

Discussion on relay protection technology of power automation

Zhi Gao

State Grid Shanxi Electric Power Co., Ltd. Lvliang Power Supply Branch, Lvliang, Shanxi, 033000, China

Abstract

With the rapid iteration of technology, the automation level of power systems continues to rise, imposing higher demands on system security protection. As the core support for ensuring the safe and stable operation of power systems, the irreplaceability of relay protection technology has become increasingly evident. This paper delves into power automation relay protection technology, elaborating on its working principles, technical types, and applications in power systems. It analyzes current challenges in technological development and looks ahead to future trends including intelligentization, networking, and new energy technologies. Ultimately, it provides solid theoretical support and practical references for further enhancing the reliability and stability of power system operations.

Keywords

Power automation; Relay protection; Working principles; Applications; Development trends

电力自动化继电保护技术探讨

高智

国网山西省电力有限公司吕梁供电分公司, 中国·山西 吕梁 033000

摘要

伴随科技的高速迭代, 电力系统的自动化水平正持续攀升, 对系统安全防护也提出了更高要求, 而继电保护技术作为保障电力系统安全稳定运行的核心支撑, 其不可替代性也愈发显著。本文深入探讨电力自动化继电保护技术, 详细阐述其工作原理、技术类型以及在电力系统中的应用情况, 分析当前技术发展面临的挑战, 并结合智能化、网络化以及新能源技术等对未来发展趋势进行展望, 最终为进一步提升提升电力系统运行可靠性和稳定性提供扎实的理论支持与实践参考。

关键词

电力自动化; 继电保护; 工作原理; 应用; 发展趋势

1 引言

电力系统是支撑现代社会经济发展的核心基础设施, 其能否安全稳定运行, 直接影响着社会生产活动的有序开展与人们日常生活的正常运转, 而继电保护技术正是这一关键系统中不可或缺的重要构成部分, 在发生故障或异常运行状态时, 可以快速准确地运行, 切断故障部分, 确保非故障部分的正常运行, 从而避免事故扩大, 减少经济损失和社会影响。随着电力自动化水平的逐步提升, 继电保护技术也在持续革新与优化, 以满足电力系统日益复杂的需求。

2 电力自动化继电保护工作原理

2.1 基本原理

继电保护装置的基本原理是基于电力系统正常运行和故障时电气量的变化特征。当电力系统发生故障时, 这些电量将发生重大变化。继电保护装置实时监测这些电量, 并将

其与预设设定值进行比较。如果监测到的电量超过或低于设定值, 并满足一定的逻辑判断条件, 继电保护装置将发出跳闸信号, 使相应的断路器运行, 并将故障设备与电力系统断开, 以保护电力系统的安全运行。例如, 在过电流保护中, 当线路中的电流超过设定的过电流整定值时, 保护装置就会动作, 使断路器跳闸, 切断故障线路 [1]。

2.2 动作特性

继电保护装置的运行特性包括快速性、选择性、灵敏度和可靠性。快速性的要求是保护装置应能在最短的时间内隔离故障, 以减少故障对电力系统的影响; 选择性是指保护装置只隔离故障设备或线路, 尽量避免隔离非故障部件, 以确保电力系统的正常供电范围; 灵敏度表示保护装置对故障的响应能力, 即对于一定范围内的故障, 保护装置都能可靠动作; 可靠性则是指保护装置在正常运行和故障情况下都能准确无误地工作, 不发生误动作和拒动作。这四个特性相互关联、相互制约的, 在设计和整定继电保护装置时, 需要综合考虑, 以实现最佳的保护效果。

【作者简介】高智 (1996-), 男, 中国山西汾阳人, 硕士, 从事电力系统及其自动化、继电保护研究。

3 电力自动化继电保护技术类型

3.1 常规继电保护技术

常规继电保护技术主要包括电磁式、晶体管式和集成电路式继电保护。电磁式继电保护利用电磁力原理工作,具备结构简单、可靠性高的长处,但体积较大、动作速度较慢;晶体管式继电保护采用晶体管作为主要元件,具有动作速度快、灵敏度高的特点,但抗干扰能力相对较弱;集成电路继电保护在单个芯片上集成了多个电子元件,具有体积小、功耗低、可靠性高等特点。然而,其制造工艺复杂,成本高。这些常规继电保护技术在电力系统发展的不同阶段都发挥了重要作用,目前在一些小型电力系统或对保护性能要求不高的场合仍有应用。

3.2 微机继电保护技术

微机继电保护技术是随着计算机技术和数字信号处理技术的发展而兴起的一种新型继电保护技术。它以微处理器为核心,通过软件算法实现对电力系统电气量的采集、计算、分析和判断,并根据预设的保护逻辑发出控制信号。微机继电保护装置具有功能强大、灵活性高、可靠性好、易于实现网络化等优点。它可以实现多种保护功能,并且可以通过软件升级方便地扩展新的功能。当下,该技术已成为电力系统继电保护的主流技术,广泛应用于各种电压等级的变电站和输电线路中。

3.3 智能继电保护技术

智能继电保护技术是在微机继电保护技术的基础上发展起来的,融合了人工智能、大数据、云计算等先进技术[2]。它具有智能故障诊断和决策能力,可以实时监测电力系统的运行状态,快速准确地诊断和定位故障,并根据故障情况自动调整保护策略,实现自适应保护。智能继电保护技术还可以通过分析和学习大量历史数据来预测电力系统中可能出现的故障,提前采取预防措施,提高电力系统的运行可靠性。例如,使用机器学习算法分析电力设备的运行数据,建立设备健康状态评估模型,及时发现设备的潜在故障和隐患。尽管智能继电保护技术仍处于发展阶段,但它已经显示出巨大的应用潜力,并将成为继电保护技术未来发展的重要方向。

4 电力自动化继电保护在电力系统中的应用

4.1 在变电站中的应用

在变电站中,继电保护装置作为保障电力设备安全稳定运行的关键设备[3]。它为变压器、母线、断路器和输电线路等设备提供全面保护。对于变压器,继电保护装置可以配置差动保护、瓦斯保护、过电流保护等,以防止变压器内部故障和外部故障对变压器造成损坏;母线保护则主要采用差动保护原理,快速切除母线故障,确保母线的安全运行;断路器保护用于监测断路器的工作状态,在断路器出现故障时及时发出信号并采取相应的控制措施;输电线路保护则根

据线路的特点和运行要求,配置了距离、零序、纵联等相关联的保护,以达到对输电线路的可靠性保护。此外,变电站中的保护装置还能够与自动化监控系统的功能相结合,完成对变电站设备的远程监控与管理功能,提高变电站的运行效率和可靠性[4]。

4.2 在输电线路中的应用

输电线路是电力系统的重要组成部分,其安全运行直接影响到电力系统的供电可靠性。继电保护在输电线路中的应用主要是快速准确地切除线路故障,保障电力传输的连续性。距离保护是输电线路常用的保护方式之一,它根据测量到的线路阻抗与设定的保护范围阻抗进行比较,判断故障位置并动作;零序保护则主要用于保护接地故障,通过检测零序电流和零序电压来判断线路是否发生接地故障,并在故障时动作;纵联保护利用通信通道将输电线路两端的电气量信息进行交换和比较,能够快速准确地判别区内和区外故障,具有很高的选择性和快速性,特别适用于长距离、重要输电线路的保护。与此同时,一些新型的继电保护技术如行波保护、暂态量保护等也在特高压输电线路中得到了应用和研究。

4.3 在配电网中的应用

配电网直接面向用户,其运行的可靠性和电能质量对用户的影响很大。继电保护在配电网中的应用主要是实现对配电网故障的快速隔离和恢复供电。传统的配电网继电保护主要采用电流保护、电压保护等简单的保护方式,随着配电网的发展和智能化水平的提高,一些新的保护技术和方法也在不断应用。例如,依托分布式电源接入配电网后呈现的故障特性,可研发适应这一接入模式的继电保护方案。同时,配电网继电保护还可以与配电网自动化系统、智能电表等设备进行通信和协同工作,实现对配电网的精细化管理和智能化控制。

5 电力自动化继电保护技术发展面临的挑战

5.1 电磁干扰问题

在电力系统中,存在着各种电磁干扰源,如高压设备的电场和磁场、电力电子设备的谐波、通信设备的电磁辐射等。这些电磁干扰可能会对继电保护装置的正常工作产生影响。特别是在一些电磁环境复杂的场合,如变电站内、高压输电线路附近等,电磁干扰问题更加突出。为了提高继电保护装置的抗干扰能力,需要采取一系列的抗干扰措施,如优化装置的硬件设计、采用屏蔽技术、软件滤波等,但这些措施在一定程度上会增加装置的成本和复杂性。

5.2 数据处理和通信问题

随着智能电网的建设和发展,继电保护装置需要处理和传输的数据量越来越大。例如,智能变电站中的继电保护装置需要实时采集和处理大量的电气量数据、设备状态数据等,并与其他智能设备进行通信和数据共享。这对继电保

护装置的数据处理能力和通信能力提出了很高的要求。目前,虽然微机继电保护装置和智能继电保护装置在数据处理和通信方面取得了一定的进展,但在面对海量数据的快速处理和高效可靠通信时,仍然存在一些技术瓶颈,如数据处理速度不够快、通信带宽不足、通信可靠性不高等问题,需要进一步研究和解决[5]。

6 电力自动化继电保护技术发展趋势

6.1 智能化发展

智能化已成为继电保护技术未来发展的关键核心方向。在人工智能、机器学习、深度学习等技术不断发展并日趋成熟的背景下,继电保护装置将拥有更具智能化的故障诊断能力与决策能力。对大量电力系统运行数据展开学习和分析后,继电保护装置可自动辨别故障类型、预测故障发展趋势,并结合实际情况自行调整保护策略,达成自适应保护的目标。此外,智能化的继电保护装置还能够运用深度学习算法对电力设备的振动信号、温度信号等非电气量数据进行剖析,可实现设备故障的早期诊断与预警;通过多智能体技术让继电保护装置之间进行信息交互与协同决策,能提升保护系统的可靠性与灵活性。

6.2 网络化发展

网络化已成为继电保护技术发展的必然走向。随着通信技术的飞速进步,继电保护装置将实现更广泛的网络化连接。依托高速通信网络,网络化继电保护装置可达成远程控制、远程维护及远程升级功能,有效提升电力系统的运行管理效率。与此同时,还可以能实时获取系统中各节点的电气量信息与设备状态数据,进而达到对电力系统的全局监测与保护的目的。比如,借助5G通信技术,可实现继电保护装置与变电站自动化系统、调度中心之间高速且可靠的通信,从而完成对电力系统的实时监控与快速响应;利用物联网技术将分散在不同位置的继电保护装置连接为有机整体,能够实现信息共享与协同工作。

6.3 一体化发展

一体化发展是指继电保护技术与电力系统自动化、通信、监测等技术的深度融合。未来的继电保护装置将不再是一个独立的设备,而是与电力系统中的其他设备和系统构成一个有机的整体。例如,继电保护装置与变电站自动化系统、配电自动化系统、能量管理系统等实现一体化设计和集成,实现信息的无缝交互和共享,优化电力系统的整体运行效率,进一步提高其运行可靠性;继电保护装置与电力设备

在线监测系统协同运作,利用监测系统所获取的设备状态信息,实现继电保护装置优化整定及自适应调整的目标,以此提高保护装置的运行性能。此外,一体化发展还包括继电保护装置硬件和软件的一体化设计,采用标准化的硬件平台和软件架构,提高装置的通用性和可扩展性。

6.4 与新能源技术融合发展

随着新能源在电网中的占比持续提升,继电保护技术需与新能源技术实现深度融合,来解决新能源接入带来的全新问题。一方面,要开展适配新能源发电特性的继电保护原理与算法研究,比如针对光伏发电、风力发电等新能源发电的故障特征,研发对应的保护技术;另一方面,需达成继电保护装置与新能源发电设备的协同控制,进而提高新能源发电系统的稳定性与可靠性。举例来说,通过优化新能源发电设备的控制策略,使其在故障发生时能快速响应继电保护装置的動作信号,实现对电力系统的有效支撑;同时研究新能源接入场景下的电力系统保护配置与整定方法,确保继电保护装置在新能源接入后的各类运行工况中均能可靠动作。

7 结论

电力自动化继电保护技术是维系电力系统安全稳定运行的核心技术支柱,对电力系统的持续发展发挥着不可或缺的关键作用。本文针对该技术的工作机理、技术分类、实践应用状况、现存挑战及未来发展走向展开探讨后发现,随着电力系统的逐步演进与技术的持续突破,继电保护技术也在不断实现创新与完善。尽管当前继电保护技术在实际应用场景中收获了显著成效,但其发展道路上仍存在不少待解决的挑战。展望未来,为满足电力系统日趋复杂的运行需求,继电保护技术将朝着智能化、网络化、一体化的方向迈进,同时深化与新能源技术的融合,进而为电力系统的安全可靠运行提供更有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 刘思伟. 电力系统中继电保护自动化技术应用分析[J]. 光源与照明,2024(12):168-170.
- [2] 王刚,肖义. 继电保护技术在智能电网中的应用[J]. 模型世界,2024(2):119-121.
- [3] 苗兴华,朱云鹏. 论变电站继电保护的工作原理及价值作用[J]. 百科论坛电子杂志,2020(17):1982-1983.
- [4] 李连尉,陈世钧,朱龙. 论变电站继电保护的工作原理及价值作用[J]. 中国设备工程,2020(21):130-131.
- [5] 魏晓朋. 浅析变电运行中的继电保护问题及措施[J]. 电子元器件与信息技术,2024,8(10):182-184,187.