

电气一次设备过热问题处理措施研究

张弘旭 吕国徽

内蒙古电力(集团)有限责任公司鄂尔多斯供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要: 电气一次设备在电力系统中占据关键地位,其过热问题严重影响运行安全与稳定性。本文深入剖析过热成因,涵盖接触电阻异常、过载运行、散热失效及设备老化等方面。详细阐述检测诊断技术,包括温度监测、接触电阻测试与热成像分析。提出针对性处理措施,如接触面优化、机械加固、散热维护等。同时制定预防性维护策略,通过定期巡检、状态评估与备件管理,降低过热风险,保障设备可靠运行,为电力系统稳定提供有力支撑。

关键词: 电气一次设备; 过热问题; 处理措施; 检测诊断; 预防性维护

引言: 电力系统中,电气一次设备作为核心组成部分,承担着电能生产、传输与分配的关键任务,其运行状态直接影响整个电网的安全与稳定。然而,在实际运行过程中,电气一次设备过热问题频繁出现,成为威胁设备寿命与电力系统可靠性的重要因素。过热不仅会加速设备绝缘老化,降低设备性能,还可能引发设备故障,甚至导致停电事故,造成巨大经济损失与社会影响。因此,深入探究电气一次设备过热问题的处理措施,对于提升设备运行水平、保障电力系统稳定运行具有重要的现实意义。

1 电气一次设备过热原因分析

1.1 接触电阻异常

导体材料特性直接影响接触电阻。不同材料电阻率有别,在设备运行中,电阻率高的材料在相同电流下产生更多热量,为过热埋下隐患。铜铝过渡问题在电气一次设备中普遍存在,铜与铝物理化学性质不同,直接连接会因电化学反应形成电位差,加速接触面腐蚀,使接触电阻增大,引发设备过热^[1]。接触面表面状态也是关键因素。设备运行一段时间后,接触面易氧化,氧化层增加电阻,阻碍电流通过。在潮湿或有腐蚀性物质的环境中,接触面金属被侵蚀,表面粗糙,有效接触面积减小,电阻上升。灰尘、油污等污染物附着在接触面,形成绝缘层,导致电流无法正常传导,造成局部过热。若接触面粗糙度超标,实际接触点减少,接触电阻增大,热量积聚使设备温度升高。机械因素对接触电阻的影响同样不可忽视。接触压力不足时,接触面无法紧密贴合,实际接触面积小于理论值,接触电阻增大。运行中设备振动易使螺栓松动,导致接触压力减小,接触电阻上升。接触面积减小会使单位面积电流密度增大,依据焦耳定律,热量与电流平方成正比,电流密度增大,产生的热量大幅增加,进而引发设备过热。

1.2 过载运行

电流超限是导致设备过热的直接原因。当设备长期超过额定负荷运行时,导体中通过的电流远超设计值,根据焦耳定律,导体电阻不变时,电流增大,产生的热量呈平方关系增加,大量热量无法及时散发,使设备温度持续上升。谐波影响也不容忽视。非线性负载在电力系统中广泛应用,如整流设备、变频器等,这些设备运行时会产生谐波电流。谐波电流会增加导体额外损耗,使导体发热加剧。谐波还会引起电压畸变,影响设备正常运行,进一步增加设备过热风险。

1.3 散热系统失效

冷却装置故障是散热系统失效常见原因。风扇是强制风冷设备重要部件,若风扇停转,空气无法正常流动,不能将设备产生热量带走,导致设备温度升高。冷却器堵塞会阻碍冷却介质循环,降低散热效率,使热量在设备内积聚。油路不畅会影响油循环冷却效果,变压器等设备依赖油循环散热,油路堵塞会使局部温度过高。环境因素对散热效果影响显著。高温环境下,设备与周围环境温差减小,热量散发速度变慢。通风不良会使空气流动受阻,不利于热量扩散。灰尘堆积在设备表面或散热通道内,会形成隔热层,阻碍热量传递,降低散热效率,引发设备过热。

1.4 设备老化与绝缘劣化

绝缘材料老化是设备运行中不可避免问题。长时间受电场、热、机械应力等因素作用,绝缘材料性能逐渐下降,绝缘电阻降低,易发生局部放电现象。局部放电会产生热量,加速绝缘材料老化,形成恶性循环,最终导致绝缘失效,引发漏电流增加,设备过热。导体疲劳同样会导致设备过热。设备运行中,导体因热胀冷缩产生应力,长期反复作用会使导体疲劳,接触点松动或断裂。接触点松动会增加接触电阻,断裂处会产生电弧,

释放大量热量,使设备温度急剧升高,严重影响设备安全运行。

2 过热问题检测与诊断技术

2.1 温度监测技术

红外测温仪凭借非接触式测量优势,在电气一次设备温度检测中应用广泛。它利用红外辐射原理,可快速捕捉导体表面温度分布信息,无需与被测物体直接接触,避免了对设备运行状态的干扰,尤其适用于带电设备及高温、高压等危险环境的温度检测,能在短时间内获取大面积温度数据,为及时发现局部过热提供有力支持^[2]。示温蜡片通过自身颜色随温度变化这一特性,实现对高温区域的标记。将示温蜡片粘贴在设备关键部位,当温度升高至蜡片变色阈值时,蜡片颜色发生改变,工作人员通过观察颜色变化,即可快速定位高温区域,这种方法简单直观,成本较低,常用于初步筛查设备过热位置。示温蜡片的变色温度范围可根据实际需求选择,常见的有60℃、70℃、80℃等不同规格。光纤测温系统则聚焦于设备内部关键点温度的实时监测。光纤具有抗电磁干扰、耐腐蚀、体积小等优点,将光纤传感器布置在设备内部,可准确测量特定位置温度,并将数据实时传输至监控系统,实现对设备内部温度的连续、动态监测,为设备内部过热故障的早期发现提供可靠依据。

2.2 接触电阻测试

回路电阻测试仪是量化评估触头、接头接触电阻值的重要工具。它通过向被测回路施加直流电流,测量回路两端电压,进而计算出回路电阻值,能准确反映触头、接头接触状况,为判断接触是否良好提供量化数据,帮助工作人员及时发现接触电阻异常增大的问题。回路电阻测试仪的测量范围一般在1 $\mu\Omega$ ~2000m Ω 之间,测量精度可达 $\pm 0.5\% \pm 5\mu\Omega$ 。双臂电桥法在高精度测量小电阻值变化方面表现突出。该方法通过合理设计电桥电路,消除测量过程中引线电阻、接触电阻等干扰因素影响,实现对小电阻值的高精度测量,适用于对测量精度要求较高的接触电阻测试场景,为深入分析接触电阻变化原因提供精确数据支持。双臂电桥法的测量精度可达 $\pm 0.01\% \pm 0.05\mu\Omega$,能够满足对小电阻值精确测量的需求。

2.3 热成像分析

红外热像仪可生成设备热分布图,直观呈现设备各部位温度差异。它利用红外探测器接收物体发射的红外辐射,经信号处理后转换为可见图像,通过不同颜色表示不同温度,工作人员可清晰看到设备整体温度分布情况,快速定位过热隐患区域,为设备故障诊断提供直观依据。趋势分析结合历史数据预测过热发展趋势。通过

收集设备不同时期温度数据,建立温度变化曲线,分析温度变化规律,可预测设备未来温度变化趋势,提前发现潜在过热风险,为制定预防性维护策略提供参考,实现设备过热故障的主动防控。

3 过热问题处理措施

3.1 接触面优化处理

接触面的状态直接影响电气一次设备的接触电阻,进而影响设备运行温度。清洁与打磨是基础且关键的步骤,通过专业工具去除接触面氧化层与污垢,能有效恢复接触面平整度,减少因表面不平整导致的电流集中现象,降低局部过热风险^[3]。导电膏的应用能进一步优化接触性能,相较于传统凡士林,优质导电膏具有更好的导电性与稳定性,可填充接触面微小间隙,降低接触电阻,提升电流传输效率。铜铝过渡问题在电气连接中较为常见,由于铜与铝化学性质差异,易引发电化学腐蚀,采用搪锡、压接或专用过渡接头等方式,能有效阻断铜铝直接接触,避免电化学腐蚀产生,保障接触面长期稳定运行。

3.2 机械结构加固

机械结构的稳定性对设备接触性能至关重要。螺栓紧固需使用扭矩扳手,严格按照标准力矩拧紧,确保接触面间压力均匀且足够,避免因螺栓松动导致接触电阻增大。为防止螺栓在运行过程中松动,可加装弹簧垫圈、双螺母或使用螺纹锁固胶,增强螺栓连接的可靠性。对于小截面接头,通过并联或增容改造扩大接触面积,可降低电流密度,减少接头发热,提升设备运行安全性。

3.3 散热系统维护

散热系统是保障设备正常运行的重要防线。冷却装置检修需定期开展,清洗冷却器、更换滤网、检修风扇电机等操作,可确保冷却装置正常运行,提高散热效率。通风优化方面,清理设备周围杂物,保持通风口畅通,能促进空气流通,加速热量散发。对于高温区域,可加装轴流风扇或散热片,增强局部散热能力,防止设备因散热不足而过热。

3.4 负荷管理与调整

负荷状态直接影响设备运行温度。安装电流表实时监控设备负荷状态,能及时掌握设备运行情况,为负荷调整提供依据。对过载设备,通过并联线路或增容改造降低电流密度,可减少设备发热。谐波电流会增加设备额外损耗,加装滤波装置抑制谐波电流,能降低设备因谐波产生的过热风险,保障设备稳定运行。

3.5 设备改造与升级

材料替换是提升设备性能的有效途径,采用低电阻率、高导热性材料,如银合金触头,可降低设备电阻,

提高散热性能。结构优化方面,改进接头设计,采用线夹式替代螺栓式,能减少接触面松动风险,提升接触稳定性。智能化监控是未来设备发展趋势,集成温度传感器与物联网技术,可实现设备温度远程预警,及时发现设备过热隐患,为设备维护提供便利。

4 预防性维护策略

4.1 定期巡检与测试

在电气一次设备的预防性维护中,定期巡检与测试是基础且关键的环节。由于不同设备在电力系统中的重要性存在差异,对系统稳定运行的影响程度也不尽相同,因此需根据设备重要性制定差异化的巡检计划^[4]。对于核心关键设备,应适当缩短巡检周期,增加巡检频次,以便及时发现潜在问题;而对于一般性设备,可按照常规周期进行巡检,在保证设备正常运行的同时,合理分配维护资源。例如,核心关键设备的巡检周期可设定为每周一次,一般性设备的巡检周期可设定为每月一次。测试项目的选择需全面且具有针对性。接触电阻测试能准确反映设备连接部位的接触状况,若接触电阻异常增大,可能导致局部过热,引发设备故障,因此需定期检测。绝缘电阻测试可评估设备绝缘性能,绝缘性能下降会增加漏电风险,甚至引发短路事故,对设备安全运行构成威胁,必须纳入常规测试项目。温度监测同样不可或缺,设备运行过程中温度异常往往是故障的前兆,通过实时或定期的温度监测,能及时发现过热隐患,采取相应措施避免故障扩大。

4.2 状态评估与分级管理

基于定期巡检与测试获取的检测数据,对设备进行健康状态评分是实现精准维护的重要手段。通过综合分析接触电阻、绝缘电阻、温度等多项指标,运用科学合理的评分模型,对设备健康度进行分级。健康状态良好的设备可继续正常运行,适当延长检修周期;而对于存在一定隐患的设备,需密切关注其运行状态,加强监测力度。差异化维护策略根据设备健康状态分级结果制定。对于高风险设备,由于发生故障的概率较高,对系统运行的影响较大,应缩短检修周期,增加检测频次,以便及时发现并处理潜在问题,将故障风险降到最低。对于低风险设备,可按照常规维护计划进行维护,在保证设

备正常运行的前提下,降低维护成本。例如,高风险设备的检修周期可缩短至每季度一次,检测频次增加至每月两次;低风险设备的检修周期可保持为每年一次,检测频次为每季度一次。

4.3 备件管理与快速响应

关键备件储备是预防性维护策略的重要组成部分。提前储备易损件,如触头、螺栓等,能在设备出现故障时迅速进行更换,缩短设备停运时间,减少对电力系统的影响。在储备备件时,需根据设备运行情况和历史故障数据,合理确定备件种类和数量,避免备件积压或缺。制定过热故障快速处置流程是提高应急响应能力的关键^[5]。当设备出现过热故障时,按照预先制定的流程,迅速组织人员、调配资源进行处置。明确各环节的责任人和操作步骤,确保处置工作有序进行。通过快速响应和有效处置,能最大限度缩短停电时间,保障电力系统的稳定运行,降低因设备故障带来的经济损失。

结束语

电气一次设备过热问题涉及多方面因素,从成因分析到检测诊断,再到处理措施与预防性维护,每个环节都紧密相连、缺一不可。通过精准剖析过热根源,运用科学有效的检测技术,能够及时发现设备潜在隐患;采取针对性的处理措施,可有效解决设备过热问题,恢复设备正常运行;而完善的预防性维护策略,则能将过热风险扼杀在萌芽状态,延长设备使用寿命。在实际工作中,需综合运用这些方法,形成一套完整的设备过热防控体系,切实保障电气一次设备的安全稳定运行。

参考文献

- [1]李东航.电气一次设备过热问题处理措施研究[J].中国设备工程,2025(16):237-239.
- [2]宇光.电气一次设备产生过热的原因分析与解决对策[J].大科技,2021(40):116-117.
- [3]王鹏.变电站电气一次设备的热故障原因及解决措施思考[J].百科论坛电子杂志,2021(18):2307.
- [4]李世英.变电站电气一次设备的发热和处理分析[J].中外企业家,2021(12):226.
- [5]赵凯强,张钰.电气一次设备过热问题处理分析[J].电气技术与经济,2024(6):206-209.