

分布式光伏电站设计及建设的探讨和研究

张 鼎

(安徽国电皖能风电有限公司, 安徽 合肥 230031)

摘要: 近年来, 分布式新能源在国家的重视与政策的大力扶持下得到了飞速发展, 城市分布式光伏电站作为分布式新能源的重要组成部分, 在项目开发过程中存在很多重难点问题。本文针对城市分布式光伏电站的设计和经营情况的部分重难点, 结合实际情况和经验进行分析和探讨, 有益于提高分布式光伏电站的安全性和运营效率, 实现行业的可持续健康发展。

关键词: 分布式; 新能源; 设计; 建设; 安全; 效率; 质量

中图分类号: TM615

文献标识码: A

DOI: 10.12230/j.issn.2095-6657.2023.14.015

近年来, 我国在碳达峰、碳中和战略目标的驱动下, 经历了集中式新能源高速发展期, 开始逐步进入新能源“后发展”时代, 通过以资源、环境效益、用电消纳最大化配置的形式进行整合优化, 大力推进城市分布式新能源的发展, 保障能源供应和提升能源利用效率。同时国家也出台多项政策, 大力支持分布式新能源发展, 并明确规定分布式新能源开发的多项细则, 要求分布式新能源配合城市电网、微电网、交直流混合电网等运行, 要主动与建筑形成一体化利用, 提高总体协调能力, 加快发展。截至 2022 年底, 我国可再生能源装机容量达到 12.13 亿千瓦, 占全国发电总装机的 47.3%。其中, 风电 3.65 亿千瓦、太阳能发电 3.93 亿千瓦、生物质发电 0.41 亿千瓦、常规水电 3.68 亿千瓦、抽水蓄能 0.45 亿千瓦。在全国规模以上城市建设的分布式新能源, 装机规模超过 5000 万千瓦, 已经初步实现分布式新能源装备产业化。预计, 到 2025 年我国分布式新能源可开发潜力为 14.9 亿千瓦, 总装机将达到 1.3 亿千瓦^[1]。

1 分布式新能源的发展

目前, 城市分布式新能源以屋面分布式光伏电站为主, 采用“自发自用, 余电上网”的开发模式, 以优惠的“峰、平”电价服务于地方企事业单位, 余电则以当地基准电价售卖给电网的经营形式。通过发展城市分布式新能源既有助于调节能源结构, 提高“绿电”发、用电量, 降低外受电比例, 提升供电安全水平, 也有助于减少电力的大规模、远距离传输, 不仅能够缓解输电走廊日益紧缺的压力, 而且能够减少输配电费用, 并在一定程度上减缓终端电价上涨, 这些优势促使地方政府、能源开发方和用电方互惠互利, 共同形成“三赢”局面。

2 分布式光伏电站设计重点

2.1 分布式光伏并网接入的可行性

在分布式光伏电站开发的前期工作中, 并网接入的设计和

审查往往成为重难点课题。分布式光伏电站在运营中存在以下特点:(1) 光伏电源属于静止型电源, 不存在系统故障时发电机转角的同步稳定问题;(2) 由于电站通过换流元件(逆变器)产生交流电, 可能含有直流分量和谐波分量, 且有三相电气量不平衡的问题, 可能对电网的电能质量会产生不利影响;(3) 电站功率变化范围大, 且功率变化率(变化速度)可能较快, 会对电网的频率、电压稳定带来不利影响;(4) 电站特别是逆变器元件本身的安全要求较高, 对电压、频率的变化较敏感, 有一定的允许电压和频率范围, 超过限值会危及元件的安全。

由于分布式光伏电站存在以上特点, 分布式光伏电站并网和接入系统除遵循接入系统的一般技术规定之外, 还应遵循有关国家标准的要求, 主要有“光伏系统并网技术要求”和“光伏发电站接入电力系统技术规定”, 以保证电网和电站的安全运行。

在设计接入方案时, 应要求在电站满足电力送出需要的同时紧密结合工程实际, 设计线路简单清晰, 选用的设备及保护装置安全可靠; 要求电站具备一定的无功调节能力, 在逆变器输出功率大于其额定输出的 50% 时, 平均功率因数应不低于 0.9。如果光伏电站的无功调节能力不足, 应考虑安装可分组投切的电容器和电抗器; 电站向电网送电的电能质量(包括电压偏差、频率、谐波含量、直流分量、电压波动和闪变、三相电压不平衡度等)应满足相关规定; 光伏系统和逆变器应装有电网短路的快速保护装置, 在电网短路时应在 0.1s 以内将光伏系统与电网断开; 还应能根据地方调度安排, 以允许的功率变化率来调节和控制其输出功率; 考虑电站接入变压器的负载率达到 80% 时, 变压器会出现重载运行, 负担较大, 分布式光伏电站接入的容量一般不应超过变压器容量的 80%。

2.2 光伏组件铺设倾角的设计

(1) 分布式光伏电站的组件最佳倾角

对于分布式光伏电站最重要的设备 - 光伏组件而言, 太阳

在其上的入射角度的不同会导致其单位面积所接收到的太阳法向辐射量不同,入射角(与垂直于光伏方阵的法线的夹角)越大,接收到的太阳法向辐射量就越少。而光伏组件铺设的倾角变化会使得太阳的入射角发生变化,从而影响其辐射接收量。因此,需要通过理论计算得到一个从全年的辐射接收量最优的倾角,使得电站年发电量、收益率达到最高。

影响最佳倾角的因素主要有:纬度,纬度的不同会影响太阳高度角的变化特性,从而影响最佳倾角;各月辐射量分布,一年中的辐射量若更多地集中在太阳高度角高的月份,则会使得最佳倾角变大,反之则会变小;直散比,直接辐射具有方向性,而散射辐射各向同性,因此,它们各自在总辐射中的占比不同也对最佳倾角有一定影响。

(2) 最佳倾角的计算

计算光伏组件的最佳倾角需要当地的经纬度来确定太阳各时刻的高度角和方位角,多年平均年辐射数据来确定当地太阳辐射的特性。根据辐射数据及经纬度计算,累加得到不同倾角光伏方阵的年总辐射接收量,从中选择年总辐射量最大的倾角作为最佳倾角。一般可采用 PVsyst 等软件方便快捷地进行最佳倾角计算。PVsyst 软件计算界面如图 1 所示。

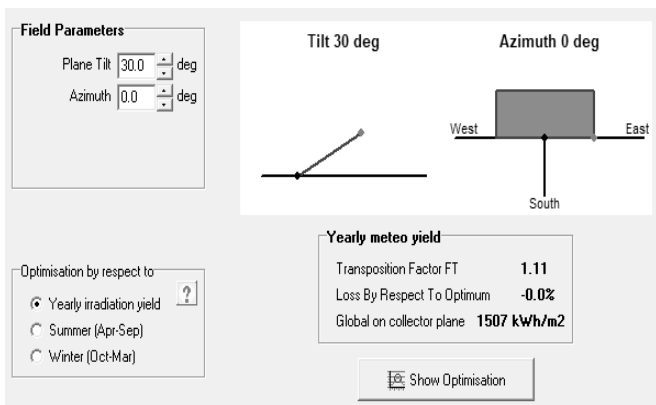


图 1 PVsyst 软件计算界面

对比不同倾斜角对发电量的影响宜采用单一变量对比,但一般同一分布式光伏电站组件倾斜角均为同一角度和方位,采用不同区域电站对比,影响因素繁多。因此,考虑使用 PV-Syst 设计软件对其进行论证。其软件的气象数据来源于 NASA 和 Meteonorm 气象数据库,同时通过实际测算,其测算准确率最高达 99%,具备可参考性。

(3) 光伏组件倾角的选择

在分布式光伏电站工程建设中,光伏组件并排铺设连接形成光伏组串,组串的角度不同,产生的组串之间投影距离不同,为避免投影遮挡,光伏组串之间的间隔设计就不同。分布式光伏电站在占地极其有限的情况下,光伏组串铺设的间隔大小会严重影响电站容量。

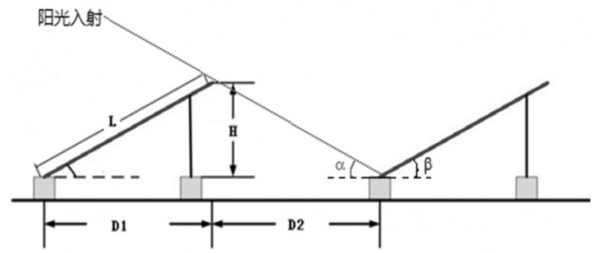


图 2 D2 距离标识

以分布式光伏电站发展迅猛的我国中东部地区为例,纬度跨度在 $29.4^{\circ} \sim 34.6^{\circ}$ 范围,最佳倾角范围约为 $20^{\circ} \sim 26^{\circ}$,纬度越高,最佳倾角越大。根据计算,当某地区光伏组件最佳倾角为 21° 时,采光面总辐射量 1361 kWh/m^2 ,组件有效利用小时数为 1111 h ,光伏组串相邻的间隔为 3024 mm (该区域为组串投影,无法继续铺设光伏组件);当组件倾角降至 16° 时,采光面总辐射量 1355 kWh/m^2 ,组件有效利用小时数为 1105 h ,光伏组串间隔为 2524 mm ,电站布置容量相较最佳倾角配置的容量可增加约 3% ;当倾角降至 11° ,采光面总辐射量 1342 kWh/m^2 ,组件有效利用小时数 1095 h ,光伏组串间隔为 1824 mm ,电站布置容量相较最佳倾角配置的容量增加约 10.3% ;当倾角降至 5° ,采光面总辐射量 1317 kWh/m^2 ,组件有效利用小时数为 1074 h ,光伏组串间隔为 824 mm ,电站布置容量相较最佳倾角配置的容量增加约 32% 。

通过组件在不同倾角下的各项数据比较,同一地区组件倾角越低,采光面总辐射量、发电有效利用小时数越低,但组串间隔逐渐下降,电站区域能够容纳的组件增多,配备容量明显上升。具体该如何设计组件倾角,配置电站容量,则需要设计方与投资方综合考虑电站的发电量、投资、收益及工程建设环境等情况,重点优化、考量后决定。

(4) 光伏组件倾角的选择在运维中的影响

光伏组件的倾角除了对电站发电量和配置容量存在较大影响外,在运行维护中也有不同程度的影响。

目前,光伏组件的制造中,国内厂家一般采用铝合金边框,这种材料具有重量轻、美观、耐腐蚀性强、强度高、导电好等特点。但是在铝合金包裹光伏板材,保护其不变形的同时,往往会因设计、工艺等问题形成边框与光伏板的内嵌倒角(如图 3,标识 1),即边框会高出表面玻璃一小部分。

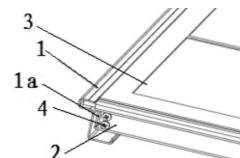


图 3 光伏组件倾角

由于光伏组件长期在户外使用,环境较为恶劣,多有风沙

灰尘,如果组件安装倾角太低,经过雨雪冲刷,在边角处(如图3,标识3)极易形成灰带或泥带,阻挡阳光照射,严重影响发电。在后期进入正常的运营期,运维方需要加强巡视和清洁。

3 分布式光伏电站建设重点

3.1 分布式光伏电站工程建设期间的安全把控

目前,城市分布式光伏电站主要建设在企事业单位、工商业厂房、产业园区等地的屋面,大致分为水泥屋面及彩钢瓦屋面,主要存在以下安全风险。

(1) 施工屋面高处作业人员坠落的安全风险。城市企事业单位、工商业园区等地的屋面一般根据设计规范及房屋验收要求,会建造女儿墙,女儿墙一定程度上保障了屋面作业人员的人身安全。在没有设置女儿墙的屋面,施工前一定要加装安全护栏或防护网,并设置警示标志,加强安全检查和管理工作,防范项目施工过程中高空坠落风险,从而提高项目建设的安全系数。

(2) 施工时的触电风险。项目建设中触电事故的主要风险源包括:接地装置、保护连接错乱或共存;配电箱内无漏电保护开关或漏电保护开关故障;配电柜安装位置不合理,周围杂物多;没有明显的安全标志;作业人员未佩戴防护用品、未使用标准验电器进行电气检测、未正确使用安全工具等。针对项目建设的触电风险,应严格检查,确保配电柜线路的布线方式适当、整齐。对于供电、电气设备安装、并网调整等阶段的触电事故风险更应加强排查,防范项目施工过程中的风险。

(3) 施工现场的火灾风险。分布式光伏发电项目工程期间的施工关键是电焊、安装调试、动工等阶段,工程中存在的消防安全隐患,例如使用的易燃材料、原材料允许的电缆承载能力大、线路敷设方式、并网调整工作的火灾事故风险源,包括未按并网调整步骤进行调整、电气设备未做好安全防护等,现场应加强检查,规范操作,维护安全消防通道,配备符合标准的灭火器等消防设备,防范项目施工过程中的火灾风险。

3.2 分布式光伏电站工程建设期间的质量把控

分布式光伏电站工程建设相比其他建设工程项目,其突出特性是建设周期短,但同样需要严格的质量把控,质量控制需从源头上抓起,即从基础工程开始施工就要严格控制,应重点抓好以下环节。(1)对进入施工现场的原材料进行源头控制,主要材料如钢材、水泥要求有出厂合格证和材质报告,还要做到送检合格后方可使用。(2)对光伏组件配重的预制桩墩柱的轴线、距离及标高等需要认真复核。(3)对混凝土试块严格要求进行同条件留置,确保基础混凝土强度满足设计及规范要求。(4)对钢支架安装、电缆接地埋设、汇流箱安装等方面,重点

控制钢支架的垂直度、钢支架与埋件焊缝的饱满度。接地主要是埋深度、焊接焊缝的饱满度及焊接倍数的要求。汇流箱的安装不但要控制接线的规范要求,还要控制标高的一致性和支架牢固性。(5)要求监理单位根据合同内容及相关规范编制监理规划、专业监理工程师对整个工程编制监理实施细则,对重要的分部工程要有专项监理实施细则。责令施工单位撰写符合实际的施工组织总设计,重点和关键部位要有专项施工方案,严格执行“三级自检”制度,确保工程质量管理无盲点、无漏点。(6)资料的收集保管要贯穿施工过程的始终,重点是采用的标准和资料的完整性,要自始至终做好资料的收集和整理保存,为竣工验收做好准备。验收工作是非常重要的环节,因为分布式光伏工程没有明确的检验批次,以分部工程的各个节点进行验收,确保每一个工序质量合格、优良,进而保证分部工程的质量优良、整体工程质量合格优良。

总体来说,分布式光伏项目的工程建设中,现场工作人员是影响安全和质量最重要的因素,通过加强对施工人员技术培训,完善施工方案,做好技术交底、应急预案等,确保施工人员能熟练掌握施工操作要点,结合应急防护措施,使施工中每道工序都能符合要求。现场管理人员还要加强自身能力的培养,具备沟通交流以及分析解决问题的能力,对设计图纸仔细研究分析,看懂看透,按要求开展设计联络会、工程例会等,各参建单位、设备供应商对工程中的重难点问题要做好沟通交流,避免技术交底衔接不力等问题。

4 结语

在我国大力提倡绿色环保、快速发展绿色新能源的今天,分布式光伏已逐渐成为实现“双碳”目标的重要支撑,既能有效帮助用电方降本增效,又可推进城市绿色电力消费转型,调节能源结构。因此,分布式光伏开始进入高速发展期。但分布式光伏电站无论在设计还是工程建设中依旧存在较多重难点,应多联系实际,分析研究,优化工程设计,加强工程建设管理,确保电站建成后能够安全高效地运营,以助力分布式新能源优质发展,推动经济社会向全面绿色转型。

参考文献:

[1]毛宏举.分布式光伏发电项目安全管理[J].电力安全技术,2016,18(01):1-3.

作者简介:张鼎(1987-),男,安徽安庆人,学士学位,工程师,主要从事新能源规划和建设研究。