

电气自动化系统继电保护安全技术探讨

吴超 龚 瑾 吴郁森 丁丰祥 华成果
河南省安阳市滑县滑州热电 河南 安阳 456400

摘要: 本文针对电气自动化系统继电保护展开研究,分析其现存保护装置缺陷、环境干扰、人为管理不足及系统兼容性问题,探讨新型继电保护技术应用、抗干扰措施、智能化运维及系统协同优化等安全技术,旨在提升继电保护可靠性与电力系统运行稳定性,为电气自动化系统继电保护的发展提供理论与实践参考。

关键词: 电气自动化系统;继电保护;安全技术

1 电气自动化系统继电保护原理概述

1.1 继电保护基本概念

继电保护是电力系统安全运行的关键技术保障,其核心功能是在电气自动化系统发生故障或出现异常运行状态时,能够迅速、准确地动作,将故障设备从系统中切除或发出告警信号,以避免故障范围扩大,保障电力系统的稳定运行和设备安全。从本质上讲,继电保护是一种基于电气量和非电气量变化,通过逻辑判断和控制,实现自动防护的技术手段。在电力系统的发展历程中,继电保护技术不断演进。早期的继电保护装置主要采用电磁式继电器,通过机械触点的开合来实现保护功能。随着电子技术、计算机技术和通信技术的飞速发展,继电保护逐渐向数字化、智能化方向发展^[1]。现代继电保护装置通常集成了数据采集、信号处理、逻辑判断、通信等多种功能,能够实时监测系统运行状态,快速分析判断故障类型和位置,并根据预设的保护策略进行动作。继电保护装置一般由测量元件、逻辑元件和执行元件三部分组成。测量元件的作用是测量被保护设备或线路的运行参数,并将其与整定值进行比较;逻辑元件根据测量元件输出的信号,进行逻辑判断,确定是否发生故障以及故障的类型;执行元件根据逻辑元件的判断结果,发出跳闸命令或告警信号,实现保护功能。

1.2 继电保护的分类与工作原理

继电保护分类方式丰富,按不同标准可划分多种类型。按保护原理分,包含电流保护、电压保护、功率方向保护等。电流保护依故障线路电流增大动作,如过电流、电流速断保护;电压保护利用故障线路电压降低特性,像低电压、过电压保护;功率方向保护通过判断短路功率方向区分故障线路;距离保护依据故障点到保护安装处的距离,通过测量阻抗判断动作;差动保护比较设备两侧电流实现保护;高频保护借助高频信号实现线路两端快速动作。按保护作用设备,分为线路、变压

器、发电机、母线保护等,分别针对对应设备常见故障实施保护。从动作时限分类,有速断保护和延时保护,速断保护动作迅速,能快速切除近电源端短路故障,延时保护则依故障点距离设置不同时限,确保动作选择性。继电保护的工作原理是基于电力系统故障时电气量(电流、电压、相位角等)和非电气量变化,装置测量这些变化量并与整定值比较,逻辑元件判断后,执行元件根据结果发出跳闸或告警信号。

2 继电保护在电气自动化系统中的作用

继电保护在电气自动化系统中起着至关重要的作用,是保障电力系统安全、稳定、可靠运行的关键防线。首先,继电保护能够快速切除故障设备,限制故障范围的扩大。当电气设备或线路发生短路等故障时,强大的短路电流会产生高温,可能导致设备烧毁、绝缘损坏,甚至引发火灾等严重事故。继电保护装置能够在极短的时间内检测到故障,并迅速动作使断路器跳闸,将故障设备从系统中隔离,从而避免故障蔓延到其他设备和线路,减少设备损坏和停电范围,降低经济损失。其次,继电保护有助于维持电力系统的稳定性,电力系统是一个复杂的动态系统,其稳定运行对于保障供电质量和可靠性至关重要。当系统发生故障时,若不能及时切除故障,可能会引起系统振荡,导致电压崩溃、频率异常等问题,甚至造成系统瓦解。继电保护装置快速、准确的动作,能够迅速恢复系统的正常运行状态,维持系统的功角稳定、电压稳定和频率稳定,确保电力系统的安全稳定运行。另外,继电保护还可以为电力系统的运行和维护提供重要信息。继电保护装置在动作的同时,会记录故障发生的时间、类型、位置等信息。这些信息对于分析故障原因、查找故障点、评估设备运行状况以及制定合理的维护计划具有重要意义。运行人员可以根据继电保护装置提供的信息,及时对设备进行检修和维护,预防类似故障的再次发生,提高电力系统的运行可

靠性和设备的使用寿命。在提高供电可靠性方面, 继电保护同样发挥着不可替代的作用^[2]。通过快速切除故障和准确判断故障类型, 继电保护能够最大限度地减少停电时间, 缩短故障修复时间, 提高电力系统的供电连续性。

3 电气自动化系统继电保护现存问题分析

3.1 保护装置自身缺陷

在电气自动化系统继电保护中, 保护装置自身存在一些缺陷, 影响其正常运行和保护功能的发挥。一方面, 部分继电保护装置的硬件质量参差不齐。一些厂家为了降低成本, 在元器件的选用上采用低质量产品, 导致装置的稳定性和可靠性下降。例如, 继电器的触点容易氧化、磨损, 造成接触不良, 影响保护装置的正常动作; 电子元件的性能不稳定, 可能出现参数漂移、过热损坏等问题, 导致保护装置误动或拒动。另一方面, 软件设计也存在不足。现代继电保护装置大多采用数字化、智能化设计, 软件在保护功能的实现中起着关键作用。然而, 部分保护装置的软件存在漏洞和缺陷, 如逻辑错误、算法不完善等。这些问题可能导致保护装置在某些特殊工况下误判故障, 或者无法正确识别故障类型和位置, 从而影响保护的准确性和可靠性。软件的兼容性和可扩展性较差, 在系统升级或与其他设备进行通信时, 容易出现不兼容的情况, 增加了系统运行和维护的难度。

3.2 运行环境与干扰影响

电气自动化系统的运行环境复杂多变, 各种环境因素和电磁干扰对继电保护装置的正常运行产生了严重影响。在一些恶劣的环境条件下, 如高温、高湿度、强腐蚀等环境中, 继电保护装置的电子元件和金属部件容易受到损坏。高温会加速电子元件的老化, 降低其性能; 高湿度可能导致绝缘材料受潮, 绝缘性能下降, 引发短路故障; 强腐蚀环境会腐蚀金属部件, 影响装置的机械强度和电气连接性能。电磁干扰是影响继电保护装置正常运行的重要因素。在电力系统中, 存在着大量的电磁干扰源, 如高压输电线、变压器、电动机等设备在运行过程中会产生强大的电磁场。这些电磁干扰通过传导、感应等方式进入继电保护装置, 可能导致装置的信号采集不准确、逻辑判断错误, 甚至造成保护装置死机、重启等故障。此外, 通信线路上的电磁干扰还可能影响保护装置之间的信息传输, 导致数据丢失、误码等问题, 影响保护功能的协同配合。

3.3 人为因素与管理不足

人为因素和管理不足也是影响电气自动化系统继电

保护可靠性的重要原因。在继电保护装置的安装、调试和维护过程中, 工作人员的技术水平和责任心起着关键作用。如果工作人员对继电保护原理和装置性能掌握不熟练, 在安装调试过程中可能会出现接线错误、参数设置不当等问题, 导致保护装置无法正常运行。在日常维护工作中, 若工作人员不能及时发现和处理保护装置存在的隐患, 如元件老化、接线松动等, 也会增加保护装置发生故障的风险。继电保护管理体系不完善也是一个突出问题, 部分单位缺乏完善的继电保护管理制度和操作规程, 对保护装置的运行、维护、检验等工作缺乏有效的监督和管理。在人员培训方面, 缺乏系统的培训计划和培训内容, 导致工作人员的技术水平和业务能力不能满足实际工作的需要。同时对继电保护装置的更新换代和技术升级重视不够, 不能及时采用先进的保护技术和设备, 影响了继电保护系统的整体性能和可靠性。

3.4 与自动化系统兼容性问题

随着电气自动化技术的不断发展, 电力系统的自动化程度越来越高, 继电保护系统需要与其他自动化系统进行协同工作。然而, 目前继电保护系统与自动化系统之间存在着兼容性问题^[3]。不同厂家生产的继电保护装置和自动化设备在通信协议、数据格式等方面存在差异, 导致设备之间无法实现无缝对接和信息共享。这种兼容性问题使得继电保护系统在与自动化系统进行数据交互和协同控制时, 容易出现信息传输不畅、数据不一致等问题, 影响了系统的整体运行效率和可靠性。继电保护系统与自动化系统在功能设计和运行逻辑上也存在一定的冲突。自动化系统的升级和改造可能会对继电保护系统产生影响, 由于缺乏有效的兼容性评估和技术措施, 可能会引发新的问题, 增加系统运行的风险。

4 电气自动化系统继电保护安全技术探讨

4.1 新型继电保护技术应用

为了提高电气自动化系统继电保护的性能和可靠性, 应积极推广应用新型继电保护技术。其中, 基于人工智能的继电保护技术是当前的研究热点和发展方向。人工智能技术如神经网络、模糊逻辑、专家系统等, 具有强大的学习和推理能力, 能够对复杂的电力系统故障进行准确诊断和分析。通过对大量的故障数据进行学习和训练, 人工智能继电保护装置可以快速识别故障类型和位置, 提高保护的准确性和动作速度。另外, 分布式电源接入对继电保护提出了新的挑战, 分布式电源继电保护技术应运而生。分布式电源的接入改变了电力系统的拓扑结构和短路电流分布, 传统的继电保护原理和方法不再适用。分布式电源继电保护技术通过采用新的保

护原理和算法,如基于功率方向的保护、自适应电流保护等,能够有效应对分布式电源接入带来的影响,保障电力系统的安全稳定运行。随着物联网技术的发展,物联网继电保护技术也逐渐得到应用。通过在继电保护装置和电力设备上安装传感器,实现设备状态的实时监测和数据的互联互通,为继电保护提供更丰富的信息,提高保护的可靠性和智能化水平。

4.2 抗干扰技术与防护措施

针对运行环境和电磁干扰对继电保护装置的影响,应采取有效的抗干扰技术和防护措施。在硬件设计方面,采用屏蔽、滤波等技术提高继电保护装置的抗干扰能力。对保护装置的外壳进行屏蔽处理,能够有效阻挡外界电磁场的干扰;在信号输入输出端加装滤波器,可以滤除高频干扰信号,保证信号的准确性。同时,选用抗干扰性能好的元器件,提高装置的整体抗干扰能力。在软件设计上,采用抗干扰算法和容错技术。通过对采集到的信号进行数字滤波处理,去除干扰信号的影响;采用容错算法,当装置受到干扰导致数据错误或逻辑混乱时,能够自动进行恢复和修正,保证保护装置的正常运行。合理布置继电保护装置的安装位置,远离强电磁干扰源,减少电磁干扰的影响。对通信线路采用屏蔽电缆,并做好接地处理,提高通信的可靠性和抗干扰能力。

4.3 智能化运维与管理技术

智能化运维与管理技术是提高继电保护系统可靠性和运行效率的重要手段。利用大数据、云计算等技术,对继电保护装置的运行数据进行实时监测和分析。通过建立设备状态评估模型,对保护装置的运行状态进行准确评估,提前发现设备存在的隐患和故障征兆,实现状态检修,减少设备的维护成本和停电时间。同时,引入智能巡检机器人和无人机等设备,对继电保护装置和电力设备进行巡检。智能巡检机器人可以在复杂的环境中自动完成设备的外观检查、温度测量、数据采集等工作,并将数据实时传输到监控中心。无人机则可以对高空输电线路和难以到达的区域进行巡检,提高巡检的效率和准确性。建立智能化的继电保护管理系统,实现对保护装置的全生命周期管理,包括设备选型、安装调

试、运行维护、更新换代等环节,提高管理的科学性和规范性。

4.4 系统协同与兼容性优化

为解决继电保护系统与自动化系统的兼容性问题,需要进行系统协同与兼容性优化。统一通信协议和数据格式是实现系统互联互通的基础。制定行业标准和规范,要求各厂家的继电保护装置和自动化设备遵循统一的通信协议和数据格式,实现设备之间的无缝对接和信息共享^[4]。加强设备之间的兼容性测试,在设备选型和采购过程中,对设备的兼容性进行严格把关,确保新设备能够与现有系统良好兼容。在功能设计和运行逻辑方面,进行协同优化。通过深入分析继电保护系统与自动化系统的功能需求和运行特点,对两者的功能进行整合和优化,避免功能冲突和逻辑矛盾。建立统一的协调控制机制,实现继电保护系统与自动化系统的协同运行。例如,在自动化系统进行控制操作时,提前与继电保护装置进行信息交互,确保保护装置能够适应系统的变化,避免误动或拒动。在自动化系统升级和改造过程中,充分考虑对继电保护系统的影响,进行全面的兼容性评估和技术改造,保障系统的安全稳定运行。

结束语

综上所述,继电保护对电气自动化系统意义重大。当前虽面临诸多挑战,但随着新型技术应用、运维管理优化及系统兼容性提升,继电保护技术将不断革新。未来,需持续深化技术研究,加强跨领域协作,推动继电保护向更智能、可靠、高效方向发展,为电力系统安全稳定运行筑牢坚实防线。

参考文献

- [1]李兴友.影响电气自动化系统继电保护安全性的原因及解决办法[J].科技风,2020(11):203.
- [2]李丽,万红.试论电气自动化系统中继电保护的安全技术[J].电子世界,2020(16):140-141.
- [3]张羽.电气自动化系统中的继电保护技术研究[J].电气开关,2023,61(4):45-47,50.
- [4]凌峰.继电保护自动化系统的安全技术应用[J].电子技术,2023,52(9):180-181.