

## 电力配电系统的防雷与接地技术分析

文又红 刘翠平

杭州恒耀电力工程设计有限公司, 浙江 杭州 310002

[摘要] 随着科学技术的进步, 我国的电力配电技术已取得了长足的进步, 但是在防雷方面, 仍有待加强, 配电线路和相关设备容易受到雷击的危害, 因此, 应当加强对电力配电系统的防雷和接地措施, 以减少可能造成的损害。本篇文章旨在深入探讨电力配电系统的防雷与接地技术, 从基本原理出发, 详细剖析其各种形式, 并结合实际情况, 提出有效的解决方案, 以确保配电系统的可靠性、安全性、可操作性。

[关键词] 电力配电系统; 防雷技术; 接地技术

DOI: 10.33142/hst.v6i1.8017

中图分类号: TM752

文献标识码: A

### Analysis of Lightning Protection and Grounding Technology for Power Distribution System

WEN Youhong

Hangzhou Hengyao Electric Power Engineering Design Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310002, China

**Abstract:** With the progress of science and technology, Chinese power distribution technology has made significant progress, but in terms of lightning protection, there is still room for improvement. Distribution lines and related equipment are vulnerable to lightning strikes. Therefore, lightning protection and grounding measures for power distribution systems should be strengthened to reduce possible damage. This article aims to deeply explore the lightning protection and grounding technologies of power distribution systems, analyze their various forms in detail from the basic principles, and propose effective solutions based on actual situations to ensure the reliability, safety, and operability of power distribution systems.

**Keywords:** electric power distribution system; lightning protection technology; grounding technology

#### 引言

由于电力配电系统处于户外环境, 它极易受到雷电的侵袭, 一旦被雷击, 将会对其正常运行带来严重的危害, 甚至可能导致严重的停电事故, 或者是设备着火、爆炸, 从而给社会带来巨大的经济损失, 甚至危及人们的生命安全。由于雷击的不确定性, 传统的预警和防护措施已经不能满足当前的需求, 因此, 采取有效的防雷和接地技术, 可以大大减少雷电的危害, 为电力配电系统的正常运转提供强大的保障。因此, 采取有效的防雷和接地技术, 对于确保电力配电系统的安全性至关重要。

#### 1 电力配电系统的防雷与接地技术

闪电是一种常见的自然现象, 其产生的原因是由于大量的正负电荷的云层所导致的。当这些云层和地表上的物体接触, 并且距离较远的时候, 就会产生放电, 这种放电的形式有时伴随着雷声, 有时则伴随着闪电。这种情况下, 雷电可以以感应雷、直击雷的形式给人、动物和地面设施造成损坏。雷电可能会给配电系统带来巨大的破坏, 它可能会以极强的电流形式冲击输电线路和设备, 甚至可能破坏其绝缘结构, 导致爆炸、火灾等严重后果, 从而导致严重的停电。雷电可能导致严重的损害, 因此, 为了确保配电系统的安全, 需要采取相应措施<sup>[1]</sup>。这些措施包括安装接地装置, 并利用雷电的特性, 将电流导向大地, 从而阻挡外界的干扰, 从而起到保护的作用。经过一系列的技术

手段, 雷击的能量可以有效地被吸收, 并且经由接地网络的传输, 使得雷击对电气系统的破坏力得以有效降低。

#### 2 电力配电系统中接地与防雷技术的具体内容

为了确保配电系统的安全性, 必须根据电压等级和电路状态进行综合评估, 并选择最佳的避雷措施。例如, 在裸露的导线上, 可能会大量使用防雷电缆, 但这将增加工程的费用, 并且会增加安装线路的困难, 从而影响其正常运行。为了确保电力系统的安全, 在设计线路时, 应该尽量使用避雷针代替传统的线路部件, 尤其是那些需要大量电力的、线路频率较高的地区, 以防止雷击造成的损害。另外, 在实际施工中, 高压和低压的配电方式也有所不同, 以确保电力的稳定性和可靠性。在配电系统的设计过程中, 接地防雷始终被视为确保系统安全运行的关键因素, 同时也是确保操作人员安全的有效手段。

##### 2.1 工作接地保护

保持电力系统的安全和稳定至关重要。当电压、电阻、避雷器和接地装置处于运行状态时, 它们可能会互相连通, 导致电流的增加。如果没有及时切断这些设备, 由于它们所携带的能量过多, 就可能导致火灾。通过安装工作接地, 可以有效地引导电力, 减少电气设备与电线之间的电流, 从而防止可能出现的安全隐患。

##### 2.2 重复接地是零线与金属相连接

在发生碰撞、接触不良等故障时, 采用多层次的保护

措施,如降低零线中的电压,可以有效防止设备受损,同时也可以增强电路的抗干扰能力,从而大大提高电路的经济性和效率。为了确保重复接地设备的正常运行,必须认真执行工作接地和保护接地的任务,并严格遵守安全防护规范,以最大限度减少输电线路发生故障的可能性。

### 2.3 保护接地

针对电气设备外壳带电的特殊情况,采取保护接地处理可以有效防止电流进入地下,从而减少由此引发的安全隐患。此类电路具有较低的电阻和强大的接地功能,因此,它已成为电力配电系统的核心技术,在设计和建造过程中发挥着至关重要的作用。

### 2.4 保护接零

通过将设备的外壳与变压器和发电机进行连接,并采用中性线,能够有效地防止短路的发生,从而防止装置受到过大的电流冲击,同时也能够防止人员意外触电的危险。

## 3 雷击现象对电力配电系统的危害

雷击是一种普遍存在的自然现象,它可能发生于两种不同的电荷的云层之间,如果它们的距离太近,或者它们与地表上的建筑物或其他物体有着密切的联系,就可能引发一种强烈的化学反应,从而形成一种气态放射,即雷电。雷击是一种普遍存在的天气现象,它可以通过感应雷、直接撞击或者雷电侵袭来实现。如果动物或人被雷击,可能会导致死亡,而如果电力配电系统和设备被雷击,则可能瞬间产生巨大的高压冲击,损坏其绝缘层,引发短路、爆炸等危险情况,并导致大规模的停电,给人类的用电安全带来极其恶劣的后果。雷击不仅可能造成严重的破坏,而且还可能产生极大的电磁干扰,从而使得建筑物的结构发生变形,甚至完全倒塌。为了确保电网安全运行,需要采取有效的防雷措施。通常,会使用接地体和接地引下线来抵抗雷击。接地电阻的作用是将雷击产生的电流转移到安全的区域,以减少对电网和人类的威胁。

## 4 电力配电系统防雷与接地的主要形式

### 4.1 TN-S 接地防雷系统

TN-S 接地防雷系统是一种先进的、安全的、节能的配电系统,它采用了三相五线制,即将零线和地线分离,而三条相线则相互连接,从而提供了一种完整的安全保障体系。它能够有效抑制电流,减少对环境的影响,提供更好的安全性能,从而更好地满足当前的配电需求。然而,由于它的实际消耗的材料较多,而且所构成的三相系统不平衡,在单相使用时,会在零线上形成高电位,因此,在应用该系统时,需要采取一些措施来降低这种影响,比如采取更加先进的安全技术,比如采用更加环保的安全技术等。TN-S 接地防雷系统是一种特殊的配电方式,它能够有效地隔离总开关和末级开关之间的电流,特别适合在恶劣的电磁环境下,以及对设备可靠性有较高要求的场合。

### 4.2 TN-C 接地防雷系统

TN-C 接地防雷系统是一种特殊的线路系统,它将 PEN 线和其他线材结合,使得它们之间的电气连接更加稳定,从而达到良好的防雷效果。由于零线和地线之间的距离很近,所以必须经过多次的接地,以确保它们之间的安全性。TN-C 接地防雷系统具有出色的三相负荷平衡性,可以满足各种复杂的环境需求,尤其是在 220V 的移动电源上,其表现更加出色。

### 4.3 TN-C-S 接地防雷系统

TN-C-S 接地防雷系统旨在将零线和地线有机结合,以实现全面的安全性,它既可以提供全面的防雷功能,也可以提供局部的安全性,从而实现两者的有机结合,从而达到最佳的安全效果。TN-C-S 接地防雷技术已经广泛应用于各种电力配线系统,尤其是那些需要长时间维护和保护的工厂和住宅区。

## 5 电力配电系统防雷与接地技术的具体应用

### 5.1 防雷接地装置的应用

采用防雷接地技术能够比传统的防护措施更有效地抵御雷击,它能够将雷击造成的巨大电压转移到地面,从而起到保护配电系统的作用。

#### 5.1.1 防雷接地装置的组成

一般来讲,防雷系统由接地点和接地线组成。接地点可以按照它们的结构进行划分,例如人造接地点和天然接地点。前者通常被安装在地面上,用于连接各种电气设备,而后者则依靠现存的地下管道或其他导电装置来排除电流。在进行接地体的设计与施工时,应当特别注意:(a)对周围的土壤进行适当的处理,以降低它的冻融温度和地面电阻,从而有效降低接地体的接触电压。(b)接地体的材料应当具备较高的热稳定性,以避免由于雷击而产生的过高的热量对接地体造成破坏。(c)由于地下土壤的潮湿性,接地体如果长时间暴露在外界的腐蚀性环境中,就必须采取有效的防腐措施,以确保其安全性。(d)此外,由于外界环境的变化,接地体的安装位置也必须考虑,最佳的安装距离为 1m 以上。在变电站中,接地线是保证安全运行的关键。它们通常包括导线、跳线、支架等。通常,在安装明线时,应该按照规划的路线进行安装,而安装暗线则应该选择在地段的入口处进行安装<sup>[2]</sup>。同时,触点之间的距离也应该遵守相应的规范。由于连接线容易受到地面或其他外力的侵害,为了确保安全,必须采取有效的保护措施,例如涂抹防锈漆、覆盖镀锌层,在安装地线时,还必须特别注意:(a)通常使用焊锡来连接电缆。在焊接过程中,需要确保搭接部位的长度是扁钢的 2 倍,而是圆钢的 6 倍。(b)电缆和管道的连接需要使用焊接技术,而且需要使用专门的电缆来进行连接。(c)接地电缆和变电站的设备一般都需要使用螺栓来固定,而且接地体的连接也需要使用焊接技术。

### 5.1.2 配电系统防雷接地装置的设计

采用防雷接地技术可以有效减少变电站遭受雷击的可能性,从而保障变电站的安全运营。因此,在设计防雷接地系统时,必须充分考虑各个因素,包括接地体和接地线,以确保它们的电阻值尽可能低,避免因过载而造成的危险。在设计装置时,需要特别注意几点:(a)首先,通常会优先考虑采用统一的自然接地系统;(b)应该尽可能采用闭环的接地方式,这样可以最大限度地减少过电流的影响;(c)应该尽力确保每个点都得到充分的接地,并建立起完善的接地网络。

## 5.2 配电线路防雷与接地保护

### 5.2.1 高压线路防雷接地

110kV 高压电力线路的建造条件非常复杂,并且容易发生巨大的变化。因此,必须在整条电力线的范围内安装避雷线。如果电力线经过山区或其他恶劣的地形,就必须安装双层避雷线。而 35kV 电力线的建造条件相对比较稳定,如果整条电力电缆都安装避雷线,不仅会增加建造难度,而且会增加成本。为了解决这个问题,建议采取每隔 1~2km 安装一条避雷线的方法,既能提供防雷保护,又能降低建造难度。为了减少施工成本,在雷电活动较为频繁的地区,应当根据当地的实际情况,采取适当的措施,如安装避雷器,以期达到有效的防护作用。

### 5.2.2 中压线路防雷接地

20kV 绝缘线路受到雷电的影响,瞬间电弧电流可以轻易地穿透绝缘表面,造成严重的安全隐患。另一方面,雷电过载也可以导致瞬间的闪络,从而形成短暂的金属通道,从而导致变电站的断开和触发。为了有效地保护这些电缆,建议在其中部署一些避雷器,并在上面安装一些避雷线,以增强它们的防雷能力。为了有效地抑制闪络现象的发生,应该采取有效的措施,如合理调整闪络的距离,缩短闪络的持续时间,从而有效降低电弧的熄灭。在 10kV 配电线路上,由于安装避雷线的繁琐和复杂,施工难度也比较高,因此,应该采取措施,如将避雷器安装在特定的位置,并适当增加防雷绝缘子的数量,从而达到良好的避雷效果。

### 5.2.3 低压线路防雷接地

在低压电力系统中,380V 和 220V 线路通常使用绝缘子角铁进行接地,但是为了确保安全,这些线路的接地电阻必须符合相关规定,即设备的接地电阻不能超过  $4\Omega$ 。此外,为了确保安全,这些线路的独立防雷接地保护电阻也必须小于  $10\Omega$ ,并且接地点的数量也必须小于 3 处,同时,这些线路的接地阻值也必须小于  $30\Omega$ 。为了确保电源点处中性线的安全可靠,应当妥善处理分支线和干线的

的连接,以确保其具有最佳的接地性能。

### 5.3 配电变压器防雷接地

电力变压器在电力配电系统中扮演着至关重要的角色。为了确保它们能够安全运行,人们通常会在它们上面安装避雷器。这种三位一体的接地方法包括将变压器的金属底座、低压侧的中性点和避雷器的接地下引线相互连接,以确保它们能够正确接触。当雷雨降临时,采取有效的措施来保护变压器,如安装避雷器,以减少由于雷雨造成的绕组破坏。此外,避雷器还能够有效地抑制雷雨的冲击,使变压器保持稳定,达到良好的防护效果。为了确保安全,避雷器的接地引线必须尽可能地短,以免因为残压的影响而导致损坏。

### 5.4 计算机与通信设备的接地措施

电子设备,如计算机和通信工具,是配电系统中不可或缺的重要组成部分。它们的安全性取决于建筑的安全措施。因此,必须严格遵守防雷规定,确保安全。此外,还需要确保所有设备都能够安全地接地,以确保它们能够正常工作。通信工具通常使用电缆和天线来连接,为了确保它们能够正常工作,电缆的外壳应该被接地,并采用多次重复接地的方式,将它们接入建筑的安全区域,从而避免潜在的雷击危险。采用先进的避雷技术,大大提升了防雷的能力。为了确保安全,建筑物内的计算机和通信设备必须进行有效的分类,并且要按照一级、二级、三级的标准,构建完善的防雷接地系统,以有效阻挡雷电的冲击,确保建筑物内的各种设备能够安全可靠的运行。

## 6 结语

因此,电力配电的防雷接地系统具有极高的复杂性,因此,各方必须认真对待。电力部门应当结合当前的实际情况,采取有效的预防措施,并且要精心设计出可以有效抵御雷击的方案。此外,正确的电力施工流程也是确保安全可靠的前提,只有通过完善的管理机制,才能够最大限度地减少雷击造成的损害,从而确保供电系统的安全可靠。

### [参考文献]

[1]李平文. 电力配电系统的防雷与接地技术分析[J]. 技术与市场,2021,28(9):110-111.

[2]周荣. 电力配电系统的防雷与接地技术分析[J]. 光源与照明,2021(6):111-112.

作者简介:文又红(1977.6.-),男,汉族,毕业于重庆,大学网络教育学院电气自动化技术,当前就职于杭州恒耀电力工程设计有限公司,任职驻外项目部经理,初级,工程师;刘翠平(1996.3.-),女,汉族,2017.7.1 毕业,河南工程学院,大学本科,现在在杭州恒耀电力工程设计有限公司,设计人员。