

变电站直流系统接地故障查找方法与处理

高海洋

中电建宁夏工程有限公司 宁夏 银川 750001

【摘要】：变电站直流系统作为继电保护与控制回路的工作电源，是保障电网安全运行的重要基础。本文针对直流系统接地故障这一常见问题，系统分析了故障形成的主要原因及其对继电保护的危害，详细阐述了故障极性判断、绝缘电阻检测、拉路法与便携式仪器定位等实用查找技术，提出了差异化处理策略和预防性运维措施。本文总结的技术方法可为变电站运维人员快速处置直流接地故障提供实用的技术指导。

【关键词】：直流系统；接地故障；故障查找

DOI:10.12417/2811-0528.26.17.017

引言

变电站直流系统承担着为继电保护装置、自动装置、断路器控制回路等重要设备提供工作电源的关键任务，其绝缘状态直接影响变电站的安全稳定运行。直流系统接地故障是变电站运维中最常见的二次回路故障，据统计占变电站二次故障的40%以上。接地故障若不能及时排查处理，极易引发保护误动或拒动，甚至造成大面积停电事故。本文结合现场运维经验，系统研究直流接地故障的查找方法与处理技术。

1 变电站直流系统接地故障的成因与危害

直流系统为站内保护、自动化及控制回路提供工作电源，维系变电站平稳运维。接地故障的产生与变电站现场运行环境密切相关，户外端子箱、设备机构箱密封结构破损后，水汽长期侵入箱体内部，二次电缆敷设施工遭受外力挤压割裂绝缘外层，设备出厂装配留存原生绝缘瑕疵，都会直接催生接地隐患。设备长期投运后，二次回路绝缘材质自然老化变质，接线点位氧化锈蚀，回路整体绝缘性能持续衰减，最终演化形成接地故障^[1]。直流接地分为正极接地、负极接地两类形式，两类接地对保护回路的影响存在本质差异，正极接地易触发保护装置非正常动作，负极接地会导致保护装置拒动。回路单点、多点接地均会打破直流系统对地绝缘平衡，干扰断路器分合闸逻辑，威胁电网全域供电稳定性。部分隐蔽性高阻接地故障发生无规律，隐患隐蔽性较强，难以被常规监测装置及时捕捉，长期留存回路会逐步扩大故障影响范围。

2 变电站直流系统接地故障的查找方法与技术

直流系统接地故障的查找依托完善的绝缘监测体系实现，变电站直流系统绝缘监测装置原理如图1所示。

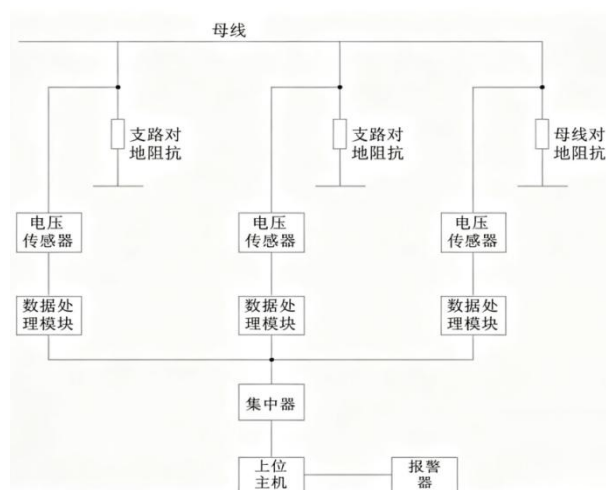


图1 变电站直流系统绝缘监测装置原理框图

2.1 故障初步排查与极性判断

直流接地故障排查结合现场工况逐级开展，依托站内绝缘监察装置告警信息完成故障初步研判。运维人员抵达作业现场后，调取母线绝缘监测后台实测数据，归集两极对地电压数值，结合两极电压浮动特征判定接地点位属性。正对地电压低于55V、负对地电压高于65V，判定回路正极接地，两极电压数值反向浮动则判定负极接地。现场排查优先核验户外设备点位，再检查室内柜内回路，优先检查公共共用回路，再专项核验专属功能回路，重点巡检户外端子箱体、刀闸辅助接点等露天易受潮部件。国网2025年度运维归集数据表明，78%的直流接地故障分布于户外二次回路。现场巡检重点甄别箱体凝露、接线点位锈蚀、电缆外皮开裂等可视缺陷，优先核验近期开展改造、接线施工的二次回路，压缩故障排查范围，为后续精准定位奠定基础^[2]。部分老旧变电站绝缘监察装置存在采样偏差，后台电压数据存在小幅误差，运维人员需结合屏柜盘面指针表二次核对极性，避免单一依托后台数据误判故障类型。站内弱电控制小回路易出现间歇性接地，此类故障无固定告警

规律,需结合昼夜温差变化多次复测电压参数。

2.2 绝缘电阻与对地电压检测法

绝缘电阻实测核验可以精准判定直流回路绝缘工况,现场选用 500V 规格兆欧表采集母线两极对地绝缘阻值。检测作业开展前,切断直流系统全部外接负荷,分离母线与充电装置、蓄电池组连接线路,兆欧表 L 接线端对接待测母线, E 接线端稳固搭接站内公用接地网,匀速维持 120r/min 摇转转速,仪表读数稳定后记录实测绝缘数值。电力行业 DL/T5044-2014《电力工程直流电源系统设计技术规程》划定运行标准,直流两极对地绝缘阻值常态数值不得低于 $1\text{M}\Omega$,阻值跌破 $20\text{k}\Omega$ 后绝缘监察装置自动下发接地告警信号。对地电压核验依托高精度数字万用表开展,万用表黑表笔固定搭接接地网,红表笔分次触碰正负极母线采集对地电压。110V 标称直流系统常态两极对地电压趋近 55V,单极对地电压跌破 20V,代表该极出现金属重度接地。作业人员需匹配回路电压档位选用万用表量程,规避瞬时电压冲击损毁检测仪表。阴雨高湿环境下地接地点位阻值偏大,仪表接地端可就近搭接柜体专用接地排,提升电压检测数据精准度,减少环境介质带来的数据偏差。检测结束后复原回路接线,核对母线空载电压,规避拆线接线遗留二次接线隐患。

2.3 拉路法与便携式仪器定位技术

拉路法适用于站内常规接地故障排查,判定接地极性后,优先断开次要供电馈线,再关停核心负荷回路,优先拆分支支路,再核验主干供电回路,分次开合直流馈线开关。单次分闸静置 3 至 5 秒,观测绝缘监察装置对地电压平衡状态,馈线分闸后两极电压回归标准区间,即可锁定该支路为故障支路。拉路作业不得断开继电保护、断路器主控供电回路,规避保护失电丧失动作能力。核心负荷支路适配短时分闸核验模式,快速分合回路开关,依托电压瞬时波动特征甄别支路故障属性。便携式接地故障检测仪依托电流信号注入原理作业,设备向故障母线注入专属频率电流信号,钳形互感器采集各支路感应信号强度,感应信号峰值支路即为故障支路。该类设备无需停运

直流回路,适配无人值守变电站、保电窗口期故障排查作业。现场作业将信号发生器搭接故障极与接地点位之间,输出 2.5Hz 专属检测电流,配套钳形接收器逐支路采集信号,依托信号强弱逐层缩小排查范围,锁定精准故障点位。两类排查手段搭配使用,可提升现场故障排查效率,缩短故障处理时长。现场强电磁场区会弱化检测电流信号,排查时避开高压母线、逆变设备布设点位,可进一步提升仪器定位准确率。排查完毕后及时撤除检测设备,恢复直流系统原有接线工况,做好故障排查台账归档^[3]。

3 变电站直流系统接地故障的处理策略与预防

锁定故障支路后,结合接地形态匹配现场处置方案。单点金属接地工况下,转接故障支路负荷至备用供电回路,逐点排查支路端子排、中转接线盒、电缆对接接头,绝缘破损点位做绝缘包裹处理,破损严重电缆直接更换敷设。多点耦合接地、高阻隐性接地处置难度更高,拆分整条支路为独立分段,逐段检测对地绝缘阻值,全域摸排全部接地隐患点位。南网 2025 电网运行统计数据体现,及时闭环处置的直流接地故障平均作业时长 42 分钟,故障搁置演化成双点位接地后,保护误动发生概率升至 17%。站内常态化运维管控中,按月度开展全系统绝缘阻值抽检,雨季加密户外箱体防潮巡检频次,服役年限超 15 年老旧二次电缆分批更替,机构箱体加装恒温驱潮组件。新建变电站管控二次电缆敷设施工工艺,减少外力施工损伤电缆绝缘结构,从运维和建设源头降低接地故障发生率。

4 结语

直流系统接地故障的快速查找与规范处理,是变电站运维工作的主要内容,直接关系到电网的安全可靠运行。本文提出的从初步排查到精准定位的完整技术路线,以及差异化处理策略,能够有效提高故障处置效率。在实际工作中,运维人员应熟练掌握各种查找方法,严格遵循操作规程,同时加强日常运维管理和预防措施,从根本上减少直流接地故障的发生,保障变电站直流系统的健康运行。

参考文献:

- [1] 宋国兵,李唯嘉,常仲学,闫吉飞,徐瑞东,杨佳怡.光伏直流汇集系统 MPPT 控制环节载波频率特征分析及单极接地故障选线方法[J].智慧电力,2025,53(10):79-86.
- [2] 杨臻,李永祥,赵燕茹,莫娟,高涛.基于改进 HHO-WNN 的直流系统环网接地故障检测[J].电力科学与技术学报,2025,40(3):69-76.
- [3] 汪华,张文,何东,程慧婕.海上风电直流送出系统单极接地故障暂态特征分析[J].电力科学与技术学报,2025,40(1):146-154.