

基于高土壤电阻率的变电站接地系统设计研究

孙 金

深圳供电规划设计院有限公司 广东 深圳 518054

摘 要: 变电站的接地网上连接着全站的高低压电气设备的接地线,合格的接地网是保障运行人员和电气设备安全运行的根本保证和重要措施。随着高土壤电阻率地区的变电站将越来越多,设计达到合格、安全、经济、合理变电站接地网,是变电站设计所关心和要研究问题之一。

关键词: 高土壤电阻率; 接地电阻; 降阻措施

前言

变电站的接地网上连接着全站的高低压电气设备的接地线,低压用电系统接地、电缆屏蔽接地、通信、计算机监控系统设备接地,以及变电站维护检修时的一些临时接地。接地网有工作(系统)接地、保护接地、防雷电和防静电接地等多项用途,它是维护变电站安全可靠运行,保障运行人员和电气设备安全运行的根本保证和重要措施。如果接地电阻偏大,在发生电力系统接地故障或其他大电流入地时,将会造成地电位异常升高;如果接地网的网格设计不合理,则可能造成接地系统电位分布不均,局部电位超过安全值规定,这会给运行人员的安全带来威胁,还可能因反击对低压或二次设备以及电缆绝缘造成损坏,使高电压窜入控制保护系统、变电站监控系统导致保护设备发生误动、拒动,酿成事故,甚至是扩大事故,造成巨大的经济损失和社会影响,因此合格的主接地网尤为重要。

新建工程要少占或不占良田好土是我国现阶段基本建设的一项重要原则,因此,建在高土壤电阻率地区的变电站将越来越多。随着电气设备的发展和技术进步,变电站总平面布置上,充分利用场地,采用紧凑布置;而电力系统的发展扩大,使得接地短路电流越来越大,这些因素给变电站接地设计和施工造成了很多困难。针对这些情况,变电站接地网应如何设计,才能使其达到安全、经济、合理的要求,是变电站设计所关心和要研究问题之一^[1]。

1 接地设计

1.1 设计原则

由于电力系统接地故障电流越来越大,在接地设计中要满足电力行业标准DL/T621-1997《交流电气装置的接地》中第5.1.1条要求 $R \leq 2000/I$ 是非常困难的,现行标准对接地电阻要求小于 0.5Ω

1.2 接地网型式

接地网的网格布置采用长孔网或方孔网,水平接地带间距通常为 $5\text{m} \sim 8\text{m}$ 。除了在避雷针(线)和避雷器需加强分流处装设垂直接地极外,在地网周边和水平接地带交叉点设置 2.5m 的垂直接地极,进所大门口和人员经常出入处增设帽檐式均压带。接地网结构是水平地网与垂直接地极相结合的复合式地网。

目前有一些工程采用不等间距网格布置, 2.5m 垂直接地极仅仅在避雷针(线)和避雷器引下线接地处设置,大门口设帽檐均压带等等,是以水平接地带为主的地网。不等间距的网格布置尺寸的确定有两种方式:第一种是由计算机计算,输入土壤电阻率和入地故障电流等相关数据计算,计算机可输出地网布置图和电位分布曲线等相关结果;第二种是根据接地标准附录提供的比例关系,参照以往工程经验,尽量将水平接地带靠近设备,以便缩短设备引下线长度。

2 接地网降阻措施

在工程中采用过的降阻的措施很多,如:利用地质钻孔埋设长接地极、局部换土、使用降阻剂、深井或超深井接地、引外接地扩大接地网面积、使用低电阻模块以及深孔爆破接地技术和电解离子接地系统等,这些降阻措施的使用条件、降阻效果以及存在的问题,下面将分别作一些简介:

2.1 利用地质钻孔埋设长接地极

根据接地理论分析,接地网边缘设置长接地极能加强边缘接地体的散流效果,可以起到降低接地电阻和稳定地网电位的作用。如果用传统地打深井方法来装设长接地极,则施工费很高,而利用地质勘察钻孔埋设长接地极,施工费将大大节省。需注意地是:利用地网边缘的地质钻孔时,其间距应不小于接地极长度的两倍;钻孔要伸入地下含水层方可利用。根据工程中实测,未插入到含水层的长接地极降阻效果差^[2]。

2.2 局部换土

用换土的方法来降低高土壤电阻率区接地网接地电阻是目前公认的有效措施之一。换土有两种方式，全站换土和局部换土。全站换土施工费相当高，工程很少采用。

工程中通常采用局部换土，只对水平接地带和垂直接地极的全部或部分实施换土，实践证明也取得的较好的降阻效果。

2.3 使用降阻剂

在高土壤电阻率区的接地网施工中使用降阻剂，地网施工完工后测量接地电阻情况都不错。降阻剂由多种成分组成，其中含有细石墨、膨润土、固化剂、润滑剂、导电水泥等。它是一种良好的导体，将它使用于接地体和土壤之间，一方面能够与金属接地体紧密接触，形成足够大的电流流通面；另一方面它能向周围土壤渗透，降低周围土壤电阻率，在接地体周围形成一个变化平缓的低电阻区域。降阻剂能减少施工工作量，可少打接地体，尤其可用水平接地体代替难于施工的垂直接地体（在山区及岩石地区等）。

2.4 深井接地

采用深井或超深井接地来降低接地电阻，目前已得到广泛的应用，但每口井的施工费较高，效果的可预见性差，在实施之前，应进行地质勘察，在地下有含水层时，深井或超深井接地，是十分有效的降阻措施，反之不适合打深井，特别要避免打井无效造成的浪费。

2.5 引外接地

当变电站附近有低土壤电阻率区（水塘、水田、水洼地等），可以敷设辅助接地网与站内主接地网连接，这种方式通常被称为引外接地。这也是降低接地电阻的有效措施。引外接地在国内应用比较多，有的变电站占地面积小，即使站区土壤电阻率不高，接地电阻也难以满足要求，于是就将接地网延伸到站区附近的水塘边、小河边、绿化带、水田边等。引外接地需注意：距离不能太远，接地体要深埋，要作好安全保护措施，防止因跨步电位差引起人员和牲畜的触电事故发生，必须保证引外接地的安全性^[3]。

2.6 扩大接地网面积

在均匀分布的土壤电阻率条件下，接地电阻与接地网面积的平方成反比，接地网面积增大，则接地电阻减小，因此，利用扩大接地网面积来降低接地电阻是可以预见的有效降阻措施。

3 相关问题的讨论

3.1 接地网材料和寿命

接地网寿命与接地网材料和土壤的腐蚀性有关，在选择接地导体时，需要考虑材质（钢材或铜材）和导体的截面尺寸。铜材的性能比钢材好：导电率高、热容量大、耐腐蚀性强，铜是无磁性材料，电感小。铜材的性能虽然好，但其价格却十分昂贵，差不多是钢材的7~8倍，因此而限制了铜材的使用。

埋在地中的钢材，常因土壤的腐蚀作用而使截面变小，接触电阻增大，电气性能变坏，接地电阻增高，安全可靠性降低，因地网腐蚀或发生断裂而引起的事故时有发生。所以，新建工程我们对地网设计，必须足够重视。按动热稳定要求计算接地导体截面尺寸时，应考虑材料腐蚀，对腐蚀性强的土壤要特别注意。特别需要注意的是，铜接地网与变电站混凝土基础内的钢筋、地下的钢管和钢构件会产生电腐蚀，需要采用比较昂贵的阴极保护措施，否则会产生相互关联的事故。

3.2 入地故障电流

电网中发生接地短路故障时的短路电流可以分成两部分：一部分是经架空线路的避雷线（地线）回流至电源；另一部分是经变电站接地网和大地回流到电源。前者为架空地线的分流电流，后者即是入地故障电流，它是计算地电位、接触电位差、跨步电位差，以及计算接地网导体截面尺寸的重要参数。架空地线分流越多越好，这样入地故障电流就小了。入地故障电流减小，则地电位就会降低，接触电位差和跨步电位差也相应降低。由此可见，避雷线的分流系数越大越好。影响分流系数的因素有以下几个：

（1）出线回路数。出线回路多，分流系数成比例地增加；

（2）出线杆塔的接地电阻。随着杆塔接地电阻增加，分流系数逐渐减小；

（3）随着变电站地网接地电阻的增加，分流系数随之增大，即经接地网和大地流回电源的电流随之减少；

（4）避雷线的导电性对分流系数的影响很大，导电性能越好（加大截面，采用良导体地线），分流系数越大，反之，分流系数越小。当避雷线对地绝缘时（采用绝缘地线），无分流能力，分流系数为零。

3.3 接触电位差和跨步电位差允许值

接触电位差和跨步电位差的允许值可以按电力行业标准中的公式计算，决定计算值大小的是下面两个参数取值。

（1）人脚站立处的地表面土壤电阻率。为提高接触电位差的允许值，有时需要在设备和构（支）架周围铺

设砾石或碎石,以提高人脚站立处地表面的电阻率。以此为条件计算的接触电位差允许值应作为限制值,地网的实际接触电位差不应超过限值,否则,将影响人身安全。

(2) 接地(故障)电流持续时间。它是计算接触电位差和跨步电位差的参数,它有别于接地装置的热稳定校验计算用短路等效持续时间。时间取值短,容易满足要求,时间取值长,则偏于保守,有时会增加接地网的处理措施费^[4]。

结束语

变电站接地网是维护变电站安全可靠运行,保障运行人员和电气设备安全的根本保证和重要设施。在高土

壤电阻率区的变电站,应根据所区地质和环境条件,因地制宜,可采用多种效果好、经济、合理、安全、可靠的辅助措施,综合治理来降低接地电阻。

参考文献:

[1] 220kV变电站接地网的优化设计[J]. 王小艳. 企业科技与发展. 2020(16)

[2] 变电站接地网降阻方案的探讨及其安全性分析[J]. 彭敏放,俞东江,何怡刚,谭享波. 华中电力. 2021(02)

[3] 变电站接地装置的设计[J]. 丁荣凤,吴万军. 电学学报. 2020(03)

[4] 深——压降阻法的应用[J]. 孟庆波,何金良. 高电压技术. 2021(04)