

FMEA를 이용한 기계류 시스템의 신뢰도 분석

진도훈*, 우태수*, 이치우**

* 경남대학교 대학원 기계설계학과

** 경남대학교 기계자동화공학부

Reliability Analysis of Machinery system for Failure Mode and Effect Analysis

Do-Hun Chin*, Tae-Su Woo*, Chi-Woo Lee**

* Dept. of Mechanical Design Engineering, Graduate School, Kyungnam Univ.,

** Division of Mechanical and Automation Eng., Kyungnam Univ.,

Abstract

This paper dealt with FMEA, which is a method of the analysis to secure safety and confidence coming up to customers' expectation in consideration of the environment of the corporation, the industrial environment, and the functional improvement. And by using FMEA, We showed the example analyzed the confidence of the Air Supply System. It was proved by the result of the analysis that the rate of the breakdown which is usually regarded as the first important point to reform can't satisfy the selecting basis to improve. Also the result said that it is not right to depend on only the rate of the failure in making the list of the reform. Through the analysis of the breakdown, FMEA can present the important factors of the reform to improve the confidence of the system. In this study would show the important factors of the improvement in order to product the goods guaranteed confidence through the method of FMEA.

1. 서론

신뢰성은 제품사용의 시간적 요인을 중요시하는 품질특성으로, 최근에는 품질관리부문에서뿐만 아니라 일반적으로도, 특히 안전부문에서도 널리 알려져

사용되고 있는 실정이다. 신뢰성이나 신뢰도는 다같이 "Reliability" 라고 하는데, 신뢰성은 추상적 의미이며 신뢰도는 신뢰성을 확률로 나타내는 것이다.

신뢰성이란 제품이 주어진 사용 조건 아래서 의도하는 기간 동안 정해진 기능을 성공적으로 수행하는 즉, 고장을 일으키지 않는 능력 또는 성질(확률)이다. 신뢰성의 정의를 국내외적으로 살펴보면 다음과 같다.^{(1),(2)}

첫째 : 한국산업규격(KS) - 시스템(系), 기기(機器), 부품 등의 시간적 안전성을 나타내는 정도 또는 성질이다.

둘째 : 미국방성의 전자기기 신뢰성 자문위원회(AGREE) - 부품, 장치 기기 또는 시스템이 주어진 어떤 조건 아래서 일정 기간 중에 의도했던 기능을 수행하는 확률이다.

위와 같은 정의에서 알 수 있듯이 신뢰도는 "규정의 조건", "의도하는 기간", "의도하는 기능", "수행 확률" 등의 4가지 중요 요소가 포함되어 있다. 신뢰성 및 안전성의 중요성이 부각되고 있는 실정에 의해 실제 산업계에서 생산되는 제품에 대한 신뢰성 요구는 상당히 대두되고 있는 실정이다.

본 연구에서 FMEA(Failure Mode and Effect Analysis)기법에 대하여 설명하고 이 방법에 의거하여 사례를 분석하였다. 사례분석 대상으로 적용된 공기 공급시스템(Air Supply System)에 대한 "고장

모드와 영향 분석: 이하 FMEA” 기법을 통한 정성적 분석을 통하여 고장 및 오류(error)가 타 부품 또는 관련 기능의 이상을 유발하고 있는지 여부를 파악한 후, FMEA를 작성함으로써 공기 공급시스템이 갖는 고장에 대한 정확한 신뢰도 분석을 실시하였다.

2. FMEA의 기본개념

“신규설계에서 반드시 문제점이 있다” 이것이 바로 FMEA의 가장 기본이 되는 개념이다. 이것은 평범해하면서도 지극히 보편적인 상식인데도 잊어버리기 쉬우며 이 평범한 상식을 그대로 반영하는 것이 FMEA의 특색이고 “반드시 존재하는 문제점”을 발견하기 위해서는 “어떻게 하면 고장이 일어날 수 있을까?”를 예상하여 잠재하는 고장의 원인을 추정해 내는 것이 있다. 설계분야에서 발생할 수 있다고 예측되어지는 잠재적 또는 알고 있는 고장 모드를 우선적으로 도출하여 시스템이나 기계들이 작동중에 고장이 발생할 경우 미치는 영향을 종합적, 정성적으로 평가 검토하고 영향이 큰 모드에 대하여서는 적절한 대책을 실시하여 고장을 미연에 방지하거나 감소시키기 위한 설계 개선의 수법⁽⁴⁾이며, 또한 고장의 형태가 발생하면 그 고장으로 인해서 고객 또는 제품에 어떤 영향을 미치는지 해석하여 대책을 세워야 한다. FMEA는 사전 조치한다는 장점이 있고 과거의 기술 경험을 토대로 하여 설계, 생산, QC, 시험, 서비스 등의 고장해석 경험이 풍부한 여러 명의 기술자들이 팀워크에 따라 실시하는 것이 바람직하며 또한 신규 설계되는 제품 또는 고장에 대한 고장 해석의 가장 훌륭한 수법이다.⁽⁵⁾ 시스템 개발과 FMEA의 관계를 Fig 1과 같이 나타낼 수 있다.

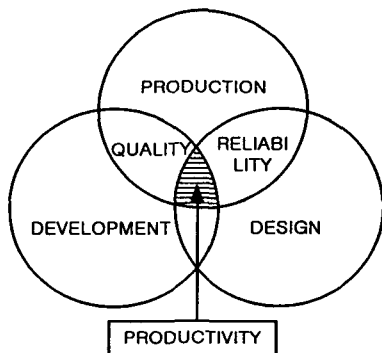


Fig 1. System development and FMEA

2.1 FMEA의 전개와 실시목적

FMEA는 그것이 효과적인 신뢰성 평가 활동이 되기 위해서는 시스템이나 기기에서 발생할 수 있는 가능한 고장 모드와 원인을 부품 수준으로부터 파악하고 그 영향을 알아내어 개선 사항이 피드백(feedback)될 수 있도록 지속적으로 반복하여 수정, 보완되어 수행되어야 한다. 이를 위하여 문서화된 이력관리가 필요하며 현재 널리 통용되는 FMEA양식은 Table 1과 같다.

Table 1. FMEA Form

FMEA Sheet									
작성일	시스템명			참석자	결	계			
작성자	부시스템명					재			
부품번호	부품명	기능	고장 모드	추정 원인	영향	고장 검지법	등급	대책	비고

FMEA 양식 작성의 순서는 다음과 같다.⁽⁶⁾

- i) 부품 기술, 기능 정의 : FMEA 양식 작성은 분류된 부품들을 기술하고 각 부품의 기능을 정의하는 데에서 출발한다. 이 때 기능의 정의는 명확하여야 하며, 제품의 목표 기능, 다른 부품들과의 연관 관계가 거론되는 것이 바람직하다.
- ii) 고장 모드 설정, 원인 추정 및 효과 기록 : 가능한 고장 모드들을 선정하고, 그 고장 모드에 대한 원인을 추정한 다음 고장 모드가 부시스템 및 시스템에 미치는 효과를 기록한다. 필요에 따라 다른 부품에 대한 영향도 기록한다.
- iii) 고장 검지법 기술 : 고장 발생 시 고장을 발견(검지)할 수 있는 방법을 기술한다.
- iv) 고장 등급 결정 : 고장에 의한 영향의 중요도와 발생 빈도 등을 종합적으로 판단하여 등급을 매기고 대응책의 범위와 실시의 우선도를 결정한다.
- v) 개선 제안 : 고장 등급이 높은 것에 대하여 고장을 또는 영향 감소를 위한 대책이나 개선을 제안한다.

FMEA를 실시하는 목적을 분류하면 다음과 같다.

1. 초기설계단계에서 높은 신뢰성과 안전 유지
2. 가능한 고장모드와 그 영향의 고려
3. 시험기준의 개발
4. 설계변경 또는 현장의 고장분석에 도움이 될 수 있는 자료조사
5. 개선조치가 가능할 때 우선 순위 결정에 도움이 되도록 함
6. 설계요건에 관한 객관적인 평가에 도움이 되도록 함

FMEA를 효과적으로 실시하기 위해서는 이러한 목적들을 명확하게 정의하여야 한다. 왜냐하면 FMEA양식의 작성은 그 절차나 필요한 데이터, 정보 등이 실시 목적에 따라 달라져야 하기 때문이다.⁽⁷⁾ 새로운 잠재고장모드를 찾아내기 위해서는 사전에 많은 자료를 준비하여야 하고, 분석도 고장모드만이 아닌 고장원인, 고장유발인자, 고장 메카니즘, 시험이나 점검절차 등 다양한 방면에서 이루어져야 하기 때문이다. 또한 FMEA 간의 관계는 Fig 2와 같다.

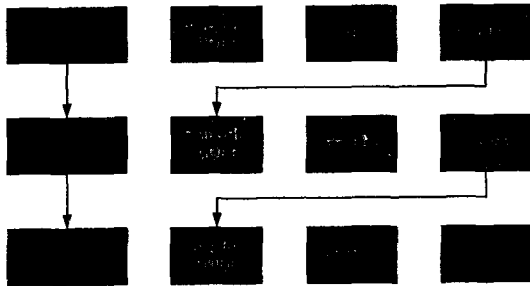


Fig 2. Relations of FMEA

각 FMEA는 작성하는 시점과 고장의 원인에 대해 서로가 다른 관점에서 파악하지만 상호 긴밀한 연계성을 가지고 있다.

2.2 FMEA의 실시대책과 절차

FMEA의 실시 대책에는 설계변경, 고신뢰성 부품의 채용, 시험 및 검사 등의 절차변경, 그리고 품질관리 절차의 변경 등이 있다. FMEA의 실시 절차는 다음과 같다.⁽⁶⁾

- i) 시스템 및 서브시스템의 임무를 확인한다.
- ii) 시스템 및 서브시스템의 분해레벨을 결정한다.
- iii) 기능별 블록을 결정한다.
- iv) 신뢰성 블록도를 작성한다.
- v) 블록도별 고장모드를 열거한다.
- vi) FMEA에 효과적인 고장모드를 선정한다.
- vii) 선정된 고장모드에 대한 추정원인을 열거한다.
- viii) FMEA 용지에 요약 기입한다.
- ix) 평가된 고장등급 등 결과를 정리한다.
- x) 고장등급이 높은 것에 대한 개선 제안을 한다.

3. 공기공급시스템의 신뢰성분석

앞에서 설명한 FMEA기법을 이용하여 공기 공급시스템의 신뢰도 분석을 한다.

3.1 공기 공급시스템의 구조

Table 2. Structural elements and Main specification of air supply system

Safety Valve	Application Fluid	Air
	Application pressure(Kgf/cm ²)	12.0 - 20.0
	Material	Body
Principal part		STAINLESS STEEL
Pressure Indicator	Voltage(V)	AC125V 3A, DC30V 2A
	Material	Brass, Bronze
	Weight	0.2kg
	Internal pressure	110kg/cm ²
Pressure Switch	Normal dimension	ø200
	Degree of precision	0.5
	Pressure range	1000mmH ₂ O-1000kgf/CM ²
	Material	STAINLESS STEEL
Com-pressor	Actuating from	Valve Driving
	RPM	2280
	Electromotor output	15kw, 20HP
	Power	220V, 60Hz
Electric Motor	RPM	1750
	Feequency(Hz)	50 - 60
	Voltage(V)	220 - 380
	Rated output(Kw)	20

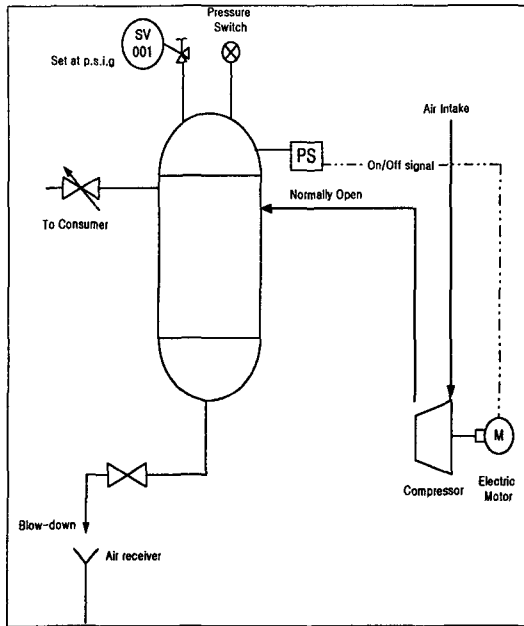


Fig 3. Process of Air supply System

3.2 FMEA 수행

FMEA를 이용한 공기 공급시스템의 신뢰성 분석 순서는 다음과 같다.

Table 3. Execution revel of FMEA

1 단계	FMEA Input Format File 작성
2 단계	Mxds File 작성
3 단계	Mission Profile File 작성
4 단계	FIN Definition File 작성
5 단계	Project File 작성
6 단계	Project File 내에 System Tree 생성
7 단계	Part Table 내에 각 Assembly를 입력
8 단계	모든 Component /Item 에 대한 Failure Mode / Cause 지정
9 단계	최저위 수준에서의 분석 실시 FMEA Date 지정
10 단계	Project 계산
11 단계	FMEA Date Report 출력

위의 1단계에서부터 4단계까지의 표기는 필요에 따라서 작성을 하며 생략도 가능하다.

본 사례에 적용된 공기 공급시스템에서는 그리 많지 않지만, FMEA의 기본고장과 논리의 수가 무수히 고려되므로 이 시스템을 분석하는데는 많은 시간과 노력이 요구된다. 따라서 간편하고 정확한 신뢰도 분석을 하기 위해 앞서 설명한 FMEA 기법에 의거하여 프로그램을 이용하여 신뢰도 분석을 하였다. 여기서는 5가지의 기본고장과 그 기본고장에 따른 고장유형은 11가지이고 고장유형의 원인은 모두 23가지로 이루어진다고 가정하여 각 기본고장의 고장률과 구조적 중요도와의 관계를 분석하였다. 이 결과에 의하여 전체 시스템에 영향을 미치는 요인을 발취 및 신뢰성 향상을 위한 조치사항을 제시하고자 한다.

4. 고찰 및 결과

FMEA에서 분석한 결과를 먼저 위험우선순위 (Risk Priority Number : RPN) 값을 구한 다음 각 구성요소와 공기 공급시스템의 결과의 수치를 그래프로 분석하여 보면 아래 Fig 4.와 같다.

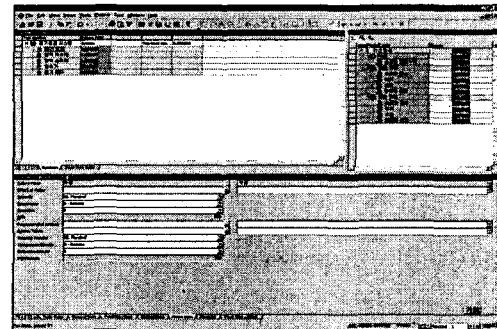


Fig 4. RPN Value

공기 공급시스템의 신뢰성을 향상시키기 위해서는 구조적 중요도도 높이며, 고장률도 높은 기본고장에 대해 적절한 조치를 취하여야 함을 알 수 있다. 공기 공급시스템의 분석결과에서 C₁(기능적 고장의 중요도)에 속하며 고장률 또한 중대고장에 속하는 II등급에 속한다. 즉, 기본고장들에 대한 적절한 조치를 취하면 공기 공급시스템의 신뢰도를 향상시킬 수 있을 것이다.

Fig. 5부터 Fig. 9는 구성요소를 Fig. 10은 공기 공급시스템의 신뢰도를 분석한 수치를 그래프로 나타낸 것이다.

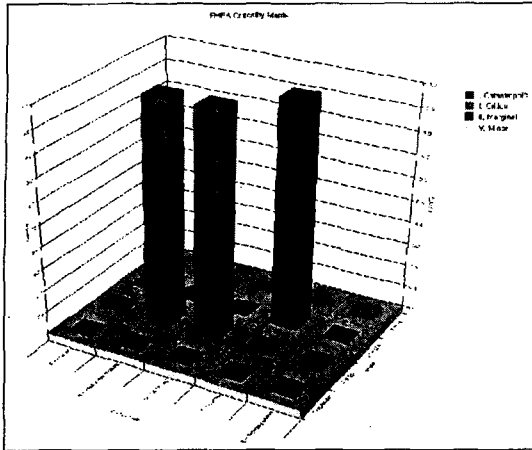


Fig 5. Safety valve

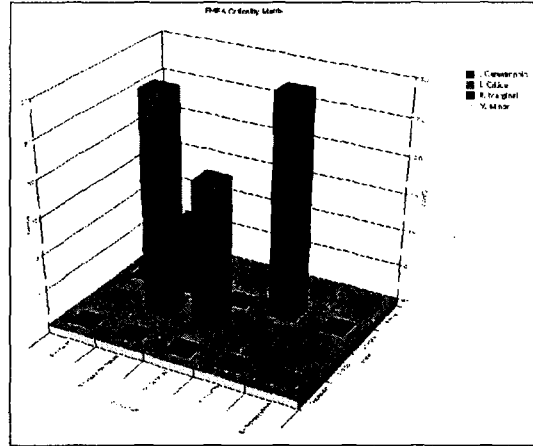


Fig 8. Compressor

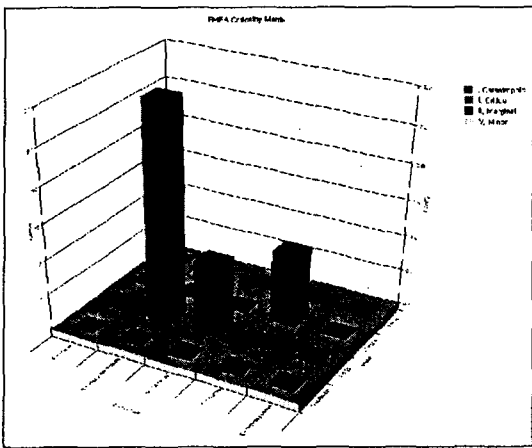


Fig 6. Pressure indicator

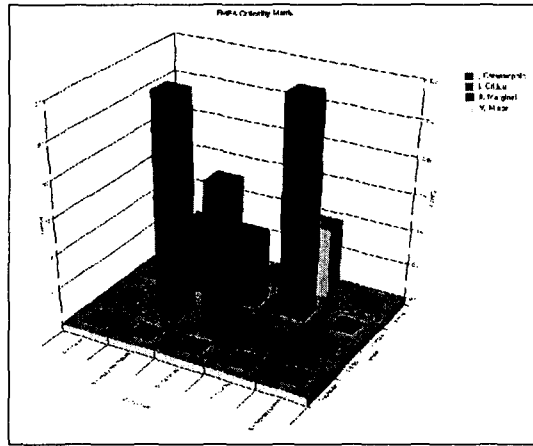


Fig 9. Electric motor

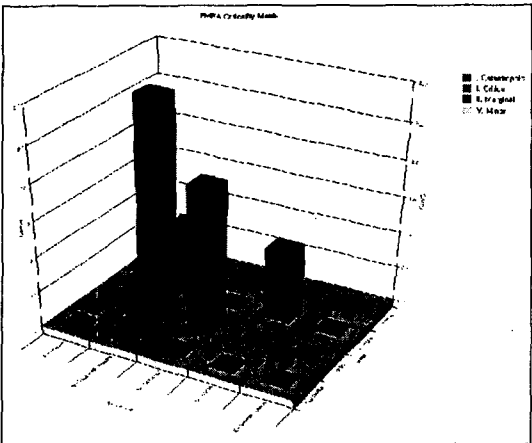


Fig 7. Pressure switch

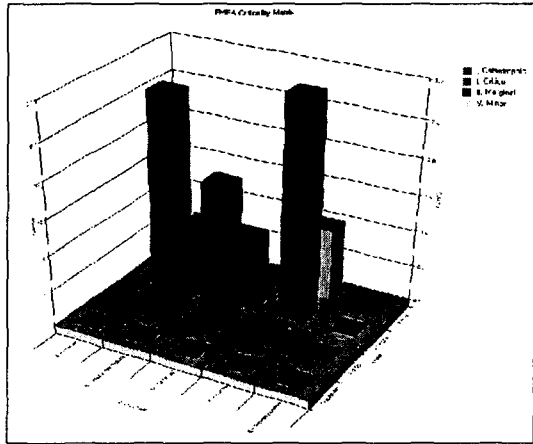


Fig 10. Air Supply System Graph

5. 결론

본 연구에서는 기업환경을 고려하여 소비자가 기대하는 정도의 안전성 및 신뢰도를 확보하기 위하여 FMEA(Failure Mode and Effect Analysis) 기법에 의한 실제의 공기 공급시스템의 신뢰도를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 불량률에만 의존하여 개선항목을 선정하는 것은 타당하지 않음을 알 수 있었다.
2. 개선항목을 선정할 때에는 고장률을 종합적으로 평가하여 시스템의 고장발생을 방지하고 신뢰도를 높일 수 있는 시스템의 설계를 할 수 있어야 한다.
3. FMEA 기법은 고장분석을 통하여 시스템의 신뢰도 향상을 위한 중점 개선사항의 제시가 가능하다.

참고문헌

- [1] 김재주, 박동호, 정해성 역, “신뢰성 분석과 응용”, 영지문화사, 2001, p. 2, 172-175
- [2] 한국 공업 표준협회, “표준화와 품질관리”, 1985
- [3] 이치우, “응용 신뢰성 공학”, 구민사, 2001
- [4] 日本規格協會, 「品質保證のための信頼性管理便覧」(東京:日本規格協會, 1985) p.127
- [5] 日科技連, “FMEA, FTA の活用”, 日本科學技連盟 信頼性工學シリーズ, 1979
- [6] 엄태원, “품질보증을 위한 통합 품질시스템 설계와 신뢰성 평가에 관한 연구”, 박사학위 논문, 인하대학교, 1994. p.90-93
- [7] 장중순, “A Study on Performing FMEA Effectively”, 아주대학교 기계 및 산업공학부
- [8] 福丕利夫, 他: FMECAにする-考察, 「第7回 信頼性・保全性シンポジウム発表報文集」, 1977
- [9] 牧野治; FMEA と FTA, 「オペレーション・リサーチ」, Vol. 27, No. 12, 1982