

電氣設備接地의 應用技術과 運營管理方案

俞 賢 在

〈韓國電力公社 電子計算所〉

1. 接地設備의 基礎와 應用

1.1 接地의 目的과 概念

接地란 대지에 電氣의 端子를 設置하는 것으로서 이를 EARTHING(英) 또는 GROUNDING(美)이라고 하고, 국내에서는 보통 EARTH라 한다.

接地의 目的은 被誘導體를 대지와 똑같은 電位로 하는 것으로서 대지의 表面電位는 零電位이기 때문에 그 물체의 電位를 대지와 同電位 또는 최소의 電位差로 하기 위해 接地를 하는 것이다. 接地는 역할에 따라 強電用接地(프레임 어스)와 弱電用接地(시그널 어스)로 大別하며, 強電用接地는 保安用으로서 平常시에는 接地系統에 電流가 흐르지 않는 주로 安全을 目的으로 한 것이며, 弱電用接地는 최소기능으로 平常시에도 電流가 흐르는 것이다.

接地效果의 有用性에 따라서 危險防止用 및 設備의 安全保存用과, 단순히 電氣 使用設備의 機能上 接地效果를 필요로 하는 接地가 있다.

接地의 始초는 建物을 落雷災害로부터 지키기 위한 避雷針接地가 始초이며 지금은 電氣設備만이 아닌 通信設備까지도 확대 실시되고 있다.

제2의 代表的接地로서 인간이 雷의 正體와 同

一한 電氣를 발생 및 공급하는 것과 消費性設備의 사용에 있어서 人災의 電擊에 대한 安全用接地가 있다.

제3의 代表的接地에는 安全用뿐만 아니라 電氣 設備에 대하여 各樣各色의 광범위한 電氣利用技術에 관한 自主的인 接地가 있다.

위에서와 같이 接地設備를 실시한 效果를 작업면에서 보는 종류로는 常時作用效果를 발휘하는 것과 保安用과 같이 事故異常時만 作用效果를 나타내는 것이 있다. 그러나 일부에서는 接地設備를 電氣設備 전체중에서도 雜設備로 취급하고 있으나 保安用に 따른 公衆安全의 사명과, 電氣供給設備가 雷電接地에 의한 절연협조에 따라서 일어나는 設備合理化의 경제적효과를 얻는다는 점을 인식하여 技術的인 문제점을 해결 또는 改善해가는 방향으로 가고 있다.

1.2 接地設備의 分類

使用對象別 分類

- 1) 機器接地用
- 2) 系統接地用
- 3) 遮閉接地用

用途別 分類

- 1) 感電, 災害防止用接地(漏電, 接觸感電防止와

混觸感電防止, 誘導感電防止, 電擊, 異常電壓 災害防止)

2) 大地利用 機能接地(保護繼電裝置의 動作用과 測定器裝置의 動作用, 機器電路保護 零電位確保用, 大地歸路利用, 誘導防止用, 電蝕防止用)

1.3 接地設備을 利用한 安全對策

현재의 電氣設備에 대한 接地設備의 관계有, 無에따라서 수년간에 걸쳐 感電死亡者의 推移는 문명의 고도성장화에 따른 공장, 가정 등에 電氣設備의 증대에 따라서 감전쇼크가 가장 많이 일어나고 있다.

感電이란 電擊이라고도 하며 단순히 人體에 전류를 느끼는 정도의 가벼운 것으로부터 고통을 수반하는 쇼크, 심지어는 筋肉의 마비, 心室細動에 의한 死亡 등 여러가지 병상이 나타나는 現狀을 말하며, 電擊의 위험성은 전압의 高, 低에는 직접 관계되지는 않지만 人體의 通電電流는 人體의 内部抵抗 및 전류의 流出入부분의 抵抗이 크게 영향을 미친다.

C.F.Dalziel씨에 의하면 人體의 感電致死電流의 許容限界値는 時間, 周波數에 따라 변한다. 이때 許容電流와 繼續時間과의 관계는 다음과 같이 표시된다.

$$I_k = \frac{0.155}{\sqrt{t}} [A]$$

여기서 I_k = 人體電流의 實效值 [A]

t = 繼續時間 [sec]

윗식에 의하면 1[sec]에 155[mA], 0.1[sec]에 490[mA]가 許容限界電流值이다.

感電條件이 나쁠 경우는 危險限界가 된다.

이러한 感電災害를 방지하기 위한 對策을 열거하면 다음과 같다.

- 1) 充電部分이 露出되지 않도록 安全한 電氣設備을 使用할 것
- 2) 電氣設備의 異常狀態 檢出과 災害의 事前防止
- 3) 管理體制의 確立

1.4 電氣回路의 利用의 接地

1.4.1 電波障害防止에 대한 接地

電氣機器가 라디오, 텔레비전등 다른 電氣設備의 기능에 계속적이고도 증대한 障害를 미치는 電波 또는 高周波電流를 발생할 우려가 있는 경우에는 이를 防止하기 위하여 適合한 것을 사용하여야 한다.(電技 184條) (內規 185節)

근래에 高度情報化時代로서 多種多樣的 OA 機器 등이 導入되고 있으며 전자, 통신기기 등의 電氣트로닉스 기기는 대부분 半導體部品으로 구성되고 있다. 이러한 기기는 전파장해에 의한 誤動作의 문제가 항시 潛在하고 있다.

1.4.2 誘導障害防止에 대한 接地

停電誘導가 적고 感電의 危險이 없는 정도로서 통신선의 雜音障害를 파급한 경우 임피던스測定器에 교류브리지의 漂遊容量의 影響防止 등의 對策으로서 차폐 케이블, 또는 차폐선을 사용한 것을 接地하는 경우는 障害가 輕減된다.

마찰 등으로 발생한 靜電氣가 축적하여 各種障害를 일으키지 않도록 靜電氣를 신속히 放流하기 위한 것으로 “被誘電體를 대지와 동일한 電位로 하는 것이다.”

1.4.3 電蝕防止設備에 대한 接地

地中埋設 鐵塔路케이블 鉛被 등의 금속면에서 流出하는 電流에 의한 金屬面의 전류로서 腐蝕을 防止한다.

電氣防蝕設備의 腐蝕을 防止하기 위하여 地中 또는 水中에 시설하는 陽極과 被防蝕體間에 防蝕電流를 通하는 것을 말하며(電技 250條)(內規 645節) 防蝕電流의 공급방법에 따라 다음의 두가지 방식이 있다.

- ① 電流陽極方式
- ② 外部電源方式

1.5 接地의 基本條件

1.5.1 接地設備의 良否條件 判定要素

- ① 所要接地抵抗值, 耐雷用的 것은 衝擊波抵抗 特性
- ② 他設備와의 關聯位置, 土地環境
- ③ 接地極, 接地線의 電流定格值, 機械的強度, 耐蝕性, 布設狀態
- ④ 試驗, 點檢, 保守性

1.5.2 接地抵抗의 基本條件

- ① 電極의 形狀, 構造, 寸法, 材質, 配置, 大地中の 位置, 埋込 또는 埋設方法

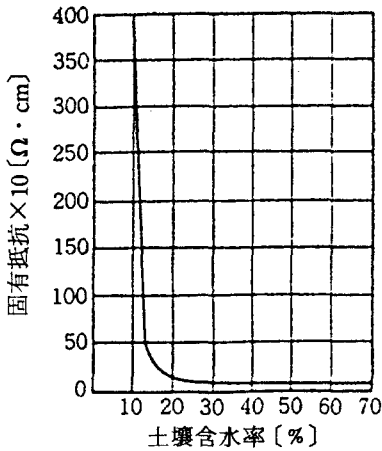


그림 1. 土壤의 含水率과 固有抵抗의 關係

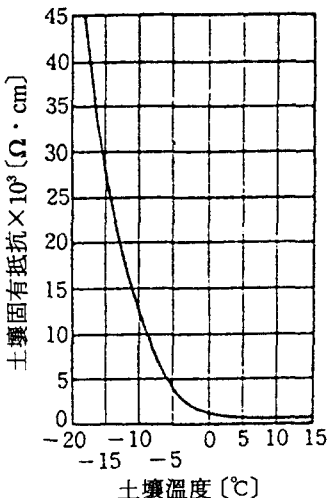
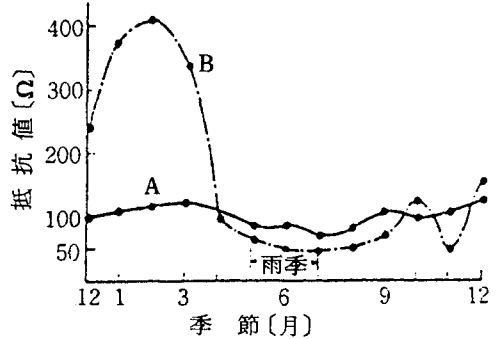
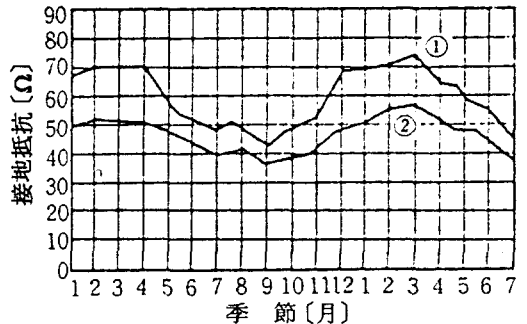


그림 2. 土壤의 溫度와 固有抵抗의 關係



- A: 砂粘土混合質
14mm φ 1.5m 1本 最低 67.5Ω 最高 125Ω
- B: 凍結帶 北海道札幌 40년 砂粘土混合質
14mm φ 1.5m 1本
最低 50Ω 最高 420Ω(12월~5월)

그림 3. 氣候와 接地抵抗의 關係



- ①: 直徑 3/4 in. 打込 깊이 3ft의 管 8개의 平均接地抵抗
- ②: 같은 打込 깊이 10ft 경우

그림 4. 季節과 接地抵抗의 關係

- ② 低減抵抗接地
- ③ 施設位置場所의 選定

接地抵抗과 大地條件에 따라서 接地抵抗을 構成하는 것은

- ① 被接地電氣設備과 接地電極과의 사이에 接地線 및 接地電極과의 抵抗
- ② 接地電極과 大地와의 사이에 接觸抵抗
- ③ 大地自身の 抵抗

溫度와 抵抗과의 關係는 負抵抗特性을 가지며 地中の 계절온도특성은 여름이 낮다. 또한 계절과

接地極 길이와의 抵抗特性은 여름이 낮고 겨울이 높으며 그 비율은 1.5~2.5배 정도가 된다.

여름의 接地工事は 겨울에 抵抗이 증가할 것을 考慮하여 施工할 必要가 있으며 이들의 관계를 그림 1. 2. 3. 4에 표시하였다.

1.5.3 接地電極의 基本形式과 接地抵抗

土壤의 固有抵抗이 均일하다고 假定하여 그것을 ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$), 接地電極의 電位를 V_a (V), 여기에 흐르는 電流를 I (A), 接地電極의 直上地點으로 부터의 거리 x (cm)의 地面의 一점의 電位를 V_x (V) ($V_x \rightarrow \infty = 0$), 半球의 半径을 r (cm), 接地棒의 長이를 l (cm), 接地棒의 直徑을 d (cm), 埋込깊이를 t (cm), 地板의 폭을 a (cm), 地板의 長이를 b (cm)라 할때 接地電極의 形狀寸法 및 埋設方法은 그림 5와 같이 표시되며 다음과 같은 式을 얻는다.

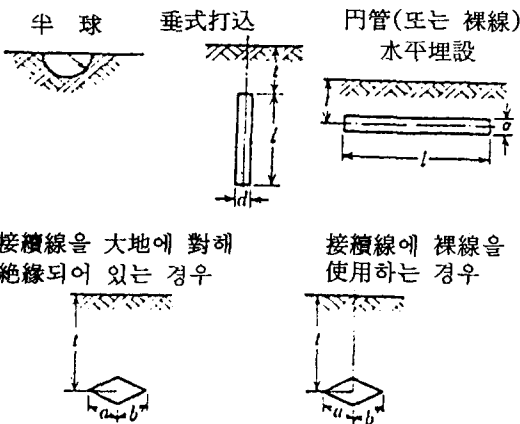


그림 5. 接地電極의 形狀寸法

1) 半球를 地表에 埋込하는 경우

$$R = \frac{V_a}{I} = \frac{\rho}{2\pi r} \quad (\Omega)$$

2) 土冠 t (cm)되는 丹管(棒)을 地面에 垂直으로 打込할 경우

$$R = \frac{V_a}{I} = \frac{\rho}{2\pi} \left\{ \frac{1}{l} \log_e \frac{2t(l+d)}{d(l+2t)} + \frac{1}{l+t} \log_e \frac{l+2t}{t} \right\} \quad (\Omega)$$

3) 丹管 棒 또는 裸線을 水平에 一直線으로 埋設할 경우의 接地抵抗 R 를 靜電界置換法에 의해서 誘導되는 式은

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \log_e \frac{l^2}{l d} \quad (\Omega)$$

4) 正方形 또는 그와 유사한 角板을 水平으로 埋設하여 接地導線에 絶緣線을 使用하는 경우의 接地抵抗 R 은

$$R = \frac{V_a}{I} = \frac{\rho}{2\pi} \left\{ \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{2\pi}{ab} - \frac{1}{t}} \right) + \frac{1}{t} \log_e 2 \right\} \quad (\Omega)$$

1.5.4 低減抵抗 接地方法

- ① 接地極面과 土壤과의 接觸抵抗을 적게 한다.
- ② 接地極에 接觸하는 周圍土壤의 抵抗率을 내린다.
- ③ 接地極에 大地와의 接觸面積을 크게 한다.
- ④ 電極의 分散, 竝列, 配置 또는 mesh狀으로 布設한다.

2. 各種設備別 接地工事 關聯法規適用

2.1 電氣設備技術基準과 接地工事의 適用

電氣工作物, 建造物에 接地工事が 어떠한 근거의 法規에 의해서 個所에 施工되며, 또 種類別, 用途別에 따라서 어떻게 適切히 適用해야 하는지를 判斷하여 施設해야 한다.

接地工事에는 제1종, 제2종, 제3종 및 특별 제3종 接地工事의 4種類가 있으며 각 接地工事에서의 接地抵抗値는 규정값을 維持하여야 한다.(電技 19條)(內規 140節)

2.2 內線規定에 의한 接地工事의 適用對象

機械器具의 鐵臺, 金屬製外函 및 프레임의 接地(內規 140-2)와 제1종, 제2종, 제3종 및 특별 제3종 接地工事, 接地極의 埋設, 接地工事의 兼用, 接地線의 絕色標識, 避雷針用 接地線과의 距離 등

3. 接地設備의 施工

3.1 接地設備의 設計

電氣設備技術基準에 의한 接地工事의 施設方法은 接地抵抗値, 最少接地線의 굵기가 추상적으로 接地電流를 安全하게 통하는 것으로 規定하고 있다. 이것을 實施하는 경우에 接地用途에 따라서 材料, 工法과 適用되는 技術條件을 施設者側에서 결정할 필요가 있다. 電氣施設의 건설공사는 설계내용에 따라 결과가 좌우된다. 일반적으로 電氣施設의 建設은 仕様書·設計圖→積算→發注→入札→落札→契約→施工의 階段的經過로 행하여 진다.

接地工事의 단독발주는 행하여 지지않으며 電氣設備 공사중에 포함되어 施工 發注 되는 것이 많다.

3.2 接地極의 電氣의 特性

接地極의 特性內容으로는

- 1) 電氣抵抗, 交流抵抗, 直流抵抗, 接觸電壓, 步幅電壓, 接地電位上昇
- 2) 接地極에 흐르는 電流값과 電流容量
- 3) 衝擊波特性

3.2.1 接地目的의 目標抵抗値

1) 機器配管接地用の 경우

感電, 危險防止用の 電氣機器鐵臺에 제3종 接地工事를 하는 경우 接地抵抗値는 낮을수록 좋은 것이므로 그의 목표값은 法定 100[Ω] 이하로, 感電防止의 所要抵抗값은 安全性 및 전원측의 제2종 接地抵抗値와의 상관계에 따라 결정된다. 人體의 抵抗값은 보통 2000[Ω], 습한장소에서는 500[Ω]일 경우 感電電壓의 限界를 50~60[V] 이하가 되도록 接地抵抗値를 결정한다.

도회지역에는 제2종 接地工事가 병렬로 되어 合成抵抗値는 10[Ω] 이하로 되는 것이 많다. 그러므로 보통 전원측 제2종接地는 대지전압 100[V]용에는 12[Ω]이하, 200[V]용에는 6[Ω] 이하로 된다.

2) 系統接地의 경우

法規 適用上의 抵抗値 計算方法 :

$$R_0 \leq 150 \div (2차측 자동차단기의 동작전류)$$

로 규정하고 있으며 設計目標値는 5[Ω] 이하가 좋다.

3) 耐雷接地의 경우

변전소에서의 소요 接地抵抗은 대출력특고용에 發變電所 耐雷設計 基準要綱으로 기준해서 地絡事故時의 最高電位上昇, 接觸電壓, 전압회로의 絕緣來歷을 고려하여 결정한다.

4) 電氣回路 技術用 接地의 경우

앞에서 설명한 1)2)3)항과 다른 接地效果를 전기기술상의 필요에 따라서 이용되는 것으로서 接地目的에 의한 接地方法은 電飾防止用, 誘導障害防止用, 靜電氣除去 및 荷電用, 試驗測定用, 零電位確保用 등 여러 종류가 있다.

3.2.2 接地極에 흐르는 電流값과 容量

1) 機器接地 地絡電流(제1종, 제3종, 특별 제3종 接地工事) 전류값은 저압 제3종 接地의 경우 등 가회로에 표시되는 전원측 제2종어스, 제3종어스, 合成抵抗과 使用電壓을 除한 전류값으로서 最大地絡電流値가 있다.

2) 系統接地의 地絡電流, 接地極에 흐르는 事故電流의 種類로서 다음과 같은 것이 있다.

- ① 低壓側 機器接地의 地絡에 의한 電流値
- ② 高低壓 混觸에 의한 高壓側 地絡電流値

3.3 接地極의 形狀과 抵抗値 및 許容電流 計算

단독의 打込棒에 의한 경우의 接地抵抗計算에 중요한 棒의 굵기와 길이 및 埋設狀態(打込의 깊이와 위치)가 있다.

3.3.1 接地棒의 굵기

接地抵抗의 값에 대한 영향이 적다. 接地棒의 外徑과 抵抗値와의 特性은 굵기가 2배로 되면 接地抵抗은 10[%] 정도 減하는 정도이다. 接地棒의 전류용량은 굵기에 비례한다.

3.3.2 打込의 깊이

깊이를 2배로 할 경우 接地抵抗은 1/2이 되지 않는다.

3.3.3 接地極의 形狀에 의한 抵抗計算

接地棒打込(Dwigt)의 抵抗計算式은

$$R' = \frac{\rho}{2\pi l} (2.3 \log_{10} \frac{4l}{r} - 1) \quad [\Omega]$$

여기서 r : 接地棒 半徑(cm)

l : 接地棒의 길이(cm)

ρ : 大地固有抵抗

이며 棒接地 및 棒, 線의 水平埋設接地에 의한 抵抗計算式이 있으며 板狀接地極의 抵抗計算에는, 接地板, 水平으로 매설한 角板電極, 田中, Higgs의 式 등에 의한 抵抗計算에 있으며, 網狀接地極의 抵抗計算에는 推定豫備 抵抗計算, Sunde의 式에 의한 抵抗計算法이 있다.

低壓機器接地의 地絡電流計算時 주목하여야 할 점은 회로전압, 전원 변압기의 용량 및 impedance, 배선의 impedance, 제2종 接地工事의 전로중에 위치에 따른 接地抵抗值, 제3종 接地工事의 接地線이 직접 또는 配管 등의 經에 제2종 接地工事의 接地線을 접속하는 것 등이 있다.

3.4 接地極의 許容電流

接地極은 예상되는 최대의 地絡電流의 값과 그 의 계속시간에 걸맞는 電流容量을 가지지 않으면 안된다. 接地極의 電流容量은 대지와와 有效面積과 대지의 抵抗率에 따라 다르다. 接地極의 短時間電流容量에 따라서 P.W.Cave에 기재된 經驗式을 미터단위로 표시하면 다음式으로 된다.

$$t = \frac{0.006}{\delta^2 \rho}$$

여기서 t : 時間(sec)

δ : 接地極 表面의 電流密度(A/m²)

ρ : 大地의 抵抗率(Ω.cm)

3.5 接地線의 電流容量과 굵기

3.5.1 屋內配線 低壓機器接地의 接地線

옥내배선에 통하는 地絡電流가 흐르지 않게하고 導體가 녹거나 被服이 탈 경우에 대비하거나 또는 周圍에 존재하는 可燃物에는 위험을 덜어주는 등

高溫度에 達하지 않는 導體斷面積을 갖지 않으면 안된다. 옥내배선관계의 接地線에는 특별히 큰 地絡電流가 흐를時 전원측의 FUSE와 차단기가 動作하여 電路가 끊어지는 경우에는 接地線의 導體溫度가 150°C를 넘지 않도록 하는 것이 바람직하다.

3.5.2 變電所 耐雷接地의 接地線

위와 같이 높은 온도가 적용된다. 특히 大電流가 통하는 避雷, 耐雷用接地에는 충분한 굵기가 必要하며 故障條件 및 故障繼續時間에 따라서 電線의 굵기를 算出한다.

3.6 接地抵抗을 줄이는 設計.施工

- 1) 接地極의 사이즈를 크게 한다.
- 2) 接地極을 竝列接地 한다.
- 3) 接地極의 埋設깊이를 增加한다.
- 4) 接地極의 周圍土壤을 改良하여 抵抗率을 떨어뜨린다.
- 5) 水道管을 利用한다.
- 6) 形狀을 바꾼다.

4. 接地適用設備의 施工種類

위와같은 방법에 의해서 각종 接地工事를 하는데 필요한 施工種類는 다음과 같다.

- 1) 電線路設備의 接地工事
- 2) 電氣使用場所에 配線設備의 接地工事
- 3) 電氣使用機器設備의 接地工事
- 4) 病院 등 醫療電氣設備의 接地工事
- 5) 工場 등 危險場所에 電氣設備 接地工事
- 6) 靜電(電子)機器의 接地工事
- 7) 電子機器를 誘導노이즈로부터 保護하기 위한 接地
- 8) 雜音障害防止의 接地工事
- 9) 電氣防蝕의 接地工事
- 10) FA.OA 機器의 接地
- 11) 避雷針設備의 接地工事

5. 接地設備의 補修·點檢

接地工事의 대부분은 長期間 連續使用으로 永久不變의 것은 없으며 施工時 接地線, 接地極, 附屬品의 腐蝕, 기타 損傷變化에 의해서 抵抗値가 증가하고 大地에서 절단되는 非接地 狀態도 고려되어야 한다. 따라서 施工後에 健全한 接地狀態를 가지고 維持運營함이 필요하다. 이 보수업무는 既說의 接地工事시의 저항치를 유지하고 保守를 電氣設備 내용변경에 따라서 適用하며 安全의 適合性에 맞게 向上對策을 검토해서 改善하고 적절히 維持運營이 되도록 해야한다.

그러므로 必要한 業務內容을 들면 다음과 같다.

- 1) 確認點檢 및 檢査, 保守
- 2) 測定 및 記錄
- 3) 報告
- 4) 事故發生時의 對策
- 5) 修理, 變更保全
- 6) 技術問題의 研究檢討

- 7) 現狀維持, 不備事項의 解消
- 8) 將來의 改善計劃과 實施

參 考 文 獻

- 1) 大韓電氣協會誌：電氣設備技術基準.
- 2) 大韓電氣協會誌：內線規定.
- 3) 大韓電氣協會誌：配電規定.
- 4) 電氣設備辭典編輯委員會：電氣設備辭典.
- 5) 月刊 電氣技術 87年 11月, 88年 1月 特輯：接地設計·工事의 노하우.
- 6) Wilford.I.Summers：The National Electrical Code Handbook NEPA Article 250-Grounding
- 7) W.H.Lewis：“Recommended Power And Signal Grounding For Control And Computer Room” IEEE Industry Application Vol. 1A-21, No. 6, 1985
- 8) 大韓電氣協會誌, “電氣技師補修教育教材”, pp.85-181, 1990. 2.
- 9) 조연옥, “電力系統에 있어서 接地의 實際”, 大韓電氣學會誌.