위가 있는 SAE, JIS, JASO 등 국제 규격과 선진 외국 규격을 참고하였으며 완성차업체 및 부품업체의 규격도 일부 참고하였다.
본 논문은 AQS의 신뢰성 시험을 위한 유효한 시험기준을 제공하며, 이 기준을 적용하는 경우 참고문헌에 있는 규격도 동시에 참고하여야 한다. 해당 부품을 제조하는 제조자나 사용자가 해당 부품의 품질이나 특성을 고려하여 일부조건에 대한 사항을 추가하거나 일부 조건을 변경하여 이 기준을 적용하더라도 효과를 거둘 수 있도록 하였다.

참고문헌

[1] KS A 0006 (2001), 시험장소의 표준상태.

[2] KS C CISPR 16-1 (2004), 전기 자기 장해・내성 측정 장비 및 측정 방법 - 제1부:전기 자기 장해 및 내성 측정 장비.

[3] KS C CISPR 25 (2004), 차량용 수신기 보호를 위한 전기자기 장해 특성 측정 방법 및 측정의 한계값.

[4] KS D 9502 (2009), 염수분무 시험방법.

[5] KS R 0015 (2001) 자동차 부품의 내습 및 내수 시험방법.

[6] KS R 1063 (2005) 자동차 부품의 먼지 시험 통칙.

[7] KS R ISO 7637-2 (2004) 도로 차량 - 전도성, 결합성 전기 장해 - 제2부:24V용 상용 차량 - 전원선에서의 과도 전도

[8] KS R ISO 7637-3 (2004) 도로 차량 - 전도성, 결합성 전기 장해 - 제3부:12V, 24V용 차량 - 전원 공급선 이외의 전선을 통한 유도성 및 용량성 결합에 의한 과도 전송

[9] ISO 7637-1 (1990) Passenger cars and light commercial vehicles with nominal 12V supply voltage - Electrical transient conduction along supply lines only.

[10] ISO/TR 10605 (1994) Road vehicles - Electrical disturbances from electrostatic discharges.