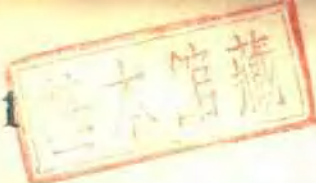


204821



接地装置的安装与测量

彭 立著



水利电力出版社

內 容 提 要

本書主要敘述接地裝置的安裝與測量的方法。全書共分五章：第一章敘述接地裝置的概念，包括電壓對人體的危險性和接地裝置的定義等；第二和第三章詳細的敘述發、變电站及工業、農業車、庫接地裝置的安裝方法，其中列出了若干適用的數據和圖解；第四章敘述接地裝置的驗收與運行，指出了驗收時測量和外觀檢查的項目，運行遵守事項和測量標準；第五章敘述用各種方法測量接地裝置的問題，並對各種方法進行了比較，其中也列出了若干簡單的換算公式。

本書主要供電力、電力文化水平的，從事發、變电站和工業企業電氣維護和安裝的電氣工人，對於從事實際工作的工程技術人員也有參考價值。

接地裝置的安裝與測量

彭立著

1294 D 343

水利電力出版社出版（北京西郊科學院（原））

北京書畫出版社（原）北京出版集團 105 號

水利電力出版社印刷廠印刷 新华書店發行

787×1092 $\frac{1}{2}$ 毫米本 * 4 $\frac{1}{2}$ 印張 * 96千字

1958年11月北京第1版

1958年11月北京第1次印刷(0001—5,600冊)

統一書號：T151.46 * 169 定價(第9類)0.41元

前 言

在解放前的中国以及資本主义的国家里，虽然也有接地裝置一項工程；但是，一般是不被重視的。在新中国成立以后，以及苏联經驗傳入我国以后，接地裝置才成为非常重要的一項工程。接地裝置在保証人民生命安全和保証供电的可靠性上，都具有非常重大的意义。

到目前为止，虽然也有很多書刊介紹了接地裝置的問題；但是，还没有一本全面的、系統的，并根据我国具体情况来叙述接地裝置的安裝和运行的問題。为了满足这方面的要求，作者根据苏联經驗，以及本人在第一个五年計劃中的实际工作經驗，試編了“接地裝置的安裝与測量”書。

由于接地裝置一項工程，在我国基本上还是一項新的工程；以及作者缺乏这方面的理論知識和实际工作經驗，本書是有很多不適之处。希望讀者不客气的，及时的提出指正。

編 著 者

（簽 名）

1954

目 录

前 言

第一章 接地裝置的概述	3
第一节 电流对人体的危害	3
第二节 敷設接地裝置的意义	9
第三节 接地裝置的定义	10
第四节 房屋接触电危險性的分类	16
第二章 接地裝置的作用及其应用	17
第一节 保护接地的作用	17
第二节 接零的作用	19
第三节 1000 伏以下电气裝置的保护接地与接零的应用	22
第四节 1000 伏以上电气裝置保护接地的应用	25
第五节 工作接地的作用及应用	26
第六节 重复接地的作用和应用	29
第七节 不同电压和不同用途的接地間的联系	31
第三章 接地体的分类和安裝方法	38
第一节 接地体的分类	38
第二节 接地体的安裝	45
第三节 接地綫与接零綫的安裝	51
第四节 利用建筑物的金属結構等作为接地綫或接零綫	63
第五节 电气裝置的接地与接零法	67
第六节 土壤导电率的改良	75
第四章 接地裝置的驗收与运行	77

第一节	接地裝置的驗收	77
第二节	接地裝置的运行	79
第三节	接地裝置的測量标准	82
第五章	接地裝置的測量法	87
第一节	測量方法分类	87
第二节	輔助接地体与接地棒	89
第三节	一般注意事項	93
第四节	用电流表-电压表法測量接地电阻	93
第五节	用电流表-电力表法測量接地电阻	103
第六节	用接地电阻測量器測量接地电阻	105
第七节	用电桥法測量接地电阻	108
第八节	土壤电阻系数的測量	109
第九节	电位分佈、接触电压和跨步电压的測量	115
第十节	引出电位的測量	124
第十一节	用电流表-电压表測量接地裝置时， 对外来电压之消除	127
第十二节	接地或接零导线电阻的測量	129

第一章 接地裝置的概述

第一节 电流对人体的危害

电流流过人体会發生触电事故；就会造成受伤或死亡。人体触电的产生，主要由于两种原因：一种原因是人們未遵守电气安全規程，直接接触到或接近电气裝置的載流部份；另一种原因是人体接触到由于絕緣損伤而具有电压的电气裝置的金屬部份，此种电气裝置的金屬部份，在絕緣正常的时候是不具有电压的。

触电对人体的危害性是非常大的，严重时人立即死去。根据工作經驗，触电人員中以我們同电气裝置接触時間最多的电气工程技术人員为最多，其次是工業企業的其他生产人員和一般羣众。

为了避免这种触电事故的发生，电气工作者，一方面应当严格的遵守安全操作規程；另一方面，較深入的懂得电流对人体的危害性，也是很有必要的。

一、影响触电程度的因素

触电的严重与否，是决定于这样几項因素：（1）通过人体的电流值；（2）人体的电阻值；（3）作用于人体的电压值；（4）电流在人体內作用的时间；（5）电源的週率；（6）电流在人体內流通的途徑；（7）人体本身的情况。

（1）通过人体的电流值 电流是危害人体的直接因素。多大的电流对于人体是安全的呢？这和电流在人体內的作用時間有关系，根据研究，工業週率的交流电流为 15—20 毫安，直

·流电流为 60—70 毫安。人体內通过此种电流值时，人能自主的脱离带电体，故可称此种情况下的电流值为安全电流值。当人体內通过的电流值达到 0.1 安时，人就有死亡的危險。

(2) 人体的电阻值 人体是由皮膚、脂肪、骨骼、神經、肌肉、液体等組成。各个組成部份的电阻是不相同的，皮膚、脂肪、骨骼和神經的电阻較大，肌肉和血液的电阻較小。

皮膚表皮角質層的电阻最大，若表皮角質層干燥而無损伤时，一般可認為是絕緣体，人体的电阻可达 10 000—100 000 欧；若不計表皮角質層的电阻，人体的电阻則下降到 800—1000 欧，若完全不計皮膚的电阻，則人体的电阻下降到 600—800 欧。一般的情况下，人体的电阻可認為是 1000 欧。

人体的电阻不是固定不变的，而与下面若干因素有关系：

1. 皮膚狀況 皮膚潮湿和出汗时，以及帶有导电的化学物質和导电的金屬塵埃等时，人体的电阻降低很大。因此，人們不应当用潮湿的或有汗的手去操作电气裝置。

2. 接触电压 人体接触到的电压对人体的电阻也有很大关系。10—30 伏的电压能使皮膚产生击穿現象；250 伏的电压或更高的电压对电阻的影响特别显著，此种电压下的人体电阻几乎与沒有皮膚时的人体电阻相当。

3. 接触面积 人体的电阻和人体接触带电体的接触面积有关系。当电压为 50—60 伏特时，可以認為皮膚电阻与接触面积成反比。人体与带电体接触的松紧也影响于人体的电阻。

4. 电流值及其作用的时间 通过皮膚的电流增加时，人体的电阻也就减小，电流繼續增加时，人体的电阻也就繼續减小。其理由是电流繼續增加时，人体將产生大量的熱和汗，使人体的电阻显著降低。

(3) 电压值 触电使人伤亡的主要因素是电流，但电流之

值又決定於作用到人體的電壓和人體的電阻值。人體電阻不是固定不變的，是隨着電壓的增加和電流作用時間的持續而減小，所以不能用歐姆定律

來計算通過人體的電流值。也就是說，電流和電壓的變化是非直線性的（圖1-1）。

從圖1-1中，我們明顯的可以看出：如人的手是潮濕的，36伏以上的電壓就是危險的；若人的手是乾燥的65伏以上的電壓就是危險的。

安全電壓值的規定，

各國都是不統一的。蘇聯的安全電壓值，根據環境條件採用65、36和12伏作為安全電壓值。

有些人認為普通的低壓（對地電壓小於250伏的電壓）不會造成人體的死亡，因而隨意玩弄電器，結果往往造成觸電傷亡。這種思想和行為是非常錯誤和危險的。我們平時觸及到110—220伏的電壓，又沒有發生死傷，這是由於人體穿着絕緣性能較好的鞋子和站在乾燥的房間里的關係。若人體站在潮濕的房間里，並以赤手赤足去觸及110—220伏的電壓，結果必然要發生傷亡。

（4）電流作用於人體的時間 電流在人體內作用的時間愈長，人體的電阻也就隨着電流的持續和增加而繼續減小。結果大量的電流在人體內流過，人體內所生熱的和化學的危險性也就愈加嚴重，人體獲救的可能性也就愈小。因此，我們發現人

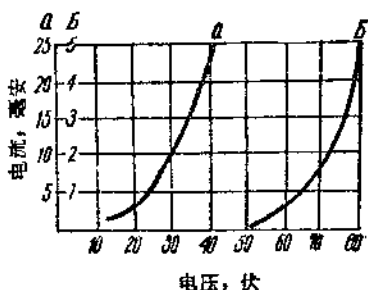


圖 1-1 通過人體的電流和外加電壓的關係

a—潮濕的手；

b—乾燥的手。

体触电时，应当迅速的使触电者摆脱带电体。触电电流与电流在人体内持续时间关系可用对动物的试验曲线表明(圖 1-2)。

(5)电源的週率 根据医学上和技术上的論据，40—60 赫芝的电滲，对人体触电的危害性最大。低于或超过此週率的电流，对人体的触电危害性都比较小(圖 1-3 就充分的說明了这种論据)。

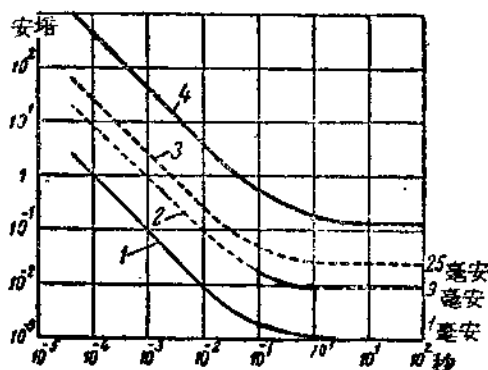


圖 1-2 触电电流值与作用持续时间关系

1—开始有感觉的电流；2—引起肌肉痙攣的电流；3—危險电流；4—致命电流。

在实际工作中，經常使用的高週率裝置的週率一般是 3000 赫芝、10 000 赫芝或更高的週率，当其容量在 10 瓩时，是不会使人触电死亡的。但是，6—10 仟伏，週率达 500 000 赫芝的強力裝置中能引起人体死亡的危險。

(6)电流在人体內的途径 电流在人体內流过的途径，对人体触电的严重性有密切的关系。根据实验，电流从手到脚或经过有关生命安全的重要器官(如心臟)时，触电的严重性较大；电流如从脚到脚流通，触电的严重性比较小。但是，往往电流

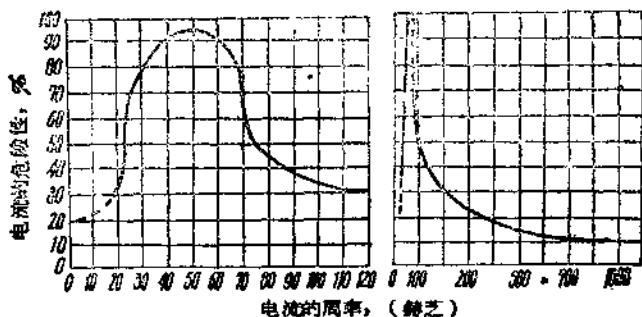


图 1-3 电流的危险性和电源的週率的关系曲线

从一手的兩指或同一脚的兩趾內流通时，也产生丧失知觉的现象。因此，我們不能認為局部的触电是無危险的。

(7) 人体本身的状况 人的健康状况和精神神态，对触电的严重性也有極大的关系。患心臟病者、患肺病者、内分泌失常者、神精病者、酒醉者等等，触电的危险性最大。所以，对于新参加电气工作的人员，在参加工作以前，应当作严格的体格检查。

二、触电的伤害形式

触电对人体的伤害形式，一般有两种：电击和电伤。

(1) 电击 电流流过人体时，仅在人体内部造成人体器官的损伤，而在人体的外表面不留任何电流痕迹，此种触电现象称为电击。电击的危险性是最大的，一般死亡事故都由电击造成。电击在何种情况下产生呢？当人体直接接触到载流部份，尤其是接触到 1000 伏以下及 6 和 10 千伏的小电容电网时，开始人体的电阻比较大，通过人体的电流还比较小，在此瞬间内还不会造成人体的死亡。但是，若人体在这瞬间内，不能

摆脱載流体，人体的电阻則减小，人体内流通的电流相应加大，結果造成了人的死亡。电流在人体内流通时，如何使人体死亡呢？其說法各有不同，其中主要的而比較正确的，是电流作用于人体中管理心臟和呼吸机能的腦神经中樞，結果使心臟的正常工作受到破坏，或使呼吸停止，而造成了人的死亡。

(2)电伤 电伤与电击相反，它不是造成人体内部器官的损伤，而是造成人体外部的损伤。电伤又分灼伤、电的烙印和皮膚金屬化三种。

1.灼伤 灼伤發生在电流不经过人体和经过人体两种情况。电火花等对人体的损伤便属于电流不经过人体的一种损伤情况。

电流直接经过人体而产生灼伤的現象，主要表现在1000伏以上的大电容的电网中。人体不是直接接触，而是接近(小于放电距离)此种电网的載流部份时，在人体和載流体之間將發生电弧。由于放电的关系，此种电流系高週率的电流。因为高週率的电流，从电击的观点来看，比工业週率的电流要安全(但从灼伤的观点来看，仍能發生严重的损伤)，因此，与电击相比此种現象要較為安全。但是，由于時間的延長，电阻的加大和大量的电流值的关系，在人体內則發生大量的热量，結果产生严重的灼伤。因为人体皮膚的电阻最大，所以灼伤一般表现在人体外部。灼伤的程度可以分三种：皮膚發紅、皮膚起泡和組織碳化及损伤。

2.电的烙印 电的烙印与灼伤相反，一般是在接触良好的情况下产生的，在人体上所形成的伤痕是圓形或橢圓形的腫塊；色为灰色或淡黄色，而具有显著的边框。电的烙印所产生的伤痕，通常是不發生紅腫、發炎和潰膿的現象，并且可以治疗。

3. 皮膚的金屬化 由于电流的作用而熔化和蒸發了的金屬微粒，滲入到人体的皮膚时，將使皮膚坚硬和粗糙而呈現特殊的顏色。在一般的情况下，此种伤害是局部性的，而且过一段時間后会自然脫落。

其他像由于电弧所引起的眼睛的伤害，以及触电自高处落下所引起的伤害，也称为电伤。

第二节 敷設接地裝置的意义

敷設接地裝置的意义有两个：为了保护人生命的安全，即保护性質的；和为了使电力網路能可靠的进行工作，即工作性質的。

一、保护性質的意义

在第一节中，我們已經談到，电气裝置的金屬外壳，在正常的情况下是不帶电的；但是，当电气裝置的絕緣有所损伤时，电气裝置的金屬外壳則帶有电压；人体接触到这种帶电的金屬外壳时，就会發生触电的危險。

为了避免这种由于絕緣失常而引起的触电事故，我們可以采取很多措施，但主要的措施是將正常情况下不帶电的金屬外壳，与地作良好的金屬連接，即敷設保护接地裝置；或金屬外壳与零綫作金屬連接，即采取保护接零。

二、工作性質的意义

为了电力網路在正常的情况下和事故的情况下，能可靠的进行工作，我們將电力網路中的某一点与地作良好的金屬連接，即在电力網路中敷設工作接地裝置。

保护接地裝置、保护接零如何起保护作用的問題；工作接地

裝置如何保證電力網路可靠工作的問題，在第二章中討論。

第三节 接地裝置的定義

低压电气裝置 电气裝置中，任何帶電部份的对地电压，不論是在正常或在故障接地时，都不会超过 250 伏者，称为低压电气裝置。

蓄電池的对地电压，如仅在充电时超过 250 伏者，仍屬低压电气裝置。

380/220 伏(变压器中性点直接接地)、220 伏、127 伏、65 伏及以下的电气裝置，均屬於低压电气裝置。

严格說来，低压电气裝置中，綫間电压不大于 36 伏者，又称为微小电压电气裝置。

高压电气裝置 电气裝置中，帶電部份的对地电压超过 250 伏者(包括一相或一極上發生故障接地时的情况)，称为高压电气裝置。

380/220 伏的电气裝置，当其变压器的中性点不直接接地时，屬於高压电气裝置；因为其中有一相接地时，其他兩相的对地电压都超过 250 伏而达 380 伏。

0.5、3、6、10、35、110、220 千伏的电气裝置，不論其中性点是否接地，均屬於高压电气裝置。高压电气裝置又分为 1000 伏以下及 1000 伏以上的电气裝置。

接地体 直接与土壤接触的导体或金屬导体組，称为接地体或接地电极(圖 1-4)。

接地綫 將电气裝置的接地部份与接地体連接起来的金屬导体，称为接地綫。接地綫又可分为接地干綫和接地分支綫。

接地裝置 接地体与接地綫总称为接地裝置。

接地 电气裝置的任一部份与接地体預定的电气連接，称

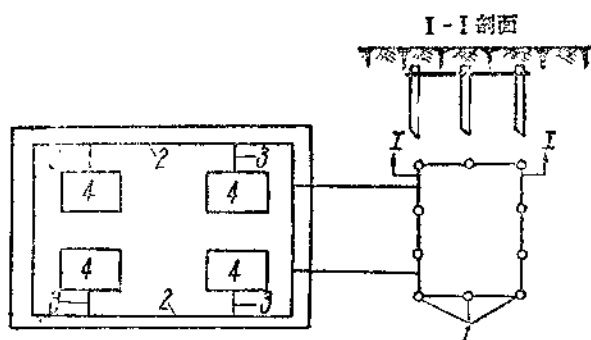


图 1-4 接地装置的概念

1—接地体；2—接地干线；3—接地分支线；4—电气设备。

为接地。有时“接地装置”一词也以“接地”一词代用，但是，决不能与此处所述的“接地”混为一谈。

地 当电气装置发生接地的短路电流时，电流则通过接地体向四周散流。距接地体愈近的地方，电流密度愈大；距接地体愈远的地方，电流密度愈小。也可以说，距接地体愈近的地方，电阻愈大，电流就如沿小截面的导体流通；距接地体愈远的地方电阻愈小，电流就如沿大截面的导体流通。经验证明，距单根

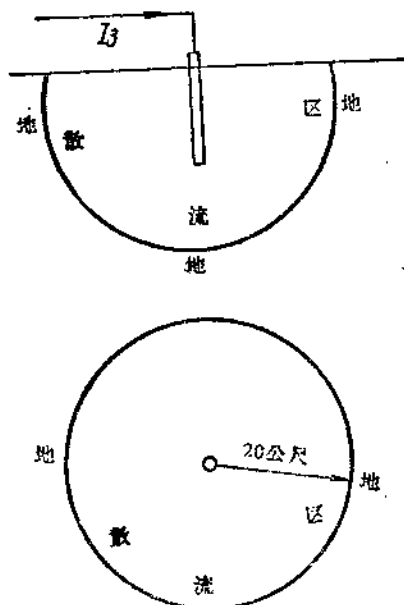


图 1-5 “地”的概念

接地体 20 公尺左右处, 电流密度接近零, 该点的电位也接近零。此处电位等于零的地方, 称为地 (圖 1-5 和圖 1-6)。当接地体不为單根, 而为多根組成时, 上述距离可以稍微增大。

对地电压 电气装置之任一部份(如导綫、电气設備、接地体等)与地間的电压(也即与散流区以外的而电位等于零的一点)的电位差, 称为对地电压, 如圖 1-6 中的 U_0 。

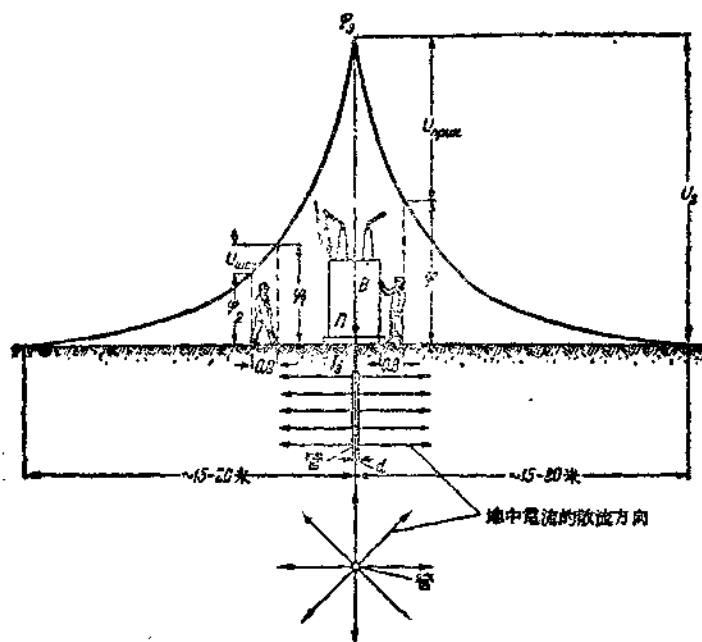


圖 1-5 接地电流由單根接地体向四圍散流的情况

接触电压 在接地电流回路上, 一人同时触及的兩点之間的电位差, 称为接触电压。接触电压的最大值可以等于全部的对地电压。

接触电压通常以水平方向 0.8 公尺，垂直方向 1.8 公尺計算。圖 1-6 中的 $U_{\text{прик}}$ 即表人接触到油断路器 B 时的接触电压，等于油断路器 B 的电位 φ_3 和脚所站地方的电位 φ 之差即

$$U_{\text{прик}} = \varphi_3 - \varphi.$$

跨步电压 当兩脚踏在为接地电流所确定的各种电位的地面上，且其跨距为 0.8 公尺时，則兩脚間的电位差，称为跨步电压。在圖 1-6 中，跨步电压为

$$U_{\text{шаг}} = \varphi_1 - \varphi_2.$$

式中 φ_1 ——人左脚所站处的电位；

φ_2 ——人右脚所站处的电位。

散流电阻 接地体的对地电压与經接地体流入地中的接地电流之比，称为散流电阻(圖 1-6)：

$$r_3 = \frac{U_3}{I_3}.$$

式中 r_3 ——散流电阻，欧；

U_3 ——接地体的对地电压，伏；

I_3 ——接地电流，安。

严格說来，散流电阻与接地电阻是有区别的，接地电阻等于电气装置接地部份的对地电压与接地电流之比，也即接地电阻等于散流电阻加上接地导綫本身的电阻。不过，因为接地导綫本身的电阻很小，所以，一般認為接地电阻等于散流电阻。

故障接地 电气装置的帶电部份偶然和未与地絕緣的結構或直接与地發生的电气连接，称为故障接地。

碰壳 在电机或电器內因絕緣损坏所發生的上述电气连接，称为碰壳。

接地电流 由于絕緣损坏而發生的經故障点流入地中的电流，称为接地电流或故障接地电流。在圖 1-6 中，接地电流經

油断路器B的外壳、接地导线Π、钢管接地体而散流入地中。

中性点与中性线 发电机、变压器、电动机和电器的绕组以及串联电源的回路等中间的一点，如此点对上述元件外端子间的电压的绝对值相等，则称为中性点(圖 1-7)。

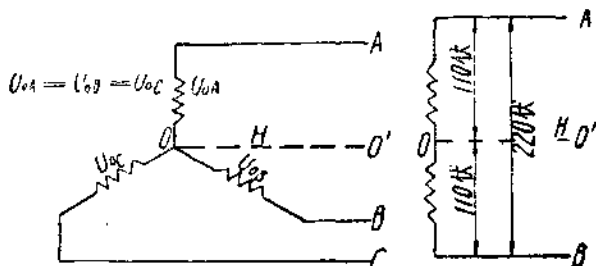


圖 1-7 中性点与中性线的概念

A、B、C和O'—电机外部各端子；

O—中性点；H—中性线。

与中性点连接的导线，称为中性线(圖 1-7)。

零点与零线 中性点接地时，称为零点(圖 1-8)。

与零点连接的导线，称为零线。

大接地电流电力网 中性线或相线直接接地或经小电阻接

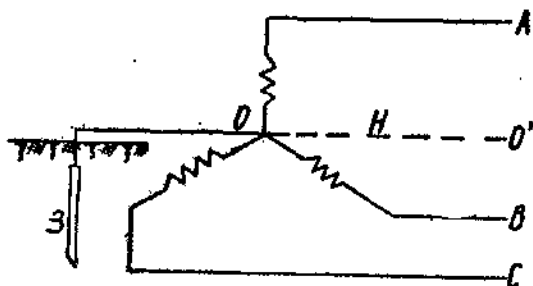


圖 1-8 零点与零线的概念圖

3—接地装置；O—零点；H—零线。