

非电量在线检测技术在状态检修中的应用

徐克华

(广安电业局, 四川 广安 638000)

摘要: 由于非电量在线检测技术在生产实际中具有不停电、不取样、直观、准确、快速及安全等特点, 通过对状态检修相关文件的分析, 在设备状态检测过程中开展了红外、紫外检测技术、SF₆ 气体激光检漏技术、局部放电超声检测技术等非电量在线检测技术的研究与应用, 为输变电设备的状态检测提供了一种灵活的检测手段。

关键词: 状态检修; 非电量检测; 红外; 紫外; 激光; 超声波

Abstract: Online detection of non-electrical quantities for electrical apparatus is a kind of detecting method without power cut-off and sampling and possesses the advantages of accuracy, rapidity and safety during the site application. Based on the relevant files of condition-based maintenance (CBM), the research and application of non-electrical quantities technique are summarized such as infrared/ultraviolet detection technique, SF₆ gas leakage hunting technique using laser and ultrasonic detecting technique for partial discharge, which undoubtedly will be a contribution to the flexible detection for CBM of transmission and distribution equipment.

Key words: condition-based maintenance; non-electrical quantity detection; infrared; ultraviolet; laser; ultrasonic wave

中图分类号: TM835 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6954(2009)06-0079-03

随着电网的快速发展, 以及用户对供电可靠性要求的逐步提高, 传统的基于周期的设备检修模式已经不能适应电网发展的要求, 迫切需要在充分考虑电网安全、环境、效益等多方面因素情况下, 研究、探索提高设备运行可靠性和检修针对性的新的检修管理方式。近年来, 国家电网公司积极开展了状态检修相关工作的研究和探索。作为解决当前检修工作面临问题的重要手段, 状态检修对提高设备健康水平, 保证电网安全、可靠运行具有重要意义^[1,2]。

根据国家电网公司状态检修相关规定的要求, 四川电网积极开展了红外、紫外检测技术、SF₆ 气体激光检漏技术以及局部放电超声波检测技术等非电量检测技术的研究, 通过这些状态检测新技术与新方法的应用和推广, 对设备状态进行了严密监测和全过程控制, 有力推动了四川状态检修工作的规范开展。

1 状态检修对非电量在线检测技术的需求

状态检修的目标是通过加强对设备状态的检测和监视, 提高设备的运行可靠性, 从而提升电网安全运行水平。国家电网公司在编制《输变电设备状态检修试验规程》时, 已采纳了适当放宽停电的例行试验, 加强在线检测的技术思路。因此, 在开展状态检

修的过程中, 就需要通过对各种新技术、新方法的应用, 进一步促进状态检测技术的发展^[3]。与预防性试验规程不同的是, 目前红外检测技术已经作为例行试验项目用于检测设备是否存在异常温度变化的情况。而且通过对状态检修相关文件的分析, 可以发现今后对在线检测技术的需求会随着电网规模的迅猛增长越来越多。

同时在国家电网公司设备状态检修管理规定中, 也明确要求: “各区域电网有限公司、省(自治区、直辖市)电力公司负责贯彻国家电网公司设备状态检修相关管理规定和技术标准, 并制定本单位实施细则”^[2]。因此在参考四川省输变电设备的运行维护经验基础上, 制定了四川省相关文件的实施细则, 其中明显地体现出了希望在今后的状态检修工作中加强在线检测技术的研究、应用和推广的工作思路。并且在四川省的状态检修体系建设中, 充分肯定了在线检测技术生产实际中的应用成效。目前四川省在状态检修工作中开展较多的在线检测技术主要有红外/紫外检测技术、SF₆ 气体激光检漏技术以及局部放电超声波检测技术等, 更多的是侧重于非电量在线检测技术的应用与推广, 其中主要原因是非电量检测技术受现场复杂的电磁场环境影响较小, 而且近年来随着传感器技术的发展, 使得非电量检测技术的灵敏度大

大提高,非常有利于现场开展设备的状态检测工作。随着非电量在线检测技术的不断发展和成熟,今后会在状态检修工作中显得越来越重要。

2 非电量在线检测技术在状态检修中的应用

根据四川省在线检测技术研究水平,目前状态检修工作主要应用的非电量检测技术有:红外/紫外检测技术、紫外检测技术、SF₆ 气体激光检漏技术以及局部放电超声波检测技术等,在生产实际中具有不停电、不取样、直观、准确、快速及安全等特点^[4,5]。通过在现场的应用与推广,发现了大量的设备缺陷或故障,为电网运行及时采取应对措施提供了科学依据。

2.1 红外检测技术

电气设备过热故障发生后,会造成导体发热、烧断、设备损坏以至于被迫停运,因此对设备过热的超前控制,减少设备过热缺陷就具有重要意义。一旦被测设备存在缺陷,相应部位的温度场会发生变化,红外检测技术能够准确地检测出电气设备的温度分布信息,将不可见的设备表面温度分布转换为可见光图像,从而揭示缺陷设备的异常状态,为设备故障判断提供准确的数据。目前红外检测技术已经在四川省广泛使用。目前红外检测技术已经非常成熟,在状态检修工作也作为例行试验项目,对及时发现、预防、处理重大事故的发生起到了关键作用^[4]。

红外检测技术是利用红外探测器和光学成像物镜接受被测设备辐射的红外线,然后成像在红外探测器的光敏元件上,从而获得红外热像图,这种热像图与物体表面的热分布场相对应。即将物体发出的不可见红外线能量转变为可见的热图像。热图像中的不同颜色代表被测物体的不同温度。

2.2 紫外检测技术

对于在大气条件下工作的高压电气设备,往往不可能完全排除电晕和表面局部放电的产生。由于设备表面粗糙存在毛刺、结构缺陷以及污秽等原因,会造成运行中电场集中、电荷密度过大而发生电晕等放电现象^[3,6]。如果电气设备出现较为强烈的电晕或电弧放电现象,再加上恶劣的外部环境影响,极有可能发生闪络引起绝缘事故^[7]。利用空气中电晕放电会产生紫外线的特点,四川省已经开展了电晕放电紫外检测技术的研究与应用。目前国内外主要有两种类型的紫外检测设备,分为日盲型紫外检测设备与夜

视型紫外检测设备(非日盲型紫外设备)。日盲型紫外检测设备工作在紫外波长在 240~280 nm 之间,由于包围地球的臭氧层吸收了这一部分紫外线,所以在地面的太阳光谱中缺失了紫外线波段范围小于 300 nm 的这一部分,使得日盲型紫外观测设备能够在白天阳光下使用^[8]。而夜视型紫外检测设备不能避开太阳中紫外光的影响,所以应在日落后或夜间使用。

一般情况下,紫外检测技术可以检测到所有电气设备的电晕放电现象^[6]。比如金属导电体表面粗糙、存在锐角或尖端、均压措施不当,以及绝缘体表面破损或裂纹、存在污秽等电晕放电^[8]。绝缘体的电晕放电相对于导电体的电晕放电来说,对电力安全运行的危害更加严重。通过紫外仪可以清晰地发现,四川省某 500 kV 变电站母线接地开关均压环端部由于锈蚀、电镀层剥离等引起表面粗糙,形成局部电场畸变,导致异常电晕放电。

2.3 SF₆ 气体激光检漏技术

在电力系统中,当以 SF₆ 气体作为绝缘和灭弧介质的断路器在使用过程中发生泄漏时,绝缘介质的减少及水分的进入会导致设备绝缘强度降低。而且在电弧及局部放电、高温等因素影响下, SF₆ 气体会进行分解,分解产物遇到水分后会产生一些剧毒物质,这些剧毒物即便是微量也能致人非命。并且泄漏出来的 SF₆ 气体及其分解物会往室内低层空间积聚,且不易散发,对进入室内的检修及巡视人员的安全构成严重威胁。此外, SF₆ 气体还是一种温室效应气体,因此其安全性已受到人们的广泛关注。

SF₆ 气体激光检漏技术是运用 SF₆ 气体对长波红外线有很强吸收能力的特性,采用后向散光成像技术对气体进行成像。当检测区域存在 SF₆ 气体泄漏时,由于 SF₆ 气体对红外光线具有强烈吸收作用,所以此时反射到检测设备的红外能量会急剧地减弱, SF₆ 气体在显示设备上显示为黑色烟,并且随着气体浓度变化,黑度也不同。在这种方式下, SF₆ 气体泄漏源就可以快速、准确确定^[9]。原理图如图 1 所示。

2.4 局部放电超声检测技术

SF₆ 气体绝缘组合电器设备(GIS)因具有故障低、免维护等特点而在电力系统中被广泛使用。但是 GIS 的特殊性,使得除微水检测等少数试验项目外,现行高压试验的大多数项目无法用于 GIS 长期以来几乎处于无维护状态。一旦 GIS 设备内部出现缺陷,一般不容易进行排查。

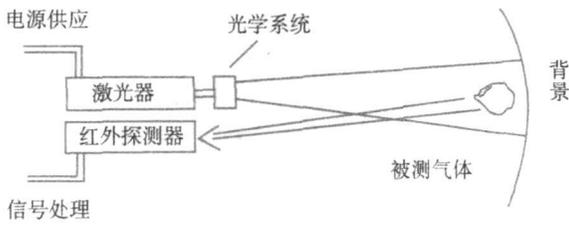


图 1 SF₆ 气体激光检漏原理图

GIS 局部放电超声波检测技术是基于声发射原理的检测方法。当 GIS 设备发生局部放电、电晕等缺陷时, 会伴随有电、声、光信号的产生。GIS 局部放电产生的能量使周围 SF₆ 气体的温度骤然升高, 从而形成局部过热, 所产生的扰动以压力波的形式传播, 类型包括纵波、横波和表面波。GIS 中沿 SF₆ 气体传播的只有纵波, 这种超声纵波以某种速度以球面波的形式向四周传播^[10, 11]。由于超声波的波长较短, 因此它的方向性较强, 能量较为集中。当这种波到达 SF₆ 与金属外壳的交界面时, 一部分透过金属外壳继续传播。把超声传感器紧贴在 GIS 金属壳体的外部, 就可接收到局放产生的超声波信号。再根据实际运行经验加以分析, 可以对 GIS 的运行状况进行评估与判断。检测原理图如图 2 所示。

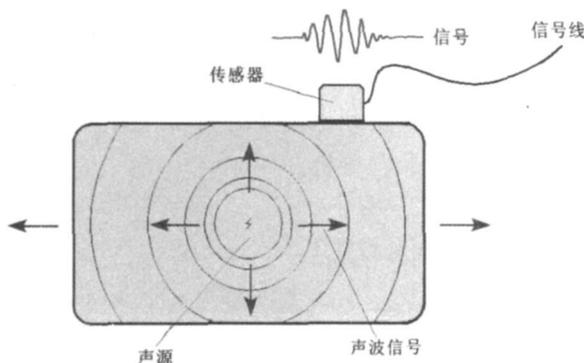


图 2 局部放电超声波检测原理图

2008 年“5·12”汶川大地震后, 四川省在抗震救灾、隐患排查过程中, 应用超声波检测技术开展了 GIS 局部放电检测, 发现靠近地震震中位置的某水电站 GIS 出线筒的水平段有较明显的放电信号, 分析该部位可能受地震影响产生缺陷。检测结果如图 3 所示。

3 结 论

在开展状态检修工作中应用了红外 / 紫外检测技术、SF₆ 气体激光检漏技术、局部放电超声检测技术

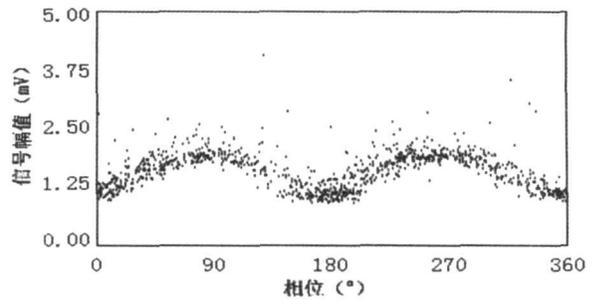


图 3 GIS 局部放电超声波检测结果

等非电量带点检测技术对输变电设备状态进行了检测与诊断, 检测结果显示非电量带点检测技术能够准确、快速、直观地反映出设备的状态信息, 能够作为一种灵活的检测手段应用于状态检修工作中。并且在今后的状态检修工作中, 非电量在线检测技术的应用会越来越广泛。

参考文献

- [1] 国家电网公司. 国家电网公司关于规范开展状态检修工作意见 [Z]. 2008.
- [2] 国家电网公司. 国家电网公司设备状态检修管理规定 (试行) [Z]. 2008.
- [3] 国家电网公司. Q/GDW 168—2008《输变电设备状态检修试验规程》及编制说明 [Z]. 2008.
- [4] 胡红光, 电力红外诊断技术作业与管理 [M], 中国电力出版社, 2006, 10—14.
- [5] 迟殿林, 曾庆立. 用紫外成像检测电气设备外绝缘状况 [J]. 东北电力技术, 2005, (1): 22—23.
- [6] 寇晓适, 卢明, 夏中原, 刘博, 高新志. 紫外放电检测在电力系统设备状态检修的应用 [J]. 河南电力, 2008, (1): 1—5.
- [7] 刘振亚. 特高压电网 [M]. 中国经济出版社, 2005, 255—256.
- [8] 戴利波. 紫外成像技术在高压设备带电检测中的应用 [J]. 电力系统自动化, 2003, 27(20): 97—98.
- [9] 北京华光天星国际科技发展有限公司. GD—100 型 SF₆ 气体激光可视检漏仪使用指南 [Z]. 中国, 2008, 2—5.
- [10] 陆瑾, 袁聪波, 孙骏, 等. 变压器局部放电的电—声联合检测技术应用 [J]. 华东电力, 2006, 34(9): 78—80.
- [11] 罗勇芬, 李彦明, 刘丽春. 变压器局部放电的超声波和射频联合检测技术的现状和发展 [J]. 变压器, 2003, 40(12): 28—30.

作者简介:

徐克华 (1970—), 男, 工程师, 技术管理。

(收稿日期: 2009—08—20)