

输电线路防雷问题浅析

郭士明

(启东市供电公司, 江苏 启东 226200)

摘要:近年来,随着电网的快速发展和强对流天气的增多,雷击跳闸故障呈现出一些新的特点,另外由于目前电网新建改造步伐的加快,一些新技术、新设备也逐步在电网改造中进行应用。本文主要通过对启东地区 2008 年至 2010 年输电线路雷击跳闸故障特点分析,探讨本地区有针对性的防雷设计、改造、运行方案,以提高输电线路防雷技术及管理水平。

关键词:输电线路; 防雷; 分析

0 引言

国内外输电线路运行经验表明,雷击跳闸故障是影响输电线路安全可靠运行的主要形式,国家电网公司跨区电网输电线路 2003 年至 2005 年雷击故障分别占总故障跳闸的 45%、34%、17% (2005 年冰灾占较大比重);国家电网公司系统 2003 年 110kV~500kV 线路雷击闪络跳闸占线路跳闸的 35.12%。因此开展输电线路雷击故障的总结分析及防雷措施的研究,对于指导设计、建造、运行等工作具有深远意义。

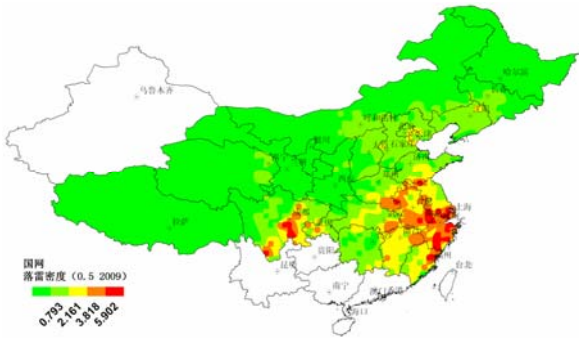


图 1 国家电网辖区 2009 年落雷数分布图

1 线路基本情况及雷电数据

1.1 线路基本情况

截至目前为止,启东运行 220kV 输电线路 7 条,架空线路长度 170.207km; 110kV 输电线路 21 条,架空线路长度 313.3km; 35kV 线路 31 条,架空线路长度 215.6km。

1.2 基本雷电参数

启东地处沿江、沿海地带,雨季雷电活动较为频繁,年平均雷暴日为 40 d/a,根据“国家电网辖区 2009 年落雷数分布图”统计,启东地区落雷密度 3.818 次/(km²·a);实际上,现行标准中用 $N_g = \gamma \times T$ 计算落雷密度,通常在 40 雷暴日情况下,取 $\gamma = 0.07$ (经验数据),对应的年落雷密度 N_g 为 2.8 次/(km²·a) 比实际统计值偏低。如图 1 所示。

由雷电定位系统得出,2010 年南通地区雷电数据表如表 1 所示。

2 启东地区 2008 年至 2010 年输电线路雷击故障特点及原因分析

表 1 南通地区 2010 年雷电数据表

统计 年月	雷电日 数/天	雷电小 时数/h	正雷个 数/个	负雷个 数/个	雷电总 数/个	总回击 数/次	最大电 流/kA	最小电 流/kA	平均电 流/kA
1 月	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 月	14	80	256	2548	2804	2804	446.7	-5.2	3841.3
3 月	8	93	119	1070	1189	1189	342.2	-5.2	1466.4
4 月	18	54	31	319	350	350	-600	-6.6	510.7
5 月	21	61	10	76	86	86	88.2	-8.1	63.1
6 月	27	95	8	214	222	222	-115.4	-2.1	168.1
7 月	31	318	343	12228	12571	12571	-556.2	-2.8	12367.3
8 月	31	372	2136	88418	90554	90554	-475.4	-1.4	81038.2
9 月	24	219	815	23291	24106	24106	-562.8	-2.4	26864.2
10 月	7	26	1	38	39	39	-96.2	-5.9	25.5
11 月	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 月	11	15	2	13	15	15	-60	-10	9

2.1 本市三年内输电线路雷击故障情况统计

2008 至 2010 年三年中,输电线路因雷击导致跳闸为 59 条次,重合成功 45 条次,占 76.27%,重合未成 14 条次,占 23.78%;其中 110kV 线路跳闸 5 条次,重合成功 5 条次,重合成功率 100%; 35kV 线路跳闸 54 条次,重合成功 40 条次,重合成功率 70.07%;雷击故障时间主要集中在 7、8 月份。

2.2 110kV 线路雷击故障原因分析

110kV 线路 5 次雷击跳闸均发生在 2008 年之后的新建或改造线路上,发生故障塔型均为 1DC-SZ2 双回路单避雷线直线塔。该双回路塔避雷线保护角大于 27° , 结合 2008 年以前 110kV 线路运行雷击数据综合分析,本市 2008 年以来 110kV 线路雷击跳闸主要由于 1DC-SZ2 塔型避雷线保护角偏大,雷电绕击导线所致。

2.3 35kV 线路雷击故障原因分析

35kV 线路雷击跳闸情况统计见图 2。

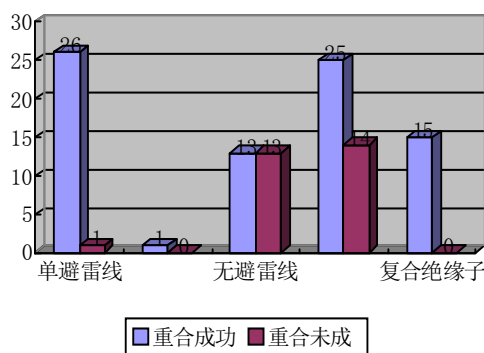


图 2 35kV 线路雷击跳闸情况统计表

1) 35kV 线路 54 次雷击跳闸中,发生在有避雷线的线路 27 次,其中 26 次重合成功;发生在无避雷线的线路 26 次,重合未成 13 次。由于 35kV 线路多为运行年限较长的老旧线路,线路杆塔多为水泥拉线杆,避雷线的防雷击效果并不明显,但由于避雷线的屏蔽、分流、耦合作用,使作用于线路绝缘子串上的过电压降低,降低了雷击直接导致绝缘子损坏、脱落的而引发断电的概率。

2) 2008 年至 2010 年雷击跳闸重合未成的线路均发在瓷绝缘子或瓷横担绝缘子上。35kV 系统为中性点不直接接地系统,发生单相接地故障时,可以继续运行,但由于瓷绝缘子在长时间运行后,电气性能、机械性能下降,遭到雷击后容易损坏、脱落形成线路雷击永久性故障,使线路重合闸失败。而与之比较使用复合绝缘子的线路,雷击后虽有雷击痕迹,但暂未发现因雷击导致断裂的情况发生。

3) 35kV 线路雷击杆塔高度从 15m~38.5m 呈不规则分布,无明显特征。

4) 35kV 线路雷击故障中耐张杆塔 6 基,直线杆塔 45 基,与本市 35kV 线路耐张塔与直线塔比例基本持平,因此无法进行规律判定。

3 输电线路防雷措施及作用效果分析

影响雷击跳闸的主要因素有地闪密度、雷电流幅值、线路保护角、线路绝缘水平、杆塔高度、杆塔接地电阻、地形地貌等;我国目前输电线路防雷主要针对防击导线、防闪络、防建弧、防断电四个原则进行设计、建造。输电线路防雷的主要措施如下:

3.1 架设避雷线

架设避雷线是输电线路防雷保护的最基本的措施,其主要作用是防止雷直击导线,同时还具有分流作用,以减小流经杆塔的雷电流,从而降低塔顶电位;耦合作用,通过对导线的耦合作用可以减小线路绝缘子的电压;屏蔽作用,对导线的屏蔽作用还可以降低导线的感应过电压。

3.2 安装杆塔侧向避雷针及塔顶避雷针

可以有效提高杆塔的引雷能力,增强杆塔对其附近导线的雷电屏蔽能力,从而降低雷电绕击导线的概率,减小绕击跳闸率。合理的安装方式和安装方法非常关键,同时一定要控制好杆塔接地电阻,对不合格杆塔应进行降阻改造,以确保可控放电避雷针发挥更好的防护效果。

3.3 加装耦合地线

可以起到增大耦合系数和分流的作用,降低绝缘子承受的电压,提高线路耐雷水平。但架设受地形条件限制,线路运行维护的工作量增加。

3.4 降低杆塔接地电阻

可以降低雷击塔顶电位,提高线路的耐雷水平,有效地防止反击事故发生;但不能防止绕击跳闸事故地发生。

3.5 安装线路避雷器

可以较大地提高线路的耐雷水平,降低线路的雷击跳闸率,从而减少线路的非计划停电时间,提高供电可靠性;但造价和维护费用比较高。

3.6 加强绝缘和采用不平衡绝缘方式

提高线路的绝缘水平,可增加绝缘子的 U50% 放电电压,提高线路的耐雷水平,对多回路线路,采用不平衡绝缘方式可以提高双回路的供电可靠性。雷击杆塔时弱绝缘的一回线路先闪络,闪络后的导线又相当于地线,增加了对强绝缘回路导线的耦合作用,进一步提高强绝缘回路的耐雷水平,使其不跳闸,保证线路的连续供电,提高双回线路的供电可靠性。

3.7 安装自动重合闸装置

装设自动重合闸。在一定的运行条件下，线路雷击跳闸是不可避免的，但应限制在一定范围内，重合闸装置是作为线路防雷的一项重要措施，提高重合闸装置动作的可靠性，可有效地保证雷击跳闸后的供电可靠性。

3.8 采用中性点非有效接地方式

目前 35kV 系统为中性点不直接接地系统，发生单相接地故障时，可以继续运行，在一定程度上提高了线路 35kV 线路持续供电能力。

4 本市输电线路防雷整改措施

通过对启东地区 2008 年至 2010 年 35kV、110kV 线路雷击故障特点分析，结合输电线路各种防雷措施作用效果及本市输电线路近年新建、改造规划，确定输电线路防雷整改措施如下：

4.1 110kV 线路防雷改造措施

110kV 线路雷击跳闸故障主要原因是由于新建 IDC-SZ2 塔型避雷线保护角过大，雷电绕击导线引起的，而经常发生雷击故障的汇川、匡启、兴滨（志滨与兴滨同杆）3 条线路属于 2008 年以后改建线路，绝缘及接地系统良好，通过减小避雷线保护角及安装线路避雷器等防雷改造方案造价较高且经济浪费较大，综合经济技术比较后选定装设线路侧向避雷针的方式来减小绕击跳闸率，从而达到提高线路防雷水平的目的。2011 年 5 月结合修理改造计划首先在 110kV 志滨、兴滨线试点安装 BYS 型防绕击先导避雷针 40 组，避雷线侧向避雷针 80 组，总造价为 8 万元。截止 2011 年底，启东共发生 110kV 线路雷击跳闸 2 次，均发生在未进行改造的另外 2 条 110kV 汇川线、匡启线上，证明该防雷改造方案可行。

4.2 35kV 线路防雷改造措施

1) 结合电网改造方案逐步进行线路老旧改造，考虑启东地区雷电活动频繁，在对 35kV 线路改造时优先考虑全线架设避雷线方案。目前 35kV 志海线、龙南线老旧情况严重线路改造正在实施过程中。

2) 改造接地网，降低接地电阻。2011 年 4、5 月份我市对近年无整改计划的老旧线路的接地网进行了全面整改，同时对 8 条无避雷线的线路增加杆塔接地。通过降低接地电阻及增加杆塔接地的方式来降低雷击塔顶电位，提高线路的耐雷水平，防止反击故障发生。

3) 将瓷绝缘子更换成复合绝缘子，以减少线路雷击后绝缘子损坏导致线路断电的情况。2011 年启东市共对 12 条 35kV 线路更换复合绝缘子 570 串，涉及线路杆塔 189 基，除原瓷横担绝缘子外，已全部更换完毕。

5 本市 35kV 线路 2008 年~2011 年雷击跳闸情况对比

如图 3 所示，2011 年统计 35kV 线路雷击跳闸总数同比 2009 年、2010 年有明显下降，基本与 2008 年持平，考虑线路持续老化及年度雷电活动强度等多种因素，本市针对 35V 线路制定的防雷整改方案对提高线路防雷水平起到了一定作用。

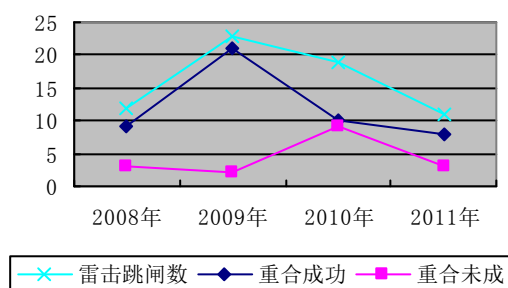


表 3 35kV 线路 2008 年~2011 年雷击跳闸对比图

5 结论

目前国内外在输电线路防雷分析方法和模型假设较多，并已形成了多种较成熟的防雷理论和措施，但在设计、建造时不能一味套用规程、典设，应将输电线路防雷设计与区域雷电参数和当地以往运行情况相结合考虑，通过实际论证后选取一种经济、有效、可行的防雷方案。

参考文献：

- [1] 张殿生. 电力工程高压送电线路设计手册[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
- [2] 周泽存. 高电压技术[M]. 北京: 水利电力出版社, 1991.
- [3] 解广润. 电力系统过电压[M]. 北京: 水利电力出版社, 1985.

作者简介：

郭士明（1980-），男，江苏启东人，助理工程师，从事输电线路运检管理方面工作。