

신뢰성경영시스템에서의 식스시그마 접근법

On the Six-sigma Approach in Dependability Management System IEC60300

김 종 곁* · 김 인 희** · 김 형 만**

Jong-Gurl Kim* · In-Hee Kim** · Hyung-man Kim**

Abstract

신뢰성 기술은 제품이 고장 없이 일정기간 사용할 수 있게 하는 기술로 시장점유율과 고객만족을 높이는 효과적이고 전략적인 필수 요소이다. 검사시점의 적합성에 대한 평가가 아닌 제품 및 시스템의 설계에서부터 폐기까지의 제품수명주기에 대한 신뢰성 평가를 다루는 제품의 신뢰성인증과 신뢰성경영시스템 인증 확보가 시급한 과제이다. 이를 위한 제품 수명의 평균과 분산을 효과적으로 관리할 수 있는 신뢰성 식스시그마 기술개발과 확보가 중요 현안과제이다.

정규분포를 가정한 대부분의 품질경영시스템에서의 식스시그마 접근법은 비정규분포를 따르는 신뢰성특성과 실험계획기법 등을 고려해야 하는 신뢰성 식스시그마에서의 적용의 한계가 많다.

본 연구에서는 품질혁신 방법론인 식스시그마 기법을 토대로 신뢰성경영시스템에서 맞는 식스시그마 구축의 방향성을 제시하고자 한다.

Keywords: 신뢰성경영시스템(Dependability Management System), IEC 60300, 식스시그마(Six-sigma)

1. 서 론

혁신 전략은 산업화 속에서 기업이 경쟁력을 갖기 위한 방법으로서 품질혁신과 고객만족을 달성하기 위해 전사적으로 실행하는 식스시그마가 하나의 방안으로 되고 있다. 국내·외로 많은 기업이 식스시그마를 운영 중에 있으며 그 효과성도 입증된 상태이다. 국내의 선진 기업들이 받아들이면서 경영혁신 운동의 총아로 자리매김 했고, 또한 전 계열사에 도입하기에 이르렀다.

* 성균관대학교 시스템경영공학과

** 성균관대학교 산업공학과

다만 식스시그마 기법은 품질특성치가 정규분포를 따른다는 가정 하에서 사용되어 왔는데 이런 정규 식스시그마 기법으로는 제품의 수명과 연관된 신뢰성 특성을 지닌 공정을 정확하게 평가하거나 관리하기 어렵다. 즉 신뢰성 경영시스템 안에서 비정규분포를 따를 때, 정규분포를 기본가정으로 하고 있는 식스시그마 기법을 사용하면 공정 능력을 과대평가할 위험이 있고 의미를 다르게 해석해 심각한 오류를 범할 수 있다.

신뢰성 기술은 제품이 수명기간동안 고장 없이 일정기간 사용할 수 있는 특성으로 제품의 설계단계에 미리 반영되어야 할 기본사양이며, 선진국과 후진국의 기술수준을 차별화 하는 질적 척도로 활용되고 있으나, 국내 산업구조는 설계기술의 대외의존성이 높아 원천기술인 신뢰성 수준은 선진국대비 상당히 낙후되어 있다[3][4]. 본 논문은 신뢰성경영시스템(IEC 60300)의 체계 하에서 식스시그마에 대한 연구를 하고자 한다.

2. 신뢰성 경영시스템 고찰

2.1 IEC 60300 규격의 주요 정의

본 규격은 단순하거나 복잡한 제품의 가용성을 기술하는 총체적 용어인 신인성(Dependability)을 다루고 있으며 이의 구성요소인 신뢰성, 보전성, 보전지원성의 정의는 다음과 같다[2].

- 1) 가용성은 요구되는 외부 자원이 제공된다는 가정 하에 주어진 조건하에서 주어진 시간이나 주어진 시간간격을 초과하여 요구되는 기능을 수행하기 위한 상태에서 능력이다[2].
- 2) 신뢰성은 주어진 조건하에서 주어진 시간 간격동안 요구되는 기능을 수행하는 능력이다[2].
- 3) 보전성은 주어진 조건하에서 정해진 절차와 자원을 사용하여 유지보수를 수행할 때, 요구되는 기능을 수행할 수 있는 상태를 유지하거나 이러한 상태로 복귀하는 능력이다[2].
- 4) 보전지원성은 주어진 조건하에서 주어진 보전 정책에 따라 항목을 유지하는데 필요한 자원을 제공하기 위한 보전 조직의 능력이다[2].

2.2 IEC 60300의 규격의 구성

IEC 60300의 국제 규격은 신뢰성 경영시스템의 규격으로서 구성은 아래 [표-1]과 같이 구성 되어있다[6][7][8][9][10][11][12][13][14][15][16][17][18][19][20][21].

제 1부는 경영시스템의 전반적인 내용을 다루고 있고, 제 2부는 신뢰성 경영시스템의 요소와 업무별 지침으로서 인증 시 요구사항을, 제3부는 각 요소와 업무에 필요한 응용지침들을 설명하고 있다. 본 국제표준은 대부분의 조직이나 프로젝트 요구를 충족시키는 신뢰성 경영시스템을 구성하는데 일반적인 지침을 제공한다.

[표-1] IEC 60300의 구성

구 성	내 용
300-1(2003)	제1부 : 신뢰성 경영시스템 (Dependability management systems)
300-2(2003)	제2부 : 신뢰성 경영지침 (Guidelines for dependability management)
300-3	제3부 : 응용지침 표준 (Application guide)
300-3-1(2003)	신뢰성 분석기법 (Analysis techniques for dependability)
300-3-2(2004)	신뢰성 현장자료의 수집 (Collection of dependability data from the field)
300-3-3(2004)	수명주기 비용 (Life cycle costing)
300-3-4(2007)	신뢰성 요구사항 명세화 (Guide to the specification of dependability requirements)
300-3-5(2001)	신뢰성 시험조건과 통계적 시험원리 (Reliability test conditions and statistical test principles)
300-3-9(1995)	기술적 시스템의 리스크분석 (Risk analysis of technological systems)
300-3-10(2001)	보전성 (Maintainability)
300-3-11(1999)	신뢰성기반 보전 (Reliability centered maintenance)
300-3-12(2001)	통합병참지원 (Integrated logistics support)
300-3-14(2004)	보전과 보전지원 (Maintenance and maintenance support)
300-3-16(2008)	보전지원 서비스의 명세화 (guidelines for specification of maintenance support services)

3. 식스시그마 고찰

3.1 식스시그마 방법론

식스시그마의 수행방법론은 전통적으로 CTQ(Critical To Quality)성과를 결정하는데 초점을 둔 DMAIC와 CTQ의 전반적인 디자인과 하부공정 최적화에 초점을 둔 DMADOV 이 두가지로 나눌 수 있다. DMAIC 방법론은 5단계인 정의(Define)-측정

(Measure)-분석(Analyze)-개선(Improve)-관리(Control)로 구성되며 특징은 이미 존재하는 제품이나 프로세스 개선 및 결함감소에 중점을 둔 반복적인 프로세스 개선 방법론이다. [그림-1]은 DMAIC 단계를 나타낸다.



[그림-1]은 DMAIC 단계

DMADOV 방법론은 6단계인 정의(Define)-측정(Measure)-분석(Analyze)-설계(Design)-최적화(Optimize)-검증(Verify)으로 구성되며 특징은 새로운 제품이나 프로세스의 개발 혹은 기존 제품이나 프로세스의 재설계 및 고객기대를 능가하는 프로세스 설계를 하기 위한 접근방법이다.

식스시그마 방법론이 품질경영시스템에서의 사용방법과 신뢰성경영시스템에서의 사용방법을 [표-2]에서 나타낸다.

[표-2] 품질경영시스템과 신뢰성경영시스템에서의 식스시그마 비교

	품질경영시스템 식스시그마	신뢰성경영시스템 식스시그마
시간	t=0	요구되는 시간 t까지 품질유지
결함유형	불량	고장
시그마의 단위	불량률(%)	고장률(단위)
시험 방법	규정된 시험기간 동안 시험 후 합부판정	고장이 발생할 때까지 계속 시험(수명산출)
평가 결과	합격 또는 불합격	고장률 또는 수명
분 포	정규분포	비정규분포
특 징	비교적 빠른 시일에 체제 구축이 가능	전문적 요소가 많고, 체제 구축에 장시간 소요

3.2 공정 관리 식스시그마 측정 방법

3.2.1 공정능력지수

식스시그마에서 공정능력평가 방법으로 주로 공정능력지수(process capability index)

를 사용한다. 공정능력지수는 C_p , C_{pk} , C_{pm} 등으로, 그 의미와 측정 방법에 따라 발전되어 왔다. C_p 는 규격한계 내에서 산포만을 고려하여 치우침이 없는 경우의 공정능력을 나타내며 그 식은 다음과 같다.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

산포만 고려한 C_p 는 품질특성의 평균이 USL 또는 LSL을 벗어났을 경우에는 이를 알 수 없기 때문에 공정의 치우침, 즉 평균을 고려하여 품질특성치가 목표로부터 얼마나 떨어져 있는가에 대한 C_{pk} 가 고안되었다. 그 식은 다음과 같다.

$$C_{pk} = \min\left(\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right)$$

C_{pm} 은 공정이 목표치(target value ; T)에 일치하도록 하기 위해 고안되었다. 이 식은 다음과 같다.

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}$$

공정능력지수를 통한 공정능력분석(process capability analysis)은 다음과 같은 기본적인 가정아래 수행할 수 있다[5].

- 공정이 관리상태에 있다.
- 표본은 공정을 대표한다.
- 공정 데이터는 정규분포를 따른다.
- 공정 데이터는 독립이다.

신뢰성관련 대다수의 공정 특성치는 비정규분포를 따르기 때문에 신뢰성 공정능력 평가를 위한 기술 및 지표개발이 시급하다.

3.2.2 DPMO

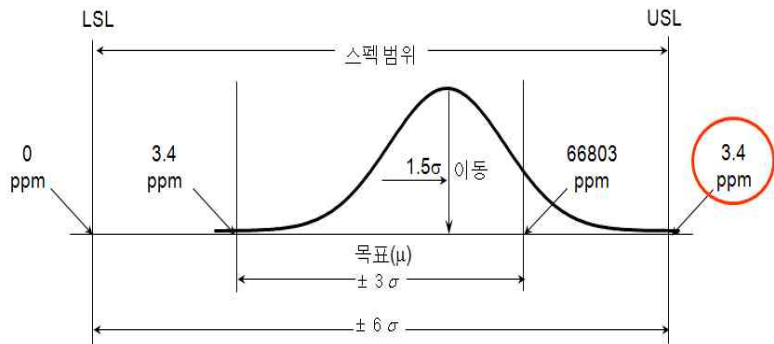
100만 번의 결함 기회 당 몇 번의 결함이 발생하는지로 환산하게 되면 시그마 수준을 측정할 수 있다. 이를 DPMO(Defects Per Million Opportunities)라고 한다. 이것은 또한 single ppm(defects counted in parts per million)이라고 하여 100만개 당 한 자릿수 결함을 나타내었다. 다음의 [표-3]와 [표-4]은 시그마 수준별 DPMO를 나타내고 [그림-2]은 정규분포에 기초한 시그마 수준별 결함비율을 나타낸다[1].

[표-3] 시스마 수준에 상응하는 DPMO

Sigma Level	DPMO
1	697,672
2	308,770,
3	66,811
4	6,210
5	233
6	3.4

[표-4] 시그마 수준에 상응하는 DPMO

Sigma Level	DPMO
1	317,300
2	45,500
3	2700
4	63
5	0.57
6	0.002



참조: Peter J. Billington and Ahmadian, "Motorola's Six-Sigma Quality Improvement," Decision Science Institute, Nov., 1990

[그림-2] 정규분포에 기초한 시그마 수준별 결함비율(1.5시그마 이동)

DPMO는 다음과 같은 공식으로 나타낼 수 있다. 여기서 DPU(Defects per Unit)은 하나의 생산 단위 당 몇 개의 결함을 가지는 것을 말한다.

$$DPMO = DPU \times 10^6$$

$$DPMO = \frac{\text{결함의 갯수}}{\text{총 제품의 갯수}} \times 10^6$$

신뢰성 식스시그마에서는 DPMO 등 불량률이 아닌 고장률 관련 지표(Failure rate, Failure in Time 등)를 적용하는 접근방법을 개발하여야 한다.

4. 신뢰성식스시그마로 전환

4.1 신뢰성 중심의 식스시그마 전환의 필요성

식스시그마는 CTQ(Critical To Quality)를 찾아서 문제를 해결하는 기법으로서 고객을 만족시키고 경쟁력 향상을 가능하게 한다. 식스시그마는 통계적도를 사용하여 품질 수준을 평가하고 객관적인 성과측정이 가능하다. 식스시그마의 수행은 3-1절에서 설명한 DMAIC와 DMADOV에서 DPMO(Defect Per Million Opportunities)의 6σ 수준을 목표로 하여 진행하게 된다.

식스시그마는 기본적으로 정규분포에 가정하여 설계되어 있다. 품질에 중요 인자를 효과적으로 개선하고자 하는 노력이므로, 검사시점의 적합성에 대한 평가 즉,불량제로(Zero Defect)를 지향한다. 그러나 고장률은 비정규분포에 기초하고 있기 때문에 제품의 설계에서부터 폐기까지 즉, 고장제로(Zero Failure)를 지향하며, 위의 통계적 측정치는 고장률에 기초하여 다르게 나타낼 수 있다. 즉 결과적으로 식스시그마로는 제품의 신뢰성과 관련된 특성, 즉 CTR(Critical To Reliability)을 해결해 줄 수 없다[1].

DMAIC의 단계 중 측정, 분석, 관리 등에 사용되는 통계적 기법들의 신뢰성 관련 기법으로 연결할 필요가 있다. 즉 결점(Defect)이나 불량률의 기준이 아닌 고장(Failure)에 대한 기준을 세워야 하며, 관리(Control)단계에서 사용되어야 하는 비정규에 대한 시그마의 고려사항을 해야 한다.

4.2 신뢰성 식스시그마

4.2.1 신뢰성의 척도

제품 또는 부품의 수명에 대한 정보는 제품수명의 확률밀도함수, 신뢰도함수, 고장률함수 등에 의하여 나타낼 수 있다. 신뢰성의 척도가 되는 것은 신뢰도함수로서, 이것은 신뢰도를 사용시간 t 의 함수로 나타낸 것으로 그 값은 시점 t 에 있어서의 생존확률이 된다. 신뢰성의 척도는 다음과 같다.

1) $R(t)$ -신뢰도 함수: 신뢰도 함수로서 어떤 제품의 수명이 주어진 시간 t 이상을 작동할 확률을 나타내는 함수이다. 신뢰도 함수는 감소 함수이며 $R(0)=1$, t 가 무한대이면 $R(t)$ 는 0에 가까워 진다. 그러므로 신뢰도 함수는 망대특성의 성질을 가진다.

2) $F(t)$ -고장분포 함수: 아이템이 t 시간 안에 공장 날 확률을 나타낸 함수이다. 고장분포 함수는 불신뢰도 함수라고도 불리며, 증가함수이다. $F(0)=0$, t 가 무한대이면 $F(t)=1$ 에 가까워 진다. 또한 $R(t)=1-F(t)$ 의 관계가 성립된다.

3) $h(t)$ -고장률 함수: t 시간까지 작동하던 아이템이 순간적으로 고장이 발생할 비율

또는 강도를 나타낸 함수이다. 고장확률함수는 해석하고 계산하기 편하기 때문에 통계 학자들이 임의로 만들었다. $f(t)/R(t)$ 의 관계가 있고 특히, 고장밀도함수가 지수분포일 경우 $h(t)$ 는 상수이며 시간이 지나도 변하지 않는다. 그러므로 고장률함수는 망소특성의 성질을 갖는다.

신뢰성과 관련된 분포의 신뢰성 척도는 [표-5]와 같다.

	지수분포	와이블분포(위치모수 $Y=0$ 으로 가정)	정규분포	대수정규분포
확률밀도 함수	$\lambda \exp(-\lambda t)$	$(\frac{m}{\eta}) \cdot (\frac{t}{\eta})^{m-1} \cdot \exp[-(\frac{t}{\eta})^m]$	$\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}]$	$[1/(\sigma t)]\phi[(\ln t - \mu)/\sigma]$, $0 < t < \infty, -\infty < \mu < \infty, \sigma > 0$
고장분포 함수	$1 - \exp(-\lambda t)$	$1 - \exp[-(\frac{t}{\eta})^m]$	$\Phi(\frac{t-\mu}{\sigma})$, $-\infty < t, \mu < \infty, \sigma > 0$	$\Phi[(\ln t - \mu)/\sigma]$
신뢰도함수	$\exp(-\lambda t)$	$\exp[-(\frac{t}{\eta})^m]$	$1 - \Phi(\frac{t-\mu}{\sigma})$, $-\infty < t, \mu < \infty, \sigma > 0$	$R(t) = 1 - \Phi[(\ln t - \mu)/\sigma]$
고장률함수	λ	$(\frac{m}{\eta}) \cdot (\frac{t}{\eta})^{m-1}$	$[\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}]]$ $/[1 - \Phi((t-\mu)/\sigma)]$	$\frac{\phi[(\ln t - \mu)/\sigma]}{t\sigma\{1 - \Phi[(\ln t - \mu)/\sigma]\}}$
누적고장률함수	λt	$(\frac{t}{\eta})^m$		
평균수명	$\frac{1}{\lambda} = \theta$	$\eta \cdot \Gamma(1 + \frac{1}{m})$	μ	$e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$
분산	$\frac{1}{\lambda^2} = \theta^2$	$\eta^2 [\Gamma(1 + \frac{2}{m}) - \Gamma^2(1 + \frac{1}{m})]$	σ^2	$(e^{2\mu + \sigma^2})(e^{\sigma^2} - 1)$

[표-5] 신뢰성과 관련된 분포의 척도

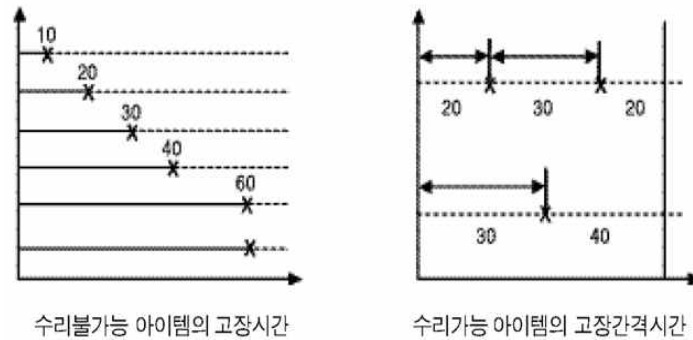
지수분포는 수명분포로 널리 사용되는 분포이며, 와이블 분포는 복잡한 제품의 고장을 나타내는데 적합한 수명분포이다.

그 밖에도 신뢰성과 관련 있는 분포로는 대수정규분포와 와이블분포를 일반화 한 감마분포, 베이저안 분포, 신뢰성 모형에서 사용되는 역감마 분포, 음로그감마 분포, 역정규 분포, 극한치 분포 등의 여러 형태의 신뢰성 분포가 존재한다.

신뢰성 식스시그마에서 다룰 수 있는 기본지표로 망대특성인 신뢰도함수, 평균수명과 망소특성으로 불신뢰도, 고장률, 분산 등을 사용할 수 있다.

4.2.2 신뢰성 식스시그마의 측정

신뢰성의 기본 측정은 수명관련 평균과 분산이다. 즉 고장 형태와 고장발생 시간에 따르는 분포와 척도가 품질의 DPMO와 같은 측정의 기준이 될 수 있으며, MTTF(Mean Time To Failure)와 MTBF(Mean Time Between Failure)는 신뢰성의 측정의 척도가 될 수 있다. [그림-3]에서와 같이 수리불가능 제품의 경우 MTTF, 수리가능 아이템 경우 MTBF를 통해 고장평군을 나타낼 수 있다[1].



[그림-3] 아이템에 따르는 고장평균 추정

신뢰성 식스시그마에서 주요 특성치는 제품수명의 평균과 분산이다. T는 평균수명에 대한 기댓값으로 표시되며 또한 T는 음의 값을 취하지 않는 확률 변수로서 다음과 같이 정의될 수 있다. 평균은 클수록 좋은 망대특성, 분산은 작을수록 좋은 망소특성으로 대다수 비정규분포를 가정하고 있다.

$$Max E(T) = \int_0^{\infty} tf(t)dt = \int_0^{\infty} R(t)dt$$

$$Min V(T) = E[T - E(T)]^2$$

3-2절에서 설명한 PCI나 DPMO의 추정 방법은 정규분포를 가정하여 설명한 것이기 때문에 비정규분포 성질을 갖는 신뢰성추정에는 적합하지 않다. 비정규분포의 효과적인 공정관리를 위한 다양한 방법론과 사례연구가 진행되어 왔으나, 대부분이 특정 분포 및 산업에 대한 부분적 연구이기 때문에 병용성이 보장되지 않는다.

신뢰성관련 제품별 공정별 특성치가 대부분 비정규분포를 따르기 때문에 각 고유의 분포함수에 맞는 접근방법이 개발되어야 한다. 이에 대한 추가적인 연구가 시급하다.

4.3 신뢰성 식스시그마 구축 전략

기존 식스시그마의 DMAIC 단계 중 측정 분야를 중심으로 다루어 보았다. 그 밖의 고객 요구파악 기법, 우선순위 선정, 프로세스 맵, 특성요인도, FMEA와 같은 기존 식스시그마와 방법론과 병행해도 무관한 도구는 언급하지 않았다[1]. 다만 신뢰성 분석시법은 IEC 60300-3-1, 데이터의 수집은 IEC 60300-3-2, 신뢰성 요구사항 명세화는 IEC 60300-3-4, 신뢰성의 통계적 시험원리는 IEC 60300-3-5, 시스템 신뢰성은 IEC 60300-3-15 등과 그밖에 TC 56의 신뢰성 지원 규격을 참조할 수 있다[1].

신뢰성은 품질보다 기술적 범위나 수학적 모델이 복잡하고, 영향을 받는 인자 또는 변동의 요소들이 비교할 수 없을 정도로 많다. 현재 신뢰성을 가정한 식스시그마에 대한 연구는 국내는 물론 해외에서도 전무한 상태이다.

신뢰성경영시스템에서의 식스시그마, 비정규분포를 따르는 신뢰성 특성치에 대한 실험계획법개발, 제품수명의 평균과 분산 등을 보다 효과적으로 관리할 수 있는 신뢰성 강건설계 기술개발과 구축이 시급한 전략적 과제이다.

5. 결론 및 추후연구방향

식스시그마가 지향하는 것은 불량을 최소화하는 즉 불량제로 ZD(Zero Defect)를 달성하기 위한 혁신기법이다. 그러나 신뢰성은 시간에 따르는 고장율에 대한 개념으로 ZF(Zero Failure)를 지향해야 한다.

신뢰성 기술과 경영시스템을 포괄한 IEC 60300은 우리나라로서 인증제도로 도입해야 할 국제규격이다. 그러나 신뢰성 기술은 고장물리, 고장분석, 시험설계 등의 고유 신뢰성 기술 등이 학제적으로 구성된 종합기술이기 때문에 기업에서 단시간에 적용하기에는 상당한 어려움이 있다.

본 연구에서는 기초연구로 신뢰성경영시스템(IEC 60300), 공정관리중심의 전통적 식스시그마를 고찰하고 분포함수 등 기본 전제가 다른 신뢰성 식스시그마 구축을 위한 기본 방향을 제시하였다.

6. 참 고 문 헌

- [1] 고재규, ISO 9001에서 IEC 60300의 효과적 도입 방안에 관한 연구, 석사학위 논문, 2009
- [2] 김종결, 정백운, 이문교, 김창수, 김형만, “신뢰성 경영시스템 수준 평가 방법”, 대한안전경영과학회, pp. 25-33, 2010.
- [3] 산업자원부, 부품·소재 신뢰성평가기반구축사업, 2001.
- [4] 산업자원부, 신뢰성 향상사업 중장기 발전 전략 정책연구, 2002.
- [5] Pignatello J., and Ramberg S., " Process Capability Indices; Just Say No", Transactions of ASQC 47 th Annual Quality congress, pp. 92-104, 1993.
- [6] IEC/TC 56, IEC 60300-1 ; Dependability management system, 2003
- [7] IEC/TC 56, IEC 60300-2 ; Guidelines for dependability management, 2003
- [8] IEC/TC 56, IEC 60300-3-1 ; Analysis techniques for dependability, 2003
- [9] IEC/TC 56, IEC 60300-3-2 ; Collection of dependability data from the field, 2004
- [10] IEC/TC 56, IEC 60300-3-3 ; Life cycle costing, 2005
- [11] IEC/TC 56, IEC 60300-3-4 ; Guide to the specification of dependability requirements, 2007
- [12] IEC/TC 56, IEC 60300-3-5 ; Reliability test conditions and statistical test principles, 2001
- [13] IEC/TC 56, IEC 60300-3-6(61713) ; Software dependability through the software life-cycle processes, 2000

- [14] IEC/TC 56, IEC 60300-3-7(61713) ; Reliability stress screening, 2006
- [15] IEC/TC 56, IEC 60300-3-9 ; Risk analysis of technological systems, 1995
- [16] IEC/TC 56, IEC 60300-3-10 ; Maintainability, 2001
- [17] IEC/TC 56, IEC 60300-3-11 ; Reliability centered maintenance, 1999
- [18] IEC/TC 56, IEC 60300-3-12 ; Integrated logistic support, 2001
- [19] IEC/TC 56, IEC 60300-3-14 ; Maintenance and maintenance support, 2004
- [20] IEC/TC 56, IEC 60300-3-15 ; Guidance on human factors engineering for system life cycle applications, 2007
- [21] IEC/TC 56, IEC 60300-3-16 ; Guidelines for specification of maintenance support services, 2008

저 자 소 개

김 종 결

서울대학교 계산통계학에서 석사
한국과학기술원 산업공학과에서 박사학위
현재 한국품질보증/PL 연구회 회장으로 활동
성균관대학교 시스템경영공학과 교수로 재직

김 인 희

남서울대학교 산업공학과를 졸업
현 성균관대학교 산업공학과 석사재학
관심분야: 신뢰성공학, 품질공학, 소프트웨어 품질관리, 리스크 경영공학, SPC

김 형 만

상지대학교 산업공학과를 졸업
성균관대학교 산업공학과 석사
성균관대학교 산업공학과 박사수료
상지대학교 경영정보학과 겸임교수 외래교수
관심분야: 신뢰성공학, 품질공학, TRIZ