

电力系统继电保护在智能变电站环境下的适应性 优化策略探讨

张雪宇 王 峰

内蒙古电力集团有限责任公司乌海供电公司 内蒙古 乌海 016000

摘要: 通过探讨了电力系统继电保护在智能变电站环境下的适应性优化策略。随着智能电网技术的不断发展,智能变电站作为其核心组成部分,对继电保护系统的性能提出更高要求。本文分析智能变电站环境下继电保护面临的挑战,包括设备兼容性、通讯传输、数据处理与算法优化以及运维维护等方面,并提出相应的优化策略,旨在提高继电保护系统的准确性和可靠性,保障智能电网的安全稳定运行。

关键词: 智能变电站; 电力系统继电保护; 适应性; 优化策略

引言: 随着电力行业的快速发展和智能电网技术的广泛应用,智能变电站已成为电力系统中的重要组成部分。智能变电站通过集成先进的传感器、通信技术和自动化控制手段,实现了对电力系统的实时监测、控制和保护。在智能变电站环境下,继电保护系统面临着诸多挑战,如设备兼容性、通讯传输性能、数据处理与保护算法的优化以及运维维护等问题。因此研究电力系统继电保护在智能变电站环境下的适应性优化策略具有重要意义。

1 智能变电站与继电保护概述

1.1 智能变电站的概念

智能变电站是采用先进、可靠、集成和环保的智能设备,以全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化为基本要求的新型变电站。其设计理念充分体现了数字化和智能化,自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等基本功能,同时支持电网的实时自动控制、智能调节、在线分析决策和协同互动等高级功能。智能变电站的结构主要包括智能高压设备和变电站统一信息平台,智能高压设备涵盖了智能变压器、智能高压开关设备、电子式互感器等关键组件,而变电站统一信息平台则负责系统横向信息共享和系统纵向信息标准化,确保各层对其上层应用支持的透明化。智能变电站通过光缆方式连接间隔层和过程层,并在过程层下添加合并单元和智能终端,实现了更高效的数据传输和处理。具体来说,智能变电站的三层两网结构包括站控层、间隔层和过程层,以及站控层网络和过程层网络。站控层主要负责全站的监视、控制、告警及信息交互功能,通过两级高速网络汇总全站的实时数据信息,并按登录历史数据库,将有关数据信息送向调度或控制中

心。间隔层设备则主要包括继电保护装置、系统测控装置等二次设备,实现使用一个间隔的数据并作用于该间隔一次设备的功能。过程层设备则服务于间隔层设备,完成状态量和模拟量的输入输出功能,如数据采集和执行间隔层设备发出的控制命令^[1]。智能变电站的网络系统是其自动化的命脉,站控层网络实现间隔层设备和站控层设备之间的数据传输,而过程层网络则负责间隔层与设备层设备之间的数据传输。智能变电站还通过合并单元和智能终端实现数据的同步合并处理和智能操作功能,确保数据的实时性、同步性和均匀性。

1.2 电力系统继电保护的基本原理

电力系统继电保护的基本原理是根据电力系统故障时电气量通常发生较大变化,偏离正常运行范围,利用这些故障电气量变化的特征来构成各种原理的继电保护。这些变化包括电流增大、电压降低、线路始端测量阻抗的减少,以及电压与电流之间相位角的变化等。还有反映非工频电气量的保护,如超高压输电线的行波保护和反映非电气量的电力变压器的瓦斯保护、过热保护等。继电保护装置通过监测电力系统的电气量变化,当检测到故障特征时,迅速发出跳闸信号,切除故障元件,以保护电力系统其他部分的正常运行。

1.3 智能变电站环境下继电保护的新要求

在智能变电站环境下,继电保护面临着新的挑战和要求。智能变电站采用数字化采样和光纤通信技术,要求继电保护装置具备直接采样和直接跳闸的能力,以确保故障的快速切除和系统的稳定运行。智能变电站的网络化结构使得继电保护装置之间的信息交互更加复杂和频繁,要求继电保护装置之间采用GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) 网络传输方式,实现信

息的快速传输和共享。智能变电站的双重化配置原则要求每套保护系统装置功能独立完备、安全可靠,确保在任一元件损坏时不会引起保护误动作跳闸。智能变电站还引入了电子式互感器和合并单元等新型设备,要求继电保护装置具备对这些新型设备的适应性和兼容性。智能变电站的自动化和智能化程度提高,要求继电保护装置具备更高的可靠性和准确性,以满足电力系统的安全稳定运行需求。

2 智能变电站环境下继电保护面临的挑战

2.1 设备兼容性问题

智能变电站的快速发展带来了设备多样性和技术标准复杂性的挑战,这使得继电保护系统面临设备兼容性的挑战。一方面,智能变电站中使用的设备和通信标准多种多样,不同厂家生产的设备之间可能存在性能和通信协议的不兼容性。这种不兼容性可能导致继电保护系统无法正确识别和响应来自其他设备的信号,进而影响其保护功能的实现。另一方面,随着智能电网的发展,新的技术和设备不断涌现,这对继电保护系统的兼容性提出了更高的要求。传统的继电保护系统可能无法直接接入新型智能设备,或者接入后无法充分发挥其保护功能。

2.2 通讯传输问题

智能变电站环境下,继电保护系统需要依赖高效的通讯网络进行数据传输和指令下达。通讯传输过程中可能存在的问题对继电保护系统的性能产生了负面影响。通讯网络的稳定性和可靠性直接影响继电保护系统的响应速度和准确性。如果通讯网络出现故障或延迟,可能导致继电保护系统无法及时获取故障信息或发出正确的保护指令,从而延误故障处理时机,扩大故障影响范围^[2]。智能变电站中通讯网络的复杂性和多样性也增加了继电保护系统通讯传输的难度,不同的通讯协议和设备接口需要进行复杂的配置和调试,以确保数据能够准确、高效地传输。随着智能电网的发展,通讯数据量不断增加,对通讯网络的带宽和处理能力提出了更高的要求。如果通讯网络无法满足这些要求,将可能导致数据传输瓶颈和延迟,影响继电保护系统的性能。

2.3 数据处理与算法优化需求

智能变电站环境下,继电保护系统需要处理大量来自传感器和现场设备的数据,这些数据包括电流、电压、温度、湿度等多种参数。数据的准确性和实时性对于继电保护系统的精度和可靠性至关重要。在实际运行过程中,由于设备故障、数据传输错误等原因,可能导致数据出现偏差或丢失,从而影响继电保护系统的判断和保护效果。随着智能电网的发展,故障类型和故障特

征的复杂性不断增加,这对继电保护系统的算法提出了更高的要求。传统的继电保护算法可能无法准确识别和应对新型故障特征,导致保护效果不理想。

2.4 运维与维护的难题

智能变电站环境下,继电保护系统的运维和维护工作也面临着诸多挑战。首先,智能变电站的设备和技术更新速度较快,这要求运维人员具备较高的专业素养和技能水平。在实际工作中,部分运维人员的技能素养和认知素养不足,难以应对集成化、智能化的设备和技术。这可能导致运维工作质量和效率不高,影响继电保护系统的稳定性和可靠性。智能变电站的运维工作涉及多个部门和多个专业领域的协同配合,如果缺乏有效的沟通和协调机制,可能导致运维工作出现漏洞和重复劳动等问题。智能变电站的设备维护周期较长且维护难度较大,需要投入大量的人力和物力资源。如果维护不当或维护不及时,可能导致设备出现故障或性能下降等问题,进而影响继电保护系统的性能。

3 电力系统继电保护在智能变电站环境下的优化策略

3.1 设备兼容性与通信协议的优化

在智能变电站环境下,电力系统继电保护的首要优化策略在于提升设备兼容性与统一通信协议。智能变电站作为智能电网的重要组成部分,其内部集成了大量来自不同制造商的智能设备,这些设备在硬件接口、软件协议、数据格式等方面存在差异,给继电保护系统的配置与运行带来了挑战。为解决设备兼容性问题,应建立一套完善的智能设备接入标准,明确设备的技术规格、通信协议、数据格式等要求,确保所有接入智能变电站的设备都能与继电保护系统无缝对接。这要求行业组织、科研机构与制造商紧密合作,共同制定和推广这些标准,推动设备标准化进程。中间件作为连接不同设备和系统的桥梁,能够有效解决设备间通信协议不兼容的问题。通过引入中间件技术,可以将不同设备的数据格式转换为继电保护系统能够识别的统一格式,实现数据的无缝传输与处理。中间件还能提供设备状态监测、故障预警等功能,增强继电保护系统的智能化水平。在设备接入智能变电站前,应进行严格的兼容性测试,确保设备在功能、性能、安全性等方面均能满足继电保护系统的要求。测试内容应包括设备通信协议的兼容性、数据处理的准确性、故障响应的及时性等,确保设备在实际运行中能够稳定可靠地工作。

3.2 通讯传输性能的优化

通讯传输性能的优化是提升智能变电站环境下继电保护系统响应速度和可靠性的关键。智能变电站中,继

电保护系统需要实时获取来自各传感器的数据，并快速作出保护决策，这要求通讯网络具备高带宽、低延迟、高可靠性的特点。选用高性能的通讯设备，如高速交换机、光纤收发器等，能够显著提升通讯网络的带宽和传输速度，减少数据传输的延迟。这些设备通常具备更强的抗干扰能力和更高的稳定性，有助于提升通讯网络的可靠性^[3]。合理的网络拓扑结构能够减少数据传输的跳数和路径长度，从而降低传输延迟。在智能变电站中，可以采用环形或网状网络拓扑结构，以提高网络的冗余度和容错能力。通过合理划分网络区域，将关键设备与次要设备分开管理，可以进一步优化网络性能。智能变电站中，通讯数据量巨大，如果不加以管理，可能导致网络拥塞和延迟。应实施网络流量管理策略，如设置数据优先级、限制非关键数据的传输速率等，以确保关键数据的实时传输。

3.3 数据处理与保护算法的优化

数据处理与保护算法的优化是提升智能变电站环境下继电保护系统准确性和鲁棒性的核心。随着智能电网的发展，故障类型和故障特征的复杂性不断增加，这对继电保护系统的数据处理能力和保护算法提出了更高的要求。利用大数据技术对海量数据进行挖掘和分析，可以发现故障数据的潜在规律和特征，为优化保护算法提供数据支持。引入人工智能技术，如机器学习、深度学习等，可以实现对故障数据的智能识别与分类，提高保护算法的准确性和自适应能力。传统的保护算法可能无法准确识别和应对新型故障特征，因此需要对保护算法进行持续优化。这包括提高算法的鲁棒性、自适应性和准确性等方面。通过在线监测与诊断技术，可以实时监测设备的运行状态和故障情况，及时发现并处理潜在故障。这要求继电保护系统具备强大的数据处理能力和智能诊断算法，能够实现对设备状态的实时评估与预警。

3.4 运维与维护管理的优化

运维与维护管理的优化是确保智能变电站环境下继

电保护系统长期稳定运行的重要保障。随着智能变电站规模的扩大和复杂度的增加，运维与维护工作面临着越来越大的挑战。通过构建智能化运维平台，可以实现对智能变电站设备的远程监控、故障诊断、维护计划制定等功能。这不仅可以提高运维工作的效率和质量，还能降低运维成本^[4]。运维人员的专业素养和技能水平直接影响运维工作的质量和效果，应加强对运维人员的培训和管理，提高其专业素养和技能水平。培训内容应包括智能变电站设备的工作原理、操作规范、故障诊断方法等方面；还应建立完善的考核机制，对运维人员的工作表现进行定期评估。预防性维护是降低设备故障率、延长设备使用寿命的有效手段。通过定期对设备进行巡检、测试和维护，可以及时发现并处理潜在故障，避免故障扩大和恶化。应建立完善的预防性维护体系，明确维护周期、维护内容和维护标准等要求。

结束语

电力系统继电保护在智能变电站环境下的适应性优化策略是保障智能电网安全稳定运行的关键。通过实施设备兼容性提升、通讯传输性能优化、数据处理与保护算法创新以及运维维护体系完善等策略，可以有效提升继电保护的准确性和可靠性。未来，随着智能电网技术的不断发展，期待继电保护系统在智能变电站环境下展现出更强的适应性和智能化水平，为电力系统的安全高效运行提供坚实保障。

参考文献

- [1]李旻,石玉琦.智能变电站继电保护运维防误技术分析[J].通讯世界,2019,99(06):133-134.
- [2]黄彦婕.电力系统中智能变电站的继电保护技术[J].电子技术与软件工程,2021,99(18):198-199.
- [3]张凯.电力系统中智能变电站继电保护技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2019(16):6-7.
- [4]樊迎春,张友红.智能变电站继电保护的典型缺陷分析与处理对策[J].科技创新导报,2020,15(34):37+39.