

基于特征参数趋势分析的风电机组发电机轴承故障诊断

张继辉¹ 徐波²

(1. 兰州兰石集团有限公司 甘肃 兰州 730050; 2. 陆军边海防学院 工程基础系 陕西 西安 710108)

摘要: 滚动轴承是风电机组正常运行最基础、最关键部件之一, 其结构性能优劣将直接影响整机性能。本文通过时域特征参数趋势统计来对轴承进行故障诊断, 并且以某风场 1.5MW 风电机组为例, 通过计算得到发电机输出轴轴承加速度有效值、峰值、峭度指标、波形因数指标趋势图, 利用趋势变化来判定轴承故障。结果表明: 有效值、峰值随故障恶化趋势不断上升, 对于磨损类故障有效值和峰值较波形因数和峭度指标更敏感。

关键词: 发电机轴承; 特征参数; 趋势统计; 故障诊断

0 引言

随着我国碳中和目标的提出, 新能源行业将为我国的能源转型, 以及电力行业脱碳提供重要保障。在众多新能源中, 风能作为一种清洁、低碳的可再生能源受到各国的重视, 风力发电产业也得到广泛应用。目前, 风机单功率不断向大型化发展, 加之其运行环境复杂多变, 其机械部件很容易发生故障, 且不好维护, 因此研究风电机组故障诊断技术具有重要的经济意义。滚动轴承是风电机组传动链的核心零部件, 其结构性能的优劣将直接影响整机性能。基于此, 本文以某风场 1.5MW 风电机组为例, 通过时域特征值参数的变化趋势来进行发电机输出轴轴承故障诊断, 结果表明趋势分析不仅可以对轴承早期故障进行诊断, 而且还能反映故障发展的过程。

1 特征参数分析

选择有效的振动特征参数指标振动分析来说显得尤为重要。特征参数通常包括两类: 有量纲特征参数和无量纲特征参数, 其中均方根 (RMS), 峰值 (Peak)、峰峰值 (Peak-Peak)、方差 (Variance) 等为有量纲参数, 波形因数 (Wave-factor) 和峭度指标 (Kurtosis)、脉冲指标 (Impluse Factor)、裕度指标 (Clearance Factor) 等为无量纲参数。

1.1 均方根

均方根是有量纲参数又称为有效值, 其定义如下:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2}$$

通过上式可以看出, 均方根表征振动信号能量大小, 本质是对时间的平均, 因其具有稳定性和趋势性好的特点, 因此广泛应用于分析具有随机振动性质的轴承故障中。它对诸如磨损这类随时间缓慢发生的故障尤其敏感, 具体表现为轴承磨损程度越严重, 有效值则越大; 但是对于剥落等冲击类损伤, 有效值则不容易判别出来, 而且对于早期类故障, 有效值也不敏感。

1.2 峰值

把 $\{x_i\}$ 的 N 个采样点分成 n 段, 每一段找出 n 个峰值 $\{X_{pj}\} (j=1 \sim n)$, 则 $\{x_i\}$ 的峰值可以表示为:

$$X_p = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{pj}$$

由上式可以看出, 峰值大小反映了轴承局部故障点的冲击力大小, 表面某段信号中单峰的振幅最大值, 因此峰值能够很好的反映由于瞬时冲击振动所引起的故障, 比如裂纹、剥落等, 特别是对早期的剥落, 非常容易由峰值的变化检测出来。

有效值作为一个有量纲特征参数, 其大小虽然会随着故障的发展而逐步上升, 但是会因转速、负载等工况的变化而改变, 在实际应用中很难区分, 因此引入无量纲参数直观重要。该参数被广泛应用于表面损伤类故障的诊断。其显著特点是不受机械零部件尺寸、工况等因素制约, 对冲击类信号尤为敏感。在无量纲参数指标中峭度和波形因数指标是滚动轴承故障诊断的重要指标。

1.3 峭度指标

峭度指标是滚动轴承故障诊断中最常用的无量纲参数指标。该参数反应振动信号分布特性的数值统计量, 是归一化的四阶中心距, 定义如下:

$$K = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4}{\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2\right)^2}$$

轴承正常工作时, 振动信号的幅值接近正态分布, 峭度指标 K 在 3 左右。随着轴承的运转, 轴承开始出现故障, 此时时域中存在冲击信号, 峭度曲线出现偏离, 不再满足正态分布, 峭度指标大于初始值 3; 峭度指标越大, 表明轴承损伤越严重。

1.4 波形因数

波形因数又叫峰值指标, 主要用来检测振动信号中是否存在冲击。其物理含义为峰值和均方根值的比。

$$W = \frac{X_p}{X_{RMS}}$$

一般情况下波形因数在 2.5 ~ 3.5 之间, 数值比较稳定。如果波形因数增大, 则表明振动信号冲击明显, 可能的故障为: 点蚀、剥落等局部不均匀损伤; 波形因数减小, 则轴承可能存在磨损等均匀损伤。

综上所述, 不同的特征参数针对轴承不同的故障形式其敏感度和稳定性也不相同, 在实际应用中, 由于事先并不确定滚动轴承损伤形式, 且当一个轴承存在损伤时, 往往既

(下转第 52 页)

进一步提高生产的灵活性。

电气工程的自动监视技术是一种远程监视技术,使用传感器和计算机网络实现监控目标。自动电力监视技术提供多个实时监视目标,通过监测中心来建立,不仅有助于打破时间和空间限制,而且在很大程度上为监控提供便利。由于该技术是一种远程监控技术,其运行速度有限,一般不适合大自动化系统的远程监视。在对自动化系统中的多个功能进行集中和统一的监视,需要使用同一处理器来执行中央监视功能,作为一种监视系统的方法,在监视时,根据设备的不同功能需要设置相应的间隔。同时,不同的监视装置在功能上是独立结构的,并且具有较高可靠性,减少绝缘装置和系统中端子柜的使用频率,从而大大节省了投资成本。

科技不断向前进步发展,单一的主体技术构建模式已经渐渐地不能满足人们的对机电系统整体控制发展的需要,而把不同的系统控制模式融合在一起慢慢地变成了发展的趋势。在机电信息技术工程的系统控制产品设计上,我们要针对性的借助国外先进的系统知识理论,结合我国机电信息发展行情,切实加强自身机械与信息技术工程的发展进步;同时对

于现在错综复杂的电子机电信息工程发展环境,需要大力发展机电系统设计与系统控制的一体化来改善当前的大环境,让人们信息生活更加有秩序,机械控制系统工程的产品设计也更加方便快捷。

4 结语

综上所述,本文关于机电一体化自动化技术和智能控制的开发和讨论,希望能为有关学者对机电自动化技术的研究有所帮助。我们深信,通过机电自动化技术人员的不懈努力和不断创新,机电自动化技术的成熟度将会越来越高,在智能控制硬件设计和软件开发设计相结合的基础上,机电一体化的可持续和高速发展指日可待。

参考文献:

- [1] 王志超. 机电一体化系统中智能控制的应用探讨 [J]. 华东公路, 2017, 06: 57-59.
- [2] 刘丽, 王冠. 探讨机电一体化系统中智能控制的应用 [J]. 黑龙江交通科技, 2018, 4105: 66-67.
- [3] 熊华英. 探讨机电一体化系统中智能控制的应用 [J]. 价值工程, 2018, 3730: 211-212.

(上接第 50 页)

有磨损等均匀损伤,又有点蚀、剥落等局部损伤,因此在实际分析中将多种特征参数相结合,取长补短就显得尤为重要。另外,为了排除偶然因素所造成的振动特征值大小的变化,本文通过计算特征值趋势来进行滚动轴承故障诊断。

2 实例分析

本文以某风场 1.5MW 风电机组发电机轴承为例进行振动数据分析,为了全面的获取轴承振动型号,更为准确的判断轴承故障,本文在发电机输出端轴承座径向布置加速度传感器,实验室发电机转速为 1750 ~ 1800r/min 之间,采样频率为 10kHz,采样点数为 102400。该机组有效值、峰值、

峭度值、波形因数数值计算结果如图 1 ~ 4 所示。

通过上图可以看出,加速度有效值和峰值都不断增大,且呈上升趋势,而波形因数和峭度指标则略有减小,呈下降趋势;其次,有效值和峰值变化较波形因数和峭度指标更加明显,说明相对该轴承故障有效值和峰值的敏感度较峭度指标和波形因数高。

3 结语

本文以某 1.5MW 风电机组发电机轴承为例,通过计算该轴承加速度有效值、峰值、波形因数和峭度指标随时间变化趋势,来进行滚动轴承故障诊断。计算结果表明:有效值和峰值随着故障恶化不断增大,波形因数和峭度指标略有下降;分析结果还表明,综合考虑有效值、峰峰值、峭度指标、波形因数变化趋势来初步进行滚动轴承故障诊断的方法是可行的。

参考文献:

- [1] 肖成,于敏,王丹. 基于时域分析的风电机组电控系统故障诊断 [J]. 北华航天工业学院学报, 2015, 25(2): 20-22.
- [2] 汪治安,夏均忠,但佳壁,于明奇,吕麒麟. 循环平稳在滚动轴承故障诊断中的应用 [J]. 军事交通学院学报, 2017, 19(6): 25-30.
- [3] 唐明,吴宏亮,魏略,于文娟. 基于阶次解调谱的滚动轴承故障诊断方法 [J]. 太阳能学报, 2019, 40(9): 2486-2493.
- [4] 陈俊君,徐冰. 基于无量纲指标与波普分析的滚动轴承故障诊断 [J]. 机械设计与研究, 2015, 31(4): 45-49.
- [5] 陈强强,戴邵武,戴洪德,聂子健. 滚动轴承故障诊断方法综述 [J]. 仪表技术, 2019(9): 1-4.
- [6] 阳建宏,黎敏,丁福焰,等. 滚动轴承诊断现场实用技术 [M]. 北京:机械工业出版社, 2015.

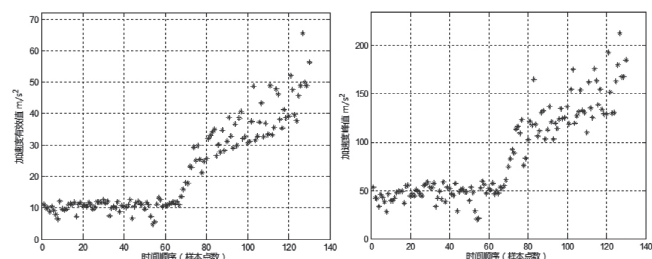


图 1 轴承加速度有效值随时间变化趋势

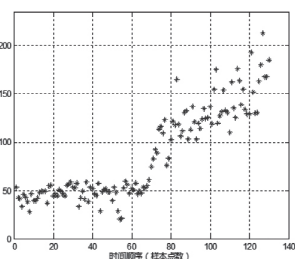


图 2 轴承加速度峰值随时间变化趋势

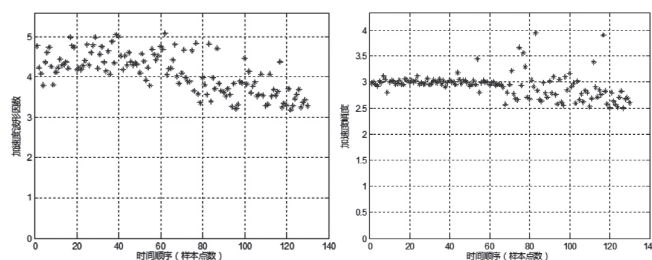


图 3 轴承加速度波形因数随时间变化趋势

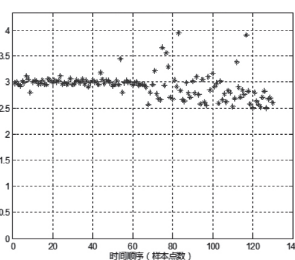


图 4 轴承加速度峭度随时间变化趋势