

# 基于振动分析的风力发电机故障诊断方法

张长伟 王先军

中广核新能源投资(深圳)有限公司山东分公司 山东 德州 253000

**摘要:**随着科技的发展,风电机组单机容量变大,内部的结构越来越复杂,还会受到天气的不可控因素的影响,比如会受到下雨时,打雷闪电等,有数据显示,陆上风力发电机组的运营和维护费用可达收益的15%~25%,海上风力发电机组的更占到35%。从数据的剖析中,我们可以看到维护成本过高,如果人为来维护还会有一定的风险,我们要保证安全为上。而且风力发电机组发生故障后,其不能正常工作,产生的效益也会有大幅度减少,由此可见,针对风力发电机组的监测与故障诊断的研究是很有意义的。

**关键词:**风力发电;发电机组;振动监测;故障排除

## 引言

风力发电机能否正常投入使用,影响着风力发电的整体质量,而风机故障会导致机组本身受到损坏严重的情况下,可能会造成更加不可预料的后果,而从风力发电机所使用的环境以及自身结构等角度出发,其设备在实际应用过程中容易受到外界环境的影响,造成风力发电,整体质量偏低。为保证风力发电能够正常地运行,需要进行振动状态监测和故障诊断工作。而从现阶段风力发电机组实际应用情况来看,多数地区在风力发电机运行2500h或者是5000h后,会进行例行维修,而这种维修周期较长,设备受损情况较为严重,部分问题难以在检修工作中得到解决。在这种情况下,需要重视在线监测和故障诊断系统的设计,以保证风力发电机在实际运行过程中处于一种可控状态,辅助相关人员及时发现风力发电机在实际运用过程中存在的不足,提升风力发电机的应用质量与效率。

## 1 风力发电机组

### 1.1 基本结构

风力发电机组是由风轮、发电机、液压系统、传动及制动系统、偏航的检测系统、控制及安全系统、机舱和塔架等组成。下面介绍几个主要部件的功能:(1)叶轮主要接收风能,吸收了空气中的动能,使之转化为机械能,从而让叶轮开始旋转;(2)齿轮箱改变传动方向和扭矩等,让风力产生的动能传递给发电机,使之以一定转速工作旋转;(3)发电机将叶轮转动的机械动能转化为电能<sup>[1]</sup>。

### 1.2 风力发电机组的常见故障类型

风力发电机组在运行过程中,收到的力是自然力,是不可控的风力,输出频率并不是一成不变的,不断变化带来的冲击力是风力发电机组的叶片、主轴、齿轮箱、高速轴等都极易发生故障,部件发生故障以后势必会造成发电机组停机,从而影响到电力的生产。

由于风机发电机组装置多建造于偏远的山区或近海地区,风力较大的环境中,再加上风力发电机组往往都建设在高空,所以存在着维护困难、维护成本高昂等问题,因此建立起全面的监测检验系统是十分必要的。

## 2 风力发电机组震动研究基本概述

### 2.1 整机系统震动情况分析

从现阶段风力发电机研究情况来看,振动是风力发电机组在运行过程中较常见的故障之一,也是原因复杂不容易解决的问题之一,而这种问题在较为严重的情况下,会造成设备的损害,甚至产生其他重大事故。本文在研究的过程中,将风机的整体系统分成塔架—机舱系统、根部刚性固定的叶片以及传动系统三个组成部分进行研究与分析。风力发电机在实际运行的过程中其发生的振动情况会引发共振情况,如风力发电机在实际应用的过程中自身的风载、叶轮转动、开关等会造成风机产生较为剧烈的振动情况,而这种震动则会造成轴承、齿轮副、联轴器等部件的震动,进而造成设备的损坏,影响设备的使用寿命与质量。

### 2.2 偏航系统震动情况分析

在针对风力发电机实际应用情况进行分析后发现,由于偏航系统构建较容易产生故障,而这种情况在小型的风力发电机中则更加常见。造成其情况的主要原因在于,转子周期变化与旋转力之间产生共振,风力发电机在实际运行的过程中,系统所承受的载荷更大,不断变化的偏航力矩会引起扭转振动,进而在特定的位置不同的方位会产生较为明显的摩擦阻尼以及牵制力<sup>[2]</sup>。

### 2.3 叶片振动研究

叶片是风力发电的关键部件,多数的叶片均具有展向长、弦向短、柔韧性好等方面的特点,是一种在实际应用中较容易产生振动的部件,其运行的稳定性直接影响风机整体运行质量。目前,在实际运行的过程中,叶片会由于自身的惯性力与重力等因素产生激振力,一般情况下,其震动保持较为稳定的状态,而在静态发散、颤振等情况下,会造成较为强烈的振动,影响风力发电机的正常使用。

### 2.4 主轴承振动

主轴承振动指风力发电机在实际运行的过程中滚动轴承由于其各个部分的结构、工作状态,受损状态等方面因素而造成情况,需要注意的是,轴承座所传递的外界荷载以及激励信号也会在一定程度上影响主轴承振动情况,多种因素

也造成轴承振动较为随机。而轴承振动的频谱按照其运行实际情况来看,基本上可以分成低频段、中频段以及高频段三个组成部分。

### 3 基于振动分析法的分析

#### 3.1 振动信号的时域分析法

(1) 信号幅值分析:测出振动信号的幅值信息并处理,其中包括有:振动信号的峰值、平均值、斜度及方差等进行分析。

(2) 波形分析:分析和评价振动时域信号在随着时间的变化而跟着改变,这种方法有一定优点,优点是比较简单有效,但同时存在缺点,应用的方面比较窄。

#### 3.2 振动信号的频域分析法

(1) 频谱密度函数及频谱分析:指的是用傅里叶变换FR把复杂的时间波形进行拆分,拆分为单一的谐波分量,这样比较容易分析,从而获得信号的各谐幅值和相位信息以及频率结构。

(2) 相位谱分析:风力发电机组属于旋转的机械,在旋转的机械中,相位谱中的相位是将旋转元件上的任意一个人取好的定点当作参考点,而转动元件上随机取一个点的相位就是和之前人为取好的定点间所夹的角为圆心角。

#### 3.3 振动信号的时频分析法

(1) 小波分析:又可叫作数学放大器,这个方法使对小波母函数进行相关变化,比如平移和压缩变换,然后可以得到一个新的正交基函数。是一个组合,有多尺度的特点,特性很好,可以在高频放大尺度,而在低频缩小尺度,有着优秀的信号自适应性和分辨力<sup>[3]</sup>。

(2) Wigner-Ville分布分析:采用了映射的方法,将时间频率函数进行转变,从一维转变为二维,虽然能直观看到信号的变化情况,但也存在缺点,会受到频率的干扰,这一缺点造成不能明显看到多成分信号时的分布情况。

## 4 风力发电机组振动状态检测与故障诊断系统设计

### 4.1 系统总体设计分析

时代在不断发展的同时,风力发电机组振动状态监测与故障诊断要求也在不断地提升,在进行其系统设计的过程中,也需要按照实际情况,合理地进行设计方案的选择。本文在进行系统设计的过程中,主要是从振动信息监测、状态监测、故障特征分析、故障识别等几个角度进行总体方案的设计。振动信息监测指系统在实际运行的过程中,能够对发电机组的振动情况进行实时的检测,并能够利用数字化的技术将振动情况绘制成较形象的图像,辅助相关研究人员更加准确地分析风力发电机组的运行情况。而振动信息监测在实际运行过程中主要由传感器、数据预处理、A/D转换等部分

所组成。状态监测指系统在实际运行中,需要按照发电机组运行状态以及相关的实时监测数据,进行发电机组趋势图绘制,通过趋势图能够更好地反映发电机组在实际运行过程中设备的发展趋势,为后续的维修、保养工作提供一定的支持。故障特征分析指系统在对相关数据进行收集后,对原始的信号进行分析处理,寻找信号中具有特点的信息,并按照自身所储存的数据进行故障特征的分析工作。其组成部分在实际应用中能够在较短的时间内进行数据的整理与分析工作,为故障维修等工作提供准确的数据分析,提升故障维修的质量与效率。

故障识别指系统在实际应用中,能够通过故障信息监测和故障特征分析的数据按照一定的规律,进行故障、故障产生原因、故障产生部位等信息的排除,进而为维修人员提供较准确的故障发生原因分析、故障产生位置分析、故障影响情况分析等方面的数据。以及其在实际应用的过程中也能够与模糊诊断手段相互结合使用,提升数据的准确性<sup>[4]</sup>。

### 4.2 测量点的选择

在进行测量点选择的过程中,需要保证测量点满足以下几方面的需求。(1)测量点需要尽可能地靠近轴承的承载区,且不能够在保护罩、外壳、设备结构间隙等地选择监测点。(2)从现阶段研究实际情况来看,造成风力发电机产生故障的原因多种多样,而产生振动的方向也存在较大的不同,因而在进行检测点选择的过程中,需要尽可能地选择能够对水平垂直走向三个方向进行检测的点。(3)在进行检测点选择过程中,需要选择设备表面较为平滑地区,减少设备表面污渍等情况对振动信号的影响。

## 5 结束语

综上所述,风电机组高额的运行维护成本在很大程度上限制了风电产业的经济效益,风力发电装置的运行环境恶劣,复杂多样,传统的人工维修成本既高昂又易发生安全问题,因此,关于风力发电机的故障诊断方法的研究意义重大。

### 参考文献:

- [1]李刚,齐莹,李银强,张建付,张力晖.风力发电机组故障诊断与状态预测的研究进展[J].电力系统自动化,2021,45(04):180-191.
- [2]李靖.基于振动分析的风力发电机故障诊断方法[J].科技资讯,2018,16(33):54-55.
- [3]孔德同,贾思远,王天品,刘庆超.基于振动分析的风力发电机故障诊断方法[J].发电与空调,2017,38(01):54-58.
- [4]徐展.基于振动法的风电机组传动链状态监测与故障诊断研究[C].浙江大学,2012.