

# 高压电气设备绝缘在线监测技术探讨

陈忠华

华能苏州热电有限责任公司 江苏 苏州 215129

**摘要:** 火力发电厂高压电气设备的绝缘问题是造成电气设备故障的主要因素之一,其绝缘性能的优劣直接影响电气设备的运行可靠性与安全性,同时还将对电力系统造成十分严重的影响。高压电气设备按周期开展预防性试验,并不能对高压电气设备在运行过程中的电气数据进行检测、分析,提前做出故障预警。因此,高压电气设备的绝缘在线监测系统应运而生,绝缘在线监测是一种重要的、高效的高压电气设备绝缘故障预警监测技术,用于检测和诊断高压电气设备在运行中的绝缘缺陷和潜在问题。通过该技术,可以及时发现和排除设备绝缘故障,保障设备的安全稳定运行。本文主要对高压电气设备绝缘在线监测技术进行探讨。

**关键词:** 高压电气设备; 绝缘; 在线监测

高压电气设备无论是在任何行业项目中被应用,它的安全性都是非常重要的。这就需要使用这些设备是注重它的检修工作,及时发现存在的问题才能及时修复,保证电气设备的安全运行。只有高压电气设备在安全稳定运行的情况下,才能保证使用这些设备的无论是变电站还是电气铁道系统能够安全运行,这也是人们一直努力研究高压电气设备绝缘在线监测的原因。

## 1 高压电气设备在线监测技术内涵

高压电气设备绝缘在线监测技术是指通过对高压电气设备内部的绝缘状态和运行参数进行实时监测,利用大数据、人工智能等技术手段对绝缘状态进行分析和诊断,从而实现预防性维护和预测性维护的目的。具体来说,高压电气设备在线监测技术包含以下几个方面的内容:

### 1.1 设备运行参数监测

设备运行参数是指设备在运行过程中产生的各种参数或者信号数据,如电流、电压、功率、频率、温度、湿度等。通过对这些数据的采集、记录、分析和处理,可以及时了解设备的运行状况,包括是否存在异常情况以及异常情况的程度等等<sup>[1]</sup>。

### 1.2 设备部分放电监测

设备部分放电监测是指对高压电气设备内的部分放电信号进行实时监测和分析,通过分析部分放电信号的特征,可以及时预警设备可能出现的故障或者存在的隐患。

### 1.3 设备绝缘状态监测

设备绝缘状态监测是指监测设备内部的绝缘材料的介电特性、漏电特性等参数,来判断设备的绝缘状况,这也是高压电气设备绝缘在线监测技术的核心内容之一。

### 1.4 设备故障诊断与预测

在设备运行过程中,如果出现故障或者存在潜在隐

患,高压电气设备绝缘在线监测技术可以通过对设备的运行参数、部分放电信号以及绝缘状态参数数据的分析,快速进行故障诊断并预测可能发生的故障,从而提供合理的维修建议和预防性的维修计划。

高压电气设备绝缘在线监测技术涉及到多个方面的内容,需要利用多种传感器、数据采集设备等进行数据的采集和整合,并采用各种工具进行数据处理和分析。通过不断优化技术手段和研究方法,高压电气设备在线监测技术未来还有着更广阔的应用前景<sup>[2]</sup>。

## 2 绝缘在线监测基本原理

绝缘在线监测技术的基本原理是通过实时监测高压电气设备内部的绝缘状态和绝缘工作参数,利用大数据、人工智能等高新技术进行数据分析和诊断,以实现预防性维护和预测性维护的目的。具体来讲,绝缘在线监测技术主要包括以下几个方面的原理:

### 2.1 电容式绝缘监测原理

在电容式绝缘监测中,监测设备通过在线监测电器设备绝缘的电容值变化、介电极板曲线等来判断设备的绝缘状况。当绝缘老化时,由于绝缘材料本身的劣化,绝缘材料的容量就会减小。通过对电容值的测量,可以判断设备绝缘的正常与否,及时对出现问题的设备进行保养,修理或更换<sup>[3]</sup>。

### 2.2 部分放电监测原理

高压设备在运行过程中,存在电场强度高,容易发生绝缘部分放电的问题。部分放电信号是一种极小的电流或信号,通过在设备绝缘的部位安装放电检测器或传感器,来直接检测到电器设备内部放电信号的特征参数,如放电幅度、放电周期、放电次数等。部分放电监测不仅可以明确了解设备绝缘状态,还可以及时发现设

备的潜在故障。

### 2.3 红外成像监测原理

红外成像技术是一种无损检测技术，能够提供设备在运行过程中的温度分布及变化，通过定点扫描特殊相机，测量出高压设备中产生的红外辐射热量，从而定位电器设备所产生的热异常，及时发现设备热失控的现象，对设备进行维护和检修。以上是高压电气设备绝缘在线监测技术的基本原理，实际上绝缘在线监测技术是综合应用了多种技术手段，如物理、化学、机械、计算机、通信等，才能够全面地监测、预测设备的绝缘风险状态并管理设备故障隐患，在设备管理及维护方面提高工作效率和提高安全性能<sup>[4]</sup>。

## 3 绝缘在线监测技术主技术应用

### 3.1 高压绝缘特性监测技术

高压绝缘特性监测技术是指通过监测高压电气设备绝缘材料的介电特性、漏电特性等参数，来分析设备的绝缘状态。该技术主要包括电容式绝缘特性监测技术、介电损耗角（或正切）监测技术、电压的部分放电监测技术等。通过这些技术的应用，可以提高设备的绝缘可靠性及稳定性，及时发现并处理设备存在的故障隐患。

### 3.2 高压设备部分放电监测技术

高压设备部分放电监测技术是指通过监测高压电气设备内部的部分放电信号，来判断绝缘材料的状况。具体应用中，可以通过一些传感器，如信号采集器、超声波传感器等，监视设备的运行状态，并提供准确的数据支持，以进行故障诊断和分析，以保证设备的安全运行。

### 3.3 高压设备红外监测技术

高压设备红外监测技术是一种应用最广泛的绝缘在线监测技术。该技术主要是利用红外相机对高压设备运行过程中的状态进行实时且全天候的监测，采集必要的信息，并利用大数据技术对数据进行分析处理等。通过该技术，可以及时地发现设备存在的潜在隐患，避免设备失效、损坏等问题<sup>[5]</sup>。

## 4 高压电气设备在线绝缘监测系统

### 4.1 绝缘监测方法

高压电气设备在线绝缘监测系统主要由传感器、数据采集设备、数据处理分析平台以及报警系统等组成。绝缘监测方法包括：电容式绝缘监测法、部分放电监测法和红外成像监测法。这些方法都可以实现对高压电气设备内部的绝缘状态进行实时监测和分析，从而及时发现设备可能存在的故障和隐患，提高设备的运行可靠性和安全性能。以下是详细介绍：（1）电容式绝缘监测法：电容式绝缘监测法主要是通过在线监测设备绝缘的

电容值变化来判断设备的绝缘状况。当绝缘老化时，由于绝缘材料本身的劣化，绝缘材料的容量就会减小。因此，通过对电容值的测量，可以判断设备绝缘的正常与否。（2）部分放电监测法：部分放电监测法是指通过在线监测高压设备内部产生的部分放电信号，从而判断设备的绝缘状态。通过在设备绝缘的部位采用放电检测器或传感器，来直接检测到电器设备内部放电信号的特征参数，如放电幅度、放电周期、放电次数等。通过分析这些特征参数，可以及时发现设备的潜在故障。（3）红外成像监测法：红外成像监测法是一种无损检测技术，它可以提供设备在运行过程中的温度分布及变化情况。通过在设备表面扫描红外辐射热量，可以检测出高压设备中存在的热异常，并及时发现设备热失控的现象。通过设备绝缘材料的热图，可以发现局部热源并判断是由哪种物理变化导致的，从而提供有针对性的维护和保养建议。总的来说，这些绝缘监测方法结合起来，旨在在运行过程中及时检测设备性能，判断设备绝缘的正常与否，诊断电气设备运行差异，快速反应设备故障隐患，从而保证高压电气设备稳定及可靠运行，实现节能减排和保护环境的目標。

### 4.2 在线绝缘监测主要信号的采集处理

高压电气设备在线绝缘监测系统主要通过采集设备的绝缘电阻信号进行处理，以监测设备的绝缘状况。以下是该系统中主要信号的采集处理过程：（1）信号采集：在高压电气设备中，绝缘监测系统会通过传感器采集设备的绝缘电阻信号，一般采用高频电流传感器或电感式传感器进行信号采集。这些传感器会将设备的高频交流电流信号转化为电压信号，以便后续处理。（2）信号调理：采集到的电压信号可能受到噪声或其他干扰的影响，因此需要进行信号调理。常见的信号调理方法包括滤波、放大和电平转换等，以去除噪声、增强信号的信噪比，并使信号符合后续处理的要求<sup>[1]</sup>。（3）信号处理：绝缘监测系统会通过嵌入式处理器或FPGA等数字电路对调理后的信号进行处理。处理过程包括对信号进行采样、保持、滤波和量化等操作，以提取出特征信息，如绝缘故障的起始和结束时间、故障位置和类型等。（4）诊断算法：在信号处理后，绝缘监测系统会应用诊断算法对设备的绝缘状况进行评估。常见的诊断算法包括模式识别、神经网络和模糊逻辑等，以实现绝缘故障的准确识别和定位。（5）输出显示：绝缘监测系统会将诊断结果输出到人机界面或远程监控系统中，以供操作人员或维护工程师查看。输出方式包括数字显示、图表和报警等，以便及时发现和排除设备故障。通过以上

步骤, 高压电气设备在线绝缘监测系统能够实时监测设备的绝缘状况, 及时发现和定位绝缘故障, 为设备的维护和安全运行提供保障。

#### 4.3 在线绝缘监测系统功能

高压电气设备在线绝缘监测系统的主要功能包括:

(1) 实时监测设备的绝缘状态: 通过在线监测高电压电气设备内部的电容、电阻、介电常数等参数, 获取设备绝缘状态变化的数据, 并将这些数据传输到数据采集系统, 实现对设备的实时监测和分析。(2) 分析故障诊断和预测: 通过对采集的数据进行分析和处理, 使用算法进行数据建模, 对设备绝缘状态进行预测和分析, 判断设备可能出现的故障及其严重程度, 并提供维护建议和预测性的维修计划, 以及故障诊断的指导<sup>[1]</sup>。(3) 远程监测管理: 高压电气设备在线绝缘监测系统可以采用远程视频监控, 实现对设备的实时监控, 管理人员可以通过阅读相关实时数据、图表、统计监控信息, 对设备状况做出快速准确的判断, 并实现远程维护和管理, 提高管理效率。(4) 报警预警: 当监测到设备绝缘状态出现异常时, 系统会自动发出报警信号, 以便维修人员及时采取措施, 修复设备, 避免意外事件的发生。(5) 数据存储和分析: 系统通过采用云计算和大数据技术, 对设备在线监测数据进行存储和分析, 建立历史数据库, 并通过数据挖掘、数据分析等技术手段对监测数据进行分析处理, 以更好地了解设备的运行状态和性能。高压电气设备在线绝缘监测系统通过实时采集、分析和处理设备绝缘状态数据, 可以提高设备的维护水平、降低维护成本, 为设备运行管理提供更高效、更智能化的手段。

#### 5 高压电气设备绝缘在线监测技术的未来发展

现阶段, 随着互联网技术的不断发展, 高压电气设备绝缘在线监测技术也已开始向数字化、智能化转型。未来, 该技术将进一步向人工智能、大数据和物联网等新兴技术发展。例如, 研究人员可以根据实测的大量数据, 应用数据挖掘、机器学习等人工智能技术, 通过差异表现的规律, 构建绝缘故障预测模型, 为故障诊断和预报提供更可靠的依据。高压电气设备绝缘在线监测技术在保证电力系统正常稳定运行方面具有重要的作

用, 应用将不断深入, 并向着智能化、数字化、模块化方向逐渐走。在实践中, 我们要不断优化该技术, 完善系统的架构, 提高监测设备的精确度和稳定性, 并加强技术研究和知识普及, 以满足现代电力产业的快速发展需求<sup>[1]</sup>。此外, 未来可能会将高压电气设备绝缘在线监测技术应用于太阳能电池、电动汽车和智能家居等领域, 以实现更广泛的应用。例如, 太阳能电池组成的光伏电站中, 绝缘问题也是一个非常重要的问题, 可以利用类似的在线监测技术来监测太阳能电池的绝缘状态, 及时发现故障, 并对故障进行修复, 以保证光伏电站的正常稳定运行。在应用该技术的同时, 也不可忽视一些问题。比如, 一些检测数据可能存在干扰和噪音, 而且不同设备的状态监测数据量大且复杂, 如何对数据进行正确、快速、准确的分析, 仍面临着挑战, 因此需要进一步强化绝缘在线监测技术应用的精度和有效性。

#### 结束语

高压电气设备绝缘在线监测技术是电力系统保障运行安全稳定的重要手段之一, 近年来得到了越来越广泛的应用和研究。而随着科技的不断发展和应用, 该技术将呈现数字化、智能化、模块化等趋势, 不断提高其检测数据的准确性和操作性, 实现发展的新局面。未来, 在应用中需要继续优化该技术, 并加强技术创新和研究, 以满足电力产业的快速发展需求。同时, 应加强产学研的合作, 为国家电网的科技创新和设备安全运行做出更大的贡献。

#### 参考文献

- [1]仇新亮.变电站高压电气设备绝缘在线监测技术探析[J].设备管理与维修,2018(16):00041-00042.
- [2]李纪祿.浅谈高压电气设备绝缘在线监测技术应用及发展前景[J].自动化应用,2019(10):00083-00084.
- [3]林俊荣.变电设备绝缘在线监测技术应用[J].低碳世界,2019,04: 51-52.
- [4]倪建伟.高压电气设备对绝缘技术的应用[J].南方农机,2019,04: 84+88.
- [5]叶旭东.在线监测系统现场校验技术在高压电气设备绝缘中的应用[J].建材技术与应用,2020(2):00019-00020.