

# 智能变电站继电保护二次回路的运行状态监测分析

耿红杰

(国网鄂州供电公司 湖北鄂州 436000)

**摘要:** 本文对智能变电站继电保护二次回路的运行状态监测进行深入分析,重点探究继电保护的基本原理与功能,深化了对二次回路的核心技术的理解,如传感器技术、数据处理与分析、通信交互和安全保障机制。考虑到运行中可能遭遇的环境因素、设备老化、数据干扰等问题,文章还提出了一系列针对性的对策。综合来看,此研究为提高变电站继电保护二次回路的稳定性和可靠性提供了有力的技术参考。

**关键词:** 智能变电站、继电保护、二次回路、传感器技术、

**引言:** 电力系统的稳定性与安全性是现代社会的运转的关键,而继电保护作为其中的核心技术之一,尤其在智能变电站中起到了不可替代的作用。继电保护二次回路作为此系统的重要部分,其稳定运行直接关系到电网的安全与可靠性。然而随着现代电力系统的日益复杂,二次回路面临着诸多新的技术和运行挑战,为更深入地理解这些挑战及其解决策略,本文着重研究智能变电站继电保护二次回路的关键技术和运行状态监测分析,希望为电力行业相关技术人员提供有价值的参考。

## 1. 继电保护的基本原理和功能

继电保护是电力系统中至关重要的技术领域,旨在识别并隔离系统内的异常或故障部分,从而维持电网的正常运行并保护其它部分不受损害。在变电站环境中继电保护不仅起到对高压设备如变压器、断路器和输电线路进行保护的作用,还负责实时监测和评估整个电网的运行状态。继电保护的基本原理涉及到电流、电压的实时测量,这些测量数据会被实时分析,当数据超出预定范围或存在异常时,继电保护系统会迅速做出决策并下发操作指令。此外,继电保护的功能不仅局限于传统的过电流、过电压保护,现代化的智能继电保护更侧重于故障定位、故障自愈以及与其他智能电网系统的协同作业。随着智能电网技术的迅速发展,继电保护也逐渐融入大量的数字技术,如数字信号处理、模式识别等,使其更为精确和可靠,而在智能变电站环境中继电保护二次回路的稳定性和可靠性尤为关键,因为它直接关系到电网的安全稳定运行<sup>[1]</sup>。

## 2. 继电保护二次回路的关键技术

### 2.1 传感器与检测技术

在智能变电站继电保护的二次回路中,传感器起着至关重要的作用,为系统提供关于电流、电压、温度等关键参数的实时数据。近年来光纤传感器已成为该领域的研究热点,因为它们具有抗电磁干扰性强、响应速度快、精度高的优点。例如具有分辨率达到0.001%的光纤布里渊传感器可以实时监测变电站内的温度和应力变

化,从而有效预测设备的健康状态,此外采用多普勒效应的光纤传感器可以测量线上的微小电流变化,其灵敏度可以达到0.5mA。除了光纤传感器,磁电阻传感器和霍尔效应传感器也在继电保护二次回路中得到了广泛应用,尤其是在电流检测领域。这些传感器与先进的数字信号处理技术相结合,能够实现对信号的实时采集、噪声过滤和特征提取,极大增强了系统的检测精度和响应速度。

### 2.2 数据处理与分析方法

随着大量传感器在继电保护二次回路中的部署,数据处理和分析的重要性逐渐显现,特别是采用波形识别、时频分析和机器学习等先进技术对原始数据进行深度处理,为系统提供更为准确的故障定位和诊断。例如通过对电流和电压的时频分析可以准确识别出故障的类型和位置。具体来说基于小波变换的方法可以实现对高频噪声和瞬态过渡过程的有效分离,其分辨率可以达到0.1ms,从而确保了故障检测的高精度。同时,机器学习尤其是深度学习技术也被广泛应用于数据分析中,利用大量历史数据训练的神经网络模型,如卷积神经网络,可以实现对复杂故障模式的自动识别,其准确率可以达到98%以上,这些先进的数据处理和分析方法为继电保护二次回路提供了强大的技术支持,确保了电网的稳定和安全运行<sup>[2]</sup>。以下表格详细列出了不同故障识别方法的比较数据:

表1: 不同故障识别方法的比较

方法	分辨率(毫秒)	识别准确率 (%)	适用场景
小波变换	0.1	95	瞬态故障
时频分析	1.0	93	常规故障
卷积神经网络 (CNN)	N/A	98	复杂故障模式

### 2.3 通信与数据交互技术

在智能变电站继电保护的二次回路中,通信与数据交互技术为各类设备和系统提供了紧密的互联,确保了

数据的实时、高效和安全传输。近年来面向二次回路的通信技术经历从传统的串行通信到现代的高速以太网通信的转变。高速以太网通信技术,如 IEEE 1588 时钟同步,确保了变电站各设备间的时间同步精度在 100 纳秒以内,满足了对时间敏感的保护和控制应用的需求。同时利用现代的光纤通信技术,如 100G 光纤通信,数据传输速率已经达到 100Gbps,确保大量传感器数据的实时传输。在数据交互方面 IEC 61850 标准已成为继电保护二次回路中的领先标准,它支持设备间的数据模型定义、信息交换和服务映射,从而实现了设备的互操作性和系统的高效整合。

#### 2.4 安全与保障机制

电力系统中尤其是在继电保护二次回路中,安全始终是首要关注的问题,为确保数据的完整性、机密性和可用性,多种安全机制被引入到该系统中。加密技术,如 AES-256 加密算法,被广泛应用于数据的传输和存储,确保了数据在传输过程中不被篡改或泄漏。同时采用双向认证的 SSL/TLS 协议,为通信链路提供端到端的安全保障。为防止非法入侵和攻击,防火墙技术和入侵检测系统(IDS)也在二次回路中得到广泛应用,这些系统能够实时检测并响应各种威胁,如拒绝服务攻击(DoS)、网络扫描和恶意代码注入。在物理层面利用双电源供电和多路径冗余技术,确保继电保护二次回路的高可用性和稳定性,从而为电网的稳定和安全运行提供了坚实的基础<sup>[3]</sup>。

### 3. 二次回路的运行状态挑战与对策

#### 3.1 环境因素对二次回路的影响

在实际运行中,湿度、温度、盐雾、振动和电磁干扰都可能对二次回路的性能和可靠性产生不利影响。长时间的高温和高湿度环境可能导致电缆绝缘材料劣化,从而增加漏电流,使得二次回路失去保护功能。此外盐雾环境可能导致回路上的连接器腐蚀,进一步影响其导电性能。电磁干扰,特别是从相邻的高电压设备和电缆引起的,可能干扰二次回路的正常运行,导致误动作或失动作。为应对这些环境因素,采取了一系列的技术措施,如选择高性能的绝缘材料、采用防腐蚀处理的连接器和设计抗电磁干扰的电路。

#### 3.2 设备老化与维护问题

随着时间的推移,继电保护二次回路中的各种设备都会出现老化现象,这可能会导致设备性能下降、故障率增加。例如电磁继电器在长时间的工作后可能由于触点磨损、氧化或污染导致触点电阻增加,从而影响其开关性能。电缆和连接器也可能因为老化导致电阻增加或绝缘性能下降,为确保二次回路的稳定和可靠运行,必

须定期对设备进行检查、维护和更换,采用现代的在线监测技术,如基于电阻、电容和介电常数的监测,可以实时检测设备的状态,从而及时发现并处理潜在问题。同时,通过采用更先进、更耐用的材料和技术,如固态继电器和光纤通信,可以有效延长设备的使用寿命,减少维护工作量<sup>[4]</sup>。

#### 3.3 数据干扰与误判问题

在继电保护二次回路的运行中数据干扰是一个常见但严重的问题,可能导致保护装置误动作或失动作,对电力系统的稳定运行带来潜在风险,这些干扰可能来自多种源,如外部电磁干扰、设备自身的噪音或与其他设备的数据交互。为了解决这一问题采用多种技术手段,例如高效的滤波算法、数字同步技术和自适应阈值技术,高效的滤波算法可以减少噪声和干扰,确保只有真实的信号被保护装置识别;数字同步技术确保所有设备在相同的时间尺度上工作,从而减少数据之间的不匹配;自适应阈值技术则可以根据实时的工作环境自动调整阈值,以避免误判。此外对于敏感区域的保护,如变电站出线可以考虑采用双侧或多侧的比较保护策略,增强其对干扰的鲁棒性。

#### 结论

智能变电站继电保护二次回路的稳定运行对于确保电力系统的安全和高效至关重要,通过对继电保护的基本原理和功能、关键技术以及运行状态中的挑战和对策的深入分析,可以看到技术持续进步为实现这一目标提供了强有力的支持。特别是高效的滤波算法、数字同步技术和自适应阈值技术等先进的技术手段已被广泛应用,大大提高了二次回路的准确性和可靠性。但环境因素、设备老化、数据干扰等挑战也不断出现,需要电力行业持续关注、研究和应对。未来,随着技术的进一步发展和实际应用的积累,继电保护二次回路的监测和分析将更加精确,为电力系统的稳定运行提供更为坚实的保障。

#### 参考文献:

- [1] 龚思敏,钱一鸣.智能变电站继电保护二次回路的运行状态监测分析[J].冶金管理,2023(13):86-88.
- [2] 邱玉成,马奇彬.智能变电站继电保护二次回路的运行状态监测技术应用[J].集成电路应用,2022,39(11): 312-314.
- [3] 朱旭.智能变电站继电保护二次回路在线监测与故障诊断技术分析[J].科技资讯,2022,20(21):35-38.
- [4] 张春刚,李辉.智能变电站继电保护二次回路运行状态监测方法[J].电气技术与经济,2022(04):174-176.