

风力发电机状态监测与故障诊断技术分析

柳青 宋满志 隋润鹏 范浩

华能荣成风力发电有限公司 山东威海 264300

摘要: 随着我国经济的不断发展,我国电力部门也开始重视新能源发电的概念,风能是一种可再生、无污染的能源,再加上我国风能资源非常丰富,因此,风力发电的前景一片光明。但由于风力发电机在日常运行中,由于监测系统不完善,以及风能发电设备技术水平不过关等原因,造成风力发电机频繁故障,危及员工的身体健康。基于此,本文重点研究了风力发电机运行中出现的故障问题,并对其产生的故障和如何对其进行严密监控和诊断。

关键词: 风力发电机; 状态监测系统; 故障诊断技术

Analysis of state monitoring and fault diagnosis technology of wind turbine

Qing Liu, Manzhi Song, Runpeng Sui, Hao Fan

Huaneng Rongcheng Wind Power Co., LTD., Shandong Weihai 264300

Abstract: With the continuous development of China's economy, China's power sector also began to pay attention to the concept of new energy power generation. Wind energy is renewable, pollution-free energy and is very abundant in China. Therefore, the future of wind power is very bright. However, due to the daily operation of the wind turbine, the monitoring system is not perfect, and the technical level of the wind turbine equipment is not up to standard, resulting in the frequent failure of the wind turbine, endangering the health of employees. Based on this, this paper focuses on the fault problems in the operation of wind turbines and how to closely monitor and diagnose the fault.

Keywords: wind turbine; state monitoring system; fault diagnosis technology

1 风力发电机组的故障特点

风力发电机组是风力发电的主要设备,风力发电机首先将风能通过风轮转换为机械能,再通过主轴、齿轮箱等将机械能转化为电能,进而实现风力发电。一般而言,适合风力发电的环境往往地域辽阔、人烟稀少,而且大型风力发电厂还具有离集控中心远、分布范围广、风机数量多的特点,容易受到腐蚀性降雨、振动、强风沙、大温差、长期低温的影响,因此其故障的发生率是比较多的。根据相关资料研究表明:风力发电机组的典型故障主要集中在齿轮箱、发电机、叶片、电气系统等部位^[1]。针对不同的故障部件和故障特征,采取合适的故障诊断方法是有效实施状态监测和故障诊断技术的保证。

2 风力发电机采用状态监测和故障诊断技术的必要性

为了便于风能的获取,风场一般都设在比较偏远的

山区或者近海区域,所以风力发电机会受到阵风、侵蚀等因素的影响。风力发电机组一般设在80~120m的高空,在机组运行时需要承受较大的受力载荷。由于设计不合理、焊接质量缺陷等原因会引发机组运行故障,当出现阵风时,会对叶片造成短暂而频繁的冲击载荷,而叶片受到的荷载又会对传动链上的部件产生不同程度的影响而引发故障,其中风轮、主轴、齿轮箱、发电机等受到的影响较大。计划维修和事后维修是风力发电机比较常用的维修方式,但是这两种维修方式都存在一定的缺陷,计划维修的检修范围不大,维修内容不详细,无法全面的反应出机电设备的运行状况。而事后维修的维修时间长,维修效率低,所以造成的经济损失较大^[2]。所以需要提高风力发电机维修水平,采用状态监测和故障诊断技术可大大提高风力发电机运行的稳定性和可靠性。

风力发电机状态监测和故障诊断技术主要是利用计算机控制系统,将信号采集、在线监测和信号分析综合

运用的系统。状态监测技术主要有油液监测、振动监测、温度监测、应变力监测,利用安装在风力发电机中的检测设备进行信号的收集,然后通过对信号的处理、分析、判断和诊断,就能够及时获取发电机的运行状态,进而通过控制中心对发电机的运行状态进行调整,可有效预防故障的发生。油液监测技术主要是通过对润滑油和液压油的性能进行分析,以此来掌握设备的润滑及磨损状态。振动监测主要是通过振动信号的收集来分析风力发电机的机械故障,比如转子不平衡,转轴弯曲等。温度监测主要是通过温度传感器获取设备的运行温度,常用于电子和电气元件的故障诊断,能够比较直观的反应设备的运行状态。

3 风力发电机组的常见故障

风力发电机组由于其长时间的运行,加上一些设备老化,容易发生一些故障。常见的故障形式如下:

3.1 风轮的叶片出现故障

风力发电机组中的叶片在风力的作用下,将空气的动能转换成叶片的机械能,通过叶片的转动带动发电机轴的转动,从而将机械能转换成电能,因此,风轮的叶片在能量的转换中起着非常关键的作用^[1]。当风作用在叶片上,叶片会受到冲击负载,且根据风的强度和频度,冲击负载的波动比较大,使得叶片出现断裂、偏移、弯曲、疲劳失效等故障,会造成风机的工作效率降低,严重者直接导致风机停止转动,机组停机。

3.2 变流器出现故障

风力发电机组中的变流器是一种将发电机产生的电并入电网的高科技产品,将直流电变成交流电,既能对电网输送有功分量,又能连接和调节电网端的无功分量,对无功进行补偿。由于变流器处在高温发热、灰尘和油污比较多,很容易造成变流器出现变流器误动作、过电压、过电流、过热以及欠电压等故障。其中,过电压和过电流的情况下,会因为其运行功率过高,造成温度上升,当达到一定程度时,会造成开关管超过耐受极限而造成击穿或者烧毁。

3.3 发电机出现故障

发电机是整个风力发电机组中最核心的部件,起到将这机械能转换成电能的作用^[1]。在长期的运行中由于零部件的老化等各种原因,使得发动机出现振动过大、发电机过热、轴承过热、定子线圈短路、转子断条以及绝缘层的破损等故障。出现这些故障的原因比较复杂,比如发电机组的振动故障,引起振动的原因,有可能是设计制造的问题,使得转子的旋转偏心,或制造公差过

大,引起重心偏心,或者运行中由于叶片的负载过大造成疲劳失效,出现断裂、脱落或偏磨、腐蚀等造成重心的失调,或者是安装检修时没有对发电机进行定期保养,造成缺润滑油、没有及时更换已经出现偏磨的轴承等。

3.4 发电机轴承损坏

目前,相比较于国外的风力发电机产品,我国发电机的可靠性还有一段很大的差距。转轴在风力发电机中扮演着举足轻重的作用,转轴的各种损坏因素直接影响着发电机的使用寿命。在转轴的各种损坏因素中,影响转轴最常见因素是:转轴工艺因素、转轴疲劳因素、转轴裂纹、环境因素,转轴挠度因素以及许多其他因素。

4 风力发电机的检测诊断技术

4.1 直驱式风力发电机

直驱式风力发电机,是一种由风力直接驱动发电机,亦称无齿轮风力发动机,这种发电机采用多极电机与叶轮直接连接进行驱动的方式,免去齿轮箱这一传统部件^[2]。由于齿轮箱是目前在兆瓦级风力发电机中属易过载和过早损坏率较高的部件,因此,没有齿轮箱的直驱式风力发动机,具备低风速时高效率、低噪音、高寿命、减小机组体积、降低运行维护成本等诸多优点。

直驱型风力发电机组没有齿轮箱,低速风轮直接与发电机相连接,各种有害冲击载荷也全部由发电机系统承受,对发电机要求很高。同时,为了提高发电效率,发电机的极数非常大,通常在100极左右,发电机的结构变得非常复杂,体积庞大,需要进行整机吊装维护。且永磁材料及稀土的使用增加了一些不确定因素。

4.2 齿轮箱

作为风力机组传动链上的一个不可或缺的部件,齿轮箱能够对发电机和主轴进行连接。齿轮箱包括两极平行齿轮传动和一级行星齿轮传动,具有比较复杂的受力情况和内部结构,常处于变载荷、变工况的运行状态下,故障频率较高。轴承故障和齿轮故障是齿轮箱的两种常见故障,作为齿轮箱的重要部件,轴承失效会造成整个齿轮箱的破坏。常见的轴承故障主要由表面剥落、裂纹、点蚀和磨损,常见的齿轮故障主要有胶合、齿面疲劳、断齿等。国外某学院的可靠性评估管理中心统计了该国风力机齿轮箱的故障类型,根据统计结果,出现故障次数最多的是轴承,轴承故障造成的平均停机时间超过500小时^[3]。齿轮故障的次数虽然较少,但是造成的平均停机时间也超过270小时,而且所需的维修费用也不断提高。随着风电技术的迅速发展,风力机的性能提出了越来越高的要求,特别是很多大重型机组的投用,更是提

高了齿轮箱的故障频率。当前主要使用振动测量方法来对风力机齿轮箱进行故障检测，这是一种比较实用的检测方法，可以运用时域信号的统计指标来初步诊断齿轮箱的故障，再通过功率谱和快速傅里叶变换来确认诊断的结果。要对轴承和齿轮的运行状态进行评判，可以使用故障特征频率，这样可以促进诊断精度的提高。将频率和时域结合起来的检测方法又被称为时频分析方法，对非平稳信号的处理非常有效，该方法包括经验模态分解、短时傅里叶变换、小波分析等。除此之外，当前的研究者还提出了小波神经网络法、谱峭度诊断法、温度测量等故障诊断技术，能够对齿轮箱故障进行实时诊断。

4.3 发电机

发电机是风力发电机机组的核心零部件。发电机的功能是将有风力带动风叶旋转的机械能转化为电能的，发电机的正常运行是保障风能转化为电能的基础。发电机长期处于电磁交互的环境下，从而造成发电的故障主要有发电机运行的振动过大、发电机过热以及定子线圈短路等多样问题^[1]。根据发电机的常出现故障以及故障问题的总结，对于发电机故障的诊断方法是基于定子与转子的电流、电压信号以及输出功率的状态。通过定子电流信号的分析可将发电机的故障进行识别从而快速判断出故障。

4.4 叶片

叶片是风力发电机吸收风能的主要元件，也是风力发电机的重要组成部分。其一般长为40米左右，由纤维增强型复合材料，其体积比较大，一旦发生故障很难进

行维修，而且其一旦发生故障，不仅会影响风力发电机的运行，而且还会对整个风力发电机的安全产生致命的损伤。由于风力发电机的叶片常年暴露在外边，其要经受各种恶劣天气的影响，因此叶片容易出现腐蚀、裂缝等故障。根据当前对叶片故障的检测诊断技术文献资料分析，叶片的故障检测主要是根据叶片的受力变化而进行分析，因为叶片在发生故障时运行的效果与没有发生故障时的效果是完全不相同的。我们对叶片的检测主要是利用光纤光栅传感器对叶片的应力应变的变化范围进行分析，根据检测的结果分析叶片的运行状态^[2]。

5 结语

因为风力发电机的组件检修较为繁琐，加之运行环境比较恶劣，所以为发电机维修增加一定的困难。计划检修和停机检修是发电机维护的主要手段，但却会提高维修成本，并且会因为拆装等环节增加不必要的故障隐患。为了提高发电机运行的可靠性和稳定性，利用状态监测和故障诊断技术可有效监测出传动系统和发电机系统的内部故障，减少因为非计划停机和定期维修等产生的维修成本。

参考文献：

- [1]赵铁印.双馈式风力发电机组发电机滚动轴承状态监测及故障诊断方法的分析[J].科技风,2018(19):195.
- [2]吴艳标.风力发电机状态监测和故障诊断技术的研究[J].城市建设理论研究(电子版),2018(07):1.
- [3]赵勇,韩斌,房刚利.风力发电机状态监测与故障诊断技术综述[J].热力发电,2016,45(10):1-5.