

浅谈开关柜在线监测技术的发展

王小焕 张敬涛 陈利民 刘超 谢寅志 张罗锐 陈轩
天津平高智能电气有限公司 天津 300300

摘要: 电力系统的进步与发展能够提高人们生活质量,而配网是电力系统的关键部分,高压开关柜作为配电网中重要的一次设备,承担着开断和关合电力线路、线路故障保护、监测运行电量数据等重要作用。构建综合状态监测系统全面提高高压开关柜状态感知能力和智能诊断决策水平,从而提高金属封闭开关设备的可靠性,保证金属封闭开关设备的正常运行,减少维修次数,有效提高电力系统的运行可靠性和自动化程度。

关键词: 高压开关柜; 在线监测; 可靠性; 自动化程度

Development of Switchgear

Xiaohuan Wang, Jingtao Zhang, Limin Chen, Chao Liu, Yinzhi Xie, Luorui Zhang, CXuan Chen
Tianjin Pinggao Intelligent Electric Co., Ltd. Tianjin 300300

Abstract: The progress and development of the power system can improve people's quality of life, and the distribution network is a key part of the power system. As an important primary equipment in the distribution network, the high-voltage switchgear undertakes the important role of opening and closing the power line, line fault protection, monitoring the operation power data and so on. A comprehensive state monitoring system is built to comprehensively improve the state perception ability and intelligent diagnosis and decision level of the high-voltage switchgear, so as to improve the reliability of the metal closed switchgear, ensure the normal operation of the metal closed switchgear, reduce the number of maintenance times, and effectively improve the operation reliability and automation degree of the power system.

Keywords: high-voltage switchgear; online monitoring; reliability; degree of automation

一、开关柜在线监测技术发展背景

电力是人民生活中不可或缺的重要能源,电力系统的进步与发展能够提高人们生活质量,而配网是电力系统的关键部分,是连接用户和系统的纽带,没有配网就无法实现电能的分配与供给。现阶段,人们对配网的安全环保性和节能性也更加重视。停电事故给国民经济和人民生活带来的影响和损失越来越大,传统的定期停电试验已无法满足电力系统发展的需要。为了确保电力系统的安全运行,最大限度地降低事故率,迫切需要寻求新的更加行之有效的试验检测方法。

高压开关柜作为配电网中重要的一次设备,承担着开断和关合电力线路、线路故障保护、监测运行电量数据等重要作用,在电力系统中获得了日益广泛的运用。因此,利用现代传感技术、通信技术、信息技术实现对开关柜状态的实时在线监测、故障预警和状态分析,构建综合状态监测系统全面提高高压开关柜状态感知能力和智能诊断决策水平,助力电力物联网建设是十分必要且符合政策导向的。智能型、环保型金属封闭开关设备的研制是顺应国家智能电网建设、建设环境友好型社会,提高金属封闭开关设备的可靠性,保证金属封闭开关设备的正常运行,减少维修次数的需要。实现金属封闭开关设备的实时检测保护和智能操控,反映线路的运行状态,可减少金属封闭开关

设备的维修次数,有效提高电力系统的运行可靠性和自动化程度。

二、国内外在线监测发展现状及存在问题

20世纪50年代美国一家公司在生产中经常由于槽放电引起发电机设备故障,提出可以通过实时监测发电机的运行对槽放电现象进行监测。后来英Strathclyde大学提出利用特高频监测断路器内局部放电问题。90年代,由于各类传感器的迅速发展,在线监测已经逐步形成一套系统。开关柜状态监测由测温终端、机械特性传感、柜内温湿度监测单元、采集器、局放监测单元、局放采集单元、综合状态数据集中器等部分组成。本文主要讨论温度在线监测、局放在线监测及机械特性在线监测。

1. 温度在线监测

国内外对高压电气设备温度检测最常见的是红外辐射测温法,它是根据物体相对辐射强度与温度之间存在着一定的函数关系而开发的。利用红外测量仪,工作人员可以定时手持仪器对准高压开关触点进行测量。国外红外测温仪最早出现是在瑞典,在20世纪60年代中期,就已经实现工业化应用。60年代我国研制出第一代探测电力设备温度用的红外测温仪,对电力设备的温度监测起到了一定的作用,但是在实际应用中由于只能对开放可见的设备进行监测而存在很大的局限性,不能对电器设备内部的温度进

行在线监测。

光纤测温技术以光纤作为传输和传感信号的载体,有效克服电力系统环境中存在的强电磁干扰,是上世纪90年代国外高压电器设备温度测温的主要技术方向。但是近些年来,该技术中出现了一些缺陷:光栅传感器温度漂移特性导致的随着时间延长的测温精度降低,国内的一些单位提出的基于GPRS的远程温度测控系统,其数据终端以单片机为核心,采用红外传感器对配电柜温度非接触式在线测量,运用无线射频技术把测量温度信号传到仪表控制模块端,再通过GPRS模块连接Internet,利用动态域名解析的办法与监控中心建立连接,再把温度信号传到监控中心。该系统具有抗干扰能力强、工作稳定的特点。但是红外测温为非接触式测温,只能测量设备的表面温度,易受环境温度干扰、被测设备表面特性等影响其测温准确性,且开关柜内的空间非常狭小,很难安装红外测温探头。

2. 局放在线监测

魏德曼(Weidmann)诊断技术公司PD-RD300A型高压开关柜局部放电在线监测系统,通过检测伴随局部放电而产生的电磁波辐射,并确定现场局部放电的实际检测频率。该型产品数据采集方式为轮询采集,各个开关柜所采集的局放数据不是同时采集到的,无法横向比较。局放现象产生电磁波、脉冲电流等多种物理现象,本项目拟监测的是脉冲电流(基于国际标准IEC60270),而魏德曼产品监测的是电磁波,没有国际标准支持,标定比较困难。

伊顿电气(eaton)的开关柜检测产品InsulGard,传感器采用耦合电容传感器IPDS,安装在母线和地之间,主要监测开关柜的局部放电情况。

英国EA公司开发出便携式局放仪,使用瞬态地电波方法,可以实现开关柜局放带电检修,但是没有实现在线监测。

3. 机械特性在线监测

如今,一些发达国家对高压开关设备的机械特性诊断技术已日趋成熟,并且已有了功能较齐全、抗干扰性能较高的产品。在我国,断路器机械特性在线监测技术发展起步较晚,近年来,国内一些单位和厂家也在开展断路器机械特性监测和故障诊断方面的工作。1992年吉林电业局曾立项“断路器机械特性的监测”;1995年清华大学高压教研室研制了CBA-1高压断路器机械参数测量分析系统,该系统可以监测合、分闸线圈电流、行程-时间特性曲线及振动信号。此时的研究工作主要是围绕着断路器状态检修进行的。随着研究的深入,先后生产了自己需要的高压断路器机械特性在线监测装置,不过都存在着只能对其中的一个或几个机械特性参量进行监测的问题,检查结果的适用性和部分项目的检测方法仍然很不理想。目前,高压断路器机械特性在线监测技术存在着一些值得注意的问题:

(1) 选择合适的传感器以及对不同的高压断路器机构安装适应性差的问题,即针对不同电压等级和不同操动机构的断路器所选择的传感器类型也不一样;

(2) 以往在线监测装置所关心的是机械参量的计算结果,而对机械运动的过程关心不多;虽然现有的在线监测模块也可以测量合、分闸特性曲线,但对于机构的状态仍然只能做出好或坏的判断,却判断不了故障究竟发生在什么部位;

(3) 数据处理的问题,目前对机械特性在线监测主要是测量合、分闸时间,平均速度等,根据这些测量值,经过简单的阈值判断来对机构状态做出预测。因此,现有的机械特性在线监测装置功能不完善,缺乏足够的数据积累,即使有了大量数据,故障诊断的分析能力也不足;

(4) 在线监测装置模块寿命过短,安装维护困难,价格过高而精度不够高。

综上所述,高压断路器机械特性的在线监测技术发展起步较晚,还需要进一步完善。而且目前国网开关柜在线监测等智慧电网建设项目处于地区试点阶段,无成熟技术和标准方案。相关产品(传感器、采集器)良莠不齐,且无相关文件约束,对比、选型及验收困难。边缘计算、数据分析方面,软件开发与开关柜专家经验未深度融合,对设备状态评估不准确。

三、在线监测发展趋势

2019年,国网公司认真践行新发展理念,创造性地提出建设“三型两网,世界一流”的能源互联网企业的战略目标。构建设备状态全景化、数据分析智能化、设备管理精益化的输变电设备物联网,搭建枢纽型、平台型、共享型的电力物联网生态体系,通过电力物联和深度感知,不断提高电网资源配置能力、安全保障能力和智能互动能力,努力开创“设备安全可靠,管理精益高效,价值共建共享”的电网设备管理新格局。

1. 开关柜连接点温度监测技术

针对开关柜在线测温的技术要求和其本身的技术特点,高压开关柜综合状态监测系统触头测温部分采用无源无线测温装置,解决了温度在线测量中的绝缘和能量供给问题。

测温装置的传感器首先将温度信号转换为电信号,再将信号以无线电波方式传输到数据采集终端进而传送到后台系统从而实现温度测量。测温装置与被测部位接触,与数据采集终端以无线方式隔离。测温装置采用CT取电,无工作寿命的限制以及电池的安全隐患。

对于高压开关设备,不同的部件、材料和绝缘材料在周围环境温度一定的情况下,温升极限不尽相同。所以在开关柜状态监测系统中,设计了开关柜内温度及湿度的监测,以便给断路器触头和电缆接头温度检测提供依据。实现足不出户掌握整个高压系统的发热状况,进而做出正确的决策。

2. 开关柜局放监测技术

暂态地电压检测技术(TEV):当电气设备发生局部放电现象时,带电粒子会快速地由带电体向接地的非带电体(如配电设备的柜体)迁移,并在非带电体上产生高频电流行波,且以近似光速的速度向各个方向快速传播。受

趋肤效应的影响,电流行波往往仅集中在金属柜体的内表面,而不会直接穿透金属柜体。但是,当遇到不连续的金属断开或绝缘连接处时,电流行波会由金属柜体的内表面转移到外表面,并以电磁波的形式向自由空间传播,同时在金属柜体外表面产生暂态地电压,而该电压可用专门设计的暂态地电压传感器进行检测。

超声波检测技术(AE):电力设备在放电过程中会产生声波,放电产生的声波的频谱很宽,可以从几十 Hz 到几 MHz,超声波检测技术主要采集 20kHz 以上频带的超声波,通过超声波传感器接收电气设备局部放电产生的超声信号,由此来检测局部放电的大小和位置,超声波检测技术不受外部噪声及电磁信号的干扰。通常认为,由于超声波检测时探头完全置身于设备外部,放电信号通过绝缘介质时衰减严重,灵敏度较差,定量分析比较困难,但同时严重的信号衰减也使外部的干扰被排除。因此,当用超声波法检测发现有疑似局放信号时,开关柜内存在局放的可能性相当高。

特高频检测技术(UHF):电力设备内发生局部放电时的电流脉冲(上升沿为纳米级)能在内部激励频率高达数十赫兹的电磁波,特高频局部放电检测技术就是通过检测这种电磁波信号实现局部放电检测的目的。特高频法检测频段高(通常为 300-3000MHz),具有抗干扰能力强、检测灵敏度高等优点。

因为特高频的检测原理,故只有电力设备内部局部放电激发的电磁波能够传播出来并被检测到。特高频法在各种电力设备现场应用中,以 GIS(HGIS)中的局部放电检测效果最好。

3. 开关柜机械特性监测技术

在断路器分、合闸的过程中,断路器主轴旋转角度与触头行程之间有一定的联系,从而可以通过测量断路器的分合闸旋转角度,间接测量出触头行程。行程检测传感器的主要功能是负责检测断路器主轴的旋转角度,主动把主

轴动作信号转换为数字模拟信号。同时,该信号通过 A/D 转换器进行转化之后,能够得出断路器触头的行程曲线。

另一方面,运用霍尔电流传感器和断路器自带的辅助触电检测机械特性时间参数,在进行时间参数检测时,内部单片机控制中心首先要依照断路器分合闸的动作周期,制定相应的控制指令,进而获取断路器操作线圈和触头分、合的频率。

在每次分合闸过程中,断路器线圈电流是随时间变化的,变化波形中蕴藏着极为重要的信息。电磁铁线圈的电流波形中含有很多信息,反映电磁铁本身以及所控制的锁门或阀门以及联锁触头在操作过程中的工作情况,如铁心运动机构有无卡滞,脱扣、释能机械负载变动的情况,线圈的状态(如电阻是否正常)与铁心顶杆连接的锁门或阀门的状态。通过对分合闸操动线圈动作电流的监测,可以大致了解断路器二次控制回路的工作情况及机械操动机构等状况,为检修提供辅助判据。

四、结束语

在对开关柜进行在线监测的同时,通过边缘物联代理装置进行数据分析和边缘计算,并把数据或处理结构通信到后台。对设备性能、数据传输、通讯能力进行跟踪分析,制定在线监测系统方案。通过通讯接口与站控层设备联网,实现无人值守和远程监控功能。长期监测电力设备运行状态量数据,及时发现发展中的事故隐患,防患于未然。助力提高电力系统的运行可靠性和自动化程度。

参考文献:

- [1] 陈化钢. 高压开关电气故障诊断与处理 [M], 北京: 中国水利水电出版社, 2000.
- [2] 刘培恩, 徐霞, 尹庆等. 在线温度监测技术在变电站开关柜中的应用 [J]. 冶金动力, 2007(5):1-3.
- [3] 李晓凤, 刘建戈. 在线监测在高压开关柜中的应用 [J]. 电工技术, 2007(4): 3-4.