

# 变电站电气一次设备常见问题

吕国徽 张弘旭

内蒙古电力(集团)有限责任公司鄂尔多斯供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

**摘要:** 本文围绕变电站电气一次设备展开系统研究,先阐述其核心构成、工作原理及故障分类,再详细分析主变压器、开关类设备、互感器等各类核心设备的常见问题及成因,介绍常规与智能化检测诊断方法,提出针对性解决对策与预防措施。研究旨在明确设备故障规律,提升检测诊断效率,指导运维工作规范开展,减少故障发生频次,保障变电站及电网安全、稳定、高效运行,为电力系统运维工作提供切实可行的参考依据。

**关键词:** 变电站; 电气一次设备; 常见问题

引言: 变电站作为电力系统电能传输与分配的核心枢纽,电气一次设备是保障电力持续稳定供应的关键载体,其运行状态直接关系到电网的安全稳定与供电可靠性。随着电力负荷不断增长,一次设备长期处于高负荷运行状态,渗漏油、温度异常、绝缘劣化等各类问题频发,不仅缩短设备使用寿命,还可能引发供电中断、电网故障等严重后果,因此系统梳理设备常见问题并完善防控措施至关重要。

## 1 变电站电气一次设备相关基础理论

### 1.1 变电站电气一次设备核心构成

(1) 主变压器设备: 变电站的核心设备,负责将电网电压按需求升降,实现电能的传输与分配,其容量和电压等级决定变电站的供电能力。(2) 开关类设备: 断路器用于正常运行时接通电路,故障时快速切断故障电流;隔离开关用于设备检修时隔离电源,保障检修安全。(3) 互感器设备: 电流互感器将大电流转换为小电流,电压互感器将高电压转换为低电压,为计量、保护和控制设备提供标准信号。(4) 其他辅助一次设备: 包括母线、避雷器、电缆等,母线用于汇集和分配电能,避雷器防止雷电过电压损坏设备,电缆实现设备间的电能传输。

### 1.2 电气一次设备的工作原理与运行要求

(1) 核心设备工作原理: 主变压器通过电磁感应实现电压转换;断路器依靠灭弧装置熄灭电弧、切断电流;互感器基于电磁感应原理实现信号转换。(2) 设备正常运行的技术标准: 电压、电流、温度等参数需符合额定值,绝缘性能良好,无异常声响、渗漏等现象,保护装置动作可靠。(3) 设备运行的环境要求: 保持干燥、清洁,环境温度、湿度控制在规定范围,避免粉尘、腐蚀性气体等影响设备运行<sup>[1]</sup>。

### 1.3 电气一次设备故障的分类与影响

(1) 按故障严重程度分类: 分为轻微故障(如局部过热)、一般故障(如绝缘损坏)和严重故障(如短路、爆炸),严重故障会直接导致设备停运。(2) 按故障发生部位分类: 分为绕组故障、铁芯故障、绝缘故障、机械故障等,不同部位故障的影响范围和处理方式不同。(3) 故障对变电站及电网的影响: 轻微故障影响设备寿命,一般故障导致局部供电中断,严重故障会引发电网连锁反应,造成大面积停电,影响电力系统稳定运行。

## 2 变电站电气一次设备常见问题及成因分析

### 2.1 主变压器常见问题及成因

(1) 渗漏油问题及成因: 主要表现为油箱焊缝、法兰接口等部位渗油,成因包括密封件老化失效、焊接质量不佳,设备运行中振动导致接口松动,以及维护时密封件安装不当、螺栓紧固不均。(2) 温度异常问题及成因: 核心是绕组、铁芯温度超出额定范围,成因有冷却系统故障、散热不良,绕组匝间短路产生额外热量,铁芯绝缘损坏引发涡流损耗增大,以及长期过负荷运行导致热量累积。(3) 绝缘性能下降问题及成因: 表现为绝缘电阻降低、局部放电,成因包括绝缘材料老化、受潮,油中混入水分和杂质,长期过电压冲击导致绝缘损伤,以及设备检修时绝缘层受损未及时修复。(4) 绝缘油介损超标问题及成因: 介损值超出标准,成因是绝缘油受潮、氧化变质,混入金属杂质和纤维杂质,油质劣化后绝缘性能下降,且维护中油过滤不彻底、未及时换油。

### 2.2 开关类设备常见问题及成因

(1) 断路器拒动、误动及异常跳闸问题及成因: 拒动多因操作机构卡涩、线圈烧毁、控制回路故障;误动和异常跳闸源于保护定值设置不当、二次回路接线错误,以及外界干扰、操作电源不稳定。(2) 隔离开关接触不良及卡涩问题及成因: 接触不良导致发热,成因是

触头氧化、积污，弹簧压力不足；卡涩源于操作机构锈蚀、润滑不足，连杆变形，以及环境粉尘、冰雪堆积阻碍操作。（3）开关设备操作机构故障及成因：表现为机构拒分拒合、储能不足，成因是机构零件磨损、锈蚀，润滑油干涸，电磁铁故障，以及维护不及时、操作不当导致零件损坏<sup>[2]</sup>。

### 2.3 互感器常见问题及成因

（1）电流互感器过热、放电及二次回路断线问题及成因：过热因铁芯饱和、接触不良；放电源于绝缘老化、受潮；二次回路断线多因接线端子松动、导线断裂，以及维护时误碰、回路保护措施不足。（2）电压互感器保险熔断、冒烟及绝缘损坏问题及成因：保险熔断多因二次回路短路、过载；冒烟和绝缘损坏源于电压互感器铁芯饱和、绝缘受潮老化，以及系统过电压冲击、制造质量缺陷。（3）互感器测量误差超标问题及成因：误差超出允许范围，成因是铁芯损耗过大、绕组匝数偏差，接线错误、接触不良，以及设备老化、长期过负荷运行，环境温度过高影响计量精度。

### 2.4 其他一次设备常见问题及成因

（1）母线发热、松动问题及成因：发热源于接头接触电阻过大、长期过负荷；松动多因设备振动、螺栓紧固力矩不足，维护时未及时检查紧固，以及母线热胀冷缩导致接头松动。（2）避雷器性能劣化问题及成因：表现为泄漏电流增大、防雷能力下降，成因是长期受雷电冲击、系统过电压影响，密封不良导致受潮，以及内部元件老化、制造工艺缺陷。（3）电缆终端头故障问题及成因：常见绝缘破损、发热、放电，成因是终端头制作工艺不规范，绝缘层剥离过度或密封不良，运行中受环境腐蚀、机械损伤，以及电缆老化导致绝缘性能下降。

## 3 变电站电气一次设备常见问题的检测与诊断方法

### 3.1 常规检测方法应用

（1）外观检查与红外测温检测：外观检查主要通过目视排查设备表面破损、渗漏、松动等明显缺陷，重点检查密封件、接头、绝缘子等关键部位；红外测温检测利用红外测温仪捕捉设备温度异常，快速定位发热点，可有效识别接触不良、局部过热等问题，操作便捷、成本低，是现场巡检的基础手段。（2）绝缘电阻与介损测量：采用绝缘电阻测试仪测量设备绝缘电阻，判断绝缘性能优劣，电阻值过低说明存在绝缘破损、受潮等问题；介损测量通过专用仪器检测绝缘介质损耗，精准反映绝缘老化、受潮程度，广泛应用于主变压器、互感器等设备的绝缘状态评估，为故障诊断提供基础数据<sup>[3]</sup>。

（3）油质分析与气体检测：针对油浸式设备，通过油质

化验检测水分、杂质含量及介损指标，判断油质劣化程度；气体检测主要监测油中溶解气体组分，如变压器油中甲烷、乙炔等气体含量，结合气体浓度变化，精准识别绕组过热、绝缘损坏等潜在故障。

### 3.2 智能化检测技术应用

（1）在线监测系统的应用：在关键设备上安装传感器，实时采集温度、绝缘、油质等运行数据，实现24小时不间断监测，无需人工值守，可及时捕捉设备参数异常，提前预警潜在故障，降低人工巡检工作量，提升检测及时性。（2）故障诊断算法的应用：结合设备运行数据，运用神经网络、模糊识别等算法，对监测数据进行分析处理，自动识别数据异常特征，区分正常波动与故障信号，提高故障诊断的准确性，减少误判、漏判情况，为故障处理提供科学依据。（3）大数据与物联网技术的融合应用：通过物联网技术实现设备数据实时采集与传输，结合大数据平台对海量运行数据进行挖掘分析，总结故障规律，精准预判设备运行趋势，实现从“被动检修”向“主动预判”转变，提升检测诊断的智能化水平。

### 3.3 不同设备问题的针对性检测策略

（1）主变压器故障检测策略：结合常规与智能化方法，定期开展油质分析和气体检测，监测油中溶解气体含量；采用红外测温排查绕组、铁芯过热问题，通过绝缘电阻与介损测量评估绝缘状态；利用在线监测系统实时监测油温、油位及振动数据，全面覆盖渗漏、过热、绝缘劣化等各类故障。（2）互感器故障检测策略：重点开展绝缘电阻、介损测量，排查绝缘损坏问题；通过红外测温检测互感器发热、放电现象，监测二次回路电流、电压信号，及时发现二次回路断线、保险熔断等问题；结合在线监测系统，实时跟踪互感器运行参数，提升故障识别效率<sup>[4]</sup>。（3）开关类设备故障检测策略：以外观检查和红外测温为基础，排查接触不良、卡涩等问题；定期检测操作机构性能，通过绝缘电阻测量评估绝缘状态；利用在线监测系统实时监测断路器分合闸状态、操作机构动作参数，及时发现拒动、误动等故障，保障开关设备可靠运行。

## 4 变电站电气一次设备常见问题的解决对策与预防措施

### 4.1 常见问题的针对性解决对策

（1）主变压器问题解决对策：针对渗漏油，更换老化密封件，重新紧固法兰接口螺栓，对焊接缺陷进行补焊处理，确保密封完好；温度异常时，检修冷却系统、清理散热片，排查绕组匝间短路和铁芯绝缘损坏，调整

负荷至额定范围。绝缘性能下降及绝缘油介损超标时，对绝缘层进行修复或更换，过滤、净化绝缘油，必要时更换新油，同时采取防潮、防过电压措施，保障设备绝缘性能。（2）开关类设备问题解决对策：断路器拒动、误动及异常跳闸，需检修操作机构、更换损坏线圈，排查控制回路故障，重新校准保护定值、规范二次回路接线，稳定操作电源。隔离开关接触不良及卡涩，打磨氧化触头、清理积污，调整弹簧压力，对操作机构除锈、加注润滑油，校正变形连杆，清除环境杂物。操作机构故障时，更换磨损零件、补充润滑油，检修电磁铁，规范操作流程，避免人为损坏。（3）互感器问题解决对策：电流互感器过热、放电及二次回路断线，需排查铁芯饱和、接触不良问题，修复绝缘层，重新紧固接线端子、更换断裂导线，完善二次回路保护措施。电压互感器保险熔断、冒烟及绝缘损坏，更换熔断保险，检修铁芯和绝缘层，排查系统过电压隐患，更换存在制造缺陷的设备。测量误差超标时，校准绕组匝数、规范接线，检修接触部位，避免设备过负荷运行，控制环境温度。

#### 4.2 设备运行过程中的预防措施

（1）完善日常巡检与维护制度：制定详细巡检计划，明确巡检内容、频次和责任人，重点检查设备运行参数、外观状态，及时记录异常情况并处理。定期清理设备表面积污、杂物，检查密封件、接头等关键部位，做好巡检记录归档，实现巡检工作规范化、常态化，提前排查潜在隐患。（2）强化设备定期检修与试验：根据设备型号、运行年限和规范要求，制定定期检修计划，对主变压器、开关类设备、互感器等核心设备进行全面检修，更换老化部件。定期开展绝缘电阻、介损测量、油质分析等试验，对比历史数据，分析设备运行状态，及时发现设备劣化趋势，提前采取处置措施，避免故障发生<sup>[5]</sup>。（3）优化设备运行环境：搭建防雨、防尘、防潮设施，控制变电站内温度、湿度在规定范围，避免粉尘、腐蚀性气体、冰雪等影响设备运行。定期清理设备周边杂物，保持通风良好，对户外设备采取防冻、防晒措施，为设备运行提供稳定、安全的环境，延长设备使用寿命。

#### 4.3 人员专业能力提升与管理优化

（1）加强运维人员专业培训：定期开展专业技能培训，涵盖设备工作原理、常见问题识别、检测诊断方法、故障处置流程等内容，结合案例教学、实操演练，提升运维人员的专业素养和应急处置能力，确保人员能精准识别、规范处理设备问题。（2）完善设备管理制度与责任体系：建立健全设备台账、检修记录、巡检报告等管理制度，明确各岗位人员职责，将设备管理责任落实到人，加强对运维工作的监督考核，杜绝违规操作、巡检不到位等问题，确保设备管理工作有序开展。（3）建立故障应急处置机制：制定各类设备故障的应急处置预案，明确应急处置流程、责任分工和物资保障，定期开展应急演练，提升运维人员应对突发故障的能力。故障发生后，能快速响应、科学处置，最大限度降低故障对变电站及电网运行的影响，快速恢复设备正常运行。

#### 结束语

变电站电气一次设备的稳定运行是电力系统安全供电的核心基础，其常见问题具有多样性、关联性特征，需从基础认知、检测诊断、防控处置等多方面协同发力。本文梳理的各类设备常见问题、成因及应对措施，可为现场运维工作提供清晰且实用的实操指导。后续需持续优化检测技术，强化日常运维与人员管理，及时排查隐患、规范处置故障，不断提升设备运行可靠性，为电网高质量运行筑牢坚实保障。

#### 参考文献

- [1]王波.浅析变电站一次设备运行中状态检修问题[J].中国设备工程,2022,8(7):64-65.
- [2]顾佩颖.变电站一次设备运行中状态检修问题[J].中国战略新兴产业,2023,18(28):220-225.
- [3]王智,万贤庆,杜文.变电站一次设备运行中的状态检修问题研究[J].民营科技,2024,18(5):38-42.
- [4]汪杰,姜晓斌.变电站一次设备运行问题分析及状态检修[J].设备管理与维修,2025,17(19):114-117.
- [5]黄彬.变电站电气一次设备常见问题[J].电子技术与软件工程,2022,10(24):241-244.