

Reliability Design

신뢰성 설계

산업기술시험원 신뢰성평가팀
박정원

Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team

Reliability Design

목차

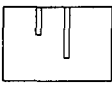
1. 신뢰성설계란?
2. 신뢰성설계의 중요성
3. 제품개발 3단계와 신뢰성설계 절차
4. 제품의 수명주기와 고장률함수
5. 신뢰성설계 사례

Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team

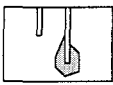
Reliability Design

1. 신뢰성설계란?

- 제품을 개발할 때 제품의 성능뿐 아니라 신뢰성을 고려하여 제품이 높은 신뢰성을 갖도록 제품을 설계하는 것.
- 저항의 예(trimming)를 깊게 하여 trimming한 곳에 전류가 집중되어 소손 발생



정상 시료



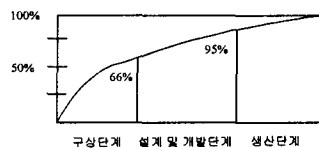
고장난 시료

Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team

Reliability Design

2. 신뢰성설계의 중요성

- 제품의 신뢰성은 거의 70~80%가 구상단계와 설계 및 개발단계에서 결정
- 구상단계와 설계 및 개발단계에서 소요되는 수명주기 비용이 제품의 전 수명주기에 있어서 소요되는 총 수명주기 비용의 95%를 차지.



구상단계 설계 및 개발단계 생산단계

Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team

Reliability Design

3. 제품개발 3단계와 신뢰성설계 절차

구상단계

설계 및 개발단계

생산단계

제품 구상

목표 신뢰성 결정

초기 설계

목표 신뢰성을 만족시키는 것이 가능한가?

상세 설계

- 시장조사
- 엔지니어링
- 품질기능연계
- 신뢰성예측
- 신뢰성예측
- 신뢰성예측(부하경로, 라던서 등)
- FMEA
- WCCA
- SCA

Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team

Reliability Design

3. 제품개발 3단계와 신뢰성설계 절차(-계속-)

설계 및 개발단계

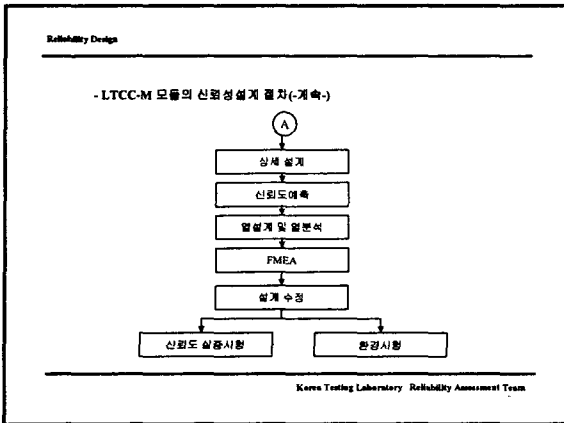
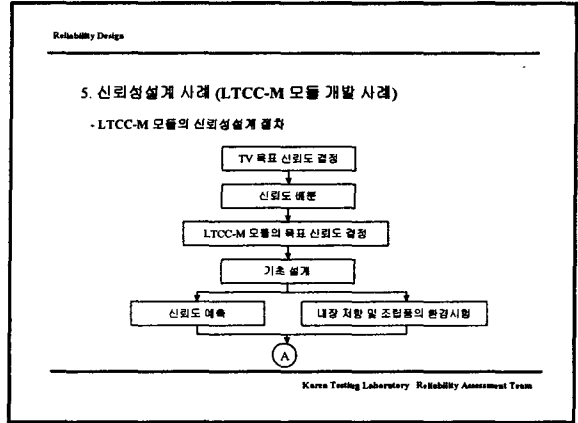
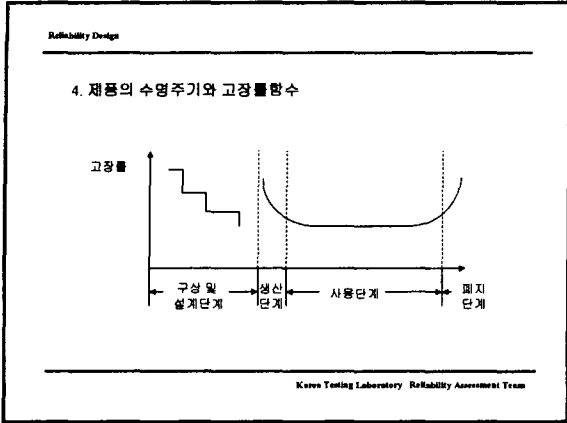
생산단계

시제품 제작

제품 생산

- 신뢰성예측
- FMECA/FFTA
- 실험
- 설계상사
- TAAF
- 환경시험
- RDT/RQT
- 가속수열시험
- SPC
- FRAT
- Burn-in/ESS

Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team



Reliability Design

(1) TV 목표 신뢰도 결정

- 신뢰성 척도: 고장률
- TV 제작사의 목표: A/S율 1년에 1%이하
→ 실제 고장발생률은 통상 A/S율의 2배로 높(2%)
- 가정
 - TV의 수명분포: 지수분포
 $F(t) = 1 - \exp(-\lambda t)$
 - TV의 일일 사용시간: 8시간.
- 목표 고장률은 다음 식으로부터 구함.
 $P[1년 동안 고장이 발생할 확률] = 1 - \exp[-(365 \times 8)\lambda] \leq 0.02$
→ 6,919FIT

Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team

Reliability Design

(2) 신뢰도배분 및 LTCC-M 모듈의 목표 고장률 결정

- 신뢰도배분: ARINC 방법 사용
- 고장률 데이터: A/S 데이터 분석
 - A/S 데이터로부터 계산한 LTCC-M 모듈 고장률 = 173.9FIT
 - A/S 데이터로부터 계산한 TV 고장률 = 8632.2FIT
- LTCC-M 모듈의 목표 고장률
= (173.9FIT/8632.2FIT) × TV 목표 고장률 (6919FIT)
= 139.4FIT

Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team

Reliability Design

(3) 신뢰도예측(초기 설계 후)

- 예측 방법: MIL-HDBK-217F(Part Count Method)
- 예측 결과
 - 품질수준을 상용수준으로 가정하는 경우 = 497FIT
 - 품질수준을 상용수준보다 한 수준 위로 가정하는 경우 = 122FIT

Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team

Reliability Design

(4) 내장 부품의 환경시험

- 시험목적: LTCC-M에 내장된 저항과 커패시터가 시간이 지남에 따라 특성이 변화하지 않고 안정된 값을 갖는지 확인.
- 시험항목 및 시험조건
 - 고온시험: 125°C, 1000시간
 - 온습도시험: 85°C/85%, 1000시간
 - 온도싸이클시험: -55°C~125°C, 1000사이클
- 시료수: 각 시험에 5개씩
- 측정 측정: 초기 측정 후 중간측정 3회, 최종 측정 실시.
- 시험결과: 커패시터와 저항의 특성이 시간에 따라서 크게 변화(열화)하지 않고 안정됨.

Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team

Reliability Design

(5) 조립품의 환경시험


- LTCC-M과 그 위에 실장되는 부품을 조합하고 Audio IC와 Vertical IC에 패키징을 한 시료에 대하여 환경시험 실시.
- 시험목적: LTCC-M과 그 위에 실장되는 부품 및 패키지에 대한 조립 및 재조기술휘 평가.
- 시험조건: 내장부품의 시험조건과 동일
- 시료수: 각 시험에 4개씩.
- 측정 측정: 초기 측정 후 중간측정 3회, 최종 측정 실시.
- 시험결과: 온도싸이클시험에서 2회째 측정시간인 250사이클 시험 후 4개 시료 모두 고장.

Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team

Reliability Design

(5) 조립품의 환경시험(-계속-)

- 고장분석
고장분석 결과 패키지와 와이어 사이의 열팽창계수 차이로 인하여 와이어 넥(wire neck)에서 단선이 발생(아래 그림 참조).



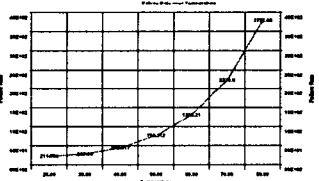
- 조치 사항: 패키지 재료 변경

Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team

Reliability Design

(6) 신뢰도예측(상세 설계 후)

- 예측 방법: MIL-HDBK-217F(Part Stress Analysis)
- 예측 결과(품질수준을 상용수준으로 가정할 경우)

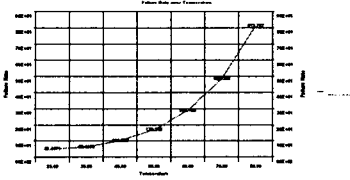


Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team

Reliability Design

(6) 신뢰도예측(-계속-)

- 예측 방법: MIL-HDBK-217F(Part Stress Analysis)
- 예측 결과(품질수준을 상용수준보다 한 수준 위로 가정할 경우)

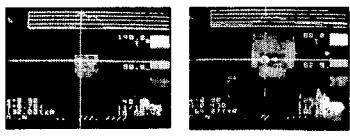


Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team

Reliability Design

(7) 열설계 및 열분석

- 발열나는 부위의 열을 방산시키기 위한 방열판을 설계하여 부착한 후 Thermal Video System를 이용하여 방열판의 효과를 분석하였다.



- 방열판을 달기 전
- 방열판을 달기 후

- 방열판을 달기 후 온도가 가장 높았던 Vertical IC 부근의 경우 약 68°C 정도 온도가 떨어짐.

Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team

Reliability Design

(8) FMEA

- 설계 FMEA를 통하여 LTCC-M 모듈의 구성부품들의 고장이 LTCC-M의 고장에 미치는 영향을 분석하고 주요 고장모드 표를 작성하였다.

순서	부품명	고장모드	영향	원인	대책	중요도
1	LTCC-M	열충격에 의한 균열	모듈 고장	열팽창 계수 불일치	열팽창 계수 일치 부품 사용	1
2	LTCC-M	습도에 의한 수분 흡수	전기적 특성 저하	습기 차단막 미시	습기 차단막 도금	2
3	LTCC-M	진동에 의한 부품 이탈	회로 단락	고정력 부족	고정력 강화	3
4	LTCC-M	과열에 의한 성능 저하	수율 저하	냉각 불량	냉각 시스템 개선	4
5	LTCC-M	과전압에 의한 절연 파괴	절연 파괴	과전압 발생	과전압 방지 회로	5
6	LTCC-M	과전류에 의한 열 발생	열 발생	과전류 발생	과전류 방지 회로	6
7	LTCC-M	과전압에 의한 과열	과열	과전압 발생	과전압 방지 회로	7
8	LTCC-M	과전류에 의한 과열	과열	과전류 발생	과전류 방지 회로	8
9	LTCC-M	과전압에 의한 과전류	과전류	과전압 발생	과전압 방지 회로	9
10	LTCC-M	과전류에 의한 과전압	과전압	과전류 발생	과전류 방지 회로	10

Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team

Reliability Design

(8) FMEA(-계속-)

- 공정 FMEA를 통하여 LTCC-M 모듈의 각 생산공정에서의 결함들이 LTCC-M의 고장에 미치는 영향을 분석하여 중점 관리항목표를 작성하고 권고 시정조치를 제시하였다.

순서	공정명	결함	영향	원인	대책	중요도
1	원료 투입	원료 불순물	성능 저하	원료 품질 관리 미흡	원료 품질 관리 강화	1
2	성형	성형 불량	구조적 결함	성형 조건 미흡	성형 조건 최적화	2
3	소성	소성 불량	전기적 특성 저하	소성 온도/시간 미흡	소성 조건 최적화	3
4	검사	검사 불량	결함 미발견	검사 방법 미흡	검사 방법 개선	4
5	포장	포장 불량	제품 손상	포장 방법 미흡	포장 방법 개선	5
6	배송	배송 불량	제품 손상	배송 방법 미흡	배송 방법 개선	6
7	고객	고객 불만	제품 품질 저하	고객 관리 미흡	고객 관리 강화	7
8	회수	회수 불량	제품 품질 저하	회수 방법 미흡	회수 방법 개선	8
9	폐기	폐기 불량	제품 품질 저하	폐기 방법 미흡	폐기 방법 개선	9
10	재활용	재활용 불량	제품 품질 저하	재활용 방법 미흡	재활용 방법 개선	10

Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team

Reliability Design

(9) 실증시험

- 시험목적: AV 모듈이 목표 고장률을 만족함을 보증
- 시험설계
 - 시험조건: 125°C(정상 사용조건 48°C), 1008시간
 - 가속계수

$$af = \exp\left\{\frac{0.65}{8.617} \times 10^{-5} \left[\frac{1}{(48+273)} - \frac{1}{(125+273)} \right] \right\} = 94$$
 - 신뢰수(신뢰수준 60%, 합격판정기준 0)

$$n \geq \frac{2(0.6/2)}{(2 \times 94)(2 \times 94 \times 10^{-9} \times 1008)} = 69.37$$

Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team

Reliability Design

(10) 환경시험

- 시험항목 및 시험조건
 - 고온보존시험: 150°C, 1000시간
 - 단속동작시험: 125°C(ON 2분/OFF 2분), 1000시간
 - 고온고습바이어스시험: 85°C/85%, 1000시간
 - 불포화증기가압시험: 120°C/85%, 100시간
 - 온도싸이클시험: -40°C~150°C, 1000사이클
 - 납땜내열성시험: 260°C, 10초
 - 자전낙하시험: 높이 84cm
 - 진동시험: 10~50Hz, 1.6g, 1cycle: 1분, X, Y, Z축으로 각각 30cycle
- 신뢰수: 각 시험에 10개씩(LTPD 10%, 신뢰수준 60%)

Korea Testing Laboratory Reliability Assessment Team