

继电保护检修及数字化继电保护

李朝 马俊芳

北京丰供电变电工程有限责任公司 北京 100070

摘要: 继电保护作为电力系统的安全防线,其可靠性和准确性直接关系到电力系统的稳定运行和故障的快速切除。基于此,本文深入分析了继电保护检修,涉及定期检验、运行中装置的补充检验、专业的测试仪器和设备等方面,并针对数字化继电保护进行了讨论,旨在为电力系统的安全稳定运行提供有力保障。

关键词: 继电保护;检修;数字化继电保护

引言

继电保护作为电力系统的安全屏障,承担着故障检测和快速切除的重任。然而,传统的继电保护装置存在精度受限、抗干扰能力弱等问题,难以满足日益复杂多变的电力系统需求。随着数字化技术的不断进步,数字化继电保护应运而生,它通过采用高精度的数字采样技术、先进的数字信号处理算法以及可编程的数字电路,显著提高了继电保护的准确性和可靠性。

1 继电保护检修

1.1 定期检验

继电保护检修是电力系统运维管理中的重要组成部分,其目的在于确保电力系统的安全稳定运行,防止因设备故障导致的电力中断或设备损坏。这一工作涵盖了从设备投产前的验收检修,到运行期间的定期检验,再到特定情况下的补充检验,形成了一个完整且持续的维护体系。新安装装置的验收检修是继电保护检修工作的起点,也是确保设备质量的关键步骤。在设备正式投入运行之前,验收检修团队会对其进行全面而细致的检查,包括但不限于外观检查、性能测试、功能验证等。这一过程旨在确保新安装的继电保护装置在设计、制造、安装等各个环节均符合既定的标准和规范,从而在源头上保障其可靠性和稳定性。验收检修不仅包括对设备本身的检查,还会对与设备相关的二次回路、通信接口等进行测试,以确保整个保护系统的完整性和协调性^[1]。而运行中装置的定期检验则是继电保护检修工作的核心环节,它按照一定的时间周期进行,旨在及时发现并处理设备在运行过程中可能出现的性能下降或故障隐患。定期检验通常分为全面校验和部分检验两种类型。全面校验是一种较为彻底的检验方式,它涉及对设备的所有功能和性能进行全面的检查和测试,以评估设备的整体健康状况,这种检验方式周期较长,但能够确保设备在较长时间内保持较高的可靠性和稳定性。而部分检验则更

加频繁,它主要关注设备的某些关键性能参数或功能,通过定期对这些参数或功能进行测试,及时发现并处理可能的异常情况。部分检验的周期通常根据设备的类型、运行环境以及历史故障记录等因素来确定,以确保检验的针对性和有效性。

1.2 运行中装置的补充检验

运行中装置的补充检验,特指在设备经历重大改造、更换、常规检修或遭遇事故后所进行的一系列校验和测试工作,旨在验证设备在这些特定事件后的性能是否仍然满足设计要求,能否在电力系统发生故障时迅速、准确地动作,从而保护电力设备免受损坏,保障电力系统的安全稳定运行。第一,设备改造后的补充检验尤为关键,随着技术的不断进步和电力系统结构的调整,设备升级和改造成为常态。例如,当变压器进行扩容或技术升级时,其配套的瓦斯保护装置也需相应调整。此时,补充检验就显得尤为重要,它不仅要验证新安装或改造后的瓦斯保护装置本身的功能和性能,还要确保其与变压器及其他相关设备的配合无误,能够在变压器内部发生故障时,如绕组短路、油面异常升高等,及时发出警报并切断故障电路,防止故障扩大。第二,设备更换后的补充检验同样不可忽视,在电力系统运维过程中,因设备老化、损坏或技术淘汰而进行的更换操作时有发生。新设备的安装和调试完成后,必须通过补充检验来确认其工作状态是否良好,能否与现有系统无缝对接,以及是否满足既定的保护逻辑和动作要求。特别是对于像瓦斯继电器这样的关键部件,其内部结构和工作原理复杂,对灵敏度和可靠性要求极高,因此更换后必须进行详细的内部检查和充气试验,以确保其在检测到变压器内部异常时能够迅速响应,发出正确的保护信号。第三,常规检修后的补充检验也是保障设备可靠性的重要措施,常规检修通常包括设备的清洁、紧固、润滑以及部分易损件的更换等,这些操作虽然看似简

单,但可能对设备的电气性能和机械性能产生一定影响。因此,检修完成后,必须通过补充检验来验证设备是否恢复到最佳工作状态,各项性能指标是否达标,以及是否存在因检修不当而引入的新问题。

1.3 专业的测试仪器和设备

在继电保护检修的精密工作中,专业的测试仪器和设备扮演着至关重要的角色,它们是技术人员手中不可或缺的“诊断工具”,用于对继电保护装置进行全面而深入的“体检”,确保其能在关键时刻发挥保护作用。这一系列的测试不仅涵盖了电气特性的验证、机械部件的检查,还深入到二次回路的绝缘性能、接线正确性的校验,每一步都旨在挖掘并消除潜在的故障隐患,保障电力系统的安全稳定运行。(1)电气特性试验是继电保护装置检修的基础,它利用高精度的电气测试仪器,如示波器、数字万用表、交流电源等,对保护装置的核心电气元件进行性能测试。这些测试包括但不限于继电器的动作电压、动作电流、返回电压、返回电流等参数的测量,以及时间特性的校验,如动作时间、返回时间等。通过这些测试,技术人员可以准确评估继电器的灵敏度和动作速度,确保其在电力系统发生短路、过载等异常情况时能够迅速响应,准确切除故障点。(2)机械部分检查则是确保保护装置内部机械结构完好无损、动作灵活可靠的必要步骤^[2]。这包括对继电器的触点、弹簧、轴杆等机械部件的目视检查、手感测试以及必要的调整。机械部件的磨损、锈蚀或卡涩都可能影响继电器的动作性能,因此,定期的机械检查和维护对于保持继电器的良好状态至关重要。(3)二次回路绝缘电阻测量是检查继电保护系统中二次回路绝缘性能的重要手段。通过使用高阻计或兆欧表,技术人员可以测量二次回路中各段导线的绝缘电阻值,以判断是否存在绝缘老化、受潮或破损等问题。绝缘电阻的降低可能导致回路中发生漏电或短路,影响保护装置的正常工作,因此,及时的绝缘电阻测量是预防此类故障的有效措施。(4)二次回路通电试验则是对二次回路接线正确性和设备动作可靠性的直接验证。在模拟电力系统正常运行和故障状态条件下,通过向二次回路施加电压或电流,观察保护装置的動作情况,可以检查回路接线的正确性、继电器接点的闭合与断开状态、信号指示的正确性等。这一试验不仅验证了二次回路设计的合理性,还确保了保护装置在真实故障情况下能够准确动作,发出正确的跳闸或报警信号。

2 数字化继电保护

2.1 模拟信号转换为数字信号

在电力系统中,电流、电压等电气量通常以模拟信号的形式存在,这些信号是连续变化的物理量,具有时间和幅度的连续性。传统的继电保护装置通过电磁式互感器采集这些模拟信号,并经过模拟电路进行处理和判断,最终决定是否动作切除故障。然而,这种模拟处理方式存在诸多局限性,如抗干扰能力弱、精度受限、难以适应复杂故障情况等。数字化继电保护则突破了这些限制,它采用先进的AD转换器(模数转换器)将模拟信号转换为数字信号。这一转换过程包括采样、量化和编码三个关键步骤。首先,采样是将连续时间的模拟信号转换为离散时间信号的过程,根据奈奎斯特采样定理,采样频率必须至少是信号最高频率的两倍,才能确保采样后的数字信号能够完整还原原始模拟信号。在数字化继电保护中,采样频率通常远高于这一要求,以确保采集到的信号具有足够的精度和分辨率。其次,量化是将每个采样点的连续幅度值映射到离散级别或数值的过程。这涉及到确定离散级别的数量和范围,以及选择合适的量化算法。在数字化继电保护中,量化过程通常通过高精度的AD转换器实现,以确保转换后的数字信号能够准确反映原始模拟信号的幅度信息^[3]。而编码则是将量化后的离散数值表示为二进制形式的过程,这一步骤将数字信号转换为计算机可以处理的二进制代码,便于后续的数字信号处理和传输。在数字化继电保护中,编码过程通常遵循标准的通信协议和数据格式,以确保不同设备之间的数据交换和共享。经过采样、量化和编码处理后,模拟信号成功转换为数字信号,并作为数字化继电保护装置的输入。这些数字信号在装置内部进行实时处理和分析,包括滤波、变换、特征提取等步骤,以提取出故障特征信息。基于这些信息,保护装置能够迅速判断电力系统是否存在故障,并确定故障的类型和位置。

2.2 先进的数字信号处理技术

数字化继电保护领域中的先进数字信号处理技术,是提升电力系统保护性能、增强故障识别精度的关键所在。这些技术不仅深化了我们对电力系统动态行为的理解,还显著提高了保护装置的响应速度和决策准确性。在数字化继电保护系统中,除了数字采样技术外,傅里叶变换、小波变换等先进的数字信号处理技术同样扮演着举足轻重的角色。其中,傅里叶变换是数字信号处理领域的一项经典技术,它能够将时域中的信号转换到频域中进行分析。在数字化继电保护中,傅里叶变换被广泛应用于电流、电压等电气量的频谱分析。通过傅里叶变换,技术人员可以清晰地观察到信号中各个频率成分的分布,特别是故障产生的谐波成分,这对于判断故障

类型（如短路、接地故障等）和故障位置至关重要。此外，傅里叶变换还能提供信号的相位信息，有助于分析故障电流与电压之间的相位关系，进一步验证故障的存在及其性质^[4]。然而，傅里叶变换在处理非平稳信号或突变信号时存在一定的局限性，因为它假设信号在整个时间域内是平稳的。为了克服这一不足，小波变换应运而生，小波变换是一种时频局部化分析方法，它能够在时间域和频率域同时提供高分辨率的信息。通过选择不同的小波基函数和尺度参数，小波变换能够灵活地适应各种信号特征，特别是在处理突变信号和非平稳信号时表现出色。在数字化继电保护中，小波变换被用于提取故障特征信息，如故障发生的时刻、故障电流的突变特性等，这些信息对于快速准确地定位故障位置、判断故障类型具有重要意义。

2.3 高度的灵活性和可扩展性

在数字化继电保护系统中，可编程性是其灵活性的核心所在，与传统的基于硬接线的模拟保护装置相比，数字化保护装置采用了先进的微处理器和可编程逻辑控制器（PLC）技术，使得保护功能和保护逻辑的实现不再依赖于固定的硬件电路，而是可以通过修改软件程序来完成。这种软件定义的保护方式不仅简化了保护装置的设计和制造流程，降低了成本，更重要的是，它赋予了保护装置前所未有的灵活性。技术人员可以根据电力系统的实际需求和运行状况，随时调整保护参数、修改保护逻辑，甚至增加新的保护功能，以适应电力系统的发展变化。而除了可编程性外，数字化继电保护系统的可扩展性也是其显著优势之一。随着电力系统的不断发展和壮大，对保护装置的要求也在不断提高。传统的模拟保护装置往往因为硬件限制而难以满足这些新的需求。而数字化保护装置则可以通过增加新的硬件模块或

扩展卡，以及升级软件程序，轻松实现保护功能的扩展和升级。这种可扩展性不仅使得保护装置能够跟上电力系统的发展步伐，还能够满足未来可能出现的新需求和新挑战。此外，在电力系统的实际应用中，数字化继电保护系统的高度灵活性和可扩展性得到了充分体现。例如，在智能电网的建设中，数字化保护装置可以与电力系统的其他控制、监测系统相配合，实现信息的互通和共享。通过集成先进的通信技术和数据交换协议，数字化保护装置能够实时获取电力系统的运行状态和故障信息，与其他控制设备进行协同工作，共同实现电力系统的优化运行和故障快速切除。这种信息集成和协同工作的能力不仅提高了电力系统的整体运行效率，还增强了电力系统的安全性和可靠性。

结语

综上所述，继电保护检修与数字化继电保护在现代电力系统中扮演着至关重要的角色。通过定期检修和维护，可以确保继电保护装置始终处于良好的工作状态，为电力系统的安全稳定运行提供有力保障。而数字化继电保护则以其高精度、高可靠性、高灵活性和可扩展性等优点，成为未来电力系统保护技术的主要发展方向。

参考文献

- [1] 闵铁军. 继电保护状态检修技术的发展及其应用探讨[J]. 机电信息, 2019(12):15-16.
- [2] 陈宇宁, 肖亚华. 变电站检修继电保护设备常见问题分析及处理措施[J]. 价值工程, 2019, 038(027):193-194.
- [3] 刘胡兰. 数字化继电保护的发展与应用[J]. 供用电, 2020(27):162-165.
- [4] 张瑜. 论高压电网继电保护的原理与应用[J]. 电力系统自动化, 2020, 05:1-3.