

红外热成像技术在配电线路缺陷诊断中的应用

陈加文

(深圳供电局有限公司, 广东 深圳 518000)

摘要: 局部过热是配电线路中常见的隐蔽缺陷, 难以通过目测巡视发现, 容易演变成故障, 降低供电可靠性。文章结合实际运维经验, 介绍红外热成像技术的原理及其特点, 并根据红外热成像技术在配电线路缺陷诊断中的应用, 对过热缺陷进行分析, 详细说明红外热成像技术在配电线路缺陷诊断中的重要作用, 以期为配电线路运维工作提供参考。

关键词: 红外热成像; 配电线路; 缺陷诊断

中图分类号: TM76

The Application of Infrared Thermal Imaging Technology in the Diagnosis of Defects in Distribution Lines

CHEN Jiawen

(Shenzhen Power Supply Bureau Co., Ltd., Guangdong Shenzhen 518000, China)

Abstract: Local overheating is a common hidden defect in distribution lines, which is difficult to detect through visual inspection and can easily evolve into faults, reduce power supply reliability. This article will combine practical operation and maintenance experience to introduce the principle and characteristics of infrared thermal imaging technology. Based on the characteristics of infrared thermal imaging in the diagnosis of defects in distribution lines, the situation of overheating defects in distribution lines will be analyzed, and the important role of infrared thermal imaging technology in the diagnosis of defects in distribution lines will be explained in detail, in order to provide reference for the operation and maintenance of distribution lines.

Keywords: infrared thermal imaging; distribution lines; defect diagnosis

红外线是自然界中最广泛的辐射, 红外辐射的能量与物体表面的温度直接相关, 利用这一特性可以做到无需接触物体就能测量出物体表面温度。测试时红外线将会被大气吸收, 导致强度明显下降, 仅在短波 $3\sim 5\ \mu\text{m}$ 和长波 $8\sim 12\ \mu\text{m}$ 的 2 个波段具有较好的穿透率, 通常称大气窗口。红外热像技术就是针对这 2 个波段进行检测, 计算并显示物体的表面温度。

1 配电线路过热缺陷分析

1.1 配电线路过热缺陷的危害

配电线路过热是导致故障的重要原因, 架空导线出现过热缺陷时, 可能烧断导线, 引起断线故障, 烧断的导线可能进一步引发短路接地故障, 如果导线烧断落在地面甚至可能引发人身触电事故; 电缆线路过热会烧毁电缆, 严重的引起同沟电缆起火, 引发大面积停电事故; 变压器过热可能导致变压器烧坏, 甚至引起爆炸。配电线路的各个部位均有可

收稿日期: 2024-03-05

能出现过热缺陷, 其中变压器接线柱、断路器开关接线柱、隔离开关及其触头、电缆头、架空线路接线夹或连接点、绝缘子、电缆沟等是最易发生过热缺陷的部位。物体的温度不会突变, 因此过热缺陷有一个演变过程, 这就为提前诊断发现缺陷赢得了时间。

1.2 配电线路过热缺陷产生的原因

过负荷运行。导体本身存在电阻, 因此电流流经导体时就会发热。当导体流通的电流在其额定范围内时, 其发热量不会影响电气设备安全, 但当配电线路过负荷运行时, 其流通的电流就会超过额定电流, 发热量也会超出安全范围, 出现过热现象。夏季是过热缺陷发生的高发季节, 因此应加强负荷监控和测温工作。

接触不良。配电线路中存在大量的连接点, 如变压器、开关、刀闸等设备触头和导线连接部位。这些连接点如果出现接触不良, 就会导致连接点电阻增大, 即使流经的电流在额定范围内, 也会导致该部位温度异常升高。导致接触不良的原因主要有

以下几点：

材料质量较差。在线路设备验收过程中验收人员把关不严，导致劣质金具或设备材料投入运行。

安装质量不过关。由于安装人员在操作过程中疏忽大意，或现场施工人员的责任心不强，在安装导线连接点时未将螺丝打紧、未按规定安装平垫圈、安装铜铝过渡连接时没有采用铜铝过渡线夹等不正确的现象时有发生，这些使金具出现发热现象。

接头松动。接头松动通常是因季节性的气温差导致的，长期受热胀冷缩等因素影响，使线路中的接头出现松动现象，或者因为设备长期振动，导致连接螺栓松动。

腐蚀氧化。配电线路长期暴露于室外环境中，受到风雨、日晒、雷电等天气影响，使其接触面出现氧化现象，导致接触电阻值增大，进而产生过热问题。

电缆沟超容。电缆沟内电缆超容，散热不佳，电缆发热出现叠加效应，即使电缆的负荷没有过载，也会出现沟内电缆过热缺陷，严重时会引起电缆沟着火。

局部放电。当绝缘子或者电缆头发生局部放电时，放电部位的温度会明显高于正常部位，通过热成像技术可以快速定位温度异常的部位。

散热不良。室内设备散热环境较差，需要借助散热设备进行散热，如风机、风扇等，但由于运维不到位等原因，散热系统出现故障未及时修复，导致设备散热不良。常见的有干式变压器温控装置或者风扇故障、配电房排风扇故障等。

2 红外热成像技术的应用

2.1 架空配电线路过热缺陷诊断

架空配电线路裸露可见，是红外热成像技术应用最广泛的地方。利用红外热成像仪，可以在地面轻松测量配电线路连接点、触头、刀闸等各个部位的温度，快速发现过热缺陷。如果被测量设备整体过热，可以初步判断因过负荷导致；如果只有个别点位温度过高，则可以判断为接触不良或者氧化导致的局部电阻增大。受异物遮挡等因素影响，也可能出现测量盲区，为了消除盲区，建议配合无人机搭载红外成像仪进行测量，确保测量无死角^[1]。

2.2 三相不平衡缺陷诊断

根据焦耳定律，温升与电流成正比，导体温升可以间接反应电流情况。在三相导体电阻接近的情况下，当三相电流平衡时，三相导体的温度也应平衡，当三相温差较大时，可以判断为三相不平衡。

2.3 配电变压器缺陷诊断

当变压器个别触头或者触头的某个点位温度异常时，可以判断为接触不良或者氧化；当变压器触头温度过高，同时变压器油温过高时，可以判断为变压器过载；当变压器触头温度正常，同时负荷电流在额定范围内，而油温异常时，则变压器可能存在于内部缺陷^[2]。

2.4 局部放电缺陷诊断

当绝缘子或电缆头发生局部放电时，放电部位的温度会明显高于正常部位，通过热成像技术可以快速定位温度异常的部位。

2.5 户内电缆终端头的过热诊断

户内电缆终端头通常在全封闭柜体内，红外热成像技术难以应用，可在柜门加装红外透视观察窗，使得红外线可以穿透。利用红外热成像仪对电缆头进行测温，可发现接触不良、过负荷、放电等电缆头缺陷。

2.6 电缆沟道过热缺陷诊断

夏季是电缆沟过热缺陷高发季节，利用红外热成像仪对沟内温度进行测量，不仅可以发现沟内整体温度，还可识别过热的电缆。当沟内温度过高时，应及时采取降负荷、通风等措施降温。

3 配电线路过热判定标准

导体的材质和绝缘材料决定了其长期允许最高工作温度，表1是常见设备的长期允许最高工作温度。

4 应用情况

4.1 典型应用案例

2018年6月29日，在某220 kV变电站10 kV樟荷线F12巡视中，发现05070101083杆的电缆头温度高达148.3℃，属于紧急缺陷，运维人员立即采取消缺措施，避免了一场故障。此案例检测的结果是由于电缆头连接螺栓松动导致过热缺陷。

2019年6月3日，在某110 kV变电站10 kV

表1 材料最高工作温度

不同电缆	适用的电压规格	长期允许最高工作温度/℃
橡皮绝缘电线/V	500	65
塑料绝缘电线/V	450/750	70
交联聚乙烯绝缘电力电缆/kV	1~10	90
	35	80
聚氯乙烯绝缘电力电缆/kV	1	70
裸铝、铜母线和绞线/kV	1	70

上井线 F06 巡视中,发现上井柱上开关负荷侧 A 相隔离开关的温度达到 147.5℃,运维人员立即采取紧急消缺措施。此案例检测的结果是由于线路负荷重载,同时该隔离开关残旧锈蚀严重,导致过热缺陷,如图 1 所示。



图1 隔离开关测温结果

4.2 2023 年上半年配电线路缺陷及故障数据调查

截至 2023 年底,深圳供电局变电站数量已达 308 座,其中新改扩建 22 座变电站。输电电缆总长度为 1 523 km,输电线路电缆化率达到 26.5%。

以 2022 年 2 月新投运的 110 kV 雨虹变电站为例,总容量为 18.9 万 kV·A,线路全长 11.9 km。2023 年上半年本区域内公用线路设备缺陷及故障调查结果如下:(1)第一季度未使用红外热成像仪巡视线路设备,只发现架空线、刀闸及变压器的缺陷共 9 宗。而实际发生的情况为:公用架空线断线故障 18 宗,刀闸故障 13 宗,变压器故障 1 宗。(2)第二季度试点应用红外热成像仪进行巡视,提前发现架空线、刀闸及变压器的缺陷共 29 宗。红外热成像仪使用后故障有明显的下降,架空线断线故障 4 宗,刀闸故障 2 宗。

经过 2023 年第一二季度调查数据证明采用红外热成像仪巡视检测线路设备后,故障率有明显下降,如图 2 所示。这说明了使用红外热成像仪巡视线路设备能及时发现缺陷并得到及时处理,有效地降低线路设备的故障率,提高供电可靠性。

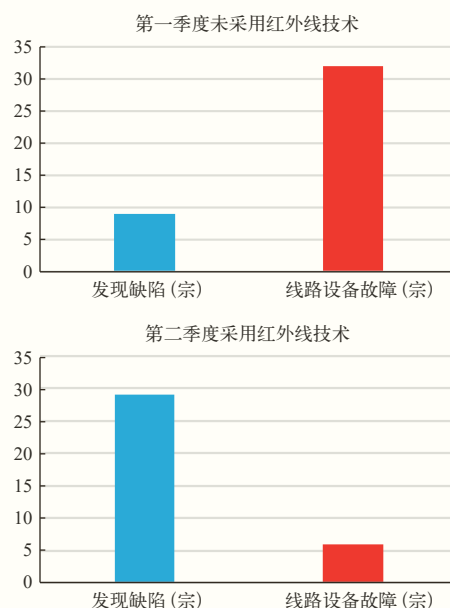


图2 2023 年上半年统计情况

5 结束语

过热缺陷作为目测巡视中难以发现的缺陷,极易发展成为故障,对电网运行的可靠性造成威胁,提高过热缺陷诊断效率是降低配电线路故障率最有效的措施。因此,电力企业须结合实际情况采取科学的缺陷诊断技术,这也需要配电运维人员掌握足够的缺陷诊断、判断及分析能力。建议在人力资源配置、绩效考核机制上将巡视作为重点工作,提高重视程度;注重运维人员的培训,提升缺陷诊断能力;积极运用先进的仪器设备,及时找出配电线路的隐蔽缺陷并加以解决,保障电网的可靠运行。

参考文献

- [1] 莫汉培. 红外测温技术在配电线路状态检修中的应用研究[J]. 中国高新技术企业, 2013 (30): 38-39.
- [2] 张钟秀, 张炜帆. 红外测温技术在城网配电系统中的应用[J]. 山西电力, 2010 (6): 11-14.

作者简介

陈加文 (1969—), 男, 本科, 工程师, 主要从事配电工作, E-mail: chenjiawen88888@163.com.

(责任编辑: 袁航)