

火力发电厂电气一次设备常见故障分析

张志超

江投国华信丰发电有限责任公司 江西 赣州 341000

摘要: 火力发电厂电气一次设备涵盖发电机、主变压器、高压开关、母线电缆及互感器等核心类型。这些设备在长期运行中,受设备自身、运行环境、操作及维护等多因素影响,易出现绝缘故障、机械故障、温度异常等多种故障类型。深入分析故障产生原因,提出从设备选型安装、运行监测、故障排查处置到维护优化等全方位预防与应对策略,对保障火力发电厂电气系统稳定运行、提升发电效率与安全性具有重要意义。

关键词: 火力发电厂; 电气一次设备; 常见故障; 预防处置; 运行稳定性

引言: 火力发电作为电力供应的重要方式,其电气一次设备的稳定运行是保障发电厂正常运转的关键。电气一次设备作为火力发电厂的核心组成部分,承担着电能生产、传输、分配与控制等重要功能。由于设备类型多样、结构复杂,且长期处于高温、高压、强电磁等恶劣运行环境中,电气一次设备极易出现各类故障。这些故障不仅会影响发电厂的发电效率与经济效益,还可能引发安全事故,对电力系统稳定运行构成威胁。因此,深入分析电气一次设备常见故障,探索有效预防与处置措施,具有重要的现实意义。

1 火力发电厂电气一次设备核心类型

1.1 发电机相关设备

发电机作为火力发电厂的核心动力输出装置,其相关设备构成复杂且功能关键。定子部分涵盖定子绕组、定子铁芯等关键组件,定子绕组采用特定规格导线绕制而成,在运行中承担电能转换的重要任务,其绝缘性能直接关系到发电机运行稳定性^[1]。定子铁芯由硅钢片叠压制成,为绕组提供稳固支撑并形成磁路。转子部分包含转子绕组、转子本体等,转子绕组通过励磁电流产生磁场,与定子磁场相互作用实现能量转换。转子本体需具备高强度与良好平衡性,以适应高速旋转工况。此外,发电机配备的冷却系统也至关重要,常见冷却方式有氢冷、水冷等,不同冷却方式对应不同冷却设备,确保发电机在额定温度范围内稳定运行。

1.2 主变压器设备

主变压器是火力发电厂实现电压变换与电能传输的关键设备。其主体由铁芯与绕组构成,铁芯采用优质硅钢片制作,以降低铁损。绕组分高压绕组与低压绕组,根据电压等级与容量需求进行设计。主变压器还配备油箱、散热器、绝缘套管等辅助设备,油箱用于盛装变压器油,起到绝缘与散热作用。散热器通过自然冷却或强

迫冷却方式,将变压器运行产生的热量散发出去。绝缘套管则用于引出变压器高低压侧引线,并保证引线与油箱之间的绝缘性能。

1.3 高压开关设备

高压开关设备在火力发电厂电气系统中承担控制与保护功能。断路器是核心设备之一,具备开断与关合电路能力,在正常与故障情况下均可操作。隔离开关主要用于隔离电源,保证检修安全,其结构简单但操作要求严格。高压开关设备还包括操作机构,为断路器与隔离开关提供操作动力,不同类型操作机构适用于不同工况与开关设备。

1.4 母线与电缆设备

母线作为电能汇集与分配的枢纽,在火力发电厂电气系统中占据重要地位。常见母线类型有硬母线与软母线,硬母线一般采用铝排或铜排制作,软母线则多为钢芯铝绞线。电缆用于电能传输,根据敷设环境与电压等级选择不同类型电缆,如电力电缆、控制电缆等,电缆的绝缘性能与护套材料对运行安全影响重大。

1.5 互感器设备

互感器分电流互感器与电压互感器,在火力发电厂电气测量与保护系统中发挥关键作用。电流互感器将一次侧大电流变换为二次侧小电流,供测量仪表与保护装置使用。电压互感器将一次侧高电压变换为二次侧低电压,实现电压测量与系统保护功能。互感器准确度等级与容量需满足系统要求,以确保测量数据准确与保护装置可靠动作。

2 电气一次设备常见故障类型及表现

2.1 发电机相关故障

发电机在火力发电厂长期运行中,绝缘故障较为常见。绝缘材料受电场、温度、湿度等多重因素影响,性能逐渐劣化,可能出现绝缘电阻降低、绝缘击穿等情况,

进而引发绕组接地或短路故障,影响发电机正常运行^[2]。机械故障多与发电机转子、轴承等部件相关,转子不平衡、轴承磨损等问题,会导致发电机振动加剧,产生异常噪声,严重时甚至损坏设备。温度异常故障同样不容忽视,发电机运行中,定子绕组、铁芯等部位会产生热量,若冷却系统故障或通风不畅,热量无法及时散发,局部温度过高会加速绝缘老化,降低设备使用寿命,还可能引发更严重故障。

2.2 主变压器相关故障

主变压器绕组故障多因绝缘损坏、制造工艺缺陷或过电压冲击等引发,绕组匝间短路、相间短路等问题,会破坏变压器正常运行,导致输出电压异常。铁芯故障主要表现为铁芯多点接地、铁芯松动等,铁芯多点接地会形成环流,增加铁损,使铁芯局部过热;铁芯松动则会产生振动与噪声,影响变压器稳定运行。油质异常故障与变压器油密切相关,变压器油在运行中会逐渐劣化,受潮、氧化、杂质污染等因素,会降低变压器油绝缘性能与冷却效果,影响变压器整体性能。

2.3 高压开关设备相关故障

操作机构故障在高压开关设备中较为突出,弹簧操动机构弹簧疲劳、液压操动机构漏油等问题,会导致操作机构动作不灵活、拒动或误动,影响开关设备正常分合闸。灭弧系统故障会影响开关设备开断能力,灭弧室瓷套破裂、灭弧介质泄漏等情况,会使电弧无法及时熄灭,引发设备损坏甚至爆炸事故。绝缘损坏故障多因绝缘材料老化、受潮或过电压冲击等造成,绝缘性能下降会导致开关设备对地或相间短路,危及电力系统安全。

2.4 母线与电缆相关故障

母线接头过热故障多因接触不良引发,母线接头连接松动、氧化等问题,会增加接触电阻,产生过多热量,使接头温度升高,长期过热会损坏接头,影响母线正常运行。电缆绝缘老化故障与电缆运行环境、使用年限等因素有关,绝缘材料在电场、温度、化学物质等作用下逐渐老化,绝缘性能下降,易引发漏电或短路故障。电缆破损故障多由外力损伤造成,如施工挖掘、机械碰撞等,电缆破损会导致绝缘失效,引发安全事故。

2.5 互感器相关故障

电流互感器故障集中于二次开路与绝缘劣化,前者引发铁芯饱和与过热,后者导致局部放电甚至击穿,可通过测量励磁特性曲线与绝缘电阻进行判断。电压互感器故障多因铁磁谐振或绝缘损坏,表现为二次电压异常波动或熔断器频繁熔断,需结合阻抗测量与谐波分析定位故障源。两类互感器均需定期进行预防性试验,确保

测量精度与运行可靠性。

3 电气一次设备故障产生的核心影响因素

3.1 设备自身因素

设备制造质量是决定电气一次设备运行稳定性的基础^[3]。若在生产制造环节,工艺把控不严,存在零部件加工精度不足、装配存在偏差等问题,设备投入运行后,各部件间配合度欠佳,极易引发故障。例如,发电机定子绕组绕制不紧密,在运行中可能因振动出现松动,进而导致绝缘损坏。设备老化程度同样不可忽视,电气一次设备长期运行,各部件在电场、磁场、温度等多种因素作用下,性能逐渐衰退。如主变压器绕组绝缘材料,随使用年限增加,绝缘性能下降,增加了匝间短路风险。设备材质适配性也影响设备运行,不同电气一次设备对材质有特定要求,若选用材质不符合标准,无法适应设备运行工况,会加速设备损坏。如高压开关设备触头材质若导电性、耐磨性不佳,在频繁操作中易磨损、发热,引发故障。

3.2 运行环境因素

温度与湿度对电气一次设备影响显著。高温环境会加速设备绝缘材料老化,降低绝缘性能,还可能使设备内部元件热膨胀不一致,产生应力,损坏设备结构。湿度过高则易使设备受潮,引发绝缘击穿、金属部件锈蚀等问题。粉尘与腐蚀介质也是设备运行“大敌”,粉尘附着在设备表面,影响散热,还可能进入设备内部,污染绝缘介质,降低绝缘性能。腐蚀介质会侵蚀设备金属部件,如母线在腐蚀性环境中,表面易生锈,增大接触电阻,导致接头过热。振动与冲击同样不容小觑,设备运行中若长期处于振动环境,内部元件可能松动、脱落,如互感器在强烈振动下,内部线圈可能移位,影响测量精度。

3.3 运行操作因素

操作规范性直接影响电气一次设备运行安全。若操作人员未严格按照操作规程进行操作,如高压开关设备分合闸操作顺序错误、操作力度不当等,可能损坏操作机构,引发设备故障。负荷波动对设备影响也较大,电气一次设备设计有一定负荷范围,若负荷频繁大幅波动,超出设备承受能力,会使设备过热、绝缘损坏,如发电机在负荷突变时,转子受力变化大,可能引发机械故障。启停操作不当同样危害设备,如发电机启动时若未按规定预热,可能因热应力损坏设备;停止时若未及时调整负荷,可能引发设备过电压等问题。

3.4 维护保养因素

维护周期合理性是保障设备正常运行的关键。若维护周期过长,设备隐患不能及时发现处理,小问题可能

演变成大故障。如电缆若长期未检查维护,绝缘老化问题得不到及时解决,易引发漏电、短路事故。维护方法适用性也影响维护效果,不同电气一次设备有不同维护要求,若采用不恰当维护方法,可能损坏设备。如对主变压器油质处理,若方法不当,可能无法有效去除油中杂质、水分,影响变压器运行。维护不到位隐患众多,如母线接头维护时未紧固到位,会导致接触电阻增大,引发接头过热故障。

4 电气一次设备故障的预防及处置要点

4.1 设备故障预防要点

预防电气一次设备故障,要从源头把控设备质量。在设备选型阶段,依据火力发电厂实际运行需求,挑选性能可靠、质量优良的设备,参考行业权威标准与长期运行数据,确保设备具备适应复杂工况的能力^[4]。安装调试环节,严格遵循安装规范,由专业人员操作,保证设备安装位置合理、连接牢固、参数设置准确,为后续稳定运行奠定基础。运行过程中,构建完善的监测体系至关重要,利用在线监测装置实时收集设备运行数据,如温度、振动、电流等参数,通过数据分析技术提前发现潜在隐患。同时,制定科学合理的巡检计划,定期对设备进行外观检查、性能测试,及时清理设备表面灰尘、检查连接部位紧固情况,确保设备始终处于良好运行状态。

4.2 故障排查要点

故障排查需遵循系统化流程。当设备出现异常时,先从宏观层面分析故障可能涉及的系统与设备范围,借助仪器仪表对关键参数进行测量,对比正常值范围初步判断故障类型。对于疑似故障设备,采用分段排查法逐步缩小故障范围,先检查设备外部连接、电源等基础部分,再深入到内部电路、机械结构。利用专业诊断工具,如红外测温仪检测设备局部温度异常,示波器分析电气信号波形,精准定位故障点。排查过程中,详细记录各项数据与现象,为后续分析故障原因提供依据,避免遗漏关键信息导致故障反复出现。

4.3 故障应急处置要点

故障应急处置要迅速且有序。发现故障后,立即启动应急预案,根据故障类型与严重程度,确定是否需要停机处理。若故障不影响设备主要功能且不会进一步恶化,可安排专业人员现场监护,继续运行设备,同时开

展故障原因的排查工作;若故障可能导致设备损坏或引发更大事故,应果断停机,切断故障设备相关电源与连接,防止故障扩大。在停机后,迅速组织维修人员携带必要工具与备件赶赴现场,依据故障排查结果制定维修方案,优先处理影响设备运行的关键故障,如发电机绝缘损坏、主变压器绕组短路等,按照维修规程进行修复,修复完成后进行全面测试,确保设备恢复正常运行后再投入使用。

4.4 设备维护优化要点

优化设备维护要从多方面入手。完善维护管理制度,明确维护人员职责与维护流程,确保维护工作有序开展。加强维护人员培训,定期组织技术交流与案例分析,提升维护人员专业技能与故障处理能力。根据设备运行数据与故障历史,动态调整维护周期与维护项目,对于易损部件增加检查频次,对于运行稳定部件适当延长维护周期^[5]。建立备件管理库,合理储备常用备件,保证备件质量可靠,缩短故障维修等待时间。同时,引入设备维护管理系统,对维护工作进行全程记录与分析,不断优化维护策略,提升设备维护水平与运行可靠性。

结束语

火力发电厂电气一次设备常见故障分析是一项系统且长期的工作。通过全面剖析设备故障类型、产生原因,并针对性地提出预防与处置要点,能够有效降低设备故障发生率,提升设备运行可靠性与稳定性。在实际工作中,需持续强化设备管理,优化维护策略,提高运维人员专业素养,确保电气一次设备始终处于良好运行状态,为火力发电厂的安全稳定运行提供坚实保障。

参考文献

- [1]王占彬.火力发电厂电气一次设备常见故障分析[J].智能建筑与工程机械,2022,4(6):53-55.
- [2]易华敏.火力发电厂电气一次设备的常见故障分析[J].大众科学,2024(15):16-18.
- [3]闫炳臣.发电厂电气一次设备故障检修与处理方法研究[J].科学与信息化,2025(21):79-81.
- [4]马鹏,赵亚东,刘天明.火力发电厂电气一次设备常见故障剖析[J].商品与质量,2021(30):206.
- [5]刘虎.火力发电厂电气一次设备常见故障剖析[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2022(2):49-51.