

架空输电线路雷击跳闸原因及其防雷措施探讨

吴佳 陈士超 刘士嘉

国网河北省电力有限公司邢台供电分公司

DOI:10.32629/hwr.v4i8.3243

[摘要] 我国越来越多的架空输电线路建设在山区、丘陵及旷野地带,遭遇雷电等强对流天气的次数也相对增多,架空输电线路的雷击跳闸故障次数也随之上升。本文分析了架空输电线路雷击跳闸的原因及工作中遇到的问题,并提出一些有效的防雷措施。

[关键词] 架空输电线路; 雷击; 防范措施

中图分类号: TD63+11 **文献标识码:** A

引言

随着我国国民经济的快速发展,电的应用已经成为人民生活中重要一环。如何保证电力系统的安全可靠运行,已经成为广大人民群众及各行各业对供电部门的基本要求。随着架空输电线路在山区、丘陵基旷野地带的里程数逐渐增多,线路遭遇到的雷电活动也更加频繁,雷击故障发生的概率也越来越多。尤其在夏秋“七下八上”雷雨时间段,架空输电线路雷击跳闸的几率会出现明显的升高。输电线路发生雷击故障,不仅会造成线路及变电设备跳闸停电,还有导致杆塔附近人员伤亡的风险。因此,架空输电线路雷击故障如何避免发生,跳闸率如何有效降低,这已成为保证电网的安全可靠运行及人民群众正常生活的重要工作之一。

1 架空输电线路雷击跳闸原因分析

1.1 雷击产生的热效应

虽然雷电的过程一般仅为0.01s,但是瞬时高压可以达到1MV。雷电产生的电流在很短的时间内能够上升到100kA。其中对于直接雷,它产生的雷电电流能够达到2050kA,大型雷暴的电流能够升到几十万安培。以上因素可以看出虽然雷电发生的过程虽然非常短暂,不足1s,但是雷击过程产生的热量会对被击中物体造成热破坏。另一方面由于电流产生的热量巨大,在极短的时间内热能很难迅

速发散,所以在雷击后导线放电处的瞬间温度可以迅速上升到上万度。导线、地线等都可能因为雷电流产生的高温烧蚀,导致跳闸。

1.2 雷击产生的过电压

过电压的危害可以分为3种:感应雷过电压、直击雷过电压和绕击雷过电压。感应雷过电压的形成是因为雷雨大风天气下,雷电击中输电线路周边的路面或者房屋。这是由于在电磁感应和静电感应的影响下,雷电在地面或房屋处形成的电压,也会导致在导线上形成高压,当这个高压与绝缘子的耐压值相比高时,就能造成闪络。直击雷过电压按照发生在架空输电线路的位置区别,可以简单地分成两种,一种情况是雷电击中架空输电导线的时候,雷电电流由于经过一定阻值的接地通道流向大地,使得雷电击中处的电位迅速升高,当此处与导线间的电压差值比较大时,将能够达到线路的击穿电压值,在架空输电线路形成闪络现象,以上现象也可以称为反击;另一种情况是雷电直接作用在架空输电导线上,从而在导线上形成较高的电压值,当这个电压值与绝缘子串的耐压值相比,相差比较多时,将会产生闪络现象。绕击雷过电压是雷电越过地线或者其他的防雷装置击中导线,从而形成的闪络现象。以上因素可以发现过电压会造成绝缘子闪络或击穿,严重时会使绝缘子掉串及导线脱落,最终导致跳闸。

2 架空输电线路雷击跳闸的特点

雷击跳闸往往会导致绝缘子发生闪络,在线路的绝缘子表面形成闪络放电痕迹。一般发生雷击跳闸后,由于绝缘子表面放电,输电杆塔的铁部构件上会存在熔化的迹象。另外跳闸也会导致瓷质绝缘子表面严重烧伤,甚至脱落;玻璃绝缘子的玻璃体外部会出现明显裂纹。雷击造成的导线或绝缘子烧伤范围比较大,但是较为分散,烧伤程度一般会比较轻。另外雷击也可能导致线夹内部的导线灼伤,烧伤避雷线悬挂头、接地引下线的接地线的接地螺栓连接处和拉线楔型线夹连接处^[1],并留下明显的烧痕。雷击跳闸发生后,因为空气为自恢复性绝缘体,被雷电击穿的气体绝缘强度会在短时间内恢复,雷电形成的导电通道再次恢复为绝缘体,所以发生雷击跳闸后一般会重合成功。但是,雷击也会造成永久性故障,比如强雷作用在架空输电线路造成下面三种情况时:瓷绝缘子脱落、地线(避雷线)断线、导线断线。

3 目前防雷工作中存在的问题

3.1 杆塔环境因素

山区、丘陵地带的杆塔基础附近往往是岩石或石块,土壤的电阻率相对平原大地较高,这就造成了杆塔的接地电阻偏大。尤其山区地带受到微地形、微气候的影响,极易出现雷雨大风等强对流天气,导致输电线路雷击跳闸。山区地

带土壤往往湿度较大, 接地装置长时间埋设在于潮湿的土壤中, 极易腐蚀造成输电线路的耐雷能力逐步减小。部分山区或丘陵的杆塔及旷野地带的杆塔接地电阻虽然符合设计要求, 甚至比设计值还要小很多, 但是由于此类区段处的线路杆塔大多数建设在山顶或者高处地带, 旷野地带处的杆塔相对其他建筑物更易引雷, 以上因素使得上述地段的架空输电线路更容易遭受雷击的影响, 雷击跳闸的几率也较其他地段高。

3.2 施工设计因素

近年来, 随着我国电网建设的不断发展, 越来越多的线路需要进行设计, 由于设计单位人员紧缺, 一部分设计人员山区杆塔设计经验不足, 又由于山区地段地形复杂, 可能导致设计单位现场勘察不到位, 以上因素将会造成设计人员对土壤电阻率认识不到位, 没能充分考虑不同地段电阻率大小的影响, 从而导致杆塔的接地形式不复合现场实际要求。此外, 杆塔的接地作业属于隐蔽作业范围, 在接地基础作业时难以对此进行全面的监督, 可能会发生作业人员不按要求进行、压缩工期等情况, 这些都对接地电阻产生不利影响。

4 架线路防雷措施

4.1 架设避雷线

架设避雷线是架空输电线路采取的最常见的防雷措施, 目前架空输电线路一般采取一根地线和OPGW光缆承担避雷线的功能。避雷线的主要功能是防止雷直击导线, 还可以起到雷电击中杆塔时的分散作用, 从而使杆塔顶部电位下降, 并且利用与导线间的耦合作用使电压也进一步得到降低^[2]。

4.2 降低杆塔接地电阻

对于普通高度的输电线路杆塔, 使杆塔的接地电阻下降是提高线路耐雷水

平、杆塔雷击故障率减少的基本措施。

对于土壤电阻率低的区段, 可以利用输电线路杆塔的自身电阻, 建立一条与导线平行的架空地线, 通过地线与导线间的耦合作用, 使得绝缘子串上的电压得到显著的下降。对于土壤电阻率较高的区段, 可以采取在基础处洒上适量的降阻剂, 使接地电阻值得到下降。

4.3 加强线路绝缘

对于跨越河流、高速公路等特殊区段, 由于需采取大跨越的架设方式, 这就使雷击输电线路的机会得到升高。杆塔高度相对大时, 将造成落雷时顶部点位高, 产生一个很高的感应过电压, 受绕击的几率也升高。为了使架空输电线路雷击跳闸率下降, 可选择提升线路的绝缘子串片数, 或者采取扩大导线与地线的间距, 进一步提升线路的绝缘强度。

4.4 减小保护角

保护角越小, 架空地线对导线的屏蔽保护作用越好, 相同幅值雷电情况下可减小导线的暴露距离, 同时还可以减小最大绕击电流, 使雷电绕击跳闸率得到下降。研究表明保护角设计在 $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 时, 雷击故障的概率会大大下降。

4.5 安装避雷针

由于地线和杆塔不会对所有的雷电进行吸引, 一部分雷电可能会越过它们的防护而绕击到输电导线上, 当其雷电过电压的强度超过线路绕击耐雷水平时, 就会发生雷击跳闸。在实际过程中, 有时减小地线保护角比较困难, 这时可以采取在地线或杆塔上安装避雷针的方式。因为避雷针相对于地线更易于产生迎面放电, 以此去拦截下行先导, 所以能够提高地线或杆塔的吸雷能力^[3]。

4.6 合理选择线路路径

根据实际的运行数据统计, 可以发现架空输电线路遭遇雷击一般在线路的

某些区段, 我们将此称为易击区。架空线路路径若能远离这些区段, 或者对这些线段采取一定措施, 则可以大大地减少雷击故障发生的概率。

4.7 严格设计与验收把关

严格按照规程规范对杆塔的设计接地形式进行要求, 尤其对于山区丘陵地段的杆塔, 接地沟深度必须满足相关要求, 并认真查看接地装置等焊接质量, 焊接完成后要进行覆土回填, 接地装置处覆土过程要进行严格夯实, 不得采用大块石头、树根等杂物进行回填, 这样可能会在接地体与土壤间形成一定缝隙, 造成接地电阻变大。另外新线路投运验收前要对杆塔接地电阻进行检查, 及时采取相应防范措施, 切实提高输电线路的耐雷能力。

5 结语

雷害是威胁架空输电线路安全运行的一个重要因素。上述的分析可以看出, 伴随着科技水平的逐年发展, 防雷的方法和措施也在不断的发展, 因此现在解决架空输电线路雷击的措施有很多。我们在采取措施之前, 要根据现场实际认真调查分析, 因地制宜, 采取相对应的防范措施。总而言之, 如何有效降低架空输电线路的雷击故障率现在仍是线路运行中的难题, 有时需要同时采用几项防雷措施, 还要不断研究新型的防范雷击跳闸方法, 保证输电线路安全可靠运行。

[参考文献]

- [1] 李庆华. 220kV线路防雷击跳闸问题分析[J]. 电力系统装备, 2018(8): 131-132.
- [2] 张华. 抚顺地区配电线路的防雷对策及效果检验[D]. 华北电力大学, 2016.
- [3] 张鹏, 陈宇民. 110kV输电线路防雷分析[J]. 云南电力技术, 2008(05): 17-19.