

高海拔地区500KV输电线路防雷保护研究

赵永振, 黄敏

(西昌学院 工程技术学院, 四川 西昌 615013)

【摘要】本研究通过分析2007~2010年间二滩水电站到普提开关站之间的三条500KV输电线路的雷击跳闸资料, 针对二普线跳闸次数、跳闸区段、对应地形特征各方面特点, 提出了提高地闪密度大的特定区段防雷保护水平的建议。该研究可以为电力部门做好输电线路防雷保护工作提供一定参考。

【关键词】500kv输电线路; 雷击跳闸; 地闪密度; 防雷保护

【中图分类号】TM862 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1673-1891(2011)03-0039-05

随着科技发展, 生产和生活用电量越来越大, 电已经成为最重要的资源之一, 如何保证电力的供应对于国民经济发展和人民生活水平的提高都有非常重要的意义。在电力输送过程中, 如何防雷显得十分重要, 防雷技术的研究已经取得了很大的发展, 线路防雷的保护措施会越来越多。在实际中, 输电线路的防雷保护是一个系统工程, 需要因地制宜, 根据不同区域的地形地貌和气候特点, 合理地选择防雷保护措施。在高海拔山区, 雷击次数多, 而且地形越恶劣的环境越严重, 采用单一的避雷器不能产生很好的避雷效果, 这时要考虑使用多种防雷措施。因此, 本研究根据特定地区, 特定地段断路器的跳闸情况, 来分析输电线路由于雷击引起断路器跳闸特点, 为电力部门提供科学的决策依据。

1 研究对象概况

攀西地区, 是“攀枝花”“西昌”两地名的合称, 攀西地区位于四川省西南部, 攀枝花市、西昌市、冕宁县、德昌县、米易县等位于攀西大裂谷的安宁河平原, 行政上包括攀枝花市和凉山彝族自治州, 共计20县、市。南起攀枝花市, 西昌市, 北到冕宁, 纵贯340公里, 面积6.36万平方公里。境内地貌复杂多样, 地势西北高, 东南低。高山、深谷、平原、盆地、丘陵相互交错, 有海拔最高为5958米的木里县恰朗多吉峰, 最低的雷波县大岩洞金沙江谷底305米, 相对高差为5653米。

从二滩水电站到普提开关站架设的500KV输电线路有三条如图一, 分别为二普一线、二普二线、二普三线。二普一线经过的地段: 二滩电站-黄家河坝-前山乡-大青乡-拉木昭-普提开关站, 线路全长155.077km, 共有铁塔总数321基; 二普二线经过的地段: 二滩电站-麻栗坪-大坝-觉莫-瓦吉-普提开关站, 线路全长155.719km, 铁塔总数330基; 二普三线: 二滩电站-烂坝村-新塘-刘家坪-角落日达-

普提开关站, 线路全长: 135.587km, 铁塔总数286基。这三条线所走过的地区海拔最低1300m, 最高达到了3400m, 可以说是典型的高海拔输电。另外攀西地区雷电比较活跃: 西昌2007~2009年的年平均雷电日分别为80、80、100, 攀枝花2007~2009年的年平均雷电日分别为60、60、60, 可以看出这个地区的年平均雷电日比我国标准年平均雷电40要高出很多, 是雷电的多发区, 输电线路防雷保护很有必要。



图1 二普一线、二普二线、二普三线地理走向示意图

2 数据与方法

2.1 数据来源

二普一线、二普二线、二普三线的2007~2010年跳闸统计资料, 杆塔明细表, 输电线路地理走势图, 以及西昌中心雷电参数统计数据均来源于西昌电业局近几年的调查统计, 综合数据见表1。

2.2 研究方法

本研究采用对比分析法, 即把客观事物加以比较, 以达到认识事物的本质和规律并做出正确的评价。对比分析法通常是把两个相互联系的指标数据进行比较, 从数量上展示和说明研究对象规模的大小, 水平的高低, 速度的快慢, 以及各种关系是否协调。

收稿日期: 2011-07-10

作者简介: 赵永振(1990-), 男, 安徽太和人, 电气工程及其自动化本科学生, 研究方向: 输电线路雷电防护。

本研究引入对比分析法原理,对二普一线、二普二线、二普三线这三条输电线路在条件因素不一致,指标相同的前提下进行分析,从而更清晰的看到结果,得出某些科学结论。

3 结果与分析

3.1 多雷季节输电线路防雷

根据对二普一线,二普二线,二普三线的断路器跳闸时间的统计,跳闸时间分别为:二普一线6、8、10、12月份;二普二线5、6(2次)、8(3次)、9月份,二普三线1、7、10、12月份。可以得出输电线路由于雷击引起断路器跳闸主要发生夏季,其他季节也有跳闸的可能,但概率较小。

凉山州西昌地区是一个雷电多发区。雷电数用年平均雷电日来表示,2007~2009年的年平均雷电日分别为80、80、100。而国家的标准年平均雷电日为40,相比西昌地区雷电是相当的活跃,做好输电线路的防雷保护意义十分重大。

根据统计可知在二普一线,二普二线,二普三线,这三条输电线路每年每段的落雷次数不同,地闪密度有大有小。现说明每条输电线路每年地闪密度较大的区段:二普一线地闪密度较大的区段用杆塔号来表示:2007年为0-16,64-80,107-128,306-323,2008年232-276,2009年60-72,2010年68-75;二普二线地闪密度较大的区段用杆塔号表示:2007年杆为0-14,-70-80,280-322,2008年16-35,240-288,336-352,2009年25-40,68-75,2010年60-72,270-288;二普三线地闪密度较大的区段用杆塔号表示:2007年为2007年0-18,72-90,169-195,2008年105-120,2009年20-40,70-80,100-112,2010年102-119。可以看出同一条输电线路的每个部分的地闪密度不同,关注地闪密度较大的区段,这些段很容易引起断路器的跳闸。

从西昌电业局统计的数据显示:二普一线2007年118、107、315号杆塔上断路器出现跳闸,地闪密度分别为4次/km²、3.5次/km²、6次/km²,2008年248号杆塔出现断路器跳闸,其地闪密度为15次/km²;二普二线2007年256,174,175号杆塔出现断路器跳闸,地闪密度分别为3.2次/km²、2次/km²、2次/km²,2008年220号杆塔出现断路器跳闸,其地闪密度为10次/km²,2009年296,173号塔上断路器出现跳闸,地闪密度分别为9.8次/km²、7次/km²,2010年277,362号杆塔上断路器出现跳闸,地闪密度分别为10次/km²、6次/km²;二普三线2007年169、171、195号杆塔上断路器出现跳闸,地闪密度分别为次2次/

km²、2次/km²,4.5次/km²,2009年97、24号杆塔出现断路器跳闸,地闪密度分别为13 km²、17 km²。

从以上数据看出在2007年输电线路的落雷次数较少,地闪密度较小,但引起的断路器跳闸次数比较多;2008~2010年输电线路的平均落雷次数较多,地闪密度较大,但引起的断路器跳闸次数少。可见是2007年后对相应地段增加了防雷保护措施起到了一定的保护作用。

3.2 不同海拔高度输电线路防雷

据西昌电业局统计数据表明:2007~2010年,二普一线248#、107#、315#、118#号杆塔发生断路器跳闸,其对应的地貌特征及海拔为山地1957m,山坡1694 m,丘陵2901 m,山地1697 m;二普二线362#,174#,175#,220#,296#,173#,277#,256#号杆塔发生断路器跳闸,其对应的地貌特征及海拔为山坡2451 m,山坡1480 m,山坡1560 m,山坡1756 m,山坡3074 m,山坡1475 m,山坡2271 m,山坡1705 m,二普三线195#、169#、171#号杆塔发生断路器跳闸,其对应的地貌特征及海拔为山顶2481 m,山坡2865 m,山坡3017 m。

由以上数据易知跳闸地点基本上都发生在山地,山坡,以及丘陵等比较突出的地方,其中山坡发生的几率更大些,同时海拔高度的不同也会使断路器跳闸所承受的过电压的值不同。

对于二普一线在2007~2010年发生了4次断路器跳闸,跳闸区段主要分布在至二滩53.697 km和至二滩59.699 km之间的段以及至二滩126.788 km和至二滩157.434 km之间的段。要加强这两个区段周围防雷措施的安装,同时,在多雷时期要加强这两个区段周围的安全巡逻。二普一线2007~2010年的每年的平均地闪密度分别为3.40469次/km²、9.58528次/km²、8.16321次/km²、5.82255次/km²。可以看出2008和2009年输电线路雷电的平均地闪密度要高些,但是2008和2009年断路器基本未发生跳闸;2007年发生了3次雷击事故跳闸,后来进行了必要的接地开挖整治,以及安装防绕击避雷针,说明采取的措施起到了很好的防雷保护作用,这些措施可在这条线路的其他地方进行更广泛的试用。

对于二普二线2007~2010年期间每年都发生了多次断路器跳闸事故,断路器跳闸主要发生的区段:至二滩87.77~88.89km区段和至二滩110.67~173.94区段。二普二线2007~2010年的每年的平均地闪密度分别为3.36922次/km²、9.56594次/km²、8.13032次/km²、5.90287次/km²,2007年发生了2次跳闸,2008年3次,2009年2次,2010年2次。虽然

二普二线在2007~2010年对断路器跳闸的地方采取了安装可控避雷针、接地开挖整治、安装防绕击避雷针,但这些措施对以后减少断路器跳闸上来讲不是十分合理。从以上数据可以看出,在与二普一线地闪密度基本相同的条件下,这条线路的跳闸几率要大些,另外在二普二线线路中使断路器跳闸的雷电因素都是绕击,并且雷击点地貌全是山坡。在实际的工作中,工作人员要注意对山坡处输电线路的防雷,特别是对绕击雷的防护。

对于二普三线2007年发生了3次跳闸,2009年发生了2次跳闸,断路器跳闸主要发生在至二滩104.7km和至二滩95.5km周围。二普三线2007~2010年的每年的平均地闪密度分别为2.33172次/km²、9.41128次/km²、8.0618次/km²、4.4398次/km²。针对2007年发生的三次跳闸,采取了接地开挖整治,2008年没有出现断路器由于雷击而发生跳闸,针对2009年的2次跳闸安装防绕击避雷针,安装可控避雷针,2010年没有再出现,说明采取的措施很合理。在这条线路中雷击点出现在了山顶和丘陵地带,这提醒我们在输电线路的防雷保护中一些山顶地段也要注意防雷。

4 讨论

二滩水电站到菩提开关站架设了三条500kv的输电线路:二普一线线路全长155.077km,共有铁塔总数321基;二普二线线路全长155.719km,铁塔总数330基;二普三线线路全长:135.587km,铁塔总数286基。容易看出这三条输电线路中二普三线线路最短,铁塔总数最少;二普二线线路最长,铁塔总数最多。二普一线2007~2010年的每年的平均地闪密度分别为3.40469次/km²、9.58528次/km²、8.16321次/km²、5.82255次/km²。二普二线2007~2010年的每年的平均地闪密度分别为3.36922次/km²、9.56594次/km²、8.13032次/km²、5.90287次/km²。二普三线2007~2010年的每年的平均地闪密度分别为2.33172次/km²、9.41128次/km²、8.0618次/km²、4.4398次/km²。可知2007~2010年中这三条输电线路中,二普三线在这4年中输电线路的平均地闪密度要低些;二普二线要高些。根据西昌电业局2007~2010年断路器跳闸资料的统计二普一线和二普三线由于雷击引起断路器跳闸次数较少,二普二线断路器跳闸次数较多。二普一线、二普二线、二普三线三条输电线路的平均海拔分别为2064m、2072.4m、2180m,可见二普三线的海

拔稍微高些。

综上可知在这三条输电线路中二普三线设计得要经济些,并且所经之地地闪密度较小,另外二普三线平均海拔较高,但在2007~2010年由于雷击所引起的断路器跳闸次数不是很多,说明二普三线采取的防雷措施起到了很好的作用。二普二线设计的经济性较差,所经之地地闪密度较高,在2007~2010年由于雷击所引起的断路器跳闸次数较多。在二普二线中值得注意的是雷击点的地貌特征全是山坡,说明在这条线山坡处的防雷保护做的还不够好,实际工作中要加强这方面的作业,根据不同的地形特征,选择合适的避雷措施,比如,避雷器的安装,安装防绕击避雷针等等。

这三条输电线路中各段每年的地闪密度都不相同,有地闪密度大的区段,也有地闪密度小的区段用杆塔号来表示:比如二普一线2007年0-16,64-80,107-128,306-323,2008年232-276,2009年60-72、2010年68-75;二普二线2007年0-14,70-80,280-322,2008年16-35,240-288,336-352,2009年25-40,68-75,2010年60-72,270-288;二普三线2007年0-18,72-90,169-195,2008年105-120,2009年20-40,70-80,100-112,2010年102-119。上面这些杆塔之间都是地闪密度比较高的地方,在2007~2010年统计的断路器由于雷击引起跳闸的地段都发生在这些地方。但是有些区段地闪密度较高却没有发生断路器跳闸,可能是防雷措施做的比较好,或者是地形的原因。在实际工作中要加强这些地闪密度大的杆塔间的巡逻和保护。根据这几年的统计资料显示引起断路器跳闸的雷击类型都是绕击,说明绕击在输电线路中占了很大的比重。在高海拔地区输电线路防雷保护方面,单纯的在架空裸导线上面辐射避雷线已经起不到很好的保护线路作用,尤其是对这种绕击雷比较盛行的地区。这三条输电线路的地理走向都经过10mm、20mm、30mm的覆冰区,覆冰也会对断路器的跳闸与否产生影响。在这种情况下在地闪密度比较大的地方要加大防雷设备的投入,比如在山坡地闪密度较大的区段安装防绕击的避雷器,及防绕击的避雷针等等其他措施。

以上的分析只建立在输电线路2007~2010年期间统计资料的分析上,要想获得每条输电线路更加详细的情况,来对输电线路防雷做更精准的分析,还要对输电线路作更多年限的资料统计。

表 1 二普一线、二普二线、二普三线、输电线路资料汇总表

线路名称	雷击类型	跳闸时间(年-月-日)	跳闸地点(km)	跳闸区段	雷击点地貌特征及其海拔	防雷措施	地闪密度较大的区域(杆塔号表示)
二普一线	绕击	2007-6-7	118#,至二滩 59.699 至菩提 134.341	黄家河坝 到前山乡 107-118,大清乡到 啦木昭 248-315	山地 1697m	接地开挖整治	2007年0-16, 64-80,107-128, 306-323, 2008年232-276, 2009年60-72、 2010年68-75
	绕击	2007-8-11	107#,至二滩 53.697 至菩提 140.343		山坡 1694 m	接地开挖整治	
	绕击	2007-12-5	315#,至二滩 157.434 至菩提 36.606		丘陵 2901 m	安装防绕击避雷针	
	绕击	2008-10-3	248#,至二滩 126.788 至菩提 67.252		山地 1957 m	接地开挖整治	
二普二线	绕击	2007-5-3	256#,至二滩 132.2 至菩提 64.47	至二滩 87.7km- 88.89km 区段; 至二滩 110.67km- 173.94km 区段	山坡 1705 m	已安装防绕击避雷针	2007年0-14, 70-80,280-322 2008年16-35, 240-288,336-352 2009年25-40, 68-75 2010年60-72, 270-288
	绕击	2007-9-28	174#,175#,至二滩 88.13, 88.89 至菩提 108.6, 107.8		山坡 1480 m 1560 m	接地开挖整治	
	绕击	2008-06-7	220#,至二滩 110.67 至菩提 86.03		山坡 1756 m	接地开挖整治	
	绕击	2009-06-4	296#,至二滩 150.5 至菩提 46.17		山坡 3074 m	安装防绕击避雷针	
	绕击	2009-8-27	173#,至二滩 87.77 至菩提 108.93		山坡 1475 m	接地开挖整治	
	绕击	2010-08-1	277#,至二滩 143.3 至菩提 53.4		山坡 2271 m	安装可控避雷针	
	绕击	2010-08-4	362#,至二滩 173.94 至菩提 22.76		山坡 2451 m	接地开挖整治	
二普三线	绕击	2007-7-5	169#,171#,至二滩 95.5, 95.84 至菩提 102.9, 102.58	至二滩 104.7km 和 至二滩 95.5km 周围	山坡 2865 m 3017 m	接地开挖整治	2007年0-18,72— 90,169—195, 2008年105—120 2009年20—40, 70—80,100—112 2010年102--119
	绕击	2007-12-5	195#,至二滩 104.7 至菩提 93.7		山顶 2481 m	接地开挖整治	
	绕击	2009-01-2	97#,至二滩至菩提(暂无)		丘陵暂无	安装可控避雷针	
	绕击	2009-10-3	24#,至二滩至菩提(暂无)			安装防绕击避雷针	

注释及参考文献:

- [1]熊信银,朱永利.发电厂电气部分[M].北京:中国电力出版社,2009:173-176.
- [2]李景禄.现代防雷技术[M].北京:水利水电出版社,2009:101-120.
- [3]周建军,曲欣,樊庆玲,等.一起500kv线路远跳保护误动作分析[J].水电能源科学,2011(3):159-161.
- [4]相龙阳,彭春华,刘刚.500kv变电站过电压的仿真研究[M].电力科学与工程,2011(2):30-35.
- [5]贾玉琢,刘锐鹏.覆冰输电架空导线初始构型研究[J].水电能源科学 2011(1):148-150.
- [6]张雪松,代泽兵.安装新型铅减震器的500kv氧化锌避雷器抗震[J].武汉大学学报,2011(1):107-110.

Study on Lightning Protection for 500 kV Transmission Line in High Altitude Area

ZHAO Yong-zhen, HUANG Min

(School of Engineering and Technology, Xichang College, Xichang, Sichuan 615013)

Abstract: According to the analysis of lightning trip data of three 500 kV transmission lines between Ertan hydropower station and Puti switch station in 4 years from 2007 to 2010, aiming at various aspects of characteristics of trip frequency, trip section and corresponding terrain feature of transmission lines between Ertan and Puti, this paper presents some suggestions on improving the level of lightning protection in specific sections with big density of ground flash. This paper provides some references for power departments to improve the lightning protection of transmission lines.

Key words: 500 kV transmission line; Lightning trip; Ground flash density; Lightning protection

(上接35页)

注释及参考文献:

- [1]刘强,陈静,吴文镜,等.高性能数控机床几项关键设计技术的研究应用进展[J].航空制造技术,2009,(5):42-45.
- [2]Bryan,J.B.International status of thermal error research[C].Annals of CIRP,1990,39(2):645-656.
- [3]Ferreira,P.M.,Liu,C.R.A method for estimating and compensating quasistatic errors of machine tools[J].Journal of Engineering for Industry,1993,115(1):149-159.
- [4]杨建国,邓卫国,任永强,等.机床热补偿中温度变量分组优化建模[J].中国机械工程,2004,15(6):478-480.
- [5]张奕群,李书和,张国雄.机床热误差建模中温度测点选择方法研究[J].航空精密制造技术,1996,32(6):37-39.
- [6]沈金华,赵海涛,张宏韬,等.数控机床热补偿中温度变量的选择与建模[J].上海交通大学报,2006,40(2):181-184.

Thermal Error Measuring and Modeling of Large Machine Tool

ZHANG Ting^{1,2}

(1.Department of Mechanical Engineering, Nanjing Institute of Technology, Nanjing, Jiangsu 211167;

2.College of Mechanical and Electrical Engineering,

Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing, Jiangsu 210016)

Abstract: On the platform of large gantry machine tool, temperature and thermal error measuring system was developed with the aim to compensate thermal error of large machine tool. Then thermal error and temperature field were measured and temperature variables for modeling were selected based on the analysis of correlation between thermal errors and temperatures. Finally, thermal error model of Z direction was set up with multi-variable regression and the subsequent thermal error variation was predicted with the model. The results show that the model can effectively reduce thermal error from 60 μm to 18 μm . Thus the feasibility of the model is verified.

Key words: Machine tool; Measuring; Modeling