

기계설계 과정의 신뢰성 향상을 위한 혼합 기법 응용: 사례연구

최장진*, 임익성**, 구일섭, 박성준, 김태성
텐진 정밀기계공업, 텐진, 중국
남서울대학교, 한국

Application of the Combined Techniques for Reliability Improvement on Machine Design Process: Case Study

Jang-Jin Choi*, Ik-Sung Lim**, Il-Sub Koo, Sung-Jun Park, Tae-Sung Kim
Tianjin HTI Precision Machinery Co. Ltd., Tianjin, R.P. China
Namseoul University, South Korea

<Abstract>

In the mechanical design process various types of errors are bound to occur. In order to prevent such mechanical malfunctions and decrease number of instances of errors, various technique are utilized. The purpose of this research is to demonstrate the effectiveness of the combined service Blueprint and FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) by applying such method to machine process. The results are as follows: First, modification can be obtained by discovering the failure mode hidden within the inner side of the blueprint. Second, issues within the company are found when conducting the machine design process that is not visible from the outside. Therefore, potential errors can be effectively resolved by preventing failure mode in advance and eventually high quality of the product could be obtained as well as its reliability.

Key Word: Machine Design, Blueprint, FMEA, SII(System Instability Index)

1. 소개

설계과정에서 조금의 오차가 발생한다면 목표한 날짜에 납기가 이루어지지 못하면 상호 기업간의 신뢰도뿐만 아니라 경제적 손실도 대단히 크다. 따라서, 기업에서는 목표한 날짜에 품질 및 신뢰성의 요구사항을 충족시키는 제품을 제조하려고 최선을 다한다. 이러한 요구사항을 충족하기 위한 방법론은 기업마다 혹은/그리고 업종마다 심지어는 모델별로 설계 프로세스가 상이할 수 있다. 이 연구에서는 특정 S 기업의 기계류 설계 과정에서 정시에 품질 및 신뢰도를 충족

시킬 수 있는 여러 방법 중 FMEA (Failure Mode and Effect Analysis: 고장 형태와 그 영향 분석) 와 서비스 블루프린트를 혼합 적용하는 기법을 소개하고, 그 방법을 본 기업에 적용시켜 그 유효성을 입증하였다.

2. 신뢰성 향상 기법들

신뢰성을 고려한 제품 설계에서는 신뢰성을 고려한 설계 프로세스가 필수적이며 이 과정에서 사용되는 기법들은 무수히 많이 있다. 예를 들면, 제품의 목표

Deputy General Manager, Tianjin HTI Precision Machinery Co. Ltd. R.P. China, 이 연구는 본인의 석사학위 논문의 일부분을 발췌하였음.

교신저자, 남서울대학교 산업경영공학과, e-mail: ikslim@nsu.ac.kr

논문접수일 : 2014년 1월 17일

논문 수정일 : 2014년 2월 23일

게재확정일 : 2014년 3월 14일

설정을 위하여 고객의 요구사항을 파악하는 기법, 신뢰성을 확보 유지하기 위한 기법들, 생산과정에서 신뢰성이 저하되지 않도록 하는 방법, 포장 운반 및 설치 과정에서 고려해야 하는 기법들, 운영상의 고려해야 하는 사항 및 정보 수집과 활용 등 무수하게 많이 존재한다. 이 연구에서는 아래에서 설명하는 두 종류의 기법만을 고려하여 사례에 적용시켰다.

2.1 FMEA

FMEA는 시스템을 구성하는 모든 요소를 찾아내고, 이 부품들의 고장 모드가 타 부품과 시스템에 미치는 영향과 고장의 원인을 상향식(Bottom-up) 방식으로 조사하는 것으로서, 종전에는 우주항공 산업분야와 방위 산업의 일부에 응용 적용되었던 FMEA는 현재 자동차 산업, 전기, 전자산업, 기계분야 및 장치 산업으로 확산되어 제품 및 공정의 설계 및 개발 단계에서 필수적으로 요구하고 있으며 특정 고객은 FMEA 활동의 수행을 가장 중요한 개발단계의 품질 보증 활동으로 정의하고 신뢰성 및 안전성의 개선을 요구하고 있다. FMEA는 설계, 공정, 품질보증 등 각 부문에 산재한 문제점을 정성적으로 관리하기 위한 기법이며, 점차 복잡화 되는 문제 발생 형태를 제품 개발 초기단계에서 사전 제거하기 위한 목적으로 활용하고 있으며, 궁극적인 목표는 고장의 재발방지와 향후 발생 가능한 (잠재적) 고장에 대한 예방이라고 볼 수 있다. FMEA를 통하여 기대되는 이점은 제품의 품질 및 신뢰성 향상, 안전성 개선, 회사의 이미지 재고 및 경쟁력 확보, 리콜의 최소화, 제품 개발시간 및 비용의 절감, 고장 발생률이 적은 설계대안 선택, 시스템 작동에 문제가 되는 고장모드와 영향에 대한 일관성 있는 평가, 시스템 문제점 조기 발견, 신뢰성 시험 선정, 신뢰성 Knowledge base 구축 등 무수히 많이 있다. FMEA의 종류로는 System FMEA, Design FMEA, Process FMEA, Service FMEA 등이 있으며 최근에는 그 효과를 인정받아 Software FMEA, Maintenance FMEA, Circuit FMEA 등 다양한 분야로 확산되고 있다. System FMEA는 신제품 개발 시 초기의 개념과 계획단계에서

시스템 및 서브시스템을 분석하는데 이용하며, 제품 설계단계에서 기능을 발휘하는 시스템에 대하여 잠재적인 결함을 분석하는데 중점을 두고 있으며 이 방법의 초기단계의 용도는 기술적인 접근과 기능적 한계를 정의하여 확립하고 평가하는 것이다. 설계 FMEA는 제품 개발 단계에서 제조 단계 이전에 실시하는 활동으로써 초기 잠재 고장문제를 검증하는데 사용하며 따라서 제품 고장 모드의 모든 가능성과 복잡하게 조립된 제품의 영향을 고려하여 고장 증가에 따른 발생 가능성을 모두 검토하는 것이다. 공정 FMEA는 신제품의 제조 공정이나 조립 공정을 분석할 때 활용하며 잠재적인 제조공정의 문제에 하여 영향을 파악하고 고장 증가 가능성을 검토하여 공정관리 계획을 수립하는데 도움과 지침을 준다. 최근에 서비스 분야에서 활용하고 있는 서비스 FMEA는 효율적인 프로세스 출력을 위해 다양한 기술과 방법의 응용을 포함하는 자발적인 프로세스로 설계 내역서와 고객에 의해 정의된 것과 같이 품질 신뢰성, 보전성, 원가 및 생산성에 대한 해답을 정의하고, 확인하고, 최적화 하는 것이다. FMEA를 실시하려면 양식을 이용하며 이 양식에는 우선순위를 평가하기 위하여 기준점을 설정하도록 되어 있다. 우선순위라는 것은 예상되는 잠재적 문제점 혹은 이미 발생한 경험이 있는 문제점들의 우선순위를 결정하기 위한 상대적 평가 척도를 의미하며 심각도, 발생도, 검출도 세 가지의 기준을 사용한다.

2.2. 서비스 블루프린트

서비스 블루프린트는 서비스 활동이 발생하는 사건과 그에 준하는 활동들을 흐름도로 표시한 것인데, 일반적으로 사용되는 흐름도와 다른 점은 가시선을 이용하여 고객의 눈에 보이는 활동들과 고객의 눈에 보이지 않는 활동들로 구분하여 놓은 특징이 있다. 따라서, 서비스 설계안을 작성하기 위해 사용되는 대표적인 도구라고 해석할 수 있으며 새로운 서비스 아이디어를 구현하기 위해서도 사용하고 또한 기존의 서비스를 개선하기 위해서도 사용된다. 블루프린트를 통해 작성된 서비스 블루프린트에는 서비스 목적을 달성하

기 위해 요구되는 **프론트 스테이지(Front stage)**와 **백 스테이지(Back stage)**에서 요구되는 활동들의 연결순서를 시각적인 연결도표로 표현한 그림으로 담겨지게 된다. 이러한 서비스 블루프린트를 분석하면 서비스 품질에 심각한 문제를 야기시킬 수 있는 서비스 프로세스상의 특정한 문제점들을 규명해 낼 수 있는데 이를 실패 발생점(Fail point)이라고 한다. 이러한 실패 위치를 사전에 숙지하면 실패의 발생을 제거하거나 실패 시에 필요한 서비스 회복 전략을 실행하기 위한 절차를 설계해 놓을 수 있게 된다.

서비스 산업에서의 불만을 야기시키거나 실패라고 판단되는 또 다른 중요한 부분은 대기시간이다. 즉, 서비스를 받기 위하여 대기해야 하는 시간이 길어지면 고객은 서비스 받기를 포기하거나 혹은 불만이 쌓이게 된다. 이는 제조 산업에서는 자원의 낭비 혹은 실패의 발생점과 같은 의미를 갖는다. 서비스 블루프린트를 구성하는 요소로써는 각 프론트 스테이지 활동에 개한 표준의 정의, 프론트 스테이지 활동의 물적인 혹은 기타 증거, 상호 작용선(Line of interaction), 고객 접촉 종업원에 의한 프론트 스테이지 활동, 가시선(Line of visibility), 고객 접촉 종업원에 의한 백 스테이지 활동, 다른 서비스 종업원의 지원 프로세스, 정보 기술에 의한 지원 프로세스 등을 생각할 수 있다. 서비스 블루프린트를 통해서 얻을 수 있는 이점으로는 서비스 유형화, 직접 고객을 상대하는 직원에게 적절한 서비스 교육 가능, 각 서비스 기능간의 상호 연계 표시, 서비스 제공시 부족한 점을 포착 가능 등이 있다.

3. 혼합모형 모델

3.1 기계설계 프로세스의 서비스 블루프린트 모형

서비스 프로세스를 적용한 서비스 블루프린트에 관한 연구는 활발히 연구되지 않고 있으나 이를 바탕으로 한 연구는 P.T. Chung (2007) "Combining Service Blueprint and FMEA for Service Design"에서 서비스 블루프린트와 서비스 시스템은 가능성 있는 고장을 막

을 수 있고 서비스의 위험을 감소하는 것을 강조하여 서비스 디자인 단계에서 서비스 블루프린트와 고장 위험 상태 분석을 결합하였다. 백천주 (2012)는 서비스 블루프린트를 활용하여 교육 시스템의 프로세스를 작성한 후 발생 가능한 실패점들을 찾아서 이러한 실패점을 고장의 기준점으로 FMEA를 실시하는 모형을 제시하였다. 기계설계 작업에서는 프로세스의 진행이 교육시스템과는 많이 다르며, 이 연구에서는 모형 설정 방법론이 기존의 연구와는 다른 방법으로 다음과 같이 접근하였다. 반도체 장비 및 자동화 장비를 제조, 설계하고 있는 중소기업인 S사를 대상으로 하여 실제로 고객을 위해 요구되는 프론트 스테이지와 백 스테이지에서 요구되는 서비스를 블루프린트를 활용하여 FMEA를 수행한 후, 개선 프로세스의 적합성과 유효성에 관한 검증을 실시하여 부품별 FMEA 프로세스를 서비스 블루프린트를 활용한 하나의 업무 프로세스로 기계설계업무에 적용하여 설계시 발생할 수 있는 결함을 FMEA를 통해 프로세스 모형을 제시하였다.

S사의 기계 설계 프로세스를 서비스 블루프린트로 표시한 것이 <그림 1>에 나타나 있다.

(1) 자사능력검토

자사가 보유한 능력이 해당 가능 장비를 구현할 만한 신규 개발능력이 있는지 자체 개발 능력을 평가, 기능에 대한 검토는 물론이고 시설, 인력, 설비, 자금 등에 대한 지원검토, 장비 제조업체에서 자체 개발 능력 평가, 결과를 바탕으로 제안서 제출 검토 등이 이루어진다.

(2) 고객과 사양협의

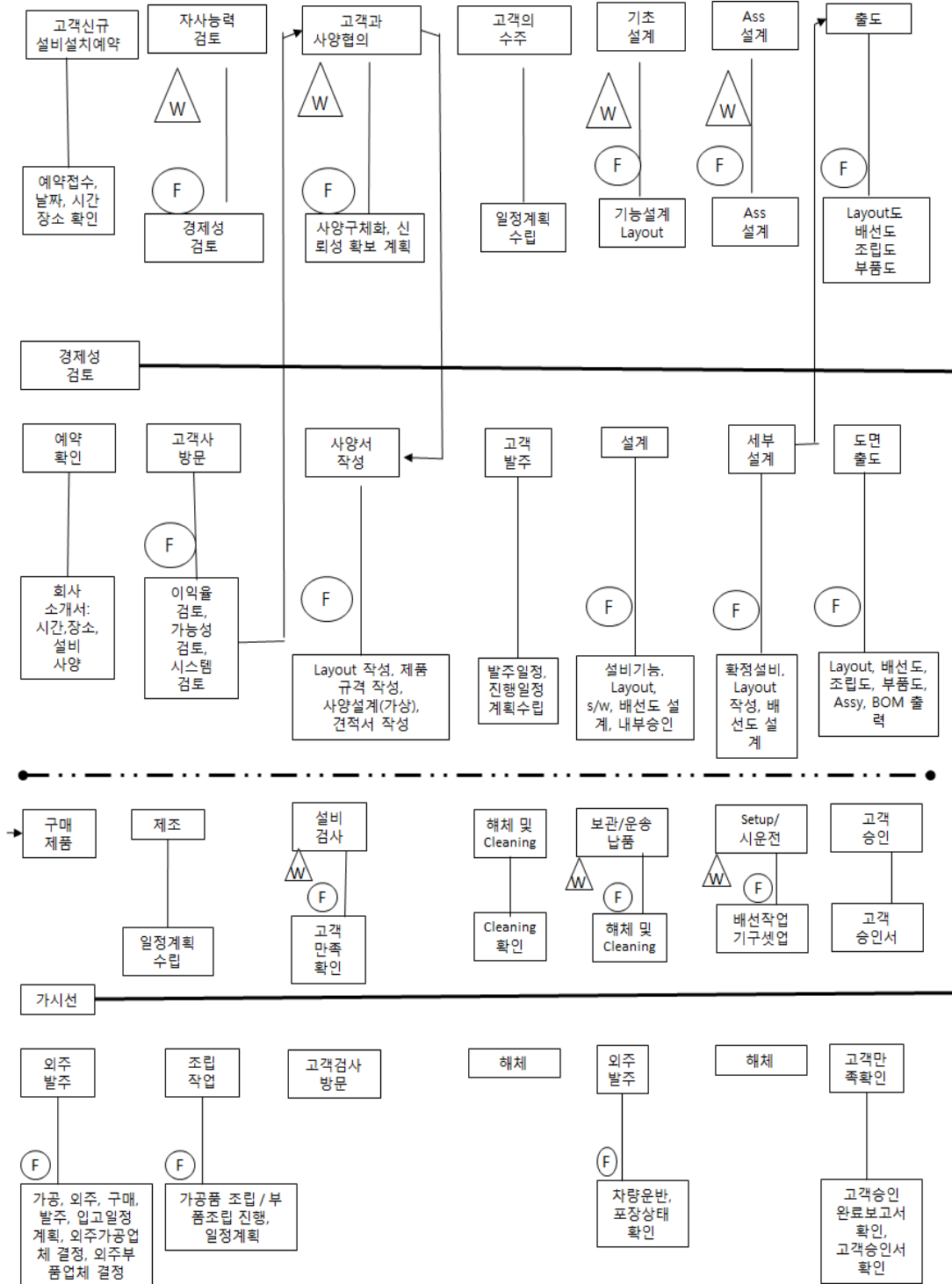
구체적인 기술 구현에 관한 비용과 지원 확보의 내용을 포함, 제고 설비 사양과 관련하여 앞 공정 및 뒷 공정의 타사 장비에 대한 정보 관련협의, 설비의 기능 및 구체적인 작동원리 검토, 사급을 받은 부품에 대한 기술자료 검토, 장비 설치의 장소와 Lay-out 작성, 작업자의 위치 확인, 제품의 흐름 방향, 설계에 필요한 모든 부분의 검토가 포함된 사양서 작성 및 협의 등이 이루어진다.

(3) 고객의 발주

구체적인 사양서의 협의 이후 고객의 발주서를 접수한다.

(4) 기초설계

설비의 부품 및 사양 (고객추가)을 검토 후 기초설계와 Lay-out 관련 기초설계를 실시한다.



<그림 1> 기계설계 프로세스 블루프린트

(5) 상세설계

부품에 대한 설계 (신규부품의 사양 및 조건 시험) 및 기존 설치 라인(Line) 및 문제점, 설비 사양의 문제점에 대한 보고서 및 작업제작 보고서를 통해 개선 항목에 대한 내용 및 문제점을 반영하여 설계에 접목, 고객의 요구사항 (신규사양, 신규기능)을 추가하여 설계, 장비를 구동하기 위한 Software 설계, 장비의 구동 매뉴얼 및 검사규격 작성, Part list 작성 및 제조 부서로 이관하는 작업이 이루어진다.

(6) 출도

상세 도면을 출도, 제조 부서로 이관, Project의 표준서 등의 활동이 이루어진다.

(7) 구매 및 제품 제작

상세도면의 BOM (Bill of Material) 기초, 외주 가공 업체 선정 및 발주, 구매업체 선정 및 발주, 가공 및 구매를 입고, 정리 후 제조부에 이관하는 작업이 이루어진다.

(8) 제조

조립 및 Setup 일정계획 수립, 검사 기준서 작성 및 설정, 출하 검사서 작성 등의 활동이 이루어진다.

(9) 설비 검사

설비 검사 기준서에 의해 설비 검사, 출하 검사서에 의존한 검사서 작성, 외관, 성능, 안전성 검사 작성 활동이 이루어진다

(10) 해체 및 Cleaning

설비 해체작업 (운반 및 Setup 가능하도록 해체), 설비 Cleaning 작업, Spare part 정리 작업등이 이루어진다.

(11) 포장 및 운송

방진 포장, Air cap 포장, 로이스트 Bar 위치 표시, 설비 Center 표시, 설비 운반 및 이동을 실시한다.

(12) Setup/시운전

기구 Setup, 배선 연결, S/W 확인, 설정 Setting Data 보정, 성능 확인, 안전성 확인, 신뢰성 평가, 정밀도와 정확도, 생산속도 (Tact time) 확인 등의 작업을 실시한다.

(13) 고객승인

최종적인 작업으로써 설비의 안전성, 신뢰성, 성능 및 정밀도, 정확도, 생산속도 등이 고객의 요구사항을 충족할 때 실시하는 설계 프로세스의 마지막 단계이다.

위와 같은 서비스 블루프린트의 프로세스들은 다음 절의 <표 4>에서 보는 바와 같이 서비스 블루프린트와 FMEA 혼합 모형에서 설계 프로세스의 단계별 진행상태의 활동 상황으로 기술되어 있다.

3.2 기계설계 프로세스의 FMEA

FMEA는 양식을 사용하여 실시하는데, 양식의 각 항목들은 아래와 같은 방법으로 전개한다.

- (1) 시스템 명/기능: 시스템의 명칭 및 기능을 간략하게 기록한다.
- (2) 고장의 형태: 과거의 경험, 데이터, 혹은 향후 발생 예측되는 고장의 유형들을 관련 부서의 모든 사람들이 모여서 브레인스토밍 방식으로 도출하여 모두 기입한다.
- (3) 고장의 영향: 고장이 발생하였을 때 후속 시스템에 대하여 어떠한 영향을 미치는 그 영향을 간략히 기술한다.
- (4) 심각도 결정: 심각도란 고장의 형태가 다음 시스템에 미치는 영향의 심각한 정도를 평가하는 것으로 평가 기준은 <표 1>과 같으며 이 기준은 상대적인 우선순위를 결정하는 것이지 절대적인 점수값의 의미는 전혀 없다.
- (5) 발생도 결정 : 발생도는 파악된 부적합의 원인이 얼마나 자주 발생하는가를 의미한다. <표 2>의 발생도는 평가 기준에 따라 발생도 등급을 결정하며 10등급은 발생도가 매우 높고, 1등급은 발생도가 낮음을 의미한다.

<표 1> 심각도 평가 기준

영향	평가기준	등급
경고 없는 위험	시스템 파괴 및 시스템 운영에 치명적인 영향을 미치는 고장 형태	10
경고 있는 위험	시스템 운영에 불일치 사항 및 중대한 영향을 미치는 형태	9
매우 높음	시스템의 기능 상실을 초래하면서 부품의 작동 불능	8
높음	시스템의 부품 및 기능이 작동하지만 성능이 떨어져 고객에게 불만족을 주는 형태	7
보통	시스템의 부품 및 기능이 작동하지만 몇 가지 부품 기능 저하로 고객이 불편을 경험하는 고장 형태	6
낮음	시스템의 부품 및 기능이 작동하지만 몇 가지 부품의 성능이 떨어지고 고객일부가 불만족을 경험하는 고장 형태	5
매우 낮음	시스템의 부품이 일부 사양 항목에 고장 형태로 고객에 의해 인지되는 경우	4
경미	시스템의 운영에 경미한 영향을 미치는 고장 형태	3
매우 경미	시스템 운영에 경미한 영향을 미쳐 예민한 고객에 의해 인지되는 고장 형태	2
없음	영향 없음	1

이 사례에서 실시한 예제는 기획 개발 초기 단계에 기능성 블록도를 기준으로 각 쉘 시스템별로 기능에 대한 FMEA를 실시하는 시스템 FMEA 가 아니고 설계 FMEA 이다. 따라서, 본 연구에서는 설계 FMEA에 한하여 다루며, 시스템 FMEA, 공정 FMEA 에 대한 기존 연구의 문제점 혹은 한계점 등은 본 연구와는 무관하므로 생략하였다. 기존 연구에서 FMEA를 실시하여 신뢰성을 향상시키는 방법들은 전체적인 Flow를 보기 힘든 한계점이 있으며 또한 서비스 산업에서 주로 고

객의 신뢰성을 저하시키며 불만을 야기하는 대기시간에 대한 부분은 찾아내기 힘들다.

(6) 검출도 결정 : 현 시스템에서 다음 시스템으로 넘어가기 전에 고장의 원인을 검출할 확률로 평가하며, <표 3>에 의거 고장의 검출도를 평가기준에 따라 그 순위를 결정한다. 10 등급은 검출할 확률이 불확실함을 의미하고 1 등급은 검출할 확률이 거의 확실함을 의미한다.

<표 2> 발생도 평가기준

평가기준	고장 발생 가능성	등급
매우 높음 : 고장은 거의 필연적이다.	2개 중 1개 이상	10
	3개 중 1개 이상	9
높음 : 반복적인 시스템 고장	8개 중 1개	8
	20개 중 1개	7
보통 : 때때로의 시스템 고장	80개 중 1개	6
	400개 중 1개	5
낮음 : 상대적으로 시스템이 적은 고장	2000개 중 1개	4
	15,000개 중 1개	3
	150,000개 중 1개	2
희박 : 시스템 고장이 거의 없음	1,500,000개 중 1개 이하	1

<표 3> 검출도 평가기준

검출도	평가기준	등급
절대적으로 불확실	고장 형태의 메커니즘과 그 이후의 고장 형태로 검출하기 위해 사용할 수 있는 관리 방법이 없음	10
매우 희박	현 설계관리에 의해 고장 형태가 검출되기 매우 희박하다.	9
희박	현 설계관리에 의해 고장 형태가 검출되기 희박하다.	8
매우 낮음	현 설계관리에 의해 고장 형태가 검출될 기회가 매우 낮다.	7
낮음	현 설계관리에 의해 고장 형태가 검출될 기회가 낮다.	6
보통	현 설계관리에 의해 고장 형태가 검출될 기회가 보통이다.	5
다소 높음	현 설계관리에 의해 고장 형태가 검출될 기회가 다소 높다.	4
높음	현 설계관리에 의해 고장 형태가 검출될 기회가 높다.	3
매우 높음	현 설계관리에 의해 고장 형태가 검출될 기회가 매우 높다.	2
거의 확실	현 설계관리에 의해 고장 형태가 검출될 기회가 거의 확실하다.	1

(7) 현 시스템 관리: 고장의 원인을 발견하기 위하여 현재 시스템적인 관점에서 어떻게 관리하고 있는지를 기입한다.

(8) 시스템 불안전 지수의 산출: 설계프로세스 시스템에 존재하는 많은 부적합의 형태 중에서 신뢰성을 향상시키기 위한 중요 관리 포인트를 도출시켜 관리하기 위한 기준을 시스템 불안전 지수 (System Instability Index) 라고 하고 그 산출식은 다음과 같다.

$$SII = (Severity \times 0.5) + (Occurrence \times 0.3) + (Dectection \times 0.2)$$

식 (1)의 가중치 0.5, 0.3, 0.2 는 고장 (혹은 부적합) 형태에 대한 심각도 (Severity), 발생도 (Occurrence) 및 검출도 (Dectection)가 시스템에 미치는 영향을 위하여 본 사례연구의 S사에서 실시하고 있는 가중치 값으로써 일반화 되어 있는것은 아니다.

(9) 부적합 등급결정: 부적합 등급은 품질시스템 향상 및 지속적인 개선을 위한 관리의 중요도를 결정하기 위하여 부여한다. 아래의 <표 5>는 부적합 등급별 시스템 불안전 지수의 해결 방법을 나타내는 것으로 I 등급 (치명적)은 부적합 등급이 높은 것을 의미하고, IV 등급 (미약)은 부적합 등급이 매우 낮은 것을 의미한다. 이러한 등급에 의한 회사에서의 조치 우선순위는 앞의 <표 4>에 표시되어 있다.

(10) 중점관리 프로세스 및 문제점 도출

설계 및 개발 절차, 검사 시험 및 검사 절차의 두 가지 업무 서비스별 FMEA를 실시한 결과 다음과 같이 자료를 활용할 수 있다.

첫째: 품질경영 시스템에 의해 정의된 각 프로세스에 대해 중요도를 파악할 수 있어 중요도에 따른 설계 및 문제점을 파악하여 개선 할 수 있다.

<표 4> 서비스 블루프린트와 FMEA 혼합 프로세스 (1/2)

서비스 블루프린트 & FMEA 혼합							
서비스 형태	서비스내용	잠재적인 고장원인	심각도	발생도	검출도	위험순위	조치등급
사양서 작성	lay out 작성(가상)	Docking시 타사의 앞 공정과 뒷공정의 장비에 대한 문제 발생	1	3	2	6	
	제품 spec 작성	제품에 대한 사급 및 기술자료 검토 미흡에 따른 설비에 문제점 발생	2	4	2	16	
	사양설계 (가상)	장비의 설계에 필요한 부분의 사양 및 자료에 대한 자료 부족으로 설계 작업 문제점 발생	2	2	4	16	
설계	설비기능 설계	부품에 필요한 정밀도와 정확도 구현 및 신규 부품 test 부족으로 인한 설계 문제점 발생	7	8	6	336	IV
	lay out 작성	기존 설치 line의 문제점에 대한 Reporting 개선항목 및 타사 설비 장비와의 Docking 시 문제점에 대한 반영 부족으로 문제 발생	4	4	4	64	
	s/w 설계	설비의 이해 및 제품 기능에 대한 기술 자료 부족으로 설비 제작 문제 발생	8	7	9	504	II
	배선도 설계	설비의 정확한 원리 및 기능 부족으로 인한 설비 조립 문제점 발생	5	6	7	210	V
	내부 승인	설비의 구체적인 도면 및 기구에 대한 이해 부족에 의해 승인 설비 문제점 발생	2	1	9	18	
세부 설계	확정설비 부품설계	설비의 각 기능에 대한 이해와 부품의 test에 의한 경과 미흡으로 불량 발생	7	7	9	441	III
	세부 s/w 설계	설비에 맞는 각 부품의 기능 및 각 부품의 구동 방식의 이해 부족으로 인한 불량 발생	9	8	9	648	I
	세부 배선도 설계	설비의 기능 및 각 부품의 배선 상태 이해 부족에 따른 설비 배선 불량 발생	5	5	6	150	VI

<표 5> 부적합 등급별 기준과 시정조치

부적합 등급	시스템 불안전 지수	시정 조치
I (치명적)	6 이상	최우선 해결 (0 순위 해결)
II (중대)	4 이상 - 6 미만	우선적 해결
III (경미)	2 이상 - 4 미만	수정
IV (미약)	2 미만	수정 권고

둘째: FMEA 기법을 이용하여 품질시스템의 불안전 지수와 설계 작업시 부적합 등급을 결정 할 수 있다.

셋째: 부적합 등급에 따른 내부 품질 감사, 예방조

치, 고객 불만 사항의 해결, 설계 작업 시 점검과 관리 방법을 차별화 하여 품질 경영 시스템의 지속적인 향상을 실현 할 수 있다

3.3 FMEA 결과 도출

이상의 형태에 의한 FMEA를 실시한 후 현재 구성되어 있는 시스템의 수준을 산출한다. FMEA는 신뢰성 및 품질 경영 시스템의 수준 향상을 위한 방법으로 사용될 수 있다. 아래의 <표 7>은 내부품질감사 및 인증심사에 의한 품질시스템 향상 방법을 표기한 것이다.

<표 6> 서비스 블루프린트와 FMEA 혼합 프로세스 (2/2)

서비스 블루프린트 & FMEA 혼합														
설계 형태	부적합 영향	설계 부적합 원인 / 설계 부적합 발생 과정	심각도	설계 부적합 원인 / 설계 부적합 발생 과정	발생도	설계 예방 / 설계 검출방법	검출도	위험순위	개선대책	조치결과				
										조치 내용	심각도	발생도	검출도	위험순위
세부 설계	세부 s/w설계	설비에 맞는 맞지 않는 부품	9	설비부품의 구동이 되지 않는다.	8	육안 식별	9	648	설비부품 사양서 sheet 작성	사양서 카드 제작	3	2	5	30
설계	s/w 설계	부품문제로 설비에 맞지 않다.	8	설비의 구동이 되지 않는다.	7	육안 식별	9	504	설비부품 사양서 sheet 작성	사양서 카드 제작	2	2	3	12
	확정설비 부품설계	부품의 기능이 맞지 않다	7	부품이 설비에 맞지 않는다.	7	육안 식별	9	441	부품 check list 작성	자체점검기능 추가	2	2	3	12
세부 설계	설비 기능 설계	부품의 정밀도와 정확도가 떨어진다.	7	부품에 정밀도와 정확도 문제로 설비 이상 발생	8	육안 식별	6	336	설계 작업전 사양검토 작성	사양서 카드 제작	2	2	3	12
설계	배선도 설계	설비 조립 문제점 발생	5	설비 조립시 정위치에 맞지 않는다.	6	육안 식별	7	210	배선도의 정확한 위치확인 sheet작성	자체점검기능 추가	2	2	4	16
	세부 배선도 설계	설비 배선 불량 발생	5	설비의 기능 및 각 부품의 배선 상태 이해 부족에 따른 설비 배선 불량 발생	5	육안 식별	6	150	각배선의 순서도와 배선위치 check list 작성	자체점검기능 추가	1	2	3	6

<표 7> 내부품질감사 / 인증심사에 의한 품질시스템 수준 향상 방법

부적합 등급	향상방법	
	점검 주기	관리 방법
I	4회 이상 / 건	고정 항목
II	3회 이상 / 건	
III	2회 이상 / 건	변동 항목
IV	1회 이상 / 건	

<표 7>에서 보는 바와 같이 부적합 등급이 높은 I, II 등급의 잠재적인 부적합은 내부품질 감사 및 인증심사 시 고정 항목으로 건 4회, 3회 이상 검토하고 상대적으로 부적합 등급이 낮은 III, IV 등급은 변동 항목으로 관리 구분하여 2회 혹은 1회씩 검토한다.

또한 시정조치 및 예방조치는 발견된 부적합에 대

한 근본원인분석 (Root Cause Analysis)을 통하여 재발 방지와 잠재적 원인의 근원을 제거시킴으로써 시스템의 품질 및 신뢰성 수준을 향상시킬 수 있다.

4. 결론

지금까지 기계설계 과정에서 서비스 블루프린트와 FMEA를 각각 적용한 사례는 있었으나 혼합하여 적용한 연구는 없었다. 본 연구는 두 가지를 혼합하여 적용하는 방법론을 제시하였고, 그 효과를 검증하기 위하여 사례 연구를 실시하였다. 특수 제조설계업체인 S사의 품질 시스템 전반에 대한 기계설계 과정에서 외부에서 보이는 문제점과 내부에서 발생할 수 있는 두 가지 프로세스를 도출 하였다. 발견된 문제점은 제한

적인 자원 때문에 수리 설계자는 수리점검이 설계되기 전에 실행되기 위해서 잠재적인(부적합 가능성 있는)수리 고장 모드가 최우선되어야 한다는 점을 발견하였다. 더욱이 서비스(수리, 점검)블루프린트는 서비스(수리, 점검) 과정에서 잠재적인 고장 포인트에 분리된 생산 공정도이므로 그러한 문제를 해결하는데 용이하게 하고 고장의 가능성이 있는 포인트(정도)를 검증함으로써 사고를 방지하고 서비스(수리, 점검)설계에서 고객의 기대를 충족하기 위해서 개선 기회의 초점이 된다. 이 연구는 기계설계 과정에서 서비스 블루프린트만 사용하였을 경우 개선할 우선순위를 결정하는 부분을 도출하는 방법이 없는 제한점이 있으며, FMEA만을 사용하였을 경우에는 전반적인 프로세스의 흐름에 따른 취약분을 찾기 어려운 문제점이 발생한다. 기계설계단계에서 블루프린트를 통하여 대기 및 실패 포인트를 파악한 후, FMEA를 사용하여 개선 우선순위를 결정할 수 있는 결합 모형을 개발하였고, 이 모형을 적용한 사례연구를 통하여 신뢰도 및 품질이 향상되는 결과를 보여주었다.

참고문헌

- [1] 김준홍 (2012), "Fuzzy Service FMEA 및 HOQ 행렬대수를 이용한 서비스시스템 설계", 산업경영시스템학회지, Vol.35, No. 3, 155-162
- [2] 김정식, 안동근, 장중순 (1997), "보전계획을 위한 체계적인 설비선정 및 분석" 대한설비관리학회, Vol.2, No.1, 131-146
- [3] 김정식 (2000), "설비평가와 개선을 위한 FMEA", 충주대학교 산업과학기술연구소, 산업과학논문집 Vol. 8, 33-41
- [4] 백천주 외 (2012), "Blue Print와 신뢰성 기법을 혼합한 고객만족도 향상에 관한 연구", 신뢰성응용연구, Vol 12, No. 1, 13-24
- [5] 양성민, 김승완 (2001), "품질 경영 시스템 구축을 위한 FMEA 모듈", 경성대학교 공학기술연구소, 공학기술연구지, Vol.8, 111-116
- [6] 엄장수 (1996), "국산자동차의 사고 발생 현황 및 FMEA에 의한 고장해석에 관한 연구", 대구대학교 산업정보대학원 석사학위 논문
- [7] 이종범, 조재립 (1998), "서비스 FMEA와 서비스 FMEA 도구 개발에 관한 연구", 경희대학교 산학협력기술연구원, 산학협력연구기술논문집, Vol.4, 22-28
- [8] 신동준 (2012), "FMEA/FMECA를 활용한 도시철도차량 신뢰성 향상 방안 연구", 성균관대학교 기계공학과, 석사학위논문
- [9] 장중순 (1999), "효과적인 FMEA 실시 절차에 관한 연구", 대한설비관리학회지, Vol.4, No.4, 69-77.
- [10] 우정열, 황승국, 강성수 (2001), "시스템 FMEA를 이용한 품질시스템의 수준 향상에 관한 연구", 한국산업경영시스템학회 학술대회, 403-412
- [11] 진도훈 (2003), "FMEA를 이용한 기계류 시스템의 신뢰도 분석", 경남대학교 대학원 석사학위논문
- [12] 최진호 (2002), "체계적 설비보전 수준향상을 위한 FMECA활용 사례연구" 동국대학교 산업경영기술대학원 석사학위 논문
- [13] 최장진 (2012), "기계설계 과정에서 블루프린트와 FMEA를 혼합 적용한 사례연구", 남서울대학교 대학원 석사학위논문
- [14] Chuang, P. T. (2007), "Combining Service Blueprint and FMEA for Service Design" The Service Industries Journal, 91-104,
- [15] Hu, T., Yu. T., Wang, S. (2009), "Research on Complex System FMEA method based on Functional Modeling", Proceedings of 2009 8th Int. Conference on Reliability Maintainability and Safety, ICRMS 2009, 63-66
- [16] Putcha, Chandra S. et. al, (2008), "A Case Study of FMEA Application to System Reliability Studies", Int. Journal of Reliability, Quality & Safety Engineering, Vol. 15, 159-166
- [17] <http://www.mocie.go.kr/>, 산업통계정보