

江苏电网 2014 年输电线路雷击跳闸分析

路永玲, 周志成, 陶风波, 周立, 刘洋
(江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏南京 211103)

摘要:对 2014 年迎峰度夏期间江苏省雷电活动进行统计, 分析了落雷次数及地域分布变化趋势; 结合各单位上报数据及雷电定位系统监测记录, 多角度分析江苏电网 220 kV 及以上线路发生雷击跳闸次数及变化趋势、雷击形式、雷击杆塔结构特征以及江苏电网雷击跳闸原因, 并从接地电阻测量、综合防雷措施应用、GIS 系统及雷电定位系统数据录入管理等方面提出防雷工作建议。

关键词:输电线路; 雷击跳闸; 雷电活动

中图分类号: TM862

文献标志码: A

文章编号: 1009-0665(2015)05-0009-03

雷电是最常见的自然现象, 雷电不仅对人类危害大, 而且对电网安全运行具有较大威胁, 成为电力中断的头号环节因素。近年来随着电网容量的增大, 网架越来越密, 更高电压等级输电线路杆塔越来越高, 雷击所引起的线路停电事故日益增多。据统计, 2005—2010 年国网公司系统 66 kV 及以上输电线路雷击跳闸 8229 次, 占跳闸总数 40.52%; 并且在 220 kV 及以上线路绕击雷已成为导致线路跳闸和故障停运的主要原因之一。

对江苏省不同区域、不同电压等级线路雷电活动、雷击跳闸故障进行统计分析, 并对现有防雷措施运行情况进行总结, 可为线路设计、电网运行提供参考, 对线路运行和雷害防治等工作提供指导性意见, 提高核心骨干网架、战略性输电通道、重要负荷供电线路的防雷水平, 保障大电网安全可靠运行^[1]。

1 江苏省雷电活动情况

1.1 迎峰度夏期间江苏省落雷情况

统计近年迎峰度夏期间江苏省落雷数据^[2]和变化趋势见表 1, 对比分析如下:

(1) 2014 年迎峰度夏期间江苏落雷数为 203 214 个, 是近 5 年来落雷最少的年份, 分别比 2010 年下降 46%、比 2011 年下降 63%、比 2012 年下降 44%、比 2013 年下降 30%。

(2) 2014 年 6 月份落雷极少, 仅 3345 个, 比前 4 年同期最低值下降 79%; 7、8 月落雷数较往年也有所减少。

(3) 2014 年迎峰度夏期间地闪密度值除 7 月与 2010 年同期值有所增大外, 其余均为近 5 年最小值; 雷电活动总体较弱, 为近 5 年来最低水平。

1.2 江苏省各地区雷电活动分布情况

统计 2014 年迎峰度夏期间各地区落雷情况、地闪

表 1 2010—2014 年 6—8 月江苏省落雷统计对比

时间	6 月	7 月	8 月	6—8 月	
2010 年	总雷电数 / 个	15 822	78 058	275 722	379 205
	地闪密度	0.155	0.768	2.698	3.711
2011 年	总雷电数 / 个	32 177	185 572	325 034	542 783
	地闪密度	0.315	1.816	3.181	5.312
2012 年	总雷电数 / 个	16 804	198 320	143 400	363 058
	地闪密度	0.164	1.941	1.403	3.553
2013 年	总雷电数 / 个	32 254	112 374	145 910	290 538
	地闪密度	0.316	1.100	1.428	2.843
2014 年	总雷电数 / 个	3345	83 308	116 561	203 214
	地闪密度	0.033	0.815	1.141	1.989

密度情况见表 2、表 3, 与近年同期值对比分析如下:

(1) 2014 年迎峰度夏期间落雷集中分布在南通、苏州、无锡、常州地区, 但落雷数、地闪密度比往年均有较大幅度下降; 盐城、淮安、徐州等北部地区落雷很少, 地闪密度多在 1.0 左右。总体来看, 2014 年迎峰度夏期间雷电活动大致呈现北部弱、中南部强的态势。

(2) 2014 年 6—8 月江苏大部分地区地闪密度在 2.0 以下, 5.0 以上的区域仅占全省面积的 0.6%, 8.0 以上的区域面积为 0, 远低于往年同期水平。

2 雷击跳闸分析

2.1 线路雷击跳闸基本情况

2014 年迎峰度夏期间江苏全省输电线路雷击跳闸统计日期为 6 月 1 日—8 月 31 日, 结合各单位上报数据及雷电定位系统监测记录, 初步确认 220 kV 及以上线路发生雷击跳闸共 21 次; 其中 500 kV 线路 3 次 (全部重合成功), 220 kV 线路 18 次 (12 次重合成功, 4 次重合未投, 2 次重合不成), 未造成设备故障。

2.2 雷击跳闸情况分析

对以上确认的 21 次 220 kV 及以上等级输电线路雷击跳闸进行了统计核算, 现分析如下:

(1) 2014 年迎峰度夏期间江苏电网雷击跳闸数

表 2 2010—2014 年 6—8 月各地区落雷统计对比 个

地区	2010 年 6—8 月	2011 年 6—8 月	2012 年 6—8 月	2013 年 6—8 月	2014 年 6—8 月
南京	25 245	43 353	25 245	43 353	10 750
南通	48 269	51 125	48 269	51 125	37 147
宿迁	26 285	56 894	26 285	56 894	13 793
常州	15 021	27 281	15 021	27 281	15 382
徐州	20 078	19 461	20 078	19 461	11 486
扬州	26 081	42 238	26 081	42 238	10 394
无锡	23 836	41 586	23 836	42 586	21 646
泰州	27 400	45 630	27 400	45 630	7599
淮安	30 296	62 480	30 296	62 480	9827
盐城	42 080	42 695	42 080	42 695	10 584
苏州	48 381	52 448	48 381	52 448	35 319
连云港	26 865	12 788	26 965	12 788	11 677
镇江	19 368	44 804	19 368	44 804	7610

表 3 2010—2014 年 6—8 月各地区地闪密度统计对比

地区	2010 年 6—8 月	2011 年 6—8 月	2012 年 6—8 月	2013 年 6—8 月	2014 年 6—8 月
南京	3.832	6.581	3.832	2.963	1.632
南通	5.206	5.514	5.206	3.577	4.006
宿迁	3.067	6.639	3.067	2.415	1.610
常州	3.441	6.250	3.441	1.924	3.524
徐州	1.786	1.731	1.786	3.464	1.022
扬州	3.920	6.349	3.920	2.639	1.562
无锡	5.175	9.029	5.175	4.206	4.700
泰州	4.729	7.875	4.729	2.090	1.311
淮安	3.049	6.289	3.049	1.822	0.989
盐城	2.786	2.827	2.786	2.123	0.701
苏州	5.595	6.066	5.595	4.240	4.085
连云港	3.546	1.688	3.546	3.486	1.541
镇江	5.086	11.764	5.086	1.979	1.998

有所下降。通过统计近 5 年迎峰度夏期间雷击跳闸情况可知(如图 1 所示),2014 年迎峰度夏期间雷击跳闸总数为近 5 年最小值,比 2011 年同期值(最大值)下降 50%以上;其中 6 月未发生 220 kV 及以上线路雷击跳闸;500 kV 线路雷击跳闸数较前 4 年同期值均有所下降。

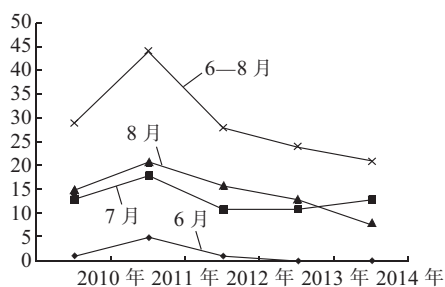


图 1 2010—2014 年迎峰度夏期间雷击跳闸数变化情况

(2) 2014 年迎峰度夏期间雷击跳闸率有所下降,500 kV 线路重合率提高。以每年 40 个雷暴日计算,

2014 年江苏电网 500 kV 和 220 kV 线路雷击跳闸率分别为 0.000293 次/(km·a)和 0.000715 次/(km·a),其中前者为近 4 年最小值,后者比去年略有增大,均满足国网公司雷击跳闸率指标要求。同时,500 kV 和 220 kV 线路重合闸成功率分别为 100%和 85.71%,前者达到近 4 年最高值。具体见表 4、表 5。

表 4 近 4 年雷击跳闸率比较 次·(km·a⁻¹)

电压等级	雷击跳闸率				国网要求
	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	
500 kV	0.000 996	0.000 752	0.000 637	0.000 293	0.003 15
220 kV	0.001 689	0.001 047	0.000 566	0.000 715	0.001 4

表 5 近 4 年雷击跳闸重合成功率比较 %

年份	500 kV	220 kV
2011 年	88.89	94.29
2012 年	83.33	86.36
2013 年	66.67	72.73
2014 年	100.00	85.71

(3) 雷击故障形式均为绕击。结合雷电流幅值查询、仿真计算及现场巡视检测等结果,初步确定 2014 年 6—8 月发生的 21 次雷击跳闸故障均由雷电绕击造成。雷电定位系统监测记录显示雷击故障的雷电流幅值总体较小(基本在 70 kA 以下),未达到杆塔的反击耐雷水平;另外,江苏省平均土壤电阻率较低,且普遍开展杆塔接地普查及改造工作,故障杆塔接地电阻复测值均符合要求,发生反击跳闸可能性小。从近 5 年迎峰度夏期间绕击、反击跳闸统计情况可知,绕击仍是造成我省 220 kV 及以上线路雷击故障的直接原因^[3,4]。

(4) 雷击跳闸基本发生在双回路鼓形塔。从 2014 年雷击故障塔型来看,20 次雷击故障发生在双回路鼓形塔,1 次发生在单回路酒杯塔,且塔身高度(h)超过 50 m 的达到故障塔总数的 42.9%(见表 6),由绕击计算分析可知,塔身高的杆塔更易遭受绕击雷的侵害。统计近 4 年故障杆塔单、双回情况,可知输电线路雷击故障主要发生在双回路杆塔上,占总次数的 85%以上,这与 220 kV 及以上双回路杆塔数量多、塔身易引雷等因素有关。

表 6 2014 年发生雷击跳闸的杆塔高度分布

杆塔高度 h/m	雷击跳闸	
	数量 / 个	比例 / %
$h \geq 60$	5	23.8
$60 > h \geq 50$	4	19.1
$50 > h \geq 40$	10	47.6
$40 > h \geq 30$	2	9.5

(5) 雷击跳闸故障主要分布在中南部地区。2014 年迎峰度夏期间雷击故障主要分布在无锡(4 起)、南通(3 起)、苏州(3 起)、常州(2 起)、扬州(2 起)等地区,

淮安、徐州、盐城等北部地区发生雷击故障较少,均为0-1次,具体见图2。雷击跳闸故障地区分布情况与雷电活动分布情况基本吻合。

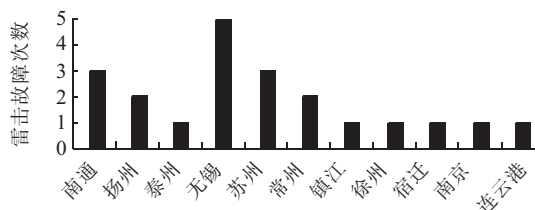


图2 2014年6—8月雷击故障次数地区分布

3 建议与措施

(1) 建议对苏中、苏南地区落雷密度较高的220 kV及以上重要输电线路加装可控避雷针、金属氧化物避雷器或绝缘子并联间隙^[5,6],降低线路雷击事故率。

(2) 从近5年的线路雷击统计情况来看,反击跳闸率总体较低,一方面因为雷电流幅值不大,另一方面与我省平均土壤电阻率较低,并且普遍开展杆塔接地普查及改造工作有关。建议在线路管理上继续加强杆塔接地电阻测量,对不合格的接地及时整改,尤其是在雷雨季节前应确保各电压等级线路防雷接地设施处于良好状态。

(3) 对新设计的线路,应充分考虑线路所在地区及线路走廊的雷电活动情况,结合线路走向的地形,采取相应的措施减小雷击跳闸率。对于同杆双回线,尽量减小保护角;对建于小山或丘陵高处的杆塔要结合雷电活动情况,适当的加强绝缘,必要时加装线路避雷器^[7],提高全线路的防雷水平。

(4) 随着线路复合绝缘子投运越来越多,遭雷击损坏的复合绝缘子数量增多,建议对新建及改造线路的复合绝缘子防雷性能指标进行校核,适当加长复合绝缘子长度,并在两端加装均压环,提高雷击闪络电压;对于雷击损伤绝缘子及时巡查更换。

(5) 建议加强输电GIS系统及雷电定位系统数据录入管理工作,对已发现的未录或错误的GIS数据及时补充完善,确保数据及时性、准确性和完整性,为快

速查找雷击故障和开展雷击分析工作提供重要参考。

4 结束语

开展雷电活动统计和雷击故障分析是有效开展差异化防雷工作的基础,结合江苏省输电线路运行情况,分析了江苏地区雷电活动的时空分布,其分布规律与雷击故障分布基本吻合;并针对220 kV及以上线路的雷击跳闸故障特征进行多角度分析,得出故障形式以绕击为主,故障杆塔基本为双回路鼓型塔等结论。为进一步做好江苏电网防雷工作,建议根据落雷情况采用差异化防雷改造措施,加强复合绝缘子防雷性能校核,及时开展雷电数据的统计分析。

参考文献:

- [1] 刘贞瑶,顾林,叶辉. 江苏电网2004—2006年架空输电线路雷击跳闸分析[J]. 江苏电机工程,2008,27(2):42-45.
- [2] 徐鸣一,王振会,樊荣,等. 江苏省地闪密度及雷电流幅值分布[J]. 南京信息工程大学(自然科学版),2010(6):557-561.
- [3] 路永玲,刘洋,高嵩,等. 江苏电网2005至2013年架空输电线路雷击跳闸分析及防护[J]. 陶瓷避雷器,2015(1):49-53.
- [4] 高嵩,周志成,陶风波,等. 江苏电网220 kV及以上输电线路雷击跳闸分析[J]. 江苏电机工程,2014,33(4):17-20.
- [5] 胡宏林. 一起雷击造成220 kV线路故障跳闸分析[J]. 江苏电机工程,2008,27(4):54-55.
- [6] 孙褪,牛寅生. 湖北省高电压输电线路防雷状况及防雷举措[J]. 华中电力,2006,19(1):38-44.
- [7] 周志强,张丹丹,陈卫忠. 输电线路杆塔避雷器优化配置研究[J]. 高压电器,2013,49(2):62-63.

作者简介:

路永玲(1988),女,甘肃白银人,工程师,从事输电线路防雷与接地技术研究;

周志成(1977),男,湖南岳阳人,高级工程师,从事输变电技术管理工作;

陶风波(1982),男,江苏常州人,高级工程师,从事输变电技术管理工作;

周立(1986),男,江苏南京人,工程师,从事输电技术管理工作;

刘洋(1982),男,江西景德人,高级工程师,从事输变电技术管理工作。

Analysis on the Transmission Line Lightning Trips in the Jiangsu Power Grid in 2014

LU Yongling, ZHOU Zhicheng, TAO Fengbo, ZHOU Li, LIU Yang

(Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: This paper presents a statistical analysis on lightning activities in Jiangsu province in 2014. The trend of lightning times and geographical distributions is analyzed. Combined with the lightning location system recording data, the lightning trip times, trends, failure forms and lightning tower structural features are analyzed, and the reasons for all the lightning trip cases are obtained. Lightning protection suggestions for earth resistance measurement, comprehensive lightning protection measures application, GIS systems and lightning location system data arranging are provided.

Key words: transmission lines; lightning trips; lightning activity