

火电厂高压电气设备绝缘检测技术应用探索

李鹏飞

中国华电集团贵港发电有限公司 广西 贵港 537100

摘要: 在火电厂运行中, 高压电气设备绝缘检测至关重要。本文先阐述绝缘检测核心技术类型、基本原理及所需设备工具, 接着分析变压器、高压开关设备、互感器、高压电机等主要高压设备绝缘检测应用, 再介绍检测实施流程, 包括前期准备、现场操作和后期整理。最后梳理检测技术现存问题, 提出优化路径与应用保障措施。通过系统研究, 为提升火电厂高压电气设备绝缘检测水平提供参考, 保障电力系统安全稳定运行。

关键词: 火电厂; 高压电气设备; 绝缘检测技术; 应用探索; 优化保障

引言: 火电厂作为电力供应的重要来源, 其高压电气设备的安全稳定运行关乎整个电力系统的可靠性。绝缘性能是高压电气设备正常运行的关键指标, 一旦绝缘出现问题, 可能引发设备故障甚至电力系统事故。随着火电厂设备不断更新和运行要求提高, 传统的绝缘检测技术面临挑战。因此, 深入探索火电厂高压电气设备绝缘检测技术应用, 提升检测的准确性和有效性, 对保障火电厂安全运行具有重要意义。

1 火电厂高压电气设备绝缘检测基础技术

1.1 绝缘检测核心技术类型

绝缘检测核心技术类型围绕火电厂高压电气设备绝缘状态评估需求, 形成多维度检测技术体系, 各技术依托不同检测原理实现绝缘性能精准判断^[1]。绝缘电阻检测技术通过施加规定直流电压, 测量设备绝缘层的电阻值, 反映绝缘层绝缘性能完好程度, 是应用最广泛的常规检测技术之一。介质损耗因数检测技术聚焦绝缘介质在交变电场作用下的能量损耗, 通过测量介质损耗因数数值, 判断绝缘介质老化、受潮等隐患。局部放电检测技术针对设备绝缘内部局部电场集中引发的放电现象, 捕捉放电信号并分析特征, 识别绝缘内部细微缺陷。绝缘油检测技术通过分析高压电气设备内部绝缘油的理化指标与电气性能, 判断绝缘油劣化程度及设备内部绝缘状态, 适用于油浸式高压设备检测。

1.2 绝缘检测技术基本原理

绝缘检测技术基本原理是各类检测方法有效应用的核心, 需明确工作机制、适用条件及操作流程要点。各类检测技术的工作机制基于电磁感应、电场耦合、能量损耗等物理原理, 结合高压电气设备绝缘特性, 通过特定信号采集与分析实现绝缘状态判断。检测技术的适用条件需结合设备类型、绝缘结构、运行环境等因素确定, 不同检测技术对应不同设备工况与绝缘形式, 适配

性直接影响检测准确性。检测技术的操作流程要点需遵循电力设备绝缘检测相关技术规范, 明确检测前准备、信号采集、数据记录各环节操作标准, 规范操作流程可减少检测误差, 提升检测结果可靠性。

1.3 绝缘检测所需设备与工具

绝缘检测所需设备与工具是保障检测工作有序开展的物质基础, 需重点关注选型调试、日常维护及操作规范。检测设备的选型与调试需结合检测技术类型、设备检测需求, 选用精度符合标准、性能稳定的检测设备, 调试过程需校准设备参数, 确保设备处于正常工作状态。检测工具的日常维护需建立常态化维护机制, 定期对检测仪器、连接线等工具进行清洁、检查, 排查设备故障隐患, 延长工具使用寿命。检测设备的操作规范需严格遵循设备使用说明书及检测技术标准, 操作人员需熟悉设备操作流程, 规范操作步骤, 避免操作不当导致检测数据失真或设备损坏, 保障检测工作安全高效推进。

2 火电厂主要高压电气设备绝缘检测应用

2.1 变压器绝缘检测

变压器绝缘检测需从绕组、铁芯及绝缘油三个维度展开系统性评估。绕组绝缘检测重点聚焦直流电阻特性与介质损耗变化规律, 直流电阻测试通过施加微弱直流电流, 测量绕组线间及对地电阻值, 该参数可直观反映匝间绝缘完整性, 当电阻值出现非对称性变化时, 往往预示局部绝缘劣化趋势^[2]。介质损耗检测采用工频电压激励下的能量损耗分析方法, 通过监测介质损耗因数随时间演变特征, 可有效捕捉绝缘材料老化初期征兆。铁芯绝缘检测核心任务是识别多点接地故障, 通过测量铁芯对地绝缘电阻的动态变化, 结合绝缘电阻-时间曲线分析技术, 可精准定位隐蔽性接地缺陷, 检测前需对变压器实施充分放电处理以消除残余电荷干扰。绝缘油检测实施涵盖溶解气体分析与物理性能测试双重路径, 溶解气

体检测通过解析油中特征气体组分构成,可追溯内部过热或放电故障的发展轨迹;物理性能测试重点关注油品击穿电压与微水含量指标,这两项参数直接决定绝缘油的电气强度与绝缘寿命。

2.2 高压开关设备绝缘检测

高压开关设备在火电厂电力系统中承担着控制和保护的重要任务,其绝缘性能直接影响电力系统的安全运行。断路器绝缘检测是关键环节。断路器在分合闸过程中承受高电压和大电流,绝缘部件易受损。检测时,采用绝缘电阻测试、泄漏电流测试等方法。绝缘电阻测试可判断断路器绝缘是否存在受潮、污秽等问题;泄漏电流测试则能更准确地反映绝缘的劣化程度。隔离开关绝缘检测同样重要。隔离开关主要用于隔离电源,保证检修安全。长期暴露在空气中,其绝缘子易受灰尘、污秽等影响,导致绝缘性能下降。检测方法主要包括绝缘电阻测试和外观检查。通过测量绝缘电阻值,结合外观检查绝缘子有无裂纹、破损等情况,确保隔离开关绝缘可靠。开关柜内部绝缘检测不容忽视。开关柜内集成了多种电气设备,空间紧凑,绝缘问题易引发相间短路等严重故障。检测时,采用局部放电检测、红外热成像检测等方法。局部放电检测可发现绝缘内部的局部缺陷;红外热成像检测则能通过检测设备表面温度分布,判断是否存在过热现象,及时发现绝缘隐患。

2.3 互感器绝缘检测

电流互感器绝缘检测需兼顾一次绕组绝缘屏障与二次回路绝缘完整性。一次绕组检测采用高电压绝缘电阻测试方法,通过施加2500V直流电压测量绝缘电阻值,该参数可反映绕组对地绝缘的宏观状态;二次绕组检测采用1000V低压绝缘测试,重点监测绕组间绝缘性能,防止二次回路短路引发保护误动。电压互感器绝缘检测包含电磁单元绝缘评估与电容分压器状态诊断两个层面,电磁单元检测通过测量铁芯绝缘电阻与绕组直流电阻,可判断铁芯多点接地及绕组匝间短路风险;电容分压器检测采用电桥法测量电容值与介质损耗,通过对比实测值与标准曲线偏差,可评估分压器老化程度。引线绝缘检测融合热成像技术与放电监测方法,红外热成像通过捕捉引线接头温度异常分布,可识别接触不良缺陷;脉冲电流法通过测量放电脉冲的幅值频次特征,结合相位分布模式分析,可判定引线绝缘层内部放电严重程度。

2.4 高压电机绝缘检测

高压电机作为火电厂的重要动力设备,其绝缘性能直接影响运行稳定性。高压电机绝缘检测主要聚焦定子绕组绝缘与转子绝缘两大核心部分^[3]。定子绕组绝缘检测

采用绝缘电阻测试与介质损耗因数检测相结合的方式,通过施加规定直流电压测量绝缘电阻,反映绕组绝缘完整性;同时利用介质损耗因数检测,捕捉绝缘介质在交变电场下的能量损耗,判断绝缘老化、受潮等隐患。转子绝缘检测重点监测转子绕组对地绝缘电阻,采用高电压绝缘电阻测试方法,确保转子绝缘可靠。此外,还需对电机绝缘油进行定期检测,分析其理化指标与电气性能,判断绝缘油劣化程度,为电机内部绝缘状态评估提供依据。通过系统检测,及时发现高压电机绝缘缺陷,保障电机安全稳定运行。

3 火电厂高压电气设备绝缘检测实施流程

3.1 检测前期准备

检测前期准备是绝缘检测工作有序开展的前提,需围绕方案、人员、安全及现场四大维度系统推进,为后续检测操作筑牢基础。检测方案编制与优化需结合火电厂高压设备类型、运行状态及检测需求,依据电力设备绝缘检测相关技术规范,明确检测范围、技术方法、操作标准及时序安排,通过优化细节提升方案可操作性与针对性。检测人员配置与分工需结合检测任务复杂度,配备具备相应专业资质与实操经验的检测人员,明确各岗位工作职责与操作范围,确保检测工作层层落地、有序衔接。设备停机与安全防护准备需严格遵循火电厂安全操作规程,对检测涉及的高压设备进行规范停机,落实接地、挂牌等安全防护措施,防范高压触电等安全风险。检测现场清理与布置需清理检测区域内杂物、障碍物,合理布置检测设备与操作空间,确保检测操作顺利开展,减少现场环境对检测工作的干扰。

3.2 现场检测操作

现场检测操作是绝缘检测的核心环节,需严格遵循规范要求,精准把控各操作细节,保障检测数据准确可靠。检测点位确定与标记需结合设备结构特点及检测技术要求,精准定位设备绝缘关键检测部位,采用规范标记方式明确点位,避免检测遗漏或错位。检测操作规范执行需严格按照检测方案及设备操作标准,规范操作步骤与操作手法,控制检测过程中的各类误差,确保检测操作符合技术要求。检测数据实时记录需采用规范记录方式,精准记录各检测点位的原始数据,标注检测时间、环境条件等相关信息,避免数据遗漏或记录错误。现场检测异常处理需建立快速响应机制,发现检测数据异常或设备绝缘隐患时,立即停止相关检测操作,排查异常原因,采取针对性处置措施,确保检测工作安全可控。

3.3 检测后期整理

检测后期整理是完善绝缘检测工作的重要环节,需

聚焦数据、设备及现场三大核心,确保检测工作闭环推进。检测数据整理与核对需对现场记录的原始数据进行系统梳理,按照相关技术标准进行核对校验,剔除无效数据,规范数据整理格式,确保数据完整性与准确性。检测设备回收与归置需在检测工作完成后,对各类检测仪器、工具进行全面检查、清洁与调试,按照设备存放标准分类归置,做好设备状态记录,为后续检测工作做好准备^[4]。检测现场恢复需清理检测区域内的检测设备、工具及杂物,恢复现场原有布置,检查现场安全防护措施拆除情况,确保现场符合火电厂设备正常运行要求,保障后续设备顺利重启。

4 火电厂高压电气设备绝缘检测技术优化与完善

4.1 检测技术现存问题梳理

检测技术现存问题梳理是实现技术优化与完善的前提,需聚焦现场检测实际工况,精准排查各类突出问题与难点。现场检测干扰问题处理需针对火电厂复杂电磁环境、设备运行干扰等因素,梳理干扰对检测数据的影响路径,明确干扰抑制的核心难点,为后续干扰治理提供方向。复杂工况下检测难点解决需结合火电厂高温、高湿、高粉尘等特殊运行环境,分析此类环境对检测设备性能、检测操作及数据准确性的制约,梳理不同工况下检测工作面临的具体难题。检测效率提升难点分析需结合现有检测流程、设备性能及人员操作水平,排查影响检测效率的关键因素,明确效率提升过程中需突破的技术与管理瓶颈。

4.2 检测技术优化路径

检测技术优化路径需立足现存问题,结合火电厂高压设备运行特点与检测需求,从方法、设备、流程三个维度系统推进。检测方法改进与创新需依托电力检测技术发展趋势,融合新型检测原理与技术手段,优化现有检测方法的不足,提升检测技术的适配性与准确性,适配复杂工况下的检测需求。检测设备升级与改造需聚焦设备精度、稳定性及抗干扰能力,更新老化落后设备,改造现有设备的功能短板,引入智能化、自动化检测设备,减少人为操作误差。检测流程优化与简化需梳理现有检测流程的冗余环节,结合检测实际需求规范流程步骤,精简不必要的操作环节,提升检测流程的合理性与

高效性,确保检测工作高效有序推进。

4.3 检测技术应用保障

检测技术应用保障是确保优化后技术有效落地的关键,需从人员、制度、监督三个层面构建完善的保障体系。检测人员技能提升需建立常态化培训机制,围绕新型检测技术、设备操作规范、故障排查方法等内容开展专业培训,提升检测人员的专业素养与实操能力,适应技术优化后的检测需求^[5]。检测工作管理制度完善需结合技术优化方向,修订完善检测岗位职责、操作规范、数据管理等相关制度,明确工作标准与责任分工,规范检测工作全过程管理。检测技术应用监督与管控需建立全方位监督机制,加强对检测操作、数据记录、设备使用等环节的监督检查,及时发现并纠正不规范操作行为,确保优化后的检测技术严格落实,保障检测工作质量与安全。

结束语

火电厂高压电气设备绝缘检测技术的研究与应用,是保障电力系统安全稳定运行的关键举措。变压器、高压开关设备、互感器及高压电机等设备的绝缘检测,共同构建起火电厂高压电气设备的安全防护网。通过梳理检测技术现存问题,从检测方法、设备、流程等方面提出优化路径,并构建完善的应用保障体系,能有效提升绝缘检测水平。在实际工作中,持续总结经验、改进检测技术,可确保高压电气设备绝缘性能良好,为火电厂稳定运行筑牢根基。

参考文献

- [1]梁树利.水电厂高压电气设备绝缘状态监测与故障诊断研究[J].装备维修技术,2025,(06):82-85.
- [2]陈兴勇.新能源汽车高压电气系统绝缘监测与故障诊断技术研究[J].汽车知识,2025,25(12):185-187.
- [3]林忠波,孙龙,梁吉省,等.高压电气设备绝缘在线监测技术的应用研究[J].中国设备工程,2025,(20):222-224.
- [4]陈艺平.高压电气设备绝缘在线监测技术的应用及发展前景[J].江西电力职业技术学院学报,2022,35(11):13-15,18.
- [5]汪文博.基于动态基准源的高压电气设备绝缘介质损耗测量[J].电气技术与经济,2025,(08):306-308.