

风力发电机组电气控制系统检修分析

何 源

国电电力内蒙古新能源开发有限公司 内蒙古 呼和浩特 010040

摘 要：本文针对风力发电机组电气控制系统的检修工作进行了深入分析。文章阐述电气控制系统检修的重要性，介绍智能化检修技术的发展与应用，强调检修人员培训与技能提升的必要性，并提出检修管理体系优化的建议。通过综合运用这些关键技术，旨在提高检修效率与质量，确保风力发电机组的稳定运行和高效维护。

关键词：风力发电机组；电气控制；检修分析

1 风力发电机组电气控制系统概述

1.1 电气控制系统基本组成

风力发电机组的电气控制系统是确保风力发电机组高效、稳定运行的关键部分。其基本组成包括多个核心组件，如传感器、执行机构、软/硬件处理器系统等。传感器用于实时监测风速、风向、机组转速、温度、压力等关键参数，为控制系统提供准确的数据支持。执行机构则负责根据控制指令调整桨距角、转速、功率输出等，以实现机组的优化运行。软/硬件处理器系统则负责数据处理、逻辑判断和控制指令的发出，确保整个控制系统的正常运行。电气控制系统还包括变频器系统、无功补偿单元、并网控制单元、安全保护单元等，以实现机组的电能转换、功率因数调节、并网控制及故障保护等功能。

1.2 系统功能与工作原理

风力发电机组电气控制系统的主要功能包括数据采集、机组控制、远程监控及故障保护等。数据采集功能通过传感器实时监测机组运行参数，为控制决策提供数据支持。机组控制功能则根据预设的控制逻辑和算法，对机组的转速、功率输出、桨距角等进行调节，以实现最佳运行状态。远程监控功能允许操作人员通过上位机界面对机组进行远程监视和控制，提高运维效率。故障保护功能则在机组出现故障时及时发出警报并采取相应的保护措施，确保机组的安全运行^[1]。电气控制系统的工作原理基于反馈控制理论，通过传感器实时监测机组运行参数并与预设值进行比较，根据比较结果调整执行机构的动作，使机组运行参数保持在预设范围内。系统还具备自学习和自适应能力，能够根据机组运行环境和条件的变化自动调整控制策略，以实现更高效的能量转换和更稳定的运行。

1.3 电气控制系统在风力发电中的应用

电气控制系统在风力发电中发挥着至关重要的作

用。首先，它能够提高风能利用率和发电效率。通过实时监测和调整机组的运行参数，电气控制系统能够使机组在不同风速和风向条件下保持最佳运行状态，从而最大限度地捕捉风能并转化为电能。其次，电气控制系统能够增强机组的稳定性和可靠性。通过先进的控制算法和故障保护机制，系统能够及时发现并处理机组运行过程中的异常情况，确保机组的安全稳定运行。另外，电气控制系统还能够降低运维成本和提高经济效益。通过远程监控和智能诊断功能，系统能够减少运维人员的工作量和工作强度，降低运维成本；通过优化机组的运行参数和提高发电效率，系统还能够为风电场带来更高的经济效益。

2 风力发电机组电气控制系统常见故障分析

2.1 PLC故障

PLC（可编程逻辑控制器）作为风力发电机组电气控制系统的核心部件，其稳定性直接关系到整个系统的运行效率。PLC故障通常表现为无法接收到正确的输入信号、输出信号异常或程序运行错误等。具体来说，由于按钮或传感器损坏、接线松动或断路等原因，PLC可能无法接收到正确的启动、停止或传感器等输入信号。例如，按钮的机械结构损坏或触点接触不良，传感器无法正常检测和转换信号等。PLC有输出信号，但风机不运行或输出信号不正常，这可能是由于继电器、接触器故障或接线错误等原因引起的。继电器或接触器的线圈烧坏、触点接触不良，以及PLC输出端到继电器、接触器以及风机电机的接线不正确或松动，都可能导致输出信号异常。PLC的控制程序编写错误或程序修改后未及时更新，也可能导致系统无法正常运行。例如，程序中的逻辑错误、遗漏或错误的指令或条件判断等，都可能导致PLC无法正确执行控制指令。

2.2 通讯故障

风力发电机组电气控制系统中的通讯故障通常表

现为PLC与上位机、传感器或其他设备之间无法正常通信。通信电缆连接不正确、牢固,或存在破损、短路等情况,都可能导致通讯故障。例如,通信电缆的接头松动、接触不良或电缆破损等。PLC和相关设备的通信参数设置不一致,如波特率、数据位、停止位、校验位等,也可能导致无法正常通信。对于使用通信模块的PLC,通信模块本身的故障也可能导致通讯异常。例如,通信模块的硬件损坏或软件故障等。通信线路受到电磁干扰等影响,也可能导致通讯故障。例如,通信线路附近存在强电磁场或高频干扰源等。

2.3 安全链故障

安全链是风力发电机组电气控制系统中的重要保护机制,一旦安全链中的任何一个节点动作,都将导致机组紧急停机。安全链中的节点,如急停按钮、振动开关、超速监视器等,可能出现故障或误动作。例如,急停按钮被误按、振动开关被其他物体碰到导致断开等。安全链的线路可能出现松动、断路或短路等情况,导致安全链无法正常工作。例如,线路接头松动、线路破损或受潮等。安全链中的安全继电器或安全模块可能出现故障,导致安全链无法正常工作^[2]。

2.4 分系统故障

风力发电机组电气控制系统由多个分系统组成,其中变流器系统、无功补偿单元、并网控制单元以及安全链相关系统(如变桨安全链、偏航安全链、机舱振动监测系统等)均扮演关键角色。分系统故障可能表现为各自特定的故障现象:变流器系统作为风能转换的核心部件,其故障可能包括无法正常启动、输出电压或电流波动异常、过热或过流保护频繁动作等。这些故障可能源于IGBT模块损坏、散热风扇失效、控制电路板故障或传感器误报等;无功补偿单元用于调节机组功率因数,其故障现象可能包括电容器组无法正常投切、控制器故障导致功率因数波动大等。这通常与电容器老化、控制器逻辑错误或通信故障相关;并网控制单元负责机组与电网的可靠连接,其故障可能导致并网失败、并网后功率波动大或意外脱网等。故障根源可能包括并网接触器损坏、同步控制算法错误、电网参数设置不匹配或电网侧故障影响等;安全链相关系统作为风力发电机组的重要保护机制,其故障后果尤为严重。变桨安全链故障可能表现为桨叶角度无法调整或调整不到位,影响风能捕获效率;偏航安全链故障可能导致机组偏航失控,增加结构负荷;机舱振动监测系统故障则可能延误对潜在机械故障的识别与处理。这些故障可能源于安全继电器失效、传感器误报、线路松动或电磁干扰等。

3 风力发电机组电气控制系统检修策略

3.1 故障诊断方法

风力发电机组电气控制系统的故障诊断是确保机组稳定运行的重要环节。首先,采用系统化的故障诊断方法,包括观察法、测试法和分析法。观察法是通过直接观察电气设备的外观、指示灯状态以及运行过程中的异常现象,初步判断故障可能发生的部位。例如,如果发现控制柜内的指示灯不亮或闪烁异常,就可能是电源或指示灯本身存在问题。测试法则是利用专业的测试仪器对电气控制系统进行各项参数测试,如电压、电流、电阻等,通过与正常值进行对比,准确定位故障点。比如,使用万用表测量传感器输出信号的电压值,如果与预期值不符,就可能是传感器故障或接线问题。分析法则是结合电气控制系统的原理图、控制逻辑以及历史故障记录,对故障现象进行深入分析,找出故障的根本原因。这种方法需要检修人员具备扎实的专业知识和丰富的实践经验,能够准确理解控制系统的工作原理,从而快速准确地定位故障。

3.2 预防性维护措施

制定详细的预防性维护计划,包括定期检查、清洁保养、更换易损件等。定期检查是对电气控制系统的各个部件进行全面检查,如接线端子是否松动、电缆是否破损、元器件是否老化等,及时发现问题并进行处理。清洁保养则是对电气控制系统进行清洁,去除灰尘、油污等杂物,保持设备清洁干燥,防止因环境恶劣导致的故障。特别是对于控制柜内的元器件,要定期进行吹尘处理,确保其表面清洁无积尘。更换易损件则是根据设备的使用情况和厂家建议,定期更换那些容易损坏或磨损的部件,如继电器、接触器、电容器等,以延长设备的使用寿命,减少故障发生的可能性。

3.3 故障处理与恢复

当风力发电机组电气控制系统发生故障时,需要迅速响应并进行故障处理,根据故障诊断方法确定故障点和故障原因,然后制定故障处理方案。在处理故障时,要遵循先易后难、先外后内的原则,先从简单的故障入手,逐步排除可能性,直到找到并修复故障点。故障处理完成后,还需要对电气控制系统进行功能测试,确保所有功能恢复正常。测试内容包括控制系统的启动、停止、调速、并网等功能,以及各个传感器的信号输出是否正常。只有经过全面测试并确认无误后,才能将机组投入运行。

3.4 检修过程中的安全注意事项

在风力发电机组电气控制系统的检修过程中,安全

是首要考虑的因素。检修人员必须严格遵守安全操作规程,确保自身和设备的安全。首先,检修前要进行安全交底,明确检修任务、安全风险和防范措施,确保检修人员了解并遵守相关规定。其次,检修过程中要切断电源,并在显眼位置挂上“禁止合闸”的警示牌,防止误操作导致触电事故。对于需要带电检修的部分,必须采取严格的绝缘措施,并使用专业的带电作业工具^[3]。另外,检修人员还要穿戴好个人防护装备,如安全帽、绝缘鞋、绝缘手套等,确保在检修过程中不受伤害。同时要注意检修现场的环境安全,保持通道畅通无阻,防止因杂物堆积或通道狭窄导致的摔倒、碰撞等事故。

4 提升风力发电机组电气控制系统检修效率与质量的关键技术

4.1 智能化检修技术的发展与应用

在风力发电机组电气控制系统的检修领域,智能化检修技术的发展与应用正逐渐成为提升检修效率与质量的关键。智能化检修技术则通过集成先进的传感器、数据分析算法和人工智能技术,实现了对电气控制系统的实时监测、故障诊断和预测性维护。智能化检修技术能够实时收集电气控制系统的运行数据,包括电压、电流、温度、振动等多种参数,并通过数据分析算法对这些数据进行深度挖掘,提取出有用的特征信息。这些特征信息可以作为故障诊断的依据,帮助检修人员快速准确地定位故障点。智能化检修技术还能够根据历史数据和运行趋势,预测未来可能出现的故障,从而提前采取维护措施,避免故障的发生。智能化检修技术还可以实现远程监控和诊断,检修人员无需亲临现场,就可以通过远程平台对电气控制系统进行实时监测和故障诊断,大大提高了检修的效率和便捷性。因此智能化检修技术的发展与应用,不仅是风力发电机组电气控制系统检修领域的一次技术革新,更是提升检修效率与质量的重要途径。

4.2 检修人员培训与技能提升

加强检修人员的培训与技能提升至关重要,应定期组织检修人员参加专业技能培训,使他们熟悉电气控制系统的结构、原理和工作方式,掌握常见的故障诊断方法和维修技巧。注重实践经验的积累,通过模拟故障、实际操作和案例分析等方式,让检修人员在实践中不断锻炼和提升自己的技能水平。同时还可以鼓励检修人员

参与技术交流和研讨活动,与同行分享经验、交流心得,共同提高检修技术和能力。还应加强对检修人员的安全教育和培训,电气控制系统的检修工作存在一定的安全风险,检修人员必须严格遵守安全操作规程,确保自身和设备的安全。应定期组织安全培训和演练活动,提高检修人员的安全意识和应急处理能力。

4.3 检修管理体系的优化

除了智能化检修技术和检修人员培训与技能提升外,检修管理体系的优化也是提升风力发电机组电气控制系统检修效率与质量的重要环节。首先,建立完善的检修计划和流程,根据电气控制系统的运行状况和维护需求,制定合理的检修计划和流程,明确检修任务、时间节点和责任人等信息。还应加强对检修过程的监督和管理,确保检修工作按照计划和流程有序进行^[4]。其次,加强对检修质量和进度的把控,通过设立质量检查点和进度监控机制,对检修过程和结果进行全面检查和评估,确保检修质量符合要求、进度按计划推进。对于发现的问题和不足,应及时进行整改和改进,不断提高检修质量和效率。最后,注重检修信息的记录和管理,建立完善的检修信息档案,记录检修过程中的各项数据和信息,为今后的检修工作提供参考和借鉴。还可以利用信息化手段对检修信息进行管理和分析,提高检修工作的智能化水平和管理效率。

结束语

风力发电机组电气控制系统的检修工作是一项长期而艰巨的任务。通过不断探索和实践,将持续优化检修技术和管理体系,提升检修人员的专业技能和素质。相信在各方共同努力下,风力发电机组的电气控制系统将更加可靠、高效,为清洁能源的发展做出更大贡献。

参考文献

- [1]赵宝.分析风电场电气设备中风力发电机运行故障及维护[J].电气技术与经济,2022(04):122-124.
- [2]朱江.浅论风电场电气设备中风力发电机的运行与维护[J].科技风,2020(26):145-146.
- [3]周国旭.风力发电机组电气与控制系统快速检修思路研究[J].中国设备工程,2021(14):68-69.
- [4]包磊.风力发电电气控制技术及应用研究[J].电子技术与软件工程,2020(20):105-106.