

变电站电力设备声纹振动在线监测技术研究

顾飞, 周青

(江苏省宿迁电力设计院有限公司泗阳建设分公司, 江苏 宿迁 223799)

摘要 声纹振动监测技术作为一种新兴的在线监测手段,已在变电站电力设备的运行状态监测中得到广泛应用。本文深入研究了变电站电力设备的声纹振动监测技术,探讨了系统架构故障诊断与预测方法,并设计了声纹振动在线监测系统。研究表明,声纹振动监测技术在变电站电力设备故障识别和预测方面具有很高的准确性和可靠性。

关键词 电力设备; 声纹监测; 故障诊断; 特征提取; 故障识别

中图分类号: TM76

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)08-0010-03

声纹振动监测技术通过对电力设备振动和声音信号的采集与分析,可以实现对设备运行状态的实时监测与预警,为设备的安全运行提供了有效手段。然而,其仍面临着许多挑战,如信号处理方法的优化、大数据分析技术的应用等。因此,深入研究该技术的原理和应用,对于提高电力设备的安全性和可靠性具有重要意义。

1 声纹监测技术概述

1.1 声纹信号的特性

在变电站的电力设施中,声纹信号的振动在线监测技术起着关键作用,这一技术在时间域和频域特性上都十分重要,对于振动监控系统的设计和故障诊断起到了决定性的作用,声纹信号在时间特性上表现出周期性的波动特点,通过分析其振幅、周期和相位等关键参数,便可评估出设备的工作状况^[1]。在频率领域内,借助傅里叶变换技术,把声纹信号转化为频谱图,借以剖析频谱图中的频率构成、振幅及相位等细节,进而对设备的振动特点有一个更透彻的认识,声纹信号的波动特征与机械运作的状况以及出现的故障类型紧密相连。通常,运行良好的设备会发出一致的振动声波,这些声波的频率和强度会在一定区间内变化,设备一旦出现故障,其振动信号的频率和振幅往往会随之出现显著变动,比如会产生新的频率,或振幅会明显升高或降低。声纹信号的特点涵盖了它在不同工况下的变化模式,在各种作业环境下,如载重、旋转速度和温度等因素各异条件下,声音的纹理信号在频率和振幅上可能会展现差异化的波动走向。

1.2 声纹信号的采集方法

为了高效地捕获电力设备的声纹印记,挑选恰当

的搜集技巧是关键所在,利用传感器进行声纹信号的收集是一种普遍的技术手段,这种方法通常涉及将传感器直接贴合或紧邻设备进行数据的即时抓取。该技术手段具备迅速响应、高频取样、精密采集的特点,适宜于精确捕捉设备振动的信号波动,常见的感测设备涵盖了用以测量加速度的加速度计、利用压电效应运作的压电传感器,以及能够识别声纹的独特声音信号的传感器^[2]。在采集振动信号的领域里,加速度传感器是个全能选手,它能准确捕捉到设备的振动状况,凭借高敏感度和中等的成本,它在监测电力设备的振动情况上大放异彩,利用压电效应的传感器,专门用于捕捉机械振动产生的电信号,这些信号能即刻、精确地反馈出设备的振动状态,特别适合于对快速振动的精准侦测。专门的声纹感知器,擅长锁定设备运作时的声响波动,在这方面有着得天独厚的技术优势,在挑选数据搜集方式时,要全面兼顾仪器的功能、监控的目标和传感器的素质等多方面因素,并且根据实际状况做出恰当的决定。

2 系统架构

2.1 智能感知层

智能感知层由多种传感器和智能硬件设备构成,这些设备能够采集电力设备的多维度数据,具体包括声纹振动传感器、温度传感器、电流传感器和电压传感器等。这些传感器安装在变压器等关键设备的核心地带,能够捕捉设备运行时产生的微小振动和声纹信号、温度变化、电流流动情况以及电压变化等数据。传感器采集到的数据会被转换为数字信号,通过有线或无线网络传输到智能控制器。智能控制器对传感器

传输的数据进行初步处理，如滤波和降噪等，然后将处理后的数据上传至中央监控系统。中央监控系统对收到的数据进行存储和深度分析，通过算法识别潜在的设备故障和异常状态。当系统检测到设备异常时，立即发出报警信号，并建议维护人员采取相应的措施。

在变压器周围部署声纹振动传感器，可以实时监测变压器的运行状态。这些传感器通过捕捉变压器运行时的振动信号，分析其声纹特征，能够揭示变压器内部结构的松动、绕组形态的改变等问题。某变电站通过安装智能感知层设备，成功检测到变压器内部的松动问题，并及时进行了维护，避免了潜在的故障。通过对变压器运行数据的长期监测和分析，系统能够预测设备可能出现的故障，从而进行预防性维护，减少突发故障的概率。此外，在电缆上安装温度传感器和电流传感器，可以实现对电缆运行状态的实时监控。温度传感器实时监测电缆的温度变化，当温度超过预设阈值时，系统立即发出报警信号，提示维护人员检查电缆状态。电流传感器监测电缆中的电流流动情况，当电流异常时，系统会记录数据并发出警报，防止电缆过载引发的故障。

2.2 数据采集与边缘计算

在变电站中，部署在层站端的声纹振动监测装置与边缘计算主机构成了电力设备声纹振动在线监测的关键环节，利用先进的嵌入式处理器和可编程芯片，能够实现声纹和振动数据的即时搜集与高效处理，进而准确判断远端变压器的运行健康状况。这一系统的核心在于数据采集技术，这一环节扮演着至关重要的角色，借助安装在电力设备上的传感器，实时捕捉设备的声响与振动数据，依据设备的独有特性和监测的具体要求，挑选合适的加速度传感器、声音传感器等传感器装备，旨在对设备进行全方位监控，并精确捕获其声响与振动数据。在数据处理的链条中，对信息进行清洗和挑选关键属性，是一环扣一环的关键步骤，对收集来的初始资料进行加工和属性筛选，涵盖滤波去噪等环节，旨在提升数据信号的优良度，常见的处理手段包括滑动平均法、中值滤波技术等，从已经预处理的资料中辨识并提炼出能够揭示设备运行状况及潜在问题的关键指标。

针对变电站中电力设施的声纹振动情况，采用在线监测技术，边缘计算主要涉及实时监控和故障判断。对数据流进行即时跟踪和深入剖析，迅速捕捉设备故障的蛛丝马迹，通过离线分析和处理来确定设备故障

的根源与具体位置，借助边缘计算，挖掘设备的计算和存储潜能，对历史数据进行深度挖掘与分析。关键环节在于数据的传送与留存，将处理完毕的数据发送至更高层级的系统，以开展深入的剖析和广泛的应用，在数据传递上，可以选择铺线或者无线的方式，而在数据保留上，一般采用数据库、云服务等方法。在变电站中，部署于层站端的声纹振动监测装置与边缘计算主机携手，构成了一套电力设备声纹振动在线监测的技术体系，这套体系通过高效率的数据收集、加工与解读，确保了电力设备运行情况的即时监控和精准评判，极大地增强了设备维护运营的保障力度。

2.3 远程诊断服务应用层

在变电站的声纹振动在线监测领域，远程诊断服务应用层扮演着关键角色，它的主要任务是分析实时监测的数据，给出又快又准的故障判断和修理方案，远程故障排查服务中的应用层面，故障识别与分析是其核心职能所在。针对常见故障的判断排查，常规手段涵盖了运用机器学习算法、人工智能技术，以及通过模型预测等技巧，通过分析电力设备的振动数据，包括频谱、波形和特征提取等手段，可以准确判断其运行状况、损耗程度和可能出现的故障风险，进而给出针对性的维修建议^[3]。借助机器学习算法，对历史数据进行深度训练，打造出一套精准的故障诊断模型，从而能够自动对设备状态进行识别分类；借助模型预估手段，利用即时监控信息对设备将来的潜在故障进行预测，从而提前进行维护，防止故障出现。

远程诊断服务在应用层面搭载了数据可视化和报表分析这两大关键工具，让用户能轻松查阅和深入研究监控信息，远程故障排查服务的软件层面需推出数据图像化和统计报表剖析工具。借助图表和曲线的视觉呈现，用户能一目了然地掌握设备的运作状况与走势，并通过详尽的报表进行深入分析，对设备全面性能作出精准评估，比如，借助于制作振动频谱图、时域波形图等工具，用户能够清楚地看到设备振动的各项指标；同时，制作设备维护和问题诊断双份报告，以清晰的形式展示设备监控信息，助力用户深入掌握机械状态，以便及时采取必要的维护行动。

3 故障诊断与预测

特征提取技术在变电站电力设备的声纹振动在线监测领域中发挥着至关重要的作用。通过解析和挖掘声音纹理的独特标识，能够精确识别和预见机械障碍，为机械的保养与运营提供坚实的数据支持。将初始声

音纹理信号解析为揭示故障细节的数值标识,这一过程称作特征提取,常用的刻画方法涵盖时间轴上的属性、频率范围内的特点以及小波变换后的特征等^[4]。时间范围内,特征值涵盖平均值、离散度、最大值等;频率范围内,特征值则包含功率谱密度、频率最大值等;小波变换则是一个巧妙的方法,它将信号拆分为不同频率的成分,并从中提取每个成分的强度、平均值等关键信息。

3.1 声纹振动信号的特征提取

在故障诊断中,声音纹理信号的特征提取是关键一步。初始信号通常包含大量冗余和噪声,需要通过预处理步骤进行过滤。预处理过程中,信号经过滤波、去噪等处理,提取出更纯净、更具代表性的特征信号。此后,采用时间域分析、频率域分析和小波变换等多种方法,对信号进行深入解析。

时间域分析主要关注信号在时间轴上的变化,常用的特征包括平均值、标准差、峰值等。这些特征可以反映信号的整体趋势和波动情况。例如,通过计算振动信号的平均值和标准差,可以了解设备运行的稳定性和均匀性。较高的标准差可能表明设备存在较大幅度的振动,可能预示着潜在的故障。

频率域分析通过傅里叶变换将信号从时间域转换到频率域,常用的特征包括功率谱密度、频率中心、频率带宽等。功率谱密度可以显示信号在各个频率成分上的能量分布,有助于识别特定频率成分的异常变化。例如,某些机械故障会在特定频率上产生显著的能量峰值,通过频率域分析可以有效检测这些异常信号。

小波变换是一种将信号分解为不同频率成分的技术,它不仅能够提供频率信息,还能够保留时间信息。通过小波变换,可以在不同时间尺度上提取信号的特征。例如,某些故障信号可能只在特定时间段内出现,通过小波变换可以精确定位这些时刻的异常特征。小波变换的多尺度特性,使其在处理非平稳信号和瞬态信号时具有独特的优势。

3.2 故障诊断技术的应用

通过分析与处理设备特征数据,故障诊断技术能够判定机器是否出现故障状况。常规的故障识别主要包括两种策略:依照既定规则进行判断和依赖构建的模型进行分析。基于规则的故障诊断依托专家智慧和经验制定的判定准则,构建一套用以识别问题的模型。通过比对关键指标与预设临界值的差异,进行精确的问题诊断。这种方法依赖于专家知识和经验,适用于

已知故障模式的检测。然而,对于复杂或未知故障模式,基于规则的方法可能存在局限性。基于模型的故障诊断利用数学建模和统计学原理,结合机器学习手段对数据特征进行归类与辨识,进而达成设备故障的精准判断。故障排查的报告必须经受现实情境的考验和价值评估。在构建模型和验证实验的过程中,涉及数据的搜集与初步加工、关键信息的挖掘与筛选、算法的训练与效果评判等环节^[5]。声纹信号的收集与前期加工,涉及声纹信号的捕获、噪声的剔除以及采样频率的调整等步骤。在预处理阶段之后的信号中,筛选并优化有价值的特征,进行精细的挑选和优化过程。

故障诊断的基础是大量高质量的数据。声纹信号的收集通常通过安装在设备上的传感器进行,这些传感器能够实时捕捉设备运行时产生的声纹信号。为了确保数据的准确性和代表性,需要进行预处理,包括噪声过滤、信号增强和采样频率调整等步骤。在数据预处理之后,需对信号进行特征提取和优化。通过分析和筛选,从大量信号中提取出最具代表性的特征值。这些特征值不仅要能够反映设备的正常运行状态,还要对故障信号具有敏感性。特征优化的目的是提高诊断模型的准确性。

4 结束语

本文针对变电站电力设备的声纹振动在线监测技术进行了研究,设计并实现了一个声纹振动在线监测系统。通过系统架构和故障诊断与预测方法分析,结果表明声纹振动监测技术在电力设备故障识别和预测方面的优势,希望能为变电站的电力设备监测与维护提供参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 李志锦,黄腾鲲. 变电站电力设备声纹振动在线监测技术研究[J]. 流体测量与控制,2024,05(02):97-100.
- [2] 伍任能,廖英怀,罗传胜,等. 开关拒绝绝缘劣化气体监测系统及潜伏性故障诊断预警研究[J]. 流体测量与控制,2022,03(04):56-58.
- [3] 余长厅,黎大健,陈梁远,等. 基于声纹及振动的变压器故障诊断技术研究[J]. 高压电器,2019,55(11):248-254.
- [4] 罗福良,吴定云,马占林,等. 智慧变电站变压器综合在线监测技术综述与应用[J]. 电工技术,2021(13):144-146,152.
- [5] 刘子裕. 智能变电站变电运维安全与设备维护研究[J]. 城市建设理论研究(电子版),2023(36):1-3.