

基于物联网的智能断路器状态监测及预警功能分析

谭锦雄

广东大光明集团有限公司广州分公司 广东 广州 510000

【摘要】：随着电力系统向着智能化、数字化的方向发展，传统的断路器被动保护方式已经不能满足现代配电网安全运行的要求了。物联网技术的应用使智能断路器可以对运行状态进行实时监测，并且可以对出现的故障进行提前预警，从而提高电力系统的供电可靠性，减少电气安全风险。本文以物联网技术架构为基础，对智能断路器状态监测系统构成的主要模块进行分析，研究预警功能的实现原理和关键技术，结合实际应用环境验证系统有效性，最后总结出存在的问题以及改进的方向，为智能断路器的工程应用和技术创新提供一定的参考。

【关键词】：物联网；智能断路器；状态监测；故障预警；电力安全

DOI:10.12417/2811-0528.26.15.022

伴随着物联网、传感器、大数据等技术的迅速发展，智能断路器逐渐取代了传统的设备，由原来的被动保护变成了现在的主动监测、提前预警。基于物联网的智能断路器，利用各种传感器对运行数据进行采集，采用无线通信技术将数据传输到远程，并对数据进行分析，可以及时发现设备运行中的异常情况，发出预警，给设备运维提供科学的依据，从而有效地降低故障发生的概率，保证电力系统的安全稳定运行。本文对基于物联网的智能断路器状态监测和预警功能进行了详细的分析，并且结合技术应用的实际来提出相应的建议。

1 基于物联网的智能断路器状态监测系统构成

(1) 感知层：感知层是状态监测的基础，主要作用是对断路器运行过程中各种重要的参数进行采集，给后续的分析 and 预警提供数据支持。感知层主要是由各种传感器和数据采集模块组成的，根据断路器运行特性，主要采集的参数有电气参数、机械参数和环境参数。电气参数采集主要是用电流互感器、电压传感器、功率传感器等设备，实时采集断路器三相电流、三相电压、有功功率、无功功率、功率因数等参数，准确地发现电路过载、短路、漏电等电气异常现象。数据采集模块把各种传感器所得到的模拟信号转化为数字信号，并加以初步滤波和降噪处理，保证数据的准确性以及完整性，从而为传输层的数据传输做好了充分的准备。感知层用模块化设计，根据实际需要可以自由添加或者删除不同的传感器种类，从而满足不同的应用场景下监测的需求。

(2) 传输层：传输层是感知层和应用层之间的纽带，它的主要作用就是把感知层采集到的运行数据快速、稳定地传送到应用层，从而达到数据远程交互的目的。根据电力系统运行环境和传输要求来选择传输层的通信方式，使用无线通信技术进行传输，保证传输效率、传输稳定性、成本可控性，常用的是 LoRa、4G/5G、WiFi 等。LoRa 技术具有低功耗、远距离、

抗干扰能力强等特点，适合于户外高压断路器、偏远地区配电设备等场合，可以实现大范围、低功耗的数据传输，降低设备的能耗和运维成本。4G、5G 技术速度快、实时性高、覆盖面广，适合于需要实时数据传输、远程控制的场合，目前是主流的技术。WiFi 技术适合于室内配电房、近距离设备监测的环境，安装简便、成本低，可以快速搭建起小范围的监测系统。

传输层设置数据加密模块，使用加密算法对传输的数据进行加密处理，防止数据被篡改、窃取，保证数据传输的安全性，满足电力系统安全运行的要求。传输层具有数据缓存的功能，在网络中断的时候可以暂时保存采集到的数据，等到网络恢复之后再上传，防止数据丢失。

(3) 应用层：应用层是状态监测和预警功能的主要承载者，主要是对采集到的数据进行处理、分析、预警提示以及运维管理等，给用户提出现实可行的决策支持。应用层主要是数据处理模块、状态分析模块、预警模块和运维管理模块。数据处理模块对接收到的传输层上传的原始数据做进一步的处理，即数据清洗、数据融合、数据标准化等操作，剔除异常数据、冗余数据，整合多维度监测数据，得到标准化的数据集，给状态分析和预警提供可靠的支撑。状态分析模块通过数据分析，使用智能算法预测断路器的运行特点、故障规律等，再对设备运行状况做出判断并找出潜在故障隐患。预警模块依据状态分析的结果，就各种类型的异常状况发出相应的预警提示，采用声音、灯光、短信、APP 推送等手段来通知运维人员，保证预警信息能够及时传达出去。运维管理模块完成设备信息管理、历史数据查询、故障记录统计、运维计划制定等任务，有利于运维人员对设备运行情况有全面的认识，并且可以有针对性地进行运维工作，从而提高运维效率。

2 基于物联网的智能断路器预警功能实现

2.1 预警功能核心原理

智能断路器的预警功能实质上就是对设备运行参数进行实时监测和分析,发现故障发生前的异常特征,利用预设的阈值标准和算法模型来判定故障类型、严重程度和发展趋势,发出相应的预警信号。核心逻辑就是数据采集、特征提取、异常识别、预警触发,全流程自动化、智能化,无需人工干预。故障发生之前,断路器的运行参数会存在明显的异常,比如过载故障发生前,电流参数一直高于额定值,触头磨损故障发生前,接触电阻增大,温度异常上升,机械卡滞故障发生前,分合闸速度明显变慢。预警功能依靠对异常特点的发现,借助历史故障数据以及算法模型,提早预知故障来临,给运维人员留出充裕的时间去应对故障,防止故障蔓延。

2.2 关键预警技术

(1) 智能算法应用:智能算法给预警功能的实现提供支持,对监测数据进行分析处理,找到异常特征,提高预警的准确性。根据智能断路器运行特点常用的智能算法有阈值分析法、机器学习算法等。阈值分析法是最基本的、最常用的一种预警算法,它会预先设定出各种运行参数的安全阈值,然后对监测到的数据进行判断,如果监测到的数据超过了或者低于预设的安全阈值,就会发出预警信号。该算法简单易懂、部署方便,可以对各种简单的故障进行预警,比如过载、短路、过温等。

(2) 分级预警策略:为了使预警具有针对性、实用性,智能断路器采取分级预警的办法,把故障的严重程度和紧急程度划分成一级预警、二级预警、三级预警这三个等级,各个等级所对应的处理方法以及响应时限也不一样。一级预警属于轻微异常,故障隐患不大,不会立刻对设备造成影响,比如环境湿度偏高、电流微小波动等。此时发出普通报警提示,提醒运维人员注意设备状态,定期对参数变化进行检测,不需要立即到现场处理。二级预警属于中度异常,故障隐患会直接影响到设备的运行,比如触头温度稍有上升,分合闸速度略微变慢等。此时发出紧急预警提示,运维人员在规定时间内到达现场进行隐患排查。三级预警为严重异常,故障隐患接近临界点,随时会造成设备故障,严重过载、短路前兆、绝缘性能急剧下降等都属于三级预警范畴。此时发出紧急报警,联动断路器保护功能,做好故障切除的准备,通知运维人员及时到现场处理,防

止故障扩大。



图1 分级预警

2.3 预警功能实现流程

智能断路器预警功能的实现过程包含四个部分,第一部分是数据采集,感知层的各种传感器不断收集断路器的电气参数、机械参数、环境参数等,经过数据采集模块处理之后,再传送到传输层;第二部分是数据传输,传输层利用无线通信技术,把处理过的监测数据快速地传送到应用层;第三部分是数据处理与分析,应用层的数据处理模块对传来的数据进行清洗、融合,状态分析模块利用智能算法对数据进行分析,找出异常之处并判定故障类型和严重程度;第四部分是预警触发与反馈,预警模块按照分析的结果发出相应的预警信号,用多种方式告知运维人员,运维人员依照预警信息展开运维工作,处理完毕后,把处理结果回馈给应用层,更新设备状态信息,达成闭环管理。



图2 预警功能

3 结论

以物联网为基础的智能断路器,依靠感知层、传输层、应用层三者之间的配合,可以对断路器的运行状况实施实时监控并发出故障预兆警报,突破了传统断路器只能被动应对保护的束缚,显著加强了电力系统供电可靠度,削减了电气安全风险和运维开支。本文从智能断路器状态监测系统构成出发,对预警功能实现原理、关键技术及流程进行分析,并结合实际应用验证系统有效性的基础上提出了存在的问题及改进方向。

参考文献:

- [1] 谢居豪,李靖,淦云建,等.基于STM32的光伏小型低压智能断路器智能控制器设计研究[J].电器与能效管理技术,2026,(03):60-68.
- [2] 盛慧,蔡韧,李佳文.低压智能断路器检测与维护方法的探讨[J].电气技术与经济,2024,(04):144-147.
- [3] 吴限.低压断路器自动化状态监测系统设计与应用[J].机械研究与应用,2023,36(06):166-168+176.