

선진 인증기준 및 심사기법 습득을 위한 안전인증분야(산업기계) 국외 위탁교육 계획

I 목 적

- 최근 개정된 ISO 13849-1:2023 관련 최신 동향을 파악하고 기계·부품류의 기능안전 관련 선진기준을 습득하고자 함
- 전자과적합성(EMC)시험 관련 선진 시험기법을 습득하여 S마크 안전인증 심사 기술수준을 향상하고자 함

II 연수 개요

- 연수기간: 2023년 7월 23일(일) ~ 7월 29일(토) (6박 7일)
- 연수기관: TÜV SÜD(독일 뮌헨 소재)
- 연 수 자: 산업기계인증부 박지혜 대리

II 연수 기관

- 기관명: TÜV SÜD Product Service GmbH
- 소재지

기 관	소재지
뮌헨 시험소	Ridlerstr. 65, Munich, Germany
슈트라우빙 시험소	Äußere Frühlingstraße 45, Straubing, Germany

III 연수내용 및 세부일정

일 자	연수 내용	비 고
7. 23.(일)	o 출국(한국 → 독일)	-
7. 24.(월)	o TÜV SÜD 기관 현황 소개 및 뮌헨 시험실 투어 o 전기 안전 시험, 코드 시험, 의료기기 시험, 충전 인프라 시험 이해 o ISO 13849-1:2023 최신 개정 내용 파악	TÜV SÜD Product Service GmbH (뮌헨)
7. 25.(화)	o 기능 안전(Functional Safety) 기술기준 및 적용 o 기능 안전 관리(Functional Safety Management) o 위험 및 위험 분석(Hazard & Risk Analysis)	
7. 26.(수)	o 개발 지원 프로세스(Development Supporting Processes) o ISO 13849에 따른 기능안전 요구사항 및 적용 - 기계 안전 - 제어 시스템의 안전 관련 부품 o IEC 62061에 따른 기능안전 요구사항 및 적용 - 기계류의 안전성 - 안전 관련 제어 시스템의 기능안전성	
7. 27.(목)	o 슈트라우빙 EMC 시험실 투어 및 EMC 시험 교육 o EMC 시험 시연 및 실습 - 측정 결과 해석 및 시험 보고서 작성 - IEC 61000-3-2(고조파 전류 방출의 한계값) - IEC 61000-3-3(조건적 접속을 받지 않는 공공 저압 전력망에 사용하는 기기의 전압 변동, 전압 변동 및 플리커에 대한 한계값) - IEC 61326-1(계측제어 및 실험실 용도를 위한 전기기기)	TÜV SÜD Product Service GmbH (슈트라우빙)
7. 28.(금)	o EMC 시험 트레이닝 - 플리커(Flicker) - 고조파(Harmonics) - 전도장해(Conducted Emission) - 방사장해(Radiated Emission) - 정전기방전(ESD) - 방사내성(Radiated Susceptibility) - 버스트(Burst/EFT) - 서지(Surge) - 전도내성(Conducted Susceptibility) - 전압강하(Voltage Dip)	
7. 29.(토)	o 입국(독일 → 한국)	-

국외 위탁교육 결과보고 요약문

1. 출장개요

- 목적 : 선진 인증기준 및 심사기법 기술습득
- 기간 : 2023. 07. 23. ~ 07. 29. (6박 7일)
- 대상국가 및 방문기관 : 독일 / TÜV SÜD Product Service GmbH
- 출장자 인적사항 : 전문직 5급 박지혜

2. 수행사항

- 기능 안전(Functional Safety) 관련 규격 이해 및 습득
 - 기능안전 관리와 위험 및 위험 분석
 - ISO 13849-1(기계 안전 - 제어 시스템의 안전관련 부품-제1부:설계의 일반 원칙)
 - IEC 62061(기계류 안전 - 안전 관련 전기, 전자 및 프로그램 가능한 전자제어 시스템의 기능 안전)
- 전자파 적합성(EMC) 시험 및 관련 규격 이해 (시험실 및 장비소개 포함)
 - 전도장해 시험, 방사장해 시험, 정전기방전 시험, 방사내성 시험, 버스트 시험, 서지 시험, 전도내성 시험, 전압강하 시험



선진 인증기준 및 심사기법 습득을 위한
안전인증분야(산업기계)
국외 위탁교육 결과 보고

2023. 8



산업안전보건인증원
산업기계인증부

목 차

I. 국외 위탁교육 개요

1. 교육목적	3
2. 교육기간	3
3. 교육기관	3
4. 교육인원	3
5. 교육일정	4
6. 주요 수행사항	5

II. 국외 위탁교육 결과

1. 기관 현황	7
2. 안전인증 심사기법 습득	10

III. 종합의견

1. 시사점 및 소감	35
2. 향후계획	36

I. 국외 위탁교육 개요

1. 교육목적

- 4차 산업혁명에 따른 산업 현장의 자동화 및 고도화로 첨단 산업 기계·설비의 수요 증가 및 시장 확장에 따라 최신 안전인증 기준 습득 및 적용이 필요함에 따라,
- 기계·부품류의 기능안전 관련 선진기준과 ISO 13849-1:2023 관련 최신 동향을 파악하고, 전자파적합성(EMC)시험 관련 선진 시험기법을 습득하여 S마크 안전인증 심사 기술수준 향상을 도모하고자 함.

2. 교육기간 : 2023년 7월 23일 ~ 07월 29일 (6박 7일)

3. 교육기관 : TÜV SÜD Product Service GmbH

기 관	소재지
뮌헨 시험소	Ridlerstr. 65, Munich, Germany
슈트라우빙 시험소	Äußere Frühlingstraße 45, Straubing, Germany

4. 교육인원 : 전문직 5급 박지혜

5. 교육일정

일 자	교육 내용	비 고
7. 23.(일)	o 출국(한국 → 독일)	-
7. 24.(월)	o TÜV SÜD 기관 현황 소개 및 뮌헨 시험실 투어 o 전기 안전 시험, 코드 시험, 의료기기 시험, 충전 인프라 시험 이해	TÜV SÜD Product Service GmbH (뮌헨)
7. 25.(화)	o 기능 안전(Functional Safety) 기술기준 및 적용 o 기능 안전 관리(Functional Safety Management) o 위험 및 위험 분석(Hazard & Risk Analysis)	
7. 26.(수)	o 개발 지원 프로세스(Development Supporting Processes) o ISO 13849-1에 따른 기능안전 요구사항 및 적용 - 기계 안전 - 제어 시스템의 안전 관련 부품 o IEC 62061에 따른 기능안전 요구사항 및 적용 - 기계류의 안전성 - 안전 관련 제어 시스템의 기능안전성	
7. 27.(목)	o 슈트라우빙 EMC 시험실 투어 및 EMC 시험 교육 o EMC 시험 시연 및 실습 - 측정 결과 해석 및 시험 보고서 작성 - IEC 61000-3-2(고조파 전류 방출의 한계값) - IEC 61000-3-3(조건적 접속을 받지 않는 공공 저압 전력망에 사용하는 기기의 전압 변경, 전압 변동 및 플리커에 대한 한계값) - IEC 61326-1(계측제어 및 실험실 용도를 위한 전기기기)	TÜV SÜD Product Service GmbH (슈트라우빙)
7. 28.(금)	o EMC 시험 트레이닝 - 플리커(Flicker) - 고조파(Harmonics) - 전도장해(Conducted Emission) - 방사장해(Radiated Emission) - 정전기방전(ESD) - 방사내성(Radiated Susceptibility) - 버스트(Burst/EFT) - 서지(Surge) - 전도내성(Conducted Susceptibility) - 전압강하(Voltage Dip)	
7. 29.(토)	o 입국(독일 → 한국)	-

6. 주요 수행사항

가. 안전인증 심사기법 습득

- 기능 안전(Functional Safety) 관련 규격 이해 및 습득
 - 기능안전 관리와 위험 및 위험 분석
 - ISO 13849-1(기계 안전 - 제어 시스템의 안전관련 부품-제1부:설계의 일반 원칙)
 - IEC 62061(기계류 안전 - 안전 관련 전기, 전자 및 프로그램 가능한 전자제어 시스템의 기능 안전)
- 전자파 적합성 시험 및 관련 규격 이해
 - IEC 61000-3-2(전기자기적합성(EMC) - 제3-2부 : 한계값 - 고조파 전류 방출의 한계값)
 - IEC 61000-3-3(전기자기적합성(EMC) - 제3-3부 : 한계값 - 조건적 접속을 받지 않는 공공 저압 전력망에 사용하는 기기의 전압 변동, 전압 변동 및 플리커에 대한 한계값)
 - IEC 61326-1(계측제어 및 실험실 용도를 위한 전기기기-전자기 적합성 요구사항-제1부 : 일반 요구사항)

나. 시험설비 소개 및 전자파 적합성 시험 참관

- 주요 전학시설: 슈트라우빙 EMC 시험소
- 전자파 적합성 시험 리뷰 및 시연
 - 전도장애 시험, 방사장애 시험, 정전기방전 시험, 방사내성 시험, 버스트 시험, 서지 시험, 전도내성 시험, 전압강하 시험

Ⅱ. 국외 위탁교육 결과

1 기관 현황 (TÜV SÜD)

□ TÜV SÜD Group 기관현황

○ 기관 개요

- 시험, 인증, 심사, 기술 자문, 교육 등의 서비스를 주요 사업영역으로 하는 영리기관으로서 1866년 독일, 뮌헨에 설립되었으며 미국, 중국, 한국 등에 거점을 두고 기술 관련 위험으로부터 사람, 환경, 자산을 보호하여 기술 진보를 가능하게 하는 것을 회사의 목표로 삼고 있음.
- 현재, 선박 검사(선급)를 제외한 모든 산업 분야에서 기술검사를 제공하고 있으며, 전세계 1,000개 사업소가 운영되고 있음.

○ 설립목적 : 위험성예방 및 안전, 품질향상

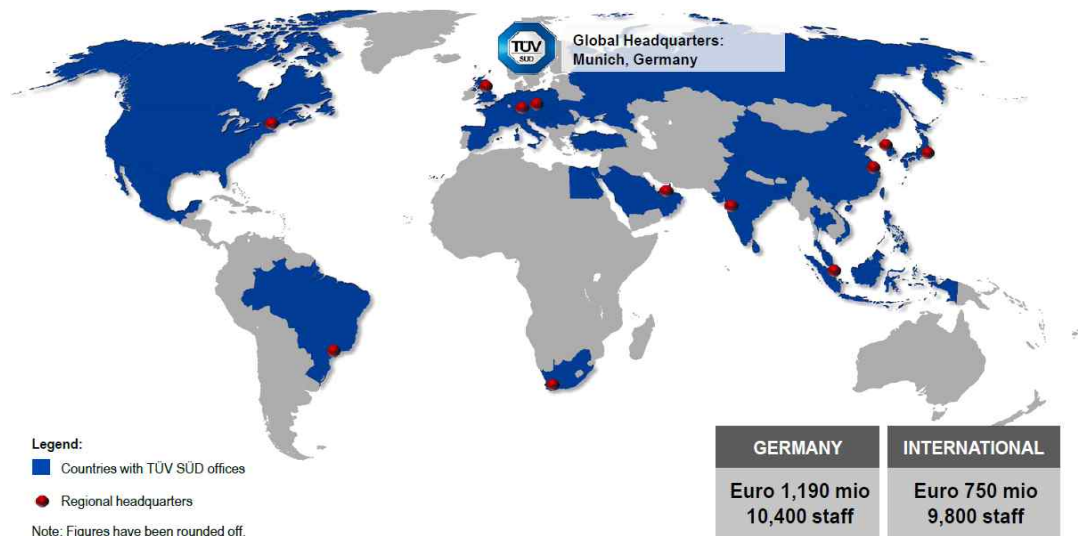
○ 인 원 : 26,000명 (전세계 1,000개소)

○ 회사연혁

- 1866년 독일 뮌헨에 설립
- 1987년 미국 법인 및 시험소 설립
- 1992년 한국 법인 설립
- 2016년 6월 창립 150주년의 해

○ 조 직

- 조직은 매니지먼트(지역책임자)와 비즈니스라인으로 구성되어 있으며, 각 매니지먼트는 지사를 관리하며, 비즈니스라인은 각 업무 분야의 책임자 관리 하에 결정되고 활동함.
- 비즈니스라인은 모든 사업전략을 수립하고 각 매니지먼트에게 지침을 시달하고 있음.



(TÜV SÜD 전세계 지사 분포)

○ 주요 사업

- 인증 분야

전기/전자, 기능안전, 철도, 기계류, 의료기기, 압력용기, 방폭, 통신단말기, 가스기기, 항공기기, 리프트, 엘리베이터, 자동차 등

- 검사 분야

- 자동차: 배기가스, 정기 검사
- 산업체: 빌딩, 건설 및 항공분야의 안전, 품질, 환경관련 검사·시험 실시 및 기술 자문

○ 시험, 검사 인증 가능 품목

- 제품 안전 시험

소비재 제품, 연구소 사용 목적 제품, 주문자 생산 제품 및 산업기계, 조명장치, 상업용 놀이기구, 가열, 환기 및 공기 순환 장치

- 전자파 시험 (EMC), 환경시험

소비재 제품, 연구소 사용 목적 제품, 우주/항공 제품, 자동차

○ MOU 현황

- 협력 분야: 안전인증 및 공동규격 상호 인정
- 체결 기간: '10. 05. 10. ~ '27. 04. 28.
- 주요 내용: KCs 및 S마크와 유럽규격에 따른 심사 상호인정

○ 연락처

- 주 소 : Westernstrasse 199, 80686, Munich, Germany
- Home Page : <http://www.tuv-sud.com>
- 전화번호 : +49 89 5791-0

2 안전인증 심사기법 습득

가. 기능 안전(Functional Safety) 관련 규격 이해 및 습득

- ISO 13849-1(safety of machinery—safety-related parts of control systems—Part 1: General principles for design)

1. 개 요

1) 목적 및 적용범위

ISO 13849-1(safety of machinery—safety-related parts of control systems—Part 1: General principles for design)은 제어시스템 중에서 안전기능을 수행하는 안전 관련 부품으로 구성된 안전회로의 신뢰성을 정량적 수치로 표현한다. ISO 13849-1은 제어시스템의 안전관련 부품(SRP/CS)이 필요한 성능수준을 포함한 특성을 명시한다. 이 표준은 전기, 유압, 공압, 기계 등 사용 되는 에너지 형태에 관계없이 모든 종류의 기계류를 위한 SRP/CS에 적용된다.

2) 용어의 정의

- SRP/CS(safety-related part of a control system)

안전관련 입력신호에 응답하고 안전관련 출력신호를 발생시키는 제어시스템의 부품

- 범주(category)

결함에 대한 내성 및 부품의 구조적 배치, 결함의 감지 및 감지 신뢰성에 의해 달성되는 결함 상태에서의 후속조치 관점에서의 제어시스템 안전관련 부품들의 분류

- PLr(Required Performance Level)

각 안전기능에 대한 위험성 감소를 달성하기 위해 요구되는 성능수준

- PL(Performance Level)

예측 가능한 상태에서 안전기능을 수행할 수 있는 제어시스템의 안전관련 부품의 능력을 규정하는 불연속적인 수준

- MTTFd(mean time to dangerous failure)

위험한 평균 고장시간의 기댓값

- DC(diagnostic coverage)

감지된 위험한 고장의 고장률과 모든 위험한 고장의 고장률의 비율로 결정되는 진단 유효성의 척도

- CCF(common cause failure)

단일 사건으로부터 유발된 다른 품목들의 고장

- Failure(고장)

품목에 있어 요구되는 기능을 수행할 수 있는 능력이 중단되는 것

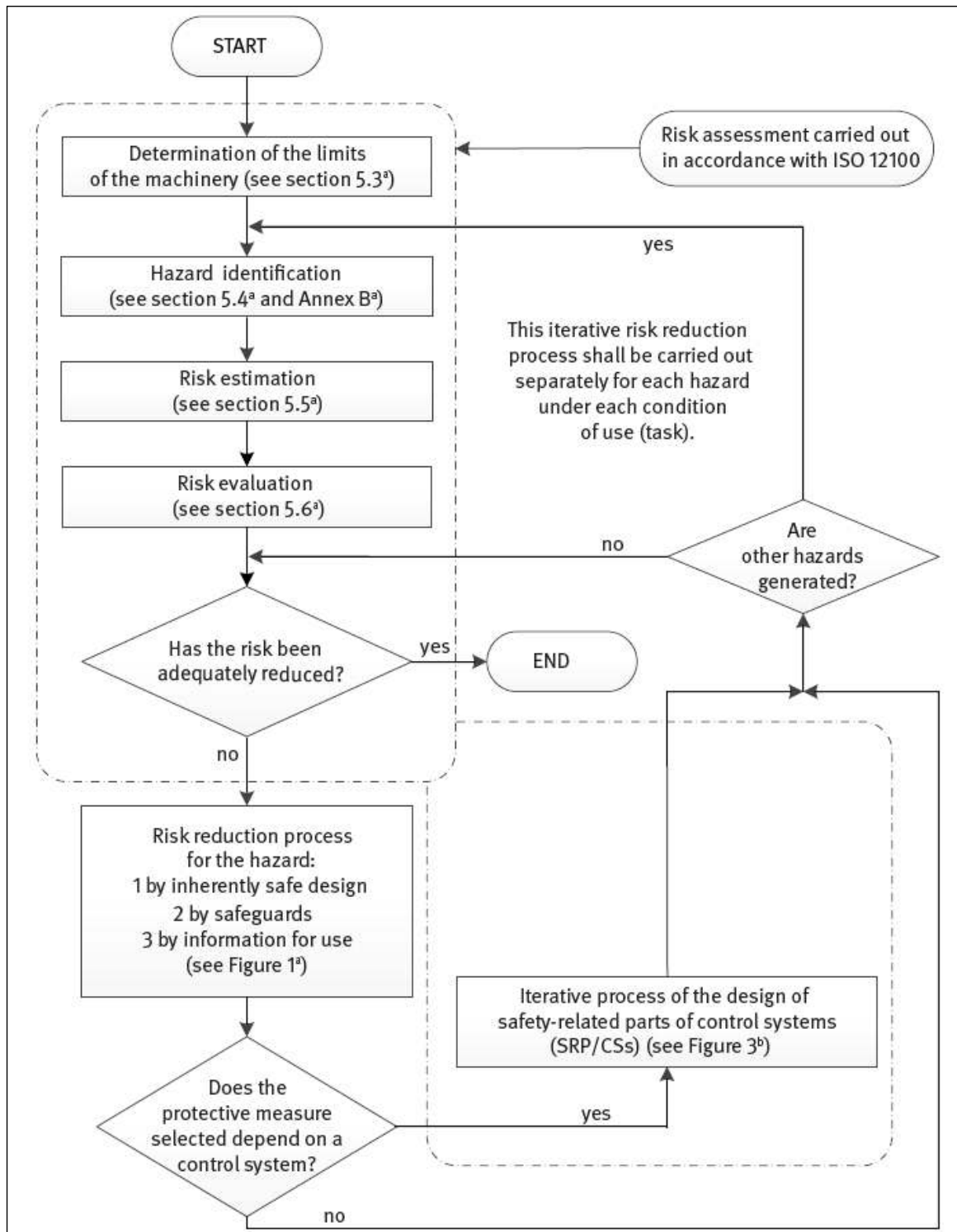
- Fault(결함)

예방보전작업 중이나 기타 계획된 활동 또는 외적 자원의 부족에 기인한 경우를 제외하고, 주어진 기능을 수행할 능력이 상실된 품목의 상태

2. 평가 절차

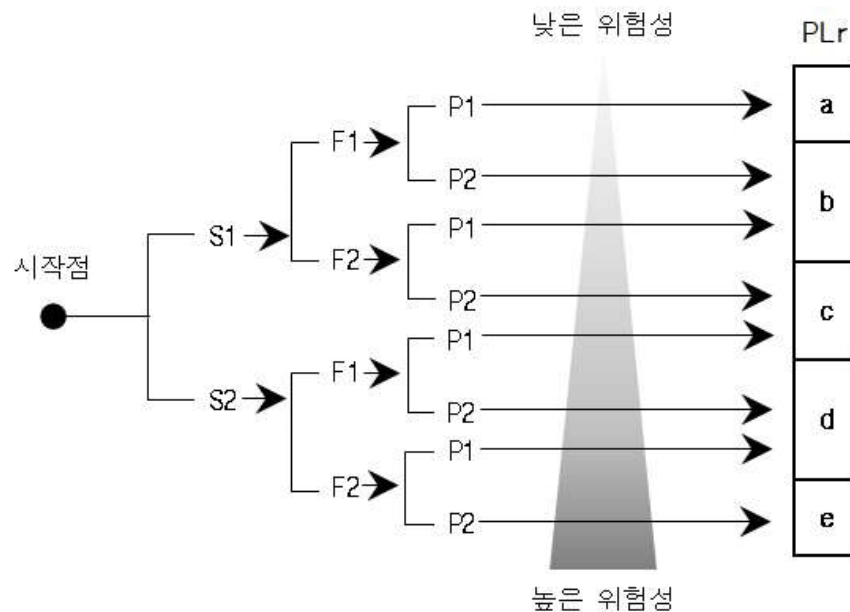
위험성 감소 프로세스는 기계의 한계 결정으로 시작된다. 평가자는 SRP/CS가 *KS B ISO 12100과 *ISO 14121이 완전히 반영되도록 설계되고 제작되었는지 확인해야 한다(그림1, 그림2 참조). 모든 의도된 용도와 합리적으로 예측 가능한 오용이 고려되어야 한다. 기계의 위험성평가로부터 SRP/CS에 의한 적절한 안전 기능이 제공하는 위험성감소의 기여도를 결정해야 한다.

[위험성 감소 프로세스]



3. PLr(성능요구수준) 결정

PLr의 결정은 위험성평가의 결과이며 제어시스템의 안전관련 부품에 의해 수행되어야 할 위험성감소의 크기를 나타낸다. 상해의 정도, 빈도, 회피가능성에 따라 PLr이 달라진다.



S (Severity) : 상해 정도

- S1 : Slight Injury (회복 가능한 가벼운 상해)
- S2 : Serious Injury (회복 불가능 or death)

F (Frequency) : 위험영역에 대한 접근 빈도 / 노출 시간

- F1 : 가끔 / 짧은 노출시간
- F2 : 자주 또는 연속적 / 긴 노출시간

P (Possibility) : 회피 가능성

- P1 : 위험 상황 발생시, 쉽게 회피 가능
- P2 : 위험 상황 발생시, 회피가 거의 불가능

※ 숙련자에 의한 접근, 이동 속도, 구동범위, 위험회피 가능성(탈출 장치 등) 고려

PLr(성능요구수준, Required Performance Level)은 최소한의 요구되어지는 PL(성능수준, Performance Level)이라고 할 수 있다. 안전제어시스템의 성능수준(PL)은 항상 최소로 요구되는 성능수준(PLr)보다 크거나 같아야 한다. ($PLr \leq PL$)

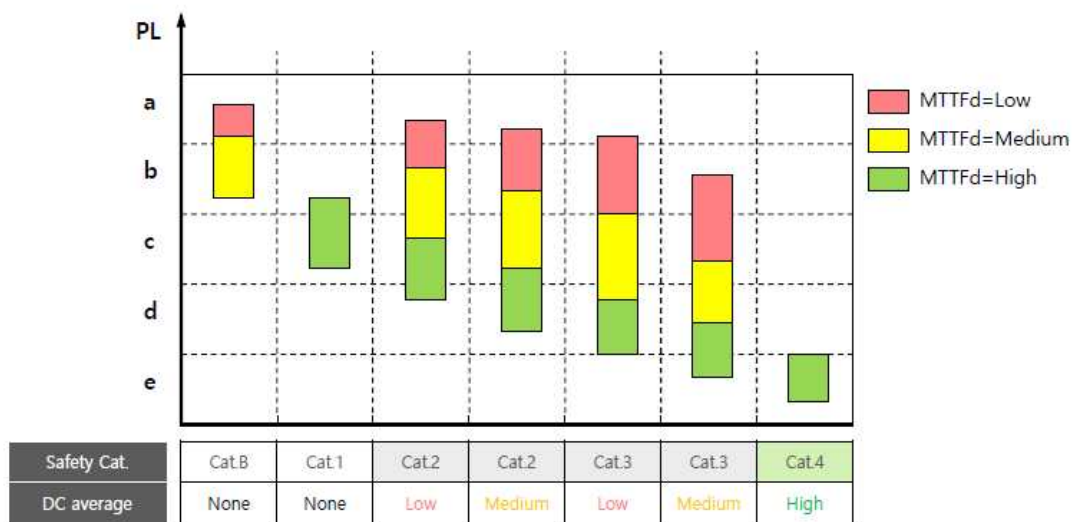
4. PL의 결정

가. PL(Performance Level) 결정

안전기능을 수행하는 개별 SRP/CS 또는 조합된 SRP/CS의 PL은 아래 파라미터에 대한 추정에 의해 결정된다.

- 단일 구성요소의 MTTFd
- DC
- CCF
- 구조
- 결합상태에서의 안전기능의 동작
- 안전관련 소프트웨어
- 계통적 고장
- 예상되는 환경조건에서 안전기능을 수행하는 능력

범주, DC_{avg} , 각 채널의 MTTFd에 따라 PL을 결정할 수 있다. 그림의 막대는 요구되는 PL을 달성하기 위해 선택할 수 있는 각 채널의 3개의 MTTFd의 범위(낮음, 중간, 높음)를 나타낸다. 각 채널의 MTTFd에 따라 적합한 열의 세 개의 음영 처리된 영역 중 하나를 선택해야 하며 이 영역의 수직위치는 수직축으로부터 읽을 수 있는 달성된 PL을 결정한다.



나. MTTFd(Mean Time to Dangerous Failure) 결정

각 채널의 MTTFd 값은 상, 중 하 3개의 수준으로 주어지고, 각 채널마다 개별적으로 고려되어야 한다. MTTFd는 100년의 최대값을 고려할 수 있다.

MTTFd	
각 채널의 표기	각 채널의 범위
하	3년 ≤ MTTF d < 10년
중	10년 ≤ MTTF d < 30년
상	30년 ≤ MTTF d ≤ 100년

MTTFd의 결정을 위해 데이터를 찾기 위한 절차는 다음과 같다.

- 제조사 데이터 사용
- ISO 13849-1의 부속서 C와 부속서 D의 방법 사용
- 10년을 선택

○ B10d 와 MTTFd와의 관계

제조사가 MTTFd 값을 제공하는 경우(ex. 시스템 부품)에는 제공된 값을 사용한다. 제조사가 B10d 값만 제공하는 경우(ex. 스위치, 코일류)에는 아래 식을 이용하여 MTTFd를 계산할 수 있다.

$$MTTF_d = \frac{B10_d}{0.1 \times N_{op}} \quad N_{op} = \frac{d_{op} \times h_{op} \times 3,600}{t_{cycle}}$$

- B10_d : 10%의 구성요소가 위험한 고장*을 일으킬 때까지의 사이클 수
(B10값의 2배를 B10_d* 값으로 사용 가능)
- N_{op} : 연간 사이클 수 (단위: cycle/year)
- t_{cycle} : 2번의 연속적인 동작에 걸리는 사이클의 평균 시간 (단위: sec/cycle)
- h_{op} : 1일 가동시간 (단위: hour/day)
- d_{op} : 연간 가동일 (단위: day/year)

각 부품의 MTTFd 값이 결정되면 전체 시스템에 대한 MTTFd 값을 아래의 식을 통해 계산할 수 있다.

$$MTTF_d = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{d_i}}}$$

중복채널(다채널)에 대한 평균 MTTFd 값은 아래의 식으로 추정할 수 있다. 여기서 MTTFdc1과 MTTFdc2는 두 개의 다른 중복 채널에 대한 값이다.

$$MTTF_d = \frac{2}{3} \left[MTTF_{d_{c1}} + MTTF_{d_{c2}} - \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{d_{c1}}} + \frac{1}{MTTF_{d_{c2}}}} \right]$$

[MTTFd 계산 예시]

<i>j</i>	Component	Units <i>n_j</i>	MTTF _{dj} Worst case years	1/MTTF _{dj} Worst case 1/year	<i>n_j</i> /MTTF _{dj} Worst case 1/year
1	Transistors, bipolar, low power (see Table C.2)	2	1 142	0,000 876	0,001 752
2	Resistor, carbon film (see Table C.5)	5	22 831	0,000 044	0,000 219
3	Capacitor, standard, no power (see Table C.4)	4	11 416	0,000 088	0,000 350
4	Relay (with small load, see C.2) (<i>B</i> _{10d} = 20 000 000 cycle, <i>n</i> _{op} = 633 600)	4	315,66	0,003 168	0,012 672
5	Contactors (with nominal load, see C.2) (<i>B</i> _{10d} = 2 000 000 cycle, <i>n</i> _{op} = 633 600)	1	31,57	0,031 676	0,031 676
$\Sigma(n_j / MTTF_{dj})$					0,046 669
MTTF _d = 1 / $\Sigma(n_j / MTTF_{dj})$ [years]		21,43			

Table C.1 — International Standards dealing with $MTTF_d$ or B_{10d} for components

	Basic and well-tried safety principles according to ISO 13849-2:2003	Other relevant standards	Typical values: $MTTF_d$ (years) B_{10d} (cycles)
Mechanical components	Tables A.1 and A.2	—	$MTTF_d = 150$
Hydraulic components	Tables C.1 and C.2	EN 982	$MTTF_d = 150$
Pneumatic components	Tables B.1 and B.2	EN 983	$B_{10d} = 20\,000\,000$
Relays and contactor relays with small load (mechanical load)	Tables D.1 and D.2	EN 50205 IEC 61810 IEC 60947	$B_{10d} = 20\,000\,000$
Relays and contactor relays with maximum load	Tables D.1 and D.2	EN 50205 IEC 61810 IEC 60947	$B_{10d} = 400\,000$
Proximity switches with small load (mechanical load)	Tables D.1 and D.2	IEC 60947 EN 1088	$B_{10d} = 20\,000\,000$
Proximity switches with maximum load	Tables D.1 and D.2	IEC 60947 EN 1088	$B_{10d} = 400\,000$
Contactors with small load (mechanical load)	Tables D.1 and D.2	IEC 60947	$B_{10d} = 20\,000\,000$
Contactors with nominal load	Tables D.1 and D.2	IEC 60947	$B_{10d} = 2\,000\,000$
Position switches independent of load ^a	Tables D.1 and D.2	IEC 60947 EN 1088	$B_{10d} = 20\,000\,000$
Position switches (with separate actuator, guard-locking) independent of load ^a	Tables D.1 and D.2	IEC 60947 EN 1088	$B_{10d} = 2\,000\,000$
Emergency stop devices independent of the load ^a	Tables D.1 and D.2	IEC 60947 ISO 13850	$B_{10d} = 100\,000$
Emergency stop devices with maximum operational demands ^a	Tables D.1 and D.2	IEC 60947 ISO 13850	$B_{10d} = 6\,050$
Push buttons (e.g. enabling switches) independent of the load) ^a	Tables D.1 and D.2	IEC 60947	$B_{10d} = 100\,000$
For the definition and use of B_{10d} , see C.4.			
NOTE 1 B_{10d} is estimated as two times B_{10} (50 % dangerous failure).			
NOTE 2 "Small load" means, for example, 20 % of the rated value (for more information, see EN 13849-2).			
^a If fault exclusion for direct opening action is possible.			

Table C.4 — Capacitors

Capacitor	Example	MTTF for components years	MTTF _d for components years		Remark
			Typical	Worst case	
Standard, no power	KS, KP, KC, KT, MKT, MKC, MKP, MKU, MP, MKV	57 078	114 155	11 416	50 % dangerous failure
Ceramic	—	22 831	45 662	4 566	50 % dangerous failure
Aluminium electrolytic	Non-solid electrolyte	22 831	45 662	4 566	50 % dangerous failure
Aluminium electrolytic	Solid electrolyte	37 671	75 342	7 534	50 % dangerous failure
Tantalum electrolytic	Non-solid electrolyte	11 415	22 831	2 283	50 % dangerous failure
Tantalum electrolytic	Solid electrolyte	114 155	228 311	22 831	50 % dangerous failure

Table C.5 — Resistors

Resistor	Example	MTTF for components years	MTTF _d for components years		Remark
			Typical	Worst case	
Carbon film	—	114 155	228 311	22 831	50 % dangerous failure
Metal film	—	570 776	1 141 552	114 155	50 % dangerous failure
Metal oxide and wire-wound	—	22 831	45 662	4 566	50 % dangerous failure
Variable	—	3 767	7 534	753	50 % dangerous failure

Table C.6 — Inductors

Inductor	Example	MTTF for components years	MTTF _d for components years		Remark
			Typical	Worst case	
For MC application	—	37 671	75 342	7 534	50 % dangerous failure
Low frequency inductors and transformers	—	22 831	45 662	4 566	50 % dangerous failure
Main transformers and transformers for switched modes and power supplies	—	11 415	22 831	2 283	50 % dangerous failure

Table C.7 — Optocouplers

Optocouplers	Example	MTTF for components years	MTTF _d for components years		Remark
			Typical	Worst case	
Bipolar output	SFH 610	7 648	15 296	1 530	50 % dangerous failure
FET output	LH 1056	2 854	5 708	571	50 % dangerous failure

다. DC(Diagnostic Coverage) 결정

DC는 전체 위험 고장과 검출 가능한 위험 고장의 비율을 의미한다. DC의 값은 계산 결과에 의해서 None, Low, Medium, High의 4개의 수준으로 분류된다.

DC	
명칭	각 채널의 범위
해당 없음	DC < 60 %
하	60 % ≤ DC < 90 %
중	90 % ≤ DC < 99 %
상	99 % ≤ DC

DC_{avg}는 각 부품의 DC의 평균값으로서 아래의 식을 이용하여 계산할 수 있다.

$$DC_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{DC_i}{MTTFd_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTFd_i}}$$

라. CCF(Common Cause Failure) 결정

CCF는 단일사건으로부터 유발된 다른 품목들의 고장을 의미하며 CCF에 대한 점수는 각 방법이 CCF를 줄이는데 기여하는 정도를 나타낸다. 즉, 하나의 원인으로 복수의 부품이 고장나지 않도록 하여야 함을 의미한다.

아래 표에 의한 점수의 합이 65점 이상이 되도록 만족시켜야 한다.

No.	CCF(공통모드 고장 방지대책)	점수
1	구분/격리	
	신호 계통간의 물리적 분리가 이루어져 있다	15
2	다양성	
	다른 기술 및 설계 또는 물리적 원칙이 사용되고 있다	20
3	설계/어플리케이션/경험	
3.1	과전압, 과압력, 과전류 등의 보호가 되고 있다	15
3.2	충분히 검증된 부품이 사용되고 있다	5
4	어세스먼트/분석	
	고장 모드와 영향 분석의 결과가, 공통원인 고장의 방지에 설계상 고려되고 있다	5
5	능력/훈련	
	설계자/보수 작업자는, 공통원인 고장의 원인과 결과를 이해하기 위한 훈련을 받고 있다	5
6	환경	
6.1	적절한 규격에 준한 CCF에 대한 오염의 방지와 전자파적합성(EMC)	25
	그 외의 영향	
6.2	온도, 충격, 진동, 습도 등(관련하는 규격으로 규정), 모든 관련하는 환경적 영향에의 내성 요구사항이 고려되고 있다	10
	합계	최대 100

- IEC 62061(Safety of machinery—Functional safety of safety-related control systems)

1. 개 요

IEC 62061은 전기, 전자 또는 프로그램 가능 전자 (E/E/PE: Electric, Electronic or Programmable Electronic) 시스템 및 제품의 전체 수명주기를 아우르는 포괄적인 기능 안전 규격이다. 이는 IEC/EN 61508에서 파생되었으며, 기계류에 대한 안전 관련 컨트롤러 구현에 대해 설명한다.

2. 안전기능 작동모드별 사고발생확률

안전기능의 작동에 대한 수요에 따라 저수요 모드(Low demand mode)와 고수요 모드(High demand mode)/연속모드로 구분하고 있으며 각 모드에 사고 발생확률은 다음과 같다.

- 저수요 모드(필요한 설계기능을 수행하는 것이 실패할 평균 확률)

SIL	사고발생확률
SIL 4	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$
SIL 3	$\geq 10^{-4}$ to $< 10^{-3}$
SIL 2	$\geq 10^{-3}$ to $< 10^{-2}$
SIL 1	$\geq 10^{-2}$ to $< 10^{-1}$

- 고수요 모드 또는 연속모드(시간당 위험한 고장 확률)

SIL	사고발생확률	SIL	사고발생확률
SIL 4	$\geq 10^{-9}$ to $< 10^{-8}$	SIL 4	1 x in 10,000 years
SIL 3	$\geq 10^{-8}$ to $< 10^{-7}$	SIL 3	1 x in 1,000 years
SIL 2	$\geq 10^{-7}$ to $< 10^{-6}$	SIL 2	1 x in 100 years
SIL 1	$\geq 10^{-6}$ to $< 10^{-5}$	SIL 1	1 x in 10 years

3. 위험분석 파라미터

1) 부상의 심각도(Se)

결과	심각도(Se)
비가역: 사망, 눈 또는 팔 상실	4
비가역: 사지 골절, 손가락 상실	3
가역: 의사의 진료 필요	2
가역: 응급 처치 필요	1

2) 노출 빈도 및 지속 시간 분류(Fr)

노출 빈도	지속 시간(Fr) ≤ 10분	지속 시간(Fr) > 10분
1시간당 1회 이상	5	5
1시간당 1회 미만 ~ 1일당 1회 이상	4	5
1일당 1회 미만 ~ 2주당 1회 이상	3	4
2주당 1회 미만 ~ 1년당 1회 이상	2	3
1년당 1회 미만	1	2

3) 확률 분류(Pr)

발생 확률	확률(Pr)
매우 높음	5
높음	4
보통	3
낮음	2
매우 낮음	1

4) 피해 방지 또는 제한 확률 분류(Av)

방지 또는 제한 확률	방지 또는 제한(Av)
불가능	5
거의 불가능	3
가능	1

4. SIL(안전 무결성 등급) 결정

Consequences	Severity Se	Class CI = Fr + Pr + Av													
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Death, losing an eye or arm	4	SIL 1		SIL 2		SIL 2		SIL 2		SIL 3		SIL 3			
		PL _r b	PL _r c	PL _r d		PL _r d		PL _r e		PL _r e		PL _r e			
Permanent injury, losing fingers	3			OM		SIL 1		SIL 2		SIL 2		SIL 3			
				PL _r a		PL _r b	PL _r c		PL _r d		PL _r e				
Reversible injury, medical attention	2					OM		SIL 1		SIL 2		SIL 2			
						PL _r a		PL _r b	PL _r c		PL _r d				
Reversible injury, first aid	1							OM		SIL 1		SIL 1			
								PL _r a		PL _r b	PL _r c		PL _r d		
OM: Other Measures (e.g. basic safety principles)															

예: Se = 3, Fr = 4, Pr = 5, Av = 5인 특정 위험의 경우:

$$CI = Fr + Pr + Av = 4 + 5 + 5 = 14$$

이 표에 따르면 특정 위험을 완화하도록 도입된 안전 기능에 SIL 3 또는 PL e가 할당된다.

5. HFT와 SFF에 따른 SIL 등급

- HFT(Hardware Fault Tolerance, 하드웨어 고장 허용 범위)
- SFF(Safe Failure Fraction, 안전 고장 비율)

Safe failure fraction	Hardware fault tolerance (see Note 1)		
	0	1	2
< 60 %	Not allowed (see Note 3)	SIL1	SIL2
60 % – < 90 %	SIL1	SIL2	SIL3
90 % – < 99 %	SIL2	SIL3	SIL3 (see Note 2)
≥ 99 %	SIL3	SIL3 (see Note 2)	SIL3 (see Note 2)

NOTE 1 A hardware fault tolerance of N means that $N+1$ faults could cause a loss of the safety-related control function.

NOTE 2 A SIL 4 claim limit is not considered in this standard. For SIL 4 see IEC 61508-1.

NOTE 3 Exception, see 6.7.7.

6. PFHD에 따른 PL과 SIL 등급

- PFHD(Probability of Dangerous Failure per Hour, 시간당 위험한 고장 확률)

PL	Average probability of dangerous failure per hour 1/h
a	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$
b	$\geq 3 \times 10^{-6}$ to $< 10^{-5}$
c	$\geq 10^{-6}$ to $< 3 \times 10^{-6}$ SIL 1
d	$\geq 10^{-7}$ to $< 10^{-6}$ SIL 2
e	$\geq 10^{-8}$ to $< 10^{-7}$ SIL 3

나. 전자파 적합성(EMC) 시험 및 관련 규격 이해

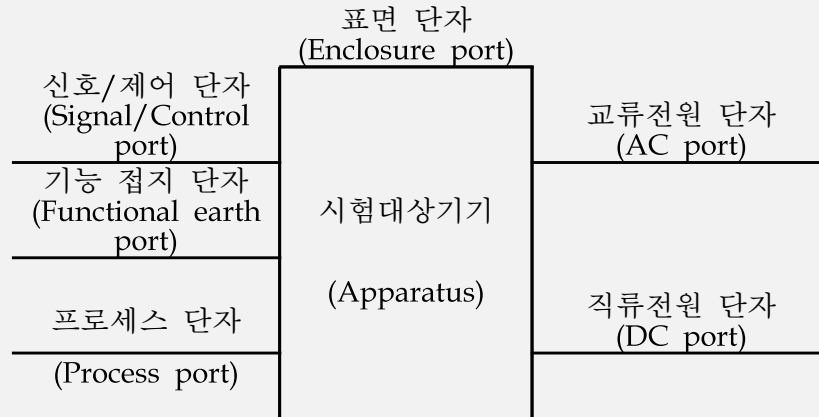
○ 전자파 적합성(EMC) 시험 개요

전자파 적합성 시험(EMC)은 장비에서 전자파가 방사되는 수준을 측정하는 시험인 전자파장해(EMI)시험과 장비가 외부의 전자파 환경에 오작동 가능성이 없는지를 시험하는 전자파내성(EMS)시험으로 구분된다.

EMC	EMS (Electro-Magnetic Susceptibility)
	ESD(Electrostatic Discharge: 정전기 내성)
	RS(Radiated Susceptibility: 방사 내성)
	EFT/B(Electrical Fast Transient/Burst: 전기적 빠른 과도현상/버스트 내성)
	Surge(Surge: 서지 내성)
	CS(Conducted Susceptibility: 전도 내성)
	Dip(Voltage Dip: 전압 강하 및 정전 내성)
	EMI (Electro-Magnetic Interference)
	CE(Conducted Emission: 전도 방출)
	RE(Radiated Emission: 방사 방출)

○ 주요 용어의 정의

- 1) “단자(Port)”란 전자파 환경에 의해서 영향을 받는 대상기기의 특정 접속장치, 즉 교류·직류전원의 입·출력, 접지, 프로세스용 접속점 등을 말한다.
- 2) “표면 단자(Enclosure port)”란 전기장이 방사되거나 침투될 수 있는 기기의 물리적 경계를 말한다.



- 3) “정전기 방전(Electrostatic discharge)”이란 정전기적으로 전위가 다른 물체의 근접 또는 직접 접촉에 의해 물체 간에 일어나는 전하 이동현상을 말한다.
- 4) “전기적 빠른 과도현상(EFT; Electrical fast transients/Burst)”이란 관심대상의 시간크기에 비하여 상대적으로 짧은 시간 간격 동안에 2개의 연속되는 정상상태 간의 변화하는 현상이나 양에 관련되는 것 또는 이를 총칭한 현상을 말한다.
- 5) “전자파 적합성(Electromagnetic compatibility)”이란 주위의 환경 및 기기에 대해 전자기 방해를 일으키지 않고, 주위의 전자기 환경 속에서도 정상적인 기능을 작동 할 수 있는 장치의 능력을 말한다.
- 6) “전도” (Conducted)”란 무선잡음이 전기선을 통하여 퍼지는 것을 말한다.
- 7) “방사” (Radiated)”란 무선잡음이 대기를 통하여 퍼지는 것을 말한다.
- 8) “무선 잡음(Radio frequency noise)”이란 10 kHz에서 3,000 GHz사이의 주파수 대역의 잡음을 말한다.
- 9) “서지(Surge)”란 수 마이크로초에서 수초 간 지속되는 회로의 전압 전류 또는 전력의 과도 파형을 가진 신호를 말한다.
- 10) “내성(Immunity)”이라 함은 전자기 방해에 견딜 수 있는 장치 또는 시스템의 능력을 말한다.
- 11) “상승시간(Tr)”이란 펄스크기가 침두 값의 10%에서 90%까지 상

승하는데 소요되는 시간을 말한다.

- 12) “반폭시간(Th)”이란 펄스 크기의 상승 시 첨두 값의 50%가 되는 순간부터 하강 시 50%로 떨어질 때까지의 지속시간을 말한다.
- 13) “접촉방전(Contact discharge)”이란 정전기발생기의 전극을 시험 대상기기에 접촉, 고정시킨 후, 정전기발생기의 방전 스위치로 방전을 일으켜 시험하는 방법을 말한다.
- 14) “기중방전(Air discharge)”이란 정전기발생기의 전극을 시험대상 기기에 밀접하여 고정시킨 후, 정전기발생기의 방전 스위치로 방전을 일으켜 시험하는 방법을 말한다.
- 15) “1종(Group 1)기기”란 기계·기구의 내부 기능을 위해 필요한 고주파 에너지를 의도적으로 발진하여 도선을 통하여 전도적으로 결합하여 사용하는 모든 산업용기계·기구를 포함한다.

주) 신호발생기, 측정용 수신기, 주파수 카운터, 스펙트럼 분석기, 전자 현미경, 스위칭 모드 전원공급기(SMPS), 산업용로봇, 서보전동기 드라이버, 광모뎀, 크레인 과부하방지장치와 같은 각종 산업용 전기 및 전자적 안전장치(광전자식 안전장치는 제외) 등을 말한다

- 16) “2종(Group 2)기기”란 재료의 가공이나 전기불꽃 부식 설비의 가동을 위하여 고주파 에너지를 의도적으로 발진하거나 기기의 내부에서 전자파 방사의 형태로 사용하는 모든 산업용 기계기구를 포함한다.

주) 산업용 유도가열기, 유전체 가열기, 산업용 마이크로 웨이브 발열기기, 싸이리스터 제어기기, 방전가공기, 아크용접기기, 자외선(UV) 조광기 등을 말한다.

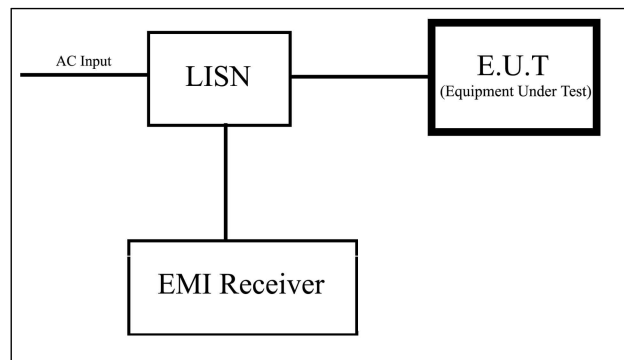
- 17) “준 첨두값(Quasi-peak value)”이란 규칙적으로 반복되는 동일한 펄스가 가해질 때 그 펄스 첨두값의 분할 값에 해당되는 것을 말한다.

○ 전자파 장애(EMI) 시험

1. 전도장애 시험(Radiated Emission)

- 시험장비의 입력배선을 통해 외부로 유출되는 전자파량 측정
- UPS, GPS등 메인 전원 입력포트에 적용하며 정상동작 상태 또는 Dry Run 상태에서 기기의 표면 단자로부터 3m거리에서 측정
- 주파수 대역: 0.15MHz ~ 30MHz

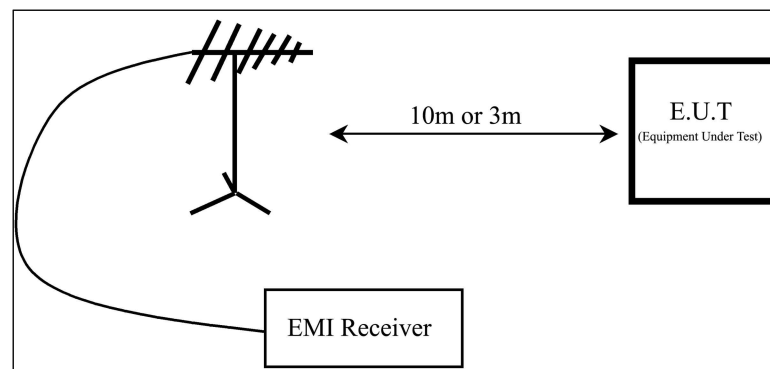
[전도장애 시험 개략도]



2. 방사장애 시험(Radiated Emission test)

- 시험장비에서 외부의 공간으로 유출되는 전자파량 측정
- 정상동작 상태 또는 Dry Run 상태에서 기기의 표면 단자로부터 3m 거리에서 측정
- 주파수 대역: 30MHz ~ 1000MHz

[방사장애 시험 개략도]

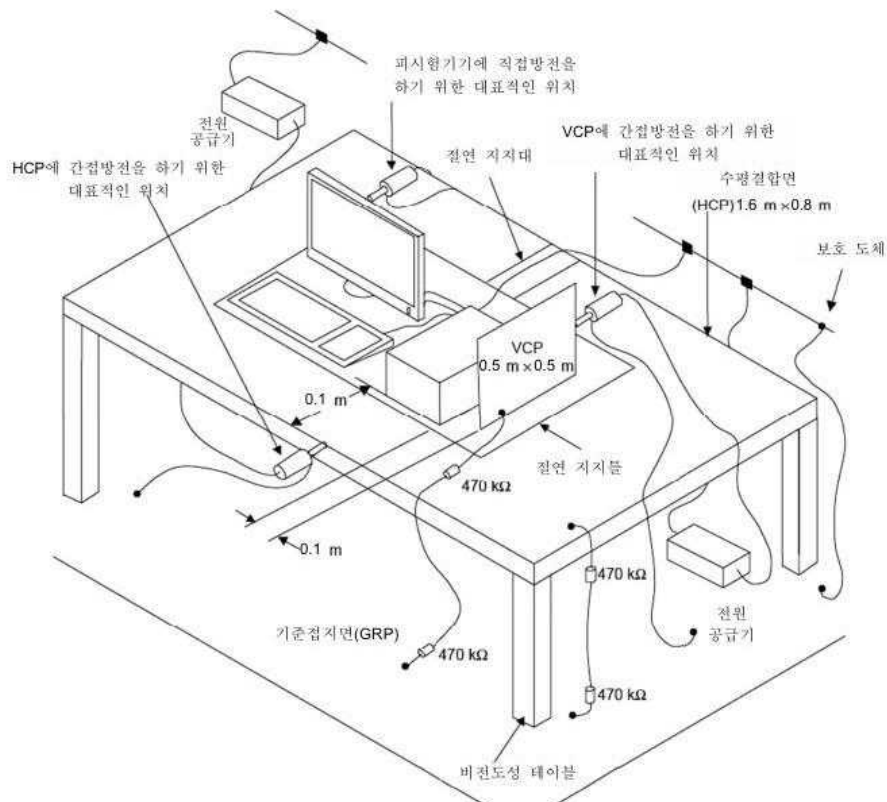


○ 전자파 내성(EMS) 시험

1. 정전기 방전 내성 시험(Electrostatic Discharge test, IEC 61000-4-2)

- 장비의 접촉 가능한 표면에 사용자 또는 근접 물체로부터의 정전기 방전에 대한 기기의 동작 성능평가
- 시험전압: $\pm 4\text{kV}$ (접촉방전), $\pm 8\text{kV}$ (기중방전)

[정전기 방전 내성 시험 배치도 예시]



[시험레벨]

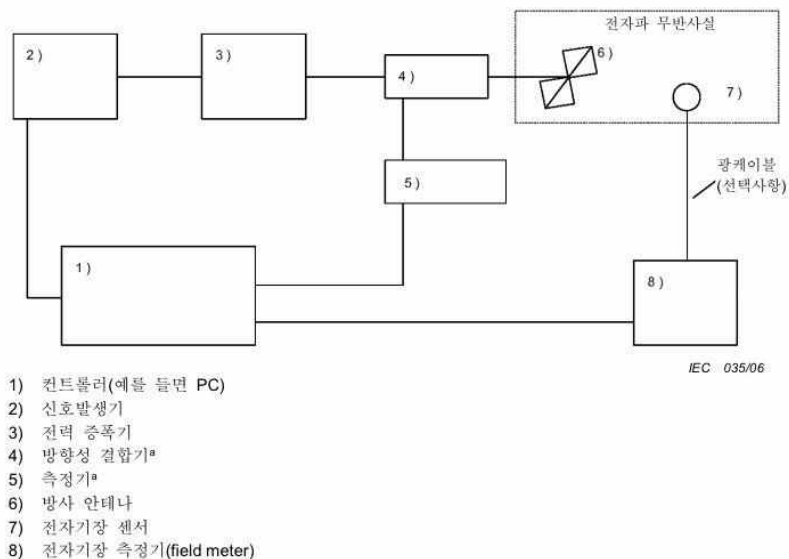
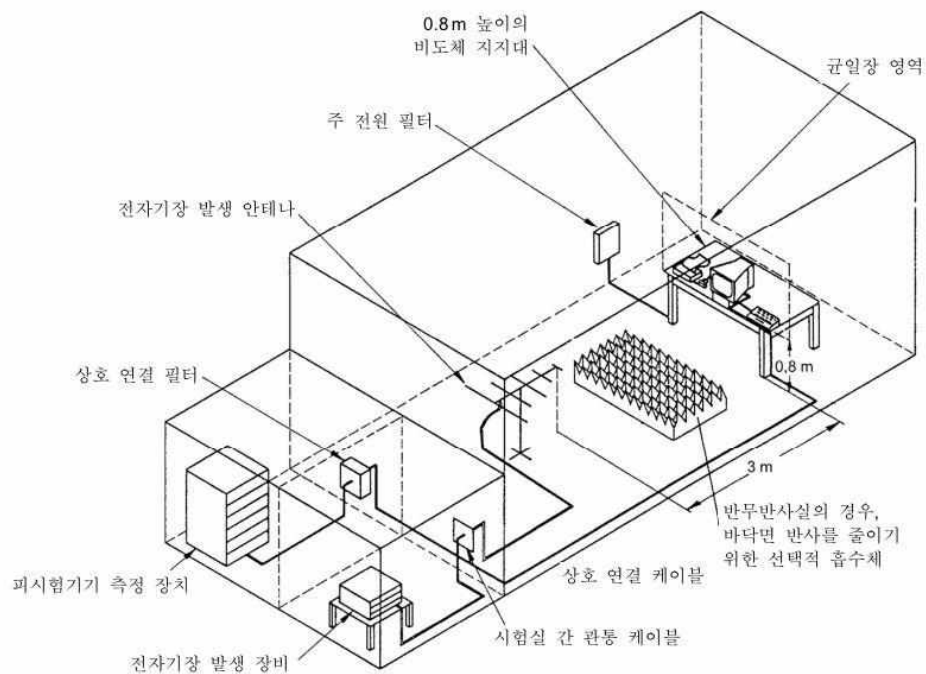
접촉 방전		기중 방전	
레벨	시험 전압 kV	레벨	시험 전압 kV
1	2	1	2
2	4	2	4
3	6	3	8
4	8	4	15
X ^a	특별	X ^a	특별

^a "X"는 다른 값들보다 크거나 작은 어떠한 레벨일 수 있다. 레벨은 해당 제품 사양에 규정되어야 한다. 만약 위의 레벨보다 더 높게 규정되어 있으면, 특수한 시험 장비가 필요할 수 있다.

2. 방사내성 시험(Radiated Immunity test, IEC 61000-4-3)

- 주변기기나 외부 환경으로부터 주파수에 대한 방사성 에너지가 기기의 표면단자 또는 노출된 Cable에 유입되었을 때 기기의 동작 성능평가
- 주파수 범위: 800MHz~960MHz, 1.4GHz~6.0GHz

[방사내성 시험 배치도 예시]



- 스위칭 과도현상(유도성부하, 릴레이, 전자점점의 개폐 등)과 같은 반복되는 전기적 빠른 과도전압에 대한 기기의 내구성 시험
- 전압강도: $\pm 1\text{kV}$ (신호선), $\pm 2\text{kV}$ (전원선)

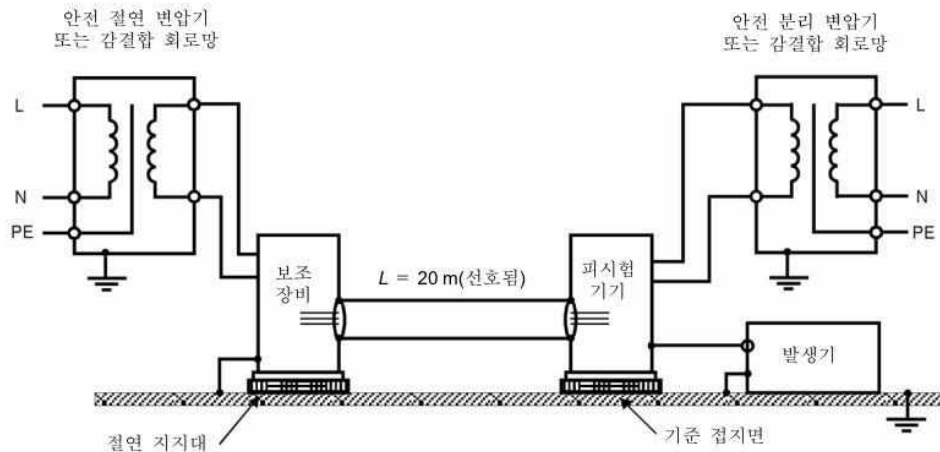
U	고전압원
R_c	충전 저항
C_c	에너지 저장 커패시터
R_s	임펄스 지속 시간을 결정하는 저항
R_m	임피던스 정합 저항
C_d	클류 차단 커패시터
스위치	고전압 스위치

개방 회로 출력 시험 전압과 임펄스의 반복 주파수				
레벨	전원 포트, 접지 포트(PE)		신호 및 제어 포트	
	전압 첨두값 kV	반복 주파수 kHz	전압 첨두값 kV	반복 주파수 kHz
1	0.5	5 또는 100	0.25	5 또는 100
2	1	5 또는 100	0.5	5 또는 100
3	2	5 또는 100	1	5 또는 100
4	4	5 또는 100	2	5 또는 100
X ^a	특별(special)	특별	특별	특별

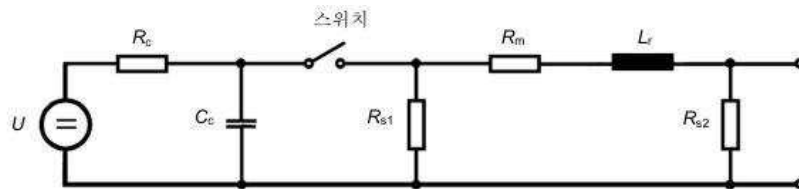
4. 서지내성 시험(Surge Immunity test, IEC 61000-4-5)

- 스위칭과 낙뢰 과도 현상으로 인한 과전압으로 야기된 단방향성의 서지에 대한 기기의 동작 성능평가

[서지내성 시험 배치도 예시]



[서지내성 시험 주요 소자 간략 회로도]



식별부호

- U 고압 전원
- R_c 충전 저항
- C_c 에너지 저장 커패시터
- R_s 펄스 지속 시간 형성 저항
- R_m 임피던스 정합 저항
- L_r 상승 시간 형성 인덕터

[시험레벨]

레벨	개방 회로 시험 전압	
	kV	
	선로 대 선로	선로 대 접지 ^b
1	-	0.5
2	0.5	1
3	1	2
4	2	4
X ^a	특별(special)	특별

- 주변기기나 외부 환경으로부터 주파수에 대한 전도성 에너지가 기기의 AC, DC power port 와 Signal port에 유입되었을 때 기기의 동작 성능평가
- 주파수 범위 : 0.15 ~ 80MHz
- 전압강도 : 10V/m, 1kHz 80% 진폭변조(AM)

[illegible]

T	50 Ω 종단
T2	전력 감쇠기(6 dB)
CDN	결합/감결합 회로망
주입 클램프	전류 클램프 또는 EM 클램프

주파수 범위: 150 kHz ~ 80 MHz		
레벨	전압 레벨(e.m.f.)	
	U_0 V	U_0 dB(μ V)
1	1	120
2	3	129.5
3	10	140
X ^a	특별(special)	

^a “X”는 다른 값들보다 크거나 작은 어떠한 레벨일 수 있다. 레벨은 해당 제품 규격에 규정되어야 한다.

6. 전압강하, 순간정전, 전압변동 내성 시험(Voltage Dip test, IEC 61000-4-11)

- 기기의 사용 중 의도하지 않은 전압 강하 또는 정전으로 인한 기기의 동작 성능평가

[시험레벨]

등급 ^a	전압 강하에 대한 시험 레벨과 지속시간(t_s)(60Hz)				
등급 1	개별적인 설비 요구사항에 따른다.				
등급 2	1/2주기 동안 0 %	1주기 동안 0 %	30주기 동안 70 %		
등급 3	1/2주기 동안 0 %	1주기 동안 0 %	12주기 동안 40 %	30주기 동안 70 %	300주기 동안 80 %
등급 X ^b	X	X	X	X	X

^a KS C 9610-2-4에서의 등급, 부속서 B 참조
^b 제품위원회에서 정의한다. 직접 또는 간접적으로 공공의 회로망에 접속하고 있는 장비의 경우 등급 2보다 더 엄격해야 한다.

등급 ^a	순간 정전에 대한 시험 레벨과 지속시간(t_s)(60Hz)
등급 1	개별적인 설비 요구조건에 따른다.
등급 2	300주기 동안 0 %
등급 3	300주기 동안 0 %
등급 X ^b	X

^a KS C 9610-2-4에서의 등급, 부속서 B 참조
^b 제품위원회에서 정의한다. 직접 또는 간접적으로 공공의 회로망에 접속하고 있는 장비의 경우 등급 2보다 더 엄격해야 한다.

전압 시험 레벨	전압 감소 시간(t_d)	감소 전압 지속시간(t_s)	전압 증가 시간(t_r)(60 Hz)
70 %	급격한	1주기	30주기
X ^a	X ^a	X ^a	X ^a

^a 제품위원회에서 정의한다.

Ⅲ. 종합 의견

1 시사점 및 소감

- TÜV SÜD 그룹은 2016년 6월 창립 150주년을 맞이하는 역사와 전통을 갖추고 있는 세계적인 인증기관으로서, 전 세계 1,000개소에 사무소(시험소 포함)를 두고 있으며, 직원은 26,000여명을 두고 있음. 인증 및 검사를 수행하고 있는 인증기관으로서 세계에서 손꼽히는 인증기관 중 하나임. 독일에 설립되어 미국, 중국, 한국 등에 거점을 두고 기술 관련 위험으로부터 사람, 환경, 자산을 보호하여 기술 진보를 가능하게 하는 것을 회사의 목표로 삼고 있음.

또한 TÜV SÜD 그룹은 산업용 기계류에 대한 S마크 안전인증과 KCs 안전인증에 대해 공단과 상호업무협정을 체결함. 향후 독일 TÜV SÜD 본사를 축으로 전 세계에 위치하고 있는 TÜV SÜD 지사들의 특성화된 우수분야를 파악하여 오랜 기간 그들이 쌓아온 인증 분야에서 기술 및 노하우를 습득하여 우리나라 실정에 맞도록 적용하여 공단의 인증 제도 유지, 발전에 활용하면 좋을 것으로 사료됨.

○ 인증기관의 심사원 운영 분야

- TÜV SÜD는 인증업무와 시험업무분야를 구분하여 해당 분야를 전담하는 직원이 구분되어 있으며 각자 자신의 전문분야에 대해서는 최고의 자부심을 갖고 업무 수행을 하고 있음. 특히 기능안전 (Functional Safety) 평가를 수행 할 수 있는 직원이 존재하여 장비 시스템 전체에 대한 안전성평가를 보다 과학적이고 신뢰성 있게 할 수 있음. 또한 전기안전시험, 전자파 적합성 시험 등 해당 시험 분야를 담당하는 직원이 구분되어 있어서 각 인증분야에 대해서 보다 전문적인 기술서비스의 제공이 가능하다고 판단됨.

이에 비하여 공단은 현재 S마크 인증분야에 대해서 인증심사 및 전자파 시험을 같은 인원이 수행하고 있으므로 해당 업무에 대한

전문성이 다소 떨어지고 있는 실정이므로, 전자파 시험, 전기안전 시험 등에 대한 보다 폭 넓고 전문적인 지식을 쌓아온 경험 있는 외부 전문가를 채용하여 분야별 전문성을 갖춘 심사원을 양성함으로써 공단 인증분야를 보다 더 발전시킬 수 있을 것으로 사료됨.

2 향후계획

- MOU기관인 TÜV SÜD와의 상호 기술정보 교환 및 최신 선진 인증정보 입수를 통한 고객만족도 향상에 기여
- MOU기관인 TÜV SÜD와의 지속적인 인적교류를 통한 유대 강화