

集中式光伏电站能效分析

化希波

张掖市绿动建业光伏电站 甘肃 兰州 730000

摘要: 本文聚焦集中式光伏电站能效分析, 探究其工作原理及特性。光照、光伏组件、逆变器性能及系统布局显著影响能效。以发电量、利用小时数衡量产量, 光电转换、系统效率评估效率, 可用率、无故障时间体现可靠性, 构建评估体系。提出优化组件选型安装、提升逆变器性能管理、改进系统设计布局及加强运维监控等策略, 提升能效, 降低成本, 增强竞争力, 为清洁能源发展提供支撑。

关键词: 集中式光伏电站; 能效影响因素; 评估指标; 提升策略

引言: 在全球清洁能源需求增长的背景下, 太阳能凭借其可持续、无污染优势成焦点。集中式光伏电站作为关键发电形式迅猛发展, 但能效提升仍是重要课题。深入分析集中式光伏电站能效, 剖析影响因素, 构建科学评估体系, 制定提升策略, 对提高发电效率、削减成本、推动能源转型及实现可持续发展意义重大, 是当前能源领域研究的重点方向。

1 集中式光伏电站工作原理

集中式光伏电站主要由光伏阵列、汇流箱、逆变器、变压器及监控系统等关键组件构成。

光伏阵列, 作为电站的心脏, 由众多光伏电池组件以串联与并联方式精心组合而成。这些组件基于光生伏特效应运作: 太阳光照射至电池表面, 光子与电池材料原子相互作用, 激发电子-空穴对。在电池内部电场驱动下, 电子与空穴分别移向两端, 从而在外部电路中形成电流。通过串联提升输出电压, 并联增加输出电流, 最终构筑成具备特定功率的光伏阵列。

汇流箱, 则承担汇聚光伏电池组件输出电缆的重任, 同时实时监测电流、电压等核心参数, 确保电能高效、安全地传输至下一环节。

逆变器, 作为直流电至交流电转换的关键设备, 依据电网需求, 通过精密的电路拓扑与控制算法, 将直流电精准逆变为符合电网标准的交流电, 包括电压幅值、频率、相位等参数的严格匹配, 为电能的长距离传输奠定基础。

变压器, 进一步对逆变器输出的交流电进行升压处理, 以满足远距离输电的电压要求, 确保电能高效、稳定地输送至电网。

监控系统则实时监测电站各个部分的运行参数, 如光伏阵列的输出功率、电压、电流, 逆变器的工作状态、转换效率, 以及电网的接入情况等, 以便及时察觉

故障并进行维护, 确保电站稳定运行。

2 能效影响因素

2.1 光照条件

(1) 光照强度是影响光伏电站能效的核心因素之一。光伏电池的输出功率与光照强度呈正相关, 即光照强度越高, 光伏电池产生的电子-空穴对数量越多, 输出电流与功率也随之增大。地域性光照资源分布不均, 高海拔地区因大气层稀薄, 太阳光削弱作用小, 光照强度相对较高; 而多云、多雨地区则因云层遮挡, 光照强度较弱。此外, 光照强度随季节和时间的推移而变化, 夏季日照时间长、强度大, 冬季则相反; 日内变化中, 正午时分光照最强, 早晚则较弱。这种光照强度的动态波动, 导致光伏电站的输出功率呈现显著的周期性变化。

(2) 光照角度对光伏电站能效同样具有显著影响。光伏电池组件对太阳光的吸收效率与入射角度密切相关。当太阳光垂直入射至光伏电池组件表面时, 吸收效率最高, 输出功率达到峰值。随着入射角度的偏离, 光伏电池组件的有效吸收面积减小, 吸收效率降低, 输出功率亦随之下降。因此, 在实际应用中, 需根据当地地理纬度及太阳运行轨迹, 精确设计光伏阵列的安装倾角与方位角, 以最大化光伏电池组件对太阳光的捕获效率, 从而提升光伏电站的整体能效。

2.2 光伏组件特性

(1) 光伏组件类型多样, 不同类型的光伏组件具有不同的光电转换效率。当前市场上主流的光伏组件包括晶硅光伏组件和薄膜光伏组件。晶硅光伏组件又可细分为单晶硅和多晶硅两种, 单晶硅光伏组件的光电转换效率相对较高, 多晶硅光伏组件的转换效率略低。薄膜光伏组件则具备成本低、重量轻、可柔性制造等优点, 但其光电转换效率通常低于晶硅光伏组件^[1]。光伏组件的转换效率直接决定了光伏电站将太阳能转化为电

能的能力,转换效率越高,在相同光照条件下,光伏电站的输出功率就越大,能效也就越高。光伏组件的温度特性对其性能有显著影响。(2)光伏组件的温度特性对其性能有显著影响。随着光伏组件温度的升高,其开路电压会降低,短路电流虽略有增加,但总体上输出功率会下降。这是由于光伏组件的材料特性会随温度变化,温度升高会导致半导体材料的禁带宽度变窄,进而影响电子-空穴对的产生和传输。在高温环境下,光伏组件的温度升高,将对光伏电站的能效产生较大的负面影响。

2.3 逆变器性能

(1)逆变器的转换效率是衡量其性能的核心指标。在直流电至交流电的转换过程中,逆变器不可避免地会产生能量损耗。转换效率越高,损耗越小,光伏电站向电网输出的电能则越多。然而,实际运行中,负载变化、环境温度等因素会导致逆变器转换效率波动。此外,逆变器的过载能力同样对电站能效至关重要。当光伏阵列输出功率超出逆变器额定功率时,若逆变器具备足够的过载能力,则可确保正常运行,避免电能转换损失,保障电站发电效率。(2)逆变器的最大功率点跟踪功能对提升光伏电站能效具有关键作用。由于光照、温度等条件变化,光伏阵列输出特性随之改变,存在最大功率点。MPPT功能通过实时监测光伏阵列的输出电压和电流,并调整逆变器工作参数,使光伏阵列始终工作在最大功率点附近,从而最大化输出功率。不同逆变器采用的MPPT算法各异,其跟踪精度与响应速度的差异将直接影响光伏电站在不同工况下的能效表现。

2.4 系统匹配与布局

(1)光伏阵列与逆变器的容量匹配是光伏电站能效的关键要素。当光伏阵列容量超出逆变器额定容量时,在强光照下,逆变器易发生过载,无法完全转换光伏阵列产生的电能,造成电能浪费。反之,若光伏阵列容量偏小,则逆变器容量利用不充分,同样影响系统整体能效。因此,合理的容量匹配需综合考虑地域光照资源、光伏组件效率、逆变器特性等因素,确保系统在高效、稳定状态下运行。(2)光伏电站的布局设计也会影响其能效。在光伏阵列的布局过程中,需考虑组件之间的间距,以避免相互遮挡。若组件间距过小,在早晨、傍晚或冬季太阳高度角较低时,前排组件会对后排组件产生遮挡,导致被遮挡组件的输出功率大幅下降,甚至出现热斑效应,损坏组件。合理的组件间距应依据当地的地理纬度、太阳运行轨迹以及光伏组件的尺寸等因素进行精确计算。光伏电站内电缆的选型和布局也会影响能量损耗。电缆的电阻会导致电能在传输过程中产生损

耗,因此应选择电阻较小的电缆,并合理规划电缆的路径,尽量缩短电缆长度,以降低传输损耗。

3 能效评估指标

3.1 发电量指标

总发电量是衡量光伏电站能效的最直观指标,它反映了光伏电站在一定时间段内实际输出的电能总量。总发电量的计算通常通过对电站输出端的电能表数据进行累计得到。在评估光伏电站的总发电量时,需考虑电站的装机容量、运行时间以及当地的光照资源等因素。

利用小时数是另一个重要的发电量指标,它表示光伏电站在一年中按照额定功率运行的等效小时数。利用小时数的计算公式为:利用小时数=年总发电量/装机容量。利用小时数能够消除装机容量对发电量的影响,便于对不同装机容量的光伏电站进行能效比较。

3.2 效率指标

光电转换效率是指光伏电站将太阳能转换为电能的效率,它反映了光伏电站对太阳能的利用程度。光电转换效率的计算公式为:光电转换效率=年总发电量/(光伏阵列接收的太阳辐射总量×装机容量)。光伏阵列接收的太阳辐射总量可通过当地的气象数据和光伏阵列的安装倾角、方位角等参数进行计算。提高光电转换效率是提高光伏电站能效的核心目标,通过采用高效的光伏组件、优化系统设计和运行管理等措施,可有效提高光电转换效率。

系统效率是衡量光伏电站整个发电系统运行效率的指标,它考虑了光伏阵列、逆变器、电缆等各个环节的能量损耗^[2]。系统效率的计算公式为:系统效率=年总发电量/(光伏阵列接收的太阳辐射总量×光伏阵列面积)。系统效率能够综合反映光伏电站的整体性能,包括组件性能、逆变器效率、系统匹配以及能量传输损耗等因素。通过不断改进技术和优化管理,系统效率还有进一步提升的空间。

3.3 可靠性指标

可用率是衡量光伏电站可靠性的重要指标,它表示光伏电站在统计时间段内能够正常运行并发电的时间比例。可用率的计算公式为:可用率=(统计时间段-故障停机时间)/统计时间段×100%。故障停机时间包括光伏电站因设备故障、维护检修等原因导致的停机时间。提高可用率可以增加光伏电站的发电时间,从而提高发电量和能效。为实现较高的可用率,需要加强设备的维护管理,建立完善的故障预警和快速修复机制。

平均无故障时间是指光伏电站相邻两次故障之间的平均时间间隔,它反映了光伏电站设备的可靠性。MTBF

越长,说明设备的稳定性越好,故障发生的概率越低。通过对光伏电站设备的MTBF进行统计和分析,可以评估设备的质量和性能,为设备的选型、维护和更新提供依据。提高设备的MTBF可以降低设备的维修成本,减少故障停机时间,提高光伏电站的能效和经济效益。

4 能效提升策略

4.1 优化光伏组件选型与安装

在选择光伏组件时,应综合考量当地的光照资源、气候条件以及项目的投资预算等因素,全面权衡组件的类型、转换效率和温度特性等参数。在光照资源丰富、温度变化较大的地区,优先选用转换效率高、温度系数低的光伏组件,以提升光伏电站在不同工况下的发电效率。对于一些对成本较为敏感的项目,可适当考虑采用其他类型的光伏组件,但需确保其性能能够满足项目的基本要求。在光伏组件的安装过程中,要严格依照设计要求进行施工,保证组件的安装倾角和方位角准确无误。通过精确的测量和计算,使光伏组件能够最大限度地接收太阳光,提高光照利用率。加强对光伏组件安装质量的检查和验收,防止因安装不当导致组件损坏或性能下降。

4.2 提升逆变器性能与管理

选用高效、可靠的逆变器是提升光伏电站能效的关键举措。在逆变器选型时,要重点关注其转换效率、过载能力、MPPT精度以及散热性能等指标。选择转换效率高、在不同负载条件下都能保持稳定高效运行的逆变器,以降低能量转换损耗。逆变器应具备较强的过载能力,能够应对光伏阵列输出功率的短期波动,确保在光照强度变化较大时,逆变器仍能正常工作。优化逆变器的MPPT算法,提高其跟踪精度和响应速度,使光伏阵列能够更快、更准确地工作在最大功率点附近。加强对逆变器的日常维护管理,定期对逆变器进行巡检和保养,及时清理设备内部的灰尘和杂物,检查电气连接是否牢固,确保逆变器的散热系统正常运行。通过实时监测逆变器的运行参数,及时发现潜在的故障隐患,并采取相应的措施进行处理,保证逆变器的稳定可靠运行。

4.3 改进系统设计与布局

在光伏电站的系统设计阶段,要进行充分的论证和优化,确保光伏阵列与逆变器的容量匹配合理。通过对当地光照资源的详细分析,结合光伏组件和逆变器的性能参数,精确计算出最佳的容量匹配比例,避免因容量

不匹配导致的能量浪费。在光伏电站的布局设计中,要合理规划光伏阵列的间距,避免组件之间的遮挡。利用专业的软件工具,根据当地的地理纬度、太阳运行轨迹等参数,模拟不同季节、不同时间的太阳照射情况,确定最优的组件间距。优化电缆的选型和布局,选择电阻小、载流量大的电缆,并合理规划电缆路径,尽量缩短电缆长度,减少电能在传输过程中的损耗。在电缆铺设过程中,要注意做好防护措施,防止电缆受到外力破坏。

4.4 加强运维管理与监控

建立完善的运维管理制度,制定详细的运维计划和操作规程。定期对光伏电站的设备进行巡检、维护和保养,包括光伏组件的清洁、紧固,逆变器的检查、调试,以及电气设备的绝缘测试等^[1]。加强对运维人员的培训,提高其专业技能和故障处理能力,确保在设备出现故障时能够及时、准确地进行维修。利用先进的监控技术,对光伏电站的运行状态进行实时监测。通过安装传感器和监控系统,实时采集光伏阵列的输出功率、电压、电流,逆变器的工作状态、转换效率,以及环境温度、光照强度等参数。利用大数据分析技术,对监测数据进行深入分析,及时发现设备运行中的异常情况,预测设备故障,为运维决策提供依据。通过远程监控系统,实现对光伏电站的远程管理和控制,提高运维管理的效率和及时性。

结束语

集中式光伏电站能效提升对清洁能源发展至关重要。深入理解其工作原理,细致分析能效影响因素,构建全面能效评估体系,实施有效策略,显著提升电站能效。未来,随科技与管理水平提升,电站能效有望更大突破。应持续关注新技术研发应用,优化电站设计、建设及运行管理,适应市场需求与环境要求,为全球能源转型与清洁能源事业发展贡献力量。

参考文献

- [1]陈勇,蒋玉文,郭霄,等.大型集中式光伏电站效率测试及提效对策研究[J].石油石化节能与计量,2024,14(7):1-5.
- [2]曾飞,林志鸿,林荣超,董双丽,刘书强,胡振球,刘仲义.并网光伏电站的发电性能测试研究[J].科技与创新,2018(12):71-75.
- [3]刘志刚,刘志学,王欢欢,屈昕明.光伏电站发电效率研究[J].电力勘测设计,2019(04):69-74.