

红外测温技术在输电线路设备运行检修中的应用

鲁 洋

(国网山西省电力公司超高压输电分公司, 山西 太原 030000)

摘 要 红外技术是目前电力行业广泛应用的一种设备故障诊断技术, 它可以直观、形象、准确地显示出故障点的状态, 同时不需要切断电源, 不需要取样, 不需要改变设备的运行参数, 就能准确地进行温度的测定, 判断设备的运行情况或定位故障的部位和性质, 是目前最有效的方式。本文研究了不同因素产生的热辐射效应, 同时针对这些问题提出了相应的应对措施。在应用过程中, 除尽量减少以上因素对试验人员的影响之外, 还要对试验人员进行培训, 选用适当的红外测试设备, 以便能更好地预防或早期发现此类故障。

关键词 红外测温; 测温原理; 设备分类; 电力设备缺陷; 状态检修

中图分类号: TM72; TN2

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0010-03

在红外测温技术的应用中, 当被测对象的温度发生变化时, 其所发出的辐射能量也会发生相应的变化, 从而利用红外技术得到被测物体的温度。在用电设备运行过程中, 往往会出现发热、升温等现象, 并且这些设备出现故障时, 大部分温度都超过了正常工作状态。用红外技术对电力设备进行故障诊断时, 由于测试环境、测试条件的差异, 导致对同一种电气设备的测试结果存在较大差异。总体上来说, 采用红外测温技术, 无需与被测物体直接接触, 而仅需感知其表面的温度即可达到良好的测量效果。另外, 这种方法可以实现远距离检测, 且检测速度快, 可以通过对红外图像的处理与传递, 迅速得到检测结果。红外测温技术同样具有高效性, 因为它可以同时探测各类不同性质的物体, 不管是高电压带电物体, 还是高速运动物体, 或者是不能直接接触的物体, 红外测温技术都具有较好的适用性。红外测温技术受外界干扰少, 广受业界欢迎。

1 红外测温原理与设备分类

1.1 红外测温原理

红外光谱是一种比可见光长、比微波短的电磁波, 其在空间中以横向波的形式传输, 在真空中以同样的速度传输。物体红外辐射能量和波长的关系。当被测物体在不同的温度下, 其所发出的辐射能量也会发生变化, 这样就可以利用被测对象的检测信号来获得被测对象的温度信息。^[1]

1.2 红外检测成像常用设备分类

1. 红外测温仪。红外热像计主要用于对物体上某

个特定位置的温度进行测量, 即一定面积内的温度。这个红外线温度计只能在一段时间内对一个物体进行测量。当要测量大范围的温度时, 要做很多次试验, 也就是按照特定的路径, 在被测区域上进行多次扫描, 这是一种耗时较长的方法。但是, 由于其价格低廉, 结构简单, 便于携带, 因此很适合于电力设备的日常检查, 是巡检员必备的设备, 以此利用红外测温技术对电力设备进行巡视和维护。

2. 红外热电视。红外热电视大于红外线热成像探测范围, 是一种平面测温设备, 其探测速度远高于红外热像仪, 且成本低廉。虽然在一些探测方面无法与红外热成像相比, 但具有结构简单、无需制冷等优点。尤其是在对电力设备进行巡视的过程中, 在红外热像仪的检测结果上, 再利用红外热电视进行配合使用, 提高电力设备的巡检、检修与诊断的精确度。

3. 红外热像仪。红外线温度计一开始是为了军事目的, 后来在工业上得到了广泛的应用。近几年来, 红外热成像技术在国内外得到了广泛的应用。红外热成像技术具有温度敏感性高、空间分辨率高等诸多优势, 其成像结果可与可见光成像媲美^[2]。该方法适用于多种复杂工况, 能很好地适应电力系统环境。

2 红外测温技术在设备检修中的应用意义

我国经济发展迅速, 直接促使居民用电量持续增长, 对电力系统的安全性和可靠性的要求也呈上升趋势。在电力系统中, 电气设备的运行状态直接关系到电力系统的供电可靠性。大部分用电设备都是常年工作的, 而且很多都是在很恶劣的环境下工作的, 这就

使得用电设备很容易出现故障,而这种故障往往是由设备或电力电缆接头接触不良而产生的局部过热,也有可能是因为设备的绝缘性能恶化而导致的介质损失增大而产生的非正常发热。因此,对频繁运转中的电气设备的状态进行监测与研究,是实现电气设备故障诊断、保障电网安全稳定的重要手段。但由于电网中用电设备较多、分布广泛,且普遍存在着高温、高压等特点,使得传统的方法很难实现对其温度的准确测量。

近年来,国际上的红外成像技术得到了飞速的发展,而红外图像温度探测装置因其不会对电力设备的正常工作产生影响,在输电线路的设备检修与维护中得到深度的应用。相对于以往的探测方式,该探测方式具有带电探测、非接触探测的特征,可实现大范围、多频次、高分辨率的成像,而且具备稳定、可靠的优点,能较好地解决传统的故障诊断方法的缺陷,是实现电网状态检修的最有效途径。同时,采用红外测温技术,能更准确地反映出电力系统中的某些故障。

3 电力设备红外诊断技术常规方法

3.1 表面温度测定

按照已制定的有关技术规范,采用红外线测温装置测定装置的表面温度,如针对电力系统高低压设备的材质、绝缘介质和机械设备的工作条件,根据 GB/T11022《高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求》,对相关设备运行情况展开详尽的分析,得出相关结论,并对检修流程进行改进,提出完善方案。这类方法通常适用于由电流产生的加热效应或由电磁装置的铁损耗造成的温度升高,但是,这种方法只能对设备目前的运行状况进行判断,而不能对其故障进行预测。^[3]

3.2 相对温差诊断法

考虑到用电设备在不同的工作条件下工作,分析用电设备工作条件下的各种不同情况。比如,在我国北方冬季,周围的空气温度很低,因此,当电气设备出现故障时,其表面温度一般不会超出电网规范的要求。然而,实践证明,在这样的条件下,用电设备本身就存在着一些缺陷和故障,当环境气温升高时,这些安全隐患将直接影响到电力系统的安全运行。^[4]

相对温差的诊断方法,就是在相同的工况下,将两种不同型号的电器设备进行比较。用正常工作的电力设备为对比目标,对探测装置的温度差进行表征,如果温度差值达到某个阈值,则可以判断出设备是否有问题,需要进行追踪,如有必要,还要安排定期修理。

3.3 同类比较法

同类对比法是对同类设备进行比较的一种方法。

所谓“同类”,是指同型号、同种装置的三相或同一回路,在操作条件与工作环境上大体一致。这种方法是通过设备检测点的温度进行对比,可以直接看出该设备的工作状况。

3.4 历史档案分析法

历史档案分析法就是通过对电气设备的测试资料与该装置的历史测试资料进行对照分析,这种方法对于一些比较重要的或结构相对复杂的电力装置,具有很好的判别能力。这一方法是根据大量的历史资料进行分析的,通过与历史记录的对,可以找到这台设备的温度变化趋势,从而预测出它以后的工作状况。再辅以其它的测试和判定手段,可以最大程度上排除其运行过程中的故障情况。

4 影响红外诊断结果的因素及对策

借助红外技术对电力设备进行故障诊断时,由于测试环境、测试条件等因素的差异,会导致对同一种电气设备的测试结果存在较大差异。因此,要在实际测试中或在探测热图像进行处理时,针对相关的影响因素,在此基础上,针对不同的因素给出相应的对策,以降低数据的不确定性。在测试过程中,除加强对测试人员的培训、选用合适的红外测试仪器外,还要对测试过程中可能出现的各种客观影响进行预测。

4.1 运行状态的影响与对策

在电力设备中,因电流的影响而使导电回路发热,其发热与电流平方成正比。而由电压作用引起的热故障,如绝缘体,产生的热量与电压平方相关。所以,用电装置的负荷电流、工作电压等因素对红外检测结果有很大的影响。当漏电流不正常地增加时,将导致电气设备的局部电压不均衡。在这种情况下,如果负载很少或者根本没有负载,电气设备的温升将不显著,即使存在较大的热故障,也不会表现出显著的温升特性。用电设备在大负载和额定电压下工作时,会出现明显的热象现象。所以,当在室外进行红外线检测时,电源装置必须保持在额定电压,并完全负载,才能获得较为精确的测试数据^[5],若无法达到满负荷,应制定适当的作业计划,如将电力设备挂载大负荷长期运转,从而使得电网设备的故障温度降至合理范围内。在对电力设备的红外测温中,通常采用的是额定电流下的测温方法,所以当测量到的电流低于额定值时,就必须对其进行相应的转换。

4.2 电气设备表面发射率的影响及解决措施

所有的红外测温装置都是通过对动力装置的红外辐射功率进行测量,以此获得它的温度信息。即使是

同一功率的动力装置，因其组成材质的不同，红外发射率也存在差异，采用红外测温设备测量温度，其测量值也不尽相同。物体的红外辐射率受物体表面的污染程度和氧化程度的影响。因此，想要在探测时获得更精确的探测数据，就必须把被探测对象的红外辐射发射功率作为一个特定的参数，输入红外探测装置中，对其进行温度校正，以消除其影响。

4.3 大气衰减的影响与对策

在对电气设备进行红外探测的过程中，其红外辐射通过大气传输至仪表，会被大气中的气体分子（如二氧化碳、氮气、水蒸气）的吸收或空气中的颗粒物的散射等因素所削弱，且该衰减随探测装置与被测装置之间的距离增大而增大。这样就会导致测量到的体温偏低，诊断结果的准确性下降，从而引起误诊、漏诊的情况。特别是在某些因设备故障而使温度降低的地方，其影响更为显著。为了解决以上问题，必须在干燥、通风良好的条件下进行检测；也可以减小检测仪器和被测试装置的间距，在保证安全的同时，还可以合理地校正测试结果，获得真实的温度数据。^[6]

此外，在检测过程中，如果遇到雨天、大雾、日照、大风等情况，会对检测结果产生一定的影响。为消除上述干扰，应选择天气条件相对稳定、无特殊天气状况的夜间进行。

4.4 环境及背景辐射的影响与对策

在对室外电气设备进行红外温度测量时，除接收被测物体发射的红外线外，还包括其他背景部分的红外辐射，同时还接受日间的太阳辐射。这两个方面的原因可能会影响到红外光谱的测量结果，从而导致测量结果的误差。为减少由这些因素引起的扰动，可采取如下措施：

对室外电源设备进行红外测温，应在无光照条件下，如傍晚、阴天等。如有必要，为得到更准确的试验结果，也应该关闭外部光源。当被测物体表面存在强烈的反射现象时，应采取适当的措施来降低其对周边装置的红外辐射或日光反射的影响。比如，寻找最佳的检测角度，避开反射的影响。针对本底辐射的影响，可采用遮挡、加装滤色镜等方法降低其影响，或选用高精度的温度计进行消除。

4.5 电气设备的故障定位和定性

利用计算机对红外探测中的电力设备的热像进行分析与诊断，在最后判定为故障的情况下，还要对故障的性质、位置和严重程度进行进一步的检测，从而为技术人员提供合理的检修决策支持。在特点条件下，仅通过红外光谱来判断故障位置存在较大难度，这种

情况下，必须借助其它的辅助检测手段，比如与可见光图像进行对比。可以从不同的角度对相同的器件进行检测，确定其故障的实际位置；对于由于内部故障而产生的热量，按照热传导定律来分析和判定，或通过模拟实验加以判定。另外，如果有可供参考的历史测试文件，与历史数据进行比对，能有效提高红外诊断的精度，进而提供更准确的故障诊断和维护意见。

4.6 强化人员培训工作

基于输电线路设备管理工作的条件，相关检修与管理作业人员的作业水平和素养十分关键，这需要针对相关技术、管理人员实施系统化培训，不仅需要其熟悉线路设备情况、运行特点、故障多发点以及检修要点，促使其正确运用红外测温技术，更要培养其安全意识、风险识别和应对能力。在具体的检修工作中，应将细节管理意识贯彻到作业操作中，提供检修队伍的整体素质，为输电线路设备的检修工作提供人力保障。

5 结束语

利用红外测温技术对电力设备进行故障诊断时，由于测试环境、测试条件的差异，导致对同一种电气设备的测试结果存在较大差异。因此，本文从功率器件的表面发射率、大气衰减、环境与背景辐射、设备运行状况四个角度出发，为了提高红外测温的精度，对红外测温技术作了进一步的研究。因此，供电企业应加大对输电线路设备的红外检测的应用力度，以便在发生故障前，及时检测到隐患，更加准确地判断现场设备的工作状况，为实施视情检修提供更为准确的数据支撑。

参考文献：

- [1] 张佳钰,蔡泽烽,冯杰.基于改进的CenterNet变电站设备红外温度检测方法[J/OL].计算机测量与控制,1-9[2024-02-26].
- [2] 黄天富,吴志武,王春光,等.基于红外测温技术的电能表电流采样回路失流故障分析[J/OL].无线电工程,1-8[2024-02-26].
- [3] 邹丹凤,刘星,蔡杰,等.基于改进卷积神经网络的电力设备红外图像分类识别方法[J].电力学报,2023,38(05):412-419.
- [4] 江飞,闫全全,王媚,等.基于无源无线红外测温技术的特高压电力设备监测系统[J].电力与能源,2023,44(04):370-372,375.
- [5] 贾涛.红外测温诊断技术在高压电力设备状态检修中的应用[J].光源与照明,2021(10):63-65.
- [6] 杨新伟.红外测温技术在输电线路设备运行检修中的运用[J].内蒙古煤炭经济,2020(17):158-159.