

# 전기안전과 접지

글 / 최연수 (주)세명기술단 대표 · 기술사

## 1. 접지의 필요성

일반 전기시설의 안전을 유지하기 위해서 접지는 매우 중요한 것으로 오래전부터 그 필요성이 강조되어 왔다. 현재 전기설비기술기준 제21조에 제1종, 제2종, 제3종 및 특별 제3종 접지공사로 구분하여 규정하고 있다.

접지라는 용어는 기술기준 이외에도 각 방면에서 여러 가지 목적과 용도에 사용되고 있다. 예를 들면 의료용 전기기기에서 보호접지라든가 등전위(等電位)접지, 컴퓨터 등의 전자기기에서 라인 필터(Line Filter)용의 접지, 나아가 전기나 전자기기와는 직접 관계없이 정전기에 의한 장애 또는 재해를 방지하기 위한 접지, 건축물의 피뢰침용 접지, 서지 방지용 접지 등 여러 가지 것이 있다.

여기서는 먼저 설비면에서 본 접지의 종류와 목적에 대하여 언급하고 다음에 감전재해 방지면에서는 접지의 효과적인 방법, 유효한 접지를 실시하기 위한 접지극 관리 및 국내 접지설비의 나아갈 방향에 대하여 기술한다.

## 2. 접지의 종류와 목적

### 가. 전기설비의 안전을 위한 접지

#### (1) 계통의 목적

전로의 배전방식에는 접지방식과 비접지방식이 있다.

현재 우리나라 배전(전동선의 경우)은 그림 1에서 보는 바와 같이 고압 또는 특별고압에서 저압으로 체강(Step Down)시켜 저압측의

중성선(삼상 4선식) 또는 양 외선중 하나(단상 2선식)에 접지공사를 하는 방식을 채택하고 있다. 이러한 접지를 계통의 접지라고 한다.

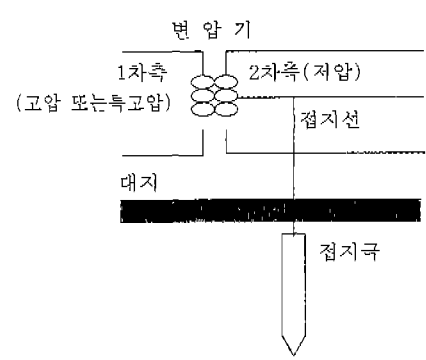


그림 1 계통의 접지

전로가 대지에서 절연되지 않으면 전류가 누설되어 감전이나 화재 또는 전력손실의 원인이 되므로 일반적으로 전로는 대지로부터 절연시키는 것을 원칙으로 하고 기술기준에서도 명시하고 있다(기술기준 제15조:전로의 절연).

그러나 여러 가지 이유로 대지로부터 절연하지 않는 부분이 있고 기술기준 제15조 단서 규정으로 전로의 절연원칙이 제외되는 경우를 지정하고 있다.

변압기 저압측(2차측) 중성선 또는 외선 하나에 실시하는 접지가 해당된다. 변압기 내부에서 어떤 원인으로 고압측권선과 저압측권선

표 1 접지공사의 종류와 접지저항치

접지공사의 종류	접 지 저 항 치
제 1 종 접지공사	10 Ω
제 2 종 접지공사	변압기의 고압측 또는 특별고압측 전로의 1선지락전류의 암페어수로 150(변압기의 고압측 전로 또는 사용 전압이 35,000V 이하의 특별고압측 전로와 혼축하여 저압 전로의 대지전압이 150V를 넘는 경우에, 1초를 넘고 2초 이내에 자동적으로 고압 전로 또는 사용 전압이 35,000V 이하의 특별고압전로를 차단하는 장치를 설치한 때는 300, 1초 이내에 자동적으로 고압전로 또는 사용 전압이 35,000V 이하의 특별고압전로를 차단하는 장치를 설치한 때는 600)을 나눈 값과 같은 오수
제 3 종 접지공사	100 Ω
특별 제 3 종 접지공사	10 Ω

표 2 기기접지의 구분

기계 기구의 전압	접 지 공 사
400V 이하의 저압용	제 3 종 접지공사
400V를 넘는 저압용	특별 제 3 종 접지공사
고압 또는 특별 고압용	제 1 종 접지공사

이 혼축하게 되면 저압전로에 고전압이 인가 되어 저압전로 혹은 이에 접속된 전기기기가 소손 파괴되는 원인이 된다. 계통의 접지는 이와 같은 재해를 방지하는 목적으로 실시하게 되고 기술기준 제26조에서 이러한 경우의 접지는 제2종 접지공사를 실시할 것과 기술기준 제21조에서는 접지공사에 따른 저항치를 규정하고 있다.

표 1에서 보는 바와 같이 제2종접지공사의 저항치는 일률적으로 정하여지지 않는다. 이는 접지의 목적이 저압전로의 전위상승을 규제하기 위한 것으로 접지극에 유입하는 전로 전류가 정하여지지 않는 한 정할 수 없기 때문이다. 전위상승차는 통상의 경우 150V이며 지락차단장치를 병용할 경우 300V 또는 600V 까지 완화시킬 수 있다.

(2) 기기의 접지

전기기기의 절연이 어떤 원인으로 저하되면 내부충전부분에서 외부노출 비충전 금속부분에 누전이 되고 이 부분에 접촉되면 전격을 받는다.

기기접지로는 이러한 부분을 그림 2와 같이

미리 접지시켜 누전시에 과대한 대지전압의 상승을 억제하도록 한다.

기술기준 제36조에서 전로에 시설하는 기계 기구의 구분에 따라 표 2에 표기한 접지공사를 실시하도록 규정하고 있다.

저압 전기기기에서 누전에 의한 감전사고를 방지하는 경우 다음에 기술하는 바와 같이 기기접지의 접지저항치(표 1 참조)로 접지하여도 충분한 보호를 보장할 수 없게 된다.

현재로는 누전차단기를 병용함으로써 보호를 하는 것이 일반적이다. 또한 누전차단기를 병용함에 의해 접지저항치를 표 1에 표시한 것과 같이 완화할 수 있다.

나. 의료기기의 접지

(1) 보호접지

의료방면에서 사용하고 있는 의료용 전기기기의 노출 비충전 금속부분에서 실시하는 보호접지가 있다. 이 목적은 일반 전기기기에서의 접지와 같다.

그러나 의료기기에서의 누전전류는 환자나

간호하는 사람에게 나쁜 영향을 주어 2차 장애를 일으킬 우려가 있으므로 누전전류의 허용치를  $100\mu\text{A}$  이하로 한다. 때문에 접지선은 접지개소의 저항을 포함하여  $0.1\Omega$  이하로 하고 접지극의 접지저항치는 지락시에 의료기기 외함에 발생하는 대지전압을 가능한 낮게하기 위하여 원칙적으로  $10\Omega$  이하로 한다.

(2) 등전위 접지

의료기기에는 기기의 일부를 사람 몸 속에 넣어 사용하는 경우가 있어 이러한 기기에는 누전이 발생하는 경우 누설전류가 피부를 통하여 직접 심장에 흐르게 되어 전격 위험성이 높게 된다. 이러한 경우의 누설전류 허용치는  $10\mu\text{A}$  이하로 하며 위의 보호접지만으로는 불충분하며 환자가 직·간접으로 접촉될 우려가 있는 금속제 각부분의 전위차도  $10\text{mV}$  이하로 억제하는 등의 대책이 필요하다.

등전위 접지한 전기설비부분을 구성하지 않는 노출비충전 금속부분 다시 말해 실내 급수 배관, 건물의 금속샷시, 밴드의 금속후레임 등 환자가 직·간접으로 접촉할 가능성이 있는  $25\text{m}$  이내의 노출 금속부분을 등전위로 하기 위한 접지이다. 등전위 접지도 접속개소의 저항을 포함하여  $0.1$  이하가 되도록 하고 의료용 접지센터의 접지단자에 접속한다.

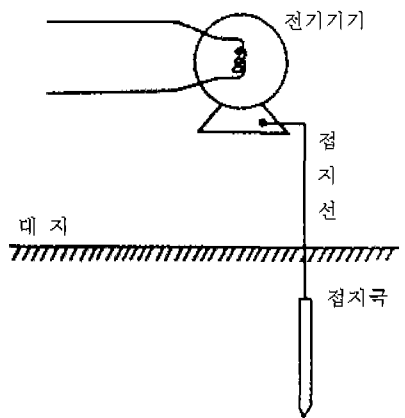


그림 2 기기의 접지

다. 전자계산기의 접지

(1) 외함 접지

전산기의 전원 line에서 누전되어 전산기의 외함에 이상전압이 발생하지 않도록 하는 접지로서 일반 전기설비의 접지와 같은 목적이다. 때문에 접지저항치도 기술기준에서 규정된 저항치 이하면 된다.

(2) 신호용 접지

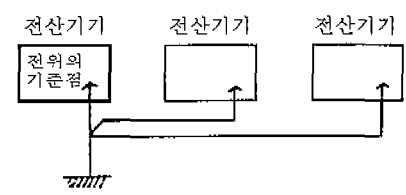
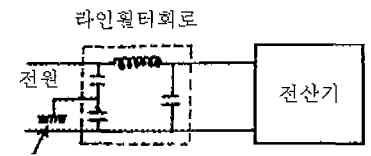


그림 3 신호용 접지



라인필터용접지

그림 4 라인 필터용 접지

전산기가 정상적으로 동작하기 위해서 전위의 안정기준점이 필요하다. 신호용 접지는 이를 제공하기 위한 접지로 일반적으로 전산기 외함에 필요하다. 이 외함을 통하여 대지와 접속에 의해 안정된 전위의 기준점이 얻어진다. 또한 외함을 대지와 접속하는 이점은 그림 3과 같이 접속하는 것에 의해 복수의 회함이 공통전위 기준점을 제공할 수 있다.

(3) Line Filter용 접지

전산기 등은 일반적으로 외부의 전기적 잡음에 의해 기기가 오동작하는 것을 방지하기 위하여 라인필터를 설치한다.

Line Filter는 Inductance(유도성 부하)와 콘

덴서 등으로 된 저주파 여과기(Low frequency Filter)로 콘덴서는 그림 4와 같이 접지한다.

이 필터를 Line Filter용 접지라 한다. 그러나 이 접지를 하면 상시 교류전류가 접지선을 통해 대지로 흐르게 되어(이 전류를 누전시 지락전류와 구분하여 교류투과전류라고 한다) 전로절연목적에서 보면 바람직한 현상이 아니다. 때문에 하나의 전원변압기에 접속된 Line Filter의 투과전류는 15mA 이하로 억제한다.

## 라. 기타 접지

### (1) 정전기 장애방지를 위한 접지

생산기계나 운반기계에서 마찰에 의해 기계나 물체에 정전기가 대전하여 축적되는 경우가 있다.

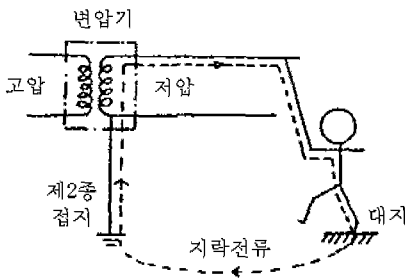


그림 5 지락전류의 회로

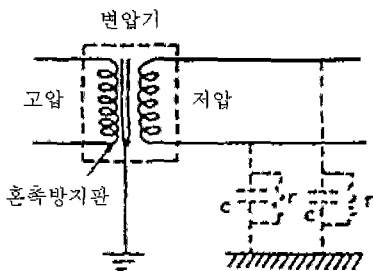


그림 6 혼촉방지판을 갖는 변압기를 사용한 비접지전로

이 대전된 기계나 물체에 접지된 물체 또는 사람이 접근하면 그 순간 방전을 일으켜 생산장애, 폭발화재 또는 전격을 받게 된다. 이러한 장애를 방지하기 위하여는 발생된 정전기를 바로 대지를 통하여 방류시켜야 한다.

### (2) 낙뢰방지용 접지

낙뢰전류를 안전하게 대지로 방류시키기 위하여 접지가 필요하다. 뇌전류는 접지전류로서는 최대급이지만 단속시간은 짧다. 낙뢰방지용 접지로서 대표적인 예는 건축물의 피뢰침용 접지가 있고 기타 가공지선의 접지, 피뢰기의 접지가 있다. 건축물의 접지저항치는 10Ω 이하로 규정하고 있다.

## 3. 감전재해방지를 위한 효과적인 접지방법

### 가. 전로의 계통접지

감전은 인체에 전류가 흘러 발생하는 것으로 이는 인체를 포함한 전기회로가 구성된다.

이 회로의 구성요소의 하나로 그림 5에 표시한 것과 같이 변압기 저압측권선의 일단에 시행하는 제2종 접지(제2종 접지)가 있다. 이는 앞에서 말한 바와 같이 저압전로나 기기의 보호를 위한 것이지만 감전사고 방지면에서 보면 이 때문에 큰 지락전류가 흘러 감전사고를 일으키는 요인이 될 수 있다.

여기서 그림 6과 같이 고압에서 저압으로 채강시키는 변압기에 혼촉방지판을 부착하여 제2종 접지공사를 실시하여 고압측 혼촉방지를 꾀하는 한편 저압측을 비접지로 하는 배전방식(비접지 배전방식)으로 하면 지락전류로 흐르는 전기회로가 구성되지 않기 때문에 감전사고가 일어나기 어렵다.

그러나 대지사이에는 정전용량이 존재하고 저항도 무한대가 될 수 없으므로 이를 통하여 다소간의 지락전류가 흐르게 된다. 일반적으로 이 값은 인체에 위험하지는 않지만 전로가 장거리가 되면 전로의 대지정전용량의 증대와 절연저항값의 저하로 지락전류가 증가하여 비접지식 효과가 줄어들게 된다.

비접지식 전로는 지락전류를 감소시킬 수 있어 의료용 기기의 전원 또는 전산기의 투과 전류 감소대책으로 많이 사용한다.

또한 접지식 전로에서 그림 7과 같이 제2종 접지공사를 저압측권선 중앙에 함으로써 저압 측 전로의 대지전압을 반으로 할 수 있어 전로의 전압이 100V인 저압전로의 감전대책이 될 수 있다.

나. 접지기기

누전시 전기기기의 노출비충전 금속부분에 나타나는 대지전압을 억제하기 위한 기기접지는 기술기준에서 정해진 접지저항치의 상한치로 접지하여도 감전재해방지가 충분치 않은 경우가 있다.

그림 8은 접지배전방식의 저압전로에서 기기의 노출비충전 금속부분에 누전된 경우를 나타낸 것으로 지락전류는 그림의 점선과 같은 회로를 구성하여 흐른다.

여기서 변압기의 내부 임피던스(권선의 저항분) 및 회로의 저항은 통상 접지저항에 비해 적으므로 이를 무시하면 누전개소의 저항  $R_1=0$ 의 완전지락의 경우를 생각할 때 기기의 노출비충전 금속부분에 발생하는 대지전압(고장시 전압)  $V_f$ 는 다음과 같다.

$$V_f = IR_3 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \times E$$

$$= \frac{1}{1 + \frac{R_2}{R_3}} \times E$$

이는 기기의 노출비충전 금속부분에 발생한 고장전압은 기기접지의 저항치만으로 결정될 수는 없고 계통접지로서 실시하는 제2종 접지 저항치의 비로서 정해진다. 따라서 만일 계통 접지  $R_2=10\Omega$ , 기기접지  $R_3=100\Omega$ 이라면  $V_f \approx 0.9E$ 로 되어 선간전압의 약 90%의 전압이 걸리게 된다. 감전적인 전압요소로도 감전위험성을 평가할 수 있다.

통상 사람이 접촉하는 경우 상태에 따라 허용접촉전압은 25V 이하, 25V 이하, 50V 이하 등으로 정하고 있다. 여기서 고장전압을 25V 또는 50V이하로 하기 위한 기기접지의 저항치를 계통접지의 저항치와 관련시켜 구하면 표 3과 같다.

이 표에서 보는 바와 같이 기기접지만으로 감전재해 방지효과를 높이기 위하여는 아주 낮은 저항치로 접지하여야 한다.

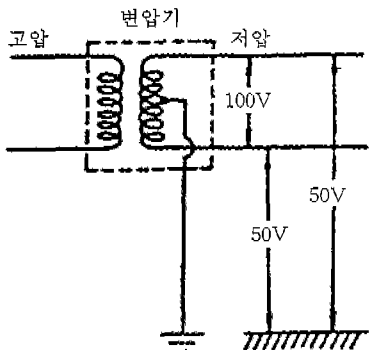


그림 7 접지에 의한 대지전압

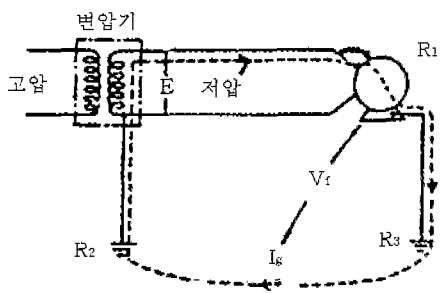


그림 8 기기에 지락사고가 발생한 예

표 3 계통접지의 저항치와 기기접지의 저항치 관계

계통접지 R <sub>2</sub>	고장전압 V <sub>r</sub>	25V		50V	
	전로의 전압 E	100V	200V	100V	200V
1		0.3 Ω	0.1 Ω	1.0 Ω	0.3 Ω
5		1.6	0.7	5.0	1.6
10		3.3	1.4	10.0	3.3
20		6.6	2.8	20.0	6.6
30		10.0	4.2	30.0	10.0
40		13.3	5.7	40.0	13.3
50		16.6	7.1	50.0	16.6
60		20.0	8.5	60.0	20.0
75		25.0	10.7	75.0	25.0

다. 누전차단기를 병설한 경우의 접지

누전차단기는 전로의 일부에서 일정치 이상의 지락전류가 대지로 흐를 때 전로를 자동으로 개방하는 안전장치이다. 따라서 누전차단기를 설치하더라도 기기의 외함 등에는 접지를 하는 것이 원칙이다. 만일 접지를 하지 않으면 기기와 대지가 완전 절연되어 있는 경우 누전시 지락전류가 흐를 수 있는 전기회로가 구성되지 않아 기기의외함에 전하가 남게되고 이같은 경우 사람이 접촉하면 인체를 통하여 지락전류가 흐르게 되어 위험하다.

한편 누전차단기는 차단동작을 하는 지락전류의 크기(감도전류), 지락전류를 검출한 뒤 차단동작이 완료되기까지 시간(동작시간)에 의해 성능이 구분된다.

일반적으로 감전재해 방지를 목적으로한 정격감도 전류가 30mA이하, 동작시간이 0.1초이내의 고감도 고속형의 누전차단기를 설치할 필요가 있다. 또한 접지기에 실시하는 접지 저항치는 누전된 경우에 누전차단기를 확실하게 동작시킬 수 있는 값이면 된다.

여기서 지락시에 발생하는 고장전압을 25V 이하로 하기 위한 저항치는 다음 식에 의해 약 833Ω, 50V이하로 하기 위한 저항치는 약 1,660Ω 이 된다.

$$\text{접지저항치} \leq \frac{\text{고장전압}}{\text{누전차단기의 동작감도전류}}$$

따라서 누전차단기 설치시는 접지저항치를 완화하여도 감전재해방지 효과를 볼 수 있다.

4. 접지극의 관리

접지극 관리에서 중요한 것은 시공시 접지저항이 경년에 따라 변하지 않고 시공 당시 저항치 이하로 유지할 것과 정기적으로 접지저항을 측정하는 것을 들 수 있다.

접지저항은 일반적으로 토양의 저항률, 접지극 형태와 치수에 의해 결정된다. 때문에 접지저항은 토양의 상태, 접지극의 경년변화에 따라 달라진다.

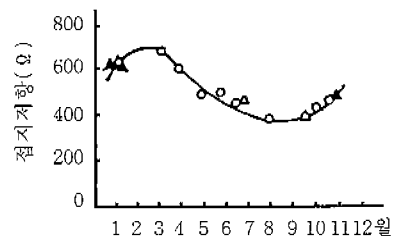


그림 9 계절에 따른 접지저항치 변화

가. 접지시항은 계절에 따라 변화한다.

접지저항은 토양의 저항률에 크게 영향을 받고 토양의 저항률은 토양의 종류, 수분 함량 및 온도에 따라 다르다.

그림 9는 같은 접지극에서 월별 접지저항치를 측정한 결과이다. 일반적으로 7, 8, 9월 하계에는 저항치가 낮고, 1, 2, 3월 동계진조기에는 저항치가 높은 경향이 있다. 때문에 연간 일정치 이하의 저항치를 구하기 위하여는 이를 고려하여 시공하여야 한다.

나. 접지극은 부식작용에 의해 변화한다.

접지저항을 결정하는 요인중 하나는 접지극의 형상, 치수가 있다. 시공시의 접지극이 항상 그대로 유지되지 않고 많은 적든 부식작용을 일으켜 형태와 치수가 변화한다.

극단적인 예를 들면 장기간 매설된 전극이 전부 부식되어 없어진 경우도 있다.

부식형태로는 토양종의 접지극에 나타나는 전지현상에 의해 발생하는 전식 등이 있다.

다. 접지극이 접근되어 있는 경우

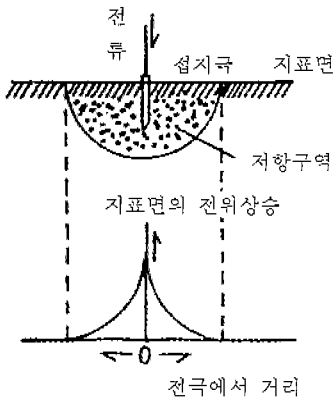


그림 10 저항구역과 전위분포

접지극에 전류가 흐르면 접지극 근처에는 전류경로의 단면이 작기 때문에 저항이 크게 되고 접지극이 멀리 떨어져 있는 경우는 전류경로의 단면적이 커져 저항은 적어진다.

때문에 접지극에 전류가 흐르면 접지극 주변의 대지는 그림 10과 같은 전위 분포가 발생한다. 접지극을 중심으로 대부분의 접지저항이 포함된 대지를 저항구역이라 한다.

이 구역내에 또다른 접지극이 있으면 그 접지극은 지락전류가 흐르지 않아도 다른 쪽의 접지극에 나타나는 전위분포에 의해 전위상승을 일으킨다. 따라서 동일부지내에 별개의 접지를 필요로 하는 경우에는 저항구역에 주의한다.

라. 접지저항의 측정법

접지저항의 측정법으로 가장 널리 사용되는 이 방법은 그림 11과 같이 측정대상 접지극 E에 대해 C, P 2개의 측정용 보조극을 묻고 E, C 간에 전원을 걸어 교류전류를 흘려서 E, P 간의 전위차를 측정한다. 대지에 흐르는 전류를 I(A), E, P간의 전압을 V(V)라 하면

$$\text{접지저항 } R = V/I(\Omega) \text{ 이 된다}$$

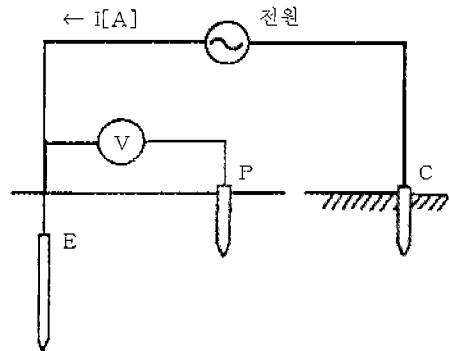


그림 11 전위강하법

접지저항계는 이 원리를 이용한 것으로 저항치를 직접 읽을 수 있다.

측정상 주의하여야 할 점은 보조극 C는 접지극 E의 저항구역 내에 들지 않도록 하고 보조극 P는 0 전위되는 위치에 각각 매설하여야 한다.

## 5. 국내 접지설비의 나아갈 방향

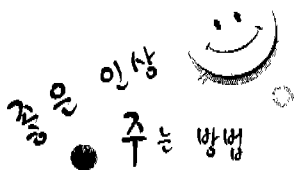
가. 접지저항치에 의한 접지공사를 분류하므로 건물의 용도, 지락전류 및 사고전류크기 유·무 등에 따른 분류를 하고 준비된 자료치를 적용해야 한다.

나. 연접접지(공용)접지와 단독접지 형태에 따른 세부규정이 필요하다. 일반적으로 연접접지는 주위의 Noise에 의한 간섭의 우려가 있고 단독접지는 다른접지계의 전위간섭

현상이 생길 수 있다. 특히 연접접지 형태에서 피뢰침과 전산실접지등과 연접시에는 낙뢰시 전산실에 심각한 피해가 우려된다.

다. 접지저항은 여러 가지(토양형태, 접지극 치수, 깊이, 건물의 용도) 경우에 따라 달라질 수 있으며, 이러한 여러 가지 고려할 점을 일정한 자료를 가지고 program 화하여 일반인이 쉽게 접지저항을 결정할 수 있어야 한다.

라. 접지저항에 대한 자료를 찾으려, 안전이 생활화 된 미국 뿐만 아니라 이웃 일본도 접지에 대한 연구책자가 많은 것을 알 수 있었다. 우리도 우리 토양과 우리기준 또 지역에 따른 낙뢰수, 인텔리гент 빌딩 및 병원등 접지가 중요한 건물에 대한 체계적 연구와 책자가 많이 발간되어야 하겠다.



★ 웃은 만남의 TPO(시간 장소 목적)에 맞게 입어라=때에 따라서는 너무 '차려입는' 옷차림이 어울리지 않는다는 점도 잊지말아야 한다.

★ 만나서 헤어질 때까지 상대방의 눈을 보며 대화하라=외국인들에 비해 우리는 눈을 보며 이야기하는데 서툴다. 상대가 뒷사람이나 이성일때는 더하다. 눈과 눈을 마주보는 것이 글로벌 에티켓.

★ 만났을때와 헤어질때 악수를 하라=악수에 힘(?)을 실어야 한다. 손끝을 대충 잡고 흔드는 일은 금물. 상대의 손을 3초정도 단단히 잡고 악수한다.

★ 악수할때, 그리고 대화할때 자주 미소지어라=한국인은 알고보면 정이 넘치는데 첫인상은 무섭다고 외국인들은 말한다. 눈이 마주질때마다 살며시 웃어주면 상대방도 오의를 갖게 된다. 절대 비웃는듯한 느낌은 주지 말 것

★ 나만의 향으로 인상을 남겨라=질은 화장과 마찬가지로 너무 진한 향은 거부감의 대상. 하지만 체취와 잘 녹아든 은은한 향기는 남녀를 불문하고 한번 더 돌아보게 만드는 힘이 있다. 유행하는 향수보다 내게 어울리는 향수를 선택하는 것이 요령

★ 말하기보다 더 많이 들어라=자기 얘기를 잘 하는 사람이 점점 늘어나는 반면 남의 말을 들어주는 이는 갈수록 줄고 있다. 상대방의 말에 귀 기울이기만 해도 기본점수는 따게 된다.

★ 자신의 참모습을 보여주며 언행을 편하게 하라=잔뜩 긴장해서 상대까지 불편해지는 사람, '가식적'임이 한눈에 드러나는 사람은 절대 좋은 인상을 남길 수 없다. 자연스럽게 말하고 행동하라.

★ 상대의 일과 취미 등에 대해 물어라=이야기 들어주기에 이어 상대방에 대한 관심을 보여주는 2단계 방법. 물론 엉뚱한 질문을 하면 점수만 깎인다.

★ 아는 체 하기보다 모르는 척 물어보라=자기 PR시대라지만 여전히 '겸손'은 미덕이다. 온자 다 아는 척 하지 말고 상대방에게 염조를 구하듯 질문을 던져라.

★ 대화할때는 전적으로 상대방에게 전념하라=이야기하면서 연방 시계를 보거나 다리를 덜덜 떨거나 장밖에만 시선을 둔다면 상대를 무시하는 인상을 준다. 딱짱하지 말로 대화에 최선을 다하라.