

泉州输电线路故障跳闸浅析

黄文生

(泉州电业局,福建 泉州 362000)

摘要 根据泉州电业局 2001 年输电线路雷击跳闸情况,结合前几年积累的有关资料,判断引起线路跳闸的雷击类型,分析线路遭受雷击的原因和 220 kV 线路导线的排列方式对线路防雷的影响,提出 220 kV 输电线路是今后防雷重点.结合输电线路现场实际情况,针对性地提出了输电线路综合防雷措施,并提出了降低线路雷击跳闸率的方法.

关键词 输电线路 杆塔 雷击跳闸 接地电阻 绝缘

中图分类号 :TM726

文献标识码 :B

文章编号 :1006-7647(2002)07-0067-03

1 输电线路雷击跳闸故障及分类

2001 年福建省泉州输电线路发生故障跳闸 13 次,见表 1.由表 1 可知,除城淮 I 回 54 号杆和井浮线 17 号杆属于外破原因造成的线路跳闸外,其余均为雷击引起线路跳闸.雷击跳闸占线路故障跳闸的 84.62%,可见雷击跳闸是线路故障跳闸的最主要原因.线路遭直击雷的现象为 杆塔避雷线或地线架应有雷击点痕迹,雷电流幅值大,如果杆塔的接地电阻值较大,导致导线挂点电位迅速升高,引起绝缘子发生闪络,导线横担挂点处应有明显的放电痕迹,同时因为三相导线的绝缘程度相同,这样引起多相导线绝缘子发生同时闪络的几率很大.线路遭绕击雷的现象为 杆塔导线呈水平和三角排列时,两边导线最容易遭雷击,导线呈垂直排列时,上导线最易遭雷击,杆塔发生闪络位置的导线或绝缘子串的下端金具、均压环应有明显的放电痕迹,上端金具和上均压环放电痕迹较不明显,且绕击时雷电流幅值较小,如杆塔的接地电阻值小,只能引起单相导线发生闪络.从以上情况看 2001 年线路雷害都判定为雷绕击.因此雷绕击是造成线路故障跳闸的主要原因,减少线路发生雷绕击是防雷的主要工作任务.

2 雷击跳闸故障原因浅析及对策

a. 统计资料表明,线路跳闸集中在每年的 5~8 月 4 个月.近两年来从市气象台获得的资料显示,1999 年泉州地区的雷暴日为 62 d,2000 年泉州地区的雷暴日为 68 d,可见近两年来泉州地区雷电活动

日趋频繁,远远超过年均雷暴日为 40 d 的设计选定值.另外,泉州电业局前几年比较重视输电线路的防污闪技术改造,相对忽视输电线路防雷技术改造,线路的防雷水平没有得到有效提高,造成线路遭雷害次数日益增多.为此,建议今后有关设计人员应合理选择气象条件的雷暴日数,提高输电线路的防雷水平.根据平时掌握的资料,找出线路的雷电易击段,结合实际情况,对易击段进行防雷综合改造,提高运行线路的防雷水平.

b. 表 1 中有的杆塔多次遭受雷击,可见这些地段雷电活动较频繁.笔者认为这种现象与杆塔所处的地形、地貌和地质条件有关.这些易遭雷击的杆塔有些处在地势较高的山脊、山顶上,杆塔两边的档距较大,山脊、山顶两边有较深的山谷;有些处在地势并不比周围高的独立小山包上,山包的四周有较深的山谷;有些处在水库边、池塘边的山脊、山包上;有些杆塔附近在开采石头.在温暖的季节里,水库边、池塘边和山谷上空空气水分含量较高,当空气中水分含量超过一定值时易形成雷电,同时山脉加热在山谷之前,山谷和水库、池塘的水分含量高且水分蒸发在山脉之后,有助于在不稳定大气中产生对流,雷电也就容易发生.有些山上采石场较多,开采石头导致空气中金属导电离子增加,通信线路会使空气中电磁波增多,可能导致雷电活动相对频繁.因此,建议今后设计时应提高类似地段的线路杆塔耐雷水平,且计算山区线路的耐雷水平时,导线距地面平均悬挂高度的取值应考虑杆塔所处山包与杆塔两侧山谷的高度差,最好取两侧高度差的平均值.

表 1 输电线路跳闸情况统计									
电压等级 /kV	线路名称	日期	天气	保护动作 情况	故障 杆号	故障杆接地 电阻/Ω	故障情况	地形情况	绝缘配置 情况
220	井惠Ⅰ回	3月25日	雷雨	井山变双高频距离保护动作跳B相,重合闸成功	66	9	B相合成绝缘子遭雷击,上下均压环烧伤	山顶地势较高	合成绝缘子
220	厦州Ⅰ回	5月1日	雷雨	泉州变双高频距离保护动作跳A相,重合闸成功	10	9.2	A相合成绝缘子橡裙烧伤,上下均压环烧伤,导线横担烧伤;两地线线夹及线夹挂点烧伤;Ⅰ,Ⅱ,Ⅳ腿接地下引线与塔腿连接处有轻微烧伤	田地中鱼池边	合成绝缘子
220	泉井Ⅰ回	5月7日	雷雨	线路两侧双高频距离保护动作跳B相,重合闸成功	56	8	中相过线烧伤,第13片瓷瓶闪络烧伤;横担角钢烧伤,过线端第一片瓷瓶闪络,大号侧过线烧伤,长约50cm	水田边,地势较高	13片普通瓷瓶
220	泉井Ⅰ回	5月7日	雷雨	线路两侧双高频距离保护动作跳A相,重合闸成功	42	10	左边相(A相)合成绝缘子下均压环开口处烧伤	山顶,比周围高	合成绝缘子
220	泉井Ⅰ回	5月7日	雷雨	线路两侧双高频距离保护动作跳B相,重合闸成功	61	5	合成绝缘子上下均压环烧伤	山顶,比周围高	合成绝缘子
110	城淮Ⅱ回	6月16日	雷雨	城东变接地距离保护动作跳C相,重合闸成功	27	6.2	绝缘子均压环烧伤,横担端绝缘子碗头烧伤,合成绝缘子导线侧橡裙5片烧伤,横担侧橡裙1片烧伤	山坡顶上,地势较高	合成绝缘子
110	城淮Ⅰ回	7月4日	大风	城东变相间距离保护Ⅰ动作,重合闸成功	54		小号侧防震锤带有长铁线的长条广告布条		
220	泉清线	7月25日	雷雨	线路两侧双高频距离保护动作跳A相,重合闸成功	68	9	A相合成绝缘子闪络烧伤,均压环烧伤,芯棒连接处烧伤,地线金具烧伤	山坡上,地势较高	合成绝缘子
220	井惠Ⅰ回	7月25日	雷雨	线路两侧双高频距离保护动作跳C相,重合闸成功	94	15	上导线大号侧距线夹约80cm处护线条烧伤,横担侧第1,2片瓷瓶闪络烧伤,第1片瓷瓶钢帽烧伤严重,瓷裙上表面有顺导线走向两条闪络线	水库边,地势比周围高	13片普通瓷瓶
220	惠城线	7月25日	雷雨	惠安变惠城线299开关Ⅱ型保护阻抗Ⅰ段,零序Ⅰ段,902型保护阻抗Ⅰ段动作跳三相,重合闸不成功,A相故障,测距14.75km,后来惠城线强输电成功	44	14	A相合成绝缘子上下均压环烧伤	四周为山谷的小山包上	合成绝缘子
220	井惠Ⅰ回	7月27日	雷雨	线路两侧双高频距离保护动作跳B相,重合闸成功	92	14.5	B相合成绝缘子闪络,上下均压环烧伤	公路边的小山包上	合成绝缘子
110	井浮线	7月31日	雷雨	井山变零序Ⅰ段、距离Ⅰ段动作跳A相,重合闸成功	17		17号至18号跨越房屋,厂内人员拉电话线时碰及导线,导线轻微烧伤,电话线被烧断,人员被烧伤		
220	惠官线	8月12日	雷雨	线路两侧双高频距离保护动作跳C相,重合闸成功	140	10	合成绝缘子雷击闪络,横担侧橡裙烧伤4片,芯棒连接处烧伤,上下均压环各有一处烧伤,下均压环烧伤严重	地势明显比周围高的山脊上	合成绝缘子

c. 雷电绕击是线路故障跳闸的主要原因. 线路遭雷电绕击时导线上的电位 $U \approx 100I$,据福建省电力调度中心雷电定位系统统计数据,绝大部分落雷雷电流超过 11 kA,假如雷电流取 20 kA,则导线上的电位约为 2 000 kV,远大于绝缘子串的绝缘电压,所以线路遭雷电绕击时绝大部分引起线路跳闸. 输电线路的雷绕击率与线路的避雷线保护角和杆塔高度

的平方根成正比,并与线路经过地区的地形、地貌及地质条件有关. 当杆塔所处地势较高时,其雷电绕击率增大,因此对地势较高杆塔只有减小避雷线的保护角,才能大大降低雷绕击率. 另外假定同一地段的雷电活动不变,线路的绕击率减少,则雷击避雷线或杆塔的概率就增大,即线路遭受直击雷的概率也相应增大,这样必须提高线路的耐雷水平,才能防止直击雷

引起线路跳闸。线路的耐雷水平与杆塔的接地电阻成反比,与绝缘子串的绝缘电压成正比,所以,在输电线路雷电易击段应尽量减小杆塔的接地电阻,提高输电线路的绝缘水平,减小避雷线的保护角。

d. 目前泉州电业局输电线路采用的绝缘子大部分为合成绝缘子和瓷绝缘子。输电线路采用合成绝缘子具有维护工作量小的优点,但采用合成绝缘子线路的耐雷水平比采用防污绝缘子线路的耐雷水平低。另外,输电线路采用合成绝缘子虽会降低线路的防雷水平,但对线路因雷绕击引起跳闸的影响很小,可以忽略不计。此外,合成绝缘子还有其绝缘程度和机械强度高及防污性能好等优点,而瓷绝缘子在这方面较合成绝缘子差。建议在输电线路设计时应考虑增加杆塔横担的空气间隙,以便增加合成绝缘子的有效绝缘长度,达到提高线路耐雷水平的效果。

e. 表 1 可知,线路遭受雷击的杆塔大多数处于山坡或山脊上,雷绕击引起线路跳闸的导线 90% 以上为山坡外侧的边导线,可见输电线路杆塔所处位置山坡坡度对线路的防雷有一定影响。分析认为因山坡内侧地势较高,对山坡内侧的导线有一定的屏蔽作用,相当于减小山坡内侧边导线的防雷保护角;反之山坡外侧因地势比杆塔位置还低,对杆塔外侧的导线失去屏蔽作用,相当于增大山坡外侧导线的防雷保护角,这样处于山坡外侧的导线就比山坡内侧的导线更容易遭受雷绕击。所以建议在雷电易击段,山坡上的杆塔其山坡外侧导线及相邻杆塔的同相导线加装线路避雷器,能有效提高线路防雷水平。

f. 从表 1 中可知,因井惠 I 回 94 号塔和 95 号塔都装设消雷器,这两座杆塔所处的位置地势较高,而井惠 I 回 93 号塔没有装设消雷器且所处位置地势较低,同时 93 号至 94 号档距为 700 多 m,档距中跨一个水库。遭受雷击时,94 号塔瓷瓶串只有导担侧两片瓷瓶有闪络的痕迹,其他瓷瓶没有任何痕迹,而且靠导担第一片瓷瓶上表面有顺导线方向两道闪络痕迹,对瓷串闪络情况分析认为,雷电绕击 94 号至 93 号档中导线,引起 94 号塔瓷瓶串闪络,首先在 94 号塔瓷瓶串小号侧闪络,后来电弧移到 94 号塔该瓷瓶串大号侧稳定燃烧,引起距离线夹 80 cm 处大号侧导线护线条烧伤严重。对于雷电活动频繁区域,虽然杆塔上安装了消雷器,但是输电线路仍然会遭受雷击。分析认为消雷器的消雷原理是利用云地间的电场能量、本身的特殊结构、安装铁塔的高度,使消雷针在雷云电场作用下产生的荷电粒子对雷电先导发展过程和对先导通道产生作用,使消雷器既不发生向上引发雷击,又不会发生由雷云向下先导引发雷电击中被保护物。建议在输电线路安装导体消雷器时,应考虑安装

区域雷云的移动方向,周围山脉的走向及杆塔周围的地形情况,合理选择安装位置和数量,当多回线路在同一区域平行走向时,应充分考虑整个区域的防雷效果,合理选择安装位置和数量,使之形成更有效的防护区域,产生更有效的防雷作用。

g. 通常 220 kV 线路的设计防雷水平绝大部分比 110 kV 线路的设计防雷水平高,但是泉州 220 kV 输电线路发生雷击跳闸率约为 110 kV 输电线路的 10 倍。分析认为这个现象与 220 kV 输电线路路径走向有关,它们大部分路径走向处在高山上,且杆塔高度较高,所以线路发生雷电跳闸率较高。另外,由于导线波阻抗是线路防雷的一个重要参数,目前 220 kV 线路双分裂导线的排列方式都为垂直排列,其导线对地电容为两导线对地电容的串联值,当双分裂导线为水平排列时,导线对地电容为两导线对地电容的并联值,因此,双分裂导线水平排列时的导线电容值比双分裂导线垂直排列时的导线电容值大,而双分裂导线水平排列时的导线电感值与双分裂导线垂直排列的导线电感值一样,从导线波阻抗公式可知,双分裂导线水平排列时的导线波阻抗比双分裂导线垂直排列的导线波阻抗小,波阻抗小对线路防雷有利。

h. 提高输电线路的运行维护质量,加强输电线路有关资料的管理,总结线路的雷电易击段,积累线路发生雷击跳闸的有关资料,为今后输电线路的防雷综合改造提供依据。

3 结 论

a. 输电线路设计在选定气象条件时,应该正确选取雷暴日数,从而提高线路设计的耐雷水平。

b. 输电线路设计时应提高雷电易击地段的耐雷水平,且在计算山区线路的耐雷水平时,导、地线平均悬挂高度的取值应考虑杆塔所在山包与杆塔两侧山谷的高度差,最好取两侧高度差的平均值与导、地线悬挂高度之和作为导、地线悬挂点高度的计算值,确保输电线路耐雷水平计算值的准确性。

c. 建议在原有杆塔绝缘子串风偏摇摆角允许的条件下,适当增加这些杆塔的绝缘子串的长度或片数,以提高线路的绝缘水平,提高线路的耐雷水平。

d. 应加强输电线路杆塔接地电阻的技术改造,尽量降低杆塔接地电阻,检查杆塔接地回路连接的可靠性,确保接地回路的畅通。

e. 在雷电易击段应适当安装线路综合防雷措施,如安装避雷器、消雷器、架设耦合地线、可控放电避雷针等,能达到较好的防雷效果。

f. 应结合输电线路的雷电定位系统,深入分析线路雷击跳闸的原因,为今后所采用的防雷措施提供依据。

(收稿日期 2002-03-22 编辑 张志琴)