

基于大数据技术的光伏电气系统性能提升研究

刘雪松

国投河北新能源有限公司 河北 石家庄 050000

摘要: 光伏电气系统作为清洁能源的重要组成部分,其性能优化对于提高能源利用效率至关重要。本文探讨了基于大数据技术的光伏电气系统性能提升策略,分析了系统内部与外部影响因素,并阐述了大数据在发电预测、设备故障诊断、运行参数调整及能源管理等方面的应用。通过数据驱动的方法,识别系统性能瓶颈并提出针对性优化路径,以实现系统的高效稳定运行。

关键词: 大数据技术;光伏电气系统;性能提升;故障诊断;能源管理

引言: 随着全球对可再生能源需求的增长,光伏电气系统作为一种清洁、可持续的能源解决方案,逐渐成为研究热点。然而,其性能受到多种内外部因素的影响,限制了效率的最大化。近年来,大数据技术的发展为解决这些问题提供了新思路。通过有效整合和分析光伏系统产生的大量信息,可以显著提升系统的发电效率和稳定性。深入探索大数据技术在这一领域的应用,有助于推动光伏技术的进步和广泛应用。

1 光伏电气系统与大数据技术

1.1 光伏电气系统基本组成与工作原理

光伏电气系统以太阳能为能量来源,通过一系列核心部件协同运作,将清洁能源转化为可供使用的电能。光伏组件作为系统的基础单元,由多个太阳能电池片串联或并联构成,能够利用半导体材料的光电效应,直接将太阳辐射能转化为直流电。这种转化过程无需复杂的机械运动,只需在光照条件下就能持续产生电能,是整个系统能量获取的起点。逆变器承担着关键的电能转换任务。由于光伏组件产生的直流电无法直接接入以交流电为主的电网,逆变器将直流电转换为符合电网标准的交流电^[1]。逆变器还具备最大功率点跟踪(MPPT)功能,通过实时监测光伏组件的输出电压和电流,动态调整工作点,确保光伏组件始终在最大功率点附近运行,提升系统发电效率。控制系统则对整个光伏电气系统进行管理调节。根据光照强度、温度等环境因素,自动调整光伏组件和逆变器的工作状态。在光照不足时,控制系统降低设备能耗;光照充足时,优化运行参数,保证系统稳定、高效发电。控制系统还能对设备进行故障诊断,一旦检测到异常,立即启动保护机制,避免设备损坏。当光伏组件产生电能后,经过逆变器转换的交流电,通过升压变压器提升电压等级,最终接入电网,实现清洁能源的并网输送。

1.2 大数据技术特点与关键技术

大数据技术以其独特的特性处理复杂信息。海量信息处理能力是其显著特征,面对规模庞大的各类信息,传统数据处理技术难以应对,而大数据技术能够高效处理这些信息。大数据技术具备高速处理特性,可在短时间内对实时产生的大量信息进行分析和处理,满足对时效性要求高的场景需求。其多样性表现在处理信息的类型丰富,涵盖文本、图像、音频等多种格式。数据采集是大数据技术的首要环节,通过传感器、网络爬虫等多种方式,从不同来源获取信息。分布式存储技术则为海量信息提供存储解决方案,将信息分散存储在多个节点上,不仅扩大存储容量,还提高存储系统的可靠性和扩展性。在信息分析方面,机器学习算法发挥重要作用,通过对大量信息的学习和训练,实现模式识别、预测分析等功能,挖掘信息中的潜在价值。可视化技术将复杂的分析结果以图表、图形等直观形式呈现,便于用户理解和决策,使大数据技术的应用成果更加清晰明了。

2 光伏电气系统性能影响因素分析

2.1 内部因素

光伏电气系统性能的基础由内部设计参数奠定。光伏组件材料对系统发电能力影响深远,单晶硅凭借高纯度晶体结构,能高效捕捉光子并转化为电能,在理想条件下,其光电转换效率可达到较高水平,且具备良好的稳定性与较长的使用寿命;多晶硅组件虽成本较低,但晶体缺陷致使其转换效率略逊一筹,长期运行中的功率衰减也相对明显。组件封装所用的EVA胶膜与玻璃盖板质量同样关键,优质封装材料可有效隔绝水汽与紫外线,避免组件内部电路氧化、短路,维持发电性能稳定。逆变器性能直接关乎电能转换质量与系统可靠性。高频逆变器凭借先进的拓扑结构,能在小功率场景下实现高效率电能转换,减少能量损耗;而低频逆变器虽在

抗干扰能力上表现突出,但其体积庞大、效率相对较低。逆变器散热系统设计也至关重要,高效散热装置可确保功率器件在适宜温度下运行,防止因过热导致器件性能下降甚至损坏,进而影响系统整体运行^[2]。控制系统算法是协调系统各部分高效运作的关键。最大功率点跟踪(MPPT)算法负责实时调节光伏组件工作状态,使其尽可能工作在最大功率输出点。扰动观察法通过周期性改变组件输出电压,观察功率变化来寻找最大功率点,响应速度较快,但在光照强度剧烈变化时,易出现误判而造成功率损失;电导增量法通过精确计算电压电流变化率,实现更精准的最大功率跟踪,不过算法复杂度较高。这些算法与光伏组件、逆变器特性紧密配合,若算法与设备参数不匹配,即便组件和逆变器性能优异,系统整体发电效率也难以达到理想状态。

2.2 外部因素

外部环境因素时刻影响着光伏电气系统的运行表现。光照强度是决定组件发电量的核心要素,在光照充足的时段,组件能输出更高功率;而光照不足时,其输出功率呈线性下降。不同地区的日照时长与强度差异显著,高纬度地区冬季日照时间短、强度弱,致使系统发电量大幅减少。光照强度的剧烈波动也会给控制系统带来挑战,影响MPPT算法的跟踪精度。

温度对系统性能的影响呈复杂态势。光伏组件输出功率与温度呈负相关,温度每升高1℃,组件功率会相应降低。高温环境不仅会降低发电效率,还会加速组件老化,缩短其使用寿命。在沙漠等极端高温地区,组件表面温度可飙升至70℃以上,此时系统发电能力显著减弱。低温环境同样不容小觑,寒冷天气会使逆变器内的电解液粘度增加,影响电容性能,降低电能转换效率,极端低温还可能导致设备机械结构受损。气象条件对系统设备稳定性构成直接威胁。风沙、盐雾等侵蚀性环境会持续磨损组件表面,降低透光率,腐蚀金属部件,影响电气连接的可靠性。暴雨可能引发电气设备短路,冰雹则会直接破坏组件表面,造成不可逆损伤。在沿海地区,高湿度与盐雾环境会加速逆变器等设备的老化进程,增加故障发生概率,给系统的长期稳定运行带来严峻挑战。

3 大数据技术在光伏电气系统性能提升中的应用原理

3.1 数据驱动的性能优化逻辑

光伏电气系统运行过程中,多源信息持续产生。光伏组件的工作状态、逆变器的转换效率、控制系统的调节指令等信息,都蕴含着系统性能的关键线索。通过特定采集设备,将这些分散的信息进行集中收集,涵盖组

件表面温度、逆变器输出电压、控制系统的实时参数设定等内容。这些信息整合后,形成庞大的信息集合,为后续深度挖掘提供基础。借助先进分析工具,对整合后的信息进行处理。从组件层面来看,通过分析其长时间的工作信息,能够发现组件在不同光照条件下的输出规律,识别出功率衰减异常的组件。对于逆变器,可依据其运行信息判断转换效率的变化趋势,检测是否存在潜在故障。控制系统的信息则可用于分析调节策略的有效性,判断算法在不同环境下的适应性^[3]。通过对这些信息的深度挖掘,能够精准定位系统性能瓶颈,为优化提供明确方向。例如,发现某区域组件在特定时段发电效率下降,可进一步分析光照、温度等相关信息,确定是环境因素还是组件自身问题导致,从而针对性地制定优化方案。

3.2 大数据与系统组件的协同机制

大数据技术与光伏组件的协同,体现在实时监测与优化调整。通过在组件上安装的各类传感器,将组件的工作信息实时传输至大数据平台。平台基于这些信息,结合历史数据与环境参数,对组件的性能进行动态评估。当发现组件输出功率低于预期时,平台会分析可能原因,如光照不足、温度过高或组件本身故障等,并将分析结果反馈给控制系统。控制系统根据反馈信息,调整组件的工作参数,如改变输出电压,尝试使组件恢复到最佳工作状态。逆变器与大数据技术的协同同样紧密。逆变器在运行过程中产生的各类信息,如输入输出电流、电压,以及内部器件的工作温度等,都会被传输至大数据平台。平台对这些信息进行分析,预测逆变器可能出现的故障,如过热、电路短路等隐患。一旦检测到异常,平台立即将预警信息发送给控制系统,控制系统随即调整逆变器的运行参数,降低其负荷或启动保护机制,避免故障扩大。大数据平台还可根据逆变器的历史运行信息,优化其转换策略,提高电能转换效率。大数据技术与控制系统的协同,主要体现在算法优化方面。控制系统的调节算法在运行过程中产生大量信息,这些信息记录了算法在不同环境和系统状态下的执行情况。大数据平台对这些信息进行分析,评估算法的优劣。当发现某种算法在特定环境下无法有效跟踪最大功率点时,平台会结合其他算法的优势和系统实际情况,为控制系统提供新的算法优化方案。

4 基于大数据技术的光伏电气系统性能提升路径

4.1 发电预测与调度优化

构建发电预测模型需整合多维度信息。将光伏组件的历史输出、逆变器运行状态、气象站的光照强度预

测、温度变化趋势等信息汇集到统一平台。通过机器学习算法对这些信息进行训练,建立复杂的预测模型。该模型可学习不同季节、天气条件下系统的发电规律,比如在晴天光照充足时段,模型根据历史数据和当前光照强度,预测出每个小时的发电功率。基于预测结果进行电力调度优化。当预测到某时段发电量将大幅增加时,提前与电网沟通,协调更多输电通道,避免因电力过剩而弃电。若预测到发电量不足,可提前规划储能设备的放电策略,将前期储存的电能释放补充。还可根据预测调整周边其他能源发电设备的运行,实现多种能源协同发电,提高整体能源利用效率。例如,在阴天光伏发电量下降时,增加风电或水电设备的发电量,确保电力稳定供应。

4.2 设备故障诊断与维护

设备运行过程中,各类传感器持续采集信息。光伏组件的表面温度、电流电压输出,逆变器内部器件的工作温度、电路状态等信息实时传输至大数据平台。平台利用模式识别算法对这些信息进行分析,将设备当前运行状态与正常状态下的信息进行对比。一旦发现某个组件的温度异常升高,或逆变器的电流出现波动,系统能快速识别这些故障征兆^[4]。实现预防性维护需结合历史故障信息。大数据平台对设备历史故障数据进行深度挖掘,分析故障发生前的信息变化规律。当监测到设备运行信息接近历史故障前的状态时,平台立即发出预警。运维人员根据预警信息,提前对设备进行检查和维护,更换老化部件或调整设备参数。这种方式可有效降低设备故障率,减少突发故障导致的停机时间,同时避免过度维护,降低运维成本。

4.3 运行参数动态调整

不同环境条件下,系统最佳运行参数存在差异。大数据平台收集不同光照强度、温度、湿度等环境因素下系统的运行信息,分析在每种环境条件下,光伏组件的最大功率点、逆变器的最优转换效率参数以及控制系统的最佳调节策略。例如,在高温环境下,分析得出降低光伏组件的工作电压可提高发电效率;在光照强度变化剧烈时,调整控制系统的MPPT算法参数,能更精准地跟踪最大功率点。依据分析结果实现参数动态优化。当环

境条件发生变化时,控制系统接收大数据平台发送的最佳运行参数指令,自动调整设备运行状态。如当天气由阴天转为晴天,光照强度快速增加,控制系统根据平台提供的参数,及时调整光伏组件的输出电压和逆变器的转换参数,使系统始终保持在高效运行状态,提升整体发电效率。

4.4 能源管理与负荷平衡

大数据技术助力优化系统与电网之间的能量交换。平台实时获取电网的负荷需求信息以及系统自身的发电能力信息。当电网负荷较低,而光伏系统发电能力较强时,大数据平台分析判断后,控制储能设备充电,将多余电能储存起来;当电网负荷高峰来临,且光伏发电量不足时,平台指令储能设备放电,补充电网电力缺口。实现电力负荷平衡需综合多方面因素。大数据平台分析用户用电规律,结合系统发电预测和储能设备状态,制定合理的能源分配策略。在白天用电高峰时段,优先利用光伏发电,不足部分由储能设备和电网补充;夜间用电低谷时,利用电网电力为储能设备充电。通过这种方式,优化能源流向,提高能源管理水平,确保系统与电网之间的稳定运行和能量高效利用。

结束语

大数据技术与光伏电气系统的深度融合,为系统性能提升开辟了新路径。从发电预测与调度优化,到设备故障诊断与预防性维护,再到运行参数动态调整与能源管理优化,大数据技术贯穿光伏系统运行全流程,有效提升了系统发电效率、可靠性与能源管理水平,助力光伏产业向更高效、更智能的方向发展。

参考文献

- [1]钱志刚.光伏发电系统中机电设备的运行性能优化与维护策略研究[J].消费电子,2024(10):131-133.
- [2]黄增国.智能电网环境下光伏发电系统的优化运行策略[J].通信电源技术,2024,41(19):215-217.
- [3]魏慎金,丁明月,陈星纬.光伏发电系统优化设计与运行管理[J].科海故事博览,2024(6):4-6.
- [4]王震震,徐淑红,杨翠平.基于大数据技术的光伏电气系统性能提升研究[J].电气技术与经济,2025(3):32-34.