



IEC 61936-1의 접지시스템 안전기준

이주철 <대한전기협회 실장>

1 서론

교류 1kV 초과 전력설비의 공통규정을 다루고 있는 IEC 61936-1 표준에서 접지시스템은 기기나 시스템을 개별적으로 또는 공통으로 접지하기 위하여 필요한 접속 및 장치로 구성된 설비를 말하며, 어떤 조건에서도 기능을 유지하여, 사람이 정당하게 접근할 수 있는 모든 조건과 장소에서 생명의 안전이 보장될 수 있고, 접지시스템에 접속되거나 접지시스템 부근에 있는 기기의 건전성이 보장되고, 그 건전성의 유지를 보장하기 위한 기준을 제공하고 있다. 본고에서는 IEC 표준에 따라 교류 1kV 초과 전력설비의 접지시스템을 설계할 때 인축의 감전보호를 위한 안전기준과 안전기준을 충족하는 글로벌접지시스템에 관하여 해설한다.

2. 안전 기준(Safety criteria)

2.1 접촉전압 허용 값의 근거

인체의 전기적 위험은 심실세동을 일으키기에 충분한 전류가 심장부위를 통하여 흐르는 정도에 달려 있다. 이 인체전류 한계는 다음 사항을 고려하여 계산된 보폭전압 및 접촉전압과의 비교를 위하여 허용전압으

로 환산된다.

- 심장부위를 흐르는 전류의 비율
- 전류의 경로에 따른 인체 임피던스
- 금속구조물에 접촉한 장갑을 포함한 손, 신발 또는 자갈을 포함한 땅에 접촉한 발 등의 인체 접촉점의 저항
- 고장지속시간

또한, 고장의 발생, 고장전류의 크기, 고장 지속시간 및 인체의 존재는 성질상 확률적인 것임을 고려하여야 한다. 허용접촉전압 곡선은 IEC/TS 60479-1에서 추출된 데이터에 기초한다. 인체 임피던스 값은 건조 상태, 넓은 접촉면적(손바닥 면적을 가정하여 10,000mm²)에서 전류경로가 손-손(통전경로 손-발에 대한 인체 총 임피던스는 경로 손-손에 대한 임피던스 보다 다소 작다)일 때 0.1초 동안 통전시 인구의 50%를 초과하지 않는 값을 나타낸 표 1과, 인체전류 값은 전류 경로가 손에서 양발일 때 심실세동 발생확률 5% 미만인 그림 1의 c₂곡선을 채택하고, 이에 대응하는 고장 지속시간에 대한 허용 인체전류 값인 표 2를 기초로 한다.

이런 가정에 의해 전류경로가 손-양발인 경우 인체 내부 임피던스 계수 0.75를 적용하여 식 (1)에 따라 계산한 허용 접촉전압은 그림 2의 곡선과

기술해설

같다. 그림 2에 나타난 바와 같이 전류가 흐르는 시간이 10초 이상 지속되는 경우의 허용접촉전압은 80V, 고장전류 지속시간이 0.5초일 때 허용접촉전압은 230V, 1초일 때는 100V가 사용될 수 있다.

$$U_{Tp} = I_B(t_f) \times \frac{1}{HF} \times Z_T \times BF \quad (1)$$

여기서

U_T : 접촉전압

U_{Tp} : 허용접촉전압

t_f : 고장지속시간

$I_B(t_f)$: 인체전류제한

HF : 심장전류계수

$Z_T(U_T)$: 인체 임피던스

BF : 인체계수

표 1. 전류경로가 손-손인 접촉전압 U_T 에 관한 총 인체 임피던스 Z_T

접촉전압 $U_T(V)$	인체 총임피던스 $Z_T(\Omega)$		
	5%의 인구	50%의 인구	95%의 인구
25	1,750	3,250	6,100
50	1,375	2,500	4,600
75	1,125	2,000	3,600
100	990	1,725	3,125
125	900	1,550	2,675
150	850	1,400	2,350
175	825	1,325	2,175
200	800	1,275	2,050
225	775	1,225	1,900
400	700	950	1,275
500	625	850	1,150
700	575	775	1,050
1,000	575	775	1,050

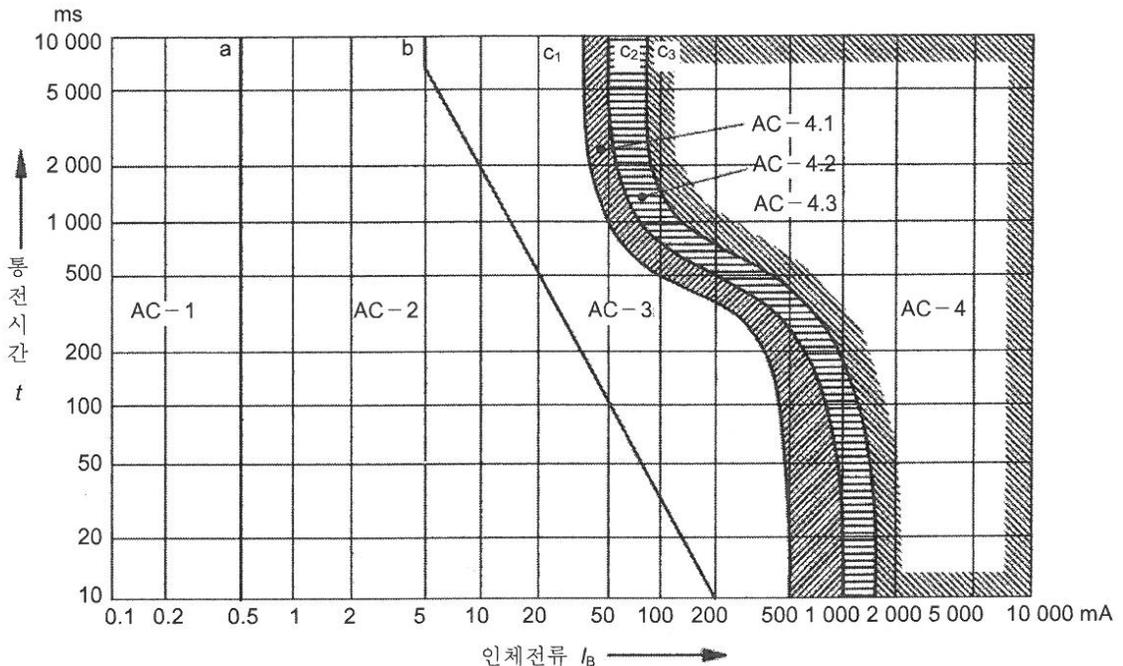


그림 1. 전류경로가 왼손-양발일 때 사람에 대한 교류전류(15Hz~100Hz) 영향의 시간/전류 영역

표 2. 고장지속시간에 따른 허용 인체전류

고장 지속시간 (s)	인체 전류 mA
0.05	900
0.10	750
0.20	600
0.50	200
1.00	80
2.00	60
5.00	51
10.00	50

2.2 허용접촉전압의 적용

IEC에 따른 고압계통 전기설비의 접지시스템을 설계할 때 그림 2의 접촉전압 한계와 IEEE 80의 곡선이 사용될 수 있으나, 본고에서는 그림 2를 고려하는 것에 대해 설명한다. 이는 인체를 통과하는 전류경로가 달라서 견딜 수 있는 보폭전압한계가 접촉전압한계보다 훨씬 크기 때문에 일반적으로 접촉전압 요건을

충족하면 보폭전압요건도 충족하기 때문이다.

허용접촉전압(U_{Tp}) 기준은 고장지속시간에 따라 그림 2를 적용한다. 접지대상 건축물의 전기설비가 글로벌접지시스템(GES ; Global Earthing System)의 일부분이거나 측정 또는 계산으로 결정된 접지전위상승이 그림 2에 따른 허용접촉전압을 초과하지 않는 경우에는 기준을 충족하는 것으로 고려할 수 있다. 또한, 고압계통의 지락으로 인한 저압 설비의 노출도전부와 대지 사이에 나타나는 고장전압의 크기와 지속시간 동안에는 그림 1에 의해 주어지는 값을 초과하지 않아야 한다.

2.1절에서 가정한 조건이 달라지는 경우 특정 조건에서의 허용 접촉전압은 실제 전류경로에 기초하여 결정하는 것이 안전조건을 충족시킬 수 있다. 1kV를 초과하는 고압설비의 허용 접촉전압은 그림 1의 c_2 곡선에 근거한 그림 2를 채택하고 있으나, 일반인이 접촉할 수 있는 공공장소에서는 안전성이 강화된 c_1 곡선에 근거하여 허용접촉전압을 검토하는 것이 필요하다.

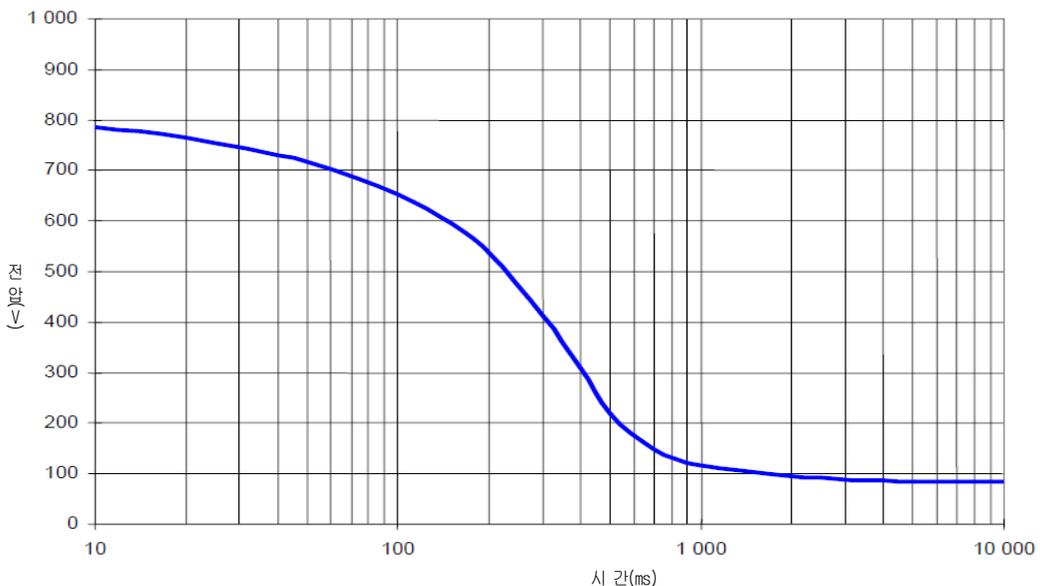


그림 2. 허용접촉전압

2.3 글로벌접지시스템(GES)

IEC 61936-1의 접지설계에서 GES인 경우에는 안전을 고려한 기본설계가 완료되는 것으로 되어 있다. GES는 하나의 영역에서 전위차가 없거나 거의 발생 하지 않는다는 사실에 근거한다. 이러한 영역을 식별하기 위해 간단하거나 독립적인 규칙은 사용할 수 없다. 일반적으로 낮은 총 저항은 도움이 되나 보 증되지는 않는다. 그러므로 표준에서는 저항에 근거한 최소 요건을 기술하지 않는다. 또한, 높은 토양 저항과 총 저항이 높은 설비에서는 추가적인 저항의 증대와 충분한 전위균등화로 안전요건을 충족시킬 수 있다. 낮은 고장전류 레벨은 전체 EPR감소에 도움이 될 것이며, 적절한 케이블시스 감소계수 또는 접지와 이어 감소계수는 고장전류를 분산시켜 총 EPR을 제한한다. 또한, 단시간 고장지속시간은 허용접촉전압을 증가시켜 허용되는 제한에 대한 차이를 작게 한다.

2.3.1 GES의 실현방법

안전 요건을 충족하기 위해 사용할 수 있는 다양한 대책이 있으며, 이를 검증하기 위한 방법은 측정 또는 계산을 기반으로 수행 할 수 있다. 다음과 같은 경우가 GES가 존재하는 전형적인 경우이다.

- 기초 접지극을 갖는 건축물로 둘러싸인 변전소 및 저압 보호접지도체로 상호 접속된 접지 시스템
- 도심지나 건축물 밀집지역에 전기를 공급하는 변전소
- 저압 계통의 보호접지도체에 의해 상호 접속된 접지극이 많이 분포된 교외 지역에 전기를 공급하는 변전소
- 인근에 일정한 수의 변전소를 가진 변전소
- 일정한 수와 길이의 인출 접지극을 갖는 변전소
- 접지극의 효과가 있는 케이블을 통해 접속된 변전소

- 넓은 산업지역에 전기를 공급하는 변전소
- 고압 중성선이 다중접지된 계통의 일부인 변전소

GES는 ① 접지효과가 있는 충분한 길이의 케이블, ② 보호도체에 의해 상호 접속된 충분한 수의 고압 접지시스템, ③ ①과 ②의 조합으로 실현할 수 있으며, GES를 충족할 수 있는 보다 구체적인 방법은 ㉠ 복수의 로컬 접지시스템이 1km 이상의 접지효과를 갖는 케이블에 접속, ㉡ 최소한 20곳 이상의 고압 로컬 접지시스템이 상호 접속되거나, ㉢ 1개의 로컬 접지시스템이 50m의 접지효과를 갖는 케이블에 상당하는 조건으로 ㉠과 ㉡를 조합하는 것 중의 하나를 충족하여야 한다. 로컬 접지를 상호 접속하는 보호도체의 평균길이(L) 및 접지효과가 있는 케이블의 길이는 식 (2)에 의해 산출할 수 있다.

$$L \leq 500 \frac{S_m}{16mm^2} [m] \quad (2)$$

여기서, S_m : 접속의 보호도체형성부분 단면적의 가중평균(mm²)

유럽의 측정결과와 문헌에서 글로벌 접지 시스템은 인구밀도가 높은 지역뿐만 아니라 흩어져 살고 있는 지역에서도 통용되는 것으로 생각할 수 있다. EN 50522에 따라 허용/권장 접촉 전압의 한계로 80V를 취하면, 상-대지 고장전류 한계가 약 8kA인 고압 계통에서의 GES의 특성 접지임피던스는 0.01Ω이 된다.

북미의 경우 GES는 설비 전체에서 등전위 안정 상태를 만드는 것이지만 그림 4와 같이 유효한 GES를 실현할 수 있는 예가 있다. 이때 GES의 접지저항의 설계목표는 대규모 변전소는 1Ω 이하, 공장플랜트용 변전소, 빌딩 등은 1Ω~5Ω 범위로 하고 있으나, GES에서는 1Ω 이하를 권장한다.

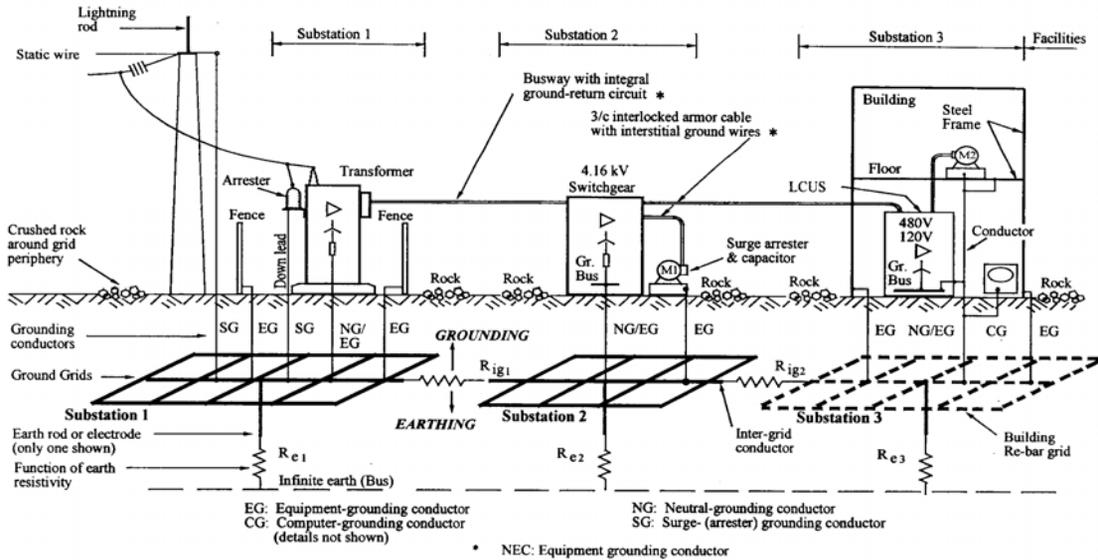


그림 4. 글로벌접지시스템을 구성하는 변전소 및 건축물의 접지도체 및 접지극

국내의 도심지 건축물에서 22.9 kV 중성선 다중접지 배전계통의 중성선에 수용가 수전설비의 접지선을 접속한 경우는 일반적으로 GES로 판단할 수 있으나 [7], 실제로 GES를 적용하기 위해서는 지역 또는 단지의 접지시스템의 상호 접속여부, 건축물의 메시접지, 기초접지극 등의 접지시스템, 중성선 다중접지 배전선로, 지중선로 등 배전선로의 구성 등에 따라 추가적인 연구와 기술적 근거를 바탕으로 국내 실정에 적절한 보다 신뢰성 있는 GES의 판단기준을 정립할 필요가 있다.

고압 및 저압 접지시스템이 서로 근접하고 글로벌 접지시스템(GES)이 아닌 경우 고압과 저압 접지시스템의 상호접속 등 국제표준에 따른 접지시스템의 기본요건에 관한 사항은 KS C IEC 61936-1과 KS C IEC 60364-4-44 표준 등을 참조하기 바란다.

참 고 문 헌

[1] IEC 61936-1, Power installations exceeding 1kV a.c. -Part 1: Common rules, 2014.
 [2] EN HD 637S1, Power installations exceeding 1kV a.c., 1999.

[3] EN 50522, Earthing of power installations exceeding 1kV a.c., 2010.
 [4] IEC/TS 60479-1, Effects of current on human beings and livestock - Part 1: General aspects, 2005.
 [5] IEEE Std 142-2007, IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.
 [6] J. R. Dunki-Jacobs, Conrad St. Pierre, The Function and Composition of the Global Industrial Grounding System, IEEE, 2006.
 [7] Ju-Cheol Lee, Jin-Geun Yeom, Seung-Hyun Jeong, Cheol-Gyun Byeon, Jae-Chu Kim, The design flowchart of earthing system for building electrical installations in accordance with international standards, 2014

◇ 저 자 소 개 ◇



이주철 (李柱喆)

1960년 6월 4일생. 1994년 서울과학기술대 졸업. 2010년 서울시립대 전자전기공학과 졸업(석사). 2014년 숭실대학교 전기공학과 박사과정 수료. 1988~2001년 한국전기안전공사 근무.

2001년~현재 대한전기협회 KEPIC처 실장.