

智能继电保护装置误动故障原因分析与整改方案

邢学磊

新乡华源电力集团有限公司 河南 新乡 453000

摘要：智能继电保护装置是电力系统稳定运行的核心测控设备，具备数字化、智能化、集成化优势，可快速实现故障判别与线路保护。但在复杂工况下，装置误动故障频发，会导致线路无故跳闸、供电中断、设备停运，严重威胁电网安全。本文结合智能继电保护装置技术特征，梳理误动的定义、分类与机理，从硬件、软件、通信通道、外部环境四维度剖析成因，搭建标准化诊断流程，提出硬件检修、软件优化、通道整改、管理提升及智能防控的全方位整改措施，可有效降低误动率，提升装置运行可靠性，为电网运维提供技术参考。

关键词：智能继电保护；误动故障；故障分析；整改方案

引言：随着智能电网建设全面推进，智能继电保护装置已替代传统电磁式保护设备，成为电力系统故障监测与安全防护的核心设备。相较传统设备，智能继电保护集成数字化采样、智能运算、远程通信等功能，响应更快、精度更高。但变电站现场电磁环境复杂、设备长期高频运行、通信通道干扰及运维操作不规范等因素，极易导致误动。误动属于严重设备异常，会造成线路无故跳闸，引发区域停电、设备损耗、电网波动等安全风险。本文系统分析误动机理与故障诱因，制定标准化诊断流程与整改方案，助力提升装置运行稳定性与电网安全防控能力。

1 智能继电保护装置的技术特征与误动机理

1.1 智能保护装置的技术特征

智能继电保护装置依托数字化、智能化技术迭代升级，彻底改变了传统继电保护的运行模式，具备高精度、快响应、集成度高、可远程运维的技术特征。装置采用数字化采样技术，通过电子式互感器完成电流、电压信号实时采集，采样精度显著提升，能够精准捕捉电网微小参数波动。同时集成智能算法、故障自检、数据存储、远程传输等功能，可自主完成故障判别、动作执行、数据记录与后台上传。设备硬件高度集成化，体积更小、功耗更低，适配智能化变电站集成布置需求。此外，装置支持网络化通信，可实现多设备联动保护、远程调控与在线监测。但高度数字化、集成化设计也让装置对电磁干扰、数据异常、程序漏洞更为敏感，极易引发误判、误动问题，对现场运行环境与运维标准要求更高。

1.2 误动的定义与分类

智能继电保护装置误动，是指电力系统无真实故障、设备运行参数正常的前提下，保护装置错误判定故障信号，自主触发跳闸、闭锁、告警等保护动作的异常

现象，是区别于拒动、越级动作的典型设备故障。根据现场故障表现形式，可将误动分为稳态误动和暂态误动两类。稳态误动指设备长期运行中因硬件老化、程序异常、参数漂移引发的持续性误动作，故障诱因稳定、重复发生率高。暂态误动多由瞬时电磁干扰、通信闪断、采样瞬时异常、电网瞬时波动导致，故障突发、持续时间短、诱因隐蔽、排查难度大。按照动作类型可分为跳闸误动、告警误动、闭锁误动，其中跳闸误动危害最大，易造成大面积停电，是电网运维重点防控的故障类型^[1]。

1.3 误动机理的理论框架

智能继电保护装置误动的核心机理是“信号异常—判别失误—动作触发”的连锁反应，大多数误动故障可归结为该核心逻辑。正常运行状态下，装置通过固定采样周期采集电网运行数据，依托内置保护算法比对运行参数与定值阈值，无异常时保持稳态运行。当硬件故障、软件漏洞、通信干扰或外部环境异常时，会导致采样数据失真、信号传输畸变、算法判别偏差，让装置接收虚假故障信号。装置按照预设程序判定电网存在故障，随即触发保护动作，最终形成误动故障。整体机理可划分为信号层、算法层、执行层三个层级，信号层异常是诱因，算法层误判是核心，执行层动作是结果，三层相互关联、层层传导，构成完整的误动故障理论体系。

2 智能继电保护装置误动故障原因深度分析

2.1 硬件原因分析

硬件故障是引发智能继电保护装置误动的基础性诱因，装置长期运行出现的硬件老化、元件损坏、接触不良等问题，会直接导致采样与执行异常。核心硬件故障主要包括采样模块故障、电源模块不稳定、主板芯片老化、继电器触点异常等。采样芯片老化、互感器精度衰减会造成电流电压采样失真，出现数值漂移、数据跳

变,误导装置故障判别;电源模块电压波动、稳压失效,会导致装置运行不稳定,触发瞬时保护动作;主板线路虚焊、元件老化受潮,会引发设备瞬时死机、信号错乱;继电器触点粘连、接触不良,会出现无指令误触发动作。此外,装置散热模块故障导致机身高温,会加速硬件损耗,进一步提升误动故障发生概率,是现场最常见的硬件故障诱因。

2.2 软件原因分析

软件系统异常是智能化装置区别于传统设备的特有误动诱因,程序漏洞、参数配置不当、算法缺陷都会引发保护误判。一是程序版本老旧,内置算法存在设计漏洞,对电网瞬时波动、谐波干扰的抗干扰识别能力不足,无法区分正常波动与真实故障,导致误判误动。二是保护定值整定不合理,运维人员定值计算偏差、参数录入错误,导致保护阈值过于灵敏,轻微参数波动即可触发保护动作。三是软件逻辑缺陷,部分闭锁逻辑、防抖逻辑不完善,无法过滤瞬时异常信号^[2]。四是系统缓存堆积、程序运行卡顿,导致数据运算出错、指令错乱。软件故障具备隐蔽性强、随机性高、排查难度大的特点,是现阶段智能保护装置误动的重要诱因。

2.3 通道与通信原因分析

智能继电保护依赖网络化通信通道实现数据交互与联动保护,通信通道异常极易引发信号传输错误,造成装置误动。现场通信故障主要包括通道干扰、光纤损耗、网线接触不良、数据丢包延时等问题。变电站内高压设备密集,强电磁辐射会干扰通信信号传输,造成信号畸变、数据失真;光纤链路老化、弯折、污染会导致光功率衰减,引发数据丢包、瞬时断连;通信接口松动、协议不匹配会造成数据传输错乱,后台下发错误指令或装置上传虚假数据。同时,多设备共用通信通道导致带宽拥堵、数据延时,会让装置接收时序错乱的异常信号,触发保护误动作。通道故障多为瞬时性故障,故障痕迹不明显,给日常故障排查带来极大困难。

2.4 外部原因分析

外部环境与管理问题是诱发保护装置误动的重要辅助因素,涵盖环境干扰、运维操作、电网工况三大类。环境层面,变电站高温、潮湿、粉尘、雷雨天气会影响设备运行状态,潮湿环境易引发线路绝缘下降、漏电干扰,雷雨天气会产生瞬时电磁脉冲,干扰设备正常采样。电网工况层面,电网合闸、负荷突变、谐波超标、线路瞬时接地等正常工况波动,若无完善防抖逻辑,易被装置误判为故障。运维层面,人员检修操作不规范、设备调试流程疏漏、清洁作业造成线路触碰松

动,以及日常巡检不到位,无法及时发现设备隐患,都会导致装置突发误动,是现场频发且极易被忽视的故障诱因。

3 误动故障的诊断方法与流程

3.1 故障诊断方法

针对智能继电保护装置误动故障隐蔽性、随机性强的特点,需采用多维度、综合性诊断方法精准排查故障根源。常用诊断方法包括数据分析法、设备检测法、环境排查法、对比试验法。数据分析法依托装置故障录波、后台运行日志、报文记录,比对故障时刻采样数据、动作指令、通信记录,快速判别是否存在数据异常、程序误判。设备检测法通过专业仪器检测硬件模块、电源、通信链路、继电器运行状态,排查硬件损伤与线路故障。环境排查法检查现场温湿度、电磁干扰、设备防尘防潮情况,排除外部环境诱因。对比试验法通过更换设备、重启程序、重置参数开展对比测试,精准定位软、硬件故障问题,为故障处置提供依据。

3.2 标准化诊断流程

为保障误动故障高效、精准排查,需建立标准化、闭环式诊断流程。第一步为故障信息收集,记录误动发生时间、动作类型、电网工况、设备运行状态,调取录波数据与后台日志。第二步为初步研判,结合故障现象区分稳态误动与暂态误动,初步判定故障诱因类型。第三步为分层排查,按照“外部环境—通信通道—硬件设备—软件参数”的顺序逐层排查,规避排查遗漏。第四步为精准定位,结合检测数据与试验结果,确定具体故障点位与故障原因。第五步为验证复核,完成故障处置后开展模拟试验,确认故障彻底消除。标准化流程可有效提升故障排查效率,避免盲目检修,保障设备快速恢复正常运行^[3]。

4 整改方案与预防措施

4.1 硬件层面整改

针对硬件老化、接触不良、模块故障等问题,制定全方位硬件整改方案。定期开展装置硬件专项检修,重点检查采样模块、电源模块、主板、继电器等核心部件,及时更换老化、破损、精度衰减的硬件设备。对设备内部线路、焊点、接口进行全面排查,重新紧固松动线路,修复虚焊、脱焊点位,杜绝接触不良问题。优化设备散热系统,清理机身粉尘、堵塞散热孔,加装散热辅助设备,控制设备运行温度。改善设备防潮、防尘、抗电磁干扰配置,加装屏蔽装置、防潮模块,降低外部环境对硬件运行的影响。建立硬件设备台账,记录设备运行年限、检修记录,对超期服役设备提前更换,从硬

件源头杜绝误动故障。

4.2 软件层面整改

聚焦软件漏洞、参数失误、算法缺陷问题,落实软件系统专项整改优化。及时升级装置程序版本,修复老旧程序的逻辑漏洞与算法缺陷,优化信号防抖、异常过滤、故障判别逻辑,提升装置对瞬时波动、谐波干扰的识别能力。全面复核保护定值,结合电网运行工况重新精准计算、核对录入参数,修正不合理阈值,避免保护过于灵敏或拒动。优化软件运行机制,定期清理系统缓存、后台冗余数据,避免程序卡顿、运算出错。建立软件参数管理制度,规范定值修改、程序升级、逻辑调试流程,执行双人复核制度,杜绝人为操作失误引发的软件故障,全面提升软件系统运行稳定性^[4]。

4.3 通道层面整改

针对通信通道干扰、数据异常问题,开展通信系统专项整改优化。全面排查光纤、网线、通信接口,更换老化、破损、弯折的通信线路,清洁光纤接头,紧固松动接口,保障通信链路稳定。优化变电站通信布局,将通信线路与高压强电线路分层布置,加装电磁屏蔽设施,降低电磁干扰。规范通信协议配置,统一站内设备通信标准,修正协议不匹配问题。优化通信带宽分配,避免多设备抢占带宽造成数据拥堵、延时丢包。建立通信通道常态化检测机制,定期检测光功率、信号强度、数据传输稳定性,及时排查通道隐患,保障数据传输实时、精准、稳定,杜绝通信异常引发的保护误动。

4.4 管理层面整改

完善运维管理制度,补齐管理漏洞,从人为管控层面杜绝误动故障。建立常态化巡检机制,制定继电保护专项巡检清单,定期排查设备运行状态、环境条件、参数配置及通道工况,实现隐患早发现、早处置。规范设备检修、调试及操作流程,严格执行作业票制度,杜绝违规操作与盲目调试行为。强化人员专业培训,系统提升运维人员对设备原理、故障判别、参数整定及检修操作的专业能力,有效减少人为失误。建立故障复盘机制,对每一起误动故障逐一开展原因分析、责任界定与经验总结,持续优化防控措施。完善设备台账与运维记

录,实现设备全生命周期精细化管理,全面降低人为与管理因素引发的故障概率,筑牢误动防控的管理防线。

4.5 智能化预防措施

依托智能电网技术,搭建智能化、常态化误动预防体系,实现故障提前预判、主动防控。接入在线监测系统,对继电保护装置运行参数、硬件状态、通信数据、环境指标进行24小时实时监测,自动识别数据异常、参数漂移、信号畸变等潜在隐患。利用大数据分析技术,统计装置误动规律、故障诱因,建立智能预警模型,对高频隐患提前预警处置。引入智能校验技术,定期自动校验保护定值、程序逻辑、采样精度,实现设备自我检测、自我纠错。搭建远程运维平台,实现程序远程升级、参数远程复核、故障远程诊断,提升运维智能化水平,从被动故障处置转向主动智能预防,长效保障设备稳定运行。

结束语

本文系统阐述了智能继电保护装置的技术特征与误动故障机理,从硬件、软件、通信通道、外部环境四个维度全面剖析了装置误动的核心诱因,构建了标准化故障诊断方法与排查流程。结合现场实际工况,针对性提出硬件检修、软件优化、通道整改、管理提质、智能防控五位一体的整改与预防方案,全方位解决智能继电保护误动故障隐患。研究明确了各类误动故障的发生逻辑与处置重点,可有效解决现场排查难、整改不彻底的问题,显著提升继电保护装置运行可靠性。未来可持续结合智能化监测、大数据分析技术,优化主动防控体系,筑牢智能电网安全稳定运行的设备基础。

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]华国杰.智能变电站继电保护装置误动原因与改进措施[J].建筑与施工,2025,4(17):96-97.
- [3]侯元萌,赵严.智能变电站继电保护装置故障诊断与优化策略研究[J].今日自动化,2025(10):47-49.
- [4]王波,顾乔根,孙仲民,等.继电保护装置自动化测试系统的研究与应用[J].东北电力技术,2026,47(4):1-6,56.