

浅谈风机电气故障分析及处理方法

闫勇男

广东华电福新阳江海上风电有限公司 广东 阳江 529500

摘要: 在风机运行过程中,电气故障是影响其稳定运行的关键因素。本文深入探讨风机电气系统基础架构,剖析典型电气故障分类与根源,涵盖电源、控制、电机及保护与监测系统故障。详细阐述电气故障诊断技术体系,包括基础诊断方法、精密检测工具应用等。同时,提出电气故障处理原则与流程、分类型处理方案及预防性维护策略,并展望技术升级方向,为风机电气故障的高效处理与预防提供全面指导。

关键词: 风机电气故障;故障诊断;处理策略;预防性维护;技术升级

引言:风机作为能源转换与利用的重要设备,广泛应用于电力、工业等领域。电气系统作为风机运行的核心部分,其稳定性直接关系到风机的整体性能与运行效率。然而,在实际运行中,风机电气系统受多种因素影响,时常出现各类故障,不仅影响风机正常运行,还可能造成经济损失与安全隐患。因此,深入分析风机电气故障,掌握有效的诊断与处理方法,并采取科学的预防性维护策略,对于保障风机安全稳定运行具有至关重要的意义。

1 风机电气系统基础架构

1.1 系统组成与功能划分

电源系统是风机电气运行的能量供给核心,负责输入配电环节的电能合理分配与调控,通过电压调节模块维持输出电能稳定,搭配各类保护装置搭建全方位安全防护体系,保障电能传输过程稳定有序^[1]。控制系统承担风机运行核心调控任务,开展逻辑运算与控制策略精准执行,完成运行参数实时采集与分析处理,驱动执行机构实现各类工况灵活调整,依托可编程逻辑控制器搭建高效分层调控框架。电机系统是风能转化为机械动力的关键载体,驱动电机输出稳定动力,变频器实现转速与功率精准适配调控,冷却模块持续保障设备运行温度处于合理范围,满足风机不同运行工况下的动力需求。保护与监测系统贯穿风机运行全过程,实现过载与短路故障快速识别和响应,通过温度与振动传感器实时捕捉设备运行状态,为故障预警、排查及后续维护提供可靠数据支撑。

1.2 关键部件交互逻辑

电源、控制、电机、保护四大系统相互衔接形成闭环交互体系,能量流从电源系统输出后,经多环节调控输送至电机系统,转化为驱动风机运行的机械动力。信号流在各系统间双向传递,实现运行状态实时反馈与控

制指令精准传达。能量流稳定传输依赖各系统间参数精准匹配,信号流顺畅传递保障控制指令高效落地,二者协同作用支撑风机稳定运转。典型控制回路运行遵循预设逻辑,启动与停止控制通过信号采集与指令输出协同运作,实现机组启停过程平稳过渡,避免运行冲击。调速控制依托变频器与控制器高效联动,根据风机运行需求动态调整转速,保障机组运行效率与输出电能质量。

1.3 系统设计原则对故障的影响

冗余设计通过关键部件多重配置,降低单点故障引发的系统停运风险,提升系统运行可靠性,契合可靠性工程理论中故障预防的核心思路。防护等级合理设定直接决定设备抗环境干扰能力,适配不同运行环境使用需求,减少潮湿、盐雾、粉尘等外界因素引发的设备故障。散热布局科学性直接关联设备运行温度,合理散热设计可有效降低功率器件热击穿等故障发生概率,避免温度过高造成的设备性能衰减。冗余设计、防护等级、散热布局三者均与风机电气系统故障率存在显著关联,共同决定系统长期运行的稳定性与安全性。

2 典型电气故障分类与根源解析

2.1 电源系统故障

电压异常涵盖过压、欠压及电压波动三种形式,过压多由电网电压骤升、无功补偿装置异常运行引发,欠压主要源于输入配电线路损耗过大、负载不平衡,电压波动则与电网负荷瞬时变化、线路接触不良相关。电压异常会导致风机电气部件工作参数偏离额定范围,加速绝缘老化,降低设备使用寿命,严重时引发核心部件损坏^[2]。电源中断由输入线路故障、配电装置故障导致,相序错误多因线路接线失误造成,谐波干扰来自电网侧非线性负载运行,三者均可通过电气参数检测快速识别,其中谐波干扰需借助专业仪器完成精准判定,避免故障扩大蔓延。

2.2 控制系统故障

控制器硬件故障常见表现为PLC模块损坏,多由电压冲击、长期高温运行、线路接触不良导致,损坏后直接影响控制指令的传输与执行。软件逻辑错误源于参数设置冲突、程序编写缺陷引发的死循环,会导致控制策略无法正常落地,风机运行工况出现紊乱。传感器信号失真真是控制系统常见故障,温度漂移由传感器长期运行老化、环境温度变化引发,振动信号中断多因传感器接线松动、安装位置偏移导致,信号失真会造成控制指令误判,影响风机运行稳定性,符合电气控制系统故障发生的常规规律。

2.3 电机系统故障

绝缘老化是电机系统核心故障诱因,长期运行中的电压冲击、环境湿度影响会导致绝缘性能下降,进而引发匝间短路或对地击穿,破坏电机绕组结构,导致电机无法正常输出动力。轴承磨损由长期高速运转、润滑不足引发,会产生异常机械振动,振动传递至电气部件还会引发电气噪声,加剧部件损耗。冷却系统失效包括风扇故障、散热片堵塞两种情况,风扇故障由电机损坏、线路故障导致,散热片堵塞源于灰尘堆积,冷却失效会使电机运行温度升高,触发过热保护,甚至造成电机烧毁。

2.4 保护与监测系统故障

保护装置误动作主要因过载保护阈值偏移导致,阈值偏移源于长期运行中的元件老化、参数调试不当,误动作会导致风机非故障停机,影响运行效率。监测数据丢失或异常与通信中断、存储器故障密切相关,通信中断由线路损坏、信号干扰引发,存储器故障多由电压不稳定、元件老化造成。监测数据异常会导致故障无法及时预警,故障发生后难以快速定位根源,增加维护成本与停机时间,违背保护与监测系统的核心设计初衷,符合电气保护系统故障的共性特征。

3 电气故障诊断技术体系

3.1 基础诊断方法

在电气故障诊断领域,直观检查法是运用最为广泛且便捷的基础手段。通过仔细观察设备外观,能发现诸如外壳破损、接线松动、元件变色等异常情况,这些直观迹象往往能直接指向故障发生的大致位置。指示灯状态也是重要的判断依据,不同颜色的指示灯亮灭或闪烁频率变化,能反映设备当前的运行状态以及是否存在故障预警^[3]。气味与声音分析同样不可或缺,设备运行过程中若出现焦糊味,可能意味着局部过热导致绝缘材料受损;异常的嗡嗡声、咔嚓声等,可能暗示着机械部件磨损、电气接触不良等问题。隔离排除法是解决复杂电气

故障的有效策略。分段断电测试通过将电路划分为若干段,依次切断各段电源,观察故障现象是否消失,逐步缩小故障范围,精准定位故障点。模块替换验证则是针对可疑模块,用正常模块进行替换,若故障消除,则说明原模块存在故障,这种方法在控制器、传感器等模块故障诊断中效果显著。

3.2 精密检测工具应用

万用表作为电气维修人员的常用工具,功能强大且操作简便。它能够精确测量电压、电流、电阻等参数,通过对这些参数的分析,可判断电路是否存在短路、断路、过载等问题。同时,利用万用表的通断档,能快速检测线路的连通性,为故障排查提供有力支持。示波器在信号分析方面具有独特优势。对于复杂的电气信号,如PWM调速信号,示波器能将其波形直观地显示出来。通过观察波形是否存在畸变、失真等情况,可判断信号传输过程中是否受到干扰,进而找出故障根源。红外热成像仪是一种非接触式的检测设备,能够快速定位设备局部过热点。在电气设备运行过程中,局部过热往往是故障的前兆,如接触不良、过载等。利用红外热成像仪对设备进行扫描,可及时发现这些潜在故障点,并通过负载均衡评估,优化设备运行状态,提高设备运行的稳定性和可靠性。

3.3 系统级诊断策略

基于控制原理图的故障树分析是一种系统化的故障诊断方法。以控制原理图为基础,将设备可能出现的故障作为顶事件,逐步分析导致顶事件发生的各种直接原因和间接原因,构建故障树。通过对故障树的定性分析和定量分析,找出故障发生的关键路径和薄弱环节,为故障诊断和预防提供科学依据。利用历史故障数据库进行模式匹配是一种基于数据驱动的诊断策略。将设备的历史故障信息整理存储到数据库中,当新故障发生时,通过对比新故障的特征与历史故障的模式,快速找出相似故障案例,借鉴以往的处理经验,提高故障诊断效率和准确性。远程监控与诊断平台的数据挖掘技术为电气故障诊断带来了新的思路。通过对设备运行数据的实时采集和长期存储,利用数据挖掘算法进行趋势分析、关联分析等,发现设备运行的潜在规律和异常趋势,提前预测故障的发生,实现预防性维护。

3.4 诊断流程优化

在电气故障诊断过程中,遵循从简单到复杂的排查顺序至关重要。一般先检查电源系统,确保设备供电正常,再逐步排查负载部分的故障。因为电源故障往往会影影响整个设备的运行,先解决电源问题能避免后续排查

的干扰。同时，关键参数阈值对比与动态监测也是优化诊断流程的关键环节。设定设备关键参数的正常阈值范围，在设备运行过程中实时监测这些参数，一旦参数超出阈值范围，及时发出预警信号，以便维修人员迅速采取措施，防止故障扩大。

4 电气故障处理与预防性维护

4.1 故障处理原则与流程

电气故障处理需将安全规范置于首位。断电操作是保障维修人员安全的基础步骤，在接触故障设备前，必须切断电源，防止触电事故发生。挂牌上锁能避免其他人员在不知情的情况下重新送电，造成意外危险。个人防护装备的配备也不可或缺，如绝缘手套、安全帽、防护眼镜等，为维修人员提供全方位的安全防护。标准化处理流程是高效解决电气故障的关键。故障确认环节要求维修人员准确判断故障现象，明确故障范围。原因定位需借助专业工具和丰富经验，深入分析故障产生的根源。部件更换要选用质量合格的原厂配件，确保设备性能不受影响。功能验证是故障处理的最后一步，通过模拟设备正常运行状态，检查故障是否彻底排除，设备各项功能是否恢复正常。

4.2 分类型处理方案

针对不同类型的电气故障，需采取差异化的处理方案。电源故障方面，配置稳压器可稳定电压波动，避免过压或欠压对设备造成损害；安装不间断电源（UPS）能在电源中断时为设备提供临时供电，保障设备正常运行。优化接地系统能降低雷电等外部因素对电源的干扰，提高电源的可靠性。控制故障处理中，固件升级可修复软件漏洞，提升控制器性能；参数重置能解决因参数设置错误导致的控制异常；备份控制器切换可在主控制器出现故障时迅速恢复设备控制功能，减少停机时间。电机故障处理时，绝缘修复可恢复电机绕组的绝缘性能，防止匝间短路或对地击穿；轴承更换能消除因轴承磨损产生的机械振动和电气噪声；冷却系统清洗可去除散热片上的灰尘和杂物，提高散热效率，降低电机温度。保护故障处理方面，校准保护阈值能确保保护装置在设备出现异常时准确动作；冗余保护设计可增加保护系统的可靠性，当某一保护装置失效时，其他保护装置仍能发挥作用，保障设备安全。

4.3 预防性维护策略

预防性维护是降低电气故障发生率的有效手段。制

定定期检查计划，对电气连接进行紧固，防止因接触不良引发故障；定期清理灰尘，避免灰尘堆积影响设备散热和电气性能；进行润滑保养，减少机械部件的磨损，延长设备使用寿命。备件管理同样重要，建立关键部件库存预警机制，当备件数量低于设定值时及时补充，确保在需要更换部件时能够及时获取。对关键部件进行寿命跟踪，根据部件的使用时间和运行状况，提前安排更换计划，避免因部件老化导致故障。人员能力建设是预防性维护的保障。开展故障案例培训，让维修人员了解常见故障的处理方法和经验教训；组织模拟演练，提高维修人员在紧急情况下的应对能力；进行技能认证，激励维修人员不断提升自身技能水平。

4.4 技术升级方向

随着科技发展，电气故障处理与预防性维护技术也在不断升级。智能化监测是未来发展方向之一，集成物联网传感器可实时采集设备运行数据，通过预测性维护算法对数据进行分析，提前预测故障发生，实现预防性维护。模块化设计可提高部件互换性，降低维修难度和成本，缩短维修时间。能源管理优化通过调整电气参数，降低设备能耗，减少因能源问题引发的故障诱因，提高设备运行的稳定性和经济性。

结束语

风机电气故障分析及处理是保障风机可靠运行的重要环节。通过对电气系统基础架构的深入理解，能够清晰认识各系统功能与交互逻辑，为故障分析奠定基础。精准分类故障并剖析根源，有助于快速定位故障点。借助完善的诊断技术体系，可提高故障诊断的准确性与效率。遵循科学的故障处理原则与流程，采取针对性处理方案，并实施预防性维护策略，能有效降低故障发生率。持续推进技术升级，将进一步提升风机电气系统的稳定性与可靠性，为风机的长期稳定运行提供坚实保障。

参考文献

- [1] 张家健.海上油田透平滑油冷却风机轴承故障原因分析及处理方法[J].石化技术,2022,29(3):33-34.
- [2] 董鑫尧.风力发电机组电气系统检修要点及故障处理[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2026(4):009-012.
- [3] 江万里,王若愚,李嘉靓,梁靖仪.海上风电接入柔直系统的交流故障机理及影响分析[J].南方能源建设,2025,12(1):91-99.