

输电线路雷电防护措施研究综述

朱琳 张露丹 张莹莹

吉林省延边朝鲜族自治州气象局 吉林延吉 133000

摘要: 随着我国电网建设的迅速发展,已基本遍布全国,其中输电线路是电力系统中的关键组成部分。尽管输电线路发展迅速,但从有关输电线路的运行情况来看,目前输电线路在运行中依然会出现各种各样的问题。其中最为严重的,就是雷击故障。我国地域广袤,气候复杂,天气多变,到了夏季雷雨天气比较多。我国目前的电网在防雷体系建设上由两部分组成,一是变电站自身的核心防御,二是输电线路的外部防御。其中,输电线路常年暴露在室外环境,加铺设线路比较长,非常容易遭受雷击损坏,因此必须要加强输电线路的外部防御。我国一直在不断应用和创新防雷技术,近年来雷击带来的线路事故与安全事故发生概率有了明显的降低,但仍然不能够完全规避雷击伤害,有些地区甚至仍旧在沿用老旧的防雷方案与防雷技术,导致防雷效果不明显。相关部门一定要对雷击事故引起重视,在输电线路采取防雷技术,进一步提高供电稳定性。

关键词: 输电线路; 雷电防护; 现状; 措施

A Review of lightning protection measures for transmission lines

Lin Zhu Ludan Zhang Yingying Zhang

Meteorological Bureau of Yanbian Korean Autonomous Prefecture, Yanji Jilin 133000

Abstract: With the rapid development of China's power grid construction, it has basically spread across the country, of which transmission lines are a key component of the power system. Despite the rapid development of transmission lines, but from the point of view of the operation of the relevant transmission lines, there are still a variety of problems in the operation of transmission lines. One of the most serious, is the lightning strike fault. China's vast territory, the climate is complex, the weather is changeable, to the summer thunderstorm weather is more. China's current power grid in the construction of lightning protection system consists of two parts, one is the core defense of the substation itself, the second is the external defense of the transmission line. Among them, transmission lines are exposed to the outdoor environment all year round, plus the laying of lines is relatively long, very vulnerable to lightning damage, so it is necessary to strengthen the external defense of transmission lines. China has been constantly applying and innovating lightning technology, in recent years, lightning strikes brought about by line accidents and safety accidents have significantly reduced the chances of occurrence, but still can not completely avoid lightning damage, some areas are even still using the old lightning protection program and lightning protection technology, resulting in the effect of lightning is not obvious. Relevant departments must pay attention to lightning accidents and adopt lightning protection techniques on transmission lines to further improve the stability of power supply.

Keywords: Transmission lines; Lightning protection; Current situation; Measures

一、雷击对输电线路运行产生的影响

1. 雷电高热效应对输电线路产生的危害

雷电在进行释放的时候会直接击中输电线路,在这一瞬间就会产生非常强烈的高热效应,在这一瞬间就能产生几十万安培的电流。这个时候,雷电流会在电线杆上产生更多的热量,甚至还有可能会融化金属,如果被雷电击中,输电线路就会融化,重则电线断裂,甚至会出现倒塌现象。如果温度过高,会严重地影响输电线路的稳定性,就算线路不倒塌,输电线路也会变得不稳定,甚至还会出现大范围地停电。这不仅会影响到电力系统的稳定运转,还会危及整个行业的安全。

2. 雷电产生的电磁感应会对输电线路产生影响

雷电在形成的时候,由于各种因素的作用,会产生一种电磁现象,当雷电在放电时击中了输电线路,电磁效应就会在输电线路产生变电磁场。这会使输电线路内的电流骤然增加,从而就会使输电线路在一瞬间内被烧毁。另外,在形成雷电的时候,会有一些机械作用,雷电的机械作用会让被雷电击中的物体发生物理上的改变,甚至还会发生爆炸。一旦进入了电力系统,将会影响到变压器、输电线路等多种设备,从而影响到人民的日常生活和电力系统的稳定。

二、输电线路雷电防护措施

1. 阻塞型

(1) 安装避雷线

设置避雷线，主要是为了降低雷电对输电线路的雷击。在我国 35 kV 及以上的输电线路当中，都要有设置避雷线的相关规定。然而，由于输电线路与雷电导线间的库伦力作用，在许多情况下，输电线路对雷电导线的吸引要比避雷线大得多，因此避雷线的阻截效能大为下降。此外，高压输电线路无法突破地形地势、地貌以及大峡谷档距中心等不可控制的外力影响，因此，在实际的操作过程当中，往往会出现大概率回击和大概率绕击，而且随着电压等级的增加，绕击的概率也会越来越大。避雷线在阻击技术上有很大的障碍，会形成巨大的雷电拦截漏洞，大峡谷的绕击强度和绕击概率要比平原要高得多，很容易导致线路之间的闪络和绝缘子的闪络。绕击是造成高压输电线路雷击跳闸的一个主要因素，但从整体上来看，避雷线是电力系统抗雷的首要防线，其功能也将持续下去。

(2) 增加绝缘子串长度

通过增大绝缘子串长度和采用绝缘杆塔，可以有效地改善输电线路的绝缘等级，从而增强输电线路的抗雷性。从实际的输电线路实际情况来看，这种方法可以在一定程度上增加抗雷电的闪络强度，减少电弧的产生。而绝缘子对地电容、绝缘子导线电容，构成电容链，在工频时，电容链的作用几乎可以忽略，一旦被雷电击中，就会形成一种非常大的非均匀分布电容，从而影响到电流的分布，最终导致绝缘子处的电压下降，产生饱和特性。

(3) 埋设电缆

采用埋地电缆进行传输，这样可以减少被雷电直接击中的危险，而且采用了保护措施，可以减少被雷电直接命中的可能性，但因为地下电缆的散热问题，它的传输能力要比同等电压等级的架空线路要低得多。此外，雷电还可以通过打中输电线路周边的导线而引起感应过压，从而危及线芯的安全。由于地下电缆成本高，后期的维修和保养等工作比同等电压等级的架空线路要大得多，所以目前大部分的电缆传输都是在低电压线路上进行的。

2. 纯疏导型防雷措施

(1) 降低杆塔接地电阻

降低接地电阻能够有效地降低雷击杆塔电位的上升，在架设避雷线时，可以采用降低接地电阻的方法来减少雷击发生。但在雷电强度太大的情况下，这种方法的效果就会受到限制。在山地、冻土等地区环境下，由于土壤的电阻

率比较高，要想减小接地电阻，不仅需要大量的成本，还需要大量的人力物力，并且在实际应用当中常常达不到预期的效果。

如果在很难采取措施来减少接地电阻，或者是即使设置了避雷线，但仍经常受到雷击的输电线路，可以考虑安装连接地线。其基本原理是：通过增大避雷线路与导线之间的耦合，使输电线路绝缘子串上的电压下降，从而有效地分流雷电流，最终减少线路的阻抗。然而，附加接地线的代价很大，而且在安装之后，绝缘子会受到雷击的闪络，所以，不能进行大规模的推广工作。

(2) 架设耦合地线

架设耦合地线，可以有效地减少输电线路反击跳闸率的防雷方法。对一些建成投入使用后易发生雷电故障的线路，可采取在线路下面铺设接地线的方法。在架空输电线路的雷电保护当中，搭接接地线一般起着两个作用：一是增大避雷线路与导线之间的耦合，减少绝缘子串上的电压；另外，耦合地线对雷电流的分流也有一定的影响。通过实践表明，耦合地线在减少雷击跳闸率方面有很大的效果。这种优良的性能使耦合地线被广泛用于架空输电线路的防雷保护。

(3) 安装并联保护间隙

设置并联空隙，其目的就是为了减少绝缘子串两端的电位差，从而增加输电线路承受雷击时的抗雷能力，超过动作电压，空隙被打穿，雷电流就会被引向地面（见图 1 所示）。



图 1 并联间隙现场图片

但在更多的时候，它会引起持续的工频电弧，从而导致短路跳闸事故。所以，虽然设置并联空隙可以达到一定的避雷效果，但是它也有很大的缺点。第一种情况，跳闸

率很高。第二种情况,在连续的工频电弧作用下,上、下电极接触器与绝缘子之间的连接会很快地发生故障,从而导致短路故障。第三种情况,频繁的短路会对变压器的绕组造成很大的损伤,从而危及电力系统的整体安全性。

三、防雷技术的优化路径

1.差异化防雷技术的应用

(1) 根据电压等级实行差异化防雷

可以根据电压等级的不同来对输电线路进行差异化防雷。譬如,针对 35kV 的输电线路,可以将避雷器安装在容易发生雷击的部位,来防止雷击事故发生;对于 110kV 的输电线路,可以在其整个输电线路路上设置避雷针,如果线路架设在山林,则需要布置双条避雷线来提高输电线路的耐雷水平。在实际的运行过程中,110kV 输电线路的很多地方并没有设置避雷针,且其雷击事故发生概率极低,那就需要工作人员来结合实际情况合理布置避雷针,在没有布置避雷针的区域做好相应的防雷技术,降低雷击事故发生概率;对于 220kV 输电线路来讲,一定要配置双条避雷针,电压越高越容易发生雷击事故,只有加大防雷力度,才能够降低事故的发生概率,促进我国电力企业的良性发展,为人们提供高效稳定的供电。

(2) 高海拔山区差异化防雷

针对高海拔山区,也要做好差异化防雷:①对于雷击多发区,采用双根避雷线来对 110kV 及以上的架空输电线路进行防雷设置,同时对雷击多发段进行改造,要求其设计一定要满足防雷要求;②针对落雷频发的杆塔,要取消其 220kV 线路的地线间隙,让避雷线能够通过基础杆塔完成接地,以此来更好地泄放雷电电流;③根据变电站实际的防雷情况,满足风偏和导线弧垂对地距离的条件下,通过增加绝缘子的方法来提升线路的防雷水平;④降低杆塔的接地电阻,使其接地电阻能够满足标准;⑤根据雷电的定位系统来提高对杆塔的关注度,对于经常出现落雷情况

的杆塔安装避雷器。同时根据差异化防雷措施,对于雷区坡度 25° 以上的杆塔外边坡侧边进行线路避雷器的安装处理。

2.做好输电线路日常维护工作

要想做好差异化防雷技术管理,还需要对输电线路的日常维护工作进行重视,开展周期巡视的方式来了解输电线路的运行情况,同时建立好线路的信息库。定期检查输电线路,发展问题立即维修,以此来提高输电线路的使用寿命。同时结合雷电在线监测系统以及雷区的分布图来构建智能化管理系统平台,利用大数据进行分析,推进运行评估和风险评估,落实好状态检修,建立健全管理制度,使输电线路的运行维护能够有系统的管理,使防雷技术能够更好地得到落实。

四、结束语

影响输电线路正常工作的因素有很多,而且其中还存在着一定的复杂性,如何保证输电线路的正常工作,解决电力系统的雷电损害问题,有关工作人员应根据具体情况,根据具体情况,对输电线路在不同情况下的运行情况进行分析,完善相应的防雷措施,从线路设计、避雷器的安装、避雷线的设置等方面进行优化,从而提高电力系统的抗雷性。

参考文献:

- [1]林力辉,吴晓杰,康合敏,等.基于雷击防护的高压输电线路雷电监测系统研究[J].电工技术,2022(1):147-148,169.
- [2]李平,朱海波,杜超,等.架空输电线路防雷措施研究[J].通讯世界,2019(8):328-329.
- [3]王祥祥.高压架空输电线路的防雷措施分析[J].集成电路应用,2019(4):99-100.
- [4]周文钧.输电线路设计中线路防雷技术的运用[J].设备管理与维修,2021,(16):102-103.