



1. 개요

정전기와 관련한 표준 문서들의 접지 대상은 인원을 포함해 금속과 같은 전도체가 있고, 제전 품목들 중에서 대개 $R_g < 1e9 \Omega$ 를 요구하는 항목들이다. 이를 실현하기 위한 기본적인 접지 요구사항이 ESD 접지/접속 시스템이다.

ESD 접지/접속 시스템(ESD GROUNDING/BONDING SYSTEM)은 보호 접지(PE : protective earth), 기능 접지(FG : functional ground) 및 등전위 접속(equipotential bonding)으로 분류될 수 있다.

주) IEC 국제 표준 및 IEC 표준을 따르는 우리나라 국가 표준은 보호 접지와 기능 접지로 부르고, 미국 표준 NEC (NFPA 70)는 AC 장비 접지와 보조 접지로 부른다. (이하 용어 정의 생략)

2. 전기전자분야 표준 문서의 요구사항

IEC 61340-5-1 (ANSI/ESD S20.20) & ANSI/ESD S6.1은 접지/접속 시스템에 대해 다음과 같이 요구한다 :

- 보호 접지 (장비 접지) : $R_g < 1 \Omega$ 임피던스 (배전반과 라인 기준 접지 간)
 - 라인 기준 접지와 장비 설비 금속 고정부 간 : $R_g < 1 \Omega$ DC
 - 주) EMI/Noise를 포함하는 EOS 관점에서 관리할 때에는 접지면을 포함하는 접지선의 종류 굵기 구성에 특히 주의해야 한다.
- 기능 접지 (보조 접지) : (보호 접지로 접속하고 $R_g < 25 \Omega$)
- 등전위 접속 : $R < 1e9 \Omega$ (접지가 여의치 않을 때 접지 대상 요소 간)
- 인원 접지 시스템
 - (유선) 손목접지대에 의한 인원 접지 시스템 : $R_g < 3.5e7 \Omega$
 - 제전화/바닥재에 의한 인원 접지 시스템 : $R_g < 1e9 \Omega$ (인체 전위 $< 100 V_p$ 를 충족하는 범위 내 최대 저항값)

ESD 접지 시스템은 보호 접지 시스템을 선호한다. 부득이하게 보조 접지 시스템을 사용한 경우, 배전반의 주 보호 접지 단자로 결속하여 두 접지 시스템 간 등전위를 유지하도록 해야 한다. 따라서 EPA의 접지 시스템은 결국 보호 접지 시스템으로 단일화되어야 한다. ESD 접지 시스템으로 보조 접지 시스템을 사용하고 보호 접지 시스템으로 결속하지 않은 때에는 100 V 이상의 상당한 전위차가 발생할 수도 있다. (ANSI/ESD S6.1)

(다음 장에 계속)



(앞 장에서 계속)

국내 많은 업체들이 고객사들의 요구에 의해 ESD 접지를 보조 접지를 사용해 장비 접지와 이원화하여 사용하고 있는 경우가 있는데 이는 명백한 오류이고, EOS & ESD 제어 시스템에 있어 상당한 위험을 자초하고 있는 것이다. 이는 아마도 개별 접지, 또는 독립 접지 시스템과 혼동하여 잘못 적용한 것으로 여겨진다.

기능 접지 시스템을 사용한 경우, 반드시 보호 접지 시스템의 주 접지 단자로 접속하고 국가 표준이 별도로 정하지 않은 한 두 시스템 간 접지 저항은 $< 25 \Omega$ 이다. 그러나 주 접지 단자와 라인의 기준 접지로 사용되는 리셉터클 접지 단자 간에는 $< 1 \Omega$ 임피던스를 요구한다.

전기설비기술기준의 판단기준 제 18 조, IEC 60364 (내선규정) 등 국가 법규에 따른 적합한 굵기의 연동선(copper strand wire)과 (ANSI/ESD S6.1과 같은 표준 문서에 따른) 공통점 접지 단자를 사용하고, 라인 및 설비/장비별 개별 및 병렬로 접지 회로 시스템을 구성해 견실히 연결하면, 접지 단자와 라인의 기준 접지 간 $< 1 \Omega$ 임피던스의 준수는 쟁점이 될 수 없다.

그러나 현재 국내 실정은 이원화 접지 시스템이거나, 공통점 접지 단자도 없거나, 구리 단선(solid wire)을 접지선으로 사용했거나, (심지어 접지 대상인 새시를 접지 회로로 삼아) 직렬로 접지 회로로 구성했거나, 접지되지 않은 설비/장비가 있거나 등 접지 시스템이 미흡한 작업장들이 대부분이어서 EOS/ESD 접지 시스템이 위태로운 상태에 있고, 이는 전기 설비/장비 및/또는 ESDS 불량 발생의 원인으로 작용할 수 있다.

접지 연결은 견실해야 한다. 적어도 접촉 불량이 발생하면 이 또한 저항값이 커지고 서지의 발생의 원인이 되기도 한다.

또한 설비/장비의 전원 공급 수단으로 소위 멀티 탭이라고 부르고 있는 테이블 탭, 또는 파워 스트립의 여러 차례 직렬 연결로 확장 사용하고 있는 방법이 ICC(International Code Council)의 INT'L FIRE CODE 2015의 605절 요구사항을 위반함에 따라 전기 사용 위험도를 높이고 접지 품질 또한 악화시키고 있다.

(다음 장에 계속)



(앞 쪽으로부터 계속)

미국 ESD 접지 표준 문서, ANSI/ESD S6.1은 400 Hz 미만의 주파수에서 작동하는 전원에 적용하고, 또한 미국의 접지 시스템인 통합 접지, 또는 공통 접지 시스템과 TN-C 또는 TN-C-S를 기반으로 한다. (TN-C는 중성축이 접지축에 결속되어 중성선이 라인의 접지선으로 사용되는 PEN 방식) 우리나라에서 대부분 사용하고 있는 TN-S 시스템과는 다르다. 따라서 표준 문서의 요구사항을 이해할 때에는 이런 접지 시스템 간 차이점과 옥내 배선에 관한 국가 전기 법규 준수 여부를 염두에 두어야 한다. 차제에 전기 시스템 신개축 시 전자 제품 제조장에는 이런 요구사항들을 감안하여 공사가 이뤄져야 할 것이다

ESD 접지로 사용되지 않아야 하는 외딴 접지 리셉터클(isolated ground receptacle)이 있다. ESD 접지 용도로 외딴 접지를 사용하면 외딴 접지 시스템의 기능을 위태롭게 할 수도 있기 때문이다. 외딴 접지 리셉터클은 특정 장비의 전기 잡음을 줄이기 위해 사용된다. ESD 기술적 요소들이 외딴 접지 시스템으로 접속되면, 원치 않은 전기적 신호를 주입하거나 발생시킬 수도 있다.

주) 외딴 접지 리셉터클은 주황색(orange) 바탕에 초록(green) 삼각형으로 표시하여 식별한다

한편, ESD SP10.1, "자동화 장비(AHE : automated handling equipment)", <부속서 A>에 명시된 내용으로 AHE의 금속 구성부 중 고정부는 $R_{tg} < 1 \Omega$, 작동부는 $R_{tg} < 1e6 \Omega$ 을 요구하고 있다. 라인 가동 중에 작동 상태에서 작동부의 R_g 측정은 어렵기 때문에 대안으로서 상관관계가 논증된 새시 누설 전압 측정으로 대체 점검하고 있다. 범용 장비는 $< 0.5 \text{ VpAC}$, 시험 장비 등 민감한 장비는 $< 0.3 \text{ VpAC}$ 를 요구하고 있으나 (IPC-A-610F & ITRS 2013의 Factory Facility 편) ESD Forum Guideline 1013은 $< 50 \text{ mVpAC}$ 를 권고하고 있다.

주 : ITRS는 2018년부터 0.5 & 0.3 VpAC 대신 0.4 & 0.2 VpAC로 낮춰진 일정표를 가지고 있다.

ESD만을 고려한 ESD 접지 표준 문서는 EMI 등을 포함하는 EOS 제어의 관점에서 부족하다. 전원으로부터 서지 및/또는 노이즈에 취약한 고속 통신 장비 및 시험 검사 장비 등은 보다 정밀한 제어 관리가 필요하다. 적어도 저전압 전력 시스템의 접지 요구사항과 EOS/ESD 접지 요구사항에 대한 심도 있는 지식이 필요하다 하겠다.

참고로 우리 회사의 EOS/ESD 심화 교육훈련 과정에서는 EOS/ESD 시스템에서 요구되는 접지 시스템에 관한 자세한 내용을 다루고 있다.

(다음 장에 계속)



(앞 쪽으로부터 계속)

3. 화재 폭발 위험물 취급분야 표준 문서의 요구사항

여기서는 편의상 NFPA 77의 내용을 소개하기로 한다.

이 문서는 화재 및 폭발을 방지하기 위한 목적으로 정전기의 식별, 평가 및 제어에 적용한다. 정전기로부터 전격 위험, 병원 수술실에서 또는 가연성 마취제들이 관리되거나 취급되는 영역들에서 정전기 방지 및 제어, 피뢰, 표유 전류나 RF 에너지로부터 유도 전류, 자동차, 선박(marine craft), 또는 항공기의 연료 주입, 청정실, 그리고 자체 요구사항들을 가진 전자 구성품들 또는 회로들에 영향을 끼칠 수도 있는 정전기 및 그 위험의 제어에 적용되지 않는다.

이 문서의 접지 관련 내용을 대강 요약해 보면 다음과 같다. :

- 접지/접속시스템이 모두 금속인 경우, 연속적인 접지 경로의 저항 : $< 10 \Omega$
- 정전기를 분산하기 위한 **임시 접지 시스템**의 대지접지까지 접지 경로 전체 저항 : $\leq 1 \text{ k}\Omega$
- **전도성 장비** $R_g : \leq 1 \text{ M}\Omega$
- **바닥재 시스템** $R_g : < 1\text{e}8 \Omega$
- 발접지용품과/바닥재를 통한 **인체 접지 시스템** $R_g : 1\text{e}6 \sim 1\text{e}8 \Omega$
- 모두 금속인 전도성 호스 $R_g : < 10 \Omega$
 - 철사/ 편조선과 같은 연속적인 접속 요소를 포함하는 전도성 호스 : 금속 커넥터 $R_g : \leq 1\text{e}3 \Omega/\text{m}$
 - 낮은 저항 접속 요소를 제거하는 전류 제한 설계를 가진 반도체성 호스 & 절연성 플랜지들을 통한 $R_g : 1\text{e}3 \Omega/\text{m} \sim 1\text{e}5 \Omega/\text{m}$
 - 위 두 경우에서 금속 호스 연결자로부터 전체 $R_g : \leq 1\text{e}6 \Omega$
- 높여진 기초나 지지대 위에 있는 저장 탱크 $R_g : \leq 1\text{e}6 \Omega$
- 가연성 액체로 분말의 수작업 첨가 시 **바닥재** $R_s : < 1\text{e}6 \Omega$
 - 선 작업자에 대해, 당연히 제전화 착용으로 접지되어야 함
- 직물 필터 장착 울(cage) $R_g : < 10 \Omega$
- 롤러 $R_g : \leq 1 \text{ M}\Omega$

(다음 장에 계속)



(앞 쪽으로부터 계속)

4. 결론

앞에서 살펴본 바와 같이 접지/접속 시스템은 전지전자분야가 가연성 폭발성 분야보다 다소 엄격하다고 할 수 있겠다. 그러나 인원 접지 시스템에 관한 한 가연성 폭발성 분야가 조금 더 엄격한 경향을 보인다. 100 V 이하의 인체 대전이 관리 기준일 수도 있는 전자 부품과 500 V 이하의 인체 대전이 관리 기준일 수도 있는 가연성 폭발성 물질 취급 분야에 대한 차이일 수도 있겠으나 이 두 분야를 충족할 수 있는 일관된 요구사항의 수립은 가능할 것이다. 요컨대 고정된 옥내 작업장은 인원을 포함하는 ESD 접지를 AC 전원 접지로 단일화하여 사용해야 한다. 접지 시스템이 이원화되면 어렵게 구축한 ESD 제어 시스템은 그 근간부터 흔들려 오히려 접지선 간에 전위차가 발생해 두 시스템의 접촉 시 서지가 발생하는 위태로운 상황을 만들게 된다. 금속체 간에 불꽃 방전은 점화원이 될 수도 있다. 자칫 그릇된 개념을 도입하다 보면 되돌리기에는 인적, 물적, 시간적 및 신뢰도 피해 측면에서 너무 힘들다는 점을 재삼 인식해야 할 것이다.

- ESDTECH -