

KOSHA GUIDE

E - 22 - 2012

폭발위험장소에서의 보호시스템  
안전성 평가방법에 관한 기술지침

2012. 6

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침의 개요

- o 작성자 : 충북대 안전공학과 김두현 교수
- o 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 안전연구실

### o 제·개정 경과

- 2009년 11월 KOSHA CODE 전기분야제정위원회 심의
- 2012년 4월 전기안전분야 제정위원회 심의(개정)

### o 관련규격 및 자료

- KOSHA GUIDE E-105-2012(가스폭발위험분위기에서의 전기설비 설계, 선정 및 설치에 관한 기술지침)
- BS EN15233:2007 Methodology for functional safety assessment of protective systems for potentially explosive atmospheres

### o 관련법령·고시 등

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제2편 제3장(전기로 인한 위험방지)

### o 기술지침 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2012년 6월 20일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

## 폭발위험장소에서의 보호시스템 안전성 평가방법에 관한 기술지침

### 1. 목적

이 가이드는 폭발위험장소의 보호시스템을 설계할 때 필요한 기능 안전성 평가절차와 정보를 제공함을 목적으로 한다.

### 2. 적용범위

이 가이드는 보호시스템 설계를 위한 기능 안전성의 수준을 확보하기 위하여 의도된 사용, 가능한 장비 및 보호시스템의 신뢰성 등을 다루고자 하는 경우에 적용한다. 다만, 점화원에 대한 규명은 포함하지 않으며, 보호시스템의 오작동으로 야기되는 위험은 제외한다.

### 3. 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

- (가) “고장(Failure)”이란 어느 시스템 항목이나 부품들, 또는 관리기능 업무 등이 공정의 초기 정해진 대로 작동하지 않는 불능상태를 말한다.
- (나) “기능안전성(Functional safety)”이란 보호시스템 성능을 나타내는 장치와 관련된 안전을 포함한 보호시스템의 기능과 보전을 위하여 사용되는 전반적인 안전성을 말한다.
- (다) “보호시스템(Protective system)”이란 장비의 구성품 이외의 장치를 말하며, 초기 폭발을 즉시 멈추게 하거나 폭발의 영향 범위를 제한하는 것을 말하고, 구매시 자동시스템과는 별도의 시스템이다.
- (라) “기능 안전성판단(Functional safety estimation)”란 보호시스템의 기능 안전성

에 위배되는 고장의 발생하는 확률을 결정하는 것을 말한다.

(마) “기능 안전성평가(Functional safety evaluation)”이란 미리 정의된 허용 기준을 만족하는 보호시스템의 기능 안전성을 결정하는 절차를 말한다.

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에서 특별히 규정하는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 안전보건규칙에서 정하는 바에 따른다.

## 4. 일반 요구사항

### 4.1 기본개념

(1) 기능 안전성평가는 설계자와 안전기술자가 보호시스템 또는 그 부분의 기능을 시스템적 방법으로 점검할 수 있게 하는 일련의 논리적 단계로 평가는 다음 단계에 따른다.

(가) 보호시스템에 대한 기술(5.1 참조)

(나) 고장의 규명(5.2 참조)

(다) 기능 안전성판단(5.4 참조) : 기능과 신뢰도

(라) 기능 안전성평가(5.5 참조)

(2) 만약 요구되는 기능 및 신뢰도의 수준에 미치지 못한다면, 보호시스템을 개선하거나 적합한 사용의도를 정의하는 것이 필요하다.

(3) 만약 평가가 제조자에 의해 이루어진다면, 그 평가결과는 기술문서에 자세히 기록되어야 한다.

(4) 기능 안전성평가의 결정은 정량적 방법에 의해야 하고, 필요하다면 정성적 방법으로 보완하여야 한다.

## 4.2 기능 안전성평가의 범위 및 필요정보

### 4.2.1 기능 안전성평가의 범위

- (1) 보호시스템의 평가는 4.2.2에 규정된 정보를 바탕으로 이루어져야 한다.
- (2) 보호시스템의 평가는 특정 보호시스템에서 논리상 예측될 수 있는 사용 및 오사용 범위 내에서 이루어져야 한다.

### 4.2.2 필요한 정보

- (1) 기능 안전성평가를 수행하기 위하여 필요한 정보는 다음과 같다.

- (가) 의도된 사용
- (나) 보호시스템의 설계에 사용된 안전특성
- (다) 정비를 위한 요구사항
- (라) 실질적이고 예상되는 주위환경 조건
- (러) 관련 설계도
- (마) 설계(계산서) 및 검사결과
- 적용 가능한 경우,
- (바) 시험성적서
- (사) 사고이력
- (아) 관련된 안전 출판물

- (2) 추가적인 예방대책은 문서화 한다.

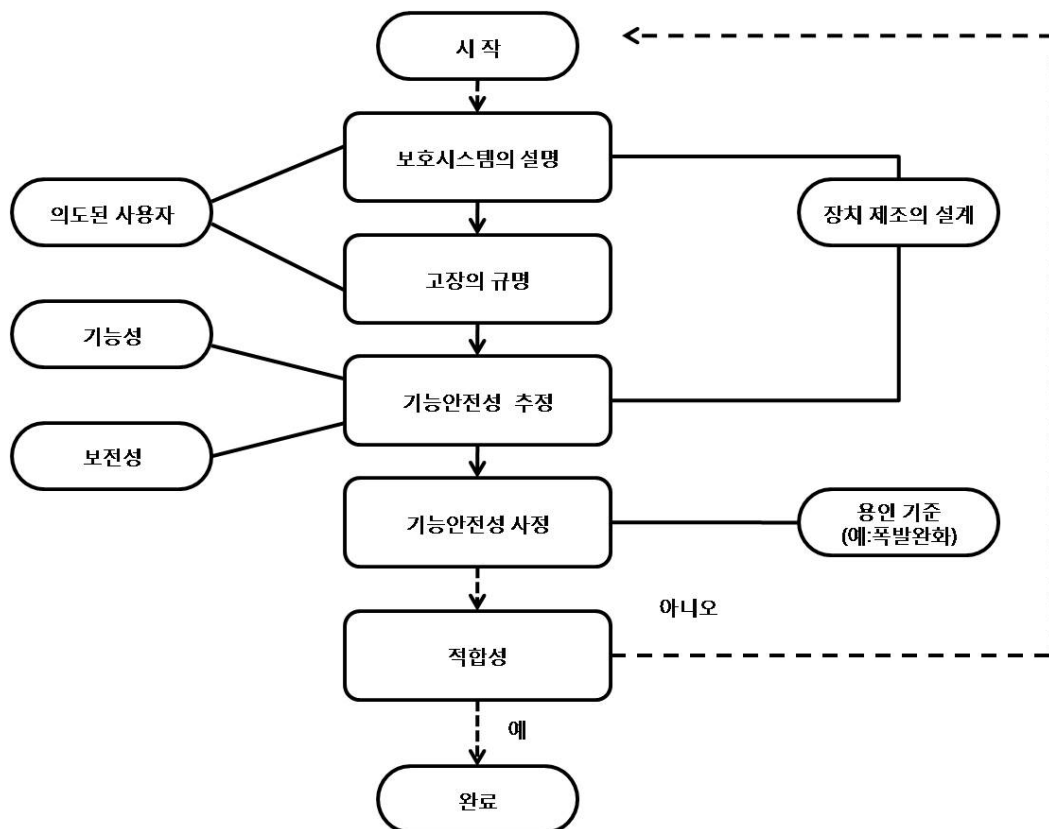
- (3) 설계가 발전되고 개정될 경우에는 정보는 경신하여야 한다.

- (4) 정성적 평가를 위한 데이터베이스, 핸드북, 연구실 또는 제조자의 시방서는 적합성이 확실하면 사용해야 한다. 불명확한 데이터는 문서화 한다.

## 5. 기능 안전성평가 절차

### 5.1 원리

- (1) 기능 안전성평가의 주요한 단계는 <그림 1>과 같이 4단계로 나타낸다.
- (2) 정비 요구사항은 평가에서 고려되어야 한다.
- (3) 제조자는 모든 필요한 정비 요구사항을 사용설명서에 제시하고, 사용의도에 적합한 정비의 누락에 대하여도 제시하여야 한다.



<그림 1> 보호 시스템의 설계를 위한 기능 안전성 평가

- (4) 설계할 때 <그림 1>의 단계적 접근법을 수행하기 위해서는 보호시스템의 기능

과 폭발유형에 대한 이해가 필요하다.

(5) 의도된 사용에서는 다음 항목들을 고려해야 한다.

- (가) 보호시스템의 수명주기
- (나) 사용, 시간, 공간의 한계
- (다) 기능의 정확한 정의
- (라) 제조용 재료의 선정
- (마) 성능, 수명과 구성
- (바) 폭발 유형의 설명
- (사) 공정조건의 한계
- (아) 정비 요구사항

## 5.2 고장규명

### 5.2.1 일반사항

- (1) 보호시스템은 잠재적 고장원을 통하여 평가해야 한다. 의도된 사용에 따른 기능 해석과 상태해석에 사용해야 한다.
- (2) 보호시스템은 수동시스템(화염억제기(Flame arrester), 배기 시스템)과 능동시스템(진압 시스템)으로 구분한다.
- (3) 가능한 고장은 기능해석과 시스템해석을 통해 평가하고, 전체 수명주기에 걸쳐 별도로 고려하여야 한다.

### 5.2.2 평가

- (1) 설계 및 제조 단계에서는 다음 내용을 평가하여야 한다.
  - (가) 사용의도의 충족여부

- ① 화염 억제기의 충분한 열전도
- ② 배기 시스템의 효과적인 압력방출
- ③ 진압시스템의 충분한 진압 효율

(나) 보호시스템의 기계적 치수의 적합성. 고장은 다음의 경우에 발생된다.

- ① 불충분한 압력 내성
- ② 불충분한 온도 내성
- ③ 불충분한 진동과 충격에 대한 내성
- ④ 불충분한 노화 또는 부식에 대한 내성

(다) 부적합한 설치 장소, 설치위치 또는 폭발성을 조장하는 설치방법은 피한다.

(라) 공정을 고려한 적절한 모드, 외부온도, 외부압력 등은 정상운동을 위한 한계나 감도와 마찬가지로 고려하여야 한다.

(마) 적당하지 않은 소프트웨어와 제어장치(하드웨어)를 사용할 경우

(바) 하드웨어의 전자기에 의한 내성

(사) Fail-safe 장치의 추가

(아) 정전상태에서도 시스템이 의도된 사용으로 정비되는 것이 필요하다.

(2) 설치 단계에서 올바른 정보를 제공할 수 있도록 제조자는 다음과 같은 발생 가능한 고장들을 고려해야 한다.

(가) 의도된 기능(진공차단기, 압력방출장치 전면의 위험지역, 상해의 위험 등)에 의한 영향의 미흡하거나 불충분한 검토

(나) 불충분한 밀봉 또는 그럴듯한 기만행위

(다) 불충분한 전기적 조건(단락, 개방, 과부하, 지락사고)

(라) 제어 및 지시장치에 대한 불충분한 전원 및 예비전원의 공급

(3) 보호시스템의 작동 및 정비 중에 발생 가능한 고장들을 고려해야 하고, 제조자는 보호시스템 고장을 예방할 수 있는 방법을 사용자에게 제시해야 한다. 사용 및 정비 중에 발생 가능할 수 있는 고장들은 다음과 같다.

(가) 오염



- (나) 사람에 의한 불합리하거나 불충분한 간섭(잘못된 조작, 잘못된 설치, 불합리한 정비, 의도되지 않은 간섭)
- (다) 고장 메시지의 표시와 비상정지 절차의 미흡
- (라) 부족하거나 불충분한 상황들과 발생 가능한 고장들은 사용설명서에 명확히 기술되어야 한다.

- (4) 보호시스템 안전에 관련된 수정사항은 안정성평가가 요구되는 새로운 시스템에 대해서도 고려하여야 한다.

## 5.4 기능 안전성평가

### 5.4.1 일반사항

- (1) 고장 확인 후, 보호시스템의 기능 안전성은 고장 발생률을 결정함으로서 평가되어야 한다.
- (2) 기능 안전성평가는 고장확률, 보호시스템과 안전관련 장치의 복잡성을 감소시킴에 있어서 시스템의 한계를 고려하여 정량적으로, 또는 반정성적, 정성적으로 행해져야 한다.
- (3) 보호시스템의 요구 성능은 다음과 같다.
  - (가) 기능, 즉 시스템의 의도된 사용을 위해 요구되는 기능의 성능(초기 폭발억제, 폭발압력 감소)
  - (나) 보전성, 그 기능들을 수행할 수 있는 신뢰성(즉시 또는 알맞은 때)
- (4) 기능에 요구되는 성능은 신뢰성 데이터 혹은 시스템 구조상의 고장방지능력의 표시로 정할 수 있다.
- (5) 신뢰성은 시스템 보호기능의 고장을 유발할 수 있는 각각의 매개변수를 위해 추정하거나 평가되어야 한다.

#### 5.4.2 기능성

- (1) 기능 안전성평가는 고장 발생주기의 관점에서 기술상의 고장과 작동상의 고장 모두를 포함해야 한다.
- (2) 기능 안전성평가는 안 좋은 상황을 기초로 되어야 한다. 적당하지 않은 장소에서의 기능 안전성은 오직 보호시스템의 수행에 영향을 주는 부분만을 평가해야 한다.
- (3) 고장규명의 유형은 성능감소와 확률을 감소시킬 수 있는 정도의 평가가 필요하다.
- (4) 다음과 같은 시스템 작동에 영향을 주는 다양한 요소의 위험한 상태는 고려되어야 한다.
  - (가) 조건 및 작동모드(설치와 작동 요구사항, 정비 요구사항, 실험, 리셋, 연동장치, 바이패스)
  - (나) 요구된 응답 및 반응시간(액추에이터의 응답시간 센서와 예방조치의 반응시간)
  - (다) 고장기능 및 상태
  - (라) Fail-safe 기능, 안전상태
  - (마) 위험고장과 관련된 작동의 감시와 감지능력
  - (바) 안전성 특성을 고려한 보호시스템의 민감도
  - (사) 설계 및 제어요소
  - (아) 시스템 구조, 이중안전성, 고장방지능력
  - (자) 시스템 구성요소의 인터페이스, 안전성과 관련된 제어요소, 그리고 안전장치
  - (차) 점검 및 시험방법
  - (카) 적당한 기능을 위한 다른 시스템의 독립성 또는 종속성
  - (타) 시스템적 고장 및 점검과 무관한 고장

#### 5.4.3 보전판단

- (1) 기능의 신뢰성에서 안전 보전성 요구사항을 정의해야 하고, 안전성과 관련된 보호시스템 성능장치를 평가해야 한다.

(2) 단순 예방시스템은 안전시스템과 검증되거나 요구된 기능을 따르는 장치에 의지해서는 안 되고, 검증 또는 평가를 사용함으로써 검증된 기초로 평가된다.

(3) 문서화되지 않았거나 새로운 것 또는 안전성과 관련된 복잡한 시스템과 장치는 신뢰성 계산방법을 사용하기 위해 포괄적인 접근법을 사용해야 한다.

(4) 각각의 상황에서 안전기능이 작동하지 않는 빈도는 다음 사항을 고려하여 판단해야 한다.

(가) 작동모드(수요모드 및 연속모드)

(나) 상정 수요율

(다) 건축/건축술의 제약성

(라) 시스템적 고장

(마) 고장 원인

(바) 평균 수리시간(MTTR)

(사) 검사/시험 주기

(아) 진단범위 및 안전 고장분

(5) 보전성 평가결과는 고장확률 또는 시간당 고장 위험율의 신뢰성 있는 수치 형태여야 한다. 고장률은 각각의 다른 기능별, 그리고 전체 보호시스템 기능으로 나타나는 것이 적합하다.

(6) 기능 안전성평가와 사용자를 위해 요구되는 이러한 결과는 보호시스템이 어떻게 통합 폭발위험 평가와 전체 폭발 위험성을 감소하기 위한 전제조건에 도움이 되는지 입증해야 한다.

## 5.5 기능 안전성 평가

(1) 기능 안전성판단의 수용은 평가되어야 한다.

(2) 평가확률로서의 수용기준은 정량적, 반정성적 또는 정성적이어야 한다.

- (3) 제시된 수용기준과 함께 수요가 있을 때 보호시스템이 실패할 결정 확률에 대한 비교를 통해 위험성 감소를 위한 수단이 필요여부를 판단한다.
- (4) 위험성 감소수단을 확인하기 위하여, 보호시스템의 구성요소 또는 전체적인 위험성을 결정하는 보호시스템의 특성을 먼저 고려해야 한다. 그리고 안전성의 이득과 실현 가능성을 재조사하여 분석되어야 한다.

## 6. 문서

### 6.1 제조자 문서

- (1) 다음의 문서는 보호시스템의 문서의 일부이어야 한다.
- (2) 기능 안전성평가의 문서는 다음의 절차와 성취된 결과에 의하여 한다.
- (가) 평가된 보호 시스템(설명서, 제한, 의도된 사용, 작동 설명)
  - (나) 만들어진 관련된 가정(부하, 강도, 안전 요인)
  - (다) 4.2.2(1)(가)~(라)에 따르는 사용을 위한 지침
  - (라) 기능 안전성 평가를 기초로 한 추가 정보
  - (마) 사용된 자료와 근원 참조(데이터베이스, 사고 이력, 유사한 장치에 적용되는 기능안전성 으로부터의 경험)
  - (바) 고장규명
  - (사) 기능 안전성판단의 최종 결과
  - (아) 확인된 고장제거를 위한 안전수단 또는 기능 안전성의 증대(기준 또는 기타 설명서)
  - (자) 최종 기능 안전성 평가의 결과

### 6.2 사용자에게 제공되는 정보

- (1) 제조자의 문서는 적당한 시기에 사용자에게 제공되어야 한다.

- (2) 평가된 보호시스템(설명서, 제한, 의도된 사용, 작동 설명)
- (3) 기능 안전성평가를 기초로 한 추가 정보
- (4) 확인된 고장제거를 위한 안전수단 또는 기능 안전성의 증대(기준 또는 기타 설명서)
- (5) 최종 기능 안전성 평가의 결과