

火力发电厂大型变压器冷却装置检修维护方法研究

庄文武

福建华电可门发电有限公司, 福建省福州市, 350512;

摘要: 随着我国经济的快速发展, 电力需求持续增长, 火力发电在电力供应中仍占据重要地位。大型变压器作为火力发电厂的关键设备, 其冷却装置的稳定运行直接影响到变压器乃至整个电厂的安全与高效运作。本文深入研究火力发电厂大型变压器冷却装置的检修维护方法, 详细分析冷却装置常见故障类型及原因, 从日常维护、故障检修、技术改造等多方面提出针对性的检修维护策略, 并结合实际案例阐述维护方法的应用效果, 旨在为提高火力发电厂大型变压器冷却装置的可靠性与稳定性提供理论支持与实践指导, 确保火力发电系统的安全稳定运行。

关键词: 火力发电厂; 大型变压器; 冷却装置; 检修维护

DOI: 10.64216/3080-1508.25.04.022

1 引言

在火力发电过程中, 大型变压器发挥着至关重要的作用, 它能够实现电压的转换, 保障电力的稳定传输与分配。然而, 变压器在运行过程中会因各种损耗产生大量热量, 若不能及时有效地散热, 将会导致变压器温度过高, 进而影响其绝缘性能、缩短使用寿命, 甚至引发严重故障, 造成巨大的经济损失与社会影响。冷却装置作为变压器散热的核心部件, 其运行状态直接关系到变压器的温度控制效果。据相关数据统计, 约70%的变压器故障与冷却系统异常有关。因此, 深入研究火力发电厂大型变压器冷却装置的检修维护方法, 对于保障火力发电厂的安全稳定运行、提高发电效率、降低运维成本具有重要的现实意义。

2 火力发电厂大型变压器冷却装置概述

2.1 冷却装置的重要性

大型变压器在运行时, 绕组和铁芯会产生铜损和铁损, 这些损耗以热量的形式散发出来。如果变压器长期处于高温环境下运行, 其绝缘材料会加速老化, 绝缘性能下降, 增加短路故障的发生概率。例如, 当变压器绕组温度超过允许值 10°C 时, 其绝缘老化速度将加快约50%。冷却装置能够及时带走变压器产生的热量, 将变压器的运行温度控制在合理范围内, 从而保证变压器的绝缘性能, 延长其使用寿命, 确保变压器乃至整个火力发电系统的可靠运行。

2.2 常见冷却方式及工作原理

目前火力发电厂大型变压器常见的冷却方式主要有油浸自冷式、油浸风冷式、强迫油循环风冷式和强迫

油循环水冷式。油浸自冷式依靠变压器油自然对流散热, 热油升温密度变小上升, 经油箱壁与空气热交换后, 冷却油密度变大下降形成循环, 其结构简单、成本低, 但散热效率不高, 适用于小容量变压器; 油浸风冷式在油浸自冷基础上增设风扇, 油温达一定值时风扇启动, 加速空气流动提升热交换效率, 散热能力增强, 适用于中等容量变压器; 强迫油循环风冷式借助潜油泵推动变压器油循环, 热油在冷却器中与冷空气热交换后回本体, 冷却器配多个风扇, 散热效率高, 广泛应用于大型变压器; 强迫油循环水冷式同样靠潜油泵循环油, 不过冷却器内冷却介质为水, 通过水冷却热油, 冷却效率极高, 但系统复杂、对水质要求高且有漏水风险, 常用于对冷却要求苛刻的大型变压器。

3 大型变压器冷却装置常见故障分析

3.1 冷却风扇故障

冷却风扇是风冷式冷却装置的关键部件, 其故障较为常见。一方面, 风扇电机长期运行可能出现绕组短路、断路等问题。例如, 电机绕组绝缘老化, 在高湿度环境下容易发生短路, 导致电机无法正常运转。另一方面, 风扇叶片可能因长期运行出现磨损、变形, 影响风扇的风量和风压, 降低散热效果。此外, 风扇的控制电路故障, 如继电器损坏、接触器触点接触不良等, 也会导致风扇无法按设定要求启动或停止。

3.2 潜油泵故障

潜油泵作为强迫油循环冷却装置的核心动力部件, 在保障变压器高效散热中发挥着不可替代的关键作用。它通过持续运转, 强制推动变压器油在绕组、铁芯等发热部位与冷却器之间循环流动, 确保热量及时散发, 维

持变压器处于安全工作温度。然而在实际运行中,潜油泵故障频发,主要表现为泵体磨损、轴承损坏、密封失效等典型问题。长期高负荷运转下,泵体内部的叶轮、泵壳等部件会因机械摩擦出现磨损,致使泵体内部流道形状改变,导致泵的流量和扬程显著下降,极大削弱油循环速度,严重影响冷却效率。轴承作为支撑泵轴转动的关键零件,长期承受径向和轴向负荷,润滑不良、杂质侵入等因素易加速其磨损,一旦轴承损坏,会引发泵体剧烈振动,甚至出现卡死现象,直接造成油循环中断,威胁变压器安全运行。密封件则负责防止变压器油泄漏,若密封件老化、变形或安装不当,就会出现密封失效问题,致使变压器油渗漏,不仅造成油品浪费、污染环境,还存在引发火灾、爆炸等重大安全事故的风险。深入探究潜油泵故障根源,除了长期运行导致的机械磨损外,变压器油质不良,如含有水分、杂质或酸性物质超标,会对泵体材料产生腐蚀;电机频繁启停、负载突变导致的过载,也是引发潜油泵故障的重要诱因。

3.3 冷却器堵塞

冷却器在运行过程中容易发生堵塞现象。冷却器的散热片之间可能会积聚灰尘、油污等杂质,阻碍空气或水的流通。例如,在火力发电厂中,周围环境存在较多粉尘,长时间运行后,冷却器的散热片会被粉尘覆盖,热交换效率大幅降低。对于水冷式冷却器,还可能出现水垢堵塞管道的情况。水中的钙、镁等离子在加热过程中会形成水垢,附着在管道内壁,减小管道内径,降低水流量,从而影响冷却效果。

3.4 油循环异常

除了潜油泵故障外,油循环异常还可能由其他原因引起。例如,变压器油位过低,可能导致潜油泵吸不到油,无法建立正常的油循环。油管道存在泄漏、阀门故障未完全打开或关闭等,也会影响油循环的畅通性。此外,变压器内部的油道设计不合理或出现异物堵塞,同样会造成油循环不畅,使变压器局部温度过高。

3.5 控制系统故障

冷却装置的控制系统负责监测和控制冷却设备的运行状态。控制系统故障可能导致冷却装置无法根据变压器的温度变化及时调整运行参数。例如,温度传感器故障,会使控制系统无法准确获取变压器油温,从而误判冷却需求,导致冷却风扇或潜油泵不能在合适的时机启动或停止。控制器故障、通信线路故障等也会影响控制系统的正常工作,使冷却装置的运行失去有效的监控与调节。

4 大型变压器冷却装置检修维护方法

4.1 日常维护

日常维护是保障火力发电厂大型变压器冷却装置稳定运行的基础工作,涵盖温度监测、外观检查、油位管理和清洁保养等多个关键环节。通过安装在变压器本体及冷却装置上的温度传感器,可实时监测变压器油温、冷却器进出口油温、冷却介质温度等重要参数,同时建立完善的温度记录制度并绘制变化曲线,以便及时发现温度异常,判断冷却装置运行状态。外观检查也不可或缺,需定期查看冷却风扇、潜油泵、冷却器等设备外壳有无破损变形,连接部位是否松动,以及是否存在漏油漏水现象,同时检查风扇叶片、潜油泵电机和冷却器散热片状况,对发现的问题及时处理。油位检查与补充同样关键,需确保变压器油位正常,若油位过低,及时查找原因并补充同牌号、质量合格的变压器油,同时关注油质情况。此外,定期对冷却装置进行清洁保养,针对风冷式和水冷式冷却装置的不同特点,分别清理散热片和冷却设备,还要清洁控制箱,避免灰尘影响电气元件性能,全方位保障冷却装置稳定运行。

4.2 故障检修

当火力发电厂大型变压器冷却装置出现故障时,需依据不同部件故障类型精准检修。对于冷却风扇故障,应先检查电机电源,测量绕组电阻判断是否短路、断路,若绕组损坏则更换电机;同时查看叶片磨损变形情况,按需修复或更换;对于控制电路故障,逐一排查继电器、接触器等元件,修复或替换损坏部件,检修后进行试运转确保运行平稳、风量达标。潜油泵故障检修时,先检查泵体磨损、损坏状况,严重磨损需更换泵体;测量轴承游隙,超规定值则更换轴承;查看密封件是否泄漏并及时更换。同时检查电机是否过载、绕组绝缘是否良好,检修中清洗泵体内部杂质油污,保障正常运行。冷却器堵塞故障处理需“对症下药”,积尘堵塞可用高压水枪或化学清洗,但要控制水压防散热片损坏;水冷式冷却器水垢堵塞则用化学除垢剂清洗,清洗前隔离设备,完成后清水冲洗并进行水压试验,保证无泄漏。油循环异常时,先检查变压器油位,低油位及时补充;排查油管道泄漏并修复,检查阀门开闭状态。若内部油道堵塞,通过吊芯检查清理异物,检修后启动潜油泵观察循环情况。控制系统故障检修,先检测温度传感器输出信号判断是否损坏并更换;检查控制器电源、通信线路,进行复位或软件升级;检修控制电路元件,修复或更换损坏元件,最后调试系统,确保冷却装置监测控制准确有效。

4.3 定期检修与维护

定期检修维护是保障火力发电厂大型变压器冷却装置可靠运行的关键环节。制定检修计划时,需综合考虑变压器冷却装置的实际运行状况、设备厂家的专业建议及相关标准规范,明确检修周期(强迫油循环风冷式和水冷式冷却装置每年一次全面检修,油浸自冷式和油浸风冷式冷却装置每两年一次)、检修项目、检修人员,以及所需工具和材料。实施检修项目时,对冷却装置各部件进行全面检查维护,除日常维护与故障检修项目外,着重拆解保养潜油泵,检查叶轮、轴磨损;全面排查冷却器,按需更换;升级控制系统软硬件,严格遵循操作规程确保检修质量。检修完成后,通过测试变压器不同负载下的油温,监测冷却装置运行参数,评估散热性能,依据结果优化调整运行参数,使冷却装置保持最佳运行状态。

4.4 技术改造与优化

随着技术发展,对火力发电厂大型变压器冷却装置进行技术改造与优化十分必要。在智能控制系统升级方面,引入先进智能控制器,实现远程监控、故障诊断与自动控制,依据变压器实时负载和油温自动调节冷却设备运行,达成智能节能;构建远程监控平台,便于运维人员及时掌握与处理故障。冷却设备改进上,运用新型散热材料提升冷却器热交换效率,优化风扇叶片、改进潜油泵结构,还可增加冗余设计,提高设备可靠性。冷却介质优化针对水冷式装置,采用新型冷却液并加强水质管理;针对风冷式装置,优化空气流通路径,以此增强冷却效果。

5 案例分析

5.1 某火力发电厂冷却装置故障案例

某火力发电厂一台大型变压器采用强迫油循环风冷式冷却装置。在运行过程中,运行人员发现变压器油温异常升高,超过了正常允许值。通过对冷却装置的检查,发现部分冷却风扇不转,潜油泵运行声音异常。进一步检查发现,冷却风扇的电机绕组短路,导致风扇无法启动;潜油泵的轴承磨损严重,造成泵体振动大、流量下降。由于冷却装置故障,变压器油温持续上升,严重威胁到变压器的安全运行。

5.2 检修维护措施实施

针对上述故障,电厂迅速组织检修人员进行处理。首先,更换了冷却风扇的电机,对风扇叶片进行了清洁和检查,确保风扇能够正常运行。然后,对潜油泵进行解体检查,更换了磨损的轴承,并对泵体进行了清洗和调试。在检修过程中,同时对冷却装置的其他部件进行了全面检查和维护,如清洁冷却器散热片、检查油管道和阀门等。检修完成后,对冷却装置进行了试运转,各项参数恢复正常。

5.3 效果评估

经过检修维护后,变压器油温恢复正常,冷却装置运行稳定。通过对变压器运行数据的长期监测,发现油温波动范围在正常允许值内,冷却风扇和潜油泵运行可靠,未再出现类似故障。此次检修维护不仅解决了当前的冷却装置故障问题,还通过全面的检查和维护,提高了冷却装置的整体性能和可靠性,保障了变压器的安全稳定运行,避免了因变压器故障可能带来的巨大经济损失。

6 结论

大型变压器冷却装置作为火力发电厂的重要组成部分,其稳定运行对于保障变压器的安全、提高发电效率、降低运维成本具有不可忽视的作用。通过对冷却装置常见故障的深入分析,如冷却风扇故障、潜油泵故障、冷却器堵塞、油循环异常以及控制系统故障等,并针对性地提出日常维护、故障检修、定期检修与维护以及技术改造与优化等一系列检修维护方法,能够有效提高冷却装置的可靠性与稳定性。实际案例表明,正确实施这些检修维护方法能够及时解决冷却装置故障,确保变压器在正常温度范围内运行。在未来的火力发电发展中,应持续关注大型变压器冷却装置的技术发展,不断优化检修维护策略,以适应日益增长的电力需求,保障火力发电系统的安全稳定运行。

参考文献

- [1]程文俊.试论火力发电厂大型变压器冷却装置检修维护技巧[J].科学与信息化,2019(16):1.
- [2]朱志海.火力发电厂大型变压器冷却装置检修维护技巧[J].科技展望,2015,25(025):92. DOI:10.3969/j.issn.1672-8289.2015.25.086.
- [3]彭军.火力发电厂大型变压器冷却装置检修维护技巧研究[J]. [2025-06-17].