> 안전관련 시스템의 하드웨어 고장확률 계산에 관한 기술지침

> > 2018. 11.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 서울과학기술대학교 류보혁
- 제·개정 경과
- 2018년 10월 리스크분야 제정위원회 심의(제정)
- 관련규격 및 자료
- IEC 61508-6 Edition 2.0 2010-04 Functional safety of electrical /electronic/programmable electronic safety related systems Part 6 Annex B: Guidelines on the application of IEC 61508-2 and IEC 61508-3
- 관련법규·규칙·고시 등
- 기술지침의 적용 및 문의
- 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 (www.kosha.or.kr)의 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 지침 내에서 인용된 관련귝격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2018년 11월 05일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

안전관련 시스템의 하드웨어 고장확률 계산에 관한 기술지침

1. 목 적

이 지침은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제327조(전자파에 의한 기계설비의 오작동 방지) 등에 따라, 사업장에서 설비, 공정제어 또는 안전장치를 위해 전기/전자/프로그램 가능형 전자장치 기반으로 구성된 안전관련 시스템의 하드웨어 고장확률 계산에 필요한 사항을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

- (1) 이 지침은 전기/전자/프로그램 가능형 전자장치 기반으로 구성된 안전관련 시스템의 하드웨어의 고장확률을 계산하기 위한 방법 중 저요구 모드의 신뢰도 블록다이어그램 (Reliability Block Diagram, 이하 "RBD" 라 한다) 방법론에 한하여 적용한다.
- (2) 이 지침은 다음의 가이드를 인용 또는 보완하여 적용할 수 있다.
 - (가) X-77(안전관련 시스템의 공통원인고장의 영향 정량화에 관한 기술지침)
 - (나) E-149(제어시스템에서의 안전무결성등급(SIL) 결정에 관한 지침)
 - (다) M-191(안전제어시스템 설계를 위한 평균위험고장시간 계산지침)
 - (라) M-192(기계안전을 위한 제어시스템의 안전관련부품류 설계 기술지침)

3. 용어의 정의

- (1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.
 - (가)"전기/전자/프로그램 가능형 전자장치(Electric/Electronic/Programmable electronic devices)"라 함은 전기/전자/프로그램이 가능한 전자기술을 기반으로 한 장치를 말한다.
 - (나) "프로그램 가능형 전자장치(Programmable electronic devices, PED)"라 함은 하 드웨어, 소프트웨어 및 입출력 장치로 구성된 컴퓨터 기술을 기반으로 한 전자장치를 말한다.
 - (다) "안전관련 시스템(Safety-related system)"이라 함은 운전설비의 안전상태를 유지하도록 안전기능을 수행하는 전기/전자/프로그램 가능형 시스템, 기타 다른 기술로 구성된 시스템 또는 외부의 리스크 감소 설비 등을 말한다. 이 지침에서는 "안전계장기능" 또는 "안전계장설비"를 말한다.
 - (라) "안전기능(Safety function)"이라 함은 안전계장기능, 또는 다른 기술적 안전(관련)시스템 또는 외부 리스크 저감설비에 의한 수행되는 기능으로 안전한 상태를 유지하거나 성취하기 위한 기능을 말한다.
 - (마) "안전계장기능(Safety instrumented function, SIF)"이라 함은 높은 안전무결성수 준(safety integrity level, SIL)을 지닌 안전기능으로, 여러 가지의 하부시스템의 조합으로 구성되어 있는 것을 말한다.
 - (바) "하부시스템(Subsystem)"이라 함은 안전계장기능의 작동을 위한 시스템으로써 감지부, 논리기, 조작부 등으로 개별 채널과 이를 연결을 위한 전자인터페이스를 포함한 조합을 말한다.
 - (사) "채널(Channel)"이라 함은 안전계장기능의 하부시스템을 구성하는 감지부 (sensors), 논리기(logic solver) 및 조작부(final elements) 중의 하나를 말한다.

- (아) "안전계장설비(Safety instrumented system, SIS)"이라 함은 하나 또는 그 이상 의 안전계장기능 및 관련 부속설비를 통합한 계장시스템으로 안전관련 시스템의 일종을 말하며, 운전조건을 벗어난 상태가 발생했을 때, 해당공정을 안전하게 정지시키거나, 리스크를 저감하기 위한 설비를 말한다.
- (자) "안전무결성(Safety integrity)"이라 함은 안전(관련)시스템이 주어진 시간동안 모든 운전상태에서 요구되는 안전기능을 만족스럽게 수행할 수 있는 확률을 말한다.
- (차) "요구시 고장확률(Probability Failure on Demand, PFD)이라 함은 안전관련 시스템 등의 하부시스템을 구성하는 요소 등과 같이 안전 기능 작동이 요구될 시점에 고장이 발생하여 작동이 되지 않을 수 있는 확률을 말한다.
- (카) "위험감소분률(Risk Recuction Fraction, RRF)"이라 함은 요구시 고장확률의 역 의 개념으로 정수로 나타내기 위한 수치를 말하며, 식은 1/PFD 이다.
- (타) "안전무결성수준(Safety integrity level, SIL)"이라 함은 전기/전자/프로그램 가능형 전자장치로 구성된 안전관련 시스템에서, 안전기능의 안전무결성 요건을 <표 1> 과 같이 명시한 불연속의 수준(1~4)을 말한다.

<표 1> 안전관련 시스템의 안전무결성수준(SIL) 구분

SIL 요구수준	요구시 고장확률(PFD)	RRF=(1/PFD)
SIL 1	$10^{-2} \le PFD \le 10^{-1}$	10≤RRF ≤100
SIL 2	$10^{-3} \le PFD \le 10^{-2}$	100≤RRF ≤1,000
SIL 3	$10^{-4} \le PFD \le 10^{-3}$	1000≤RRF ≤10,000
SIL 4	$10^{-5} \le PFD \le 10^{-4}$	10,000≤RRF ≤100,000

(파) "신뢰도 블록다이어그램(Reliability block diagram, RBD)"이라 함은 설비의 전체 시스템의 신뢰도(또는 고장률)를 결정하기 위해 활용할 수 있도록 각 부품(요소) 들과 그 연결 관계를 도식화하여 펼쳐 놓은 그림을 말한다.

KOSHA GUIDE

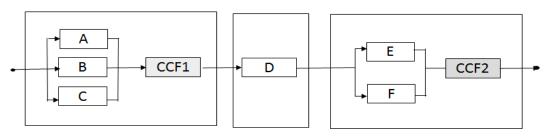
X - 77 - 2018

- (하) "공통원인고장(Common cause failure, CCF)"이라 함은 안전계장설비에 전원공급 중단과 같이 한가지의 고장원인이 설비 전체의 고장으로 이어지는 원인고장이나, 하부시스템의 채널 모두에 공통의 영향을 미치는 원인고장을 말한다. 이 지침에 서는 채널에 공통의 영향을 미치는 원인고장에 한한다.
- (거) "저요구 모드(Low demand mode)"라 함은 안전관련 시스템과 같이 이상이 발생이 할 때 작동하는 요소로, 작동이 가끔 일어나는 채널의 고장률(λ)로써 시간당고장 횟수(회/h) 또는 연당 고장 횟수(회/vear)로 표현하는 것을 말한다.
- (너) "고요구 모드(High demand mode)"라 함은 공정제어관련 시스템과 같이 운전 중에 작동이 지속적으로 일어나는 채널의 고장률(λ)로써 시간당 고장 횟수(회/h)로 표현하는 것을 말한다.
- (다) "안전고장분율(Safety Failure Fraction, SFF)"이라 함은 장치(부품)의 총고장률 (λ) 중에 안전한 고장률 (λ_S) 과 위험한 검출 고장률 (λ_{Dd}) 의 합의 분율을 말한다.
- (2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙 에서 정하는 바에 의한다.

4. 고장 확률계산 시 고려사항

4.1 일반 사항

(1) 안전관련 시스템이 3 개의 감지부(A, B, C), 1 개의 논리기(D), 2개의 조작부(E, F), 및 공통요인고장(CCF)으로 안전 루프가 구성되어 있다고 가정하면, 이와 관련된 RBD는 <그림 1>과 같이 표현할 수 있다.

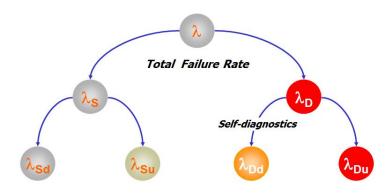


<그림 1> 전체 안전관련 시스템의 RBD의 예

- (2) 5 개의 구성요소들의 고장률을 결합하면 해당 안전관련 시스템의 고장률을 구할 수 있다.
- (3) 5 개 요소들을 최소 컷셋(minimal cut set)이라 한다.
 - (가) (A, B, C)는 3중 고장
 - (나) (E, F)는 2중 고장
 - (다) (D), (CCF1), (CCF2)는 단일 고장

4.2 안전계장기능의 고장형태 분류

- (1) 안전계장기능의 고장률(λ)은 고장의 형태에 따라 "안전한 고장률(safe failure rate, $\lambda_{\rm S}$)"과 "위험한 고장률(dangerous failure rate, $\lambda_{\rm D}$)"로 나눈다. 이를 <그림 2> 및 <표 2>와 같이 4가지로 분류하여 정의 할 수 있다.
- (2) "안전한 고장률(λ_S)"은 고장이 나면 안전기능의 작동 시 이상을 줄 수 있으나, 안전 관련 시스템의 안전무결성에 영향을 주지 않는 고장률이다.
- (3) "위험한 고장률 (λ_D) "은 고장이 날 경우 안전기능의 작동 수행에 이상을 줄 수 있는 고장률이다.



*S: safe, D: dangerous, d: detected, u: undetected

<그림 2> 안전계장기능의 고장형태 분류

- (4) 고장 중에서는 "안전한 고장률(λ_S)"과 "위험한 고장률(λ_D)" 중에 "위험한 검출 고장률(λ_{Dd})"은 안전기능에 영향을 주지는 않는다. "위험한 미검출 고장률(λ_{Du})"만이 안전기능의 이상에 영향을 준다.
- (5) 따라서 안전관련 시스템 및 안전계장기능의 요구시 고장 평균확률(PFD $_{avg}$) 계산 시에는 유일하게 "위험한 미검출 고장률(λ_{Du})"이 사용된다.

고장형	태	정의 및 설명
안전한	검 출 (λ_{Sd})	요소(부품)가 고장이 나면, 궁극적으로 하부시스템에 안전한 상태(safe state)를 가져온다. 예, 에너지 방전 모듈 출력에서 출력이 발생할 경우 연결된 밸브가 잠김.
	미검출 (入 _{Sd})	요소(부품)가 고장이 났는데도 불구하고 기능이 지속된다. 예, 한 입력 모듈의 고장이 없으나 전방의 LED의 표시기가 고장상태임.
위험한	검출 (λ _{bd})	요소(부품)가 안전기능을 수행할 수 없으나, 그 고장 상태를 이미 알고 있는 경우임.
TEU	미검출 (ኤա)	요소(부품)가 안전기능을 수행할 수 없으며, 이 사실을 모르는 경우로 서, 요구시 작동이 되지 않을 것임.

<표 2> 4 가지 고장형태의 분류

4.3 하부시스템 구조의 결정

(1) 안전관련 시스템의 하부시스템(subsystem)의 구조(architecture)는 KS C IEC 61508 part 2(2010)에서는 엄격하게 제한을 하고 있으며, "최소 하드웨어 고장허용치 (Minimum Hardware Fault Tolerance, HFT)"를 요구한다.

- X 77 2018
- (2) KS C IEC 61508 에서는 사용된 장치(부품)와 구조에 따라 최고로 높은 단계의 안전 무결성수준이 결정되므로 다음과 같이 3가지 조건을 요구한다.
 - (가) 하부시스템에 대한 구조적 제한(architectural constraints); 최소 하드웨어 고장 허용치(HFT) 평가
 - (나) 안전고장분율(Safe Failure Fraction, SFF) 계산 및 적용
 - (다) 요구시 고장 평균확률(PFDavg)
- (3) 안전고장분율과 최소 하드웨어 고장허용치의 적용은 다음과 같이 수행한다.
 - (가) Type A는 구성된 모든 하위시스템 요소(부품)의 고장유형이 쉽고, 명확한 고장 데이터가 확보된 간단한 조작부 요소(부품)들(예, mechanical devices, simple electronic devices, isolator, solid-state relay 등)에 <표 3,a)> 와 같이 적용한다.

요소의	HFT**				
안전고장분율(SFF)∗	0	1	2		
SFF<60 %	SIL 1	SIL 2	SIL 3		
60 % ≤SFF<90 %	SIL 2	SIL 3	SIL 4		
90 % ≤SFF<99 %	SIL 3	SIL 4	SIL 4		
SFF ≥90 %	SIL 3	SIL 4	SIL 4		

<표 3.a)> A형 요소(부품)의 최소 HFT

- (나) Type B는 Type A의 이외의 것들로 sensor transmitter, logic solver 등 복잡하고, 전자 부품의 모든 것들에 <표 3, b)>와 같이 적용한다.
- (다) 예를 들면 하나의 smart sensor(type B)는 안전한 고장분율(SFF)=91 %로 안전계 장기능의 SIL 3 수준을 사용된다고 할 경우,
 - ① 단계 1: Type B 이므로, <표 3, b)>를 선택한다.
 - ② 단계 2 : SFF의 구간 90 %≤SFF≤99 %를 선택한다.

KOSHA GUIDE

X - 77 - 2018

③ 단계 3 : 목표 SIL 3를 찾으면 HFT = 1임을 알 수 있다.

④ 단계 4: N+1(1+1)인 smart sensor는 2 개를 설치하여야 한다.

<표 3.b)> B형 요소(부품)의 최소 HFT

요소의	HFT**				
안전고장분율(SFF)*	0	1	2		
SFF<60 %	허용 불가	SIL 1	SIL 2		
60 % ≤SFF<90 %	SIL 1	SIL 2	SIL 3		
90 % ≤SFF<99 %	SIL 2	SIL 3	SIL 4		
SFF ≥90 %	SIL 3	SIL 4	SIL 4		

* SFF = (safe detected failure rate+ safe undetected failure rate+dangerous detected failure rate)/total failure rate

** HFT에서 N이란 N+1 개의 결합이 안전기능의 확보를 의미함.

(4) 안전계장기능의 안전무결성수준(SIL)을 결정할 경우 구조적 제약 평가결과에 따라 하위시스템의 각 요소(부품)의 가지고 있는 값 중 가장 낮은 수준으로 결정한다. 예를 들면, 하위시스템의 각 요소(부품)의 안전무결성수준이 SIL 4와 SIL 3 로 분포되어 있을 경우 최종 안전계장기능은 SIL 3로 결정한다.

4.4 안전관련 시스템의 평균 고장시간 산출

- (1) 안전관련시스템은 저요구모드를 적용하여 요구시 고장평균확률(PFD_{avg.})을 계산한다.
- (2) 요구시 고장 평균확률은 기간 [0, T]에서의 평균정지시간(Mean Down Time, 이하 "MDT" 라 한다)의 비율로 단순히 MDT(T)/T로 표현한다.
- (3) 안전(관련) 시스템의 대부분은 고장확률이 매우 낮으므로, 동시에 2개의 최소 컷셋이 일어나는 고장확률은 무시한다.
- (4) 따라서 각 컷셋의 MDT의 합이 보수적으로 전체 시스템의 MDT로 추산할 수 있다. <그림 1>의 불럭다이어그램에 대한 MDT는 식 (1)과 같이 추산할 수 있다.

^{***} source IEC 61508 part 2, table 2 and 3

$$MDT \approx MDT^{ABC} + MDT^{D} + MDT^{EF}$$
 (1)

(5) 식 (1)를 시간 T로 나누면 식 (2)와 같이 요구시 고장 평균확률을 구할 수 있다.

$$PFD_{avg} \approx PFD_{avg}^{ABC} + PFD_{avg}^{D} + PFD_{avg}^{EF}$$
 (2)

- (6) 직렬의 경우 PFD_{avg} 계산은 값 1보다 아주 작은 수일 경우에는 보통 확률을 계산하는 것과 매우 유사하다.
- (7) 그러나 (E, F) 요소와 같이 기능 실패(고장) 전에 요구되는 여러 건의 고장이 병렬 인 경우에는 MDT^{EF}를 MDT^E, MDT^F에서 직접적으로 단순하게 계산할 없으며, (E, F) 요소의 MDT는 식 (3)과 같이 계산할 수 있다.

$$MDT^{EF} = \int_{0}^{T} PFD^{E}(t)PFD^{F}(t)dt$$
(3)

- (8) 이에 따라 보통의 확률적 계산(더하기 및 곱하기)으로는 병렬의 경우 PFD_{avg} 계산을 단순하게 할 수 없으며, 정확한 확률값을 얻을 수 없다.
- (9) 그러므로, 안전관련 시스템의 PFD_{avg} 는 전통적인 방법으로 여러개 요소의 PFD_{avg.i} 로부터 계산할 수 없다.
- (10) 안전관련 시스템의 PFD_{avg} 는 분석적인 방법 또는 Monte Carlo 방법론을 수행하여야 한다. 여기서는 전통적인 Boolean 기반의 RBD를 수행한다.

5. 하드웨어 고장률의 계산 방법

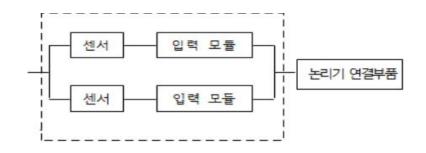
5.1 계산 시에 필요한 가정

다음의 가정을 근거로 한 후 계산을 수행한다.

X - 77 - 2018

- (1) 시스템의 요구시 평균 고장확률은 10^{-1} 이하 이거나 평균 고장빈도는 10^{-1} /년 이하이다.
- (2) 각 요소(부품)들의 고장률은 시스템 수명 기간에는 일정하다.
- (3) 감지부는 센서(들), voting, 및 입력모듈 등 다른 요소들로 구성되며, 이는 연결선으로 이어진다. 다만, <그림 3>과 같이 센서와 센서간에 신호는 연결되지 않는다.
- (4) 논리기는 감지부로부터 신호를 받는 입력모듈과 연결되며, 조작부에 신호를 주는 출력모듈을 포함한 여러 요소(들)로 구성되어 있다.
- (5) 조작부는 논리기에서 받은 신호를 최종 수행(actuator 등)하는 요소(들)로 구성되어 있으며, 이는 연결선으로 이어진다.
- (6) 하드웨어 고장률은 계산식이 사용되며, 기존 표의 값은 하부시스템이 단순 채널인 경우 사용한다.(예, 2003 voting 감지부가 사용된다면, 하나의 센서를 위해 고장률은 표의 값을 사용되고, 2003의 voting효과는 별도로 분리하여 계산한다.)
- (7) voting 그룹이 있는 채널들은 동일한 고장률을 가지며, 자가진단 기능을 갖는다.
- (8) 하부시스템 채널의 전체 하드웨어 고장률(λ)은 위험한 고장률(λ_D)과 안전한 고장률 (λ_S)의 합이다. 이들 고장률은 동일하다고 가정한다.
- (9) 각각의 안전기능을 위해 완전한 보증시험(proof test) 및 보수가 이루어진다. (즉, 검출되지 않고 남아 있는 모든 고장들은 보증시험 시에 검출됨)
- (10) 보증시험의 주기는 평균보수시간(Mean Repair Time, 보통 8 시간으로 가정, 이하 "MRT"라 한다)에 비해 상당히 긴 기간으로 6 개월 이상이다.
- (11) 하부시스템별로 보증시험과 MRT를 가진다.
- (12) 자기진단 기능을 갖는 하부시스템인 경우 평균복구시간(Mean Time To Restoration, MTTR)에는 고장 검출과 보수시간이 포함된다.

(13) 채널이라는 용어는 <그림 3>과 같이 안전계장기능의 요소로서 대체로 감지부, 논리기 및 조작부 등 하부시스템 중의 하나이다.



<그림 3> 2 개의 센서로 구성된 안전계장기능의 감지부 구성의 예

5.2 요구시 고장 평균확률 계산

5.2.1 계산 과정

- (1) 안전계장기능의 구성 요소 중 1개만 고장이 나면, 안전기능이 완전히 고장이 난다.
- (2) 안전계장기능의 하부시스템 요소(부품)의 미검출 고장을 계산할 수 있기 때문에 전체 안전계장기능의 수행하지 못할 가능성(확률)은 계산할 수 있다.
- (3) 따라서 전체 안전계장기능이 감지부, 논리기 및 조작부로 <그림 4>와 같이 하부시스템으로 구성되어 있다면, 하부시스템 구성 개별 요소의 요구시 고장 평균확률 (PFDavg)로부터 전체 PFD_{SYS-avg} 는 식 (4)과 같이 각 요소의 요구시 고장확률을 더해서 계산한다.

$$PFD_{SYS \cdot avg} = PFD_S + PFD_L + PFD_{FE}$$
 (4)

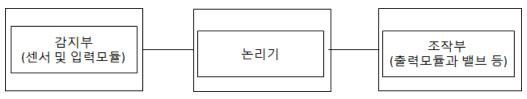
여기서

PFD_{SYS-avg}: 안전관련 시스템을 위한 안전기능의 요구시 고장 평균확률

 PFD_{S} : 감지부를 위한 요구시 고장 평균확률 PFD_{L} : 논리기를 위한 요구시 고장 평균확률

PFD_{FE}: 조작부를 위한 요구시 고장 평균확률

(4) 안전계장기능의 요구시 고장확률(PFD) 계산에 필요한 약어 및 정의는 <별표 1> 과 같다



<그림 4> 안전계장기능의 하부시스템 구성

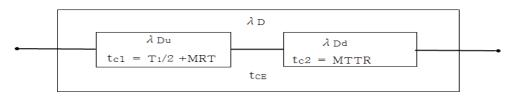
5.2.2 각 구조 및 연결구성에 따른 계산

5.2.2.1 1 out of 1 voting 기능

- (1) 안전계장기능의 하부시스템은 <그림 5> 및 <그림 6>의 불럭다이어그램과 같이 1개의 채널로 구성되어 있으며, 채널의 "위험한 고장률(\(\lambda_D\))"이면 안전기능의 상실하는 경우이다.
- (2) 1 개 채널을 위한 위험한 고장률은 식 (5) 와 같다.



<그림 5> lool 물리적 불럭다이어그램



<그림 6> 1oo1 신뢰도 불럭다이어그램

$$\lambda_{\rm D} = \lambda_{\rm Dd} + \lambda_{\rm Du} \tag{5}$$

(3) <그림 6>은 2 개의 요소들의 결합을 고려한 것이다. 1 개는 미검출된 고장의 결과로 위험한 미검출 고장률(λ_{Du})이며, 다른 1 개는 검출된 고장의 결과로 위험한 검출 고장률(λ_{Dd})이다.

(4) 양 요소의 개별 정지시간 t_{c1}과 t_{c2}을 더한 평균정지시간 t_{CE}에 상당하는 기간으로 계산할 수 있다. 이는 식 (6)과 같이 각 요소별 채널 고장확률의 비율로 나타낸다.

$$t_{CE} = \frac{\lambda_{Du}}{\lambda_D} \left(\frac{T_1}{2} + MRT \right) + \frac{\lambda_{Dd}}{\lambda_D} MTTR$$
 (6)

(4) 안전계장기능의 모든 하부시스템에서 위험한 검출 고장률 (λ_{Dd}) 과 위험한 미검출 고장률 (λ_{Du}) 은 식(7) 과 같다.

$$\lambda_{\text{Du}} = \lambda_{\text{D}}(1-\text{DC}); \ \lambda_{\text{Dd}} = \lambda_{\text{D}}\text{DC}$$
 (7)

(5) 위험한 고장의 결과로부터 정지시간 t_{CE}기간의 요구시 고장확률은 식 (8)과 같다.

PFD =
$$1 - e^{-t_{CE}\lambda_D}$$
 $\approx \lambda_D t_{CE}$ $\Leftrightarrow 2 \mid \lambda \mid \lambda_D t_{CE} \ll 1$ (8)

(6) 따라서, 1oo1 하부시스템 구성의 요구시 고장 평균확률(PFD_G)은 식 (9) 와 같이 계산한다.

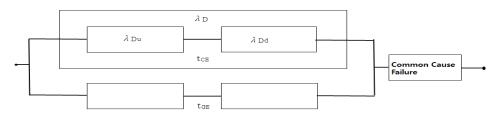
$$PFD_G = (\lambda_{Dd} + \lambda_{Du})t_{CE}$$
 (9)

5.2.2.2 1 out of 2 voting 기능

- (1) 안전계장기능의 하부시스템이 <그림 7> 및 <그림 8>의 불럭다이어그램과 같이 2개의 채널이 병렬로 구성되어 있으며, 각각 안전기능을 수행할 수 있다.
- (2) 요구 시 안전기능이 작동하지 않으려면, 안전기능이 요구 이전에 양 채널에서 위험한 고장이 있어야 한다.
- (3) 자가진단시험은 발견된 결함만 보고할 뿐이며, 어떤 출력상태의 변화나 출력 voting의 변화가 없다고 가정한다.
- (4) 1002는 주로 조작부의 솔레노이드 밸브 연결에 활용한다.



<그림 7> 1002 물리적 불럭다이어그램



<그림 8> 1002 신뢰도 불럭다이어그램

(5) 하부시스템의 정지시간에 상당하는 t_{GE} 기간은 식 (10)과 같이 계산할 수 있다.

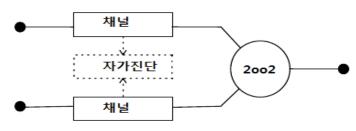
$$t_{GE} = \frac{\lambda_{Du}}{\lambda_{D}} \left(\frac{T_{1}}{3} + MRT \right) + \frac{\lambda_{Dd}}{\lambda_{D}} MTTR$$
 (10)

(6) 1002 하부시스템 구성의 요구시 고장 평균확률(PFD_G)은 식 (11)과 같이 계산한다.

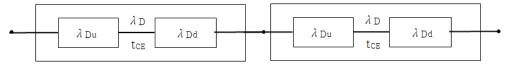
$$PFD_{G} = 2[(1-\beta_{D})\lambda_{Dd} + (1-\beta)\lambda_{Du}]^{2}t_{CE}t_{GE} + \beta_{D}\lambda_{Dd}MTTR + \beta\lambda_{Dd}\left(\frac{T_{1}}{2} + MRT\right)$$
(11)

5.2.2.3 2 out of 2 voting 기능

- (1) 안전계장기능의 하부시스템이 하부시스템이 <그림 9>및 <그림 10>의 불럭다이어그램과 같이 2개의 채널이 병렬로 구성되어 있다.
- (2) 이 경우 2 개의 안전기능의 작동이 요구되며, 동시에 안전기능이 작동된다.
- (3) 자가진단시험은 발견된 결함만 보고할 뿐이며, 어떤 출력상태의 변화나 출력 voting의 변화가 없다고 가정한다.
- (4) 2oo2 하부시스템 구성의 요구시 고장 평균확률(PFD_G)은 식 (2-22)와 같이 계산되며, 1oo1의 2배에 해당한다.
- (5) 대부분 안전무결성수준(SIL) 3 이상을 요구할 경우, 조작부의 솔레노이드 밸브 연결에 활용하며, 감지부를 2002로 구성할 경우에는 오작동 등 잘못된 고장 확률을 줄일수 있다.



<그림 9> 2002 물리적 불럭다이어그램



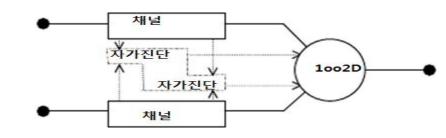
<그림 10> 2002 신뢰도 불럭다이어그램

(6) 2002 하부시스템 구성의 요구시 고장 평균확률(PFD_G)은 식 (12)와 같이 계산 되며, 1001의 2배에 해당한다.

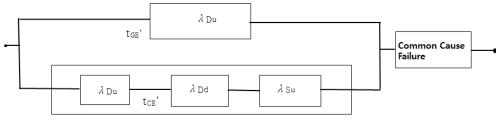
$$PFD_{G} = 2\lambda_{D}t_{CE}$$
 (12)

5.2.2.4 1 out of 2D voting 기능

- (1) 안전계장기능의 하부시스템이 <그림 11> 및 <그림 12>의 불럭다이어그램과 같이 2개의 채널이 병렬로 구성되어 있다.
- (2) 정상 작동 중에는 양 채널이 동시에 발생하도록 안전기능을 요구한다. 추가로, 만약 어느 한쪽채널의 자가진단시험에서 결함이 발견되면, 출력 voting은 다른 채널에 주어진 모든 상태로 전체가 출력된다.
- (3) 자가진단시험에서 양 채널 모두에서 결함이 발견되거나 한쪽 채널에서 할당의 불일치가 발견된다면, 출력은 안전한 상태이다.
- (4) 채널간 불일치를 검출하기 위해, 각각 채널은 독립적인 방법을 통해 다른 채널의 상태를 결정할 수 있다.



<그림 11> 1002D 물리적 불럭다이어그램



<그림 12> 1002D 신뢰도 불럭다이어그램

(5) 각각의 안전한 검출 고장률(λ_{Sd})는 식 (13) 과 같이 구한다.

$$\lambda_{\rm Sd} = \lambda_{\rm S} DC$$
 (13)

(6) 하부시스템의 정지시간에 상당하는 t'CE 및 t'GE 기간은 각각 식 (14) 및 식 (15) 과 같이 계산할 수 있다.

$$t'_{CE} = \frac{\left(\lambda_{Sd} + \lambda_{Dd}\right)MTTR + \left(\frac{T_1}{2} + MRT\right)\lambda_{Du}}{(\lambda_{Sd} + \lambda_{Dd}) + \lambda_{Du}}$$
(14)

$$t'_{GE} = \frac{T1}{3} + MRT \tag{15}$$

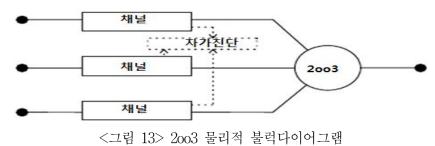
(7) 1oo2D 하부시스템 구성의 요구시 고장 평균확률(PFD_G)은 식 (16)과 같이 계산한다.

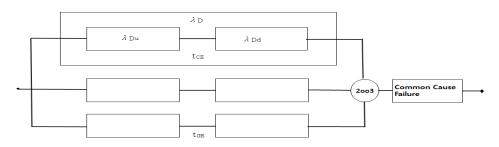
$$PFD_{G} = 2[(1-\beta)\lambda_{Dd} + [(1-\beta)\lambda_{Dd} + (1-\beta_{D})\lambda_{Dd} + \lambda_{Sd}]t'_{CE}t'_{GE} + 2(1-k)\lambda_{Dd}t'_{CE} + \beta\lambda_{Dd}\left(\frac{T_{1}}{2} + MRT\right)$$

$$(16)$$

5.2.2.5 2 out of 3 voting 기능

- (1) 안전계장기능의 하부시스템이 <그림 13>및 <그림 14>의 불럭다이어그램과 같이 3개의 채널이 병렬로 구성되어 있으며, 통합 출력신호로 구성되어 있다.
- (2) 만약 1개 채널에 다른 결과(검출, 신호)를 가져와도 다른 2개의 채널의 동의하지 않으면 출력 상태의 변화는 없다.
- (3) 자가진단시험은 발견된 결함만 보고할 뿐이며, 어떤 출력상태의 변화나 출력 voting의 변화가 없다고 가정한다.
- (4) 2oo3 연결은 대부분 안전무결성수준(SIL) 3 이상을 요구할 경우, 감지부 또는 논리기에 활용한다.





<그림 14> 2003 신뢰도 불럭다이어그램

(5) 식 (17)과 같이 요구시 고장 평균확률(PFD_G)를 계산한다.

$$PFD_{G} = 6[(1-\beta_{D})\lambda_{Dd} + (1-\beta)\lambda_{Du})]^{2}t_{CE}t_{GE} + \beta_{D}\lambda_{Dd}MTTR + \beta\lambda_{Du}\left(\frac{T_{1}}{2} + MRT\right)$$
(17)

5.2.2.6 1 out of 3 voting 기능

- (1) 안전계장기능의 하부시스템이 3 개 채널이 병렬로 구성되어 있으며, 1개의 voting으로 출력 신호가 있다. 1003의 불럭다이어그램은 2003과 동일하나 출력 voting만 1 개이다.
- (2) 자가진단시험은 발견된 결함만 보고할 뿐이며, 어떤 출력상태의 변화나 출력 voting의 변화가 없다고 가정한다.
- (3) 하부시스템의 정지시간에 상당하는 t_{CE} 는 식(6)과 같고, t_{GE} 는 식(10)과 같으며, t_{G2E} 는 식(18)과 같이 계산하다.

$$t_{GE} = \frac{\lambda_{Du}}{\lambda_D} \left(\frac{T_1}{4} + MRT \right) + \frac{\lambda_{Dd}}{\lambda_D} MTTR$$
 (18)

(4) 1003 하부시스템 구성의 요구시 고장 평균확률(PFD_C)은 식 (19)과 같이 계산한다.

$$PFD_{G} = 6[(1-\beta_{D})\lambda_{Dd} + (1-\beta)\lambda_{Du}]^{3}t_{CE}t_{GE}t_{GE}t + \beta_{D}\lambda_{Dd}MTTR + \beta\lambda_{Du}\left(\frac{T_{1}}{2} + MRT\right)$$
(19)

5.2.3 간단한 계산식을 활용한 요구시 고장확률 계산

(1) 산업현장에서는 안전계장기능 제조자나 공급자의 요구사항에 따라, 정기적으로 작동 시험(Manual test)을 실시한다면, 고장률(λ) 중에 위험한 검출 고장률(λ_{Dd})은 문제가 되지 않는다.

<표 4> 간단한 요구시 고장 평균확률 계산식

voting	PFD _{avg} 계산식
1001	$\lambda_{Du} \times (\frac{T_I}{2})$
1002	$\frac{1}{3}\left[\left(\lambda_{Du}\right)^{2}\times\left(T_{\perp}\right)^{2}\right]$
2002	$\lambda_{Du} \times T_{I}$
2003	$(\lambda_{Du})^2 \times (T_I)^2$

^{*} T_I = Manual test interval

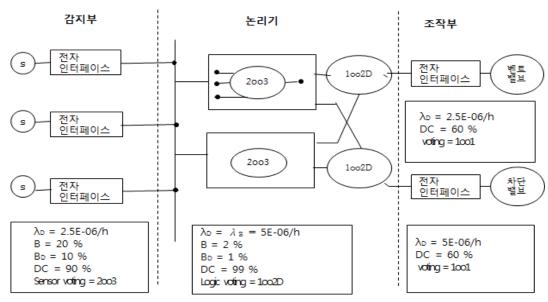
 $[\]lambda_{Du}$ = Dangerous undetected failures

X - 77 - 2018

(2) 따라서 요구시 고장 평균확률(PFD $_{avg}$)을 계산 시에는 위험한 미검출 고장률(λ_{Du})에 근거로 하여 <표 4>과 같이 생략된 간단한 식에 의해 계산할 수 있다.

5.2.4 표를 활용한 요구시 고장 평균확률값 계산

- (1) <별표 2>, <별표 3> 및 <별표 4> 과 같이 하부시스템 채널의 1001, 1002, 2002, 1002D, 2003 및 1003 voting 구조별로 보증시험 주기 6 개월, 1년 및 2 년에 따라 계산한 값을 표로 나타내었다.
- (2) 각 별표에서 계산값은 개별 고장 후 평균복구시간(MTTR)을 8 시간으로 가정하였다. 고장률은 위험한 고장률(λ_D)를 기준으로 하여, 0.5E-07에서 2.5E-05까지 6단계로 구분하여 값을 나타냈다.
- (3) 각 별표에는 구조 및 voting(예, 2003), 각 채널별 자가진단범위(예, 60 %), 각 채널 별 위험한 고장률(λ_D)(예, 2.5E-06) 및 공통원인고장(β, β_D)(각각 2%, 1 %)를 각각 구분하여 계산값으로 나타내었다.
- 5.3. 안전계장기능에 대한 안전무결성수준(SIL) 충족 검증
- 5.3.1 안전계장기능 구성의 가정
 - (1) 안전계장기능(시스템)은 안전무결성수준(SIL) 2 수준으로 고려한다.
 - (2) 안전계장기능은 감지부, 논리기 및 조작부로 구성되어 있고, voting은 다음과 같다.
 - (가) 감지부는 3개의 아날로그 압력센서를 1그룹으로 구성되고, 1003 voting으로 연결된다.
 - (나) 논리기는 PE 시스템으로 자가진단 및 중복성 1002D으로 구성되어 있다.
 - (다) 조작부는 1 개의 차단밸브와 1 개의 벤트밸브가 설치되어 있으며, 안전기능을 성취하려면 차단밸브와 벤트밸브가 동시에 작동되어야 한다.
 - (3) 하부시스템의 구성, voting 및 설명은 <그림 15> 와 같다.



<그림 15> 안전계장기능의 하부시스템 구성의 예

- (4) 요구시 고장 평균확률 계산을 위해서는 보증시험 주기는 1년으로 가정한다.
- 5.3.2 하부시스템의 안전무결성수준 검증 방법
- 5.3.2.1 하부시스템의 요구시 고장 평균확률 계산
 - (1) 감지부에 대한 요구시 고장 평균확률(PFD_S)은 <별표 3> 로부터 2.3E-04 임을 찾을 수 있다.
 - (2) 논리기에 대한 요구시 고장 평균확률(PFD_L)은 <별표 3> 로부터 4.8E-06 임을 찾을 수 있다.
 - (3) 조작부에 대한 요구시 고장 평균확률(PFD_{FE})은 <별표 3> 로부터 벤트밸브는4.4E-03, 차단밸브는 8.8E-03 임을 찾을 수 있다. 따라서 이를 더하면, 1.3E-02 이다.
 - (4) 하부시스템의 안전계장기능의 요구시 고장 평균확률(PFD_{SYS})는 각각의 안전기능의 요구시 고장 평균확률을 더하면 되므로, 이를 더하면 1.3E-02 이다.

X - 77 - 2018

(5) 1.3E-02는 안전무결성수준(SIL) 1에 해당하므로, 안전무결성수준 2를 충족하지 못함을 알 수 있다.

5.3.2.2 하부시스템의 안전기능 보강

- (1) 보증시험 주기를 6개월로 단축하면, 다음과 같이 각각의 요구시 고장 평균확 률은 개선이 된다.
 - (가) 감지부에 대한 요구시 고장 평균확률(PFD_S)은 <별표 2> 로부터 1.1E-04 임을 찾을 수 있다.
 - (나) 논리기에 대한 요구시 고장 평균확률(PFD_L)은 <별표 2> 로부터 2.6E-06 임을 찾을 수 있다.
 - (다) 조작부에 대한 요구시 고장 평균확률(PFD_{FE})은 <별표 2> 로부터 벤트밸브는 2.2E-03, 차단밸브는 4.4E-03 임을 확인할 수 있다. 따라서 이를 더하면, 6.6E-03 이다.
 - (라) 하부시스템의 안전계장기능의 요구시 고장 평균확률(PFD_{SYS})은 각각의 안전기능의 요구시 고장 평균확률을 더하면 되므로, 이를 더하면 6.7E-03 이다.
 - (마) 6.7E-03은 안전무결성수준(SIL) 2에 해당하므로, 안전무결성수준 2를 충족한다.
- (2) 조작부의 차단밸브의 1001 voting을 중복성을 추가하여 1002로 보강하고, $\beta = 10$ %, β_D 는 5 % 로 가정한다. 이와 같이 보강할 경우 다음과 같이 각각의 요구시 고장 평균확률은 개선이 된다.
 - (가) 조작부의 차단밸브의 요구시 고장 평균확률(PFD_{FE})은 <별표 3> 로부터 9.7E-04 임을 찾을 수 있다. 따라서 이를 더하면, 5.4E-03 이다.
 - (나) 하부시스템의 안전계장기능의 요구시 고장 평균확률(PFD_{SYS})은 각각의 안전기능의 요구시 고장 평균확률을 더하면 되므로, 이를 더하면 5.6E-03 이다.
 - (다) 5.6E-03은 안전무결성수준(SIL) 2에 해당하므로, 안전무결성수준 2를 충족한다.

<별표 1> 안전계장기능의 요구시 고장확률 계산에 필요한 용어의 정의

약어	용어(단위)	사용범위
T_1	보증시험(Proof-test) 주기(hour, month, year)	1개월(730 h) ¹ 6개월(2,190 h) ¹ 1년(87,60h) ² , 2년(17,520) ²
MTTR /MRT	평균복구시간(Mean time to restoration)(hour) 평균보수시간(Mean repair time(hour)	8 시간 =MTT 위험 고정이 검출되는 시간을 가정한 것으로, 자동 검출은 MRI에 비해 이주 적은 시간임
DC	자가진단범위(공식에서 분률(%)로 표현함).	0 %, 60 %, 90 %, 99 %
β	공통원인 고장의 미검출 고장의 분률 (공식에서 분률(%)로 표현함) (가정 $\beta = 2 \times \beta_D$)	2 %, 10 %, 20 %
β_{D}	공통원인 고장의 분률로써 자가진단 시험에 의해 검출되는 고 장(공식에서 분률(%)로 표현함)(가정 $\beta = 2 \times \beta_D$)	1 %, 5 %, 10 %
$\mathrm{PFD}_{\mathrm{G}}$	voting된 채널 그룹의 요구시 고장 평균확률 (만약 하부시스템이 감지부, 논리기 및 조작부 단지 1 개로 voting 되어 있다면, PFD_G 는 PFD_S , PFD_L , PFD_{FE} 와 같다.	
PFDs	감지부 하부시스템의 요구시 고장 평균확률	
$\mathrm{PFD}_{\mathrm{L}}$	논리기 하부시스템의 요구시 고장 평균확률	
$\mathrm{PFD}_{\mathrm{FE}}$	조작부 하부시스템의 요구시 고장 평균확률	
PFD _{sys}	E/E/PE 등 안전관련시스템을 위한 안전기능의 요구시 고 장 평균확률	
λ	하부시스템내 채널의 총 고장률(시간당)	
$\lambda_{ m D}$	하부시스템내 채널의 위험한 고장률(시간당) 위험한 고 장률(λ_D)은 0.5λ 로 가정한다.(위험한 고장 50% , 안전한 고 장 50%)	0.05E-06,0.25E-06 0.5E-06, 2.5E-06 5E-06, 25E-06
λ_{Dd}	하부시스템내 채널의 검출된 위험한 고장률(시간당)	
λ_{Du}	하부시스템내 채널의 미검출된 위험한 고장률(시간당)	
λs_u	하부시스템내 채널의 검출된 안전한 고장률(시간당)	
t_{CE}	1001, 1002, 2002 및 2003 구조를 위한 동등한 채널의 평 균정지시간(시간 단위)	
t_{GE}	1002 및 2003 구조를 위한 동등한 voting 그룹의 평균정 지시간(시간 단위)	
K	1oo2D 시스템에서 자동시험회로의 성공분률	

<별표 2> 6 개월의 보증시험주기와 8 시간 평균복구시간을 위한 요구시 고장평균확률

		$\lambda D = 0.5E-0$	7		λD = 2,5E-	07		λD = 0,5E -	06	
구성	DC	β = 2 %	β = 10 %	β = 20 %	β =2 %	β = 10 %	β = 20 %	β =2%	β = 10 %	β = 20 %
		βD = 1 %	βD = 5 %	βD = 10 %		βD= 5 %	βD = 10 %	βD = 1 %	$\beta D = 5 \%$	βD = 10 %
	0%	1,1E-04			5,5E-04			1,1E-03		
비고 2 찬조)	60 % 90 %	4,4E-05 1,1E-05			2,2E-04 5.7E-05			4,4E-04 1,1E-04		
-i -	99 %	1,5E-06			7,5E-06			1,5E-05		
	0%	2,2E-06	1,1E-05	2,2E-05	1,1E-05	5,5E-05	1,1E-04	2,4E-05	1,1E-04	2,2E-04
1002	60 %	8,8E-07	4,4E-06	8,8E-06	4,5E-06	2,2E-05	4,4E-05	9,1E-06	4,4E-05	8,8E-05
1002	90 %	2,2E-07	1,1E-06	2,2E-06	1,1E-06	5,6E-06	1,1E-05	2,3E-06	1,1E-05	2,2E-05
	99 %	2,6E-08	1,3E-07	2,6E-07	1,3E-07	6,5E-07	1,3E-06	2,6E-07	1,3E-06	2,6E-06
	0%	2,2E-04			1,1E-03			2,2E-03		
비고 2 참조)	60 % 90 %	8,8E-05 2,3E-05			4,4E-04 1,1E-04			8,8E-04 2,3E-04		
-1 2 -1/	99 %	3,0E-06			1,5E-05			3,0E-05		
	0%	2,2E-06	1,1E-05	2,2E-05	1,1E-05	5,5E-05	1,1E-04	2,4E-05	1,1E-04	2,2E-04
1oo2D	60 %	8,8E-07	4,4E-06	8,8E-06	4,4E-06	2,2E-05	4,7E-05	8,9E-05	4,4E-05	8,8E-05
비고 3 참조)	90 %	2,2E-07	1,1E-06	2,2E-06	1,1E-06	5,6E-06	1,1E-05	2,2E-06	1,1E-05	2,2E-05
	99 %	2,6E-08	1,3E-07	2,6E-07	1,3E-07	6,5E-07	1,3E-06	2,6E-07	1,3E-06	2,6E-06
	0%	2,2E-06	1,1E-05	2,2E-05	1,2E-05	5,6E-05	1,1E-04	2,7E-05	1,1E-04	2,2E-04
2003	60 %	8,9E-07	4,4E-06	8,8E-06	4,6E-06	2,2E-05	4,4E-05	9,6E-06	4,5E-05	8,9E-05
.003	90 %	2,2E-07	1,1E-06	2,2E-06	1,1E-06	5,6E-06	1,1E-05	2,3E-06	1,1E-05	2,2E-05
	99 %	2,6E-08	1,3E-07	2,6E-07	1,3E-07	6,5E-07	1,3E-06	2,6E-07	1,3E-06	2,6E-06
	0%	2,2E-06	1,1E-05	2,2E-05	1,1E-05	5,5E-05	1,1E-04	2,2E-05	1,1E-04	2,2E-04
003	60 %	8,8E-07	4,4E-06	8,8E-06	4,4E-06	2,2E-05	4,4E-05	8,8E-06	4,4E-05	8,8E-05
1003	90 %	2,2E-07	1,1E-06	2,2E-06	1,1E-06	5,6E-06	1,1E-05	2,2E-06	1,1E-05	2,2E-05
	99 %	2,6E-08	1,3E-07	2,6E-07	1,3E-07	6,5E-07	1,3E-06	2,6E-07	1,3E-06	2,6E-06
		λ D = 2,5E-0)6		λ □ = 0,5E	-05	05 λ D = 2,5E-05			
구성	DC	β =2%	β = 10 %	β = 20 %	1.	β = 10 %	β = 20 %	β =2%	β = 10 %	β = 20 %
	0%	<u>β</u> D = 1 % 5 5F-03	βD = 5 %	BD = 10 %	$\beta_D = 1\%$	βD = 5 %	$\beta D = 10 \%$	BD = 1 %	βD= 5 %	
1001	0% 60 %	βD = 1 % 5,5E-03 2,2E-03	ßD = 5 %	BD = 10 %	1,1E-02 4,4E-03	BD = 5 %	βD = 10 %	5.5E-02	βD= 5 %	DD = 10
1oo1 비고 2 참조)	60 % 90 %	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04	BD = 5 %	BD = 10 %	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03	BD = 5 %	βD = 10 %	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03	BD= 5 %	DD = 10 %
1oo1 비고 2 참조)	60 % 90 % 99 %	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 7,5E-05			1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04			5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04		
1001 비고 2 참조)	60 % 90 % 99 % 0%	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 7,5E-05 1,5E-04	5,8E-04	1,1E-03	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 3,7E-04	1,2E-03	2,3E-03	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04 5,0E-03	8,8E-03	1,4E-02
1001 비고 2 참조) 	60 % 90 % 99 % 0% 60 %	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 7,5E-05 1,5E-04 5,0E-05	5,8E-04 2,3E-04	1,1E-03 4,5E-04	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 3,7E-04 1,1E-04	1,2E-03 4,6E-04	2,3E-03 9,0E-04	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04 5,0E-03 1,1E-03	8,8E-03 2,8E-03	1,4E-02 4,9E-03
1001 비고 2 참조) 	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 90 %	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 7,5E-05 1,5E-04 5,0E-05 1,2E-05	5,8E-04 2,3E-04 5,6E-05	1,1E-03 4,5E-04 1,1E-04	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05	1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04	2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04 5,0E-03 1,1E-03 1,5E-04	8,8E-03 2,8E-03 6,0E-04	1,4E-02 4,9E-03 1,2E-03
1001 비고 2 참조) 	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 90 %	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 7,5E-05 1,5E-04 5,0E-05 1,2E-05 1,3E-06	5,8E-04 2,3E-04	1,1E-03 4,5E-04	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,6E-06	1,2E-03 4,6E-04	2,3E-03 9,0E-04	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04 5,0E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,4E-05	8,8E-03 2,8E-03	1,4E-02 4,9E-03
1001 비고 2 참조) 1002	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 90 %	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 7,5E-05 1,5E-04 5,0E-05 1,2E-05	5,8E-04 2,3E-04 5,6E-05	1,1E-03 4,5E-04 1,1E-04	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,6E-06 2,2E-02	1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04	2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04 5,0E-03 1,1E-03 1,5E-04	8,8E-03 2,8E-03 6,0E-04	1,4E-02 4,9E-03 1,2E-03
1001 비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조)	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 90 %	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 7,5E-05 1,5E-04 5,0E-05 1,2E-05 1,3E-06 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03	5,8E-04 2,3E-04 5,6E-05	1,1E-03 4,5E-04 1,1E-04	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,6E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,3E-03	1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04	2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04 5,0E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,4E-05 >1E-01 4,4E-02 1,1E-02	8,8E-03 2,8E-03 6,0E-04	1,4E-02 4,9E-03 1,2E-03
1001 비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조)	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 90 % 99 %	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 7,5E-05 1,5E-04 5,0E-05 1,2E-05 1,3E-06 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04	5,8E-04 2,3E-04 5,6E-05 6,5E-06	1,1E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,6E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,3E-03 3,0E-04	1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,3E-05	2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,6E-05	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04 5,0E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,4E-05 >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,5E-03	8,8E-03 2,8E-03 6,0E-04 6,6E-05	1,4E-02 4,9E-03 1,2E-03 1,3E-04
1001 비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조)	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0%	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 7,5E-05 1,5E-04 5,0E-05 1,2E-05 1,3E-06 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,5E-04	5,8E-04 2,3E-04 5,6E-05 6,5E-06	1,1E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,6E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,3E-03 3,0E-04 3,7E-04	1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,3E-05	2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,6E-05	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04 5,0E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,4E-05 >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,5E-03 5,0E-03	8,8E-03 2,8E-03 6,0E-04 6,6E-05	1,4E-02 4,9E-03 1,2E-03 1,3E-04
1001 비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조)	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 %	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 7,5E-05 1,5E-04 5,0E-05 1,2E-05 1,3E-06 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,5E-04 4,6E-05	5,8E-04 2,3E-04 5,6E-05 6,5E-06 5,8E-04 2,2E-04	1,1E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,1E-03 4,4E-04	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,6E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,3E-03 3,0E-04 3,7E-04 9,5E-05	1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,3E-05	2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,6E-05 2,3E-03 8,9E-04	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04 5,0E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,4E-05 >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,5E-03 5,0E-03 6,0E-04	8,8E-03 2,8E-03 6,0E-04 6,6E-05 8,8E-03 2,3E-03	1,4E-02 4,9E-03 1,2E-03 1,3E-04 1,4E-02 4,5E-03
1001 비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조) 1002D 비고 3 참조)	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 %	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 7,5E-05 1,5E-04 5,0E-05 1,2E-05 1,3E-06 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,5E-04 4,6E-05 1,1E-05	5,8E-04 2,3E-04 5,6E-05 6,5E-06 5,8E-04 2,2E-04 5,6E-05	1,1E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,1E-03 4,4E-04 1,1E-04	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,6E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,3E-03 3,0E-04 3,7E-04 9,5E-05 2,2E-05	1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,2E-03 4,5E-04 1,1E-04	2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,6E-05 2,3E-03 8,9E-04 2,2E-04	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04 5,0E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,4E-05 >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,5E-03 5,0E-03 6,0E-04 1,1E-04	8,8E-03 2,8E-03 6,0E-04 6,6E-05 8,8E-03 2,3E-03 5,6E-04	1,4E-02 4,9E-03 1,2E-03 1,3E-04 1,4E-02 4,5E-03 1,1E-03
1001 비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조) 1002D 비고 3 참조)	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 00% 60 % 99 % 00% 60 % 90 % 99 % 00% 60 % 99 %	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 7,5E-05 1,2E-05 1,3E-06 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,5E-04 4,6E-05 1,1E-05 1,3E-06	5,8E-04 2,3E-05 6,5E-06 5,8E-04 2,2E-04 5,6E-05 6,5E-06	1,1E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,1E-03 4,4E-04 1,1E-04 1,3E-05	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,5E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,6E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,3E-03 3,0E-04 3,7E-04 9,5E-05 2,2E-05 2,2E-05	1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,2E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05	2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,6E-05 2,3E-03 8,9E-04 2,2E-04 2,6E-05	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04 5,0E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,4E-05 >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,5E-03 5,0E-03 6,0E-04 1,1E-04 1,1E-04	8,8E-03 2,8E-03 6,0E-04 6,6E-05 8,8E-03 2,3E-03 5,6E-04 6,5E-05	1,4E-02 4,9E-03 1,2E-03 1,3E-04 1,4E-02 4,5E-03 1,1E-03 1,3E-04
1001 비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조) 1002D 비고 3 참조)	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 60 % 99 % 00% 60 % 99 % 00% 60 %	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 5,0E-05 1,5E-04 5,0E-05 1,2E-05 1,3E-06 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,5E-04 4,6E-05 1,1E-05 1,3E-06 2,3E-04	5,8E-04 2,3E-04 5,6E-05 6,5E-06 5,8E-04 2,2E-04 5,6E-05 6,5E-06 6,5E-04	1,1E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,1E-03 4,4E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,2E-03	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,5E-04 1,5E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,6E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,3E-03 3,0E-04 3,7E-04 9,5E-05 2,2E-05 2,2E-05 6,8E-04	1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,2E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,5E-03	2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,6E-05 2,3E-03 8,9E-04 2,2E-04 2,6E-05 2,5E-03	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04 5,0E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,4E-05 >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,5E-03 5,0E-03 6,0E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,3E-05	8,8E-03 2,8E-03 6,0E-04 6,6E-05 8,8E-03 2,3E-03 5,6E-04 6,5E-05 1,5E-02	1,4E-02 4,9E-03 1,2E-03 1,3E-04 1,4E-02 4,5E-03 1,1E-03 1,3E-04 1,9E-02
1001 비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조) 1002D 비고 3 참조)	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 %	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 5,0E-05 1,5E-04 5,0E-05 1,2E-05 1,3E-06 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,5E-04 4,6E-05 1,1E-05 1,3E-06 2,3E-04 6,3E-05	5,8E-04 2,3E-04 5,6E-05 6,5E-06 5,8E-04 2,2E-04 5,6E-05 6,5E-06 6,5E-04 2,4E-04	1,1E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,1E-03 4,4E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,2E-03 4,6E-04	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,6E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,3E-03 3,0E-04 3,7E-04 9,5E-05 2,2E-05 2,6E-06 6,8E-04 1,6E-04	1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,2E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,5E-03 5,1E-04	2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,6E-05 2,3E-03 8,9E-04 2,2E-04 2,6E-05 2,5E-03 9,4E-04	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04 5,0E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,4E-05 >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,5E-03 5,0E-03 6,0E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,3E-05 1,3E-02 2,3E-03	8,8E-03 2,8E-03 6,0E-04 6,6E-05 8,8E-03 2,3E-03 5,6E-04 6,5E-05 1,5E-02 3,9E-03	1,4E-02 4,9E-03 1,2E-03 1,3E-04 1,4E-02 4,5E-03 1,1E-03 1,3E-04 1,9E-02 5,9E-03
1001 비고 2 참조) 1002 일002 비고 2 참조) 1002D 비고 3 참조)	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 60 % 99 % 60 % 99 % 0% 60 % 90 % 90 % 90 %	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 5,0E-05 1,5E-04 5,0E-05 1,2E-05 1,3E-06 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,5E-04 4,6E-05 1,1E-05 1,3E-06 2,3E-04 6,3E-05 1,2E-05	5,8E-04 2,3E-04 5,6E-05 6,5E-06 5,8E-04 2,2E-04 5,6E-05 6,5E-06 6,5E-04 2,4E-04 5,7E-05	1,1E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,1E-03 4,4E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,6E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,3E-03 3,0E-04 3,7E-04 9,5E-05 2,2E-05 2,6E-06 6,8E-04 1,6E-04 2,7E-05	1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,2E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,5E-03 5,1E-04 1,2E-04	2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,6E-05 2,3E-03 8,9E-04 2,2E-04 2,6E-05 2,5E-03 9,4E-04 2,3E-04	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04 5,0E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,4E-05 >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,5E-03 5,0E-03 6,0E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,3E-05 1,3E-02 2,3E-03 2,4E-04	8,8E-03 2,8E-03 6,0E-04 6,6E-05 8,8E-03 2,3E-03 5,6E-04 6,5E-05 1,5E-02 3,9E-03 6,8E-04	1,4E-02 4,9E-03 1,2E-03 1,3E-04 1,4E-02 4,5E-03 1,1E-03 1,3E-04 1,9E-02 5,9E-03 1,2E-03
1001 비고 2 참조) 1002 일002 비고 2 참조) 1002D 비고 3 참조)	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 60 % 99 % 60 % 99 % 60 % 99 % 60 % 99 % 60 % 99 % 99 % 99 %	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 5,0E-05 1,5E-04 5,0E-05 1,3E-06 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 4,6E-05 1,1E-05 1,3E-06 2,3E-04 6,3E-05 1,2E-05 1,3E-06	5,8E-04 2,3E-04 5,6E-05 6,5E-06 5,8E-04 2,2E-04 5,6E-05 6,5E-06 6,5E-04 2,4E-04 5,7E-05 6,5E-06	1,1E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,1E-03 4,4E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,3E-05	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,5E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,6E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,3E-03 3,0E-04 3,7E-04 9,5E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-06 6,8E-04 1,6E-04 2,7E-05 2,7E-06	1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,2E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,5E-03 5,1E-04 1,2E-04 1,3E-05	2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,6E-05 2,3E-03 8,9E-04 2,2E-04 2,6E-05 2,5E-03 9,4E-04 2,3E-04 2,6E-05	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04 5,0E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,4E-05 >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,5E-03 6,0E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,3E-02 2,3E-03 2,4E-04 1,5E-05	8,8E-03 2,8E-03 6,0E-04 6,6E-05 8,8E-03 2,3E-03 5,6E-04 6,5E-05 1,5E-02 3,9E-03 6,8E-04 6,7E-05	1,4E-02 4,9E-03 1,2E-03 1,3E-04 1,4E-02 4,5E-03 1,1E-03 1,3E-04 1,9E-02 5,9E-03 1,2E-03 1,3E-04
1001 비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조) 1002D 비고 3 참조)	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 %	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 5,0E-05 1,5E-05 1,3E-06 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 4,6E-05 1,1E-05 1,3E-06 2,3E-04 6,3E-05 1,2E-05 1,3E-06 1,1E-05 1,3E-06 1,1E-05 1,3E-06 1,1E-05	5,8E-04 2,3E-04 5,6E-05 6,5E-06 5,8E-04 2,2E-04 5,6E-05 6,5E-06 6,5E-04 2,4E-04 5,7E-05 6,5E-06 5,5E-06	1,1E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,1E-03 4,4E-04 1,1E-04 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,1E-04	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,5E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,6E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,3E-03 3,0E-04 3,7E-04 9,5E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-06 6,8E-04 1,6E-04 2,7E-05 2,2E-06 2,2E-06	1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,2E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,5E-03 5,1E-04 1,2E-04 1,3E-05 1,1E-04	2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,6E-05 2,3E-03 8,9E-04 2,2E-04 2,6E-05 2,5E-03 9,4E-04 2,3E-04 2,6E-05 2,2E-04	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04 5,0E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,4E-05 >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,5E-03 5,0E-03 6,0E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,3E-05 1,3E-02 2,3E-03 2,4E-04 1,5E-05 1,4E-03	8,8E-03 2,8E-03 6,0E-04 6,6E-05 8,8E-03 2,3E-03 5,6E-04 6,5E-05 1,5E-02 3,9E-03 6,8E-04 6,7E-05 5,7E-03	1,4E-02 4,5E-03 1,1E-03 1,1E-03 1,1E-03 1,1E-03 1,1E-03 1,2E-03 1,2E-03 1,3E-04 1,1E-02
1001 비고 2 참조) 1002 일002 비고 2 참조) 1002D 비고 3 참조)	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 60 %	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 5,0E-05 1,5E-05 1,3E-06 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 4,6E-05 1,1E-05 1,3E-06 2,3E-04 6,3E-05 1,2E-05 1,3E-06 1,1E-05 1,3E-06 2,3E-04 4,4E-05	5,8E-04 2,3E-04 5,6E-05 6,5E-06 5,8E-04 2,2E-04 5,6E-05 6,5E-06 6,5E-04 2,4E-04 5,7E-05 6,5E-06 5,5E-04 2,2E-04	1,1E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,1E-03 4,4E-04 1,1E-04 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,1E-03 4,6E-04	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,5E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,6E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,3E-03 3,0E-04 3,7E-04 9,5E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-06 6,8E-04 1,6E-04 2,7E-06 2,2E-04 8,8E-05	1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,2E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,5E-03 5,1E-04 1,2E-04 1,3E-05 1,1E-03 4,4E-04	2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,6E-05 2,3E-03 8,9E-04 2,2E-04 2,2E-04 2,6E-05 2,5E-03 9,4E-04 2,3E-04 2,6E-05 2,2E-03 8,8E-04	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04 5,0E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,4E-05 >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,5E-03 5,0E-03 6,0E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,3E-05 2,3E-03 2,4E-04 1,5E-05 1,4E-03 4,6E-04	8,8E-03 2,8E-03 6,0E-04 6,6E-05 8,8E-03 2,3E-03 5,6E-04 6,5E-05 1,5E-02 3,9E-03 6,8E-04 6,7E-05 5,7E-03 2,2E-03	1,4E-02 4,9E-03 1,2E-03 1,3E-04 1,4E-02 4,5E-03 1,1E-03 1,3E-04 1,9E-02 5,9E-03 1,2E-03 1,3E-04 1,1E-02 4,4E-03
1001 비고 2 참조) 1002 일002 비고 2 참조) 1002D 비고 3 참조) 2003	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 %	5,5E-03 2,2E-03 5,7E-04 5,0E-05 1,5E-05 1,3E-06 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 4,6E-05 1,1E-05 1,3E-06 2,3E-04 6,3E-05 1,2E-05 1,3E-06 1,1E-05 1,3E-06 1,1E-05 1,3E-06 1,1E-05	5,8E-04 2,3E-04 5,6E-05 6,5E-06 5,8E-04 2,2E-04 5,6E-05 6,5E-06 6,5E-04 2,4E-04 5,7E-05 6,5E-06 5,5E-06	1,1E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,1E-03 4,4E-04 1,1E-04 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,1E-04	1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,5E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,6E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,3E-03 3,0E-04 3,7E-04 9,5E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-06 6,8E-04 1,6E-04 2,7E-05 2,2E-06 2,2E-06	1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,2E-03 4,5E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,5E-03 5,1E-04 1,2E-04 1,3E-05 1,1E-04	2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,6E-05 2,3E-03 8,9E-04 2,2E-04 2,6E-05 2,5E-03 9,4E-04 2,3E-04 2,6E-05 2,2E-04	5,5E-02 2,2E-02 5,7E-03 7,5E-04 5,0E-03 1,1E-03 1,5E-04 1,4E-05 >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,5E-03 5,0E-03 6,0E-04 1,1E-04 1,3E-05 1,3E-05 1,3E-02 2,3E-03 2,4E-04 1,5E-05 1,4E-03	8,8E-03 2,8E-03 6,0E-04 6,6E-05 8,8E-03 2,3E-03 5,6E-04 6,5E-05 1,5E-02 3,9E-03 6,8E-04 6,7E-05 5,7E-03	1,4E-02 4,9E-03 1,2E-03 1,3E-04 1,4E-02 4,5E-03 1,1E-03 1,3E-04 1,9E-02 5,9E-03 1,2E-03 1,3E-04 1,1E-02

미고 I 이 표는 PFD 없의 에들 나타낸다. 이 없는 각 등식에 따라 계산된다. 비고2 이 표는 β = 2× βD 를 가정한다. 1001, 1002 는 β 와 βD T의 값은 평균 고장확률에 영향을 미치지 않는다. 비고 3 안전한 고장율은 위험한 고장율과 K =0.98과 동등하다고 가정한다.

^{*} source IEC 61508 part 6 Annex B Table B.2

<별표 3> 1년의 보증시험주기와 8 시간 평균복구시간을 위한 요구시 고장평균확률

		λ D = 0,5E-07	7		λ D = 2,5E	-07		λ D = 0,5E -	.06	
구성	DC	$\beta = 0,3L=0$	β = 10 %		$\beta = 2\%$					β = 20 %
' 0		βD = 1 %	βD = 5 %	β _D = 10 %		,	1.	1'	,	βD = 10 %
	0%	2,2E-04	<u>pb = 3 70</u>	pb = 10 70	1,1E-03	DD = 3 70	pb = 10 70	2,2E-03	<u>pb = 3 70</u>	pb = 10 70
1001	60 %	8,8E-05			4,4E-04			8,8E-04		
(비고 2 참조)	90 % 99 %	2,2E-05 2,6E-06			1,1E-04 1,3E-05			2,2E-04 2,6E-05		
	0%	4,4E-06	2,2E-05	4,4E-05	2,3E-05	1,1E-04		5,0E-05	2,2E-04	4,4E-04
	60 %	1,8E-06	8,8E-06	1	9,0E-06	4,4E-05	+'	1,9E-05	8,9E-05	1,8E-04
1002	90 %	4,4E-07	2,2E-06	4,4E-06	2,2E-06	1,1E-05	+ '	4,5E-06	2,2E-05	4,4E-05
	99 %	4,8E-08	2,4E-07	4,8E-07	2,4E-07	1,2E-06	<u> </u>	4,8E-07	2,4E-06	4.8E-06
	0%	4,4E-04	_,	1,702 01	2,2E-03	1.7== 00		4,4E-03	F/	1,702 00
2002	60 %	1,8E-04			8,8E-04			1,8E-03		
(비고 2 참조)	90 % 99 %	4,5E-05 5,2E-06			2,2E-04 2,6E-05			4,5E-04 5,2E-05		
	0%	4,4E-06	2,2E-05	4,4E-05	2,3E-05	1,1E-04		5,0E-05	2,2E-04	4,4E-04
1002D	60 %	1,8E-06	8,8E-06	+ '	8,9E-06	4,4E-05	<u> </u>	1,8E-05	8,8E-05	1,8E-04
(비고 3 참조)		4,4E-07	2,2E-06	+ '	2,2E-06	1,1E-05		4,4E-06	2,2E-05	4,4E-05
	99 %	4,8E-08	2,4E-07	4,8E-07	2,4E-07	1,2E-06	+ '	4,8E-06	2,4E-06	4,8E-06
	0%	4,6E-06	2,2E-05		2,7E-05	1,1E-04		6,2E-05	2,4E-04	4,5E-04
	60 %	1,8E-06	8,8E-06	<u> </u>	9,5E-06	4,5E-05	+ '	2,1E-05	9,1E-05	1,8E-04
2003	90 %	4,4E-07	2,2E-06	4,4E-06	2,3E-06	1,1E-05	-,-	4,6E-06	2,2E-05	4,4E-05
	99 %	4,8E-08	2,4E-07	4,8E-07	2,4E-07	1,2E-06		4,8E-07	2,4E-06	4,8E-06
	0%	4,4E-06	2,2E-05	4,4E-05	2,2E-05	1,1E-04	2,2E-04	4,4E-05	2,2E-04	4,4E-04
, ,	60 %	1,8E-06	8,8E-06	1,8E-05	8,8E-06	4,4E-05		1,8E-05	8,8E-05	1,8E-04
1003	90 %	4,4E-07	2,2E-06	4,4E-06	2,2E-06	1,1E-05	2,2E-05	4,4E-06	2,2E-05	4,4E-05
	99 %	4,8E-08	2,4E-07	4,8E-07	2,4E-07	1,2E-06	2,4E-06	4,8E-07	2,4E-06	4,8E-06
		λ D = 2,5E-0 6	_	•	λ D = 0,5i	· 05		λ D = 2,5E	٠	
l										
ᅵᄀ서	DC	R -20/								R = 20 %
구성	DC	β =2%	β = 10 %	β = 20 %	β =2%	β = 10 %	β = 20 %	β =2%	β = 10 %	β = 20 %
11	0%	$\beta = 2\%$ $\beta = 1 \%$ 1,1E-02	β = 10 %	β = 20 %	β =2%	β = 10 %	β = 20 % β D = 10 %	β =2%	β = 10 %	
11	0%	β = 2 % βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03	β = 10 %	β = 20 %	β = 2 % β _D = 1 % 2,2E-02 8,8E-03	β = 10 %	β = 20 % β D = 10 %	β = 2 % βD = 1 % > 1E-01 4,4E-02	β = 10 %	
1 001 (비고 2 참	0% 60 % 90 %	β = 2 % βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03	β = 10 %	β = 20 %	β =2% β _D = 1 % 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03	β = 10 %	β = 20 % β D = 10 %	β = 2 % βD = 1 % > 1E-01 4,4E-02 1,1E-02	β = 10 %	
1001 (비고 2 참 조)	0%	β = 2 % βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03	$\beta = 10 \%$ $\beta D = 5 \%$	β = 20 %	β = 2 % β _D = 1 % 2,2E-02 8,8E-03	β = 10 %	β = 20 % β D = 10 %	β = 2 % βD = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03	β = 10 %	
1001 (비고 2 참 조)	0% 60 % 90 % 99 % 0%	β = 2% βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,3E-04 3,7E-04	$\beta = 10 \%$ $\beta D = 5 \%$ 1,2E-03	β = 20 % β D = 10 % 2,3E-03	β = 2% βD = 1 % 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 1,1E-03	β = 10 % β D = 5 %	β = 20 % β D = 10 % $4.8E-03$	β = 2% β _D = 1 % > 1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02	β = 10 % β D = 5 % β D = 2,4E-02	βD = 10 % 3,2E-02
1001 (비고 2 참 조)	0% 60 % 90 % 99 %	β = 2% βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,3E-04	$\beta = 10 \%$ $\beta D = 5 \%$	β = 20 % β D = 10 % 2,3E-03 9,0E-04	β = 2% βD = 1 % 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04	β = 10 % β D = 5 %	β = 20 % β D = 10 % $4.8E-03$ $1.8E-03$	β = 2 % βD = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03	β = 10 % βD = 5 %	βD = 10 %
1001 (비고 2 참 조)	0% 60 % 90 % 99 % 0%	β = 2% βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,3E-04 3,7E-04 1,1E-04	β = 10 % βD = 5 % 1,2E-03 4,6E-04	β = 20 % βD = 10 % 2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04	β = 2% βD = 1 % 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 1,1E-03 2,8E-04	β = 10 % βD = 5 % 2,7E-03 9,7E-04	β = 20 % βD = 10 % 4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04	β = 2% βD = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02 3,4E-03	β = 10 % βD = 5 % 2,4E-02 6,6E-03	βD = 10 % 3,2E-02 1,1E-02
1001 (비고 2 참 조)	0% 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0%	β = 2% βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,3E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,4E-06 2,2E-02	β = 10 % βD = 5 % 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04	β = 20 % βD = 10 % 2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,4E-05	β =2% β D = 1 % 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,1E-05 4,9E-06 4,4E-02	β = 10 % βD = 5 % 2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04	β = 20 % βD = 10 % 4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,8E-05	β = 2% β _D = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02 3,4E-03 3,8E-04 2,6E-05 >1E-01	β = 10 % βD = 5 % 2,4E-02 6,6E-03 1,3E-03	3,2E-02 1,1E-02 2,3E-03
1001 (비고 2 참 조) 1002 2002	0% 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 %	β = 2% βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,3E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,4E-06 2,2E-02 8,8E-03	β = 10 % βD = 5 % 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04	β = 20 % βD = 10 % 2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,4E-05	β = 2% β _D = 1 % 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,1E-05 4,9E-06 4,4E-02 1,8E-02	β = 10 % βD = 5 % 2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04	β = 20 % βD = 10 % 4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,8E-05	β = 2% β _D = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02 3,4E-03 3,8E-04 2,6E-05 >1E-01 8,8E-02	β = 10 % βD = 5 % 2,4E-02 6,6E-03 1,3E-03	3,2E-02 1,1E-02 2,3E-03
1001 (비고 2 참 조) 1002 2002 (비고 2 참조)	0% 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 %	β = 2% βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,3E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,4E-06 2,2E-02	β = 10 % βD = 5 % 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04	β = 20 % βD = 10 % 2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,4E-05	β =2% β D = 1 % 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,1E-05 4,9E-06 4,4E-02	β = 10 % βD = 5 % 2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04	β = 20 % β _D = 10 % 4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,8E-05	β = 2% β _D = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02 3,4E-03 3,8E-04 2,6E-05 >1E-01	β = 10 % βD = 5 % 2,4E-02 6,6E-03 1,3E-03	3,2E-02 1,1E-02 2,3E-03
1001 (비고 2 참 조) 1002 2002 (비고 2 참조)	0% 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 99 % 00%	β = 2% βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,3E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,4E-05 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03	β = 10 % βD = 5 % 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04	β = 20 % βD = 10 % 2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,4E-05	β = 2% β _D = 1 % 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,1E-05 4,9E-06 4,4E-02 1,8E-02 4,5E-03	β = 10 % βD = 5 % 2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04	β = 20 % β _D = 10 % 4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,8E-05	β = 2% β _D = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02 3,4E-03 3,8E-04 2,6E-05 >1E-01 8,8E-02 2,2E-02	β = 10 % βD = 5 % 2,4E-02 6,6E-03 1,3E-03	3,2E-02 1,1E-02 2,3E-03
1001 (비고 2 참 조) 1002 2002 (비고 2 참조)	0% 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 99 % 0% 99 % 0% 60 %	β = 2% βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,3E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,4E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04	β = 10 % βD = 5 % 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,2E-05	β = 20 % βD = 10 % 2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,4E-05	β = 2% β _D = 1 % 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,1E-05 4,9E-06 4,4E-02 1,8E-02 4,5E-03 5,2E-04	β = 10 % βD = 5 % 2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,4E-05	β = 20 % β _D = 10 % 4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,8E-05	β = 2% β _D = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02 3,4E-03 3,8E-04 2,6E-05 >1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,6E-03	β = 10 % βD = 5 % 2,4E-02 6,6E-03 1,3E-03 1,2E-04	3,2E-02 1,1E-02 2,3E-03 2,4E-04
1001 (비고 2 참 조) 1002 2002 (비고 2 참조)	0% 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 99 % 0% 99 % 0% 60 %	β = 2% βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,3E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,4E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,2E-03 2,6E-04 3,7E-04	β = 10 % βD = 5 % 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,2E-05	β = 20 % βD = 10 % 2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,4E-05 2,3E-03 8,8E-04	$\beta = 2\%$ $\beta_D = 1 \%$ 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,1E-05 4,9E-06 4,4E-02 1,8E-02 4,5E-03 5,2E-04 1,1E-03	β = 10 % βD = 5 % 2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,4E-05	β = 20 % β _D = 10 % 4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,8E-05 4,8E-03 1,8E-03	β = 2% β _D = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02 3,4E-03 3,8E-04 2,6E-05 >1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,6E-03 1,8E-02 1,5E-03	β = 10 % βD = 5 % 2,4E-02 6,6E-03 1,3E-03 1,2E-04	3,2E-02 1,1E-02 2,3E-03 2,4E-04
1001 (비고 2 참 조) 1002 2002 (비고 2 참조) 1002D (비고 3 참조)	0% 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 99 % 0% 99 % 0% 60 %	β = 2% βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,3E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,4E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,2E-04 3,7E-04 9,4E-05	β = 10 % βD = 5 % 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,2E-05	β = 20 % βD = 10 % 2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,4E-05 2,3E-03 8,8E-04	$\beta = 2\%$ $\beta_D = 1 \%$ 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,1E-05 4,9E-06 4,4E-02 1,8E-02 4,5E-03 5,2E-04 1,1E-03 2,0E-04	β = 10 % βD = 5 % 2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,4E-05 2,7E-03 9,0E-04	β = 20 % β _D = 10 % 4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,8E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04	β = 2% β _D = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02 3,4E-03 3,8E-04 2,6E-05 >1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,6E-03 1,8E-02 1,5E-03	β = 10 % βD = 5 % 2,4E-02 6,6E-03 1,3E-03 1,2E-04 2,4E-02 5,0E-03	3,2E-02 1,1E-02 2,3E-03 2,4E-04 3,2E-02 9,3E-03
1001 (비고 2 참 조) 1002 2002 (비고 2 참조) 1002D (비고 3 참조)	0% 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 60 % 99 % 0% 60 % 99 %	β = 2% βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,1E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,4E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 3,7E-04 9,4E-05 2,2E-05	β = 10 % βD = 5 % 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,2E-05 1,2E-03 4,5-04 1,1E-04	β = 20 % βD = 10 % 2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,4E-05 2,3E-03 8,8E-04 2,2E-04	$\begin{array}{l} \beta =& 2\% \\ \beta_D =& 1 \% \\ 2,2E-02 \\ 8,8E-03 \\ 2,2E-03 \\ 2,6E-04 \\ 1,1E-03 \\ 2,8E-04 \\ 5,1E-05 \\ 4,9E-06 \\ 4,4E-02 \\ 1,8E-02 \\ 4,5E-03 \\ 5,2E-04 \\ 1,1E-03 \\ 2,0E-04 \\ 4,5E-05 \\ \end{array}$	β = 10 % βD = 5 % 2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,4E-05 2,7E-03 9,0E-04 4,5E-05	β = 20 % β _D = 10 % 4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,8E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,8E-05	β = 2% β _D = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02 3,4E-03 3,8E-04 2,6E-05 >1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,6E-03 1,8E-02 1,5E-03 1,8E-02	β = 10 % βD = 5 % 2,4E-02 6,6E-03 1,3E-03 1,2E-04 2,4E-02 5,0E-03 1,1E-03	3,2E-02 1,1E-02 2,3E-03 2,4E-04 3,2E-02 9,3E-03 2,2E-03
1001 (비고 2 참조) 1002 2002 (비고 2 참조) 1002D (비고 3 참조)	0% 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 99 %	β = 2% βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,3E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,4E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 3,7E-04 9,4E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05	β = 10 % βD = 5 % 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,2E-05 1,2E-03 4,5-04 1,1E-04 1,2E-05	\$\begin{align*} & \begin{align*} & \begin{align*} & \begin{align*} & \begin{align*} & 2,3E-03 & \\ 2,2E-04 & \\ 2,4E-05 & \end{align*} & \\ & 2,2E-04 & \\ 2,2E-04 & \\ 2,2E-04 & \\ 2,4E-05 & \end{align*} & \\ & 2,2E-04 & \\ 2,4E-05 & \\ 2,5E-03 & \\ 9,4E-04 & \end{align*} & \\ & 9,4E-04 & \end{align*}	β = 2% β _D = 1 % 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,1E-05 4,9E-06 4,4E-02 1,8E-02 4,5E-03 5,2E-04 1,1E-03 2,0E-04 4,5E-05 4,8E-06 2,3E-03 4,8E-06	β = 10 % βD = 5 % 2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,4E-05 2,7E-03 9,0E-04 4,5E-05 2.4E-05	β = 20 % β _D = 10 % 4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,8E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,8E-05 5,6E-03	β = 2% β _D = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02 3,4E-03 3,8E-04 2,6E-05 >1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,6E-03 1,8E-02 1,5E-03 2,3E-04 2,4E-05	β = 10 % βD = 5 % 2,4E-02 6,6E-03 1,3E-03 1,2E-04 2,4E-02 5,0E-03 1,1E-03 1,2E-04	3,2E-02 1,1E-02 2,3E-03 2,4E-04 3,2E-02 9,3E-03 2,2E-03 2,2E-03 2,4E-04
1001 (비고 2 참 조) 1002 2002 (비고 2 참조) 1002D (비고 3 참조)	0% 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0%	β = 2% βD = 1 % 1.1E-02 4.4E-03 1.3E-04 3,7E-04 1.1E-03 1.1E-03 1.3E-04 2.4E-05 2.4E-06 2.2E-02 8,8E-03 2.2E-03 2.6E-04 3,7E-04 9,4E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-06 6,8E-04 1,6E-04 2,7E-05	β = 10 % βD = 5 % 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,2E-05 1,2E-03 4,5-04 1,1E-04 1,2E-05 1,5E-03	β = 20 % βD = 10 % 2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,4E-05 2,3E-03 8,8E-04 2,2E-04 2,2E-04 2,4E-05 2,5E-03 9,4E-04 2,3E-04	$\begin{array}{l} \beta = 2\% \\ \beta_D = 1 \% \\ 2,2E-02 \\ 8,8E-03 \\ 2,2E-03 \\ 2,6E-04 \\ 1,1E-03 \\ 2,8E-04 \\ 5,1E-05 \\ 4,9E-06 \\ 4,4E-02 \\ 1,8E-02 \\ 4,5E-03 \\ 5,2E-04 \\ 1,1E-03 \\ 2,0E-04 \\ 4,5E-05 \\ 4,8E-06 \\ 2,3E-03 \\ \end{array}$	β = 10 % βD = 5 % 2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,4E-05 2,7E-03 9,0E-04 4,5E-05 2.4E-05 3,8E-03	β = 20 % β _D = 10 % 4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,8E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,8E-05 5,6E-03 2,0E-03	β = 2% β _D = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02 3,4E-03 3,8E-04 2,6E-05 >1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,6E-03 1,8E-02 1,5E-03 2,3E-04 2,4E-05 4,8E-02	β = 10 % βD = 5 % 2,4E-02 6,6E-03 1,3E-03 1,2E-04 2,4E-02 5,0E-03 1,1E-03 1,2E-04 5,0E-02 1,1E-02 1,1E-02 1,6E-03	3,2E-02 1,1E-02 2,3E-03 2,4E-04 3,2E-02 9,3E-03 2,2E-03 2,4E-04 5,3E-02
1001 (비고 2 참 조) 1002 (비고 2 참조) 1002D (비고 3 참조)	0% 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 00% 60 %	β = 2% βD = 1 % 1.1E-02 4.4E-03 1.3E-04 3,7E-04 1.1E-03 1.1E-03 1.3E-04 2.4E-05 2.4E-06 2.2E-02 8.8E-03 2.2E-03 2.6E-04 3,7E-04 9.4E-05 2.2E-05 2.2E-05 2.2E-05 2.2E-05 2.2E-05 2.2E-05 2.2E-05 2.2E-05 2.2E-06	β = 10 % βD = 5 % 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,2E-05 1,2E-03 4,5-04 1,1E-04 1,2E-05 1,5E-03 5,1E-04	β = 20 % βD = 10 % 2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,4E-05 2,3E-03 8,8E-04 2,2E-04 2,2E-04 2,4E-05 2,5E-03 9,4E-04 2,4E-05	β = 2% β _D = 1 % 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,1E-05 4,9E-06 4,4E-02 1,8E-02 4,5E-03 5,2E-04 1,1E-03 2,0E-04 4,5E-05 4,8E-06 2,3E-03 4,8E-06	β = 10 % βD = 5 % 2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,4E-05 2,7E-03 9,0E-04 4,5E-05 2.4E-05 3,8E-03 1,1E-03	β = 20 % β _D = 10 % 4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,8E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,8E-05 5,6E-03 2,0E-03 4,6E-04 4,8E-05	β = 2% β _D = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02 3,4E-03 3,8E-04 2,6E-05 >1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,6E-03 1,8E-02 1,5E-03 2,3E-04 2,4E-05 4,8E-02 8,4E-03 7,1E-04 3,1E-05	β = 10 % βD = 5 % 2,4E-02 6,6E-03 1,3E-03 1,2E-04 2,4E-02 5,0E-03 1,1E-03 1,2E-04 5,0E-02 1,1E-02 1,6E-03 1,3E-04	3,2E-02 1,1E-02 2,3E-03 2,4E-04 3,2E-02 9,3E-03 2,2E-03 2,2E-03 2,4E-04 5,3E-02 1,5E-02
1001 (비고 2 참 조) 1002 (비고 2 참조) 1002D (비고 3 참조) 2003	0% 60 % 90 % 90 % 0% 60 % 90 % 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 %	β = 2% βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,3E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,4E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,2E-03 2,6E-04 3,7E-04 9,4E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-06 6,8E-04 1,6E-04 2,7E-05 2,5E-06 2,2E-05 2,2E-05	β = 10 % βD = 5 % 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,2E-05 1,2E-05 1,5E-03 5,1E-04 1,2E-05 1,5E-03 5,1E-04 1,2E-05 1,1E-04 1,2E-05 1,1E-04	β = 20 % β _D = 10 % 2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,4E-05 2,3E-03 8,8E-04 2,2E-04 2,4E-05 2,5E-03 9,4E-04 2,3E-04	$\begin{array}{l} \beta = 2\% \\ \beta_D = 1 \% \\ 2,2E-02 \\ 8,8E-03 \\ 2,2E-04 \\ 1,1E-03 \\ 2,8E-04 \\ 5,1E-05 \\ 4,9E-06 \\ 4,4E-02 \\ 1,8E-02 \\ 4,5E-03 \\ 5,2E-04 \\ 1,1E-03 \\ 2,0E-04 \\ 4,5E-05 \\ 4,8E-06 \\ 2,3E-03 \\ 4,8E-06 \\ 2,3E-03 \\ 4,8E-06 \\ 4,6E-04 \\ 6,4E-05 \\ 5,1E-06 \\ 4,6E-04 \\ \end{array}$	β = 10 % βD = 5 % 2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,4E-05 2,7E-03 9,0E-04 4,5E-05 2.4E-05 3,8E-03 1,1E-03 2,4E-04	β = 20 % βD = 10 % 4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,8E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,8E-05 5,6E-03 2,0E-03 4,6E-04 4,8E-05 4,4E-05 4,4E-05 4,4E-05 4,4E-03	β = 2% β _D = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02 3,4E-03 3,4E-03 3,4E-05 >1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,6E-03 1,8E-02 1,5E-03 2,3E-04 2,4E-05 4,8E-02 8,4E-03 7,1E-04 3,1E-05 4,7E-03	β = 10 % βD = 5 % 2,4E-02 6,6E-03 1,3E-03 1,2E-04 2,4E-02 5,0E-03 1,1E-03 1,2E-04 5,0E-02 1,1E-02 1,1E-02 1,6E-03	3,2E-02 1,1E-02 2,3E-03 2,4E-04 3,2E-02 9,3E-03 2,2E-03 2,2E-03 2,4E-04 5,3E-02 1,5E-02 2,6E-03
1001 (비고 2 참 조) 1002 (비고 2 참조) 1002D (비고 3 참조) 2003	0% 60 % 90 % 90 % 0% 60 % 90 % 90 % 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 %	β = 2% βD = 1 % 1.1E-02 4.4E-03 1.3E-04 3,7E-04 1.1E-03 1.1E-03 1.3E-04 2.4E-05 2.4E-06 2.2E-02 8.8E-03 2.2E-03 2.6E-04 3,7E-04 9.4E-05 2.2E-05 2.2E-05 2.2E-05 2.2E-05 2.2E-05 2.2E-05 2.2E-05 2.2E-05 2.2E-06	β = 10 % βD = 5 % 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,2E-05 1,2E-03 4,5-04 1,1E-04 1,2E-05 1,5E-03 5,1E-04 1,2E-05 1,1E-04 1,2E-05 1,1E-04 1,2E-05	β = 20 % βD = 10 % 2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,4E-05 2,3E-03 8,8E-04 2,2E-04 2,2E-04 2,4E-05 2,5E-03 9,4E-04 2,4E-05	$\begin{array}{l} \beta = 2\% \\ \beta_D = 1 \% \\ 2,2E-02 \\ \textbf{8,8E-03} \\ 2,2E-03 \\ 2,6E-04 \\ 1,1E-03 \\ 2,8E-04 \\ 5,1E-05 \\ 4,9E-06 \\ 4,4E-02 \\ 1,8E-02 \\ 4,5E-03 \\ 5,2E-04 \\ 1,1E-03 \\ 2,0E-04 \\ 4,5E-05 \\ \textbf{4,8E-06} \\ 2,3E-03 \\ 4,8E-04 \\ 6,4E-05 \\ 5,1E-06 \\ \end{array}$	β = 10 % βD = 5 % 2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,4E-05 2,7E-03 9,0E-04 4,5E-05 2.4E-05 3,8E-03 1,1E-03 2,4E-04 2,4E-05	β = 20 % βD = 10 % 4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,8E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,8E-05 5,6E-03 2,0E-03 4,6E-04 4,8E-05 4,4E-03 1,8E-03 1,8E-03	β = 2% β _D = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02 3,4E-03 3,8E-04 2,6E-05 >1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,6E-03 1,8E-02 1,5E-03 2,3E-04 2,4E-05 4,8E-02 8,4E-03 7,1E-04 3,1E-05	β = 10 % βD = 5 % 2,4E-02 6,6E-03 1,3E-03 1,2E-04 2,4E-02 5,0E-03 1,1E-03 1,2E-04 5,0E-02 1,1E-02 1,6E-03 1,3E-04	3,2E-02 1,1E-02 2,3E-03 2,4E-04 3,2E-02 9,3E-03 2,2E-03 2,4E-04 5,3E-02 1,5E-02 2,6E-03 2,5E-04
1001 (비고 2 참 조) 1002 (비고 2 참조) 1002D (비고 3 참조) 2003	0% 60 % 90 % 90 % 0% 60 % 90 % 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 %	β = 2% βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,3E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,4E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 3,7E-04 9,4E-05 2,2E-05 2,6E-06 6,8E-04 1,6E-04 2,7E-05 2,2E-06 2,2E-06 2,2E-05 2,2E-06 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-06 2,2E-06 2,2E-05 2,2E-06 2,2E-06 2,2E-06 2,2E-06 2,2E-05 2,2E-06	β = 10 % βD = 5 % 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,2E-05 1,2E-05 1,5E-03 5,1E-04 1,2E-05 1,5E-03 5,1E-04 1,2E-05 1,1E-04 1,2E-05 1,1E-04	β = 20 % βD = 10 % 2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,4E-05 2,3E-03 8,8E-04 2,2E-04 2,4E-05 2,5E-03 9,4E-04 2,4E-05 2,2E-03 8,8E-04 2,4E-05 2,2E-03 2,8E-04 2,4E-05 2,2E-03 2,4E-05 2,4E-05	$\begin{array}{l} \beta = 2\% \\ \beta_D = 1 \% \\ 2,2E-02 \\ 8,8E-03 \\ 2,2E-04 \\ 1,1E-03 \\ 2,8E-04 \\ 5,1E-05 \\ 4,9E-06 \\ 4,4E-02 \\ 1,8E-02 \\ 4,5E-03 \\ 5,2E-04 \\ 1,1E-03 \\ 2,0E-04 \\ 4,5E-05 \\ 4,8E-06 \\ 2,3E-03 \\ 4,8E-06 \\ 2,3E-03 \\ 4,8E-06 \\ 4,6E-04 \\ 6,4E-05 \\ 5,1E-06 \\ 4,6E-04 \\ \end{array}$	β = 10 % βD = 5 % 2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,4E-05 2,7E-03 9,0E-04 4,5E-05 2.4E-05 3,8E-03 1,1E-03 2,4E-04 2,4E-05 2,2E-03	β = 20 % βD = 10 % 4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,8E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,8E-05 5,6E-03 2,0E-03 4,6E-04 4,8E-05 4,4E-03 1,8E-03 4,4E-04	β = 2% β _D = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02 3,4E-03 3,4E-03 3,4E-05 2,6E-05 >1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,6E-03 1,8E-02 1,5E-03 2,3E-04 2,4E-05 4,8E-02 8,4E-03 7,1E-04 3,1E-05 4,7E-03 1,0E-03 2,2E-04	β = 10 % βD = 5 % 2,4E-02 6,6E-03 1,3E-03 1,2E-04 2,4E-02 5,0E-03 1,1E-03 1,2E-04 5,0E-02 1,1E-02 1,6E-03 1,3E-04 1,3E-04	3,2E-02 1,1E-02 2,3E-03 2,4E-04 3,2E-02 9,3E-03 2,2E-03 2,2E-03 2,4E-04 5,3E-02 1,5E-02 2,6E-03 2,5E-04 2,3E-02
1001 (비고 2 참 조) 1002 (비고 2 참조) 1002D (비고 3 참조) 2003	0% 60 % 90 % 90 % 90 % 90 % 90 % 90 % 60 % 90 %	β = 2% βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,3E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,4E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 3,7E-04 9,4E-05 2,2E-05 2,6E-06 6,8E-04 1,6E-04 2,7E-05 2,2E-06 2,2E-06 2,2E-06 2,2E-05 2,2E-06 2,2E-05 2,2E-06 2,2E-06 2,2E-06 2,2E-05 2,2E-06 2,2E-06 2,2E-06 2,2E-06	β = 10 % βD = 5 % 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,2E-05 1,2E-03 4,5-04 1,1E-04 1,2E-05 1,5E-03 5,1E-04 1,2E-05 1,1E-03 4,4E-04 1,2E-05 1,1E-03 4,4E-04 1,1E-04 1,1E-04 1,1E-04	β = 20 % βD = 10 % 2,3E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,4E-05 2,3E-03 8,8E-04 2,2E-04 2,4E-05 2,5E-03 9,4E-04 2,4E-05 2,2E-03 8,8E-04 2,2E-04 2,4E-05 2,2E-03 8,8E-04 2,2E-04 2,2E-04 2,2E-04 2,2E-04 2,2E-04 2,2E-04 2,4E-05	β = 2% β _D = 1 % 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,1E-05 4,9E-06 4,4E-02 1,8E-02 4,5E-03 5,2E-04 1,1E-03 2,0E-04 4,5E-05 4,8E-06 2,3E-03 4,8E-04 6,4E-05 5,1E-06 4,6E-04 1,8E-04 4,4E-05 4,8E-06	β = 10 % βD = 5 % 2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,4E-05 2,7E-03 9,0E-04 4,5E-05 2.4E-05 3,8E-03 1,1E-03 2,4E-04 2,4E-05 2,2E-03 8,8E-04 2,2E-04 2,4E-05	β = 20 % βD = 10 % 4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,8E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,8E-05 5,6E-03 2,0E-03 4,6E-04 4,8E-05 4,4E-03 1,8E-03 4,4E-04	β = 2% β _D = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02 3,4E-03 3,8E-04 2,6E-05 >1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,6E-03 1,8E-02 1,5E-03 2,3E-04 2,4E-05 4,8E-02 8,4E-03 7,1E-04 3,1E-05 4,7E-03 1,0E-03	β = 10 % βD = 5 % 2,4E-02 6,6E-03 1,3E-03 1,2E-04 2,4E-02 5,0E-03 1,1E-03 1,2E-04 5,0E-02 1,1E-02 1,6E-03 1,3E-04 1,3E-02 4,5E-03	3,2E-02 1,1E-02 2,3E-03 2,4E-04 3,2E-02 9,3E-03 2,2E-03 2,2E-03 2,4E-04 5,3E-02 1,5E-02 2,6E-03 2,5E-04 2,3E-02 8,9E-03
1001 (비고 2 참조) 1002 (비고 2 참조) 1002D (비고 3 참조) 2003 비고 1 이 표	0% 60 % 90 % 90 % 90 % 90 % 60 % 90 % 60 % 90 % 90 % 60 % 90 % 90 % 60 % 90 % 90 % 60 % 90	β = 2% βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,3E-04 3,7E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,4E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 3,7E-04 9,4E-05 2,2E-05 2,6E-06 6,8E-04 1,6E-04 2,7E-05 2,2E-06 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-06 3,7E-04 9,4E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-06 3,7E-04 1,6E-04 2,7E-05 2,2E-06 2,2E-06 2,2E-04 8,8E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-06	β = 10 % βD = 5 % 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,2E-05 1,2E-05 1,5E-03 5,1E-04 1,2E-05 1,1E-04 1,2E-05 1,1E-04 1,2E-05 1,1E-04 1,2E-05 1,1E-04 1,2E-05 1,1E-03 4,4E-04 1,1E-04 1,1E-04 1,1E-04 1,1E-04	日本	β = 2% β _D = 1 % 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,1E-05 4,9E-06 4,4E-02 1,8E-02 4,5E-03 5,2E-04 1,1E-03 2,0E-04 4,5E-05 4,8E-06 2,3E-03 4,8E-04 6,4E-05 5,1E-06 4,6E-04 1,8E-04 4,4E-05 4,4E-05 4,8E-06 식(4) (日) (日) (日) (日) (日) (日) (日) (日) (日) (日	β = 10 % βD = 5 % 2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,4E-05 2,7E-03 9,0E-04 4,5E-05 2,4E-05 3,8E-03 1,1E-03 2,4E-04 2,4E-05 2,2E-03 8,8E-04 2,2E-04 2,4E-05 계산된다.	β = 20 % βD = 10 % 4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,8E-05 4,8E-05 5,6E-03 2,0E-03 4,6E-04 4,8E-05 4,4E-04 4,8E-05 4,4E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,8E-05 4,4E-04 4,8E-05 4,4E-04 4,8E-05	β = 2% β _D = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02 3,4E-03 3,4E-03 3,8E-04 2,6E-05 >1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,6E-03 1,8E-02 1,5E-03 2,3E-04 2,4E-05 4,8E-02 8,4E-03 7,1E-04 3,1E-05 4,7E-03 1,0E-03 2,2E-04 2,4E-05	β = 10 % βD = 5 % 2,4E-02 6,6E-03 1,3E-03 1,2E-04 2,4E-02 5,0E-03 1,1E-03 1,2E-04 5,0E-02 1,1E-02 1,6E-03 1,3E-04 1,3E-02 4,5E-03 1,1E-03 1,1E-03	3,2E-02 1,1E-02 2,3E-03 2,4E-04 3,2E-02 9,3E-03 2,2E-03 2,2E-03 2,2E-03 2,5E-04 2,3E-02 8,9E-03 2,2E-03 2,5E-04 2,3E-02 8,9E-03 2,2E-03 2,2E-03
1001 (비고 2 참 조) 1002 (비고 2 참조) 1002D (비고 3 참조) 2003	0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 %	β = 2% βD = 1 % 1,1E-02 4,4E-03 1,1E-03 1,1E-04 1,1E-04 1,1E-04 2,4E-05 2,4E-06 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,6E-04 3,7E-04 9,4E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-06 6,8E-04 1,6E-04 2,7E-05 2,2E-06 2,2E-06 3,7E-04 3,7E-04 3,7E-04 2,7E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-06 3,7E-04 3,7E-04 3,7E-04 3,7E-04 3,7E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-05 2,2E-06 3,7E-06 3,7E-04	β = 10 % βD = 5 % 1,2E-03 4,6E-04 1,1E-04 1,2E-05 1,2E-05 1,2E-03 4,5-04 1,1E-04 1,2E-05 1,5E-03 5,1E-04 1,2E-05 1,1E-03 4,4E-04 1,1E-04 1,1E-04 1,1E-04 1,1E-04 1,1E-05 巨世に、이	日本	β = 2% β _D = 1 % 2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,2E-04 1,1E-03 2,8E-04 1,1E-05 4,9E-06 4,4E-02 1,8E-02 4,5E-03 5,2E-04 1,1E-03 2,0E-04 4,5E-05 4,8E-06 2,3E-03 4,8E-06 2,3E-04 6,4E-05 5,1E-06 4,6E-04 1,8E-04 4,4E-05 4,8E-06 4,0E-04 1,8E-04 4,4E-05 4,8E-06 4,0E-04 1,8E-04 1,8E-04 1,8E-04 1,8E-06 4,0E-05 1,8E-06 4,0E-05 1,8E-06 4,0E-05 1,8E-06 4,0E-05 1,8E-06 4,0E-05 1,8E-06 4,0E-05 1,8E-06	\$\begin{align*} \begin{align*} \begin{align*} \begin{align*} 2,7E-03 & \textbf{9,7E-04} \\ 2,3E-04 & \textbf{2,4E-05} \\ 2,7E-03 & \textbf{9,0E-04} \\ 4,5E-05 & \textbf{2,4E-05} \\ 3,8E-03 & \textbf{1,1E-03} \\ 2,4E-04 & \textbf{2,4E-05} \\ 2,2E-03 & \textbf{8,8E-04} \\ 2,2E-04 & \textbf{2,2E-04} \\ 2,4E-05 & \textbf{A} \textbf{\textbf{\textbf{1}}} \textbf{1} \\ 2,4E-05 & \textbf{A} \textbf{1} \textbf{1} \textbf{1} \\ 2,4E-05 & \textbf{1} \textbf{2} \textbf{1} \textbf{1} \\ 2,4E-05 & \textbf{2} \textbf{1} \textbf{1} \textbf{1} \\ 2,4E-05 & \textbf{2} \textbf{1} \textbf{1} \textbf{1} \\ 2,4E-05 & \textbf{2} \textbf{1} \textbf{1} \\ 2,4E-05 & \textbf{2} \textbf{1} \textbf{1} \textbf{1} \textbf{1} \\ 2,4E-05 & \textbf{2} \textbf{1} \textbf{1} \textbf{1} \textbf{2} \\ 2,4E-05 & \textbf{2} \textbf{2} \textbf{2} \textbf{2} \\ 2,4E-05 & \textbf{2} \textbf{2} \textbf{2} \\ 2,4E-05 & \textbf{2} \textbf{2} \textbf{2} \\ 2,4E-05 & \textbf{2} \textbf{2} \textbf{2} \textbf{2} \textbf{2} \\ 2,4E-05 & \textbf{2} \textbf{2} \textbf{2} \textbf{2} \textbf{2} \textbf{2} \\ 2,4E-05 & \textbf{2} \textbf{2} \textbf{2} \textbf{2}	β = 20 % βD = 10 % 4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,8E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,8E-05 5,6E-03 2,0E-03 4,6E-04 4,8E-05 4,4E-03 1,8E-03 4,4E-04	β = 2% β _D = 1 % >1E-01 4,4E-02 1,1E-02 1,3E-03 1,8E-02 3,4E-03 3,4E-03 3,8E-04 2,6E-05 >1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,6E-03 1,8E-02 1,5E-03 2,3E-04 2,4E-05 4,8E-02 8,4E-03 7,1E-04 3,1E-05 4,7E-03 1,0E-03 2,2E-04 2,4E-05	β = 10 % βD = 5 % 2,4E-02 6,6E-03 1,3E-03 1,2E-04 2,4E-02 5,0E-03 1,1E-03 1,2E-04 5,0E-02 1,1E-02 1,6E-03 1,3E-04 1,3E-02 4,5E-03 1,1E-03 1,1E-03	3,2E-02 1,1E-02 2,3E-03 2,4E-04 3,2E-02 9,3E-03 2,2E-03 2,2E-03 2,4E-04 5,3E-02 1,5E-02 2,6E-03 2,5E-04 2,3E-02 8,9E-03 2,2E-03 2,2E-03

^{*} source IEC 61508 part 6 Annex B Table B.3

<별표 4> 2년의 보증시험주기와 8 시간 평균복구시간을 위한 요구시 고장평균확률

		$\lambda D = 0.5E$	07		λ D = 2,5E	-07		λ D = 0,5E	-06	
구성	DC	β =2%		β = 20 %	١•		β = 20 %	β =2%	β = 10 %	β = 20 %
		$\beta_D = 1 \%$	$\beta_D = 5 \%$	$\beta_D = 10 \%$		$\beta_D = 5 \%$	$\beta_D = 10 \%$		$\beta_D = 5 \%$	<u>β</u> D = 10 %
1001	0% 60.%	4,4E-04			2,2E-03			4,4E-03		
비고 2 참조)	60 %	1,8E-04 4,4E-05			8,8E-04 2,2E-04			1,8E-03 4,4E-04		
	99 %	4,8E-06			2,4E-05			4,8E-05		
	0%	9,0E-06	4,4E-05		5,0E-05	2,2E-04	4,4E-04	1,1E-04	4,6E-04	8,9E-04
42	60 %	3,5E-06	1,8E-05	3,5E-05	1,9E-05	8,9E-05	1,8E-04	3,9E-05	1,8E-04	3,5E-04
1002	90 %	8,8E-07	4,4E-06		4,5E-06	2,2E-05	4,4E-05	9,1E-06	4,4E-05	8,8E-05
	99 %	9,2E-08	4.6E-07		4,6E-07	2,3E-06	4,6E-06	9,2E-07	4,6E-06	9,2E-06
	0%	8.8E-04	17		4,4E-03	,	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	8,8E-03	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	
2002	60 %	3,5E-04			1,8E-03			3,5E-03		
비고 2참조)	90 % 99 %	8,8E-05			4,4E-04			8,8E-04		
	0%	9,6E-06 9,0E-06	4,4E-05		4,8E-05 5,0E-05	2,2E-04	4,4E-04	9,6E-05 1,1E-04	4,6E-04	8,9E-04
1oo2D	60 %	3,5E-06	1,8E-05	-	1,8E-05	8,8E-05	1,8E-04	3,6E-05	1,8E-04	3,5E-04
비고 3 참조)		8,8E-06	4,4E-06		4,4E-06	2,2E-05	4,4E-05	8,8E-06	4,4E-05	8,8E-05
-i下 2 显式)	99 %	9,2E-07	4,4E-06 4,6E-07		4,4E-06 4,6E-07	2,2E-05 2,3E-06	4,4E-05 4,6E-06	9,2E-07	4,4E-05 4,46-06	9,2E-06
	0%	9,2E-07 9,5E-06	4,6E-07 4,4E-05		6,2E-05	2,3E-06 2,3E-04	4,5E-06 4,5E-04	1,6E-04	5,0E-04	9,2E-06 9,3E-04
	60 %	3,6E-06	1,8E-05		2,1E-05	9,0E-05	1,8E-04	4,7E-05	1,9E-04	3,6E-04
2003	90 %	8,9E-07	4,4E-06	+'	4,6E-06	2,2E-05	4,4E-05	9,6E-06	4.5E-05	8,9E-05
	99 %	9,2E-08	4,4E-06 4,6E-07	+ '	4,6E-06 4,6E-07	2,2E-05 2,3E-06	4,4E-05 4,6E-06	9,8E-06 9,3E-07	4,5E-05 4,6E-06	9,2E-06
	0%	9,2E-06 8,8E-06	4,6E-07 4,4E-05		4,6E-07 4,4E-05	2,3E-06 2,2E-04	4,6E-06 4,4E-04	8,8E-05	4,6E-06 4,4E-04	9,2E-06 8,8E-04
	60 %	3,5E-06	1,8E-05		1,8E-05	8,8E-05	1,8E-04	3,5E-05	1,8E-04	3,5E-04
1003	90 %	8,8E-07	4,4E-06	· ·	4,4E-06	2,2E-05	4,4E-05	8,8E-06	4,4E-05	8,8E-05
	99 %	9,2E-08	4,6E-07		4,4E-00 4,6E-07	2,3E-06	4,6E-06	9,2E-07	4,4E-03 4,6E-06	9,2E-06
	33 70	5,22 00	1,02 01	3,22 01	1,02 01	L,3L 00	1,02 00	5,22 01	1,02 00	5,22 00
		255.6	···			. 05		. 255	. 05	
ᄀ서	200	$\lambda D = 2,5E-0$	<i>)</i> 6		λ □ = 0,5 E			λ D = 2,5E	:-05	
구성	DC	β =2%	β = 10 %	1-		β = 10 %	β = 20 %	β =2%	β = 10 %	β = 20 %
		βD = 1 %	$\beta D = 5 \%$			βD = 5 %	βD = 10 %		βD = 5 %	βD= 10 %
1001	0%	2,2E-02	βD = 5 %		4,4E-02	βD = 5 %	βD = 10 %	>1E-01	βD = 5 %	βD= 10 %
1001 비コ 2 차조)	60 %	2,2E-02 8,8E-03	βD = 5 %		4,4E-02 1,8E-02	βD = 5 %	βD = 10 %	>1E-01 8.8E-02	βD = 5 %	βD= 10 %
	60 %	2,2E-02	βD = 5 %		4,4E-02	βD = 5 %	βD = 10 %	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02	βD = 5 %	βD= 10 %
1oo1 비고 2 참조)	60 %	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03	βD = 5 %		4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03	βD = 5 %	βD = 10 %	>1E-01 8.8E-02	βD = 5 %	βD= 10 %
비고 2 참조)	60 % 90 % 99 %	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04		4,8E-03	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04			>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03		
	60 % 90 % 99 % 0%	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03	2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04	4,8E-03 1,8E-03	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-03	6,5E-03	1,0E-02	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02	7,4E-02	8,5E-02
비고 2 참조)	60 % 90 % 99 % 0% 60 %	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,0E-05 4,7E-06	2,7E-03 9,7E-04	4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,6E-05	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-03 7,5E-04 1,1E-04 9,5E-06	6,5E-03 2,1E-03	1,0E-02 3,8E-03	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02 1,2E-02	7,4E-02 1,8E-02	8,5E-02 2,5E-02
비고 2 참조) 1002	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 90 % 99 %	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,0E-05 4,7E-06 4,4E-02	2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04	4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,6E-05	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-03 7,5E-04 1,1E-04 9,5E-06 8,8E-02	6,5E-03 2,1E-03 4,6E-04	1,0E-02 3,8E-03 9,0E-04	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02 1,2E-02 1,1E-03 5,4E-05 >1E-01	7,4E-02 1,8E-02 2,8E-03	8,5E-02 2,5E-02 4,9E-03
비고 2 참조) 1002 2002	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 %	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,0E-05 4,7E-06 4,4E-02 1,8E-02	2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04	4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,6E-05	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-03 7,5E-04 1,1E-04 9,5E-06 8,8E-02 3,5E-02	6,5E-03 2,1E-03 4,6E-04	1,0E-02 3,8E-03 9,0E-04	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02 1,2E-02 1,1E-03 5,4E-05 >1E-01	7,4E-02 1,8E-02 2,8E-03	8,5E-02 2,5E-02 4,9E-03
비고 2 참조) 1002 2002	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 90 %	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,0E-05 4,7E-06 4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03	2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04	4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,6E-05	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-03 7,5E-04 1,1E-04 9,5E-06 8,8E-02 3,5E-02 8,8E-03	6,5E-03 2,1E-03 4,6E-04	1,0E-02 3,8E-03 9,0E-04	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02 1,2E-02 1,1E-03 5,4E-05 >1E-01 4,4E-02	7,4E-02 1,8E-02 2,8E-03	8,5E-02 2,5E-02 4,9E-03
비고 2 참조) 1002 2002	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 %	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,0E-05 4,7E-06 4,4E-02 1,8E-02	2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04	4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,6E-05	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-03 7,5E-04 1,1E-04 9,5E-06 8,8E-02 3,5E-02 8,8E-03 9,6E-04	6,5E-03 2,1E-03 4,6E-04 4,6E-05	1,0E-02 3,8E-03 9,0E-04 9,2E-05	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02 1,2E-02 1,1E-03 5,4E-05 >1E-01 4,4E-02 4,8E-03	7,4E-02 1,8E-02 2,8E-03 2,4E-04	8,5E-02 2,5E-02 4,9E-03 4,6E-04
비고 2 참조) 1002 2002	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0%	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,0E-05 4,7E-06 4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 1,1E-03	2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,3E-05	4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,6E-05	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-03 7,5E-04 1,1E-04 9,5E-06 8,8E-02 3,5E-02 8,8E-03 9,6E-04 3,3E-03	6,5E-03 2,1E-03 4,6E-04 4,6E-05	1,0E-02 3,8E-03 9,0E-04 9,2E-05	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02 1,2E-02 1,1E-03 5,4E-05 >1E-01 4,4E-02	7,4E-02 1,8E-02 2,8E-03 2,4E-04 7,4E-02	8,5E-02 2,5E-02 4,9E-03 4,6E-04
비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조) 1002D	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 %	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,0E-05 4,7E-06 4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,4E-03 4,8E-04 1,1E-03 2,0E-04	2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,3E-05 2,7E-03 9,0E-04	4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,6E-05 4,8E-03 1,8E-03	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-03 7,5E-04 1,1E-04 9,5E-06 8,8E-02 3,5E-02 8,8E-03 9,6E-04 3,3E-03 4,5E-04	6,5E-03 2,1E-03 4,6E-04 4,6E-05 6,5E-03 1,8E-03	1,0E-02 3,8E-03 9,0E-04 9,2E-05 1,0E-02 3,6E-03	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02 1,2E-02 1,1E-03 5,4E-05 >1E-01 >1E-01 4,4E-02 4,8E-03 6,6E-02 4,3E-03	7,4E-02 1,8E-02 2,8E-03 2,4E-04 7,4E-02 1,1E-02	8,5E-02 2,5E-02 4,9E-03 4,6E-04 8,5E-02 1,9E-02
비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조) 1002D	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0%	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,0E-05 4,7E-06 4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 1,1E-03 2,0E-04 4,4E-05	2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,3E-05	4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,6E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-03 7,5E-04 1,1E-04 9,5E-06 8,8E-02 3,5E-02 8,8E-03 9,6E-04 3,3E-03 4,5E-04 8,9E-05	6,5E-03 2,1E-03 4,6E-04 4,6E-05 6,5E-03 1,8E-03 4,4E-04	1,0E-02 3,8E-03 9,0E-04 9,2E-05 1,0E-02 3,6E-03 8,8E-04	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02 1,2E-02 1,1E-03 5,4E-05 >1E-01 4,4E-02 4,8E-03 6,6E-02	7,4E-02 1,8E-02 2,8E-03 2,4E-04 7,4E-02 1,1E-02 2,2E-03	8,5E-02 2,5E-02 4,9E-03 4,6E-04 8,5E-02 1,9E-02 4,4E-03
비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조)	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 %	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,0E-05 4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 1,1E-03 2,0E-04 4,4E-05 4,4E-05	2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,3E-05 2,7E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,3E-05	4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,6E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-03 7,5E-04 1,1E-04 9,5E-06 8,8E-02 3,5E-02 8,8E-03 9,6E-04 3,3E-03 4,5E-04 8,9E-05 9,2E-06	6,5E-03 2,1E-03 4,6E-04 4,6E-05 6,5E-03 1,8E-03	1,0E-02 3,8E-03 9,0E-04 9,2E-05 1,0E-02 3,6E-03 8,8E-04 9,2E-05	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02 1,2E-02 1,1E-03 5,4E-05 >1E-01 4,4E-02 4,8E-03 6,6E-02 4,3E-03 4,7E-04 4,6E-05	7,4E-02 1,8E-02 2,8E-03 2,4E-04 7,4E-02 1,1E-02 2,2E-03 2,3E-04	8,5E-02 2,5E-02 4,9E-03 4,6E-04 8,5E-02 1,9E-02 4,4E-03 4,6E-04
비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조) 1002D 비고 3참조)	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 %	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,0E-05 4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 1,1E-03 2,0E-04 4,4E-05 4,4E-05 4,6E-06 2,3E-03	2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,3E-05 2,7E-03 9,0E-04 2,2E-04	4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,6E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 5,6E-03	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-03 7,5E-04 1,1E-04 9,5E-06 8,8E-02 3,5E-02 8,8E-03 9,6E-04 3,3E-03 4,5E-04 8,9E-05 9,2E-06 8,3E-03	6,5E-03 2,1E-03 4,6E-04 4,6E-05 6,5E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 1,1E-02	1,0E-02 3,8E-03 9,0E-04 9,2E-05 1,0E-02 3,6E-03 8,8E-04 9,2E-05 1,4E-02	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02 1,2E-02 1,1E-03 5,4E-05 >1E-01 4,4E-02 4,8E-03 6,6E-02 4,3E-03 4,7E-04 4,6E-05 1,9E-01	7,4E-02 1,8E-02 2,8E-03 2,4E-04 7,4E-02 1,1E-02 2,2E-03 2,3E-04 1,8E-01	8,5E-02 2,5E-02 4,9E-03 4,6E-04 8,5E-02 1,9E-02 4,4E-03
비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조) 1002D	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 %	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,0E-05 4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 1,1E-03 2,0E-04 4,4E-05 4,4E-05	2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,3E-05 2,7E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,3E-05 3,7E-03 1,1E-03	4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,6E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 5,6E-03 2,0E-03	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-03 7,5E-04 1,1E-04 9,5E-06 8,8E-02 3,5E-02 8,8E-03 3,5E-04 3,3E-03 4,5E-04 8,9E-05 9,2E-06 8,3E-03 1,6E-03	6,5E-03 2,1E-03 4,6E-04 4,6E-05 6,5E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05	1,0E-02 3,8E-03 9,0E-04 9,2E-05 1,0E-02 3,6E-03 8,8E-04 9,2E-05	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02 1,2E-02 1,1E-03 5,4E-05 >1E-01 +1E-01 4,4E-02 4,8E-03 6,6E-02 4,3E-03 4,7E-04 4,6E-05 1,9E-01 3,2E-02	7,4E-02 1,8E-02 2,8E-03 2,4E-04 7,4E-02 1,1E-02 2,2E-03 2,3E-04	8,5E-02 2,5E-02 4,9E-03 4,6E-04 8,5E-02 1,9E-02 4,4E-03 4,6E-04 1,7E-01 4,0E-02
비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조) 1002D 비고 3참조)	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 %	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,0E-05 4,7E-06 4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 1,1E-03 2,0E-04 4,4E-05 4,6E-06 2,3E-03 4,8E-04 6,3E-05	2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,3E-05 2,7E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,3E-05 3,7E-03 1,1E-03 2,4E-04	4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,6E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 5,6E-03 2,0E-03 4,6E-04	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-03 7,5E-04 1,1E-04 9,5E-06 8,8E-02 3,5E-02 8,8E-03 9,6E-04 3,3E-03 4,5E-04 8,9E-05 9,2E-06 8,3E-03 1,6E-03 1,6E-03	6,5E-03 2,1E-03 4,6E-04 4,6E-05 6,5E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 1,1E-02 2,8E-03 5,1E-04	1,0E-02 3,8E-03 9,0E-04 9,2E-05 1,0E-02 3,6E-03 8,8E-04 9,2E-05 1,4E-02 4,4E-03 9,4E-04	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02 1,2E-02 1,1E-03 5,4E-05 >1E-01 >1E-01 4,4E-02 4,8E-03 6,6E-02 4,3E-03 4,7E-04 4,6E-05 1,9E-01 3,2E-02 2,4E-03	7,4E-02 1,8E-02 2,8E-03 2,4E-04 7,4E-02 1,1E-02 2,2E-03 2,3E-04 1,8E-01 3,5E-02 4,0E-03	8,5E-02 2,5E-02 4,9E-03 4,6E-04 8,5E-02 1,9E-02 4,4E-03 4,6E-04 1,7E-01 4,0E-02 6,0E-03
비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조) 1002D 비고 3참조)	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 %	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,0E-05 4,7E-06 4,4E-02 1,8E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 1,1E-03 2,0E-04 4,4E-05 4,6E-06 2,3E-03 4,8E-04 6,3E-05 4,8E-04	2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,3E-05 2,7E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,3E-05 3,7E-03 1,1E-03	4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,6E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 5,6E-03 2,0E-03 4,6E-04 4,6E-05	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-03 7,5E-04 1,1E-04 9,5E-06 8,8E-02 3,5E-02 8,8E-03 3,5E-04 3,3E-03 4,5E-04 8,9E-05 9,2E-06 8,3E-03 1,6E-03	6,5E-03 2,1E-03 4,6E-04 4,6E-05 6,5E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 1,1E-02 2,8E-03	1,0E-02 3,8E-03 9,0E-04 9,2E-05 1,0E-02 3,6E-03 8,8E-04 9,2E-05 1,4E-02 4,4E-03	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02 1,2E-02 1,1E-03 5,4E-05 >1E-01 +1E-01 4,4E-02 4,8E-03 6,6E-02 4,3E-03 4,7E-04 4,6E-05 1,9E-01 3,2E-02	7,4E-02 1,8E-02 2,8E-03 2,4E-04 7,4E-02 1,1E-02 2,2E-03 2,3E-04 1,8E-01 3,5E-02	8,5E-02 2,5E-02 4,9E-03 4,6E-04 8,5E-02 1,9E-02 4,4E-03 4,6E-04 1,7E-01 4,0E-02 6,0E-03 4,8E-04
비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조) 1002D 비고 3참조) 2003	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 %	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,0E-05 4,7E-06 4,4E-02 1,8E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 1,1E-03 2,0E-04 4,4E-05 4,6E-06 2,3E-03 4,8E-04 6,3E-05 4,8E-04	2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,3E-05 2,7E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,3E-05 3,7E-03 1,1E-03 2,4E-04 2,3E-05	4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,6E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 5,6E-03 2,0E-03 4,6E-04 4,6E-05 4,4E-03	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-03 7,5E-04 1,1E-04 9,5E-06 8,8E-02 3,5E-02 8,8E-03 9,6E-04 3,3E-03 4,5E-04 8,9E-05 9,2E-06 8,3E-03 1,6E-03 1,6E-03 1,6E-04 1,0E-05	6,5E-03 2,1E-03 4,6E-04 4,6E-05 6,5E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 1,1E-02 2,8E-03 5,1E-04 4,7E-05 4,5E-03	1,0E-02 3,8E-03 9,0E-04 9,2E-05 1,0E-02 3,6E-03 8,8E-04 9,2E-05 1,4E-02 4,4E-03 9,4E-04 9,2E-05 8,9E-03	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02 1,2E-02 1,1E-03 5,4E-05 >1E-01 >1E-01 4,4E-02 4,8E-03 6,6E-02 4,3E-03 4,7E-04 4,6E-05 1,9E-01 3,2E-02 2,4E-03 6,9E-05	7,4E-02 1,8E-02 2,8E-03 2,4E-04 7,4E-02 1,1E-02 2,2E-03 2,3E-04 1,8E-01 3,5E-02 4,0E-03 2,5E-04	8,5E-02 2,5E-02 4,9E-03 4,6E-04 8,5E-02 1,9E-02 4,4E-03 4,6E-04 1,7E-01 4,0E-02 6,0E-03 4,8E-04 5,5E-02
비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조) 1002D 비고 3참조)	60 % 90 % 99 % 00% 60 % 99 % 00% 60 % 99 % 00% 60 % 99 % 00% 60 % 99 % 00% 60 % 99 % 00%	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,0E-05 4,7E-06 4,4E-02 1,8E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 1,1E-03 2,0E-04 4,4E-05 4,6E-06 2,3E-03 4,8E-04 6,3E-05 4,8E-04 1,8E-04	2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,3E-05 2,7E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,3E-05 3,7E-03 1,1E-03 2,4E-04 2,3E-05 2,2E-03	4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,6E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 5,6E-03 2,0E-03 4,6E-04 4,6E-05 4,4E-03 1,8E-03	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-04 1,1E-04 9,5E-06 8,8E-02 3,5E-02 8,8E-03 9,6E-04 3,3E-03 4,5E-04 8,9E-05 9,2E-06 8,3E-03 1,6E-03 1,6E-03 1,6E-04 1,0E-05 1,0E-03 3,6E-04	6,5E-03 2,1E-03 4,6E-04 4,6E-05 6,5E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 1,1E-02 2,8E-03 5,1E-04 4,7E-05 4,5E-03 1,8E-03	1,0E-02 3,8E-03 9,0E-04 9,2E-05 1,0E-02 3,6E-03 8,8E-04 9,2E-05 1,4E-02 4,4E-03 9,4E-04 9,2E-05	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02 1,2E-02 1,1E-03 5,4E-05 >1E-01 >1E-01 4,4E-02 4,8E-03 6,6E-02 4,3E-03 4,7E-04 4,6E-05 1,9E-01 3,2E-02 2,4E-03 6,9E-05 2,4E-02 3,1E-03	7,4E-02 1,8E-02 2,8E-03 2,4E-04 7,4E-02 1,1E-02 2,2E-03 2,3E-04 1,8E-01 3,5E-02 4,0E-03 2,5E-04 3,7E-02 9,9E-03	8,5E-02 2,5E-02 4,9E-03 4,6E-04 8,5E-02 1,9E-02 4,4E-03 4,6E-04 1,7E-01 4,0E-02 6,0E-03 4,8E-04 5,5E-02 1,8E-02
비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조) 1002D 비고 3참조) 2003	60 % 90 % 99 % 00% 60 % 99 % 00% 60 % 99 % 00% 60 % 99 % 00% 60 % 99 % 00% 60 % 99 % 00% 60 %	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 1,1E-03 2,8E-04 5,0E-05 4,7E-06 4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 1,1E-03 2,0E-04 4,4E-05 4,6E-06 2,3E-03 4,8E-04 6,3E-05 4,8E-04 1,1E-03 4,8E-04 4,4E-05 4,6E-06	2,7E-03 9,7E-04 2,3E-05 2,7E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,3E-05 3,7E-03 1,1E-03 2,4E-04 2,3E-05 2,2E-03 8,8E-04 2,2E-04	4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,6E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 5,6E-03 2,0E-03 4,6E-04 4,6E-05 4,4E-03 1,8E-03 4,4E-04	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-03 7,5E-04 1,1E-04 9,5E-06 8,8E-02 3,5E-02 8,8E-03 3,5E-04 3,3E-03 4,5E-04 8,9E-05 9,2E-06 8,3E-03 1,6E-03 1,6E-03 1,6E-04 1,0E-05 1,0E-03 3,6E-04 8,8E-05	6,5E-03 2,1E-03 4,6E-04 4,6E-05 6,5E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 1,1E-02 2,8E-03 5,1E-04 4,7E-05 4,5E-03 1,8E-03 4,4E-04	1,0E-02 3,8E-03 9,0E-04 9,2E-05 1,0E-02 3,6E-03 8,8E-04 9,2E-05 1,4E-02 4,4E-03 9,4E-04 9,2E-05 8,9E-03 3,5E-03 8,8E-04	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02 1,2E-02 1,1E-03 5,4E-05 >1E-01 4,4E-02 4,8E-03 6,6E-02 4,3E-03 4,7E-04 4,6E-05 1,9E-01 3,2E-02 2,4E-03 6,9E-05 2,4E-02 3,1E-03 4,6E-04	7,4E-02 1,8E-02 2,8E-03 2,4E-04 7,4E-02 1,1E-02 2,2E-03 2,3E-04 1,8E-01 3,5E-02 4,0E-03 2,5E-04 3,7E-02 9,9E-03 2,2E-03	8,5E-02 2,5E-02 4,9E-03 4,6E-04 8,5E-02 1,9E-02 4,4E-03 4,6E-04 1,7E-01 4,0E-02 6,0E-03 4,8E-04 5,5E-02 1,8E-02 4,4E-03
비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조) 1002D 비고 3참조) 2003	60 % 90 % 99 % 00% 60 % 99 % 00% 60 % 99 % 00% 60 % 99 % 00% 60 % 99 % 00% 60 % 99 % 00% 60 % 99 % 00% 99 % 00% 99 %	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,0E-05 4,7E-06 4,4E-02 1,8E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 1,1E-03 2,0E-04 4,4E-05 4,6E-06 2,3E-03 4,8E-04 6,3E-05 4,8E-04 1,8E-04 4,4E-05 4,6E-06 4,6E-04 1,8E-04 4,4E-05 4,6E-06	2,7E-03 9,7E-04 2,3E-05 2,7E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,3E-05 3,7E-03 1,1E-03 2,4E-04 2,3E-05 2,2E-03 8,8E-04 2,2E-04 2,3E-05	4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,6E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 5,6E-03 2,0E-03 4,6E-04 4,6E-05 4,4E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-04 1,1E-04 9,5E-06 8,8E-02 3,5E-02 8,8E-03 3,5E-04 3,3E-03 4,5E-04 8,9E-05 9,2E-06 8,3E-03 1,6E-04 1,0E-05 1,0E-03 3,6E-04 8,8E-05 9,2E-06	6,5E-03 2,1E-03 4,6E-04 4,6E-05 6,5E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 1,1E-02 2,8E-03 5,1E-04 4,7E-05 4,5E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05	1,0E-02 3,8E-03 9,0E-04 9,2E-05 1,0E-02 3,6E-03 8,8E-04 9,2E-05 1,4E-02 4,4E-03 9,4E-04 9,2E-05 8,9E-03 3,5E-03 8,8E-04 9,2E-05	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02 1,2E-02 1,1E-03 5,4E-05 >1E-01 >1E-01 4,4E-02 4,8E-03 6,6E-02 4,3E-03 4,7E-04 4,6E-05 1,9E-01 3,2E-02 2,4E-03 6,9E-05 2,4E-02 3,1E-03	7,4E-02 1,8E-02 2,8E-03 2,4E-04 7,4E-02 1,1E-02 2,2E-03 2,3E-04 1,8E-01 3,5E-02 4,0E-03 2,5E-04 3,7E-02 9,9E-03	8,5E-02 2,5E-02 4,9E-03 4,6E-04 8,5E-02 1,9E-02 4,4E-03 4,6E-04 1,7E-01 4,0E-02 6,0E-03 4,8E-04 5,5E-02 1,8E-02
비고 2 참조) 1002 2002 비고 2 참조) 1002D 비고 3참조) 2003 1003	60 % 90 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 0% 60 % 99 % 10% 60 % 99 % 10% 10% 10% 10% 10% 10% 10% 10% 10% 10	2,2E-02 8,8E-03 2,2E-03 2,4E-04 1,1E-03 2,8E-04 5,0E-05 4,7E-06 4,4E-02 1,8E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 1,1E-03 2,0E-04 4,4E-05 4,6E-06 2,3E-03 4,8E-04 1,8E-04 1,8E-04 4,8E-04 1,8E-04 4,8E-06 4,6E-04 1,8E-04 4,4E-05 4,6E-06 2,3E-03	2,7E-03 9,7E-04 2,3E-04 2,3E-05 2,7E-03 9,0E-04 2,2E-04 2,3E-05 3,7E-03 1,1E-03 2,4E-04 2,3E-05 2,2E-03 8,8E-04 2,2E-04 2,3E-05	4,8E-03 1,8E-03 4,5E-04 4,6E-05 4,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 5,6E-03 2,0E-03 4,6E-04 4,6E-05 4,4E-03 1,8E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 01 값은 각	4,4E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,8E-04 3,3E-03 7,5E-04 1,1E-04 9,5E-06 8,8E-02 3,5E-02 8,8E-03 3,5E-04 3,3E-03 4,5E-04 8,9E-05 9,2E-06 8,3E-03 1,6E-03 1,6E-03 1,0E-03 1,0E-05 1,0E-05 9,2E-06 8,8E-05 9,2E-06	6,5E-03 2,1E-03 4,6E-04 4,6E-05 6,5E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 1,1E-02 2,8E-03 5,1E-04 4,7E-05 4,5E-03 1,8E-03 4,4E-04 4,6E-05 1,1E-02	1,0E-02 3,8E-03 9,0E-04 9,2E-05 1,0E-02 3,6E-03 8,8E-04 9,2E-05 1,4E-02 4,4E-03 9,4E-04 9,2E-05 8,9E-03 3,5E-03 8,8E-04 9,2E-05	>1E-01 8,8E-02 2,2E-02 2,4E-03 6,6E-02 1,1E-03 5,4E-05 >1E-01 >1E-01 4,4E-02 4,8E-03 6,6E-02 4,3E-03 4,7E-04 4,6E-05 1,9E-01 3,2E-02 2,4E-03 6,9E-05 2,4E-02 3,1E-03 4,6E-04	7,4E-02 1,8E-02 2,8E-03 2,4E-04 7,4E-02 1,1E-02 2,2E-03 2,3E-04 1,8E-01 3,5E-02 4,0E-03 2,5E-04 3,7E-02 9,9E-03 2,3E-04	8,5E-02 2,5E-02 4,9E-03 4,6E-04 8,5E-02 1,9E-02 4,4E-03 4,6E-04 1,7E-01 4,0E-02 6,0E-03 4,8E-04 5,5E-02 1,8E-02 4,4E-03 4,6E-04

비고 3 안전한 고장율은 위험한 고장율과 K =0.98과 동등하다고 가정한다.

^{*} source IEC 61508 part 6 Annex B Table B.4

<부록>

안전계장기능의 안전무결성 수준 검증의 예

안전관련 시스템이 <그림 15> 와 같은 안전계장기능의 각 하부시스템으로 구성되어 있다고 가정하고,

- 1년 주기의 보증시험주기(proof test interval)와 8시간의 평균복구시간(MTTR)을 적용
- 감지부에 대한 요구시 고장평균확률을 <별표 3>으로부터 <부록 표 1>과 같이 2.3E-04 임을 찾을 수 있다.

 $\lambda_{\rm D} = 2.5E-06$ 구성 DC $\beta = 10 \%$ β =2% β = 20 % $\beta_D = 1 \%$ $\beta_D = 5 \%$ $\beta_D = 10 \%$ 0 % 2.5E-03 6.8E-04 1.5E-03 60% 1.6E-04 5.1E-04 9.4E-04 2003 2.7E-05 90% 1.2E-04 2.3E-04 99% 2.5E-06 1.2E-05 2.4E-05

<부록 표 1> 감지부에 대한 요구시 고장평균확률(PFDs)

• 논리기에 대한 요구시 고장평균확률을 <별표 3>으로부터 <부록 표 2>과 같이 4.8E-06임을 찾을 수 있다.

<부록	丑 2>	논리기에	대한 요구시	고장평균확률(PFD _L)

			$\lambda_D = 0.5E-0$	06
구성	DC	β =2%	β = 10 %	β = 20 %
		$\beta_D = 1 \%$	$\beta_D = 5 \%$	β_D = 10 %
	0 %	1.1E-03	2.7E-03	4.8E-03
1002D	60%	2.0E-04	9.0E-04	1.8E-03
1002D	90%	4.5E-05	2.2E-04	4.4E-04
	99%	4.8E-06	2.4E-05	4.8E-05

• 조작부에 대한 요구시 고장평균확률을 <별표 3>으로부터 <부록 표 3>과 같이 4.4E-03과 8.8E-03임을 찾아 이를 더하면 1.3E-02를 구할 수 있다.

X - 77 - 2018

<부록 표 3> 논리기에 대한 요구시 고장평균확률(PFD_{PE})

구성	DC	$\lambda_D = 2.5E-06$	$\lambda_{D} = 0.5E-05$
	0 %	1.1E-02	2.2E-02
1001	60%	4.4E-03	8.8E-03
1001	90%	1.1E-03	2.2E-03
	99%	1.3E-04	2.6E-04

- 따라서 안전계장기능에 대한 총 요구시 고장평균확률(PFD_{SYS})를 구하면, 2.3E-04 + 4.8E-06 + 1.3E-02 = 1.3E-02이다. **이는 안전무결성수준(SIL) 1에 해당한다.**
 - ⇒ 안전계장기능이 안전무결성수준(SIL) 2를 만족하기 위해서는 다음과 같이 보증 시험 주기를 6개월로 단축하거나, 조작부 등의 구성(voting)을 1001에서 1002로 개선하면 된다.
 - 1. 보증시험 주기를 6 개월로 단축할 경우
 - $PFD_S = 1.1E-04$
 - $PFD_L = 2.6E-06$
 - $PFD_{FE} = 2.2E-03 + 4.4E-03 = 6.6E-03$
 - PFD_{SYS} = 6.7E-03을 얻을 수 있다. **이는 안전무결성수준 2를 만족한다.**
 - 2. 조작부의 차단밸브를 1oo2로 개선할 경우(β = 10 % β_D = 5 %로 가정)
 - $PFD_S = 2.3E-04$
 - $PFD_{L} = 4.8E-06$
 - $PFD_{FE} = 4.4E-03 + 9.7E-04 = 5.4E-03$
 - PFD_{SYS} = 5.6E-03을 얻을 수 있다. 이**는 안전무결성수준 2를 만족한다.**