

## Failure Modes and Effects Analysis of Electronic and Electrical Components at the Use Circuit of P-Type Receiver

Yo Shep Shim<sup>#</sup>, Sung Ho Song<sup>+</sup>

Department of Electric Energy, Cheongju Campus, 54 Sandan-ro, Heungduk-gu, Cheongju, Korea

### Abstract

This study is aimed to reduce failure rates and failure modes through the arrangement of the list corresponding to the component of the electrical and electronic in the user circuit of a P-type receiver. This paper analyzes a user circuit of monitoring and alarm systems in buildings. In the user circuit, the heaviest failure modes are shown in cables. The results of a risk priority number (RPN) analysis shows that a total of 6 failure modes is shown in the parts of contact/intermittent (112) and arcing/sparking (121) of the cables. Moreover, a mechanical failure (301) and an intermittent/degraded operation (302) of On/Off switch, high contact resistance (401) of a capacitor, and a drift (501) of IC are the other modes of the failure. Consequently, we find that the part of frequent breakdown is the cable and verify that the defect of cable connectors causes lots of failures of user circuits such as contact/intermittent. We expect that these findings will contribute to increase the quality of firefighting supplies and their life-spans.

**Key words:** P-type receiver, failure ratio, risk priority number(RPN), effective useful life, FMEA

### I. 서론

2013년 8월 서울 영등포에 위치한 공장에서 화재가 발생하자 60대 남자가 노후된 가압식 소화기로 불을 끄려다 소화기가 폭발해 사망했다. 2014년 9월에는 전남 여수시 모 조선소에서 용접작업을 하다 불이 붙자 가압식 노후 소화기로 불을 끄려다 소화기가 폭발하는 바람에 작업자가 얼굴에 화상을 입기도 했다. 이런 이유로 (사)한국화재소방학회 주최로 불량 소방용품의 원활한 기능 확보 방안을 논의하였다. 본 논의에서는 소방용품

내구연한 제도의 도입을 골자로 한 관련법(KIFSE, 2016)으로 소방용품에 내구연한을 규정할 수 있는 근거를 마련하는 것이다. 현행 소방용품의 내구연한은 소화기와 단독경보형감지기, 소방호스 등 세 가지 소방용품에 대해서만 운영되고 있다. 그러나 세 가지 소방용품에 대하여 한국소방기구공업협동조합의 권장사항으로 운영하면서 실효성에 대한 의문에 제기되고 있는 상황이다. 이렇게 국내의 경우는 소방업체 자체가 매우 영세하여, 내구연한에 대한 기준을 이행하면 많은 금전적 손해로 이어진다고 본다. 특히 소방용품의 경우는 아파트에

<sup>#</sup> The 1st author: Yo Shep Shim, Tel. +82-43-279-7422, Fax. +82-43-279-7477, e-mail. joshep100@hanmail.net

<sup>+</sup> Corresponding author: Sung Ho Song, Tel. +82-43-279-7429, Fax. +82-43-279-7477, e-mail. ssosho@hanmail.net

서 주로 많이 쓰이는데 아파트 관리자가 내구연한을 준수하는 것은 불가능하다(Yeongnam News, 2016). 다른 편으로 내구연한에 대한 구체적인 안이 없는 것도 문제이다. 현재 국내의 경우 전기설비에 대하여 한전에서 내구연한을 구체적으로 제시하고 있다. 한전의 전기설비에 대한 내구연한도 일본의 전기설비 내구연한을 바탕으로 하여 한전 설비에 대해서는 구체적으로 잘 관리되고 있는 것이 현실이다(KESCO, 2009). 이에 준하여 소방설비는 소화기와 단독경보형감지기, 소방호스 등 세 가지 소방용품에 대해서만 권장사항만을 제시하고 있어 이를 교체 및 유지 보수 과정을 옮기기에는 현실적으로 불가능하다. 특히 권장사항만을 바탕으로 이를 교체한다는 것은 설치업체가 타당한 근거가 없음으로 이를 적용하는데 한계가 있다. 따라서 소방설비업체 및 법적 근거를 제시하는 것이 현실적으로 가장 중요한 과제이다. 또한 내구연한의 근거는 객관적이어야 하며 국제기준에 적합하여야 한다. 국외적으로 소방설비에 대한 내구연한은 없으나 소방 부품 및 전기부품에 대한 고장률은 제시되어 있다. 내구연한을 제시하기 전에 부품별로 고장우선순위와 고장에 대한 중요도를 제시하여 고장률이 높은 부품을 고장률이 낮은 부품으로 교체하면 소방시설에 대한 내구성을 높일 수 있다.

본 연구에서는 국내에서 중소형 건축물에 가장 많이 사용되고 있는 5 회로 P 형수신기를 타깃으로 선정하였다. 5 회로 P 형수신기에 대하여 사용자회로와 메인회로 2 분류로 구분하였고 본 연구에서는 사용자회로를 중심으로 전기전자부품에 대하여 신뢰성평가 소프트웨어

(PTC Inc. 2013)를 이용하여 위험우선순위지수와 중요도를 도출하였다. 부품별로 고장모드를 통하여 전자 및 전기부품에 대한 유지 및 보수에 활용하고자 하였다. 본 연구는 인적재난 위기의 화재와 생활안전 위기의 생활용품안전에 활용가능하다.

## II. 이론적 고찰

### 1. FMEA 기법

FMEA(Failure Modes and Effects Analysis)는 단일 고장모드를 규명하고, 그 고장모드가 다음 상위 수준의 시스템에 미치는 영향을 평가하는 분석과정을 반복하여, 결과적으로 전체 시스템에 미치는 단일고장의 영향을 파악하는 기법이다. 즉, 좀 더 구체적으로 말하면 “만약 ... 게 된다면 어떻게 될까(What if)?”라는 질문을 염두에 두어 하나의 재료, 부품, 장비 등이 고장났을 경우, 그것이 전체 시스템이나 시스템 운용자, 혹은 시스템 사명완수에 어떠한 영향을 미치는가, 생각의 범위를 넓혀가면서 분석하는 것이다. FMEA의 분석결과는 제품의 운용수명을 증가시키기 위하여 부품과 설계의 어느 부분이 개선되어야 하는가, 그리고 얼마나 자주 점검과 수리 등 지원활동이 이루어져야 하는가를 결정하는 데 아주 긴요하게 활용된다(IEC-60812, 2001).

<Table 1>은 IEC 812에서 제시한 절차를 나타내었다.

### 2. 위험우선순위지수

고장모드는 기기나 부품의 고유특성의 변화나 기기

Table 1. FMEA procedure of IEC 812 for FMECA

Numbers	Contents
1	The definition of the system and its minimum functional operation demand
2	Development of functional reliability block diagram, other diagram, or mathematical model and description
3	Basic principles of performing analysis and setting the corresponding document format
4	Failure mode, its cause and effect, relative importance, and investigating its links
5	Failure detection, isolation investigation, and method investigation
6	Investigation on planning and operation regulation of especially undesirable incidents
7	Determining event criticality
8	Assessment of failure possibility
9	If necessary, investigating the multi-failure of certain combination that needs to be considered
10	Recommendation

Source: IEC-60812(2001).

에 가해지는 스트레스 등의 원인에 의해 발생한다. 그리고 고장발생원인은 각각의 메커니즘이 있으며 이 메커니즘을 검토함으로써 고장의 발생을 방지할 수 있다. 고장모드와 고장발생원인 데이터들은 각각의 구성부품을 제조한 메이커들이 자산으로 관리하고 있다. 이런 데이터들은 메이커들의 기술노하우로 인하여 주요 고장률 및 수리에 관한 자료수집은 불가능하다. 따라서 반도체 등의 전자부품과 관련하여 미국의 "SEMATECH"에서 제시한 위험우선순위를 토대로 심각도, 발생도, 검출도의 등급을 제시하였다(Sematech, 1992). RPN(Risk Priority Number)은 식 (1)과 같은 심각도, 발생도, 검출도를 모두 동일한 중요성을 두고 평가한다.

$$RPN = \text{Severity} \times \text{Occurrence} \times \text{Detection} \quad (1)$$

<Table 2>~<Table 4>는 심각도, 발생도 및 검출도에 대한 각각의 기준을 나타냈다. 각각의 기준은 1-5 단계로 제시하였다(Sematech, 1992). 따라서 RPN 값은 1 과 125 사이로 정했으며 숫자가 크면 관리를 우선적으로 실행해야 한다는 의미를 포함하고 있다.

1) 심각도 순위 기준(Severity Ranking Criteria)

심각도는 고장 및 실패의 심각성 및 영향을 나타내는 평가척도로 P형수신기에서의 심각도 등급은 <Table 2>

와 같이 분류기준을 5 등급으로 나누어 분류하였다.

2) 발생도 순위 기준(Occurrence Ranking Criteria)

발생도는 잠재된 위험의 발생가능성이 얼마나 높은지를 평가하는 척도이다. 시스템에서 기대수명동안에 발생 가능한 고장으로 단위시간당 잠재발생률로 표현

Table 2. Severity ranking criteria

Numbers	Contents
1	Failure is of such minor nature that the customer (internal or external) will probably not detect the failure.
2	Failure will result in slight customer annoyance and/or slight deterioration of part or system performance.
3	Failure will result in customer dissatisfaction and annoyance and/or deterioration of part or system performance.
4	Failure will result in high degree of customer dissatisfaction and cause non-functionality of system.
5	Failure will result in major customer dissatisfaction and cause nonsystem operation or non-compliance with government regulations.

Source: International Sematech, 1992.

Table 3. Occurrence ranking criteria

Numbers	Contents
1	An unlikely probability of occurrence during the item operating time interval. Unlikely is defined as a single failure mode (FM) probability < 0.001 of the overall probability of failure during the item operating time interval.
2	A remote probability of occurrence during the item operating time interval (i.e. once every two months). Remote is defined as a single FM probability > 0.001 but < 0.01 of the overall probability of failure during the item operating time interval.
3	An occasional probability of occurrence during the item operating time interval (i.e. once a month). Occasional is defined as a single FM probability > 0.01 but < 0.10 of the overall probability of failure during the item operating time interval.
4	A moderate probability of occurrence during the item operating time interval (i.e. once every two weeks). Probable is defined as a single FM probability > 0.10 but < 0.20 of the overall probability of failure during the item operating time interval.
5	A high probability of occurrence during the item operating time interval (i.e. once a week). High probability is defined as a single FM probability > 0.20 of the overall probability of failure during the item operating time interval.

Source: International Sematech, 1992.

NOTE: Quantitative data should be used if it is available.

For Example:

0.001 = 1 failure in 1,000 hours

0.01 = 1 failure in 100 hours

0.10 = 1 failure in 10 hours

Table 4. Detection ranking criteria

Numbers	Contents
1	Very high probability that the defect will be detected. Verification and/or controls will almost certainly detect the existence of a deficiency or defect.
2	High probability that the defect will be detected. Verification and/or controls have a good chance of detecting the existence of a deficiency or defect.
3	Moderate probability that the defect will be detected. Verification and/or controls are likely to detect the existence of a deficiency or defect.
4	Low probability that the defect will be detected. Verification and/or controls not likely to detect the existence of a deficiency or defect.
5	Very low (or zero) probability that the defect will be detected. Verification and/or controls will not or cannot detect the existence of a deficiency or defect.

Source: International Sematech, 1992.

하였다. FMEA 에 대한 권장발생 순위기준은 <Table 3> 에 제시하였다.

3) 검출도 순위 기준(Detection Ranking Criteria)

검출도는 사용자가 사고발생하기 전에 이를 미리 감지할 수 있는지에 대한 평가척도이다. 검출도는 사고의 잠재적 원인, 매커니즘, 시스템을 운용하기 전에 발견하기 위한 현 안전관리 능력이나 운용 후 사고형태를 발견하기 위해서 제안되는 현 안전관리의 능력을 평가하는 것이다. 감지순위 기준은 시스템의 설치장소에서 감지확률을 평가기준으로 제시하였다. 예를 들어, “1” 은 감지될 확률이 매우 높음을 나타내고 “5” 는 감지될 확률이 제로인 경우를 나타내었으며 <Table 4>에 감지순위 기준을 나타냈다.

3. 중요도 등급기준

중요도는 일명 리스크 행렬(Risk Matrix)이라고 불리는 것으로, 고장이 발생하는 경우 그로 인하여 부품이나 시스템 또는 운영자가 받는 영향의 정도를 평가하며, 심각도를 주안점으로 하여 분석하는 것이다. 특히, 발생빈도가 높으며, 높은 심각도 등급을 갖는 고장모드에 주의를 기울이기 위하여 사용되는 수단이다. 중요도는 고장모드의 심각도와 발생빈도에 의해 평가하는 것으로 다음식 (2)로 구할 수 있다. 이것은 리스크의 개념과 같다. 즉, 바람직하지 않은 사건의 발생확률(발생빈도, Occurrence)과 그로 인해 야기될 수 있는 피해결과(심각도, severity)로부터 추정된다.

$$\text{중요도 (Criticality)} = \text{Severity} \times \text{Occurrence} \quad (2)$$

여기에서 발생확률이 낮고, 피해강도도 낮은 사건에 대해서는 그다지 주의를 기울일 필요가 없다. 왜냐하면 제한된 시간과 제한된 자금으로 완벽한 재해예방을 한다는 것은 사실상 불가능하기 때문이다. 발생확률은 높지만 발생시 재해강도가 낮은 형태의 사건에는, 흔히 우리 주변에서 볼 수 있는 시스템의 사소한 고장에 해당된다. 반면 발생확률은 낮더라도 일단 발생하면 피해규모가 큰 사건, 더욱이 발생확률까지 크다면 문제는 심각하지 않을 수 없다. 시스템의 안전성은 바로 이러한 유형의 재해를 구별해 내고 이런 재해에 안전의 노력을 극대화하는 것이다(Lim, 2012). 15 이상은 그 영향 및 발생빈도를 고려하여 철저한 관리가 필요한 높은 “H(High)” 등급으로, 8~12는 중간정도의 중요도 평가 등급인 “M(Medium)” 등급으로, 그리고 8 미만은 낮은 등급인 “L(Low)” 등급으로 하여 관리지침을 설정하는데 이용하였다.

Table 5. Criticality grade matrix

Severity \ Occurrence	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 실태조사에 의한 분석

안전관리 차원에서 이뤄지는 소방시설 자체점검은 종합정밀점검과 작동기능점검으로 나뉘지며, 기존에는 종합정밀점검 결과만 소방서에 제출하고 작동기능점검 결과는 관계자가 2년 동안 자체적으로 보관했으나 2016년 1월부터는 결과보고 의무화에 따라 작동기능점검 또한 점검일로부터 30일 이내에 관할 소방서에 제출해야 한다(Ministry of Government Legislation, 2016). 2015년 이전에는 작동되지 않거나 관리불량인 소방시설들이 너무 많아 화재를 경보하지 못하는 경우가 허다했다. 대표적인 예로 <Figure 1> (a)의 경우는 감지기가 동작했음에도 불구하고 경종이 작동하지 않고, LED만 경보등이 켜져있으며, <Figure 1> (b)는 수

신기의 전원스위치가 차단(off)되어 있어 자동탐지설비의 제 기능을 다하지 못하고 있다. 이런 문제점은 관리 소홀에 대한 문제점도 있겠지만 잦은 오보에서 건물주가 이를 차단해버리는 경우가 대부분이다. 중소형빌딩에서 주로 사용하고 있는 5회로 P형수신기는 1층에 주로 개방되어 있는 공간에 설치되어 환경적으로 많은 영향을 받고 있어 실제 내구성이 많이 떨어진다. 또한 어떤 부품에 대하여 내구성이 떨어지는지에 대한 구체적인 데이터는 없는 실정이다.

#### 2. P형수신기의 주요부품 및 고장률

5회로 P형수신기는 크게 사용자회로와 메인회로로 구분된다. 사용자회로는 화재발생유무와 자동탐지설비의 상태 모니터링을 목적으로 하고 있다. 표시장치는 LED로 구성되어 있으며, 기능적용에 대해서는 푸시버

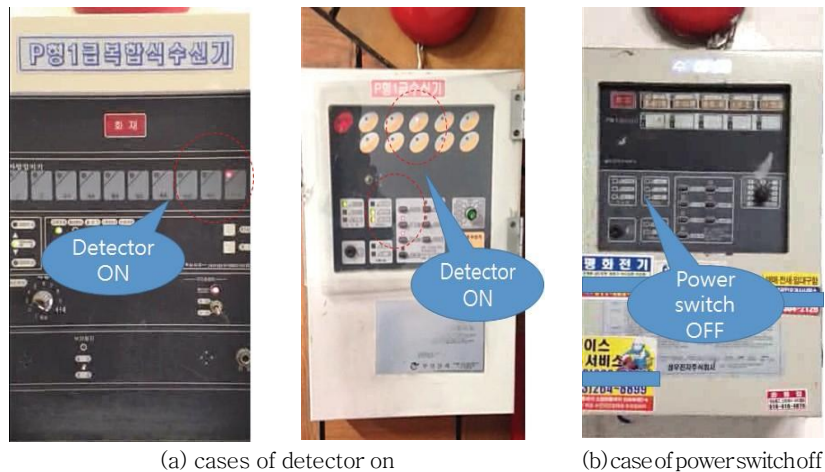


Figure 1. Incongruity cases of P\_type fire receiver

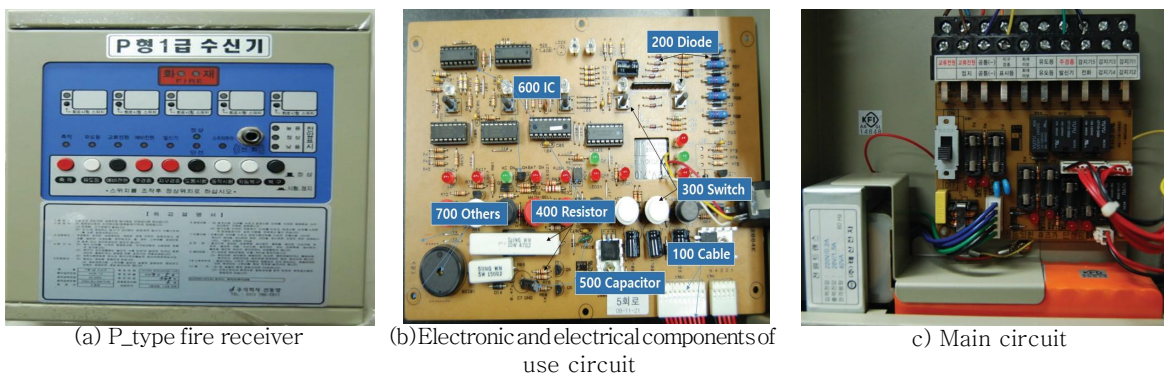


Figure 2. Use circuit and main circuit of P\_type fire receiver

Table 6. Component, sub-components and failure rates of the P\_type fire receiver

Item No.	Components	Sub-component	Failure rate
<b>100</b>	<b>Cable</b>	Connector(DC)	6.36E-05
		Aerial Cable(DC)	2.05E-06
<b>200</b>	<b>Diode</b>	Rectification diode	6.32E-07
		LED	5.24E-06
		Zenor	9.08E-07
<b>300</b>	<b>Switch</b>	General	1.15E-05
		Cement	9.23E-07
		Array	2.43E-06
<b>400</b>	<b>Capacitor</b>	Cap alum	5.14E-08
		Ceramic	8.87E-08
<b>500</b>	<b>IC</b>	IC(16, 18 pin)	3.57E-06
		TR	3.56E-07
		Voltage Regulator	1.06E-05
<b>600</b>	<b>Others</b>	Buzzer	2.42E-07
		Rack	8.63E-06
		PCB	2.21E-08

Source: Reliability Analysis Center, 2011.

튼이 이를 담당하고 있다. 사용자회로는 철제함구조와 각종표시장치로 구성되어있다. 또한 메인회로는 5회로의 신호를 분석하고 차단할 수 있는 릴레이, 교류를 직 류로 변화하는 변압기, 각종 보호장치와 전자부품으로 되어 있다. <Figure 2>의 (a)는 현재 중소형 빌딩에서 가장 많이 사용하는 형태의 P 형수신기이다. <Figure 2> (b)는 사용자회로로 케이블, 다이오드, 스위치, 저항, 커패시터, IC, 기타 부품으로 크게 7 가지로 구성되어 있으며, 케이블은 커넥터와 케이블(DC), 다이오드는 정류, 발광 LED, 제너 다이오드로, 스위치는 푸시 및 온/오프 스위치, 저항은 일반저항, 시멘트저항, 어 레이로 구성되어 있고, 커패시터는 알루미늄, 세라믹으로, IC는 IC 칩, 트랜지스터, 레귤레이터, 나머지 부품은 기타로 구성되어 있다. 사용자회로의 대부분은 전자 부품으로 구성되어 있음을 확인할 수 있다. <Figure 2> (c)는 메인 회로를 나타내었다.

<Table 6>는 P 형수신기에 대한 구성품과 하부구성 품 및 구성품에 대한 고장률을 제시하였다. 본 고장률은 P 형수신기의 신뢰성을 분석하는데 중요한 자료로 활용되고 있다.

### 3. 고장모드영향분석

본 연구에서는 각 부품에 대한 RPN 값으로 위험의 우선순위를 결정하였다. 고장모드별 위험수준이 허용불 가 수준의 경우 RPN 값이 최대 125 까지 책정될 수 있다. 위험우선순위의 값이 크다는 것은 해당 고장모드로 인 해 시스템이나 기기가 큰 영향을 받을 수 있고, 혹은 그와 같은 고장이 자주 발생할 수 있으며, 고장이 발생 하더라도 감지가 어렵다는 것을 의미한다. 그리고 우선 적으로 시정조치를 시행하여 영향도나 발생도, 검출도 중의 한, 두 개 또는 전부를 감소시킴으로써 그 값을 감소시켜야 하는 고장모드라는 것을 의미한다.

위험우선순위의 값을 가지고 총 3 개의 그룹으로 나누어 평가를 하였다. RPN 값이 80 이상의 상당한 위험으로 평가된 고장모드를 “Group A”, RPN 값이 25~79 사이의 경미한 위험으로 평가된 고장모드의 경우를 “Group B”, 그리고 1~24 사이의 무시할 수 있는 위험으로 평가된 고장모드를 “Group C”로 분류하였다. Group A(6 개 모드)에 해당되는 고장모드는 Cable 의 Poor contact/intermittent(112)와 Arcing/sparking(121), Switch 의 Mechanical Failure(301)과 Intermittent/Degraded

Operation(302), Capacitor 의 High Contact Resistance (401) 및 IC 의 drift(501)이었다. 구성부품으로 분석하면 Cable 에서 2 개 모드, Switch 2 개 모드, Capacitor 1 개 모드, IC 1 개 모드로 4 개의 구성부품에서 차지하였다. 이와 같이 RPN 으로 분류한 것을 <Figure 3>에서 보여주고 있다. 이 기법은 파레토 커브(Pareto's curve)의 특성으로서 분류항목의 합계에 대한 비율(상대도수, 누적상대도수)을 구하거나, 분류항목을 몇 개 합하여 그 전체에서 점하고 있는 비중을 발견하게 되는 등 개선을 위해 노력을 투입하여야 할 방향을 정하는데 도움을

줄 수 있다. 일반적으로 FMEA 에 의한 분석은 상위 10%의 대책에 의해 대상 시스템의 신뢰성을 80% 이상 개선 가능한 것으로 많이 알려져 있기 때문에 상위 10%에 대한 고장모드를 검토하는 것으로 하였다.

<Figure 4>에서는 심각도와 발생도만을 가지고 평가한 중요도를 나타내었으며, 3 개의 등급으로 분류를 하였다. 먼저 15~25 사이의 철저한 관리가 필요한 등급은 "H"로 분류하였으며, 8~12 사이의 중간정도의 경우를 "M" 등급으로, 8 미만의 낮은 등급은 "L" 등급으로 분류하였다. 중요도의 H등급은 총 17 개의 고장 모드로

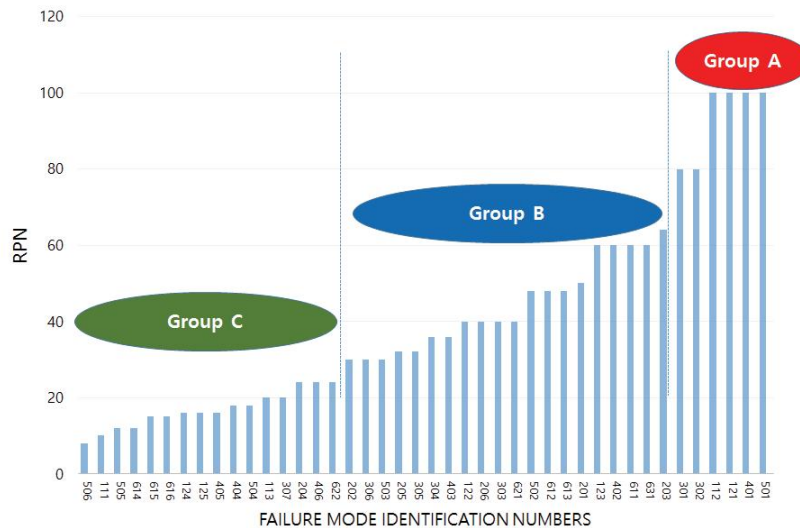


Figure 3. Risk classification rating through RPN

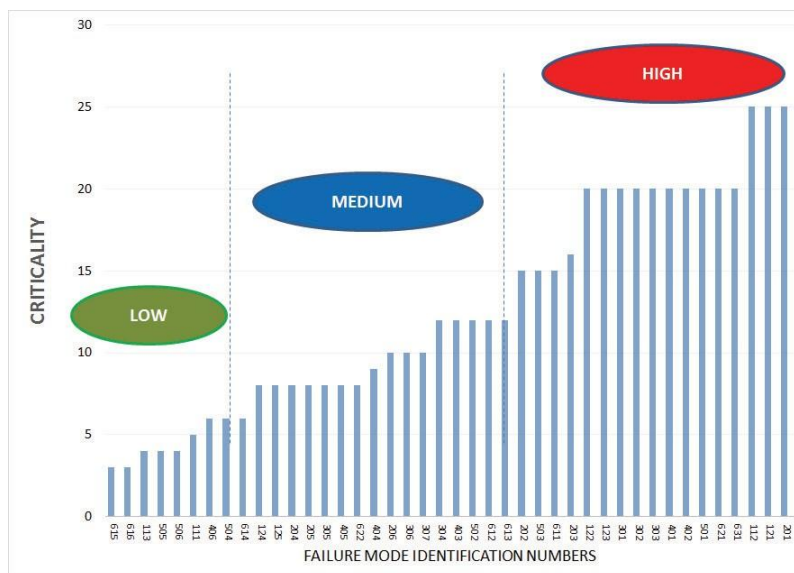


Figure 4. Risk classification rating through criticality

이중에서도 Cable 의 Poor contact/intermittent(112) 와 Arcing/sparking(121), Diode 의 Shorted(201)에서

나타났다. <Table 7>은 부품별로의 고장모드를 통한 위험우선순위지수와 중요도를 나타내었다.

Table 7. RPN and criticality at FMEA sheet

Item No.	Potential failure mode	Potential causes	Potential effects	S E V	O C C	D E T	R P N	C R I
<b>100 Cable</b>								
<b>110 Connectors</b>								
111	Open	Damage, disconnection, animals, vandalism, pulled cables	No operation	5	1	2	10	5
112	Poor contact/intermittent	Corrosion, improper installation	Reduced energy output, no energy output, thermal damage	5	5	4	100	25
113	Short	Damages, improper installation, disconnections, animals, vandalism	No operation, safety, thermal damages, fire	4	1	5	20	4
<b>120 Aerial cables</b>								
121	Arcing/sparking	Cracks/ruptures on cables, insulation failure, aging, animals	No operation, safety, fire	5	5	4	100	25
122	Shorted	Cracks/ruptures on cables, insulation failure, aging, animals	No operation, safety, fire	5	4	2	40	20
123	Worn	Improper system design	Thermal damages	5	4	3	60	20
124	Broken	Improper system design	Thermal damages	4	2	2	16	8
125	Opened	Faulty cabling, material aging, animals, vandalism, extreme weather conditions, earthquake	No operation, safety	4	2	2	16	8
<b>200 Diode</b>								
201	Shorted	Damages, improper installation, disconnections	No operation, safety, thermal damages, fire	5	5	2	50	25
202	Opened	Damage, disconnection	No operation	3	5	2	30	15
203	Electrical Overstress	Continuous overvoltage, Bad system configuration, construction	Thermal damages	4	4	4	64	16
204	Intermittent Operation	defect, mechanical defects, improper maintenance	Thermal damages	4	2	3	24	8
205	Fail Lead Pull	External shock, improper installation	Thermal damages	4	2	4	32	8
206	Lead Damage	Over voltage or over current, improper installation	Thermal damages	5	2	4	40	10
<b>300 Switch</b>								
301	Mechanical Failure	Faulty switch, aging, environmental degradation,	No operation	4	5	4	80	20
302	Intermittent/Degraded	Loose connection	Damage	4	5	4	80	20
303	Operation Opened	Damage, disconnection	No operation	4	5	2	40	20
304	Binding/Sticking	Degradation	Reduced energy output, no operation, safety	3	4	3	36	12
305	Loss of Control	Improper installation	No operation	4	2	4	32	8
306	Contact Failure	Material defects, oxidation, aging	No operation	5	2	3	30	10
307	Shorted	Damaged insulation, aging	No operation, safety, thermal damages, fire	5	2	2	20	10
<b>400 Capacitor</b>								
401	High Contact Resistance	Defective product	Malfunction, overheat, damage	4	5	5	100	20
402	Spurious/False Operation	Over voltage or over current, improper installation	No operation, Degradation	4	5	3	60	20
403	Moisture Intrusion	Erosion, fault current	Degradation	3	4	3	36	12
404	Opened	Damage, disconnection	No operation	3	3	2	18	9
405	Shorted	Cracks/ruptures, insulation failure	No operation, safety, thermal damages, fire	4	2	2	16	8
406	Wiper Movement	External shock, improper installation	No operation	3	2	4	24	6

<b>500 IC</b>								
501	Drift	Over current, improper installation	No operation, Degradation	4	5	5	100	20
502	Leaking	Aged degradation	Shorted, grounding	4	3	4	48	12
503	Shorted	Local heating, the passing of degradation	No operation, Degradation	5	3	2	30	15
504	Contamination	Aged degradation	Discoloration of insulation, cracking	3	2	3	18	6
505	Intermittent Operation	Loose connection	Damage	4	1	3	12	4
506	Opened	Damage, disconnection	No operation	4	1	2	8	4
<b>600 Others</b>								
<b>610 Buzzer</b>								
611	Slow Open	Damage, disconnection	No operation	3	5	4	60	15
612	Fails to Open	Damage, disconnection	No operation	3	4	4	48	12
613	Electrical Overstress	Damages to structural parts	Degradation	3	4	4	48	12
614	Opened	Damage, disconnection	No operation	2	3	2	12	6
615	Loss of Power	Damaged insulation, aging	Thermal damages, fire	3	1	5	15	3
616	Premature Open	Erosion, fault current	Degradation	3	1	5	15	3
<b>620 Rack</b>								
621	Mechanical Damage	Aging, environmental degradation,	No operation	4	5	2	40	20
622	Degraded	Erosion, improper installation	Life loss,	2	4	3	24	8
<b>630 PCB</b>								
631	Malfunction	Erosion, improper installation	Damage	4	5	3	60	20

#### IV. 결론

본 연구에서는 국내에서 일반적으로 사용되는 5 회로 P 형수신기의 전자전기부품에 대한 부품별 목록 정리하였고, 신뢰성평가 소프트웨어를 통하여 고장모드를 도출하였다. 고장률과 고장모드를 바탕으로 위험우선순위 지수와 중요도를 제시하였다. 위험우선순위지수와 중요도에서 가장 높은 고장모드는 Cable 의 Poor contact/intermittent(112)와 Arcing/sparking(121)모드에서 나타났다. P 형수신기의 경우는 Cable 의 연결하는 커넥터부분의 접속불량이 가장 문제였으며, 이런 접속부의 접속불량은 아크와 스파크를 동반하고 있어 주위가연 물이 존재하면 화재를 일으킬 수 있는 조건으로도 작용한다. 또한 이런 접속부의 부품은 검증된 부품을 사용해야 하며 일상점검과 정기점검에서는 접속부의 불량 여부를 체크하고 관리를 요한다. Switch 에서도 위험우선순위지수가 높게 나타났는데 해당 부품은 사용자가 많이 사용하고 외부에 노출되어 있어서 파손 또는 간헐적 작동이 위험요소로 작용하였다. Cable 과 Switch 의 관리 및 내구성이 높은 부품의 변경으로 내구연한을 높일 수 있다.

#### References

- International Sematech. 1992. *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): A Guide for Continuous Improvement for the Semiconductor Equipment Industry.*
- John, B. Bowles. 1998. The New SAE FMECA Standard. *Proc. Ann. Reliability & Maintainability Symp.* 48-58.
- KESCO. 2009. *A Study on the Expected Service Life of 22.9 kV Class Electrical Equipments.*
- Kim, Doo Hyun and Yoon Bok Kim. 2016. An Analysis of the Failure Modes Impacts in Grid-connected Photovoltaic Power Generation System Below 20 kW. *Crisisonomy.* 12(3): 157-167
- Korean Institute of Fire Science & Engineering. 2016. *Forum of Management Plan for Effective Useful Life of Firefighting Supplies Forum.*
- Lim, Hyeon Kyo. 2012. *System Safety Engineering.* Hansol Academy.
- Ministry of Government Legislation. 2016. 03. <http://www.law.go.kr/>.
- PTC Inc. 2013. *Windchill Quality Solutions 10.2(software).*
- Reliability Analysis Center. 2011. *Electronic Parts Reliability Data.*
- Yeongnam News. 2016.01.16. "If Pressurization Type Extinguisher Mistake, 'POP'..., Stored Pressure Type Fire Extinguisher Substitute".

*Korean References Translated from the English*

김두현, 김운복. 2016. *Crisisonomy*. 위기관리 이론과 실천. 12(3): 157-167.  
법제처. 2016. 03.  
연합뉴스. 2016. 1. 16. 가압식소화기 잘못쓰면 ‘평’...축압식으로 꼭 바꿔주세요.

임현교. 2012. 시스템안전공학. 한솔출판사.  
한국전기안전공사. 2009. 고압 22.9 kV 전기설비의 사용년한에 관한 연구.  
한국화재소방학회. 2016. 소방용품 권장내용연수 설명회.

---

Received: May. 4, 2016 / Revised: Jun. 9, 2016 / Accepted: Jun. 22, 2016

## P형수신기 사용자회로의 전기전자구성부품에 대한 고장모드영향분석

국문초록 본 연구에서는 국내에서 중소형 건축물에 가장 많이 사용되고 있는 5회로 P형수신기를 타깃으로 선정하였고, 5회로 P형수신기의 사용자회로와 메인회로 중에서 사용자회로를 중심으로 전기전자부품에 대한 위험우선순위지수와 중요도를 도출하였다. 구성부품으로 분석하면 Cable에서 2개 모드, Switch 2개 모드, Capacitor 1개 모드, IC 1개 모드로 4개의 구성부품에서 차지하였다. 고장모드는 Cable의 poor contact/intermittent(112)와 arcing/sparking(121), Switch의 mechanical failure(301)과 inter-mittent/degraded operation(302), Capacitor의 high contact resistance(401) 및 IC의 drift(501)이었다. 중요도에서 가장 높게 나타난 고장모드는 Cable의 Poor contact/intermittent(112)와 Arcing/sparking(121), Diode의 Shorted(201)였다. P형수신기의 경우는 Cable의 연결하는 커넥터부분의 접속불량이 가장 문제였으며, 이런 접속부의 접속불량은 아크와 스파크를 동반하고 있어 주위가연물이 존재하면 화재 뿐만 아니라 고장을 일으킬 수 있는 조건으로도 작용하였다. Cable과 Switch의 관리 및 내구성이 높은 부품의 변경으로 내구연한을 높일 수 있다. 본 연구는 인적재난 위기의 화재와 생활안전 위기의 생활용품안전에 활용가능하다.

주제어 : P형 수신기, 고장률, 위험우선순위지수(RPN), 내구연한, 고장모드영향분석

- 
- Profiles**    **Yo Shep Shim** : He received his M.A. from Gangwon University, Korea in 2008. He is Professor of the Department of Electricity Energy at Cheongji Campus of Korea Polytech, in which he has taught since 1996(joshep100@hanmail.net).  
**Sung Ho Song** : He received his M.A. from Choongnam University, Korea in 2000. He is Professor of the Department of Electricity Energy at Cheongji Campus of Korea Polytech, in which he has taught since 1990(ssosho@hanmail.net).