

# 시스템의 신뢰성과 안전성 향상을 위한 FMEA 개선에 관한 연구

## A Study on FMEA Improvement for Reliability and Safety Enhancement

백영구<sup>1)</sup>      윤상문<sup>1)</sup>      이재호<sup>2)</sup>      박면규<sup>3)</sup>      이기서<sup>4)</sup>  
Baek, Young-Gu   Yun, Shang-Moon   Lee, Jae-Ho   Park, Myeonn-Gyu   Lee, Key-Seo

---

### Abstract

In this paper, it is proposed that an existing utilizing methods of FMEA, one of the potential failure cause analysis of the systems and products, is reviewed and more efficient advanced application scheme and improvement idea is suggested. In present, in company with Products liability laws which are being conducted, this proposed methods are intended to be applied at systems which require high-reliability and safety

---

### 1. 개요

산업 사회의 발달과 더불어, 시스템과 제품에 대한 고객의 요구사항도 기능상의 편리함 보다는 그와 더불어 보다 신뢰감을 줄 수 있고, 안전한 제품을 선호하는 추세로 나아가고 있다.

본 논문에서는 시스템과 제품에 대한 잠재적인 고장 유형의 분석과 기본 설계 단계에서부터 생산단계에 이르기까지 제품이 의도한 대로 기능을 발휘 할 것인가를 평가하고, 만족하지 못할 때는 개선조치 활동을 통하여 고장을 사전에 예방하고자 하는 신뢰성 활동 중에 하나인 고장 유형 및 영향 분석(FMEA : Failure Modes and Effects Analysis) 방법에 대하여 재분석하고 보다 나은 방법을 제안하였다.

### 2. 서론

시스템의 고장 분석 기법 중에 하나인 FMEA 원리는 최초 U.S. Military에서 개발되었으며 이를 위한 수행절차가 미국 국방부 표준인 MIL-STD-1629에 언급이 되어있다. 또한, 이러한 원리를 바탕으로 SAE(Society of Automotive Engineer)에서 FMEA 틀을 생성하였으며, 초기 이러한 분석 기법은 시스템과 장비의 고장의 영향을 결정하기위한 신뢰성 평가기술로 사용이 되었으며 자

- 
- 1) 광운대학교, 제어계측과 석사과정, 정회원
  - 2) 광운대학교, 제어계측과 박사과정, 정회원
  - 3) (주) 포스코, 과장, 비회원
  - 4) 광운대학교, 제어계측과 정교수, 정회원

동차 산업분야에서도 널리 활용되어졌다.

FMEA는 시스템 및 제품을 구성하고 있는 구성 요소의 고장이나 불량 발생 시 이러한 현상이 시스템과 제품에 어떠한 영향을 미치는가를 정성적으로 분석하는 방식으로서 세부 구성 요소의 고장 유형을 분석하여 시스템 자체의 영향을 평가하는 Bottom-up 방식의 분석기법이다.

이러한 기법은 설계, 정비, 운용 경험자 및 담당자, 신뢰성 기술자 등으로 이루어진 팀 구성 하에 총체적으로 수행하게 된다. 분석 결과를 토대로, 발견되어진 잠재적인 고장 유형들과 발생 원인을 평가하여 이러한 유형들의 발생을 사전에 제거, 개선 조치 활동을 통하여 시스템의 성능을 보장하고 안전하게 하기 방법이다.

### 3. FMEA 실시

FMEA를 시행함에 있어서 전개과정은 아래 그림과 같다.

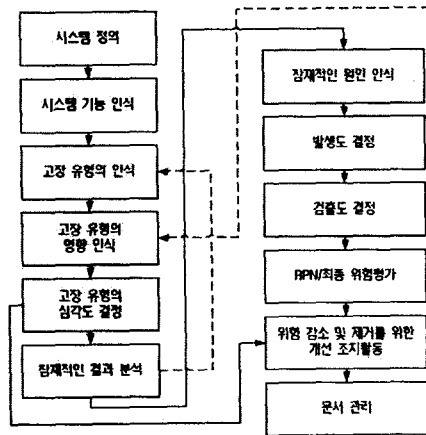


그림 1. FMEA 전개 절차

위와 같은 FMEA를 실행함에 있어서, 사전에 준비하여야 할 사항이 있다. 우선 분석 목적을 설정한 후, 분석하고자 하는 대상과 수준을 결정한다. 그리고 팀을 구성원을 바탕으로 브레인스토밍을 통하여 분석을 실시한다. 이에 참조할 자료는 시스템과 제품에 있어 유사한 제품(부품, 개발 공정)에 대한 이력 데이터, 시험 결과, 과거의 FMEA 실시 데이터, 고객사용 정보, 불만사항, 조치 사항, 설계 정보(도면, 규격, 지침, 재료 등), 사용 환경 및 조건 등이 포함된다. 이 뿐만 아니라 가능한 한 참조가능한 모든 자료를 활용하여 분석을 실시해야 한다.

이러한 자료를 바탕으로 FMEA를 실시하게 되는데, 초기에 시스템 정의 및 기능을 정의하고, 발생 가능한 잠재적인 고장 유형을 인식한다. 이러한 유형이 시스템 미칠 수 있는 영향을 분석하고, 그때 따른 심각도를 분석한다. 이러한 영향들이 결과적으로 시스템에 어떠한 결과를 가져오는

지를 분석, 이에 대한 원인 및 발생 빈도를 계산하게 된다. 다음과정으로 이러한 영향들이 어느 정도 검출이 되는지에 대한 검출도를 계산하고, 그에 따른 위험도 우선 순위(RPN : Risk Priority Number)를 결정한다. 위험도 우선 순위는, “심각도(Severity)×발생도(Occurrence)×검출도(Detection)”의 결과 값으로 주어지는데, 각 항목은 일반적으로 1~10까지의 범위를 취하게 되며, 위험도 우선순위는 1~1000 사이의 값을 갖게 된다.

이렇게 계산된 위험도 우선순위 값을 바탕으로 각 고장유형에 대한 우선 개선 조치 항목을 결정하여, 이를 문서화 한다.

FMEA는 MIL-STD-1629에서 제시하는 양식에 기입을 함으로서 문서작업이 이루어지게 된다. 단지, 이러한 FMEA는 문서화만으로 그치는 것이 아니라, 이를 바탕으로 하여, 향후 재활용 가능한 데이터가 될 수 있도록 수정 보완, 갱신의 노력이 필요하다고 볼 수 있겠다.

#### 4. FMEA의 특성

시스템 및 제품에 FMEA 기법을 적용함으로써 다음과 같은 이점을 얻을 수 있다.

표 1. FMEA 수행 이점

시스템/제품/서비스/공정상의 품질, 신뢰성, 안전성의 향상
회사의 이미지와 경쟁에서의 향상
고객 만족의 증가
시스템 및 제품 개발과 개발기간을 통합한 비용/지원 감소 이득
위험을 감소시키기 위한 조치활동의 문서화 및 기록 가능
제품 보증과 관련한 잠재적인 문제 감소
제품 제조를 위한 설계와 조립기술의 통합 가능

이와 더불어 FMEA 기법의 장점으로서는 다음을 들 수 있다.

##### (1) FMEA의 장점

FMEA 장점을 열거하면 다음과 같다.

- 1) 원인과 결과의 관계를 체계적으로 파악
- 2) 잠재적인 치명적 결함 유형을 초기에 발견이 가능
- 3) 사전에 정확하게 알려져 있지 않은 잠재적 결과를 발견 가능
- 4) 정상적인 작동으로부터 이탈 뿐 아니라 의사 결과도 밝혀 냄
- 5) 새로운 시스템이나 제품의 사전 분석에 적합
- 6) 잠재적인 단일 결함 요인 발견이 용이
- 7) 각 시스템 구성요소의 기능에 지정된 대상의 잠재적, 단일요소 고장으로 인한 치명도 분석

에 접근가능

- 8) 설계 평가 및 개선 지침서로 활용
- 9) 고장이 발생 후 고장-안전 원리 또는 큰 피해를 받지 않도록 시스템 설계 지침
- 10) 낮은 신뢰성을 가진 구성 요소를 이용하여 만족할 만한 작동을 하기 위한 시스템 설계 지침
- 11) 부품 및 제조업자 선정 지침
- 12) 예비위험 분석에서 발견된 높은 위험성은 FMEA를 이용하여 최저부품 단위에서 분석이 가능
- 13) 결함 목 분석(FTA : Fault Tree Analysis) 및 다른 분석기술과 상호 보완적인 관계

등, 이상과 같은 장점을 가지고 있으며, 아래와 같은 단점 및 제한사항도 지니고 있다.

## 2) FMEA의 단점 및 제한 사항

FMEA 단점과 제한사항을 열거하면 다음과 같다.

- 1) 단순한 시스템 일지라도 데이터가 방해해질 우려가 있음
- 2) 원인과 결과간의 관계가 직접적이지 않을 경우 다루기 어렵고 복잡해지기 쉬움
- 3) 시간적 순서, 환경 조건, 정비 효과 등을 쉽게 다룰 수
- 4) 방법 자체로 정량적 평가 모델을 직접 제공하지 않음
- 5) 시스템 내 다른 부품들의 결함 사이에 복잡한 상호작용이나 다중적 연관성을 잘 나타내기 어려움
- 6) 인간/운용 상호작용에 대한 사항을 고려 불가능
- 7) 인간의 실수와 비우호적인 환경 조건이 간과됨
- 8) 이러한 기술이 시스템 요소 개별적인 결함에 대해서 조사하기 때문에, 결함 요인에 대해 공존하는 고장은 고려되지 않음
- 9) 시스템이 복잡하고, 분석범위가 하위 구성요소 단위 까지 확장되면, 공정은 엄청나게 장황하게 되고, 시간 소비가 많아지게 됨

위와 같은 FMEA의 특성을 고려하여, 기존의 장점을 부각시키고, 단점을 최대한으로 감소시켜서 시스템 및 제품에 적용을 하였을 때, 최대의 효과를 볼 수 있도록 한다. 뿐만 아니라, FMEA를 적용하여 실시함에 있어서 다음과 같은 유의사항도 고려를 하여야 한다.

하나, 대상을 광범위하게 선정하지 않는다.

둘, 고장 유형과 고장을 명확히 구별한다.

셋, 고장 유형은 다단계로 이루어지는 것이 일반적으로 가급적 초기단계의 고장유형을 추론한다.

넷, 하나의 고장유형에 대하여 원인과 영향 등을 평가한다.

다섯, 고장 유형과 원인을 추론할 때 계층별 기준이 있어야 한다.

여섯, 과거의 경험이나 이론을 충분히 활용하여야 하며, 작은 부분도 빠뜨리지 않아야 한다.

## 5. FMEA의 개선과 PL 법

본 논문에서는 위와 같은 FMEA 특성을 바탕으로 보다 개선된 FMEA 기법과 성공적인 FMEA를 실시하여 현 PL법에 대처하기 위한 방법에 대하여 제안을 하고자 한다.

FMEA를 실시함에 있어서, 현재는 각 설계 FMEA, 공정 FMEA 라는 분류를 통하여 설계와 제조공정 상에서 발생할 수 있는 잠재적인 원인을 찾아내어 이를 해결하는 방법으로 활용되고 있다. 이에 더하여 개선된 FMEA의 방법은 설계, 제조 공정뿐만 아니라, 시스템 수명주기에 해당하는 단계별 FMEA를 적용하는 방안을 제시하고자 한다. 이를 통하여, 기존의 FMEA는 시스템 수명주기에 해당하는 설계 FMEA, 공정 FMEA, 시험 FMEA, 운용 FMEA, 서비스 FMEA, 폐기 처분 FMEA로 분할하여 실시하는 방법을 제안한다. 이때, 각각의 FMEA에 대한 세부항목은 달라질 수 있어도 기본 양식은 달라짐이 없을 것이다.

이렇게 함으로서, FMEA 실시함에 있어서 단점으로 지적된 FMEA 실시 기간에 대한 문제는 어느 정도 해결되리라 사료된다.

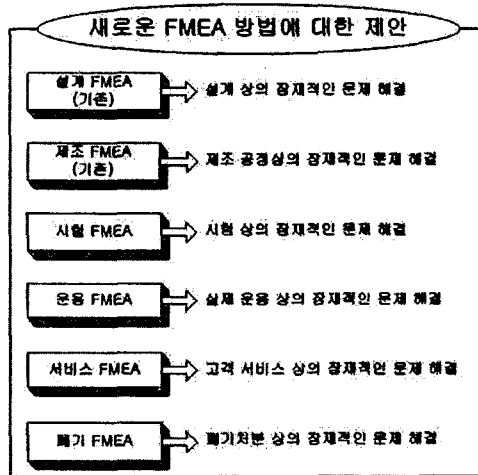


그림 2. 새로운 FMEA 방법에 대한 제안

하지만, 위의 방법을 활용함에 있어서 문서의 양이 방대해 질 수 있는 우려가 있으나, 그러한 문제는 관련 기술자들의 노력으로 보완될 것이라 사료됩니다.

또한, 이러한 방법을 바탕으로 아래 사항을 참조로 하여 FMEA를 수행하면, 이전의 방식에 비해 효과적으로 결과를 도출할 수 있으리라 사료됩니다.

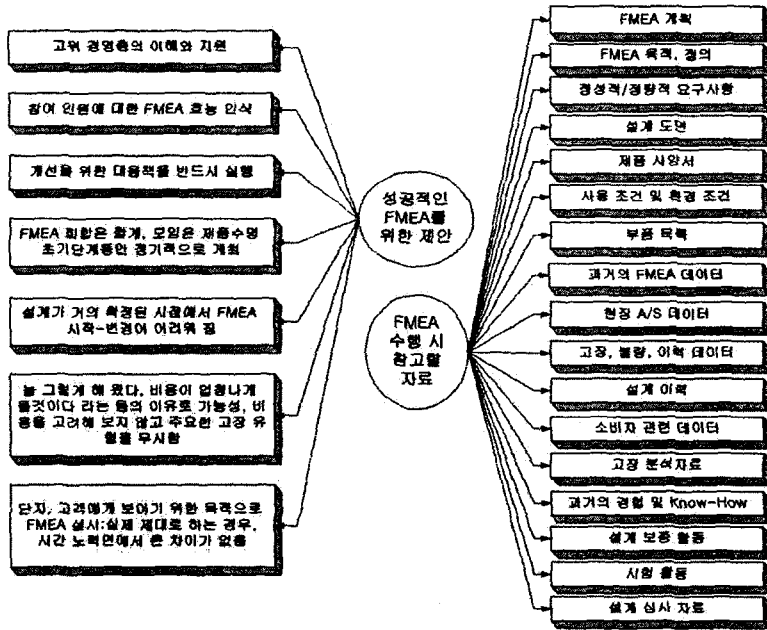


그림 3. 성공적인 FMEA 수행을 위한 제안 및 참고 자료

본 논문에서 제시한 FMEA 방법을 바탕으로 시스템 및 제품에 대한 잠재적인 고장 원인과 이에 대한 해결을 바탕으로 현재 시행중인 PL법에 대응하기 위하여 고객의 입장에서 활용을 한다면, 보다 나은 결과를 얻을 수 있을 것이다.

## 6. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 시스템과 제품의 고장분석 기법으로 신뢰성 분야에서 널리 활용되고 있는 기존의 FMEA 기법에 대한 특성을 분석해 보고, 이에 대하여 보다 효과적으로 분석기법을 많은 시스템과 제품에 적용하기 위한 방법을 제안하였다. 향후 이러한 분석기법과 관련한 소프트웨어의 도입으로 실제 활용도는 높아지리라 사료되며, 이러한 제안된 방법을 기반으로 다른 시스템 분석 기법과 연계하여 많은 현재 시행중인 제조물 책임 법에 대응 및 시스템의 성능과 신뢰성 향상에 적지 않은 도움이 되리라 사료된다.

## 참고 문헌

1. Rick Whitcomb, Mark Rioux, " Failure Modes and Effects Analysis System Deployment in a Semiconductor Manufacturing Environment, IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference, 1994

2. 김원경(1999), "시스템 신뢰도 공학", 교우사
3. Jang,J.S. and Ahn, D.G., "How to Perform FMEA Effectively", J. Korean Society of Quality Management, Vol. 25, No. 1, pp. 156-172
4. 장중순, "효과적인 FMEA 실시 절차에 관한 연구",
5. Reliability Analysis Center, "FMECA", A DoD Information Analysis Center, 1993