

# Design of relay protection of power equipment

Qianqian Zhan<sup>1</sup> Lei Wang<sup>2</sup> Xiumei Fang<sup>3</sup> Zhihui Mao<sup>4</sup> Ling Zhou<sup>5</sup>

1. Zhejiang Baowei Electric Co., Ltd., Quzhou, Zhejiang, 324000, China
2. Zhejiang Uniwei Machinery Co., Ltd., Quzhou, Zhejiang, 324000, China
3. Quzhou Sanyuan Huineng Electronics Co., Ltd., Quzhou, Zhejiang, 324000, China
4. Zhejiang Quneng Electric Co., Ltd., Quzhou, Zhejiang, 324000, China
5. Zhejiang Zhengtong Technology Consulting Co., Ltd., Quzhou, Zhejiang, 324000, China

## Abstract

This paper discusses the design of the relay protection of power equipment and the application of automation technology. First, it analyzes the structure, function, software, reliability and safety design of the relay protection device. Then, the structure, software structure, communication network, development tools and software design of the relay protection automation system are introduced in detail, revealing how the modern automation technology improves the effectiveness and response speed of the relay protection. In addition, the paper also discusses the automatic control system architecture, remote monitoring and diagnosis technology, and the advantages of fault self-treatment technology in practical application. Through these studies, more intelligent and efficient protection schemes can be provided for the power system.

## Keywords

power equipment; relay protection; automation technology

# 电力设备继电保护设计及自动化技术分析

占倩倩<sup>1</sup> 汪磊<sup>2</sup> 方秀美<sup>3</sup> 毛志晖<sup>4</sup> 周玲<sup>5</sup>

1. 浙江宝威电气有限公司, 中国·浙江衢州 324000
2. 浙江尤尼威机械有限公司, 中国·浙江衢州 324000
3. 衢州三源汇能电子有限公司, 中国·浙江衢州 324000
4. 浙江衢能电气有限公司, 中国·浙江衢州 324000
5. 浙江政通科技咨询有限公司, 中国·浙江衢州 324000

## 摘要

本文深入探讨了电力设备继电保护的设计与自动化技术的应用, 首先分析了继电保护装置的结构、功能、软件、可靠性和安全性设计。接着, 详细介绍了继电保护自动化系统的结构、软件结构、通信网络、开发工具以及软件设计, 揭示了现代自动化技术如何提升继电保护的有效性和响应速度。此外, 文章还讨论了自动化控制系统架构、远程监控与诊断技术, 以及故障自愈技术在实际应用中的优势。通过这些研究, 可以为电力系统提供更加智能、高效的保护方案。

## 关键词

电力设备; 继电保护; 自动化技术

## 1 引言

随着电力系统规模不断扩大和技术水平不断提升, 电力设备的安全运行变得至关重要。继电保护作为电力系统安全运行的重要保障, 其设计和自动化技术的应用显得尤为关键。

## 2 继电保护装置的设计

### 2.1 继电保护装置的结构设计

继电保护装置的结构设计旨在确保其在复杂电力系统

环境中高效、可靠地运行。该设计通常包括硬件和机械两大部分。硬件部分由多个子模块组成, 包括数据采集单元、信号处理单元、通信接口单元和控制单元等<sup>[1]</sup>。数据采集单元负责从电力设备中获取实时运行状态信息, 通过高精度传感器捕捉电流、电压、频率等关键参数。信号处理单元对采集到的数据进行初步处理, 滤除噪声并转换为数字信号。通信接口单元则负责将处理后的数据传输至中央控制系统或其他相关设备, 实现数据共享与协同工作。控制单元作为核心组件, 执行故障检测和保护动作。机械部分主要包括外壳设计、散热系统和安装方式等, 确保装置能够在恶劣环境下稳定运行, 并具备良好的防护性能。

【作者简介】占倩倩(1990-), 女, 中国浙江衢州人, 本科, 工程师, 从事机电一体化研究。

## 2.2 继电保护装置的功能设计

继电保护装置的功能设计需满足电力系统的多样化需求, 确保其能够有效应对各种故障情况。主要功能包括过流保护、过压保护、差动保护和接地保护等。过流保护通过监测电流变化, 识别过载或短路故障, 并迅速切断电源以防止设备损坏。过压保护则用于监测电压波动, 避免因电压过高导致设备损坏。差动保护通过比较不同点的电流差异, 快速识别内部故障并采取隔离措施。接地保护主要用于检测单相接地故障, 保障人身安全和设备正常运行。继电保护装置还应具备自诊断功能, 定期检查自身状态, 发现潜在问题并及时报警。这些功能共同作用, 确保电力系统在各种工况下都能保持安全稳定运行。

## 2.3 继电保护装置的软件设计

软件设计是实现其智能化和自动化的重要环节, 软件架构通常采用分层设计, 包含数据采集层、数据处理层、应用层和用户接口层。数据采集层负责从硬件设备中读取原始数据, 并对其初步处理。数据处理层利用先进的算法对采集到的数据进行深度分析, 识别潜在的故障模式。应用层根据处理结果生成相应的控制指令, 并通过通信网络发送至执行单元。用户接口层提供友好的人机交互界面, 使操作人员可以方便地查看系统状态、调整设置参数及进行故障排查。软件开发过程中, 注重代码的模块化和可扩展性, 便于未来添加新功能或升级现有功能。同时, 引入事件驱动架构, 使系统能够响应外部事件并作出及时反应, 进一步增强系统的实时性和响应速度。

## 2.4 继电保护装置的可靠性设计

继电保护装置的可靠性设计至关重要, 直接影响电力系统的安全运行。首先, 在硬件层面, 采用冗余设计, 即在关键部件上配置备用单元, 以防止单点故障导致系统瘫痪。例如, 双电源供电、双重通信链路等措施显著提升了系统的容错能力。其次, 在软件层面, 实施多层次的自诊断机制, 定期检查系统状态, 发现潜在问题并及时报警。通过严格的测试和验证流程, 确保软件在各种工况下都能正确运行。可靠性设计还强调环境适应性, 确保装置能够在高温、高湿、强电磁干扰等恶劣条件下稳定工作。

## 2.5 继电保护装置的安全性设计

继电保护装置的安全性设计主要是防止未经授权的访问和操作, 确保电力系统的安全性。首先, 硬件层面采用物理防护措施, 如防拆卸设计、加密芯片等, 防止非法篡改和数据泄露。其次, 在软件层面, 引入身份认证和权限管理机制, 只有经过授权的操作人员才能访问和修改系统设置。数据传输过程采用加密技术, 确保数据在传输过程中不被窃取或篡改。安全性设计还包括异常行为检测和应急响应机制, 一旦检测到可疑活动, 立即触发报警并采取相应措施。为了提高系统的抗攻击能力, 定期进行漏洞扫描和安全评估, 及时修补发现的安全隐患。通过上述多层次的安全设计, 可以

显著增强继电保护装置的安全防护能力, 保障了电力系统的整体安全性。

## 3 继电保护自动化系统设计

### 3.1 继电保护自动化系统结构

继电保护自动化系统的结构设计旨在实现高效、可靠的电力系统监测与控制<sup>[1]</sup>。该系统通常由多个子系统组成, 包括数据采集单元、通信网络、中央处理单元以及用户界面。数据采集单元负责从电力设备中实时获取运行状态信息, 如电流、电压、频率等参数, 并将其传输至通信网络。通信网络则确保这些数据能够迅速且准确地传递给中央处理单元。中央处理单元作为整个系统的核心, 承担着数据处理、故障诊断和指令生成的任务。基于预设的算法和逻辑, 中央处理单元能够快速识别电力系统中的异常情况并采取相应措施。用户界面为操作人员提供了直观的操作平台, 使其可以实时监控电力系统的运行状况, 并进行必要的手动干预。

### 3.2 继电保护自动化系统软件结构

继电保护自动化系统的软件结构设计需兼顾功能性和扩展性。典型的软件架构包含数据采集层、数据处理层、应用层和用户接口层。数据采集层主要负责从硬件设备中读取原始数据, 并对其初步处理。数据处理层则利用先进的算法对采集到的数据进行深度分析, 以识别潜在的故障或异常情况。应用层根据处理结果生成相应的控制指令, 并通过通信网络发送至执行单元。应用层还具备自诊断功能, 能够在检测到自身故障时及时报警并采取纠正措施。用户接口层提供友好的人机交互界面, 使得操作人员可以方便地查看系统状态、调整设置参数及进行故障排查。各层之间通过标准化接口进行通信, 确保系统的灵活性和可维护性。

### 3.3 继电保护自动化系统通信网络

继电保护自动化系统的通信网络是保证数据高效传输的关键环节, 该网络采用分层结构设计, 主要包括现场总线、局域网 (LAN) 和广域网 (WAN)。现场总线连接各个数据采集单元与中央处理单元, 实现低延迟、高可靠性的本地数据传输。局域网用于连接同一变电站内的各类设备, 支持高速数据交换与资源共享。广域网则将不同地理位置的变电站连接起来, 形成一个统一的监控与管理系统。为了提高通信网络的稳定性和安全性, 通常采用冗余设计, 即在关键节点配置备用链路, 以防止单点故障导致系统瘫痪。此外, 加密技术和身份验证机制也被广泛应用, 确保数据传输的安全性。

### 3.4 继电保护自动化系统软件开发工具

常用的开发工具包括集成开发环境 (IDE)、版本控制系统、仿真测试平台等。集成开发环境提供代码编辑、编译、调试等功能, 极大地提高了开发效率。版本控制系统如 Git, 有助于团队协作开发, 便于管理和追踪代码变更历史。仿真测试平台则允许开发者在虚拟环境中对系统进行全面

测试,验证其功能正确性和性能表现。还会使用高级编程语言如C++、Python等进行核心算法的实现,以及数据库管理系统(DBMS)用于存储和管理大量运行数据。通过合理选择和使用这些开发工具,可以显著提升系统的开发质量和部署速度。

### 3.5 继电保护自动化系统软件设计

继电保护自动化系统的软件设计注重模块化和可扩展性。首先,系统被划分为若干独立的功能模块,每个模块专注于特定任务,如数据采集、数据分析、故障诊断等。模块间通过定义良好的接口进行交互,确保系统的灵活性和易维护性。其次,在设计过程中充分考虑了系统的可扩展性,以便未来可以根据需求添加新的功能模块或升级现有模块。软件设计还强调了容错能力和可靠性,采用了多重冗余机制和自动恢复策略,以应对各种突发情况。具体实现上,采用了面向对象的设计方法,利用类和对象封装复杂逻辑,简化代码结构,提高代码复用率。同时,引入了事件驱动架构,使系统能够响应外部事件并作出及时反应,进一步增强了系统的实时性和响应速度。

## 4 自动化技术在继电保护中的应用

### 4.1 自动化控制系统架构

自动化控制系统在继电保护中的应用旨在提升电力系统的运行效率和安全性。该系统的基本架构包括数据采集、传输、处理等多个环节,每个环节都具有特定的功能。数据采集单元负责从电力设备中获取实时运行状态信息,如电流、电压、频率等参数。这些原始数据通过高精度传感器进行采集,并经过初步处理后,传送到通信网络。通信网络采用先进的通信协议和技术,确保数据能够迅速且准确地传递到中央处理单元<sup>[1]</sup>。中央处理单元是整个系统的核心部分,利用高性能计算资源对采集的数据进行深度分析,识别潜在的故障或异常情况。基于预设的算法和逻辑,中央处理单元生成相应的控制指令,并通过通信网络发送至执行单元。系统还配备了用户界面,使操作人员能够实时监控电力系统的运行状况,并进行必要的手动干预。整体架构的设计强调模块化和灵活性,以适应不同规模和复杂度的电力系统需求。

### 4.2 远程监控与诊断

远程监控与诊断技术通过实时获取电力设备的运行状态信息,实现故障诊断和预警,显著提升了电力系统的可靠性和维护效率。需要建立一个高效的数据采集和传输网络,将分布在不同地理位置的电力设备连接起来。传感器节点安装在关键设备上,持续监测其运行参数,如电流、电压、温度等,并将数据通过无线或有线通信网络传输至中央监控平

台。中央监控平台配备先进的数据分析软件,包括机器学习算法和大数据分析技术,能够对大量历史数据和实时数据进行综合分析,识别出潜在的故障模式和趋势并生成预测性维护建议。一旦检测到异常情况,系统会自动生成报警信息,并提供详细的故障诊断报告帮助操作人员快速定位问题并采取相应措施。为了提高诊断的准确性,可以通过对海量数据的学习和训练,不断优化故障识别模型。实际应用中,远程监控与诊断技术不仅能够及时发现并解决潜在问题,还能大幅减少现场巡检的工作量,降低运维成本,提升整体运营效率。

### 4.3 故障自愈技术

故障自愈技术旨在不中断供电的情况下自动修复电力系统中的小范围故障,使得系统的适用更加稳定。该技术的核心原理在于通过分布式智能控制和冗余设计,实现故障的快速定位和隔离。首先,系统通过多点传感器网络实时监测电力设备的状态,当检测到某个设备出现异常时,立即启动故障诊断程序。根据预先设定的逻辑和算法,系统能够迅速确定故障的具体位置和类型。一旦确认故障,系统会自动触发相应的修复措施,如切换备用线路或启用备用设备。这种自我修复机制依赖于高度可靠的通信网络和智能控制器,确保所有指令能够及时传达并执行。故障自愈技术还包括一系列预防性措施,如定期自检和自动校准,进一步增强系统的抗干扰能力。在实际应用中,故障自愈技术不仅显著减少了停电时间,还提高了电力系统的可用性和用户满意度。

## 5 结语

继电保护自动化系统的设计及其在现代电力系统中的应用,通过详细分析继电保护自动化系统的结构、软件设计及通信网络,了解到当前技术的核心要素。进一步讨论了自动化技术在继电保护中的多种应用场景,如远程监控与诊断、故障自愈等,展示了这些技术如何提升电力系统的可靠性和效率。随着智能电网与物联网的融合,大数据分析和人工智能的应用,以及边缘计算和网络安全的重要性日益凸显,继电保护自动化系统正朝着更加智能化、高效化和安全化的方向发展。

### 参考文献

- [1] 梅桂富,刘贺洋.电力变压器继电保护设计[J].现代制造技术与装备,2021,57(09):147-148.
- [2] 李志兴,王昱栋,许志华.继电保护装置定值自动化校核系统设计[J].电气技术与经济,2024,(03):299-301.
- [3] 刘晓欢.智能变电站继电保护及自动化系统探讨[J].电气技术与经济,2022,(03):110-111+125.