

# 继电保护二次回路隐患排查及防范的措施

孙宏波

华电金上昌都新能源有限公司 西藏昌都 854000

DOI: 10.12238/ems.v7i8.14729

**[摘要]** 继电保护系统是电力系统安全稳定运行的关键保障,而二次回路作为继电保护系统的重要组成部分,其运行状态直接影响保护装置的正确动作和系统安全。本文首先探讨了继电保护二次回路隐患排查的重要性,随后分析了继电保护二次回路常见的隐患及其对保护系统的影响,最后重点探讨二次回路隐患防范措施,包括二次回路清灰、紧固接线、绝缘遥测和全面校核,旨在提高继电保护系统的可靠性和稳定性,保障电力系统的安全运行。

**[关键词]** 继电保护; 二次回路; 隐患排查; 防范

## 引言:

现代电力系统中,继电保护作为电气系统自动化、信息化的重要保障手段,承担着对故障设备及时切除、限制故障扩展、防止电网崩溃等关键任务。二次回路作为继电保护系统的信息传递通道,其结构虽不复杂,但作用极为关键。若二次回路存在接线松动、绝缘老化、误接或断线等问题,不仅会引发保护误动、拒动现象,甚至可能导致重大电力事故。当前,随着电网规模不断扩大、设备种类增多,二次回路的复杂性和重要性愈加凸显,因此对其隐患的及时排查与科学防范成为电力系统运行维护的重要工作内容。

## 一、继电保护二次回路隐患排查的重要性

继电保护系统作为电力系统运行安全的关键保障,其功能的可靠实现依赖于一次设备和二次回路的协同工作。继电保护的二次回路是指与一次设备相连接的继电器、测量仪表及自动控制装置之间的电气连接部分,包括控制电缆、继电器端子、转换开关、接线端子等。二次回路虽然不直接承载主电流,但其传递信息的准确性与完整性对保护装置是否能及时、正确动作起到决定性作用。因此,继电保护二次回路的隐患排查对于保障整个电力系统的稳定运行具有重要意义。在实际运行过程中,由于设计不合理、施工工艺不规范、运行环境复杂或维护不到位等因素,继电保护的二次回路中常常潜藏着诸如接线错误、端子松动、绝缘老化、接地不良、外力破坏等问题。这些隐患可能导致保护装置误动、拒动或拒发信号,从而使故障无法被及时隔离,引发设备损坏、电网失稳,甚至可能造成人身伤亡事故。特别是在高压输电系统中,任何一次继电保护装置的失灵都有可能带来严重后果。

此外,随着电力系统智能化、自动化水平的不断提高,继电保护设备种类日益丰富、系统结构日趋复杂,对二次回路的运行稳定性提出了更高的要求。因此,定期对继电保护二次回路进行全面细致的隐患排查,不仅是保障继电保护可靠运行的重要手段,更是实现电力系统本质安全的基础条件。通过排查,可以及时发现并消除潜在故障,有效降低系统风险,提升设备健康水平和系统安全裕度。

## 二、二次回路故障对继电保护系统的影响

### (一) 断线故障

继电保护系统中,二次回路起着传递电流、电压信号和控制命令的关键作用。当二次回路出现断线故障时,将直接影响继电保护装置对一次系统的实时监测与故障判断,从而带来一系列严重后果。尤其是在高压输电线路或变电站系统中,断线问题往往隐藏性强、排查难度大,但其危害性却极为突出。首先,断线将导致继电保护装置失去必要的信号输入,无法准确获取一次设备的电气参数,从而无法进行正确的动作判断。例如,电流互感器(CT)或电压互感器(PT)的回路断线,会导致保护装置误判系统运行状态,进而出现拒动或误动现象。拒动会导致系统故障无法被及时切除,可能造成设备扩大损坏或大面积停电;而误动则会造成非故障部分误跳闸,影响供电可靠性。其次,断线还可能破坏保护装置内部的电气平衡,引发不必要的保护动作。例如,电流回路中断后,部分继电器可能因零序电流检测异常而产生错误动作,误判为接地故障。此外,断线问题若长期未被发现,还可能由于接点氧化、振动等外部因素诱发短路或接地故障,进一步加剧系统隐患。

## (二) 相电压升高

继电保护二次回路运行过程中, 相电压升高是一类常见且危害较大的故障形式, 通常是由于电压互感器 (PT) 二次侧回路异常引起的。当 PT 二次回路中的中性点接地不良或接地线断裂时, 系统的电压参考点失去稳定支撑, 极易造成某一相或多相电压升高现象, 进而引发继电保护装置的误判或误动作。相电压升高会直接影响保护装置对电网状态的判断, 尤其是在过电压保护、零序电压检测等环节。一旦继电保护装置接收到异常升高的电压信号, 可能会误判为电力系统发生对地短路或暂态过电压等异常状态, 从而触发跳闸操作, 导致非故障线路被切除, 影响供电可靠性和系统稳定性。另一方面, 电压升高也可能造成继电器内部电气元件的绝缘强度被突破, 引起击穿损坏。此外, 电压异常还可能对长期运行的二次设备如测量仪表、信号灯、电能表等产生累积性伤害, 加速其老化甚至失效。值得注意的是, 在部分运行环境恶劣的变电站或配电装置中, 受潮、温度剧烈变化、外力破坏等也会导致 PT 接地回路接触不良, 诱发相电压升高问题。

## (三) 相电压降低

相电压降低通常是由于电压互感器 (PT) 二次侧接线松动、导线接触不良、线路断股、绝缘老化或内部短路等原因引起的。当二次电压信号无法正常传输至继电保护装置时, 将导致继电器无法准确感知电网运行状态, 从而影响其正确动作。相电压降低会引起多种不良后果。首先, 保护装置可能因误判为系统发生低电压或短路等故障而产生误动作, 导致非故障线路或设备被错误切除, 影响供电的连续性和系统的稳定性。其次, 在电压过低的情况下, 继电保护装置的内部电子元件无法获得足够的工作电源, 可能导致设备动作迟缓、逻辑判断错误, 甚至完全失效, 造成保护拒动, 从而加剧事故后果。此外, 长期电压偏低还会对二次回路中其他附属设备 (如测量仪表、控制开关、信号装置) 造成损害, 增加维护工作量与运营成本。在电网负荷波动较大或环境干扰因素较强的情况下, 相电压降低故障的发生概率也会显著提升, 必须引起高度重视<sup>[1]</sup>。

## 三、继电保护二次回路隐患防范措施

### (一) 二次回路清灰

继电保护系统中的二次回路设备长期处于运行状态, 其周围环境中的灰尘、潮气及金属颗粒等杂质极易在接线端子、

配线架、仪表外壳及电缆表面堆积, 形成一层导电性灰尘。这些灰尘在积聚到一定程度时, 会降低设备绝缘性能, 增加回路之间的漏电、短路和接地风险, 严重时甚至可能导致继电保护装置误动作或拒动作, 给电力系统的安全运行带来极大威胁。因此, 开展二次回路“清灰”工作, 是继电保护隐患防范中极为重要的一项基础性工作。所谓“清灰”, 是指对继电保护系统中的二次回路设备和配线区域进行彻底的清洁除尘作业。此项工作不仅限于表面清扫, 更需对接线端子、插件接口、电缆头部、二次回路电缆槽等细节部位进行重点处理, 确保灰尘、腐蚀性颗粒物彻底清除, 避免其在设备运行过程中造成意外短路或电压击穿。在实际操作中, 清灰工作应采用专业工具, 如防静电毛刷、吸尘器、无纺布等, 并结合安全措施进行。例如, 对于运行中的清灰保护装置应提前办理工作票, 拉开电源、挂接接地线, 确保人身与设备安全。对带电设备附近的清灰应避免使用金属工具, 防止意外触碰引发短路事故。此外, 工作还应配合全面的巡检制度, 建立清灰周期台账, 对运行环境恶劣、粉尘较多的设备进行重点监控。特别是在每年迎峰度夏、度冬之前, 应组织集中性“清灰”专项行动, 以提高继电保护系统整体的绝缘水平和运行稳定性。通过定期清灰, 不仅能有效清除电气设备表面的隐性故障因素, 还可延长设备使用寿命, 为继电保护装置的精准、可靠运行提供有力保障<sup>[2]</sup>。

### (二) 紧固二次回路

由于长期运行中的振动、电磁干扰、热胀冷缩以及人工操作不规范等因素, 二次回路中的接线端子、螺丝和接头易出现松动现象, 造成接触电阻增加、回路电压信号失真, 甚至出现瞬时断路、接触不良等故障, 影响继电保护装置的准确性与可靠性。因此, 对二次回路进行定期紧固, 是保障系统安全运行的重要环节。紧固二次回路的重点工作包括: 检查所有端子连接是否牢靠, 螺丝是否有松动或脱落现象; 对接线排、接插件、二次端子盒等部位逐一进行机械紧固操作; 对发现有氧化、腐蚀或变形的连接部位进行清洁、更换或加固处理。同时, 应使用力矩螺丝刀等专业工具, 严格按照设备制造厂商的力矩标准操作, 防止因过紧造成端子破损, 或因过松引发接触不良。在实际操作过程中, 紧固工作应结合继电保护系统的定检计划进行, 不可随意带电操作。操作人员需具备专业资质, 严格遵守电力安全规程, 尤其是在保护

屏、端子箱、电缆接头密集区域作业时,应穿戴绝缘防护装备,防止误碰带电设备。定期开展二次回路紧固维护,不仅能有效预防因连接松动引起的继电保护故障,还能延长设备的运行寿命,提升整个电力系统的稳定性与安全性<sup>[3]</sup>。

### (三) 二次回路绝缘遥测

二次回路绝缘水平的高低直接关系到继电保护装置能否准确、稳定地工作。随着电网规模扩大和智能化程度提高,传统的人工定期测量方式已难以满足运行维护的实时性和准确性要求,因此,采用二次回路绝缘遥测技术成为当前继电保护系统运行管理中的重要手段。二次回路绝缘遥测是指利用在线监测装置,对保护装置接入的电压、电流回路的绝缘电阻进行不间断检测,实时掌握其绝缘状态。一旦发现绝缘电阻异常下降,系统便可自动报警并记录异常时间、故障相别及变化趋势,从而为运维人员提供快速定位和处理依据,避免隐患进一步恶化。绝缘遥测技术主要应用于母线保护、线路保护、开关柜及端子箱等关键部位的二次电缆和端子回路。通过加装绝缘监测单元(IMU)、数据采集模块和后台分析软件,可以实现对多回路、多位置绝缘状况的远程集中监控,有效提升系统的智能运维能力。尤其在潮湿、高温、粉尘较大的运行环境下,绝缘遥测系统能够实现比人工更为灵敏和可靠的隐患预警。此外,绝缘遥测还能辅助进行趋势分析。运维人员可通过对某一路绝缘电阻逐渐下降的趋势进行提前预判,安排设备停电检修计划,做到“早发现、早处理、早恢复”,避免因绝缘击穿导致保护误动、拒动或设备损坏等严重后果<sup>[4]</sup>。

### (四) 做好全面校核

继电保护二次回路的准确性与完整性直接关系到整个保护系统的动作可靠性和系统安全性。因此,在运行维护和装置改造过程中,做好全面校核工作,是预防二次回路故障和隐患的关键环节。全面校核不仅包括接线正确性和逻辑功能的校对,还涵盖了二次回路的通断状态、设备配置、标识一致性以及保护定值等多个方面,是保障系统正常运行的基础性工作。首先,在继电保护装置投运前或检修后,必须开展全面的二次接线校核,确保图纸与实物一致。通过对照图纸逐点核对电压、电流信号、跳闸、闭锁及信号接点等回路的连接关系,查找可能存在的接错、漏接、反接等问题,防止

由于接线错误导致保护误动或拒动事故。其次,要对保护装置的逻辑功能进行验证,包括跳闸回路的联动关系、遥控遥信命令响应、告警指示是否准确等。特别是在多级保护配合、自动重合闸等复杂功能中,逻辑校核能够有效发现配置错误或设置疏漏,避免系统运行中发生冲突或保护失效。此外,全面校核应做到留痕可追溯。每次校核结果应形成书面记录,并由专业人员签字确认,必要时配合拍照、记录电压电流测量值等方式,确保校核过程的规范性和责任明确。对校核中发现的问题要建立隐患台账,落实整改计划和闭环管理。通过强化全面校核,不仅可以最大限度地排除人为失误和设备缺陷带来的隐患,也能进一步提升继电保护系统的运行可靠性和安全水平<sup>[5]</sup>。

## 四、结束语

随着电力系统的不断发展,二次回路的管理也面临新的挑战。未来,智能化技术的应用,如大数据和远程监控,将进一步提升继电保护的自动化水平和故障预警能力。因此,电力行业需要加强技术创新,持续优化二次回路的隐患排查机制和防范措施,不断提高系统的智能化管理水平。总的来说,继电保护二次回路的隐患排查与防范是确保电力系统安全稳定运行的重要保障,电力行业应持续关注并完善这一工作,确保供电系统的高效与可靠性。

## [参考文献]

- [1]章琦,王宝山,康金,等.继电保护电气二次回路隐患排查分析[J].电站系统工程,2023,39(4):80-81.
- [2]杨柳.继电保护电气二次回路隐患排查分析[J].WaterConservancy&ElectricPowerTechnology&Application,2025,7(8).
- [3]黄家骥,李淑萍.变电站继电保护二次回路的隐患排查技术分析[J].电子乐园,2023(1):0154-0156.
- [4]陈静秋.变电站继电保护二次回路隐患排查技术及解决方法[J].光源与照明,2023(9):207-209.
- [5]姚航,潘育宗.继电保护电气二次回路隐患排查[J].通信电源技术,2023,40(17):212-215.

作者简介:孙宏波,1982.3,男,汉族,本科,辽宁葫芦岛人,职称:工程师,专业研究方向:电气工程及其自动化。