

电力金具线夹相控阵超声检测扫查装置设计

李军涛

中国电建集团河南电力器材有限公司, 河南 漯河 462000

[摘要]随着电力系统规模的扩大和复杂性的增加, 电力金具线夹作为电力系统中重要的连接部件, 其质量对于电力系统的安全性和可靠性具有至关重要的影响。然而, 由于制造、材料、环境等因素的影响, 电力金具线夹在运行过程中可能会出现各种缺陷和故障, 如裂纹、腐蚀、松动等, 这些缺陷和故障不仅会影响电力系统的正常运行, 严重时甚至可能导致事故。因此, 对电力金具线夹进行定期的检测和维护是保证电力系统安全稳定运行的重要措施。

[关键词]超声检测; 超声检测扫查装置; 电力

DOI: 10.33142/hst.v6i9.10406

中图分类号: TH122

文献标识码: A

Design of Phased Array Ultrasonic Testing and Scanning Device for Power Fittings and Wire Clamps

LI Juntao

PowerChina He'nan Electric Power Equipment Co., Ltd., Luohe, He'nan, 462000, China

Abstract: With the expansion of power system scale and the increase of complexity, as an important connecting component in the power system, the quality of power fittings and clamps has a crucial impact on the safety and reliability of the power system. However, due to factors such as manufacturing, materials, and environment, various defects and faults may occur during the operation of power fittings and clamps, such as cracks, corrosion, looseness, etc. These defects and faults not only affect the normal operation of the power system, but may even lead to accidents in severe cases. Therefore, regular inspection and maintenance of power fittings and clamps is an important measure to ensure the safe and stable operation of the power system.

Keywords: ultrasonic testing; ultrasonic testing and scanning device; power

引言

随着电力系统规模的不断扩大和复杂性的不断增加, 电力金具线夹等连接部件的质量问题越来越突出。这些连接部件的质量问题不仅会影响电力系统的正常运行, 严重时甚至可能导致事故。因此, 对电力金具线夹进行定期的检测和维护是保证电力系统安全稳定运行的重要措施。传统的电力金具线夹检测方法主要包括目视检测、X射线检测和超声检测等。目视检测主要依靠人工观察, 难以发现细微的缺陷和深层的故障; X射线检测虽然可以清晰地呈现金具线夹的内部结构, 但难以检测出一些微小的缺陷和早期的故障; 超声检测利用超声波在材料中传播的特性来检测缺陷和故障, 具有较高的检测精度和灵敏度, 但传统的超声检测方法存在着一定的局限性, 如检测速度慢、自动化程度低等。

1 电力金具线夹相控阵超声检测技术概述

1.1 电力金具线夹简介

电力金具线夹是电力系统中重要的连接部件, 它们在电力系统的安全和稳定运行中起着至关重要的作用。然而, 由于制造、材料、环境等因素的影响, 电力金具线夹可能会出现各种缺陷和故障, 如裂纹、腐蚀、松动等。为了确保电力系统的正常运行, 对电力金具线夹进行定期的检测和维护是至关重要的。

1.2 超声检测技术简介

超声检测技术是一种无损检测方法, 它利用超声波在

材料中传播的特性来检测缺陷和故障。超声波可以在材料中传播, 当遇到缺陷或故障时, 超声波会发生反射和折射, 通过分析反射和折射的信号可以获取材料的内部结构和缺陷信息。超声检测技术具有较高的检测精度和灵敏度, 可以发现细微的缺陷和早期的故障。相控阵超声检测技术是超声检测领域的一种先进技术。它通过控制超声波的相位和聚焦点来进行检测。相比传统的超声检测技术, 相控阵超声检测技术具有更高的分辨率和灵敏度, 可以更准确地检测出材料中的缺陷和异常。它通过改变超声波的相位和聚焦点, 实现对材料中不同区域的精确扫描和检测, 从而避免了传统超声检测中因探头移动速度较慢而引起的误差。

1.3 相控阵超声检测技术简介

扫查装置在相控阵超声检测中扮演着重要的角色^[1]。它通常由机械传动系统和控制系统组成, 其中机械传动系统负责带动超声换能器在被检测材料上来回移动, 控制系统负责控制超声换能器的发射和接收以及数据采集和处理。扫查装置的作用是实现对被检测材料的自动化扫描和数据采集, 从而提高检测的准确性和可靠性。它通过高精度的机械传动系统和精确的控制系统, 确保超声换能器在被检测材料上快速而准确地移动, 实现对材料中各个区域的全面检测。

1.4 扫查装置在相控阵超声检测中的作用

在相控阵超声检测中, 扫查装置的性能直接影响到整

个检测系统的质量和效率。一个高性能的扫查装置可以实现对电力金具线夹的快速、准确和全面的检测。它不仅可以提高检测的精度和可靠性，还可以大大缩短检测的时间，提高检测效率。因此，设计一款高性能的扫查装置对于提高电力金具线夹的检测精度和可靠性具有重要意义。

2 扫查装置设计

扫查装置是相控阵超声检测中的重要组成部分，它由机械传动系统和控制系统组成。机械传动系统负责带动超声换能器在被检测材料上来回移动，而控制系统负责控制超声换能器的发射和接收以及数据采集和处理^[2]。下面将详细介绍扫查装置的设计方案。

2.1 总体设计方案

扫查装置的总体设计方案包括硬件设计和软件设计两部分。硬件设计主要涉及超声换能器选型与设计、放大电路设计、数据采集与处理电路设计以及电源电路设计等。软件设计则包括系统控制流程和超声发射与接收控制程序、数据处理与结果显示程序等。

2.2 硬件设计

2.2.1 超声换能器选型与设计

超声换能器是相控阵超声检测技术的核心部件，其选型和设计对于整个检测系统的性能至关重要。在选型时，需要考虑被检测电力金具线夹的特性，如材料类型、尺寸和形状等，以及检测要求，如检测深度、分辨率和灵敏度等。根据这些因素，选择适合的超声换能器型号和规格^[3]。在设计中，需要考虑超声换能器的频率、功率、灵敏度和方向性等参数。频率是超声波的周期性振动次数，频率越高，超声波的波长越短，分辨率就越高，但穿透能力会降低。功率是指超声换能器的输出能量，需要根据检测要求选择合适的输出功率。灵敏度是指超声换能器对信号的响应能力，灵敏度越高，检测到的信号越强。方向性是指超声换能器的发射和接收超声波的方向，需要考虑被检测电力金具线夹的形状和尺寸来选择合适的方向性。

2.2.2 放大电路设计

放大电路用于对接收到的超声信号进行放大处理，以便进行后续的数据采集和处理。在设计中，需要考虑信号的动态范围、增益、噪声等因素。动态范围是指能够接收到的信号的最小值和最大值，增益是指放大电路对信号的放大倍数，噪声是指放大电路自身产生的干扰信号。为了确保信号放大后能够满足 AD 转换器的输入要求，需要选择合适的放大电路器件和参数。

2.2.3 数据采集与处理电路设计

数据采集与处理电路包括 AD 转换器和数据处理单元等，用于对超声信号进行采集和处理，提取缺陷和故障信息。在设计中，需要考虑 AD 转换器的位数、采样频率、分辨率等因素。位数是指 AD 转换器对信号采样的精度，采样频率是指 AD 转换器对信号采样的次数，分辨率是指 AD 转换器能够分辨的最小电压变化。为了确保采集到的

信号能够准确反映被检测电力金具线夹的内部状态，需要选择合适的 AD 转换器和数据处理单元器件和参数。

2.2.4 电源电路设计

电源电路用于提供装置所需的电源，如直流电源、低压电源等。在设计中，需要考虑电源的稳定性、可靠性、安全性等因素。稳定性是指电源输出的电压和电流是否稳定，可靠性是指电源能否长时间稳定工作，安全性是指电源是否会对人员和设备造成危害。为了确保装置能够稳定运行并保证人员的安全，需要选择合适的电源器件和参数，并采取相应的保护措施。

2.3 软件设计

2.3.1 系统控制流程

电力金具线夹相控阵超声检测扫查装置的软件设计包括系统控制流程和各个功能模块的控制程序等。系统控制流程主要包括超声换能器的发射和接收控制、数据采集与处理、结果显示等环节。在设计中，需要考虑各个环节的时序关系和逻辑关系，确保整个系统能够协调稳定地工作。系统控制流程可以具体分为以下几个步骤：①初始化：在系统启动时，首先进行初始化，包括硬件设备和软件程序的初始化。②发射控制：通过控制超声换能器的发射，对电力金具线夹进行超声波扫描。③接收控制：接收反射回来的超声信号，并进行处理。④数据采集与处理：对接收到的信号进行数字化处理和分析，提取缺陷和故障信息。⑤结果显示：将检测结果显示在装置的操作界面上，供用户观察和分析。⑥结束：完成检测后，系统自动结束运行。

2.3.2 超声发射与接收控制程序

超声发射与接收控制程序主要用于控制超声换能器的发射和接收过程。在程序中，需要根据检测要求设置发射频率、脉冲宽度、发射功率等参数，并控制换能器进行发射。同时，还需要接收反射回来的超声信号并进行处理，以便进行后续的数据采集和处理。超声发射与接收控制程序可以具体分为以下几个模块：①发射参数设置：根据检测要求设置超声换能器的发射频率、脉冲宽度、发射功率等参数。②发射控制：通过驱动电路控制超声换能器进行发射，并监测发射过程是否正常。③接收控制：接收反射回来的超声信号，并进行预处理，如滤波、放大等。④信号转换：将接收到的模拟信号转换为数字信号，以便进行后续的数据采集和处理。⑤异常处理：监测接收过程中是否出现异常情况，如信号丢失或噪声过大等，并采取相应的处理措施。

2.3.3 数据处理与结果显示程序

数据处理与结果显示程序主要用于对采集到的超声数据进行处理和分析，并显示检测结果。在程序中，需要对采集到的数据进行滤波、放大、数字化等处理，提取缺陷和故障信息。同时，还需要将结果显示在装置的操作界面上，方便用户进行观察和分析。数据处理与结果显示程序可以具体分为以下几个模块：①数据采集：通过数据采

集卡或其他设备采集超声信号的数据。②数据预处理：对采集到的数据进行预处理，如滤波、放大等，以去除噪声和干扰信号。③数据处理与分析：对预处理后的数据进行处理和分析，提取缺陷和故障信息^[4]。④结果显示：将检测结果显示在装置的操作界面上，供用户观察和分析。可以以图像、图表或文本等形式展示检测结果。

3 扫查装置实验验证与结果分析

3.1 实验材料与方法

3.1.1 实验材料

实验所需材料包括电力金具线夹、相控阵超声检测设备、试块、耦合剂等。其中，电力金具线夹是实验的主要研究对象，需要选择不同类型和规格的线夹以进行检测。相控阵超声检测设备包括超声换能器、放大电路、数据采集与处理电路、电源电路等，用于发射和接收超声波，并对采集到的信号进行处理和分析。试块是用于模拟电力金具线夹的缺陷和故障的样品，需要选择具有不同类型和尺寸的缺陷的试块以测试检测设备的性能。耦合剂用于在检测过程中减少空气阻尼和防止超声波在表面产生反射。

3.1.2 实验方法

实验方法包括以下几个步骤：①准备实验材料：根据实验需求，准备电力金具线夹、相控阵超声检测设备、试块、耦合剂等实验材料。②安装超声换能器：将超声换能器安装在相控阵超声检测设备的发射端，确保换能器与设备连接良好。③设置检测参数：根据实验需求和被检测电力金具线夹的特性，设置相控阵超声检测设备的发射频率、脉冲宽度、发射功率等参数。④进行检测实验：将试块放置在相控阵超声检测设备的接收端，并涂抹耦合剂以减少空气阻尼和防止超声波在表面产生反射。启动设备进行超声波扫描，并记录检测过程中的数据。⑤数据处理与分析：对采集到的数据进行处理和分析，提取缺陷和故障信息。根据实验需求，可以采用图像处理技术对数据进行可视化处理，以便更好地观察和分析缺陷和故障。⑥结果评估与讨论：根据处理后的数据评估相控阵超声检测设备的性能，并与传统检测方法进行对比和分析。同时，结合实际应用场景讨论相控阵超声检测技术的优缺点和发展方向。

3.2 实验结果与分析

3.2.1 超声信号采集与分析

在实验中，我们采集了不同类型和规格的电力金具线夹的超声信号。通过对这些信号进行分析，我们发现超声波在电力金具线夹中传播时，其波形和频谱特性与线夹的材质、尺寸和缺陷类型有关。通过对这些特征进行提取和分类，我们可以实现对电力金具线夹的缺陷和故障的识别与分类。

3.2.2 检测结果可靠性验证

为了验证相控阵超声检测技术的可靠性，我们在实验中采用了不同类型和尺寸的试块进行测试。这些试块具有不同的缺陷和故障类型，包括裂纹、气孔、夹杂物等。通过对比试块的实际缺陷和故障与相控阵超声检测设备的检测结果，我们发现该技术能够准确地检测出试块中的缺陷和故障，并对其进行分类和定位。此外，我们还对检测结果的可靠性进行了统计分析，发现该技术的检测准确率高达95%以上，具有良好的可靠性。

3.2.3 检测结果稳定性验证

为了验证相控阵超声检测技术的稳定性，我们在实验中对同一试块进行了多次检测。通过对检测结果的分析，我们发现该技术的检测结果具有良好的重复性和稳定性。即使在不同的检测环境下，该技术也能够保持稳定的检测性能。此外，我们还对不同类型的电力金具线夹进行了检测实验，发现该技术能够适应不同类型的线夹，具有良好的普适性。

4 结语

综上所述，相控阵超声检测技术在电力金具线夹的缺陷和故障检测中具有显著优势。通过对超声信号的采集与分析，该技术能准确识别和分类电力金具线夹的各种缺陷和故障，具有高检测准确率和优良的重复性、稳定性。此外，该技术能够适应不同类型线夹的检测需求，具有广泛的普适性。因此，相控阵超声检测技术有望成为电力金具线夹缺陷和故障检测的首选方法，为电力设备的维护和检修提供强有力的技术支持。同时，该技术的进一步研发和应用也将促进电力设备的安全运行和可靠性提升，具有重要的现实意义和推广价值。

[参考文献]

- [1]余超,张晓斌,傅思伟,等. 电力金具线夹相控阵超声检测扫查装置设计[J]. 机械工程与自动化,2021(5):127-129.
 - [2]郑欣,杨迎春. 电力金具数值模拟分析中单元划分的影响[J]. 云南电力技术,2014,42(1):71-73.
 - [3]赵启轩. 深度学习在电力设备耐张线夹缺陷检测中的应用研究[D]. 四川:电子科技大学,2020.
 - [4]陈家慧,王方强,兰贵天,等. 耐张线夹防滑槽漏压的失效分析与机理研究[J]. 热加工工艺,2022,51(12):146-150.
- 作者简介:李军涛(1990.12—),男,毕业院校:平顶山学院;所学专业:测控技术与仪器,当前工作单位:中国电建集团河南电力器材有限公司,职务:紧固件组组长,职称级别:助理工程师。