

# 继电保护检修及数字化继电保护分析

孙秀梅

国能民权热电有限公司 河南 商丘 476821

**摘要:** 继电保护检修技术包括传统与数字化两类。传统技术有定期、故障后和状态检修模式,涵盖常规检测、故障诊断与定位及检修策略优化。数字化技术具有独特系统架构,实现高精度同步采样等关键技术,且呈现数字化与智能化融合趋势。未来,检修技术将向技术融合、检修模式转型发展,同时对检修人才提出跨学科知识结构和实时数据分析与决策能力的新要求。

**关键词:** 继电保护; 检修技术; 数字化; 继电保护

引言: 继电保护作为电力系统安全稳定运行的关键防线,其检修技术发展至关重要。从传统定期检修、故障后检修到状态检修,检修模式不断演进。随着数字化浪潮推进,数字化继电保护技术崛起,在系统架构、关键技术实现等方面展现出独特优势,且呈现出数字化与智能化融合趋势。在此背景下,继电保护检修技术正朝着技术融合、模式转型等方向发展,对人才能力也提出新要求。

## 1 继电保护检修技术概述

### 1.1 传统继电保护检修技术分类

定期检修模式按照固定周期开展检修,依据设备运行时长确定检修频次与内容,重点检查和更换易损耗部件。该模式操作流程规范,便于统一管理执行,但局限性显著,无法根据设备实际运行状态调整检修强度,易造成过度检修浪费资源或检修不及时引发故障,难以适配设备差异化运行需求。故障后检修属于被动检修方式,仅在设备发生故障停运后才开展排查修复工作,核心是排查故障根源并恢复设备正常运行<sup>[1]</sup>。这种模式缺乏预防性和前瞻性,故障发生后会直接影响相关系统运转,造成停运损失,且对检修人员的技术水平和响应速度要求较高,无法提前规避潜在故障风险。状态检修以设备实际运行状态为核心,通过各类检测手段实时获取运行参数,分析设备健康状况以确定检修时机和内容。其技术基础是完善的状态监测体系和专业数据分析能力,实施需具备全面的设备状态监测数据,依托专业方法评估设备性能,同时要求检修人员具备较强的数据分析和故障判断能力。

### 1.2 继电保护装置常见故障类型

硬件故障是继电保护装置常见故障,主要表现为各类元件运行异常。设备长时间运行会导致元件老化,性能逐步下降,影响装置整体运行稳定性。设备安装和运

行过程中,连接部位可能出现松动导致接触不良,造成信号传输受阻、参数显示异常,严重时会导致装置误动或拒动,影响保护功能正常发挥。软件故障产生于继电保护装置的控制和逻辑处理环节,直接影响装置指令执行和信号处理能力。逻辑错误会导致装置无法按预设程序完成保护动作,出现保护延时、故障误判等问题,降低故障处置效率。数据异常会使装置采集传输存储的运行数据出现偏差,无法准确反映设备实际状态,影响检修工作的精准性。外部干扰会破坏继电保护装置正常运行环境,导致装置运行异常。电磁环境的异常变化会干扰装置信号传输和逻辑判断,引发装置误动作或信号丢失。

## 2 传统继电保护检修方法与技术

### 2.1 常规检测手段

电气特性测试是传统继电保护检修的基础核心手段,核心围绕动作值和返回值的校验展开,通过专业检测设备开展精准测试,明确装置动作的灵敏度与可靠性,确保装置能在预设参数范围内,对各类故障信号做出及时且准确的响应。测试过程中需严格控制检测环境,杜绝外界干扰,保障检测数据的精准性,为后续检修工作提供可靠依据,及时发现装置电气特性异常,规避因参数偏差导致的保护功能失效。绝缘性能检测是保障继电保护装置安全稳定运行的关键环节,重点针对装置各类绝缘部件的运行状态开展全面检测,核心包含介质损耗检测和耐压试验,通过科学检测判断绝缘部件的性能状况,精准排查绝缘老化、破损、受潮等潜在隐患。绝缘性能直接决定装置运行的安全性,检测需全面覆盖所有绝缘部件,及时处理各类绝缘问题,防止因绝缘失效引发短路等严重故障,保障装置长期稳定运行。二次回路完整性检查是传统继电保护检修的重要组成部分,主要围绕接线和回路阻抗两大核心展开,核心是确认接线的准确性,全面排查接线错误、松动、接触不良等问题,同时

精准检测回路阻抗数值,判断其是否符合装置运行标准。

## 2.2 故障诊断与定位技术

基于信号处理的故障特征提取方法是传统继电保护故障诊断的常用技术,通过专业设备全面采集装置运行过程中的各类电信号和状态信号,再通过专业信号分析处理技术,对采集到的信号进行筛选、分析和加工,提取与故障相关的特征参数,明确故障类型和大致范围。该方法能快速捕捉故障信号异常,精准提炼故障特征,为故障诊断与定位提供科学依据,提升故障排查效率,减少盲目排查带来的资源浪费<sup>[2]</sup>。故障树分析法是一种系统性、逻辑性极强的故障诊断方法,在传统继电保护检修中应用广泛,核心是梳理装置各组成部件的逻辑关联,明确各部件运行逻辑和相互影响关系,构建完整的故障树模型,以故障结果为起点,反向逐层追溯故障根源,排查各类潜在故障因素。该方法逻辑严谨、覆盖全面,能清晰呈现故障传播路径,帮助检修人员精准定位故障核心,提升故障诊断的准确性和针对性。专家系统与知识库的构建逻辑,核心是依托长期积累的检修经验和大量装置运行数据,系统整合各类故障的诊断思路、排查方法和处理方案,构建专业全面的检修知识库,结合专家系统的逻辑推理能力,实现故障快速诊断。

## 2.3 检修策略优化

风险评估模型在检修周期制定中的应用,核心是全面采集装置运行状态、老化程度及历史故障数据,系统分析装置运行中可能出现的各类故障风险,构建科学完善的风险评估模型,对装置运行风险进行分级评估,据此制定差异化、合理化的检修周期。该模型能兼顾检修有效性与资源合理性,规避传统固定周期检修的局限性,根据故障风险等级动态调整检修频次和内容,提升检修针对性与实效性<sup>[3]</sup>。检修资源分配的优先级排序原则,核心是结合装置在整体系统中的重要程度、当前运行状态及故障发生后的影响范围和损失,对各类检修资源进行科学合理分配,明确检修工作的优先级。对于系统中承担关键作用、故障影响范围广、风险较高的装置,优先分配检修人力、设备和物料等核心资源,确保重点装置及时检修,同时合理调配资源,避免闲置和分配不均,提升整体检修效率与质量。

# 3 数字化继电保护技术特征

## 3.1 数字化继电保护系统架构

数据采集与传输层是数字化继电保护系统的基础环节,承担着各类运行数据的采集与传输任务,核心包含合并单元和智能终端两大核心组成部分。该层级能够实现各类电信号的精准采集,完成模拟信号向数字信号

的转换,同时通过稳定的传输机制,将数字化数据高效传递至后续处理层级,确保数据传输的及时性和准确性,为系统后续逻辑处理提供可靠的数据支撑,保障整个系统稳定运行。逻辑处理层是数字化继电保护系统的核心决策环节,主要涵盖保护算法和通信协议两大核心内容,负责对数据采集与传输层传递的数字化数据进行全面分析和逻辑判断。通过成熟的保护算法,能够快速识别各类故障信号,做出精准的保护决策,同时依托规范的通信协议,实现与系统各层级之间的高效数据交互,确保保护指令的快速传递和执行,提升系统故障处置的及时性和可靠性<sup>[4]</sup>。人机交互层是数字化继电保护系统的操作与数据管理环节,核心包含监控界面和数据存储两大功能模块,承担着系统操作、状态监控和数据留存的任务。

## 3.2 关键技术实现

高精度同步采样技术是数字化继电保护技术的核心关键技术之一,核心是实现各类电信号的精准、同步采集,最大限度降低采样误差,确保采集到的数据能够真实反映设备实际运行状态。该技术通过优化采样机制,提升采样频率和同步精度,有效规避采样偏差带来的保护决策失误,为保护算法的精准运算提供高质量的数据支撑,显著提升数字化继电保护系统的动作准确性和可靠性。实时数据通信技术是保障数字化继电保护系统高效运行的关键支撑技术,主要负责系统各层级、各设备之间的数据交互与指令传递,核心是提升数据通信的实时性、稳定性和安全性。该技术通过优化通信链路和传输机制,减少数据传输延迟,避免数据丢失或误传,确保保护指令能够快速传递、高效执行,同时抵御各类干扰因素对通信过程的影响,保障系统各环节协同稳定运行。嵌入式系统与软件可靠性设计是数字化继电保护技术落地的重要保障,聚焦于提升系统运行的稳定性和抗干扰能力,满足继电保护长期连续运行的需求。嵌入式系统具备体积小、功耗低、运行稳定的优势,能够适配继电保护的运行环境,同时通过软件可靠性设计,优化程序逻辑,规避软件故障,提升软件运行的稳定性和容错能力,确保整个数字化继电保护系统长期可靠运行。

## 3.3 数字化与智能化融合趋势

人工智能算法在故障预测中的应用,是数字化与智能化融合的重要体现,核心是依托人工智能算法的数据分析和挖掘能力,对数字化继电保护系统采集的大量运行数据进行深度分析,识别设备运行过程中的潜在故障特征,实现故障的提前预测和预警。该应用能够打破传统故障排查的被动模式,提前发现故障隐患,为检修工作提供针对性方向,减少故障发生概率,提升系统运行

的安全性和稳定性。自适应保护策略的动态调整机制,是数字化与智能化融合的另一重要趋势,核心是根据系统运行状态的变化和各类参数的波动,动态调整保护策略和参数设置,使保护系统能够适配不同运行工况的需求。该机制依托数字化数据采集和智能化分析能力,实时捕捉系统运行变化,自动优化保护逻辑和动作参数,避免固定保护策略的局限性,提升继电保护系统的适应性和运行效能。

#### 4 继电保护检修技术发展趋势

##### 4.1 技术融合方向

物联网与继电保护检修的深度融合,是当前检修技术发展的重要方向,核心是依托物联网的感知与互联能力,实现对继电保护装置运行状态的全方位、实时监测。通过各类感知设备采集装置运行数据,借助互联网络实现数据的高效传输与汇总,打破传统检修的数据孤岛,实现检修工作的智能化感知、精准化管控,大幅提升检修数据的全面性和检修工作的效率,推动检修技术向智能化升级。区块链技术在数据溯源中的应用潜力巨大,其核心优势在于不可篡改、可追溯的特性,能够有效解决继电保护检修数据的真实性和安全性问题。将区块链技术应用于检修数据溯源,可对检修过程中的各类数据进行全程记录,明确数据产生、传输、修改的全流程轨迹,确保检修数据的完整性和可信度,为检修工作的复盘、优化以及责任追溯提供可靠支撑,进一步完善检修数据管理体系。

##### 4.2 检修模式转型

从计划检修向预测性维护演进,是继电保护检修模式的核心转型方向,打破了传统固定周期检修的局限性,以装置实际运行状态和故障预测结果为核心制定检修计划。依托先进的监测技术和数据分析能力,提前识别装置潜在故障隐患,精准预测故障发生的时间和类型,实现故障前的针对性维护,减少盲目检修带来的资源浪费,提升检修工作的实效性和经济性,保障装置持续稳定运行<sup>[5]</sup>。全生命周期管理理念的实践路径,核心是将管理贯穿继电保护装置从投入使用到报废的整个生命周期,整合装置设计、安装、运行、检修、报废等各环节的信息和资源,实现全流程管控。通过建立完善的生命周期数

据管理体系,全面掌握装置各阶段的运行状态和检修情况,优化各环节的管理策略,合理安排检修时机和资源投入,延长装置使用寿命,提升整体运行效益。

##### 4.3 人才能力需求变化

跨学科知识结构要求成为继电保护检修人才发展的必然趋势,随着检修技术的智能化、数字化转型,人才需具备电力、计算机、通信等多学科融合的知识储备。既要熟练掌握继电保护的核心原理和检修技术,也要了解计算机技术、通信技术的基础应用,能够应对数字化、智能化设备的检修需求,实现多学科知识的灵活运用,适配技术融合发展的大趋势。实时数据分析与决策能力的培养愈发重要,检修工作已从传统的经验型向数据驱动型转变,人才需具备较强的实时数据分析能力,能够快速处理检修过程中采集的各类运行数据和故障数据,提取关键信息,精准判断故障情况。同时需提升决策能力,根据数据分析结果制定科学合理的检修方案和处置措施,及时解决检修过程中的各类问题,提升检修工作的精准度和效率。

结束语:继电保护检修技术正经历深刻变革,传统技术不断优化,数字化、智能化特征日益凸显。技术融合为检修带来新机遇,物联网、区块链等潜力巨大;检修模式从计划检修向预测性维护、全生命周期管理转型;对人才跨学科知识结构与实时数据分析决策能力提出更高要求。未来,检修技术将持续提升,为电力系统稳定运行提供更坚实保障,推动电力行业迈向新高度。

##### 参考文献:

- [1]张萍.浅谈继电保护检修及数字化继电保护分析[J].机械与电子控制工程,2024,6(10):6-10.
- [2]王有强,侯毅侠,王龙龙,等.继电保护检修及数字化继电保护的应用分析[J].模型世界,2024(7):76-78.
- [3]李朝,马俊芳.继电保护检修及数字化继电保护[J].工程施工与管理,2025,3(4):12-14.
- [4]胡鹏飞.继电保护检修及数字化继电保护[J].水利电力技术与应用,2024,6(19):65-68.
- [5]钱雅伦,路光磊,靳伟佳.继电保护检修及数字化继电保护的应用分析[J].百科论坛电子杂志,2025(4):25-27.