

基于高压输电线雷电危害与防护体系的研究

雷电以电波形式袭向输电线,具有直击、斜击和绕击等不同方式,因有的防雷设计不合理,输电线风吹摆动超出保护角范围,加之地面接地电阻大,不能有效释放雷击过电压、过电流等,加重了对电力设施的影响与破坏。从高空避雷线和接地电阻分析探索入手,分别提出了改进措施,并应用于现场,产生了良好效果。

李 泽 赵 艳 宋 鑫 周庭军/国网四川省电力公司巴中供电公司
万 刚/国网四川省电力公司内江供电公司

雷电侵袭影响

1. 雷电危害

雷电打击会给电力设施带来不同形式的损伤和破坏,包括以下几种情况:

- 1) 雷击造成过电压,都可能对绝缘子、输电线造成损伤,故一般会引起重合闸保护动作。
- 2) 雷击会引起绝缘子闪络放电,对瓷质表面造成烧伤脱落;对玻璃绝缘子造成网状裂纹;对铁件造成熔化痕迹等,都将使绝缘强度大幅降低。
- 3) 雷电击打在输电线或避雷线上,可能会引起断股甚至断裂,使输电工作无法进行。
- 4) 雷电击打在通过内部铁心接地的水泥杆塔上时,强烈的雷电流有可能引起杆体爆裂,造成主网跳闸等。

2. 雷击分析

雷电是影响输电线安全的重要因素,长期以来占据线路故障跳闸的首位。雷电是大气活动的自然过程,迄今还不可控制。但可以通过对常发事故进行分析,寻找雷击规律,加强防范。易遭雷击重点记录如下:

- 1) 处于高山峻岭的半山区或峰顶的

杆塔。

- 2) 处于水塘、水库附近的输电线路。

- 3) 大跨越杆塔,如跨越800 m以上的山岭或江河湖泊的杆塔。

- 4) 安装在接地电阻高的杆塔,如岩石塔基及输电线等。

3. 雷电防护

在充分了解雷电事故发生的常态因素和产生的严重影响后,需要按照GB 50057—94、DL/T 621—1997和DL/T 741—2001规范的相关规定,有针对性地开展防护处理工作。

雷电防护措施

1. 综合措施

由于雷电对输电线的危害,必须采取防护措施。在防雷设计中,必须对杆塔、结构地质状况等进行充分了解,做好雷击可能性的分析计算,如取多大的保护角?安装什么样的避雷线?接地电阻有多大?怎样有效释放雷击电流等作出全面考虑。

施工装配则须严格执行,不是特殊情况不得修改。当然,如果确实发现问题,则应积极提出交涉,以利及时校正补救,采取正确稳妥方案。

对于投运线路,要积极开展雷电监测,对雷击跳闸频繁的线路,需找出易击点,采取适当防范措施,如:

- 1) 使用线路型带串联间隙式金属氧化物避雷器等,降低线路的雷击跳闸次数和事故扩大率。

- 2) 装设避雷线,并需保证避雷线对导线的防雷保护角 $\leq 25^\circ$ 。



李 泽/工程师

关键词/Keywords

雷电波·
袭击破坏·
避雷线·
地电阻·
防护改进·

3) 改善接地网敷设方式, 减少接地线间的对地电阻, 使之更有利于雷击过电压和强电流释放到大地。

2. 避雷线设计

避雷线对于输电线路的保护是最有效和最基本的措施, 避雷线能防止雷电直击导线, 同时还具有分流作用, 用来减少流经塔杆的雷击电流。接下来, 将探讨避雷线设计与改进。

在电力传输中, 杆塔、输电线与避雷线结构如图1所示。

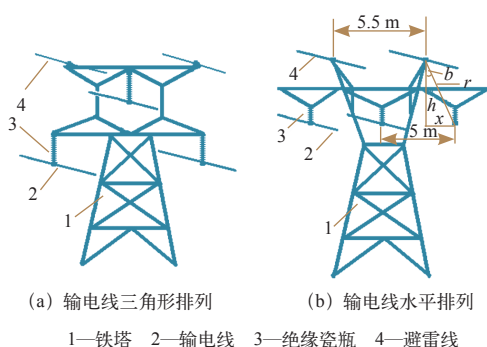


图1 输电线避雷结构示意图

图1是常见的两种高压输电线与铁塔型结构, 图1a是猫头鹰式, 输电线为三角形排列, 图1b是羊角形式, 输电线为水平排列。图1a、图1b中序号标记相同, 图1中, b 为保护角; r 为避雷线到输电线弧形半径; h 为避雷线到输电线高度; x 为避雷线到输电线水平距离。

以220 kV输电线为例, 该电压等级一般采用双避雷线, 避雷线对导线的防护范围由保护角 b 确定。

根据保护角为直角三角形的特点, 避雷线环形保护范围及相互参数可用下面计算式确定

$$\tan b = x / b \quad (1)$$

$$x = \tan b h \quad (2)$$

现举实例说明: 在220 kV输电线中, 按常规布局, 两根避雷线1、2间距离是5.5 m, 线间距离是5 m, 避雷线与输电线垂直高度 h 取5 m, 保护角取 25° , 经 $\tan b$ 正切值查证为0.466 3, 由此可以计算出输电线可偏移外支距离 x 的长度为: $x = \tan b h = 0.466 3 \times 5 \text{ m} = 2.3 \text{ m}$ 。

因为线间距离、地线与导线距离和保护角等都相应知晓, 故此 x 数值的计算式和计算结果

则有特殊意义, 它使在设计安装时有参考和遵守依据。否则, 在工作中很容易马虎忽略, 而一旦超出此数据, 即偏移、支出过多, 便在避雷线保护角外了, 将会加重雷击过电压, 增加跳闸次数等, 所以, 实施中需充分注意。

按照以上图示和数据下料、焊接和施工, 其防雷工作是有可靠保证的。

防雷新举措

1. 避雷线改进

前面已述, 对雷击防范采取了避雷针、避雷器和架设避雷线等措施, 但雷击事故仍时有发生, 这说明常规的避雷方式还存在欠缺, 依然有不能满足防雷需要的地方, 故要作进一步研究和寻找新的解决方案。三相摆动位置变化如图2所示。

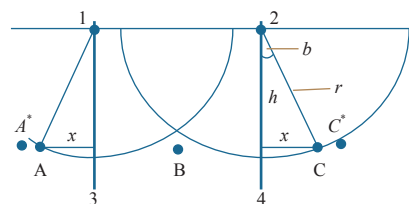


图2 三相摆动位置变化

图2中以黑点为示意, A、B和C为三相输电线, 1、2为避雷线, 3、4则为水泥式电杆。常态情况下, A、B和C三相输电线, 一般设计安装是在保护角范围内, 但运行中可能出现以下几种情况:

- 1) 时间长, 负荷重, 长期处于饱和状态, 金属材质受损变形, 出现拉伸下坠的情况较多。
- 2) 线路长, 跨度大, 弧垂量重, 随风摆动幅度大。
- 3) 雷电可通过直击、斜击和绕击等方式, 从不同方向打向杆塔和输电线。

在雷雨天气, 往往伴随着强风吹刮, 故极有可能让输电线超出避雷线保护范围, 加上雷电从不同方向袭击, 所以, 使雷雨天气跳闸故障率明显增多。为此, 出现了实施改造的强烈要求。

经过分析研究, 三条输电线, 两根避雷线, 要按 25° 笼罩全部, 本身就有所紧张, 特别是在220 kV以上, 输电线相间距离超过5 m的情况中,

难度更大,因此雷击故障率也就更高。为此突破现有两根避雷线的常规结构形式,拟定出新的改进措施,设计增扩避雷线结构如图3所示。

图3的重点是将原有的两个避雷线增加为三根,将原避雷线位置稍加调节,或加长一节横担,腾出一条新的避雷线的位置,架设好三根避雷线。

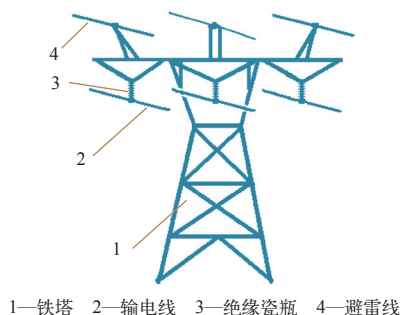


图3 增扩避雷线结构

第三根避雷线的增加,使保护角扩大,保护范围拓宽,外侧的A相、C相也在笼罩之下,故在导线风吹摆动中也能覆盖保护,由此明显增强防雷作用。

再者,避雷线是区域性工作,不像输电线需要贯通性,连续性,故增加与否还可选择。可以在高山峻岭和江河湖泊雷击多、跳闸率高的地方增加为三根避雷线,而在平原、跨度小和雷击少的地方,亦可保持两根避雷线,维持原有结构状态。这样的灵活性,有利于针对不同环境、不同需要采取不同方案。

2. 接地电阻改进

前面介绍了空中避雷线改进措施,在输电线防雷体系中,还有雷电释放问题,避雷针、避雷线等,对雷击电流电压有吸引防护作用,但向空中自释放功能很差,所以现在普遍采取的是将雷电引向大地,实施排解释放的方式。

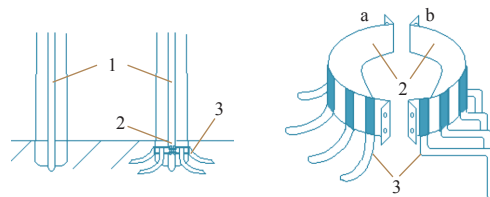
雷电向大地释放,又有接地电阻过大的问题,如安装在水泥、岩石等地基上的杆塔,经测试,接地电阻值高达上百欧姆,超过GB 50057—94《建筑物防雷设计规范》中规定,工频接地电阻不应大于 $10\ \Omega$ 的要求,由此对雷击过电压、过电流释放功能差,加重了危害性,故仍需要改进。

图4为水泥杆加装网状接电线的情况。

改进措施是根据并联电阻大于单一电阻的理

验,将原单根接地线1扩展为右侧3的多条接地线,每增加一条接地线,便是多并联一个电阻,并联电阻的增加,犹如金属导体截面积加大,导电能力加强,亦可有效降低接地电阻值,大幅改善雷击过电压过电流的释放能力。

图5为a、b两种网状接地线的结构方式,两者在圆箍2上相同,但在分支接地线上有差异,a侧为直下弧形连接体,适用于随电杆同时深埋的形式;b侧为“鼎”字形弯曲结构,适用于已埋杆塔,在定期或不定期测试中,发现因土质干枯或金属接地线锈蚀甚至断裂,造成接地电阻值超标的补偿办法。此举是在增加网状接地线时,不影响已埋老杆塔的地基稳定性。



1—原单一接地线 2—连接圆箍 3—新增网状接地线

图4 网状接电线改装图示

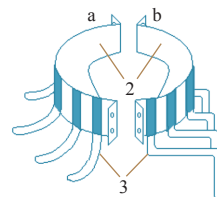


图5 网状接地线结构图示

在掩埋杆塔和网状接地线的时候,还可引入长效降阻剂,一同埋入地下,使之产生更好的导电效果。

通过以上改进,使每基杆塔接地电阻值达到合格要求,保证了雷击过电压、过电流的有效排放,提高了防雷技术水平,保证了输电线路的安全稳定运行。

结束语

基于电力系统遭遇雷电袭击影响和破坏,开展了防雷体系的探索研究,以三角函数计算模式,确定保护角范围,针对输电线雷雨风吹摆动大的情况,提出了打破常规,增设3条避雷线的新型结构形式;同时对接地电阻大的地带,实施了新安装与旧杆塔两种耦合网状式接地线的设计制作,并结合长效降阻剂,增强雷击过电压、过电流的释放能力。这些措施进一步优化电网防雷体系,有效增强电力传输安全运行水平。

(收稿日期:2015-06-15) EA