

电力系统继电保护不稳定原因及解决策

芦浩 杨海荣 梁潇 顾玉龙

国网宁夏电力有限公司吴忠供电公司 宁夏吴忠 751100

摘要: 电力系统继电保护是保障电网安全稳定运行的关键技术。然而, 继电保护系统的不稳定运行已成为影响电网可靠性的重大隐患。本文从继电保护不稳定的表现形式入手, 剖析了设备质量、二次回路、整定计算、运维管理等内部原因, 以及系统故障干扰、运行方式变化等外部因素。在此基础上, 重点探讨了智能化保护、数字化保护、自适应整定、故障信息智能处理等创新技术在提升继电保护稳定性方面的应用。最后, 从标准规范、人员培训、全生命周期管理等角度, 提出了完善继电保护管理体系的关键举措。

关键词: 电力系统; 继电保护; 不稳定原因; 创新技术; 管理体系

继电保护是保障电力系统安全稳定运行的首要防线。随着电网规模日益扩大, 结构日趋复杂, 继电保护面临的挑战也日益严峻。继电保护系统不稳定运行事件频发, 已成为影响电网可靠性的重大隐患, 严重威胁着电力系统的安全经济运行。深入分析继电保护不稳定的原因, 积极探索提升继电保护稳定性的新技术、新方法, 完善继电保护管理体系, 对于提高电网可靠性水平, 促进电力系统健康平稳发展具有重要意义。

1 电力系统继电保护不稳定的表现与原因

1.1 电力系统继电保护不稳定的主要表现形式

电力系统继电保护不稳定运行已成为影响电网安全经济运行的重大隐患, 其主要表现形式包括继电保护装置频繁误动作、拒动、动作时间超时或提前以及可靠性降低等。频繁误动作是指继电保护装置在没有故障或故障已经消除的情况下错误启动, 导致不必要的跳闸, 扰乱电网正常运行秩序。拒动则是指当系统发生故障时, 继电保护未能正确识别并及时动作, 延误故障隔离时间, 扩大事故范围^[1]。动作时间超时或提前会影响故障切除的准确性和选择性, 而可靠性降低则意味着继电保护可能在关键时刻失灵, 无法发挥应有的保护作用。这些不稳定表现严重威胁着电力系统的安全稳定运行。

1.2 电力系统继电保护不稳定的内部原因

深入分析电力系统继电保护不稳定的内部原因, 可以发现主要问题出在继电保护设备质量、二次回路设计和施工、整定值计算和参数设置以及检修维护等方面。继电保护设备

质量直接关系到保护功能的可靠实现, 如果存在硬件缺陷或软件漏洞, 就难以保证动作的准确性和可靠性。二次回路作为连接继电保护和一次设备的纽带, 其设计和施工质量的优劣决定了信号传输的完整性和真实性。整定值计算和参数设置是继电保护正确动作的基础, 如果采用不合理的计算方法或设置错误的参数, 势必造成保护盲区或误动。日常维护是消除继电保护隐患、保证健康运行的有效手段, 疏于巡视检查、试验校验和故障分析, 则可能酿成大的事故。

1.3 电力系统继电保护不稳定的外部原因

除内部原因外, 电力系统继电保护不稳定还与外部因素密切相关, 主要包括一次系统故障干扰和电网运行方式变化两个方面。一次系统频繁发生短路、接地等故障会引起电气量的剧烈波动, 产生大量的暂态分量, 给继电保护的故障识别和正确动作带来严峻考验。同时, 雷电、操作过电压等外部干扰也会对继电保护装置产生影响, 导致误动或拒动。此外, 随着电源和负荷的接入与切除、联络线路的投切以及开关状态的变化, 电网运行方式处于动态变化之中。这些变化会引起电流、电压分布的实时调整, 改变继电保护采集的基准量, 进而影响整定值的适用性和动作的可靠性。因此在继电保护设计中必须充分考虑电网运行的复杂性和多变性, 提高适应能力。

2 提高电力系统继电保护稳定性的创新技术

电力系统继电保护技术正经历着一场深刻变革。面对日益复杂的电网环境和运行挑战, 传统继电保护已难以为继。本文将重点探讨智能化继电保护、数字化继电保护、自适应

整定、故障信息智能处理等创新技术,为提升继电保护稳定性、适应性提供新思路、新方案。

2.1 智能化继电保护技术

随着现代电力系统的快速发展和日益复杂,传统的继电保护技术已难以满足日益提高的安全稳定运行要求,亟须引入智能化技术来提升继电保护的可靠性和适应性。智能化继电保护技术通过综合应用先进的故障检测、信息融合、决策优化等算法,实现对复杂故障的准确识别和快速隔离,有效提高了继电保护的灵敏度、可靠性和选择性。其中,综合智能型线路保护采用多信息源融合技术,综合分析电流、电压、功率等多维量,全面提升线路故障的检测和识别能力;变压器差动智能保护引入了自适应谐波制动和电流相位比较等新原理,有效解决了传统变压器保护的误动和拒动问题;母线智能保护通过优化算法设计,实现了高阻接地系统中母线金属接地故障的快速可靠检测;广域智能保护构建了全局信息采集与共享平台,基于广域量测量与控制,实现了跨区域备用保护协调和稳定控制^[2]。智能化继电保护技术的应用,为提高电力系统继电保护的稳定性和可靠性提供了创新解决方案。

2.2 数字化继电保护技术

数字化继电保护技术是继电保护领域的重大技术变革,通过采用数字信号处理、网络通信等现代技术,实现了继电保护功能的数字化实现和信息标准化传输,极大地提高了继电保护的性能和适应能力。采样值同步技术是数字化保护的核心,通过精确同步的采样和量化,获得高质量的电气量采样数据,为后续的故障判别和测量计算提供了可靠依据,有效消除了传统模拟量采集中的误差和延时。基于 IEC61850 标准的继电保护,采用统一的数据建模和通信协议,实现了继电保护设备之间的互操作和信息共享,提高了系统集成度和二次安全性。标准的配置化组态和灵活的逻辑编程,使得保护逻辑的实现更加简单高效,缩短了调试和投运周期。此外,数字化继电保护还具有体积小、功耗低、集成度高、易于扩展等优点,为智能变电站的建设奠定了坚实基础。数字化继电保护技术的全面应用,必将推动电力系统继电保护的智能化发展,提供更加安全可靠的保护控制。

2.3 自适应整定技术

针对电力系统运行工况多变、配置参数难以统一等问题,自适应整定技术应运而生。该技术能够根据电网实时运

行状态,自动调整继电保护的整定值和动作特性,实现保护性能的动态优化,有效适应电网拓扑和故障状况的变化。基于同步相量测量的自适应整定利用广域 PMU 数据实时估计系统状态和故障参数,自动校正和修改保护定值,确保动作的灵敏可靠;基于人工智能算法的自适应整定通过在线学习系统特性和故障规律,自主构建决策模型和优化策略,不断完善和优化保护配置,提高适应性和鲁棒性。自适应整定摆脱了传统的“一次整定、长期运行”的模式,能够持续监测系统状态,动态调整保护策略,减少误动和拒动,提高了继电保护的可用性和安全性^[3]。此外,自适应整定还可以有效解决新能源接入、柔性联网等引起的新型故障问题,为复杂电网的安全稳定保驾护航。自适应整定技术作为继电保护领域的前沿热点,必将得到更加广泛的研究和应用。

2.4 故障信息智能处理技术

海量继电保护动作信息和故障录波数据是电网运行状态的真实写照,蕴含着丰富的故障特征和规律。高效开发和利用这些宝贵资源,对于提高继电保护的决策水平和故障诊断能力具有重要意义。故障信息智能处理技术应运而生,综合运用大数据分析、机器学习等现代信息技术,实现对故障信息的自动提取、关联分析和知识挖掘,为继电保护的优化和决策提供智能支持。其中,故障录波智能分析采用小波变换、模式识别等算法,自动检测和提取录波数据中的故障暂态特征,实现故障类型、故障性别、故障距离等信息的快速识别,为事故复盘和原因分析提供依据;故障诊断与告警智能分析通过大数据关联分析和深度学习,自动发现故障发生的先兆和征兆,预判可能发生的故障类型和严重程度,生成智能告警和决策建议,指导运行人员提前采取预防控制措施^[4]。此外,通过跨专业、跨系统的信息融合,还可实现继电保护与故障管理、状态检修、安全预控的协同联动,形成“检测-分析-诊断-决策”的智能化闭环控制。故障信息智能处理技术是继电保护智能化应用的高级形态,将推动电网运行由被动响应向主动防控转变。

3 完善继电保护管理体系的关键措施

3.1 建立完善的继电保护标准规范体系

建立健全的继电保护标准规范体系是提高继电保护管理水平的重要基石,对于规范继电保护工作流程、确保继电保护安全可靠运行具有重要意义。其中,继电保护设计标准是指导继电保护系统规划设计的纲领性文件,应明确继电保

护的基本配置原则、技术要求和性能指标,确保继电保护系统的科学性、合理性和先进性;继电保护装置检测标准是评估继电保护设备质量的重要依据,应规定继电保护装置的型式试验、出厂试验、交接试验等各项测试项目和合格判据,保证继电保护装置的可靠性和稳定性;继电保护运行维护标准是指导继电保护日常运维工作的操作准则,应明确继电保护例行巡视、定期校验、状态评价等各项工作的内容、方法、周期和考核机制,确保继电保护系统的健康运行^[5]。继电保护标准规范体系的建立需要多方参与和协调,应充分吸收和借鉴国内外先进经验,建立动态更新和持续完善的长效机制,为继电保护的规范化管理提供行动指南。

3.2 加强继电保护人员培训和管理

继电保护工作专业性强、技术要求高,人员素质和技能水平直接关系到继电保护的安全运行。加强继电保护人员的培训和管理,提升队伍的整体能力和水平,是保障继电保护稳定运行的关键举措。提高继电保护人员专业技能要依托多样化的培训方式,采用理论学习、技能实训、案例分析等方法,重点强化继电保护原理、标准规范、操作规程、故障分析等方面的训练,切实提高人员的业务能力和实践水平;强化继电保护人员安全意识需要将安全理念贯穿于日常工作各个环节,严格遵守操作规程和安全生产制度,加强继电保护安全隐患排查和风险预控,提高人员的安全防范和应急处置能力;优化继电保护队伍结构要科学制定人才发展规划,建立“以老带新、梯队培养”的人才机制,加大高素质人才引进和专业人员培养的力度,推动继电保护队伍的专业化、职业化和年轻化发展。继电保护队伍建设是一项系统工程,需要完善的管理体系、持续的教育培训和科学的激励机制,为队伍建设提供制度保障和发展动力。

3.3 实施全生命周期的继电保护管理

继电保护设备从选型到报废的全生命周期管理,是确保继电保护长期稳定可靠运行的必由之路。继电保护设备选型和采购阶段,应严格履行技术规范和标准要求,优选先进适用的继电保护产品,建立完善的供应商评估和设备验收机制,为优质设备的应用奠定基础;继电保护调试和投运阶段,应制定周密的调试计划和验收标准,采用仿真试验和实际校验相结合的方式,重点关注保护配置、逻辑关系、动作特性等关键环节,确保系统性能满足设计要求;继电保护运行维

护阶段,应遵循“预防为主、状态检修”的原则,加强日常巡检和定期试验,及时发现和消除设备隐患,建立完善的缺陷管理和故障分析机制,不断提高设备健康水平;继电保护技改和更新阶段,应根据电网发展和技术进步,制定合理的升级改造计划,采用性价比高、技术先进的新型继电保护装置,同步开展技术标准修订和人员培训,实现继电保护的平稳升级和无缝切换。全生命周期管理强调设备全过程、全要素的精细化管理,需要健全的组织体系、完善的标准制度和先进的管理平台,为继电保护的安全高效运行保驾护航。

4 结束语

继电保护是保障电力系统安全稳定运行的关键技术,其自身稳定性对于电网可靠性至关重要。本文分析了电力系统继电保护不稳定的内外部原因,结合智能化继电保护、数字化继电保护、自适应整定、故障信息智能处理等前沿技术,探讨了提升继电保护稳定性的创新途径。在技术创新的同时,还需要从继电保护标准规范、人员培训管理、全生命周期管理等方面,系统谋划,多管齐下,构建“技防+人防+物防”的纵深防线,全面提升继电保护系统的运行水平。今后,应进一步跟踪和研究继电保护领域的新理论、新技术,加强产学研用合作,积极开展工程应用实践,为提高电力系统继电保护稳定性提供持久动力,为保障电网安全稳定运行贡献力量。

参考文献:

- [1] 朱辰宇. 光纤技术与电力继电保护融合分析 [J]. 产业创新研究, 2025,(10):120-122.
- [2] 魏飞飞. 基于深度学习的电力继电保护故障检测技术 [J]. 电气技术与经济, 2025,(05):103-105.
- [3] 邢超超. 基于人工蜂群算法的变电站继电保护定值整定研究 [J]. 电气技术与经济, 2025,(05):143-145.
- [4] 张君成. 新型电力系统继电保护自动化检测及故障处理 [J]. 中国新技术新产品, 2025,(10):15-17.
- [5] 于峰, 王逸群, 包圣, 等. 变电站继电保护中交直流电源串扰保护误动分析及解决方案 [J]. 自动化应用, 2025,66(10).

作者简介: 芦浩 (1998-), 男, 汉族, 宁夏回族自治区银川市人, 本科, 就职于国网宁夏电力有限公司吴忠供电公司, 继电保护员, 研究方向为继电保护。