

汽轮发电机常见故障与原因分析

贾鑫鹏

吉电股份吉林松花江热电有限公司 吉林 吉林 132000

摘要: 汽轮发电机是电力生产的关键设备,其稳定运行意义重大。本文对汽轮发电机常见故障进行分类,包括电气系统、机械系统以及热力与辅助系统故障。深入剖析故障产生原因,涉及设计制造缺陷、运行维护不当、材料与环境因素以及监测系统失效等方面。同时,介绍了振动监测法、温度监测法、绝缘检测法、油液分析法及电气参数监测法等故障诊断常用方法。旨在为汽轮发电机的故障预防、诊断与处理提供参考,保障电力系统的安全可靠运行。

关键词: 汽轮发电机;故障分类;故障原因;诊断方法

引言:在当今能源格局中,电力占据核心地位,汽轮发电机作为火力发电等领域的核心设备,对电力稳定供应起着决定性作用。随着运行时间的延长和负荷的变化,汽轮发电机易出现各类故障,影响发电效率与质量,甚至引发安全事故。准确识别故障类型、分析故障原因并采取有效诊断方法,是保障汽轮发电机安全稳定运行的关键。深入研究这些内容,有助于降低故障发生率,提高电力生产效益,推动电力行业的可持续发展。

1 汽轮发电机常见故障分类

1.1 电气系统故障

汽轮发电机电气系统故障类型多样。定子绕组故障较为常见,如绝缘损坏导致绕组接地、短路,可能因制造工艺缺陷、长期过电压运行或受潮引发。转子绕组故障有匝间短路,会造成磁场不平衡,影响发电机出力与运行稳定性,多由绝缘老化、机械损伤所致。此外,励磁系统故障也不容忽视,像励磁回路断线会使发电机失去励磁,无法正常建压;整流装置故障会导致励磁电流不稳定,进而影响发电机的电压和功率因数,严重影响电力系统的电能质量与安全运行。

1.2 机械系统故障

汽轮发电机机械系统故障影响重大。振动异常是常见问题之一,转子不平衡、轴系不对中或轴承损坏等都会引发强烈振动,长期振动会导致部件松动、磨损加剧,甚至引发断裂等严重事故。轴系故障方面,轴弯曲会使转子在旋转时产生不平衡力,导致振动增大;轴裂纹则可能逐渐扩展,最终导致轴断裂,造成设备损坏和生产中断。另外,联轴器故障如连接螺栓松动、断裂,会影响动力传递,使机组运行不稳定,增加其他部件的受力,加速设备老化。

1.3 热力与辅助系统故障

汽轮发电机热力与辅助系统故障影响设备效率与安

全。冷却系统故障中,冷却介质流量不足或温度过高,会使发电机定子、转子温度升高,加速绝缘老化,降低设备寿命。氢冷系统若漏氢,不仅会降低冷却效果,还可能引发氢气爆炸等安全事故。密封油系统故障会导致密封油压不稳定,使氢气外泄,威胁机组安全运行。此外,给水系统故障如给水泵故障、管道泄漏等,会影响汽轮机的蒸汽供应,导致机组出力下降,严重时迫使机组停运,造成经济损失^[1]。

2 汽轮发电机常见故障原因分析

2.1 设计制造缺陷

设计阶段,若对汽轮发电机运行工况考虑不周,如未充分考虑极端负载、频繁启停等情况,会使结构强度设计不足,导致运行中部件变形、断裂。电磁设计不合理,会造成磁场分布不均,引发局部过热和振动问题。制造过程中,工艺把控不严是常见问题。例如,定子、转子绕组绕制时,绝缘处理不当,会使绝缘层厚度不均、有气泡,降低绝缘性能,易引发短路。机械加工精度不够,像轴系同轴度偏差大,会增加运行时的摩擦和振动。另外,零部件材质选用不合适,如使用强度不够的钢材制作轴,在长期运行和复杂应力作用下,易产生裂纹甚至断裂,严重影响汽轮发电机的安全稳定运行。

2.2 运行维护不当

运行操作不规范会引发故障。例如,启动和停机过程中,未按照规定的升速、降速曲线操作,会使机组承受过大的热应力和机械应力,导致部件损坏。负荷调整不当,长期过负荷运行会使发电机各部件温度过高,加速绝缘老化,降低设备寿命;而频繁的负荷突变,会使机组受力急剧变化,引发振动问题。维护方面,检修计划不合理,检修周期过长或过短都不行。过长会导致小隐患发展成重大故障,过短则增加不必要的停机时间和成本。

2.3 材料与环境因素

材料质量对汽轮发电机故障有重要影响。绝缘材料若质量不佳,如耐热性、耐电晕性差,在高温和电场作用下,会加速老化,导致绝缘性能下降,引发短路等故障。金属材料存在内部缺陷,如夹杂、气孔等,会降低材料的强度和韧性,在运行中易产生裂纹。环境方面,温度过高会使发电机散热困难,导致部件温度升高,影响性能和寿命;温度过低则可能使润滑油粘度增大,影响轴承润滑。湿度过大,会使绝缘部件受潮,降低绝缘电阻,增加漏电和短路风险。此外,空气中的腐蚀性气体,如二氧化硫等,会腐蚀金属部件,影响其机械性能和电气性能。

2.4 监测系统失效

监测系统的传感器若出现故障,如振动传感器灵敏度下降、温度传感器测量不准确等,会导致采集的数据失真,无法准确反映汽轮发电机的实际运行状态。信号传输线路出现问题,如线路老化、接触不良等,会使传输的信号中断或受到干扰,影响监测数据的完整性和准确性。监测软件存在漏洞或算法不准确,会对采集的数据分析错误,给出错误的故障判断和预警。另外,监测系统的校准不及时,会使测量结果偏离真实值,无法及时发现设备的潜在故障。一旦监测系统失效,就不能为运行人员提供准确的设备状态信息,导致无法及时采取措施,可能使小故障发展成大事^[2]。

3 汽轮发电机故障诊断常用方法

3.1 振动监测法

振动监测法是汽轮发电机故障诊断中极为关键且常用的手段,它通过捕捉设备运行时的振动信号,深入剖析其中蕴含的信息,以此判断设备的健康状况。(1)振动监测法具备实时性强的优势。汽轮发电机在运行过程中,其振动状态会随着运行工况、部件状态等因素的变化而实时改变。借助安装在发电机各关键部位的振动传感器,能够持续、不间断地采集振动数据。这些实时数据可以及时反映出发电机当前是否处于正常振动范围,一旦出现异常振动,能迅速捕捉到信号变化,为后续的故障分析提供最新的依据,有助于及时发现潜在故障,避免故障的进一步恶化。(2)该方法能精准定位故障部位。不同类型的故障会在发电机不同部位引发特征各异的振动。通过对振动信号进行频谱分析、相位分析等处理,可以确定振动的主频、各次谐波成分以及相位关系,进而准确判断出故障是发生在转子、轴承、联轴器还是其他部件上,为维修工作指明方向。(3)振动监测法有助于分析故障类型和严重程度。根据振动信号的特征参数,如振幅、频率、相位等,结合长期的监测数据和经验,可以

对故障的类型进行分类,如机械松动、摩擦、裂纹等。同时,通过观察振幅的大小和变化趋势,能够评估故障的严重程度,判断故障是处于初期、发展期还是危险期,从而制定合理的维修策略,确保汽轮发电机的安全稳定运行。

3.2 温度监测法

温度监测法是汽轮发电机故障诊断中不可或缺的重要手段,它通过对设备关键部位的温度进行实时、精准监测,有效预防和发现潜在故障,保障设备安全稳定运行。(1)温度监测法具备实时预警功能。汽轮发电机在运行过程中,各部件温度会随负荷变化、环境条件及内部故障等因素而波动。通过在定子绕组、转子、轴承等关键部位布置温度传感器,可实时获取温度数据。一旦温度超过预设阈值,系统立即发出预警,提示运行人员采取措施,防止因过热导致的绝缘损坏、部件变形等严重后果。(2)该方法能精准定位故障源。不同故障类型会导致不同部位的温度异常。通过分析温度数据的变化趋势和分布特征,可准确判断故障发生的具体位置,为维修工作提供明确方向,提高维修效率。(3)温度监测法有助于评估设备健康状态。长期监测设备温度数据,可建立温度变化曲线和数据库。通过对比历史数据和当前数据,可分析设备性能的变化趋势,预测潜在故障的发展。同时,结合其他监测方法(如振动监测),可更全面地评估设备健康状态,制定科学的维护计划,延长设备使用寿命,降低运维成本。

3.3 绝缘检测法

绝缘检测法是汽轮发电机故障诊断中保障电气系统安全运行的核心手段,通过对绝缘性能的全面评估,可有效预防因绝缘劣化引发的短路、接地等严重故障。(1)绝缘检测法具备预防性维护功能。汽轮发电机在长期运行中,定子、转子绕组的绝缘材料会因电场、热、机械应力及环境因素(如湿度、污染)的作用逐渐老化。通过定期开展绝缘电阻测试、介质损耗因数测量等检测项目,可及时发现绝缘性能的下降趋势。(2)该方法能精准识别绝缘缺陷类型。绝缘检测技术涵盖直流耐压试验、交流耐压试验、局部放电检测等多种手段,可针对不同缺陷特征进行诊断。直流耐压试验可检测绝缘的整体耐压水平,发现普遍性劣化;交流耐压试验能模拟运行电压,暴露集中性缺陷;局部放电检测则通过捕捉绝缘内部气隙或裂纹处的放电信号,定位局部缺陷。综合应用这些技术,可全面评估绝缘状态,为维修策略提供科学依据。(3)绝缘检测法支持状态监测与寿命评估。结合在线监测系统,可实时跟踪绝缘参数(如泄漏电流、电容

变化)的动态趋势,建立绝缘劣化模型。通过分析历史数据与运行工况的关联性,可预测绝缘剩余寿命,优化检修周期。例如,当绝缘性能接近临界阈值时,系统提前发出预警,指导安排计划性检修,避免非计划停机,提升设备运行的可靠性与经济性。

3.4 油液分析法

油液分析法是汽轮发电机状态监测与故障诊断的重要技术手段,通过对设备润滑油或液压油的理化性能及磨损颗粒分析,可有效评估设备机械系统的健康状态,提前发现潜在故障。(1)油液分析法具备磨损状态监测功能。汽轮发电机运行过程中,齿轮、轴承等摩擦副会产生金属磨损颗粒,这些颗粒会随润滑油循环进入油液系统。通过光谱分析、铁谱分析等技术,可检测油液中金属元素的种类、浓度及颗粒尺寸分布。通过定期监测磨损颗粒特征,可判断机械部件的磨损程度及发展趋势,为维修提供依据。(2)该方法能评估油液污染与劣化程度。油液在长期使用中会因氧化、水分侵入、外部杂质混入等因素导致性能下降。通过检测油液的黏度、酸值、水分含量、污染度等理化指标,可量化油液的劣化状态。根据检测结果,可及时更换或净化油液,恢复其润滑性能,延长设备使用寿命。(3)油液分析法支持故障趋势预测与健康管。结合在线油液监测系统,可实时采集油液数据并建立动态变化曲线。通过分析理化指标与磨损颗粒的长期趋势,可预测机械部件的剩余寿命,优化检修计划。例如,当磨损颗粒浓度持续上升且颗粒尺寸增大时,系统提前预警可能发生的严重磨损或故障,指导安排预防性维修,避免非计划停机,提升设备运行的可靠性与经济性。

3.5 电气参数监测法

电气参数监测法是汽轮发电机运行状态评估与故障诊断的核心技术之一,通过对电压、电流、功率、频率等关键电气参数的实时监测与分析,可精准判断设备电气系统的健康状态,有效预防因电气故障引发的设备停机或损坏。(1)电气参数监测法具备实时运行状态评估功能。汽轮发电机在运行过程中,其输出电压、电流的稳

定性直接反映发电质量与设备负载能力。通过持续监测三相电压平衡度、电流谐波含量等参数,可及时发现电压波动、电流畸变等异常现象。这些参数的实时反馈为运行人员调整操作参数、优化运行工况提供了直接依据。(2)该方法能精准诊断电气系统潜在故障。结合频谱分析、相位分析等技术,可深入解析电气参数的频域特征与相位关系。通过监测功率因数的变化趋势,可判断无功补偿装置的工作状态。这些诊断结果为制定针对性维修策略、消除故障隐患提供了科学支撑。(3)电气参数监测法支持设备性能趋势预测与健康管。通过建立电气参数的长期数据库,结合机器学习算法,可分析参数变化与设备性能退化的关联性。例如,当定子绕组绝缘老化导致泄漏电流增加时,监测系统可提前预警绝缘性能下降趋势;当励磁电流异常波动时,可预测调节器故障风险。基于这些预测结果,可优化检修周期,实施状态检修,降低非计划停机概率,提升设备运行的经济性与可靠性^[1]。

结束语

汽轮发电机作为电力系统的核心设备,其运行稳定性直接关系到电网的安全与供电质量。本文通过分析常见故障类型及成因,揭示了机械磨损、绝缘劣化、电气参数异常、油液污染及温度失控等关键因素对设备性能的影响。实践表明,综合运用状态监测、定期维护与故障诊断技术,可有效预防故障发生、延长设备寿命。未来,随着智能监测与大数据分析技术的深化应用,汽轮发电机的故障预测与健康管理能力将进一步提升,为构建高可靠性、低维护成本的智慧电厂提供坚实保障,助力能源行业高质量发展。

参考文献

- [1]程鹏飞.火电厂汽轮发电机常见故障分析及对策[J].科技创新与应用,2020.325,(33):124-125.
- [2]柳丽岷.关于火电厂电气设备的常见问题及解决方法研究[J].科技风,2020.405,(01):186-186.
- [3]王顺利,唐小花.大型汽轮发电机常见故障及方法[J].工业技术创新,2021.06.35,(06):61-66.