

高效分布式光伏发电系统构建路径探索

朱海龙

浙江嘉越能源科技有限公司 浙江嘉兴 314000

【摘要】分布式光伏发电是清洁能源利用方式，在全球能源转型和应对气候变化背景下有着重要意义。构建高效的该系统，既能提高能源利用效率，还能降低对传统化石能源依赖，助力实现碳中和目标，对优化能源结构、增强能源供应稳定性与安全性也有帮助，而且这对地方经济发展、乡村振兴及生态环境改善等方面都具有积极推动作用，是可持续能源发展的关键举措。文章研究了高效分布式光伏发电系统构建路径，期望能为相关人员提供参考。

【关键词】高效分布式光伏发电系统；构建路径；能源转型

Exploration of construction path of high efficiency distributed photovoltaic power generation system

Zhu Hailong

Zhejiang Jiayue Energy Technology Co., LTD.Jiaxing, Zhejiang 314000

【Abstract】Distributed photovoltaic power generation(DPPG)is a clean energy utilization method that holds significant importance in the context of global energy transition and climate change.Building an efficient DPPG system can enhance energy efficiency ,reduce reliance on traditional fossil fuels ,and support the achievement of carbon neutrality goals.It also helps optimize the energy structure ,enhance the stability and security of energy supply ,and positively impact local economic development ,rural revitalization ,and environmental improvement.This is a crucial step in sustainable energy development.The article explores the construction path of an efficient DPPG system ,aiming to provide valuable insights for relevant professionals.

【Key words】efficient distributed photovoltaic power generation system; construction path; energy transformation

引言

经济快速发展以及能源需求持续增长,使传统能源遭遇资源枯竭和环境污染等大量问题,在此背景下,分布式光伏发电凭借其清洁、可再生以及分布广泛等特点,成为当下能源领域的研究热点。目前,全球范围内分布式光伏发电系统已经得到广泛应用,可在实际运行中,它还存在着效率低、稳定性差等情况。为了满足不断增长的能源需求以推动能源绿色转型,构建高效分布式光伏发电系统很有必要,这既能提升太阳能转换效率和能源供应的质量可靠性,又能减少系统成本。

一、分布式光伏发电的基本原理

分布式光伏发电基本原理是利用光伏效应把太阳光能转为电能,核心组件太阳能电池板,通常由硅这类半导体材料制成,太阳光一照到电池板表面,光子便会激发半导体里

的电子,电子跃迁至导带形成电子-空穴对,直流电就此产生,太阳能电池板经串联、并联组成方阵以提高发电功率。光伏电池产生的是直流电,而日常生活和工业生产广泛使用交流电,所以需要逆变器将直流电变成交流电。逆变器利用单片机、DSP 等高性能微处理器控制大功率电力电子开关器件工作,让输出的交流电符合电网电压、相位、频率、波形等要求来保证电能质量,以免出现波动和干扰,它还能实时监测电网状态以保障系统安全稳定运行,分布式光伏发电系统常与电网连接,运行模式是自发自用、余电上网。日照充足时,系统产生的电能先供用户自用,剩余电能可上传至国家电网,用户因此可获得相应电费收入;夜间或光照不足时,系统从电网获取电力以满足用户正常用电需求,既提高能源利用效率又减少对传统化石能源的依赖且降低碳排放,具有显著环境效益和经济效益。

二、高效分布式光伏发电系统的关键技术

（一）高效光伏电池技术

当下，多主栅技术（MBB）、超多主栅（SuperMBB）及无主栅（0BB）技术蓬勃发展。MBB 和 SMBB 借增加主栅数目使电池应力分布均匀以提高栅线导电性，降低电阻损耗，促使电池转换效率增加，MBB 路线主栅一般有 9~15 条，SMBB 主栅数量通常在 16 条以上且采用更细栅线，达更少遮挡及电阻损耗效果。无主栅技术以嵌于聚合物薄膜之上，由锡合金包覆的铜线替代主栅与焊带，汇集细栅电流并连接电池片，能提高电流收集能力，对电池片隐裂等情况容忍度高且适配银包铜浆料，借此 HJT 电池浆料耗量可降低。TOPCon 电池等 N 型电池技术渐成主流，优势为高转换效率、低衰减性能、高量产性价比，2023 年国内 TOPCon 电池占比约 100GW，2024 年预计达 70%，低辐照条件下发电性能更优且主流功率档 580~585W 对应电池效率范围 24.7%~24.9%。

（二）最大功率点跟踪（MPPT）技术

MPPT 技术在最大化太阳能电池阵列功率输出方面发挥着重要作用，其通过实时调整电池阵列负载，使电池阵列能工作于最大功率点。常见的 MPPT 算法多样，如人工神经网络（ANN）类型的 MPPT 就采用两阶段离线 ANN 估计不同环境条件下光伏模块电压和电流，这样在不同环境条件及稳态、瞬态状态下它都能有较好性能；模糊逻辑（FL）类型的 MPPT 凭借模糊化、推理、去模糊化等模块将输入空间映射到输出空间，进而实现更精确 MPPT 控制；粒子群优化（PSO）类型 MPPT 虽能在极端气候条件下跟踪到 MPP 但速度慢，增量电导法凭借对比瞬时电导和增量电导跟踪最大功率点，在天气快速变化时表现不佳。在实现中需要构建控制电路和算法程序控制光伏系统直流-直流转换器，让光伏电池始终输出最大功率。

（三）储能技术在分布式光伏发电中的应用

储能技术在分布式光伏发电中，能解决其间歇性与不稳定性问题，锂离子电池属于当下常用储能设备，有着能量密度高、循环寿命长、自放电率低等优势，其能量密度通常能达到 100~200Wh/kg，循环寿命能达到 1000~2000 次。储能系统运用充放电控制器和光伏系统相连，光伏发出电能超负载需求时会把多余电能储存，光伏电能不足时便释放储存电能，以此实现电力的稳定供应，让分布式光伏发电系统的可靠性和可用性得到提高，储能系统还可参与电网的调频、调压等辅助服务，提升电网运行效率与稳定性。

（四）智能电网与分布式光伏发电的融合技术

智能电网与分布式光伏发电融合，这对分布式光伏高效运行管理很关键。信息采集时会利用智能电表、小微传感器、边缘计算终端等设备来采集电气参数，还会运用气象传感器采集气象数据，这些数据能为性能分析、功率预测和运行控制提供基础。分布式光伏在数据传输方面采用有线传输（如光纤网络、电力载波）与无线传输结合的办法，其中无线传输接入灵活、成本低所以应用广泛，不过在运行控制方面有局限，因此要依据不同应用场景选择合适通信方式且对数据加密处理，以保证数据传输又安全又高效。构建分层级、具备高安全传输特性的新型信息集成接入架构，能服务高比例分布式光伏并网，让分布式光伏和智能电网有效融合，也能提升电网对分布式光伏的接纳能力以及管理水平。

三、高效分布式光伏发电系统的构建策略

（一）系统设计与优化布局

高效分布式光伏发电系统构建，从精准设计与优化布局入手。构建者需要对安装地点太阳能资源详细评估，利用 Meteororm 等数据源获取场址多年平均各月辐射量等信息作为依据。设计光伏阵列时，要确定最佳倾角与间距，理论计算最佳倾角约为当地纬度 $\pm 5^\circ$ ，实际应结合场地情况与成本效益综合考虑，如北京某项目倾角从 38° 降至 34° ，年发电量仅降 0.8%，成本却降 12%，还可借助 PVsyst 等软件模拟不同倾角、间距下发电曲线及阴影遮挡损失，寻发电效率与土地成本最优平衡。依据建筑物特点和用电需求，灵活选择安装方式，屋顶电站要依据承重 $\leq 200\text{kg/m}^2$ 、坡度等调整方案，地面电站则需要规避遮挡物并规划组件间距。整体布局需要统筹电站规模、接入电压等级及与周围环境协调性，确保系统高效稳定运行。

（二）设备选型与配置

构建高效系统时设备选型与配置很重要，以光伏组件选型为例，要关注核心参数，如转换效率、温度系数、衰减率等，并优先选用有认证且市场业绩好的品牌产品，还要匹配安装条件，单晶硅光伏组件转换效率最高可达 20% 左右适合对效率要求高且面积有限的项目。逆变器选型需要依电站规模和并网要求确定单机容量和方案，如转换效率、宽电压范围、环境适应性这些都重要，优质逆变器转换效率能达 98% 以上且要有完善的保护功能和通讯接口。设备布局优化时要合理规划组件倾角和方位角并优化组串配置，以此降低遮挡

和不匹配损失,其间还可凭借优化电缆截面及合理布局线路减少系统传输损耗,汇流箱和变压器配置得遵循就近原则划分供电区域,同时考虑设备冗余设计。例如,逆变器用双机并联或 N+1 冗余配置,直流侧设备采用多路并联汇流方案,关键负载双路供电及监控系统数据存储多级备份,以此提高系统可用性、维护便利性和数据安全性,

(三) 安装与施工要点

施工之前就要仔细核对设计方案并对现场予以详细勘察,准备好必要的工具、设备以及材料,施工人员的技术交底也必不可少。基础工程施工过程中,基础的承载能力与稳定性需要保证,如用混凝土基础的话强度等级不能低于 C25,尺寸和配筋要符合设计要求。支架安装时位置要准确、要牢固可靠,材质和强度要满足抗风、抗震、防腐等要求,安装精度误差必须控制在规范范围。光伏组件安装要注意轻拿轻放以防损坏,并且要按设计要求组串和连接,要确保极性正确、连接牢固,同时还要对组件进行外观检查和性能测试以保证组件质量合乎标准。逆变器安装位置要选在通风良好、远离热源和易燃易爆物之处,安装环境温度一般得介于 $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ 间,散热良好且便于维护也要保证,电气设备安装要确保设备接地可靠、接线正确牢固以及各项参数设置准确。整个施工过程重质量控制和安全管理都要加强,相关标准和规范必须遵守,隐蔽工程验收和中间检查得做好,及时发现并解决问题才能保证施工质量符合要求。

(四) 运行维护与管理

运行维护与管理对保障系统长期高效运行极为重要。需要建立完善的监控系统,可实时监测发电数据、设备运行状态以及环境参数等信息,以便在出现故障时能快速定位并响应,从而将故障处理时间缩短。对光伏组件应定期清洗,一般选在晴朗无风的早晨或傍晚进行,会提高发电效率,据相关统计,定期清洗大概能使发电量提升 $5\% \sim 10\%$ 左右。还要定期对组件的表面、边框、连接线等部位实施检查,以便

及时察觉并处理如损坏、松动等问题。逆变器也需要维护,定期展开除尘、散热检查并进行软件升级,以保证转换效率与稳定性。另外,系统的电气性能要定期测试,涉及绝缘电阻、接地电阻、功率因数等方面,进而确保系统的安全稳定运行。同时要做好设备的日常巡检和定期维护工作,需要制定详细的维护计划和操作规程,并且记录设备运行情况与维护信息,为系统的优化及管理提供依据。还可利用智能运维系统,借机器学习算法构建设备健康评估模型,分析历史及实时数据,由此实现故障的早期预警与预测性维护,提高运维效率与可靠性。

(五) 政策支持与市场机制

政府需要制定明确补贴政策,如为安装系统的用户初始投资补贴、度电补贴等,这能降低投资成本并缩短回收周期以提高投资者积极性,政府也得简化项目审批流程从而减少项目开发的时间成本。在并网政策方面则要订立完善的分布式光伏并网接入标准规范,保证光伏发电顺利接入电网实现余电上网和电量消纳。同时需要建立合理电价机制以及绿色证书交易市场,要依照光伏发电成本和市场供需状况定下合适的上网和销售电价,确保投资者有合理收益,凭借绿证交易可鼓动企业和社会各界购买光伏等可再生能源,营造有利于分布式光伏发电发展的市场环境。政府还要强化对分布式光伏发电市场的监管,以此规范市场秩序保障项目质量安全促成市场健康平稳发展。

结语

高效分布式光伏发电系统的构建路径已在探索中明确了关键技术和策略,实际应用时需要综合技术、经济、环境等因素优化设计及运行管理。未来有望在能源领域发挥重大作用助力全球能源可持续发展,因此要强化技术研发与创新,并完善相关政策标准以推动该系统广泛应用。

参考文献

- [1] 许江涛, 朱凌轶, 朱旭杰, 等. 光伏结构风载特性分析与最大功率跟踪优化研究[J]. 机械工程与技术, 2023, 12(5).
- [2] 焦在强, 闫兴国, 陈思雨, 等. 关于风电与光伏发电生态产品价值影响的评估探索[J]. 环境保护, 2023, 51(9).
- [3] 王晖, 赵咨韵, 管保晋, 等. 光伏发电机组异动信息主动增量式更新算法[J]. 电子设计工程, 2025, 33(1).

作者简介: 朱海龙, 出生年月: 1990年7月, 男, 汉族, 籍贯: 浙江省衢州市, 学历: 本科, 职称: 工程师, 研究方向: 电气系统及其自动化。