

带电检测技术在GIS缺陷检测中的应用

周娅茹

国网甘肃电力刘家峡电厂 甘肃 临夏 731600

摘要: 本文深入探讨了带电检测技术在GIS（气体绝缘金属封闭式开关设备）缺陷检测中的应用。通过分析GIS带电检测的重要性，概述了常用的带电检测技术手段，并详细阐述了这些技术在GIS缺陷检测中的具体方法和实施步骤。同时本文还讨论了带电检测技术在GIS缺陷检测中面临的挑战与优化措施，为电力行业的设备维护与安全管理提供了有价值的参考。

关键词: GIS；带电检测技术；缺陷检测；优势与挑战

引言：GIS设备作为电力枢纽，其稳定运行关乎电网安全。鉴于其复杂构造与封闭环境，传统停电检测法效率受限。为此，带电检测技术应运而生，以其非侵入式、高效精准的优势，成为GIS缺陷检测的新利器。该技术能在设备运行中即时识别潜在故障，有效预防事故，保障电网连续可靠供电，是现代电力维护不可或缺的创新手段。

1 GIS设备进行带电检测的重要性

在现代电力系统中，气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）以其高可靠性、占地面积小、维护成本低等优势，逐渐成为高压电网建设中的关键组成部分。GIS设备内部集成了断路器、隔离开关、互感器、母线等多种高压电气设备，这些设备在封闭的金属外壳内以SF₆（六氟化硫）等绝缘气体作为介质，有效隔离了外部环境对内部电气元件的影响，提高了系统的整体绝缘性能。尽管GIS设备设计精良，但在长期运行过程中，仍可能因材料老化、制造缺陷、安装不当或外部环境变化等因素导致内部电气性能下降，甚至出现故障，对电网的安全稳定运行构成潜在威胁。因此，GIS设备的带电检测技术显得尤为重要，它如同电网安全的隐形哨兵，时刻守护着电力输送的“生命线”。

1.1 及时发现潜在缺陷，预防重大事故

GIS设备内部的高压电气元件在运行时，其电气特性、机械性能以及绝缘状态等都会随着时间和环境条件的变化而逐渐发生细微变化^[1]。这些变化在早期往往难以通过常规的巡视检查发现，但一旦积累到一定程度，就可能引发设备故障，甚至导致电网大面积停电事故。带电检测技术能够在设备正常运行状态下，通过非接触式或微侵入式的方式，对GIS设备内部的电气参数、温度分布、局部放电等关键指标进行实时监测和数据分析，从而及时发现并定位潜在的缺陷或异常，为后续的检修和

维护工作提供准确依据。这种“早发现、早处理”的策略，有效避免了故障从量变到质变的恶化过程，预防了重大事故的发生。

1.2 提高检修效率，降低运维成本

传统的GIS设备检修往往需要停电进行，这不仅影响了电网的供电可靠性，还增加了检修工作的复杂性和成本。带电检测技术允许在设备带电运行状态下进行检测，无需停电，从而大大减少了因停电造成的经济损失和社会影响。同时由于带电检测技术能够精确定位缺陷位置，使检修工作更加具有针对性和高效性，避免了盲目检修和过度检修带来的资源浪费。此外，通过定期对GIS设备进行带电检测，还可以建立设备的健康档案，为设备的状态评估和寿命预测提供科学依据，进一步优化运维策略，降低运维成本。

1.3 保障电网安全稳定运行，提升供电可靠性

电网的安全稳定运行是电力供应的基本保障。GIS设备作为电网中的重要节点，其运行状态直接关系到整个电网的安全性和可靠性。带电检测技术的应用，能够实现GIS设备全天候、全方位的监控，确保设备始终处于良好的运行状态。一旦发现潜在缺陷或异常，立即采取相应措施进行处理，避免了设备故障对电网的冲击和影响，提高了电网的供电可靠性和稳定性。这对于满足社会日益增长的电力需求、促进经济发展和社会进步具有重要意义。

1.4 推动技术进步与产业升级

随着智能电网建设的不断推进，对GIS设备带电检测技术也提出了更高的要求。为了满足这些要求，相关企业和科研机构不断加大研发力度，推动带电检测技术的创新和升级。新的检测方法和设备不断涌现，如超声波检测、特高频局部放电检测、红外热成像检测等，这些技术的应用进一步提高了带电检测的准确性和效率。同

时,带电检测技术的普及和应用也促进了GIS设备制造、运维等相关产业的协同发展,推动了电力行业的整体技术进步和产业升级。

2 带电检测中常用的技术手段

在电力系统的日常运维中,带电检测技术作为预防性维护的关键手段,对于确保GIS(气体绝缘金属封闭开关设备)等高压电气设备的稳定运行至关重要。以下三种最为常用且有效的带电检测方法,它们各自以其独特的优势,在及时发现并诊断设备内部潜在缺陷方面发挥着不可替代的作用。

2.1 超声波检测

超声波检测是一种基于声波传播特性的非接触式检测技术,特别适用于GIS内部局部放电的检测。局部放电是指GIS设备内部绝缘系统中,由于电场分布不均、绝缘材料缺陷或杂质存在等原因,在绝缘介质局部区域发生的放电现象。这种放电虽然能量较小,但会伴随着超声波的产生,其频率远高于人耳可闻范围,因此需要通过专门的超声波传感器进行捕捉和分析。

2.1.1 超声波检测工作原理

超声波传感器被安装在GIS设备的外壳上,通过接收并转换设备内部局部放电产生的超声波信号为电信号,进而进行信号处理和分析。这些信号包含了放电位置、强度以及类型等重要信息,通过分析这些信息,可以判断GIS设备内部是否存在局部放电现象,并初步定位放电位置。

2.1.2 超声波检测优势与应用

超声波检测具有非接触、无需停电、实时性好等优点,特别适用于在线监测和故障诊断。它能够有效识别GIS设备内部的绝缘缺陷、气泡、裂纹等导致的局部放电,为设备的预防性维护提供重要依据。同时,结合其他检测手段,如特高频局部放电检测,可以进一步提高诊断的准确性和可靠性。

2.2 特高频局部放电检测

特高频局部放电检测是另一种针对GIS内部高频放电信号进行监测的先进技术。GIS设备在发生局部放电时,会产生频率高达数百MHz至数GHz的特高频电磁波,这些电磁波能够穿透SF₆等绝缘气体,并在GIS金属外壳上形成微弱的电磁波信号。特高频局部放电检测正是利用这一特性,通过特高频天线接收并分析这些信号,从而实现GIS设备内部局部放电的监测和诊断。

2.2.1 特高频局部放电检测工作原理

特高频天线被安装在GIS设备的外壳上,用于接收设备内部局部放电产生的特高频电磁波信号。接收到的

信号经过放大、滤波、数字化等处理后,送入计算机进行进一步分析。通过分析信号的波形、频谱、相位等特征,可以判断GIS设备内部是否存在局部放电现象,并确定放电的位置、类型及严重程度。

2.2.2 特高频局部放电检测优势与应用

特高频局部放电检测具有极高的灵敏度和抗干扰能力,能够检测到GIS设备内部非常微弱的局部放电信号,特别适用于早期缺陷的检测^[2]。并且由于特高频电磁波在GIS设备内部传播时衰减较小,因此可以实现较远距离的检测和定位。这使得特高频局部放电检测在GIS设备的预防性维护、故障诊断及状态评估中具有广泛应用前景。

2.3 红外热成像

红外热成像技术是一种基于物体表面温度分布差异进行成像的检测方法。GIS设备在正常运行过程中,由于电流通过会产生一定的热量,这些热量会通过热传导、对流和辐射等方式散发到设备表面。当GIS设备内部存在接触不良、绝缘老化等缺陷时,会导致局部区域温度异常升高,形成热故障点。红外热成像技术正是通过检测GIS设备表面的温度分布,识别出这些异常发热区域,从而判断设备是否存在缺陷。

2.3.1 红外热成像工作原理

红外热成像技术是一种非接触式测温手段,其核心在于捕捉并解析物体表面发射的红外辐射能量。该技术利用先进的红外探测器阵列,精准接收GIS(气体绝缘金属封闭开关设备)等工业设备表面因温度差异而辐射出的红外光波。这些微弱的光信号被转化为电信号后,经过高增益放大、精密的数字信号处理及图像重建算法,最终生成直观的设备表面温度分布图。通过红外热成像图,操作员能够迅速识别出设备中异常高温或低温的区域,这些区域往往预示着潜在的电气故障、接触不良、过载运行等问题^[3]。结合专业知识,进一步分析这些温度异常的原因及性质,有助于及时采取维护措施,预防重大故障的发生,确保电力系统的安全稳定运行。

2.3.2 红外热成像优势与应用

红外热成像技术具有非接触、直观、快速等优点,能够在不影响GIS设备正常运行的情况下进行检测。它特别适用于检测GIS设备表面的温度异常现象,如接触不良、绝缘老化等导致的局部过热问题。此外,红外热成像技术还可以与超声波检测、特高频局部放电检测等技术相结合,形成多参数综合诊断系统,提高GIS设备故障诊断的准确性和可靠性。

3 带电检测技术在GIS缺陷检测中挑战与优化措施

3.1 带电检测技术在GIS缺陷检测中挑战

3.1.1 外部干扰复杂多变

带电检测技术在GIS缺陷检测过程中面临着复杂的外部干扰问题。GIS设备通常运行在电磁环境复杂、机械振动频繁的场合，这些外部因素可能对检测信号产生干扰，影响检测结果的准确性。例如，电磁干扰可能掩盖局部放电信号，导致漏检或误判；机械振动可能产生噪声信号，干扰超声波检测等。因此，如何有效抑制和消除外部干扰，提高检测信号的信噪比，是带电检测技术需要解决的重要问题。

3.1.2 技术门槛较高

带电检测技术对检测人员的技能和经验要求较高。检测人员需要掌握多种检测技术的原理和操作方法，具备丰富的实践经验和数据分析能力。同时，随着技术的不断发展，新的检测方法和设备不断涌现，检测人员还需要不断学习新知识、新技能，以适应技术发展的需求。因此，如何培养和引进高素质的检测人才，提高检测队伍的整体素质和技术水平，是带电检测技术面临的挑战之一。

3.1.3 数据处理与分析复杂

带电检测技术在GIS缺陷检测过程中会产生大量的数据。这些数据包括超声波信号、特高频局部放电信号、红外热成像图像等多种类型，具有数据量大、类型多样、关系复杂等特点。如何对这些数据进行有效的处理和分析，提取出有用的信息，是带电检测技术需要解决的关键问题。目前，虽然已有一些先进的算法和工具被应用于数据处理和分析领域，但仍需不断优化和完善，以满足实际应用的需求^[4]。同时随着大数据和人工智能技术的发展，如何利用这些技术提高数据处理和分析的效率和准确性，也是未来带电检测技术发展的重要方向。

3.2 带电检测技术在GIS缺陷检测中优化措施

3.2.1 增强抗干扰能力

(1) 采用高灵敏度、低噪声传感器：选择具有更强抗电磁干扰和机械振动干扰能力的传感器，从源头上减少外部干扰对检测信号的影响。(2) 引入智能滤波算法：利用数字信号处理技术，开发或优化滤波算法，有效剔除噪声信号，提高检测信号的信噪比。(3) 环境适应性设计：对检测设备进行环境适应性设计，如增加电

磁屏蔽层、采用防震装置等，减少外部环境因素对检测结果的影响。

3.2.2 降低技术门槛，提升人员素质

(1) 加强培训与教育：定期组织检测人员进行专业技能培训，包括新技术、新设备的学习与实操演练，提高其业务能力和技术水平。(2) 建立知识共享平台：构建线上知识库和交流平台，方便检测人员随时学习新知识、分享经验，促进团队整体技能的提升。(3) 引入专家系统：开发基于人工智能的专家系统，为检测人员提供决策支持，降低对个别人员经验的依赖。

3.2.3 优化数据处理与分析流程

(1) 采用云计算与大数据技术：利用云计算平台处理海量数据，提高数据处理速度和效率。结合大数据技术，挖掘数据之间的关联性和规律，为缺陷诊断提供更有价值的信息。(2) 开发智能分析算法：结合机器学习、深度学习等人工智能技术，开发智能分析算法，自动识别并分类检测数据中的异常信息，提高分析结果的准确性和可靠性。(3) 建立可视化分析界面：开发用户友好的可视化分析界面，使检测结果以直观、易懂的方式呈现给检测人员，便于快速定位和判断缺陷。

结语

带电检测技术在GIS缺陷检测中的应用，为电力系统的安全稳定运行提供了有力保障。随着技术的不断进步和应用经验的积累，带电检测技术将在GIS设备维护中发挥更加重要的作用。未来，随着智能化、大数据等技术的融入，带电检测技术将更加智能化、自动化，为电力行业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]王波,陈云飞,刘军宇.带电检测技术在电缆设备缺陷发现中的应用[J].山东电力技术,2020,47(12):57-60.
- [2]张大宝,苏峰,李志强,吴治勇,廖渊.基于综合带电检测的故障诊断技术[J].中国设备工程,2020(22):10-11.
- [3]邢伟,琚泽立,侯喆,吕思濛,娄欣,赵学风,张阳.开闭所内电缆局部放电故障的带电检测与诊断[J].电气应用,2020,39(10):39-44.
- [4]肖健斌.开关柜局部放电带电检测技术的应用分析[J].百科论坛电子杂志,2019,000(023):285-289.