유기반도체 생산용 초정밀 로봇 시스템의 신뢰성 예측

Reliability Prediction of superprecision Robot System for Organic semiconductor

*#최영재[1], 홍원표[1], 강은구[1], 한석윤[2], 이남훈[2]
*#Y. J. Choi (youngjae@kitech.re,kr)[1], W. P. Hong[1], E. G. Kang[1], S. Y. Han[2], N. H. Lee[2]
[1]한국생산기술연구원 e가공공정팀, [2](주)두산 메카텍

Key words : Reliability Prediction, FMEA, FTA, MTBF, Failure Rate, System Reliability

1. 서론

신뢰성 분석의 시작은 신뢰도 예측 즉, 신뢰도의 수명예측에서 시작된다. 수명예측이란 시스템의 고장률을 예측하는 것으로 시스템의 수명과 그 당시의 단위 시간당 고장 발생 회수인 고장빈도와의 관계를 나타낸다.

Reliability ≡ Quality in Time Dimension

이에 신뢰성이란 요소 단품, 부품, 제품, 또는 시스템이 요구하는 기간 동안 주어진 사용 환경조건에서 정해진 신뢰 수준을 만족하며 설계된 기능을 고장없이 유지 하는 것이다.

신뢰성 기술이 중요시 되는 이유는 인공위성, 미사일, 공업 플랜트들이 복잡하고 다기능화의 제품구조를 갖고 있기 때문에 초고도의 신뢰도를 요하고 있기 때문이다. 특히 기계류 부품은 국가의 전략산업으로 산업에 많은 파급효과가 있으며, 기술 수준 또한 많이 향상 되었다. 해외에서는 1970년 이전부터 신뢰성 확보에 많은 노력을 기울여 왔다.

현재 국내에서는 각 부품의 신뢰성 확보를 위하여 부품 신뢰성 평가 센터를 설립 하는 등 많은 노력을 하고 있으나, 시스템에 대한 신뢰성 평가에 대해서는 많은 연구가 진행되지 않고 있다.[(1)(2)(3)] 기계 시스템과 같이 많은 부품이 조립되고, 사용 환경과 작업 조건 등이 다양한 경우 각 부품의 신뢰도가 아주 중요하다. 그러나 각 부품의 신뢰도 데이터의 부족으로 인하여 신뢰성 예측을 하는데 많은 어려움이 있으며, 신뢰성 평가를 위한 규격이나, 시험 방법 또한 구비되지 못하고 있는 실정이다.

2. 신뢰성 예측 방법 및 대상

신뢰성 예측은 신뢰성 평가를 하기 위한 시스템의 설계 단계이며 각 부품에 대해 요소별 신뢰성 예측을 하도록 되어있다 .

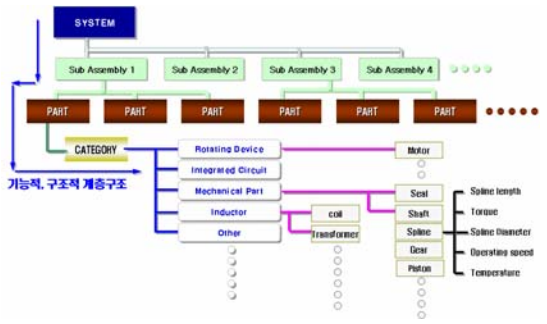


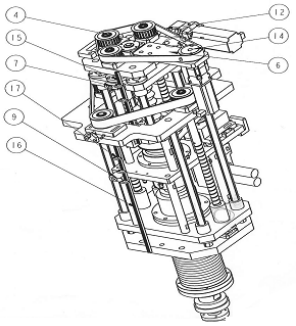
Fig. 1 Method of Reliability Prediction

신뢰성 예측은 각 요소별 부품의 설계 Spec을 기준으로 하며, 신뢰성 규격인 MIL-HDBK217 및 NPRD / EPRD(미국 신뢰성 센터)의 규격을 사용하여 각 부품별 신뢰성 예측을 수행하게 되며 예측 수행 시 요소 부품별 FMEA(고장모드 분석), FTA(고장나무 분석)을 수행하게 된다 .

신뢰성 예측을 수행할 때 제시한 FMEA, FTA를 기준으로 고장 판정의 기준 및 수준을 결정하게 된다.

본 연구에서는 신뢰성 예측을 위하여 Relex 7.7 Version Software를 사용하였다. 고장률 산출을 위해 NSWC (Naval surface warfare center) 규격서를 근거로 하여 신뢰도를 산출하였으며, 관련 부품이 없는 경우에는 NPRD (Nonelectronic part reliability data), EPRD (Electronic parts reliability data)를 이용하여 분석하였다.[(4)]

신뢰성 예측 대상 시스템(Up Down Module)은 다음과 같다. Up Down Module 회전형 시스템(Fig. 2)은 GLASS와 MASK를 합친 PATTERN으로 SHAFT부분이 계속 회전을 하면서 유기물을 빼내는 시스템이고 , Up Down Module 비 회전형 시스템(Fig. 3)은 GLASS와 MASK를 합친 PATTERN이 움직이지 않고 유기물만 빼내는 시스템이다.



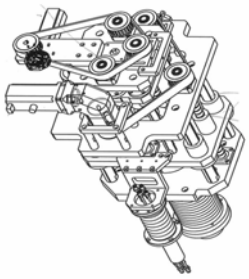


Fig. 2 Rotation Up Down Module
Fig. 3 Non-Rotation Up Down Module

3. 신뢰성 예측결과

신뢰성 예측 시에는 시스템을 각 부품 요소별로 계층 구조화하여 분석한 후, 각 부품의 신뢰성 데이터를 이용하여 신뢰성을 예측한다. Fig. 4과 같이 시스템의 계층 구조를 살펴보면 크게 MOTOR, ROTATION, UP DOWN의 세 가지로 분류되며 그 세 가지 블록과 관련된 부품요소들로 나뉜다.

MOTOR 쪽은 주요 구동축이 되는 SERVO MOTOR의 기능들로 MOTOR부분의 연결부품 등으로 나뉘고, ROTATION은 주요 중심 회전축을 기준으로 제품의 회전 부분의 기능으로, UP DOWN은 제품을 만들기 위해 필요한 상하 PLATE를 기준으로 냉각까지 연결되어 각 기능들이 분류된다.

MTBF는 고장율의 역수로 고장수리가 가능한 시스템에서 고장이 발생할 때까지의 평균시간을 말한다.

위 시스템의 설계 초기 Spec.을 기준으로 할 때, Up Down Module 회전형 시스템의 MTBF가 730시간으로 분석되었다. 취약부분으로 선정된 Bearing은 B10 Life 기준을 상향 조정하여 신뢰도를 높였으며, Bearing Type의 경우는 Ball Bearing 보다는 Roller Bearing을 선정했고, Shaft의 경우는 Base Failure Rate의 값을 0.1로 Cycles/Hour의 값도 0.1로 낮추고 단조형으로 선정하게 되면 Fig. 5와 같이 Failure Rate의 값이 감소하여 안정적인 값을 보이게 됐다.

회전형에서 보여 지는 바와 같이 각 부품 요소들에 대한 값이 다른 요소부품들에 비해 낮은 값을 보인다.

비 회전형도 마찬가지로 낮은 값을 보이며, MTBF의 값이

낮을수록 안정적인 시스템의 양상을 보인다.

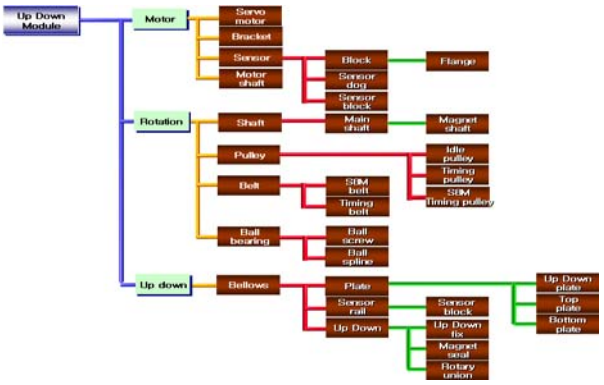


Fig. 4 Structure Drawing of System

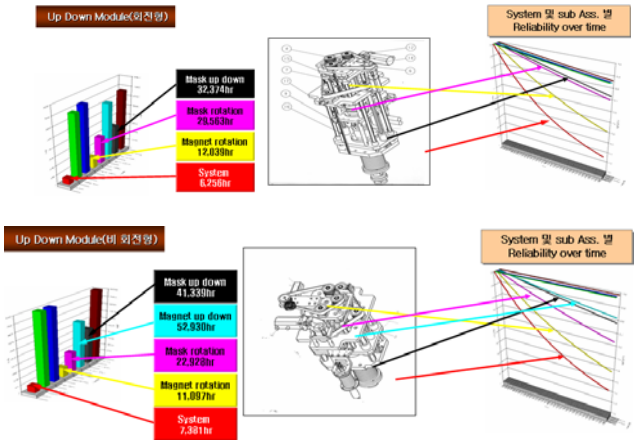


Fig. 5 MTBF of System & Reliability over time

시스템의 운영과정에서 생길 수 있는 위험 요소를 설계단계에서 체계적으로 정리, 분석하여 미래의 안전을 확보하기 위한 분석 방법으로써 시스템의 안정성과 위험도를 평가할 수 있다.

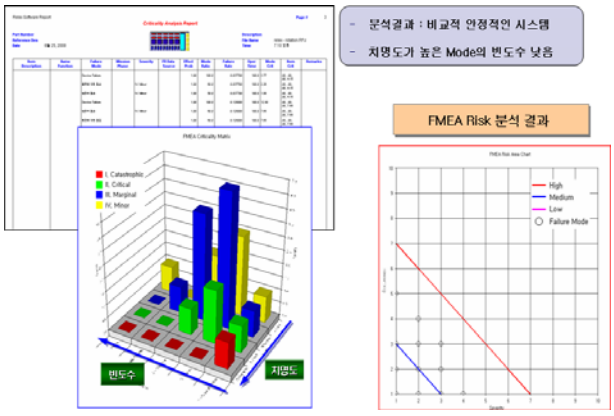


Fig. 6 FMEA Result of System

고장모드를 분석함으로써, 시스템의 치명적인 단일의 요소부품들의 고장모드에 대해 영향 및 원인을 쉽게 분석하여 파악하는 것이 용이해진다. 대상 시스템의 FMEA 분석을 통하여 각 고장모드와 빈도수, 치명도와의 관계를 분석한 결과는 Fig. 6과 같이 예측 할 수 있으며, 빈도수가 높은 고장모드의 경우 치명도는 상당히 낮은 결과를 보이며, 치명도가 높은 고장 모드의 경우는 빈도수가 상당히 낮아 시스템이 전체적으로 비교적 안정적인 시스템의 양상을 보인다고 할 수 있다.

4. 결론

시스템 신뢰성 예측을 통하여 초기 설계 단계에서의 시스템 MTBF가 730시간으로 분석이 되었다. 취약부분으로는 Pulley, Deep groove ball bearing, Main shaft 등으로 분석이 되었으며 취약부분의 설계 Spec.을 변경한 이후에 6,256시간으로 향상되었다. 추후 변경된 설계안을 통한 실제 시스템을 제작한 이후 시스템의 신뢰성 평가 및 현장에서의 고장 Data를 확보하여 신뢰성 예측의 정확도를 높여야 할 것이다.

후기

본 연구는 지식경제부의 “차세대 유기반도체 생산용 초정밀 로봇시스템 기술개발” 과제 연구비를 지원받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. J. Y. Song, Y. J. Ha, H. S. Lee, H. Y. Park, 2000, "Reliability Assessment and Design Review for Mechanical part & System", KSPE Spring Conference, pp 991-994
2. S. D. Ha, E. K. Lee, G. D. Pang. S. H. Park, 1999, " A Study on the Product Function Deployment for Design Support System Development", KSPE Fall Conference, pp 471-475
3. J. H. Kang, S. W. Lee, J. Y, Song, H. Y. Lee, C. H. Lee, H. S. Lee, 2000, "Reliability Evaluation System for advanced Mother Machine", KSPE Spring Conference, pp 991-994
4. Relex Software Corporation, 2003, "Relex 7 Visual reliability software reference manual" pp 7.1-7.48