

전기안전과 접지

1. 서 론

일반 전기시설의 안전을 유지하기 위해서 접지는 매우 중요한 것으로 오래전부터 그 필요성이 강조되어 왔다. 현재 전기설비기술기준령(동자부령 제 74 호 : 이하 기술기준이라 한다)에 제 1 종, 제 2 종, 제 3 종 및 특별제 3 종접지공사로 구분하여 규정하고 있다.

접지라는 용어는 기술기준 이외에도 각 방면에서 여러가지 목적과 용도에 사용 되고 있다. 예를 들면 의료용 전기기기에서 보호접지라든가 등전위(等電位)접지, 컴퓨터등의 전자기기에서 라인필터(line filter)용의 접지, 나아가 전기나 전자기기와는 직접관계없이 정전기에 의한 장해 또는 재해를 방지하기 위한 접지, 건축물의 피뢰침용 접지등 여러가지 것이 있다.

여기서는 먼저 설비면에서 본 접지의 종류와 목적에 대하여 언급하고 다음에 감전재해 방지면에서 본 접지의 효과적인 방법, 유효한 접지를 실시하기 위한 접지극 관리에 대하여 기술한다.

2. 접지의 종류와 목적

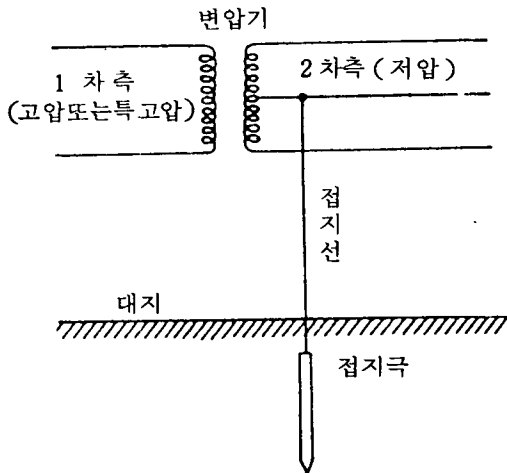
2-1 주로 전기설비의 보안을 목적으로 한 접지

(1) 계통(系統)의 접지

전로(電路)의 배전방식에는 접지방식과 비접지(非接地)방식이 있다.

현재 우리나라 배전(전동선의 경우)은 그림1에서 보는 바와 같이 고압 또는 특별고압에서 저압으로 계강(Step Down)시켜 저압측의 중성선(단상 3 선식) 또는 양 외선(兩外線)중 하나(단상 2 선식)에 접지공사를 하는 방식을 채택하고 있다. 이러한 접지를 계통의 접지라고 한다.

전로가 대지(大地)에서 절연(絶緣)되지 않으면 전류가 누설되어 감전이나 화재 또는 전력손실의 원인이 되므로 일반적으로 전로는 대지로부터 절연시키는것을 원칙으로 하고 기술기준에서도 명시하



<그림 1 계통의 접지>

고 있다.(기술기준 제 14 조 : 전로의 절연) 그러나 여러가지 이유로 대지로 부터 절연하지 않는 부분이 있고 기술기준 제 14 조 단서 규정으로 전로의 절연원칙이 제외되는 경우를 지정하고 있다. 변압기 저압측(2차측)중성선 또는 외선 하나에 실시하는 접지가 해당된다. 변압기 내부에서 어떤 원인으로 고압측권선과 저압측권선이 혼촉(混觸)하게되면 저압전로에 고전압(高電壓)이 인가(印加)되어 저압전로 혹은 이에 접속된 전기기기가 소손 파괴되는 원인이 된다. 계통의 접지는 이와 같은 재해를 방지하는 목적으로 실시하게 되고 기술기준 제 24 조에서 이러한 경우의 접지는 제 2 종 접지공사를 실시할것과 기술기준 제 19 조에서는 접지공사에 따른 저항치를 규정하고 있다.

〈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 암페어 수로 150 (변압기의 고압측 전로와 저압측 전로와의 혼촉에 의하여 저압전로의 대지전압이 150 V를 넘는 경우에 2초 이내에 자동적으로 고압전로를 차단하는 장치를 설치한 때는 300)을 나눈 값과 같은 Ω수
제 3 종 접지공사	100 Ω (다만, 저압전로에서 당해 전로에 접지가 생긴 경우에 0.5초 이내에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하는 때에는 500 Ω)
특별제3종 접지공사	10 Ω (저압전로에서 당해 전로에 접지가 생긴 경우에 0.5초 이내에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하는 때에는 500 Ω)

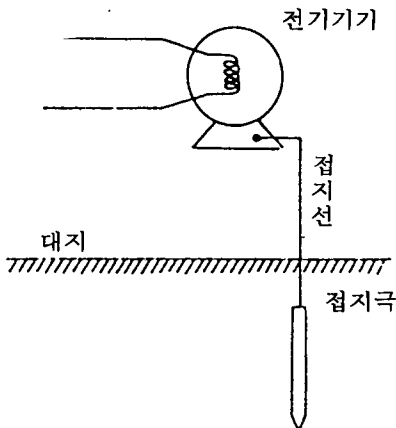
표 1에서 보는 바와 같이 제 2종접지공사의 저항치는 일률적으로 정하여지지 않는다. 이는 접지의 목적이 저압전로의 전위상승을 규제하기 위한 것으로 접지극에 유입하는 지락(地絡)전류가 정하여지지 않는한 정할 수 없기 때문이다. 전위상승치는 통상의 경우 150 V이며 지락차단장치를 병용할 경우 300 V 또는 600 V까지 완화시킬 수 있다.

(2) 기기의 접지

전기기기의 절연이 어떤 원인으로 저하되면 내부 충전부분에서 외부노출 비충전 금속부분에 누전이 되고 이부분에 접촉되면 전격을 받는다.

기기접지로는 이러한 부분을 그림 2와 같이 미리 접지시켜 누전시에 과대한 대지전압의 상승을 억제하도록 한다.

기술기준 제 34조에서 전로에 시설하는 기계기구의 구분에 따라 표 2에 표기한 접지공사를 실시하도록 규정하고 있다.



〈그림 2 기기의 접지〉

저압전기기기에서 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.

2-2 의료기기의 접지

(1) 보호접지

의료방면에서 사용하고 있는 의료용 전기기기의 노출 비충전 금속부분에 실시하는 보호접지가 있다. 이 목적은 일반 전기기기에서의 접지와 같다. 그러나 의료기기에서의 누전전류는 환자나 간호하는 사람에게 나쁜 영

항을 주어 2차 장애를 일으킬 우려가 있으므로 누전전류의 허용치를 $100\mu A$ 이하로 한다. 때문에 접지선은 접지개소의 저항을 포함하여 0.1Ω 이하로 하고 접지극의 접지저항치는 지락시에 의료기기 외함에 발생하는 대지전압을 가능한 한 낮게 하기 위하여 원칙적으로 10Ω 이하로 한다.

〈표 2 기기접지의 구분〉

기 계 기 구 의 전 압	접 지 공 사
300 V 이하의 저압용	제 3 종 접지공사
300 V를 넘는 저압용	특별제 3 종 접지공사
고압 또는 특별 고압용	제 1 종 접지공사

(2) 등전위 접지

의료기기에는 기기의 일부를 사람몸속에 넣어 사용하는 경우가 있어 이러한 기기에 누전이 발생하는 경우 누설전류가 피부를 통하여 직접 심장에 흐르게 되어 전격위험성이 높게 된다. 이러한 경우의 누설전류 허용치는 $10\mu A$ 이하로 하며 위의 보호접지만으로는 불충분하며 환자가 직접 간접으로 접촉될 우려가 있는 금속체 각부분의 전위차도 $10mV$ 이하로 억제하는 등의 대책이 필요하다.

등전위(等電位)접지한 전기설비부분을 구성하지 않는 노출비충전 금속부분 다시 말해 실내 급수 배관, 건물의 금속샤시, 밴드의 금속후레임등 환자가 직접 간접으로 접촉할 가능성이 있는 25m 이내의 노출금속부분을 등전위로하기 위한 접지이다. 등전위 접지도 접속개소의 저항을 포함하여 0.1Ω 이하가 되도록 하고 의료용 접지센터의 접지단자에 접속한다.

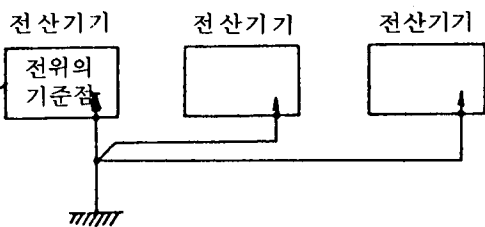
2-3 전자계산기의 접지

(1) 외함 접지

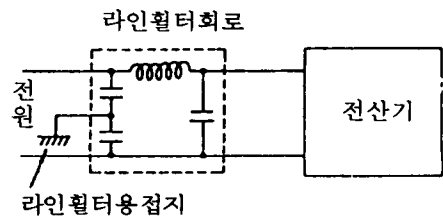
전산기의 전원 line에서 누전되어 전산기의 외함등에 이상전압이 발생하지 않도록 하는 접지로서 일반 전기설비의 접지와 같은 목적이다. 때문에 접지저항치도 기술기준에서 규정된 저항치 이하면 된다.

(2) 신호용 접지

전산기가 정상적으로 동작하기 위해서 전위(電位)의 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 이점(利點)은 그림 3과 같이 접속하는것에 의해 복수의 외함이 공통전위 기준점을 제공할 수 있다.



〈그림 3. 신호용 접지〉



〈그림 4. 라인 필터용 접지〉

(3) line Filter 용 접지

전산기등은 일반적으로 외부의 전기적 잡음에 의해 기기가 오동작하는 것을 방지하기 위하여 라인 필터를 설치한다.

line filter는 Inductance (誘導性 負荷) 와 콘덴서등으로된 저주파여과기(Low frequency filter)로 콘덴서는 그림 4와 같이 접지한다. 이 필터를 line filter용 접지라 한다. 그러나 이 접지를 하면 상시 교류전류가 접지선을 통해 대지로 흐르게되어 (이 전류를 누전시 지락전류와 구분하여 교류투과전류라고 한다) 전로절연목적에서 보면 바람직한 현상이 아니다. 때문에 하나의 전원변압기에 접속된 line filter의 투과전류는 15mA이하로 억제한다.

2-4 기타 접지

(1) 정전기 장애방지를 위한 접지

생산기계나 운반기계에서 마찰에 의해 기계나 물체에 정전기가 대전하여 축적되는 경우가 있다. 이 대전된 기계나 물체에 접지된 물체 또는 사람이 접근하면 그 순간 방전을 일으켜 생산장애, 폭발화재 또는 전격을 받게된다. 이러한 장애를 방지하기 위하여는 발생된 정전기를 바로 대지를 통하여 방류시켜야 한다.

(2) 낙뢰방지용 접지

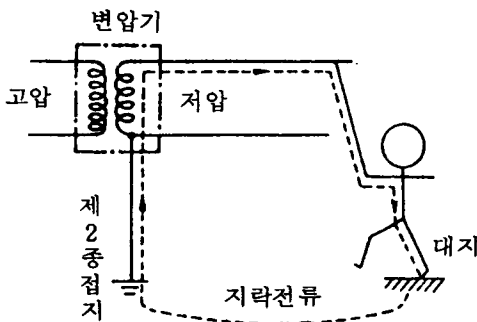
낙뢰전류를 안전하게 대지로 방류시키기 위하여 접지가 필요하다. 뇌(雷)전류는 접지전류로서는 최대급이지만 단속시간은 짧다. 낙뢰방지용 접지로서 대표적인 예는 건축물의 피뢰침용 접지가 있고 기타 가공지선의 접지, 피뢰기의 접지가 있다. 건축물의 접지저항치는 10Ω 이하로 규정하고 있다.

3. 감전재해방지를 위한 효과적인 접지방법

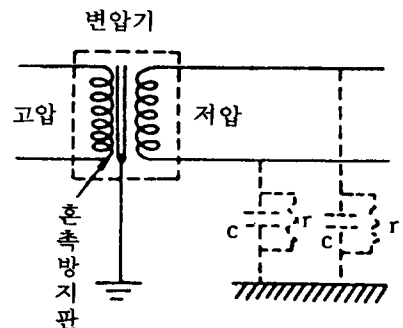
3-1 전로의 계통접지

감전은 인체에 전류가 흘러 발생하는 것으로 이는 인체를 포함한 전기회로가 구성된다. 이 회로의 구성요소의 하나로 그림 5에 표시한것과 같이 변압기 저압측권선의 일단에 시행하는 계통접지(제 2종 접지)가 있다. 이는 앞에서 말한 바와 같이 저압전로나 기기의 보호를 위한것이지만 감전사고 방지면에서 보면 이 때문에 큰 지락전류가 흘러 감전사고를 일으키는 요인이 될 수 있다.

여기서 그림 6과 같이 고압에서 저압으로 채장시키는 변압기에 혼촉방지판을 부착하여 제 2종 접지

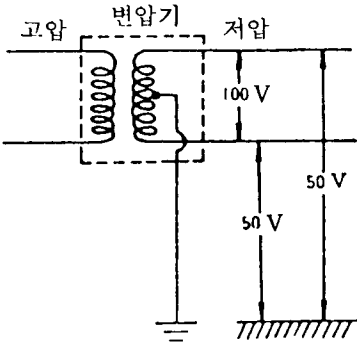


<그림 5. 지락전류의 회로>



<그림 6. 혼촉방지판을 갖는 변압기를 사용한 비접지전로>

공사를 실시하여 고압측 혼촉방지를 꾀하는 한편 저압측을 비접지로 하는 배전방식(비접지 배전방식)으로하면 지락전류로 흐르는 전기회로가 구성되지 않기 때문에 감전사고가 일어나기 어렵다. 그러나 대지사이에는 정전용량이 존재하고 저항도 무한대가 될수 없으므로 이를 통하여 다소간의 지락전류가 흐르게 된다. 일반적으로 이값은 인체에 위험하지는 않지만 전로가 장거리가 되면 전로의 대지정전용량의 증대와 절연저항값의 저하로 지락전류가 증가하여 비접지식 효과가 줄어들게 된다. 비접지식 전로는 지락전류를 감소시킬 수 있어 의료용기기의 전원 또는 전산기의 투과전류 감소대책으로 많이 사용

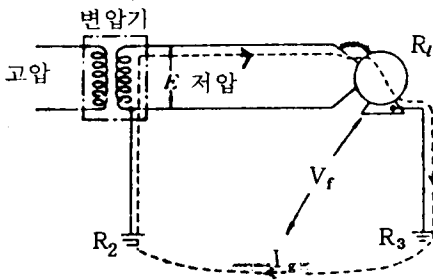


〈그림 7. 접지에 의한 대지전압〉

내부임피던스(권선의 저항분) 및 회로의 저항은 통상 접지저항에 비해 적으므로 이를 무시하면 누전개소의 저항 $R_l = 0$ 의 완전지락의 경우를 생각할때 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 제 2종 접지저항치와의 비(比)로서 정해진다. 따라서 만일 계통접지 $R_2 = 10 \Omega$, 기기접지 $R_3 = 100 \Omega$ 이라면 $V_f \approx 0.9 E$ 로 되어 선간전압의 약 90%의 전압이 걸리게 된다. 감전재해의 위험성은 주로 인체에 흐르는 전류치에 의해 결정되지만 인체저항, 접지저항등이 정해지면 2차적인 전압요소로도 감전위험성을 평가할 수 있다. 통상 사람이 접촉하는 경우 상태에 따라 허용접촉전압은 2.5 V이하, 25 V이하, 50 V이하 등으로 정하고 있다. 여기서 고장전압을 25 V 또는 50 V이하



- E : 전로의 전압
- V_f : 지락시 나타나는 고장전압
- R_2 : 제 2종 접지저항
- R_3 : 제 3종 접지저항
- R_l : 누설저항
- I_f : 지락전류

〈그림 8. 기기에 지락사고가 발생한 예〉

로 하기 위한 기기접지의 저항치를 계통접지의 저항치와 관련시켜 구하면 표 3 과 같다.

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

〈표 3. 계통접지의 저항치와 기기접지의 저항치 관계〉

계통접지 R ₂	고장전압 V _f	25 V		50 V	
	전로의 전압 E	100 V	200 V	100 V	200 V
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

3-3 누전차단기를 병설한 경우의 접지에 대하여

누전차단기는 전로의 일부에서 일정치 이상의 지락전류가 대지로 흐를때 전로를 자동으로 개방(OP-EN) 하는 안전장치이다. 따라서 누전차단기를 설치하더라도 기기의 외함등에는 접지를 하는 것이 원칙이다. 만일 접지를 하지않으면 기기와 대지가 완전절연되어 있는경우 누전시 지락전류가 흐를 수 있는 전기회로가 구성되지 않아 기기의 함등에 전하가 남게되고 이같은 경우 사람이 접촉하면 인체를 통하여 지락전류가 흐르게 되어 위험하다. 한편 누전차단기는 차단동작을하는 지락전류의 크기(감도전류), 지락전류를 검출한 뒤 차단동작이 완료되기까지 시간(동작시간)에 의해 성능이 구분된다. 일반적으로 감전재해 방지를 목적으로 한 정격감도 전류가 30 mA 이하, 동작시간이 0.1 초이내의 고감도 고속형의 누전차단기를 설치할 필요가 있다. 또한 접지기기에 실시하는 접지저항치는 누전된 경우에 누전차단기를 확실하게 동작시킬 수 있는 값이면 된다.

여기서 지락시에 발생하는 고장전압을 25 V이하로 하기위한 저항치는 다음식에 의해 약 833 Ω, 50 V이하로 하기위한 저항치는 약 1,660 Ω이 된다.

$$\text{접지저항치} \leq \frac{\text{고 장 전 압}}{\text{누전차단기의 동작감도전류}}$$

기술기준에서 (기준 제 19 조 접지공사의 종류) 누전차단기를 설치할 경우 기기접지의 저항치는 500 Ω까지 완화시킬 수 있지만 접지저항치를 위와같이 완화하여도 감전재해방지효과는 충분하다.

4. 접지극의 관리

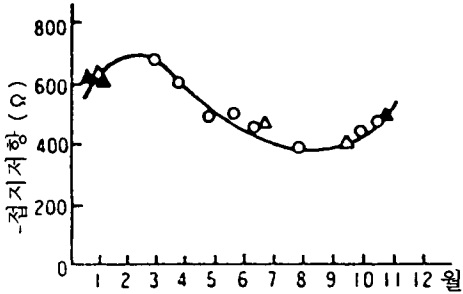
접지극관리에서 중요한 것은 시공시 접지저항이 경년에 따라 변하지 않고 시공 당시 저항치이하로

유지할것과 정기적으로 접지저항을 측정하는것을 들 수 있다.

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

4-1 접지저항은 계절에 따라 변화한다.

접지저항은 토양의 저항률에 크게 영향을 받고 토양의 저항률은 토양의 종류, 수분함유량 및 온도에 따라 다르다. 그림 9는 같은 접지극에서 월별 접지저항치를 측정 한 결과이다. 일반적으로 7,8,9월 하계에는 저항치가 낮고 1,2,3월 동계 건조기에 는 저항치가 높은 경향이 있다. 때문에 연간 일정치 이하의 저항치를 구하기 위하여는 이를 고려하여 시공하여야 한다.



<그림 9. 계절에 따른 접지저항치 변화>

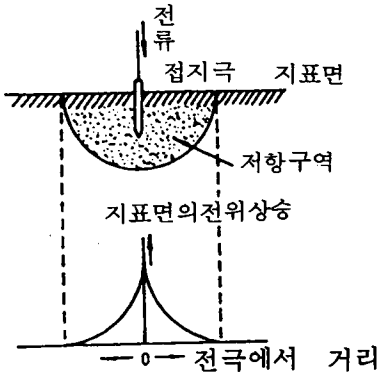
4-2 접지극은 부식작용에 의해 변화한다.

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 토양중의 접지극에

나타나는 전지(電池)현상에 의해 발생하는 전식(電蝕)등이 있다.

4-3 접지극이 접근되어있는 경우

접지극에 전류가 흐르면 접지극 근처에는 전류경로의 단면이 작기때문에 저항이 크게되고 접지극이 멀리 떨어져 있는 경우는 전류경로의 단면적이 커져 저항은 적어진다. 때문에 접지극에 전류가 흐르면 접지극 주변의 대지는 그림 10과 같은 전위분포가 발생한다. 접지극을 중심으로 대부분의 접지 저항이 포함된 대지를 저항구역이라 한다. 이 구역내에 또 다른 접지극이 있으면 그 접지극은 지락전류가 흐르지 않아도 다른쪽의 접지극에 나타나는 전위분포에 의해 전위상승을 일으킨다. 따라서 동일부지내에 별개의 접지를 필요로 하는 경우에는 저항구역에 주의한다.



<그림 10. 저항구역과 전위분포>

4-4 접지저항의 측정법

접지저항의 측정법으로 가장 널리 사용되는 것은 전위강하법이 있다.

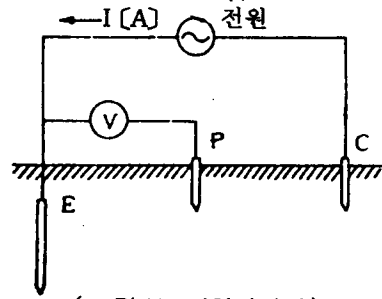
이 방법은 그림 11과 같이 측정대상 접지극E에 대해 C,P 2개의 측정용 보조극을 묻고 E,C 간에 전원을 걸어 교류전류를 흘려서 E,P간의 전위차를 측정한다. 대지에 흐르는 전류를 I(A), E,P간의 전압을 V(V)라 하면

접지저항 $R = V / I (\Omega)$ 이 된다.

접지저항계는 이 원리를 이용한 것으로 저항치를 직접 읽을 수 있다. 측정상 주의하여야 할 점은 보조극 C는 접지극 E의 저항구역내에 들지 않도록하고 보조극 P는 0 전위되는 위치에 각각 매설하여야 한다.

<참고자료>

전기안전과 접지 (일본 산업안전연구소)
 전기설비 기술기준 (동자부령)



<그림 11 전위강하법>