

数字技术在电力系统继电保护中的应用

顾超荣¹ 曹易元²

1. 国网上海浦东供电公司 上海 200122; 2. 国网上海市北供电公司 上海 200072

DOI: 10.12238/ems.v7i3.12293

[摘要] 随着科技的迅猛发展,数字技术在各个领域的应用日益广泛,电力系统继电保护作为电力系统的重要组成部分,也受到了数字技术的深刻影响。数字技术以其高效、精确、实时性强等特点,为电力系统继电保护提供了更加可靠和智能的解决方案。本文将从数字技术的基本概念与特点入手,探讨其在电力系统继电保护中的具体应用,分析面临的挑战,并展望其未来的发展趋势。通过对这些内容的深入研究,旨在为电力系统继电保护的数字化转型提供理论支持和实践指导。

[关键词] 数字技术; 电力系统; 继电保护

引言

在当今数字化时代,电力系统作为国家经济发展的重要支撑,其稳定性和可靠性至关重要。继电保护作为电力系统安全运行的关键防线,关乎着电力供应的连续性。数字技术凭借其高精度、高速度等优势,正逐渐渗透到继电保护领域。深入探究数字技术在电力系统继电保护中的应用,对于提升继电保护性能、保障电力系统安全稳定运行意义重大。

一、数字技术与电力系统继电保护概述

1.1 数字技术的基本概念与特点

数字技术是基于数字信号和数字处理方法的现代信息技术,它以离散的数字信号代替连续的模拟信号,通过计算机、通信网络等设备对信息进行采集、存储、处理和传输。其核心在于将各种信息(如声音、图像、数据等)转化为二进制数字形式,从而实现高效、精准的信息处理。数字技术具有以下显著特点:高精度与高可靠性。数字信号的离散性使其在传输和处理过程中不易受到噪声干扰,能够保持较高的精度和稳定性,从而有效降低误差和误判率。灵活性与可扩展性。数字系统可以通过软件编程实现多种功能,且易于升级和扩展,能够适应不断变化的应用需求。最后,易于集成。数字技术可以方便地与其他系统或技术进行集成,形成综合性的解决方案,例如在电力系统中与继电保护、通信网络等结合,提升系统的整体性能和智能化水平。

1.2 电力系统继电保护的作用与原理

电力系统继电保护是电力系统安全稳定运行的重要保障措施。其主要作用是在电力系统发生故障或异常运行状态时,能够迅速、准确地检测到故障位置,并通过断路器将故障设备从系统中切除,从而最大限度地减少故障对电力系统的损害,保障电力系统的正常运行。当电力系统发生故障时,如短路、过载、接地等,电流会突然增大,电压会降低,功率方向也会发生变化。继电保护装置通过检测这些电气参数的变化,利用继电器或微处理器等设备进行逻辑判断。如果检测到的参数超出设定的阈值范围,则判断系统发生故障,并发出跳闸指令,使断路器动作,切除故障部分。随着数字技术的发展,现代继电保护装置越来越多地采用数字信号处理技术,能够更快速、更准确地识别故障类型和位置,提高了继电保护的可靠性和灵敏性。

二、数字技术在电力系统继电保护中的具体应用

2.1 数字信号处理技术的应用

数字信号处理(DSP)技术在电力系统继电保护中的应用是推动继电保护技术现代化的关键因素之一。通过将电力系统中的模拟信号转换为数字信号,DSP技术能够实现对信号的高效处理和分析,从而为继电保护装置提供更准确、更快速的故障检测和判断能力。在电力系统中,故障信号往往伴

随着复杂的波形变化,如短路故障时的电流突变和电压跌落。传统的模拟信号处理方式难以精确捕捉这些瞬态变化,而DSP技术则可以通过快速傅里叶变换(FFT)、小波变换等算法,对信号进行实时分析,提取故障特征。例如,FFT可以快速计算信号的频谱,帮助识别故障信号中的谐波成分,从而准确判断故障类型;小波变换则能够有效处理非平稳信号,捕捉故障信号的时频特性,为继电保护装置提供更丰富的故障信息。此外,DSP技术还可以实现对信号的滤波、去噪和数据压缩等功能。在电力系统运行过程中,信号往往受到各种干扰,如电磁干扰和噪声。DSP技术可以通过数字滤波器去除这些干扰,提高信号的信噪比,确保继电保护装置能够准确地检测到故障信号。随着数字技术的不断发展,DSP技术在继电保护中的应用越来越广泛。它不仅提高了继电保护装置的灵敏度和可靠性,还为实现智能化保护提供了技术支持。

2.2 通信数字技术的应用

通信数字技术在电力系统继电保护中的应用极大地提升了保护装置的协调性和响应速度。通过现代通信技术,继电保护装置能够实现信息的快速、准确传输,确保在故障发生时,各保护装置之间能够及时交换信息,协调动作,从而提高整个电力系统的可靠性和稳定性。在电力系统中,通信数字技术主要体现在以下几个方面:远程监控与控制,通过数字通信网络,电力系统的运行状态和继电保护装置的工作情况可以实时传输到控制中心,运行人员能够远程监控和控制保护装置,及时发现并处理故障,减少故障对系统的影响。同步时钟技术,利用GPS等同步时钟技术,确保各继电保护装置的时间同步,使得在故障发生时,各装置能够基于统一的时间基准进行协调动作,提高故障处理的准确性和效率。此外,保护信息的共享与分析也是通信数字技术的重要应用。通过数字通信网络,各继电保护装置可以共享故障信息和运行数据,进行综合分析,判断故障类型和位置,从而采取最优的保护策略。例如,智能电子设备(IED)之间通过IEC 61850标准进行通信,实现保护、控制、测量等功能的集成和协同工作,提升了电力系统的智能化水平。

2.3 计算机数字控制技术的应用

通过计算机数字控制技术,继电保护装置能够实现复杂的故障诊断、保护逻辑控制以及系统状态的实时监测与分析,从而显著提升电力系统的安全性和可靠性。在继电保护装置中,计算机数字控制技术的核心是微处理器(MPU)和数字信号处理器(DSP)。这些处理器能够快速处理大量的数字信号,实现复杂的保护算法。例如,基于微处理器的保护装置可以实时采集电力系统的电压、电流等电气参数,并通过数字信号处理技术对这些参数进行快速傅里叶变换(FFT)、小波变

换等分析,从而准确判断故障类型和位置。一旦检测到故障,保护装置能够迅速发出跳闸指令,切除故障设备,最大限度地减少故障对电力系统的影响。此外,计算机数字控制技术还支持继电保护装置的智能化功能。通过软件编程,保护装置可以根据不同的运行条件和故障类型自动调整保护定值和动作策略,实现自适应保护。同时,保护装置还可以与电力系统的监控系统进行通信,实时上传运行数据和故障信息,接收控制指令,实现远程监控和集中管理。计算机数字控制技术的应用还提高了继电保护装置的灵活性和可扩展性。通过简单的软件升级,保护装置可以增加新的功能或优化现有功能,而无需更换硬件设备。

三、数字技术应用于电力系统继电保护面临的挑战

3.1 技术层面的挑战

尽管数字技术为电力系统继电保护带来了诸多优势,但在实际应用中仍面临诸多技术层面的挑战。数据处理与分析的复杂性是一个关键问题。电力系统运行过程中产生的数据量巨大,且数据类型多样,包括电压、电流、功率等电气参数,以及设备状态、故障信息等非电气数据。如何从海量数据中快速、准确地提取故障特征并进行有效分析,是当前亟待解决的难题。例如,复杂的电网拓扑结构和动态运行环境可能导致故障信号的特征不明显,传统的数据分析方法难以满足高精度故障诊断的需求。算法的实时性和准确性也是一大挑战。电力系统故障往往具有突发性和瞬时性,要求继电保护装置能够在极短时间内做出准确判断并采取措施。然而,复杂的数字信号处理算法和智能诊断算法虽然能够提高故障识别的准确性,但可能会增加计算时间,导致保护动作延迟。如何在保证算法准确性的同时,满足实时性要求,是技术层面需要突破的重要方向。随着电力系统数字化和网络化的推进,继电保护装置与外部通信网络的连接更加紧密,这使得系统面临网络攻击的风险。黑客可能通过网络入侵篡改保护定值、伪造故障信号或干扰通信链路,从而导致保护装置误动作或拒动,严重威胁电力系统的安全稳定运行。

3.2 设备层面的挑战

设备的兼容性与互操作性问题尤为突出。电力系统中存在大量不同厂商生产的继电保护装置,这些设备在通信协议、数据格式、接口标准等方面可能存在差异,导致设备之间难以实现无缝连接和协同工作。例如,不同厂商的设备可能使用不同的通信协议,导致数据交换和信息共享的困难,从而影响继电保护系统的整体性能。设备的可靠性和稳定性也是一大挑战。数字化继电保护装置依赖于复杂的硬件和软件系统,任何一个环节出现故障都可能导致整个保护系统的失效。特别是在恶劣的电磁环境和极端气候条件下,设备的抗干扰能力和环境适应性显得尤为重要。然而,当前一些数字化保护装置在设计和制造过程中,可能未能充分考虑这些因素,导致设备在实际运行中出现可靠性问题。数字化继电保护装置的复杂性和技术更新的快速性,使得设备的维护和升级变得更加困难和昂贵。传统的继电保护装置维护相对简单,但数字化设备涉及到硬件和软件的双重维护,需要专业技术人员进行操作。同时,设备的升级可能涉及到软件的更新和硬件的更换,如何在不影响系统正常运行的情况下进行平滑升级,是设备层面面临的一个重要挑战。

四、数字技术在电力系统继电保护中的发展趋势

4.1 智能化发展趋势

随着人工智能、大数据、机器学习等前沿技术的快速发展,智能化已成为电力系统继电保护的重要发展趋势。智能

化继电保护装置能够通过先进的算法和模型,自动学习和适应电力系统的运行状态,实现故障的快速诊断、精准定位和智能决策。在智能化趋势下,继电保护装置不仅能够实时监测电力系统的电气参数,还能利用大数据分析技术对海量运行数据进行挖掘和分析,从而提前预测潜在故障风险。例如,通过机器学习算法,保护装置可以自动识别故障模式,优化保护策略,提高保护动作的准确性和可靠性。此外,智能化保护装置还可以与电力系统的其他智能设备(如智能传感器、智能开关等)协同工作,形成一个高度集成的智能保护系统,实现对电力系统的全面监控和自动化管理。智能化发展还体现在保护装置的自适应能力上。在复杂的电网运行环境中,电力系统的运行状态会不断变化,智能化保护装置能够根据实时数据自动调整保护定值和动作逻辑,以适应不同的运行工况。这种自适应能力不仅提高了保护装置的灵活性,还增强了电力系统的整体稳定性。

4.2 网络化发展趋势

网络化继电保护通过现代通信技术和网络技术,将分散的继电保护装置连接成一个有机整体,实现信息的实时共享和协同工作,从而提高电力系统的保护性能和管理效率。在网络化趋势下,继电保护装置通过高速通信网络(如光纤网络、无线通信网络等)实现数据的实时传输和交换。各保护装置之间可以共享故障信息、运行状态和控制命令,形成一个高度协同的保护系统。例如,当电力系统某处发生故障时,故障信息可以通过网络迅速传递到相关保护装置和控制中心,确保各装置能够协调动作,快速切除故障,防止故障扩大。此外,网络化还使得远程监控和维护成为可能。通过网络,运行人员可以在控制中心实时监控各继电保护装置的运行状态,远程诊断故障,并进行参数调整和软件升级,极大地提高了维护效率和响应速度。同时,网络化保护系统还可以与其他智能电网设备(如智能电表、智能开关等)进行数据交互,形成一个综合性的智能电网管理平台。网络化的发展还促进了标准化和互操作性的提升。

五、结语

数字技术的广泛应用为电力系统继电保护带来了前所未有的发展机遇,显著提升了保护装置的性能和系统的可靠性。然而,技术与设备层面的挑战仍需高度重视。未来,随着智能化、网络化和集成化趋势的不断推进,电力系统继电保护将朝着更高效、更可靠、更智能的方向发展。持续的技术创新和实践探索将为电力系统的安全稳定运行提供更坚实的保障。

[参考文献]

- [1]黄玮. 继电保护实用技术在电力系统中的应用与研究[J]. 电工技术, 2024, (S2): 655-656+659.
- [2]胡威, 朱斌. 数字技术在电力系统继电保护中的应用[J]. 电工技术, 2024, (S2): 668-670.
- [3]王若语. 智能技术在电力系统继电保护中的应用[J]. 集成电路应用, 2024, 41 (12): 106-107.
- [4]李薇, 彭红梅, 朱弘毅. 智能技术在电力系统继电保护中的应用[J]. 电子技术, 2024, 53 (11): 188-189.
- [5]王丹阳, 朱秋萍. 继电保护自动化技术在电力系统中的应用研究[J]. 光源与照明, 2024, (05): 141-143.

作者简介: 顾超荣, 男, 上海人, 汉族, 1993年7月, 学士, 工程师, 研究方向: 继电保护, 单位: 国网上海浦东供电公司;

曹易元, 男, 上海人, 汉族, 1993.03, 学士学位, 工程师, 研究方向: 继电保护, 单位: 国网上海市北供电公司。