

变电站防雷接地技术

刘和超

国网山东省电力公司肥城市供电公司, 山东 肥城 271600

[摘要]现如今社会用电量需求不断增加, 电网建设规模随之不断扩大, 变电站有着越来越复杂的系统, 所用的设备也不断增多。为了保证变电站运行稳定, 确保各个设备、系统能够正常地运转, 提高供电质量, 应充分做好防雷节点保护措施, 合理设计并且安装防雷接地线路, 将变电站运行的可靠性提高。通过设置防雷接地系统可以将雷电和静电对变电站产生的危害降低, 避免发生触电事故或者短路问题。为了进一步提高变电站防雷接地水平, 文中重点探讨雷电危害和变电站防雷接地施工技术。

[关键词] 变电站; 防雷接地; 技术

DOI: 10.33142/ec.v5i9.6800

中图分类号: TM63

文献标识码: A

Lightning Protection and Grounding Technology of Substation

LIU Hechao

State Grid Shandong Electric Power Company Feicheng Power Supply Company, Feicheng, Shandong, 271600, China

Abstract: Nowadays, the demand for electricity in society is increasing, and the scale of power grid construction is expanding. Substations have more and more complex systems, and the equipment used is also increasing. In order to ensure the stable operation of the substation, ensure the normal operation of all equipment and systems, and improve the quality of power supply, it is necessary to fully take lightning protection node protection measures, reasonably design and install lightning protection grounding lines, and improve the reliability of substation operation. The lightning protection and grounding system can reduce the harm of lightning and static electricity to the substation and avoid electric shock accidents or short circuit problems. In order to further improve the lightning protection and grounding level of substation, this paper focuses on the lightning hazard and the lightning protection and grounding construction technology of substation.

Keywords: substation; lightning protection and grounding; technology

1 雷击的影响

正常运行状态下的变电站供电系统有着较为恒定的电压, 如果变电站遭受雷击那么会瞬间增大整个系统的电压, 导致设备承载过大的电流、电压, 损伤系统和设备。通常雷击对变电站的影响包括如下几种现象:

其一, 雷电直接在变电站设施上产生雷击;

其二, 雷击产生的电流通过导线影响危害变电站设备设施;

其三, 雷击威胁变电站通讯系统。

变电站的位置是影响其遭受雷击概率的主要因素。相比于内陆地区, 沿海地区更容易遭受雷击灾害。无论概率融合, 一旦发生雷击现象, 会严重危害变电站的安全。雷电携带者大量的电荷, 雷电中的电流穿过大气层产生的能量十分巨大。如果变电站遭受雷击, 这些能量直接施加到设备上严重损害设备和供电系统, 甚至会击穿设备、建筑物, 引发触电、火灾等安全事故, 对工作人员生命财产安全产生严重危害。

我国很早就有防雷击方法, 但是传统的方法仅仅是预防, 在科学技术不断发展之后大大提升了防雷击技术水平, 其中接地装置是当前变电站防雷接地最为常见的装置, 发

挥的作用越来越明显。该装置可以将雷电产生的电流引入到地下, 有效保护供电系统和电力设备设施。

2 防雷接地施工技术的意义

第一, 通过合理设置防雷接地系统可以将变电站的安全性提高, 避免雷击伤害。钢筋或者钢构件是现代变电站建筑工程中必不可少的构件, 如果没有充分做好防雷接地保护, 那么变电站一旦遭受雷击就会严重破坏变电站建筑结构中的金属构件, 导致其力学性能受到影响, 金属构件扭曲、变形问题发生的概率增加。通过合理设置防雷接地系统可以将变电站结构的安全性、可靠性显著提升^[1-3]。

第二, 降低雷电损害电气设备的概率。现代变电站逐渐朝着智能化、自动化反向发展, 变电站内部使用较多的电气设备, 如果缺乏有效的防雷保护措施, 变电站一旦遭受雷击会严重破坏内部电气系统和电气设备。防雷接地技术的应用就是为变电站设置屏蔽雷击的结构, 保护变电站内部的电气系统, 避免雷击伤害电气设备, 保证电气设备稳定地运行^[3-5]。

第三, 有助于保证居民的生命财产安全。如果变电站遭受雷击会危害变电站结构安全性, 损害电气设备, 甚至产生严重的触电事故, 发生火灾、人员伤亡等事故。通过

合理设置防雷接地系统可以保证居民的生命财产安全^[5-7]。

3 变电站防雷装置及其原理

雷击事故会严重影响变电站的正常运行,损坏变压器、断路器、控制屏、保护柜等设备设施。直击雷和感应雷是常见的变电站雷击事故方式。变电站一旦遭受雷击,雷电波会通过输电线路入侵变电所,通过安装避雷针或者避雷线等防雷装置能够有效降低直击雷产生的影响。通过总结以往经验可知,在变电站中设置避雷针或者避雷线可以有效达到防护作用。针对感应雷,可以用避雷器或者变电站金属埋地方式处理进口部位,但是应当注意安装位置和数量正确,合理选择避雷器安装型式,做好避雷器参数合理设置才能有效达到安全防护的效果。

所谓防雷接地技术就是有效连接建筑物、电气设备和机地装置,保证建筑物在雷雨天气能够通过避雷针释放电流将雷电及时通过接地系统引入到大地,避免对建筑内部电气设备和居民安全产生影响^[8]。

日常常见的避雷装置之一——避雷针在保护建筑物免受雷击事故的常见方式,该防雷方式主要利用的是导电原理。带电云层出现在建筑物上空后避雷针发生感应,此时会释放电荷吸引带电云层上的电量,巨大的电量会击穿两者之间的空气,进而形成通道,电量经过避雷针快速流入到泄流网中,顺利地导入大地,避免电流击穿设备,从而达到安全防护的效果。避雷线上端和下端分别连接避雷针和避雷网,通过安装接地导线可以顺利地电流引入到大地避免其通过线路流入到设备或者建筑物内部。避雷线这一接闪装置采取拦挡引导方式将电流前进路径改变,使之流入大地而不是流入建筑物和电气设备当中,从而达到保护设备和构筑物的效果。

避雷带是由避雷线改装而来的,在建筑雷电保护中,用扁平的金属带代替钢线闪接的方法。避雷器能大大减少雷电波的侵入幅值,使其低于变电站电气设施绝缘的允许最大值。主要用于限制沿线路侵入的雷电电压或由操作引起的内部过电压。在系统正常工作下,呈高阻态,在过电压大电流作用下呈低阻态,从而保证了避雷器两端的残压值。

浪涌抑制器可以防止瞬时电压过大,防止瞬时电压对电子设备造成损坏。具有保护流量大、剩余电压低、响应时间快的优点,采用最新的灭弧技术,完全避免火灾;采用温控保护电路,其中内设置热保护,带电源状态指示,指示浪涌保护器的工作状态,结构严谨,工作稳定可靠。

4 变电站遭受雷击灾害的原因

在雷电多发地区,变电站极有可能遭受雷击,如果没有按照规范要求安装防雷接地安全保护措施,雷电产生的电荷将通过电线进入系统,造成电力系统断路等故障。变电站遭受雷击灾害的原因主要有以下几方面:

4.1 电源线引入雷电

变电站安装防雷接地保护时,没有考虑到电源线的防雷节点保护措施。雷雨天气时,变电站附近上空的雷电产

生瞬时高压电荷,通过电源线进入电力系统,直接导致电源系统崩溃,使得系统断路,电源停止工作,情况严重的可能会损坏电源内部元件,引发系统故障^[7-8]。

4.2 通信线及网线引入雷电

变电站一旦遭受雷击会在瞬间出现高压现象,导致变电站系统中信息的运行受到负面影响,电荷过高严重干扰信号,对通信系统产生威胁。如果雷击电压较大还会导致通信端口存在过大的电势差进而出现损坏的问题,导致通信系统发生故障。

4.3 接地不规范

变电站中安装防雷接地装置主要是利用接地系统和大地中的电荷将雷电中所带的电荷抵消。如果安装防雷接地系统时安装操作存在失误,没有严格落实标准要求,接地点之间电位差会导致系统再次受到雷电电压的影响,进而导致接地系统无法真正达到防雷击的效果。针对过高的电势差,设备会受到电压影响发生故障甚至损坏,这不利于变电站稳定地运转,无法保证为社会提供高质量的电能。

4.4 地网结构问题

水平接地极是当前变电站最为常用的接地方法,该装置不开启外缘,内部根据工程要求设置接地网。传统的等间距设计方式受到端部效应、临近效应影响难以均匀地控制导体之间的电流,接地网周围导体比中间导体散流多两倍,接地网边缘有着较高强度的电厂,难以均匀地分部电网点位,导致工作者不得不通过扩大接地网面积达到防雷保护的措施。如果无法均匀地分布点位,那么一旦发生雷击会导致电荷在传输过程中发生瞬时电压导致难以正常稳定地进行供电。为此,可以按照间距不等的方式更加合理地布设导体间距,从而保证接地网有着均匀的电位梯度。

5 变电站的防雷接地技术应用

5.1 防雷接地装置

和传统防护方式相比,防雷接地装置在解决雷击问题方面有着更加可靠的效果,其可以及时将雷击产生的强大电流传输到地下避免变电站设备遭受损伤。

5.1.1 防雷接地装置组成

接地体和接电线是组成防雷接地装置的主要内容。

第一,接地体。按照构造不同,接地体可以分为自然接地类型和人工接地类型。其中自然接地是电流疏通的装置,该装置需要利用地下原有的管路或者其他导电类型。人工接地体是集电装置,需要技术人员按照要求安装于地下。在设计使用接地体时应当满足如下几方面的要求:其一,合理处理接地体附近的土壤,将土壤冻结温度、土壤之间的阻力降低,从而保证在具体使用中能够有效降低接地体的接触电压。其二,选用热稳定性良好的材料,保证接地体能够承受雷电产生的热量,避免材料热稳定性不足而发生损伤失去保护作用。其三,长期埋设于地下的接地体受到土壤潮湿环境的影响,为避免其受到腐蚀应当充分做好防腐措施。其四,接地体会受到地上环境变化的影响,

为此可以按照不少于 1m 的深度埋设接地体，并且按照标准要求控制接地体的间距。

第二，接地线。雷电作用到变电站需要通过接地线才能实现电流的传递，而且接地线是唯一的引入电流的途径，主要组成为导线。根据铺设方式不同可以将接地线分为明线和暗线两种。通常明线安装过程中只需要按照标记的违章进行安装即可，而暗线需要在地面入口位置标记后然后铺设。类似于接地体的是，土壤或者其他外力作用也可能腐蚀或者破坏接地线，所以需要镀镀锌、涂刷防锈漆等方式避免其腐蚀后丧失防护作用。在铺设接地线时工作人员应当满足如下方面的要求：

其一，利用焊接方式连接导线，注意控制焊接的尺寸和搭接长度，通常如果是扁钢搭接那么按照直径 2 倍的尺寸，如果选用圆钢按照直径 6 倍的尺寸控制搭接长度。

其二，采取焊接方式连接导线和管道，通过导线连通管路之间使其形成一个完善的主体。

其三，使用螺栓固定方式连接接地线和变电站设备，通常选择焊接方式连接导线和接地体。

5.1.2 变电站防雷接地装置设计

在变电站中应用防雷接地装置可以有效达到防护作用，避免雷击危害，有助于提高变电站运行的安全性和可靠性。在规划设计中，应当加强考虑各种影响防雷接地装置使用效果的因素，尽量选择电阻小的接地体和接地线，避免雷击发生时过大的电压损害防雷接地装置。在设计防雷接地装置中应当重视如下几方面内容：

第一，有限考虑选择自然接地体；

第二，接地方式尽量选择闭合回路，保证尽可能地吸收电流；

第三，在确保每个点接地前提下将接地网络的完整性提高。

5.2 变电站的防雷措施

5.2.1 避雷针

避雷针的尖端部位能够释放中和雷击电流的电荷，从而实现变电站设备保护的效果。当前大多设备会使用金属氧化物材料进行防护，此类材料的防腐性能优越。以避雷针为中心的保护范围呈圆锥体，其中电荷场强最大的部位为监督部分，所以在该部位进行电荷中和，放电在疏通电流到防雷接地装置中完成。工作人员在避雷针规划设计时要结合变电站的实际情况，比如可以统一规划一些较大的变电站中的避雷针和避雷线，用避雷针就可以达到小型变电站防护的效果。此外，施工人员应准确地安装避雷针数量和位置，确保能够防护所有的变电站设备设施。

5.2.2 浪涌抑制器

浪涌抑制器即防雷器，在设备上安装防雷器后可以避免过高的电压损伤设备设施，将变电站设备的安全稳定性提高。该装置在供电系统中电流过多的情况下迅速反应，

有效分配供电系统中的电压和电流，实现线路疏通的效果，保护变电站的设备免遭伤害。按照作用原理不同，我们按照开关型、限压型、分流型三种类型划分浪涌抑制器。在正常工作状态下，开关型浪涌抑制器有着很高的电阻，通常不会通过电阻，如果雷击产生电流那么其电阻会瞬间降低吸收雷击电流。限压型浪涌抑制器类似于开关型但是其电阻值降低趋势相比之下为非线性情况。分流型浪涌抑制器并联于所保护的设备，正常情况下断开不会通过电流，如果电压通过会立刻短路分担设备部位的电压电流。

5.2.3 直接雷击的防护

变电站设备容易受到直接雷击产生的强大电流的损害，导致设备、线路等备受威胁。在防范直接雷击时应当重视如下几方面的要点：

第一，接地位置尽量和变电站保持远距离，避免雷击产生过电流反噬变电站的设备设施。

第二，在某一区域内地下统一构建防雷接地装置，将防雷接地的电阻降低，达到保护接地体和接地线保护的效果。为进一步保证变电站防护效果，可以增加一层防雷保护设施。

6 结语

作为电压转换的重要场所，变电站能否正常稳定地运行直接和供电质量密切相关。在我国社会用电量需求不断增大的背景下，如果提高供电质量已经成为各个电力企业的关键。为了保证变电站稳定地运行，降低雷击对变电站产生的威胁，工作人员应加强设计和应用防雷接地装置，将雷电产生的威胁和负面影响尽可能地降低。本文重点探讨了防雷接地技术，希望可以为相关工作者提供参考。

[参考文献]

- [1]王玉彬,姜涛,王磊,等. 变电站防雷方法研究[J]. 国网技术学院学报,2019,22(6):17-20.
- [2]张金生. 变电站的防雷措施研究[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊),2019(11):195-196.
- [3]刘文煌. 110 kV 变电站综合防雷措施研究[J]. 无线互联科技,2019,16(22):122-123.
- [4]叶清明. 110kV 变电站的防雷保护措施探讨[J]. 科技风,2019(31):185.
- [5]钱永鑫. 变电站中防雷保护技术分析[J]. 科学技术创新,2019(4):159-160.
- [6]孟茜茜. 关于变电站防雷接地系统的探究[J]. 山东工业技术,2019(1):167.
- [7]孙阳,王君龙. 110kV 变电站的电气设计与防雷保护研究[J]. 科技创新导报,2018,15(34):59-60.
- [8]申莉华,杨帅. 110kV 变电站的电气设计与防雷保护研究[J]. 内燃机与配件,2018(12):223-224.

作者简介：刘和超（1980.7-）男，华北电力大学，国网山东省电力公司肥城市供电公司，变配电运行值班员高级技师/电力工程技术工程师。