

风电场电气设备中风力发电机的运行维护

蒋利斌

华润新能源投资有限公司广西分公司 广西 南宁 530000

摘要：风力发电机作为风电场的核心设备，其运行维护至关重要。本文详细探讨了风力发电机的基本工作原理、关键部件及其功能，并着重介绍了风电场电气设备中风力发电机的运行维护策略，包括定期检查与清洁、润滑与紧固、电气系统维护、防雷保护、故障排查与修复、数据监测与分析以及预防性维护等方面。旨在确保风力发电机的稳定运行，提高发电效率，降低维护成本，最终提升风电场的经济效益和可持续发展能力。

关键词：风电场电气设备；风力发电机；运行维护

引言：风力发电机作为可再生能源领域的重要组成部分，在风电场中扮演着至关重要的角色。其稳定运行不仅关系到风电场的发电效率和经济效益，还直接影响到电网的安全稳定。因此，对风力发电机的运行维护进行深入探讨，制定科学合理的维护策略，对于提高设备可靠性、降低故障率、延长使用寿命具有重要意义。本文将从多个方面详细阐述风力发电机的运行维护要点，旨在为风电场运维工作提供指导。

1 风力发电机的基本工作原理

1.1 风能转化为电能的过程

风力发电机的核心功能是将自然界中的风能转化为电能。这一过程可以细分为三个主要步骤：（1）利用风能驱动叶片旋转。风力发电机的叶片，通常设计得既长又薄，以最大化捕捉风能的面积。当风吹过叶片时，根据伯努利原理，叶片两侧的风速差异会产生压力差，从而推动叶片旋转。这种旋转运动将风的动能转化为叶片的机械能。（2）叶片与发电机内转子的动态磁场交互。叶片的旋转通过主轴和齿轮箱传递到发电机内部的转子。发电机通常设计为异步发电机或同步发电机，其内部包含转子和定子。转子在旋转过程中，其上的永磁体或电磁铁产生的磁场会与定子上的绕组产生相对运动。这种动态磁场交互会在定子绕组中感应出电动势，即电磁感应现象。（3）产生感应电动势并转化为电能输出。定子绕组中的感应电动势通过发电机内部的电路系统被收集和放大，最终转化为电能输出。这一电能通常为交流电，需要经过整流和逆变等处理，才能转化为适合电网使用的标准电能。

1.2 风力发电机的关键部件及其功能

风力发电机的正常运行依赖于多个关键部件的协同工作，这些部件包括：（1）叶片、轮毂、主轴、齿轮箱、发电机、塔架。叶片负责捕捉风能；轮毂连接叶片

和主轴，起到支撑和保护叶片的作用；主轴将叶片的旋转运动传递到齿轮箱；齿轮箱则负责增速，将主轴的低速旋转转化为发电机所需的高速旋转；发电机将机械能转化为电能；塔架则支撑整个风力发电机，确保其稳定地立于地面或海上。（2）控制系统及其作用。控制系统是风力发电机的“大脑”，负责监控和调节发电机的运行状态。它通过传感器实时采集风速、风向、温度等气象参数以及发电机转速、温度、振动等机组状态参数。根据这些参数，控制系统自动调整风轮的转速和桨距角，使风力发电机保持在最佳工作状态，以捕获最大的风能。同时，控制系统还负责控制发电机的输出功率，确保其与电网的要求相匹配，实现平稳并网和发电。此外，控制系统还具有多种保护功能，如超速保护、电网失电保护等，以确保机组和电网的安全。

2 风电场电气设备中风力发电机的运行维护

2.1 定期检查与清洁

风力发电机长期暴露在户外环境中，受到风沙、雨雪、雷电等多种自然因素的影响，其关键部件容易受损或积尘。因此，定期检查与清洁是维护风力发电机正常运行的基础。（1）关键部件的外观检查与潜在问题识别：维护人员应定期对风力发电机的叶片、轮毂、主轴、齿轮箱、发电机、塔架等关键部件进行外观检查，观察是否有裂纹、变形、磨损或腐蚀等现象。同时，通过听声、测温等手段，识别潜在的运行故障，如轴承异响、齿轮箱过热等^[1]。（2）清洁叶片、机舱外壳等以确保散热和空气流通：叶片和机舱外壳是风力发电机散热和空气流通的重要通道。定期清洁叶片表面的污垢和积尘，保持其光滑和清洁，有助于减少风阻，提高发电效率。同时，清洁机舱外壳和散热器，确保空气流通顺畅，防止因散热不良导致的设备过热。

2.2 润滑与紧固

风力发电机的运动部件需要良好的润滑以减少磨损和摩擦,同时,关键螺栓和螺母的紧固状态也直接影响设备的稳定性和安全性。(1)对运动部件进行润滑以减少磨损和摩擦:维护人员应定期对风力发电机的轴承、齿轮箱等运动部件进行润滑,确保润滑油的品质和数量符合设备要求。同时,根据设备的使用情况和运行时间,制定合理的润滑周期和润滑量,以减少磨损和摩擦,延长设备使用寿命。(2)定期检查并紧固关键螺栓和螺母:风力发电机在运行过程中,由于振动和载荷变化,关键螺栓和螺母容易松动。因此,维护人员应定期对关键螺栓和螺母进行检查和紧固,确保其紧固力矩符合设备要求。对于松动或损坏的螺栓和螺母,应及时更换或修复,防止因松动导致的设备故障或安全事故。

2.3 电气系统维护

电气系统是风力发电机的核心部分,其运行状态直接影响设备的发电效率和安全性。(1)检查电缆连接处是否松动、老化或破损:维护人员应定期对风力发电机的电缆连接处进行检查,观察是否有松动、老化或破损等现象。对于发现的问题,应及时进行处理,如重新紧固连接处、更换老化电缆等,确保电气系统的正常运行。(2)对控制元件进行清洁、检查和校准:风力发电机的控制元件如传感器、控制器等,需要定期进行清洁、检查和校准。通过清洁控制元件表面的污垢和积尘,保持其灵敏度和准确性;通过检查控制元件的接线和运行状态,及时发现并处理潜在故障;通过校准控制元件的参数,确保其符合设备要求,提高设备的控制精度和稳定性^[2]。

2.4 防雷保护

风力发电机作为高耸的建筑物,容易受到雷电的侵袭。因此,防雷保护是维护风力发电机安全运行的重要措施。(1)确保防雷设施完好无损:维护人员应定期对风力发电机的防雷设施进行检查,包括避雷针、避雷带、接地装置等,确保其完好无损、连接可靠。对于发现的问题,应及时进行处理,如更换损坏的避雷针、修复断裂的避雷带等,确保防雷设施的有效性。(2)提高维护人员的防雷意识:除了对防雷设施进行检查和维护外,还应加强维护人员的防雷意识培训。通过培训,使维护人员了解雷电的危害和防雷措施的重要性,掌握正确的防雷操作方法和应急处理措施,提高应对雷电灾害的能力。

2.5 故障排查与修复

风力发电机在运行过程中难免会出现故障。因此,快速响应异常信号或停机事件,及时排查和修复故障是

维护风力发电机正常运行的关键。(1)快速响应异常信号或停机事件:当风力发电机出现异常信号或停机事件时,维护人员应迅速响应,根据设备报警信息或现场情况判断故障原因和范围。同时,与设备制造商或技术支持团队保持联系,获取技术支持和解决方案^[3]。(2)由专业维修团队进行复杂故障的排查和修复:对于复杂或难以判断的故障,应由专业维修团队进行排查和修复。专业维修团队具备丰富的维修经验和专业的维修技能,能够准确判断故障原因和修复方案,确保设备的快速恢复和正常运行。

2.6 数据监测与分析

随着物联网技术的发展,风力发电机的数据监测与分析成为可能。通过实时监测设备的运行状态和参数变化,可以及时发现潜在故障并采取相应的维护措施。

(1)利用物联网技术对发电机运行状态进行实时监测:通过在风力发电机上安装传感器和监测设备,可以实时监测设备的运行状态和参数变化,如转速、温度、振动等。这些数据可以通过无线网络传输到远程监控中心,供维护人员进行分析和处理。(2)对监测数据进行统计分析以预测潜在故障:利用先进的数据分析技术,如机器学习、数据挖掘等,对监测数据进行统计分析,可以发现设备运行中的异常模式和趋势,从而预测潜在故障。这种预测性维护方法可以在故障发生之前采取措施,避免或减少故障对设备运行的影响,提高设备的可靠性和稳定性。

2.7 预防性维护

预防性维护是基于设备监测数据和运行经验,对设备进行定期或按需的维护活动,以预防或减少故障的发生。(1)根据设备监测数据进行预测性维护:根据设备监测数据和分析结果,可以制定预测性维护计划。这种计划可以根据设备的实际运行状况和需求,灵活调整维护周期和维护内容,确保设备在最佳状态下运行^[4]。

(2)定期执行部件更换和性能测试等维护任务:除了基于监测数据的预测性维护外,还应根据设备的使用寿命和运行经验,定期执行部件更换和性能测试等维护任务。这些任务包括更换磨损严重的部件、清洗和检查关键部件、进行性能测试等,以确保设备的性能和安全性。

3 风电场电气设备中风力发电机运行维护的挑战与应对策略

3.1 维护成本控制

风力发电机的维护成本是风电场运营中的一项重要开支。为了有效控制维护成本,风电场需要制定科学合理的维护计划,并通过精细化管理来减少不必要的维护

开支。(1)风电场应建立完善的设备监测体系,通过实时监测风力发电机的运行状态,及时发现潜在故障,从而避免故障扩大导致的更高维修成本。这包括定期检查叶片、齿轮箱、发电机等关键部件的磨损和腐蚀情况,以及通过数据分析预测设备寿命和潜在故障点。(2)风电场应根据设备的实际情况和运行环境,制定合理的维护周期和维护内容。避免过度维护和不足维护,确保维护工作的经济性和有效性。例如,在风沙大、雨水多的地区,应加强对叶片和齿轮箱的清洗和润滑,以减少磨损和腐蚀;而在高温地区,则需要加强对冷却系统的维护和检查,确保发电机能够正常散热。(3)风电场还可以通过优化备品备件的库存管理来降低维护成本。通过合理预测备品备件的需求量和库存周期,避免过多的库存积压和资金占用。同时,与供应商建立长期合作关系,争取更优惠的采购价格和更及时的供货服务,也是降低维护成本的有效途径。

3.2 技术水平提升

随着风力发电技术的不断发展,风力发电机的结构越来越复杂,对维护人员的技术水平要求也越来越高。因此,提升维护人员的技术水平成为应对挑战的关键。

(1)风电场应定期对维护人员进行技术培训,使他们掌握最新的风力发电技术和维护知识。培训内容可以包括风力发电机的结构原理、故障诊断与排除方法、安全操作规程等。通过培训,提高维护人员的技能水平和工作效率,降低因人为因素导致的故障率。(2)风电场还可以鼓励维护人员参与技术创新和研发活动,通过实践锻炼和不断学习,提升他们的专业素养和创新能力。例如,可以组织维护人员参与风力发电机的技术改造和升级项目,让他们在实践中掌握新技术和新方法。(3)风电场还可以与设备制造商、科研机构等建立合作关系,共同开展技术研究和创新。通过引进先进的技术和设备,提高风力发电机的性能和可靠性,减少故障发生的可能性。同时,还可以借鉴其他风电场的成功经验,不断优化自身的维护流程和方法。

3.3 应对复杂环境

风力发电设备通常安装在野外,面临着各种复杂环境的挑战。为了提高风力发电设备在各种复杂环境下的适应能力,风电场需要采取相应的应对措施。(1)风电场应加强对风力发电机的防护措施。例如,在沙尘暴频繁的地区,可以安装防尘装置和过滤器,减少沙尘对设备的侵蚀;在雷电多发的地区,可以加强防雷装置的安装和检查,确保设备的安全运行。(2)风电场应根据当地的气候条件和地理环境,制定相应的运行维护策略。例如,在极端天气条件下,可以加强对设备的巡视和检查频次,及时发现并处理潜在的安全隐患;在复杂地形条件下,可以优化设备的布局 and 安装角度,提高设备的发电效率和稳定性。(3)风电场还可以通过改进设备的设计和材料来提高其适应复杂环境的能力。例如,采用耐腐蚀、耐磨损的材料制作叶片和齿轮箱等关键部件;优化设备的结构设计和制造工艺,提高设备的可靠性和耐久性。

结束语

综上所述,风力发电机的运行维护是风电场高效稳定运行的关键所在。通过实施科学的维护策略,不仅可以确保风力发电机的安全稳定运行,提高发电效率,还能有效降低故障率和维护成本,为风电场的可持续发展奠定坚实基础。未来,随着技术的不断进步和经验的积累,风力发电机的运行维护工作将更加智能化、精细化,为可再生能源事业的发展贡献更大力量。

参考文献

- [1]刘万洋.风电场电气设备中风力发电机维护[J].黑龙江科技信息,2019,(08):78-79.
- [2]傅旸.对于风电场电气设备中风力发电机的运行维护的措施[J].科技资讯,2019,(06):50-52.
- [3]曹慧利.风电场电气设备中风力发电机的运行维护[J].中国高新区,2019,(13):95-96.
- [4]刁宇龙.风电场电气设备中风力发电机的运行维护[J].工程技术研究,2020,(14):103-104.