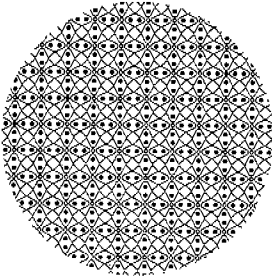


# 接地抵抗의 測定方法 에 關하여

## On The Measuring Method of Earth Resistance



元 峻 喜

韓國電氣研究所 研究委員

### 1. 序 言

接地抵抗은 一般的으로 建設當時에 接地抵抗. 測定器를 사용해서 抵抗値를 測定하여 規定値 이하로 維持되도록 하고 있으나, 時間이 흐름에 따라 接地電極의 劣化와 周辺環境의 變化등으로 그 값이 달라지는 경우가 있다. 따라서 雷害防止, 機器 및 人命保護와 安全確保등 接地의 基本目的을 충분히 達成하기 위해서는 定期的으로 接地抵抗을 測定하여 規定値의 維持與否를 調査하고 規定値를 벗어날 경우에는 그 값을 維持하도록 적절한 措置를 취해야 할 것이다.

그런데 常時 運轉中인 設備의 接地抵抗을 測定하는 경우 接地線을 被保護設備로 부터 一時 分離시켜 測定하는 從來의 方法은 번거로울 뿐만 아니라, 接地抵抗을 測定하는 동안에 被保護設備에 危害를 초래할 수도 있는 危險性을 내포하고 있다. 특히, 送配電線路의 接地系는 多重接地나 連接接地가 一般化되어 있으므로, 接地抵抗 測定時 被測定 接地極을 多重接地系로 부터 分離시켜 測定해야 하며, 配電線路의 경우 都心에서 補助接地棒등의 사용이 곤란한 점등의 문제가 있다.

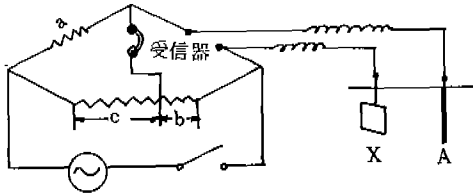
近年 이러한 接地抵抗 測定裝置의 缺點을 補完하기 위해 研究가 進行되어, 최근에는 보다 改善된 測定裝置가 개발되어 實用化되고 있거나 實用化 段階에 있으므로 本稿에서는 從來의 測定方法과 近來 開發된 測定裝置의 原理 및 概要를 간략하게 紹介함으로써 會員諸位의 理解를 돕고자 한다.

### 2. 各種 接地抵抗 測定方法의 原理

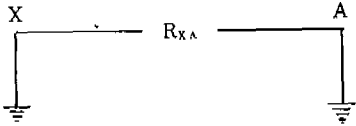
接地抵抗 測定方法에는 여러가지가 있는데 目的에 따라 적절한 方法을 選擇할 필요가 있으며 測定에 이용하는 電源도 直流을 이용할 경우 電極表面에 電氣化學作用에 의한 分極作用이 發生하여 正確한 값을 얻기가 곤란하므로 交流를 사용하는 것이 좋다. 따라서 실제 사용되는 測定器에는 製作上의 容易, 安全性, 正確度維持 및 小形化를 위하여 交流가 사용되고 있다.

#### 가. Kohlrausch Bridge法

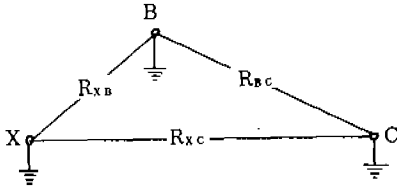
從來에 널리 사용되었던 方法으로, 測定回路의 原



〈그림-1〉 Kohlrausch Bridge法の 測定原理回路



〈그림-2〉 2電極法에 의한 接地抵抗測定



〈그림-3〉 3電極法에 의한 接地抵抗測定

는 그림 1과 같다.

그림 1에서 被測定 接地極을 X, 補助電極을 A라 하고, Bridge가 平衡을 이루도록 可變抵抗을 調整하면 X-A사이의 抵抗  $R_{XA}$ 와 可變抵抗 b, c 사이에는  $ab = C R_{XA}$  ..... (1)의 관계가 成立하므로 接地抵抗  $R_{XA}$ 는

$$R_{XA} = \frac{ab}{C} \text{ ..... (2)}$$

와 같이 구하는 方法인데, 이 方法은 구체적으로 다음 두가지로 나눌 수 있다.

1) 2電極法

그림 2와 같이 測定하고자 하는 電極 X와 미리 抵抗値를 알고 있는 接地 A사이의 抵抗  $R_{XA}$ 를 測定하여

$$R_X = R_{XA} - R_A \text{ ..... (3)}$$

로부터  $R_X$ 를 구하는 方法이다.

2) 3電極法

그림 3과 같이 X이외에 B 및 C의 補助接地를 이용하여 相互間의 抵抗  $R_{XB}$ ,  $R_{XC}$ ,  $R_{BC}$ 를 測定하고

$$R_X = \frac{1}{2} (R_{XB} + R_{XC} + R_{BC}) - R_{BC} \text{ ..... (4)}$$

로부터  $R_X$ 를 구하는 方法이다.

나. 接地抵抗計法

現在 가장 많이 이용되고 있는 方法으로 직접 읽을 수 있는 發電機式 또는 電池式이 一般인데 그 基本原理는 同一하다.

1) 發電機式 接地抵抗計

이 接地抵抗計는 交流電位差計의 原理를 應用한 것으로 그림 4와 같은 구조로 되어있다.

그림 4에서 G는 手動式 交流發電機로 손잡이를 每分 120回의 速度로 回轉시키면 약 75Hz의 交流가 發生한다.  $P_1$ 은 測定하고자 하는 接地極,  $P_2$ 와  $P_3$ 는 補助接地極, CT는 變流器, GR은 整流子, C는 大地電流등의 直流를 貯지하는 Condenser이다.

이 測定器의 動作原理는 發電機를 回轉시키면 電流  $I_1$ 은 CT의 1次側과  $P_3 - P_1$ 을 통하여 發電機로 돌아온다. 可變抵抗 S를 加減해서 檢流計 D의 指示가 零이 되도록 하면 E-P사이의 電壓降下  $I_1 r$ 은  $I_2 a$ 와 平衡이 된다. 이 때 S의 위치에 부착된 計器로부터 接地抵抗値r을 바로 알 수 있다. 즉

$$I_1 r = I_2 a \text{ ..... (5)}$$

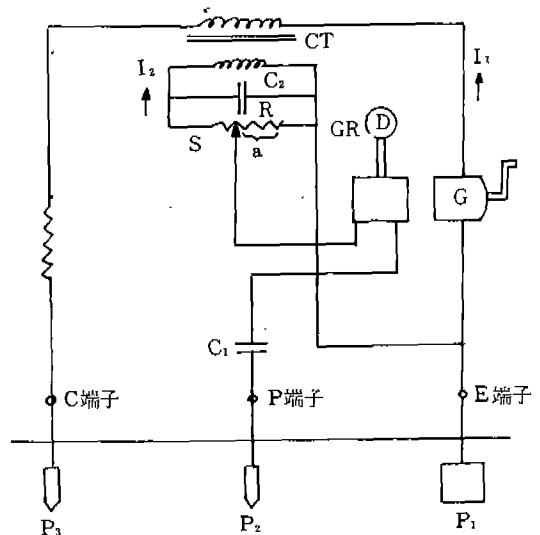
로부터

$$r = \frac{I_2}{I_1} a \text{ ..... (6)}$$

의 관계가 成立하고, 變流比를  $n = \frac{I_2}{I_1}$ 라 하면

$$r = na \text{ ..... (7)}$$

로 된다.



〈그림-4〉 發電機式 接地抵抗計의 内部接續圖

## 2) 電池式 接地抵抗計

이 接地抵抗計는 電源으로 여러개의 乾電池를 사용하고 Transistor 回路를 이용한 直流-交流 變換器(Inverter)를 內藏한 것인데 指示部의 動作原理에 따라 交流電位差計方式과 交流定電流方式으로 大別된다.

### i) 交流電位差計方式

前述한 發電機式 接地抵抗計의 手動發電機 대신에 Invertor를 電源으로 사용한 것으로 動作原理는 發電機式과 같다.

그림 5에서 被測定抵抗을  $R_x$ , 測定電流를  $I$ 라 하면 檢流計  $G$ 가 平衡을 이룰 때  $E_x = E_{s0}$ 가 된다. 또한

$$E_x = IR_x, \quad E_{s0} = nIR_{s0} \dots \dots \dots (8)$$

의 관계로 부터 다음 식이 成立하고

$$IR_x = \eta IR_{s0} \dots \dots \dots (9)$$

測定하고자 하는  $R_x$ 는

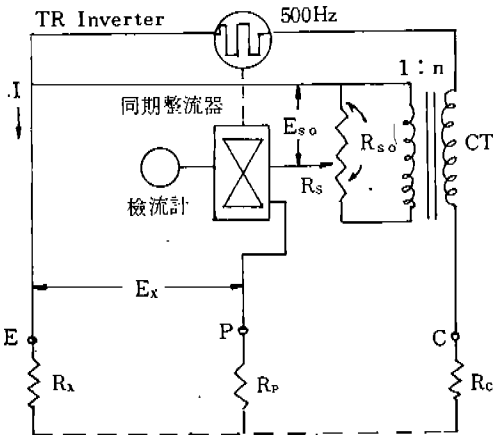
$$R_x = \eta R_{s0} \dots \dots \dots (10)$$

로 된다.

### ii) 交流定電流方式

이 方法은 電壓降下法의 原理를 應用한 것으로 一定의 測定電流  $I$ 를 그림 4의  $P_1 - P_3$  사이에 흘리고, 이 때  $P_1 - P_2$  사이에 發生하는 電壓  $V$ 를 測定하여  $R = \frac{V}{I}$ 의 관계로 부터 接地抵抗을 구하는 方法이다.

前述한 方法 以外에 接地抵抗計를 사용하지 않는 方法도 있으나 이러한 測定方法들은 모두 接地抵抗 測定時 被保護設備로 부터 接地線을 分離시켜야 하



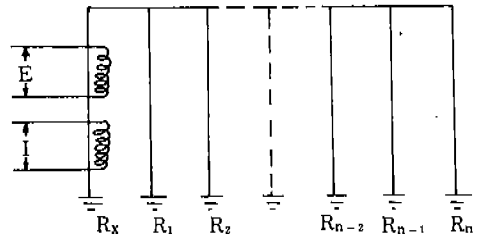
〈그림-5〉 電池式 接地抵抗計의 內部接續圖

기 때문에 序言에서 論及한 바와 같은 不便性과 危險性을 내포하고 있다. 그런데 이러한 缺點을 補完하기 위한 研究의 結果로 最近에는 接地線을 分離시키지 않고 設備의 運用狀態에서 接地抵抗을 測定할 수 있는 裝置가 實用化되어 있거나 實用化 段階에 있으므로 다음 章에서는 이들 測定器의 概要를 간략하게 記述하기로 한다.

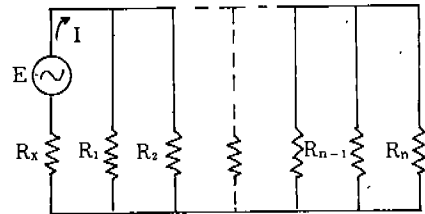
## 3. 改善된 接地抵抗 測定方法

### 가. 多重接地系의 測定方法

一般의 配電線路의 多重地線系는 그림 6과 같은 簡異基本回路 및 그림 7에 나타난 等價回路로 나타낼 수 있다.



〈그림-6〉 多重接地系의 基本回路



〈그림-7〉 等價回路

그림 6에서 被測定 接地極  $R_x$ 에 特殊變壓器에 의해 電壓  $E$ 를 印加하면 回路電流  $I$ 가 흐르고 다음 관계식이 成立한다.

$$\frac{E}{I} = R_x + \frac{1}{\sum \frac{1}{R_n}} \dots \dots \dots (11)$$

그런데 一般的으로 多重接地系에서는 接地極數가 많기 때문에

$$R_x \gg \frac{1}{\sum \frac{1}{R_n}} \dots \dots \dots (12)$$

의 관계가 成立하고 따라서 식 (11)은 近似的으로 다음 식과 같이 표현할 수 있다.

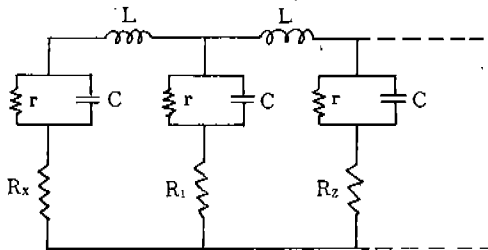
$$\frac{E}{I} \approx R_x \dots\dots\dots (13)$$

식 (13)에서 電壓 E를 一定하게 維持하고 電流 I를 檢出하여 接地極의 抵抗值  $R_x$ 를 測定하는 것이 이 方法의 原理이다. 그런데 多重接地系에 連系되어 있는 配電機器의 對地 임피던스는 거의 容抗性이므로 大地歸路를 이용하는 이 測定方法에서 印加電壓의 周波數로는 1次側에서의 漏洩을 고려해서 그 上限値를 10KHz정도 까지로 할 필요가 있다.

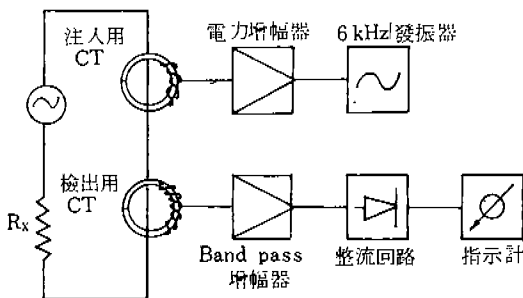
또한 多重接地系를 포함하는 回路의 임피던스는 接地抵抗 以外에도 回路抵抗, 인덕턴스 및 分布容량등으로 構成되어 周波數의 函數가 되므로 接地系의 임피던스가 純抵抗에 가까운 特性을 갖게하는 電源周波數를 選擇할 필요가 있는데 實驗結果 印加해야할 電源周波數로는 6kHz 범위가 적당하며 多重接地系의 等價回路도 그림 8과 같이 構成하는 것이 적합한 것으로 보고되어 있다.

그림 9는 改善된 測定器의 Block Diagram을 나타낸 것이며,

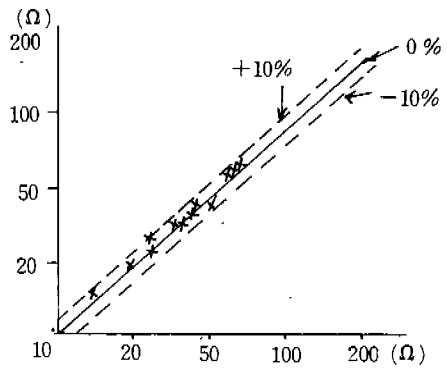
그림10은 從來의 方法에 의한 測定値와 改善된 方法에 의한 測定値를 比較한 것인데 그림에서 直線으로 表示한 것은 從來의 測定器에 의한 測定値를 X表示로 나타낸 것이 改善된 測定器에 의한 測定結果이다.



〈그림-8〉 多重接地系의 等價回路



〈그림-9〉 改善된 測定器의 Block Diagram



〈그림-10〉 測定値 比較

그림10에서 알 수 있는 바와 같이 測定精度는 從來의 方法에 비해 약간 떨어지지만, 이 測定器의 原理上 被測定接地極의 抵抗値가 들수록 多重 接地系의 接地極數가 많을수록 높아지므로 數極以上の 多重接地系에서는 實用上 별문제가 없을 것으로 思料되며, 特徵으로는 다음과 같은 사항을 들 수 있다.

- i) 補助接地棒과 그에 필요한 配線이 필요없다.
- ii) 多重接地系內에서 各 接地極의 抵抗을 測定하는 경우 被測定 接地極을 多重接地系로 부터 分離시키지 않고 接地抵抗을 測定할 수 있다.
- iii) 常用周波의 大地電壓, 大地電流 및 高周波 Noise에 의한 影響이 없다.

나. 送電鐵塔 接地抵抗 測定器

送電鐵塔은 架空地線으로 連接接地되어 있으므로 從來의 測定方法에서는 接地線을 鐵塔으로 부터 一時 分離시켜야 하는 不便性과 危險性을 내포하고 있다. 이러한 缺點을 補完하기 위한 方案으로 鐵塔에 常時 흐르고 있는 漏洩電流를 이용하여 接地線을 分離시키지 않고 各 鐵塔의 接地抵抗을 測定할 수 있는 裝置가 最近에 開發되어 實用化 段階에 있다.

그림11은 이 測定器의 測定原理를 나타낸 것인데 接地電極에 電流 I가 흐르면 電位上昇 V가 發生하므로 接地抵抗  $R(V/I)$ 은 I 및 V를 測定하여 구할 수 있다.

送電線에 흐르고 있는 電流에 의해 各 徑間의 架空地線에 起電力이 誘起되고 이 起電力에 의한 電流는 各 各 架空地線-鐵塔-大地-鐵塔의 LOOP를 통하여 흐르게 된다. 任意 鐵塔의 漏洩電流는 鐵塔에 흐르는 電流를 呑한 것이 되고 이 漏洩電流가 鐵塔의 塔脚電位를 上昇시킨다.

(23페이지로 계속)

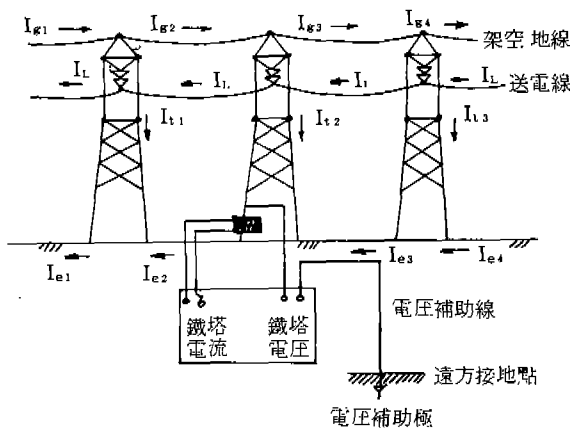
년까지는 全國 電力管理處에 設置完了하고, 中央給 電用 에너지管理System과 資料連繫(Data Link)를 通하여 System 相互間의 情報交換, 制御機能 分擔 等 効率的인 綜合自動化를 이룩하고자 하고 있다.

또한 需用家에 직접 連結되는 配電自動化(Automated Distribution System)의 一環으로 서울시內 主要 需用家의 地中線路 開閉器 遠方監視制御를 1985 年부터 本格的으로 實施中이며 架空配電設備에 對 하여도 1987年까지 實證試驗을 마칠 豫定이다.

이러한 電力設備 綜合自動化 事業을 成功시키는 것은 韓電技術陣의 課題일 뿐아니라 韓電의 課題라 하겠다.

한편 이러한 自動化設備의 能率的인 運用은 利用者의 能力에도 左右된다. 特히 이 시스템과 같이 自体維持補修를 하여야 하는 경우는 要員의 確保와 養成이 매우 重要하고 따라서 이 또한 하나의 課題라 하겠다. \*

(17페이지에서 계속)



〈그림 - 11〉 鐵塔接地抵抗測定器의 測定原理圖

이 測定器의 原理는 한 塔脚을 흐르는 電流  $I_t$ 를 分割形 CT를 이용하여 測定하는 同時에 塔脚과 遠方接地點 사이의 電位  $V_t$ 를 測定하여 한 塔脚의 接地抵抗  $R_t$ 를

$$R_t = \frac{V_t}{I_t} \dots\dots\dots(14)$$

로 計算하고 이로 부터 塔脚이 4개인 鐵塔 1基의 接地抵抗  $R_t$ 는

$$R_t = \frac{1}{\sum \frac{1}{R_i}}, \quad i = 1, 2, 3, 4 \dots\dots\dots(15)$$

와 같이 구하는 것이다.

#### 4. 結 言

電氣設備에서 接地는 대단히 중요한 역할을 담당하고 있으므로 그 所期의 目的을 達成하기 위해서는 定期的인 測定 및 적절한 補完措置가 뒤따라야 할 것이다.

本 稿에서 紹介한 바와 같이, 이를 위한 測定法으로 몇가지가 있으나 從來의 方法들은 接地抵抗 測定時 接地線을 分離시켜야 하고 周圍環境의 變化에 따라 補助接地棒의 사용이 어렵거나 많은 노력이 소요되는 點등의 문제점을 내포하고 있다.

最近 이러한 문제점을 補完한 方法으로 改善된 測定方法들이 開發되어 實用化되고 있거나 實用化 段階에 있어 그에 대한 測定原理 및 概要만을 간략하게 紹介하였으므로 이 分野에 보다 깊은 관심이 있는 會員諸位께서는 參考文獻을 참고하여 주기 바란 다. \*