

继电保护屏改造中二次回路设计优化与施工管理

陈泽俊

广西柳钢工程技术有限公司 广西 柳州 545002

摘要：随着电力系统的快速发展，继电保护屏的改造成提升电网稳定性和安全性的重要环节。在改造过程中，二次回路设计的优化至关重要。通过采用高精度传感器、优化信号传输路径及增强信号处理与调节能力，可显著提升继电保护系统的性能。同时，施工管理需确保严格的质量控制和安全措施，包括科学的接线、端子排合理规划及二次回路编号检查。这些措施共同保障改造工程的高效实施，提升电力系统的整体运行效能。

关键词：继电保护屏改造；二次回路设计优化；施工管理

引言：在电力系统运行中，继电保护屏扮演着至关重要的角色。随着技术的不断进步和电网结构的复杂化，继电保护屏的改造升级成为提升系统稳定性的关键。其中，二次回路作为连接保护装置与被保护设备的桥梁，其设计优化直接影响保护动作的准确性和可靠性。同时，施工管理则是确保改造工程顺利进行、质量达标的重要环节。本文旨在探讨继电保护屏改造中二次回路设计优化与施工管理的策略与实践，以为提升电力系统运行效能提供参考。

1 继电保护屏及二次回路概述

1.1 继电保护屏简介

1.1.1 定义与功能

继电保护屏是电力系统中用于安装继电保护装置、自动装置及相关辅助设备的专用屏柜，是保障电力设备安全运行的核心控制单元。其核心功能是实时监测电力系统运行状态，当发生短路、过负荷、接地等故障时，能迅速判断故障性质与位置，通过跳闸或发信等方式切除故障部分，防止事故扩大，同时在系统正常运行时提供状态指示、参数测量等辅助功能。

1.1.2 分类与选型原则

按保护对象可分为线路保护屏、主变保护屏、母线保护屏等；按功能集成度可分为独立式保护屏和综合自动化保护屏。选型需遵循可靠性优先原则，确保适应系统电压等级与容量；同时考虑扩展性，满足未来电网升级需求；还需兼顾经济性，结合运行环境（如温度、湿度、电磁干扰）选择适配型号。

1.2 二次回路定义与重要性

1.2.1 二次回路的概念及其组成部分

二次回路是指电力系统中用于控制、保护、测量、信号传输的低压回路，与直接输送电能的一次回路相对应。其组成包括控制回路（操作开关、接触器等）、保

护回路（继电器、保护装置）、测量回路（电流/电压互感器、仪表）、信号回路（指示灯、音响装置）及操作电源回路等，各部分通过导线连接形成有机整体^[1]。

1.2.2 二次回路在电力系统中的作用与意义

二次回路是电力系统的“神经系统”，直接影响一次系统的安全稳定运行。它通过精准传递控制指令实现设备远程操作，借助保护装置快速响应故障，避免主设备损毁和大面积停电；同时通过测量与信号回路提供实时运行数据，为调度决策提供依据。其可靠性是保障电力供应连续性、提高系统运行效率的关键，一旦二次回路故障，可能导致保护误动或拒动，引发严重电网事故。

2 继电保护屏改造中二次回路设计优化

2.1 设计原则与优化目标

（1）明确二次回路设计的基本原则。二次回路设计需遵循安全性原则，所有接线和设备选型必须符合电气安全标准，避免短路、漏电等风险；可靠性原则是核心，需通过冗余设计、抗干扰措施确保回路在复杂工况下稳定运行；简洁性原则要求简化回路结构，减少不必要的中间环节，降低故障概率；标准化原则需统一接线方式、标识规范，便于后期维护与升级；同时还应兼顾适应性，确保设计与一次系统参数、运行环境相匹配。

（2）设定优化目标。优化目标需多维协同：可靠性提升方面，通过优化接线和抗干扰设计，将回路故障概率降低30%以上，保护动作正确率达99.9%；成本控制上，在保证性能的前提下，通过材料选型优化和结构简化，使改造成本降低15%-20%；可扩展性增强要求预留20%以上的接口容量，支持未来新增保护功能或通信模块；维护效率提升需通过标准化标识和模块化设计，将故障排查时间缩短至原时长的50%；此外，还需实现抗干扰能力升级，满足强电磁环境下的稳定运行要求。

2.2 常规设计要点

(1) 交流电流电压回路的设计。交流电流回路需根据一次系统额定电流选择合适变比的电流互感器(CT), 确保额定工况下二次电流在5A或1A标准范围内, 且CT二次侧严禁开路; 电压回路应采用熔断器或空气开关进行过载保护, 电压互感器(PT)二次侧需可靠接地, 避免高压窜入低压回路。回路导线截面需满足载流量要求, 电流回路不小于 2.5mm^2 , 电压回路不小于 1.5mm^2 , 且需采用屏蔽线减少电磁干扰。(2) 控制回路与信号回路的设计。控制回路需实现断路器、隔离开关的分合闸操作, 设计时应包含操作电源、控制按钮、接触器线圈及辅助触点, 且需设置“防跳”回路, 防止断路器在故障时反复跳合。信号回路需区分事故信号与预告信号, 事故信号采用声光双重报警并保持记忆功能, 预告信号可通过灯光指示具体故障类型(如过温、断线), 两类信号需互不干扰, 确保故障信息准确传递^[2]。(3) 电源回路的设计。直流电源优先选用220V或110V高频开关电源, 其稳压精度需 $\leq \pm 1\%$, 纹波系数 $\leq 0.5\%$, 且应配置蓄电池组作为备用电源, 确保断电后维持至少2小时供电。

2.3 优化措施与方法

(1) 采用新技术、新材料提升二次回路性能。引入光纤传输技术替代传统电缆, 减少电磁干扰对信号传输的影响, 尤其适用于强电磁场环境; 采用免维护接线端子(如弹簧式端子)替代螺丝端子, 降低接触不良风险; 应用智能端子排实现回路状态在线监测, 实时预警断线、过热等故障, 提升运维智能化水平。(2) 通过精细化设计减少寄生回路与接线错误。绘制二次回路图时采用“功能模块化”设计, 将保护、控制、信号回路分区独立, 避免跨模块乱接线; 接线时严格执行“颜色编码”制度, 如交流回路用黄色、绿色、红色, 直流回路用棕色、蓝色, 区分不同功能回路; 在关键节点设置“校验端子”, 便于调试时隔离回路, 减少误操作导致的寄生回路^[3]。

3 继电保护屏改造施工管理

3.1 施工前准备

(1) 熟悉现场实际情况, 熟悉设计图纸, 开展图纸会审工作, 就存在疑问的充分沟通。针对需拆除或保留屏柜、二次电缆等, 彻底摸排, 进行记录、标注。(2) 施工方案制定与审核。施工方案需明确改造范围、执行标准、材料备品备件清单、作业方法及操作步骤, 包含停电计划(明确各阶段停电时长与范围)、作业流程图(标注关键工序衔接点)、安全措施、应急预案(针对停电延误、设备故障等突发情况)。方案需经运维、

调度、安全等多部门联合审核, 重点验证停电逻辑合理性、与系统运行的兼容性, 确保无遗漏关键节点(如旧屏拆除顺序、新屏就位路径)。(3) 施工队伍组建与培训。组建包含项目经理、技术负责人、安全员、施工人员的专项团队, 明确岗位职责(如技术负责人负责现场技术指导, 安全员全程监督安全措施)。培训内容涵盖设备特性(新保护屏接线原理)、安全规程(高空作业、带电作业规范)、质量标准(接线工艺要求), 培训后通过理论与实操考核(如模拟端子接线、安全工器具使用), 确保施工人员具备相应资质。(4) 施工材料准备与检验。按设计清单采购保护屏、电缆、端子排等材料, 要求供应商提供材质证明与出厂试验报告。检验重点包括: 保护装置外观无破损、接线端子紧固; 电缆绝缘电阻 $\geq 10\text{M}\Omega$ (用500V摇表测试); 二次回路导线截面积、颜色符合设计要求。不合格材料(如绝缘层破损的电缆)需立即退换, 合格材料分类存放并标识(如“待安装”“已检验”)。

3.2 施工过程管理

(1) 施工过程风险预控, 因生产供电需求, 全站的继电保护屏改造过程中不能全部停电, 是部分屏柜运行部分屏柜更换改造的特点, 风险管控贯穿整个改造过程。为保障作业人员人身安全及设备安全, 确保稳定供电, 必须优先对二次回路作业风险点进行分析, 编写相应预控步骤, 填写、执行二次回路作业安全措施单。二次安措的执行、恢复、须由两个经验丰富、技术水平较高人员担任, 并且现场实施前再次与实际接线核对, 再次检查无误后逐项操作, 并且记录。(2) 施工进度监控与调整。制定周进度计划, 明确每日作业内容(如周一拆除旧屏、周二敷设电缆), 采用甘特图实时跟踪进度。设置关键节点里程碑(如电缆敷设完成、装置安装就位), 延误时分析原因(如材料短缺、天气影响), 通过增加作业人员、调整工序衔接(如并行开展电缆测试与屏体固定)赶回工期, 避免影响系统停电窗口。

(3) 施工质量检查与验收标准。质量检查实行“三检制”(自检、互检、专检): 自检由施工人员核对接线端子编号与图纸一致性; 互检由班组间交叉检查电缆敷设平直度、标识完整性; 专检由技术负责人验证回路绝缘电阻($\geq 5\text{M}\Omega$)、接地电阻($\leq 4\Omega$)。验收标准包括: 接线整齐无交叉, 端子紧固力矩符合规范(如M4端子 $2.5\text{N}\cdot\text{m}$), 电缆屏蔽层单端接地可靠。(4) 施工安全与环境保护措施。安全措施包括: 设置硬质围栏划分作业区, 悬挂“止步, 高压危险”警示牌; 施工人员佩戴安全帽、绝缘手套, 使用绝缘工具(定期耐压试验

合格)；停电作业执行“两票三制”，验电接地后再施工。环保措施：废弃电缆、端子等分类回收(交由资质单位处理)，避免绝缘材料随意丢弃；切割作业时采取降尘措施(如局部吸尘)，减少粉尘污染^[4]。

3.3 施工后调试与验收

(1) 二次回路调试步骤与方法。先进行绝缘测试(用1000V摇表测各回路对地绝缘， $\geq 10\text{M}\Omega$)；再通模拟电流、电压，检查电流互感器二次回路极性(用相位表验证)、电压回路相序(相序表测量)；最后测试控制回路，模拟断路器分合闸操作，检查信号反馈是否准确(如分闸后“分位”灯亮)。调试中发现断线、短路等问题，需标记位置并整改。(2) 继电保护装置整组试验与校验。整组试验模拟各种故障(如单相接地、三相短路)，检查保护装置动作逻辑(动作时限、跳闸对象)是否符合整定要求；校验保护定值(用继保测试仪输入模拟量)，误差需 $\leq \pm 5\%$ 。同时测试装置与后台通信，确保遥测、遥信、遥控信号传输正确，动作信息记录完整。(3) 改造项目验收流程与标准。验收流程：施工单位提交竣工资料(含图纸、试验报告)→监理单位初审→运维单位现场核查(复核试验数据、外观质量)→组织试运行(连续72小时无异常)→召开验收会签署意见。验收标准：保护装置动作正确率100%，二次回路无寄生回路，竣工资料与现场一致，满足《电力系统继电保护及安全自动装置运行规程》要求。

4 二次回路设计优化与施工管理中的常见问题与对策

4.1 设计优化中的常见问题

4.1.1 如接地不符合规范、互感器选型不当等

设计层面易出现接地混乱，如保护屏与电缆屏蔽层多点接地形成环流，或接地电阻超标($> 4\Omega$)降低抗干扰能力；互感器选型存在“大马拉小车”现象，电流互感器变比过大导致轻负荷时测量误差超10%，电压互感器容量不足引发二次压降超标；回路设计冗余不足，未预留扩展接口，后期新增功能需大规模改线；逻辑回路疏漏，如未设置防跳回路导致断路器误动作。

4.1.2 提出相应的解决策略与建议

接地系统采用“一点接地”原则，用40×4mm铜排构建独立接地网，实测接地电阻需 $\leq 2\Omega$ ，屏蔽层单端接

地并做好绝缘隔离；互感器选型前开展负荷计算，电流互感器按“额定电流1.2倍”选型，电压互感器容量预留30%余量；关键回路预留20%备用电缆芯，标注编号及用途；引入CAD二次回路校验软件，自动排查逻辑冲突，复杂回路增加硬件闭锁回路。

4.2 施工管理中的常见问题

4.2.1 如施工图纸不一致、施工队伍素质参差不齐等

施工中常出现图纸与现场脱节，如电缆敷设路径与土建结构冲突；施工人员技能不足，新型智能端子排接线错误率超15%，导线压接不规范导致接触电阻过大；质量管控宽松，绝缘测试漏项或数据造假；安全措施缺位，存在带电插拔插件、工具未绝缘检测等违规操作。

4.2.2 提出施工管理改进措施与建议

推行“现场放样”制度，施工前用BIM模型模拟安装，修正图纸偏差；开展“理论+实操”培训，考核合格发放上岗证，重点强化智能设备接线工艺；实施“三级验收”，施工队自检、监理复检、业主终检，关键数据留存影像记录；执行“安全双监护”，停电作业必须两人在场，工具每日绝缘测试并挂牌标识，违规者连带处罚。

结束语

综上所述，继电保护屏改造中的二次回路设计优化与施工管理是确保电网安全稳定运行的关键。通过细致的设计优化，我们提升了保护动作的准确性和速度，增强了系统的抗干扰能力。而严格的施工管理则确保了改造工程的安全、质量与进度。未来，我们将继续探索新技术、新方法，不断优化二次回路设计与施工管理流程，为构建更加安全、高效、智能的电力系统贡献力量，共同推动电力行业的蓬勃发展。

参考文献

- [1]张明,李华.电厂继电保护二次回路改造的问题及对策[J].电力自动化设备,2020,40(5):189-192.
- [2]王强,赵刚.继电保护二次回路抗干扰技术研究[J].继电器,2019,47(3):45-49.
- [3]刘军,陈亮.电厂继电保护二次回路的优化改造[J].电工技术,2021(12):112-114.
- [4]孙伟,周明.基于智能化的继电保护二次回路改造实践[J].电力系统保护与控制,2022,50(10):178-183.