

2.4 红外成像法

红外成像法是目前比较先进的检测方法。它是利用绝缘子表面的热效应原理进行在线检测的。挂网运行的绝缘子运行状况劣化主要指绝缘子电阻劣化(低值绝缘子和零值绝缘子)和绝缘子表面污秽,因而运行中劣化绝缘子的分布电压及泄漏流异常,出现发热或变凉的特征是应用红外检测绝缘子运行状况的基本原理。红外检测技术就是对被检物体的温度分布进行成像处理,使其热分布成为二维可视图像,人们可以根据热场分布的变化对被检设备性能好坏进行诊断。对输电线路绝缘子串来讲,它的热分布是与其电压分布相对应的,而电压分布在正常的情况下,与绝缘子串的电容成反比。各电压等级下的绝缘子串中各片分布电压值呈马鞍形。

绝缘子的发热由 3 部分组成:(1)电介质在工频电压作用下极化效应发热;(2)内部穿透性泄漏电流发热;(3)表面爬电泄漏电流发热。当绝缘子运行状况良好时,其发热主要是第 1 项;当瓷绝缘子劣化后,或为瓷件开裂,或在瓷盘上积污,均会使第 2 或第 3 项的泄漏电流加大,发热增加,致使绝缘子温度升高。劣化绝缘子的发热功率只有一个极大值,即当绝缘子的绝缘电阻降低到等效容抗值时,它的发热功率最大,可计算出各种电压等级绝缘子串最大发热时的电阻参考值,见下表。

表 绝缘子串最大发热电阻值

电压等级 (kV)	35	110	220	330	500
电阻值(MΩ)	60~40	70~47	74~49	76~51	77~51

有关研究还表明,当劣化绝缘子的绝缘电阻为 $10\sim 300\text{M}\Omega$ 时,它的发热功率大于正常绝缘子的发热功率,其温升比正常绝缘子要高;当其绝缘电阻为 $5\text{M}\Omega$ 以下时,其上分布电压很低,发热功率小于正常绝缘子发热功率,温升比正常绝缘子低;当劣化绝缘子的绝缘电阻在 $5\sim 10\text{M}\Omega$ 之间时,其温升与正常绝缘子相差很小,从热场分布上很难分别,人们又称这个区段为“盲区”。

正常的瓷绝缘子串的发热很小,它的热分布与其电压分布规律相同,是不对称的马鞍形,即在绝缘子串的两端部温度偏高,串的中间逐渐减低,温度是连续分布。相邻绝缘子间温差极小,不超过 1K ,为了能准确检测出劣化绝缘子,就要求绝缘子检测所需红外成像仪器测温精度 $\leq 0.1^\circ\text{C}$;当绝缘子的性能劣化后,它的绝缘电阻减小,当绝缘电阻降为 $10\sim 300\text{M}\Omega$ 时,称为“低值绝缘子”,当绝缘电阻降为 $5\text{M}\Omega$ 以下时,称为“零值绝缘子”。对于低值和零值绝缘子,由于它们的绝缘电阻值不同,绝缘子串的电电压分布将发生变化,其发热规律也有相应改变。零值绝缘子的发热功率接近于零,其热像特征是与相邻良好绝缘子相比呈现暗色调(负温升)的热像;在现场检测时,发现绝缘子串中温度分布不连续,且有暗色调(负温升或如同掉了一颗牙一样)的热像,则可判断为零值绝缘子;低值绝缘子因内部钢帽及钢脚之间穿透性泄漏电流增大或介损增大所致,绝缘子呈现以钢帽力中心温升偏高(亮如灯笼)的热像,相邻片间温差要超过 1K ,而当绝缘电阻值介于在 $5\sim 10\text{M}\Omega$ 之间时,此时的热像显示往往与正常状态的绝缘子不易区别,也可称此时为“检测盲区”;正常瓷绝缘支柱的热像特征是上部温度较高,下部温度较低,热场分布均匀;当支柱绝缘劣化时,其热场分布将发生改变,如可能出现上低

下高的温度分布。影响红外检测的主要因素主要有：发射率、太阳和背景辐射和气象条件等。红外成像法故障诊断方法主要有温度判断法、同类比较法、同相比较法和档案分析。

应用红外技术检测在线瓷绝缘子运行状况是一种可靠、高效的检测手段,尤其适于检测 330kV、500 kV 以及将要建成的 750 kV 线路中超长瓷绝缘子的检测。对涂有半导体釉的防污绝缘子也非常有效。因为此类绝缘子在线带电运行时,正常绝缘子的表面电流较大,温升较高,而劣质绝缘子的表面温度比正常绝缘子低好几度,用红外热像仪易于识别。但对于普通釉的瓷绝缘子,其正常表面温度与劣质绝缘子表面温度仅相差 1℃左右,难以检测出零值、低值绝缘子。

红外检测技术受绝缘子运行环境、气象条件、检测时间、检测距离等的影响较大,应在符合红外检测条件下进行瓷绝缘子在线检测。由于该方法是检测放电积累或漏电流引起的温升,从而分辨低值绝缘子,但该法不能进行早期预告,而且不是在线检测的手段。

2.5 紫外成像监测法

紫外成像仪能直接检测出设备异常温升之前的放电过程,是国际上放电检测的主要方法。紫外成像仪比起其他检测手段,具有观察直观、预见性好、观测距离远等优点,但由于紫外成像仪价格昂贵,且只能观察较强的放电信号,所以它一般情况下只能以检测电晕、局部放电及电弧为主。而绝缘子的放电非常微弱,即使有劣质绝缘子出现,一般表现为空气电离的增加,尚未出现明显的放电。受到紫外成像仪 CMOS 感光灵敏度和远距离检测的限制,在绝缘子的微弱空气电离发展为电弧之前,难以通过紫外成像仪观测到。

2.6 其他方法

小球放电法是目前较常用的检测方法。该法可通过测量绝缘子两端的小球产生放电时的距离来分析绝缘子的电压分布,从而判断被测绝缘子是否正常。这种方法需频繁调整小球距离,误判率较大。

智能绝缘子检测仪法是通过仪器本身发出的脉冲电压,施加在被测绝缘子上,测量脉冲电流值,能够在线带电(或不带电)定量地检测出每一片绝缘子的电阻值。该仪器的优点是克服了传统检测方法不能量化的缺点,对操作人员的技术要求低,相对其他方法更为直观和量化。但是,必须登杆逐片测量。

激光多谱勒振动法是利用已开裂绝缘子的振动中心频率与正常时不同的特点,通过外力如敲击铁塔或将超声波发生器所产生的超声波,用抛物型反射镜对准被测绝缘子或用激光源对准被测绝缘子,以激起绝缘子的微小振动,然后将激光多谱勒仪发出的激光对准被测的绝缘子,根据对反射回来的信号进行频谱分析,以获得该绝缘子的振动中心频率值,据此判断该绝缘子的好坏。采用激光多谱勒振动法制得的仪器,体积庞大、笨重,使用及维修复杂、造价高,对未开裂的绝缘子检测无效等,限制了它的使用范围。