

热电厂雷电灾害案例分析与防护对策^{*}

杨仲江^{1,2}, 赵景昭²

(1. 江苏省气象灾害重点实验室(南京信息工程大学), 江苏 南京 210044;

2. 南京信息工程大学 遥感学院雷电科学与技术系, 江苏 南京 210044)

摘 要: 雷电灾害是造成电力供应中断的主要自然灾害之一。通过对某热电厂的一次雷击事故的具体分析, 认为一般热电厂的高大烟囱、冷却塔、露天的大型变电设备、金属油罐及管道等构筑物较易遭受直接雷击, 而与热电厂连接的多条架空电力电缆更容易将广袤的大地上发生的雷击形成的线路雷击过电压引入厂区电力设施。发电厂担负着为社会提供电力供应的重要任务, 因此, 应加强对热电厂系统的雷电灾害研究, 提出高效合理的防护对策, 减少雷击造成的损失, 保证电力供应安全。

关键词: 热电厂; 雷电灾害; 防护对策

中图分类号: TU895 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2008)02-0080-03

0 引言

雷电灾害是一种危害巨大的自然灾害, 它威胁人身安全和财产安全, 危害公共服务。尤其对电力系统, 雷电灾害是造成电力供应中断的主要自然灾害之一^[1]。由于一般热电厂靠水源的地理位置和拥有高大烟囱、冷却塔、露天的大型变电设备、金属油罐及管道等特殊结构, 这使得它们较易遭直接雷击。而多条架空电力电缆更容易将附近大地上发生的雷击所形成的线路雷击过电压引入厂区电力设施。雷电对发电厂的损害不仅仅造成人员伤亡和设备损坏, 更严重的危害是由于电力供应中断造成的工厂停工等带来的巨大的间接经济损失, 以及停电造成生活不便可能引起的社会问题。

根据对电力系统往年的雷击灾害的调查分析, 可以查明雷击事故原因, 排除雷击事故隐患, 以便采取有力的雷电防护措施, 保证电力供应的安全。

1 某热电厂的一次雷击事故调查

2005年4月29日, 某热电厂电气系统发生雷击事故。经现场勘察了解, 当天中午出现雷雨天

气, 13:55, 热电厂至上级变电所的110 kV架空线路距电厂侧6 km处发生接地线路零序保护动作跳闸。同时, 雷电引发热电厂4#发电机变压器35 kV侧穿墙套管室内处三相放电, 造成重大停电事故, 经济损失达2亿多元人民币。

该厂地处长江中下游平原长江北部空旷带, 属于北亚热带季风气候区, 四季分明, 雨量集中。夏半年主导风为东东南风, 年平均雷暴日为36.7 d, 雷暴的移动路径主要由西向东。该地区的土质结构是黏土, 因其紧邻滁河, 土壤湿润, 土质良好, 测试土壤电阻率为数十 $\Omega \cdot m$ 。受其气象、地理、地质环境的影响, 该地区雷暴频发。因该区域化工企业众多, 大气污染严重, 空气中悬浮颗粒物较多, 这也是雷暴多发的一个重要原因。根据该地区气象局近10年来的雷暴资料统计, 雷暴活动最活跃的月份是7~8月份, 其强度较大。雷暴活动比较频繁的月份是3~9月, 该地区的初雷日是2月, 而终雷日是12月, 这就说明该地区1年当中只有1月没有雷暴日, 由此可见该地区雷暴活动频繁。根据近10年各月最大风速资料统计, 该地区各月平均风速都在5 m/s以上, 极大风速可达31 m/s。

区域内建有国家大型化工产业园区, 大型石化企业众多且基本连片。企业主要生产一些易燃易爆

^{*} 收稿日期: 2007-09-28

基金项目: 江苏省气象灾害重点实验室(南京信息工程大学)项目(KLME050101); 南京信息工程大学项目(07JC0007)

作者简介: 杨仲江(1961-), 男, 江苏射阳人, 高级工程师, 研究方向为雷电防护. E-mail: mashimaro2974@126.com

产品,属于高危场所,尤其对防雷环境有相当高的要求。该园区的某石油化工有限责任公司属于国家特大型企业,其生产安全关系到国家石化产品供给的安全性。所以,该电厂的防雷安全不仅涉及到企业自身,且关系到整个化工区的安危。

2 雷电事故分析

通过对雷击事故现场的详细勘查、检测和查阅相关资料,分析其发生雷击事故的原因,主要有两点:

一是选择的电力避雷器性能没有达到设计要求。分析此次雷电事故的原因,考虑可能是雷电在架空线上感应出过电压波,引发发电厂4#发电机变压器35 kV侧穿墙套管室内处三相放电击穿,造成短路停电事故。现场查看35 kV侧穿墙套管室内处三相绝缘距离较小,靠墙处由于潮湿等原因引起绝缘性能不佳,当有线路过电压波传导至绝缘薄弱处时,发生电击穿现象。最关键的是本次雷击事故中此条线路上的电力避雷器没有动作,因而没能将过电压波导入大地。若是合格的电力避雷器(SPD),它应能防止电气设备因受雷电闪击或其它电磁干扰而造成的传导电涌。在线路上安装具有非线性伏安特性的SPD,正常工作电压下SPD呈高阻抗,而在过电压时SPD呈低阻抗,从而限制瞬态过电压和分走有害电涌电流。为什么此次雷击事故只造成110 kV线路跳闸而没有造成三相放电击穿呢?相比之下,110 kV线路比35 kV线路的绝缘水平要高很多,因而抗过电压水平也比35 kV线路的高许多。容易受雷击危害的主要是那些电压等级相对较低的架空线路^[2]。

二是由于该热电厂建厂已有20多年,许多防雷装置年久失修,已失去了防雷保护功能。例如:经过技术人员对该热电厂的全面勘测检查,发现许多问题,已形成防雷隐患,现分析如下:

(1) 冷却塔顶部接闪器断裂,引下线锈蚀;四周金属护栏接地(测试值为10 Ω)与防雷装置接地(测试值为0.4 Ω)未做等电位连接。

(2) 4#避雷针与紧邻管架未做等电位连接,他们相距仅0.5 m左右,附近管架接地已与引下线断开。6#主变东侧避雷针的接地桩与连接线已断裂(因施工已被挖出)。

(3) 烟囱的避雷引下线严重锈蚀,且未与扶梯做等电位连接。1#烟囱顶部避雷针已断裂。冷却塔顶部的接闪器以及烟囱顶部避雷针由于其突出的

高度,使得它们截收闪电的几率远大于那些独立避雷针,它们不仅保护自身,还可保护在相应保护范围之内的设施。可以说,由这些烟囱和冷却塔以及独立避雷针组成了全厂的直击雷防护网。受灾后,经防雷电检测发现,现有防雷装置中许多接闪器都发生断裂现象,问题较为严重,急需整改。冷却塔四周金属护栏未与冷却塔做等电位连接,这将会形成旁路闪击或地电位反击,危及近旁的人身安全。此种情况反映了工程设计施工时忽视了对防雷技术中等电位措施的运用。

(4) 765进线处电压互感器接地电阻值是7.0 Ω ,而其西侧的电压互感器的接地电阻值是0.1 Ω ,故判定它们未做等电位连接或接地线连接有误^[3]。

(5) 0#消弧线圈的接地与主地网连接存在问题,因为0#消弧线圈的接地电阻测试值为2.0 Ω ,按其设计要求它应与全厂地网相连,而全厂大地网的接地电阻为0.2 Ω 左右(要求不大于0.5 Ω)^[4]。

(6) 汽油罐区2#污油泵、汽油泵房3#轻油泵、化学车间3#二级泵、2#外供电机、2#中和泵及5#除碳器的接地电阻测试值均不符合设计要求(应与全厂地网相连,且接地电阻值不大于0.5 Ω)。

(7) 污水池处的3#、4#污水泵接地电阻值不符合设计要求。

(8) 煤堆场的输送带未做等电位连接。

(9) 35 kV厂房东侧16#避雷针倒塌及西侧13#、14#避雷针断裂。

(10) 现场查看35 kV厂房北侧N2号避雷针距离厂房过近,虽然从图纸上看设计方案明确要求其接地体离开主接地网或地下电缆等3 m以上。但怀疑施工时该避雷针的接地体与主接地网或厂房环形水平接地体的地中距离不够,避雷针没有做到真正的独立,易对厂房形成地电位反击^[5]。

3 雷电防护对策

通过以上雷电事故分析可知,该厂雷击环境较为恶劣,现有防雷装置的安全性能不高。若对其做一个系统的雷击灾害风险评估,可得到结论:对于所考虑的厂区的各类雷击损害,为了将这种风险减小到一个可以接受的水平,需要一个具有高保护级别的防雷装置^[5]。

(1) 应解决厂区内年久失修的所有避雷针、烟囱、水塔上的接闪器问题。从检查情况看接闪器断裂、倒伏现象比较严重,甚至有独立避雷针被大

风刮倒的情况发生。所以再建避雷针时,其设计抗风能力应不低于为 31 m/s(本地极大风速)。

(2) 应注意等电位连接问题,防地电位反击问题等,这些都是防雷隐患。在某些场合下,等电位措施甚至比接地电阻更重要。除了独立避雷针和高大烟囱、冷却塔外,其它所有电气装置的接地都应与总厂大地网做可靠的等电位联结。检查中发现的此类问题较多。

(3) 为了减小架空线将过电压引入设施带来的危险,必须在入户设施上安装合格的、匹配的 SPD。从查阅的有关资料看,原来安装的 SPD 的一些参数选择不合理,例如,通流容量偏小,残压过大。尤其是实际安装的 SPD 响应时间不够快,启动电压过高,导致有害浪涌来时没有动作、没有反应,如同虚设。同时,应加强 35 kV 线路入户段的绝缘。本次雷击事故发生后,厂方已在 35 kV 侧穿墙套管室内处采用绝缘套管加强了三相绝缘,并做了防水处理,这可以改善靠墙处由于潮湿引起的绝缘性能下降的问题。另外,若有可能,应当根据有关规范规定,对这条无避雷线的 35 kV 线路,在靠近变电站的一段进线上,架设避雷线^[6]。

4 结束语

发电厂、变电站一般由于其较特殊的地理位置,

又具有高大烟囱、冷却塔、露天电力设施及多条架空电力电缆的设施,这使得它们较易遭雷击危害。因此,应加强对热电厂系统的雷电防护,保证电力供应安全。除了针对建、构筑物 and 电力设施采取的接闪、接地、等电位等措施外,尤其应针对引入到高压开关室的架空高压电缆进行过电压保护和绝缘保护。应选用响应时间快、通流量大、残压低的高效电力避雷器。

对建厂多年的电厂,应加强对已有防雷装置的检查、维护工作,消除雷击隐患,必要时,应加强对原有防雷装置的改造,使之更能适应现代防雷技术的要求,达到更好的防雷效果。

参考文献:

- [1] 国际电工委员会. IEC62305-Protection against lightning [P]. Geneva, Switzerland; IEC, 2006; 1-20.
- [2] 李佳,杨仲江,高贵明. 工业控制系统的雷电灾害防护技术研究[J]. 灾害学, 2007, 22(2): 51-55.
- [3] DL/T620-1997. 交流电器装置的过电压保护和绝缘配合[S]. 北京: 电力出版社, 1997; 3-8.
- [4] 陈先禄. 接地[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1997; 16-26.
- [5] 杨仲江. 防雷工程检测审核与验收[M]. 北京: 气象出版社, 2005; 20-55.
- [6] 文武,阮江军. 架空传输线在间接雷击作用下负载浪涌[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(1): 7-11.

Case Analysis and Protection of Lightning for Thermo-electric Plant

Yang Zhongjiang^{1,2} and Zhao Jingzhao^{1,2}

(1. Jiangsu Key Laboratory of Meteorological Disaster at Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China; 2. Department of Lightning Protection, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract: Lightning disaster is a kind of natural disasters that cause interruption of the power supply. Analysis on an event of lightning stroke on a thermo-electric plant indicates that high chimney, cooling tower, large outdoor transformation equipment, mental oilcan, pipeline are prone to lightning stroke. While many overhead power cables are more easy to lead the over-voltage generated by lightning on broad land to electric power facilities in the plant area. Thermo-electric plant's mission is the electric power supply to the society. Therefore we should enhance the research on the lightning disasters to thermo-electric plant. For reducing the loss caused by lightning stroke and guaranteeing the safety of power supply, the efficient and rational protection measures should be worked out.

Key words: thermo-electric plant; lightning hazard; protection measure