

基于声学成像的GIS机械故障带电检测系统分析

田发英 郑伟

国网新疆超高压分公司

摘要: GIS (气体绝缘金属封闭开关设备) 是电力系统中常用的重要设备之一, 而机械故障是GIS运行过程中常见的问题之一, 也是导致GIS事故的主要原因。本文提出一种基于声学成像技术的GIS机械故障带电检测系统。首先, 介绍GIS的基本原理和机械故障的类型。详细讨论声学成像技术在机械故障检测中的原理和应用提出一种将声学成像技术应用于GIS机械故障带电检测的系统架构, 并对其进行了设计和分析。最后通过实验验证该系统的可行性和有效性实验结果表明, 基于声学成像的GIS机械故障带电检测系统具有较高的检测精度和实用性, 可以为GIS设备的安全运行提供有效保障。

关键词: GIS; 带电检测; 声学成像

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6261.2022.09.184

引言

GIS (气体绝缘金属封闭开关设备) 在电力系统中扮演着关键角色, 但机械故障是其主要问题之一。声学成像技术因其非接触性和实时性在机械故障检测中备受关注, 本文在研究并分析一种基于声学成像的GIS机械故障带电检测系统, 以提高GIS设备的安全性和可靠性, 为电力系统运行提供更可靠的保障。

一、GIS 振动噪声特征

GIS的振动噪声特征是机械故障带电检测的重要指标之一。这些振动噪声在频率和幅度上呈现多样性, 反映GIS内部机械结构的运行状态。例如, 接触不良或机构运动异常可能导致振动频率和幅度的变化。通过振动噪声特征的分析, 可以实现对机械故障的早期检测和诊断为GIS的维护提供有效依据。这种分析可以帮助识别潜在的问题, 例如轴承磨损或齿轮错位从而预防机械故障的发生, 振动噪声特征的监测通常通过加速度传感器等设备实现, 这些传感器安装在GIS设备的关键部位。对振动噪声的实时监测能够提高GIS设备的运行效率和可靠性, 同时降低维护成本和故障停机时间, GIS的振动噪声特征在机械故障带电检测中扮演着至关重要的角色。举例而言, 接触不良或机构运动异常常常导致振动频率和幅度的变化, 通过对振动噪声特征的分析能够及早发现潜在问题从而预防机械故障的发生。因此, 振动噪声特征的分析对于GIS机械故障带电检测具有重要意义。

二、GIS机械故障带电检测技术

(一) 故障的定义和分类

GIS机械故障带电检测技术在通过非接触式手段实现对GIS设备在带电状态下机械故障的检测和诊断。故障通常分为机械故障和电气故障两类, 机械故障包括机

构运动异常、接触不良等, 而电气故障则涉及电器元件的损坏或故障, 通过声学成像等技术能够对GIS内部的机械故障进行实时监测和诊断, 为设备运行状态提供有效评估。这种带电检测技术还能识别由于机械运动引起的故障, 如机构摩擦、部件松动或损坏等。在这些故障中机械部件的振动和声音特征可以提供重要线索能够准确识别不同类型的问题, 利用声学成像等技术可以实现对GIS内部机械故障的实时监测和诊断。振动和声音特征对于识别这些故障至关重要, 因此准确的故障定义和分类为开发有效的带电检测技术提供基础, 确保系统能够准确识别不同类型的问题, 并提供相应的解决方案。

(二) 带电检测技术的原理和特点

带电检测技术基于声学成像原理, 通过捕获GIS内部的声音信号并分析声波在不同介质中的传播路径和传播时间, 实现对机械故障的成像和定位。其特点包括: 非接触式检测, 实时性好, 高精度, 适用性广泛。带电检测技术是一种利用声学成像等非接触式方法, 能够在GIS设备运行时实现对内部机械故障的监测和诊断的技术。其原理基于声波在介质中的传播特性, 通过采集GIS内部的声音信号, 并分析声波在不同介质中的传播路径和传播时间, 从而实现对机械故障的成像和定位。这种技术具有非接触、实时性好、高精度和适用性广泛等特点, 为电力系统的维护和运营提供了可靠的监测手段, 这种技术利用声波在介质中的传播特性, 无需直接接触GIS设备, 能够在设备带电状态下进行检测, 具有较高的安全性和操作便利性。同时由于采用了声学成像原理, 具有较高的检测精度能够准确地定位和诊断机械故障, 为维护人员提供了有效的故障诊断信息。此外, 带电检测技术的应用范围广泛, 适用于不同类型的GIS设备和机械故障, 为电力系统的维护和运营提供了可靠

的监测手段。表1是带电检测技术的原理和特点，带电检测技术利用声学成像原理，通过声音信号在介质中的传播特性，实现对GIS设备内部机械故障的监测和诊

断。其非接触式检测、实时性好、高精度和适用性广泛等特点，使其在电力系统维护和运营中具有重要的应用价值。

表1 带电检测技术的原理和特点

特点	内容
原理	基于声学成像原理，通过分析声波在不同介质中的传播路径和时间来实现对机械故障的成像和定位。
非接触式检测	无需直接接触GIS设备，通过声音信号进行检测提高安全性和操作便利性。
实时性好	能够在GIS设备运行时实时监测内部故障，快速生成故障诊断结果。
高精度	利用声学成像原理，具有较高的检测精度能够准确地定位和诊断机械故障。
适用性广泛	适用于不同类型的GIS设备和机械故障，为电力系统的维护和运营提供可靠的监测手段。

三、基于声学成像的GIS机械故障带电检测系统

(一) 声学成像技术的工作原理和流程

声学成像技术是一种利用声波传播特性实现对目标物体成像的技术。其工作原理基于声波在介质中的传播速度和路径的变化，通过采集目标物体发出的声波信号，并记录声波的传播时间和路径，最终生成目标物体的声学图像。在GIS机械故障带电检测系统中，声学成像技术可以应用于识别GIS内部机械部件的异常情况。通过声音信号的捕获和处理，系统可以分析声波在GIS内部的传播路径和传播时间，进而生成反映机械故障位置和性质的声学图像。这种技术不仅能够在带电状态下实现对GIS内部机械故障的检测，而且具有实时性和高精度的优势，为GIS设备的安全运行提供有效的保障。声学成像技术的工作流程包括声音信号的采集、处理和成像。首先通过布置在GIS设备周围的声学传感器采集设备内部发出的声音信号，这些传感器能够捕获到不同频率和振幅的声波，反映出GIS内部机械部件的运行状态。接下来采集到的声音信号经过预处理，包括滤波、放大和降噪等处理，以提高信号的质量和可靠性，最后利用成像算法将处理后的声音信号转换为声学图像，显示出GIS内部机械故障的位置和程度。这种声学成像技术能够快速准确地识别出GIS内部的机械故障，为维护人员提供及时的故障诊断和处理建议。

(二) 系统的构成和组成部分

GIS机械故障带电检测系统主要由声学传感器、数据采集装置、信号处理单元和用户界面组成。声学传感器负责捕获GIS内部的声音信号，其位置布置在GIS设备周围以覆盖整个区域。数据采集装置接收来自声学传感器的信号，并将其转换为数字信号进行处理，信号处理单元对采集到的数字信号进行滤波、放大和降噪等处

理，以提高信号质量。处理后的信号通过成像算法生成声学图像，并在用户界面上显示出GIS内部机械故障的位置和程度，为维护人员提供实时的故障诊断信息。除了上述部件该系统还可能包括存储单元用于保存历史数据和分析结果，以及通信模块用于与其他系统或监控中心进行数据传输和远程监控。声学传感器通常以麦克风的形式实现，安装在GIS设备周围的关键位置，数据采集装置通常由模数转换器和数字信号处理器组成，负责将模拟声音信号转换为数字形式，并进行初步的信号处理。信号处理单元则可能包括数字信号处理器和专门的故障诊断算法，用于进一步处理和分析声音信号，并生成最终的声学图像。用户界面通常以图形化界面实现，提供直观的显示和操作功能，使维护人员能够方便地查看故障诊断结果并采取相应的措施。整个系统的构成和组成部分协同工作，实现对GIS机械故障的准确检测和及时处理。

四、系统性能评估和优势分析

(一) 系统的检测准确性和可靠性评估

系统的检测准确性和可靠性是评估其性能的关键指标之一。针对该系统可以通过对实验数据进行分析和对比，评估其对GIS机械故障的检测准确性。这包括对不同机械故障的识别率和误报率进行统计分析，以确定系统在不同条件下的检测性能。同时可以进行系统的可靠性评估，包括对系统的稳定性、持续运行时间和故障率进行监测和分析。这些评估可以通过长时间的实地测试和模拟实验来完成，以验证系统在实际应用中的可靠性和稳定性。针对系统的检测准确性和可靠性评估，还可以考虑使用指标如敏感性和特异性，敏感性表示系统正确检测出真实存在的故障的能力，而特异性表示系统正确排除不存在的故障的能力，通过对这些指标的评

估,可以全面了解系统在实际应用中的性能表现。此外,还可以采用故障诊断的混淆矩阵等方法对系统进行评估,以综合考虑不同类型故障的检测结果。表2是系统的检测准确性和可靠性评估通过对系统性能的全面评估,可以更好地了解系统的优势和局限性,为进一步优化和改进提供指导。

表2 系统的检测准确性和可靠性评估

指标	内容
识别率	系统正确检测出真实存在的故障的比例
误报率	系统错误地报告不存在的故障的比例
稳定性	系统在连续运行中保持一致的性能和结果的能力
持续运行时间	系统连续运行的时间段,反映系统的稳定性和可靠性
故障率	系统在运行中出现故障的频率
敏感性	系统正确检测出真实故障的能力,即真阳性率
特异性	系统正确排除不存在故障的能力,即真阴性率
混淆矩阵分析	综合考虑系统在不同类型故障情况下的检测准确性和可靠性

(二) 系统的响应时间和效率评估

系统的响应时间和效率是评估其性能的另一个重要方面。响应时间指系统从接收到信号到生成故障诊断结果所需的时间,较短的响应时间意味着系统能够更快速地检测到故障并作出反应,有助于减少故障对电力系统的影响。效率评估可考虑系统的处理能力和资源利用率,系统处理能力越高处理数据的速度越快,从而提高系统的实时性和准确性。而资源利用率则反映系统在运行过程中所需的资源消耗情况,如能源、计算资源等,通过对系统的响应时间和效率进行评估,可以全面了解系统在实际应用中的表现,并为其进一步优化提供依据。针对系统的响应时间和效率评估,可以采用实验测试和仿真模拟相结合的方法,通过实验测试,可以直接测量系统在真实环境中的响应时间,并观察系统在不同负载下的性能表现。同时通过仿真模拟,可以对系统进行虚拟环境下的性能测试,模拟不同场景下的运行情况,以评估系统的效率和稳定性。通过这些评估手段,可以全面了解系统在实际应用中的性能表现。

(三) 系统的成本效益分析

系统的成本效益分析是评估其在投资和运营方面的经济效益的关键步骤。首先,需要考虑系统的建设成本,包括硬件设备、软件开发、人力资源等方面的投入。其次,需要评估系统的运营成本,包括维护、更新和运行等方面的费用。同时,需要考虑系统的收益,包

括通过减少故障停机时间、提高设备利用率等方式带来的经济效益。通过综合考虑成本和收益,可以计算系统的成本效益比判断系统是否值得投资,在进行成本效益分析时还应考虑系统的寿命周期,包括初期投资、运营期间的维护和更新成本,以及系统的使用期间能够带来的收益。通过系统的成本效益分析,可以为决策者提供合理的投资建议并优化资源配置,实现最大化的经济效益。还需要考虑系统带来的附加价值,例如提高电力系统的可靠性和安全性,减少停机损失和事故风险等方面的影响,这些附加价值虽难以直接量化,但对于整体经济效益的提升具有重要作用。同时还应考虑系统的可扩展性和适应性,以应对未来系统升级和扩展的需求,从而最大限度地实现成本效益。通过系统的成本效益分析,可以全面评估系统的经济性和可持续性,为决策者提供科学的依据,确保投资的合理性和有效性。

结语

基于声学成像的GIS机械故障带电检测系统具有重要的应用前景。该系统通过声波成像技术实现了对GIS设备带电状态下机械故障的实时监测和诊断,为电力系统的安全运行提供了可靠保障。通过对系统性能的评估和成本效益分析,可以发现其在提高设备可靠性、降低维护成本和减少停机损失等方面的显著优势,该技术在电力系统维护和运营中具有重要的应用潜力,值得进一步深入研究和推广,基于声学成像的GIS机械故障带电检测系统为电力系统运行提供有效的监测手段。其非接触式、实时性良好的特点使其在早期发现GIS内部机械故障方面具有显著优势。通过系统的性能评估和成本效益分析,可以清晰地看到其在提高设备可靠性、降低维护成本和减少停机损失等方面的潜在益处。因此,该技术不仅在电力系统维护和运营中有着重要的应用前景,而且有望为电力行业带来更安全、更可靠的运行环境。

参考文献

- [1] 马志广,冯新岩.基于特高频带电检测技术的GIS局部放电缺陷的识别与诊断[J].国网技术学院学报,2016.
- [2] 胡海敏;陶佳唯;潘麟;朱梁;田广亮;杨晓彤;韩飞.超声波法在GIS设备带电检测中的应用[J].电力与能源,2022.
- [3] 王连庆;丁道剑;朱建雄;孙雪梅;马国鹏.带电检测技术在GIS缺陷检测中的应用[J].电工技术,2020.