

光伏发电系统电气设备故障及处理探讨

闫 哲

中国能源建设集团湖南火电建设有限公司 湖南长沙 410000

摘要：随着太阳能光伏技术的快速发展和广泛应用，光伏发电系统已成为未来能源结构中的重要组成部分。然而，光伏发电系统电气设备在运行过程中常出现各种故障，影响系统的稳定性和发电效率。本文旨在探讨光伏发电系统电气设备的常见故障类型、原因分析及相应的处理措施，以保障系统的安全稳定运行。

关键词：光伏发电系统；电气设备故障；处理措施；稳定运行

一、光伏发电系统电气设备常见故障类型

（一）组件故障

组件故障在光伏发电系统中较为常见，对系统整体性能影响显著。热斑效应是组件故障的典型表现，其成因多样，如组件本身质量问题、内部出现裂纹，或是部分表面被阴影遮挡，这些都会致使局部温度升高，长期作用下可能损坏组件，甚至引发火灾，严重影响系统安全。组件老化问题也不容忽视，随着使用时间的累积，组件性能会逐渐衰退，发电效率降低。而组件破裂多因外力作用，比如遭受撞击等，导致顶端玻璃出现破裂，这不仅影响组件的美观，更会缩短其使用寿命，降低系统的稳定性和可靠性。这些组件故障相互关联，共同影响着光伏发电系统的正常运行，若不及时处理，会使系统发电效率大幅下降，增加运维成本，因此，对组件故障进行有效预防和及时处理至关重要。

（二）线路故障

线路故障在光伏发电系统中是较为棘手的问题，会严重影响系统的稳定运行。线路老化是常见现象，随着使用时间的增长，线路绝缘性能逐渐降低，容易出现漏电情况，这不仅会造成电能损耗，还可能引发安全隐患。而接触不良也是线路故障的一大隐患，可能是连接部位松动、氧化等原因导致，会使电阻增大，在电流通过时产生过多热量，严重时可能引发火灾。此外，线路还可能受到外界环境的影响，比如恶劣天气、小动物啃咬等，导致线路破损、短路。这些线路故障相互交织，一旦发生，会使光伏发电系统的电力传输受阻，影响发电效率，甚至导致系统停机。因此，必须重视线路的日常维护和检查，及时发现并处理潜在故障，确保光伏发电系统安全、稳定、高效地运行。

（三）逆变器故障

逆变器故障在光伏发电系统中属于关键性问题，会直接影响系统的发电效能与稳定性。过热是逆变器常见的故障表现，这往往源于散热系统设计不合理或散热风扇损坏，导致内部热量无法及时散发，进而使逆变器工作温度过高，影响其性能甚至损坏元件。短路故障也较为突出，可能是电气元件本身存在质量问题，或是线路连接出现错误，造成电流异常增大，引发短路，严重时可能烧毁逆变器。通讯故障同样不容忽视，逆变器与监控系统之间的通讯若出现问题，就无法实时获取逆变器的运行状态，难以进行有效的监控与管理。这些逆变器故障相互关联，一旦出现，会使光伏发电系统的电能转换效率大幅降低，甚至导致系统无法正常运行。因此，加强对逆变器的维护、及时排查故障并有效处理，对保障光伏发电系统的稳定运行至关重要。

（四）保护装置故障

保护装置故障在光伏发电系统中危害极大，严重威胁着系统的安全稳定运行。保护装置本身可能存在质量问题，比如元件性能不稳定、精度不够等，这会导致其在关键时刻无法正常发挥作用，无法准确检测并切断故障电路。安装过程若不规范，如接线错误、参数设置不当等，也会使保护装置无法按照设计要求运行，影响其保护功能的实现。而且，保护装置长期运行后，可能会受到环境因素如潮湿、高温等的影响，出现元件老化、性能下降等情况，进而导致故障发生。一旦保护装置故障，当系统出现异常情况时，无法及时动作，会使故障范围扩大，损坏其他电气设备，甚至可能引发火灾、触电等安全事故。所以，要重视保护装置的选型、安装和维护，确保其始终处于良好的工作状态，为光伏发电系

统提供可靠的保护。

二、光伏发电系统电气设备故障原因分析

(一) 设备自身因素

设备自身因素是引发光伏发电系统电气设备故障的重要原因,对系统的稳定运行构成直接威胁。设备质量不佳是常见问题,部分厂家为降低成本,选用质量不达标的原材料或采用不成熟的生产工艺,导致设备性能不稳定,容易出现各种故障。比如,一些光伏组件的转换效率较低,抗老化性能差,在长期使用后会出现功率衰减严重的情况。设备老化也是不可忽视的因素,随着运行时间的增长,设备内部的元件会逐渐磨损、老化,性能逐渐下降。像逆变器中的电容、电感等元件,经过长期工作后,其电气性能会发生变化,影响逆变器的正常工作。此外,设备本身的设计缺陷也可能导致故障,如散热设计不合理,会使设备在运行过程中温度过高,加速元件老化,甚至引发设备损坏。这些设备自身因素相互交织,使得电气设备故障频发,降低了光伏发电系统的可靠性和发电效率。因此,在设备选型、采购和安装过程中,必须严格把控质量关,加强设备的维护和更新,以减少因设备自身因素导致的故障。

(二) 环境因素

环境因素对光伏发电系统电气设备的影响不容小觑,是导致设备故障的重要外部原因。大风天气可能会使光伏组件的支架出现松动或变形,造成组件倾斜甚至损坏,影响发电效率;同时,强风还可能卷起沙尘,附着在组件表面,降低组件对太阳光的吸收率。雷电也是一大威胁,直击雷可能直接击中电气设备,瞬间产生的高电压和大电流会击穿设备的绝缘层,损坏内部元件;感应雷则会在电气线路和设备上产生感应过电压,干扰设备的正常运行,甚至引发火灾。降雨天气中,雨水可能会渗入设备内部,造成线路短路、元件受潮损坏;而且,长期的潮湿环境还会加速金属部件的腐蚀,降低设备的使用寿命。此外,高温会使电气设备的散热困难,导致内部温度升高,加速元件老化;低温则可能使一些材料变脆,影响设备的机械性能。这些环境因素相互作用,增加了电气设备故障发生的概率,因此,在光伏发电系统的建设和运行中,必须充分考虑环境因素,采取有效的防护措施,保障设备的安全稳定运行。

(三) 安装与维护因素

安装与维护因素在光伏发电系统电气设备故障中占据重要地位,对系统稳定运行有着深远影响。安装不规

范是常见问题,若安装人员技术水平有限或操作不严谨,可能导致设备连接不牢固、线路布局不合理。比如,电缆连接处未按照标准压接,会造成接触电阻增大,运行时发热严重,加速绝缘层老化,甚至引发短路故障;组件安装角度和间距不当,会影响光照接收,降低发电效率。维护不及时同样危害巨大,电气设备在长期运行过程中,会积累灰尘、污垢,若不定期清理,会影响散热和绝缘性能。像逆变器内部的散热风扇,若长期不清理灰尘,会导致散热不畅,使逆变器温度过高而出现故障。而且,缺乏定期的检查和保养,难以及时发现设备的潜在问题,如元件老化、线路破损等,小问题逐渐积累成大故障,增加维修成本和停机时间。因此,必须重视安装与维护环节,提高安装人员的专业技能,制定科学合理的维护计划,确保电气设备始终处于良好的运行状态,减少故障发生,提高光伏发电系统的可靠性和经济效益。

三、光伏发电系统电气设备故障处理措施

(一) 加强设备维护与检修

在日常维护中,要定期对光伏组件进行清洁,由于组件表面易积累灰尘、沙尘、鸟粪等污染物,这些会降低组件对太阳光的吸收率,影响发电功率。可使用柔软的清洁工具,配合专用的清洁剂,轻柔擦拭组件表面,避免刮伤组件。同时,检查组件的连接部位是否松动、氧化,若发现问题及时紧固或更换连接件,确保电流传输顺畅。对于逆变器,要关注其散热情况,清理散热风扇和散热片上的灰尘,保证散热通道畅通。检查逆变器的运行参数,如电压、电流、功率等,与正常值进行对比,若有异常及时排查原因。还要检查电缆的绝缘层是否破损、老化,特别是在电缆接头处,要查看密封是否良好,防止水分和潮气进入,引发短路故障。

在定期检修方面,要制定详细的检修计划,按照计划对电气设备进行全面检查和维护。利用专业的检测仪器,如红外热像仪检测设备的发热情况,通过太阳能辐照度计测量光照强度,评估组件的性能。对于达到使用年限或性能严重下降的设备,要及时进行更换,避免故障扩大化。同时,做好检修记录,分析设备故障的规律和原因,为后续的维护工作提供参考。通过加强设备维护与检修,能及时发现并解决潜在问题,确保光伏发电系统安全、稳定、高效地运行。

(二) 优化设备安装与布局

优化设备安装和布局对增强光伏发电系统性能和稳定性具有重要意义,关系到系统整体运行效率和寿命。

就设备安装而言, 需要保证光伏组件安装角度准确, 并根据当地地理纬度, 太阳高度角和光照时长, 经过专业计算来确定最优倾斜角度, 本实用新型使得各部件能最大限度的接受太阳辐射并提高发电效率。同时各部件间间距应合理布置, 避免互相遮挡而影响光照接受, 还应充分利用场地空间增加单位面积装机容量。对逆变器这类电气设备来说, 应选择通风好, 维修方便的地方安装, 以确保其工作时能有效地散热和减少故障。布局规划时, 应充分考虑电气线路走向和衔接, 最大限度地缩短线路长度和减少线路损耗。利用模块化的设计理念对光伏组件, 逆变器和汇流箱进行了合理的划分, 方便集中管理和维修。另外, 还要考虑到环境因素对装置的影响, 例如多风沙地区应建立防风沙设施以保护装置不受沙尘侵蚀等; 雷电多发区应采取良好的防雷接地措施以保证设备的安全。

(三) 提升设备质量与可靠性

提升设备质量与可靠性是保障光伏发电系统高效稳定运行的核心要务, 对推动绿色能源可持续发展意义重大。在设备选材上, 应严格把控质量关, 选用具有高抗腐蚀性、良好导电性和优异耐热性的材料。比如光伏组件的边框, 采用高强度铝合金材质, 不仅能增强组件的机械强度, 抵御风沙、冰雹等恶劣天气的侵袭, 还能有效防止边框生锈腐蚀, 延长组件使用寿命。对于电缆, 选用交联聚乙烯绝缘电缆, 其具有良好的电气性能和耐热性, 能在高温环境下长期稳定运行, 减少因电缆老化引发的故障。在制造工艺方面, 要引入先进的生产技术和设备, 确保每一个生产环节都精准无误。采用自动化焊接技术, 保证光伏组件内部电路的焊接质量, 降低虚焊、短路等问题的发生率。同时, 加强生产过程中的质量检测, 运用高精度的检测仪器, 对设备的各项性能指标进行严格检测, 如光伏组件的功率、转换效率, 逆变器的谐波含量、效率等, 只有检测合格的产品才能进入市场。此外, 还应注重设备的可靠性设计, 进行充分的可靠性试验和模拟运行, 提前发现潜在问题并进行改进。通过提升设备质量与可靠性, 能减少设备故障和维修次数, 降低运维成本, 提高光伏发电系统的整体性能和经济效益, 为能源结构的优化和环境保护做出更大贡献。

(四) 加强人员培训与管理

强化人员培训和管理, 是确保光伏发电系统平稳运行, 提高运维水平的重点措施。从训练内容来看, 应涉及光伏发电系统原理, 设备结构, 操作规范及故障排查和处理诸多方面。对新员工进行了系统的理论培训让他们掌握了光伏组件是怎样把光能变成电能的、逆变器的原理及功能等基本知识。同时安排实践操作课程供职工亲自参加设备安装, 调试及日常保养, 熟悉各操作步骤及注意事项。对于具有一定工作经验的员工来说, 培训主要集中在新技术、新设备以及处理复杂故障的能力上, 例如智能监控系统的操作技巧和新型光伏组件的维护关键点等。就培训方式而言, 运用多样化教学手段。特邀行业专家作专题介绍, 交流最新技术动态及实际案例; 组织内部技术骨干交流经验, 推动职工互相学习。也可借助在线学习平台使员工在任何时间、任何地点都能学习并扩大知识面。

结束语

综上所述, 文章明确了设备故障的多方面成因, 包括环境因素、设备自身质量、安装维护不当等, 并针对性地提出了优化设备安装与布局、提升设备质量与可靠性、加强人员培训与管理等有效措施, 这些策略对降低设备故障率、提高系统发电效率具有重要意义。展望未来, 光伏发电作为绿色能源的主力军, 发展前景广阔。随着技术的不断进步, 电气设备将更加智能化、高效化, 对运行维护也提出了更高要求。

参考文献

- [1] 孙建申. 光伏发电系统电气设备故障及处理探讨[J]. 光源与照明, 2024(9): 119-121.
- [2] 刘永佩. 光伏发电系统与电气消防设备协同优化及安全性评估研究[J]. 消防界, 2024, 10(12): 60-62.
- [3] 石凯, 李光明, 吴甫. 等. 光伏发电系统电气设备故障原因及处理措施分析[J]. 太阳能, 2023(3): 58-67.
- [4] 马鹤. 关于大型光伏发电电气设备安装影响因素分析及解决措施探讨[J]. 中国科技纵横, 2023(2): 48-50.
- [5] 唐顺兵, 毛代坤. 光伏发电系统电气设备故障分析及处理措施[J]. 电力设备管理, 2023(23): 68-70.