

文章编号:1673-8411 (2017) 02-0093-04

风力发电机组雷电防护的分析

卢志红¹, 张世谨², 朱华松¹

(1.河源市气象局, 广东 河源 517000; 2.黔南州气象局, 贵州 都匀 558000)

摘要:运用2016年广东省气象局科研项目《风力发电系统雷电防护技术研究》技术成果,对风力发电机组雷电防护运行情况进行分析,找出风力发电机组遭受雷击的基本特征;提出风力发电机组直击雷防护、雷电电磁脉冲防护、等电位连接防护、SPD防护、防雷接地等雷电防护技术的具体方法和内容。

关键词:风电机组;雷击特征;破坏机制;防护技术

中图分类号:P427.32

文献标识码:A

Analysis on lightning protection of wind generator sets

Lu Zhihong¹, Zhang Shijin², Zhu Huasong¹

(1.Heyuan Municipal Meteorological Service, Heyuan Guangdong 517000; 2. QianNan State Meteorological Service, Douyun Guizhou 558000)

Abstract: Based on the technological achievements of 2016 Guangdong Meteorological Service research "Research on lightning protection technology of wind power system", lightning protection operation of wind power generator set was analyzed to find out the basic characteristics of lightning striking generator set and to propose the practical methods and content for directing lightning protection, lightning electromagnetic pulse protection, equipotential connection protection, SPD protection and lightning protection grounding.

Keywords: wind turbine generator; lightning characteristics; failure mechanism; protection technology

引言

随着大家对资源紧缺和环境保护认识的提高,风力发电市场逐步形成,各地区风能发电场相继开始建设,广东省的风电产业也迎来了空前的发展。风力发电场主要选址为雷电易发区的沿海和山区,而至今为止,大部分地区防雷技术工作者对风力发电系统特有的雷击特征及雷电防护技术还缺少系统性的研究,为此,2016年广东省气象局组织对风力发电系统雷电防护技术进行了立项研究。本文根据科研技术成果,对风力发电系统雷电特征及雷电防护措施进行了探讨。

1 风力发电机组雷击特性

1.1 雷击部位

风力发电机组一般建在沿海、高山等地,加上风机建筑结构特殊,易造成不同部位各种情况的雷击现象。根据有关调查数据和利用滚球法进行研究,风力发电机组主要遭受雷击的部位有:桨叶,风向杆、电气系统,控制系统(轴承、机舱),发电机^[1]。

1.2 雷击概率分析

来源国外有关研究数据统计,雷电破坏风力机组各个部位的雷击率分别为:叶片(15%~20%),电气系统(15%~25%),控制系统(40%~50%),发电

机(5%)。由图 1 从几何角度分析,当机组高度和桨叶长度增加时,沿机组滚球所得出的空间受雷曲面也将扩展、增大,导致机组遭受雷击的概率也增加,桨叶处在不同的空间位置上,机组的空间受雷曲面也将发生变化^[2-5]。研究表明:机组高度和桨叶长度与雷击概率成正比例关系,另桨叶倾角对机组雷击概率有明显的影响。国外相关实验数据显示,当一片桨叶滚动在正上方,其它两片桨叶刚好在两侧时受雷击概率最大。图 1 是一片桨叶在正上方,做通过左右两侧桨叶最外侧点和地面两点相切的圆,沿着桨叶滚动方向形成受雷曲面。

1.3 雷电损坏机制

1.3.1 雷电途径损坏机制

当雷电流进入机组后,一部分沿着引下线流过轴承和机舱,进入塔筒顶部,最后由塔身或专设引下

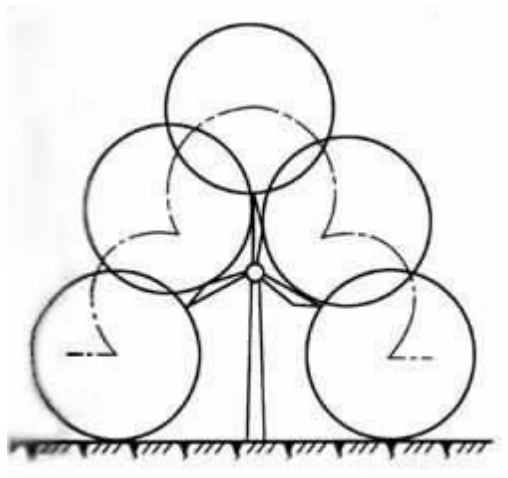


图 1 滚球法风力发电机组受雷曲面

线引至大地,过程中产生热效应、机械效应或引起地电位抬升及产生跨步电压和接触电压;一部分在泄流暂态过程中,由于雷电流具有很高的波头陡度,在流经路径的周边产生很强大的突变电磁场,对发电机磁场、电源线、信号、网络线或者控制系统内部产生干扰和感应过电压对电气设备造成损坏,严重影响着风电机组的安全运行。

1.3.2 雷电对桨叶的损坏机制

桨叶所采用的材料电阻率相当高,材料本身在正常情况下不易导电,但在强大雷电流作用下能够产生导电路径。雷击桨叶时,雷电释放的巨大能量使叶片结构内的温度急剧升高,分解气体高温膨胀,当温度上升到桨叶材料的熔点时,就会在接闪器上形成洞坑,压力上升还会造成爆裂破坏。

1.3.3 雷电对轴承的损坏机制

雷电流对轴承的损坏作用与雷电流在轴承内部传导的路径有很大关系。雷电流一是流向由轴承圆周上负载区内滚子与套圈相接触所形成的通路,二是流向轴承圆周上无负载区内滚子与套圈之间的短气隙在被电弧击穿后形成的通路,沿途产生雷电效应会造成设备各种损害^[3,6,7]。

2 雷电防护技术

根据研究调查统计,雷电对风力发电机组损害的方式主要有:直击雷损害、雷电电磁脉冲损害、雷电感应损害三种,损害概率大约为直击雷 15%、雷电电磁脉冲 65%、雷电感应 20%。

2.1 直击雷防护

2.1.1 桨叶直击雷防护

桨叶防雷目的是将雷电流安全地从桨叶雷击点传导到接地轮毂,从而避免叶片内部雷电电弧的形成。可以采用三种方法:第一,通过在叶片外表面或内部安装金属导体将雷电流从雷击点传输到叶片根部来实现。这种简单的防雷装置比较容易实现,只适合长度不超过 20m 的桨叶。第二,对于桨叶长度超过 20m 的,可以表面镶嵌一条金属网带或在桨叶上设多个接闪器。解决接闪器面积相对整个桨叶面积相比比例小,很难保证接闪器是桨叶上唯一的雷击点的问题。第三,通过叶片表面改用导电材料,从而使叶片本身能够将雷电流全部传到叶片根部。这种防雷装置适合航空工业中,将机翼外表添加导电材料,减少雷击导致机翼损坏^[2-7]。图 2(a)是在内部安装金属导体,专门作为引导雷电流;图 2(b)是利用桨叶内部控制线,兼作引导雷电流的作用。2.1.2 轴承直击雷防护

轴承防雷要达到将桨叶传导过来的雷电流经专设引下线传导至机舱专设引下线部位,防止雷电流通过轴承上的滚子与套圈沿着轴心进入机舱内部危

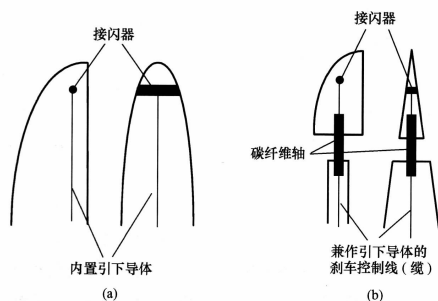


图 2 桨叶防雷装置导体

害设备。可在轴承前端设置一条与其并行的雷电通道,对于传来的雷电流实施旁路分流,使雷电流尽可能少得流过轴承。可以采用设置两组导电碳刷、旁路分流和阻断隔离相结合的方式^[4]。

2.1.3 机舱雷电防护

机舱防雷目的是要保护机舱尾部风速风向仪和实现机舱内部设备之间电位相等。可以在机舱尾部单独设立接闪杆或在风速风向仪上面直接安装接闪杆保护风速风向仪,机舱内除了需要绝缘隔离的设备外,其余应与机舱底板做电气连接,以实现等电位。

2.1.4 塔身雷电防护

塔身在此可当引下线,将从轴承、机舱传导至塔身的雷电流或直接遭受雷击的雷电流引入塔身底座防雷地网。可利用金属塔筒、钢筋混凝土塔筒的钢筋网或金属爬梯上下连接做为自然引下线,也可以专设两根引下线连接轴承、机舱将雷电流引入防雷接地网^[5-11]。

2.2 雷电电磁脉冲防护

利用屏蔽体反射、衰减并引导雷电流所产生的电磁脉冲的原理,使它不进入风力发电机组从而达到保护设备或线路。这里可以采用金属机舱或机舱外罩、金属塔筒或混凝土塔筒的钢筋形成法拉第笼,使机舱、塔筒内部起到初级屏蔽作用;机组内连续完整的设备金属外壳将其封装起来,进出设备信号线和电源线的屏蔽层在其进出口处,与设备的金属外壳保持良好的电气接触起到次级屏蔽作用;另要求风力发电机组防护区内电缆的屏蔽层,至少应在其两端及其所穿过的机组防雷界面处作接地;当低频干扰较为严重时,可以将屏蔽电缆穿金属管或采用双层屏蔽电缆,以此达到雷电电磁脉冲防护作用^[6]。

2.3 等电位连接防护

在塔顶机舱内的各个设备均应进行等电位连接,需要将各个设备的金属外壳、线缆屏蔽层、舱盖外风向风速仪支持杆和其他金属构件与机舱的金属底板做可靠电气连接,再保持底板与塔筒有可靠电气连接^[7]。

2.4 电涌保护器(SPD)防护

风力发电机组遭受雷击时,雷电流会沿着电源路、信号线、网络线损坏设备,应采用电涌保护器限制和分泄雷电流产生瞬态过电压和电涌电流。一般安装在防雷区交界处和被保护设备前端处。电源线路 SPD 应能承受预期通过它们的雷电流,并具有通

过电涌时的电压保护水平和有熄灭工频续流的能力。连接于电信和信号网络 SPD 其电压保护水平 UP 和通过电流 IP 应低于被保护的电子设备的耐受水平。其它安装规定和性能指标要求均应符合 GB/T21431-2015 的规定^[8-12]。

2.5 防雷接地

风力发电机组防雷接地需满足散流和均压功能。将塔身或专设引下线传导过来的雷电流迅速散流出去,防止产生地电位抬升及过电压引起接触电压伤害和跨步电压伤害。以电阻、土壤电阻率、接地网形状做为参数指标来检定地网是符合规范要求。施工可采用一种或多种敷设方式:垂直接地体、水平接地体、塔基础接地体形成一个环形或多个环形接地体,除利用塔基础钢筋做为自然接地体外,还可以增设人工接地体。同时,设计时还须根据地质情况考虑地网的使用寿命,结合经济基础来选取合适的接地体材料^[13-18]。

3 结束语

文章根据科研数据资料从雷击部位、雷击概率、雷电损坏机制几个方面全面分析了风力发电机组雷击特征,从桨叶、轴承、机舱、塔身等分析风电机组各个部位的雷电防护技术,给出风力发电机组各个部位的直击雷防护、雷电电磁脉冲防护、等电位连接防护、SPD 防护、防雷接地具体方法和要求。为大型风力电场雷电防护工程提供了设计与施工的方法,具有较高的价值。

参考文献

- [1] 王文生,何健棠等.风力发电机组雷电防护工程案例析[J].气象研究与应用,2013,34(z1):164-165.
- [2] 谭敏玲,周绍毅,范万新.广西北流市风电场风能资源分析[J].气象研究与应用,2013,34(3):47-50.
- [3] 聂长春,倪穗燕,陈蔚翔.风电场雷电防御的特殊性及应对措施[J].广东气象,2013,35(2):52-55.
- [4] 李健荣,朱明.雷电对变电站的危害及预防措施[J].气象研究与应用,2009,30(z2):207-210.
- [5] 王芳,刘艳辉等.浅析风力发电机变桨控制系统的雷电防护[J].气象研究与应用,2012.6,33(z1):358-359.
- [6] 韩建海,常晓丽.山区风力发电机组防雷技术探讨[J].气象研究与应用,2013,34(3):86-87.
- [7] 李文飞.变电所防雷方案设计及计算[J].广东气象,2009,31:122-123.

- [8] 李亚芬, 张原端等. 风力发电机组雷电防护 [J]. 内蒙古科技与经济, 2015, 336: 89-91.
- [9] 蒋承霖, 黄浩辉, 植石群. 广东地区大风拟合的适用性研究 [J]. 广东气象, 2010, 32 (2): 8-10.
- [10] 宫靖远等. 风电场工程手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [11] 洪华芳, 周歧斌, 边晓燕. 风力发电机叶片的雷击损伤与雷电保护 [J]. 东华电力, 2009, 37 (10): 1778-1781.
- [12] 潘艺, 周鹏展, 王进. 风力发电机叶片技术发展概述 [J]. 湖南工业大学学报, 2007, 21 (3).
- [13] 林雨人等. 深圳大运会场馆建设施工现场防雷接地与电气安全 [J]. 广东气象, 2010, 32 (3): 44-45.
- [14] 风力发电机组防雷装置检测技术规范 [S]. 气象出版社, 2015.
- [15] 徐式强, 赵建吉, 黄革鑫. 大型地网接地电阻的测试 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (z2): 204-206.
- [16] 丘志彪. 探讨计算机房防雷屏蔽的检测方法 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (1): 100-101.
- [17] 杨国雄; 李文飞; 邓庆祥. 深圳机场二次雷达站防雷地网整改工程设计分析 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36 (2): 128-129.
- [18] 林伟华; 梁美婵; 张强. 计算机机房雷电感应防护工程方案 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (1): 104-105.

.....

(上接第 93 页)

- 特性参数测量导则 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [3] 刘玄毅, 等. 接地电阻测量方法及使用仪器分析 [J]. 高电压技术. 1992, (4): 85-88.
- [4] 常树升, 陈增吉, 房连玉. 双层土壤中测量接地电阻的补偿法 [J]. 东北电力学院学报. 2001, 21 (4): 61-63.
- [5] 刘黎. 地网接地电阻短距测量方法和降阻新技术研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2003.
- [6] 黄锐锋, 李琳, 张波, 等. 变电站接地网接地电阻近距离测法与系统开发 [J]. 高电压技术, 2004, 30 (9): 27-29.
- [7] 韦卓运, 康强, 等. 布线方式对测量接地电阻的影响分析 [J]. 气象研究与应用, 2014, 35 (1): 111-112.
- [8] 周开春, 何明峰. 多种降阻剂材料搭配在变电站接地网改造中应用 [J]. 广西气象, 2006, 27 (2).
- [9] 洪展. 雷电对石油气站的危害及防护措施 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (3): 67-69.
- [10] 丁溢锋. 电源避雷器选型与安装应注意的事项 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (4): 64-66.
- [11] 黄仁立, 等. 磷酸系列化工厂雷电综合防护措施 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (1): 66-68.
- [12] 吴少峰, 肖伟军, 张羽. 新一代多普勒天气雷达三级终端的设计与应用 [J]. 广东气象, 2013, 35 (2): 67-70.
- [13] 杜连书. 防雷装置检测常见的几个问题 [J]. 气象研究与应用, 2012, 23 (S1): 117.
- [14] 张娟, 徐加民, 林卓宏. 闪电电涌对区域自动气象站的破坏机理及闪电电涌防御技术 [J]. 广东气象, 2013, 35 (3): 58-60.
- [15] 吴亚玲, 李辉. 深圳市 2000 年以来气象灾害及其风险评估 [J]. 广东气象, 2013, 31 (3): 43-45.
- [16] 张中舟, 李莉. 现行测量接地电阻存在的问题及解决方法 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (S2): 171-172.