

# 생활용 가전제품의 안전성 평가사례

강성기 · 강인호

주식회사 부방테크론 리빙사업부 QM팀

## 1. 서론

2002년 7월 1일부터 시행되는 제조물 책임법은 기업에 많은 영향을 끼칠 것으로 예상된다. 대외적으로는 소비자들의 클레임이나 분쟁, 혹은 소송에 대한 대응이 불가피할 것이며, 대내적으로는 제조공정의 품질 및 문서관리의 강화 요구에 대응하지 않으면 안 될 것이다. 결과적으로 결함이 있는 제품의 출하 및 판매는 자칫 기업의 존폐 자체를 위협할 수 있기 때문에, 기업은 제품의 안전성을 평가하는 데 배전의 노력을 기울이고 있다.

이를 위해 수행되는 위험성 분석(Hazard Analysis)이란 개발제품에 대하여 예상 가능한 고장들이 고객에게 어떤 영향을 미치는가, 또 그 원인은 어디에 있는가를 추정하여 분석하는 수법으로서, 목표 품질의 조기 확보와 양질의 제품을 고객에게 인도하기 위한 수단으로서, 특히 설계단계에서 실행하면 효과적이다.

그러므로 본 과제를 위하여 연구, QM, 제조, SVC 등의 관련부문의 인력으로 팀이 구성되었으며, 주관은 연구부문에서 담당하기로 결정하였다. 다만 공정에 관련된 사항은, 예를 들어 공정 FMEA는 공정의 능력과 특성을 상세히 숙지하고 있어야 하므로, 제조부문이 주관하기로 하였다.

분석의 진행은 몇 가지 단계로 나누어 이루어졌다. 첫 번째 단계는 관련분야의 기술 수준 조사로서, 가장 최근에 생산·판매된 제품 중 성능, 기능, 외관 등이 비슷한 제품들을 비교·분석함으로써 이루어진다. 이 과정에서 이루어지는 조사는 주로 1) 사용온도, 습도, 전압 등 사용환경에 대한 조사, 2) 감전, 화재, 상해 등 과거에 발생한 사고들 중 PL과 관련된 클레임들에 대한 조사, 3) 안전장치, 주요 재질, 경고표시, 주요 부품 및 구조 등 국내외를 막론한 관련 업체들의 기술수준 조사이다.

두 번째 단계는 오사용 조건 분석으로서, 1) 오사용 조건에 대한 분석과 2) 인쇄물(경고/주의문구/사용설명서)에 대한 분석이 수행되었다.

세 번째 단계에서는 고장 모드 및 영향 분석(Failure Mode and Effect Analysis)이 수행되었다. 1) 각 부품의 고장 모드를 확인하고 그 영향에 대한 중요도를 평가하기 위하여 완제품 조립이 가능한 시점에서 실시하는 설계상의 FMEA와, 2) 제조 및 조립공정상의 결함에 기인된 제품의 잠재적 고장 모드를 평가하기 위하여 공정이 구성되는 시점에서 실시되는 공정 FMEA가 그것이다.

네 번째 단계는 Soft/Hard 측면에서의 비교·분석으로서, 오사용 조건에 대한

FMEA 고장모드의 영향이 평가되었다.

## 2. 관련분야 기술수준의 조사

먼저 제품 설계시 안전 설계의 방향을 정립할 수 있도록 제품 개발 이전에 선진외국이나 타사 경쟁 모델의 기술수준을 조사하여, 선진국과 비교해 동등수준 이상의 제품설계를 달성하도록 하고 있다.

사용환경과 관련하여 조사된 사항은 다음과 같다.

- 사용 조건 : 평균 온도, 온도 범위, 평균 습도, 습도 범위
  - 전원 환경 : 사용 전압, 주파수, 전압변동폭, 전원공급방식, 접지방식 플러그/콘센트 형태
  - 시장 환경 : A/S 형태, 판매 방식, 사용언어, 수송환경
  - 설치 조건 : 설치 장소, 설치자
  - 관련 법규 : 적용 규격, 규격 NO, 예상문제점, 강제 여부
- 그림 1은 이렇게 조사된 사용환경 조사표의 작성 사례이다.

**사용환경조사표** 작성일자: 2008.08.15


<b>사용 조건</b>	평균온도(°C): 25	온도범위(°C): 5 ~ 35	<b>행위 조건</b>	사용전압(V): 220	전압변동폭(V): 187 ~ 255
	평균습도(%): 60	습도범위(%): 30 ~ 90		사용주파수(KHz): 60	전원공급방식: 단상 3선식
<b>설치 조건</b>	설치장소: 기밀 구방			접지방식: 권선 콘센트 접지 방식	
	설치자: 고객	특이사항: 110V, 220V 구분하여 220V 전용별 사용 - 전압 110V 및 220V 용량 확인 필요 - 기타 사항			플러그 형태: 권선 콘센트 형태
<b>시장 조건</b>	A/S 형태: - 사용 고객 상담을 통한 접수				
	판매방식: (대리점, 양판/생인점, INTERNET)	수송환경: - 수출 → (대리점/양판/생인점) - 공장 → 생산 기지 - 공장 → OEM 물류 → 지방 물류 → (대리점/양판/생인점) - 공장 → OEM 물류 → 생산 기지 - 생산도장, 고객도장, 서비스도장			
<b>관련 법규</b>	국가명: 대한민국	적용법규규격: KS C 9310	규격 NO: K 6635-2-15	예상 문제점: - 설치용 조건을 감안한 사항이 없다	강제 여부: 강제
	한국	전기용품안전관리법		- 설치용 조건을 감안한 사항이 없다	강제

그림 1 사용환경 조사표의 작성예

한편 PL 클레임 조사에서는 P/L 클레임이 재발하지 않도록 과거의 PL 클레임 사례와 개선 사례 등을 조사한다.

제품 기술수준 조사에서는 최고수준의 공학기술로 제품이 설계·제조될 수 있도록 관련 경쟁업체 최신 제품의 안전성 기술 수준을 조사하고 자사 제품의 수준과 비교한다. 구체적인 조사사항은 다음과 같다.

- 안전 장치 : 전류 fuse, 온도 fuse의 유무, 기타 보호 장치의 유무
- 주요 재질 : 난연성 등급
- 경고 표시 : 제품의 경고 라벨, 사용설명서 경고 문구
- 주요 부품 및 구조

### 3. 오사용 분석

제품의 구조를 개선하고, 불충분한 사항은 경고·표시를 개발할 목적으로 사용자의 오사용에 대하여 조사한다.

이 때 소비자 오사용 방식은 그림에서 보는 바와 같이 예측가능하고 합리적인 오사용과 예측가능하지만 비합리적인 오사용으로 영역을 구분하여 분석, 조치한다.

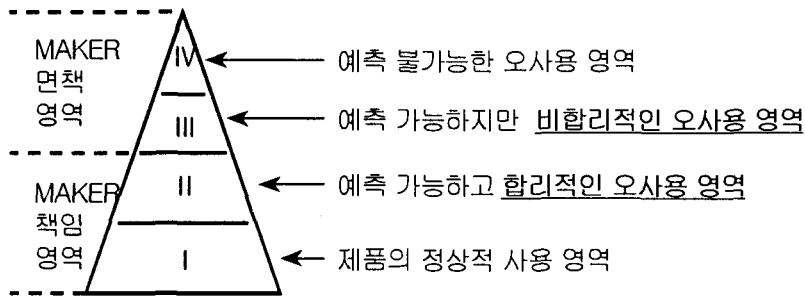


그림 2 오사용 범주의 분류

이 중 합리적인 오사용 영역으로 구분된 것은 제품의 구조를 개선할 것인지, 안전장치를 부착할 것인지, 아니면 경고 문구 등으로 대응할 것인지 결정한다. 이 때 물론 최우선의 것은 구조를 개선하는 일이다.

### 4. FMEA

이 분석은 설계, 공정, 품질보증 등 각 부문에 산재한 문제점을 정량적으로 관리하기 위한 것으로, 점차 복잡해지는 문제 발생 형태를 제품 개발 초기단계에서 조기발견하고, 사전 제거하기 위한 목적으로 활용된다. 주요 분석결과물들은 다음과 같다.

- 1) 제품/공정에 대한 잠재고장모드의 목록
  - 잠재되어 있는 고장 형태 도출
- 2) 중요 관리 특성의 목록
  - 안전부품 지정 / 안전공정 관리 목록
- 3) 제품고장모드의 원인 제거나 발생률 감소를 위한 설계/공정 활동 목록
  - 설계/공정개선 이력, 교육이력

#### 4.1 설계 FMEA

설계 FMEA의 이점은 다음과 같다.

- 제품 개발 초기 단계에서 제품의 잠재고장모드를 용이하게 확인
- 제품의 모든 잠재고장모드 및 조립에 미치는 영향의 예측 가능성 증진
- 안전상의 문제들을 제거할 수 있는 제품 설계 행위들을 확인
- 안전성 측면에서 설계 요인 및 대안에 대한 평가가 용이
- 제품에 대한 철저한 설계검증 계획을 용이하게 해 주는 정보 제공
- 중요 관리특성 확인 용이
- 설계 개선조치들간의 우선순위 설정
- 향후 제품의 설계 개발을 유도하며, 제품 설계변경 후 문서관리의 근거

그림 3은 설계 FMEA의 분석 사례이다.

설계 FMEA(Failure Mode Effects Analysis)- 고장 형태 영향 분석

순서	기능	고장모드	고장원인	고장영향	중요도	검출	예방	개선	비고
1	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	
2	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	
3	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	
4	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	
5	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	
6	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	
7	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	
8	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	
9	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	
10	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	

그림 3 설계 FMEA 사례

공정 FMEA(Failure Mode Effects Analysis)- 고장 형태 영향 분석

순서	기능	고장모드	고장원인	고장영향	중요도	검출	예방	개선	비고
1	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	
2	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	
3	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	
4	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	
5	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	
6	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	
7	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	
8	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	
9	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	
10	회전	회전 불량	회전축 불량	회전축 불량	중	시각	회전축 불량	회전축 불량	

그림 4 공정 FMEA 사례

## 4.2 공정 FMEA

공정 FMEA의 이점은 다음과 같다.

- 신규 제조 및 조립공정의 해석 용이
- 제조 및 조립 공정상의 잠재고장모드와 그 영향이 검토될 수 있는 가능성 증진
- 엔지니어들이 불량발생을 낮추거나 불량 탐지능력을 증대시킬 수 있는 관리수단 또는 방법에 초점을 맞출 수 있도록 공정결함을 규명
- 중요관리 특성을 찾아내고 제조관리계획 개발이 용이
- 공정개선 조치들간의 우선 순위 설정

그림 4는 공정 FMEA의 분석사례이다.

## 5. Soft/Hard 분석

이 분석은 사용자의 사용방법(소프트웨어적인 측면)과 제품 기능이상(하드웨어적인 측면)과의 상호작용에 대한 위험성을 평가하기 위한 것이다.

본 연구에서는 발생빈도, 영향도(피해강도), 검지도를 모두 3등급으로 분류하였는데, 그 가중치는 각기 달리 할당하였다.

분석 방법으로는, 오사용 분석에 의해 도출된 오사용 모드를 가로축에 나열하고, FMEA분석에 의하여 도출된 기능이상 모드를 세로축에 나열한다. 각 상황에 대하여 발생도, 영향도, 그리고 검지도에 대하여 평가하고, 총평점=[발생도 가중치]×[영향도 가중치]×[검지도 가중치]의 관계식에 의하여 총평점을 계산한다.

분석결과, 총평점이 60점 이상이면 설계변경에 반영하며, 구조개선이 곤란한 경우 사용설명서 상에 경고내용으로 추가한다. 단, 60점 미만이라도 안전에 위협이 있으면 대책을 수립한다. 그림 5는 이렇게 분석된 사례표이다.

**Soft / Hard 분석** 정점

발생빈도·고정발생: 발생도    영향도    → 곱다·보통·중·심하다!  
 영향·오·보통·중·심하다!    검지도    점검    → 발명·영향검거를 겸한 것

Soft / Hard 분석    모델명: BJC-10H    날짜: 02.03.19    작성자: 박수업

Soft / Hard		Soft		Hard													
		NO	A	B	C	D	E	F	G	H	I						
		사 용 방 법	발 생 도	영 향 도	검 지 도	총 평 점	사 용 방 법 상 의 문 제 점 수	사 용 방 법 상 의 문 제 점 수	사 용 방 법 상 의 문 제 점 수	사 용 방 법 상 의 문 제 점 수	사 용 방 법 상 의 문 제 점 수	사 용 방 법 상 의 문 제 점 수	사 용 방 법 상 의 문 제 점 수	사 용 방 법 상 의 문 제 점 수	사 용 방 법 상 의 문 제 점 수		
NO	부품명	안전기능	고장모드	발생도	영향도	검지도	총평점	사용방 법상의 문제점 수	사용방 법상의 문제점 수	사용방 법상의 문제점 수	사용방 법상의 문제점 수	사용방 법상의 문제점 수	사용방 법상의 문제점 수	사용방 법상의 문제점 수	사용방 법상의 문제점 수	사용방 법상의 문제점 수	
1	제품	경상	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	POWER COND	전원 공급	누전	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3		단락	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	BASE PLATE	설치의 잘못 및 결함 발생	하소	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5		탈락	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	COND REL	전원 유입시 POWER COND 고장 및 보완	하소	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7		탈락	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
8	BASE COVER	보안책 취거	하소	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
9		탈락	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

FMEA에 필수 표기

© 2009년 10월 10일

그림 5 Soft/Hard 분석 사례

## 6. 결론

이상과 같은 과정에 의하여 평가, 분석된 제품의 불안전요인은 다시 설계·개발팀에 피이드백되어 제품의 안전성을 향상시키게 된다. 이 때 중요한 것은 각각의 분석에 의해 도출된 많은 문제점과 개선점이 개별적으로 추진되어서는 안 된다는 것이며, 설계·개발팀에서는 이를 종합하여 체계화된 종합적인 대책으로 보고하고, 추진하여야 한다는 것이다. 그림 6은 이와 같은 과정을 통하여 제시된 개선대안의 도출사례이다.

상계FMEA 분석 대책		안전설계 개선대책(안)		인원설계기준표시서	
구분	구조/부품명	분석 결과	대책	실질 및 담당	비고
부품 분석	POWER CORD	1.EARTH선 불량 발생에 의한 감전 우려 2.CORD 블록 컷가기(나뉠) 발생으로 분리 될 수있음	1.내연인 견수검사 및 안전부품사용 2.신뢰성/시험 확대 및 안전부품 개발권리	목시: 제조,GM 2.제조: GM	
	전도FAUSE ASM	1.70mm 절여있어전기회로를 인한 감전우려 2.조립 안정을 인한 연속 불량	1.내연인 견수검사 및 안전부품 사용권리 2.3.5C3000 분구 삼단 및 가사 교차	목시: 제조,GM 목시: 영남	
	TRS ASM TOP HEATER SIDE HEATER NEON LAMP ASM HEATING PLATE	모체 컷가짐으로 인한 감전우려	내연인 견수검사 및 안전부품 사용권리	목시: 제조,GM	
		5.ABATE너트 불량으로 인한 감전우려	신뢰성시험 확대 및 안전부품 사용권리	4.제조: GM	
중계FMEA 분석 대책		안전설계 개선대책(안)		인원설계기준표시서	
구분	공정명	분석 결과	대책	실질 및 담당	비고
공정 분석	OUT CASE - C.BOX재질 확인	1.EARTH선 불량 발생에 의한 감전 우려	1.5연결장 기판 2.공구 및 TRP관리 확인자 추가(검사)	목시: 제조,GM	
	STYLE-VER의 확인	1.EARTH선 불량으로 인한 보안관련 불량 우려를 인식하는 업무 필요	1.OEM 불량 품질검사 및 견수검사 2.확인 및 용기여 CHECK	목시: 제조,GM	
	내연인검사 및 H COVER재질 LOC 검사	내연인검사에 의한 감전 우려	1.연결장 기판 및 견수검사 할까 2.공정용 AGRRO우 포아용 활용	목시: 제조,GM	공정이름: AGRRO우 활용할까 시 검사
	수리	CLAMP LATER로 불발에 의한 감전우려	1.연결장 기판 및 견수검사 할까 2.공정용 AGRRO우 포아용 활용	목시: 제조	공정이름: AGRRO우 포아용 확인
	중환 수리사 부족으로 인한 수리를 관리 어려움	1.경험 수리기 확보 2.수리를 관리 SYSTEM?해결책 필요	목시: 제조,GM		

그림 6 개선대안의 도출 사례

소비자의 욕구가 향상되고, 수준이 높아질수록 제조자에게 요구되는 제품의 성능과 안전성은 더욱 향상될 것이다. 이러한 작용은 결과적으로 제품의 품질을 더욱 향상시켜 구매력을 더욱 높이는 결과를 가져 올 것이다. 세계적 수준의 제품을 만들고자 하는 자부심은 제품의 안전성과 품질에 달려 있으므로, 제품안전분야의 활동은 기업의 입장에서도 더욱 노력해야 할 과제라고 생각한다.

### 참고문헌

- [1] 한국표준협회, 제품안전을 위한 리스크 평가 기법 및 소프트웨어 활용지침, 2001.
- [2] ISO 60812, Failure Mode and Effect Analysis, 1985.
- [3] ISO 13215-3, Road vehicles - Reduction of misuse risk of child restraint systems - Prediction and assessment of misuse by Misuse Mode and Effect Analysis (MMEA), 1999.