

자동차 제어기의 내구수명 평가방안 연구

A Study on the Evaluation Method for Durability Life of Vehicle,s ECU

金 柄 禹[†] · 崔 範 進* · 趙 賢 德** · 李 都 熙**

(Byeong-Woo Kim · Beom-Jin Choi · Hyun-Duck Cho · Do-Hee Lee)

Abstract - In order to assess the reliability of the electronics control unit for vehicles, accelerated life test model and procedure are developed. By using this method, failure mechanism and life distribution are analyzed. The main results are as follows : i) the main failure mechanism is degradation failure that is, junction destruction of a semiconductor resin by high temperature. ii) the life distribution of the electronics control unit for vehicles is fitted well to Weibull life distribution and the accelerated life model of that is fitted well to Arrhenius model. iii) at the result of the life distribution, accelerated life test method is developed, and test time for life assessment will be shortened by 5,000 hours by this test method.

Key Words : Accelerated Life, Electronics Control Unit, Arrhenius Model, Durability Life

1. 서 론

국내 자동차 산업은 짧은 시간에 걸쳐서 비약적인 발전을 이룩하였다. 이 같은 국내 자동차 산업 발전은 자동차 부품 및 시스템 측면의 일반 기능품질의 발전에 힘입은 바가 크다. 그러나 국내 자동차 산업을 진일보시키기 위해서는 일반 기능품을 초월한 내구품질 측면의 효율적인 연구개발 방안 모색이 시급하다. 미국, 일본을 비롯한 선진국에서는 내구품질에 대한 체계적인 연구를 추진하여 실제 현장에 적용하고 있는 실정이다. 이에 비하여 국내 자동차 산업에서 내구수명을 정량적으로 평가하고 이를 제품 설계에 반영하는 연구는 매우 초보적인 수준에 머물러 있다.

자동차 부품 및 시스템의 내구수명 예측 및 이를 이용한 품질관리는 자동차 산업 경쟁력을 결정하는 중요한 인자로서 국내 자동차 업계에서도 매우 중요한 연구개발 내용으로 설정하고 있다. 이 같은 측면에서 볼 때, 자동차 산업에 대한 내구 신뢰성 평가 기술은 다른 어떠한 산업보다 중요한 위치를 점하고 있다. 최근, 국내외 자동차 산업은 기계기반의 기술에서 전기, 전자기반의 부품 및 시스템으로 급격한 전이가 발생되고 있다. 자동차 전기, 전자 장치에서 전자식 제어장치는 인간의 두뇌에 해당하는 핵심적인 역할을 수행하기 때문에 전자식 제어장치의 H/W 내구수명 평가를 통한 내구신뢰성 확보는 매우 중요한 일이라 할 수 있다. 이 중에서

도 엔진과 변속기로 대표되는 동력전달 계통의 전자제어 장치의 중요성은 더욱 부각되고 있는 실정이다. 이 때문에 본 연구에서는 자동차 동력특성을 결정하는 변속기 제어장치를 대상으로 설정하였다.

국내에서 내구수명 평가를 위한 연구는 온도 및 진동을 비롯한 환경조건이 비교적 균일하고 안정적인 장소에 적용되는 가전제품 및 일반 전자제품에 국한하여 실시되었다.[1] 이에 반하여 자동차 부품 및 시스템은 온도와 진동을 포함한 적용환경이 열악하기 때문에 이에 대한 내구수명 평가방안 마련이 어렵다.[2] 특히, 자동차 동력계통에 적용되는 전자제어장치는 자동차 수명과 동일한 기간을 보증하여야 하기 때문에 내구수명 평가를 위한 가혹인자 설정이 매우 어렵기 때문에 이에 대한 연구가 미진한 실정이다.[2],[3],[4] 본 연구에서는 자동차 변속기용 전자제어장치의 수명을 자동차 수명과 대등하다고 판단하여 10년 또는 160,000 km로 설정하여 실시하였다.

따라서 본 연구에서는 자동차 변속기용 전자제어 장치의 가속인자를 설정하고 이를 통한 전자제어장치의 내구수명과 스트레스의 상관 관계식을 정립하고자 한다.

2. 가속 수명 시험 설계 및 시험 방법

2.1 실제 주행환경에서의 수명 조건

자동차 자동변속기용 전자제어장치의 보증수명은 일반적인 자동차 기대수명과 동일한 10년 또는 160,000km를 보증하여야 한다. 일반적으로 실제 주행환경에서는 운전자의 취향에 따라서 사용지역 및 시간, 거리가 다양하게 변화된다. 운전자 환경에 대한 객관적 자료를 얻기 위하여 본 연구에서는 미국의 BTS(bureau of transportation statistics)가 조

† 교신저자, 正會員 : 蔚山大學校 電氣電子情報시스템學科部 助教授 · 工博

E-mail : bywokim@ulsan.ac.kr

* 正會員 : 自動車部品研究院 研究員

** 學生會員 : 蔚山大學校 電氣電子情報시스템工學部 碩士課程

接受日字 : 2007年 11月 26日

最終完了 : 2008年 1月 9日

사한 연간 주행거리 약 17,100km/year과 1일 평균 주행거리인 46.7km/day의 통계 자료를 활용하여 사용시간을 설정하였다. 국가별 주행 평균속도는 미국과 유럽의 대표적인 연비 인증모드인 FTP-75 모드에서 34.1km/h와 ECE-15 +EUDC 모드에서 33.8km/h로 설정하였다. 또한, 일일 평균 차량 운행시간은 미국과 유럽 공히 약 1.37 h/day 이기에 이를 기준으로 설정하였다. 상기의 일반화된 통계 조사결과를 바탕으로 자동차의 총 운행 시간은 i) 10년 기준일 경우 1.37 h/day×10년×365일 ≃ 5,000h, ii) 160,000km 기준일 경우 160,000km÷33.8 km/h≃4,733h가 된다. 이를 통하여 일반적으로 자동차 완성차 업체가 내구수명을 10년 또는 160,000km로 설정하는 이유를 확인할 수 있다. 따라서, 자동차 변속기 전자제어장치의 10년 또는 160,000km의 실제 주행환경에서 사용시간은 약 5,000시간이다.

자동변속 제어기의 수명 분포가 형상 매개변수(β)가 3.6인 와이بل 분포를 따른다고 가정할 때 시료수(n)는 6개, 합격 판정 개수(C)는 0일 때 신뢰수준 90%로 $B_{0.1}$ 수명(제품의 0.1%가 고장이 발생할 때까지의 수명) 5,000시간을 보증하기 위한 시험시간(t_n)은 다음과 같다.

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

$$= 5,000 \cdot \left[\frac{x_{0.1}^2 [2]}{2 \cdot 6 \cdot \ln(1-0.001)^{-1}} \right]^{\frac{1}{3.6}} \approx 26,000\text{h} \quad (1)$$

여기서, $B_{100\beta}$ 는 보증 수명을 나타내며, β 는 불신뢰도 ($B_{0.1}$ 수명이면 0.001), b 는 소비자위험 지수(신뢰수준 90%이면 0.1), x_b 는 사이클 수를 나타낸다. 상기의 식을 통하여 6개 전자제어장치가 보증하여야 하는 5,000시간의 5.2배인 26,000 시간까지 수명시험을 실시하여 1개의 고장도 발생하지 않을 경우에만 전자제어장치의 모집단이 신뢰수준 90%로 10년 또는 160,000km를 보증될 수 있다는 것을 의미한다. 그러나 26,000시간에 해당하는 시험은 차량 개발기간이 16~20개월이라는 것을 감안하면 실제적으로 불가능하다. 따라서 국내 자동차 변속기 전자제어장치 제조업체에서는 해외 선진업체의 기준을 무조건적으로 준용하여 실제 사용환경보다 가혹한 10,000시간의 내구시험을 수행하고 있다.

따라서 본 연구에서는 변속기 전자제어장치의 내구 신뢰성 평가기준 및 보증수명을 정량적으로 제시할 수 있는 가속 시험법의 연구를 실시하고자 한다.

2.2 고장 모드 및 가속 모델

자동차 전자제어장치의 주요 고장원인은 프로그램 에러에 의한 경우가 발생되기도 하지만 전자제어장치의 수명과 직접 관련된 고장은 주로 변속과정에서 수반되는 높은 전류의 입출력 변화가 발생하는 솔레노이드 구동 IC 및 파워 TR 등의 전자부품의 발열에 기인한다. 다시 말하자면, 전자부품을 구성하고 있는 반도체 수지의 열화 및 이로 인한 회로 접점이 파괴되기 때문이다. 자동차 전자제어장치의 내구 실험

과 관련된 주요 고장원인이 주변 온도 및 자기 발열에 따른 점점 파괴라 가정할 때 적용되는 가속 모형은 아레니우스 모형이 타당하다.[5],[6],[7] 상기 모형은 화학 반응이 임계량에 도달하면 고장이 발생된다고 가정하는 온도 열화 모형으로서 다음 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$L = f(T) = A \cdot \exp[(E/k) \cdot (1/T)]$$

$$\ln(L) = \ln(A) + (E/k) \cdot (1/T) \quad (2)$$

여기서 L 는 전자제어장치의 수명(h), E 는 활성화 에너지(eV), k 는 볼츠만 상수(= 8.6173×10^{-5} eV/K), T 는 시험 조건에서의 온도(K)이다. 상기의 식 (2)로 부터 전자제어장치의 가속수명 식을 정립을 위해서는 수명과 온도의 상관관계로부터 활성화 에너지 E 와 특정 상수 A 가 명확히 파악되어야 한다.

따라서 다음 절에서는 자동차 전자제어장치의 수명과 온도의 상관관계를 파악하기 위한 실험장치 및 방법에 대해 기술하고자 한다.

2.3 실험 장치 및 방법

자동차 전자제어장치의 수명과 온도의 상관관계를 파악하기 위한 가속수명 실험장치를 그림 1에 나타냈다. 실험장치는 변속기 전자제어장치의 작동을 위한 입, 출력 센서의 기능을 모사한 시뮬레이터, 변속 단 구동 솔레노이드 밸브의 실제 부하를 연결할 수 있는 부하장치, 사용온도의 변화를 위한 환경 챔버 및 전자제어장치 상태를 검사하여 고장 유무를 판단하고 고장 데이터를 기록하는 검사 및 기록장치로 구성된다. 자동변속기 전자제어장치의 입력신호는 기어 레버, 유체온도, 변속기 출력속도, 운전모드 선택, 브레이크 스위치 등과 TPS 신호, 엔진 회전속도, 차량속도 등이다. 이 같은 엔진 정보는 CAN 네트워크 통신을 통해 입력되는 신호이고 출력신호는 솔레노이드 제어 신호, 컴퓨터 제어 신호, 제어 릴레이 제어 신호 등을 들 수 있다.

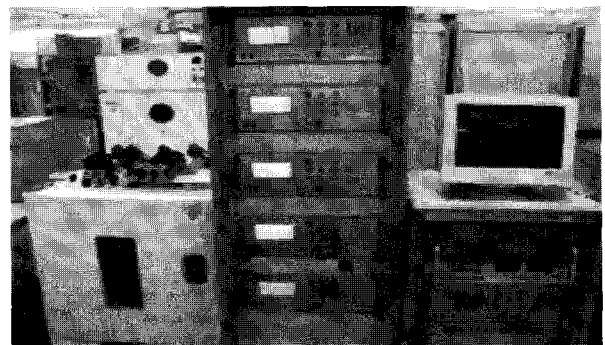
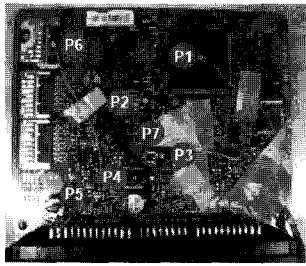


그림 1 가속수명 평가를 위한 실험장치
Fig. 1 Experimental apparatus for accelerated life test



P1 : CPU
 P2 : Power TR
 P3 : Power TR
 P4 : Zener diode
 P5 : Capacitor
 P6 : Solenoid driving IC
 P7 : The Inside of housing

그림 2 TCU에서 표면온도 측정 부위

Fig. 2 Measurement points of surface temperature in the TCU

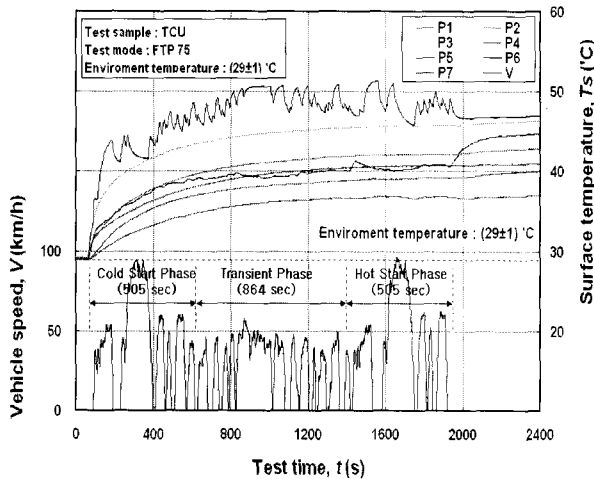


그림 3 수정 FTP-75 조건에서 TCU 부품별 표면온도

Fig. 3 Surface temperatures of each components in the TCU under the modified FTP-75 mode

그림 1에 나타난 실험장치를 통한 변속기 전자제어장치의 구동을 위한 시험모드는 미국의 공인 연비인증 모드인 FTP-75 모드에 근거하여 결정하였다. 본 FTP 75모드는 Cold start phase, Transient phase, Hot start phase 로 구분되어 있으며 Phase 중간에 휴식시간을 두고 있다. 사용빈도의 증가를 통한 시험시간의 단축을 위하여 쉬는 시간을 제거하고 총 32분 동안 각 Phase를 연속적으로 동작시키는 것을 1 사이클로 하여 고장이 발생할 때 까지 진행하였다.

2.4 구성 부품별 자기 발열온도의 해석

전자제어장치의 가속시험의 설계를 위하여 자기발열에 의한 전자제어장치의 각 구성 부품별 온도상승을 우선적으로 해석하여야 한다. 이를 위하여 전자제어장치의 구성부품을 대상으로 열전대(K-type, $\phi 1/200$ inch)를 이용하여 각 부품의 표면온도를 측정하였다. 그림 2는 자동변속기 전자제어장치 부품의 측정 위치를 나타낸 것이다. 그림 3은 상온에서 전자제어장치의 가속 시험모드가 동작될 때 각 측정 지점의 시간에 따른 온도변화를 차량속도와 함께 나타낸 것이다. 구성 전자부품의 온도측정 샘플링 시간은 5Hz를 적용하였다. 그림 3에서 보는 바와 같이 각 부품의 표면온도는 전자제어

장치의 동작과 함께 증가하다가 약 20분 후에 포화온도에 도달하는 것을 알 수 있다. 하지만 P6 지점인 솔레노이드 구동 IC의 표면온도는 전반적인 경향은 다른 부품과 동일하나 온도의 상승폭이 현저히 크고 변속 제어에 따른 온도가 급격히 변화하는 경향을 보인다. 이 같은 경향은 주변 온도를 변화시켜도 동일하게 발생되었다.

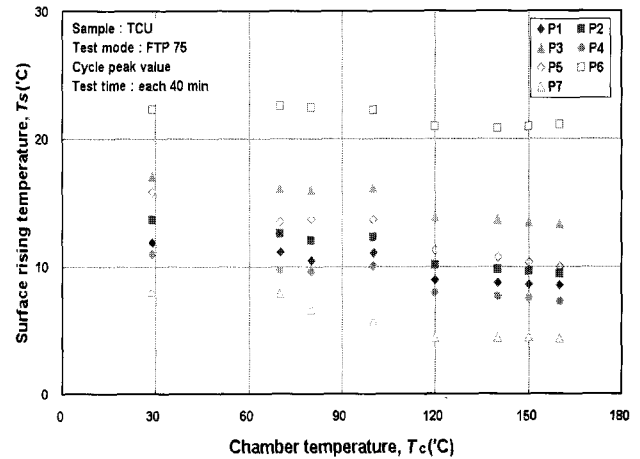


그림 4 온도 챔버에서 TCU의 최대 표면 온도

Fig. 4 Maximum surface rising temperatures in the TCU versus chamber temperatures.

전자제어장치의 주변 온도변화에 따른 각 구성부품의 자기 발열온도의 변화를 파악하고자 주변 온도상승에 따른 각 부품의 표면 최고온도 상승률을 그림 4에 나타냈다. 그림 4에서 알 수 있듯이 주변 온도가 상승함에 따라서 각 부품의 표면 최고온도(최고 발열 온도)는 약간 감소하는 경향을 나타냈다. 전자제어장치 구성 부품의 표면 최고 온도는 P6 지점인 솔레노이드 구동 IC 부로서 상온조건에서 약 22°C 정도 이고 둘째는 P3 지점인 파워 TR 부분에서 발생되었다. 또한, 각 부품의 발열에 의한 전자제어장치의하우징 내부 온도도 8°C 정도 상승하였다.

온도 변화에 따른 자기 발열온도를 측정된 결과, 주변 온도에 따라서 표면 온도의 상승은 약간 차이를 나타냈다. 식 (2)의 온도 스트레스(T)를 주변 온도와 표면 온도로 부터 추정된 자기 발열온도의 합을 사용하여 해석하는 경우도 있지만, 본 연구에서는 사용 환경에서의 온도 스트레스가 전자제어장치의 수명에 미치는 영향만을 명확히 파악하고자 식 (2)에서의 온도 항을 주변 온도로 단순화하여 해석하였다.

2.5 작동 한계 해석을 통한 가속 수준의 결정

가속 수명시험을 실시할 때 가속시험 수준이 너무 낮으면 고장이 재현될 때까지의 소요 시험시간이 너무 길게 되고 가속 시험수준이 너무 높은 경우는 고장모드인 반도체의 열화고장 이전에 부품 또는 PCB의 파괴가 발생할 수 있기 때문에 열적 고장모사가 불가할 수 있다. 따라서 가속 수명시험 기법의 개발을 위한 가속 수준은 작동한계 범위 내에서 결정되어야 하며 이를 위해 전자제어장치의 작동 한계범위를 파악하였다.

가속 수준의 최종 결정을 위해 단계별 온도 스트레스에 의한 작동 한계시험을 수행하였다. 전자제어장치를 환경 챔버에 넣고 주변 온도가 70℃에서 170℃까지 온도를 10℃씩 증가시키면서 작동한계를 파악하였다. 여기서 각 단계별 지속시간은 개발된 전자제어장치의 가속 시험모드인 FTP-75 모드의 1 사이클 운전시간과 약 10분의 휴지시간을 포함하여 총 40 분으로 하였다. 챔버 주변 온도가 70℃에서 160℃까지는 고장이 발생하지 않다가 170℃에서 특정 변속 단계 고정되는 현상이 발생되었다가 주변 온도를 160℃로 내리면 정상 동작하였다. 상기의 결과 전자제어장치의 온도 작동한계는 160℃임이 파악되었다. 따라서 시험 온도수준은 상한 작동한계인 160℃와 이보다 10℃씩 낮은 온도인 150℃, 140℃로 3 수준 스트레스로 결정하였다. 가속 수명시험에 소요되는 시료 수는 140℃에서 4개, 150℃에서 5개, 160℃에서 3개로 총 12개 이다. 각 수준별 모든 시료가 고장이 발생할 때 까지 한계 내구시험을 수행하였다.

3. 가속 수명 시험 결과 및 해석

3.1 수명 분포의 적합성 검토

전자제어장치의 수명분포를 파악하기 위해 각 온도 수준별 한계 내구시험을 수행하여 총 12개의 시료 모두에서 반도체 수지의 열화에 의한 점점 파손의 고장이 재현되었다. 이 때 발생한 고장 부품은 그림 3과 같이 자기 발열온도가 높은 솔레노이드 구동 IC와 파워 TR 부분이였다. 상기의 시험결과 얻어진 각 수명 데이터로부터 수명분포를 해석하기 위해서 먼저 그림 5와 같이 상용 수명해석 프로그램인 MINITAB을 사용하여 수명분포의 적합성을 검토하였다.

수명분포의 적합성을 나타내는 척도로는 Anderson Darling (AD) 값을 사용하였다. 이 AD 값은 분석자에게 관측된 자료가 어떤 분포에 가장 잘 적합한지를 판단하는 정보를 제공해주며 동일한 수명자료를 다수의 분포에 적합시켰을 때 AD 값이 가장 작은 값을 갖는 분포가 가장 적합하다는 것을 의미한다. 그림 5의 수명분포의 그래프 양상 및 AD 값의 크기로부터 자동변속기용 전자제어장치의 수명분포를 해석하는데 와이블 분포가 가장 적합함을 알 수 있었다.

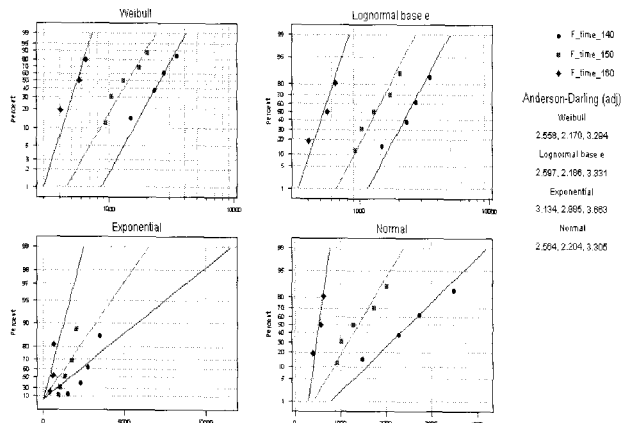


그림 5 수명분포의 적합성
Fig. 5 Suitability analysis of life distribution.

3.2 수명과 온도 스트레스의 상관관계 분석

수명과 온도 스트레스의 상관관계를 분석하기 이전에 온도 스트레스에 의한 가속성을 검증하기 위하여 와이블 분포를 적용한 결과가 그림 6이다. 이 때 각 온도 조건별 형상 매개변수(Shape parameter)와 척도 매개변수(Scale parameter)는 추정을 통하여 구한 것이다. 그림 6에서 보는 바와 같이 각 온도조건에서의 기울기가 비슷하고 각 수준별 형상 매개변수가 140℃, 150℃에서 각각 3.94, 3.69로 거의 동일하나 시료수가 적은 160℃에서는 6.79로 다소 차이를 나타냈다. 상기의 결과로부터 시료수가 적은 160℃의 결과를 제외하고는 형상 매개변수가 대체로 동일하므로 가속성이 성립되는 것으로 판단된다.

따라서 각 시험온도의 수명분포를 와이블 분포 및 동일한 형상 매개변수로 설정하여 확률지에 도시하고 사용자 환경에서의 수명을 추정한 결과를 그림 7에 나타냈다. 상기 그림에서 타점과 함께 있는 왼쪽의 선들은 각 온도 수준별 시험 결과에 대한 수명 분포 해석결과이고 오른쪽의 3가지 선은 사용자 환경 중 가혹한 조건인 70℃에서의 수명분포 해석결과이다. 그림 7에서 보는 바와 같이 동일한 형상 매개변수 $\beta=3.6$ 으로 추정하여 타점한 각 수준별 수명 데이터가 대체로 양측 신뢰구간(confidence interval)내에 있음을 알 수 있다. 또한 동일한 형상 매개변수에 대해 척도 매개변수가 3050, 1400, 650으로 차이를 보이는 것도 가속성을 입증하는 사례이다.

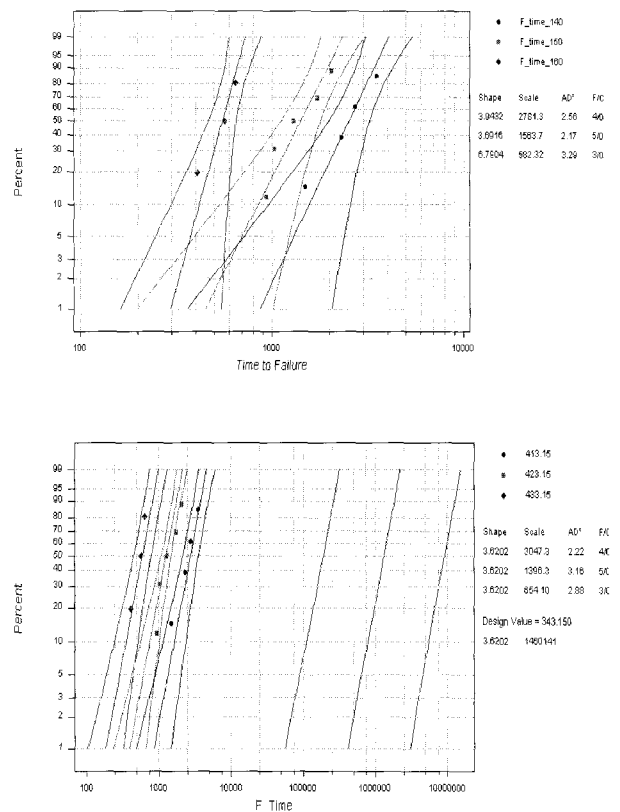


그림 7 동일 형상인자 조건에서 각 시험편의 확률
Fig. 7 Probability plot of each test sample at equal shape parameter

가속인자인 시험온도와 척도 매개변수와의 관계를 나타내는 아레니우스 모형을 적용하여 두 변수인 평균수명(B_{50})과 온도 스트레스의 관계를 해석한 결과가 그림 8이다. 여기서 타점 결과는 그림 7의 MINITAB 해석 결과로부터 얻은 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 $\ln(L)$ 과 $1/T$ 이 선형적인 관계임을 알 수 있으며 이는 아레니우스 모형인 (2)식이 적합하다는 것을 나타내는 것이다. 수명과 온도 스트레스의 상관관계를 분석한 결과, 수명식 (2)의 미지 항목인 전자제어장치의 활성화에너지($E=1.08eV$)와 특정 상수($A=1.67 \times 10^{-10}$)로 해석되었다. 상기에서 활성화 에너지의 값은 통상적으로 전장품의 활성화 에너지인 0.6~2.0의 범위 이내로 해석하는데, 이는 본 연구 결과의 타당성을 입증하는 것이다.[5] 상기의 해석결과는 전자제어장치의 사용자 환경변화에 따른 수명해석에 활용될 수 있으며 특히, 활성화 에너지의 해석결과는 본 전자제어장치와 유사한 다른 제어기의 가속수명 설계의 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

3.3 사용자 환경의 보증 수명 해석

전자제어장치의 수명을 보증하고자 하면 신뢰구간 내에서 하한 수명을 기준으로 보증하여야 한다. 따라서 그림 7의 결과로부터 각 환경온도에 따른 $B_{0.1}$ 수명(신뢰수준 90%)의 하한 값을 산출하였다. 전자제어장치의 필드 사용환경에 따라 제품의 보증수명을 관리할 수 있도록 $B_{0.1}$ 수명(신뢰수준 90%)의 하한 값을 타점한 것이 그림 9이다. 그림에서 보는 바와 같이 수명($\ln(L)$)과 온도항($1/T$)의 관계가 거의 직선의 관계임을 알 수 있다. $B_{0.1}$ 보증 수명은 상기의 타점들의 추세선에 평행이면서 각 온도조건에서 타점한 결과를 넘지 않도록 결정되었다. 상기의 결과로부터 전자제어장치의 $B_{0.1}$ 보증 수명(L_B)은 식 (2)와 같은 형태의 다음 식 (3)으로 표시할 수 있다.

$$L_B = A' \cdot \exp\{(E/k) \cdot (1/T)\} \quad (3)$$

여기서 전자제어장치의 $B_{0.1}$ 수명 상수 $A' = 4.3 \times 10^{-9}$ 이며, 활성화 에너지는 $E = 0.87eV$ 이다. 상기 결과는 자동차용 전장품의 보증수명의 산출을 위한 가속시험 설계 시 활성화 에너지 값이 미지인 경우 0.8eV로 추정하고 설계할 것을 추천하는 GM의 결과와 어느 정도 일치한다.[5] 상기의 수명 식 (3)로부터 70°C(사용 조건 중 가속 조건)의 사용조건에서의 $B_{0.1}$ 보증수명(신뢰수준 90%)은 26,000 시간으로 필드 요구수명인 5,000시간을 초과하는 수명을 나타낸다.

사용온도에 따른 상기 전자제어장치의 생존확률을 분석하면 실내 가속조건인 70°C 조건에서는 10,000개 중 10년 또는 160,000km의 작동 후 1개 이하의 고장이 발생하는 것으로 해석되었다. 그러나 상기의 자동차 내부에 장착되는 전자제어장치를 엔진 룸에 적용하는 경우 엔진룸의 평균온도 110°C를 고려할 때 10,000개 중 470개 정도가 고장이 발생할 수 있는 것으로 해석되었다.

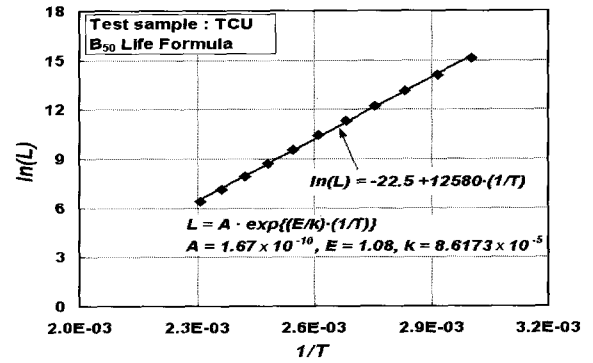


그림 8 온도부하와 B_{50} 수명 사이의 상호관계 해석
Fig. 8 Analysis of correlation between B_{50} life and temperature stress.

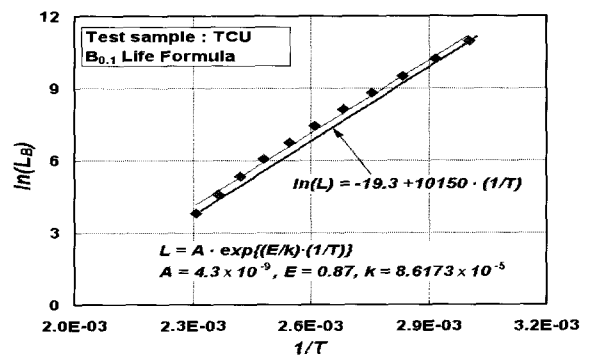


그림 9 보증수명을 위한 온도부하와 $B_{0.1}$ 수명 사이의 상호관계 해석
Fig. 9 Analysis of correlation between $B_{0.1}$ life and temperature stress for warranty settlement.

4. 결 론

국내 자동차 산업의 국제 경쟁력 확보 차원에서 핵심 에로기술로 분류되는 자동차 전장부품의 내구신뢰성 확보를 위한 가속모드 개발에 대한 연구를 실시하였다. 본 연구에서는 자동차 전장부품에서 가장 열악한 환경조건에 노출되어 있는 자동 변속기용 전자제어장치의 내구수명을 평가하기 위한 가속인자 도출과 정량적인 평가방안에 대한 연구를 실시하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 자동차 전자제어장치의 가속 시험모드를 개발하였고 한계 수명시험을 통한 수명 데이터를 획득하여 수명과 온도의 상관관계 분석이 가능하여 가속 수명 식을 정립할 수 있었다. 이를 통하여 기존에 관례대로 시행되고 있는 시험법대비 시험시간을 1/3로 줄일 수 있는 가속 시험법을 개발할 수 있었다.
- 2) 자동차 전자제어장치의 내구수명 해석을 통하여 수명분포는 와이블 분포가 적합하였고 형상 매개변수가 $\beta=3.6$ 제품의 활성화 에너지는 1.08 eV의 값을 나타냈다. 본 연구결과는 자동차 변속기 전자제어장치와 비슷한 다른 자동차 전자제어장치의 가속 수명시험법 개발에 직접 활용이 가능할 것이다.

3) 본 연구에서 도출한 내구수명 평가방안을 실제 변속기 전자 제어장치에 적용한 결과, 신뢰수준 90%로 10년 또는 160,000km의 $B_{0.1}$ 를 충분히 만족하는 것으로 평가되었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역 혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과입니다.

참 고 문 헌

[1] S.J. Oh, "Life Assesment of the Automotive Electronics Virtual Qualification," The Graduate School of Hanyang University, 2006.
 [2] "A Review of Equipment Aging Theory and Technology," EPRI, NP-1558, 1980.
 [3] Department of Defense, MIL-HDBK-217 FN2, DOD, 1995.
 [4] E. Suhir, "Accelerated Life Testing (ALT) in Microelectronics and Photonics : Its Role, Attributes, Challenges, Pitfalls, and Interaction With Qualification Tests," *Journal of Electronic Packaging*, Vol. 124, No. 11, pp. 281-291, 2002.
 [5] GM, "General Specification for Electrical/ Electronic Component," GMW3172, pp.49, 2004.
 [6] F. Aboukalam, "Robust Most Significant Periods of Developments in Time Dominated Data," *International Journal of Reliability and Applications*, Vol. 7, No. 2, pp. 89-95, 2006.
 [7] K. S. Sultan, M. R. Mahmoud and H. M. Saleh, "Moments and Estimation from Progressively Censored Data of Half Logistics Distribution," *International Journal of Reliability and Applications*, Vol. 7, No. 2, pp. 177-187, 2006.

저 자 소 개



김 병 우 (金柄禹)

1965년 4월 15일생. 1987년 한양대학교 기계공학과 졸업. 1990년 한양대학교 정밀기계공학과 졸업(석사). 2002년 한양대학교 정밀기계공학과(박사). 1989년 일본 KOSAKA연구소 초빙연구원. 1994~2006년 자동차부품연구원 전장기술연구센터장. 2006년~현재 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 조교수.
 Tel : 052-259-1287
 Fax : 052-259-1686
 E-mail : bywokim@ulsan.ac.kr



최 범 진 (崔範進)

1976년 3월 23일생. 2004년 한밭대학교 제어계측공학과 졸업. 2007년 충남대학교 전과공학과 졸업(석사). 현재 자동차부품연구원 연구원 재직.
 Tel : 041-559-3313
 Fax : 041-559-3384
 E-mail : bjchoi@katech.re.kr



조 현 덕 (趙賢德)

1980년 03월 08일생. 2006년 울산대학교 전기전자정보시스템공학부졸업. 2007년~현재 울산 대학교 대학원 전기 전자 정보 시스템공학과 석사과정.
 Tel : 052-259-1287
 Fax : 052-259-1686
 E-mail : hyunduck@gmail.com



이 도 희 (李都熙)

1980년 11월 17일생. 2006년 울산대학교 전기전자정보시스템공학부졸업. 2007년~현재 울산 대학교 대학원 전기전자정보 시스템공학과 석사과정.
 Tel : 052-259-1287
 Fax : 052-259-1686
 E-mail : beat2003@empal.com