电力保护系统的调试与检修

姚 威 朱振宇 李 哲

国网浙江省电力有限公司杭州供电公司 浙江 杭州 310000

摘要：在现代电力系统中，电力保护系统作为电网安全稳定运行的“卫士”，承担着快速检测故障、隔离异常区域、防止事故扩大的关键职责。本文围绕电力保护系统展开深入探讨。先阐述了电力保护系统的基本概念，接着详细分析其常见故障，涵盖硬件、软件、二次回路以及外界干扰引发的故障。着重介绍了系统调试技术要点，包括调试前准备、流程步骤和注意事项。还论述了检修策略与方法，如检修计划制定、常规检修方法、状态检修技术应用及检修后的验收测试等。通过本文的研究，期望能为电力保护系统的稳定运行、故障处理和维修提供有效参考，提升电力系统的安全性和可靠性。

关键词：电力保护；系统调试；检修

引言：在现代电力系统中，电力保护系统起着至关重要的作用，它是保障电力系统安全、稳定运行的关键防线。随着电力技术的不断发展和电力需求的日益增长，电力保护系统的性能和可靠性愈发受到关注。然而，在实际运行中，电力保护系统会面临各种故障问题，如硬件损坏、软件漏洞等，影响其正常工作。同时，科学合理的调试与检修对于及时发现和解决问题、维持系统良好运行状态意义重大。因此，深入研究电力保护系统的调试与检修技术具有重要的现实意义。

1 电力保护系统概述

电力保护系统是电力系统稳定运行的“安全卫士”，通过实时监测电力系统运行状态，对电流、电压等关键参数进行采集与分析，一旦检测到短路、接地等故障，或过负荷、过电压等异常情况，能迅速发出告警或执行断电操作，防止故障扩大，避免设备受损。该系统主要由测量、逻辑判断和执行三大单元构成。测量单元负责收集电力系统运行数据，逻辑判断单元基于预设规则分析数据并作出决策，执行单元根据决策结果迅速动作，三者紧密配合，形成完整的保护闭环。在智能化、数字化浪潮下，电力保护系统不断迭代升级，融合先进技术，具备了更强的故障识别能力与自适应调节功能，有效提升电力系统运行的安全性与可靠性，成为现代电力供应不可或缺的保障^[1]。

2 电力保护系统常见故障分析

2.1 硬件故障

硬件故障是电力保护系统常见问题之一，主要涉及设备元件老化、损坏等情况。如保护装置中的继电器触点氧化、熔断器熔断，会导致保护功能失效；芯片、电路板等关键部件因高温、潮湿环境出现性能下降甚至损

坏，影响数据采集与处理。此外，长期运行导致的机械部件磨损，也可能引发接触不良等问题，干扰系统正常运行。

2.2 软件故障

软件故障多源于程序漏洞、配置错误或病毒入侵。程序代码存在缺陷，可能使保护系统出现误判或漏判；参数配置不合理，无法适配实际运行环境，导致保护功能异常。同时，网络攻击致使病毒、恶意软件入侵，破坏系统软件架构，干扰数据传输与逻辑判断，严重威胁电力保护系统的可靠性与稳定性。

2.3 二次回路故障

二次回路故障常因接线错误、接触不良或绝缘老化引发。接线时若出现端子松动、线路交叉错接，会导致信号传输混乱；长期运行后，线路绝缘层老化破损，易发生短路或接地故障。此外，二次回路中的中间继电器、信号继电器等元件故障，也会中断保护信号的传递，影响系统正常动作。

2.4 外界干扰引起的故障

外界干扰是影响电力保护系统的重要因素。电磁干扰来自附近的高压设备、电机启动等，会干扰信号采集与传输，使保护装置误动作；雷电冲击可能瞬间产生过电压，损坏系统中的电子元件；强磁场环境也会导致测量数据出现偏差，影响保护系统对电力系统运行状态的准确判断。

3 电力保护系统调试技术要点

3.1 调试前的准备工作

3.1.1 资料收集与熟悉

资料收集与熟悉是调试的基础。需全面收集系统设计图纸、设备说明书、运行维护记录等资料。设计图纸

能直观呈现系统架构与接线关系，设备说明书则明确参数与操作规范，历史运行记录可帮助预判潜在问题。调试人员需深入研读资料，掌握系统工作原理与技术要求，为调试提供理论支撑，确保对系统整体及各部分细节有清晰认知，避免因信息缺失导致调试失误。

3.1.2 调试工具与仪器准备

调试工具与仪器是确保调试精准性的关键。准备万用表、示波器、继电保护测试仪等专业仪器，以及螺丝刀、扳手等常用工具。万用表用于检测电路通断与参数，示波器可观察信号波形，继电保护测试仪能模拟故障测试保护功能。所有仪器工具需提前校准，确保性能良好、精度达标，保障调试数据可靠，避免因工具仪器问题影响调试进度与结果准确性。

3.1.3 现场环境检查

现场环境直接影响调试安全与效果。检查现场温湿度是否符合设备运行标准，过高或过低的温湿度可能引发设备故障。排查电磁干扰源，确保调试区域远离强电磁干扰。同时，检查照明是否充足、场地是否整洁无杂物，保障调试人员操作安全便利。此外，还需确认电源供应稳定、接地系统可靠，为调试工作提供安全稳定的环境条件^[2]。

3.2 调试流程与步骤

3.2.1 设备外观与接线检查

设备外观与接线检查是调试首步。目视设备外壳有无破损、变形，内部电路板元件是否松动、焊点有无虚焊；通过耳听、鼻闻，判断设备有无异常声响与焦糊味。对照接线图，仔细核对每一处线缆连接，确保端子牢固、无错接漏接，同时检查线缆绝缘层完整性，排除短路隐患，为后续调试筑牢基础。

3.2.2 电源调试

电源调试聚焦供电稳定性。测量输入电源电压，确保其处于设备额定范围；检测电源模块各输出端口电压，若有偏差及时校准。观察电源模块指示灯状态，判断其工作是否正常。模拟电压波动、浪涌等场景，测试电源的抗干扰能力与稳压性能，保障系统在复杂电力环境下可靠运行。

3.2.3 保护功能测试

保护功能测试是核心环节。利用继电保护测试仪模拟短路、过流、接地等故障，设置不同参数，观察保护装置动作情况。记录动作时间、动作值等数据，与设计标准比对，验证保护装置的灵敏性与可靠性，确保其在故障发生时迅速、准确地发挥保护作用。

3.2.4 通讯功能调试

通讯功能调试保障系统数据交互。检查通讯接口连接是否稳固，测试Modbus、IEC 61850等通讯协议配置是否正确。发送与接收测试数据，检查有无丢包、错包现象，模拟网络中断等异常，验证系统通讯恢复能力，实现保护系统与外部设备的稳定通讯与远程监控。

3.3 调试过程中的注意事项

在电力保护系统调试过程中，安全始终是首要原则。调试人员必须严格执行电气安全操作规程，穿戴合格的绝缘手套、绝缘鞋等防护装备，确保在带电作业时的人身安全。对于高压设备调试，需提前办理工作许可手续，在作业区域设置明显警示标识与隔离措施，严禁非工作人员进入。同时，在进行断电操作后，务必对设备进行验电、放电，防止残余电荷引发触电事故。数据准确性对调试结果的可靠性至关重要。调试过程中产生的所有数据，如保护装置动作时间、电源输出参数、通讯信号强度等，都需如实、准确记录，避免数据遗漏或误记。采用专用记录表格，注明数据采集的时间、条件与测试仪器，确保数据的可追溯性。

4 电力保护系统检修策略与方法

4.1 检修计划制定

检修计划制定是保障电力保护系统可靠运行的基础，需全面且科学。首先，收集系统运行数据，包括设备运行时长、历史故障记录、负荷变化曲线等，通过数据分析模型预测设备潜在故障风险。其次，结合电力系统运行特点，如用电高峰低谷时段、季节性负荷变化，合理安排检修时间，尽量选择负荷低谷期开展工作，减少对供电的影响。同时，明确检修所需的人力、物力资源，调配专业检修人员，准备好各类检修工具、备品备件。最后，制定详细的检修流程与进度表，设定质量验收标准，确保检修工作有序推进，既能及时消除设备隐患，又能保障电力供应的稳定性与连续性。

4.2 常规检修方法

4.2.1 直观检查法

直观检查法是最基础且常用的检修手段，通过人体感官对设备进行初步诊断。检修人员目视检查设备外观，查看有无破损、变形、烧焦痕迹，元件引脚是否松动、焊点是否虚焊；耳听设备运行声音，判断有无异常响动，如继电器异常吸合声、变压器的异常嗡嗡声；鼻闻设备是否散发焦糊味，以此排查设备是否存在过热现象。该方法操作简便、成本低，能快速发现如明显的物理损坏、接触不良等问题，为后续深入检修提供方向，是检修工作的重要起始环节。

4.2.2 仪器检测法

仪器检测法借助专业设备实现对电力保护系统的精准检测。使用万用表测量电路的电压、电流、电阻值,判断元件性能与电路通断情况;利用示波器观察电信号波形,分析信号的完整性与传输质量;通过继电保护测试仪模拟各类故障场景,检测保护装置的动作阈值、动作时间等参数是否符合标准。仪器检测能够获取设备运行的量化数据,有效发现设备内部元件性能下降、信号传输异常等隐性故障,为故障定位与分析提供科学依据,是保障检修准确性和深度的关键方法。

4.2.3 替换法

替换法是一种高效的故障定位方式,适用于快速排查故障元件。当怀疑某个元件或模块出现故障时,用同型号、性能良好的备件进行替换,观察设备运行状态是否恢复正常。若替换后故障消失,则可确定原元件或模块存在问题;若故障依旧,则继续替换其他可能故障部件。此方法无需深入分析故障原理,通过直接对比替换前后设备状态,能快速缩小故障范围,尤其适用于元件数量较少、替换操作简便的场景,可显著提高检修效率,但需确保替换备件质量可靠,避免因备件问题导致误判。

4.2.4 回路拆除法

回路拆除法主要用于排查二次回路故障。当怀疑某段二次回路存在短路、接地等问题时,将该回路从系统中逐步分离出来,通过测量断开后各部分的绝缘电阻、通断情况,判断故障是否存在于该回路。若拆除某段回路后,系统恢复正常,则可确定故障就在此回路;若故障仍存在,继续拆除其他可能回路,直至找到故障点。这种方法能够有效隔离故障回路,避免回路间相互干扰导致的故障误判,在处理复杂二次回路故障时具有明显优势,但操作过程需谨慎,防止损坏其他正常回路或设备。

4.3 状态检修技术的应用

4.3.1 状态监测的原理与方法

状态监测融合多种先进技术,在电力保护设备关键节点部署温度、振动、局部放电等类型传感器,如同为设备安装“感知神经”,持续采集运行中的物理量数据。这些数据经物联网传输至数据处理中心后,借助大数据分析技术,深度挖掘数据特征,结合机器学习算法,对比设备正常运行时的历史数据和行业标准参数,

构建精准的设备健康状态评估模型。

4.3.2 基于状态监测的检修决策

基于状态监测的检修决策摒弃传统“一刀切”的定期检修模式,以设备实际健康状态为核心导向。系统根据状态监测数据,运用科学的评估体系,将设备状态精准划分为正常、注意、异常和严重四个等级。当设备处于正常状态时,适当延长检修周期,降低检修成本;处于注意状态时,加密监测频率,密切关注数据变化;一旦进入异常或严重状态,立即启动应急检修程序,组织专业人员结合故障类型、影响范围和发展趋势,制定个性化检修方案。

4.4 检修后的验收与测试

检修后的验收与测试是确保电力保护系统恢复正常运行的重要关卡。验收初期,技术人员严格对照检修方案,对更换的元件、修复的线路进行细致核查,确保元件型号、参数与设计要求完全匹配,接线牢固、无松动错接现象,设备外观恢复完好。功能测试阶段,利用继电保护测试仪模拟各类故障场景,检验保护装置动作的灵敏性与准确性;通过通讯调试,验证设备与监控系统的数据交互是否稳定流畅;电气性能测试环节,对设备的绝缘电阻、耐压强度等关键指标进行检测^[3]。

结束语

建筑结构工程安全性是建筑全生命周期的核心要素,直接关系到生命财产安全与社会稳定。从设计阶段的精准选型、荷载计算,到施工过程的质量管控、规范操作,再到材料环节的严格把关,以及使用维护阶段的灾害应对与制度完善,各环节紧密关联、缺一不可。唯有将安全性理念贯穿工程建设与使用全过程,持续强化技术创新与管理优化,才能切实提升建筑结构安全水平,为城市建设筑牢安全根基,推动建筑行业朝着更安全、更可持续的方向发展。

参考文献

- [1]李国.对电厂电气设备调试技术的几点探讨[J].中国设备工程,2021(04):218-219.
- [2]李蕊,陈文海,侯斌,邹学翔,刘洪兵.继电保护装置调试方法优化探究[J].电气技术与经济,2021(01):52-53.
- [3]王林.探讨电力自动化仪表的可靠性[J].电子世界,2021(03):184-185.