

光伏发电系统发电效率探究

宗 腾

内蒙古华电辉腾锡勒风力发电有限公司 内蒙古 呼和浩特 010000

摘 要：在全球倡导绿色能源转型的当下，光伏发电作为核心清洁能源，备受瞩目。本文围绕光伏发电系统发电效率展开深入探究。先阐述了光伏发电系统的基本原理，包括光伏效应以及系统的组成部分。接着详细分析了影响其发电效率的因素，涵盖光伏组件、环境、系统设计与配置、运维管理等方面。基于这些因素，提出了相应的提高发电效率的措施，如优化光伏组件性能、改善环境条件、合理设计与配置系统、加强运维管理等。旨在为提升光伏发电系统的发电效率提供理论参考与实践指导，促进光伏发电产业的可持续发展。

关键词：光伏发电系统；发电效率；探究

引言：随着全球对清洁能源需求的不断增长，光伏发电作为一种重要的可再生能源发电方式，受到了广泛关注。光伏发电系统的发电效率直接关系到其经济效益和推广应用前景。然而，目前光伏发电系统在实际运行中，发电效率受到多种因素的制约。深入研究这些影响因素并探寻提高发电效率的措施，对于提升光伏发电的竞争力、推动能源结构的优化转型具有重要意义。将系统地分析光伏发电系统的基本原理、影响发电效率的因素，并提出相应的改进措施。

1 光伏发电系统的基本原理

1.1 光伏效应

光伏效应是光伏发电系统的核心原理。当太阳光照射到半导体材料上时，光子的能量会被半导体吸收。半导体中的电子吸收光子能量后，获得足够的能量从而摆脱原子的束缚，产生电子-空穴对。在半导体的PN结内建电场作用下，电子会被推向N区，空穴会被推向P区，从而在PN结的两侧形成了电荷的积累，产生了光生电动势。当外部电路接通时，这些电荷就会在电路中流动，形成电流，实现了光能到电能直接转换。这种基于半导体材料的光电转换现象，就是光伏效应，为光伏发电提供了理论基础。

1.2 光伏发电系统的组成

光伏发电系统主要由光伏组件、汇流箱、逆变器、交流配电柜、蓄电池（可选）以及监控系统等部分组成。光伏组件是系统的核心部件，负责将太阳能转化为电能；汇流箱用于收集和汇总多个光伏组件的输出电流，减少线路损耗；逆变器则将光伏组件输出的直流电转换为符合电网要求的交流电；交流配电柜用于分配和保护交流电能。蓄电池可以在光照充足时储存电能，在光照不足或用电高峰时释放电能，起到调节和稳定电能

的作用（在一些离网系统中较为常见）；监控系统实时监测系统的运行状态，便于及时发现和处理故障^[1]。

2 影响光伏发电系统发电效率的因素

2.1 光伏组件因素

2.1.1 光伏组件的转换效率

光伏组件转换效率是衡量其性能的关键指标，指的是光伏组件将太阳光能转化为电能的比例。转换效率越高，在相同光照条件下产生的电能就越多。目前市场上常见的光伏组件，其转换效率在15%-25%之间。但受材料特性、制造工艺限制，要进一步提升转换效率颇具挑战。高效组件虽成本高，但长远看能降低单位发电量成本，是光伏产业持续研发的重要方向，对提高光伏发电系统整体效率意义重大。

2.1.2 光伏组件的温度特性

光伏组件工作时，温度对其性能影响显著。一般而言，随着温度升高，光伏组件的输出功率会下降。这是因为温度升高会使半导体材料的载流子浓度发生变化，进而改变组件的电学性能。研究表明，晶体硅光伏组件的温度系数约为-0.4%/℃，即温度每升高1℃，功率约下降0.4%。在高温环境下，如沙漠等地区，组件功率损失较为明显，严重影响光伏发电系统的发电效率。

2.1.3 光伏组件的衰减

光伏组件在长期使用过程中，性能会逐渐衰减。其原因包括自然环境侵蚀，如紫外线照射、雨水冲刷等，使封装材料老化、性能下降；内部的物理化学反应，像电极腐蚀、电池片隐裂等也会导致衰减。正常情况下，光伏组件第一年的衰减约为2%，之后每年衰减0.5%-1%。组件衰减会使输出功率逐年降低，直接影响光伏发电系统的长期发电效率与经济效益，所以选择衰减率低的组件至关重要。

2.2 环境因素

2.2.1 太阳辐射强度

太阳辐射强度是影响光伏发电系统发电效率的关键环境因素。它决定了光伏组件可吸收的光能总量。在一定范围内,太阳辐射强度越高,光伏组件产生的光生电流和电压越大,发电效率也就越高。当太阳辐射强度减弱,如阴天、多云天气,光伏组件接收到的光能减少,发电量会显著降低。在不同地区,太阳辐射强度存在明显差异,这使得光伏发电系统在高辐射区域,如沙漠地带,能展现出更高的发电效率。

2.2.2 环境温度

环境温度对光伏发电系统影响显著。前文提及光伏组件自身温度升高会降低输出功率,而环境温度直接作用于组件。高温环境会加剧组件内部的热效应,进一步恶化其性能。在炎热夏季,环境温度常超组件最佳工作温度,导致发电效率大幅下降。低温环境虽能提升组件开路电压,但可能因低温影响组件材料的柔韧性,增加隐裂风险,从长期看也不利于发电效率的稳定维持。

2.2.3 阴影遮挡

阴影遮挡是不容忽视的环境因素。光伏组件部分被遮挡时,会产生热斑效应。被遮挡的电池片无法正常发电,却成为负载消耗其他正常电池片产生的电能,导致组件局部温度升高,不仅大幅降低发电效率,还可能缩短组件使用寿命。无论是建筑物、树木阴影,还是组件自身安装角度不合理造成的相互遮挡,都可能对光伏发电系统的整体性能造成严重影响,使得发电量远低于预期。

2.3 系统设计与配置因素

2.3.1 光伏组件的选型与配置

光伏组件选型与配置对发电效率影响重大。不同类型组件,如单晶硅、多晶硅和薄膜组件,其光电转换效率、成本及温度特性各异。高转换效率组件虽价格高,但长期可提升发电量。配置方面,需依据安装场地光照条件、面积及预期发电量确定组件数量与布局。不合理的选型与配置,如在光照弱区域选用低效率组件,或组件布局不当致相互遮挡,都会使发电效率远低于预期,难以发挥系统最佳性能。

2.3.2 逆变器的效率与容量匹配

逆变器作为将直流电转换为交流电的关键设备,其效率与容量匹配至关重要。高效逆变器可减少电能转换过程中的损耗,提升发电效率。目前,市场上逆变器效率可达95%-99%。若逆变器容量过小,面对光伏组件高发电量时会出现过载,导致削峰限电,造成电能浪费;容量过大则会因长期低负载运行,降低转换效率。

2.3.3 电气线路的损耗

电气线路在光伏发电系统中传输电能,其损耗不可小觑。线路电阻会使电能在传输过程中转化为热能散失,导致发电效率降低。线路电阻与导线材质、长度和横截面积有关,例如铜导线电阻低于铝导线。较长的线路和过小的导线横截面积都会增大电阻,加大损耗。

2.4 运维管理因素

2.4.1 光伏组件的清洁维护

光伏组件长期暴露于户外,表面积聚灰尘、污垢、鸟粪等杂物,会严重影响其对太阳光的吸收。这些覆盖物阻挡光线到达光伏电池,降低了组件接收的太阳辐射强度,进而导致发电效率下降。尤其在风沙大或空气质量较差地区,组件表面污染情况更为严重。即便只是薄薄一层灰尘,也可能显著削减发电量,若不及时清洁维护,发电损失将持续累积,影响光伏发电系统长期的发电效率与经济效益。

2.4.2 设备的巡检与故障排除

光伏发电系统中的设备,如光伏组件、逆变器、电气线路等,在长期运行中可能出现故障。设备巡检至关重要,定期巡检能及时发现组件隐裂、逆变器过热、线路松动等问题。若故障未被及时察觉与排除,小故障可能发展成大数据,导致部分甚至整个系统停止工作。

2.4.3 系统性能监测与数据分析

系统性能监测与数据分析对提升发电效率意义非凡。通过实时监测光伏发电系统的各项参数,如发电量、组件温度、太阳辐射强度等,可直观了解系统运行状态。对这些数据进行深入分析,能挖掘出潜在问题^[2]。

3 提高光伏发电系统发电效率的措施

3.1 优化光伏组件性能

3.1.1 选择高效光伏组件

在构建光伏发电系统时,应优先选用高效光伏组件。目前,单晶硅组件凭借其较高的光电转换效率,成为众多项目的首选。多晶硅组件虽成本稍低,但转换效率也相对可观。薄膜组件则在弱光环境下表现出色。需综合考量项目所在地的光照条件、预算及使用场景,精准选择组件类型。

3.1.2 改善光伏组件的温度特性

为改善光伏组件温度特性,可采取散热措施。在组件安装时,预留充足的通风空间,促进空气流通,带走组件产生的热量。还可在组件背部安装散热装置,如散热片或小型风扇,主动降低组件温度。在高温地区,采用水冷或风冷系统,能有效控制组件温度,减少因温度升高导致的功率损失。

3.1.3 减缓光伏组件的衰减

减缓光伏组件衰减要从源头把控。在采购组件时,选择质量可靠、品牌信誉好的产品,其生产工艺和材料能保障组件长期稳定性。日常运维中,避免组件受到外力撞击,防止产生隐裂。定期对组件进行检测,及时发现并修复早期出现的细微问题。同时,做好组件的防雷、防腐蚀措施,如安装防雷装置,对组件表面进行防腐涂层处理,减少自然环境侵蚀,从而延长组件使用寿命,减缓衰减速度,维持长期稳定的发电效率。

3.2 优化环境条件

3.2.1 合理选址与布局

合理选址与布局是优化环境条件、提升发电效率的关键。选址时,要着重考察场地的太阳辐射量、地形地貌与周边环境。优先选择年日照时数长、太阳辐射强度高且地势平坦开阔的区域,如空旷的荒漠、平原地带。同时,要避开高大建筑物、山体等可能产生遮挡的位置。布局上,依据当地光照方向,精准调整光伏组件的朝向与倾角,确保其能最大程度接收阳光。

3.2.2 减少阴影遮挡

安装前,需全面排查场地,移除树木等可能产生阴影的障碍物。在建筑物附近建设时,合理规划组件与建筑的相对位置,避免建筑物阴影投射到组件上。对于多排组件安装,精确计算组件间距,防止前排组件遮挡后排。日常运维中,定期检查周边环境变化,及时处理新增的遮挡源,如生长过高的植被

3.3 优化系统设计与配置

3.3.1 优化光伏组件的选型与配置

优化光伏组件选型与配置需综合考量多方面因素。依据项目所在地光照资源,若光照强且稳定,可选用转换效率高的单晶硅组件;光照条件一般时,多晶硅组件性价比更优。在组件配置上,精确计算所需数量,结合场地面积与预期发电量合理布局。

3.3.2 选择高效逆变器并优化容量匹配

高效逆变器对提升发电效率不可或缺。在选择逆变器时,优先考虑转换效率高、可靠性强的产品,目前市场上部分逆变器效率可达98%以上。同时,要精准匹配逆变器容量与光伏组件发电能力。若光伏组件总功率为 P ,逆变器容量应略大于 P ,避免逆变器长期过载或低载运行。

3.3.3 降低电气线路损耗

在导线选择上,优先采用电阻小的铜导线,并根据电流大小合理确定导线横截面积,保证电流传输顺畅。优化线路布局,尽量缩短线路长度,减少迂回布线。此外,确保线路连接牢固,降低接触电阻,定期检查线路

连接部位,防止因松动氧化导致电阻增大。

3.4 加强运维管理

3.4.1 定期清洁光伏组件

定期清洁光伏组件是保障发电效率的基础运维工作。由于光伏组件长期暴露在户外,灰尘、污垢、鸟粪等杂物极易在其表面堆积,阻挡阳光照射,降低组件对光能的吸收效率。应根据当地环境状况制定清洁计划,在风沙大的地区,可每月清洁一次;环境较好地区,每季度清洁一次。

3.4.2 建立完善的设备巡检与故障排除机制

建立完善设备巡检与故障排除机制能有效保障系统稳定运行。制定详细巡检制度,明确巡检周期、内容及标准,安排专业技术人员对光伏组件、逆变器、电气线路等设备进行全面检查。通过外观查看、温度检测、电气参数测量等手段,及时发现组件隐裂、逆变器过热、线路松动等潜在故障。一旦发现问题,迅速启动故障排除流程,利用专业维修工具与技术,快速修复故障,减少设备停机时间,确保光伏发电系统持续高效运转,降低因故障导致的发电损失。

3.4.3 利用智能化监测与数据分析优化系统运行

借助智能化监测与数据分析可深度挖掘系统优化潜力。部署智能化监测系统,实时采集光伏发电系统的发电量、组件温度、太阳辐射强度等海量数据。运用大数据分析技术,对这些数据进行深度挖掘,建立系统性能模型。通过对比分析实际运行数据与模型预测值,精准定位系统运行异常点,如某区域组件发电效率偏低。基于分析结果,针对性调整系统运行参数,如优化逆变器工作模式,提前预防故障,持续优化系统运行状态,不断提升发电效率^[3]。

结束语

综上所述,光伏发电系统的发电效率受光伏组件、环境、系统设计配置以及运维管理等多方面因素影响。从组件的转换效率、温度特性与衰减,到环境中的太阳辐射、温度及阴影遮挡,再到系统设计的选型匹配和线路损耗,以及运维管理的清洁、巡检与数据分析,每一环节都至关重要。

参考文献

- [1]陈俊卿.光伏发电系统效率优化问题的研究[J].经济技术协作信息,2020(10):56-57.
- [2]王婧博.基于SHEPWM的三电平光伏并网逆变器控制方法研究[J].科技创新,2020(14):61-62.
- [3]陈俊卿.光伏发电系统效率优化问题的研究[J].经济技术协作信息,2020(10):56-57.