

高压开关柜电气一次故障诊断与处理研究

李伟伟

贵州乌江水电开发有限责任公司大龙分公司 贵州 铜仁 554001

【摘要】：高压开关柜是火电厂厂用电系统中的核心一次设备，其运行稳定性直接关乎火电厂机组安全运行与厂用电供电可靠性，而电气一次故障是导致开关柜停运和火电厂厂用电系统故障的主要诱因。针对当前故障诊断精准度不足、隐性故障预判能力薄弱、故障处理规范化程度偏低等行业痛点，本项目拟进行高压开关柜电气一次故障诊断和处理方法的研究。通过研究红外测温、局部放电、振动检测等智能检测技术的应用机理与实操方式，以满足对各种电气一次故障的检测要求，梳理各典型故障的规范化处置流程与长效优化策略。本研究可进一步完善火电厂厂用电设备电气一次故障的运维检修技术体系，为实现火电厂电气一次设备的状态检修和故障精细化管理奠定基础。

【关键词】：高压开关柜；电气一次故障；故障诊断

DOI:10.12417/2811-0528.26.17.027

随着电力系统智能化、稳定化建设持续推进，高压开关柜在火电厂厂用电系统中应用广泛，其长期带电运行、环境干扰、设备老化等原因易诱发各类电气一次故障，这类潜在隐患会逐步演变为设备损毁、厂用电中断、机组非计划停运等安全事故。目前，我国火电厂厂用电设备运维仍以人员周期性巡视为主，对火电厂厂用电开关柜隐性和耦合的电气一次故障辨识能力不足，且故障处置缺乏统一标准化流程，难以适配火电厂电气一次设备精益化运维的发展需求。因此，本文以高压开关柜为研究对象，从智能化故障诊断和规范化故障处理两个方面进行深入研究，构建适配各类故障的系统化运维体系，提高火电厂厂用电设备的工作可靠性和维护的专业化水平^[1]。

1 高压开关柜电气一次故障诊断研究

1.1 红外测温诊断技术，针对载流过热故障的精准诊断

利用红外热像仪对高压开关柜电气一次回路的载流部件进行非接触、不停电探测，并对其关键的载流部件进行故障诊断。通过与常规工作条件下的温度场进行比较，辨识出局部的异常升温范围，精确定位接触不良、载流过载、部件老化等引起的过热故障。在实际应用中，可避免因断电而造成火电厂发电运行损失，使其适配火电厂连续发电工况，可依据温度分布特征区分设备温升异常差异，从而弥补火电厂人工巡检易遗漏细微过热缺陷的不足，为实现对载流类型一次故障的及早判断，提供准确的数据支持^[2]。

1.2 局部放电检测技术，针对绝缘隐性故障的预判诊断

由于绝缘老化、绝缘子破损和箱体受潮等原因，会造成绝缘早期无明显外观缺陷，传统的测试方法很难对其进行有效辨识，而局部放电检测可以对这类故障进行预警和精确诊断。其中电磁测量法是开关柜局放检测的主流技术，主要依托超高频

电磁检测原理，捕捉设备绝缘缺陷产生的高频电磁信号，抗环境干扰素力强，适配火电厂密闭型厂用电开关柜检测场景，可精准捕捉微弱局放信号，弥补常规检测手段的短板，其装置如图1所示。通过对开关柜中的绝缘材料进行超声波和超高频信号的检测，对其进行幅值、频率及分布特性的研究，完成故障特征的精准研判。通过对绝缘气隙、表面爬电和介质击穿等多种隐蔽故障的表征，精确辨识出尚未转变为击穿故障的绝缘早期隐患，以克服常规耐压测试只能发现明显故障的不足，达到对绝缘一次故障的及早预警，降低火电厂因绝缘突发故障引发厂用电中断、机组非停风险。

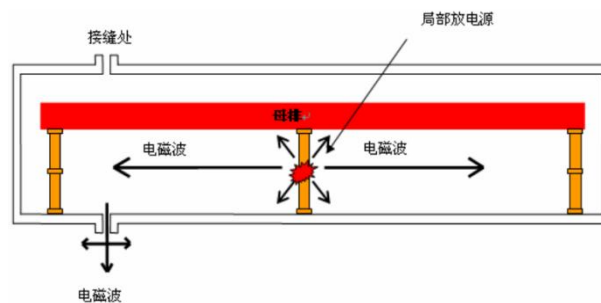


图1 开关柜局放的电磁测量法装置

1.3 振动检测诊断技术，针对开关机械故障的特征识别

高压开关、隔离开关等一次设备在机械动作过程中，会产生对应的特征振动信号，通过对其进行在线监测，可对其进行快速、准确地辨识。在工艺实践中，利用传感器精确采集箱体、操作机构和传动部件的振动参数，提取其最大的振动峰值、频率和持续时间，并将其与常规工况下的基准振动信号进行对比和分析。通过对机构卡涩、传动松动、部件磨损、铁心异常等机械缺陷的精确提取，可精准识别人工巡检难以发现的细微机械隐患，为火电厂电气一次机械类故障精准定位与定量诊断提

供依据。

2 高压开关柜电气一次故障处理研究

2.1 绝缘类故障处理

针对绝缘故障的处置,以消除绝缘缺陷,恢复设备绝缘性能,保障火电厂厂用电绝缘安全、杜绝故障复发为主要目的,形成规范化和流程化的处置体系。针对绝缘子表面积灰引起的轻微绝缘隐患,采用通风除湿、清洗绝缘部件、喷涂绝缘保护涂料等方法开展整改,切断沿面闪络故障产生的条件。针对绝缘老化、介质开裂和绝缘气隙引起的中度绝缘缺陷,需要将老化损坏的绝缘部件进行替换,并对绝缘装配结构进行重新加固,以确保部件的装配精度。对于严重的绝缘击穿和剧烈放电故障,需要对周围相关一次装置的绝缘状况进行全面排查,并同时安全进行检查和维修,在进行了整改之后,将会进行绝缘电阻和耐压试验,以验证绝缘性能是否合格。

2.2 载流过热故障处理

载流过热问题主要集中在一次载流回路接触不良,载流能力不足、负荷异常等问题,开展针对性规范化检修。为解决触头和母线连接处因氧化腐蚀而产生的接触发热问题,本项目拟通过打磨抛光等方法消除接触表面氧化物,调节触头的接触压力和贴合面积,确保载流接触面紧密贴合,减小接触电阻,满足火电厂厂用电持续大电流载流要求。针对因螺栓松动和接线不规范而引起的温度升高问题,根据设备力矩标准将各接头部位拧紧,并通过优化接线布局来防止局部载流集中。考虑到线路因长期过载运行而引起的过热问题,结合火电厂机组负荷特性优化负载分配,并在事故结束后进行了过流温度测试,以保证回路温度和接触电阻满足使用要求。

2.3 机械故障处理

对开关柜的机械类一次设备进行了一系列的检查和调试工作,其中包括操作机构、传动部件和闭锁装置等。对于分合

闸卡顿或动作卡顿的故障,应将传动连杆、销轴和轴承等活动部件进行拆卸和检查,清除其中的粉尘油污,将已老化的部件替换掉,并加入合适的润滑油,以确保各部件的动作灵活顺畅。针对因弹簧疲劳和机构错位引起的动作失灵问题,进行机构安装定位校正,并将疲劳弹性部件替换,调整分合闸速度和动作参数到标准范围。针对闭锁失效和操作异常等安全问题,对机械闭锁和电气闭锁联动进行了全面校验,并进行了操作测试,保障火电厂厂用电开关柜机械操作可靠、满足机组启停与负荷调整需求^[3]。

2.4 短路、接地故障处理

短路和单相接地是高压开关柜高危电气一次故障,其处理要按照安全操作规程和事故处理规程进行,同时考虑到了“零点”和“一机一备”两种情况。在出现事故后,首先进行断电、验电和接地等安全措施,隔离故障开关柜,避免故障蔓延至火电厂厂用电母线、危及主设备安全。对短路接地点进行分区查找,对因故障引起的烧蚀残渣进行清除,对损坏的母线、电缆和设备部件进行维修。对有缺陷线路的绝缘性能进行综合测试,对设备的完好情况进行检查,检查有无潜在的绝缘缺陷,部件松动等可能引起的危险,避免引发火电厂厂用电系统二次故障、威胁机组运行。检修完毕后,对设备进行耐压、绝缘及空载合闸试验,验证设备满足火电厂连续运行工况要求。

3 结语

综上所述,本文以高压开关柜电气一次故障为研究对象,针对其运行过程中存在的核心问题,开展系统性的故障诊断与处理方法专项研究,整合各类智能检测技术的工程实操应用方式,并对各种典型的电气一次故障进行规范化的处置流程和长效治理策略。其研究成果可有效改善现有火电厂厂用电开关柜一次故障运维技术零散、标准缺失、诊断精准度不足等行业问题,搭建贴合火电厂电气一次专业精益化运维需求的故障诊断与处置技术体系。

参考文献:

- [1] 倪永杰.高压开关柜机械联锁系统结构改进[J].电气时代,2025,(10):96-98+131.
- [2] 刘燕子,商建超,张旸.高压开关柜中继电保护系统的优化与故障诊断方法研究[J].科技资讯,2025,23(16):55-57.
- [3] 邱闰.高压开关柜内部电弧故障的防护措施分析[J].集成电路应用,2025,42(7):156-157.