

Analysis of relay protection debugging technology: safety shield of power system

Kai Yu

State Grid Lvliang Power Supply Company, Lvliang, Shanxi, 033500, China

Abstract

As a cornerstone technology ensuring reliable operation of power systems, relay protection commissioning plays a pivotal role in the electrical sector. When faults occur, relay protection devices must swiftly and accurately isolate faulty components to maintain grid stability. In-depth research on relay protection commissioning techniques is crucial for enhancing the reliability and stability of power systems. This paper systematically outlines the fundamentals of relay protection commissioning, analyzes its workflow and technical methodologies, and aims to provide valuable references for professionals in the power industry.

Keywords

relay protection debugging technology, debugging process, technical method

浅析继电保护调试技术：电力系统的安全护盾

于凯

国网吕梁供电公司，中国·山西 吕梁 033500

摘要

继电保护调试技术作为保障电力系统可靠运行的核心技术之一，在电力领域中占据着举足轻重的地位。一旦电力系统出现故障，继电保护装置需迅速且准确地动作，将故障部分从系统中切除，确保电力网络的正常运行。深入研究继电保护调试技术，对于提高电力系统的可靠性和稳定性具有极其重要的现实意义。本文将系统地阐述继电保护调试技术的概念，深入剖析调试流程和技术方法，旨在为电力行业的相关人员提供有价值的参考。

关键词

继电保护调试技术 调试流程 技术方法

1 继电保护调试技术基础

1.1 基本概念

继电保护，是指当电力系统中的电力元件（如发电机、线路、变压器等）发生故障时，及时发出警告信号，或者直接向断路器发出跳闸命令，用于隔绝故障发展的一种手段。而继电保护调试技术，则是对继电保护装置进行安装、调试、校验、维护等一系列工作，以确保其在电力系统中能够准确、可靠、快速地动作，发挥保护作用的技术手段。

在电力系统的庞大网络中，各类电气设备和输电线路时刻面临着各种故障风险，如短路、过载、过电压、欠电压等。一旦发生故障，如果没有可靠的继电保护调试技术作为支撑，继电保护装置就无法及时、准确地动作，故障可能会迅速蔓延，导致大面积停电、设备损坏，甚至引发电力系统的崩溃。例如，在一些大型工业企业中，电力系统的短暂故

障都可能导致生产线的停滞，造成巨额的经济损失；在城市电网中，大面积停电会影响交通、通信、医疗等重要领域的正常运转，严重影响居民的生活质量和社会秩序。因此，只有通过精湛的继电保护调试技术，确保继电保护装置处于最佳运行状态，才能有效降低故障带来的危害，保障电力系统的可靠供电。

1.2 主要作用

继电保护在电力系统中承担着多项关键作用，对保障电力系统的安全稳定运行意义重大。

首先，继电保护能够快速切除故障元件。当电力系统发生短路等故障时，故障点会出现很大的短路电流，这会产生大量的热量和电动力，对电气设备造成严重的损坏。继电保护装置能够在极短的时间内（通常在几十毫秒甚至更短）检测到故障，并迅速使断路器跳闸，将故障元件从系统中切除，从而避免故障电流对设备的持续破坏，保护设备的安全。例如，在高压输电线路中，一旦发生短路故障，继电保护装置能够在几毫秒内动作，使断路器迅速切断故障线路，防止故障扩大到其他线路和设备，保障整个输电网络的安全。

【作者简介】于凯（1998-），男，中国山西吕梁人，本科，助理工程师，从事电气工程及其自动化研究。

其次，继电保护可以及时反应设备的异常状态。除了故障情况外，电力系统中的设备还可能出现一些异常运行状态，如过负荷、过电压、欠电压、油温过高、绕组温度过高等。继电保护装置能够对这些异常状态进行实时监测，当检测到异常时，根据异常的严重程度，或者发出报警信号，提醒运行人员及时采取措施进行调整和处理，或者自动进行一些操作，如减负荷、调整电压等，以避免异常状态进一步发展成为故障，保证设备的正常运行。例如，当变压器出现过负荷运行时，继电保护装置会发出告警信号，运行人员可以根据实际情况采取调整负荷分配、启动备用变压器等措施，防止变压器因长时间过负荷而损坏。

此外，继电保护对于保障电力系统的安全稳定运行起着核心作用。在现代电力系统中，各个部分之间紧密相连，相互影响。一旦某个部分发生故障，如果不能及时切除，故障可能会迅速传播，引发连锁反应，导致整个电力系统的稳定性受到破坏，甚至发生系统崩溃和大面积停电事故。继电保护装置通过快速、准确地切除故障和反应异常状态，能够有效限制故障的影响范围，维持电力系统的正常运行秩序，确保系统的安全稳定。例如，在电力系统发生振荡时，继电保护装置能够快速判断并采取相应措施，使系统尽快恢复稳定运行，保障电力供应的连续性和可靠性^[1]。

2 继电保护调试技术关键点

2.1 调试流程

继电保护调试是一项系统且严谨的工作，其流程涵盖多个关键阶段，每个阶段都有明确的任务和要点。

单体调试是调试工作的基础环节，主要针对单个的继电保护装置进行。在这一阶段，首先要对装置的外观进行细致检查，确保其无物理损坏、零部件齐全且安装牢固。例如，查看装置外壳是否有破损、变形，插件是否插紧，接线端子是否松动等。接着进行绝缘测试，使用绝缘电阻测试仪，对装置的各电气回路与地之间的绝缘电阻进行测量，一般要求绝缘电阻不低于规定值，如 $10M\Omega$ ，以保证装置在运行过程中的电气安全性，防止漏电和短路等故障的发生。之后，对装置的硬件功能进行逐一测试，包括模拟量输入通道的精度校验，如检查电流、电压输入通道对不同幅值信号的测量准确性；开关量输入输出通道的动作可靠性测试，验证开关量输入能否准确响应外部信号变化，开关量输出能否正确驱动外部设备动作。同时，还要对装置的软件功能进行全面检查，如定值整定功能是否正常，能否准确设置和保存各种保护定值；故障录波功能是否有效，能否完整记录故障发生时的电气量变化情况；通信功能是否良好，能否与其他设备进行稳定的数据传输。

单间隔调试则是以一个电气间隔为对象，对该间隔内的所有继电保护装置以及相关的二次回路进行整体调试。在这个阶段，需要依据设计图纸，仔细检查该间隔内的二次接

线是否正确，确保电流互感器（CT）、电压互感器（PT）的二次接线极性正确，连接牢固，无虚接、错接现象。例如，CT二次侧的极性连接错误可能导致继电保护装置测量的电流方向错误，从而影响保护的正确动作。同时，对间隔内各设备之间的逻辑关系进行验证，比如线路保护装置与断路器之间的跳闸、合闸逻辑，当线路发生故障时，线路保护装置应能迅速发出跳闸命令，使断路器可靠跳闸，切除故障线路。此外，还要进行整组传动试验，模拟各种实际故障情况，如单相接地、相间短路等，观察保护装置的動作行为，包括保护的启动时间、动作顺序、出口跳闸情况等，确保整个间隔内的继电保护系统能够协调、准确地动作。

整组联调是继电保护调试的最后一个重要阶段，它将多个电气间隔以及整个变电站或电力系统的继电保护装置联系起来，进行全面的联合调试。在整组联调中，重点检验不同间隔之间的保护配合关系是否合理，上下级保护之间的动作时间和动作范围是否能够满足选择性要求。例如，当电力系统中某条线路发生故障时，该线路的主保护应首先动作，快速切除故障；如果主保护拒动，其相邻线路的后备保护应能按照预定的时间和逻辑动作，切除故障，以确保故障能够得到及时处理，同时又不会影响非故障区域的正常供电。此外，还要对整个系统的通信网络进行测试，确保各继电保护装置之间以及与监控系统之间的通信畅通、数据传输准确无误，以便实现对电力系统的实时监控和远程操作。在整组联调过程中，可能会模拟各种复杂的故障场景，如多重故障、跨间隔故障等，全面检验继电保护系统在不同工况下的性能和可靠性。

2.2 技术方法

在继电保护调试过程中，采用科学合理的技术方法以及合适的工具是确保调试工作进行和保证调试质量的关键。

常用的试验方法包括模拟故障试验、特性试验和整组试验等。模拟故障试验是通过继电保护测试仪向继电保护装置输入模拟的故障电流、电压信号，模拟电力系统中各种可能出现的故障情况，如短路、过载、接地等，观察保护装置的動作行为，判断其是否能在规定的时间内准确动作，发出跳闸信号或报警信号。例如，在进行过流保护测试时，逐渐增大输入的电流信号，当电流达到过流保护的整定值时，观察保护装置是否能迅速动作，记录其動作时间和動作值，与整定值进行比较，判断是否符合要求。特性试验则是针对继电保护装置的各种保护特性进行测试，如距离保护的阻抗特性、差动保护的比率制动特性等。以距离保护为例，通过改变输入的电压和电流信号，计算出不同情况下的测量阻抗，绘制出距离保护的動作特性曲线，验证其動作范围和動作精度是否满足设计要求。整组试验是将整个继电保护系统的各个部分组合在一起进行试验，包括保护装置、二次回路、断路器等，模拟实际运行中的各种故障和操作，检验

整个系统的协调性和可靠性，观察各部分之间的配合是否默契，动作是否准确无误。

调试中使用的工具主要有继电保护测试仪、万用表、示波器、兆欧表等。继电保护测试仪是核心工具，它能够精确地输出各种模拟电气量信号，如不同幅值、相位和频率的电流、电压信号，满足对各种继电保护装置的测试需求。万用表则常用于测量电路中的电压、电流、电阻等参数，在检查二次回路的接线是否正确、测量设备的工作状态等方面发挥着重要作用。示波器可以直观地显示电气信号的波形，帮助调试人员分析信号的特征和变化规律，例如在测试保护装置的动作时间时，通过示波器测量输入信号与输出信号之间的时间差，能够准确获取动作时间。兆欧表主要用于测量设备的绝缘电阻，评估设备的绝缘性能，确保设备在运行过程中的电气安全。

同时，调试工作必须严格遵循相关的标准规范，如GB/T 14285 - 2006《继电保护和安全自动装置技术规程》、DL/T 995 - 2006《继电保护和电网安全自动装置检验规程》等。这些标准规范对继电保护装置的设计、安装、调试、运行和维护等各个环节都做出了明确的规定和要求，是调试工作的重要依据。例如，在调试过程中，对于保护装置的动作时间、动作值的误差范围，以及保护的选择性、灵敏性和可靠性等性能指标，都要按照标准规范进行严格的测试和验证，确保继电保护装置符合相关标准，能够在电力系统中可靠运行^{[2][3][4]}。

3 继电保护调试技术发展趋势

未来，继电保护调试技术将朝着保护、控制、测量和数据通信一体化的集成化方向发展。这种集成化趋势将打破传统电力系统中各功能模块之间的界限，实现电力系统设备的高度融合和协同工作。

在硬件方面，将开发出集保护、控制、测量和通信功能于一体的新型电力设备，减少设备数量和占地面积，降低系统复杂度和成本。例如，新一代的智能变电站设备将继电保护、测控、计量等功能集成在一个智能终端中，通过内部的高速数据总线实现各功能模块之间的数据交互和协同工作，提高了设备的可靠性和灵活性。

在软件方面，将构建一体化的电力系统运行管理平台，实现对保护、控制、测量和通信等功能的统一管理和调度

。该平台可以根据电力系统的实时运行状态，综合分析各方面的数据信息，自动生成最优的控制策略和保护方案，并通过通信网络将指令发送到相应的设备执行，实现电力系统的智能化运行和管理。

集成化的继电保护调试技术还能够提高电力系统的抗干扰能力和可靠性，减少设备之间的接口数量和故障点，降低维护成本，为电力系统的安全稳定运行提供更坚实的保障^[5]。

4 结论

继电保护调试技术作为电力系统安全稳定运行的基石，在保障电力供应的可靠性和连续性方面发挥着不可替代的关键作用。在调试流程上，从单体调试到单间隔调试，再到整组联调，每一个环节都紧密相扣，严格的流程把控确保了继电保护装置在不同层面的准确性和可靠性。常用的试验方法和调试工具，以及遵循的标准规范，进一步保障了调试工作的科学性和严谨性。

在未来，继电保护调试技术将面临更多的机遇和挑战。一方面，随着新能源发电、智能电网等新兴领域的快速发展，对继电保护调试技术提出了更高的要求，需要不断研发新的技术和方法，以适应复杂多变的电力系统运行环境。另一方面，随着人工智能、大数据、物联网等前沿技术的不断成熟，为继电保护调试技术的创新发展提供了广阔的空间。因此，持续加强对继电保护调试技术的研究和创新，培养高素质的专业人才，是推动电力系统不断发展进步的必然要求。只有这样，才能更好地满足社会对电力供应的需求，为经济社会的持续健康发展提供可靠的电力保障。

参考文献

- 1 高汝武，毛幸远. 继电保护调试技术 [M]. 北京：水利水电出版社，2005.
- 2 中华人民共和国国家能源局. DL/T 995-2016 继电保护和电网安全自动装置检验规程 [S]. 北京：中国电力出版社，2016.
- 3 驰宇电力武汉有限公司. 继电保护装置保护动作及整定值检验要求及方法 [EB/OL]. <http://m.toutiao.com/group/7425433742027588135/>, 2024-10-14.
- 4 杨利水. 继电保护及自动装置检验与调试 200 例 [M]. 北京：中国电力出版社，2008.
- 5 罗向勇. 基于数据通信的变电站继电保护调试新技术 [J]. 通信电源技术.