

자동차용 DPF 차압센서의 신뢰성 평가기준

정우영^{1*} · 민준원¹ · 박동규¹ · 최정운² · 최우석² · 김시동²

¹자동차부품연구원, ²오토산업 기술연구소

Reliability Assessment Criteria of Differential Pressure Sensor for DPF

Wooyoung Chung^{1*} · Joonwon Min¹ · Dongkyu Park¹ · Jungwoon Choi² · Wooseok Choi² · Sidong Kim²

¹Korea Automotive Technology Institute, ²AUTO Industrial Co., Ltd

Differential pressure sensor for DPF (Diesel Particulate Filter) is the important part of a automobile exhaust system. This device measures the pressure of before DOC and after DPF to determine whether the DPF regenerate. In this paper reliability assessment criteria for DPF differential pressure sensor are established on terms of quality calcification 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.

Keywords: DPF Pressure Sensor, General Performance Test, Environmental Test, Lifetime Test

1. 서론

현재 완성차 업체들은 연비가 높은 디젤자동차를 앞 다퉈 출시하고 있으며, 배기가스를 규제하기 위한 EURO-5에 대응하기 위해 DPF를 필수적으로 장착하고 있다.

DPF 차압센서가 갖추어야 할 조건으로는 응답속도가 빠르고 정밀하며, 가역성 있게 반복 측정이 가능하여야 한다. 또한 온도, 습도 등의 영향을 받지 않고, 안정된 성능을 나타내어야 한다.

DPF 차압센서는 고온의 배기가스와 응축수 등이 지나가는 DPF에 장착되어 고온 및 PM, 부식 환경 등에 노출되어 있어 열응력과 부식을 많이 받으며 이로 인해 내구 문제가 많이 발생되고 있다. 또한 DPF 재생 시에는 오염물질 연소를 촉진하기 위하여 배기가스 온도를 더 높임으로써 극한의 고온에 노출되게 된다. 이 외에도 DPF 차압센서는 저온의 환경에 주차되어 있다 고온의 배기가스가 지나가는 열충격 환경과 엔진에 의한 진동과 고온·고습 및 EMC 환경 등에 노출되어 있다. 그리고 엄격한 환경규제에 대응하는 차량을 생산하기 위해서는 클린디젤의 매연저감 기술이 필수적이며, EURO-6 수준

의 입자상 물질 저감을 만족시키기 위해 신뢰성 및 내구성을 가지는 DPF용 차압센서 개발이 요구된다. 국내의 경우 차량용 센서 및 부품에 대하여 완성차 업체의 자기인증 제도 및 일부 부품에 대한 신뢰성 외부인증 절차들이 있지만 DPF 차압센서에 대한 신뢰성 기준은 없는 상황이다. 따라서 DPF 차압센서가 이러한 환경에서 센서의 수명에 얼마나 영향이 있는지 기본적인 성능과 성능의 경시 변화, 즉 신뢰성을 평가하기 위한 시험방법과 평가기준이 마련되어야 한다.

본 연구에서는 DPF 차압센서의 신뢰성을 높이기 위한 품질시험(기본성능 평가시험과 내환경평가시험)과 고장률 시험기준을 제시하고자 한다. 이 논문에서 제시하는 기준은 DPF 차압센서의 신뢰성 시험을 위한 유효한 시험기준을 제공하며, 이 기준을 적용하는 경우 인용하고 있는 규격도 동시에 참고하여야 한다. 해당 부품을 제조하는 제조사나 사용자가 해당 부품의 품질이나 특성을 고려하여 일부조건에 대한 사항을 추가하거나 일부 조건으로 변경하여 이 기준을 적용하더라도 효과를 거둘 수 있도록 하였다. 이 기준의 목적은 DPF 차압센서의 품질시험을 합격한 시료에 대하여 신뢰성 시험을 통해 B₁₀ 수명이 일정수준임을 보증하는데 있다.

* 교신저자 wychung@katech.re.kr

2014년 12월 7일 접수; 2015년 1월 20일 수정본 접수; 2015년 1월 26일 게재 확정.

2. 일반사항

2.1 적용 범위

이 기준은 디젤엔진 DPF 시스템에 장착되는 차압센서의 신뢰성평가 시험방법에 대하여 규정한다. 본 연구의 적용범위는 차압을 측정하여 DPF 재생여부를 결정하는 DPF 차압센서의 신뢰성 평가시험조건, 시험방법 및 평가기준의 규정을 적용 범위로 한다.

2.2 인용규격

이 논문에서 참고한 규격은 이 기준에 인용됨으로써 규정 일부를 구성하고 있으며 인용규격은 다음과 같으며 참고문헌에 규격 명칭을 나열하였다.

KS A 0006(2001), KS D 9502(2009), KS R 0015(2001), KS R 1063(2005), KS C CISPR 16-1(2004), KS C CISPR 25(2004), KS R ISO 11452-4(2013)이다.

3. 신뢰성 시험

3.1 신뢰성 시험의 기본 개요

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 B₁₀ 수명을 정해진 신뢰수준으로 보증한다.

차량을 구동한 상태에서의 DPF 차압센서는 DPF의 전·후단의 압력을 감지하기 위하여 항상 전원이 공급되어 작동되고 있기 때문에 전기적 스트레스에 의한 구성부품의 고장이나 센서 소자의 특성 열화가 발생할 우려가 높으므로 이에 대한 평가를 위하여 전원 공급에 따른 작동내구시험이 필요하다. 또한 주변 온도에 따른 센서 특성을 파악하기 위한 고온/저온 방치/작동 시험이 필요하며 염수의 영향에 의한 압력센서 소자의 특성변화를 위한 염수분무 시험, 먼지등에 의한 압력센서 소자의 특성변화를 확인하기 위한 분진시험, 온습도가 DPF 차압센서에 미치는 영향을 확인하기 위한 온습도 사이클 시험, 열충격을 주었을 때의 영향을 파악하기 위한 열충격 시험, 수분의 침투에 의한 영향을 파악하기 위한 내수시험, 진동에 의한 영향을 파악하기 위한 진동시험, 전자파의 영향에 대한 전자파 시험 등이 필요하다.

3.2 시험의 일반 사항

3.2.1 대상 시료의 정의

대상으로 하는 DPF용 차압센서는 세라믹 소자를 이용한 차

압센서 타입으로 한다. 시험시 DPF용 차압센서의 외관은 양호하고, 흠, 울퉁불퉁함, 휘, 비틀림 등의 결점이 없어야 한다.

3.2.2 시료의 수

시험에 필요한 시료는 제조공정을 대표할 수 있는 동일 조건으로 생산된 제품으로 각각의 시험 조건을 고려하여 신뢰성을 보증할 수 있는 최소의 시료수를 선정하였다. 시료의 수는 각 시험별로 주어졌 있으며 <표 1> 및 <표 2>에 나타내었다.

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 (5.0 ± 0.1)V로 한다.

4. 기본성능 평가시험과 내환경성 평가시험

4.1 기본성능 평가시험

기본성능은 다음 <표 1> 각 항을 만족하여야 한다.

<표 1> 기본성능 평가기준

시험 항목	시험 방법	평가 기준	시료수
1. 압력 특성 시험 (정밀도)	4.1.1	각 단계별 차압에 의한 출력 오차는 ± 75 mV 이내일 것	전수(1)
3. 응답성 시험(2)	4.1.2	33%~66% 도달구간의 속도가 100 msec 이내일 것	3

주) 1) 내환경성 및 수명평가시험에 사용되는 시료의 총수이다.

2) 초기 개발품에 한하여 시험한다.

4.1.1 압력 특성 시험

a) 시험 조건

시험 유체는 공기로 하며, 차압은 지정된 기준에 따르되 지정된 기준이 없는 경우 0 kPaG, 50 kPaG, 100 kPaG로 한다. 이때의 인가 압력 허용 오차는 ± 0.1 kPa 이내로 한다.

b) 시험 장치

4.1.1 a) 시험 조건을 만족할 수 있는 성능시험기와 시험전압을 공급할 수 있는 전원장치, 그리고 출력 전압을 측정할 수 있는 전압계를 준비한다.

c) 시험 방법

시험 시료를 성능시험기에 설치하고 전압계를 시료 양단

에 연결한다. 다음 시료의 전원단자에 시험전압을 인가한다. 각 단계별 차압을 공급한다. 이 때의 출력 전압을 측정한다. 차압에 따른 시료의 출력전압, 시험 및 평가가 이루어지는 동안 제품의 기능 및 성능을 저해하는 현상을 기록하고 <표 1>의 기준에 따라 판정한다.

4.1.2 응답성 시험

a) 시험 조건

시험 유체는 공기로 하며, 솔레노이드 밸브를 이용하여 차압을 조절한다. 이때의 유량은 700 L/min으로 하며, 0%에서 100%로 밸브를 열어 압력센서의 신호를 측정한다. 압력 신호 범위가 33%~66% 도달 시간을 측정한다. 초기 개발품에 한하여 시험한다.

b) 시험 장치

솔레노이드 밸브가 장착되어 유량을 제어할 수 있는 성능 시험기, 시험전압을 공급할 수 있는 전원장치, 그리고 출력 전압을 측정할 수 있는 전압계를 준비한다.

c) 시험 방법

시험 시료를 성능시험기에 설치하고 전압계를 시료 양단에 연결한다. 다음 시료의 전원단자에 시험전압을 인가한다. 유량공급 장치에서 공기를 흘려보낸다. 이때는 솔레노이드 밸브에 의해 공기의 흐름이 막혀있다. 다음 솔레노이드밸브를 열어 시료에 차압이 가해지게 한다. 이 때 시료의 출력전압이 압력 신호 범위 33%~66% 도달하였을 때의 시간을 측정한다. 시험 및 평가가 이루어지는 동안 제품의 기능 및 성능을 저해하는 현상을 기록하고 <표 1>의 기준에 따라 판정한다.

4.2 내환경 평가시험

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

4.2.1 저온 및 고온 방치 시험

a) 시험조건

시험 온도는 저온(-40±2)℃, 고온(130±2)이고, 전원을 인가하지 않는다.

b) 시험장치

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

c) 시험방법

항온조에 시료를 넣고 저온에서 192시간 방치, 고온에서 192시간 방치하고, 각 시험온도에서 시험 후 상온, 상습에서 2시간 이상 방치 후 4.1.1 압력특성을 측정한다. 시험 전·후 DPF용 차압센서의 성능과 시험 및 평가가 이루어지는 동안 제품의 기능 및 성능을 저해하는 현상을 기록한다.

4.2.2 복합 환경 방치 시험

a) 시험조건

시험 온도는 (85±2)℃이고, 습도는 (85±2)%RH이다. 전원을 인가하지 않는다.

b) 시험장치

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

<표 2> 내환경성 평가기준

시험 항목	시험 방법	평가 기준	시료수
1. 고온 방치 시험	4.2.1	외관상 이상이 없고 4.1을 만족하여야 한다.	6
2. 저온 방치 시험	4.2.1	외관상 이상이 없고 4.1을 만족하여야 한다.	6
3. 복합 환경 방치 시험	4.2.2	외관상 이상이 없고 4.1을 만족하여야 한다.	6
4. 고온 동작 시험	4.2.3	외관상 이상이 없고 4.1을 만족하여야 한다.	6
5. 열충격 시험	4.2.4	외관상 이상이 없고 4.1을 만족하여야 한다.	6
6. 진동 시험	4.2.5	외관상 이상이 없고 4.1을 만족하여야 한다.	3
7. 전도 방출 시험-전원단 ⁽³⁾	4.2.6	KS C CISPR 25 표 7의 등급 3을 만족하여야 한다.	3
8. 전도 방출 시험-신호단 ⁽³⁾	4.2.7	KS C CISPR 25 표 7의 등급 3을 만족하여야 한다.	3
9. 방사면역성 시험	4.2.8	4.2.8의 표를 만족하여야 한다.	3
10. 충전류 주입 시험	4.2.9	4.2.9의 표를 만족하여야 한다.	3
11. DPF 재생모드 내구 시험	4.2.10	외관상 이상이 없고 4.1을 만족하여야 한다.	6
12. 내수	4.2.11	외관상 이상이 없고 4.1을 만족하여야 한다.	6
13. 염수분무	4.2.12	외관상 이상이 없고 4.1을 만족하여야 한다.	6
14. 먼지	4.2.13	외관상 이상이 없고 4.1을 만족하여야 한다.	6

c) 시험방법

항온조에 시료를 넣고 192시간 방치한다. 시험 후 상온, 상습에서 2시간 이상 방치 후 4.1.1 압력특성을 측정한다. 시험 전·후 DPF용 차압센서의 성능과 시험 및 평가가 이루어지는 동안 제품의 기능 및 성능을 저해하는 현상을 기록한다.

4.2.3 고온 동작 시험

a) 시험조건

시험 온도는 $(120 \pm 2)^\circ\text{C}$ 이고, 압력과 전원을 인가한다.

b) 시험장치

시험조건을 만족할 수 있는 항온조와 시료에 압력을 인가할 수 있는 시험장치, 4.1.1 b)의 성능시험기를 준비한다.

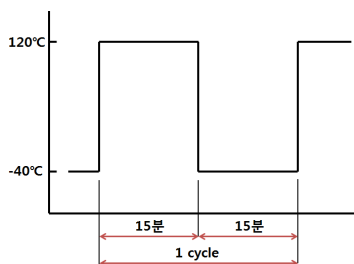
c) 시험방법

항온조에 시료를 넣고 1,000시간 방치한다. 시료에 초당 한번 0에서 100 kPa 시험 후 상온, 상습에서 2시간 이상 방치 후 4.1.1 압력특성을 측정한다. 시험 전·후 DPF용 차압센서의 성능과 시험 및 평가가 이루어지는 동안 제품의 기능 및 성능을 저해하는 현상을 기록한다.

4.2.4 열충격 시험

a) 시험조건

<그림 1>과 같은 사이클로 100사이클 시험한다. 온도변화 시간은 -40°C 에서 120°C 로, 120°C 에서 -40°C 로의 변환시간은 5분 이내로 한다. 시험전압을 인가하지 않는다.



<그림 1> 열충격 시험 사이클 구성

b) 4.2.3 a)의 조건을 만족하는 항온조와 4.1.1 b)의 성능시험기를 준비한다.

c) 시험방법

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

4.2.5 진동 시험

a) 시험조건

진동 파형 정현파, 진동 주파수 20~200Hz, 진동 가속도 44.1 m/s^2 , 진동 시간 및 방향 108시간(상하 36시간, 전후 36시간, 좌우 36시간), 스위프 주기 2분으로 한다.

b) 시험방법

KS R 0015(2001) S2를 따른다. 시험 후 상온, 상습에서 2시간 이상 방치 후 4.1.1 압력특성을 측정한다. 시험 전·후 DPF용 차압센서의 성능과 시험 및 평가가 이루어지는 동안 제품의 기능 및 성능을 저해하는 현상을 기록한다.

4.2.6 전도 방출 시험-전원단

a) 시험 조건

DPF용 차압센서에 전원을 인가하고, $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ 에서 시험 주파수 150 kHz~108 MHz로 시험한다.

b) 시험 장치

KS C CISPR 16-1에 따른다.

c) 시험 방법

모든 전원선의 전압 측정은 EUT의 케이스(케이스가 접지 복귀 경로를 제공할 경우) 혹은 EUT와 실질상 가까운 접지선과 비례하여 실시한다. 단일하게 접지된 복귀 라인이 있는 EUT를 위해 전압 측정은 접지면과 비례한 각각의 도선(공급과 복귀)에서 실행한다. 의사회로망(AN) 커넥터와 EUT 커넥터 사이의 전원공급선의 길이는 $(200^{+200}_0) \text{ mm}$ 으로 한다. 시험 배선은 접지면에서 50 mm 위에 위치시킨다.

4.2.7 전도 방출 시험-신호단

a) 시험 조건

DPF용 차압센서에 전원을 인가하고, $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ 에서 시험 주파수 150 kHz~108 MHz로 시험한다.

b) 시험 장치

KS C CISPR 16-1에 따른다.

c) 시험 방법

시험 장비의 길이는 일반적으로 1.5 m 혹은 시험 계획에서 합의된 길이가 되어야 하며, 접지면에서 50 mm 위에 위치시킨다. 시험 계획에 특별히 명시되어 있지 않다면 시험 장비 배선은 인접된 위치에 병렬로 서로 인접하여 설치한다. 전류 프로브는 모든 와이어를 감싸야 한다. 전류 프로브를 EUT 커넥터에서 50 mm, 750 mm 떨어지게 하여 방출을 측정한다.

<표 3> 전원단에 있어서의 전도성 방해 한계값(첨두값 또는 준첨두값)

대역	주파수 MHz	단계 분류(μA)									
		1등급		2등급		3등급		4등급		5등급	
		첨두값	준첨두값	첨두값	준첨두값	첨두값	준첨두값	첨두값	준첨두값	첨두값	준첨두값
방송											
LW	0.15~0.30	110	97	100	87	90	77	80	67	70	57
MW	0.53~1.8	86	73	78	65	70	57	62	49	54	41
SW	5.9~6.2	77	64	71	58	65	52	59	46	53	40
FM	76~108	62	49	56	43	50	37	44	31	38	25
TV Band I	41~88	58	-	52	-	46	-	40	-	34	-
TV Band III	174~230	전도방출시험-전원단 적용하지 않음									
DABIII	171~245										
TV Band IV/V	468~944										
DTTV	470~770										
DAB L band	1447~1494										
SDARS	2320~2345										
이동통신서비스											
CB	26~28	68	55	62	49	56	43	50	37	44	31
VHF	30~54	68	55	62	49	56	43	50	37	44	31
VHF	68~87	62	49	56	43	50	37	44	31	38	25
VHF	142~175	전도방출시험-전원단 적용하지 않음									
Analogue UHF	380~512										
RKE	300~330										
RKE	420~450										
Analogue UHF	820~960										
GSM 800	860~895										
EGSM/GSM 900	925~960										
GPS L1 civil	1567~1583										
GSM 1800(PCN)	1803~1882										
GSM1900	1850~1990										
3G/IMT2000	1900~1992										
3G/IMT2000	2010~2025										
3G/IMT2000	2108~2172										
Bluetooth/802.11	2400~2500										

<표 4> 전원단에 있어서의 전도성 방해 한계값(평균값)

대역	주파수 MHz	단계 분류(μV)				
		1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
		평균값	평균값	평균값	평균값	평균값
방송						
LW	0.15~0.30	90	80	70	60	50
MW	0.53~1.8	66	58	50	42	34
SW	5.9~6.2	57	51	45	39	33
FM	76~108	42	36	30	24	18
TV Band I	41~88	48	42	36	30	24
TV Band III	174~230	전도방출시험-전원단 적용하지 않음				
DABIII	171~245					
TV Band IV/V	468~944					
DTTV	470~770					
DAB L band	1447~1494					
SDARS	2320~2345					
이동통신서비스						
CB	26~28	48	42	36	30	24
VHF	30~54	48	42	36	30	24
VHF	68~87	42	36	30	24	18
VHF	142~175	전도방출시험-전원단 적용하지 않음				
Analogue UHF	380~512					
RKE	300~330					
RKE	420~450					
Analogue UHF	820~960					
GSM 800	860~895					
EGSM/GSM 900	925~960					
GPS L1 civil	1567~1583					
GSM 1800(PCN)	1803~1882					
GSM1900	1850~1990					
3G/IMT2000	1900~1992					
3G/IMT2000	2010~2025					
3G/IMT2000	2108~2172					
Bluetooth/802.11	2400~2500					

<표 5> 제어/신호단에 있어서의 전도성 방해 한계값(침투값 또는 준침투값)

대역	주파수 MHz	단계 분류(μA)									
		1등급		2등급		3등급		4등급		5등급	
		침투값	준침투값	침투값	준침투값	침투값	준침투값	침투값	준침투값	침투값	준침투값
방송											
LW	0.15~0.30	90	77	80	67	70	57	60	47	50	37
MW	0.53~1.8	58	45	50	37	42	29	34	21	26	13
SW	5.9~6.2	43	30	37	24	31	18	25	12	19	6
FM	76~108	28	15	22	9	16	3	10	-3	4	-9
TV Band I	41~88	24	-	18	-	12	-	6	-	0	-
TV Band III	174~230	전도방출시험-신호단 적용하지 않음									
DABIII	171~245										
TV Band IV/V	468~944										
DTTV	470~770										
DAB L band	1447~1494										
SDARS	2320~2345										
이동통신서비스											
CB	26~28	34	21	28	15	22	9	16	3	10	-3
VHF	30~54	34	21	28	15	22	9	16	3	10	-3
VHF	68~87	28	15	22	9	16	3	3	-3	4	-9
VHF	142~175	전도방출시험-신호단 적용하지 않음									
Analogue UHF	380~512										
RKE	300~330										
RKE	420~450										
Analogue UHF	820~960										
GSM 800	860~895										
EGSM/GSM 900	925~960										
GPS L1 civil	1567~1583										
GSM 1800(PCN)	1803~1882										
GSM1900	1850~1990										
3G/IMT2000	1900~1992										
3G/IMT2000	2010~2025										
3G/IMT2000	2108~2172										
Bluetooth/802.11	2400~2500										

<표 6> 제어/신호단에 있어서의 전도성 방해 한계값(평균값)

대역	주파수 MHz	단계 분류(μA)				
		1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
		평균값	평균값	평균값	평균값	평균값
방송						
LW	0.15~0.30	70	60	50	40	30
MW	0.53~1.8	38	30	22	14	6
SW	5.9~6.2	23	17	11	5	-1
FM	76~108	8	2	-4	-10	-16
TV Band I	41~88	14	8	2	-4	-10
TV Band III	174~230	전도방출시험-신호단 적용하지 않음				
DABIII	171~245					
TV Band IV/V	468~944					
DTTV	470~770					
DAB L band	1447~1494					
SDARS	2320~2345					
이동통신서비스						
CB	26~28	14	8	2	-4	-10
VHF	30~54	14	8	2	-4	-10
VHF	68~87	8	2	-4	-10	-16
VHF	142~175	전도방출시험-신호단 적용하지 않음				
Analogue UHF	380~512					
RKE	300~330					
RKE	420~450					
Analogue UHF	820~960					
GSM 800	860~895					
EGSM/GSM 900	925~960					
GPS L1 civil	1567~1583					
GSM 1800(PCN)	1803~1882					
GSM1900	1850~1990					
3G	1900~1992					
3G	2010~2025					
3G	2108~2172					
Bluetooth/802.11	2400~2500					

4.2.8 방사면역성 시험

a) 시험 조건

DPF용 차압센서에 전원을 인가하고, (25±5)℃에서 시험 주파수 80 MHz~2,000 MHz로 시험한다. 지정된 기준이 없는 경우에는 표 7을 만족해야 한다. 기능 상태 구분은 KS R ISO 11452-1의 부속서 A에 규정된 A.3.2 기능 상태 구분에 따른다.

<표 7> 시험 가속성 레벨에 따른 기능 상태

시험 가속성 레벨	값(V/m)	기능 상태
I	50	-
II	60	A등급
III	80	B등급
IV	100	C등급

b) 시험 장치

KS R ISO 11452-2에 따른다.

c) 시험 방법

KS R ISO 11452-2에 따른다.

4.2.9 충전류 주입 시험

a) 시험 조건

DPF용 차압센서에 전원을 인가하고, (25±5)℃에서 시험 주파수 20 MHz~400 MHz로 시험한다. 지정된 기준이 없는 경우에는 <표 8>을 만족해야 한다. 기능 상태 구분은 KS R ISO 11452-1의 부속서 A에 규정된 A.3.2 기능 상태 구분에 따른다.

b) 시험 장치

KS R ISO 11452-2에 따른다.

c) 시험 방법

KS R ISO 11452-2에 따른다.

<표 8> 시험 가속성 레벨에 따른 기능 상태

시험 가속성 레벨	값(V/m)	기능 상태
I	50	-
II	60	-
III	80	A등급
IV	100	B등급

4.2.10 DPF 재생모드 내구시험

a) 시험 조건

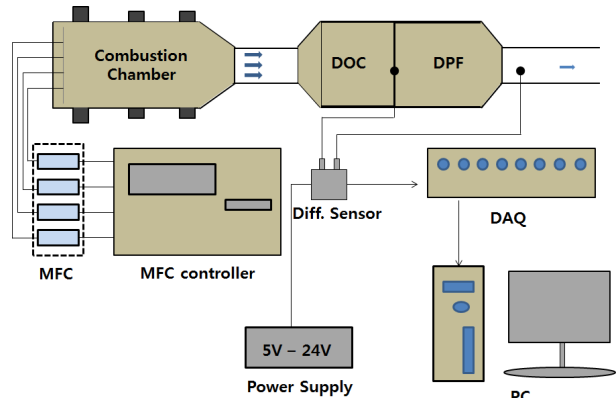
DPF용 차압센서에 전원을 인가하고, 공급전압은 (5.0±0.5) V로 한다.

b) 시험 장치

<그림 2>의 DPF 재생모드 내구시험 장치를 준비한다.

c) 시험 방법

DPF 재생모드 내구시험 장치에 시료를 장착하고 4.2.10의 시험 조건에서 DPF 재생모드를 200회 실시한다. 시료를 상온에서 2시간 방치한 후 4.1.1 압력특성을 측정한다.



<그림 2> DPF 재생모드 내구시험장치

4.2.11 내수 시험

a) 시험조건

KS R 0015(2001) R²를 따른다.

b) 시험장치

4.2.11 a)의 시험조건을 만족하는 시험장치를 사용한다.

c) 시험방법

시료에 전원을 인가하지 않고 시험 장치에 설치한다. 4.2.11 a)의 시험 조건으로 내수 시험을 진행한 후 24시간 방치한다. 시험 후 기능상 문제를 유발시키는 부위에 침수가 되었는지 확인하고 4.1.1 압력특성을 실시한 후 결과를 기록한다.

4.2.12 염수분무 시험

a) 시험조건

KS D 9502의 중성 염수분무 시험방법에 따른다. DPF용 차압센서는 작동하지 않은 상태로 240시간 시험한다.

b) 시험장치

시험장치는 KS D 9502의 조건을 만족하는 염수 분무 시험기를 사용한다.

c) 시험방법

DPF용 차압센서를 염수 분무 시험 장치에 장착하여 4.2.12

a)의 조건으로 염수 분무 시험을 실시한다. 시험 후, 시료의 외관에 부식의 발생여부를 확인하고 4.1.1 압력특성을 측정한다.

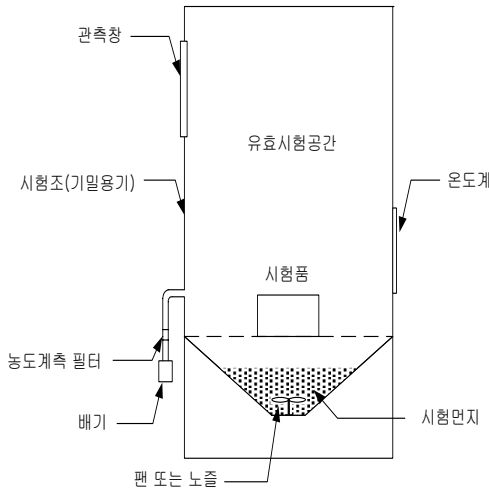
4.2.13 먼지 시험

a) 시험조건

먼지 종류는 KS A 0090의 8종 또는 6종으로 하고, 농도는 100 mg/m³으로 한다. 온도 (23±5)℃, 습도 (65±20)%의 조건에서 DC전압 (5.0±0.5) V를 가하여 교반 시간 2초, 정지 시간 10분, 반복 합계 시간 8시간 동안 시험한다.

b) 시험장치

시험장치는 KS R 1063에 따른 분진 시험기 <그림 3>을 사용한다.



<그림 3> 분진 시험 장치

c) 시험방법

4.2.13 a)의 조건으로 공기압 또는 팬 등으로 먼지가 시험조 내에서 거의 균일하게 되도록 한다. DPF용 차압센서를 분진 시험기에 넣고 DPF용 차압센서에 시험 전압을 인가하고 먼지를 2초 동안 교반하고 10분간 정지하는 것을 1 사이클로 하여 8시간 동안 반복한다. 시험 후, 4.1.1 압력특성을 측정한다.

5. 가속수명

DPF 차압센서의 수명평가기간을 산출하기 위하여 다음과 같은 산정 근거로 수명평가기험 소요시간을 구하였다.

5.1 전체 조건

자동차부품인 경우 정비지침서상 교환 또는 정비주기가

없는 부품을 자동차 수명과 동일하다고 가정할 경우 사용되고 있는 자동차수명에 근거하여 10년 또는 160 000 km(일반적으로 통용)를 보증하는 것으로 간주한다.

5.2 차량의 평균 주행거리 산정

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(주행평균 속도는 33.8Km/h)를 사용하였다.

- a. 국가별 연간평균 주행거리: 연간 약 16,197km, 즉 1일 평균 주행거리 44.38km/d(각국의 DOT(Department of transportation)에서 조사한 통계자료)
- b. 일일 평균 차량 운행시간: (44.38km)/(33.8km/h) = 1.313h
- c. DPF 차압센서의 작동시간 산정: 수위 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 작동시간160,000km ÷ 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.

5.3 수명분포

DPF 차압센서 수명에 영향을 미치는 주 요소는 센서와 기판과의 전기적 연결부 고장에 의함임으로 이에 대한 와이블 분포 형상모수(m)가 1.2인 와이블 분포를 따른다.

5.4 B₁₀ 수명 보증을 위한 시료 수와 시험시간 결정

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

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

B₁₀ 수명을 보증할 경우 위치 모수 μ = 0이고, 누적 고장률이 적을 때(20% 이하) 누적 고장률 F(t)는 식 (2)와 같고 시료 수 n은 식 (3)과 같다.

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

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

이 때 시료 수는 시험시간(보증하고자하는 B₁₀ 수명과 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 6개로 하였다. 수명분포가 형상 모수 m이 1.2 이므로 신뢰수준 90%(β = 0.1), 합격 판정 개수 C = 0일 때 시료 수가 6개이면 시험시간은 식 (4)와 같다.

$$\frac{t}{B_{10}} \geq \left(\frac{\chi^2_{\beta}[2(C+1)]}{2n \ln[1 - 0.1]} \right)^{\frac{1}{m}} = \left[\frac{\chi^2_{0.1}[2]}{(2)(6) \ln[1 - 0.1]^{-1}} \right]^{1.2} \quad (4)$$

≅ 2.94

즉, 6개의 시료로 보증하고자 하는 B₁₀ 수명의 2.94배 시험을 하여 고장이 1개도 없으면 B₁₀ 수명을 90%의 신뢰 수준으로 보증할 수 있다.

형상 모수 m이 1.2일 때 시료 수와 시험시간과의 관계는 다음 <표 9>과 같다.

<표 9> 형상 모수와 시험시간과의 관계

형상모수	시험시간 (보증하고자하는 B ₁₀ 수명과 비)			
	n = 6	n = 10	n = 15	n = 20
1.2	2.94	1.92	1.37	1.08

5.5 가속수명시험

시험시간의 단축을 위해 가속시험을 수행한다. 온도 모형에 기초한 Arrhenius모형을 사용하며 가속계수는 식 (5)와 같이 결정 될 수 있다.

$$\text{가속계수} = \frac{L_u}{L_a} = \exp\left[\left(\frac{E}{K}\right)\left(\frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_u}\right)\right] \quad (5)$$

여기서 Lu: 사용자조건에서의 제어기의 수명, h

La: 가속시험온도조건에서의 수명, h

E: 활성화 에너지, eV

k: 볼츠만 상수(= 8.6173 × 10⁻⁵ eV/°C)

Ta: 가속시험의 절대온도, K

Tu: 사용자 조건에서의 절대온도, K

가속시험온도는 120°C, 사용자 조건온도는 75°C로 가정하면, 식 (5)로부터 가속 계수는 21.2이므로 작동시간 4,800시간을 B₁₀ 수명으로 보증하기 위한 시간은 정상조건에서의 수명 시간 14,112(= 4,800×2.94)시간의 1/21.2배인 666시간이다.

따라서, 판정기준은 시료 6개를 666시간까지 가속수명수명시험을 하여 고장이 1개도 발생하지 않으면 합격을 하게 되고 신뢰수준 90%에서 B₁₀ 수명 10년 또는 160,000km를 보증한다.

6. 결론

자동차용 DPF 차압센서의 신뢰성을 시험하는 방법에 대한 국내 기준이 없어 완성차 및 부품 업체에서 신뢰성 향상에 어려움이 있었으며 이를 위해서는 신뢰성 시험방법과 신뢰성 평가기준을 표준화할 필요가 있었다. 본 논문은 자동차용 DPF 차압센서의 신뢰성 시험을 위한 유효한 시험기준을 제공하였다. 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), 전기자기 장애 · 내성 측정 장비 및 측정 방법 - 제1부: 전기자기 장애 및 내성 측정 장비.
- [3] KS C CISPR 25 (2004), 차량용 수신기 보호를 위한 전기자기 장애 특성 측정 방법 및 측정의 한계값. 최만엽 박동규 오근태 정해성/297.
- [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 전기자기 장애 - 제2부: 24V용 상용 차량-전원선에서의 과도 전도.
- [8] KS R ISO 11452-4 (2013), 도로 차량-협대역의 전기자기 에너지 방출에 따른 전기적인 방해에 대한 부품 시험방법-제4부: 배선 여기법.
- [9] KS R ISO 11452-1, 도로 차량-협대역의 전기자기 에너지 방출에 따른 전기적인 방해에 대한 부품 시험방법-제1부: 일반원리 및 용어.
- [10] KS A 0090, 시험용 분체 및 시험용 입자.
- [11] Barringer & Associates, INC의 와이블 데이터베이스 참고.