

基于电力系统自动化的继电保护

闫建文

越南国际可再生能源投资公司 越南 河内 999100

摘要: 本文深入探讨基于电力系统自动化的继电保护。阐述电力系统自动化与继电保护的基础理论,分析其相辅相成的关系。指出当前继电保护面临灵敏度不足、误动率高的技术挑战。介绍智能化装置、自动化通信及监测诊断技术在继电保护中的应用。提出引入人工智能算法、优化保护装置设计等解决方案,旨在提升继电保护性能,保障电力系统安全稳定运行。

关键词: 电力系统自动化; 继电保护; 信息技术

1 电力系统自动化与继电保护基础理论

1.1 电力系统自动化概述

电力系统自动化是指应用自动控制技术、通信技术、计算机技术等现代科技手段,对电力系统的发电、输电、变电、配电和用电等各个环节进行监测、控制和管理,以确保电力系统安全、稳定、经济运行的综合性技术。其发展历程从早期简单的继电器控制逐步演进到如今高度智能化、数字化的管控体系。在发电环节,自动化系统可实现对发电机组的自动启停、功率调节以及运行状态监测。通过精准控制,使发电机维持在最优工况,提升发电效率,降低能耗。在输电和变电环节,借助自动化技术,能够实时监测电网的运行参数,如电压、电流、功率等,依据这些数据自动调整变压器分接头位置、投切无功补偿设备,保障电能质量,降低线损。配电环节的自动化则侧重于故障的快速定位、隔离以及非故障区域的恢复供电,极大提高了供电可靠性。用电环节,自动化系统可实现对用户用电信息的采集、分析,开展需求侧管理,引导用户合理用电。

1.2 继电保护的基本原理与功能

继电保护的核心原理是基于电力系统故障时电气量(如电流、电压、功率等)会发生显著变化这一特性。当电力系统中出现短路、过载等故障时,故障元件的电流会急剧增大,电压大幅下降,功率方向也会发生改变。继电保护装置通过检测这些电气量的变化,与预先设定的整定值进行比较,若超过整定值,则判定系统发生故障,迅速发出跳闸指令,切除故障元件,以保护电力系统其他部分免受损害^[1]。从功能上看,继电保护首要功能是快速切除故障,快速动作能够减少故障对设备的损坏程度,防止故障范围进一步扩大,避免大面积停电事故的发生。例如在高压输电线路发生短路故障时,继电保护需在几十毫秒内完成故障检测与跳闸动作。其

次,继电保护具有选择性,即仅切除故障元件,而尽量使非故障区域保持正常供电。这要求保护装置能够精准判断故障位置,避免误动作导致不必要的停电。再者,继电保护具备灵敏性,对各种故障类型和故障位置都能可靠动作,哪怕是一些轻微故障,也能及时察觉。此外,可靠性也是继电保护的重要特性,在正常运行时不会误动,在故障发生时能够准确动作,确保电力系统安全运行。按照保护原理划分,继电保护可分为电流保护(如过电流保护、电流速断保护)、电压保护(如低电压保护)、距离保护、差动保护等。不同类型的保护适用于不同的电力系统元件和运行场景,它们相互配合,构成了完整的继电保护体系。

1.3 电力系统自动化与继电保护的关系

电力系统自动化与继电保护紧密相连,相辅相成。继电保护为电力系统自动化提供了安全保障。在电力系统自动化运行过程中,难免会出现各种故障,如设备老化引发的短路故障、恶劣天气导致的线路故障等。此时,继电保护装置迅速动作,切除故障元件,防止故障扩大,为自动化系统的持续稳定运行创造条件。例如,当自动化监控的变电站内某台变压器发生短路故障时,继电保护立即跳闸,隔离故障变压器,避免故障影响到整个变电站的自动化运行,保证其他设备和线路仍能在自动化系统管控下正常工作。反过来,电力系统自动化为继电保护提供了更广阔的发展空间和更强大的技术支撑。自动化系统中的通信技术能够实现继电保护装置之间以及继电保护与其他自动化设备间的快速信息交互,使保护装置能获取更全面的系统运行信息,从而更准确地判断故障,提高保护性能。例如,通过自动化通信网络,继电保护装置可以实时共享不同变电站的运行数据,实现广域保护,扩大保护范围,提升保护的可靠性和快速性。计算机技术的应用使得继电保护装置的智能

化程度不断提高,能够实现复杂的保护算法,具备自适应能力,可根据电力系统运行方式的变化自动调整保护定值,优化保护性能。自动化系统对电力系统的实时监测功能也有助于及时发现继电保护装置自身的异常,便于维护和检修,保障继电保护装置始终处于良好的运行状态。

2 基于电力系统自动化的继电保护技术挑战

2.1 灵敏度不足

在电力系统自动化程度不断提升的背景下,继电保护灵敏度面临诸多挑战。随着分布式电源大量接入电网,电力系统的潮流分布变得更为复杂多变。分布式电源的出力受自然条件(如光照、风速)等影响,具有间歇性和不确定性,这使得故障时短路电流的大小和方向难以准确预测^[2]。传统继电保护装置按固定运行方式整定的灵敏度,在这种复杂潮流下可能无法有效识别微弱故障信号,导致对一些轻微故障无法及时响应,延误故障处理,增加故障对电力系统设备的损害风险。电力系统中广泛应用的电力电子设备,其产生的谐波会严重污染电网。谐波的存在改变了电流、电压的波形,使故障时电气量的特征发生畸变。继电保护装置依据正常电气量特征设定的灵敏度阈值,在谐波干扰下,可能无法准确区分故障信号与谐波干扰,导致对真实故障信号的灵敏度降低,无法及时可靠地动作,影响电力系统的安全稳定运行。而且,当电网规模不断扩大,远距离输电线路增多,线路分布电容电流也随之增大。这部分电容电流会对故障电流产生分流作用,使得流入继电保护装置的故障电流减小,降低了保护装置对故障的检测灵敏度,尤其在小电流接地系统中,电容电流的影响更为显著,可能导致故障线路的选线不准确,影响继电保护的整体性能。

2.2 误动率高

电力系统自动化带来了通信网络的广泛应用,然而通信干扰成为导致继电保护误动的重要因素。在自动化系统中,继电保护装置通过通信网络获取系统运行信息和进行保护协作。但现场的电磁环境复杂,通信线路容易受到电磁干扰,如附近高压设备产生的强电磁场、雷电冲击等,可能导致通信数据传输错误或丢失。继电保护装置若接收到错误的信息,就可能误判系统运行状态,发出错误的跳闸指令,引发不必要的停电事故。电力系统运行方式的频繁切换也增加了继电保护误动风险,为适应不同的用电需求和电网设备检修等情况,电力系统运行方式需经常调整。在运行方式切换过程中,系统参数发生变化,继电保护装置的整定值可能无法及

时适应新的运行方式。若整定值与实际运行情况不匹配,当系统出现正常波动或干扰时,保护装置就可能误动作。而且,不同厂家生产的继电保护装置在功能实现、通信协议等方面存在差异,在电力系统自动化集成过程中,可能出现装置间的兼容性问题。这种兼容性问题可能导致信息交互异常,引发保护装置误动,影响电力系统的安全可靠运行。

3 基于电力系统自动化的继电保护技术应用

3.1 智能化继电保护装置的应用

智能化继电保护装置是电力系统自动化背景下的关键应用成果。这类装置借助先进的微处理器技术,具备强大的数据处理与运算能力。相较于传统继电保护装置,它能在极短时间内对大量电气量数据进行分析与处理,快速精准地识别电力系统故障。智能化继电保护装置具有自适应能力,它能够实时监测电力系统的运行状态,根据系统运行方式的变化自动调整保护定值。当电力系统中分布式电源接入数量发生改变,或者输电线路进行检修导致运行方式变化时,装置可通过采集的实时数据,运用智能算法重新计算并优化保护定值,确保在不同运行工况下都能提供可靠的保护,避免因定值不匹配而导致的误动或拒动情况^[3]。智能化继电保护装置还集成了自我诊断功能,可对自身硬件和软件运行状态进行实时监测。一旦检测到装置内部出现故障或异常,如芯片过热、通信模块故障等,能迅速发出警报,并采取相应措施,如切换至备用模块,维持保护功能的正常运行,提高了装置的可靠性与稳定性。

3.2 自动化通信技术在继电保护中的应用

在现代电力系统中,不同区域的继电保护装置需要实时共享信息,以实现协同保护。高速可靠的通信网络,如光纤通信网络,能够快速传输大量的电气量数据、保护动作信号等信息。例如,在广域继电保护系统中,通过自动化通信技术,不同变电站的继电保护装置可以实时交换各自监测到的电力系统运行数据。当某一区域发生故障时,周边变电站的保护装置能迅速获取故障信息,综合判断故障影响范围,实现跨区域的协同保护动作,有效扩大继电保护的覆盖范围,提升了电力系统整体的故障应对能力。自动化通信技术支持继电保护装置的远程监控与调试,运维人员可以通过通信网络,在远程控制中心对现场的继电保护装置进行参数查询、修改以及功能测试等操作。通信技术的发展使得继电保护装置能够与电力系统自动化中的其他智能设备,如智能电表、变电站自动化系统等实现无缝对接,促进了电力系统信息的全面共享与深度融合,为构建智能化、高效化

的电力系统提供了有力保障。

3.3 自动化监测与诊断技术在继电保护中的应用

自动化监测与诊断技术为继电保护的可靠运行提供了坚实保障。通过在电力系统设备和线路上安装各类传感器,能够实时采集电流、电压、温度、振动等多种运行参数。这些丰富的数据为继电保护装置提供全面的设备运行状态信息。当监测到电流或电压出现异常波动,且波动趋势符合设备老化或故障前期特征时,自动化监测系统可提前发出预警,提示运维人员进行设备检修,避免故障发生,提高电力系统的可靠性。自动化诊断技术运用大数据分析、人工智能算法等手段,对采集到的大量数据进行深度挖掘与分析。它能够快速准确地判断继电保护装置自身是否存在故障,以及故障的类型和位置。一旦诊断出故障,系统可立即采取措施,如启动备用装置、通知运维人员进行维修等,有效降低了继电保护装置的故障率,保障了其在电力系统中的正常运行,进而提升了整个电力系统的安全稳定运行水平。

4 电力系统自动化的继电保护的解决方案

4.1 引入先进的人工智能算法

在电力系统自动化的继电保护领域,引入先进的人工智能算法可有效提升保护性能。机器学习算法中的深度学习技术,如卷积神经网络(CNN)和循环神经网络(RNN),能对海量的电力系统运行数据进行深度分析。这些算法可自动学习正常运行状态与不同故障状态下电气量数据的特征模式。在实际应用中,当电力系统发生故障,电气量数据输入基于深度学习的继电保护模型时,模型可快速判断故障类型、位置及严重程度,从而迅速发出准确的保护动作指令,有效提升保护的快速性与可靠性。人工智能中的专家系统也极具应用价值,专家系统集合了电力领域众多专家的知识和经验,以规则库的形式存储。当电力系统出现异常时,专家系统可依据预设规则对采集到的运行数据进行推理分析。例如,面对系统中出现的间歇性故障或复杂干扰情况,专家系统能够综合考虑多种因素,如故障发生的时间顺序、电气量变化的关联性等,做出准确判断,避免因干扰导致的误动作。同时专家系统还可根据实际运行情况不断更新和完

善规则库,提升自身应对复杂工况的能力,为电力系统继电保护提供智能化、精准化的决策支持。

4.2 优化保护装置设计

优化保护装置设计是提升继电保护性能的重要举措。在硬件设计方面,采用高性能的微处理器和集成电路,可显著提高保护装置的数据处理速度和运算精度。新型微处理器具备更高的时钟频率和更强大的运算内核,能够在短时间内对大量电气量数据进行复杂运算,满足继电保护快速动作的需求。选用抗干扰能力强的电子元件,可增强保护装置在复杂电磁环境下的稳定性^[4]。在软件设计上,开发具有自适应功能的软件算法是关键。保护装置软件应能够实时监测电力系统运行状态,根据系统运行方式的变化自动调整保护策略和定值。当电力系统中分布式电源接入容量或负荷分布发生改变时,软件可通过在线计算,快速优化保护定值,确保在不同工况下都能提供可靠的保护。另外,加强软件的自检和容错设计,使保护装置在软件出现异常时能够及时发现并采取相应措施,如自动重启相关程序模块或切换至备用软件流程,保障保护功能的持续运行,从而全面提升继电保护装置在电力系统自动化环境下的整体性能。

结束语

综上所述,电力系统自动化与继电保护紧密关联。面对技术挑战,通过应用先进技术与合理解决方案,能有效提升继电保护效能。二者协同发展,对增强电力系统可靠性、安全性意义重大,将有力推动电力行业朝着智能化、高效化方向迈进,为社会经济发展提供坚实电力保障。

参考文献

- [1]孙杰.电力系统继电保护及其自动化装置可靠性研究[J].科技资讯,2022,20(21):39-42.
- [2]杨波.继电保护自动化技术在电力系统中的有效应用[J].光源与照明,2022,(10):204-206.
- [3]卫伟,范军太,焦岚轶,等.继电保护远程运维管控技术研究与应用[J].煤炭技术,2021,40(6):197-201.
- [4]常俊晓,应宇鹏,廖小兵,等.基于图像处理的继电保护装置定值自动核对方法[J].电测与仪表,2021,58(11):67-73.