

[开关柜]

试论智能化开关柜设备的在线监测技术

文/许继集团有限公司 太庆宇 陈景桥 王 鹏

基于开关柜设备在线监测系统，详细介绍了温度状态监测技术、机械状态（触头行程和速度、分合闸线圈电流）监测技术、以及绝缘状态（泄漏电流）监测技术的应用，为将来智能化开关柜设备的研发创新打下了良好的技术基础。

根据国家电网公司的发展要求，建设智能电网已被提到国家电力发展规划，智能化是建设统一坚强电网的重要基础和支撑。成套开关设备的智能化则是智能电网的重要组成部分，在智能电网的建设中具有非常重要的地位。

智能电网在技术上提出了减少故障停电次数和时间，缩小停电范围，监测、改善瞬态及稳态电压质量。减少、缩短设备检修停电时间，系统内各设备共享系统信息资源等要求。传统开关柜越来越不适应现代智能电网发展的要求。

智能化开关设备要求在用户端出现故障时，能够迅速动作，断路器快速切断故障，并以无线通信方式，通知客户中心故障时间、地点和事故的性质，能有效避免用户故障引起的配电网的大面积停电，满足智能电网对高压设备的要求。在此背景下，同时具备在线监测开关柜母线发热温度，断路器的机械状态监测，以及绝缘监测等功能新型智能化开关柜，就显得有非常好的市场前景。

温度状态在线监测系统

在金属封闭开关设备中，测温一直是电力设备运行检查的难点。在电力系统中，开关柜设备和载流母线是电力输送最薄弱的环节。在设备长期运行中，负载电流过大时会出现温升值过高，使绝缘部件性能老化，甚至击穿。采取有效的措施监测断路器梅花触头和母线接点处的温度，是电力系统安全

运行的重要保障措施。因此，实现温度的实时在线监测是保证开关柜设备安全运行的重要手段。

1. 断路器温度检测系统

断路器温度监测单元安装在断路器触臂上，其由悬浮取电CT、温度测量电路和无线数据发送模块构成。温度测量传感器固定在开关设备一次回路连接点上（断路器梅花触头附近），在测量点附近安装适当形状的悬浮取电CT，当一次回路通过电流达到一定值时，悬浮取电CT就可以为测量和通信电路提供适当的工作电源，电路启动并向接收单元发送温度数据。实现长期在线监测、免维护。工作原理如图1所示。

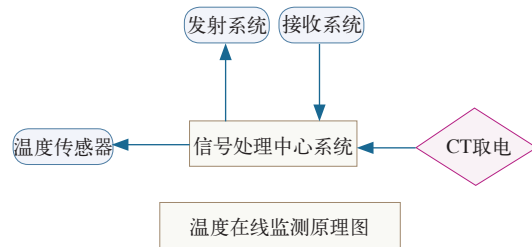


图1 工作原理图

安装步骤流程图如下。

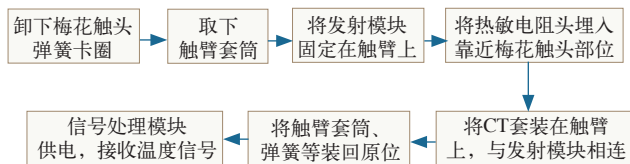


图2 安装步骤流程图

2. 母线温度检测系统

母排温度监测单元采用红外测温传感器,其内部由红外温度传感器、数据处理MCU、红外对焦探头等构成。通过红外对焦探头确定所测量目标位置,测量目标发出的红外辐射在光电探测器上并转变为相应的电信号,该信号经过放大器和信号处理电路,并按照相应的算法等转变为被测目标的温度值,并通过通信线将数据传输到测温装置。该方案采用高精度非接触式红外温度传感器。统一了母排规格繁多的测温难题,并确保开关设备的高低压可靠隔离。

经试验验证,在残酷的电磁条件下,该测温装置具有较好的稳定性和准确度。除此之外,装置还有体积小、安装方便、成本低等优点。

3. 温度状态检测注意事项

目前的开关柜设备结构紧凑,柜内空间余量小,绝缘间距小,在安装温度在线监测装置时,必须要考虑不能影响开关柜设备原有的绝缘、爬距要求,易于安装和维护。因此要特别注意以下几个方面。

(1) 监测装置供电问题。一般监测装置的传感器和信号处理装置都用锂电池供电,一般6个月至1年就需要更换电池,并且如果安装区域温升值过高,还要防止锂电池遇高温爆炸的危险。

(2) 悬浮取电CT技术。采用悬浮取电CT和磁饱和技术,取母线的一次电流进行供电,虽然很方便,但是必须设置好CT的最佳参数并控制好磁饱和曲线。如果参数设置不当,会损坏监测装置,影响工作的可靠性。

(3) 可靠性问题。由于开关柜设备温升监测尤为重要,不能间断,因此对其工作的可靠性要求极高。用户在安装时要确保安装工艺是否正确,绝缘问题是否有保障,产品有没有经过高温环境检测。否则,就难以满足监测装置的长期可靠运行。

断路器的机械状态监测

断路器与其他电气设备相比,机械部分零部件特别多,并且这些部分动作频繁,因此,断路器的故障就比较多。最常见的故障类型有:拒分、拒合、误合等。在操动机构和传动机构上具体表现为:机构卡涩;部件变形、位移或损坏;分合闸铁心松动、卡涩;轴销松断;脱扣失灵等。在电气控制及辅助回路上表现为二次接线接

触不良、端子松动、辅助开关切换不灵、操作电源故障等。

我国电力科学研究院对全国6 kV以上高压开关故障原因统计分析中看出,在拒动、误动故障中因操动机构占41.63%。国际大电网会议(CIGRE)资料也表明,操作机构故障占43.5%。由此可见,无论是国内还是国外,机械性故障是构成断路器故障的主要原因,所以对断路器机械状态的监测以及健康状况的诊断甚为重要。

1. 断路器合闸、分闸线圈电流监测

高压断路器一般都是以电磁铁作为操作的第一级控制器件。大多数断路器均以直流电作为其控制电源,故直流电磁线圈的电流波形中包含着诊断机械故障的重要信息。电流波形与线圈的电感有直接关系,线圈的电感与电磁铁铁心向上经过的路程有密切关系,会随着铁心行程的增加而增加。因此可以研究铁心的行程与电流的波形之间的关系,确定断路器的工作状态。

通过分析电流的波形和铁心行程、时间等特征值可以分析出铁心启动时间、运动时间、线圈通电时间等参数,从而得到铁心运动和所控制的启动阀,铁门以及辅助开关转换的工作状态,即可以监测出操动机构的工作状态,从而预告断路器因控制电源电压和线圈失效而引起的拒分、拒合等故障的趋势。

2. 断路器操动机构行程及速度的监测

触头行程-时间特性是断路器工作状态的重要表征。行程测量的基本要求是既不能影响机构原有的机械特性和绝缘性能,又要真实地反映触头行程随时间的变化。监测断路器触头行程-时间特性曲线,由该曲线计算出平均分/合闸速度、最大分/合闸速度、动触头行程、固有分/合闸时间等参量,进而监测断路器的工作状态。

由于在线情况下动触头处于高电位,对监测系统的隔离措施要求很高,使得直接测量动触头的行程曲线非常困难。考虑到真空断路器在分合闸过程中,动触头的行程与主轴转动角度之间有一定的对应关系,因此测得主轴的角位移曲线,即可间接得到动触头的直线位移曲线。真空断路器的动触头处于低电位,远离高压部分,不存在高电位隔离的问题,而且一般情况下主轴附近的可用空间很大,能够方便地安装角位移传感器,这种间接测量的方式对多种型号的真空断路器都适用。

(下转第63页)

电网系统的安全平稳运行提供有力保障。

运维一体化管控的效果分析

通过对某电力企业在实行运维、检修一体化管控模式前后的对比,可以发现通过运维、检修一体化管控的实施,该企业在变电设备运行的质量与稳定性方面有了很大的改善,首先是停电次数大大减少,同时停电时间也极大地缩短,设备故障的发现与处理都更为及时,这也很大程度上降低了变电设备发生故障的概率,供电更为平稳。其次,由于一体化管控更利于运维、检修工作的协调,极大地提高了企业人力资源的有效利用率,该企业运维与检修工作人员实现了精简,但同时劳动效率提高了30%。

该企业实施变电运维一体化管理后,由于专业化巡视持续开展及运维人员对设备的分析、处理能力的提升,变电站设备管理水平明显提高。

截至目前,共巡视6511次,包括正常巡视4586次,特殊巡视1925次,维护性工作数量6116次,发现缺陷183处,缺陷消除及时率达到99%,同时也大大节约了该企业的运行成本。

结束语

变电设备运维、检修一体化管控的实施对于供电企业提高人力资源利用率、加强企业人才培养、提升企业效益有着重要的意义,企业应结合自身实际,针对运维、检修一体化进程中的重难点,采取有效的措施,促进运维、检修一体化的有效实施,保障电力设备运行的稳定性,促进供电企业的发展,为我国社会建设与经济发展提供可靠的电力服务保障。EA

(收稿日期:2015.06.01)

(编辑:白文亭)

(上接第45页)

开关柜设备绝缘水平状态监测

开关柜设备的绝缘故障主要表现为外绝缘对地闪络击穿,内绝缘对地闪络击穿,相间绝缘闪络击穿,雷电过电压闪络击穿,绝缘子、套管、电容套管闪络、污闪、击闪、爆炸,CT闪络,绝缘子断裂等。在各类绝缘缺陷发展到最终击穿,酿成事故之前,往往先经过局部放电阶段。局部放电的强弱能够及时反映绝缘状态。因此,通过开关柜局部放电的监测可及时预知当前开关柜绝缘情况。

目前为止,在中低压领域的开关柜上实施局部放电检测,硬件成本是主要制约因素,增加局部放电检测单元将大大提高设备的生产成本、降低利润,是一种不经济的实施方案,且不如检测泄漏电流简便准确,因此对于中压开关柜,确定绝缘特性检测对象为母线室进线和出线处的环氧绝缘套管的泄漏电流和局部放电。

在没有故障和施加压力的情况下,电气设备中相互绝缘的金属零件之间,或带电零件与接地零件之间,通过其周围介质或绝缘表面所形成的电流称为泄漏电流。泄漏电流的大小表征了环氧绝缘套管污秽的程度。泄漏电流信号的提取采用一种进口导电胶,将其均匀涂成宽为4 mm的薄层,环绕环氧绝缘套管表面一周,称为引流环。引流环的引出线采用单芯同轴屏蔽线,其中心线接引流环,屏蔽层在该端悬空,另一端与设备的隔板相连。引流环加在环氧绝缘套管上紧靠接地

隔板的位置(间隔不大于45 mm),以减少对环氧绝缘套管爬电距离的影响。由于引流环安装在设备的高电位端,因此在其后端使用小电流互感器实现高低电位的一次隔离,从而保证整个监测系统的安全性和可靠性。

泄漏电流的大小一般在微安(μA)级,信号较为微弱。能否准确检测的关键是微弱信号放大和抗干扰的问题。监测系统采取先对弱小电流信号就地放大,将弱小电流转换为电压信号,然后将信号传送至处理器单元。高压开关柜内环境复杂,干扰信号过多,从传感器单元到处理器单元有一定的距离,为保证信号的可靠传输,采取将传感器单元的电压信号进行低通滤波后转换为4~20 mA的电流信号进行传输,同时也尽可能避免信号在传输过程中的衰减。

结束语

在实施开关柜智能化中应特别注意与高压部分直接连接的部件要尽量减少,不要增加绝缘件的并联回路,以保证开关柜原有的绝缘性,运行可靠性。在开发智能化装置时,还应全面考虑其通用性、兼容性和方便的扩性。预留的通信接口可方便地与已有电力系统的通道连接,以降低成本,便于用户操作。EA

(收稿日期:2015.06.01)

(编辑:白文亭)