

Exploring Key Application Aspects of 10kV Switchgear Intelligent Monitoring Devices

Erjun Lou Minghui Jia Qilin Lu Jingfa Wang Feipeng Wei

State Grid Henan Electric Power Company Ruyang County Power Supply Company, Luoyang, Henan, 471200, China

Abstract

During the intelligent transformation of power grid construction, 10kV switchgear serves as critical equipment in transmission and distribution networks, with its operational status directly impacting the safe and efficient functioning of power systems. The intelligent monitoring device for 10kV switchgear integrates multiple modules to achieve real-time condition monitoring, data processing, and precise early warning capabilities, effectively addressing all limitations of traditional monitoring methods. Based on the core components and practical application scenarios of 10kV switchgear intelligent monitoring systems, this study analyzes key implementation strategies and improvement measures to provide guidance for enhancing maintenance standards and ensuring grid safety operations.

Keywords

10kV switchgear; intelligent monitoring device; application key points; operational safety; data transmission

10kV 开关柜智能监测装置应用要点探究

娄二军 贾明辉 卢麒麟 王景法 魏飞鹏

国网河南省电力公司汝阳县供电公司, 中国·河南 洛阳 471200

摘要

电网建设智能化转型进程中, 10kV 开关柜作为输配电网络中的关键装备, 其运行状况与电网系统安全高效运转存在着直接联系。10kV 开关柜智能监测装置, 通过多个模块互相配合, 完成设备运行状况的实时感知、数据处理以及准确预警, 能够弥补传统监测方式的全部应用缺陷。基于此, 本文根据10kV 开关柜智能监测装置的主要构成和实际使用场景, 对其应用要点以及改进措施进行分析, 以期为提高10kV 开关柜运维水平、保证电网安全运行提供指引。

关键词

10kV 开关柜; 智能监测装置; 应用要点; 运行安全; 数据传输

1 引言

现阶段, 在国家电网的建设过程中, 最为常见的配电工程即为 10kV 输电网络的构建。在输电网中, 重要的组成部分即开关柜。作为 110kV 及以上电压等级变电站装用量最大的开关类设备, 10kV 开关柜担负着电能分配、设备保护和故障隔离的重要任务, 其运行状况直接关系到主变以及整个变电站的安全稳定。伴随着电网智能化、数字化的发展, 开关柜运行监测的实时性、准确性、智能化水平也提出了更高的要求。智能监测装置的使用, 通过多参数融合监测和智能化分析, 可以提早预见并处理开关柜运行隐患, 对于提高电网运维效率、削减安全风险具有十分重要的现实意义。

【作者简介】娄二军(1987-), 男, 中国河南通许人, 硕士, 高级工程师, 从事电力工程研究。

2 10kV 开关柜智能监测装置概述

2.1 装置核心构成

装置采用模块化设计, 各个模块互相配合, 形成完整的监测系统, 主要包含六个模块。环境参数采集模块利用高精度传感器实时获取开关柜内部温度、湿度等环境参数, 将模拟信号转化为可以处理的电信号; 热成像采集模块利用热成像摄像头对设备进行温度监测, 准确找到高温隐患点; 电气数据采集模块用高精度传感器采集电压、电流、有功/无功功率等电气参数, 为设备运行分析提供基本的数据支持; 数据处理模块将各种采集的数据进行整合, 经过滤波、特征提取等预处理, 得到分析结果并保存; 数据传输模块支持 4G/5G、LoRa、光纤等通信方式, 可以实现数据的实时上传; 预警和可视化模块设置阈值预警机制, 用图表、报表等形式实现数据可视化展示, 及时推送预警信息。

2.2 装置核心功能

10kV 开关柜智能监测装置的功能是以监测、分析、预

警、展示为流程的全方位、智能化设备。主要功能有三个,即多参数实时监测、智能化数据分析、多元化预警和展示^[1]。其具有以下功能特点,即可以对环境、电气、温度等各方面的数据进行同步采集,可以全面掌握设备运行情况;能够对采集到的数据进行深入分析,准确地发现设备运行中的异常情况,提前做好隐患的预测工作;可以采用分级预警的方式,通过各种渠道将预警信息传达出去,并且利用可视化的方式,使运维人员清楚地看到数据的变化趋势,从而为运维决策提供支持。另外装置装有蓄电池和无线充电模块,可以保证长时间的稳定工作,使使用更加方便。

3 10kV 开关柜智能监测装置应用要点

3.1 环境参数采集模块

环境参数的稳定是保证开关柜正常工作的基础,潮湿、高温等环境因素容易造成设备绝缘下降、部件老化,从而引起设备故障,所以环境参数采集模块的规范使用十分重要。对于 10kV 开关柜智能监测装置而言,其在应用阶段应先考虑传感器安装位置,根据开关柜全封闭结构、电缆沟潮气容易积聚、通风效果差等特点,将传感器安装在柜内潮气容易积聚的地方以及核心电气部件附近,保证采集到的数据具有代表性、准确性。同时需要使用高精度的传感器,测量误差要控制在一定的范围内,不能因为传感器精度不够而造成数据失真,从而影响隐患的判断^[2]。基于实际情况分析,采集频率的确定要联系开关柜的运行状况,正常运行时可以采用常规采集频率,对于高负荷运行、阴雨潮湿天气等特殊工况,应加大采集频率来保证环境参数的变化被及时发现。数据转换环节应重视信号的稳定性,保证处理器把温度、湿度这些模拟信号正确地转变成二进制电信号,为后续的数据处理提供可靠的基础。另外需要定期对传感器进行校准和保养,清除传感器表面的灰尘、潮气,检查线路连接情况,防止由于传感器故障造成监测中断,保证模块一直正常工作,及时发现凝露、高温等环境隐患。

3.2 热成像采集模块

热成像采集模块是发现开关柜设备发热隐患的关键部分,其应用稳定性将直接影响到设备短路、烧毁等严重事故的防控效果,该装置应用期间应重视监测范围和精度控制。安装阶段相关技术人员应按照开关柜内部结构和电气部件分布情况,合理布置热成像摄像头,保证摄像头可以覆盖所有的核心电气部件,没有监测盲区,重点覆盖母线接头、断路器、电缆终端等容易发热的部位,这些部位是设备故障的高发区^[3]。此外,摄像头参数设置要结合开关柜运行特点,调节焦距和成像分辨率,保证能清楚地看到设备温度分布图,准确找到高温区。温度阈值的确定要依据设备额定工作温度 and 实际运维经验,对不同的电气部件设置不同的阈值,不能因为阈值过高而造成隐患漏判,也不能因为阈值过低而误报警。在实际运用 10kV 开关柜智能监测装置期间,技术

人员应定时查看热成像图像,对比各个时段的温度分布情况,找出温度变化的趋势,迅速察觉由于设备老化的状况或者接触不良造成的温度异常,并定时清洗摄像头,调节摄像头的视角,保证成像质量不受影响。

3.3 电气数据采集模块

电气参数是反映开关柜运行状态的主要参数,电压、电流、有功功率、无功功率等参数的异常变化,一般都会预示着设备存在故障隐患,所以电气数据采集模块的应用要重视数据的实时性、准确性。模块安装前技术人员应对开关柜的电气参数规格进行全方位的检查,根据设备额定电压、电流等参数来选择合适的高精度传感器,保证传感器可以准确地捕捉到电气参数细微的变化,为故障分析提供可靠的数据支持。需要注意的是,数据采集时应保证采集接口同开关柜电气回路的可靠连接,使用屏蔽线缆来降低电磁干扰,防止由于接触不良造成数据丢失或者失真^[4]。另外,采集频率也要符合实时监测的要求,采样频率不小于 10kHz,保证可以及时地对电气参数的变化做出反应,在设备启动、负荷调整等重要时刻,需要把采集频率提高到 20kHz 以上,从而完整地记录下参数的变化过程。数据采集完毕后,技术人员应立即将数据传送到数据处理模块,并做好数据备份工作,采用循环存储方式,保证数据可以追溯,防止数据丢失造成故障追溯和分析的困难。在此基础上,还应定期对采集模块进行巡检,检查传感器的性能和线路连接情况,及时处理模块故障,保证电气参数采集工作的正常进行。

3.4 数据传输与处理模块

数据传输、处理作为智能监测装置发挥使用价值的重要环节,数据传输稳定性、数据处理效率影响预警是否及时可靠。数据传输模块的应用应根据变电站实际环境来选择合适的通信方式,变电站内部布线方便的位置可以采用光纤通信,传输速率不小于 100Mbps,偏远地区或者布线困难的改造项目可以采用 4G/5G、LoRa 等无线通信方式,LoRa 通信距离不小于 1km,保证数据能及时、稳定地上传到数据预警平台,通信延迟不超过 500ms。在使用边缘计算技术期间,相关技术人员应注意数据预处理流程的改进,使用小波变换去噪算法去掉无效数据和干扰数据,减少数据传输量,提高数据传输速度^[5]。数据处理模块的处理器使用工业级的 ARM Cortex-A9 芯片,存储器不小于 8GB,可以快速处理大量的采集数据,并且可以长时间保存数据(至少 1 年),为之后的数据追溯和分析提供支持。另外,装置应用期间,还应定时对数据传输链路展开检测,找出通信故障并加以排除,保证数据传递畅通无阻;并且对数据处理模块加以保养,清除存储的垃圾信息,改良处理算法,加快数据的处理速度和精确度,从而保证各种数据能及时被分析并作出反馈,符合 DL/T 860 标准对于数据处理的要求。

3.5 预警与可视化模块

预警和可视化模块属于隐患防控及运维决策的主要表

现形式,其应用过程中务必重视预警的及时性以及可视化的直观性,保证运维人员可以迅速了解设备的运行状况并及时处理隐患。预警阈值的设定,应联系开关柜运行标准和实际运维经验,对温度、湿度、电气参数等主要指标制定分级预警阈值,明晰一般预警、严重预警的判定准则,而且还要确定预警推送方式,保证预警信息可以及时传达给有关运维人员的手机、电脑等终端设备。对于可视化组件应用情况而言,应重视数据展现的直观性以及实用性,利用图表、表格、报表等手段来表现设备运行参数、温度散布、预警信息等内容,有利于运维人员及时察觉重要信息,把握设备运作走向。数据报表方面应具备规律性,按照运维需求可以产生每日、每周、每月的报表,对设备的运行状况及隐患处理情况进行全方位地反映。应用时要定期对预警阈值进行校准,根据设备运行状况改变和运维经验,及时调整阈值参数,防止出现误预警或者漏预警的情况发生,并且改进可视化展示界面,简化操作流程,提高运维人员的使用便利程度,保证预警信息可以得到及时的处理,隐患也可以被迅速消除。

4 10kV 开关柜智能监测装置应用优化措施

4.1 优化模块性能,提升监测精准度

监测精准度是智能监测装置的主要价值,模块性能稳定与否直接影响到监测数据的可靠性。目前部分应用场景下存在传感器采集精度低、模块运行易受环境影响等状况,严重制约了监测效果的发挥,因此模块性能优化要着重突破硬件瓶颈、加强全周期维护。硬件上采用高精度抗干扰传感器和高速处理器来提高数据采集和处理的速度,在无线充电、蓄电池等方面进行改进,保证在复杂的工况下设备的稳定工作。维护上建立差异化的定期校准制度,每季度校准核心传感器,每年检修数据模块,更换老化的部件消除隐患,根据变电站的环境调节模块的位置,减少干扰,提高监测的准确性。

4.2 优化数据传输,保障数据稳定性

数据传输是监测数据由采集端传到运维端的桥梁,数据传输的稳定、及时、安全直接影响到监测预警工作的效果,也是目前运维工作中的重点问题。根据变电站布局分散、部分区域布线困难、无线信号容易受到干扰等实际情况,优化传输方案要遵循“因地制宜、双重保障”原则,打破单一传输方式的局限。对变电站的核心区域使用光纤通信方式,发挥其传输速度快、抗干扰能力强、数据损耗小的优势,保证核心监测数据的快速传输;对于偏远地区或者布线困难的地方,使用 LoRa 无线通信技术来弥补有线布线的不足,使监

测区域得到全面覆盖。另外,改善通信协议减少数据丢失和延时,每月做一次链路检查,观察线路老化、信号干扰等状况,及时找出并解决。同时对数据加密算法进行优化,在数据采集、传输、存储的全过程对数据进行加密,防止泄露和篡改,为运维决策提供支持。

4.3 优化运维管理,提升应用实效性

相比硬件升级和传输优化而言,运维管理的规范程度直接影响智能监测装置的应用价值,即使设备性能好、传输稳定,如果没有实施科学的运维管理,同样无法达到监测预警的目的。目前运维工作存在着流程不规范、责任不明、人员专业能力参差不齐等状况,造成一些设备出现故障不能及时处理,监测数据不能充分利用。因此需要从流程和人员两个方面同时推进运维管理效率的提高。从变电站运维实际情况出发,创建全方位的运维管理规章制度,确定各个岗位运维人员的职责分工,细化设备巡检次数、数据分析标准、隐患处置程序,使每一个运维工作都有章可循、有据可依。并且构建预警、排查、处置、复核的闭环机制,保证隐患的处理到位。人员上实行分层培训制度,以案例形式展开装置操作、故障查找等培训工作,创建考核体系并加以落实,从而促使运维人员加强自身专业能力,充分发挥装置的运用价值。

5 结语

随着我国经济发展水平的快速上升,对电网系统用电质量提出了更高的要求,10kV 开关柜是输配电网络的重要设备,其工作安全、稳定直接影响到整个电网的正常运行。10kV 开关柜智能监测装置依靠多模块协作工作,可以对设备运行状况实施全方位监测、精确剖析并发出即时警报,继而能够较好地克服开关柜运行过程中的安全问题,提高运维效能,削减运维开支,为电网系统安全、高效、稳定运行提供保障,推进输配电领域高质量发展。

参考文献

- [1] 石中奇. 10kV开关柜故障原因与应对措施研究 [J]. 中国高新科技, 2025, (17): 64-66.
- [2] 于晓. 变电站中10kV开关柜安装调试技术研究 [J]. 电气技术与经济, 2024, (06): 319-321.
- [3] 聂寅玺. 简析10kV开关柜内主要电气元件及其选型 [J]. 家电维修, 2024, (06): 7-9+6.
- [4] 郑智银. 10kV开关柜绝缘性能检测与故障诊断技术 [J]. 电子元器件与信息技术, 2024, 8 (04): 184-186.
- [5] 杨浩,刘琦,吴泓潇. 10kV开关柜故障原因与应对措施分析 [J]. 电子技术, 2023, 52 (01): 234-235.