

对风力发电设备无损检测技术的研究

潘 星

华电新能源集团股份有限公司福清分公司 福建福州 350001

摘要: 无损检测技术在电力设备的维修中得到了广泛的应用。因此,对风电系统状态进行监测,无损检测塔筒,对发电机设备进行检测,对齿轮箱使用寿命进行评估,对电力电子设备和发电机进行检测,有助于对我国风力发电事业的发展状况有一个全面的认识,进而保障我国风力发电事业可持续发展。

关键词: 风力发电;无损检测;风电系统

Research on the Nondestructive Testing Technology of Wind Power Generation Equipment

Xing Pan

Huadian New Energy Group Co., LTD., Fuqing Branch, Fujian Fuzhou 350001

Abstract: Nondestructive testing technology has been widely used in the maintenance of electric power equipment. Therefore, monitoring the state of wind power system, nondestructive testing tower, testing the generator equipment, to evaluate the service life of the gearbox, testing the power electronic equipment and generator, help to the development of wind power industry in China has a comprehensive understanding, and ensure the sustainable development of wind power industry in our country.

Keywords: Wind power generation; Nondestructive testing; Wind power system

引言:

风电作为可再生能源的一个重要组成部分,在国内已有了很大的发展。从技术上来说,它是一门综合了空气动力学、材料科学、计算机技术、结构力学等技术,在工程实践中有着很高的技术含量。同时,风能设备也是这项工作的关键,通过定期监测和无损监测,可以有效提高设备的使用寿命,从而减少设备的维修费用。

一、电力电子设备和发电机的检测

发电机由电磁部件和许多电气部件组成。在风力发电设备的监控中,对其进行可靠度的测试也是一个非常关键的环节。机械振动,湿度,温度和封装方式都会导致零件的损坏,具体见图1。因为风力依次经过叶轮、主轴、齿轮箱、发电机,再将其转化为电力。风力发电机的叶片为弹性体,受风荷载的影响,叶片的空气动力、弹性力、惯性力等都是随机的、交变的,力的耦合会产生与电动机的振动产生的自激振。如果这种振动是分散的,将造成风力发电机的结构损坏。另外,在风机运转过程中,由于各种原因,电机、机舱的振动会在不同的

方向上发生,振动频率、幅度超过风机的设计指标,将会对风机的正常工作造成不利影响。南京航空航天大学承担973计划,南京航空航天大学和清华大学联合开展了一项关于风力发电机组安全、稳定运行的气-固-耦合振动问题的研究,建立了一套大型风电场的数学模型,并对其动力学特性进行了分析。另外,王瑞闯、华北电力大学林富洪等也开展了风电机组的在线稳定监测。整体机械、电力系统、电动机、电气等部件可以作为同类系统进行比较和整合。在风力、温差、湿度等条件下,除机械部件外,还会引起导线绝缘耐压、腐蚀、接触电阻等故障。发电机和电力电子元件的电气故障包括转子、定子线圈绝缘故障、激励线圈绝缘故障、整流器接地故障等。机械故障主要有转子、定子、铁芯等机械方面的故障。电机电流信号分析是一种传统的发电机故障诊断方法,它是一种基于电流的测量与分析的方法,它可以检测出线圈接地、定子、转子线圈绝缘、转子断条等各种故障。此外,利用微型微欧姆传感器,可以对线圈的直流电阻进行测量,并能探测到焊接点松动、裂纹等缺

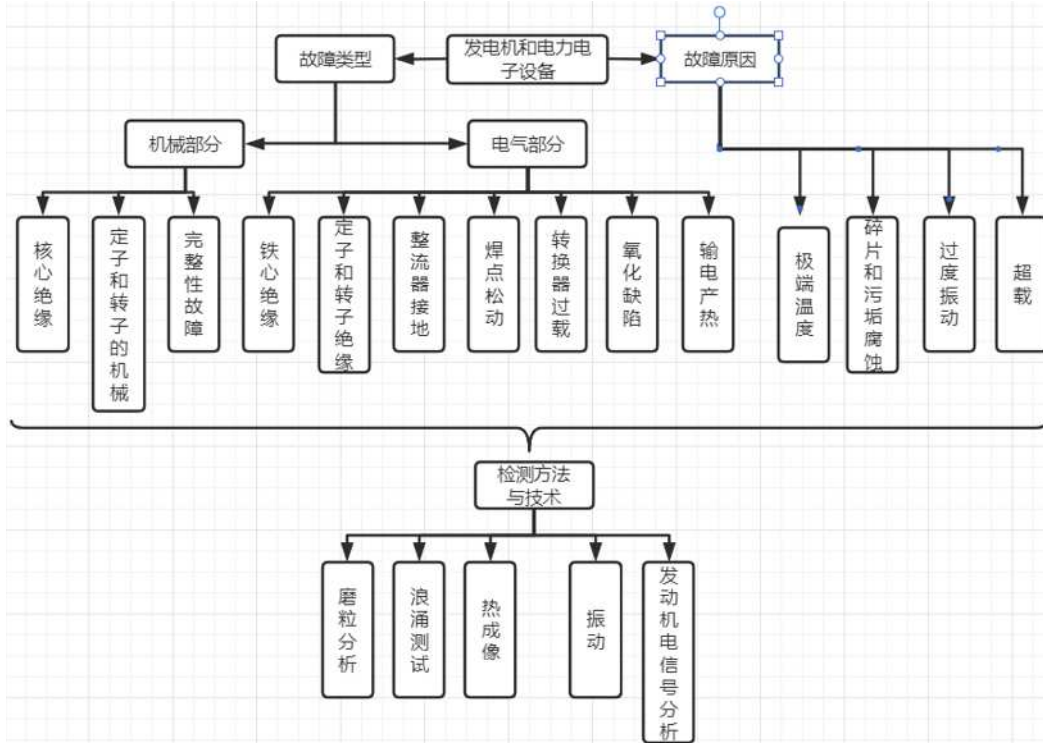


图1 发电机和电力电子设备故障与检测方法

陷。冲击试验是对线圈匝间短路进行分析，并对其进行衰减分析。由于缺乏对电动机故障的认识和经验，国内对电动机的故障诊断仍采用阻抗试验。但是，阻抗测试只在产品阶段进行，也就是在线下进行。结果表明，该方法不能监控电动机的工作状态。在电力电子学中，由于电流流经半导体装置而产生的热量损耗，也是导致电路故障的重要原因。随着电源的工作电压、电流容量的增大，温度与监测系统的运行对于提高电源的可靠性有着十分重要的作用。目前，对电动机在线实时监测的技术和手段仍存在较大的挑战，需要通过非破坏性、健康监测等手段来实现对电力电子设备的状态监测，并将其应用于智能电网中^[1]。

二、齿轮箱使用寿命的评估

通常，发电机的齿轮箱是由铝合金与不锈钢制成，在使用过程中，通常会受到很大的载荷，从而导致设备的疲劳和磨损。如果发生风向变化，或者有海水腐蚀的情况，则会引起设备的腐蚀，从而造成动力装置的损坏。在对齿轮箱进行无损检测时，要找到合适的检测手段，以保证其性能不会受到影响，通常采用以下三种检测手段：一是基于电磁的ACFM检测技术、巴克豪森无损检测技术、漏磁检测技术。第二，建立基于振动分析的检测方法来检测齿轮箱的失效；第三，建立基于分析齿轮箱的测试体系，并与油温监测系统协同工作，见图2。

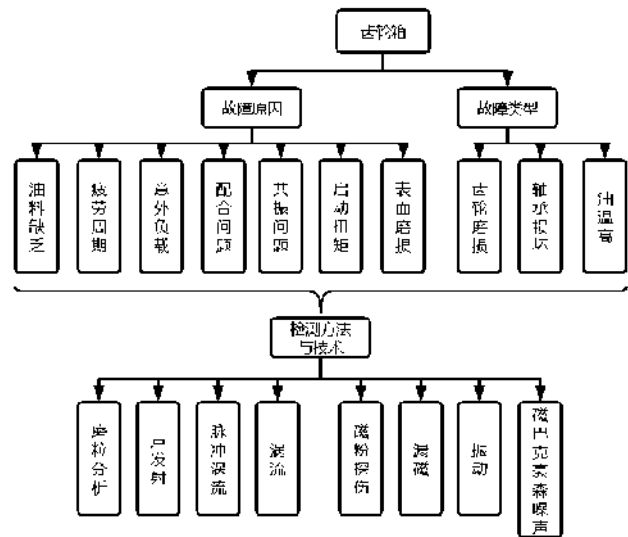


图2 齿轮箱故障与检测方法

三、塔筒的无损检测

风能设备上的风电塔的材料为低合金钢，在进行焊接时，塔筒的表面容易出现现收弧裂纹。由于通常采用埋弧焊和化学除湿等工艺处理，因此风电塔筒的表面容易产生气孔和夹渣现象。通过现场勘察，发现风机塔筒内的裂纹主要有热裂纹、收弧裂纹、延迟裂纹等。风能设备的检测技术主要有超声波、磁粉、射线等。

四、对风力发电设备状况的监测

风电场通常位于沿海和西部，在实际工作中，必须

通过电子设备对其进行监测，其中包括风叶等元件的探测和信息处理。由于风能本身的特性，使得风电机组与电网之间的互联互通变得更加复杂，而利用综合技术和在线监测技术，可以有效地提高设备的可靠性和工作效率。可以说，基于无线技术的数据融合技术和通讯技术，为这项工作的开展提供了新的技术支持。在无线传感器网络中，嵌入式技术、传感技术、分布信息处理技术、无线通讯技术都有很好的应用前景。当前，针对监测系统的主要技术有：一是基于结构健康监测和无损检测技术的应用；第二，建立了监测技术模型，以监测系统在极端条件下的线路腐蚀、老化等状况；第三，对比分析了非通电系统变频器、发电机采用的图像探测技术，并对其进行了改进。

为确保风力发电设备的监控更加高效、准确，必须采取如下措施：首先，研究开发传感网络，利用成像和传感技术，解决现有的无线传感器的宽带和能源；第二，在海洋和陆地环境中，建立了分层的网络平台，并对水下特定环境中通信的鲁棒性进行了研究，从而实现了海洋环境的不同适应；第三，要积极开展数据采集、数据压缩、容错技术和数据结构技术等方面的研究；第四，要研究系统路由协议和MAC协议，从而优化数据的传送速度和取样时间。研究了原有的路由结构，可以在优化信息传递控制的同时，防止活锁和死锁事件发生；第五，应积极研究非破坏性数据信号的特征提取、提高信噪比等方法^[2]。

五、叶片的检测和故障分析

由于雷击、强风、湿度等因素，会对风机的叶片造成损害，同时，在使用过程中，叶片也会受到拉、弯等的影响，造成结构的不稳定和破损。同时，由于风力发电机之间存在的空气扰动，使得风机的叶片承受更大的载荷，从而发生故障。通常，风机叶片的寿命都在20年以上，但在实际工作中，很难对其进行精确的测试，而对其进行检测，可以更好的掌握其工作状态。当前，叶片的检测技术主要有：一是利用智能材料和传感器等设备构成的分布式光纤传感器；第二，利用主动、被动监

测技术所实现的EMR成像技术、近红外模式、微波技术等，可以很好地探测到叶片；第三，在无损检测技术如超声和热像方面，可以根据各自的优点进行分析和比较，将技术优势合理地结合起来^[3]。见图3。

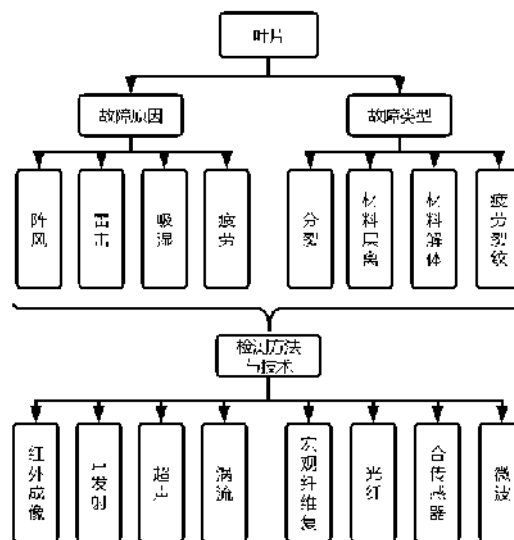


图3 叶片故障与检测方法

六、结束语

总之，目前全球对风力发电的无损检测与健康监测技术还处在摸索阶段，缺少一套完整的、全面的、智能化的风电场状态评价体系。目前国内风力发电技术发展迅速，但目前的研究重点仍集中在风力资源监测与评估、风机运行特性、系统模型仿真、风机系统稳定性、风速、风向、角度等方面的仿真系统等方面。在此基础上，我们将在此方面取得较好的成果，并进一步进行深入研究，以使我国风电行业得到更好的发展。

参考文献：

- [1]谷群远, 刘木森.对风力发电设备无损检测技术的研究[J].科技风, 2022(14): 1-3.
- [2]辛博然.风力发电设备无损检测技术分析[J].现代制造技术与装备, 2019(02): 133-134.
- [3]王道累, 肖佳威, 刘易腾, 杜文斌, 朱瑞, 李峰.风电机组叶片损伤检测技术与进展[J/OL].中国电机工程学报: 1-17[2022-08-04].