

○ ○ ○ ○ 保護接地의 케이스 스터디

1. 接地工事의 目的과 種類

電氣設備用 接地工事의 目的은 人畜에 대한 感電防止와 電氣設備 또는 기타 建造物의 損傷을 防止하기 위한 것 및 接地設備의 接地效果를 電氣回路의 一部로서 大地歸路에 利用하는 것을 主目的으로 하는 것으로 大別된다. 여기서는 工場, 事務所, 住宅 등 가장 가까운 電氣使用場所에 있어서의 電氣機器의 外函, 配線用 金屬 파이프, 몰드, 덕트 등에 施工되는 接地工事와 그 安全性에 主眼點을 두고 그것들의 抵抗値가 어때야 되나를 생각하고 또 그것을 求하는 方法에 대하여 解説한다.

2. 人体通過電流의 許容値와 接觸電壓

사람의 身體에 어느 만큼의 電流가 흐르면 危險한가는 電氣安全 면에서 매우 重要한 일이다.

商用周波數電源에서의 人體에 있어서의 感電致死電流의 許容限界는 一般的으로 그 크기와 繼續時間에 의하여 定하여지며, IEEE(The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. Std 80-1976)에 의하면 許容電流

와 계속시간과의 關係는 다음 式에 의한다고 되어 있다.

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

단, I : 人體通過電流의 實效値 [mA]

T : 繼續時間 (S)

위 式에 의하면 I 에서 116mA, 0.1s에서 367mA가 許容限界 電流値가 된다.

한편 人體를 통과하는 電流가 어느 정도가 되는가는 感電事故時의 環境에 따라 크게 바뀐다. 왜냐하면 感電事故時에 人體에 加하여지는 接觸電壓의 크기와 그 環境에 있어서의 人體抵抗에 따라 크게 左右되기 때문이다. 또, 人體의 抵抗도 皮膚의 乾濕狀態에 따라 크게 달라지기 때문에 모든 環境에 따른 安全한 接觸電壓의 크기를 定義하는 것은 매우 어려운 일이다.

3. 第2種接地工事의 抵抗値(系統接地)

技術基準에 의한 第2種接地工事의 法定抵抗値는 高壓側에서 1線地絡이 되어 그 1線地絡電流가 接地電極에 流入하였을 때에 接地電極의 電位上昇値가 150V(條件附로 300V 또는 600V)

以上이 안되도록 定하여져 있다. 즉 第2種接地 工事의 接地電極에는 低壓側 電路가 連結되어 있으므로 이 低壓側 電路의 電位가 異常的으로 上昇하는 것을 억제하려는 것이다.

1線地絡電流는 同 技術基準의 告示 제10조에 의해 計算되므로 自家用電氣設備로서 극히 一般的인 中性點 非接地式高壓電路에서의 第2種 接地工事의 法定接地抵抗値는 다음 式으로 求할 수 있다.

① 電線에 케이블 以外的의 것을 사용하는 電路

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

단, $I_1 = 1 + \frac{\frac{V}{3}L - 100}{150}$ 으로 右邊 第2項의 값은 小數點 이하는 切上한다. I_1 이 2未滿일 때는 2로 한다.

② 電線에 케이블을 使用하는 電路

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

단, $I_1 = \frac{(V/3)L' - 1}{2}$ 로 右邊 第2項의 값은 小數點 以下는 切上한다. I_1 이 2未滿일 때는 2로 한다.

③ 電線에 케이블 以外的의 것을 使用하는 電路와 電線에 케이블을 使用하는 電路로 이루어진 電路

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

단, $I_1 = \frac{\frac{V}{3}L - 100}{150} + \frac{\frac{V}{3}L' - 1}{2}$ 에서 右邊의 第2項 및 第3項의 값은 各기의 값이 마이너스가 되는 경우는 0으로 한다. I_1 의 값은 小數點 以下를 切上한다. I_1 이 2未滿일 때는 2로 한다.

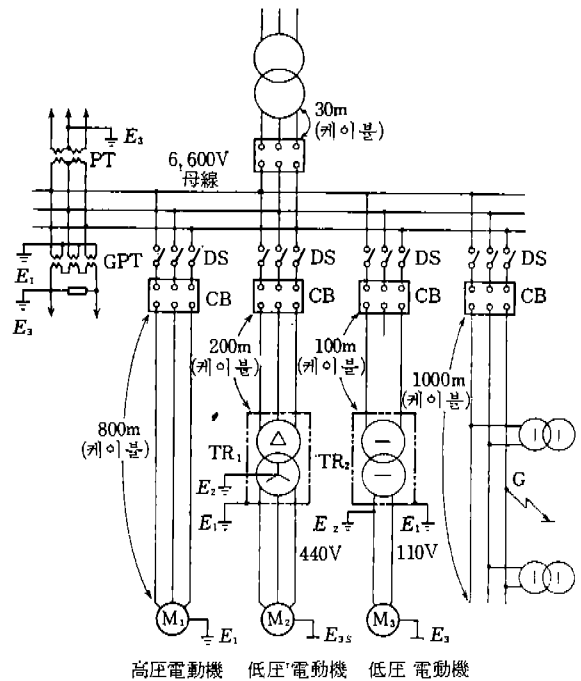
I_1 은 1線地絡電流 [A]

V 는 電路의 公稱電壓을 1.1로 나눈 電壓[kV]

L 은 同一母線에 接續되는 高壓電路(電線에 케이블을 使用하는 것은 除外)의 電線延長[km]

L' 는 同一母線에 接續되는 高壓電路(電線에 케이블을 使用하는 것에 限함)의 線路延長[km]

그림 1과 같은 高壓配電線路의 모델을 利用하



〈그림 1〉 高壓配電線路 模型

여 計算한 一例를 표시하면 G點에서 1線地絡事故가 發生하였을 때의 地絡電流와 이 事例에서 的 第2種接地抵抗은

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

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

이므로 1線地絡電流는

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

小數點 以下를 切上하여

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

따라서 第2種接地工事의 接地抵抗値는

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

이 되도록 施工하여야 한다.

4. 第1種接地工事의 接地抵抗(機器 接地)

第1種接地工事란 高压 또는 特別高压電路에 접속되는 機械器具의 鐵臺 및 金屬製外函 등에 施工되어 있는 接地이다. 그림 1의 高压電動機 M₁이 地絡事故를 일으켰을 때를 모델 케이스로 하여 圖解하면 그림 2와 같이 된다. 그림에서 明白하듯이 人体에 가하여지는 電壓 E는

$$E = I_1 \cdot R_{E1} \text{ [V]} \quad (2)$$

로 表示되는데, 이를 接觸電壓이라 하고 있다.

이 接觸電壓을 E [V]로 억제하기 위한 接地抵抗 R_{E1}은 (2)式을 變形하여

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

이 된다. I₁은 高压電路의 1線地絡電流로 前3項의 計算事例를 그대로 適用하면 I₁ = 3 [A]. 한편 接觸電壓을 E < 50V로 制限한다고 하면

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

이 되어 이때의 接地抵抗은 13.3Ω 以下가 되면 좋다는 것이 된다. 그러나 技術基準에서는 R_{E1}이 10Ω 以下로 規定되어 있으므로 이런 케이스에서의 第1種接地抵抗은 10Ω 以下가 되도록 施工하여야 한다.

5. 第3種接地工事의 接地抵抗(機器接地)

第3種接地工事란 400V 以下の 低壓電路에

접속되는 電氣機械器具의 鐵臺 및 金屬製外函이나 配線用 金屬 파이프, 몰드, 덕트 등에 施工되는 接地이다.

그림 1의 低壓電動機 M₃가 地絡事故를 일으켰을 때를 圖解하면 그림 3과 같이 된다.

地絡事故가 電壓側電路와 金屬製外函이 完全히 連結되어 버린 긴박한 狀態를 想定하면 地絡電流 I는 電動機의 外函으로부터 第3種接地, 大地, 第2種接地를 각각 經由하여 電源에 되돌아 오기 때문에 地絡電流 I는 다음 式으로 求할 수 있다.

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

地絡電流가 흐르면 電動機의 外函과 大地間에 接觸電壓이 發生하는데, 그 電壓을 E [V]라고 하면

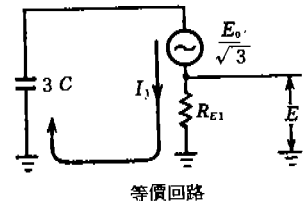
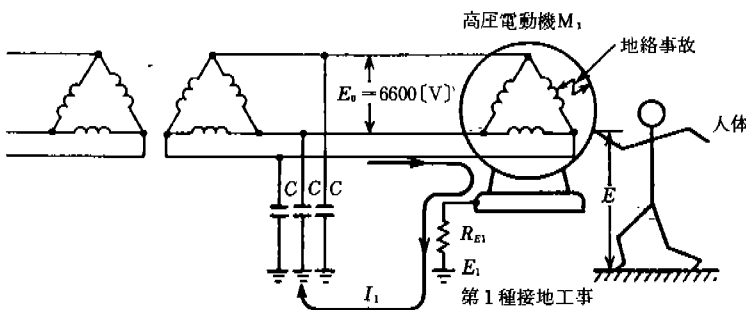
$$E = I R_{E3} = \frac{E_0 R_{E3}}{R_{E2} + R_{E3}} \text{ [V]} \quad (5)$$

이 狀態에서 電動機에 사람이 닿으면 人体에 E [V]의 接觸電壓이 加해지게 된다. (5)式을 變形하여 R_{E3}를 求하면

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

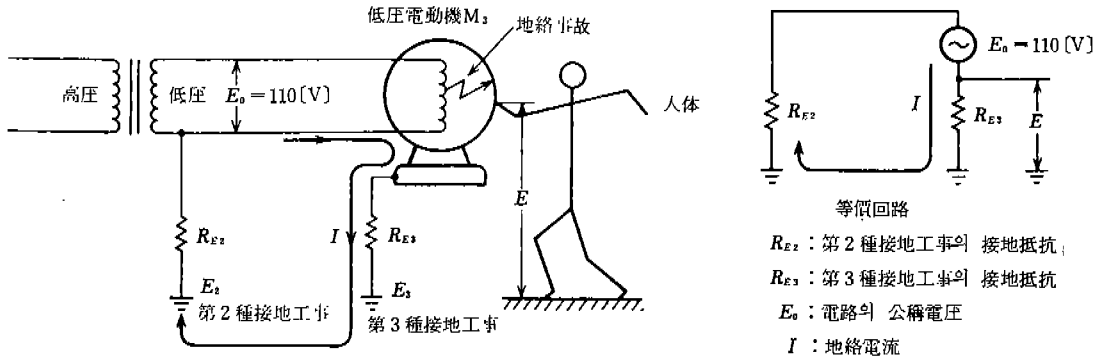
前 4項과 같이 3項의 計算事例를 그대로 適用하여 R_{E2} = 50 [Ω], 接觸電壓 E를 50V 이하로 制限하는 것으로 하면 (6)式에 의해

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

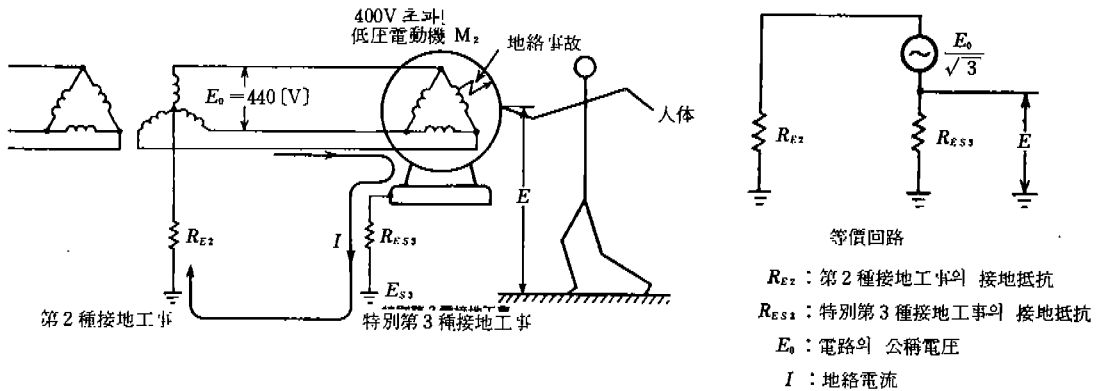


- C : 電路의 對地靜電容量
- R_{E1} : 第1種接地工事의 接地抵抗
- E₀ : 電路의 公稱電壓
- I₁ : 1線地絡電流
- E : 接觸電壓

(그림 2) 高压機器 内部地絡事故時의 地絡電流와 接觸電壓



〈그림 3〉 低圧機器 内部地絡事故時의 地絡電流와 接觸電壓



〈그림 4〉 400V를 넘는 低圧機器 内部地絡事故時의 地絡電流와 接觸電壓

이 求하여지며, 이때의 第3種接地工事의 接地抵抗은 41.66Ω 以下가 되도록 施工하여야 한다.

6. 特別第3種接地工事의 接地抵抗 (機器接地)

特別第3種接地工事は 400V를 넘는 低壓電路에 접속되는 電氣機械器具의 鐵臺 및 金屬製外函이나 配線用의 金屬 파이프, 덕트 등에 施工되는 接地이다.

그림 1의 低壓電動機 M_2 가 地絡事故가 일었을 때를 圖解하면 그림 4와 같이 된다.

前 5項과 같이 地絡電流, 接觸電壓, 特別第3種接地抵抗은

$$I = \frac{E_0 / \sqrt{3}}{R_{E2} - R_{E3}} \quad [\text{A}] \quad (7)$$

$$E = \frac{R_{E3} \cdot E_0 / \sqrt{3}}{R_{E2} + R_{E3}} \quad [\text{V}] \quad (8)$$

$$R_{E3} = \frac{E}{E_0 / \sqrt{3} - E} R_{E2} \quad [\Omega] \quad (9)$$

로 자기 求할 수 있다.

여기서 $R_{E2} = 50[\Omega]$, $E \leq 50[\text{V}]$ 라 하면 (9)式에 의하여

$$\begin{aligned} R_{E3} &= \frac{50[\text{V}]}{254[\text{V}] - 50[\text{V}]} \times 50[\Omega] \\ &\approx 12.26[\Omega] \end{aligned}$$

이 求해지고, 이 때의 特別第3種接地工事は 12.26Ω 以下이면 되게 된다. 그러나 技術基準

에는 R_{ES3} 가 10Ω 以下로 規定되어 있으므로 結局 이 케이스도 4項과 같이 10Ω 以下가 되도록 施工하여야 한다.

7. 接地抵抗의 완화

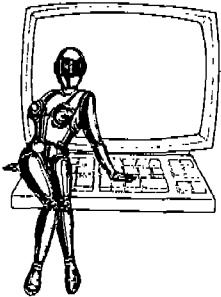
各種接地工事의 抵抗値를 求하는 方法을 3~6項에서 간단히 說明했는데, 實際의 電氣設備을 둘러싼 環境은 더욱 복잡한 것으로서, 例들 들면 第2種接地工事의 抵抗이 매우 낮기 때문에 低圧機器 등의 接地도 相應하게 낮게 하지 않으면 안될 경우가 있다. 機器 등의 接地抵抗을 낮게 하는 것은 쉬운 일이 아니다. 그렇다고 해서 높은대로 방치하면 感電防止에는 거의 效果가 없다.

어떻게 하여도 前述한 計算에 의하여 구한 接

地抵抗을 얻을 수 없을 때는 技術基準 第19條에 規定하는 地絡事故時에 電路를 自動차단하는 裝置를 施設함으로써 接地抵抗을 어느 程度 높은 값까지 緩和하는 方法도 있다.

8. 共同接地

이상, 複數의 設備에 대하여 각각 個別的으로 接地工事를 하는 獨立接地를 前提로 說明하였지만 현실적으로는 理想의인 獨立接地를 간단히 實現하는 것은 어렵다. 理想의인 獨立接地란 2個의 接地電極이 있을 때 (그림5)에 한쪽 接地電極에 아무리 接地電流가 흘러도 다른 한쪽의 接地電極은 전혀 電位上昇을 일으키지 않는 케이스이다. 그림5에서 아는 바와 같이 理想의로는 接地電極의 間격을 無限大로 이격시키지



용 어 해 설

메커트로닉스 기초 이해를 위한

맨-머신 · 인터페이스(man-machine interface)

인간과 기계를 접속하는 인터페이스로서 기계에서 인간에의 표시(출력)장치와 인간에서 기계에의 지시(입력)장치가 주다.

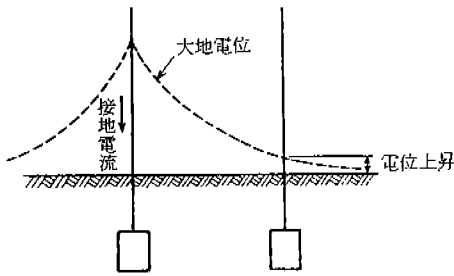
맨·머신 커뮤니케이션이라고도 한다. 맨-머신 시스템의 기본설계에서의 중요한 검토 항목이다. 다음과 같이 기계에서 인간, 인간에서 기계라는 정보 흐름의 방향에 따라서 나누어 생각할 수 있다.

(1) 기계에서 인간에의 정보 제시

인간의 감각기관에서는 일반적으로 시각이 가장 많이 사용되고 그다음이 청각이다. 촉각도 용도에 따라서는 유효하고 어떤 종류의 경보장치 등에 이용되고 있다. 정보의 종류에 따라서 어느 감각기관을 사용할 것인가에는 일반적인 원칙이 있고 이밖에 시각 표시중에서도 여러가지 장치 중에 어느 것을 선택할 것인가에 대한 기준이 있다. 인간을 정보처리계로서 보았을 때의 동작 모델 등도 고찰되어 연구가 진행되고 있다.

(2) 인간에서 기계에의 지시

기계는 인간으로부터의 지시를 누름 버튼, 스위치, 핸들, 레버, 페달 등을 통해서 받아들인다. 이런 입력장치는 인간이 자연스러운 형태로 지시할 수 있게 진전중이고 음성 인식이나 손으로 쓴 문자 입력이라는 패턴 인식 기술이 이용되기 시작했다. 또 손에 의한 입력지시도 테블릿이나 마우스 등이 활용되고 개선되고 있다. 각종 입력 수단의 특성 등은 문헌으로 종합되어 있어 맨-머신 인터페이스의 검토에 이용할 수 있다.



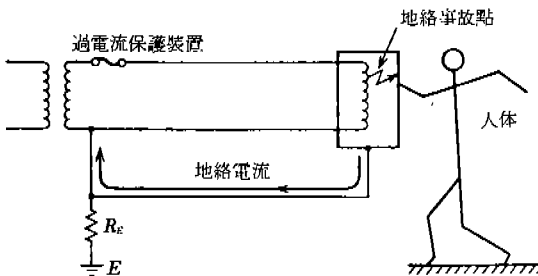
(그림 5) 接地電極의 電位上昇

않으면 完全하게 獨立되지 않는다. 電位上昇이 일정범위에 멈추면 서로간에 獨立한 것으로 볼 수 있으나 그때에도 接地電極의 이격거리는 接地電流의 最大值, 電位上昇의 許容值, 用地의 大地比抵抗을 고려하여 決定하지 않으면 안되고 좁은 用地內에서는 獨立接地를 하는 것이 無意味해지는 케이스도 있을 것이다.

그리하여 接地를 필요로 하는 多數의 設備를 일괄하여 共通의 接地電極에 연결하는 共用接地로 하면 어떻게 되는가에 대해서 以下, 共用接地에 대하여 약간 說明코자 한다.

共用接地의 利點으로서는

- (1) 多數의 接地電極이 並列로 연결되어 獨立接地에 比하여 接地抵抗이 낮아진다.
- (2) 各種別 接地電極을 節約할 수 있어 경제적이다.
- (3) 系統接地와 機器接地를 共用하면 地絡電流가 大地를 경유하지 않고 導體를 통하여 電源에 복귀하는 큰 地絡電流가 흐르므로 地



(그림 6) 第2種, 第3種接地工事의 共用

絡保護를 過電流保護로 겸용 가능하다(그림 6).

- (4) 低壓回路의 地絡電流가 大地를 경유하지 않으므로 低壓機器內에서의 地絡事故時에 사람이 接觸하여도 人體에 큰 地絡電流가 흐르지 않는다.

등이 있고, 한편 缺點으로서는

- (1) 高壓 또는 特別高壓電路의 地絡電流에 의한 接地線의 電位上昇이 接地를 共用하는 全設備에 波及한다.

이 영향을 특히 받기 쉬운 것으로 컴퓨터와 그 周邊機器, 의료용 電氣機械器具, 各種 高感度測定裝置, 通信機器 등이 있다.

- (2) 特別 의료용 機械器具의 경우는 接地線의 電位上昇이 患者의 感電事故를 초래할 우려가 있다.

- (3) 컴퓨터나 그 周邊機器에 避雷針이나 避雷器 등의 큰 接地電流에 의한 충격전류가 들어가면 計算착오를 일으키는 原因이 된다.

- (4) 高感度測定裝置 등에 接地線의 電位上昇에 의한 노이즈가 들어가 測定誤差가 생길 우려가 있다.

등을 들 수 있다.

이와 같이 獨立과 共用에는 자기 問題點이 있으므로 모든 케이스를 生産하여 獨立시킬 것인가, 共用으로 할 것인가를 明確히 論하기는 상당히 곤란하다. 安全의 見地에서 보면 모든 設備의 接地를 個別로 施工하는 것이 이상적이지만 現實으로는 接地工事에 드는 費用이나 用地에 限度가 있어 多數의 독립접지를 施設하는 것은 어려운 일이다. 現行 技術基準에는 各種接地工事 相互의 共用을 特別히 禁止하고 있지는 않으므로 이 基準의 條文上으로 보면 共用하여도 상관 없도록 되어 있다. 그러나 拘束이 없다고 하여 함부로 다른 種類의 接地工事를 共用하는 것은 前述한 바와 같이 위험이 따르므로 實際의 施工에 있어서는 어떤 것을 共用하고 어떤 것은 獨立으로 하느냐를 충분히 檢討하여야 한다.