

保護接地의 케이스스타디

1. 接地工事의 目的과 種類

전기설비용 접지공사의 목적은 사람이나 동물에 대한 감전방지와 전기설비 또는 기타의 전조물의 손상을 방지하기 위한 것과 접지설비의 접지효과를 전기회로의 일부로서 大地歸路에 이용하는 것을 주목적으로 하는 것으로 대별된다.

여기서는 공장, 사무실, 주택등의 극히 가까운 전기설비장소에 있어서의 전기기기의 외함, 배선용의 금속파이프, 선피, 액트등에 시공되고 있는 접지공사와 그 안정성에 목표를 좁히고 그러한 것들의 저

항치가 어떠한지 생각해 보며 그 구하는 방법에 대해 해설하기로 한다.

전기설비기술기준(이하 기술기준이라고 말한다)에 의한 전기설비용 접지공사의 종류와 그 효과는 표 1과 같다.

2. 人体通過 電流의 許容値와 接觸 電壓

인간의 신체에 어느 정도의 전류가 흐르면 위험한

〈표-1〉 접지공사의 종류와 그 효과

접지공사의 종류	접 지 저항 치	효 과
제 1종 접지공사 특별제 3종접지공사	10Ω이하 10Ω이하 (電路에 있어서 당해 전로에 地氣가 생겼을 경우에 0.5초 이내에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설할 때는 500Ω 이하)	기기구구절연물의 열화, 相傷등에 의한 누설전류에 의한 감전방지 (기기 외함의 접지)
제 3종 접지공사	100Ω이하 (저압전로에 있어서 당해 전로에 地氣가 생겼을 경우에 0.5초 이내에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설할 때는 500Ω이하)	
제 2종 접지공사	변압기의 고압측 또는 특별고압측의 전로의 1선지락전류의 A수로 150(변압기의 고압측의 전로 또는 사용전압 35000V 이하의 특별고압측의 전로와 저압측의 전로와의 혼속에 의해 저압전로의 매지전압이 150V를 넘었을 경우에 1초를 넘어 2초 이내에 자동적으로 고압전로 또는 사용전압이 35,000V이하의 특별고압전로를 차단하는 장치를 설치할 때는 300, 1초 이내에 자동적으로 고압전로 또는 사용전압이 35,000V이하의 특별고압 전로를 차단하는 장치를 설치할 때는 600)을 뺀 값에 같은 Ω수 이하	고저압 혼속에 의한 고압 전류에 의하는 감전방지 (계통접지)

가는 전기안전을 생각하는데 있어 중요하다.

商用주파수 전원에서의 인체에 있어서의 감전치사 전류의 허용한계는 일반적으로 그 크기와 계속시간에 따라 정해지는 것으로 되고 있으며 IEEE(The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc Std 80-1976)에 의하면 허용전류와 계속시간과의 관계는 다음식에 의하는 것으로 표시되고 있다.

$$I = \frac{116}{\sqrt{T}} \text{ [mA]}$$

단, I : 인체통과전류의 실효치 [mA]

T : 계속시간 [S]

上式에 의하면 I에서 116mA, 0.1s에서 367mA가 許容限界 전류치가 된다.

한편 인체를 통과하는 전류가 어느 정도가 되는 것은 감전사고시의 환경에 의해 크게 변한다. 왜냐하면 감전사고시에 인체에 가하는 접촉전압(상세한 것은 4항이하에서 설명한다)의 크기와 그 환경에 있어서의 인체저항에 의해 크게 좌우되기 때문이다. 또 인체의 저항도 피부의 건조상태에 따라 크게 변하므로 모든 환경에 응한 안전한 접촉전압의 크기를 정의한다는 것은 매우 어렵다. 인체에 가했다고 해도 비교적 안전한 접촉전압의 허용치로서 다음 표 2와 같은 것이 표시된다.

〈표-2〉 접촉상태와 허용접촉전압

종 별	접 촉 상 태	허용접촉전압
제 1종	인체의 대부분이 수중에 있을 상태	2.5V 이하
제 2종	인체가 현저하게 젖어 있는 상태 금속체의 전기기기장치와 구조물에 인체의 일부가 상시 접촉되고 있는 상태	25V 이하
제 3종	제 1, 제 2종 이외의 경우에서 통상의 인체상태에 있어서 접촉전압이 가해지면, 위험성이 높은 상태	50V 이하
제 4종	제 1, 제 2종 이외의 경우에서 통상 인체상태에 있어서 접촉전압이 가해져도 위험성이 낮은 상태 접촉전압이 가해질 염려가 없는 경우.	제한없다

3. 제 2 종 接地工事의 低抗値 (系統 接地)

기술기준에 의한 제 2종 접지공사의 법정 저항치는 고압측에서 1선지락이 일어나 그 1선지락전류가 접지전극에 유입했을 경우에 접지전극의 전위상승치가 150V(조건부로 300V 또는 600V) 이상이 되지 않도록 정해지고 있다. 즉 제 2종 접지 공사의 접지전극에는 저압측의 전로의 電位가 이상하게 상승하는 것을 억제하려는 것이다.

1선 지락전류는 동 기술기준의 세목을 정하는 고시에 의해 계산할 수 있으므로 자가용 전기설비로서 극히 일반적인 中性點 비접지식 고압전로에 있어서의 제 2종 접지공사의 법정접지 저항치는 다음과 같은 식에 의해 구할 수 있다.

(가) 전선에 케이블 이외의 것을 사용하는 전로

$$R \leq \frac{150}{I_1} [\Omega]$$

$$\text{단, } I_1 = 1 + \frac{\frac{V}{3}L - 100}{150} \text{ 로서 右邊의 제 2 항의 값}$$

은 소수점 이하는 반올림 한다. I_1 가 2 미만이 되는 경우는 2로 한다.

(나) 전선에 케이블을 사용하는 전로

$$R \leq \frac{150}{I_1} [\Omega]$$

단, $I_1 = \frac{(V/3)L' - 1}{2}$ 로서 右邊의 제 2 항의 값은 소수점 이하는 반올림한다. I_1 가 2 미만이 되는 경우는 2로 한다.

(다) 전선에 케이블 이외의 것을 사용하는 전로와 전선에 케이블을 사용하는 전로로 되는 전로

$$R \leq \frac{150}{I_1} [\Omega]$$

$$\text{단, } I_1 = 1 + \frac{\frac{V}{3}L - 100}{150} + \frac{\frac{V}{3}L' - 1}{2} \text{ 로 右邊의 제 2}$$

항 및 제 3 항의 값은 각각의 값이 負가 되는 경우는 0으로 한다. I_1 의 값은 소수점 이하를 반올림한다. I_1 이 2미만이 되는 경우는 2로 한다.

I_1 는 1선 지락전류 [A]

V는 전로의 공칭전압을 1.1로 나눈 전압 [kV]
 L은 동일母線에 접속되는 고압전로(전선에 케이블을 사용하는 것을 제외)의 전선연장 [km]
 L'은 동일母線에 접속되는 고압전로(전선케이블을 사용하는 것에 한한다)의 선로연장 [km]

그림 1과 같은 고압배전선로의 모델을 사용하여 계산의 일례를 표시하면 G점에서 1선 지락사고가 발생했을 경우의 지락전류와 이 사례에 있어서의 제 2종 접지저항은

$$V = \frac{6.6 \text{ [kV]}}{1.1} = 6 \text{ [kV]}$$

$$L' = 0.3 \text{ [km]} + 0.8 \text{ [km]} + 0.2 \text{ [km]} + 0.1 \text{ [km]} + 1 \text{ [km]} = 2.4 \text{ [km]}$$

이므로 1선 지락전류는

$$I_1 = 1 + \frac{\frac{6}{3} \times 2.4 - 1}{2} = 2.9 \text{ [A]}$$

소수점 이하를 반올림하여

$$I_1 = 3 \text{ [A]}$$

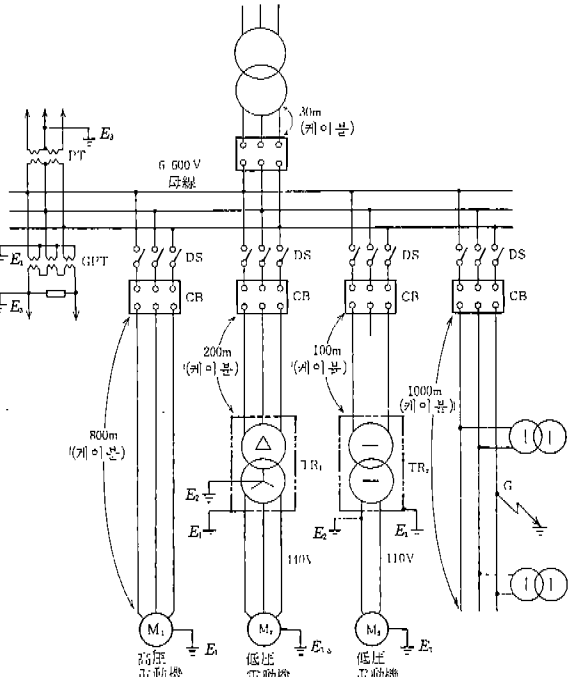
따라서 제 2종 접지공사의 접지저항치는

$$R_{E2} \leq \frac{150}{3} = 50 \text{ [}\Omega\text{]}$$

가 되도록 시공하지 않으면 안된다.

4. 第 1 種 接地工事의 接地抵抗 (機器接地)

제 1종 접지공사란 고압 또는 특별고압전로에 접



〈그림- 1〉 高壓配電線路의 모델

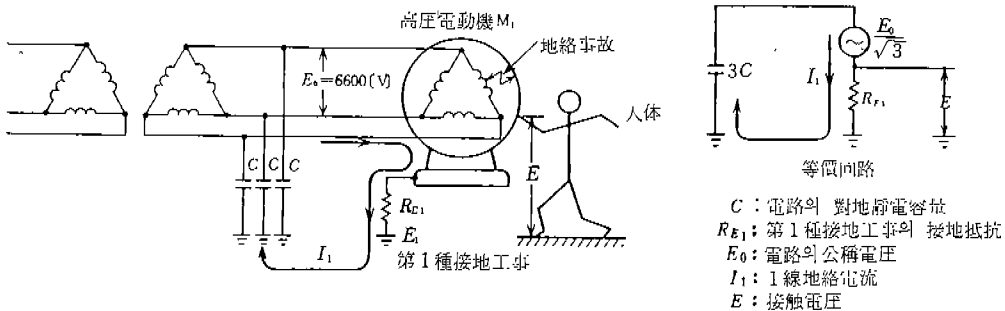
속되는 기계기구의 鐵台 및 금속제 외함등에 시공되고 있는 접지이다.

그림 1의 고압전동기 M₁이 지락사고를 일으킨 경우를 모델케이스로서 도해하면 그림 2와 같이 된다 그림에서와 같이 인체에 가해지는 전압 E는

$$E = I_1 \cdot R_{E1} \text{ [V]} \tag{2}$$

로 표시되나 이것을 접지전압이라고 부르고 있다.

이 접촉전압을 E[V]에 제한하기 위한 접지저항



〈그림- 2〉 高壓機器内部地絡事故時의 地絡電流와 接觸電壓

- C : 電路의 對地靜電容量
- R_{E1} : 第 1 種 接地工事의 接地抵抗
- E₀ : 電路의 公稱電壓
- I₁ : 1 線 地絡電流
- E : 接觸電壓

R_{E1} 은 (2) 式을 변형하여

$$R_{E1} = \frac{E}{I_1} \quad (\Omega) \quad (3)$$

가 된다. I_1 은 고압전로의 1선 지락전류에서 前3항의 계산사례를 그대로 적용하면 $I_1 = 3 \text{ [A]}$, 한편 접촉전압을 표 2에서 $E < 50 \text{ [V]}$ 에 제한하는 것으로

하면, $R_{E1} \leq \frac{50 \text{ [V]}}{3 \text{ [A]}} = 13.3 \text{ [\Omega]}$

가 되어 이 경우의 접지저항은 13.3Ω 이하이면 된다. 그러나 기술기준에서는 R_{E1} 이 10Ω 이하로 규정되어 있으므로 이 케이스에서의 제 1종 접지저항은 10Ω 이하가 되도록 시공하지 않으면 안된다.

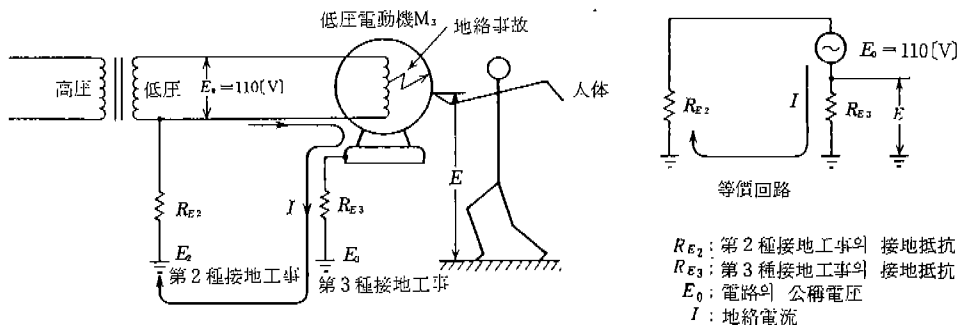
5. 第 3 種 接地工事의 接地抵抗 (機器接地)

제 3종 접지공사란 300V 이하의 저압전로에 접속되는 전기기기 기구의 철대 및 금속제 외함과 배선용의 금속파이프, 선피, 덕트등에 시공되고 있는 접지이다.

그림 1의 저압전동기 M_3 가 지락사고를 일으킨 경우를 도해하면 그림 3과 같이 된다.

지락사고가 전압축전로와 금속제외함이 완전히 연락한 가장 어려운 상태를 상정하면, 지락전류 I 은 전동기의 외함에서 제 3종접지, 대지, 제 2종 접지를 각각 경우하여 전원에 되돌아 오는 것이 되므로 지락전류 I 은 다음식에 의해 구할 수 있다.

$$I = \frac{E_0}{R_{E2} + R_{E3}} \quad (\text{A}) \quad (4)$$



(그림 - 3) 低壓機器內部地絡事故時의 地絡電流와 接觸電壓

지락전류가 흐르면 전동기의 외함과 대지간에 접촉전압이 발생하나 그 전압을 $E \text{ [V]}$ 로 하면,

$$E = IR_{E3} = \frac{E_0 R_{E3}}{R_{E2} + R_{E3}} \quad (\text{V}) \quad (5)$$

이러한 상태로 전동기에 사람이 접촉되면 인체에 $E \text{ [V]}$ 의 접촉전압이 가해지는 것이 된다. (5) 式을 변형하여 R_{E3} 을 구하면

$$R_{E3} = \frac{E}{E_0 - E} R_{E2} \quad (\Omega) \quad (6)$$

前 4 항과 같이 3 항의 계산사례를 그대로 적용하여, $R_{E2} = 50 \text{ [\Omega]}$ 접촉전압 E 를 50V 이하로 제한하는 것으로 하면

(6) 式에 의해

$$R_{E3} \leq \frac{50 \text{ [V]}}{110 \text{ [V]} - 50 \text{ [V]}} \times 50 \text{ [\Omega]} = 41.66 \text{ [\Omega]}$$

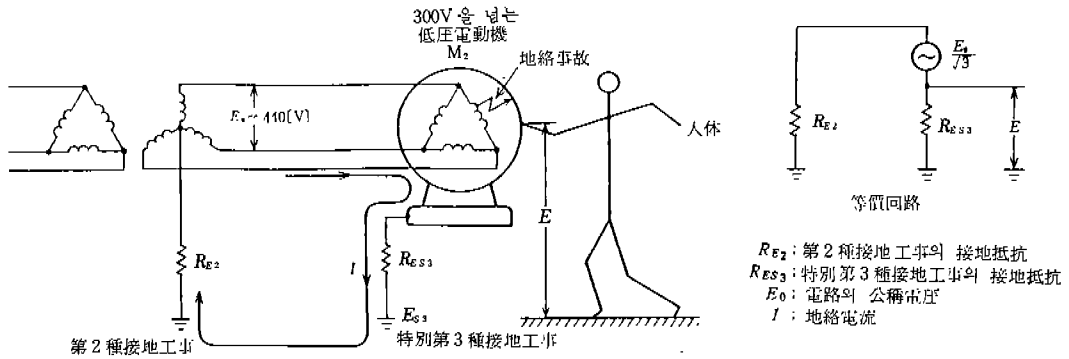
가 구해지며 이 경우의 제 3종 접지공사의 접지저항은 41.66Ω 이하가 되도록 시공하지 않으면 안된다.

6. 特別第 3 種 接地工事의 接地抵抗 (機器接地)

특별제 3종 접지공사는 300V를 넘는 저압전로에 접속되는 전기기기 기구의 철대 및 금속제외함과 배선용의 금속파이프, 덕트등에 시공되고 있는 접지이다.

그림 1의 저압전동기 M_2 가 지락사고를 일으킨 경우를 도해하면 그림 4와 같이 된다.

前 5 항과 같이 지락전류, 접촉전압 특별 제 3종



〈그림-4〉 300V 를 넘는 低壓機器內部地絡事故時의 地絡電流

접지저항은

$$I = \frac{E_0 / \sqrt{3}}{R_{E2} + R_{ES3}} \quad [A] \quad (7)$$

$$E = \frac{R_{ES3} \cdot E_0 / \sqrt{3}}{R_{E2} + R_{ES3}} \quad [V] \quad (8)$$

$$R_{ES3} = \frac{E}{E_0 / \sqrt{3} - E} - R_{E2} \quad [\Omega] \quad (9)$$

로 하여 각각 구할 수 있다.

여기서 $R_{E2} = 50[\Omega]$, $E \leq 50[V]$ 로 하면 (9)식에 의해

$$R_{ES3} = \frac{50[V]}{254[V] - 50[V]} \times 50[\Omega] \approx 12.26[\Omega]$$

가 구해지며 이 경우의 특별 제 3종 접지공사는 12.26Ω이하이면 좋다는 것이 된다. 그러나 기술기준에서는 R_{ES3} 는 10Ω이하로 규정되어 있으므로 결국 이 케이스도 4항과 같이 10Ω이하가 되도록 시공하지 않으면 안된다.

7. 接地抵抗의 緩和

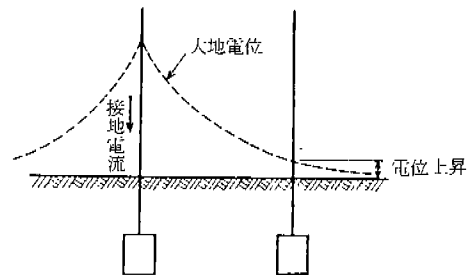
각종 접지공사의 저항치의 구하는 방법에 대해서 3~6항에서 극히 간단하게 설명한바 있으나 실제의 전기설비를 둘러싼 환경은 보다 복잡한 것이며 환경에 의해 예로 제 2종 접지공사의 저항이 대단히 낮으므로 저압기기등의 접지도 그만큼 낮게 하지 않으면 안될 경우도 있을 것이다. 기기등의 접

지저항을 낮게 하는 것은 그렇게 쉬운 일은 아니다 그렇다고 하여 높은채 방치해 두면 감정방지에는 거의 효과가 없다.

아무리 하여도 앞에서 기술한 계산에 의해 구한 접지저항을 얻을 수 없는 케이스에서는 기술기준에 규정되어 있는 바와 같이 지락사고시에 전로를 자동차단할 수 있는 장치를 시설함으로써 접지저항을 어느 정도 높은 값까지 완화할 수 있는 방법도 있다.

8. 共用接地

지금까지 복수의 설비에 대해 각각 개별적으로 접지공사를 하는 독립접지를 전제로 설명해 왔으나, 현실적으로는 이상적인 독립접지를 간단하게 실현한다는 것은 어렵다. 이상적인 독립접지만 2개의 접지전극이 있을 경우(그림5)에 한쪽의 접지전극에 어떻게 접지전류가 흘러도 다른 한쪽의 접지전



〈그림-5〉 接地電極의 電位上昇

극은 전혀 전위상승을 일으키지 않는 케이스이다.

그림 5에서 알 수 있듯이 이상적으로는 접지전극의 간격을 무한대로 떨어지게 하지 않으면 완전하게 독립하지 않는다. 전위상승이 일정범위에 끝나면 상호 독립한 것으로 간주할 수는 있으나 그러한 경우에서도 접지전극의 이격거리는 접지전류의 최대치, 전위 상승의 허용치, 용지의 大地比저항을 고려하여 결정해야 하며 좁은 용지내에서는 독립접지를 하는 것이 무의미하게 되는 케이스도 있을 것이다.

그래서 접지를 필요로 하는 다수의 설비를 일괄하여 공통의 접지전극에 잇는 공용접지로 하면 어떻게 되는 것인지, 다음에 공용접지에 대해서 약간의 설명을 해두기로 한다.

공용접지의 利點으로서는

(i) 다수의 접지전극이 병렬로 연결하면 독립접지에 비해 접지저항이 낮게 된다.

(ii) 각종별의 접지전극을 절약할 수 있으므로 경제적이다.

(iii) 계통접지와 기기접지를 공용하면 지락전류가 대지를 경유하지 않고 도체를 통하여 전원에 되돌아 오는 큰 지락전류가 흐르므로 지락보호를 과전류보호로서 겸용할 수 있다(그림 6).

(iv) 저압회로의 지락전류가 대지를 경유하지 않으므로 저압기기 내부에서의 지락사고시에 사람이 접촉되어도 인체에 큰 지락전류가 흐르지 않는다. 등이며 한편 결점으로서는

(i) 고압 또는 특별고압전로의 지락전류에 의한 접지선의 전위상승이 접지를 공용하는 全設備에 과급한다.

이 영향을 특히 받기 쉬운 것으로는 컴퓨터와 그 주변기기, 의료용 전기기기 기구, 각종의 고감도측정장치, 통신기기등이 있다.

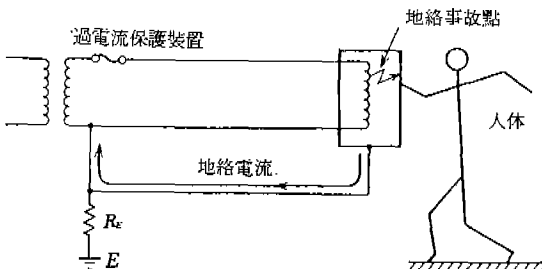
(ii) 특히 의료용 기계기구의 경우에는 접지선의 전위상승이 환자의 감전사고를 초래할 염려가 있다.

(iii) 컴퓨터와 그 주변기기에 피뢰침과 피뢰기등의 큰 접지전류에 의한 충격전류가 들어가면 계산미스를 일으키는 원인이 된다.

(iv) 고감도 측정장치 등에 접지선의 전위상승에 의한 노이즈가 들어가 측정오차를 초래할 염려가 있다.

등을 들 수 있다.

이와같이 독립과 공용에는 각각 문제점이 있으므로 모든 케이스를 생각할 때 독립으로 할 것인지 공용으로 할 것인지를 명확하게 말하기는 매우 어렵다. 안전의 견지에서 본다면 모든 설비의 접지를 개별적으로 시공하는 것이 이상적이기는 하나 실지에 있어서는 접지공사에 드는 비용과 용지에 한도가 있어 다수의 독립접지를 시설하는 것을 어렵게 하고 있다. 현행의 기술기준에서는 각종 접지공사 상호간의 공용을 별도로 금지하지 않고 있으므로 그 기준의 조문상에서 생각한다면 공용해도 무방하다는 것이 된다. 그러나 제한 되어 있지 않다고 해서 함부로 다른 종류의 접지공사를 공용한다는 것은 전술한바와 같이 위험이 따르므로 실제의 시공에 있어서는 무엇을 공용하며 무엇을 독립할 것인지를 충분히 검토할 필요가 있다. *



〈그림-6〉 第2種, 第3種接地工事의 共用