

屋顶分布式光伏并网发电系统设计的关键技术探讨

孙邦伍，徐学亮

(南京冠亚电源设备有限公司，江苏 南京 210032)

摘 要：本文主要对屋顶光伏并网发电站的合理性及稳定可靠性进行了探讨，总结了影响其合理性及稳定可靠性的主要因素，这些因素可直接影响屋顶光伏并网发电站的合理性、稳定可靠性和用户的经济效益。

关键词：分布式并网发电；屋顶光伏；防雷汇流箱；自发自用光伏并网系统；配电系统；设计关键技术

1 分布式光伏并网发电系统

1.1 系统设计说明

光伏电站的系统整体设计由光伏发电系统和机电设计两个部分组成，其中光伏发电系统指从太阳能电池组件至逆变器之间的所有电气设备，包括太阳能电池组件、直流接线箱、直流电缆、直流汇流柜、逆变器等；机电部分指从逆变器交流侧至电站送出部分的所有电气、控制保护、通信及排风措施等。

1.2 光伏并网发电系统设计步骤

- (1) 系统容量设计
- (2) 逆变器选型
- (3) 配电设计（汇流箱设计、直流配电柜设计、监控设计、并网点电气接入（配电柜设计等）。
- (4) 电缆连接布线设计
- (5) 防雷接地设计
- (6) 施工建设流程设计

1.3 系统设计的关键技术探讨

1.3.1 安全可靠

应避免分布式屋顶光伏电站“火灾”的发生。

由于分布式发电多采用用户侧并网，一般都利用已有的屋顶空间及原有的配电线路，系统不需再设计升压及传输装置，项目设计安装与负荷较近，自发自用，就地消耗。为此，给系统带来“起火”隐患，主要体现在：

(1) 屋顶电池板实际有效安装空间有限，有些项目为了凑数，前后排不考虑间隔，“有地方就放”的原则，阴影遮挡严重。

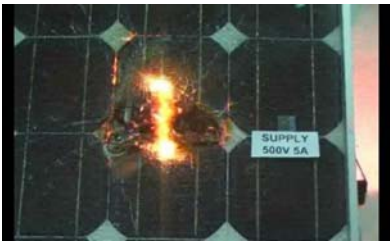
(2) 屋面的已有建筑物（烟囱、排气管、空调室外机组、风机架、旗杆、广告牌子支架、避雷针等）的影响，导致电池板靠近热源、背板温度升高、热斑效应的加速。

(3) 连接电缆的选型与规格的确定，室外光伏专用电缆的选取，线径与流量的匹配、电缆的布线等等，线缆的不匹配是火源的一个重要点。

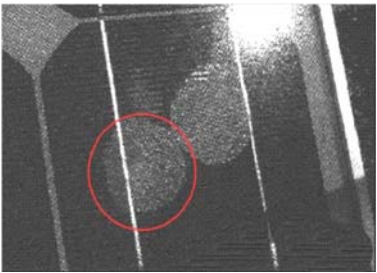
(4) 线缆的连接交点，即接头的接触不良或是连接器的质量（MC）不好，接线盒质量等导致火源局部引起。

(5) 电池板 PID 效应、高压电缆的安全隐患（绝缘与穿管工艺），都会诱发火灾。

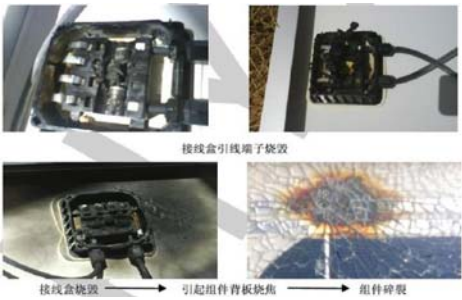
不规范安装导致的部分相关现场图见图 1。



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

表 1 不规范安装导致的部分相关现场图

1.3.2 系统兼容性

(1) 鉴于分布式安装特点,分布式发电系统多安装于工业化厂房、学校医院房顶、边防哨所等,往往这些安装地点由于单位的特殊性,都会备有后备电源(双电源或油机后备)在主电源故障,后备电源的瞬间切换及切换后的备用电源投入,要求光伏电站系统能正常运行,此核心设备并网逆变器能无扰动切换正常工作。

(2) 负荷的匹配,由于分布式发电基本为负荷侧并网,一般并网接入点在母排 400V 上,原则上本地负荷要大于所在点的太阳能电池组件功率,但有些项目出现本地负荷相对偏小,而且负荷性质为大功率的感性负荷,在负荷的前端配置的投切式的无功补偿装置频繁动作,导致并网点电压与频率变化较大,为此相应的光伏系统要兼容此种特殊性环境场所。

(3) 分布式发电系统能纳入智能配电环节中,由于太阳能发电输出功率的随机性,易造成谐波及三相不平衡引起电压的波动闪变等,对原有的供电线路配电可靠性带来影响(原有的调压方案、继电保护、重合闸动作等)可能会产生保护误动作,保护灵敏度降低,为此,分布式光伏电站系统要兼容配电环节体系,参与微网建设,兼容智能配电设备,兼容配电自动化技术,兼容并网运行调度技术。

(4) 分布式发电系统,从将来的发展角度预测能够具有信息交换技术与智能发电技术,兼容智能

电网建设,能够进行信息本地与远程上行与下行发送功能,能够参与配电网运行控制、参与新型储能技术。

1.4 主要设备选型确定

1.4.1 光伏组件的选择和确定

对于屋顶光伏并网发电系统,由于屋面有效使用面积的局限性,使得屋面有效使用面积更加可贵,故一般选择面积比较小,功率比较大,转换效率比较高的光伏组件,以此来提高整个屋面的光伏并网发电容量。

1.4.2 光伏组件方阵最佳倾角的确定

光伏组件方阵的夹角一般参考为当地的纬度数值,在综合当地环境、方阵美观、安全可靠等等实际情况,适当增加或减少纬度数值,即为光伏组件方阵最佳的倾角。

1.4.3 光伏组件的安装和布置设计

对于屋顶光伏并网发电系统来讲,屋顶光伏组件的安装方式非常重要,它直接关系到屋面的承重能力、屋面的防水能力、抗风能力以及阴影遮挡问题等等很多的重要因素,同时光伏组件的布置也要与建筑物及周围的环境完美结合。

1.4.4 光伏组件的串并联方式

光伏组件的串并联方式不仅和光伏组件的技术参数有关,而且与光伏并网逆变器的技术参数、光伏组件发电效率有关,同时也与整个光伏并网发电系统的施工方便、发电效率、造价成本等等都有很大的关系。光伏组件原则上必须在同一日照的条件下进行串联,否则整体的发电效率肯定会受到输出能量最低的光伏组件的影响,从而导致整体发电效率的下降。一般情况下,我们将受到不同方向建筑物影响的组件进行分组,将受到同一方向建筑物影响的组件分为一组,从而降低光伏组件串联后的热斑效应损耗。

1.4.5 光伏并网逆变器的选择

在中、大型光伏并网发电系统中,经常遇到设备选型难的问题,应该如何选用设备匹配整个系统,使得系统达到最佳状态?经过理论分析和实际应用,针对目前国内市场的遇到的几种情况进行了系统分析和研究,提供以下几种选型原则和方法以供参考(分布式系统)。

具体选型建议为:

a) 2MW 以下光伏发电的系统:建议采用用户

侧并网方案,选择多台 50kW、100kW、250kW 并网逆变器进行并联运行(逆变器自身配带隔离变);

b) 2MW-6MW 的系统:建议选择多台 500kW 并网逆变器进行并联运行;可以采用 400V 并网也可采用 10kV 并网方案。

c) 6MW 以上的光伏发电系统:建议选择多台 500kW 的并网逆变器进行并联运行;采用 10kV 并网方案。

1.5 分布式屋顶光伏并网系统设备防雷保护

常规防雷电可分为防直击雷电、防感应雷电和综合性防雷电。防直击雷电的避雷装置一般由三部分组成,即接闪器、引下线和接地体;接闪器又分为避雷针、避雷线、避雷带、避雷网。以避雷针作为接闪器的防雷电原理是:避雷针通过导线接入地下,与地面形成等电位差,利用自身的高度,使电场强度增加到极限值的雷电云电场发生畸变,开始电离并下行先导放电;避雷针在强电场作用下产生尖端放电,形成向上先导放电;两者会合形成雷电通路,随之泻入大地,达到避雷效果。实际上,避雷针是引雷针,可将周围的雷电引来并提前放电,将雷电电流通过自身的接地导体传向地面,避免保护对象直接遭雷击。避雷针之外还有避雷线,它是通过防护对象的制高点向另外制高点或地面接引金属线的防雷电,它的防护作用等同于在弧垂上每一点都是一根等高的避雷针。后来发展了避雷带,就是在屋顶四周的女儿墙或屋脊、屋檐上安装金属带做接闪器来防雷电。避雷带的防护原理与避雷线一样,由于它的接闪面积大,接闪设备附近空间电场强度相对较强,更容易吸引雷电先导,使附近尤其比它低的物体受雷击的几率大大减少。

1.6 光伏并网逆变器保护技术

1.6.1 光伏并网逆变器的保护功能

a) 逆变器具有直流输入手动分断开关、交流电网手动分断开关和紧急停机操作按钮,便于维护和操作,增强系统的安全性、可运行性。

b) 先进的孤岛效应检测和保护方案,包括主动式与被动式孤岛检测技术。进一步保证系统的安全与可靠性。

c) 保护功能齐全:过载、短路、电网过欠压、电网过欠频、过温、极性反接等保护及告警功能。

d) 设备标配通讯接口:RS485/RS232 支持以太网 RJ45,无线通讯(GPRS)及远程监控功能。方便维护人员及时掌握设备运行状态。

2 光伏并网监控系统

一般 MW 级光伏电站,区域监控中心设 1 套计算机监控系统,其监控范围有:10kV/35kV 逆变升压站及其电池组件和汇流箱、并网逆变器、进线开关、馈线开关、母线 PT 等。监控系统采集高压侧的三相电流、电压、功率、开关状态以及升压变的铁芯温度、线圈温度等信息,控制升压变高压开关、出线并网开关的投退,采集各支路的发电量等。同时监控系统具有远动功能,根据调度运行的要求,电站采集到的各种实时数据和信息,经处理后可传至上级调度中心。针对屋顶 BIPV/BAPV 一般要求数据上传国家能源局与国家住建部,逆变器厂商要做到监控通讯的协议对接。

3 结束语

好的集成设计会使建筑物更加洁净、美观,容易被建筑师、用户和公众所接受,由于太阳能光伏系统和建筑的完美结合体现了可持续发展的理想范例,国际社会十分重视,在中国乃至全球,都陆续推出“百万屋顶太阳能并网发电”计划,作为行业的领先者,光伏并网逆变器的设计和制造单位,紧跟行业前进的步伐,不断推出更先进技术的并网逆变器产品,针对分布式并网发电系统,产品具有优质的电能输出,周全的保护功能,先进的“孤岛效应”防护手段,输出的电气隔离结构,做到了真正意义上的绿色电源产品。