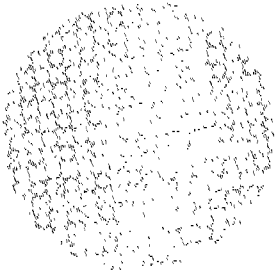


配電線路의 接地工事

Earthed Performance of Power Distribution LINE



洪 禹 基

韓國電力公社 配電部長

1. 序論

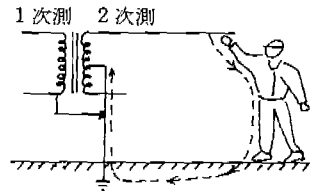
高度의 電化와 家電機器의 擴大普及으로 이제는 山間奧地까지 電力이 供給되어 電氣利用度가 急激히 높아졌다. 그러나 電氣는 生活의 便利를 가져다 주는 대신에 使用者의 不注意나 機器 및 施設의 不良으로 人間의 生命을 앗아가는 危險한 存在가 되었는데 漸次 人間의 尊嚴性이 높아져 社會의 여러 方面에서 安全을 重視하는 傾向이 나타났으며 電氣 事業者에게 社會的 責任이 더욱 크게 賦課되어 電氣 使用時 電氣로 부터 人間의 生命을 保護해야 하는 安全對策이 切實히 要求되기에 이르렀다. 電氣 安全對策으로는 地絡保護와 絶緣·接地等을 들 수 있으나 그중 接地設備는 地絡保護와 設備機能上 제일 重要하다 하겠다.

2. 電力系統과 接地

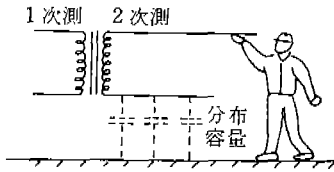
配電系統은 5.7kV, 11.4kV, 22.9kV가 接地系統, 6.6kV, 3.3kV가 非接地系統인데 앞으로는 多重接地 方式인 22.9kV系統으로 昇壓運轉될 展望이다. 低壓 配電系統은 大部分 變壓器의 2次側 中性點이 大地와 接續된 接地系統으로 運轉되고 있다. 接地系統과 非接地系統의 差異를 要約해 보면 다음과 같다.

(1) 人体通過電流의 크기

非接地系統에서는 人体가 電路에 接觸하여도 1點 接觸時에는 分布容量을 經由, 電流가 흐르게 되므로 系統의 規模가 적을때에는 人体通過電流가 적다. 그러나 接地系統에서는 變壓器 2次가 接地되어 있기 때문에 電路에 接觸될 경우에 1點接觸時에도 루프回路가 型成되어 接觸狀態에 따라서 危險한 電流가 人体에 흐를 可能性이 있다.



(그림- 1) 接地系統(一般低壓配電系統)



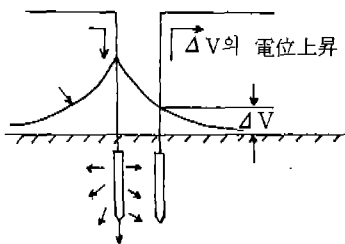
〈그림-2〉非接地系統

(2) 異常電位上昇의 抑制

非接地系統은 電路의 大地電位가 上昇될 경우에 上昇된 電位를 抑制하기 어렵다. 高低壓線間混觸, 雷Surge, 開閉Surge等으로 低壓側에 높은 電壓이 侵入하게 되면 配線이나 機器가 破損되거나 火災및 感電事故를 發生케 한다. 그러므로 低壓配線系統은 大部分 2次側 中性點을 接地시켜 2次側의 電位上 昇을 抑制하고 있다.

(3) 接地系統間의 相互干涉

接地를 하면 電路의 大地電位를 抑制할 수 있지 만 多數의 接地系統이 있는 場合에 제각기 다른 接地工事를 施工하였다 하더라도 大地를 共有하고 있으므로 크고 작은 相互干涉을 일으킬 機會가 항시 있다는 弱點이 있다. 예를 들면 두개 接地系統의 接地電極을 近接해서 施設했을 때에 한쪽系統이 接地電流에 의하여 電位가 上昇하게 되면 다른 健全系統에 波及된다.



〈그림-3〉接地系統間의 相互干涉

(4) 絶緣의 維持

電力系統은 周邊環境이나 負荷의 規模나 樹木, 鳥類等에 依한 被害等으로 항시 健全狀態로 絶緣을 維持하기가 매우 어렵고 接地事故가 發生하였을 때 이것을 放置하여 두면 異常電壓의 發生으로 施設에

損傷을 줌은 물론 短絡事故로 進展되는 場合가 發生하므로 이것을 防止하기 爲하여 中性點을 接地시키 는 것이다.

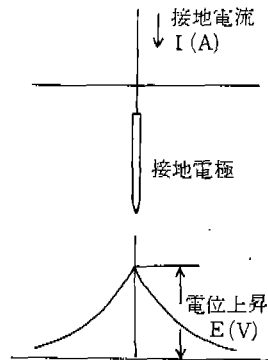
(5) 地絡時의 檢出

非接地系統은 地絡事故가 發生하였을 場合에 地絡電流가 적기때문에 地絡檢出이 接地系統에 比하여 어렵다.

3. 地絡電流와 大地電位上昇

(1) 接地抵抗

接地가 되어있는 設備에서 接地線 및 接地電極을 통해 大地로 流入되는 電流를 接地電流라고 하는데 正常設備에서는 큰 接地電流가 흐르지 않으나, 地絡事故가 發生하면 큰 接地電流가 흐르게 되므로 接地電流를 쉽게 흐르게 하기 위하여는 接地抵抗이 적어야 한다. 接地抵抗을 定量的으로 표현한다면 「한개 의 接地電極이 있는데 여기에 接地電流 I (A)가 흐르고 있다면 接地電極에 接地電流가 流入됨으로 써 接地電極의 電位가 周邊의 大地에 E (V)만큼 높아진다. 이때 E/I (Ω)을 이 接地極의 「接地抵抗」이라고 말할 수 있다.



〈그림-4〉接地抵抗과 電位上昇

(2) 接地電流에 依한 大地電位上昇

· 接地電極에 接地電流가 흐르면 接地電極 또는 그 周邊大地의 電位가 上昇한다. 그림5와 같이 半徑 r 의 半球狀接地電極에 대하여 周邊의 電位上昇을 計算해 보면 주위의 大地抵抗率을 ρ 라할 때 그電極의

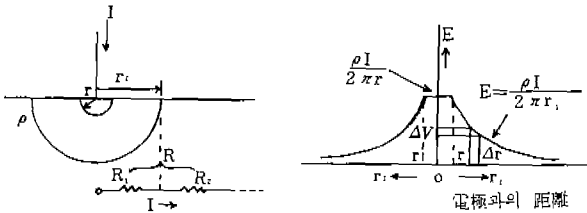
接地抵抗은 $R = \frac{\rho}{2\pi r}$ 여기서 大地의 抵抗을 電極에서 距離 r_1 까지의 部分과 r_1 이외의 部分으로 區分하면

$$R = \frac{\rho}{2\pi r}$$

$$R = R_1 + R_2$$

$$R_1 = \frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_1} \right)$$

$$R_2 = R - R_1 = \frac{\rho}{2\pi r_1}$$



〈그림-5〉 接地電流에 의한 大地電位上昇

따라서 接地電極에 接地電流 I (A)가 流入되면 電極中心에서 距離 r 의 電位는 $E = IR_2 = \frac{\rho I}{2\pi r_1}$ 가 된다. 이式에서 電位는 電極에서의 거리에 反比例함을 알 수 있으며 Δr 을 步幅, Δr 에 加해진 電壓 ΔV 를 步幅電壓이라고 한다.

4. 配電線路의 接地工事 (韓電設計基準 內容)

(1) 接地工事의 種類

○ 第1種 接地工事

接地線과 大地間의 電氣抵抗値가 10Ω 以上인 것 (단, 避雷器接地와 配電變壓器 및 機器에 施設하는 第1種 接地工事의 接地抵抗値는 除外한다)

○ 第2種 接地工事

接地線과 大地間의 電氣抵抗値는 變壓器의 高壓 또는 特高壓側 電路의 1線地絡電流(A)로 150 (變壓器의 高壓 또는 特高壓側 電路와 低壓側 電路와의 混觸에 의하여 低壓電路의 對地電壓이 150V를 넘는 경우에 2秒以內에 自動적으로 高壓 또는 特高壓 電路를 遮斷하는 裝置를 設置하였을 때에는 300V)을 나눈 값과 같은 옴(Ω)數以下

○ 第3種 接地工事

接地線과 大地間의 電氣抵抗値는 100Ω 以下일 것, 低壓電路에서 電路에 接地가 發生하였을 때 0.5

秒以內에 遮斷하는 裝置를 施設할 경우에는 500Ω 以下.

○ 特別 第3種 接地工事

接地線과 大地間의 電氣抵抗値는 10Ω 以下일 것, 但 低壓電路에서 電路에 接地가 發生하였을 때 0.5秒以內에 遮斷하는 裝置를 施設할 경우에는 500Ω 以下

(2) 接地工事의 區分

接地를 要하는 工作物 및 機器의 接地工事區分은 〈表1〉과 같다.

(3) 避雷器의 接地

避雷器의 接地는 第1種接地工事に 의하여 그 接地抵抗値는 다음과 같다.

○ 發電所, 變電所, 變電塔, 絕緣變壓器, 昇壓用 케이블, 其他 重要한 機器의 部分에 取付하는 避雷器의 接地抵抗値는 10Ω 以下로 한다.

○ 非接地系統의 線路에 設置하는 避雷器는 다음 중 어느 하나에 의하여야 한다.

- 單獨으로 避雷器를 接地할 때에는 30Ω 以下로 한다.

- 變壓器等 機器 接地工事의 接地極과 避雷器의 第1種接地工事의 接地極을 1m 以上 離隔하여 施設할 때에는 避雷器의 第1種 接地工事의 抵抗値는 30Ω 以下로 한다.

- 變壓器等 機器接地工事의 接地線과 避雷器 第1種 接地工事의 接地線을 서로 接續할 때에는 接地極은 個別로 施設하고 그 接續은 柱上에서 하여야 하며 變壓器等 機器를 中心으로 하여 半徑 50m의 圓과 半徑 300m의 圓으로 둘러싸인 地域內의 1個所 以上에 共同接地工事を 하되 이때 接地抵抗値는 다음〈表2〉와 같다.

〈表-2〉 避雷器의 共同接地抵抗値

接地工事의 種類	接地抵抗値
1. 避雷器의 第1種接地工事	75 Ω 이하
2. 變壓器의 第2種接地工事	65 "
3. 共同接地의 第2種接地工事	65 "
4. 上記 1, 2, 3의 合成接地抵抗値	20 "

- 위項에서 避雷器 取付後 變圧器等 機器 接地工
事의 接地抵抗値가 10Ω 以下일때에는 避雷器의 接
地線을 變圧器의 接地線과 柱上에서 接續하고 接地
工事は 省略할 수 있다.

○ 接地系統의 線路에 施設하는 避雷器의 接地線
은 中性線에 連結하고 그 電柱에서 接地하며 接地
抵抗値는 25Ω 이하로 한다.

(4) 配電變圧器 및 機器의 接地

變圧器의 接地는 다음에 의하며, 그外 機器의 接
地는 變圧器에 準한다.

○ 地上 또는 外函에 사람이 接觸할 憂慮가 있는
場所에 設置하는 變圧器는 그 外函과 低壓線側의 中
性點 또는 低壓一端을 함께 第一種接地工事を 하
며 接地抵抗値는 10 Ω 以下로 한다.

○ 電柱上 또는 外函에 사람이 接觸할 憂慮가 없
는 場所에 設置하는 變圧器는 그 外函과 低壓線側
의 中性點 또는 低壓一端을 다음과 같이 接地한다.

- 非接地系統 (3.3kV, 6.6kV)은 變圧器 設置場所
마다 다음(5)項에 의하여 第2種 接地工事を 施行하
되 土地의 狀況에 따라서 規定된 接地抵抗値를 얻
기 어려운 때에 限하여 共同接地를 할 수 있다.

- 3相 4線式接地系統 (5.7kV, 11.4kV, 22.9kV)
은 第1種接地工事に 의하되 接地抵抗値는 25Ω 以
下로 한다. 外函과 低壓線側의 中性點 또는 低壓
一端을 中性線에 接續하고 變圧器設置場所에 接地하
여야 한다.

(1) 柱上變圧器의 第2種接地工事

1次側이 非接地인 系統의 柱上變圧器 第2種接地
工事は 다음에 의한다.

○ 單獨接地工事は 柱上變圧器設置場所에서 施行
하여야 하는데 土地의 狀況에 따라 規定抵抗値를 얻
기 어려운 때에는 22mm²硬銅線 또는 이와 同等以上
의 세기 및 굵기의 電線을 使用하여 變圧器 設置柱
로부터 200m 떨어진 場所에서 施行할 수 있다. 이
때 接地線은 硬銅線 22mm²以上の 接地된 低壓電線을
利用할 수 있다.

〈表 1〉 接地 工事의 區分

接地種別	工作物 또는 機器의 種別	備 考
1.	避雷器	

第 1 種	2. 屋内 또는 地上에 施設하는 特高壓 또는 高壓機器의 外函 3. 柱上에 設置하는 3相 4線 式 接地系統의 變圧器 및 機器外函 4. 22.9kV를 넘는 特高壓線과 交叉, 接近할 경우에 施設하 는 保護網 5. 交流電車線의 下方에 接近하 는 경우에 施設하는 保護網	
第 2 種	1. 柱上에 施設하는 非接地系統 의 高壓柱上 變圧器의 低壓 側 中性點 또는 低壓側의 一 端과 그 變圧器의 外函	
第 3 種	1. 弱電線과 交叉 또는 接近假 所에 施設하는 保護線과 保 護網 2. 索道의 下方에서 交叉, 接近 하는 경우에 施設하는 防護 裝置의 金屬部分 3. 굴뚝등과 接近하는 경우 굴 뚝등의 金屬部分 4. 鐵柱, 鐵塔, 鋼板柱 5. 交流電車線과 交叉하는 高壓 電線路의 腕金 6. 高, 低壓 架空케이블의 조가 用 鋼撚線 7. 一次가 接地系統인 경우의 多 重接地된 中性線 및 低壓線 의 接地側電線 但, 柱上變圧器 二次側接地 는 除外 8. 柱上에 施設하는 高壓콘덴사 高壓電壓整器 및 高壓開閉器 등 機器의 外函 9. 屋内 또는 地上에 施設하는 400V 以下 低壓機器의 外函 10. 콘크리트柱의 高壓 및 特高 壓用 腕金 11. 一次가 非接地系統인 경우의 單相 3線式 低壓 中性線의 末端	但, 接地 저항치는 5 Ω /km
特別 第 3 種	屋内 또는 地上에 施設하는 400 V를 넘는 低壓機器의 外函	

○ 土地의 狀況等으로 單獨接地를 施工하기 어려운 때에는 架空共同地線을 設置하고 2個所 以上の 施設個所에 共同의 第2種 接地工事を 할 수 있다.

○ 電氣爐, 電氣보일러, 電解槽等과 같이 항시電線의 一部를 大地로부터 絶緣하지 않고 利用하는 負荷에 供給하는 變壓器는 第2種接地工事を 省略한다.

(6) 1·2次 中性線이 多重接地

1次側이 3相4線式 接地系統일때 1次 및 2次側 中性線은 다음에 의하여 多重接地하여야 한다.

○ 1次側 中性線의 接地個所는 人家密集 地域과 規定된 接地抵抗値를 얻기어려운 地域에서는 每電柱마다 接地하여야 하고, 人家가 없는 野外에서는 每300m 以下마다 1個所以上 接地하여야 한다.

○ 低壓側中性線의 接地個所는 每 3徑間 以下마다 接地하여야 하며, 低壓線의 長이 3徑間 以下일 때는 末端柱에서 接地하여야 한다.

○ 中性線과 大地間의 合成抵抗値는 每km마다 5Ω 以下가 되어야 하며, 各 接地線을 中性線으로 부터 分離하였을때 各 接地線과 大地間의 抵抗値 (單位個所當)는 100Ω 以下이어야 한다.

(7) 腕金の 接地

高壓과 特高壓 配電線路의 腕金接地는 다음에 依한다.

○ 3.3kV, 6.6kV等 非接地系統의 腕金은 每電柱에서 接地한다.

○ 3相4線式 接地系統

-5.7kV, 11.4kV, 22.9kV等 3相4線式 接地系統의 腕金은 多重接地된 中性線에 連結하며 別途의 接地는 要하지 않는다.

-腕金接地線은 7/20%600V비닐電線을 使用한다.

-腕金接地線의 接續은 事故時에 過電流가 흐를 때에 接續不良, 離脫, 中性線斷線등이 發生키 않도록 堅固하고 耐久性있게 接續한다.

(8) 鐵柱, 鐵塔 및 鋼板柱의 接地

第3種 接地工事を 施工하되 接地線은 600V비닐電線을 使用하여야 하며, 鐵柱, 鐵塔 및 鋼板柱의 柱脚에 連하여 取付하며 接地極은 各各 1m 以上 離隔하여 施工한다.

(9) 接地線의 굵기

〈表-3〉 接地工事別 接地線의 굵기

接地種別	接地線의 굵기
第 1 種	7/2.0mm 以上の 600V 비닐 電線
第 2 種	7/2.0mm " "
第 3 種	7/1.6mm " "
特別第 3 種	7/1.6cm 以上の 600V 비닐 電線

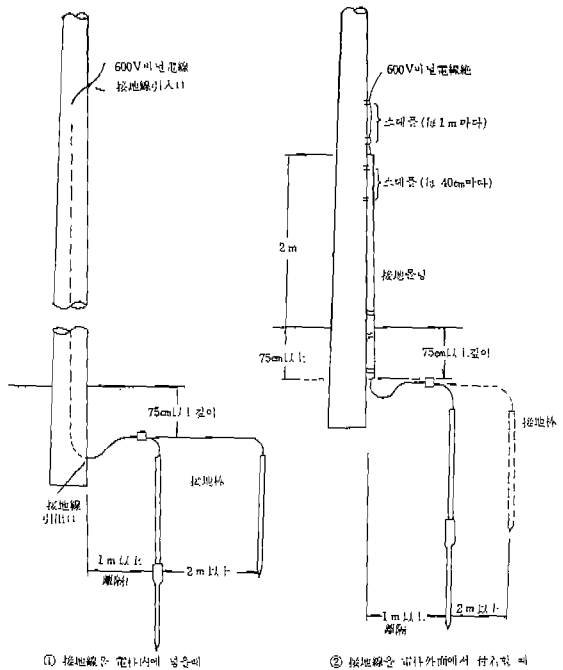
(10) 接地施工方法

○ 接地極은 地表面下 75cm 以上の 깊이에 電柱로부터 1m 以上 離隔하여 埋設한다.

○ 埋設깊이는 깊을수록 効果的이므로 接地棒을 2個以上 埋設할 때에는 直列로 連結함이 有利하다. 但, 接地極을 2個以上 並列로 埋設할 때에는 相互間隔을 2m 以上으로 한다.

○ 接地線을 電柱內에 넣을 수 없을 때에는 地表面下 75cm 로부터 地表面上 2m 部分까지 接地몰딩을 使用하여 電柱에 堅固하게 附着하여야 한다.

○ 土地의 狀況 또는 岩盤等으로 規定抵抗値를 얻기 어려운 곳에서는 接地抵抗 低減劑等을 使用한다.



〈그림-6〉 接地工事方法

(11) 接地施設의 維持管理

接地施設은 以上에서와 같이 規定된 接地抵抗值를 恒時 維持해야 하므로 2년에 한번씩 접지개소별로 接地抵抗值를 測定하여 規定抵抗值를 超過하거나 斷線 또는 露出된 接地線에 對하여는 改補修함으로써 規定抵抗值를 維持하고 있다.

5. 結論

接地設備는 人壽에 對한 保護와 電氣回路의 性質

上 接地效果等으로 없어서는 안될 絶對必要設備이며 接地抵抗值는 接地施設의 構造, 材質, 埋設方法 및 對地條件(固有抵抗)에 따라서 決定되므로 經濟的 또는 技術的인 面에서 많은 研究가 要求되고 있다. 특히 우리나라는 配電系統이 多重接地系統化 되고 있어서 接地個所가 많아져 接地施設管理에 많은 어려움이 隨伴되고 있으므로 既存設備의 維持管理는 물론, 新設設備에 對한 徹底한 施工으로 新設時부터 充分한 規定抵抗值가 維持되도록 努力함으로써 電氣使用者의 安全性를 提高해야 할 것이다.

*

* 2分講座 * — 〈電氣工學의 수수께끼〉 —

電子의 存在를 어떻게 確認하나 ?

摩擦電氣나 電線속에 흐르는 電氣의 〈그림-1〉

正體는 똑 같은 것

靜電氣와 電線속에 흐르는 電氣라는 것은 얼핏보면 別個의 것으로 생각될지 모르나 그 正體는 똑같은 것이다. 즉 靜電氣라는 것은 電氣를 粒子가 靜止狀態에 있다는 것을 말하고 있는 것이며, 電線속의 電流는 電氣를 띤 粒子가 돌아 다니고 있다는 差異뿐이다.

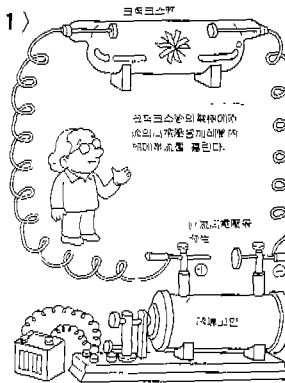
여기에서 電氣를 띤 粒子라는 것은 이미 잘 아는 바와 같이 모든 物質을 構成하고 있는 元素의 基體인 電子(-의 電荷를 갖고 있다)와 原子核(+의 電荷를 갖고 있다)을 말한다.

靜電氣는 電子의 過不足에 의해 생기며, 電流는 電子의 移動에 따라 생긴다.

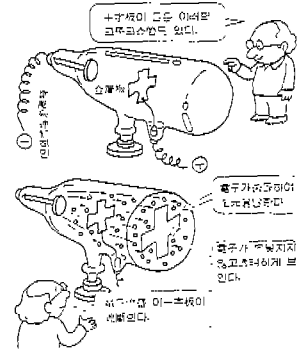
電子의 움직임을 알기 위해서는 眞空中에서 取扱할 必要가 있다.

크룩스스관이라는 것이 있다. 크룩스스관에는 여러가지 種類가 있으나 이것은 眞空의 유리管內에 摩擦이 적은 유리棒의 레일위에 螢光物質을 칠한 날개바퀴가 左方向이나 右方向으로 回轉할 수 있도록 되어 있다.

어째서 이러한 것을 준비했느냐 하면 電子의 움직이는 모양을 아는데 편리하기 때문이다. 實際로 크룩스스관에 電壓을 연결하면 電子의 運動에 의해 날개바퀴가 밀려서 回轉하고 있다는 것을 볼 수 있다. 便宜上 그림1과 같은 裝置를 構成하여 高電壓을 發生시키면 날개바퀴의 回轉을 볼 수 있다. 電子



〈그림-2〉



는 대단히 작은 粒子로서 (電子의 質量 $m = 9.1085 \times 10^{-31}$ [kg]), 그 運動을 空間에서 取扱할 경우에는 텔레비전의 브라운管等과 같이 空眞속에서 取扱하지 않으면 안된다. 그 理由는 空氣中에는 分子나 原子가 우글우글하고 있어 衝突함으로써 電子의 運動이 妨害되기 때문이다.

電子가 -의 電荷를 갖고 있는 것은 어떻게 알 수 있나

크룩스스관에 直流高電壓을 連結하면 그 (+) (-)의 極性에 따라 날개바퀴의 回轉이 反轉한다. 즉 電子가 튀어 나오는 方向은 반드시 (-)의 極이기 때문이다. (-)極에서 튀어나와 (+)極에 끌려간다는 것은 電子가 (-)의 電荷를 갖고 있다는 證明이 되는 것이다. 電子의 質物은 대단히 微微한 것이더라도 그것이 多量으로 모이면 날개바퀴를 回轉시키는 일도 한다. 또한 그림2와 같은 크룩스스관을 사용함으로써 電子가 直進하는 性質을 갖는 것과 螢光作用을 갖는 것도 알 수 있다.