

# 모니터의 시장불량률 감소를 위한 신뢰성 시험법 개발

김준홍\* 권수호\*\*

## 요약

사용환경에서 발생하는 PC 모니터의 고장을 실험실에서 재현하기 위해 Power On/off, DPM 모드, 사용전압, Surge 유입, Torque 강도 등의 인자에 대해 여러 가지수준으로 직교배열표에 의해 실험한 결과를 토대로 시험 프로세스를 정립하여 제품설계 및 신제품 개발에 이용하였다.

실험결과와 SN 비 계산에 의하면 모니터 수평출력 TR의 고장에 대한 요인은 Mode 절환, Torque,  $h_{FE}$  산포에 유의한 영향이 있었으며, 이에 대한 IQC에서의 부품시험법, Torque 관리, TR 설계 Spec 변경을 제안하였다.

## 1 서론

신뢰성 시험의 주된 목적은 신제품 개발에 따른 설계 위험성 감소, 제조 프로세스 확립, 사용 재료 평가, 제품 및 부품에 대한 수명 예측, 발생 가능한 제품의 고장원인 규명, 제품에 관련된 계약 요구사항이나 관련법규 만족 등을 수행하기 위해 시험을 실시하고, 이로부터 제품에서 발생할 수 있는 문제점을 사전에 찾아내어 고장을 재현하고 그 결과를 해석하여, 재발 대책을 세운 후 설계 및 제조과정에서 시험 프로세스를 정립하는데 있다. 신뢰성 시험은 설계가 기본적인 성능 요구사항을 만족시킨다는 것을 보증하기 위한 성능시험, 설계가 예상되는 환경범위에서 작동될 수 있음을 보증하는 환경시험, 제품의 신뢰성에 관한 신뢰성 시험 등을 고려하여 수행되어야 한다[5].

기업경쟁이 치열한 오늘날 신뢰성 시험 부문의 역량은 기업의 생존과 직접적인 관련을 갖고 있다. 특히, 제품에 대한 고객 만족의 상황을 끊임없이 파악하여, 부품차원에서의 불량 원인을 규명하여 제품 개선활동을 통해 시장 불량률을 감소시키는데 주력하여야 한다. 또, 신뢰성 전문 인력 양성 및 경험부족으로 인한 비효율적인 업무진행을 개선하고, 부품 불량재현 시험 방법을 정립하여 최적의 가속시험 방법을 도출, 신뢰성 시험기술 수준을 향상시켜 나가야 한다. 다양한 제품 사용환경에서 발생하는 시장 Claim을 감소시키기 위한 부품 불량 재현 시험기술을 타 사업장에 전파함과 동시에 제품 신뢰성 향상을 위해 타부서와 긴밀한 협조체제를 갖추어야 할 것이다. 또한 제품 신뢰성에 입각한 설계 및 제조기술 향상을 기하도록 하는 것은 신뢰성 부서 업무의 중요한 임무라 할 수 있다[2].

본 연구는 PC 모니터의 고장원인 중 TR 부품의 불량률이 5년 전부터 계속해서 상승 추세에 있고, 그 중 수평 TR 불량률은 전체 불량률의 30%정도를 차지하고 있어 그에 대한 고객 불만을 해소하고, 출하전 제품 신뢰성을 보증하여 부품 신뢰성 제고 방안을 마련하기 위해 고장해석 및 재현 시험을 실시하는데 그 목적으로 하고 있다.

이 연구를 수행하기 위한 기초자료 분석을 위해 연구 대상이 되는 PC 모니터의 과거 시장 Claim 자료, 시장 불량으로 수거된 고장제품, 시장데이터, 소비자 인터뷰 자료를 수집하여 분석

---

\* 수원대학교 산업정보공학과 교수

\*\* LG전자 품질센터 신뢰성추진 팀장

하였고, 사용 기간별, 계절별 제품군별, 모델별, 제품 성질별로 고장을 분석하였다. 공정에서 발생하는 제품고장의 공정별 데이터분석을 실시하여 계통적 고장원인에 의한 주요 고장부품의 선정 방법에 대해 2장에서 제시하였다. 3장에서는 실험을 위한 인자선정의 배경과 각 수준의 선정에 대해 설명하였고, 재현시험 계획을 통해 목표로 하는 고장을 재현하여 재현고장별 원인 및 고장 메커니즘을 조사하였고, 4장에서는 개선 Point를 설정하여, 최적 Stress 수준과 시험 표준화를 제안하였다.

## 2 현상 및 수평 TR 고장원인 분석과 시험장치 설계

### 2.1 현상분석

모니터의 시장 불량은 96년 이후 TR은 ABC 분석 결과 전체 불량원인 중 5대 불량 중 하나에 속하고 있으며 시계열적으로 지속적으로 증가하는 경향을 갖고 있다. 이 중 수평 TR은 제품 출하 후 2~7개월 후에 주로 발생하며 시장에서의 전체 TR 불량 중 수평출력 TR이 차지하는 비율은 25%에 이르고 있어 불량원인 분석 대상으로 선정되었다. 그림1은 불량 점유율이 상승 중인 수평출력 TR의 발생월별 점유현황이다.

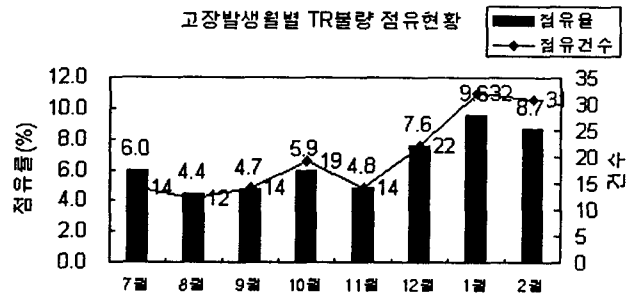


그림1 고장발생월별 TR 불량 점유현황

### 2.2 TR 고장 원인 분석

TR 고장의 원인을 분석한 결과는 표1과 같다. 수평출력 TR 불량의 주원인은 열 폭주,  $V_{CP}$  폭주에 기인되는 것으로 나타났으며 이에 대한 상세한 원인을 하위 수준에까지 전개하여 공정, 설계, 현장 등에서 나타나는 현상분석을 종합하였다.

Heat sink 결합공정과 최종성능 검토공정에서 TR의 고장이 발생하고, 또 On/off와 DPM 모드 변환 시 자주 발생하는 것으로 나타나 취약점인 것으로 간주되고 있다.

## 3 수명시험장치 설계 및 방법

### 3.1 장치 설계

Power on/off는 PC on/off를 통하여 실시하고 신호는 분배기를 통해 6개의 모니터에 입력하고

On/off는 자동으로 작동되도록 Jig를 제작하였다. 그에 대한 수명시험장치는 설계는 그림2와 같다.

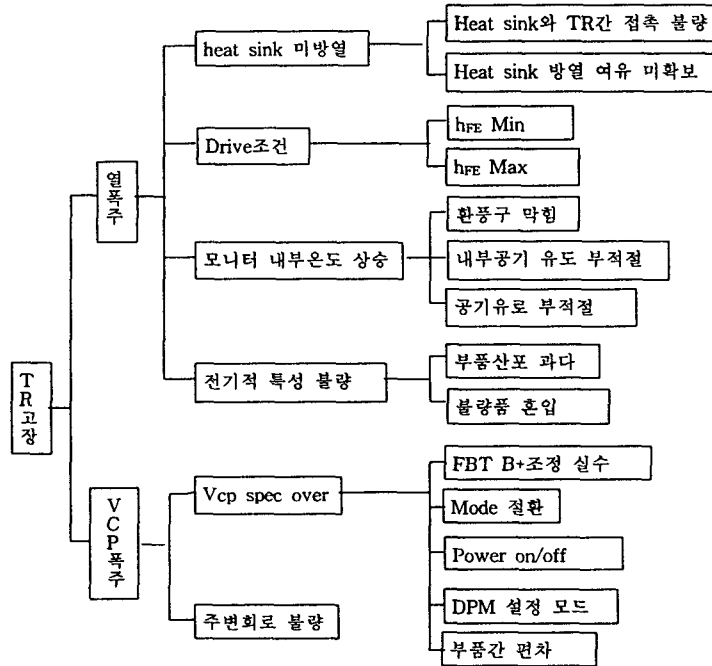


표1 TR 고장 원인분석도

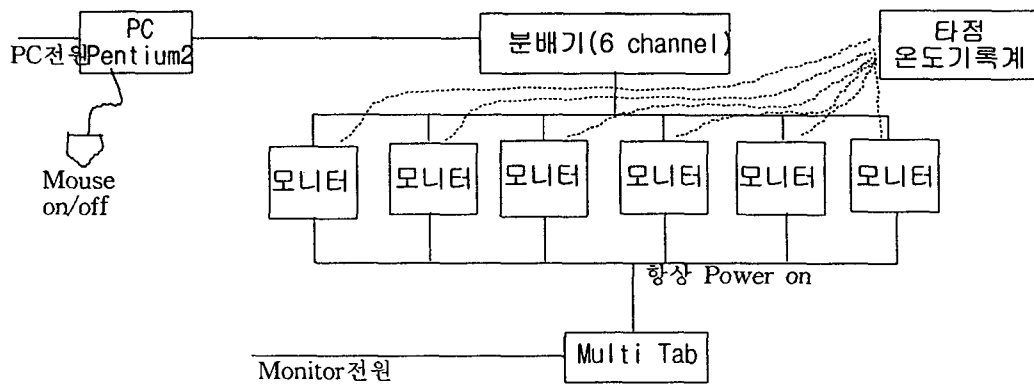


그림2 실험장치 레이아웃

### 3.2 환경스트레스 수명시험계획

#### 3.2.1 인자의 선정

(1) Torque 강도

수평 TR의 불량률의 추정원인 중 주요한 두 가지에 대해 FTA를 실시하여 현장을 분석한 결과 열 폭주와 V<sub>CP</sub> 폭주가 주원인으로 나타났다. Heat sink 결합공정과 Screw torque 공정을 분석한 결과 열 폭주의 원인은 Screw torque의 강도의 강/약으로 인해 Heat sink와 TR 간의 접촉이 불안정하여 생기고 있다.

(2) 사용전원

사용환경과 부품 산포를 조합하여 시험한 결과 h<sub>FE</sub> 값이 Max와 사용전압이 240V 까지 나타나는 지역이 있어 이에 대한 영향도 고려할 필요가 있는 인자로 결정하였다.

(3) 전원 On/off

소비자 서비스센터의 자료에 의하면 TR 불량률은 On/off와 DPM 모드 변환시 주로 나타나는 영향이 큰 인자로 판명되었다.

(4) Surge 유입

Chip 파손 결과를 고장 물리적으로 검토한 결과 고장 현상은 Surge 파괴와 Chip 균열로 모아지고 있다. 그 원인은 스위칭 특성 중 콜렉터 접촉불량에 의한 Surge 전류발생 및 접합용량이 큰 디바이스에 고전압이 인가될 때 나타나고 특히 공정에 의한 영향으로 나타난다.

(5) DPM 동작 모드

모니터 절전모드가 규격범위를 넘어갈 때 TR의 h<sub>FE</sub> 값이 Max에서 V<sub>CP</sub>가 규격을 넘는 주요인으로 작용하고 있고, h<sub>FE</sub> 값은 V<sub>CP</sub>에 영향을 주는 것으로 나타난다. Out of range와 수평출력 TR의 특성치인 h<sub>FE</sub> 값과의 상관관계를 비교한 결과 h<sub>FE</sub> 값이 Max일 때 TR이 시장에서와 똑같은 형태로 고장이 발생 재현됨으로 그 인자는 유의한 것으로 판명되고 있다.

3.2.2 각 인자에 대한 수준의 선택

인가 스트레스는 고장 메커니즘에서 주요한 인자로 선정하였으며 그 수준은 2수준 4개, 3수준 2개인 L<sub>18</sub> 직교배열표를 이용하여 실험계획을 실시하였다. 인자 및 수준별 배열현황은 표2와 같다. 현장에서의 고장은 18회의 실험에서 재현되었으며 고장 후 TR을 교체하여 V<sub>CP</sub>를 측정된 결과 1,461V로 나타나 이 이상의 전압에 의해 폭주된 것으로 파악되었다.

3.2.3 재현 실험 결과

실험결과 자료는 표3과 같다. 각 시험 조건별로 수평 출력부의 V<sub>CP</sub>를 측정한 결과, 개선후의 시료가 Out of range에서 V<sub>CP</sub> 값이 개선되었음이 증명되었고, Mode 전환, 시료 차, Torque의 인자가 아주 유의한 것으로 나타났다. PC 시스템을 변경하여 시험한 결과 Power on/off를 실시한 조건에서 V<sub>CP</sub>가 높게 나타나 개선 전/후의 인자는 유의하다고 할 수 있다.

I<sub>CP</sub>와 가장 관계가 깊은 것은 Torque로서 10 Kg/cm<sup>2</sup>일 때 가장 약조건이며, 개선 전 시료는 개선후의 시료보다 유의 하다고 할 수 있어 개선 효과가 있는 것으로 사료된다. 그리고, h<sub>FE</sub>의 감소율은 h<sub>FE</sub>가 Max일 때 가장 크며, 온도의 상승과 관계가 있는 것으로 나타나 h<sub>FE</sub>의 감소율은 열 폭주와 연관성이 있는 것으로 판단된다.

구분	인가 스트레스	인가 수준	스트레스 인가방법	적용여부
사용	전원 on/off	1수준: on/off 2수준: 연속 on	power on/off	○
	사용전원	1수준: 정격 2수준: 240V	power supply	X
	Mode 절환	1수준: Normal 2수준: Out of Range		○
부품산포	h <sub>FE</sub> 산포	1수준: 4.5이하 2수준: 4.6~5.9 3수준: 6.0이상	h <sub>FE</sub> 측정 후 선별	○
	V <sub>CBO</sub>	1수준: 1500V이상 2수준: 1500V 미만	V <sub>CBO</sub> 측정 후 선별	X
제조공정	Torque 강도	1수준: 4 torque 2수준: 6 torque 3수준: 10 torque	직접제조	○
	Surge 유입가능성	1수준: 유 2수준: 무	Line 성능 check 실시	○
설계요소	개선 전/후	1수준: 개선 전 2수준: 개선 후	시료배분	○

표2 실험 계획표

시료 번호	h <sub>FE</sub> 값	V <sub>CBO</sub>	Torque	Surge	개선 전/후	On/ off	Mode 절환	시험결과
1	4.36	1696	4	o	후	o	N	h <sub>FE</sub> 가 불량인 시료혼입
2	5.89	1702	6	x	전	o	N	
3	6.64	1656	10	o	후	o	N	
4	4.90	1656	6	x	후	x	O	
5	5.85	1680	10	o	전	x	O	V <sub>CP</sub> :1500V이상
6	6.62	1662	4	o	후	x	O	
7	4.92	1670	4	o	전	o	N	h <sub>FE</sub> 가 4.5이하로 감소
8	5.84	1616	6	o	후	o	N	
9	6.67	1680	10	x	후	o	N	
10	4.80	1708	10	x	후	x	N	
11	5.87	1608	4	o	후	x	N	
12	6.63	1686	6	o	후	x	N	Out of Range시 고장
13	4.89	1728	10	o	전	x	O	
14	5.83	1614	4	x	전	x	O	
15	6.64	1640	6	o	후	x	O	
16	4.80	1690	6	o	후	x	N	
17	5.89	1662	10	o	후	x	N	
18	6.67	1622	4	x	전	x	N	3~5회 해상도변환후 고장

표3 실험결과

## 4 결론

실험결과에 따라 각 조건별로 분산분석을 실시하고 SN 비를 계산하였다. 불량에 영향이 있는 PCB 공정분석 결과 제일 취약점으로 작용하는 것이 Heat sink 결합공정과 최종 성능 검사 공정으로 판단되었다. 또  $V_{CP}$  폭주와 Heat sink의 발생원인이 검증되어, 실험을 통해 시장 불량을 재현하여 주요 요인을 검증하였고, 상기의 재현 실험결과에 따라 제품고장 인자가 산입될 수 있는 공정을 파악하여 제안된 개선 안은 다음과 같다:

- (i) 부품 불량 혼입이  $h_{FE}$ 을 가져오므로 IQC에서 부품시험법을 개정해야 하고, 그 기준을 마련하였다.
- (ii) 외주업체에서 Heat sink 조립 시 Torque의 산포를 일정하게 관리하도록 하여  $h_{FE}$ 가 경시적으로 열화 되지 않도록 하였다.
- (iii) 설계부문에서는 공정산포에 의해  $V_{CBO}$  규격을 벗어나지 않도록  $V_{CP}$  값을 낮게 설정할 필요성이 있었다.
- (iv)  $h_{FE}$  값 저하되어 TR의 내부 온도가 상승하여 열 폭주로 변하는 경향이 있으므로, 이 규격 내에 있도록 On/off 조건을 설정하였다.
- (v) Screw hole에 유격이 생겨 Torque가 약해지는 현상이 발생하므로 Screw torque가 사용 중 저하되지 않도록 Screw의 구조를 변경하였다.

재현시험에서 나타나는 결과를 이용하여 TR에 대한 부품 출하 보증 방법을 정립하여 재현 시험개발 프로세스를 정립하였고, 시험장치를 계속되는 모델에 적용하기 위해 Mode 변환을 위한 자동 프로그램의 개발이라든가 재현 시험개발 시스템을 정립한 후 타 부품으로 적용할 필요성은 향후 과제라 할 수 있다.

## 참고문헌

1. 통계적 공정관리, 박성현 외, 민영사, 1997
2. 信頼性セミナー専門コース・テキスト 日本科学技術聯盟, 1995
3. 품질공학, 박성현, 민영사, 1997
4. Quality and reliability of technical systems, A.Birolini, Springer Verlag. 1994
5. 신뢰성 기술 심포지엄, 1차, 아주대학교 아주신뢰성 센터, 1998