

变电站开关柜“在线监测 + 带电检测”双模式应用研究

杨志慧

(国网咸宁供电公司检修分公司, 湖北 咸宁 437100)

摘要 开关柜作为变电站的一种极为重要的电气设备, 主要担负着用电设备开合、控制、保护责任, 在电力系统发电及输配电过程中, 受到外界环境、温度、湿度、震动等多重因素的影响, 变电站极易丧失发电与变电功能, 以至于无法满足终端用户的基本用电需求。而开关柜“在线监测 + 带电检测”的双模式安全保护措施能够对变电站开关柜的运行状态进行实时监测, 这就大大降低了开关柜出现故障的概率, 同时能够消除一些潜在的安全风险。基于此, 本文将重点围绕变电站开关柜“在线监测 + 带电检测”的技术原理予以全面阐述, 旨在强调这种双模式的安全保障措施在电力系统安全稳定运行方面发挥的关键性作用。

关键词 变电站; 开关柜; “在线监测 + 带电检测”; 技术原理

中图分类号: TM63

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)11-0031-03

变电站开关柜直接关系到电力系统的安全稳定运行, 但是, 由于多数开关柜暴露于室外, 环境、温度、湿气等因素将直接增加开关柜发生故障的风险, 进而出现设备过热、绝缘性能下降、接线短路等故障, 严重的还会引发火灾等安全事故。针对这一问题, 近年来, “在线监测 + 带电检测”这种新型的安全保护技术在变电站开关柜运行当中得到普遍推广和应用, 与单一的监测模式相比, 这种“双模式”监测与检测技术的出现不仅弥补了监测数据不足、监测过程不稳定、监测效果不明显的缺陷, 并且为电力系统的高效检测与维修提供了有力的参考依据。

1 变电站开关柜“在线监测”技术要点

顾名思义, 所谓“在线监测”即是对设备的运行状态进行实时监测, 以随时查找出设备运行过程中存在的故障隐患。过去, 在变电站开关柜运行状态监测领域, 技术人员常常借助于温度、湿度等监测仪表对开关柜的运行情况进行观察与监测, 这种方法不能及时发现开关柜内部存在的触头过热、湿度过大等缺陷, 导致检修工作不及时, 这就使开关柜的使用寿命大打折扣, 而通过在线监测的方法, 能够准确地监测出故障类型、故障部位, 然后通过发送预警信息来加快电力设备的抢修速度, 进而使电力系统能够安全稳定地运行。

1.1 温度在线监测技术

变电站开关柜在运行过程中, 由于工作负荷大、磨损度高, 使得内部元器件出现过热的概率明显增加,

如果不及早予以处理, 则很容易损坏各部件, 比如动静触头属于一种精密型装置, 该装置存在较大的过热风险, 而运用温度在线监测技术可以对该装置的运行状态及温度变化情况进行实时监控。该技术融合了物联网、智能感应、无线传输等多种先进的科学技术, 在对开关柜温度变化情况进行监测时, 首先借助于传感器对实时温度数据进行采集, 然后利用无线传输技术将采集的数据传送终端操作系统, 一旦开关柜运行温度达到阈值, 智能系统就会自动发出预警信号, 设备管理人员可以直接登录智能手机操作端向检修人员发送检修指令, 这就大大节省了开关柜的检修时间与成本。以光纤光栅在线测温系统为例, 该系统由温度传感器、单模光缆、光纤温度在线监测仪、计算机终端等设备构成, 在进入工作状态以后, 监测装置直接发出连续宽带光, 经过光缆传输到温度传感器, 再将其反射回与其相对应的一个窄带光, 然后根据光源波长来判定每一个监测点的温度值, 该测温系统的主要技术参数如表 1 所示。

1.2 湿度在线监测技术

如果变电站开关柜受潮, 极有可能出现接线短路的问题, 严重的还会引发触电等安全事故, 因此, 技术人员需要在开关柜的电缆室与母线桥箱内安装防凝露湿度在线监测系统, 以随时获取开关柜内部的湿度情况, 如果开关柜内部的湿度值达到 70% 以上, 内置除湿器将自动进入除湿状态, 当开关柜内部湿度值下降到 50%

以后,除湿器自动终止运行。除湿器的工作原理是水分子与冷凝板接触以后,将很快凝结成液体,随后可以直接排出机体外部。以某型号的湿度监测系统为例,该系统主要由测控装置、环境湿度传感器、无线测湿传感器、终端管理中心构成,安装位置通常在开关柜的面板上,测得的湿度数值可以直接显示在外置的液晶屏上。终端管理中心将对开关柜工作过程中的湿度数据进行自动存储、整理与分析,当湿度数据超过上限,系统会自动发出声光预警。该湿度监测系统的测量范围是0%RH~100%RH,测量误差是:±3%RH。由于该系统可以进行远距离遥测,因此,终端管理人员可以直接通过操作终端界面来获取开关柜的实时监测数据,这不仅给开关柜等电力设备的状态检修提供了有力数据,也给电力设备的安全稳定运行提供了可靠的保障^[1]。

表1 光纤光栅在线测温系统主要技术参数

系统参数	技术指标	系统参数	技术指标
测温范围	-40 ~ +200 °C	抗振动性能	5 ~ 50 Hz (5 min 往复)
监测点测量时间	< 1 s	抗冲击性能	20 kg 11 ms 3 方向进行
测温精度	±0.5 °C	抗干扰性能	1 kV 1 μS 脉冲
测温分辨率	0.1 °C	测温主机电源	180 ~ 270 V, 50 ± 5 Hz
光纤传输距离	20 km		

1.3 风机在线监测技术

风机是变电站开关柜的重要部件,在开关柜运行过程中主要发挥着降温、除湿的作用。过去,新出厂的开关柜往往会自带三个小风机,当测温系统启动后,风机也直接进入运转状态,但是,这种自带风机不仅功率小、易损坏、降温除湿效果差,并且测量精度也普遍偏低,如果开关柜处于长时间高负荷运转状态,利用系统自带风机进行降温,其内外最大温差值能够达到15 °C以上,这就给开关柜的正常运行带来诸多不利影响。基于对这一方面的考虑,技术人员可以在开关柜泄压通道上方柜顶的位置以及断路器手车下方的隔板位置增设大功率风机,为了能够获取温度在线监测装置的实时数据,开关柜二次电缆室需要同时增设在线监测系统,在温度与风机在线监测系统同时进入工作状态以后,温度监测系统所收集和监测的数据能够及时传送给风机在线监测系统,如果开关柜温度过高,达到上限值,风机将自动开启。正常情况下,当

开关柜运行温度达到55 °C时,风机自启动,当开关柜运行温度下降到45 °C时,风机将自动停止运转,这期间,开关柜内部的热量与湿气将直接排到室外,因此,风机在线监测系统的有效运行使得开关柜出现过热故障的概率大幅下降^[2]。

2 变电站开关柜“带电检测”技术要点

带电检测主要是指变电站开关柜处于正常运行状态时而实施的一种故障检测技术,这种检测模式的特点是能够及时发现开关柜等电气设备的故障发展趋势,以及存在的潜在风险,检修人员可以根据检测结果来编制故障排除方案,这对变电站开关柜的安全稳定运行将起到积极促进作用。

2.1 超声波带电检测技术

超声波带电检测作为一种非接触式检测技术,可以监测到电气设备内部存在的裂纹、氧化、孔洞等缺陷,技术人员根据检测结果可以迅速作出反应,并采取科学有效的方法予以补救,以确保电气设备能够安全稳定运行。这种检测方法需要的设备与仪器包括超声波探头、检测仪器、高压绝缘手套等。比如在变电站开关柜出现局部放电现象以后,放电区域内的分子将发生剧烈运动,彼此不断发生碰撞,导致开关柜内部温度急剧上升,当介质中产生的声波分量频率超过20 kHz时,这部分声波分量被称之为超声波。运用这种方法对开关柜运行状态进行检测时,既可以提前发现开关柜内部存在的缺陷与安全隐患,也能够有效避免大面积停电现象的发生。运用超声波带电检测技术时需要注意以下几个问题:第一,操作人员不得将手直接探入检测区域,这样极易影响检测结果的精确度。第二,如果使用的检测仪器与电缆等耗材出现较为严重的磨损情况,需要及时予以更换,以防止发生触电事故。第三,带电检测之前需要检验仪器、设备是否能够正常工作,并将设备表面的污垢、杂物清除干净,以提高检测精度。第四,在检测开关柜等电气设备时,应当确保被检测对象的稳定性,避免出现剧烈振动的情况,否则将会影响检测精度^[3]。

2.2 TEV 带电检测技术

TEV即暂态低电压检测技术,该技术抗干扰能力强、检测灵敏度高,即使变电站周边出现大量的干扰源,检测结果也不会出现较大的波动,因此,在变电站开关柜运行状态检测领域得到普遍推广和应用。TEV带电检测技术的基本原理是:被检测的电气设备在局部放电时,放电量会集中在与接地点相邻的接地金属区域,这时会形成对地电流,电流可以在导电金属表面传播^[4]。当局部放电产生的电磁波被传出以后,将直接在导电

金属表面产生传播路径,与此同时,电磁波对地会产生暂态电压脉冲信号。运用这种方法对开关柜的运行状态进行检测时,首先将 TEV 测试仪探头紧贴开关柜,通常情况下,TEV 检测主要包括单个模式与连续模式,如果检测过程中发现数据波动范围较大,检测人员可以灵活变通,通过两种模式相互切换的方法来提高检测精度。如果选用连续模式检测开关柜的运行情况,一旦数据出现连续跳动的情况,则需要检查和校验探头与开关柜面板贴合是否紧密,直到检测数据的跳动幅度稳定为止。

3 变电站开关柜“在线监测+带电检测”双模式应用案例

3.1 变电站开关柜在线温度异常监测

国内某变电站 305 开关柜的在线温度出现异常情况,开关柜运行维护人员在日常巡检中发现 305 开关柜测温系统显示的温度已经超过了上限值,其中 B 相上口温度达到 68 °C, B 相下口温度达到 67 °C,此时,开关柜中的风机处于开启状态。为了验证开关柜内部温度是否过高,运维人员需要利用红外测温仪对柜内温度进行二次监测,监测结果与测温系统的监测结果无异,这说明变电站开关柜内部已经出现了过热现象。为了防止开关柜内部元器件烧损,运维人员可以选择在用电量小的夜间进行故障排除作业。首先,针对开关动触头与静触头盒的工作状态进行检测,检测结果显示,动触头出现轻微烧损现象,而静触头完好无损。在确定过热部位以后,检修人员利用兆欧表对动静触头盒进行绝缘试验,结果发现动静触头盒的绝缘强度不能满足标准要求,通过现场分析确定,产生这一问题的根本原因是由于 305 开关柜底盘车出现轻微回退,随着回退程度的加剧,动静触头之间的接触电阻出现异常情况,经过长时间运行,使得开关柜内部温度持续升高,如果不及时予以检修,则很容易烧毁断路器的动静触头,继而引发火灾事故。在查明过热原因之后,检修人员及时更换了底盘车,开关柜再次开启时,过热现象消失,开关柜内部温度也回归正常。从上面的应用案例可以看出,运用变电站开关柜温度在线监测系统能够第一时间发现开关柜内的温度变化情况,这不仅给电气设备抢修争取了大量时间,并且也大幅降低了由停电事故而产生的运行成本^[5]。

3.2 超声波与 TEV 带电检测技术的具体应用

通过对国内某变电站 217 开关柜运行状态的带电检测发现,该开关柜超声异常,前柜门右侧下部的超声值达到了 18 dB,而背景值达到 -6 dB,并且 TEV 电压也存在异常现象,实地监测值达到 59 dB,背景值

达到 8 dB,这就说明 217 开关柜的超声波监测数值与 TEV 监测数值均处于异常状态。尤其是暂态低电压与背景值之间的差值已经达到了 51 dB,由于超声监测值与 TEV 监测值同时超过了规程值,据此可以判断出该开关柜内部极有可能出现受潮现象,或者螺栓松动现象,这两种情况都会使绝缘部位出现局部放电的问题,如果不及时予以处理,则极易引发触电或者断电事故。在确定超声波、TEV 监测数据异常原因之后,检修人员第一时间赶到现场,并对 217 开关柜进行停电检修,现场检测发现小车拉出后,A 相避雷器断线导致悬浮电位放电,通过对故障原因的排查与分析判定复合外套氧化锌避雷器的制造工艺存在缺陷,在避雷器投入使用之后,很容易出现压片断裂或者松动等问题,因此,检修人员第一时间更换了已经受损的避雷器,故障排除以后,超声波与 TEV 监测数据均恢复正常。从上面的应用案例可以看出,超声波与 TEV 带电检测技术的有效应用,一方面可以将故障损失降到最低点,另一方面能够给开关柜的运行与检修提供更加确凿的参考依据,这对电力系统的安全稳定运行具有重要的现实意义。

4 结束语

“在线监测+带电检测”双模式相当于给变电站开关柜安装了“双保险”,在开关柜进入正常的运行状态以后,借助于“在线监测+带电检测”技术可以对开关柜内部的温度、湿度、元器件运行状态等参数指标进行实时监测,尤其在计算机技术、传感技术迅猛发展的今天,在线监测与带电检测技术的先进性也逐步显现出来,并且监测数据的精确度不断提升。因此,变电站运维人员在熟练掌握和运用“在线监测+带电检测”技术的同时,需要积极地借鉴和汲取成功经验,进而将电力系统运行故障的发生概率降到最低点。

参考文献:

- [1] 白明,张悦.智能变电站智能化中压开关柜应用研究与分析[J].电工技术,2020(07):84-85.
- [2] 冯亦佳,张治忠.10kV 高压开关柜电气设备在线测温系统应用研究[J].现代信息科技,2019,03(15):179-180,182.
- [3] 王晓辉,赵雨,柏小辉,等.变电站开关柜“在线监测+带电检测”双模式研究与应用[J].农村电气化,2024(06):21-24.
- [4] 周之松,杨露,马晴,等.基于泛在物联网的 10 kV 开关柜局放在线监测系统设计[J].智能物联技术,2024,56(02):81-84.
- [5] 任书燕,董海庆,郁嘉毅.基于案例的变电站开关柜带电检测技术探索[J].机电信息,2024(14):85-88.