신뢰성응용연구
제14권, 제1호. pp.59-70, 2014

자동차 흡기유동제어밸브의 초가속수명시험 및 수명시험을 위한 신뢰성연구

김성옥*, 박상욱*, 이진식*
자동차부품연구원 신뢰성연구센터*

A Study on the HALT & Life time Test of the Swirl Control Actuator

Sung Ok Kim*, Sang Wook Park*, Jin Sik Lee*
*Reliability Division, Korea Automotive Technology Institute **

<Abstract>
The requirements of reliability verification for new products and technology are increasing more and more in accordance with the trend of climate change prevention and GHG reduction technology, functional skills. SCA(Swirl Control Actuator) is the important part of a car intake manifold system. This device generates swirl that is mixing the fuel and air into the engine combustion chamber. This is to improve output for engine and reduce the emission for exhaust. In this article reliability assessment criteria for swirl control actuator for automobiles are established in terms of basic HALT and life time test.

Key Word: SCA, HALT, Swirl Control Actuator, Highly Accelerated Life Test, Life Test

1. 서 론

최근 자동차 산업의 트렌드는 이산화탄소 저감 대책 등 지구온난화 방지에 적합한 친환경/무공해 기술들이 증가하고 있으며 기존의 내연기관(가솔린, 디젤)을 적용한 하이브리드 자동차를 개발하는 등 그 트렌드가 변화하고 있다.

엔진의 성능 및 배기가스의 저감에 필요한 각종부품은 과거 엔진의 크랭크축과 직간접적으로 연결되어 엔진의 동력소모와 성능저하를 초래하고 기계적인 메커니즘에 의해 구동됨으로 인하여 정밀한 제어가 불가능하였다. 그러나 차량 및 엔진의 전자부품 증가 추세에 따라 엔진의 핵심부품은 솔레노이드 모터 등의 전자부품을 이용하여 정밀하게 제어되고 제품의 크기가 점정 컴팩트화 하는 등 전장부품의 경량화 및 환경대응 기술개발이 증가하고 있다.

특히 유럽에서는 클린디젤 기술개발 영향에 따라 디젤승용차가 큰 폭으로 증가하였고 국내에서도 점차 증가하고 있다. 현재 국내를 포함하여 세계적으로 생산되고 있는 신형 직접분사식 디젤기관은 커먼레일 방식의 연료분사 시스템을 적용하고 있으며 이를 통해 디젤엔진 특유의 소음을 대폭 저감시키면서도 가솔린 기관 대비 연비 및 CO_2 저감의 장점을 보유하고 있어 선호도가 날로 증가하고 있고 국제 유가 상승에 따른 사용자들의 관심도 높다.

이러한 수요증가와 동시에 자동차의 사용빈도와 주행거리가 점차적으로 증가하고 있다. 자동차 주행거리 실태조사 결과에서도 디젤 승용차량의 일일 평균 주행거리는 매년 증가하고 있고 통상 수요업체에서 수명을 보증하는 10년 160,000 km를 넘어서고 있다.

이에 따라 수요업체에서는 제품의 신뢰성향상과 내구수명개선을 위해 기존의 10년 또는 160,000 km의 보증이 아닌 300,000 km로 보증기한을 대폭 상승한 내부정책을 결정하여 수명보증 대책 및 근거를 부품업체

논문접수일 :2014년 1월 15일 논문수정일 : 2014년 2월 28일 게재확정일 : 2014년 3월 14일

에 요구하고 있는 실정이다.

예로, 전 세계 자동차 생산 1위인 GM은 자사 스펙에 부품의 신뢰성 요구수준을 스펙화 하여, 납품업체로 하여금 개발단계에서부터 수명시험 평가 및 고장률 등의 신뢰성 평가결과를 요구하며, 모든 전장품에 대해서는 초가속수명시험을 통한 제품의 잠재적 고장을 단시간 내에 촉진시켜 부품레벨의 고장분석 및 제품의 강도 분석 등을 의무화하고 있다(이희복 외 (2011)).

상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 개발업체에서는 개발제품의 필드 사용자 조건을 고려한 시험방법, 절차 그리고 환경시험 등의 신뢰성 기술개발이 선결되어야 하나 국내 영세한 제조업체 특성상 신뢰성문제 해결방안은 미미한 수준이다.

상기의 필요성으로 설계자가 미처 예상하지 못한 고장모드, 설계 취약점을 다양한 시험설계를 통해 실험적으로 발견하고 이를 분석하여 개선하는 시험분석・시정조치의 중요성이 점점 부각되고 있으며 최근 신뢰성 기술방향은 기존 양산제품 검증위주의 시험방법보다는 제품의 개발단계에서 고장을 검출하고 이를 검증하고 개선시키는 신뢰성 향상기술 중심으로 연구되고 있는 추세이다(신뢰성기반구축 사업계획서 (2012)).

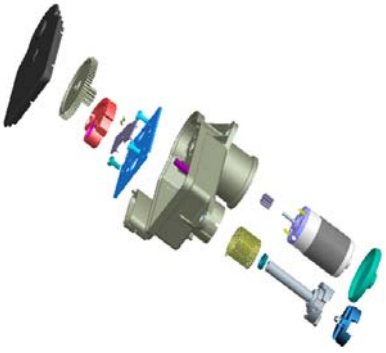
본 연구에서는 신뢰성 기술기법인 초가속수명시험과 수명시험 평가를 통하여 제품의 고장 및 성능 예측 등 신뢰성 시험방법 개발 등에 필요한 기술적 정보를 수집하고 흡기유동제어밸브 개발부품에 대해 신뢰성 기술이 효과적으로 적용될 수 있도록 최적화된 신뢰성 기법을 연구하고자 한다.

2. 본 론

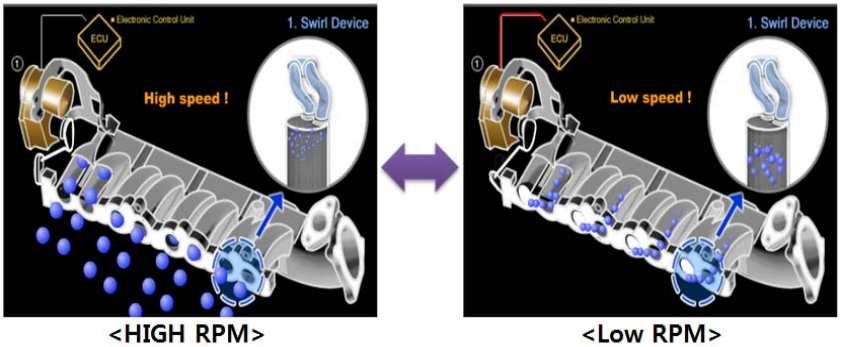
2.1 신뢰성연구 대상 모델

<그림 1>과 같이 본 연구에서는 흡기유동제어밸브를

(A) 흡기유동제어밸브



(B) 부품 구성도



<HIGH RPM>
(SWIRL FLAP OPEN)

<Low RPM>
(SWIRL FLAP Close)

(C) 개발부품 용도에 대한 동작방법

<그림 1> 신뢰성연구 대상아이템 – 흡기유동제어밸브

대상으로 초가속수명시험 및 수명 시험에 적용하였다.

상기의 그림과 같이 흡기유동제어밸브는 자동차용 인테이크 매니폴더 내 흡기유량 제어장치로서 매니폴드 내로 흡입되는 연료와 공기의 혼합을 증대시켜 배기물질 감소와 출력을 향상시키기 위함으로 엔진연소실내에 와류를 형성하기 위해 엔진회전수에 따라 플랩(Flap) 밸브를 개폐하여 흡입되는 공기량을 선형적으로 제어하는 장치이다.

2.2 초가속수명시험(Highly Accelerated Life Test)

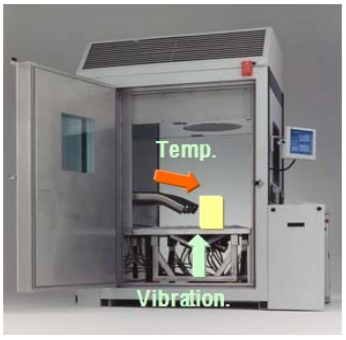
2.2.1 초가속수명시험 장비구성 및 평가모드 설계

<표 1>은 초가속수명시험 장비와 장비 사양을 나타낸 것이다.

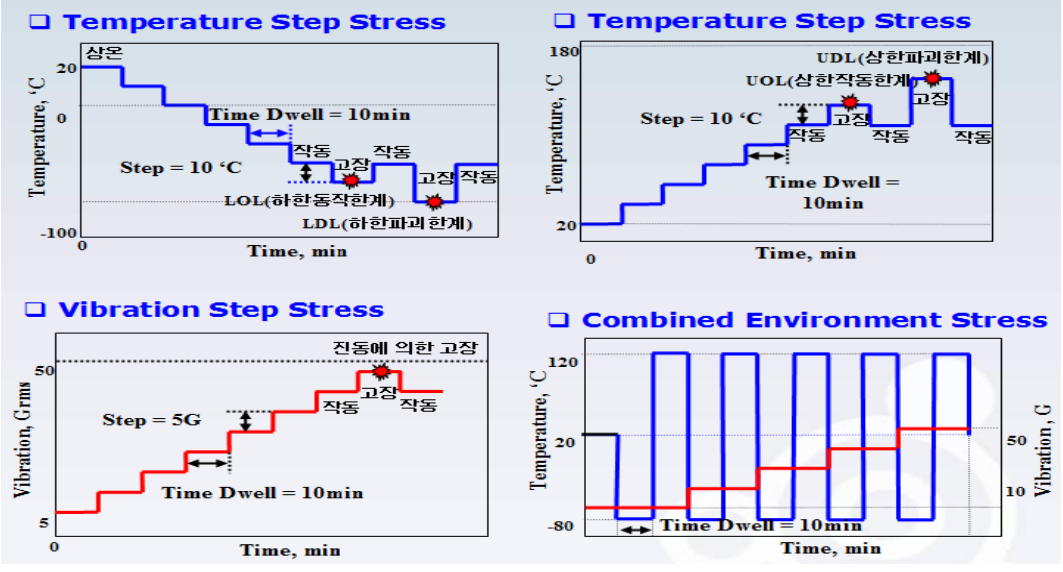
흡기유동제어밸브의 초가속수명시험의 적용을 위한 시험기는 온도 스텝스트레스 및 열충격 시험에서 장비에 내장된 히터와 외부에서 공급받는 액체질소를 이용하여 온도변화 60 ℃/min이상 수행할 수 있고, 진동 스텝스트레스 시험에서 압축공기를 이용한 바이브레이션 가진 방식을 이용하여 최대 50 Grms, 100 ~ 20,000 Hz의 6축 랜덤진동을 발생한다.

<그림 3>은 시험품의 고장모드를 효과적으로 검출하기 위한 대표적인 초가속수명시험 모드이다. <그림 3>에서와 같이 초가속수명시험에서 각 스텝별 시험시간은 중요한 인자이며 이는 열용량과 관계되기 때문에 제품의 포화온도를 고려하여 시험시간을 설계한다여 시험시간을 설계한다(GMW-8287 HALT).

<표 1> 초가속수명시험 장비 및 사양



아이템		사양
진동 모션/패턴		6-축 랜덤 가진
진동주파수		5 ~ 20,000 Hz
진동		0 ~ 50 Grms
테이블 크기		1.0 m × 1.0 m
온도범위	고온	180 ℃
	저온	-90 ℃
	온도변화	60 ℃/min
냉각시스템		액화질소



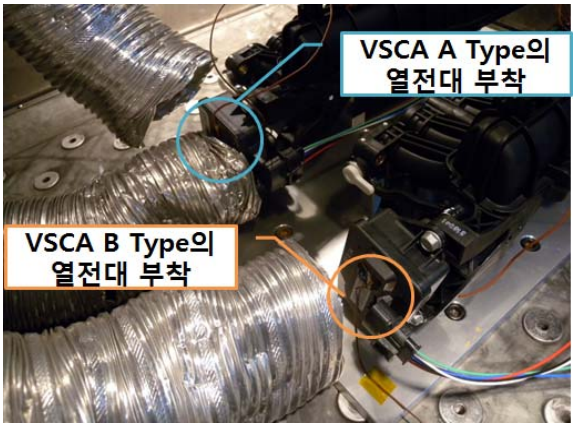
<그림 3> 대상아이템에 대한 초가속수명시험 평가모드

2.2.2 초가속수명시험 평가

<그림 4>는 흡기유동제어밸브의 초가속수명시험을 위해 장비에 부착한 사진이다.

<그림 4>에서 보는 바와 같이 개발품인 흡기유동제어밸브의 초가속수명시험은 고장을 촉진시킴으로써 발생하는 고장모드를 검출하고 이를 개선함으로써 설계개선의 효과를 검증하고 강건 설계 지원하기 위한 것이다.

앞서 전술한 바와 같이 설계개선의 효과를 검증하기 위하여 동일아이템에 대한 비교시험법으로 진행하였고, 제품을 시험대 위에 실제 장착 상태로 묘사할 수 있는 시험용 고정장치에 장착하였으며, 전원을 인가하여 개발품의 특성을 확인하고 작동성능 요구사항에 따른 기본성능 계측과 고장모드 검출을 실시하였다.



<그림 4> 초가속수명시험

<그림 5>는 초가속수명시험에서 제품의 작동과 성능을 확인하기 위한 제어 및 모니터링 장비이다. 함수발생기인 듀티 제어기를 이용하여 흡기유동제어밸브 구동 드라이버에 신호를 인가하였고 구동 드라이버가 정상적으로 작동하는지 계측하기 위해 출력신호를 오실로스코프로 확인하였다.

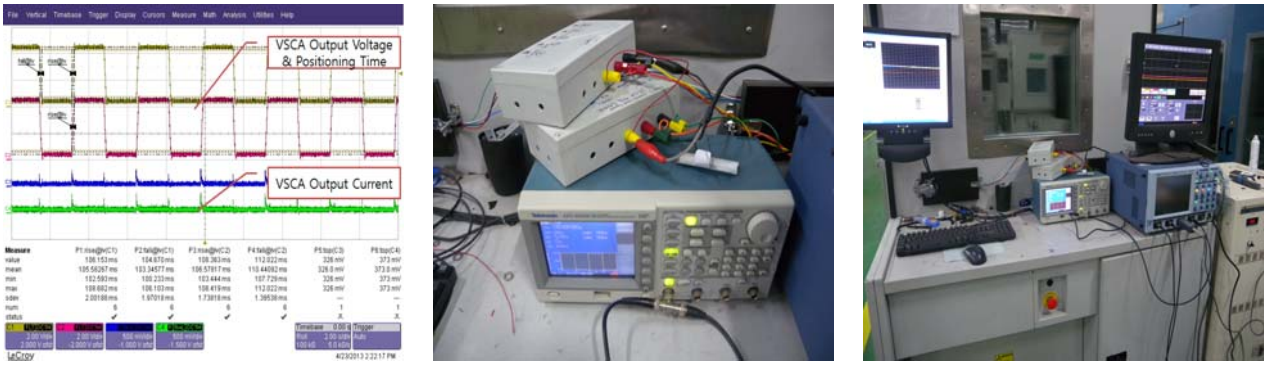
2.2.3 초가속수명시험 결과

<표 2>는 흡기유동제어밸브의 초가속수명시험에 대한 결과를 요약하여 나타낸 것이다. <표 2>에서와 같이, 흡기유동제어밸브에 대한 초가속수명시험 결과 저온스텝스트레스, 열충격, 진동 및 복합시험에서는 모두 정상적으로 작동하였다. 그러나 고온스트레스 시험에서 대상아이템 A의 경우 상한작동한계는 170 ℃이고 대상아이템 B는 상한작동한계 180 ℃, 상한파괴한계 190 ℃이다(GMW-8287 HALT, 산업자원부 기술표준원 편찬위원회 (2005)). 일정한 온도와 진동을 가진 하는 시험조건에서 대상아이템 A/B 부품이 각각 90시간, 43시간이 경과되면서 작동이 불가능하였고 이에 대한 고장분석을 실시한 결과, PCB내 솔더 크랙 파손으로 인한 고장임을 확인하였다.

2.3 고장분석(Failure Analysis)

2.3.1 고장분석을 위한 장비구성

고장분석은 제품의 개선 프로세스 및 신뢰성 평가에 있어서 제품의 품질 및 신뢰성 문제의 근본원인을 파악하는데 가장 중요한 요소기술이다.



(A) 데이터 계측 (B) 구동드라이버 (C) 계측장비

<그림 5> 구동드라이버 및 모니터링 장비

<표 2> 초가속수명시험 결과요약

구 분	시험 결과 결과 요약	
	대상아이템 A	대상아이템 B
저온 스텝 스트레스	하한작동한계 : -80 ℃ -60 ℃부터 응답시간 지연	하한작동한계 : -80 ℃ -60℃부터 응답시간 지연
고온 스텝 스트레스	상한작동한계 : 170 ℃ 하우징과 커번간 체결부 들뜸	상한작동한계 : 180 ℃ 상한파괴한계 : 190 ℃
열충격 사이클	저온영역에서 응답시간 지연	저온영역에서 응답시간 지연
진동 스텝 스트레스	정상작동	정상작동
복합 환경	정상작동	정상작동
온도 및 진동 일정 조건	90시간이후 작동불가	43시간이후 작동불가
고장 분석	PCB 커넥터 솔더 크랙	모터파손 PCB 커넥터 솔더 크랙

제품의 신뢰성 향상과 신뢰성 검증을 확보하기 위해서는 개발제품의 초기품질을 확보하는 것도 중요하지만 제품의 취약부분 확인과 사용자 환경에서 어떻게 고장이 발생하는지 예측하여 개선함으로써 제품의 기본성능과 더불어 제품의 내구성능 향상을 확보하는 것도 중요하다.

<표 3>, <표 4>에서 보는 바와 같이 흡기유동제어 밸브에 대한 초가속수명시험 시험에서 검출된 고장을 분석하기 위한 장비를 나타낸 것으로써 고장분석을 위해 활용된 장비는 X-ray 스캐닝 시스템과 비디오 마이크로스코프 시스템이다.

2.3.2 초가속수명시험에 대한 고장분석 결과

<그림 6>은 초가속수명시험결과에서 검출된 고장모드에 대한 분석 결과이다.

<그림 6>의 (A)는 초가속수명시험 프로세스 단계 중 사전분석에서 사용된 정상제품이다.

<표 3> X-ray 스캐닝 시스템 장비사양

장비 사양	X-ray 스캐닝 시스템
- Model : VENLO H-225 uF DR/CT - Voltage range : 10 ~ 225 kV - Radiation current range : Max. 3mA - Focal spot size : less than 5microns to British standard equivalent to 3 microns DIN standard - Filament and target : open type (demountable type)	

<표 4> 비디도 마이크로스코프 시스템 장비사양

장비 사양	비디오 마이크로스코프 시스템
- Model : KanScope 3 - Lamp : 12V/100W halogen lamp - Light intensity : Adjestable (0～100W) - Dimension : 209(W)×250(D)×101(H) - Output signal : Composite : 1EA, S-Video : 1EA - Frame capture : 4frames(Memory type)	

초가속수명시험결과에 따른 고장품인 <그림 6>의 (B)의 고장모드는 모터 내 파손된 부품에 의한 작동불가이고 고장모드의 원인은 모터열화이다.

<그림 6>의 (C)의 고장모드는 PCB내 터미널 단자 간 접점불량에 의한 작동불가이고 고장모드의 원인은 터미널 단자 간 용접부위의 파손인 솔더 크랙이다.

<그림 7>에서와 같이 상기의 고장에 대해 외관상의 문제점을 파악하기 위하여 광학현미경을 이용하여 분석하였다. 앞서 전술한 X-ray 분석결과에서와 같이 <그림 7>의 (A)는 모터의 베어링에 위치한 내부 플라스틱 하우징이 외부로 돌출되어 부풀어 오르는 현상으로 상기의 고장은 모터 과전류 발생에 의한 온도상승으로 모터의 베어링과 샤프트가 고착되는 권선 절연파손에 의한 것이다.

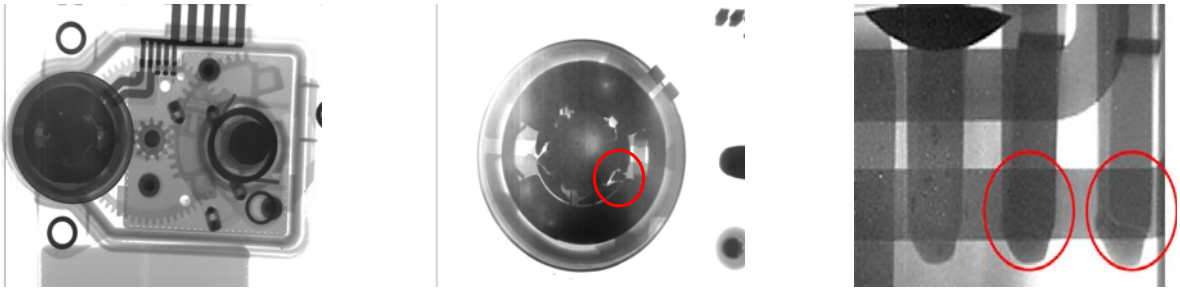
또한 <그림 7>의 (B)는 터미널 단자 간 변위발생으로 진동 유발 시 접점단자 면이 서로 미세하게 닿으면서 전류 스파이크 현상이 발생함을 확인하였고 상기의 고장은 터미널 단자접점 간 용접부위의 크랙에 의한 것이다.

2.4 수명시험(Life Time Test)

2.4.1 사용자 계측을 통한 수명시험 설계

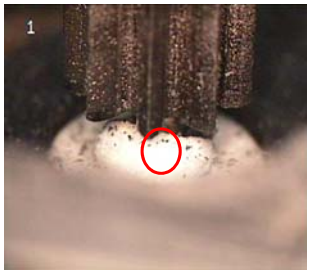
15년/200,000 km에 상응하는 흡기유동제어밸브의 작동사이클 및 작동시간은 아래와 같은 방법으로 산출할 수 있다.

먼저, 디젤 자동차의 연간평균 주행거리는 17,447 km/년으로 일일평균 주행거리는 47.8 km/일이다("2009년도 자동차 주행거리 실태조사"의 통계 자료).

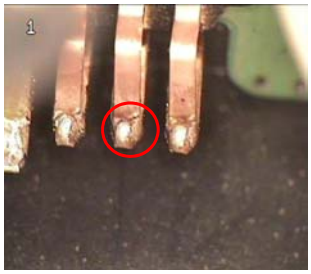


(A) 센서 및 기어- 양호 (B) 모터부 - 파손된 부품 (C) 단자부- 솔더 크랙

<그림 6> X-ray 분석 결과



(A) 모터고장-열화



(B) 용접파손 - 솔더 크랙

<그림 7> 광학현미경 분석 결과

또한 유럽의 대표적인 연비 인증 모드인 ECE-15+EUDC의 주행거리는 11 km이고 주행시간은 1,233초이며 주행평균속도는 33.8 km/h이다.

상기의 자료를 활용하여 국내 디젤 차량의 주행거리별 작동빈도수와 일일 평균 차량 운행시간을 산출할 수 있다.

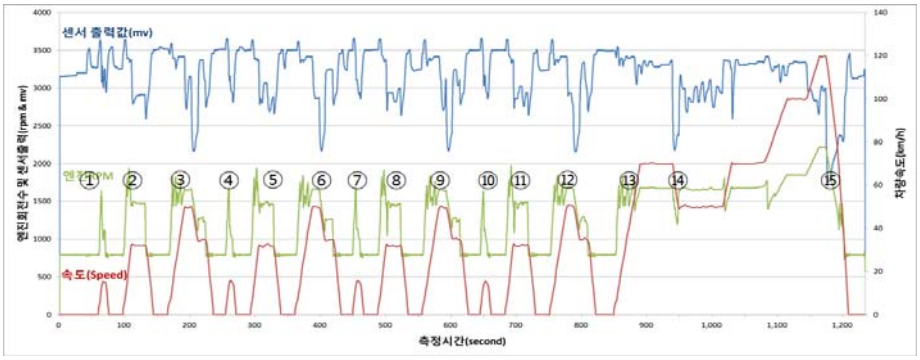
<그림 8>에서와 같이 앞서 사용자 환경계측에서 분석한 주행거리별 기준으로 작동빈도수를 계산하면 상기의 결과는 국내 디젤 자동차의 일일 평균 주행거리에 대한 흡기유동제어밸브의 작동빈도수는 67 회/일 만큼 동작됨을 보여준다.

$ECE15+EUDC$모드 $1\,Cycle$ 주행거리 : $11\,km$

$ECE15+EUDE$모드 $1\,Cycle$ 작동빈도수 : 15 회

$ECE15+EUDE$모드 주행거리별 작동빈도수 : 1.4 회$/km$

일일 평균 주행거리별 작동빈도수 : $47.8\,km/$일 $\times\ 1.4$ 회$/km = 67$ 회/일



<그림 8> ECE-15+EUDC 모드의 주행거리별 작동빈도수 산출

여기서, 흡기유동제어밸브의 작동빈도수는 차량의 일일 평균 차량 운행시간을 기준으로 식 (1)과 같이 작동빈도수를 계산하면 국내 디젤 자동차가 평균적으로 1.41 시간만큼 운행하고 일일 평균 주행시간에 대한 흡기유동제어밸브의 작동빈도수는 약 43.7 회/h 임을 보여준다.

*ECB*15 + *EUDE*모드 1시간당 작동횟수 :
15 회 × 3,600 s/h ÷ 1,233s = 43.7 회/h
일일 평균주행시간 : (47.8km/일) / (33.8km/h)
= 1.41 h/일 (1)

여기서, 흡기유동제어밸브의 작동시간은 차량 또는

엔진의 작동과 동일하다고 가정하면, 흡기유동제어밸브의 작동시간에 대한 작동 횟수를 식 (2)와 같이 산출 할 수 있다

15년 기준 작동횟수 : 43.7회/h × 1.41h/일
× 365일/년 × 15년 = 338,000회/15년 (2)

따라서 상기의 흡기유동제어밸브 작동빈도수 산출 기준에 따라 작동빈도수가 가혹한 조건 환경인 운행시간에 따른 작동빈도수를 기준으로 수명을 산출하고 시험을 설계하였다.

흡기유동제어밸브의 주요고장모드와 유사한 변위센서의 형상 모수(β)를 고려할 때 3 ~ 5[6] 이므로 이의 결과를 참고하여 보수적으로 흡기유동제어밸브 센서의 형상모수(β)는 3.0 인 와이블 분포를 따르는 것으로 한다.

시료수(n) 12 개, 합격 판정 개수(C)는 1 일 때 신뢰수준 90 %로 B_1 수명(제품의 1 %가 고장이 발생할 때까지 수명) 338,000 회를 보증하기 위한 시험 횟수는 식 (3)과 같다.

$$t_n \geq B_{100p} \cdot \left[\frac{\chi_p^2[2(C+1)]}{2 \cdot n \cdot \ln(1-p)^{-1}}\right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (3)$$

$$= 338{,}000 \cdot \left[\frac{\chi_{0.1}^2[4]}{2 \cdot 12 \cdot \ln(1-0.01)^{-1}}\right]^{\frac{1}{3.0}} = 1{,}075{,}892 \fallingdotseq 1{,}100{,}000$$

여기서, tn : 시험시간
n : 시료수
C : 합격판정 개수
B_{100p} : 보증수명
p : 불신뢰도 (B_1 수명이면 0.01)
b : 소비자 위험 (신뢰수준 90% 면 0.1)

상기의 결과는 임의의 샘플에 대해 보증하고자 하는 338,000 회의 3.2 배인 1,100,000 회까지 수명 시험을 실시하여 1 개 이상의 고장이 발생하지 않으면 흡기유동제어밸브의 모집단 전체에 대해 신뢰수준 90 %로 15 년 또는 200,000 km를 보증할 수 있다는 것을 의미한다.

따라서 1,100,000 회까지 수명 시험을 하여 1 개 이하의 고장이 발생하면 신뢰수준 90 %로 15년 또는 200,000 km의 B_1 수명을 보증한다.

2.4.2 시험방법

흡기유동제어밸브의 수명시험 방법은 실차측정 데이터의 작동특성, 부하조건, 온도 등을 고려하여 설정하였다.[7] 시험조건은 <표 5>와 같다. 아래의 <그림 9>의 (A)는 대상아이템의 수명온도 사이클이고 <그림 9>의 (B)는 밸브작동 사이클이다.

2.4.3 수명시험 평가

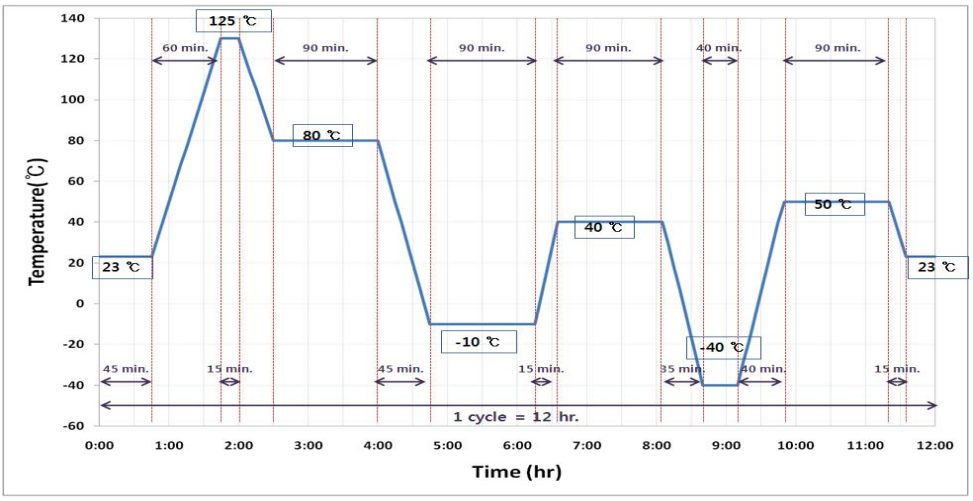
<그림 10>은 상기의 흡기유동제어밸브 수명시험에서 사용된 시험평가 장비이다.

흡기유동제어밸브의 기본성능을 실시한 후, 상기의 시험조건으로 시험을 실시하였다.

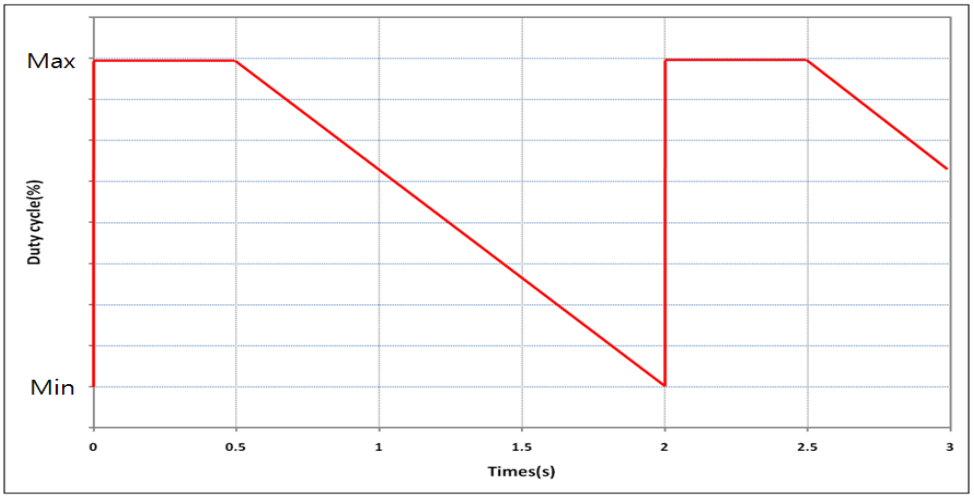
<그림 10>의 (A)에서와 같이 수명시험에 사용된 장비는 총 2 대이고 <그림 10>의 (B)에서와 같이 장비 1 대에 제품이 6 대가 동시 장착 가능하다.

<표 5> 대상아이템의 수명 시험 조건

시험온도	온도사이클	변위작동방법	작동전압	작동 횟수	마찰부하
-40 ~ 125℃	51 Cycle	전변위로 2초	DC 13.5 V	1,100,000회	10Ncm



(A) 수명시험의 온도 조건



(B) 수명시험의 밸브작동 조건

<그림 9> 대상아이템의 수명 시험 프로파일

<그림 10>의 (C), (D)는 수명시험 진행 중 제품의 성능을 확인할 수 있는 응답성능 그래프를 나타낸 것으로 본 수명시험 장비는 시험온도와 듀티 변화에 따른 작동특성을 선형적으로 제어할 수 있고 구동에 대한 응답성을 실시간으로 모니터링 할 수 있다.

2.4.4 수명시험 평가에 대한 해석 및 검증결과

<표 6>은 상기의 수명시험에 대한 결과를 나타낸 것이다.

<표 6>에서 보는 바와 같이 수명시험 매 200,000 회마다 제품의 기본성능시험인 작동특성을 확인하였다.

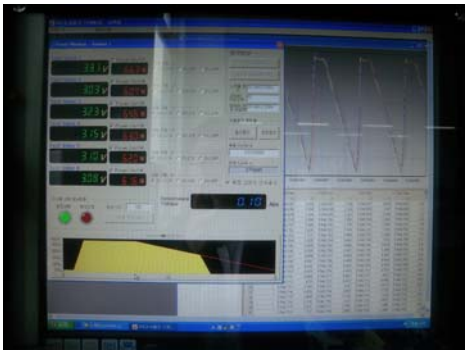
개발품에 대한 수명시험을 진행한 결과 수명시험 기준인 흡기유동제어밸브 작동 사이클 1,100,000 회를 완료하였으며 해당부품 시험목표의 수명시험 조건을 만족하였다.

그러나 수명시험은 내구와 관련된 가장 중요한 시험 항목으로 개선이 적용된 부품의 신뢰성 확보와 정량적 수명 파악을 위해서는 수명분포를 확인할 필요성이 있다. 또한 대상아이템은 최종제품이 아닌 개발제품으로 최종목표에 대한 최적성능과 내구수명을 만

(A) 수명시험 장비- 2대

(B) 개발품 장착

(C) 온도 사이클 모니터링



(D) 작동 사이클 모니터링

<그림 10> 대상아이템에 대한 수명시험 장비 및 평가

족하기 위해서는 고장내역에 대한 분석도 필요하다.

수명시험을 계속 진행한 결과 제품의 작동 사이클 1,144,000 회를 진행한 이후 흡기유동제어밸브 개발품 중 1 개가 고장으로 발생하였다.

상기 제품의 고장현상은 흡기유동제어밸브가 상온 상태에서 초기 구동 시 듀티 변화에 따라 일정시간 동안은 작동하지만 이후 주변의 온도 또는 개발품의 온도상승으로 작동이 멈추는 현상이다.

<그림 11>은 상기의 결과에 대한 고장품의 기본성능 계측을 나타낸 것이다.

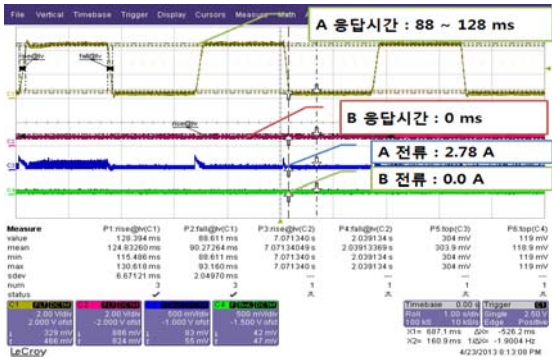
고장품에 대한 고장분석을 실시한 결과 고장원인은 앞서 진행되었던 초가속수명시험에서의 고장분석 결과와 유사하다.

특히 주변의 온도 또는 모터내부 온도가 상승할 때 작동이 멈추는 고장이 발생되므로 이로 초가속수명시험 고장분석 결과와 유사한 고장인 모터 열화이다.

따라서 흡기유동제어밸브의 개발품에 대한 수명시험 평가결과, 모터에 의한 고장 1개의 개발품을 제외

<표 6> 대상아이템에 대한 수명시험 결과

항목	수명시험 결과					
Spec. / No.	200,000회	400,000회	600,000회	800,000회	1,000,000회	1,144,000회
1	정상작동	정상작동	정상작동	정상작동	정상작동	고장
2~12	정상작동	정상작동	정상작동	정상작동	정상작동	정상작동



(A) #A-정상작동, #B-작동불가

(B) 모터 작동 불가

<그림 11> 대상아이템에 대한 기본성능 계측결과

하고 다른 개발품들은 모두 고장발생 없이 기본성능을 만족하고 있다.

상기의 수명시험 개발에서 산출된 수명과 고장분석 등의 결과를 가지고 흡기유동제어밸브를 구동시키는 드라이버, 개발품의 작동상 문제점, 고장원인 Feedback 등 설계개선에 반영에 최적화시키고 2차 개발품 신뢰성확보와 내구성향상을 위한 수명데이터의 근거자료로 활용할 예정이다.

따라서 흡기유동제어밸브의 개발품에 대한 수명시험 결과, 모터에 의한 고장 1개의 제품을 제외하고 개발품 모두 고장발생 없이 기본성능을 만족하고 있다.

또한 시험기간 동안 고장이 1 개 이하로 신뢰수준 90 %로 15년/200,000 ㎞의 B_1 수명을 보증한다.

3. 결 론

본 연구에서는 개발품인 흡기유동제어밸브의 설계개선에 따른 신뢰성 향상 측면의 영향분석을 위해 초가속수명시험 기법의 최적화에 대한 연구와 고장모드에 대한 수명시험 기법을 수행하였으며, 그 결과 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 흡기유동제어밸브에 대해 개발품의 잠재적인 고장모드를 검출하여 제품 개선에 활용될 수 있도록 데이터화 하였으며 2차에서 진행되는 제품 개선 및 개발 시 본 시험방법을 적용할 수 있도록 초가속수명시험 및 프로세스를 개발하였다.

(2) 흡기유동제어밸브에 대한 저온 스텝스트레스, 고온 스텝스트레스, 열충격 사이클 및 진동 스텝스트레스 시험에서 흡기유동제어밸브의 온도, 진동에 대한 설계마진을 확인하였고 차후 제품의 개발과 설계 시 중요한 정보로 제공될 것이라 판단된다.

(3) 초가속수명시험 후 검출된 취약점에 대해 고장분석 장비를 활용하여 분석한 결과 흡기유동제어밸브의 주요고장은 터미널 단자의 솔더 크랙, 모터열화에 의한 고장이다.

(4) 수명시험을 평가하기 위하여 흡기유동제어밸브의 작동빈도수를 계측한 결과 내구개선 향상을 위한 신뢰성 개발목표인 15년/200,000 km 주행 상당의 작동빈도수는 약 338,000 회 이다.

(5) 개발품에 대한 신뢰성평가 및 수명시험을 수행하였으며, 수명시험법을 이용하여 필드수명을 산출한 결과, 개발목표인 15년/200,000 km의 필드수명을 보증할 수 있는 것으로 분석되었다.

(6) 흡기유동제어밸브 개발품의 내구수명 달성을 위하여 기존의 고장이력과 신뢰성평가, 전자파 평가, 초가속수명시험 및 수명시험에서 검출된 취약점을 분석하여 설계개선 대책에 대한 신뢰성 검증 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

[1] 이희복, 위신환, 박동규 (2011), 한국신뢰성학회 2011년도 춘계학술발표대회 논문집, 49-54

[2] 신뢰성기반구축 사업계획서 (2012), 자동차부품연구원

[3] GMW-8287 HALT

[4] 산업자원부 기술표준원 편찬위원회 (2005), 신뢰성용어 해설서

[5] “2009년도 자동차 주행거리 실태조사”의 통계 자료

[6] RS R 0141 자동차용 가속페달 위치센서

[7] RS R KATECH 2012 037 자동차용 흡기유동제어밸브