

가전용 모터의 FMEA 실시 과정에서의 RPN 평가방법 재정립

김상연* · 윤원영*** · 김호균***

* LG 전자

** 부산대학교 산업공학과

*** 동의대학교 산업경영공학과

Reestablishment of RPN Evaluation Method in FMEA Procedure for Motors in Household Appliances

S. Y. Kim* · W. Y. Yun*** · H. G. Kim***

* L.G. Electronics

** Department of Industrial Engineering, Pusan National University

*** Department of Industrial and Management Engineering, Dong-Eui University

Key Words : FMEA, RPN, Motors in Household Appliances

Abstract

Failure mode and effects analysis (FMEA) is a widely used technique to assess or to improve reliability of products at early stage of design and development. Traditionally, the prioritization of failures for corrective actions is performed by developing a risk priority number (RPN). In practice, due to insufficient evaluation criteria specific to related product and processes, RPN is not properly evaluated. This paper reestablishes an effective methodology for prioritization of failure modes in FMEA procedure. Revised evaluation criteria of RPN are devised and a refined FMEA sheet is introduced. To verify the proposed methodology, it is applied to RPN evaluation for motors in household appliances.

1. 서 론

좋은 품질을 확보하기 위하여 개발 단계에서 설계에 대한 적합성을 검토하고 제조공정에서 발생 가능한 고장, 결함 또는 불량에 대한 사전 검토와 대책을 세우는 일은 매우 중요하다. FMEA(failure mode and effects analysis)는 이러한 목적에 맞는 가장 적합한 종합적이고 체계적인 접근방법이다. FMEA는 1960년대에 신뢰성 및 안정성을 요구하는 항공 우주산업의 설계방법론의 정형으로 개발되었다. 이후 많은 일본 기업이 전사적 품질관리 기법의 하나로 FMEA를 적용하였으며, 1990년대 들어 ISO

9000, TS 16949, TL 9000 등의 품질경영 시스템과 6시그마 품질활동 등에 있어서 품질 및 신뢰성 개선활동의 필수적인 기법으로 자리 잡게 되었다. 또한 FMEA는 신뢰성을 중시하는 설비보전활동(RCM : reliability centered maintenance)의 핵심적 방법론이기도 하다(정해성 등, 2005).

그러나 많은 기업체에서 FMEA가 형식적으로 실시되거나 그 중요성에 대한 인식부족과 자원이 적절하게 할당되지 않아 실패하는 경우가 종종 발생한다. Jeong et al.(1995)은 FMEA가 여러 가지 면에서 유용성을 가지고 있지만 다음과 같은 어려움 때문에 소기의 목적을 달성하기가 어렵다고 하였다 : ① 오랫동안 FMEA를 실시하였지만 만족할 만한 충분한 결과들을 얻지 못할 수 있다. ② 고장모드의

† 교신저자 wonyun@pusan.ac.kr

예측을 너무 경험자에 의존함으로써 고장모드의 누락이 발생할 수 있다. ③ 고장모드의 치명도를 평가하는데 어려움이 있다. ④ FMEA의 경험을 재사용하기가 어렵다. 따라서 FMEA의 성능을 향상시키기 위하여 많은 연구가 이루어지고 있다.

Wang et al.(1995)은 FMEA와 BRM(Boolean representation method)을 조합한 접근법을 제시하였다. 그러나 구성품 간의 관계가 명확하지 않거나 정확하게 표현되기가 어려울 때 특히 초기개념 및 설계단계에서는 몇몇 구성품에 대한 Boolean 표현 테이블을 구축하기는 어렵다. 장중순과 안동근(1997)은 효과적인 FMEA 실시에 필요한 요소를 설명하고, 실시목적(잠재 고장모드 파악, 고장모드 영향 평가를 통한 대책수립)에 적합한 FMEA 양식을 제안하였다. Huang et al.(1999)은 인터넷상에서 FMEA를 지원하는 프로토타입 컴퓨터 시스템을 제시하였다. Sankar and Probhu(2000)는 고장모드 간의 우선순위를 결정하기 위한 RPR(risk priority ranks) 접근법을 제시하였다. 이 방법은 If-then 규칙형태로 전문가 지식에 기반을 둔다. Xu et al.(2002)은 FMEA를 위하여 불확실하고 정확하지 않은 정보를 가지는 다양한 고장모드 간의 상호의존성을 언급한 퍼지로지 기반 방법을 제시하였다. Pillay and Wang(2003)은 퍼지규칙 기반 및 Grey 관계이론을 활용하여 전통적인 FMEA 성능을 향상시켰으며, Teoh and Case(2004)는 기능추론기법으로 과거의 FMEA 자료에서 자동적으로 FMEA를 생성시키는 프레임워크를 제공하였다. Seyed-Hosseini et al.(2006)은 RPN(risk priority number)의 약점, 즉 구성품 간의 간접관계를 고려하지 못하고 많은 서브시스템이나 구성품을 갖는 시스템에 적용이 어려운 문제점을 보완할 수 있는 효과적인 방법을 개발하였다.

본 논문에서는 FMEA의 실시과정 중 현장에서 경험하는 RPN 평가시의 문제점들을 분석하여 적용 제품 및 공정에 적합하고, 평가자 간의 일치성을 개선시킬 수 있는 RPN 평가기준을 재정립하고자 한다. 그리고 재정립된 RPN 평가기준을 가전용 전동기 모터의 개발 및 생산과정에서의 FMEA 실시에 적용하여 효용성을 검증하고자 한다.

2. FMEA 실시와 RPN 평가 방법

FMEA는 정성적 신뢰성 예측기법 또는 고장해석

기법으로서 제품개발 또는 공정개발 시에 많이 사용되고 있으며, 설계된 제품에서 발생할 수 있는 가능한 고장모드와 원인을 부품수준으로부터 파악하여 그 영향을 알아내고자 하는 기법이다. FMEA는 아래의 순서에 따라서 실시하고, 일반적인 FMEA 양식을 활용하여 정리한다.

- ① 팀 구성
- ② 자료 준비
- ③ 분석범위 결정
- ④ FMEA 실시
 - (a) 시스템의 기능정의
 - (b) 시스템의 분해수준 결정
 - (c) 신뢰성 블록다이어그램 작성
 - (d) FMEA 양식준비
 - (e) 각 부품별 고장모드, 원인, 영향 등을 FMEA 양식에 기입
 - (f) 치명도 분석 실시
 - (g) 치명도 평점이 높은 고장모드들을 정리하여 critical item list를 만들고, 설계 변경 등의 필요성을 검토

RPN(risk priority number)이란 FMEA 실시시 주로 활용되는 잠재적 고장의 상대적 평가 척도로서 관리 및 시정조치의 우선순위를 나타내는 숫자이고, 1에서 1000 사이의 값을 가지며 다음과 같이 계산된다.

$$\text{위험우선순위(RPN)} = \text{영향도} \times \text{발생도} \times \text{검출도}$$

- ① 영향도(Severity) : 고장모드에 의한 다른 구성요소, 시스템전체 및 고객에게 미칠 수 있는 영향의 심각성을 나타내며, 심각성의 정도에 따라 1~10등급의 단계로 구분되어 있다.
- ② 발생도(Occurrence) : 추정고장원인 때문에 나타날 수 있는 불량형태의 발생 가능성을 나타내며, 발생도의 정도에 따라 1~10등급의 단계로 구분되어 있다.
- ③ 검출도(Detection) : 잠재적인 고장모드 및 원인을 발견 또는 검출할 수 있는 가를 나타내며, 검출난이도의 정도에 따라 1~10등급의 단계로 구분되어 있다.

일반적으로 현장에서는 10점 척도를 사용하여 산

출된 RPN 값이 100점 이상 또는 개별 요소가 8점 이상인 경우에는 대책을 수립하며 즉각적인 조치를 취한다. 그리고 RPN이 100점 이상이 아니더라도 치명적인 불량을 유발할 소지가 있는 고장모드에 대해서는 즉각적인 조치가 이루어진다. RPN 값이 크다는 것은 해당 고장모드가 시스템이나 기기에 영향을 크게 미치고, 고장이 자주 발생할 수 있으며, 고장이 발생하더라도 감지가 어렵다는 것을 의미한다. 따라서 우선적으로 시정조치를 시행하여 영향도, 발생도, 검출도 중의 한 두 개 또는 전부를 감소시킴으로써 RPN 값을 감소시켜야 한다[2, 3].

3. RPN 평가방법의 문제점 분석과 재정립

FMEA의 특성상 다수의 잠재 고장 모드를 평가해야 하므로, 개개의 고장모드나 고장원인에 대해 충분히 검토할 시간적 여유가 주어지지 않는 경우가 많다. 실제로 현장에서 RPN을 정확하게 평가하는 것이 어렵고 평가자가 자의적으로 평가하는 경우가 많다.

3.1 RPN 평가시의 주요 문제점과 영향

RPN 평가에서 겪게 되는 주요한 문제점은 다음과 같이 정리될 수 있다.

첫째, 고장에 대한 지식이나 경험의 부족을 들 수 있다. 이런 경우는 그 제품을 많이 접해보지 못했거나, 개발/생산과정에서의 참여가 부족한 사람에게서 많이 나타난다.

둘째, 평가하고자 하는 제품이나 공정에 적합하지 못한 평가기준의 적용이다. 자동차에 대한 RPN 평가기준과 건설장비에 대한 RPN 평가기준이 다르게 적용되어야 함에도 불구하고, 획일적인 평가기준을 사용하게 되어 오류가 일어나는 경우가 있다.

셋째, 평가기준이 모호하여 각 평가자가 지나치게 자의적으로 평가할 수 있는 점이다. 이러한 모호성의 결과로 평가자간 평가결과의 차이가 크게 발생하는 경우도 종종 있다.

넷째, 담당업무에 따른 이해관계나 시각의 차이이다. 주로 RPN이 높게 평가되었을 때, 그 대책의 수립이나 실행을 담당해야 하는 사람의 입장에서는 RPN 평가 시 위험을 낮게 평가하는 경우가 발생할 수 있다. 예를 들면, 개발을 담당하는 개발부서 연구

자의 입장에서는 개발납기나 목표원가가 중요하게 생각되고 단기간에 그 업적이 평가되기 때문에, 상대적으로 개발후의 품질에 대해서는 소홀히 하기 쉬운 것이 현실이다.

다섯째, 기존의 유사한 제품이나 공정에서 얻어진 자료의 미흡한 활용이다. RPN 평가 자체가 정성적인 판단에 많이 의존하게 되는 것은 사실이지만 가능한 판단의 객관성을 확보하기 위하여 기존 자료를 적극 활용하지 못해 판단의 오류가 발생하게 된다.

고장모드에 대해 RPN 평가시의 문제점이나 오류에 의한 영향은 다음의 3가지가 있다.

첫째, 고장모드에 대한 RPN을 실제보다 과소평가하는 경우이다. 그 영향은 적절한 대책 및 수립을 하지 않게 되는 경우가 많아 미연에 방지할 수 있었던 문제를 방지하지 못하고, 현장에서 문제가 발생하게 되어 막대한 경영상 손실을 초래하는 점이다. 실제 현업에서는 고장모드에 대한 위험의 과소평가가 가장 큰 문제라고 할 수 있다.

둘째, 고장모드에 대한 RPN을 실제보다 과대평가하는 경우이다. 과대평가에 의한 영향은 불필요한 대책을 수립하고 실행하게 되어 자원과 비용이 낭비된다는 점이다.

셋째, 고장모드에 대한 RPN 값은 정확하다 할지라도 각 요소의 평가에 오류가 있는 경우이다. RPN의 각 구성요소의 관점에서 정확히 평가가 중요한 이유는 개선방향과 관련이 있다. 즉, 영향도가 높은 경우에는 설계적 조치를 취해야 할 경우가 많고, 발생도가 높은 경우에는 공정능력을 향상시키거나 발생을 방지시키는 Fool-proof 장치를 하게 되며 검출도의 경우는 검사를 강화하거나 검출력이 높은 시험법을 개발하게 된다. 이와 같이 각 항목의 점수가 정확하게 평가되지 않는다면 잘못된 방향으로 개선되어 자원의 낭비를 불러일으키거나 실제 개선의 효과를 얻지 못하게 될 가능성이 커지게 된다.

3.2 RPN 평가방법의 재정립

RPN 평가시의 문제점을 개선하기 위해 다음과 같이 RPN 평가기준과 대책수립기준을 재정립한다.

첫째, 적용하고자 하는 제품이나 공정에 따라 RPN 평가기준이 달라져야 한다. 본 논문에서는 가전용 전동기 모터 제조업체의 특성에 맞도록 재조정하고자 한다.

적용업체인 M업체를 대상으로 현재 사용 중인 RPN 각 요소인 영향도, 발생도 및 검출도의 평가기준을 정리하고, 평가자간 일치정도를 판단한다. 평가자간의 일치성을 평가하기 위하여 Minitab에서 제공되는 모비율, Kappa 통계량 및 Kendall의 일치계수 중에서 Kendall의 일치계수를 사용한다. Kendall의 일치계수는 n개의 평가대상물에 대해 순위를 부여한 m명의 평가자 사이에 의견이 일치하는지를 판단하는데 사용되는 연관성의 척도이다. Kendall의 일치계수 값은 0부터 1까지의 값을 가지며, 1에 가까울수록 평가자들 사이의 의견이 일치하는 정도가 높다고 해석한다. 그러나 Kendall의 일치계수에 대해서는 명확한 기준이 제안되지 않고 있다(이승훈, 2006). 60개의 고장모드에 대해 3명의 평가자가 각 요인을 평가하게 하여 Kendall의 일치계수를 구한 후 평가

자들 간의 일치정도를 조사하였다.

4.1 영향도 평가기준의 재정립과 일치성 평가

M업체에서 사용 중인 영향도 평가기준에 의하면 가전용 전동기모터의 경우, 고장으로 인한 영향은 단순한 것으로 나타난다. 그러나 대부분의 하위 수준의 부품이라 할지라도 결함이 있을 때에는 1차 영향을 거쳐 2차, 3차 영향으로 확대되어 소음, 진동에 서부터 성능저하 및 구속, 누전 또는 소손에 이르는 매우 단순하면서도 중요한 영향으로 귀결된다. 이러한 이유는 전동기 자체가 매우 단순한 제품구조인 까닭에, 대부분의 하위 부품에서라도 문제가 생기면 즉시 시스템에 고객 불만을 일으키는 영향을 주게 되어 기존 평가기준의 보통수준 (5등급) 이상의 고

<표 2> 재정된 영향도 기준

영향	영향의 심각도		등급
경고 없는 위험	공정 시스템 고객	경고없이 기계나 작업자를 위협하게 할 수 있음 경고없이 안전한 모터 작동에 영향을 주거나 정부법규에 불일치하는 경우 경고없이 고객에게 위험을 초래 할 경우	10
경고 있는 위험	공정 시스템 고객	경고가 있으며 기계나 작업자를 위협하게 할 수 있음 경고가 있으며 안전한 모터 작동에 영향을 주거나 정부법규에 불일치하는 경우 경고가 있으며 고객에 위험을 초래 할 경우	9
매우 높음	공정 시스템 고객	모든 제품이 스크랩되어야 함 주 기능이 상실되며 모터/부품이 작동불능 고객 불만족	8
높음	공정 시스템 고객	Sorting이 필요하며 스크랩되어야 함 모터/부품이 작동하지만 성능이 저하 고객 불만족	7
보통	공정 시스템 고객	Sorting이 불필요하며 스크랩되어야 함 모터/부품이 작동하지만 편의 부품이 작동불능 고객의 불편	6
낮음	공정 시스템 고객	모든 제품이 재작업 됨 모터/부품이 작동하나 편의부품이 성능이 저하된 상태로 작동함 고객이 불만족하는 경우가 있음	5
매우 낮음	공정 시스템 고객	Sorting이 필요하며 제품이 재작업 되는 경우 Fit & Finish/Rattle 부품이 부적합함 고장이 대부분의 고객(75% 이상)에 의해 인지됨	4
경미	공정 시스템 고객	라인정지가 없고 일부제품이 라인 외에서 재작업 됨 Fit & Finish/Rattle 부품이 부적합함 고장이 일부(50% 이상)고객에 의해 인지됨	3
매우 경미	공정 시스템 고객	라인정지가 없고 일부제품이 라인 외에서 재작업 됨 Fit & Finish/Rattle 부품이 부적합함 고장이 소수(25% 이하)고객에 의해 인지됨	2
없음	제품에 영향 없음		1

영향을 가지게 된다. 제품에 대한 영향도 평가 시 오류의 위험은 실제보다 과소평가하게 되는 경향이 있는데, 주로 고장모드의 1차 영향만을 가지고 생각할 때에 주로 발생한다. 그리고 기존 평가기준은 고장모드가 제품에 미치는 영향만이 고려되고 있는데, 실제 현업에서는 고장모드로 인한 영향이 공정에 미치는 정도를 고려할 필요가 있다. 고장모드가 공정에 미치는 영향을 보면 주로 재작업, 폐기불량, 작업 시간 증가, 잦은 라인정지, 부품 조달 시간 증가 등이다. 물론 공정자체의 요인에 의한 문제는 공정에서 자체적으로 해결되어야 하지만, 설계 결함으로 인한 것이 공정에서 발견되고, 생산성 및 품질에 악

영향을 미치는 경우가 많기 때문에, 설계 단계에서 검토되도록 하는 것이 매우 중요하다. 공정/시스템/고객 관점에서 평가할 수 있도록 재정립된 영향도 평가기준이 <표 2>에 표시되어 있다.

평가자간의 일치성을 평가하기 위하여 기존의 영향도 평가기준과 재정립된 평가기준을 가지고 실시한 평가결과가 <표 3>에 나타나 있다. 기존 평가기준으로써 평가한 결과 순위척도에 대한 Kendall의 일치계수는 0.65로 비교적 양호한 결과로 판단된다. 재정립된 평가기준에 대한 Kendall의 일치계수는 0.85로 평가기준의 모호성이 상당히 줄어들었음을 알 수 있다.

<표 3> 영향도 일치성 분석자료

고장 모드	기존 평가기준			재 정립된 평가기준			고장 모드	기존 평가기준			재 정립된 평가기준		
	평가자1	평가자2	평가자3	평가자1	평가자2	평가자3		평가자1	평가자2	평가자3	평가자1	평가자2	평가자3
1	6	5	7	7	7	7	31	6	7	7	7	7	7
2	3	3	3	7	7	7	32	5	7	7	6	6	7
3	7	8	7	7	7	7	33	7	7	8	6	6	7
4	7	7	8	7	7	7	34	8	8	8	6	6	7
5	7	5	8	7	7	7	35	7	6	7	6	6	7
6	8	8	7	7	5	7	36	7	5	7	6	6	7
7	6	5	6	7	7	7	37	6	6	7	5	6	5
8	5	7	5	7	7	7	38	8	6	7	5	6	5
9	6	6	6	7	7	7	39	7	7	7	7	7	6
10	5	7	6	7	7	7	40	6	7	8	7	7	6
11	7	8	5	7	7	7	41	8	6	7	7	7	6
12	6	6	6	7	7	7	42	6	6	6	7	7	6
13	6	7	8	8	8	7	43	5	5	5	6	6	6
14	7	7	7	8	8	7	44	6	6	6	6	6	6
15	7	5	8	8	8	7	45	7	7	7	5	6	6
16	6	6	6	6	6	7	46	7	7	7	5	6	6
17	6	7	6	6	6	7	47	8	8	7	5	6	6
18	7	7	7	6	6	7	48	7	7	8	5	6	6
19	8	7	8	6	6	7	49	6	7	8	5	6	6
20	7	8	7	7	7	7	50	5	5	5	8	8	8
21	6	7	6	7	7	7	51	6	6	6	8	8	8
22	7	7	7	7	7	7	52	7	6	7	8	8	8
23	7	8	8	7	7	7	53	6	6	6	8	8	8
24	7	7	7	8	8	8	54	8	8	8	8	8	8
25	7	7	5	8	8	8	55	9	8	9	8	8	8
26	5	6	6	8	8	8	56	8	7	8	6	7	7
27	5	6	5	8	8	8	57	7	6	7	6	7	7
28	6	6	7	7	7	7	58	7	8	7	6	7	7
29	7	7	6	7	7	7	59	8	7	8	6	7	7
30	8	7	6	7	7	7	60	6	8	8	6	7	7

<표 4> 재정립된 발생도 기준

발생	고장빈도	공 정	필드 고장	등급
매우 높음	연속적인 고장	100000ppm 이상	1/100 이상	10
		100000ppm 이하	1/100 이하	9
높음	반복적인 고장	10000ppm 이하	1/1000 이하	8
		5000ppm 이하	1/2000 이하	7
보통	간헐적 고장	1000ppm 이하	1/10000 이하	6
		500ppm 이하	1/20000 이하	5
		200ppm 이하	1/50000 이하	4
낮음	매우 간헐적 고장	100ppm 이하	1/100000 이하	3
		50ppm 이하	1/200000 이하	2
희박	거의 고장 없음	3.4ppm 이하	3/1000000 이하	1

4.2 발생도 평가기준의 재정립과 일치성 평가

M업체에서 사용 중인 발생도 평가기준에서의 문제점은 주로 제품이 출하되어 사용 중인 상태에서의 고장위주만으로 평가하도록 되어있다는 점이다. 즉, 설계취약점으로 인해 제조 단계에서 발생할 수 있는 불량에 대해서는 고려하고 있지 않거나 구분되어 있지 않다는 것이다. 설계취약점이 공정에서 이미 발견되거나 제품 출하 전에 각종 시험이나 검사를 거친 후 많은 문제점이 걸러지기 때문에 출하 후 신뢰성불량이 출하 전 공정불량에 비해서 낮게 된다. 따라서 공정불량에 대한 발생등급과 신뢰성불량에 대한 발생등급의 부여기준은 달라야 한다.

발생도 평가기준을 재정립하기 위하여 전동기사업장에서 2005년 1월~10월까지 집계된 공정 및 현장에서의 모든 고장(불량)모드를 분석한 결과, 고장모드의 평균 발생률은 500ppm과 50ppm으로 추정되었다. 따라서 이들을 보통수준인 5등급으로 하여 전체 발생도 평가기준을 수정하였다. <표 4>는 재정립된 발생도 평가기준이다.

발생도 평가기준의 평가자간 일치성을 검증하기 위하여 영항도에서와 같은 방법으로 60개 고장모드에 대하여 3명의 평가자가 평가하도록 하여 Kendall의 일치계수를 구하였다. 기존 평가기준과 재정립된 평가기준에 대한 Kendall의 일치계수는 각각 0.59와 0.61로 조사되어 일치성이 개선된 것으로 나타났다.

4.3 검출도 평가기준의 재정립과 일치성 평가

M업체에서 사용 중인 일반 검출도 평가기준의 문

제점은 지나치게 모호하여 평가자체가 자의적으로 이루어진다는 점이다. 기존의 검출도 평가기준을 가지고 실시한 3인의 평가결과에 대한 Kendall의 일치계수는 0.44로 나타났다. 이는 검출도의 평가기준이 매우 모호하여 평가자가 자의적으로 평가할 수 있는 여지가 많아 개선이 가장 필요함을 나타낸다. <표 5>는 재정립된 검출도 평가기준이다. 재정립된 평가기준에 의한 평가결과와 Kendall의 일치계수는 0.87로 조사되어 기존 평가기준보다 일치성이 크게 향상된 것으로 볼 수 있다.

4.4 대책수립 기준

대책수립 기준으로 RPN의 상대적인 크기비교를 포함시키기 위해서 RPN 값이 높은 고장모드의 상위 몇 %의 항목에 대해서 대책을 수립하도록 하는 것이 적당한 가를 결정하기 위해, RPN 값이 100점 이상 되는 고장모드와 상위점유율간의 관계를 분석한 결과는 <표 6>과 같으며, 100점 이상의 항목들의 비율은 대략 25% 가량인 것으로 나타났다. 이러한 결과를 참조하여, <표 7>과 같이 최소 상위 20%의 RPN 항목들에 대해서는 대책수립을 실시하도록 기준을 정하였다. 가전용 W모터에 적용하여 보니 기존 평가기준에 의한 방식에서는 4개 고장모드가 대책수립이 필요하였으나, 새로운 평가기준에 의한 방식에서는 대책수립이 필요한 고장모드가 31개 도출되었다. 그리고 도출된 RPN 상위 고장모드들을 발생도와 검출도의 양측으로 이루어진 4개 블록으로 분류한 것이 <그림 1>이다. 기존의 주요 고장모드는 C-ommutator 흔들림, Shaft 흔들림, Armature 저항,

<표 5> 재정립된 검출도 기준

검출	제조업체(공정)	고객	등급
절대적인 불확실	검출장치없음/검출불가	고장모드검출을 위한 방법 없음	10
매우 희박	간접/불확실 점검가능	전류관리로 매우 희박한 고장모드 검출가능	9
희박	Macrography 가능 (관능검사 경우)	전류관리로 희박한 고장모드 검출가능 (고객서비스센터에서 검출가능)	8
매우 낮음	Macrography 가능 (관능검사 경우)	전류관리로 매우 낮은 고장모드 검출가능	7
낮음	SPC 점검에 의해 가능	전류관리로 낮은 고장모드 검출가능 (고객 고장의 출검 검사에 의해 검출가능)	6
보통	최종라인 작업후 전체검사에서 검출가능(게이지이용)	전류관리로 보통수준의 고장모드 검출가능 (고객라인의 검사공정에서 검출가능)	5
보통 높음	다음 공정에서 검출가능 (공정간 검사)	전류관리로 보통 높은 수준으로 고장모드 검출가능(고객공장의 작업자에 의해 검출가능)	4
높음	공정 중에 검출가능 이후 다음공정에서 확인가능	전류관리로 높은 수준으로 고장모드 검출가능 (고객고장의 수입검사에서 검출가능)	3
매우 높음	Fool Proof	전류관리로 매우 높은 수준으로 고장모드 검출가능	2
거의 확실	영향 없음	전류관리를 통해 거의 확실히 검출	1

<표 6> RPN 100 이상의 고장모드 비율

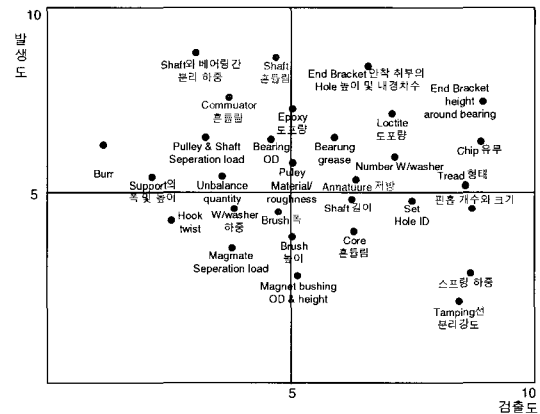
모터 종류	RPN가 100 이상인 고장모드의 수	총 고장모드 의 수	비율
W모터	47	186	25.3%
D모터	35	137	25.6%

Magnet 크랙, 스프링 하중, Tamping선 분리강도 등이 검출도 개선이 필요한 고장모드로 도출되었다. 4개 Block도 상에서 검출도의 난이도가 높으면서 발생도가 낮은 블록에 위치하고 있는 항목들에 대해서는 발생빈도의 추정을 의심해 볼 필요가 있다.

<표 7> 개선활동 필요 기준

제품	개선활동 기준
절대적인 RPN 수치 에 의한 기준	RPN : 100 이상인 경우
	영향도, 발생도, 검출도수치 중 하나 이상이 8 이상인 경우
상대적인 RPN 수치 에 의한 기준	RPN 수치로 평가할 경우 상위 20%인 고장 모드의 경우

Brush 쪽으로 4개인데 비하여, 새로운 평가방법에서는 기존의 중요 고장모드 외에 27개의 중요한 고장모드가 추가로 도출되었다. 발생도/검출도를 동시에 개선해야 하는 항목으로써, End Bracket Bearing부 높이, End Bracket 안착 취부의 Hole 높이 및 내경치수, 록타이트 도포량 등이 도출되었다. 그리고 발생도 감소가 필요한 항목은 Shaft와 베어링간 분리하중과 Epoxy 도포량 등이었다. 그리고 Chip 유무, Tread 형태, 핀홀 개수와 크기,



<그림 1> 고장모드 분석

5. 결 론

본 논문에서는 FMEA 실시 과정의 하나인 RPN 평가시의 주요 문제점들을 분석하여 평가기준을 재

정립하고 이를 가전용 전동기 모터에 적용하여 효용성을 검증하였다. RPN 평가시의 주요 문제점은 첫째, 적용하고자 하는 제품에 적합하지 못한 평가기준의 적용이었으며 둘째, 평가자간 평가결과의 불일치를 가져오는 평가기준의 모호성이었다. 그리고 이런 문제점의 결과는 중요한 고장모드에 대한 대책수립의 누락과 이에 따른 경영손실을 들 수 있다.

RPN 평가시의 문제점을 개선시키기 위해 본 논문에서는 전동기 모터 제조업체를 대상으로 연구를 실시하였다. 영향도 평가시의 문제점을 개선하기 위해 우선 고장모드에 대한 영향을 제품뿐만 아니라 공정의 관점에서 평가하도록 하였고, 최종 단계에서의 영향을 고려하도록 하는 평가 기준을 재정립하였다. 발생도 평가시의 문제점을 개선하기 위해, 기존 사용 중 불량에 대한 발생률과, 제조단계에서의 불량인 공정불량에 대한 발생률을 구분하여 평가하도록 하였다. 그리고 검출도 평가시의 문제점을 개선하기 위해, 실제로 제조업에서 사용하고 있는 검출수단이나 시스템으로 평가기준을 재구성하여 평가기준의 모호성이 개선되도록 하였고, 제조업체 및 고객업체의 관점을 분리하여 평가하도록 하였다. 재정립된 평가기준이 용이하게 활용될 수 있도록 개정된 FMEA 양식을 제시하였다.

본 연구에서 제시한 방법이 기존의 방법에 비해서 어느 정도 개선된 결과를 얻었지만, 불량이나 고장의 발생 이전에 영향도/발생도/검출도를 적절히 평가하여 사전에 대처하고자 하는 방법의 연구는 각 분야에 적합하게 다양한 방법으로 계속되어야 할 것이다.

개발초기 단계에서의 분석뿐만 아니라 후 단계에 적합한 FMEA 양식을 발전시키고, 실제 자료로 RPN을 재평가하는 일이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 이승훈(2006), 「Minitab 측정시스템 분석」, 2판, 이레테크.
- [2] 정해성, 권영일, 박동호(2005), 「신뢰성 시험 분석 평가」, 영지문화사.
- [3] 장중순, 안동근(1997), “효과적인 FMEA 실시”, 「품질경영학회지」, 25권, 1호, pp. 156-172.
- [4] Huang, G. Q., Nie, M., and Mak, K. L.(1999), “Web-based failure mode and effect analysis (FMEA)”, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 37, pp. 177-180.
- [5] Jeong, K. H., Kume, H., and Iizuka(1995), “Implementing FMEA through multiple points of view”, *ASIA Quality Management Symposium*, pp. 85-90.
- [6] Pillay, A. and Wang, J.(2003), “Modified failure modes and effects analysis using approximate reasoning”, *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 79, pp. 69-85.
- [7] Sankar, N. R. and Prabhu, B. S.(2001), “Modified approach for prioritization of failures in a system failure mode and effects analysis”, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 18, No. 3, pp. 324-335.
- [8] Seyed-Hosseini, S. M., Safaei, N., and Asgharpour, M. J.(2006), “Reprioritization of failures in a system failure mode and effects analysis by decision making trial and evaluation laboratory technique”, *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 91, pp. 872-881.
- [9] Teoh, P. C. and Case, K.(2004), “Failure modes and effects analysis through knowledge modelling”, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 153-154, pp. 253-260.
- [10] Wang, J., Ruxton, T., and Labrie, C. R.(1995), “Design for safety of engineering systems with multiple failure state variables”, *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 50, pp. 271-284.
- [11] Xu, K., Tang, L. C., Xie, M., Ho, S. L., and Zhu, M. L.(2002), “Fuzzy assessment of FMEA for engine systems”, *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 75, pp. 17-29.