

# 製品 (自動車 部品) 의 信賴性 向上을 위한 諸 技法

## Methods for Improving Product Reliability

金 成 寅\*  
Seong-in Kim

### 초 록

이 강좌에서는 제품(또는 부품)의 신뢰성을 향상시켜 타 회사와의 경쟁에서 우위를 차지하는데 기여할 수 있는, 간단하지만 매우 유용한 여러가지 기법들을 설명한다. 이 기법들의 적용 절차와 방법이 매우 쉽고, 간단한 만큼 회사내에서 이를 제도적으로 적용하기 위한 공식적 체제(품질관리 제도 등)의 정착이 필요함을 경영진에서 인식하는 것이 선결 과제를 느끼게 된다. 이 강좌의 내용은 자동차 부품에의 적용 예를 들고 있는 Burgess<sup>1)</sup>의 논문을 참조하여 소개하는 것이다.

### 1. 서 론

신뢰성은 “제품이 주어진 시간 동안 주어진 조건하에서 의도된 기능을 제대로 발휘할 확률”로 정의된다. 1950년대에 들어서면서 국방, 우주산업 등에서의 복잡한 시스템이 높은 신뢰성을 갖도록 설계, 제조하는 문제에 당면하게 되었다. 이는 곧 모든 제품에 확산되어 소비자는 사용시의 고장을 더 이상 용납하지 않게 되었고 신뢰성은 제품을 평가하는 중요한 특성이 되고 있다.

위의 신뢰성에 대한 정의에서 보는 것처럼 신뢰성은 확률적인 개념이면서

- 사용 목적
- 작동 환경

- 시간

의 세 가지 요인을 갖는다. 이들 세 가지 요인에 작용하여 제품의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 기법들을 소개한다.

### 2. 데이터 수집 제도

제품의 성능이 좋건 나쁜건 간에 이에 대한 실제 데이터를 수집할 수 있는 공식적인 제도의 정착이 필요하다. 제품 개발시의 설계에서 신뢰성에 대한 상당한 데이터를 얻을 수 있으나 가장 의미있는 데이터는 실제 작동시에 얻어지는 것이다. 신뢰성을 평가하기 위한 데이터로는

- 작동 시간

|                                                                              |                     |                      |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|
|                                                                              |                     | 보고서 번호<br>R 371      |
| 제품/모델 번호<br>262 R 79                                                         | 부품 이름<br>주입 밸브      | 문제점 발생 날짜<br>11/5/87 |
| 부품 번호<br>4025236                                                             | 영향을 받는 주요 부품<br>제빙기 |                      |
| 문제의 증상(무엇이, 어디서, 언제, 발생 빈도 등)<br>얼음틀에 물을 주입하고 난 다음 밸브가 완전히 닫히지 않아서 물이 새고 있음. |                     |                      |
| 문제의 발생으로 인한 영향/결과<br>새 물이 얼음과 함께 엉겨 얼어서 얼음 덩어리가 커져 결국은 제빙기의 기능을 상실하게 함.      |                     |                      |
| 문제 발생의 명확한 원인<br>밸브반의 결함 또는 오염으로 인한 밸브의 막힘.                                  |                     |                      |
| 비 고<br>주입되는 물의 소금성분 때문일 가능성이 있음.                                             |                     |                      |
| 보고자 :<br>A. J. Nyder                                                         | 작성일자 :<br>11/5/87   | 관련 부서<br>설계 부서       |

Fig.1 Reliability problem report

• 고장 횟수  
• 고장시의 상태  
등이 있다. 그러나 이러한 정보를 얻을 수 있는 제도의 정착이 생각보다는 쉽지 않다. 이러한 제도 중의 하나는 실제 현장의 직원들로 하여금 고장이 발생하거나 문제점이 발견될 때마다 자세한 사항을 Fig.1과 같은 보고서에 기입하여 보고하게 하는 것이다. 구두로 보고되는 경우에는 이를 즉시 보고서에 옮긴다. 대규모의 회사에서는 이 보고서가 품질/신뢰성 부서에 전달되고, 품질/신뢰성 부서는 이를 해당 기술 부서(예를 들면, 개발 책임자, 시스템 공학, 설계)에 내려 보내서 조사, 검토하여 시정조치를 취하게 한다. 품질/신뢰성 부서는 문제점 해결 과정을 계속 추적한다. 소규모의 회사에서는 이 모든 과정을 해당 기술자가 전적으로 담당하게 될 것이다.

이러한 문제점에 대한 보고서와 시정 조치에 대한 보고서가 축적되면 이 제품의 성능이 어떻게 발전되어 왔는지를 보여주는 역사적 기록이 되며 앞으로의 신뢰성 향상에 매우 유용한 참고자료가 된다.

Fig.1은 냉장고의 제빙기의 고장에 대한 보고서의 예를 보여주고 있다.

### 3. 신뢰성 측정

제품의 신뢰성을 계산하기 위하여는 분석기간 동안의 고장횟수 및 작동시간의 두 가지 데이터만 있으면 된다. 신뢰성은 일반적으로 고장율과 평균고장시간(MTTF: Mean Time To Failure)으로 표시된다. 고장율은 총 고장횟수를 총 작동시간으로 나누어 단위시간당 고장횟수(예를 들면, 10,000시간당 2.1회의 고장)로 표시되며 MTTF는 고장율의 역수로서

Table 1. Estimation of reliability using chi-square method

| <p><math>MTTF = \frac{2T}{F_N}</math></p> <p>MTTF : 평균 고장시간<br/>                 T : 총 작동시간<br/>                 N : 총 고장횟수<br/> <math>F_N</math> : <math>\chi^2</math> 계수</p> <p>예 : 신제품인 오일펌프 10개를 시험하였다.<br/>                 총 7,800 시간의 작동 중 4번의 고장이 발생하였다. 이로부터 MTTF는 다음과 같이 추정된다.</p> <p><math>MTTF_{90\%} = \frac{2(7,800)}{F_{4, 90\%}} = \frac{15,600}{4.17}</math><br/>                 = 3.741(시간)</p> <p><math>MTTF_{10\%} = \frac{2(7,800)}{F_{4, 10\%}} = \frac{15,600}{14.7}</math><br/>                 = 1.061(시간)</p> <p>즉, 90%의 신뢰수준으로 MTTF는 1.061 ~ 3.741시간 사이로 추정된다.</p> | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">고장횟수</th> <th colspan="2"><math>\chi^2</math> 계수</th> </tr> <tr> <th>신</th> <th>뢰 수 준</th> </tr> <tr> <th></th> <th>90 %</th> <th>10 %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0.0158</td><td>2.71</td></tr> <tr><td>1</td><td>0.584</td><td>6.25</td></tr> <tr><td>2</td><td>1.61</td><td>9.24</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.83</td><td>12.0</td></tr> <tr><td>4</td><td>4.17</td><td>14.7</td></tr> <tr><td>5</td><td>5.58</td><td>17.3</td></tr> <tr><td>6</td><td>7.04</td><td>19.8</td></tr> <tr><td>7</td><td>8.55</td><td>22.3</td></tr> <tr><td>8</td><td>10.1</td><td>24.8</td></tr> <tr><td>9</td><td>11.7</td><td>27.2</td></tr> <tr><td>10</td><td>13.2</td><td>29.6</td></tr> <tr><td>11</td><td>14.8</td><td>32.0</td></tr> <tr><td>12</td><td>16.5</td><td>34.4</td></tr> <tr><td>13</td><td>18.1</td><td>36.7</td></tr> <tr><td>14</td><td>19.8</td><td>39.1</td></tr> </tbody> </table> | 고장횟수  | $\chi^2$ 계수 |  | 신 | 뢰 수 준 |  | 90 % | 10 % | 0 | 0.0158 | 2.71 | 1 | 0.584 | 6.25 | 2 | 1.61 | 9.24 | 3 | 2.83 | 12.0 | 4 | 4.17 | 14.7 | 5 | 5.58 | 17.3 | 6 | 7.04 | 19.8 | 7 | 8.55 | 22.3 | 8 | 10.1 | 24.8 | 9 | 11.7 | 27.2 | 10 | 13.2 | 29.6 | 11 | 14.8 | 32.0 | 12 | 16.5 | 34.4 | 13 | 18.1 | 36.7 | 14 | 19.8 | 39.1 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|--|---|-------|--|------|------|---|--------|------|---|-------|------|---|------|------|---|------|------|---|------|------|---|------|------|---|------|------|---|------|------|---|------|------|---|------|------|----|------|------|----|------|------|----|------|------|----|------|------|----|------|------|
| 고장횟수                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $\chi^2$ 계수                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |       |             |  |   |       |  |      |      |   |        |      |   |       |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 신                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 뢰 수 준 |             |  |   |       |  |      |      |   |        |      |   |       |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 90 %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 10 %  |             |  |   |       |  |      |      |   |        |      |   |       |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |
| 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.0158                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2.71  |             |  |   |       |  |      |      |   |        |      |   |       |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.584                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 6.25  |             |  |   |       |  |      |      |   |        |      |   |       |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1.61                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 9.24  |             |  |   |       |  |      |      |   |        |      |   |       |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2.83                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 12.0  |             |  |   |       |  |      |      |   |        |      |   |       |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 4.17                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 14.7  |             |  |   |       |  |      |      |   |        |      |   |       |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 5.58                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 17.3  |             |  |   |       |  |      |      |   |        |      |   |       |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 7.04                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 19.8  |             |  |   |       |  |      |      |   |        |      |   |       |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 8.55                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 22.3  |             |  |   |       |  |      |      |   |        |      |   |       |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 10.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 24.8  |             |  |   |       |  |      |      |   |        |      |   |       |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |
| 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 11.7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 27.2  |             |  |   |       |  |      |      |   |        |      |   |       |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 13.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 29.6  |             |  |   |       |  |      |      |   |        |      |   |       |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |
| 11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 14.8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 32.0  |             |  |   |       |  |      |      |   |        |      |   |       |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |
| 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 16.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 34.4  |             |  |   |       |  |      |      |   |        |      |   |       |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |
| 13                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 18.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 36.7  |             |  |   |       |  |      |      |   |        |      |   |       |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 19.8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 39.1  |             |  |   |       |  |      |      |   |        |      |   |       |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |   |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |    |      |      |

최초의 고장이 발생할 때까지의 평균 시간(위 예에서 4.762시간)을 뜻하게 된다.

데이터가 부족한 초기 단계에서는 통계적 기법인  $\chi^2$  방법으로 추정한다. Table 1에 자동차 부품인 오일펌프에 대한 MTTF의 신뢰 구간을 추정하는 예가 설명되어 있다. 이 추정치를 목표치와 비교하여 현재의 신뢰성이 어느 정도인지를 파악, 평가할 수 있다.

#### 4. 신뢰성 문제점에 대한 조사 및 연구

신뢰성 향상을 위한 기본적인 업무 중의 하나는 고장의 근원을 찾아내고 그러한 고장이 다시 발생하지 않도록 시정 조치를 취하는 것이다. 이를 위하여 다음과 같은 기법들이 사용될 수 있다.

##### (1) 파레토 도표

이 도표는 고장의 발생 빈도가 가장 높은 부품 또는 문제점들이 무엇인지를 보여주는 막대그림표이다. 문제점들이 분야별로 구분되어 발생 빈도가 높은 순으로 그려진다. 이 도표로부터 두, 세 개의 주요 문제점들을 찾아내고 해결될 문제점의 우선 순위를 결정한다.

Fig.2는 자동차의 고장 원인에 대한 파레토

도표의 예를 보여주고 있다.

##### (2) 특성요인도

특성요인도는 문제점을 발생시키는 여러가지 요인들을 표시한다. Fig.3의 특성요인도는 조사되어야 할 여러가지 요인들을 보여주고 있다. 문제점이 오른쪽의 네모칸 위에 기록되며 여러 요인들이 인력, 원자재, 기계, 방법 등에 따라 나열되어 문제에 따라 적절히 분류된다. 이 도표는 문제 해결을 위한 요인이 무엇

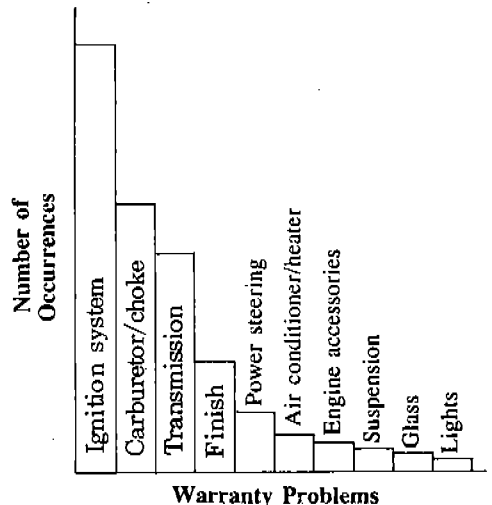


Fig.2 Pareto chart

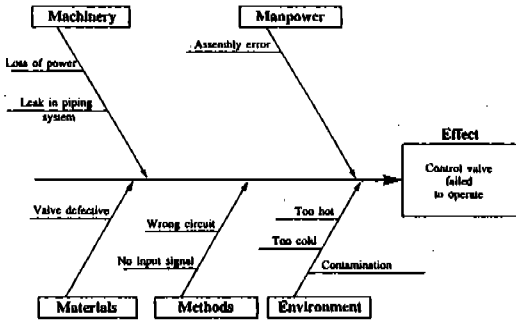


Fig.3 Cause-and-effect diagram

인지를 한 눈에 볼 수 있는 체계적이고 논리적인 지도를 제공하는 셈이다. Fig.3은 밸브 고장에 대한 특성요인도의 예를 보여주고 있다. 이들 두 도표, 파레토 도표와 특성요인도의 작성 절차 및 사용 방법에 대한 보다 더 자세한 설명은 [서비스산업에서의 품질관리]<sup>2)</sup>를 참조하기 바란다.

(3) 고장 분석

고장이 보고되면 이 고장을 종류에 따라 분류하고 그 원인을 조사하여야 한다. 조사결과는 “고장 분석 보고서”의 형태로 문서화되어

야 한다. 이 보고서는 짚막한 메모로부터 공학적(기술적) 문제에 대한 정식 보고서가 될 수도 있다. 상태 및 고장의 원인이 발견되지 않더라도 원인불명이라는 것이 보고되어야 한다. 이러한 보고서가 모여져서 주기적으로 검토되면 새로운 정보를 얻을 수도 있다.

고장의 원인들을 규명하기 위하여 이를 분석하려면 특수한 검사, 점검 또는 시험이 필요하게 된다. 모든 회사가 이에 필요한 장비나 실험실 등을 갖추고 있지는 않지만, 전문 연구소, 대학교 또는 대규모 회사로부터 협조를 얻어 빌려서 사용할 수도 있다. 고장의 원인을 찾고 확인하기 위한 시험의 필요성이 간과되어서는 안된다.

실제 사용시 또는 시험시 발생한 고장 부품은 그 상태를 기록하기 위하여 가능한한 사진을 찍어두는 것이 필요하다. 사진은 적은 비용으로 현상을 그대로 보여줄 수 있는 좋은 방법이 된다.

| 시스템 : 발전기       |                                     |                             |                     |                                   | 날짜<br>11/7/87 |     |
|-----------------|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------|-----|
| 부품/부시스템 : 냉방시스템 |                                     |                             |                     |                                   | 면<br>9장 중 3번째 |     |
| 번호              | 기능                                  | 고장분류                        | 영향                  | 발견의 용이성                           | 고장확률          | 치명성 |
| 4-1             | 냉각제 펌프가 냉각수를 지속적으로 보냄               | 베어링 고장으로 인한 주축의 정지          | 유동 감소               | 경고장치 없이는 어려움                      | 보통            | 심각함 |
|                 |                                     | 펌프 모터의 작동 정지                | 유동 감소               | 용이함                               | 낮음            | 심각함 |
|                 |                                     | 펌프 날개의 부식으로 인한 유동량 감소       | 최소량으로 감소할 때까지 영향 없음 | 제어밸브를 통하여 유동량을 지속적으로 증가시키는 것이 필요함 | 낮음            | 낮음  |
| 4-2             | 제어밸브가 최소치와 최대치의 한도내에서 냉각수를 열교환기에 보냄 | 출구의 막힘으로 인한 최소량 이하로의 유동량 감소 | 주발전기의 과열            | 용이함                               | 낮음            | 심각함 |

Fig.4 FMECA worksheet

### 5. 설계 방법

설계에 따라 신뢰성이 크게 좌우됨은 물론이다. 몇 가지 기법들이 설계 단계에서 제품의 고유 신뢰성을 증가시킬 수 있다. 이 기법들은 특히 기계 제품, 전기 제품의 설계에 응용되어 결점 및 고장 발생을 방지하는 데 이바지한다.

#### (1) 단순성

신뢰성 설계의 가장 기본적인 원리의 하나는 단순성이다. 많은 경우에 엔지니어가 기본 설계의 성능을 높이기 위하여 여러가지 부품을 추가시키나 이것이 오히려 신뢰성을 떨어뜨리는 경우가 많다. 부품이나 기능이 추가될수록 잘못될 가능성이 많아진다.

#### (2) 중복성

어떤 기능을 확실하게 보장하기 위하여 둘 이상의 부품을 병렬로 연결시키면 신뢰성이 향상된다. 그러나 다음과 같은 두 가지 면에 유의하여야 한다. 첫째, 중복은 단순성 원칙에 위배되어 비용, 중량, 부피, 필요 동력을 추가시킨다. 둘째, 병렬로 연결된 두 부품이 서로 영향을 주고 받아 하나의 부품이 고장나면 다른 부품도 고장을 일으키는 경우가 많다. 신제품 개발의 특수한 경우를 제외하고는 이미 성능이 인정된 부품을 사용하는 것이 권장된다.

#### (3) 고장 분류, 영향 및 치명 분석

##### (FMECA: Failure Mode Effect and Criticality Analysis)

발생할 가능성이 많은 문제점 및 이로 인한 영향을 평가하는 방법이다. 각 부품에 대하여 다음과 같은 요인들이 고려되어 기록된다.

- 가장 흔히 발생하는 고장의 분류
- 고장으로 영향을 받는 일련의 부품
- 고장 발견의 중요성
- 실제 사용시의 고장 발생 가능성
- 최종 제품의 작동에 미치는 영향

냉방 시스템에 대한 이러한 정보가 Fig.4에 나와 있다. FMECA 과정은 중대한 설계 변경이 어떠한 영향을 미칠 것인가를 평가하는 데에도 유용하게 사용된다. 즉, 설계 변경

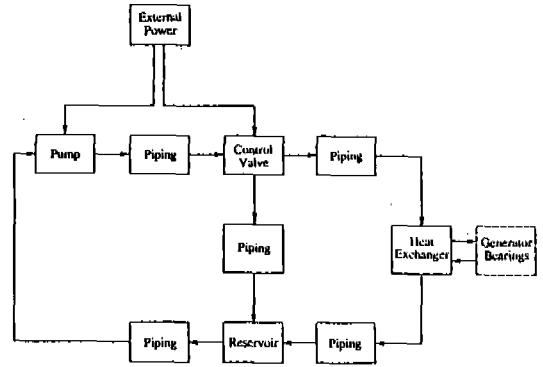


Fig.5 Reliability block diagram

이 예전의 문제를 완전히 해결할 것인지 또는 새로운 문제를 유발시킬 것인지를 판단할 수 있다.

#### (4) 신뢰성 도표

부품 사이의 직렬-병렬 구조를 보여주는 Fig.5의 신뢰성 도표는 매우 간단하지만 일단 완성되면 신뢰성의 취약 부분, 주요 경로가 무엇인지를 확인하고 분석하는데 도움을 준다. 상호간의 관계가 제대로 표시되도록 주의하여야 한다. 이 도표로부터 신뢰성 전문가는 신뢰성에 대한 수학적 모델을 작성할 수 있어서 여러 대안의 장점 및 신뢰성을 비교, 평가할 수 있다.

#### (5) 설계 점검

신제품의 개발 과정에서는 신뢰성을 공식적, 또는 비공식적으로 주기적으로 점검할 필요가 있다. 이 동안에 신뢰성에 대한 주요 문제점들이 제기되고 발생가능한 위험이 무엇인지를 알게 된다.

### 6. 신뢰성 시험

신뢰성 시험에는 비용이 소요되고, 실제 사용시의 조건을 그대로 재현하는 데에는 한계가 있는 어려움이 있다. 그럼에도 불구하고 시험은 신뢰성에 대한 유용한 정보를 제공하는 근원이 된다.

신뢰성 시험에는 그 목적이 무엇인지가 명확히 정의되어야 한다. 이렇게 되는 경우에만 시험 상태 및 횟수가 결정되고, 정확한 측정이 가능하며 필요한 자료가 수집된다. 이를

위하여는 경험이 많은 엔지니어의 주관적 판단으로 기대되는 결과를 예측하는 것이 좋은 방법이 된다. 이 예측이 시험을 관리하고 시험 결과의 타당성을 평가하는 지침으로 사용된다.

시험기간 중 의외의 고장이 발생하는 것은 흔한 일이다. 고장은 우연히 일어날 수 있으나 많은 경우에 실제 사용시 발생할 문제를 암시한다. 따라서 시험 중 발생하는 모든 고장은 조사 대상에 포함되어 그에 대한 통계가 작성되어야 한다. 일반적으로 신뢰성 향상을 위하여 다음과 같은 세 종류의 시험이 수행된다.

#### (1) 부품 시험

다른 설계와 비교하여 어떤 설계의 장점을 조사하거나 성능 한계를 알기 위하여 개별적 부품에 대하여 시험이 실시된다. 이 시험은 또한 설계의 타당성과 계산 방법의 타당성을 결정하는 데에도 사용될 수 있다. 이 시험은 설계 과정의 초기에 수행되어 부품이 시스템에 적합한 것인지를 판단하는 데 기여하여야 한다. 그러나 실제 사용시의 부하, 상호관계, 환경조건을 재현하기는 어려우므로 부품 시험의 결과가 신뢰성을 예측하는 데 사용되어서는 안된다. 이보다는 주요 부품의 기본적 취약점을 밝히는 데 사용된다.

#### (2) 시스템 시험

완제품 또는 조립 부품에 대한 최선의 시험 결과를 얻으려면 예상되는 작동조건과 매우 유사한 조건하에서 시험이 수행되어야 한다. 시스템 시험의 목적은 실제의 부하 및 실제의 환경조건하에서 부품간의 상호관계를 파악하려는 것이다. 이 시험에는 시험, 고장, 조치, 재시험을 반복하게 된다. 즉, 가장 취약한 연결 부위의 고장 종류를 찾아서 제거하고, 다음에 두번째로 취약한 부분을 찾아내어 제거하고, 이러한 식으로 계속하여 신뢰성의 수준이 적정선에 이를 때까지 반복한다.

#### (3) 신뢰성 과시 시험

세번째 종류의 시험은 제품이 주어진 기간 동안 제대로 작동할 수 있다는 것을 고객에게 과시하는 시험이다. 이 시험에는 비용이

많이 소요되므로 면밀히 계획되어 실행되어야 한다. 시험 대상인 부품 및 시험 조건은 최종 결과가 타당성을 갖도록 주의깊게 관리되어야 한다. 시험이 끝나면 제품을 완전히 분해하여 각 부품의 마모, 손상, 고장 발생의 징조 등을 검사하여야 한다.

## 7. 신뢰성 평가

개인의 건강 상태를 점검하는 신체검사에서 나타나는 주요 증상과 비교되는 신뢰성 평가는 문제점의 증상을 스스로 발견하기 위한 필수적인 과정이다. 제품의 주요 증상은 총 고장횟수, 고장율, 보증비용, 공장의 검사 및 검사보고서, 반품, 판매 후 서비스, 경쟁하는 제품의 신뢰성, 고객 및 대리점의 불평 등으로 부터 나온다.

대부분의 경우 이 데이터는 1년에 한, 두 번 정도 수집되어 분석된다. 어떤 제품에 대하여는 더 자주 분석되는 것이 필요하지만 대략 1년에 두 번 정도면 충분하다. 데이터는 수집되어 과거의 기준 또는 미리 정하여 놓은 기준과 비교된다. 이로부터 현재의 결과가 만족스러운 것인지가 판단되며, 시간에 따라서 신뢰성이 향상되고 있는지 또는 반대인지가 판단된다.

결과 및 결론은 문서화되어 경영진에 보고된다. 이 보고서에는 부품별로 현재의 결과, 양상, 추세가 기록되고 위험 가능성이 높은 분야가 무엇인지를 기록한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 어떠한 조치가 취하여져 왔고 현재는 어떠한 조치가 취하여지고 있는지를 기록한다.

상당히 복잡한 제품의 신뢰성을 향상시키기 위하여는 높은 위험과 신뢰성 문제를 갖고 있는 항목들의 목록표를 작성하여 관리한다. 위험의 발생 빈도를 감소시키기 위하여 어떠한 조치가 취하여지고 있는지를 파악하기 위하여 이 항목들을 주기적으로 점검하여야 한다.

이러한 평가과정은 제품의 신뢰성에 대한 한 순간의 상황을 보여준다. 이것은 신뢰성을 계속 점검하는 도구가 되고 신뢰성 하락의 증상

을 조기 경고하여 준다. 주기적으로 신뢰성을 평가하는 것은 시간과 노력을 많이 들이지 않고도 엔지니어와 경영자에게 유용한 정보를 제공하는 방법이 된다.

러한 기법들은 먼저 간단한 기법들을 적용하는 동안 경험을 쌓고, 신뢰성 분석을 완전히 이해하고 난 다음에야 적절하게 적용될 수 있다.

8. 결 론

참 고 문 헌

이상 거의 모든 제조산업에 적용될 수 있는, 신뢰성을 측정하고, 평가하고, 향상시키기 위한 간단하지만 매우 유용한 기법들을 소개하였다. 물론 이외에 매우 어렵고 복잡한 문제를 해결하기 위한 기법들이 있다. 그러나 이

1. J. A. Burgess, "Improving Product Reliability", Quality Progress, December, 1987.
2. 金成寅, 서비스산업에서의 품질관리, 潘文閣, 1989.