

配电网单相接地故障中零序电流互感器极性接反的 排查与纠正

彭逸昕

四川省机场集团有限公司成都天府国际机场分公司 四川 成都 610200

【摘要】：本文针对配电网单相接地故障处理中零序电流互感器极性接反的问题展开研究，旨在解决极性接反导致的保护装置误动、拒动及故障定位困难等问题。通过分析极性接反的故障现象与危害，提出基于故障录波数据分析、现场极性检测试验（直流法/交流法）及线路拓扑分段排查的综合诊断方案；明确二次回路接线调整、纠正后极性验证及临时安全保障的实操流程；结合安装规范、定期运维与人员培训，构建全生命周期预防管理体系。研究结果表明，该套排查与纠正方案可快速定位极性接反问题，纠正后保护装置动作正确率提升至98%以上，有效降低配电网单相接地故障的处置时间与停电损失，为配电网安全稳定运行提供技术支撑。

【关键词】：配电网；单相接地故障；零序电流互感器；极性接反；故障排查

DOI:10.12417/2811-0528.25.20.001

引言

配电网作为电力系统与用户连接的关键环节，其安全运行直接影响供电可靠性。单相接地故障是配电网最常见的故障类型，占故障总数的60%以上。基于此，本文结合某地区10kV配电网单相接地故障处置案例，深入探讨零序电流互感器极性接反的故障特征、排查技术与纠正措施，同时提出全周期预防管理策略，为配电网运维人员提供实操指南，具有重要的工程应用价值。

1 零序电流互感器极性接反的故障现象与危害

1.1 单相接地故障时的异常表现

零序电流互感器极性接反在配电网正常运行时无明显异常，但发生单相接地故障时会呈现典型的异常特征。

1.1.1 故障线路与非故障线路零序电流方向倒置

正常情况下，单相接地故障发生时，故障线路的零序电流从线路流向母线（保护装置检测到正向零序电流），非故障线路的零序电流从母线流向线路（反向零序电流）；而极性接反时，故障线路的零序电流信号经互感器传输后反向，保护装置误检测为反向电流，非故障线路若存在极性接反，则可能被误判为正向电流。

1.1.2 故障定位装置数据紊乱

基于零序电流分布的故障定位系统（如阻抗法、行波法）依赖准确的电流方向与幅值数据，极性接反会导致定位算法计算出的故障距离与实际位置偏差超过50%，甚至定位至非故障线段。某工业园区10kV线路单相接地故障中，定位装置显示

故障点位于线路中段，但现场巡查未发现故障，最终排查发现线路末端ZSCT极性接反，导致定位数据失真。

1.1.3 接地电弧难以熄灭

对于中性点经消弧线圈接地的配电系统，极性接反会导致消弧线圈补偿电流与故障零序电流相位偏差增大，补偿效果下降，接地电弧持续燃烧，引发弧光接地过电压，造成绝缘子闪络、电缆头击穿等次生故障。

1.2 极性接反对保护装置的影响

1.2.1 保护装置拒动

若故障线路ZSCT极性接反，其输出的零序电流信号与保护装置设定的动作方向相反，保护装置判定为“非故障状态”，即使故障电流达到动作阈值也不会跳闸，导致故障长时间存在。

1.2.2 保护装置误动

非故障线路ZSCT极性接反时，正常运行时的不平衡零序电流或其他线路故障产生的零序电流，会被误判为故障电流，导致非故障线路跳闸。某城区10kV环网线路中，L5线路ZSCT极性接反，当相邻L6线路发生单相接地故障时，L5线路保护装置检测到正向零序电流（实际为故障线路的感应电流），误动作跳闸，造成3个居民小区停电，影响用户1200余户。

1.3 长期运行的潜在风险

零序电流互感器极性接反若未及时排查纠正，长期运行会带来多重潜在风险。长时间未切除的单相接地故障会导致线路

对地电压升高,若线路绝缘破损,可能引发跨步电压触电或设备外壳带电事故,对运维人员与周边居民构成安全威胁。

2 零序电流互感器极性接反的排查方法

2.1 故障录波数据分析与判断

(1) 零序电流方向对比。调取故障录波数据,提取故障线路与非故障线路的零序电流波形。正常情况下,故障线路零序电流与母线零序电压相位差应在 0° - 90° (正向),非故障线路应在 180° - 270° (反向);若故障线路电流相位反向或非故障线路电流相位正向,则判定存在极性接反嫌疑。例如,某10kV线路单相接地故障时,录波数据显示故障线路零序电流与母线零序电压相位差为 195° (反向),非故障线路相位差为 60° (正向),直接指向ZSCT极性接反问题。

(2) 电流幅值逻辑校验。根据基尔霍夫电流定律,配电网中所有线路的零序电流矢量和应等于系统总接地电流(消弧线圈补偿电流与故障电流的差值)。若录波数据中各线路零序电流矢量和与理论计算值偏差超过20%,且排除互感器变比错误、线路参数测量误差等因素后,需重点排查极性接反。某配电网故障录波分析中,各线路零序电流矢量和为15A,而系统总接地电流实测为5A,偏差达66.7%,经排查发现2条线路ZSCT极性接反,纠正后偏差降至8%。

(3) 保护动作时序分析。若保护装置动作时间与故障发生时间间隔超过0.5秒(超出正常保护整定时间),或非故障线路先于故障线路跳闸,结合零序电流方向异常,可进一步确认极性接反。某案例中,故障发生后0.8秒非故障线路保护跳闸,故障线路保护未动作,录波显示故障线路零序电流反向,最终验证为ZSCT极性接反。

2.2 现场极性检测试验

2.2.1 直流法

直流法适用于停电状态下的极性检测,原理是利用直流电流通过互感器一次绕组时,二次绕组产生瞬时感应电动势,通过万用表判断感应电流方向,确定极性。准备工具500V绝缘电阻表(摇表)、直流电源(1.5V/3V干电池)、万用表(直流电流档/电压档)、绝缘手套、验电器。断开ZSCT一次侧线路开关与二次侧保护装置接线,验电确认线路无电后,悬挂“禁止合闸,有人工作”标识。将直流电源正极接ZSCT一次侧“L1”端子(假设极性端),负极接“L2”端子;万用表红表笔接二次侧“K1”端子(假设极性端),黑表笔接“K2”端子,置于直流电流最小档位(如10mA档)。闭合直流电源开关瞬间,若万用表指针正向偏转(向右摆),则“L1”与“K1”为同极性端(极性正确);若指针反向偏转(向左摆),则极

性接反。需重复操作3次,避免因接触不良导致误判。某现场检测中,闭合开关时万用表指针反向偏转,确认ZSCT极性接反,调整二次接线后指针正向偏转,极性正确。

2.2.2 交流法

交流法适用于带电或停电状态下的检测,原理是通过一次绕组通入交流电流,测量二次绕组感应电压的相位关系,判断极性。在ZSCT一次侧串联交流信号源(如50Hz、10A交流电流源),或利用线路正常运行时的不平衡电流(需大于5A);二次侧接交流电压表(0-50V档)或相位表。用相位表测量一次侧电流与二次侧电压的相位差,若相位差为 0° - 10° (考虑互感器误差),则极性正确;若相位差为 170° - 190° ,则极性接反。断开一次侧线路,将调压器输出的低压交流电压(如220V)加在一次绕组两端,测量一次电压与二次电压的相位关系,判断方法与带电检测一致。某带电检测案例中,一次电流与二次电压相位差为 185° ,确认极性接反,纠正后相位差降至 5° 。

2.3 结合线路拓扑的分段排查策略

2.3.1 主干线分段排查

将线路按分段开关划分为若干区段(如每2-3km为一段),依次断开分段开关,对每段线路单独进行极性检测。例如,某15km长线路分为5段,断开第3段分段开关后,检测发现前2段零序电流方向正常,后3段异常,确定极性接反位于第3段与第4段之间的ZSCT。

2.3.2 分支线路定位

对于存在多个分支的线路,先断开所有分支开关,检测主干线极性;若主干线正常,再逐一闭合分支开关,检测各分支零序电流方向,异常分支即为极性接反所在分支。某线路有3条分支,断开所有分支后主干线极性正常,闭合2号分支开关后零序电流方向异常,排查发现2号分支ZSCT极性接反。

2.3.3 设备更换节点追溯

若线路近期进行过ZSCT更换、线路改造或二次回路检修,优先排查改造区段的极性。某案例中,线路改造后首次发生单相接地故障,保护装置误动,重点排查改造区段的2台ZSCT,发现1台极性接反,为施工接线错误导致

3 零序电流互感器极性接反的纠正措施

3.1 二次回路接线调整方法

确认ZSCT极性接反后,需通过调整二次回路接线纠正极性,根据现场条件分为停电调整与带电调整(仅限特定场景),具体方法如下。

3.1.1 停电调整（推荐方法）

停电调整安全性高，适用于大多数场景，向调度中心提交停电申请，明确停电线路、时间与工作内容，获得停电许可后，断开线路开关与隔离开关，验电接地。记录 ZSCT 二次侧“K1”“K2”端子原有接线标识（如电缆编号、颜色），使用绝缘扳手拆除二次接线，用绝缘胶布包裹线头，防止短路。将二次侧“K1”与“K2”端子接线互换，即原接“K1”的导线改接“K2”，原接“K2”的导线改接“K1”；若二次回路存在中间端子排，需同时调整端子排接线。

3.1.2 带电调整

若线路为重要负荷线路（如医院、数据中心），无法长时间停电，可在确保安全的前提下进行带电调整。二次回路无接地用万用表测量二次侧对地电压，确认无接地故障（电压应小于 5V）。退出该线路接地保护装置（如零序电流保护、小电流接地选线装置），防止调整过程中保护误动。由 2 名持证运维人员操作，1 人调整接线，1 人监护，使用绝缘工具（如绝缘夹钳、带绝缘柄螺丝刀），避免身体接触二次回路裸露部分。单次接线调整时间控制在 30 秒内，调整后立即恢复保护装置运行。某医院专线带电调整中，2 名运维人员配合，30 秒内完成接线互换，保护装置恢复后运行正常，未造成停电。

3.2 纠正后的极性验证试验

接线调整完成后，需通过极性验证试验确认纠正效果，避免二次接线错误。采用直流法或交流法再次检测 ZSCT 极性，确认“L1”与“K1”为同极性端，检测结果需与理论值一致（如直流法指针正向偏转、交流法相位差 $0^\circ - 10^\circ$ ）。线路恢复供电后，测量二次侧零序电流幅值与方向，与正常运行时的不平衡电流对比，偏差应小于 10%。若保护装置在整定时间内准确跳闸，零序电流方向与幅值符合理论计算，说明极性纠正正确。

3.3 临时运行方案与安全保障

若纠正工作需长时间停电，为减少对用户供电影响，需制定临时运行方案，确保供电安全。通过环网开关或备用线路，将故障线路负荷转移至相邻健康线路，转移前需核算健康线路载流量，避免过负荷运行。安排运维人员现场值守，每小时巡视线路设备，监测电流、电压数据，发现异常立即汇报调度。为重要用户（如医院、交通信号灯）配备应急发电机，防止临

参考文献：

- [1] 邹富雄.城市轨道交通长距离配电线路保护整定分析[J].中国设备工程,2025,(13):224-227.
- [2] 崔红淼,张信新.一起 10kV 配电线路单相接地故障原因分析和处理[J].电世界,2025,66(03):52-53.
- [3] 陈铭,李想.配电线路单相接地故障与对策分析[J].集成电路应用,2025,42(03):286-287.
- [4] 尚爱洋.配电线路单相接地故障暂稳态分析[J].电气时代,2024,(10):97-99.

时供电中断。某城区线路纠正期间，为 2 家医院配备 200kW 应急发电机，保障关键设备运行。

4 极性接反问题的预防与管理

4.1 安装阶段的极性校验规范

采用“分段接线、即时校验”模式，每完成 1 台 ZSCT 一次侧与二次侧接线，立即通过直流法（干电池+万用表）进行极性测试，确认极性正确后再进行下一台安装，避免批量安装后集中排查导致的返工。安装完成后，由运维单位、施工单位、监理单位组成联合验收组，采用交流法对所有 ZSCT 进行极性复核，抽样比例不低于 30%（重点抽查分支线路、线路末端等关键位置），验收合格标准为相位差 $0^\circ - 10^\circ$ ，不合格需全部重新测试调整。

4.2 运维过程中的定期检测计划

运维阶段需建立常态化的极性检测机制，结合线路运行状态与故障规律，制定分层、定期的检测计划，及时发现极性接反隐患。每次配电线路发生单相接地故障后，无论保护装置动作是否正常，均需对故障线路及相邻 3 条非故障线路的 ZSCT 进行极性快速检测（采用交流法带电检测），重点核查零序电流方向是否与故障特征匹配，避免因极性接反导致二次故障。每年开展 1 次 ZSCT 极性专项检测，覆盖所有 10kV 及以上配电线路，采用“分区、分片”模式推进，优先检测运行年限超过 5 年、曾发生过极性接反问题或经过线路改造的区段。检测方法以交流法为主，停电困难线路可采用带电检测，检测数据录入配网设备台账，建立极性检测档案，对比历年数据变化趋势。

5 结语

零序电流互感器极性接反虽为配电线路运维中的常见问题，但会引发保护装置误动、拒动、故障定位紊乱等严重后果，直接威胁配电网安全与供电可靠性。本文通过分析极性接反的故障现象与危害，提出“故障录波数据分析-现场极性检测-线路拓扑分段排查”的三级排查方案，明确停电/带电调整、纠正后验证及临时安全保障的实操流程，同时从安装规范、定期运维、人员培训三个维度构建预防管理体系，形成“排查-纠正-预防”的闭环管理模式。实践表明，该套方案可快速定位极性接反问题，有效降低停电损失与设备故障风险。