

变电站设备故障诊断及运行维护管理

王 宁

国华(赤城)风电有限公司 河北 张家口 075000

摘要: 在现代社会,电力供应如同人体的血脉,支撑着生产生活的有序运转,而变电站则是这一供电网络的核心枢纽。本文深入剖析变电站设备故障原因,涵盖设备老化磨损、过电压、短路接地、环境因素及人为失误等。详细阐述多种故障诊断方法,包括在线监测、自动化检测与人工智能诊断等技术。针对运行维护管理,提出建立健全维护制度、加强巡检、提升人员素质及应用先进技术手段等策略,旨在全面提升变电站设备的可靠性与稳定性,保障电力系统安全高效运行。

关键词: 变电站;设备故障诊断;运行维护管理

引言:变电站作为电力系统的关键枢纽,承担着电压变换、电能分配与传输等重要任务。其设备运行状态直接关乎整个电力系统的稳定性与可靠性。然而,在实际运行中,变电站设备易受多种因素影响而出现故障,如设备自身老化、复杂的电气环境以及人为操作不当等。这些故障不仅可能导致局部供电中断,影响生产生活,严重时还会威胁电力系统的安全稳定运行。因此,深入研究变电站设备故障诊断及运行维护管理具有重要的现实意义。

1 变电站设备故障原因分析

1.1 设备老化与磨损

变电站内诸多设备长期处于持续运行状态,历经长时间的机械运转与电气应力作用,不可避免地会出现老化与磨损现象。以变压器为例,其内部绕组的绝缘材料在长期热、电、机械等应力综合影响下,绝缘性能逐渐下降,易引发绝缘击穿故障。断路器的触头在频繁开合过程中,因电弧侵蚀与机械摩擦,触头表面会出现烧蚀、磨损,致使接触电阻增大,影响正常分合闸操作。此外,各类传动部件如齿轮、链条等,在长期运行中也会因磨损导致传动精度降低,甚至出现卡死现象,最终造成设备故障,严重威胁变电站的稳定运行。

1.2 过电压影响

电力系统运行过程中,过电压情况时有发生。大气过电压常由雷击引起,强大的雷电流瞬间注入变电站设备,会在设备上产生极高的过电压,可能直接击穿设备绝缘,如绝缘子闪络、变压器绕组绝缘损坏等。操作过电压则多因断路器、隔离开关等设备的操作引起,例如空载线路合闸、切除空载变压器等操作,会在系统中产生暂态过电压。这些过电压若超过设备的耐受水平,就会对设备造成不可逆的损伤,破坏设备内部的绝缘结

构,影响设备正常运行,进而引发电力系统故障,干扰电力供应的稳定性。

1.3 短路与接地故障

短路故障是变电站较为常见且危害极大的故障类型。当电气设备的绝缘损坏、导线断裂或不同相导体间发生意外接触时,就会形成短路。短路瞬间会产生远超正常运行电流数倍甚至数十倍的大电流,这将使设备发热急剧增加,可能烧毁设备,如变压器绕组短路会引发油温急剧上升,甚至导致变压器起火爆炸。接地故障同样不容忽视,多由设备绝缘损坏或线路接地不良引发。

1.4 环境因素影响

变电站设备运行环境复杂多变,诸多环境因素会对设备产生不利影响。在潮湿环境中,设备的金属部件易发生腐蚀,降低设备机械强度,同时水分还可能渗入绝缘材料,使绝缘性能下降,增加设备故障风险,如户外绝缘子在长期潮湿环境下易出现沿面闪络现象。而在高温环境下,设备的散热困难,会导致设备内部温度过高,影响设备正常运行,像变压器油温过高会加速绝缘老化。

1.5 人为操作失误

人为操作失误也是引发变电站设备故障的重要因素。一方面,运维人员专业知识不足,对设备操作流程不熟悉,在进行设备检修、倒闸操作等工作时,可能出现错误操作,例如在未断开电源的情况下进行设备检修,极易引发触电事故,损坏设备。另一方面,部分运维人员工作态度不严谨,责任心不强,违反操作规程,如操作过程中未严格核对设备名称、编号,误合或误分断路器等,这些人为失误都可能导致设备故障,甚至引发电力系统大面积停电事故,给社会生产生活带来巨大损失^[1]。

2 变电站设备故障诊断方法

2.1 在线监测技术

在线监测技术通过传感器实时采集设备运行参数,如变压器油温、绕组温度、电流、电压等,对设备状态进行连续或定时监测,且通常自动进行。早在1951年,美国西屋公司就有在线监测设想。20世纪60年代起,各国逐步发展相关技术。在变电站中,变压器在线监测可通过监测油中溶解气体判断绝缘状态,气相色谱仪用于分析油中气体,能发现早期故障。同时,局部放电在线监测可借助传感器技术、信号处理技术等提高灵敏度和抗干扰水平

2.2 自动化检测技术

自动化检测技术利用专用设备,定期或在设备异常时自动检测。它能模拟设备运行工况,全面检测诊断。例如,局部放电检测仪通过检测设备内部局部放电电信号判断绝缘缺陷,在变电站设备绝缘检测中广泛应用。红外热像仪利用设备热辐射原理,分析设备表面温度分布发现过热故障,在检测高压电气设备热点方面效果显著。自动化检测技术操作便捷、检测速度快、准确性高,能快速获取设备大量数据,经分析及时发现潜在问题,极大提高故障诊断效率和准确性,为设备维护提供有力依据,保障变电站设备稳定运行。

2.3 人工智能诊断技术

人工智能诊断技术利用算法对变电站设备运行数据学习分析,建立故障诊断模型实现智能诊断。如神经网络算法,通过对设备运行参数训练构建模型,设备异常时输入参数,模型可快速判断故障类型和部位。专家系统则将专家经验知识以规则存于知识库,通过推理机对故障现象推理得出诊断结果。以某变电站为例,采用人工智能诊断技术后,故障诊断准确率大幅提升,能及时准确发现设备潜在故障隐患。其具有自学习、自适应特点,随着数据积累和算法优化,诊断水平和可靠性将不断提高,在变电站设备故障诊断领域前景广阔^[2]。

3 变电站设备运行维护管理策略

3.1 建立健全维护管理制度

3.1.1 制定维护计划与标准

维护计划需依据设备类型、运行状况、厂家建议及行业规范来制定。以变压器为例,需综合其负载率、运行时长、历史故障记录等确定巡检周期与维护深度。在标准方面,从设备外观整洁度、各部件连接紧固程度,到电气参数的正常范围等都应有明确界定。例如,规定高压开关柜内各连接部位的温度不得超过70℃,通过红外测温仪定期检测,确保设备运行在安全阈值内。同

时,根据季节特点和用电峰谷期,灵活调整维护计划,如夏季高温时增加对散热设备的检查频次,保障设备稳定运行。

3.1.2 规范操作流程

涵盖设备的日常操作、倒闸操作及检修操作等各个环节。在倒闸操作中,从接受调度指令、审核指令、填写操作票,到模拟预演、实际操作,每一步都有严格顺序与要求。操作前需明确操作目的、危险点及防范措施,操作过程中严格执行监护制度,一人操作、一人监护,确保操作准确无误。比如在变压器停电检修操作时,依次断开负荷侧开关、电源侧开关,再进行验电、挂接地线等安全措施,防止误操作引发设备损坏或人员伤亡,以规范流程保障设备操作安全。

3.1.3 强化责任追究制度

明确各岗位在设备维护管理中的职责,当设备出现故障或异常情况时,依据责任界定进行追溯。若因巡检人员未按规定流程检查,遗漏设备隐患导致故障发生,巡检人员需承担相应责任。从轻微失误的警告、扣减绩效分数,到严重失职引发重大事故的行政处分、法律追责,有清晰的处罚层级。同时,设立奖励机制,对及时发现重大隐患、提出有效改进建议的人员给予奖励,激励员工认真履行职责,提升整体维护管理水平。

3.2 加强设备巡检维护

3.2.1 日常巡检内容与方法

日常巡检主要涵盖设备外观、运行状态及周边环境等方面。巡检人员需查看设备有无渗油、放电痕迹,像变压器,要检查其油位是否正常,有无异常声响。高压开关柜、断路器等设备,需确认分合闸指示是否正确,操作机构是否灵活。方法上,采用“看、听、嗅、测”。看设备外观有无异常;听有无放电声、异常振动声;嗅是否有烧焦等异味;借助测温仪、红外成像仪等工具,测量设备关键部位温度,如高压开关柜内连接部位,确保温度在70℃安全阈值内,及时察觉早期隐患。

3.2.2 定期维护项目与周期

定期维护依设备类别确定项目与周期。变压器每年至少停电维护一次,内容包括油质检测、绕组绝缘电阻测试、分接开关检查等,保证绝缘性能良好,分接开关切换正常。断路器每半年维护一次,着重检查触头磨损情况、灭弧介质压力及操作机构的可靠性。隔离开关、互感器等设备也有对应维护周期,需进行触头清洁、连接部位紧固、接地电阻测量等工作。定期维护能深度排查设备隐患,维持设备长期稳定运行。

3.2.3 特殊时期巡检与维护

特殊时期需针对性巡检维护。雷雨天, 巡检人员穿绝缘靴、雨衣, 检查端子箱、机构箱是否进水, 避雷设施是否正常。雾天, 增加巡检频次, 密切关注易污闪设备, 穿绝缘靴防污闪接地伤人。高温时, 着重监测充油设备油位、温度, 开启冷却装置降温。汛期前, 检查排水管道、电缆沟封堵情况, 防止积水。过负荷时, 用仪器精准测温, 开启冷却设备, 依规程汇报调度, 确保设备在特殊工况下安全运行。

3.3 提高人员专业素质

3.3.1 日常巡检内容与方法

日常巡检主要涵盖设备外观、运行状态及周边环境等方面。巡检人员需查看设备有无渗油、放电痕迹, 像变压器, 要检查其油位是否正常, 有无异常声响。高压开关柜、断路器等设备, 需确认分合闸指示是否正确, 操作机构是否灵活。方法上, 采用“看、听、嗅、测”。看设备外观有无异常; 听有无放电声、异常振动声; 嗅是否有烧焦等异味; 借助测温仪、红外成像仪等工具, 测量设备关键部位温度, 如高压开关柜内连接部位, 确保温度在70℃安全阈值内, 及时察觉早期隐患。

3.3.2 定期维护项目与周期

定期维护依设备类别确定项目与周期。变压器每年至少停电维护一次, 内容包括油质检测、绕组绝缘电阻测试、分接开关检查等, 保证绝缘性能良好, 分接开关切换正常。断路器每半年维护一次, 着重检查触头磨损情况、灭弧介质压力及操作机构的可靠性。隔离开关、互感器等设备也有对应维护周期, 需进行触头清洁、连接部位紧固、接地电阻测量等工作。定期维护能深度排查设备隐患, 维持设备长期稳定运行。

3.3.3 特殊时期巡检与维护

特殊时期需针对性巡检维护。雷雨天, 巡检人员穿绝缘靴、雨衣, 检查端子箱、机构箱是否进水, 避雷设施是否正常。雾天, 增加巡检频次, 密切关注易污闪设备, 穿绝缘靴防污闪接地伤人。高温时, 着重监测充油设备油位、温度, 开启冷却装置降温。汛期前, 检查排水管道、电缆沟封堵情况, 防止积水。过负荷时, 用仪器精准测温, 开启冷却设备, 依规程汇报调度, 确保设备在特殊工况下安全运行。

3.4 应用先进技术手段

3.4.1 智能运维平台建设

智能运维平台集成5G、大数据、物联网等技术,

为变电站设备运维赋能。它能对区域内变电站全面接入与集中管理, 构建统一标准与运维体系, 实时呈现各变电站位置、设备数量、运行状态、实时参数等信息, 助力全局调度。通过监测计量仪表、配电柜等设备状态, 生成可视化数据报表或曲线图, 异常故障自动告警, 快速定位处理, 确保安全。同时, 线上派发维护、巡检任务, 记录工作日志、处理进度, 提升工作效率, 降低运维成本, 保障变电站稳定运行。

3.4.2 状态检修技术应用

状态检修技术涵盖可靠性为中心的维修及预测维修技术。前者基于元件故障对系统可靠性影响评估制定维修计划, 后者依据潜伏故障测量结果安排检修。以变压器为例, 借助在线监测设备获取油温、绕组温度、油中气体含量等数据, 运用故障诊断技术分析, 精准判断绝缘老化、过热等隐患, 在不降低可靠性前提下, 避免过度检修, 节省人力、物力, 提高设备可用率, 保障电力系统稳定运行。

3.4.3 设备全生命周期管理

设备全生命周期管理贯穿规划、采购、运营、处置各阶段。规划时, 评估需求、调研市场、编制预算选型, 确保设备契合生产、投资回报率高。采购注重供应商谈判、交付安装, 保障质量控成本。运营维护借助CMMS软件、预测性维护工具, 延长设备寿命、减少停机。处置阶段遵循法规, 安全拆除设备。各阶段数据多维度分析, 支撑科学决策, 实现设备效益最大化, 降低维修与停机成本^[1]。

结束语

在变电站运行维护中, 故障诊断与管理举足轻重。通过先进技术与科学方法, 我们实现了对设备故障的精准诊断, 及时发现隐患并排除。有效的运行维护管理则保障了设备稳定运行, 大幅降低故障发生率。展望未来, 随着智能化技术深入应用, 诊断将更智能高效, 管理也将更加精细化。

参考文献

- [1]毕小苹.强化变电站二次设备运行维护与管理探析[J].低碳世界,2023(18):161-162.
- [2]陈毅瑜.变电站设备故障诊断及运行维护管理探讨[J].企业技术开发,2023(20):196-197.
- [3]张俊.浅析变电站监测、运行与维护管理工作[J].中国信息化,2023,(8):348-348.