

基于冲击脉冲与振动在线监测的风机传动系统故障诊断研究

郝德琳¹ 赵彬²

(1. 华电山东新能源有限公司淄博分公司 250000; 2. 华电山东新能源有限公司 250000)

摘要: 通风机是现代工业生产的核心装备,其运行状况对整个生产系统的安全、高效运行具有重要意义,传统的定期维修方法检测周期长,无法及时发现故障,难以满足现代工业对设备高效可靠运行的要求,风机传动系统故障轻则造成设备停机,增加维护费用,严重时甚至会引发重大安全事故。随着科技的进步,基于冲击脉冲和振动在线监测技术的研究日益受到重视,并显示出其独特的优越性,因此,基于冲击脉冲与振动在线监测的风机传动系统故障研究,为当前相关企业的热议话题。

关键词: 冲击脉冲; 振动在线监测; 风机传动系统故障

风机传动系统是现代工业生产的重要设备,其工作可靠性直接影响着企业的生产效率与安全,然而,风机传动系统在运行过程中受各种机械应力、振动、冲击等因素的影响,容易产生磨损、松动和开裂等故障。这些故障轻则造成设备性能下降,重则引起重大设备事故,因此,有效地对风机传动系统进行故障诊断与预报具有十分重要的意义。

一、基于冲击脉冲与振动在线监测的风机传动系统故障诊断优势

首先,其突出优点就是高效率,该系统可实时采集设备工作状态下的振动、冲击脉冲等信号,避免传统离线检测过程中的停机、拆卸等环节,大大降低了维修费用。其次,为了保证故障诊断的有效性,必须保证诊断的准确性,利用高精度传感器及先进的信号处理算法,实现对风机传动系统微小变化的准确捕捉与分析,并及时发现故障征兆,避免小故障演变成大故障^[1]。另外,在线监测系统具有实时性好等优点,该系统可对设备运行状态进行实时反馈,并对其进行连续监测与故障诊断,使维修人员能及时采取预防措施,避免因意外停机造成的损失,通过对风机传动系统进行实时监控与预警,可以有效地提高风机传动系统的可靠性与可用性,延长其使用寿命。

二、基于冲击脉冲与振动在线监测的风机传动系统故障诊断路径

(一) 传感器安装与数据采集

在风机传动系统关键部位安装冲击脉冲传感器和振动传感器是故障诊断中的一个重要环节,为保证数据准确、稳定,必须对传感器的安装位置进行认真选择,并确保其安装牢固。风机传动系统中,轴承、变速箱、联轴节等关键部位通常需要安装冲击脉冲传感器或振动传感器,因此,对这些部件进行状态监测,可以及时发现故障^[2]。如在轴承部位加装冲击脉冲传感器,可对轴承的磨损及损伤状况进行监测;将振动传感器安装到变速箱

上,可实现对齿轮啮合状态及磨损情况的监控。传感器的安装应视具体情况而定,可采用螺栓固定,磁性吸附固定,胶粘固定等,以螺栓紧固为例,先在安装传感器的地方钻一个孔,再用螺栓固定传感器,这种安装方法能保证传感器和器件的紧密接触,避免了因松动而造成的信号畸变。磁性吸附固定适合于不便钻孔的场合,利用强磁力吸附于仪器表面,实现信号的稳定采集。胶粘固定是一种常用的临时监测和试验研究方法,它是用高强度胶固定于仪器表面的一种简单、快速的方法,但不适于长时间使用。传感器安装完毕后,需要利用数据采集装置对传感器进行实时采集,这些装置既可作为专用数据采集系统,又可作为一般数据采集卡与计算机共同使用。数据采集设备必须具有较高的采样速率和较高的分辨力,才能准确地采集到传感器输出的冲击、振动等信号。如某一种特殊的数据采集系统,它能同时接入多个传感器,对各个关键部件的运行状态进行实时监控,并对其进行实时处理与存储。

(二) 信号处理与特征提取

信号处理与特征提取是风机传动系统故障诊断的关键环节,通过对采集到的信号进行预处理,并结合多种分析手段,可有效提高风机传动系统故障诊断的精度与可靠性^[3]。在实际应用中,由于存在大量的噪声,使得原始信号常常被各种干扰所干扰,从而影响后续分析的精度,因此,需要对其进行去噪等必要的预处理,常用的去噪方法有均值滤波法、低通滤波法、中值滤波法等。以低通滤波器为例,在10 kHz采样频率下,选用1 kHz截止频率的低通滤波器,可有效滤除高频噪声,保留有用信号,在此基础上,对信号进行时域、频域和时频分析。时域法是一种能直接从时间序列中提取信号特征的方法,以某台风机为例,在正常运行状态下,其振动信号平均值在0.05克左右,标准偏差在0.02克左右;在失效条件下,其平均值可能上升到0.15克,标准偏差上升至0.05克。频域分析就是利用傅立叶变换把时域信号变

换为频域的方法,对信号进行频域分析,如某风机为例,正常运行频率范围为 0~500 Hz,故障时可能出现齿轮故障频率约为 800 Hz 等特殊频率,通过对频谱的分析,能够识别出故障的特征频率。时频分析是一种将时域与频域相结合的分析方法,常用的方法有 STFT、小波变换、希尔伯特-黄变换等。小波变换能从多个尺度对信号进行局部特性分析,对非平稳信号尤其适用。以风机传动系统为例,在正常工况下,小波变换能量集中于低频区域,但是,当故障发生时,高频部分的能量明显增大。另外,利用希尔伯特变换对信号进行处理,可以提取出信号的瞬时幅值和瞬时频率,采用希尔伯特变换的方法提取信号的包络线,并对信号的特性进行了分析。如某风机传动系统在正常运行时,其包络是平滑的,没有显著的波动;当故障发生时,其包络上可能出现与故障冲击相对应的周期尖峰。

(三) 故障模式识别与诊断

为了对风机传动系统进行故障识别和诊断,必须建立风机传动系统常见故障模式库,并对其故障诊断。通过建立故障模式库,可采用多种模式识别算法对所提取的信号特征进行分类识别,其中,支持向量机(Support Vector Machine, SVM)和神经网络(Neural Network)就是最常见的两种模式识别算法,支持向量机采用最优超平面对信号特征进行分类,神经网络模拟人脑神经元连接网络对信号特征进行学习与分类^[4]。这需要对风机传动系统的振动、冲击信号进行预处理,并对其进行处理,在信号预处理阶段,主要包括信号的消噪、频域分析以及时间域的特征提取。在时间域中,常用的特征有均方根值、峰系数、峭度等,频率域特征包括占主导地位的频率分量、谐波以及边带频率等,经过预处理后,再用支持向量机算法对提取出来的特征进行分类。在运用模式识别算法时,必须将专家经验与历史资料相结合,综合分析,将当前检测到的特征参数与历史数据进行比较,就能对故障的类型及程度作出正确的判断。如,某风机轴承在运行过程中,其 BPFO、BPFI 与某一故障模式具有较高的一致性,且该模态往往伴随着严重的轴承损伤,可初步判定其损伤程度较高。

(四) 故障预警与维护决策

故障预警与维护可用在线监测系统,在线监测系统是对风机传动系统进行实时监测,并对其运行状态进行实时分析,当系统检测到异常的信号,如振动幅值超过设定的阈值(如振动速度大于 10 毫米/秒)或者冲击强度超出设定的上限(如冲击强度大于 50 克)时,系统会自动产生报警信息,并通过短信、邮件或监控平台通知维修人员。为保证风机传动系统的长期稳定运行,必须制定科学的维修策略,如风机传动系变速箱,维修人员

可通过在线监测数据对其内部磨损及润滑状态进行定期检测。在实际应用中,可实现每月一次全面的振动分析与冲击测试,并与历史数据进行对比,对设备的健康状况作出判断。通过大数据分析,可挖掘与分析历史监控数据,优化维修决策,提升设备可靠性与运行效率,通过对风机传动系统长时间运行数据的采集与存储,采用机器学习方法,建立风机传动系统故障预报模型。如利用时间序列分析法,对某一时段的振动信号作趋势分析,并对未来可能出现的故障进行预测。具体而言,可将近一年来的振动加速度数据(如 10 Hz 到 1 kHz)输入到预测模型中,产生下一个月的健康状况评价报告,同时,结合其他操作参数(温度、压力、转速等),开展多维度分析,提升故障预测精度。以某台风机传动系统为例,对其振动信号及油温数据进行分析发现,当油温高于 75 °C 时,其振动幅值明显增大,提示风机可能存在润滑不充分或轴承磨损等问题,所以维修人员可提前进行润滑油的更换、轴承的检修,以防止设备的损坏。另外,可利用云平台,实现远程监控与数据共享,便于不同地域的维修人员进行协同工作。如在大型风电场中,所有风机在线监测数据可统一上传至云平台,维修人员可通过该平台实时查看每台风机的运行状况及故障预警信息,从而实现快速维修决策。

结束语

综上所述,基于冲击脉动和振动在线监测的风机驱动系统故障诊断方法,对提高设备运行的可靠性和安全性具有重要意义,对风机传动系统运行状态进行实时监测与分析,可及早发现故障点,避免突发停机,造成重大损失。未来,随着传感技术、数据分析算法以及人工智能等技术的发展,风机传动系统的故障诊断将向智能化、精准化方向发展,为工业生产提供更加有力的保障,将进一步促进该领域的发展,为实现更加高效、安全、智能化的工业生产环境做出贡献。

参考文献:

- [1]张大海,蒋勇建,顾欣星,张子穆,刘国伟,钱鹏.变转速工况海上风机传动系统状态监测与故障诊断技术现状及发展趋势[J].船舶工程,2024,46(01):30-44.
- [2]韩中合,赵文波,朱霄珣,李震涛.基于 KL-CEEMD 的风机传动系统故障诊断方法研究[J].中国测试,2022,48(05):88-95+101.
- [3]王煜伟,孙文卿,翟怡萌,邓艾东.风机传动系统故障诊断试验系统设计[J].工业控制计算机,2020,33(01):59-60+69.
- [4]郑小霞,叶聪杰,周荣成.基于改进 DEMD 和 ICA 的海上风机传动系统早期故障诊断[J].电机与控制学报,2017,21(11):82-89+96.