

# 电气工程中高压电气设备绝缘检测技术的创新应用

董立波

克什克腾旗国赫新能源有限公司 内蒙古赤峰 025350

**摘要:** 在电气工程领域, 高压电气设备的安全稳定运行至关重要。绝缘性能作为高压电气设备的关键指标, 直接影响设备的可靠性与使用寿命。传统绝缘检测技术在准确性、实时性等方面存在一定局限, 难以满足现代电力系统对设备高可靠性的要求。本文深入探讨了电气工程中高压电气设备绝缘检测技术的创新应用, 详细介绍了红外检测技术、超声波检测技术、局部放电检测技术等多种创新检测技术的原理、特点及其在高压电气设备绝缘检测中的实际应用, 分析了这些技术在提升检测效率与精度方面的优势, 以及当前面临的挑战与未来发展趋势, 旨在为保障高压电气设备安全运行、提高电力系统可靠性提供理论支持与实践参考。

**关键词:** 电气工程; 高压电气设备; 绝缘检测技术; 创新应用

## 引言

高压电气设备在电力系统中承担着电能传输、分配和转换的重要任务, 其运行状态直接关系到整个电力系统的安全与稳定。绝缘性能是高压电气设备正常运行的基础保障, 一旦绝缘出现问题, 可能引发设备故障甚至停电事故, 给社会经济带来巨大损失。随着电力系统电压等级的不断提高和规模的日益扩大, 对高压电气设备绝缘检测技术的要求也越来越高。传统的绝缘检测方法, 如绝缘电阻测试、耐压试验等, 虽然在一定程度上能够发现设备的绝缘缺陷, 但存在检测周期长、无法实时监测、对早期绝缘故障不敏感等缺点。因此, 研发和应用创新的绝缘检测技术具有迫切的现实需求。

## 1 高压电气设备绝缘检测技术创新的必要性

### 1.1 传统检测技术局限

传统绝缘电阻测试反映整体绝缘性能, 但无法准确检测内部局部缺陷如放电、老化。测试结果受环境影响, 准确性和可靠性有限。耐压试验虽能发现薄弱环节, 但具破坏性, 周期长, 不适用于实时监测。

现代电力系统中, 设备众多且运行环境复杂, 传统技术效率低, 难以发现潜在问题, 无法满足实时监测和远程诊断需求。

### 1.2 创新检测技术优势

创新技术如红外、超声波检测能更灵敏准确地发现绝缘缺陷。红外技术通过检测表面温度分布发现局部过热, 超声波技术通过检测内部放电信号发现早期故障。

结合信息技术, 创新检测技术可实现高压电气设备绝缘状态的实时在线监测, 提高检测效率, 支持预防性维护, 降低故障率。

## 2 高压电气设备绝缘检测创新技术原理与应用

### 2.1 红外检测技术

#### 2.1.1 技术原理

任何物体只要温度高于绝对零度, 都会向外辐射红外线。当高压电气设备绝缘出现缺陷时, 会导致局部电阻增大, 进而产生热量, 使设备表面温度升高。红外检测技术就是利用红外热像仪接收设备表面辐射的红外线, 将其转换为电信号, 并通过图像处理技术生成设备表面的红外热像图。根据热像图中温度分布情况, 判断设备绝缘是否存在异常。

#### 2.1.2 应用实例

在高压开关柜绝缘检测中, 通过定期对开关柜进行红外热成像检测, 可以发现由于触头接触不良、绝缘老化等原因导致的局部过热问题。例如, 某变电站在对 10kV 高压开关柜进行红外检测时, 发现其中一台开关柜的一个触头部位温度明显高于其他部位, 经进一步检查, 确定是触头接触电阻增大, 导致发热。及时对触头进行处理后, 避免了因绝缘故障引发的设备事故。

在电力变压器绝缘检测方面, 红外检测技术可用于检测变压器绕组、铁芯、套管等部位的温度。通过分析温度分布和变化趋势, 判断变压器绝缘是否存在受潮、老化等问题。例如, 某变压器在运行过程中, 通过红外检测发现其套管表

面温度异常升高,经检查是套管绝缘受潮,及时进行了更换,保障了变压器的安全运行。

## 2.2 超声波检测技术

### 2.2.1 技术原理

当高压电气设备绝缘内部发生局部放电时,会产生超声波信号。超声波检测技术利用超声波传感器接收这些信号,并将其转换为电信号进行放大和处理。通过分析超声波信号的强度、频率等特征参数,判断局部放电的位置、程度以及绝缘缺陷的类型。

### 2.2.2 应用实例

在GIS(气体绝缘金属封闭开关设备)绝缘检测中,超声波检测技术得到了广泛应用。由于GIS内部结构紧凑,传统检测方法难以对其内部绝缘状况进行有效检测。利用超声波传感器安装在GIS外壳表面,可以检测到内部局部放电产生的超声波信号。例如,某变电站在对GIS设备进行超声波检测时,检测到一个气室存在异常超声波信号,经解体检查,发现是内部一个绝缘子表面有放电痕迹,及时进行了更换,避免了设备故障的进一步扩大。

对于高压电缆,超声波检测技术可用于检测电缆绝缘内部的局部放电。通过在电缆接头、终端等部位安装超声波传感器,实时监测电缆运行状态。例如,某高压电缆线路在运行过程中,通过超声波检测发现一个电缆接头处存在局部放电现象,及时对该接头进行了修复,保障了电缆的正常运行。

## 2.3 局部放电检测技术

### 2.3.1 技术原理

局部放电是指高压电气设备绝缘内部在高电场作用下,局部区域发生的放电现象。局部放电检测技术主要通过检测局部放电产生的电信号、光信号、化学信号等,来判断绝缘内部是否存在局部放电以及放电的程度。常见的局部放电检测方法有脉冲电流法、超高频法、光检测法等。

### 2.3.2 应用实例

脉冲电流法是最常用的局部放电检测方法之一,它通过检测局部放电产生的脉冲电流信号来确定放电量和放电次数。在高压电机绝缘检测中,采用脉冲电流法可以有效检测出电机绕组绝缘内部的局部放电情况。例如,某大型高压电机在预防性试验中,利用脉冲电流法检测到绕组存在局部放电现象,通过进一步分析放电特征,判断出是绝缘老化导

致的,及时对电机绕组进行了修复,避免了电机故障停机。

超高频法利用局部放电产生的超高频电磁波信号进行检测,具有检测灵敏度高、抗干扰能力强等优点。在高压变电站的绝缘检测中,超高频法常用于检测变压器、GIS等设备的局部放电。例如,某变电站通过超高频局部放电检测系统,对站内的变压器进行实时监测,成功发现了变压器内部的一处局部放电隐患,及时采取了处理措施,保障了变电站的安全运行。

## 2.4 其他创新检测技术

### 2.4.1 光纤传感技术

光纤传感技术利用光纤的敏感特性,将被测量转换为光纤中光的强度、相位、频率等参数的变化进行检测。在高压电气设备绝缘检测中,光纤传感器可以用于测量设备内部的温度、应变、电场强度等参数,从而间接判断绝缘状态。例如,将光纤温度传感器埋入高压电缆绝缘内部,可以实时监测电缆运行过程中的温度变化,当温度异常升高时,可能预示着绝缘存在问题。

### 2.4.2 智能诊断技术

智能诊断技术融合了人工智能、机器学习、大数据分析等技术,通过对高压电气设备运行过程中的多种监测数据进行综合分析,实现对设备绝缘状态的智能诊断。例如,利用神经网络算法对红外检测、超声波检测、局部放电检测等多种检测数据进行学习和训练,建立设备绝缘状态评估模型,能够更加准确地判断设备绝缘是否存在故障以及故障的类型和严重程度。

## 3 创新绝缘检测技术面临的挑战与发展趋势

### 3.1 面临的挑战

#### 3.1.1 检测精度与可靠性提升难题

虽然创新检测技术在一定程度上提高了检测精度和可靠性,但在实际应用中,仍然受到多种因素的干扰,如电磁干扰、环境噪声等,影响检测结果的准确性。此外,不同检测技术对绝缘缺陷的检测灵敏度和适用范围存在差异,如何综合运用多种检测技术,提高检测的全面性和准确性,是目前面临的一个重要挑战。

#### 3.1.2 检测设备成本与维护问题

部分创新检测技术所需的检测设备价格较高,增加了电力企业的设备投资成本。同时,这些设备的维护和校准也需要专业技术人员和特定的设备,维护成本较高。如何降低

检测设备成本,提高设备的易用性和稳定性,是推广应用创新检测技术需要解决的问题之一。

### 3.1.3 数据处理与分析复杂性

随着检测技术的发展,获取的设备运行数据量越来越大,数据类型也更加复杂。如何对这些海量数据进行高效处理和准确分析,提取有价值的信息,为设备绝缘状态评估提供可靠依据,是智能电网发展面临的一个关键问题。目前,数据处理和分析算法还不够成熟,需要进一步研究和完善。

## 3.2 发展趋势

### 3.2.1 多技术融合与智能化发展

未来,高压电气设备绝缘检测技术将朝着多技术融合的方向发展,将红外检测、超声波检测、局部放电检测等多种技术有机结合,实现对设备绝缘状态的全方位、多层次检测。同时,借助人工智能、大数据、云计算等技术,实现检测过程的智能化和自动化,提高检测效率和准确性。例如,通过建立智能检测系统,能够自动对多种检测数据进行采集、分析和处理,实时评估设备绝缘状态,并根据评估结果提供相应的维护建议。

### 3.2.2 在线监测与预警技术的完善

随着电力系统对设备可靠性要求的不断提高,在线监测与预警技术将得到进一步完善和发展。通过实时监测设备绝缘状态参数,利用先进的预警算法,能够及时发现设备绝缘潜在故障,并提前发出预警信号,为设备的预防性维护提供充足时间。同时,在线监测系统将与电力系统自动化调度系统实现无缝对接,实现对设备运行状态的实时监控和远程控制。

### 3.2.3 检测设备小型化与便携化

为了满足现场检测的需求,检测设备将朝着小型化、

便携化方向发展。新型检测设备将具备体积小、重量轻、操作简便等特点,便于电力运维人员携带和使用。同时,检测设备的集成度将不断提高,能够在—台设备上实现多种检测功能,降低设备投资成本。

## 4 结论

电气工程中高压电气设备绝缘检测技术的创新应用对于保障电力系统安全稳定运行具有重要意义。红外检测技术、超声波检测技术、局部放电检测技术等创新检测技术的出现,有效弥补了传统检测技术的不足,提高了检测的准确性、实时性和可靠性。然而,这些创新技术在实际应用中仍面临一些挑战,需要进一步研究和改进。未来,随着多技术融合、智能化、在线监测等技术的不断发展,高压电气设备绝缘检测技术将不断完善和创新,为电力系统的可靠运行提供更加坚实的技术保障。电力企业应积极关注和应用这些创新技术,加强设备运维管理,提高电力系统的整体安全性和可靠性。

### 参考文献:

- [1] 张庆航. 高压电气设备的绝缘故障分析与预防措施[J]. 现代职业安全,2025,(01):94-97.
- [2] 汪鹏. 基于改进YOLOv5网络算法的变电站高压电气设备绝缘检测方法研究[J]. 电工技术,2024,(18):186-188.
- [3] 谭美玲. 基于机器视觉的高压电气设备绝缘自动化检测系统设计[J]. 自动化应用,2024,65(17):135-137.
- [4] 张潮海,邹可园,张晓星. 高压电气设备绝缘气体分解产物光学检测技术研究综述[J]. 高电压技术,2023,49(07):2806-2815.