继电保护自动化调试技术

马培东
昭通博源电力勘察设计有限公司　云南　昭通　657000

摘　要：在建筑电气场景下，建筑配电系统故障会直接冲击建筑用电稳定，继电保护自动化装置依靠数字化采集与逻辑判据完成故障处置。本文以建筑配电继电保护自动化装置为研究对象，梳理这类设备基础架构，围绕前置准备、单体检测、联动试验搭建完整调试工艺，引用现行电力与电气施工规范设定测试指标，把控模拟量采集误差、保护动作时限、通信报文传输等关键环节。现场作业配套隔离管控、人员操作准则，降低调试阶段触电与信号窜扰隐患。整套调试流程可识别硬件缺陷、校验保护逻辑，保障继电保护自动化装置投入后可靠响应各类建筑配电故障。

关键词：建筑电气；继电保护；自动化装置；调试工艺；配电保护

引言：现代建筑配电规模持续扩张，负荷类型持续增多，传统电磁式继电保护很难适配复杂配电回路的保护需求。数字化继电保护设备逐步普及，装置集成采集、运算、跳闸、通信多项功能，对现场调试工作提出更高标准。调试质量直接决定故障发生时保护动作能否准确执行，一旦调试疏漏，容易引发误跳闸或拒动问题，扩大故障波及范围。结合建筑配电场景特点，梳理自动化继电保护调试工序，明确各阶段测试要点与现场安全管控手段，文中以建筑电气配电系统为应用场景开展继电保护自动化调试技术研究，为现场实操提供技术参考。

1 建筑电气继电保护自动化的基础认知

1.1 建筑电气继电保护的核心作用与自动化特征

建筑配电系统传输电能，负荷波动会改变线路与设备运行工况。继电保护模块实时采集电气参数，系统出现故障时快速隔离故障支路，压缩故障影响范围，减少设备损坏，保障无故障区域持续供电。传统电磁式保护依靠机械元件判别故障，响应存在短板。数字化继电保护依靠采集单元获取电流、电压数据，通过内置程序识别故障。这类设备采集精度更高，定值修改操作简便，运行数据可以远传存储，捕捉瞬时异常信号，方便运维人员掌握系统工况。故障判别依靠数字程序完成，消除机械磨损带来的性能漂移，长期运行更稳定。建筑配电负荷种类多、回路数量大，自动化保护支持多回路集中监测，不同支路可独立配置保护逻辑，适配建筑分层配电架构。

1.2 建筑电气继电保护自动化装置的构成体系

自动化保护装置由多类功能单元共同组成。信号采集单元连接互感器，采集电流、电压模拟信号并做预处理转换。数据处理单元接收数字化信号，依照预设保护逻辑运算比对，判断工况是否越限。输出执行单元接收指令，驱动跳闸回路分断断路器，切除故障回路。通信单元建立装置与后台平台的数据通道，上传实时运行数据，接收远端参数修改指令。电源单元保障装置供电，抵御电网短时扰动。人机交互单元集成本地显示界面，展示运行参数，支持现场录入定值、投切保护功能。各单元协同完成信号采集、故障判别、跳闸输出，形成完整软硬件工作体系。

2 建筑电气继电保护自动化的调试工艺设定

2.1 建筑电气继电保护自动化调试的前置条件准备

2.1.1 图纸资料与现场设备核对

调试作业启动前，作业人员梳理建筑配电系统一次回路、二次回路图纸，核对装置型号、安装位置，确认图纸标注参数与现场设备保持一致。清点调试所需仪器，校验仪器计量有效期，保证输出信号精度满足继电保护参数测试标准。核查装置外部接线状态，区分一次动力回路与二次信号回路，排查接线端子松动、线芯破损、短接错误等问题。

2.1.2 回路与作业环境布设

检查装置供电回路，单独搭建调试供电路径，隔离其他未参与调试的电气设备。整理装置内部保护定值清单，提取对应配电回路保护参数，整理参数文件存储至调试终端。划定调试作业区域，清理区域内无关杂物，区分试验接线与原有二次接线，标记需要临时拆除的二次线缆。核对后台监控系统通信点位信息，配置装置通信地址，完成监控平台基础信息录入。

2.1.3 绝缘接地与试验材料查验

确认装置接地线路连接可靠，接地电阻数值达到电气规范要求，规避调试过程静电干扰与感应电压带来的信号偏差。完成装置外观检查，观察外壳有无物理损

伤，端口有无受潮锈蚀痕迹，排查硬件缺陷对后续调试结果产生干扰。二次回路绝缘电阻测试需满足GB50303-2015，测量数值不能低于1MΩ，采用500V兆欧表逐段检测。接地电阻测试选用四极法，10kV建筑配电保护屏接地电阻实测控制在4Ω以内，超过限值的点位要重新补做接地极，待复测合格再进入后续工序。定值文件导出后，作业人员对照纸质定值单逐行比对电流、电压、时限参数，每一条参数留存截图归档，避免文件拷贝过程出现丢包。试验线缆选用截面不小于1.5mm^{2}铜芯软线，线端压接冷压端子，杜绝裸线直接插入保护端子造成接触压降。

2.2 建筑电气继电保护自动化装置的单体调试技术

2.2.1 上电自检与模拟量、开关量信号检测

单体调试针对单台继电保护自动化装置开展独立性能检测，不接入完整配电系统联动回路。接通装置工作电源，观察装置上电自检流程，读取自检生成的状态信息，确认硬件模块无告警信号。开展模拟量输入测试，使用信号发生器向装置输入多组梯度电流电压信号，比对装置采集显示数值与信号发生器输出数值，计算采集误差。调整输入信号幅值，验证装置在额定工况、低负荷工况、故障工况下的数据采集能力。完成开关量输入测试，向装置开关量端子输入通断信号，查看装置内部状态变位记录，确认开关信号识别响应准确。

信号施加前紧固试验接线端子，避免接触不良造成数据跳动。每一档信号稳定后再读取采样数值，连续采集三组数据取均值[1]。开关量试验交替施加闭合、断开信号，检验变位响应不存在迟滞、漏记现象。发现采集结果异常，立刻停止输出信号，排查试验回路。

2.2.2 保护定值与出口回路校验

开展保护定值校验，导入整理完成的保护定值，逐步施加故障模拟信号，记录保护启动时间、动作出口状态，核对动作行为与预设保护逻辑匹配程度。测试过流保护、零序保护、过压保护等各类保护功能，分别施加对应故障信号，记录保护动作时间，检查装置动作事件记录完整度。测试开关量输出回路，下发动作指令，检测出口继电器触点通断状态，确认跳闸回路输出信号稳定可靠。修改装置内部保护投退参数，验证功能投切操作效果，核查参数保存与断电记忆性能。

每一类保护项目试验结束后清除事件记录，防止历史条目干扰后续判断。检测出口触点时接入万用表监测通断状态，捕捉瞬时动作脉冲。投退参数修改完成后，调取本地存储页面，确认参数写入成功，断电重启后再次核验参数留存状态。

2.2.3 通信通道与试验过程管控

完成装置通信端口单体测试，使用调试终端直连装置通信接口，发送读取指令，校验数据收发准确性。调试过程逐项记录测试数据，标记超出误差允许范围的项目，开展复测排查问题来源。模拟量采集误差参照DL/T478-2013，0.05倍至20倍额定电流区间，相对误差控制在±2%以内。定值校验选取0.95倍、1.0倍、1.05倍定值三组信号分别施加，每组重复3次试验，时间整定值误差满足不大于1%或40ms。过流速断保护施加1.2倍定值电流，记录跳闸出口脉冲发出时刻，事件记录需要完整存储故障类型、故障幅值、动作时标。通信测试选用DL/T860协议，连续读写100组数据报文，统计报文丢包数量，出现丢包的端口更换网线后复测。断电记忆测试持续断电30min，重启装置调取定值，参数内容不能发生偏移。信号施加阶段放慢操作节奏，缓慢抬升输出量值，规避阶跃冲击损伤板卡采样通道[2]。每完成一类功能试验，清空装置本地事件缓存，避免旧记录混入新测试数据，干扰结果判读。发现采样偏差超出限值，优先检查试验线缆压接位置，再核查装置采样板卡通道。全部试验条目完成，整理纸质记录，逐条核对，留存原始测试记录。

2.3 建筑电气继电保护自动化系统的联动调试技术

2.3.1 通信链路与基础告警验证

单体调试全部项目合格后启动系统联动调试，将单台装置接入建筑配电二次网络与后台监控系统。搭建整套系统通信链路，检查各保护装置与监控平台之间数据传输状态，确认多台装置运行参数可以同步上传至监控终端。模拟配电回路故障工况，向对应保护装置施加故障信号，观察装置完成保护动作，上传故障告警信息，监控平台接收事件报文并弹出对应告警提示。核对告警信息内故障类型、故障发生时间、对应配电回路编号，确认信息内容完整。

2.3.2 多回路故障与远程功能试验

模拟多支路先后出现故障的场景，检验多台保护装置独立判别故障，互不干扰动作逻辑，避免出现误动拒动现象。测试远程参数修改功能，在后台监控平台下发定值调整指令，读取保护装置本地参数，比对参数更新结果。模拟保护动作产生跳闸指令，联动检查断路器辅助触点信号回传至保护装置与监控平台，确认断路器位置状态信息更新及时。

2.3.3 异常工况模拟与试验验收

模拟通信链路中断工况，观察保护装置维持本地故障判定能力，通信链路恢复后自动补传历史事件记录。检验系统时序同步性能，统一整套保护装置时间基准，

比对多台装置记录的故障事件时间戳，控制时间偏差在规范允许区间。开展多次重复故障模拟试验，稳定验证整套系统动作一致性，排查偶发信号丢失、信息延迟等隐性问题。联动调试覆盖正常运行、单相故障、相间故障、通信中断等多种工况，完整检验自动化继电保护整套系统协同工作能力。整套系统对时采用IRIG-B码，装置之间时标偏差控制在1ms以内。模拟通信中断持续时长设置为5min，链路恢复后核对历史事件条目数量，丢失条目判定为不合格。多回路故障试验设置0.3s级差，匹配配电保护选择性配合要求，前一级保护动作后，后一级保护不会提前触发跳闸[3]。后台端远程修改定值完成后，等待2s读取装置本地存储内容，验证下发指令落地。为排查偶发、间歇性信号异常这类隐性缺陷，规避单次试验偶然性带来的误判，整套联动试验不少于5轮故障模拟，全部轮次动作、告警、报文回传均达到合格标准，系统调试阶段才可收尾。切换故障类型时暂停试验，确认后台清除过往告警标记。逐条核验断路器位置变位报文，确认变位触发节点贴合一次设备动作时序。试验结束切断模拟信号，保留链路连通状态静置十分钟，查看后台有无自发异常告警。

3 建筑电气继电保护自动化调试的安全要求与现场管控

3.1 建筑电气继电保护调试作业的现场安全隔离规范

调试作业实施阶段落实电气隔离措施，断开待调试回路一次侧电源，悬挂电气警示标识，防止外部电源意外送电。采用验电设备确认回路无残余电压，对电容类元件执行充分放电操作，消除残余电荷带来的触电风险。区分一次回路二次回路隔离范围，拆除二次回路与运行设备之间互联线缆，使用绝缘胶带包裹裸露线芯，防止试验信号窜入正在运行的电气系统。设置物理隔离边界，使用绝缘围栏划分调试区域，阻挡无关人员进入作业范围。

对多路并行配电回路逐一标记隔离状态，避免混淆已隔离回路与带电运行回路。临时试验接线独立布设，不和原有二次线缆捆绑敷设，减少试验信号与运行回路之间电磁耦合干扰。调试工作完成拆除试验接线时，核对原有二次接线编号，恢复接线状态，确认无遗留短接线路。隔离状态随调试工序动态调整，每一次变更隔离范围，重新执行验电检查，确认回路安全状态。

3.2 建筑电气调试技术人员的操作准则与风险防控

调试技术人员熟悉建筑电气继电保护调试作业流程，掌握试验仪器操作方法，了解现场配电系统结构。作业前熟悉本次调试涉及的保护逻辑，明确试验信号施加位置，禁止随意触碰未隔离带电端子。作业过程佩戴绝缘防护用具，按照既定工序施加模拟信号，控制信号输出幅值，避免过量信号损毁保护装置内部元器件[4]。多人协同开展现场调试时，明确作业分工，信号施加人员与后台监测人员保持稳定信息交互，确认指令传递无误。

持续关注装置告警信号，一旦出现异常告警，第一时间切断试验信号输出，排查异常诱因。仪器设备放置在干燥平整区域，线缆摆放规整，规避踩踏拉扯造成线缆破损。每日调试作业结束，清点试验工具，检查现场有无遗留金属物件，清理作业区域。定期开展现场风险识别，针对感应电压、误接线、仪器过载等潜在风险制定处置方式，降低调试作业安全隐患。

结束语：继电保护自动化调试覆盖前期准备、单体性能核验与系统联动试验多个环节，各项测试指标依托现行电气规范划定边界。完整调试可以排查接线缺陷、校验保护定值、验证跨设备通信与告警传递能力。配套现场隔离措施与人员操作规范，约束调试作业带来的各类安全风险。落实整套调试工序，能让自动化继电保护装置匹配建筑分层配电架构，在配电回路出现单相、相间故障时快速切除故障支路，守住建筑配电系统稳定运行底线。

参考文献

[1]孙磊.继电保护自动化装置故障检修技术[J].今日自动化,2025(9):86-88.

[2]赵中坤,何洋,李恒,等.电力继电保护自动化技术研究[J].电力设备管理,2024(16):47-49.

[3]周远雄.电力系统中继电保护自动化技术研究[J].电力设备管理,2025(20):211-213.

[4]万研新,薛满财.电力系统中继电保护自动化技术研究[J].电力设备管理,2026(4):180-182.