

열화시험의 엄격도 조정을 통한 제품평가 기간 단축

장 성진* 박 부희*, 임 호경**, 장 중순*

* 아주대학교 공과대학 산업정보시스템공학부

** 삼성전기

Abstract

성공적인 제품개발을 위해서는 효과적인 평가가 필수적이다. 이러한 제품평가를 위해 여러 가지 신뢰성 시험이 실시되고 있으며 시간에 따라 특성의 열화를 평가하는 열화시험도 많이 적용되고 있다. 열화시험을 비롯한 신뢰성시험들은 대부분 장기간이 소요되고, 시험 종료 후 불합격되면 평가의 반복이 필요하고 이에 따라 평가기간이 길어진다. 그러므로 평가 초기에 이상이 있는 경우에는 미리 불합격 시키는 것이 평가기간을 단축할 수 있다. 초기에 불합격 판정을 하기 위해서는 신뢰성시험 시간과 엄격도의 조정이 필요하다. 본 연구에서는 시험시간 단축을 위한 엄격도 선정방법을 제안하고 광폭업의 적용사례를 제시한다.

1. Introduction

제품개발과정 중에는 반드시 평가단계가 포함되고 제품을 평가하기 위해 많은 신뢰성 시험들이

시행되고 있다. 대부분의 신뢰성 시험은 장시간이 소요되지만 평가기간을 줄이기는 매우 어렵다.

또한 평가단계에서 신뢰성 시험 후 불합격 판정을 받게 되면 개선과 시험이 반복적으로 수행되고, 이로 인해 제품개발의 리드타임은 길어질 수 밖에 없다. 이에 평가단계를 최소화하기 위한 방법으로 열화시험을 적용한다.

기존의 시험방법들은 일정기간의 시험을 통해 합격 여부를 판정하게 되지만, 시간에 따른 성능열화가 있는 제품의 경우 열화시험을 적용하여 열화되어가는 특성값들을 이용한다면 수명예측이 가능하다. 따라서 신뢰성 시험 종료시간 이전에 양품과 불량품을 판정할 수 있으므로 전체 평가 기간이 줄어들게 되며 제품개발 리드타임 또한 단축시킬 수 있다.

G.Yang과 K.Yang[4]은 기술적으로 고장이라고 판단되는 값들을 고장판정기준(Critical Value)이라 하였고 이 고장판정기준을 강화하여 고장갯수를 증가시킴으로써 제품수명추정의 정확성을 높이는 시도를 하였다.

이에 본 논문에서는 신뢰성 시험 시간을 단축하기 위하여 신뢰성 시험 종료시간 이전에 양품과 불량품을 판정할 수 있는 고장판정기준값의 결정 방법을 제시한다.

2장에서는 고장확률을 이용하여 엄격도를 조정함으로써 평가기간을 줄이는 방법을 제안하고 3장에서 광폭업의 적용사례를 제시한다.

II. Model and Analysis

● 정의

- 고장판정기준 : 단조증가 열화일 경우 기술적인 관점에서 그 값을 넘어서면 고장이라고 판단하는 값 (단조감소의 경우 : 이하값)
- 엄격도 : 단조증가 열화일 경우 실제 고장판정 기준보다 낮아진 기준값 (단조감소일 경우: 이상값)

● 기호

- t_p : 신뢰성 시험 기간
- t'_p : 단축된 신뢰성 시험 기간
- t_i : 측정 시점
- y_{ij} : t_i 시점에서의 j번째 부품의 성능특성치
- C_0 : t_p 시점에서의 고장판정기준
- C_α : 강화된 고장판정기준(이하 엄격도)으로 t'_p 시점에서의 고장판정기준
- $f(t_i)$: t_i 시점의 y_{ij} 의 확률밀도함수(pdf)
- $F(t_i)$: t_i 시점에서의 성능특성치 (y_{ij})의 누적밀도함수(cdf)

● 가정

- t_i 시점별 성능특성치(y_{ij})값들은 서로 독립이다.
- 측정 시간별 성능특성치(y_{ij})값의 분포는 동일하지만, 모수는 변화한다.
- 단조증가 열화일 경우 $y_{ij} \geq C_0$ 일 경우 불량이라고 판정한다.
- 단조감소 열화일 경우 $y_{ij} \leq C_0$ 일 경우 불량이라고 판정한다.

제품개발단계에서는 항상 개발검증을 위해 신뢰성 시험을 실시하게 된다. 이 때, 제품의 특성치는 시간에 따라 열화하게 되고 동일 로트의 제품일지라도 부품간 변동에 의해 부품별 열화율이 동일하지는 않으나 유사한 패턴을 찾아 볼 수 있다.

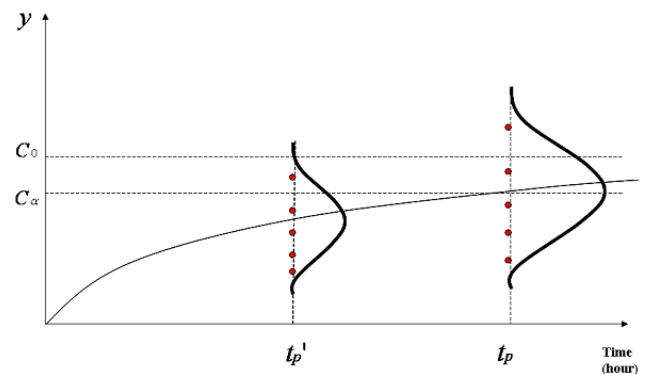


그림1

그림1에서와 같이 t_i 에서의 성능열화데이터들은 분포를 가지며 시간에 따라 모수의 변화가 있고 분포는 동일하다. 그리고 이 제품의 성능특성치가 C_0 를 넘어서게 되면 불합격으로 판정하게 된다. 따라서 수집된 데이터들로부터 t_p 시점의 성능열화데이터의 분포를 추정할 수 있고 추정된 분포를 이용하여 t'_p 시점에서의 고장판정을

할 수 있다. 즉, C_0 를 초과한 부분의 면적이 t_p 시점의 고장확률이 된다.

$$P(y_{ij} \geq C_0) = 1 - F(t_i) \quad (1)$$

이 때 신뢰성 시험시간을 t_p 시점으로 단축하기 위해 고장확률을 이용한다. 즉 t_p 시점의 고장 확률이 t_p 의 고장 확률과 같아지는 C_a 값을 선정한다. 이런 방식으로 C_a 를 찾을 수 있다.

$$\text{즉, } 1 - F(t_1) = 1 - F(t_0) \quad (2)$$

t_p 시점의 고장판정 기준값을 벗어나는 확률이 곧 고장 확률이므로 추정된 분포의 누적확률을 계산하고 그와 동일한 비율을 갖는 C_a 를 선정할 수 있다. 식(2)를 만족하게 하는 C_a 는 역 누적분포함수를 이용하여 구할 수 있다. 이렇게 구해진 C_a 을 이용하여 신뢰성 시험시간을 t_p 에서 t_p 로 변경하여 단축하더라도 동일한 수준의 불량률 조기에 판정할 수 있다.

III. Case study (광픽업 사례)

광픽업은 CD와 DVD같은 광정보 매체에 정보를 재생하고 기록하는 광정보 저장(기록)장치에서 실제로 정보를 읽고 쓰는 것으로써 사람에게 있어서 눈과 손의 역할을 하는 핵심부품이다. 광픽업은 부품특성상 반복적인 조정 작업을 거치게 되며 신뢰성 시험시 가장 문제가 되는 특성값이 PDBR과 PDBT이다. 이 특성은 Disc에서 반사되어 되돌아오는 광축의 중심에서 x, y방향으로 벗어난 정도를 나타낸다.

신뢰성 시험조건은 다음 표와 같다.

표1. 시험조건

시험	조건	시간(h)
고온고습	60℃ 90%	96
		200

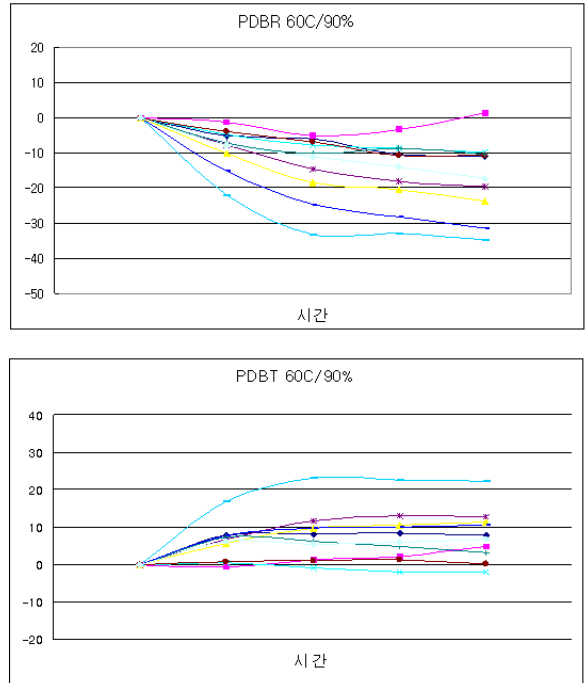


그림2 PDBR과 PDBT의 초기치 대비 변화량

광픽업의 신뢰성시험은 현재 200시간으로 시행하고 있으며 반복적인 조정 작업으로 개발리드타임에 악영향을 끼치게 되므로 열화시험결과를 이용하여 시간을 단축해야 할 필요성이 있다. 기존 PDBR과 PDBT의 특성값은 각각의 값을 가지고 고장판정을 해왔으나 x 좌표와 y 좌표로 고려할 수 있으므로 2차원 좌표로 변환이 가능하다. 또한 음수부호 처리를 위해 (r, θ) 의 형태로 변환할 수 있다.

$$r = \sqrt{PDBR^2 + PDBT^2}$$

$$\theta = \text{ACOS}\left(\frac{PDBR}{r}\right)$$

■ 특성치 분석결과

θ 의 분포 : $f(t) = \frac{1}{b-a}$, $a < t < b$

r 의 분포 : $f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right], t > 0$

변환결과 θ 값은 일양분포를 따르며 r 값은 와이블 분포를 따르는 것으로 추정하였다. θ 값은 고장판정에 영향을 주지 않으므로 분석시 제외하였고 r 값만을 분석에 이용하였다.

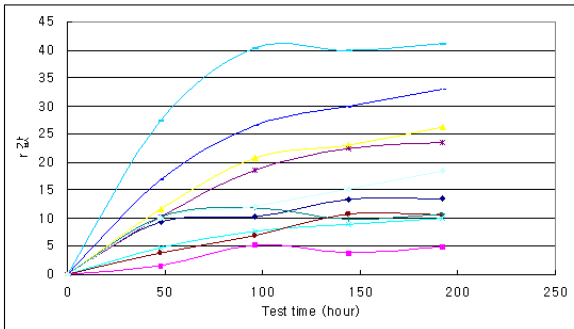


그림3. r 값의 열화곡선

기존의 200시간의 시험시간을 단축하고자 다음과 같이 시험을 실시 하였다.

표2. 시간단축 시험조건

시간	조건
48	60℃/90%
96	
144	
200	

r 의 형상모수는 시간의 변화에 따라 동일하고 척도모수는 시간에 따른 추이가 있었다. 척도모수 r 를 Origin을 이용하여 비선형 곡선으로 적합화 해 본 결과

$$y = y_0 + Ae^{-\frac{t}{b}} \quad (4)$$

$$y_0 = 21.65 \quad A = -24.50, \quad b = 50.5$$

와 같이 적합되었다.

(4) 식을 이용하면 시간에 따른 척도모수를 추정할 수 있다.. 그러므로 추정된 형상모수와 척도모수를 식(5)에 대입하여 계산하면 C_α 값을 산출할 수

있다.

$$C_\alpha = \eta * \left[\ln \frac{1}{1 - F(t)} \right]^{\frac{1}{m}} \quad (5)$$

따라서 현재 고장판정기준 30으로 고장확률을 산출한 결과

$$P(y_{ki} \geq 30) = 1 - F(t_{200}) = 0.1046$$

이므로 식 (5)를 이용하여 $t=96$ 일 경우

$$P(y \geq C_\alpha) = 0.1046 \quad \text{를}$$

역누적분포함수를 이용하여 추정하면 C_α 는 25.47로 산출된다.

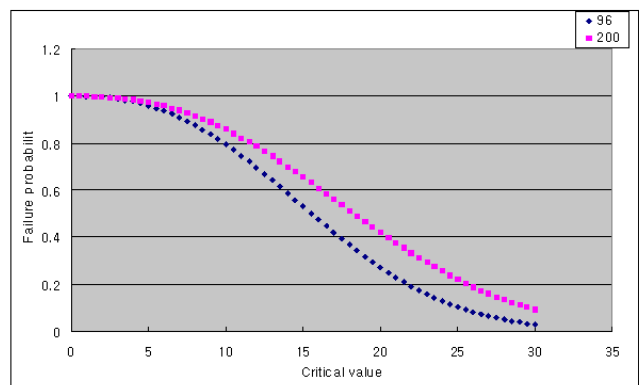


그림4. 엄격도 비교

그림 4는 엄격도별 고장확률을 나타낸 것으로 200시간과 96시간에서의 고장확률을 동일하게 하는 고장판정기준을 그래프로 나타낸 것이다.

C_α 기준으로 판정결과 200시간의 Failure Lot를 96시간에서도 Failure Lot로 판정할 수 있었다.

V. Conclusion

본 논문에서는 엄격도(Tightened critical value)의 조정을 통해 시험시간을 단축하였고 그에 따른 고장판정 기준값과 고장확률과의 관계를 이용하는

방안을 제시하였다. 이 방법은 복잡한 분석을 거치지 않고도 단축된 시간으로 동일한 수준의 불합격 판정이 가능하다. 따라서 제품 평가기간을 단축하는 효과를 얻을 수 있다.

향후 평가기간을 단축하는 다른 방안들의 연구가 필요하고 각 방안들 간의 비교평가연구가 시행되어야 할 것이다.

V. Reference

- [1] W.meeker and L.Escobar, "Statistical inference of a time-to-failure distribution derived from linear degradation data",
- [2] M.J.Zuo, R.Jiang, Richard C.M Yam, "Approaches for Reliability Modeling of Continuous-State Devices", IEEE Trans. Reliability, vol.48, no.1, March 1999
- [3] G.Yang, K.Yang, "Accelerated Degradation-Tests with Tightened Critical Values", IEEE Trans.Reliability,vol.51, no.4, December 2002
- [4] W.meeker and C..Joseph.Lu, " Using Degradation Measures to Estimate a time-to-failure distribution", Technometrics, vol35, no2, May 1993
- [5] W.Nelson, Accelerated Testing : John Wiley & Sons, 1990
- [6] G.Yang, "Environmental-stress-screening Using Degradation Measurement" , 2002