

运用音频检测技术预判风机叶片故障的设想

Assumptions on the Application of Sound Frequency Detecting Techniques to Predict Malfunction of Wind-driven Generator's Blade

唐元祥

Yuanxiang Tang

江苏龙源风力发电有限公司 中国·江苏 南通 226014

Jiangsu Longyuan Wind Power Co., Ltd., Nanton, Jiangsu, 226014, China

摘要: 风电场已投产的风机叶片与外部环境直接接触, 容易受外界环境的影响而发生故障。论文针对当前风机叶片产生缺陷而缺乏有效技术监督手段的实际情况, 提出了利用音频检测技术预判风机叶片缺陷的方法, 达到提前报警, 提前响应的目的, 从而让风机叶片缺陷得到及时处理, 避免和减少风机叶片事故的发生, 为风电场安全生产提供有效保障。

Abstract: Blades of operating wind-driven generators in wind power station are exposed to the environment and could be easily influenced by the environment which leads to malfunction. This paper proposes a method of using audio detection technology to predict the defects of wind turbine blades in response to the current situation where there is a lack of effective technical supervision measures due to defects in wind turbine blades, this achieves the goal of early warning and response, allowing wind turbine blade defects to be dealt with in a timely manner, avoiding and reducing the occurrence of wind turbine blade accidents, and providing effective guarantees for the safe production of wind farms.

关键词: 风力发电; 叶片开裂; 音频传感器; 数字滤波器; 计算机

Keywords: wind power generation; cracks on blade; sound frequency sensor; digital filter; computer

DOI: 10.12346/peti.v6i1.9092

1 引言

随着风机运行时间的增长和低风速风力发电技术的应用以及外部大气环境的恶化, 风机的叶片容易受空气中的砂砾磨损、酸雾腐蚀、氧化、雷击以及先天缺陷等各种因素的影响而产生前缘磨损、叶尖开裂、横向裂纹、叶根螺栓断裂等, 如得不到及时发现和处理, 将会造成风机运行时产生振动、异响, 严重时造成叶片折断、叶轮坠落等事故的发生^[1]。具体如图 1、图 2、图 3、图 4 所示。

当前针对以上发生的缺陷还缺乏有效的技术监督手段, 只能通过月检时使用肉眼、望远镜或无人机观测, 甚至需要使用吊篮人工检查, 费时费力且得不到及时发现, 仍然不可避免地发生事故。

2 音频检测技术简介

2.1 音频传感器

音频传感器又叫声音传感器、声敏传感器, 它是一种用来接收声波, 显示声音的振动图像的装置, 它的作用相当于一个话筒(麦克风), 能够感知声音的强度和频率。

2.2 音频传感器的种类

音频传感器(声敏传感器)可分为 4 种。

2.2.1 电阻变换型声敏传感器

原理: 音频振动——电阻值变化。

接触阻抗型: 振动使得接触电阻发生变化。

阻抗变换型: 振动使膜片变形——应变片将应变转化为电阻值变化。

【作者简介】唐元祥(1966-), 男, 中国江苏滨海人, 本科, 工程师、注安师, 从事新能源安全生产管理研究。



图 1 叶片前缘磨损



图 2 叶片产生纵向、横向裂纹



图 3 叶片开裂



图 4 叶片坠落

2.2.2 压电声敏传感器

原理：压电效应。

正压电效应：当沿着一定方向对某些电介质加力而使其变形，在电介质表面上产生电荷，当外力去掉后，又重新回到不带电状态，这一现象称为正压电现象。

2.2.3 电容式声敏传感器

原理：音频振动——膜片变形——电容量变化。

电容式麦克风：所谓电容式麦克风，是利用电容大小的变化，将声音信号转化为电信号，也叫做驻极体话筒。

2.2.4 动圈式话筒

所谓动圈式话筒，是利用电磁感应原理做成的，利用线圈在磁场中，切割磁感线，将声音信号转化为电信号。

2.3 音频检测技术

音频检测技术就是将各类音频传感器所测得的信号，经过 A/D 转换被数据采集器接收，并传递给计算机进行音频处理，达到所要求的信号^[2]。以电容式音频传感器为例，该传感器内置一个对声音敏感的电容式驻极体话筒。声波使话筒内的驻极体薄膜振动，导致电容的变化，而产生与之对应变化的微小电压。这一电压随后被转化成 0~5V 的电压，通过 A/D 数字转换器转换为数字信号，然后经过滤波处理再送入计算机进行音频处理，最后由计算机确定执行机构如何动作。音频检测技术简介如图 5 所示。其中。滤波器的作用主要是消除环境噪声。



图 5 音频检测技术简介

3 音频检测技术在风机中应用的可行性

3.1 叶片正常运转时的声音规律

正常叶片在运转时，由于叶尖线速度较高，所产生的声音的振幅和频率也相对较高，从叶尖到叶片根部，声音振幅和频率依次递减，但在叶片根部由于受机舱内发电机和齿轮箱产生的声音影响，叶根声音又会增大，且频率较为复杂，应为发电机、齿轮箱以及叶根旋转时所产生的声音组合。

3.2 声音传感器的选择

在声音传感器的类型上首选电容式声音传感器，就能直接将声音信号变成电信号，交由计算机进行处理；在声音传感器的传输方式上首选无线声音传感器，但由于需要电池供电，且电池寿命一般也就 2~3 年，在叶片中更换电池也非常麻烦，建议还是选择有线声音传感器。

3.3 声音传感器的植入

叶片容易损坏的部位顺序依次是叶尖、叶梢、叶片中部、叶片根部。叶尖、叶梢部位容易遭受雷击而发生开裂；叶片

中部是整个叶片受力最大的部位，容易产生裂纹；叶根部位受到的扭力最大，容易发生一根乃至数根螺栓断裂。因此，在布置声音传感器时，应在以上四个位置布置。对于低风速风机所采用的较长叶片还应当适当增加传感器数量。

由于叶片在正常运行时处于高速旋转状态，因此声音传感器必须固定牢固，最好在叶片制造时，在相应位置采用预埋植入方式，且其相应的导线也一同植入，以防叶片在旋转时因巨大离心力的作用而将传感器及其导线甩脱。

3.4 A/D 转换器

A/D 转换器即为模拟 / 数字转换器，是将声音传感器检测到的模拟信号转换为数字信号，以便于计算机进行数据处理。采样频率要取 10000 次 / 秒或更大些，否则不能真实、准确地反映声振动的图像。

3.5 音频滤波技术

风机在正常运行时本身就会产生一定频谱的声音，其运行环境也有噪声产生，而声音传感器可真实地反映叶片声音及其变化状况，如将这些声音全部输入计算机进行处理，会增加计算机处理的难度，影响结果的准确性。因此，必须将声音传感器检测到的信号进行滤波处理。剔除环境噪声的影响，保留正常运行的声音频谱和幅值，供计算机进行比较分析^[3]。

当前数字音频信号处理一直以来都是数字信号处理研究的热点问题之一。如何使音频信号在采集、传输的过程中受到外部环境的干扰和损耗最小受到了各通信厂商的重视。数字音频信号处理的主要内容就是对音频信号进行滤波处理，从而消除或衰减非有用信号。随着微电子技术的不断发展，科学界和工业界逐渐加深了对音频滤波技术的研究，研究出各种滤波器的实现结构以及实现方法。力求滤波器在满足要求的同时也减少了开发的周期，降低资金的投入。随着可编程逻辑器件的发展，具有高可靠性、通用性强、易实现及可同时实现多种滤波和多处滤波等优点的以 FPGA 为处理核心的滤波器成为主流的滤波器设计方法^[4]。当前系统在设计过程中以 Xilinx 公司 Spartan-6 系列的 XC6SLX45 芯片为主控制芯片最具代表性，即通过 XC6SLX45 芯片控制 LM4550 (AC-972.1) 将声音传感器采集到的音频信号实时地处理转换为数字信号，并将数据传给主控制芯片 XC6SLX45，对数字音频信号进行滤波处理，滤除非有用信号。

因此，在风机上完全可以利用 Xilinx 公司主控制芯片 XC6SLX45 对风机叶片声音进行滤波处理。效果应该很好。

3.6 计算机分析思路

如上所述，当叶尖或叶梢开裂或叶片产生裂纹等异常情况时，声音的频谱和幅值将会发生改变。如将叶片正常运行声音的频谱存储在存储器中，当计算机接收到其他频谱且该频谱在一定时间内变化不明显，而幅值有增加趋势时，可以判断叶片产生异常，由计算机发出信号给风机的 PLC，

向值班电脑发出告警信号，如幅值超过一定值时，可以让 PLC 触发安全链，执行停机程序。

为了增强计算机处理的准确性，还可以在叶片的四个位置植入振动传感器，将信号传入计算机，当计算机检测到声音频谱异常、幅值增加且检测到叶片振动加剧时，可以更加肯定地认为叶片产生了异常。

对于常用的三叶片风机，可以在三支叶片中设置独立的声音传感器和振动传感器以及相应的模/数转换器和滤波器，但可以共用一台计算机，计算机同时对三支叶片的检测数据进行分析并进行比较，当检测到其中一支叶片声音频谱和振动幅值与另外两支叶片声音频谱和振动幅值有明显区别时，也可以认为该支叶片出现了异常。

4 音频传感技术预判叶片故障的优点和不足

4.1 优点

- ①原理结构简单，易于实现。
- ②相对于叶片价格，其投资所占比例较少。

4.2 不足

①由于叶片运行时间长达 20 多年，传感器及导线植入后其预期寿命必须与叶片相同，因此植入技术要求较高，一

旦发生质量问题往往难以处理。

②对整个回路的完好性必须考虑监视手段，而监视技术比较复杂。

③整个音频检测设备属于弱电设备，且基本处于叶片和轮毂中，受雷击损坏的概率比较高。

5 结论

通过本篇论文的分析，可以认为在当前对叶片故障缺乏有效的技术监督手段的情况下，利用音频传感器或音频传感器与振动传感器有机结合的技术实现对叶片故障的实时监控是可行的，也是必要的。

参考文献

- [1] 杨校生.风力发电技术与风电场工程[M].北京:化学工业出版社,2012.
- [2] 柏逢明.音频检测技术[M].北京:中国科学技术出版社,2010.
- [3] 夏文涛,张馨丹.基于特征音频识别的传感器:CN205209626U [P].2016-05-04.
- [4] 杨俊,马熠.基于ADSD2191的音频信号处理与特征提取系统[J].电子质量,2003(9):67-69.