

基于VMD和JRD距离的风电主轴轴承性能退化评估

陈阳,杨芳,徐爽

(许昌电气职业学院,电气工程系,河南省许昌市,461000)

摘要 为了提高风电主轴轴承运行寿命评估能力,采用变分模态分解(VMD)与JRD距离结合设计得到了一种风电主轴轴承性能测试,完成风电主轴轴承性能退化的分析功能。研究表明:对风电主轴轴承从刚开始运行到完全失效阶段进行精准识别。第624个样本FNER峭度值为12.6,有显著增长,代表开始出现早期故障。采用本文VMD与JRD组合方法实现状态精确识别,完成风电主轴轴承性能退化的分析功能。该研究有助于提高风电工作效率,起到节约能源的效果。

关键词 风电主轴;轴承性能评估;变分模态分解;JRD距离

中图分类号:TH137 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2024)12-0032-03

风力发电作为新能源之一具有重要的作用,其机械传动设备运行稳定性是基础保障^[1]。目前,风电主轴轴承已成为传动设备的关键部件之一,直接影响到风电设备运行效率^[2]。为此,如何准确评价风电主轴轴承性能退化程度是当年热点之一^[3]。

为此许多学者采用JRD距离进行信号评估,取得了一定的研究成果。罗亭等^[4]提出基于微分局部均值分解和JRD距离的轴承性能评估方法,基于拉普拉斯分值得选择包含最多故障信息分量,判断滚动轴承的退化状态,准确、有效地评估轴承性能退化状态。夏均忠等^[5]应用小波包变换对信号降噪,计算信号Renyi熵作为轴承退化特征,应用增强JRD值对于寿命微弱敏感性分析,试验验证识别率能达到100%。

本文在前人研究的基础上,设计了一种VMD与JRD距离对风力发电机主轴轴承综合性能衰退进行评价的算法。

1 风电主轴轴承性能评估方法

1.1 振动信号VMD分解

变分模态分解可以有效抑制模态分解中的混

叠现象。门兰城等^[6]提出基于电流信号经验模态分解(EMD)的故障诊断方法。通过对信号EMD分解选取合适IMF分量经傅立叶变换求频谱图,根据频谱图中是否存在与故障特征频率,实现故障有效诊断。本文应用此方法开展振动参数VMD分解。

采用差分调节方法控制各个频率分量的占比,由此增强弱高频分量信号,能够充分消除VMD模态混叠的情况。

1.2 JRD距离方法

JRD距离具备概率分布相似度的定量评价功能,可以同时满足结构对称和有界性的指标,有效克服了传统性能评估指标波动性大的缺陷。

通过随机序列概率分布 $p(i)$ 和 $p'(i)$ 建立KLD和JSD距离函数关系:

$$KLD_{p,p'} = \sum_{i=1}^n p(i) \lg \frac{p(i)}{p'(i)}$$

$$JSD_{p,p'} = \frac{(SH_p + SH_{p'})}{2} - \sum_{i=1}^n \frac{p(i) + p'(i)}{2} \lg m(i)$$

$m(i)$ 是 $p(i)$ 、 $p'(i)$ 平均概率分布。

当风电主轴轴承发生故障时,JRD持续增大,加重了风电主轴轴承故障,使其发生更大程度的退化。

1.3 风电主轴轴承性能评价

轴承性能退化进行评价的流程步骤见图1,训练振动样本参数,并经过VMD分解得到多种PF分量,利用滤波处理后得到的信号成分来获取时间域特征,从而得到相应的特征矢量。通过上述特性矢

作者简介:陈阳(1992~),女,汉族,河北衡水人,硕士,助教,研究方向:电气自动化。

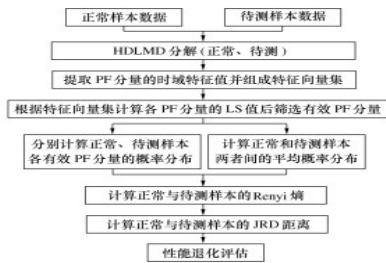


图1 性能退化评估方法流程图

量集合求解功率因子LS,以LS值小于设定门限的部分作为有效成分。基于上述研究结果,以风机主轴系统为研究对象,以获取的功率因数,得到输出功率谱概率分布结果,进而得到输出功率谱Renyi熵,通过Renyi熵求出JRD距离,从而实现风机轴承的性能衰退程度进行全面评判。

基于包络总能量 $r_x(0)$,对故障噪声能量及特征能量进行计算,FNER峭度具体定义如下所示:

$$FNER = \frac{FER \cdot r_x(0)}{r_x(0) - FER \cdot r_x(0)}$$

2 实验结果分析

2.1 数据分析

选择测试数据由CWRU风电主轴轴承数据库提供。为驱动端配备了SKF6205风电主轴轴承,验台主要包含磁力制动器、风电主轴轴承负载、行星齿轮箱,等等。采样频率为12kHz,转速为1750r/min,样本由5000个数据点组成。

风电主轴轴承滚动体故障信号见图2所示。通过时域波形和包络谱图可以看到振动较弱,造成信号内存在的冲击成分极易被其它成分掩盖。

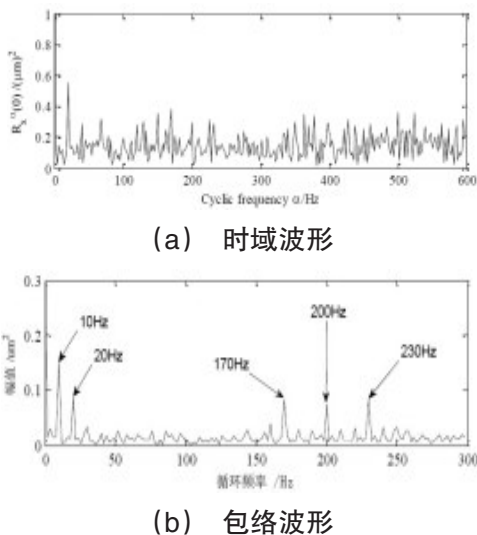


图2 风电主轴轴承滚动体故障信号

对风电主轴轴承滚动体故障实施VMD分解计

算,VMD对样本信号分解获得PF分量,通过拉普拉斯分值得处理形成分量信号,从中提取出时域特征。

2.2 结果分析

根据全寿命周期计算JRD距离,由此增强不同退化程度的差异性,具体见图3。

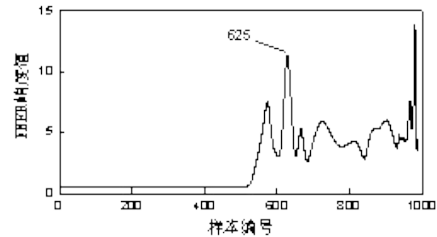


图3 全寿命样本FNER峭度图

根据图3,可对风电主轴轴承从刚开始运行到完全失效的所有阶段进行精准识别。前512个样本的FNER峭度处在较为平稳的状态。第624个样本的FNER峭度值为12.6,有显著的增长趋势,此代表着开始出现早期故障,该故障特征通常会受到强噪声的影响。在722min以后,FNER峭度的增长态势更为显著,代表着风电主轴轴承故障正处于不断发展的过程,此时故障尺寸则会愈大、愈深,表现出更为显著的故障特征。在977min以后,风电主轴轴承故障缺陷快速扩大,FNER峭度值大幅度变化,运行可靠性明显下降,风电主轴轴承几近失效。整体而言,可将“风电主轴轴承1”的退化划分成五个不同时期:0~624min是正常期、624~722min是轻度退化期、722~977min是中度退化期977~980min是严重退化期、980min以后是失效期。

表1是以VMD和VMD分解获得的JRD距离与方差。根据表1可知,采用本文VMD与JRD组合方法实现状态精确识别。构建风电主轴轴承性能评价方法并融合VMD和JRD距离特点,先利用VMD分解信号中各频率成分,充分保留故障信号特征信息,完成风电主轴轴承性能退化分析,为后续的故障诊断奠定一定的理论基础。

表1 信号分解的JRD方差对比

方法	方差
VMD分解JRD	6.02×10^{-4}
VMD分解JRD	10.22×10^{-4}

3 结论

本文开展基于VMD和JRD距离的风电主轴轴承

性能退化评估分析,风电主轴轴承从刚开始运行到完全失效阶段进行精准识别。第624个样本FNER峭度值为12.6,有显著增长,代表开始出现早期故障。采用本文VMD与JRD组合方法实现状态精确识别,完成风电主轴轴承性能退化的分析功能。

参考文献

- [1] 田再克,李洪儒,谷宏强,等.基于局部特征尺度分解和JRD距离的液压泵性能退化状态识别方法[J].振动与冲击,2016,35(20):54-59.
- [2] 谢蓉仙,任芳,杨兆建.EEMD与HMM在齿轮故障诊断方法中的研究[J].机械设计与制造,2021(01):28-31.

(上接第31页)员情况、实验室建筑平面图及立面图等资料进行编制。事故处置流程可以参考MSDS表格及实验室管理规章制度进行制定。根据传感信息集成智能分析系统得到可能发生事故的类型,针对不同事故类型给出不同的事故处置流程方案。

3 结语

实验室的智能化管理有利于风险识别、健全管理机制、提升教学科研能力和提高监测设备数据使用率。本文针对大型化学重点实验室,根据该类型实验室涉及的风险类型,探讨其智能化安全管理模式,该模式较为系统地分析了实验室相关危险源及其监测手段,数据分析手段及应急决策紧急处置方案,为实验室高质量建设和运行提供有利保障。上述管理模式不仅可应用于大型化学重点实验室,其管理模式同样也适用于机械、生物等类型实验室。若某类实验室未涉及到部分危险源,则可以将该部分危险源的监测部分去除,保证实验室智能监测系统的设备及功能不会冗余。

参考文献

- [1] 李耀莹.大数据技术下的计算机实验室网络安全技术研究[J].石河子科技,2021,(06):21-22.
- [2] 廉静静,庞玺斌,徐进等.高校实验室智能化管理的应用与实践[J].实验室研究与探索,2020,39(07):255-257+284.

- [3] 刘红军,魏旭阳.基于GADF与卷积神经网络的滚动风电主轴轴承故障诊断研究[J].机电工程,2021,38(05):587-591+622.
- [4] 罗亭,王晓东,杨创艳,等.HDLMD及JRD在滚动轴承性能评估中的应用[J].机械科学与技术,2021,40(07):1000-1008.
- [5] 夏均忠,吕麒麟,陈成法,等.基于JRD和CUSUM的滚动轴承性能退化状态识别与评估[J].振动与冲击,2019, 38(02):1-5+24.
- [6] 门兰城,庞新宇,李峰,等.基于机电电流经验模态分解的行星轮故障诊断[J].机械设计与制造,2021(04):39-42+47.

- [3] 刘婧蔚.高校实验室智能化管理的实践路径探究[J].数字通信世界,2023(07):182-184.
- [4] Ji Changning (2023). Research on Laboratory Intelligent Security Management Mode Based on Big Data and Cloud Services. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 12604.
- [5] Zhang Fang, Wu Jie, & Wu Faquan (2022). The Laboratory Intelligent Management System Using NB-IoT and Artificial Intelligence Technology. Mathematical Problems in Engineering, 2022.
- [6] Duan Ruobing, Zeng Hang, Cheng Jinjie, & Zheng Zhuoling (2022). Analysis of Optimization Method of Laboratory Management System Based on Data Processing and Intelligent Sensor Technology of the Internet of Things. Proceedings-2022 2nd Asia-Pacific Conference on Communications Technology and Computer Science, ACCTCS 2022, 309-313.
- [7] Mu Honghui, Li Liyan, & Zhang Jiayuan (2023). A New Type of Intelligent Laboratory Management and Control System Design. 2023 IEEE International Conference on Integrated Circuits and Communication Systems, ICICACS 2023.
- [8] 张鸿鸿.化工过程安全风险辨识与管控分析[J].石河子科技,2022,(04):68-69.
- [9] 李津.化工行业基于定位技术的生产安全信息化应用[J].石河子科技,2022,(03):44-46