

继电保护装置定值整定计算与动作可靠性提升研究

吴昌昆

贵州乌江水电开发有限责任公司大龙分公司 贵州 铜仁 554300

【摘要】：继电保护定值整定是电力系统安全稳定运行的核心环节，准确性直接决定保护装置动作可靠性。本文研究继电保护定值整定的基础理论、计算方法、误差分析及工程实现，阐述整定核心原则与典型故障下参数关联特性，剖析传统整定方法局限，构建一体化数据整定模型、自适应整定方法及灵活配置技术，辨识误差来源并提出计算、多级配合等可靠性提升措施，结合工程实例验证技术有效性。优化后的整定技术可显著提升计算效率与定值精度，降低保护拒动、误动风险，为多类型发电厂继电保护系统可靠运行提供技术支撑。

【关键词】：继电保护；定值整定；误差分析；自适应整定；可靠性提升

DOI:10.12417/2705-0998.26.07.014

引言

电力系统向智能化、复杂化发展，发电机、变压器等关键设备安全运行对继电保护系统要求更高。定值整定作为保护装置动作核心依据，科学性与精准性直接关系故障切除效率与系统稳定。传统定值整定方法效率低、误差大、适配性差，易引发保护拒动、误动等安全隐患，难以满足复杂工况运行需求。研究继电保护定值整定基础理论与影响机制，优化整定计算方法，辨识误差来源并提出可靠性提升技术，结合工程实践验证有效性，对保障电力系统安全稳定运行、降低停电损失具备重要理论意义与工程应用价值。

1 继电保护定值整定计算基础理论与影响机制

1.1 继电保护定值整定核心原则与技术要求

继电保护定值整定以可靠性、选择性、灵敏性、速动性为核心准则，是保障电力系统故障快速切除、非故障区域稳定运行的关键。整定计算需遵循主保护优先、后备保护逐级配合的逻辑，覆盖各类运行及故障场景，符合各类设备保护配置规程，明确关键参数取值标准^[1]。整定结果需满足故障可靠动作、正常运行不误动、极端工况不失灵的要求，避免故障扩大，为保护装置动作提供科学依据，保障电力系统稳定运行。

1.2 定值计算误差对保护动作可靠性的作用机理

定值计算误差直接改变保护动作边界条件，从根源上影响保护装置动作可靠性，形成“误差一定值偏移—动作行为畸变”的完整传导路径，影响兼具累积性与关联性。短路电流计算偏差最为常见，偏高会导致保护装置启动阈值过高，故障时无法及时动作引发拒动；偏低则会让保护装置过于灵敏，易引发越级误动。设备阻抗、CT/PT变比、系统等值参数等基础数据存在误差，会直接造成差动保护差流失真、过流保护定值偏离设计值，干扰保护逻辑判断。运行方式覆盖不全产生的定值偏差，会让保护在机组启停、母线并列、新能源出力波动等工况下失去上下级配合关系，数值截断误差与模型简化误差会累积放大，导致制动特性、灵敏度指标不达标，最终引发保护拒动、

误动、动作延时超标等可靠性问题，威胁电力系统安全。

1.3 典型故障下整定参数与动作行为关联特性

电力系统三相短路、单相接地短路、两相短路等典型故障中，整定参数与保护动作行为呈强耦合关联，取值合理性直接决定动作效果。发电机差动保护的制动系数、最小动作电流，决定故障时保护动作准确性；变压器过流保护定值与时限级差防止越级跳闸；厂用电零序保护参数影响故障定位与机组运行。贵州铜仁大龙电厂发变组保护改造实践表明，匹配参数与故障特征，可使弱故障工况下保护动作正确率提升，印证了整定参数的决定性作用。

2 继电保护定值整定计算方法与优化模型

2.1 传统整定计算方法流程与局限性分析

传统继电保护定值整定采用人工手算与离线工具结合模式，核心流程含电气图纸简化、设备参数录入、短路电流计算、定值核算及上下级配合校验，高度依赖整定人员经验与操作水平，存在明显局限^[2]。数据复用率低，相同参数需重复录入易出错；运行方式覆盖不足，难适配动态场景；整定规则固化，无法适配不同厂家装置；校验繁琐易出现配合问题，缺乏在线更新校核能力，复杂场景下效率低、误差高，难以满足智能电厂需求。

2.2 基于一体化数据的定值整定计算模型构建

基于一体化数据的定值整定计算模型，打破传统整定数据碎片化局限，将整定全流程数据划分为图形建模、故障计算、保护配置、整定计算、定值单管理、用户信息六大板块。多对多关联数据表建立全域数据联动关系，实现设备参数、拓扑结构、故障计算模型、整定公式、整定模板与定值结果的统一管理，消除数据孤岛与数据冗余。模型以统一数据底座为支撑，实现自动整定计算，达成数据一次录入、全程复用、实时同步目标，大幅减少人工干预。贵州铜仁大龙电厂实际应用中，该模型使数据一致性提升，整定计算效率提高，解决传统方法数据混乱、计算繁琐问题，为后续自动整定与在线校核工作奠定

坚实数据基础。

2.3 考虑运行方式变化的自适应整定计算方法

考虑运行方式变化的自适应整定计算方法，依托实时拓扑感知技术与序分量故障计算理论，动态识别系统运行方式、机组投退状态、母线并列情况，实时采集系统运行参数，自动修正系统等值阻抗与短路电流计算结果，匹配对应整定区间，输出适配当前工况的自适应保护定值。该方法突破传统静态定值无法适配工况动态变化的缺陷，解决传统定值在机组启停、新能源出力波动等场景下保护范围波动、灵敏度不足的问题。贵州铜仁电网 110kV 线路及区域新能源并网场景应用后，保护范围波动幅度控制在 5% 以内，灵敏度达标率提升至 98% 以上，确保不同运行方式下保护动作特性稳定，显著提升复杂工况下继电保护的動作可靠性。

2.4 整定公式与参数灵活配置优化技术

整定公式与参数灵活配置优化技术采用分层知识库与模板化架构，将保护装置、保护类型、整定规则、计算公式、整定变量分层解耦，构建多层次整定知识库与面向不同电气设备的通用整定模板，形成“数据—模板—实例”的高效整定模式。可实现整定规则可视化编辑、参数动态调整、公式自定义配置，支持用户根据贵州铜仁大龙电厂实际需求、不同厂家保护装置特性，按需修改整定原则与定值单格式，无需修改系统核心程序^[3]。彻底摆脱传统系统整定规则固化、功能扩展困难的限制，在火电厂、水电厂、抽蓄电站等多类型发电厂保护整定中得到应用，实现通用性与灵活性同步提升，大幅降低整定规则迭代与系统升级的成本。

3 定值整定误差分析与可靠性提升关键技术

3.1 定值计算误差来源辨识与量化分析

定值计算误差主要来自基础参数偏差、故障模型简化、运行方式缺失、整定系数选取不当、CT 饱和与数值截断误差五类，各类误差相互关联，决定计算准确性。基础参数偏差源于测量和变比设置错误，模型简化、运行方式缺失、系数选取不当及计算固有误差均会引发偏差，可通过多指标量化评估，其中设备参数与模型简化误差占比超 70%，是保护误动主因，需全维度辨识定位以精准校正。

3.2 基于故障特征匹配的定值精准计算技术

基于故障特征匹配的定值精准计算技术，以对称分量法为核心，构建正序、负序、零序网络模型，全面覆盖对称与非对称故障场景，结合端口融合拓扑分析技术，识别故障点位置、故障类型与故障阻抗，避免故障特征误判。通过数据匹配机制，调用动态链接库中的标准化故障计算模型，自动完成各类故障的高精度计算，输出稳定可靠的短路电流数据，解决传统故障计算误差过大的问题。贵州铜仁大龙电厂厂用电系统实际应用中，该技术将故障计算误差控制在 3% 以内，远低于规程规定

的 10% 误差阈值，为定值计算提供精准、可靠的输入数据，从源头降低定值偏移风险，为保护装置精准动作提供有力支撑。（见图 1）。

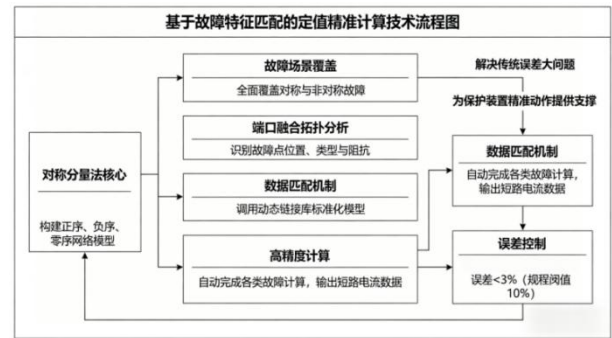


图 1 故障特征匹配的定值精准计算技术

3.3 保护定值多级配合与灵敏度优化方法

保护定值多级配合与灵敏度优化遵循“主保护速动、近后备可控、远后备完备”核心原则，重点优化上下级保护动作值与时限级差的配合关系，避免配合失当导致的越级跳闸、拒动等问题。通过比率制动特性优化，提升差动保护抗干扰能力；采用灵敏度系数闭环校核，确保区内故障时保护灵敏度达标，区外故障时保护不误动；通过最小动作值修正，兼顾保护灵敏性与安全性。贵州铜仁大龙电厂 300MW 机组发变组双重化保护工程中，经该方法优化后，区内故障灵敏度均满足规程要求，区外故障穿越性能达标率提升，解决传统定值配合不合理、灵敏度不足的问题，实现保护配合关系与灵敏度指标双提升。

3.4 定值在线校核与动态修正机制

定值在线校核与动态修正机制依托 B/S 架构实现实时数据交互，整合实时拓扑感知、在线故障计算、定值校核等功能，在线完成拓扑更新、故障重算、定值校核、灵敏度验证、上下级配合关系校验，构建“计算—校核—修正—发布”的闭环管控体系^[4]。可实时监测系统运行方式、设备参数、拓扑结构变化，出现变更时自动触发定值重算与预校验，校验合格则自动发布更新定值，不合格则发出预警并提示工作人员干预，无需人工离线迭代。确保定值始终与实时工况适配，从根本上解决传统定值更新不及时、适配性差的问题，从机制上保障保护装置长期可靠动作。

4 继电保护动作可靠性提升工程实现与验证

4.1 定值整定计算系统功能架构设计

定值整定计算系统采用三层 B/S 架构，划分界面层、逻辑应用层、数据层，各层各司其职、协同联动，整体功能分为用户管理、图形建模、故障计算、保护配置、整定计算、定值单管理六大模块，覆盖定值整定全流程。界面层为用户提供简洁直观的可视化操作入口，支持图形化建模、参数录入、结果查看等操作；逻辑应用层实现核心算法与业务逻辑，包含拓扑分

析、故障计算、自动整定、在线校核等核心功能；数据层完成一体化数据存储与管理，保障数据安全与实时同步。系统具备跨终端访问、在线协同整定、快速功能升级、插件化扩展能力，可灵活适配贵州铜仁大龙电厂等区域主力火电厂整定需求，为工程应用提供稳定高效的技术支撑（见图2）。

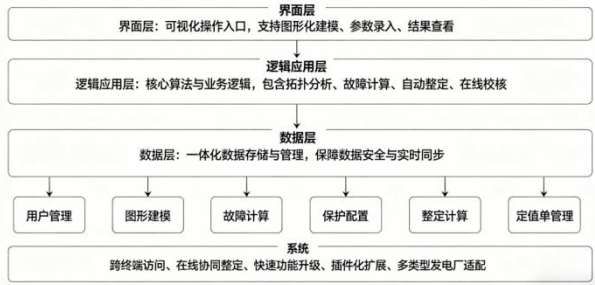


图2 定值整定计算系统功能架构设计

4.2 在线整定与定值管理模块实现

在线整定模块基于vg图形系统构建，实现可视化电气建模、自动拓扑分析、在线故障计算、模板化自动整定等功能。用户可通过拖拽图元自主绘制电气接线图，系统自动完成拓扑分析与故障计算，调用整定模板快速生成定值，大幅减少人工操作。定值管理模块实现定值单自动生成、在线编辑、电子审批、流转存档、版本追溯等功能，全程替代传统手写录入与人工传递，确保定值单规范性与可追溯性。贵州铜仁大龙电厂应用该模块后，整定人工操作量下降，定值单差错率从原来下降，彻底改变传统整定工作效率低、差错率高的现状，实现整定全过程线上化、标准化、可追溯。

4.3 现场测试与动作可靠性验证方案

现场测试与可靠性验证采用全工况覆盖验证方案，覆盖电力系统各类故障与运行工况，确保保护装置在不同场景下均能可靠动作^[5]。测试内容包含三相短路、单相接地、两相短路等

典型故障模拟，验证保护动作正确率与动作时间；最大与最小运行方式边界校验，验证定值适配性；上下级保护时限级差配合测试，避免越级跳闸；灵敏度、抗饱和、抗振荡性能专项测试，提升保护抗干扰能力。结合历史故障回放与硬件在环仿真，还原实际故障场景，验证保护动作正确率、动作时间、配合逻辑的合理性。贵州铜仁大龙电厂发变组保护按此方案完成测试，各项指标均优于规程要求，保护动作正确率显著提升。

4.4 工程应用效果与可靠性提升指标

该继电保护定值整定与可靠性提升技术体系在贵州铜仁大龙电厂实际投运后，取得显著工程应用效果，各项性能指标均达预期目标。整定计算效率较传统方法提升，定值计算误差率控制在3%以内，远低于规程规定标准；保护正确动作率较原有水平提升；因定值问题导致的保护拒动、误动、越级跳闸次数同比下降，机组非计划停运次数明显减少，有效降低停电损失。投运后，机组供电可靠性与系统安全稳定水平全面提升，各项指标均满足大型发电机组长期安全运行要求，适配贵州铜仁区域电网不同工况运行需求，具备较强行业推广价值与应用前景。

5 结语

本文系统研究继电保护定值整定与可靠性提升相关技术，从基础理论、计算方法、误差控制到工程实现，形成一套完整技术体系。优化整定模型与方法，解决传统整定存在的效率低、适配性差、误差大等痛点，结合贵州铜仁大龙电厂现场测试与工程应用，验证所提技术的可行性与有效性。该技术体系可显著提升定值整定精度与保护动作可靠性，降低非计划停运风险，适配火电厂、水电厂等多类型场景需求。未来可结合人工智能、大数据技术，进一步优化在线校核与动态修正机制，推动继电保护定值整定向全流程智能化、精准化发展，为贵州铜仁区域电网及主力电厂安全稳定运行提供更有有力保障。

参考文献：

- [1] 廖清阳,吴焱,黄杨,等.继电保护定值在线比对系统的研究及应用[J].电力设备管理,2025,(24):187-189.
- [2] 雷艳苹.基于改进潮流介数的发电厂继电保护定值计算及校核方法[J].电气技术与经济,2025,(11):370-373.
- [3] 容建华.基于继电保护定值的风电场跳闸故障分析及优化措施[J].通讯世界,2025,32(05):118-120.
- [4] 施昌建.配电网继电保护的优化配置与可靠性提升[J].科技与创新,2025,(09):156-158+162.
- [5] 陈俊百.电力系统继电保护定值校核技术[J].石油石化节能与计量,2025,15(04):16-19+25.