
선진기술 습득을 위한

**안전인증분야
국외 산업현장 위탁교육 결과보고**

2023. 11



산업안전보건인증원
안전인증부

목 차

I . 국외 위탁교육 개요

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

II . 국외 위탁결과

1. TÜV SÜD 기관소개	6
2. New EU Regulation on machinery	8
3. Functional Safety	13
4. EN ISO 3691-4	21
5. ISO/DIS 10218-1.2	24
6. EN 60204-1	31

III . 종합의견

1. 특이사항	37
2. 시사점 및 소감	37

I. 국외 위탁교육 개요

1. 교육목적

- 「위험기계기구 안전인증 고시」의 제작 및 안전기준은 한국산업표준(KS), 국제기준(ISO/IEC), 유럽규격(EN) 등을 참조하여 적용하고 있으며,
- 이에, TÜV SÜD에서 주관하는 교육을 통해 위험기계·기구의 ISO 규격 및 최신 동향을 확인하고, 해당 지식의 전파교육을 통해 안전인증 직원의 선진 인증기준 습득 및 전문기술력 향상을 도모하고자 함

2. 교육기간

- 교육기간 : 2023. 10. 16(월) ~ 10. 20(금), 4박5일
- 출장기간 : 2023. 10. 15(일) ~ 10. 22(일) 6박8일

3. 교육기관

- 교육기관 : TÜV SÜD Product Service GmbH

기관	소재지
TÜV SÜD 뮌헨 시험소	Ridlerstr. 65 Munich, Germany

4. 교육 인원

- 교육인원 : 2명
- 광주광역시본부 산업안전부 진대영 차장
- 산업안전보건인증원 안전인증부 권지민 과장

5. 주요 수행사항

- New Regulation 2023/1230 소개
- ISO 12100 위험성 평가를 바탕으로 한 Functional Safety 관련 규격 외 기계류 전기, 산업용 로봇, 무인트럭 관련 규격 교육
- Functional Safety 규격 등 관련 내용(ISO 13849-1 등)
- EN 60204-1:2018(Safety of Machinery Electric Equipment of Machines)
- ISO 3691-4:2020 Industrial trucks Part4 : Driverless industrial trucks and their systems
- ISO/DIS 10218-1.2:2021

6. 일정별 교육내용

○ 주요 교육 내용 : Machinery Directive, EN-12100 및 60204-1, 13849-1

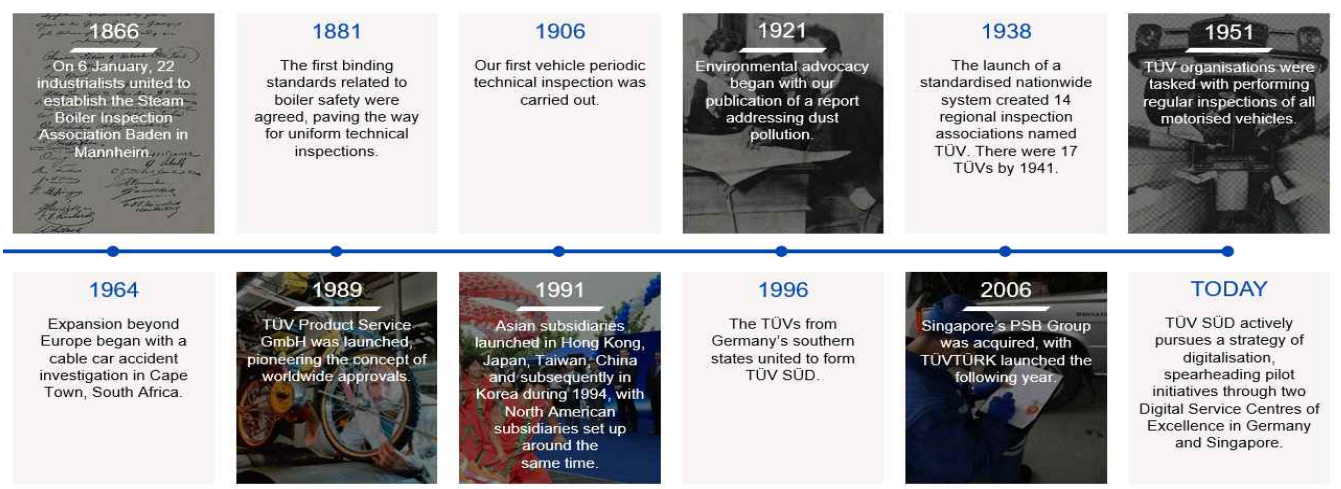
일 자	교육 내용	장소
10. 15.(일)	○ 출국(한국 → 독일)	TÜV SÜD Product Service GmbH
10. 16.(월)	○ TÜV SÜD 기관 현황 소개 ○ Machinery Directive - CE인증 제도 소개 - 필수기준(Machinery Directive Annex I) - 위험기계류(Machinery Directive Annex IV)	
10. 17.(화)	○ EN ISO 12100(Safety of machinery) - Risk assessment - Risk reduction - EN ISO 14121-1	
10. 18.(수)	○ Robotics and EN ISO 13849-1 - ISO 10218-1/2(안전 요구사항 및 보호대책, 설계 요구사항 등) - 산업용 로봇 제작 및 안전기준의 국제 동향 ○ 기능안전 기술기준 및 적용	
10. 19.(목)	○ EN ISO 13849-1 - 최신개정내용 파악 - 기계안전-제어 시스템의 안전관련 부품 및 기능안전 - SRP/CS의 설계, 안전기능의 세부 사항 등	
10. 20.(금)	○ EN 60204-1(Safety of machinery. Electrical Equipmnet of machine) - 감전에 대한 보호(기본보호, 고장보호 PELV 사용에 의한 보호 등) - 보호접지, 등전위 본딩 - 설비 보호(과전류 보호, 과부하 보호, 지락보호 등) - 제어회로의 안전설계 등	
10. 21.(토) ~10. 22(일)	○ 입국, (독일(10.21, 토) → 한국(10.22, 일))	

Ⅱ. 국외 위탁교육 결과

1. TÜV SÜD 기관 소개

□ 기관 현황

- 시험, 인증, 심사, 교육, 기술 자문 등의 서비스를 주요 사업영역으로 하는 독일의 대표적인 인증기관으로써 전 세계 약 1,000개소의 사무소를 두고 있음
- 기관 형태 : 민간 인증기관
- 주요 연혁
 - 1866년 스팀 보일러 제조자 연합단체로 독일 뮌헨에 설립
 - 1906년 자동차 기술검사 시작
 - 1994년 한국 진출



○ 현황

- 사업소 : 전세계 1,000여개소
- 직원 : 25,000명 이상
- 인증서 : 약 605,000건 발행

Over 1,000 TÜV SÜD locations in about 50 countries

Germany (HQ)

Australia
Austria
Bangladesh
Belgium
Bosnia & Herzegovina
Brazil
Cambodia
Canada
China
Croatia
Czech Republic
Denmark
Egypt
Finland
France
Greece

Hungary

India
Indonesia
Ireland
Italy
Japan
Malaysia
Mexico
Netherlands
Oman
Philippines
Poland
Portugal
Qatar
Romania
Russia
Saudi Arabia

Singapore

Slovakia
Slovenia
South Africa
South Korea
Spain
Sri Lanka
Sweden
Switzerland
Thailand
Turkey
UAE
United Kingdom
USA
Vietnam



○ 주요 사업

소비자 제출 서비스	식품안전	의료 및 건강 서비스	상용 제품 서비스
- 가전제품, 조명 - 위생용품 - 레저용품, 보트, 가구 - 장난감, 어린이 용품	- 위생과 품질 - 식품 무역 - 요리법 등	- 활성 의료기기 - 비활성 의료기기 - 체외진단 - 투석시설, 임플란트 등	- 산업용 부품 - 산업용 장비 - 산업기계 - 스마트 팩토리 - 실험실 서비스 - 소프트웨어 및 IT 보안 - 스마트/재생에너지 - 전기자동차

○ 연락처

- 주소 : Ridlerstr. 65 Munich, Germany
- Home page : <http://www.tuv-sud.com>
- 전화번호 : +49 89 5791-0
- TUV SUD 코리아 담당자 : 박노현 팀장

○ MOU 현황

- 체결 기간 : 2010.5.10. ~ 2027.4.28.
- 협력 분야 : 안전인증 및 공동규격 상호 인정
- 주요 내용 : KCs 및 S마크와 유럽규격에 따른 심사 상호 인정

2. New EU Regulation 2023/1230

□ CE 마크 제도

○ EU국가에서 생산되는 제품 또는 EU국가로 수출되는 제품에 대해 Regulation 또는 Directive의 필수 요구사항을 만족하는 제품임을 나타내는 것

- 1993년 7월 EU 이사회 결정에 의해 'CE Marking' 최종 확정
- EU회원국(27개국) 및 자유무역연합(4개국)에 적용
- CE 인증절차는 8개의 모듈 방식을 채택, 해당 제품이 어느 모듈의 승인방식을 따를지는 각 Directive에서 규정

○ CE 마크 관련 법령

구 분	내 용
Regulation	○ 일반적으로 적용되는 사항으로 법적으로 구속력이 있으며 모든 회원국에 바로 적용
Directive	○ EU 이사회 지침으로 공표 ○ 각 회원국은 자국 실정에 맞게 도입(법적 구속력이 있음) ○ 자국의 법령화하는 방법과 절차는 회원국별로 결정
Decision	○ 법적으로 구속력이 있으며 해당 회원국에 바로 적용
Recommendation	○ 법적 구속력이 없음

○ CE 지침(Directive)

지 침 명	Shot Title	대상품목	관련 지침	적용모듈
기계류 (MD)	Machinery Directive	산업용기계류	2006/42/EC	A, B+C
저전압기기(LVD)	Low Voltage Directive	AC 50V ~ 1000V DC 75V ~ 1500V의 전기 제품	2006/95/EC 73/23/EEC	A, Aa
전자파적합성(EMC)	Electromagnetic Compatibility	전기, 전자소자를 포함하는 대다수의 제품	2004/108/EC 89/336/EEC	A, B+C
의료기기(MED)	Medical Devices Directive	대부분의 의료기기	93/42/EEC (2000/70/EC)	B+D, B+F, H
능동 삽입용 의료기기 (AIMD)	Active Importable Medical Device Directive	인슐린 펌프 등	93/68/EC	H, B+D, B+F
체외 진단용 의료기기 (IVD)	In Vitro Diagnostic Medical Device Directive	혈액검사기 등	98/79/EC	B+C, B+D, H
승강기(LD)	Lifts Directive	승강기	95/16/EC	B+C, B+D, H
방폭기기(ATEX)	Equipment Explosive Atmospheres	방폭제품	94/9/EC	A, B+C, B+D, B+E, B+F, G
완구의 안전(TD)	Toys Directive	어린이 완구 (14세미만 어린이용 인형, 장난감 등)	88/378/EEC	A, Aa, B+C

지 침 명	Shot Title	대상품목	관련 지침	적용모듈
단순 압력용기(SPVD)	Simple Pressure Vessels Directive	0.5bar 이상의 압력용기 및 그 부속물	87/404/EEC	B+C, B+F
가스기기	Appliances Burning Gaseous Fuels	가정용 가스기구	90/396/EEC	B+C, B+D, G, B+E, B+F
통신단말기	RTTE Raioed and Telecommunications Terminal Equipment	유.무선통신 단말기	1999/5/EC	A, H 및 부속서 IV참고
비자동 저울	Weighing Instruments Directive	상업용, 의료용 개량기	90/384/EEC	B+D, B+F, G
개인보호장비 (PPED)	Personal Protective Equipment Directive	개인보호장구	89/686/EEC	A, B+C, B+D, B+E
온수보일러(에너지 효율)	Hot-water Boilers Directive)	유류 및 가스연료 사용의 온수보일러의 에너지 효율 요구사항	92/42/EEC	B+C, B+D, B+E
건축 자재 (CPD)	Construction Products Directive	시멘트, 타일, 위생도기, 목재군, 회전문 등	89/106/EEC	적용 안되며 본 지침서의 부속서에 따라 적합성평가
냉동기기(에너지 효율)	Energy efficiency Requirements for Household electric Refrigerators, Freezers and Combinations Thereof	가정용 냉장, 냉동기의 에너지 효율 요구사항	96/57/EC	A
압력기기 (PED)	Pressure Equipments Directive	압력용기 외의 압력기기	97/23/EC	압력기기의 category에 따라 모두 적용
민수용 폭약	Explosives for Cavil Uses Directive	군, 경용을 제외한 폭약 류	93/15/EEC	B+C, B+D, B+E, B+F, G
레크레이션선박 (RCD)	Recreational craft Directive	소형선박	94/25/EC	B+C, B+D, B+E, G, H
해양설비 (MED)	Marine Equipment Directive	선박장비	96/98/EC	B+C, B+D, B+F, G, H

□ Machinery Directive 2006/42/EC(MD)

○ 개요

- 2009년 12월 29일 강제 시행되었으며, EU 영내로 반입되는 모든 기계류에 강제로 적용됨

○ 적용 대상품(MD Article 제1항)

- machinery;
- interchangeable equipment

- safety components
- lifting accessories
- chains, ropes and webbing
- removal mechanical transmission devices
- partly completed machinery

○ MD의 Harmonized Standards 구분

- A-Type, B-Type, C-Type로 구분

Type	내용	예시
A-Type	모든 기계에 적용되는 기본 안전표준, 개념, 설계 원칙 및 일반적인 측면을 다룸	EN ISO 12100:2010
B-Type	다양한 기계에 적용할 수 있는 표준 - B1 : 특정 안전 측면에 관한 규격(전기, 안전거리, 표면온도, 소음 등) - B2 : 안전관련 장치와 기계부품 등에 관한 규격(비상정지, 압력감지장치 등)	EN 60204-1:2018 EN ISO 13849-1:2015
C-Type	특정기계 또는 특정 기계그룹에 적용할 수 있는 세부표준	ISO 10218-1:2018 EN 1175:2020

○ MD Annex-IV

- 공인인증기관(Notified Body)의 인증 필요
- Article 제12조 3항 및 4항에 언급된 절차 중 하나가 적용되어야 하는 기계류 범위

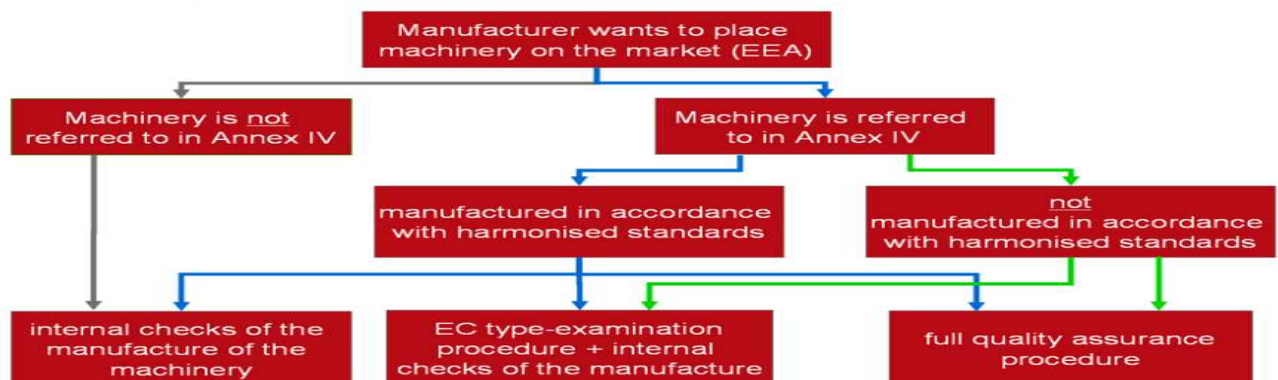
Article 제12조(기계류 제품에 대한 적합성 평가 절차)

3. 기계류가 부속서 4에 해당되고, 제7조 2항에 명시된 통합 표준에 따라 생산되었으며, 해당 표준이 관련된 모든 필수 안전보건요건을 포함하고 있다면, 제조자 또는 권한 대리인은 다음 절차 중 하나를 적용해야 한다.

- 부속서 VIII에 기재된 기계류 제조에 대한 적합성 평가 내부 점검 절차
- 부속서 IX에 기재된 EC 형식 검사와 부속서 VIII 포인트 3에 기재된 기계류 제조에 대한 내부 점검 절차
- 부속서 X에 기재된 전체 품질 보증 절차

4. 기계류가 부속서 IV에 해당하나 제7조 2항에 명시된 통합 표준에 의거하여 제조되지 않았거나 부분적으로만 통합 표준에 부합하는 경우 또는 통합 표준이 모든 필수 안전보건요건을 포함하지 않거나 문제가 되는 기계류에 대해서는 통합 표준이 존재하지 않는 경우 제조자 또는 권한 대리인은 다음 절차 중 하나를 적용해야 한다.

- 부속서 IX에 기재된 EC 형식 검사와 부속서 VIII 포인트 3에 기재된 기계류 제조에 대한 내부 점검 절차
- 부속서 X에 기재된 전체 품질 보증 절차



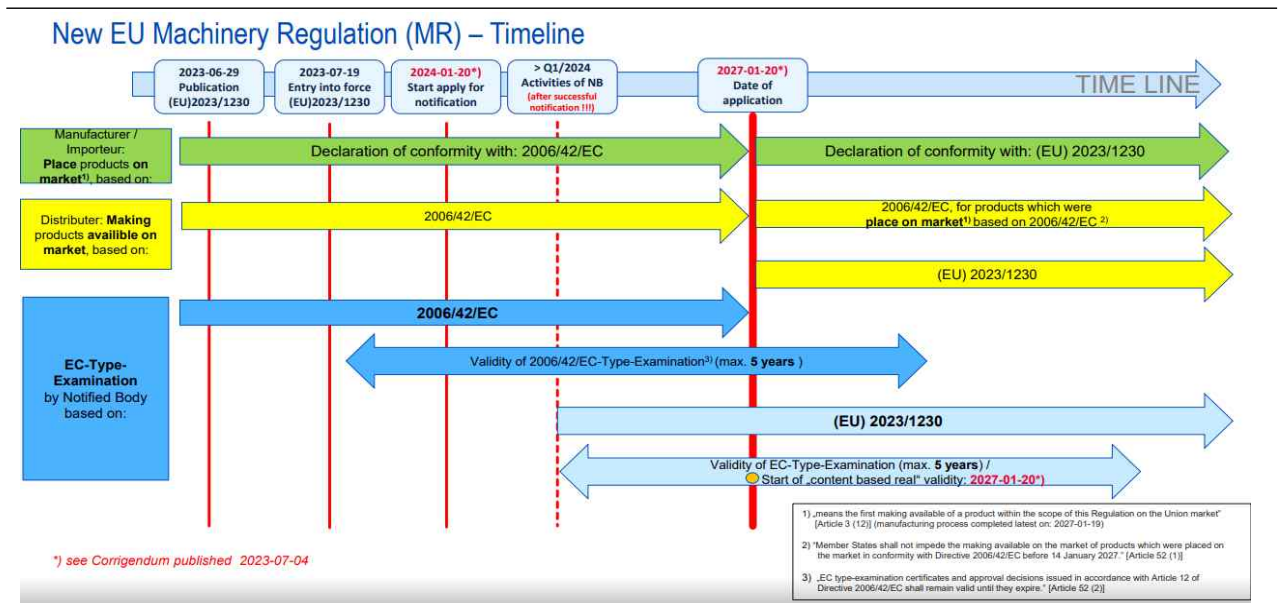
□ New EU Regulation on Machinery 2023/1230

○ 제정 목적

- 단일 시장의 원활한 기능 지속 보장
- 공평한 경쟁의 장 조성 및 글로벌 시장에서의 기계부문 경쟁력 강화
- 새로운 디지털 기술의 위험 적응 및 혁신 촉진

○ New EU Regulation on Machinery 진행 사항

- 공식저널 게재 : 2023. 6. 29.
- 발효일(20일 이후) : 2023. 7. 19.
- 적용일 : 2027.1.20.(적용일 전 기계류에 대한 규정의 자발적 적용은 없음)



○ 주요 변경 사항(기존 MD와 80~90% 동일)

- MD와 비교표(New Regulation Annex XII Correlation Table))

Directive 2006/42/EC	New Regulation
Article 1	Article 2
Article 2	Article 3
...	...
Article 12	Article 25
...	...
Annex I	Annex III
Annex IV	Annex I
...	...

- 지침 대신 규제(법적 확실성 향상, 각 회원국에 통일된 적용)
- 안전기능에 대한 인공지능 관련 조항 통합

- Article 및 Annex의 순서 변경
- Annex I의 변경(MD Annex-IV의 기계류 범주 변경)
- * 6개 제품 범주에 대한 필수 인증기관 적합성 평가 필요

New EU Regulation ANNEX-I Part A
(Machinery with obligatory Notified Body(NB) assessment)

- 1.Removable mechanical transmission device including their guards
- 2.Guards for removable mechanical transmission devices
- 3.Vehicle servicing lifts
- 4.Portable cartridge-operated fixing and other impact machinery
- 5.Safety components with fully or partially self-evolving behaviour using machine learning approaches ensuring safety functions
- 6.Machinery that embedded systems with fully or partially self-evolving behaviour using machine learning approaches ensuring safety functions that have not been placed independently on the market, in respect only those systems

- New Regulation on Machinery - Conformity Assessment Modules

Module	Annex	Content	machinery or related product(Not annex I)	Annex I Part A	Annex I Part B
A	VI	Internal Production Control	○		○**
B* + C	VII + VIII	EC Type-Examination + Conformity to type based on internal Production Control		○	○
H*	IX	Conformity based on Full Quality Assurance		○	○
G*	X	Conformity based on Unit Verification		○	○

* 인증기관의 참여

** 다음 경우에만 해당 : 조화표준에 따른 설계 및 제작, 모든 관련 EHSR 포괄

New Regulation Article 제25조(기계 및 관련 제품에 대한 적합성 평가 절차)

2. 기계 또는 관련 제품의 범주가 부속서 I Part A에 나열된 경우, 제조자 또는 법인은 다음 절차 중 하나를 적용해야 합니다.
 - (a) 부속서 VII에 명시된 EU 형식검사(Module B)와 내부 생산을 기반으로 한 형식 적합성 부록
 - (b) 부속서 IX에 명시된 완전한 품질 보증(Module H)에 기초한 적합성
 - (c) 부속서 X에 명시된 단위 검증(Module G)을 기반으로 한 적합성
3. 기계 또는 관련 제품의 범주가 부속서 I Part B에 나열된 경우, 제조자 또는 법인은 다음 절차 중 하나를 적용해야 합니다.
 - (a) 부속서 VI에 명시된 내부 생산 관리(Module A)
 - (b) 부속서 VII에 명시된 EU 형식검사(Module B)와 내부 생산을 기반으로 한 형식 적합성 부록
 - (c) 부속서 IX에 명시된 완전한 품질 보증(Module H)에 기초한 적합성
 - (d) 부속서 X에 명시된 단위 검증(Module G)을 기반으로 한 적합성

3. Functional Safety(기능안전)

□ 개요

○ 정의

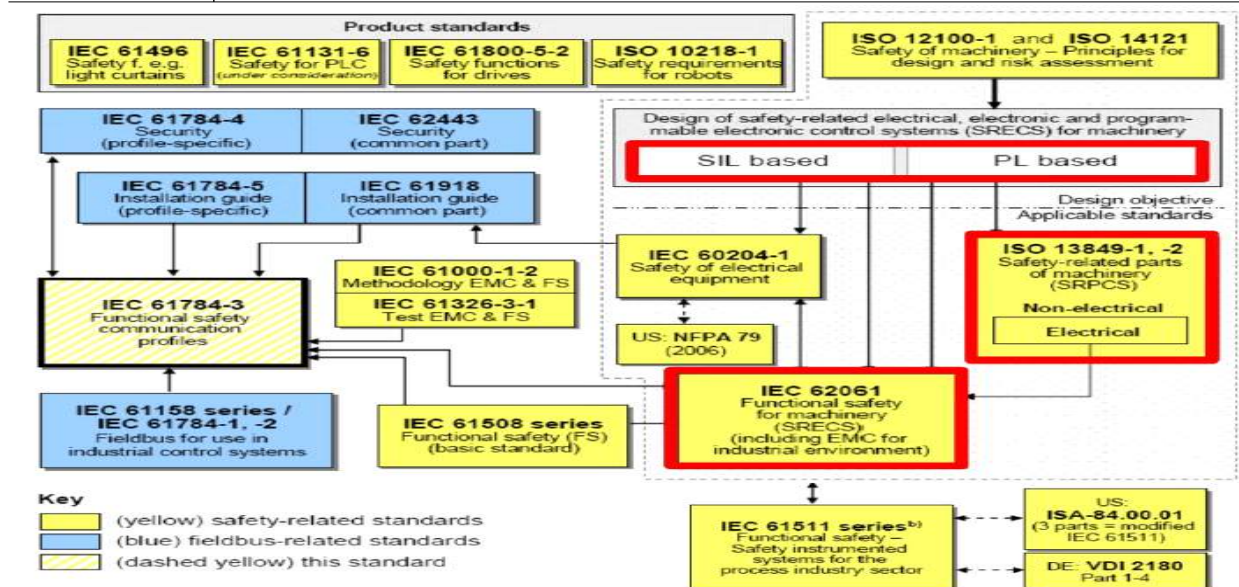
- “기계는 고장이 있는 것” 이라는 생각을 기본으로 하여 위험을 사전에 평가하는 리스크 평가를 토대로, 기계의 위험성을 허용가능한 레벨로 경감하는 안전 대책으로 기계의 안전 설계를 하고 있음

Safety	Free from unacceptable risk
Risk	Combination of probability of occurrence of harm and the severity of that harm (Frequency x Consequence)

Goal is to reduce risk to a acceptable

○ 기능안전 관련 표준

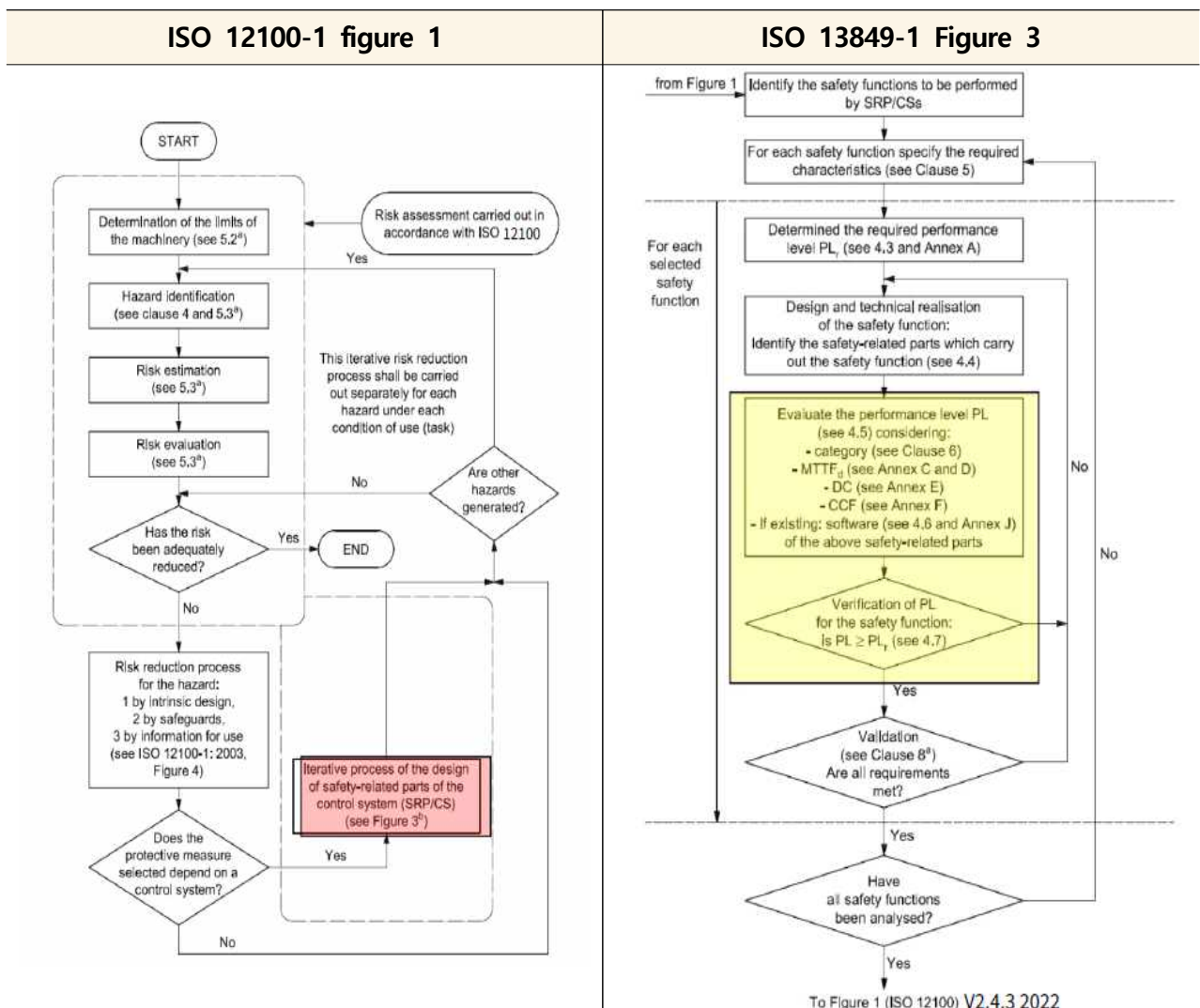
표준	내용
IEC 61508-1	모든 전기/전자/프로그래밍 가능한 전자장치(E/E/PE) 안전관련 시스템 - 안전계장 시스템 - 비상정지 시스템 등
IEC 61511-1	공정 산업부문을 위한 안전계장 시스템에 적용 - Instrumens(E/E/PE or not) - Acutators(E/E/PE or not) - Logic Solver(E/E/PE or not)
IEC 62061	기계분야에 적용 SRECS(Safety Related Electrical/Electronic Control System)의 구현 및 전체 수명주기 - 모든 아키텍처의 제어시스템에 적용 가능 - SIL1 ~ SIL3
ISO 13849-1	유압, 공압, 전자기계 시스템에 적용 제어시스템의 안전관련 부품(SRP/CS, Safety-related parts of a control System) 구현 - 5개의 성능수준(PL)으로 구분



□ 기능안전 평가절차

○ 위험성 평가 및 감소 프로세스

- 위험성 감소 프로세스는 기계의 한계 결정으로 시작됨. 모든 의도된 용도와 합리적으로 예측 가능한 오용이 고려되어야 함. 기계의 위험성 평가로부터 SRP/CS에 의한 적절한 안전 기능이 제공하는 위험성 감소의 기여도를 결정
- a) 의도된 사용 및 합리적 예측 가능한 오용을 포함한 기계의 한계 결정
- b) 위험 및 관련 위험 상황 식별
- c) 위험을 평가하고 위험 감소의 필요성에 대한 결정을 내림
- d) 보호 조치를 통해 위험을 제거하거나 위험과 관련된 위험성을 감소

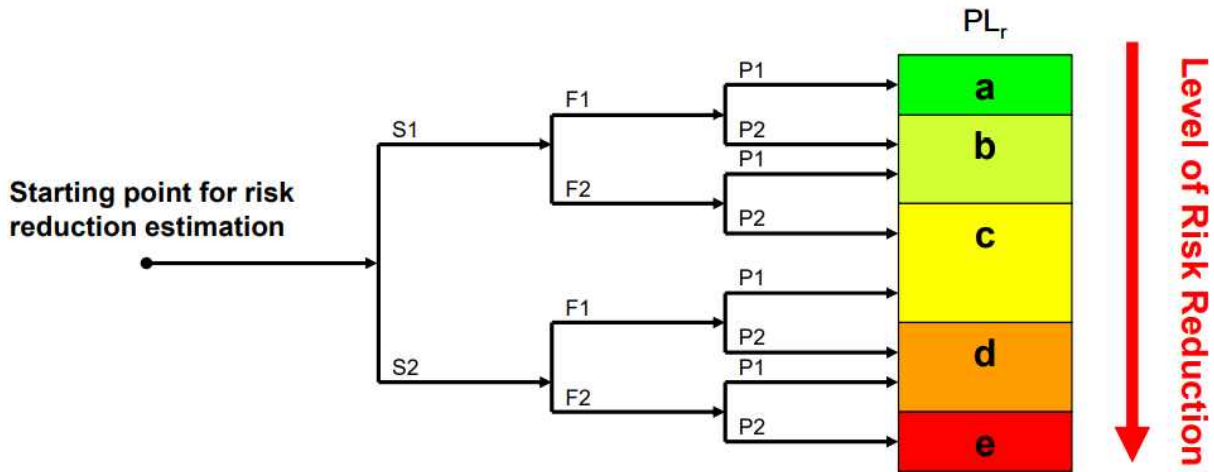


○ PLr(성능요구수준, Required Performance Level) 결정

- PLr의 결정은 위험성 평가의 결과, 제어시스템의 안전관련 부품에 의해 수행되어야 할 위험성감소의 크기를 나타냄. 상해의 정도, 빈도, 회피 가능성에 따라 PLr이 달라짐

- 요구되는 위험성 감소를 위해 필요한 각 안전 기능의 PL

Risk Graph ISO 13849-1



S(Severity of injury) : 상해정도

- S1 : slight(normally reversible injury, 회복 가능한 가벼운 상해)
- S2 : Serious(normally irreversible) injurt or death : 회복 불가능한 상해 혹은 사망

F(Frequency and or exposure to hazard)

- F1 : Seldom-to-less-often and/or exposure time is short(가끔/짧은 노출시간)
- F2 : Frequent-to-continuous and or exposure time is long(자주 또는 연속적/긴 노출시간)

P(possibility of avoiding hazard of limiting harm)

- P1 : possible under specific conditions(위험상황 발생 시 쉽게 회피 가능)
- P2 : scarcely possible(위험상황 발생시 거의 불가능)

□ PL(Performance Level) 결정(ISO 13849-1)

안전기능을 수행하는 개별 SRP/CS(제어시스템 안전관련 부품) 또는 조합된 SRP/CS의 PL은 다음의 파라미터(Category, MTTF_d, DC, CCF)에 대한 추정에 의해 결정된 등급

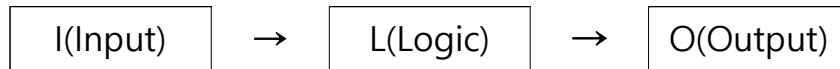
가. Category

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

- Category B and 1

구조적 특성	- Proven in use safety principles (13849-2 annex A-D) - Proven in use components(Cat 1)
--------	--

	- single channel structure - no monitoring of sensor - no monitoring of output
--	--

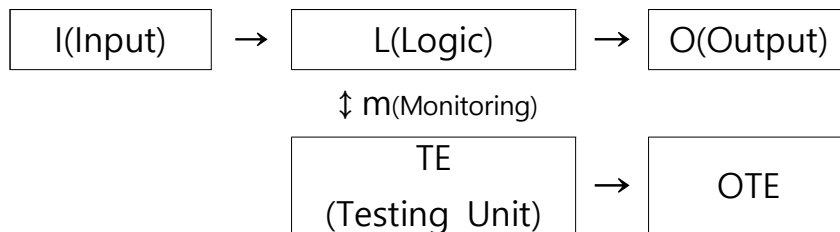


Ex) Category B and 1

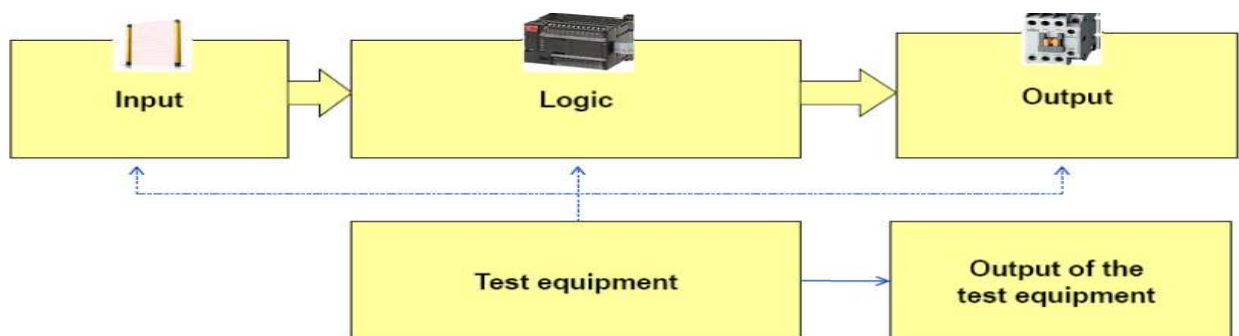


- Category 2

구조적 특징	- requirements of category B - proven in use safety principles - possibly redundant structure on actuator side
--------	--

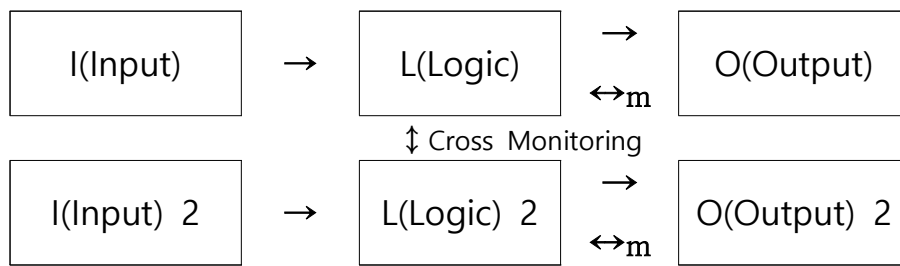


Ex) Category 2

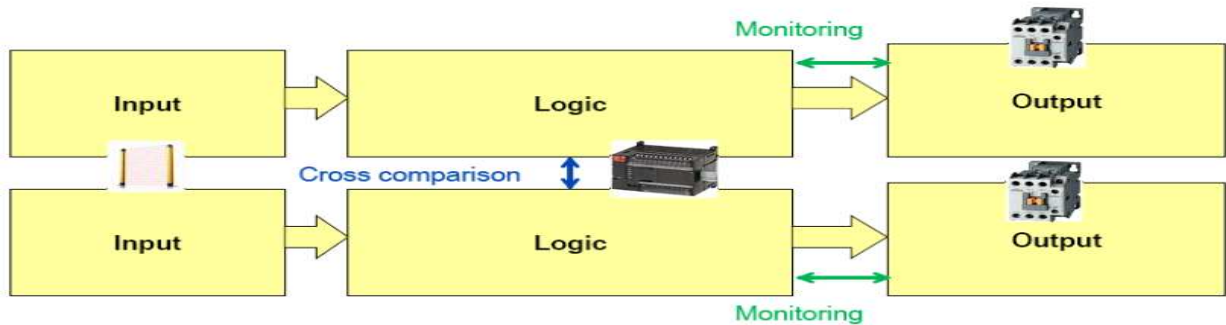


- Category 3+4

구조적 특징	- requirements of category B - proven in use safety principles - redundant structure - monitoring of inputs - monitoring of outputs
--------	---



Ex) Category 3



Cat4은 Cat 3보다 High 등급의 DC와 MTTFd가 요구됨

나. MTTFd(Mean Time To Failure)

○ 부품의 위험 고장이 발생하기까지 예상되는 평균시간

- 일반적으로 Component의 제조자가 정보 제공
- 최대값은 100년이며 100을 초과하더라도 100년으로 간주
- Category 4에 한정하여 최대 2500년까지 인정

Description	Range of value MTTFd
Low	3years ≤ MTTFd ≤ 10years
Medium	10years ≤ MTTFd ≤ 30years
High	30years ≤ MTTFd < 100years

○ MTBF=MTTF + MTTR

- MTBF=Mean Time Between Failure, MTTR=Mean Time To Repair
MTBF ≥ MTTR, MTTR can be neglected

○ MTTFd의 결정

- Use of manufacturer's data(review necessary)
- Use of data bases(SN 29500, IEC TR 62380)
- Use of methods in Annex C(Parts-count) and Annex D(B10)
- Choose 10 years

○ B10d

- 제조사가 MTTF_d 값을 제공하는 경우 제공된 값을 사용. 제조사가 B10d 값만 제공하는 경우에는 아래 식을 이용하여 MTTF_d를 계산

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

- B10_d : 10%의 구성요소가 위험한 고장*을 일으킬 때까지의 사이클 수
(B10값의 2배를 B10_d* 값으로 사용 가능)
- 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)

○ 두 개의 다른 MTTF_d의 값

- 중복채널에 대한 평균 MTTF_d 값은 아래의 식으로 추정
MTTF_{dc1}과 MTTF_{dc2}는 두 개의 다른 블록에 대한 값

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

다. DC(Diagnostic Coverage)

○ 전체 위험 고장과 검출 가능한 위험 고장의 비율

$$DC = \frac{\sum \lambda_{DD}}{\sum \lambda_{DD} + \sum \lambda_{DU}}$$

DD : dangerous detected, Du : dangerous undected

Description	Range of value DC
None	DC < 60%
Low	60% ≤ DC < 90%
Medium	90% ≤ DC < 99%
High	99% ≤ DC ≤ 100%

○ DC의 결정

- Use of manufacturer's data
- Use tables in Annex E(ISO 13849-1)
- Otherwise, DC=0

Table E.1 — Estimates for diagnostic coverage (DC)

Measure	DC
Input device	
Cyclic test stimulus by dynamic change of the input signals	90 %
Plausibility check, e.g. use of normally open and normally closed mechanically linked contacts	99 %
Cross monitoring of inputs without dynamic test	0 % to 99 %, depending on how often a signal change is done by the application
Cross monitoring of input signals with dynamic test if short circuits are not detectable (for multiple I/O)	90 %
Cross monitoring of input signals and intermediate results within the logic (L), and temporal and logical software monitor of the program flow and detection of static faults and short circuits (for multiple I/O)	99 %
Indirect monitoring (e.g. monitoring by pressure switch, electrical position monitoring of actuators)	90 % to 99 %, depending on the application
Direct monitoring (e.g. electrical position monitoring of control valves, monitoring of electromechanical devices by mechanically linked contact elements)	99 %
Fault detection by the process	0 % to 99 %, depending on the application; this measure alone is not sufficient for the required performance level e!
Monitoring some characteristics of the sensor (response time, range of analogue signals, e.g. electrical resistance, capacitance)	60 %

라. CCF(Common Cause Failure)

- 하나의 원인으로 복수의 부품이 고장나지 않게 하여야 함을 의미
- 13849-1 Annex F.1 Table
- 65점 이상을 만족시켜야 하며, 아래일 경우 추가적인 조치 필요

Annex F.1: Scoring process and quantification of measures against CCF

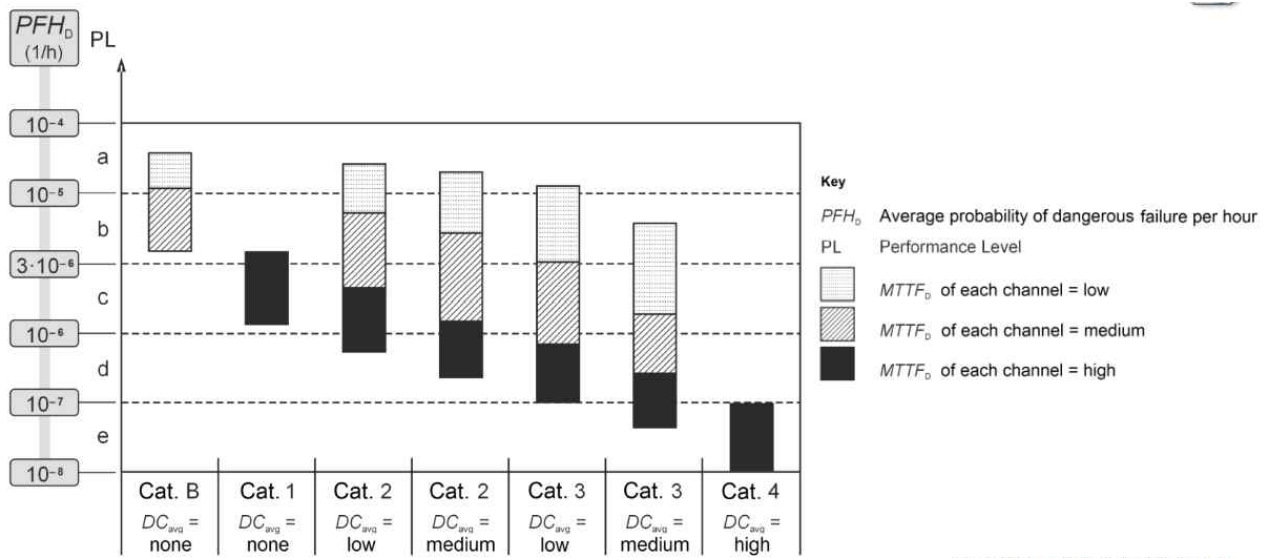
No.	Measure against CCF	Score
1	Separation/ Segregation	
	Physical separation between signal paths, for example: — separation in wiring/piping; — detection of short circuits and open circuits in cables by dynamic test; — separate shielding for the signal path of each channel; — sufficient clearances and creepage distances on printed-circuit boards.	15
2	Diversity	
	Different technologies/design or physical principles are used, for example: — first channel electronic or programmable electronic and second channel electromechanical hardwired, — different initiation of safety function for each channel (e.g. position, pressure, temperature), and/or - digital and analog measurement of variables (e.g. distance, pressure or temperature) and/or - Components of different manufactures.	20
3	Design/application/experience	
3.1	Protection against over-voltage, over-pressure, over-current, over-temperature, etc.	15
3.2	Components used are well-trying.	5
4	Assessment/analysis	
	For each part of safety related parts of control system a failure mode and effect analysis has been carried out and its results taken into account to avoid common-cause-failures in the design.	5

Add the values

마. PL의 결정

- 안전기능을 수행하는 개별 SRP/CS 또는 조합된 SRP/CS의 PL은 파라미터에 대한 추정에 의해 결정
 - MTTFd, DC, CCF, Category를 조합하여 아래의 테이블에 의해 결정
 - $PL \geq PL_r$: PL_r (성능요구수준, Required Performance Level)은 최소한의 요구되어지는 PL(성능수준, Performance Level)이라고 할 수 있다. 안전제어 시스템의 PL은 항상 최소로 요구되는 성능수준(PL_r)보다 크거나 같아야 함

ISO 13849-1, figure 5 and Annex K, table K.1



ISO 13849-1, figure 5 and Annex K, table K.1

○ 다수의 서브시스템으로 이루어진 시스템에서의 PL 결정

Table 11 — Calculation of PL for series alignment of SRP/CS

PL_{low}	N_{low}	→	PL
a	>3	→	None, not allowed
a	≤ 3	→	a
b	>2	→	a
b	≤ 2	→	b
c	>2	→	b
c	≤ 2	→	c
d	>3	→	c
d	≤ 3	→	d
e	>3	→	d
e	≤ 3	→	e

Applies for combinations of subsystems if only the PL is known

$$PL_{low} - 1 \leq PL_{sys} \leq PL_{low}$$

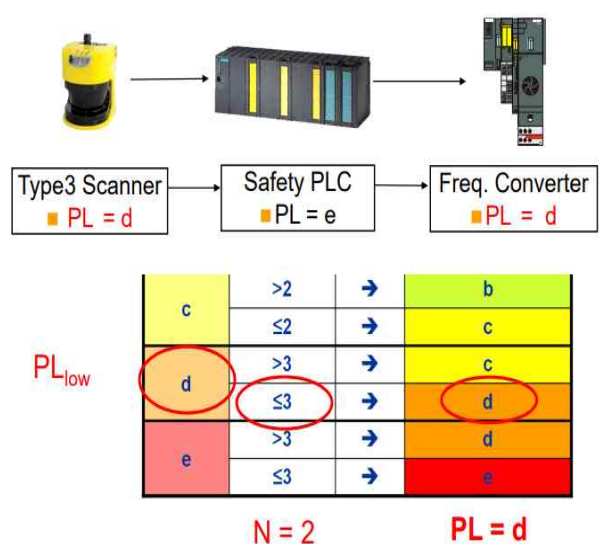


Table11-Caculation of PL for series alignment of SRP/CS

예시) 상기 시스템의 PL 등급은 d

4. EN 3691-4(산업용 무인트럭)

□ 적용 범위

○ 무인 산업용 트럭(driverless industrial trucks)

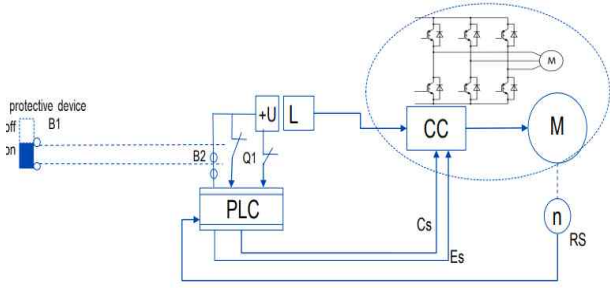
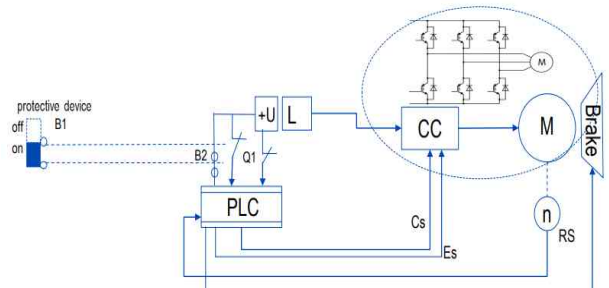
- 하물을 운송하기 위해 자동적으로 조종되도록 설계된 동력 트럭
- Automated guided vehicle, autonomous mobile robot, under cart 등

Autonomous mobile robot(AMR)	Automated guided vehicle(AGV)
	

□ 주요 내용

○ Braking System

- 전원공급의 방해에서도 조종
- 속도나 조향의 제어 상실에서도 자동적으로 작동
- 제작자가 명시한 한도 내 최악의 조건에서 트럭을 4.8.2에서 정한 사람 감지 수단의 작동 범위 내에서 정지
- 트럭과 그 최대 허용 하물을 제작자가 정한 최대 작동 경사도에서 유지

Safe Torque Off(STO)	Self Brake Control(SBC)
	

○ 속도 제어(Speed Control)

- 속도 제어시스템의 안전 관련 부품은 표1의 항목 3과 항목 8에 따라야 함

○ 자동 배터리 충전

- 60VDC 또는 25VAC 이상 등급의 자동 충전 연결 장치는 IEC 61558-1:2017에 따라 충전부와 우발적인 접촉으로 발생하는 감전 위험요인을 방지하도록 설계되어야 함
- 트럭이 충전 장치에 연결될 때에만 도달 가능 충전 접속이 활성화 되도록 설계되어야 함
- 트럭이 충전점에서 제거될 때, 트럭의 충전 접속은 배터리와 단절되어야 함

○ 하물 취급(Load Handling)

- 제작자가 결정하는 위치 한도 내에 화물이 유지되도록 설계
- 클램프, 기계적 잠금장치, 정지 장치 등을 통합함으로써 달성

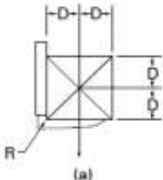
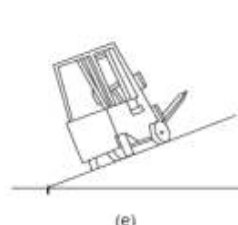
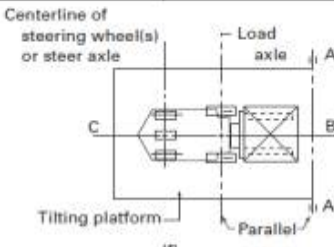
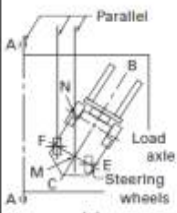
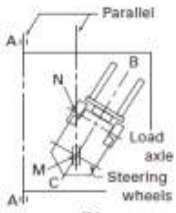
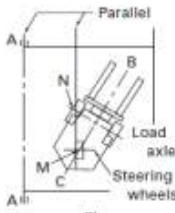
○ 안정도(Stability)

- 트럭은 모든 동작조건, 움직임, 비상정지 동안 안정적으로 유지되어야 함
- 인양 높이가 500mm 이상인 트럭의 안정도는 적용 가능한 표준에 따라 시험되어야 함

* ISO 22915-1:2016, ISO 22915-2:2018 등

ISO 22915-2:2018 Table(a)

Table 1(a) Counterbalanced Lift Trucks

Table Number		1	2	3	4
Test		Longitudinal	Longitudinal	Lateral	Lateral
Operation		Stacking	Traveling	Stacking	Traveling
Load		Test load	Test load	Test load	None
Mast Position		Vertical	Full rearward tilt (for trucks with tiltable mast)	Full rearward tilt (for trucks with tiltable mast)	Full rearward tilt (for trucks with tiltable mast)
Lift Height		Maximum	300 mm	Maximum	300 mm
Platform Slope, %	Rated Capacity, Up to and including 4 500 kg	4	18	6	15 + 1.4V (max. 50)
	Rated Capacity, Over 4 500 kg Up to and including 50 000 kg	3.5			
					
V = km/h A-A = Tilt axis C-B = Centerline of truck 					

○ 보호장치와 보완조치(Protective devices and complementary measures)

- ISO 13850:2015를 준수하는 비상정지 기능을 갖추어야 함
- 비상정지 장치가 가동할 때 모든 트럭 이동은 멈춰야 함
- 경로에서의 사람 감지의 내용을 만족해야 함

○ 제어시스템의 안전 관련 부품(SRP/CS)

- 제어시스템의 안전 관련 부품은 적어도 표1에 열거된 ISO 13849의 성능 수준을 준수해야 함

ISO 13849-1 표1

ISO 3691-4:2020(E)

Table 1 — Minimum performance level (PL) of safety-related parts of control systems in accordance with ISO 13849-1

Subclause in this document	Item number	Cross-reference in this document	Description of the safety function (or a part of safety function)	Main risk	Note	Minimum required PL according to ISO 13849-1
4.2 Braking system	1	4.2	Braking system control	Collision with persons	PL function controls the deceleration function.	d
	2	4.2 d)	Parking braking system control	Unintended motion of the truck: risk of collision Reduction of braking performance if the battery is disconnected (unlikely)	PL function controls that brake is dis-engaged in order to avoid continuous braking when travelling. (Wear and release of the brake to be checked with periodic maintenance).	b
4.3 Speed control	3	4.3	Over speed detection system (speed > truck rated speed)	Collision with person. Personnel detection not efficient due to over speed.	PL Monitor that truck speed is not over the maximum rated speed. In case of malfunction, an emergency stop shall be activated.	c
	4	4.8.2.1	Speed monitoring in case of speed < 0,3 m/s			c
	5	4.8.2.6	Adaption of the sizes of the safe detection fields of an ESPE for linear movements. (e.g. forward direction, backward direction, lateral and crabbing directions.)	Collision with person. Personnel detection not efficient due to different speed vs personnel detection	Assure that the personnel detection field is consistent with actual truck speed. Travel speed monitoring can be performed by the personnel detection means. If PL=d cannot be attained speed shall be reduced to a maximum of 0,3 m/s.	d

5. Robotics Standards

☐ 로봇의 종류

○ Robot : IMR vs 협동로봇 vs AGV vs AMR

Industrial Mobile Robot(IMR)	Collaborative Robot	Automated Guided Vehicle(AGV)	Autonomous Mobile Robot(AMR)
			

☐ 로봇 관련 표준

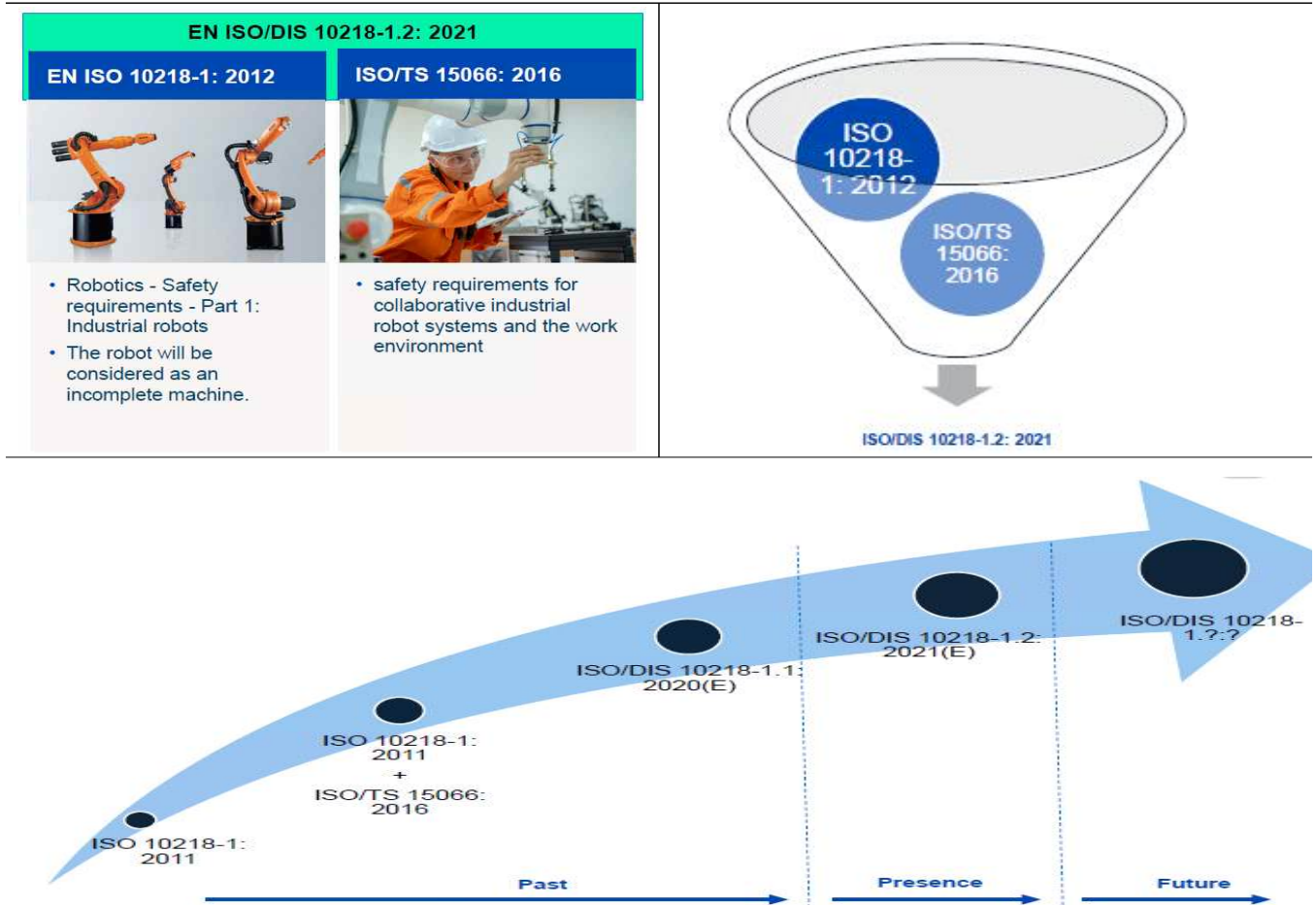
○ 로봇 관련 표준

Type of Robot	IEC/ISO	Europe	North America
Stationary Industrial Robot(고정식 산업용로봇)	ISO 10218-1 IEC 60204-1 ISO 13849-1 EN 61000-6-7	EN/ISO 10218-1 EN 60204-1 EN ISO 13849-1 EN 61000-6-7	ANSI RIA R15.06 NFPA 79 UL 1740 UL 1998 UL 991 CAN/CSA Z434
Robotic System (로봇 시스템)	위 규격 포함 ISO 10218-2 ISO 11161	위 규격 포함 EN/ISO 10218-2 EN/ISO 11161	위 규격 포함 UL 2011 UL 1740 UL 508A CAN/CSZ 22.2 no. 301
Collaborative Robots (협동작업 로봇)	위 규격 포함 ISO 12100 ISO/TS 15066	위 규격 포함 EN/ISO 12100 ISO/TS 15066	위 규격 포함 ANSI B11.0 TR3 ISO/TS 15066
Mobile Robots (AGV+Robot)	위 규격 포함 ISO 3691	위 규격포함 EN 1525 EN 1526 EN 1175-1 EN ISO 3691	위 규격 포함 ANSI B56.5 UL 583 ULC C583
Service Robot (서비스 로봇)	ISO 12100 ISO 13482	EN ISO 12100 EN ISO 13482	

□ ISO/DIS 10218-1.2 개요

○ ISO/DIS 10218-1.2:2021

- EN ISO 10218-1:2012와 ISO/TS 15066:2016를 통합한 표준



□ 적용 범위

○ 산업용 환경에서 자동제어 되고, 재프로그램 되는 다목적 매니퓰레이터, 혹은 프로그램 가능한 3축 이상의 고정된 로봇 또는 모바일 플랫폼에 고정된 로봇에 적용

- In **ISO/DIS 10218-1.2** robot is automatically controlled, reprogrammable multipurpose manipulator(s) (3.1.2.5), programmable in three or more axes (3.1.2.1), which can be either fixed in place or fixed to a mobile platform (3.1.2.8) for use in automation applications (3.1.1.6) in an industrial environment (3.1.1.1)

○ 적용 제외 분야

- 안전관련 내용들이 적용되어 있더라도 비산업용 로봇 분야에는 적용되지 않음 ex) 군사, 우주, 해양, 헬스케어, 서비스 등
- Does **NOT** apply to non-industrial robots, although the safety principles can be utilized for these other robots: military, space, undersea, healthcare, service or consumer products...

□ 주요 내용

○ 설계 요구사항(재료, 기계적 강도, 기계적 설계)

- 재료의 특성을 유지해야 함
- 날카로운 부분 혹은 모서리 부분 등의 노출이 최소화 되도록 설계
- 모터 샤프트나 기어와 같은 움직이는 부분은 로봇 프레임 안쪽에 위치해야 함
- 일상적인 작업을 위한 고정가드는 로봇이나 가드에 부착된 상태이어야 함
- 위치 유지, 부가축, 전원 손실 혹은 변화, 부품 고장, TCP Setting, Payload Setting 등에 대한 내용이 포함됨

○ 로봇 등급

- TCP의 최대도달 속도, 매니퓰레이터의 이동부분 전체 무게, 매니퓰레이터의 최대 힘의 조건을 사용하여 구분

Robot Class	Total mass per manipulator(M) (kg)	Maximum force per manipulator	Maximum speed (mm/s)
I	10kg and under	50 and under	250mm/s and under
II	over 10kg	over 50	over 250mm/s

○ 로봇 제어

- 예기치 못한 기동에 대한 보호는 ISO 14118을 따름
- 특이사항 발생 시 로봇은 다음 중 하나를 수행해야 함
 - 특이점을 통과하면서 반복적인 움직임과 속도를 내야 함
 - 추가 동작없이 중지 실행 및 경고 제공
 - 경고신호를 계속 발생해야 하며, 속도제한과 함께 특이점을 통과해야 함
- 상태 표시 및 경고장치
 - 로봇의 상태는 IEC 60204-1 ISO 12100, IEC 60073에 따라 정확히 표시되어야 함
- Single point of control(단일 제어)

Direct Control(직접 제어)	External Control(외부 제어)
- 직접 제어의 활성화는 다른 제어보다 우선함 - 다음 사항은 외부로부터 통제되지 않도록 해야 함 a) 로봇 동작 시작 b) 프로그램 변경 c) 안전 구성 변경 d) 다른 컨트롤 장소로 컨트롤 제어권 변경 e) 제어 프로그램 업데이트	- 로봇에 프로그래밍 수단이 제공되지 않아 외부 수단이 필요한 경우 외부 제어가 제공됨 - 직접제어가 제공되는 경우 다음 사항을 충족해야 함 a) 외부통제를 가능하게 하려면 직접통제에 중요한 조치가 필요함 b) 직접제어를 활성화하면 외부 제어가 즉시 비활성화 됨

- Mode

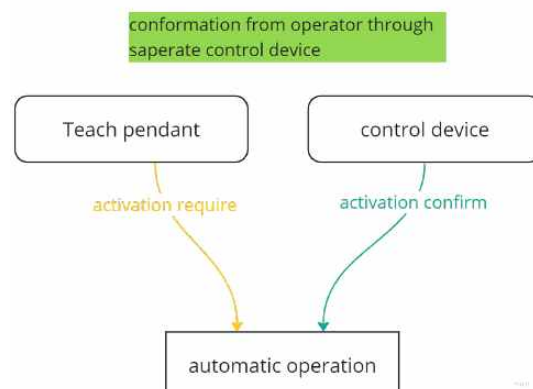
Automatic	Manual-Reduced Speed(T1)	Manual-High Speed(T2)
- 안전기능이 활성화 - 정지 조건이 감지될 경우 로봇의 모든 이동 가능한 부분이 정지 - 운전자의 별도 확인이 있을때까지 자동운전은 시작되지 않음	- 교육, 프로그래밍 검증용 - 로봇 이동은 활성화 장치가 작동하는 동안에만 가능	- 프로그램된 작업을 검증하는 용도로만 사용
		

- 로봇을 제어하는 수단

- 로봇에는 로봇을 제어, 명령, 프로그래밍/교육, 구성 및 문제를 해결하는 수단이 있어야 함

Teach Pendant	Cableless/Detachable Teach Pendant
- 다음 수단이나 지침이 제공되어야 합니다. 손상 가능성을 최소화하기 위한 배치 또는 보관 해당하는 경우 케이블을 보관하여 얹힘 및 걸려 넘어질 위험을 줄입니다. - 질량이 3kg 미만인 티치 펜던트. EN 1005-5 - 2m 미만의 거리에서 3kg 이상의 질량을 갖는 티치 펜던트. EN 1005-2	- 시각적 표시가 제공되어야 한다 티치 펜던트가 활성화되었음을 보여줌 티치 펜던트가 연결된 로봇을 표시 - 안전 관련 통신이 끊기면 제어되는 모든 로봇에 대한 보호 정지가 발생합니다(수동 모드). - 티치 펜던트에서 로봇 제어 장치를 연결 및 분리 하려면 명확한 수단이 필요

- 로봇은 티치펜던트 이외의 제어장치로부터 자동운전을 시작하고, 자동운전이 티치펜던트에 의해서만 시작되는 것을 방지
- 로봇은 작업자가 별도의 확인을 제공할 때까지 자동 작동을 시작해서는 안됨



○ 기능안전

- 안전관련 제어시스템(전기, 유압, 공압 기계 및 소프트웨어)는 5.3 및 부속서 C를 준수해야 함
- 로봇의 모든 안전 기능에 대한 안전관련 제어시스템 성능은 부속서 D에 따라 사용정보에 제공되어야 함
- 로봇에는 10218-2에 따른 협동 작업 구현을 가능하게 하기 위해 5.10에 따른 기능과 안전 기능이 제공될 수 있음
- ISO 13849-1 또는 IEC 62061 중 하나에 따라 설계되어야 함

Mandatory Safety Function in Annex C.1

Clause	Mandatory OR Conditional OR Optional	Safety Function Name	Possible Triggering Event	Intended Result
...	...	...	...	...
5.2.8.2.1	Mandatory	manual mode, general	Change of mode to manual mode	Automatic mode is prevented and Enabling device active on control station
5.2.8.2.2	Mandatory for Class II robots	manual mode, reduced-speed	Manual mode, reduced-speed selected	Reduced-speed (5.5.2.1) active
...	...	...	...	...
5.4.3	Mandatory	protective stop	Internal safety function triggers OR Actuation of a protective device which is connected to the protective stop input	Cease all hazardous robot functions intended to be controlled by a protective device
...	...	...	...	...
5.5.1.1	Mandatory	start interlock	Energy supply is switched on OR After an interruption and restoration of power	No motion until there is a manual reset
5.5.1.2	Mandatory	restart interlock	Change of mode (5.5.2.2) OR After a protective stop while in manual mode	No motion until there is a manual reset
5.5.2.1	Mandatory	reduced-speed	Selecting manual mode	Protective stop (5.4.3) if speed limit is exceeded Prevent the robot from exceeding the limit by slowing or stopping (protective stop) before the limit is exceeded
...	...	...	...	...
5.5.3	Mandatory	enabling device function	Release or compression of the 3P enabling device	Stop and prevent robot motion and the operation of other processes whose hazards are controlled by the robot
...	...	...	...	...

Table C. 2 — Robot safety functions

Clause	Mandatory OR Conditional OR Optional ²	Safety Function Name	Possible Triggering Event	Intended Result	Minimum Functional Safety Performance by Robot Class (5.1.17)	
					Class I	Class II
5.2.7	Optional	single-point-of-control	Selection of active point of control	Robot shall respond only to the active point of control	PLa	PLa
5.2.7.3	Optional	external control enable	Request for external control of robot	Local action required to enable external control	PLa	PLa
5.2.8.2.3 g)	Conditional Required if high-speed manual mode is provided	manual mode, high-speed time limitation	Exceeding 5 minutes of enabling device released	Separate action required to resume the previously selected higher speed	PLa	PLa
5.4.2	Mandatory	emergency stop	Manual actuation of an emergency stop device	Cease all hazardous robot functions	PLc SIL 1	PLc SIL 1

² Mandatory: shall be provided.
Conditional: shall be provided if certain conditions are met according to referenced clause
Optional: not required and can be provided as an option.

- EMC

- EMC는 ISO 13849-1 또는 IEC 62061의 EMI 및 EMC 요구사항을 준수

- 정지

- 모든 로봇에는 보호정지, 독립적인 비상정지 및 기타 정지 기능이 있어야 하며, 각 정지 기능에는 외부 장치 연결이 제공되어야 함
- 정지 기능은 다른 제어 기능보다 우선하도록 설계되어야 함

Table 1 — Comparison of the stop functions

Parameter	Other stop	Emergency stop	Protective stop
Purpose	Stopping on/off	Emergency	Safeguarding
Effect	Stop the robot or its hazardous functions, then remove energy to actuators	Remove energy sources to all hazards	Safely control the safeguarded hazard(s) in accordance with either 5.4.3.1 (protective stop, general) or 5.4.3.3 (monitored standstill safety function)
Initiation	Manual	Manual	Manual, automatic or may be automatically initiated by a safety function
Stop category in accordance with IEC 60204-1	0 or 1	0 or 1	0, 1 or 2
Safety-related control system performance	Not required	See performance requirement in Annex C.2	See performance requirement in 5.3.
Reset	Not applicable	Manual only	Manual or automatic <i>Can vary with each safety function that initiates a protective stop</i>
Use frequency	Frequent	Infrequent	Variable: from on-going (i.e. internal robot safety functions) to infrequent

- 기타 기능안전 내용

- 기동 인터락, 재기동 인터락, 속도 감시, Enable 기능 등이 있으며 주어진 내용에 맞게 설계되어야 함

○ 동시 동작

- 여러 매니퓰레이터를 단일 티치 펜던트에 연결할 수 있음

○ 동작 제한

- 로봇의 움직임을 최대 영역보다 작게 제한하는 수단이 제공되어야 함
- 표1에 따른 Class I 로봇에게서 동작 제한은 선택적임
- 로봇은 제한 장치 위치를 넘어 이동해서는 안되며, 제한 장치에 도달하면 보호정지를 시작해야 하며, 제한 장치는 최대 Payload, 최대 속도에 로봇 동작을 중지할 수 있는 기능을 가져야 함

○ 협동작업 기능

- HGC(Hand Guiding Control)

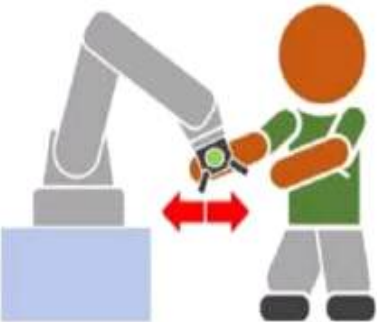
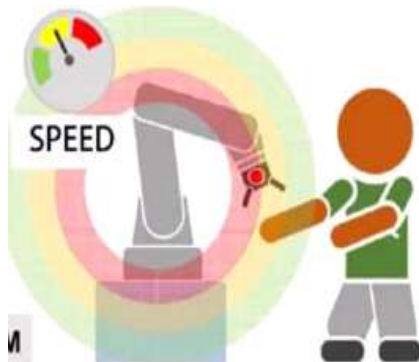
- 작업자가 손으로 말단장치를 잡아 손으로 붙잡고 움직이며 작업
- 작업자가 로봇을 놓았을 경우 로봇 정지

- SSM(Speed and Separation Monitoring)

- 로봇은 작업자와 지정된 거리를 유지하고 미리 정해진 속도로 동작해야 함
- ISO 13855에 설명된 인체 부위의 접근 속도를 고려하는 안전거리 고려
- 일정 이격거리 이내로 작업자 접근 시 자동으로 속도를 줄이거나 작동이 정지되는 보호 조치 실행

- PFL(힘 및 동력 제한, Power Force Limit)

- 사람과 로봇 접촉 시 사람에게 상해를 가하지 않는 제한된 크기의 힘과 압력만을 전달
- 로봇의 액추에이터의 힘과 힘이 위험성 평가에 의해 설정된 한계 내에 있는지 확인하기 위해 안전관련 제어시스템으로 모니터링이 필요함

HGC	SSM	PFL
소프트 축 및 공간 제한 감시되는 정지상태 Hold to Run ISO 20643에 따라 수행된 진동테스트	다음 중 하나 이상을 통해 작업자로부터 거리를 이격 거리를 유지해야 함 a) 로봇의 속도 감소 b) 로봇 자세 및 궤적 변경 c) 이격거리 유지 못할 경우 속도를 늦추거나 보호정지 발생	PFL의 경우 본질적으로 안전 기능을 통해 이루어질 수 있음 a) 전력 및 힘 제한 값은 조정 가능 b) 작동 중에는 전력 및 힘제한 값을 초과해서는 안됨 c) 속도 모니터링, 정지상태 모니터링, 소프트 축 및 공간제한의 기능이 제공되어야 함
		

○ 사용을 위한 정보제공

- 사용을 위한 정보는 ISO 12100:2010에 따라 제공되어야 함
 - 신호 및 경고장치, 표시(경고라벨), 지침 핸드북 등

6. EN 60204-1

□ 적용 범위

○ 적용 범위

- 작동 중에 손으로 이동되지 않는 전기, 전자 장비 및 설비

○ 적용 제외

- 전기 에너지가 작업 도구로 직접 사용되는 전원 회로(ex. 전기 아크용접기 등)
- 작업하는 동안 손으로 휴대할 수 있는 장비
- 가정용 기기(EN 60335가 적용되는 유형), 실험실 및 테스트 장비(EN 61010 적용) 등

□ 주요 내용

○ 감전에 대한 보호

- 기본보호와 고장보호로 나누어지짐
- 기본보호는 충전부에 사람이나 동물이 직접 접촉되는 경우를 보호하며, 고장 보호는 활성부와 노출도전성 부분 사이의 절연 고장으로 인한 간접 접촉에 대한 감전 위험을 방지함

✓ 기본보호

- 외함에 의한 보호

충전 부분은 외함 내에 설치, 최소 IP2X 또는 IPXXB 이상의 보호등급으로 보호

- IP 2X는 직경이 12.5mm보다 큰 고체 물체에 대한 보호를 의미
- IP XXB 고체 이물질 및 물의 침입에 대한 보호는 제공되지 않으나, 손가락 또는 직경 12mm, 길이 80mm의 조인트 테스트 단자로 접근하지 못하도록 보호 외함을 열거나, 차단기를 동작시킬 경우 도구 사용

- 활성부 절연에 의한 보호

활선부는 내구성이 있는 절연체로 피복

- 잔류전압에 의한 보호

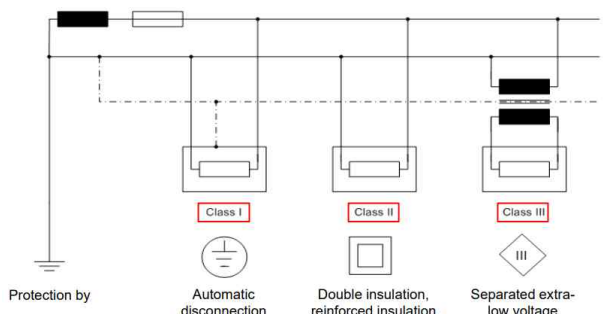
잔류 전압이 60V를 초과하는 충전부는 공급 차단 후 5초 이내에 60V 이하로 방전

✓ 고장보호

- 클래스 II 설비의 사용 또는 동등한 절연에 의한 보호

기본 절연 고장시 접촉이 우려되는 부위에 위험한 접촉 전압의 발생 억제

Appliance Class	Marking	Protection
Class 0	No Marking	Single level of insulation no protective-earth
Class I		Chassis Connected to Electrical Earth (PE)
Class II	"Class II" "Double Insulated" 	Double Insulated
Class III		Supplied from a SELV (Separated Extra-Low Voltage) Power Source.



Protection by ...

Automatic disconnection

Double insulation, reinforced insulation

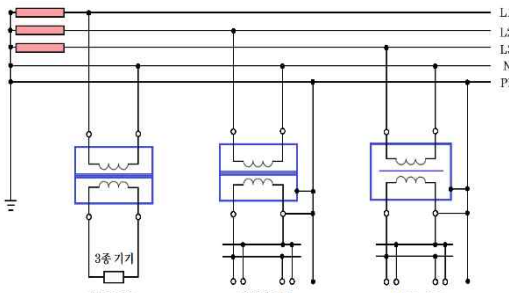
Separated extra-low voltage

- 전기적 분리에 의한 보호

- 전원의 자동차단에 의한 보호

고장이 발생한 경우 보호 장치를 자동 작동하여 하나 이상의 라인 도체를 차단하는 것. 접촉 전압의 시간을 TN 및 TT 시스템에 대해 부속서 A에 지정된 제한 내 시간으로 제한 하기에 충분히 짧은 시간에 발생해야 함

- PELV 사용에 의한 보호

SELV, PELV, FELV 회로	회로의 특성
	- 교류 25V 또는 직류 60V를 초과하지 않아야 함 - 회로의 한쪽 또는 전원의 한점은 보호본딩회로 접속 - 전기적으로 분리. 안전절연 변압기 사용 - PELV 회로의 도체는 다른 회로와 물리적으로 분리

○ 접지 시스템 : 계통접지, 보호접지, 피뢰시스템 접지 등으로 구분

- 계통접지 : 전력계통의 중성점과 대지와의 관계(TN, TT, IT 계통)

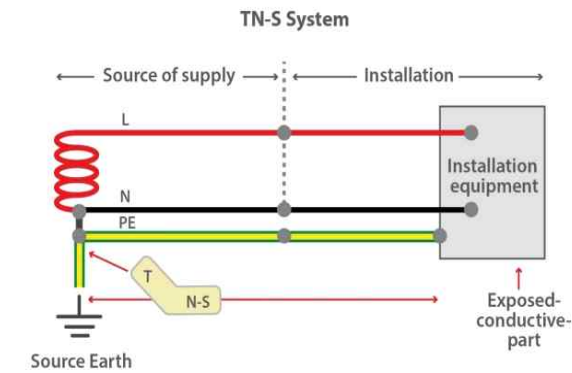
제1문자	의미
T(Terra)	한 점을 대지에 직접 접지
I(Insulation)	모든 충전부를 대지와 절연 혹은 높은 임피던스를 통해 한 점을 대지에 직접 접지

- 계통접지 : 설비의 노출된 도전성 부분과 대지와의 관계(TN, TT, IT 계통)

제2문자	의미
T(Terra)	노출도전부를 대지에 직접 접속(전원계통 접지와 무관)
N(Neutral)	노출도전부를 전원계통의 접지점(교류에서는 통상 중성점, 중성점이 없을 경우는 도체) 직접 접속

- 피뢰시스템 접지 : 대지와 수뢰부 시스템 연결하는 것

TN 시스템의 특징과 예시

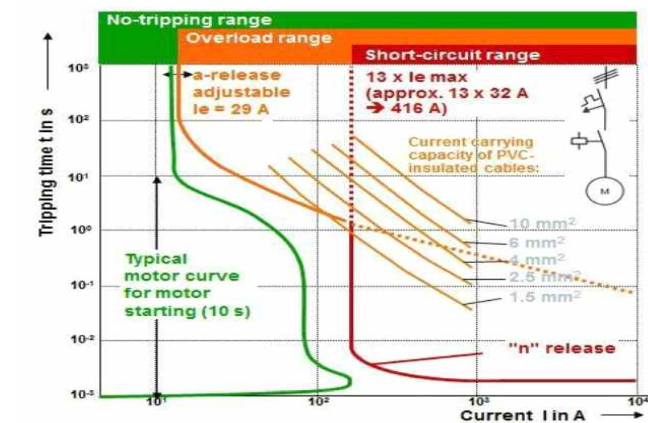


- PE와 N(중성선)은 별도의 도체
- TN 시스템은 영국에서 가장 일반적이며 TN-S와 함께 사용
- TN-C는 PE와 중성선이 결합된 형태
- TN-C-S는 TN-S와 TN-C가 조합된 형태
- IT 시스템은 지락이 발생하여도 전원차단이 되지 않아야 하는 곳에 사용. Ex 병원, 공장

○ 설비 보호

- 설비는 단락전류, 전동기 과부하 또는 손실, 비정상적 온도, 공급전압 손실, 지락전류 등에 의해 보호되어야 함
- 과전류 보호 : 전기회로, 제어회로, 변압기, 조명 회로 등은 과전류 보호 장치로 인하여 보호가 되어야 함
- 정격전류를 초과하는 전류(과부하전류 또는 단락고장전류)
- 퓨즈, MCCB 등으로 보호하며 보호장치의 설치 위치는 3m 이내 위치해야 함

전동기 전류 시간 곡선

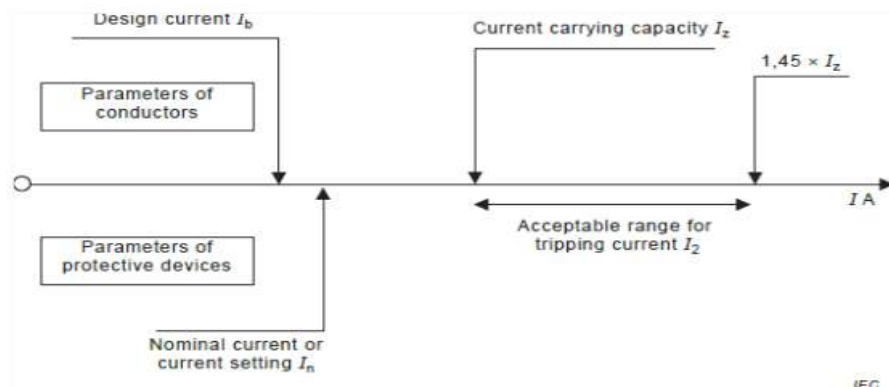


- 전동기의 전류 및 시간 특성곡선
- 10초 이상 기동하는 모터 곡선을 나타냄
- 과부하 및 단락전류가 발생할 경우 옆의 곡선에 따라 전동기 보호
- 도체가 굵을수록 허용전류가 커지기 때문에 시간 및 전류의 크기가 증가함

- 과부하전류보호 및 Cable Sizing

- 도체를 보호하여야 하는 과부하 보호장치는 부하최대전류 또는 부하의 설계전류를 도체에 연속하여 안전하게 흐르게 해야하며, 설계전류 이상의 과부하전류가 흐르게 되면 도체를 보호하기 위하여 도체의 과부하 보호점이 보호될 수 있도록 함
- $I_b \leq I_n \leq I_z$ -----(1)
- $I_2 \leq 1.45 \times I_z$ -----(2)

- * I_b : 회로의 설계전류, I_z : 케이블 허용전류, I_n : 보호장치 정격전류
 I_2 : 보호장치가 규약시간 이내에 유효하게 동작하는 것을 보장하는 전류



○ 보호 분당 회로

- 다른 부품의 고장으로 인한 고장 전류를 PE 단자로 전하도록 고안된 부품으로 구성되며 다음으로 구성됨
 - PE단자, 전기설비의 노출 도전성 부분 및 도전성 구조부, 기계의 도전성 구조부
- 고장발생시 충전부와 연결되지 않는다면 모든 노출도전성 부분을 연결할 필요는 없음

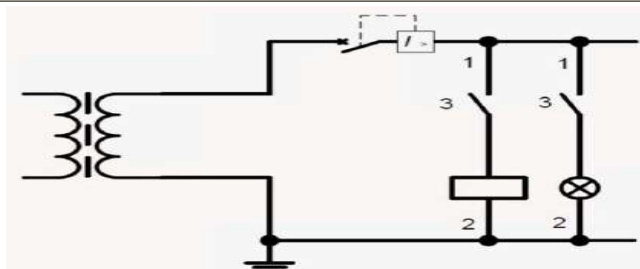
○ 제어 회로

- 제어 기능의 예 : Start 기능, Stop 기능, 비상정지 등

Start 기능	Stop 기능	비상정지 기능	동작모드	Hold To Run

- AC 제어 회로의 공칭 전압은 다음 조건들을 초과하지 않아야 한다.
 - 주파수가 50Hz인 회로의 경우 230V, 60Hz인 회로의 경우 277V
- AC 제어회로는 변압기에 의해 전원이 공급되어야 하며 오작동에 대해 보호가 되어야 함

일반적으로 사용되는 오작동 방지 회로



○ 색상

- 푸쉬버튼(Push Button)

Colour	Meaning	Explanation	Examples of application	Additional description
RED	Emergency	Actuate in hazardous situation or emergency	Emergency Stop/Off. Initiation of emergency function.	RED is permitted also for only Stop/Off function, but it is recommended that RED is not used near an emergency operation device. RED shall not be used for Start/On.
YELLOW	Abnormal	Actuate under abnormal condition	Intervention to suppress abnormal condition. Intervention to restart an interrupted automatic cycle.	
BLUE	Mandatory	Actuate when requiring mandatory action	Reset function.	Reset push-buttons shall be BLUE, WHITE, GREY or BLACK. Where they also act as a Stop/Off button, the colours WHITE, GREY or BLACK are preferred with the main preference being for BLACK.
GREEN	Normal	Actuate to initiate normal conditions		
WHITE	No specific meaning assigned	For general initiation of functions except emergency stop	Start/On (preferred) Stop/Off	WHITE, GREY or BLACK are the preferred colours for push-button actuators that alternately act as Start/On and Stop/Off push-buttons. Where WHITE for Start/On and for Stop/Off is used a additional description shall be used for the identification of this push-button actuator.
GREY			Start/On Stop/Off	
BLACK			Stop/On Stop/Off (preferred)	

- Indicator(표시등)

Colour	Meaning	Explanation	Action by operator	Additional description
RED	Emergency	Hazardous condition.	Immediate action to deal with hazardous condition, for example switching off the machine supply, being alert to the hazardous condition and staying clear of the machine.	Indication: to attract the operator's attention or to indicate that a certain task should be performed. The colours RED , YELLOW , BLUE , and GREEN are normally used in this mode; for flashing indicator lights and displays. Confirmation: to confirm a command, or a condition, or to confirm the termination of a change or transition period. The colours BLUE and WHITE are normally used in this mode and GREEN may be used in some cases.
YELLOW	Abnormal	Abnormal condition Impending critical condition.	Monitoring and/or intervention, for example by re-establishing the intended function.	
BLUE	Mandatory	Indication of a condition that requires action by the operator.	Mandatory action.	
GREEN	Normal	Normal condition.	Optional.	
WHITE	Neutral	Other conditions; may be used whenever doubt exists about the application of RED , YELLOW , GREEN , BLUE	Monitoring.	

Ⅲ. 종합 의견

1. 특이사항

- 유럽의 기계류 안전지침의 대부분은 구체적이고 명확하게 시행된 위험성 평가를 기본으로 하여 작성되어 있으며 위험성 평가의 목표는 기계의 위험성을 허용가능한 레벨로 감소시키는 것임. 또한 이러한 기계류 안전지침의 제어 시스템 안전부품 파트에는 대부분 기능안전이라는 개념이 들어가 있으며, 앞으로 이러한 내용은 더욱더 확대될 것으로 보임.
- 특히, EU에서는 인공지능(AI, Artificial Intelligence)의 영향력이 전세계적으로 더욱 커질 것이라는 판단하에 관련된 규격을 제정하여 향후 인공지능(AI)에 대해 대비를 하고 있는 것이 인상적이었음. 현재 개정된 New EU Regulation에도 AI에 대한 내용들이 포함되어 있음

2. 시사점 및 소감

- 수입되는 안전인증 대상 기계기구 중 기능안전이 적용된 기계기구가 증가하고 있으므로, 안전인증 분야 또한 기능안전에 대한 전문적인 교육이 필요할 것으로 사료됨. 현재 사출성형기 방호장치 및 산업용 로봇 등 일부 기준에서 적용이 되고 있지만, 그 외 안전인증 및 자율안전확인신고 대상 기계에는 적용이 미비함. 또한, 안전인증 고시의 제작 및 안전기준에서 참고하고 있는 EN 규격의 최신화 내용 등 주요 내용에 대해서도 관심있게 지켜볼 필요가 있다고 사료됨
- 또한, TUV SUD 그룹은 KCS 안전인증 및 산업용 기계류(S마크)에 대해 공단과 MOU를 체결하고 있으며 100년이 넘는 기간 동안 업무 분야에서 획득한 노하우가 체계적으로 관리되고 있음. 인증업무와 시험업무 별로 각자의 전문분야에 대해서 지속적으로 업무를 수행하고 있으며, 이러한 꾸준한 체계적인 인력관리가 TUV SUD가 세계적인 인증기관으로 발돋움하게 된 이유라고 사료됨
- TUV SUD는 민간기관이라는 점에서 공단과는 차이가 있지만, 인증분야의 전문 기술력 향상을 위해서는 직원 개개인의 전문 영역을 키워주는 것이 이루어진다면 인증분야가 더 발전될 수 있을 것으로 사료됨. 공단과 체결하고 있는 MOU를 통해 인증원의 기술력 향상, 제도 보완 등이 이루어질 수 있을 것으로 생각됨