电力信息技术

在线远程风机故障诊断系统的研究开发

薄其明， 杨 克
（中国华电集团公司宁夏分公司， 宁夏 银川 750002）

摘 要： 针对风电场机组布置分散、机舱位置高等原因导致风电机组安全检查不到位，早期故障难以发现的问题，应用现代振动分析诊断技术，基于Windows系统平台，开发了在线远程风机故障诊断系统。应用结果表明：在线远程诊断风机故障系统可在风机发生故障早期发现隐患，为评价设备状态、判断设备故障提供科学依据，提高了风电场的运行效益。

关键词： 风电机组； 远程诊断； 频谱分析； 小波分析
中图分类号： TM614 **文献标志码：** A **文章编号：** 1672-3643(2013)05-0030-04
有效访问地址： http://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1672-3643.2013.05.009

Development of the online remote failure diagnosis system for wind turbine

BO Qiming, YANG Ke
(China Huadian Group Company, Ningxia Branch, Yinchuan Ningxia 750002, China)

Abstract: The dispersive arrangement and the high position of the cabin of the wind turbines in wind farm lead to the troubles of security inspection and hardly discovering the early faults. Aiming at the above problems, using libration analysis and diagnosis technology and based on Windows platform, develops the online remote failure diagnosis system for wind turbine. The application result shows that online remote failure diagnosis system for wind turbine can discover hidden troubles of wind turbine in the early stages of faults, provide scientific basis for the equipment condition evaluation and the equipment failures judgement, and improve the operation benefits of the wind farm.

Key words: wind turbine generating set; remote diagnosis; spectrum analysis; small wave analysis
DOI: 10.3969/j.issn.1672-3643.2013.05.009

近年来，随着世界范围内煤炭资源的日趋紧张，以风力发电为代表的可持续、清洁能源开采技术取得了飞速发展，风电技术在经过长期的运行实践后已经较为成熟。宁夏地处中国西北内陆，风力资源充足，大面积的荒漠、山地为大规模发展风力发电提供了条件。

依靠宁夏地区丰富的风力资源华电集团在宁夏东部建立了宁东风力发电场。由于风电场处于扬沙天气频繁的干旱荒漠地区，风力发电机机舱位置高，运行过程中承受的载荷复杂多变，极易造成风电机组的关键部件磨损或发生故障[1-3]。风电场建设初期，风电机组的检修工作完全依靠

收稿日期： 2013-07-18
作者简介： 薄其明（1967），男，工程师，从事能源项目规划建设、运营及管理工作。

检修人员的定期巡检，由于风电场占地面积大、机组布置分散，巡检维护困难，存在安全隐患得不到及时发现和排除的问题，曾发生过发电机、齿轮箱等风机关键部件损坏的事故，严重影响风电机组的安全运行，也对电网的稳定运行造成不良影响。

针对上述情况，华电集团宁东风电场组织科技人员在分析了国内外技术发展水平和风电场环境因素影响的基础上，应用现代振动分析诊断技术，基于Windows系统平台，开发了在线远程风机故障诊断系统。通过在线监测风电机组的运行状态，获得风电机组运行的特征参数，提前判断其主要部件可能发生的故障，为运行/检修人员提供科学的运行/检修依据。

1　风电机组故障诊断技术发展状况

国内外研究人员很早就开展了风机故障诊断技术的研究。日本三菱公司开发的“旋转机械健康管理系统”（简称MHM）以及美国西屋公司开发的“可移动诊断中心”（简称MDC）等都配有专项诊断软件，可对风电机组运行数据进行采集、分析[4]，但较高的应用成本制约了其在国内的发展。我国风电机组故障诊断技术发展较慢，早期的风电机组故障诊断方法主要是人工离线式故障检测法，该方法必须由工作人员将检测设备安装在风电机组上，采集到数据后进行离线分析。近几年，风电机组故障诊断技术获得了快速发展，其中有代表性的是华北电力大学开发的风电机组传动链振动监测与故障诊断系统，该系统已在实际中取得了良好的应用效果[5]。

2　宁东风电场风电机组在线远程故障诊断系统

宁东风电场风电机组在线远程故障诊断系统主要由风电场的就地数据采集模块、状态检测中心的状态监测系统以及位于公司总部的数据分析和诊断中心3部分组成。图1所示为3个子系

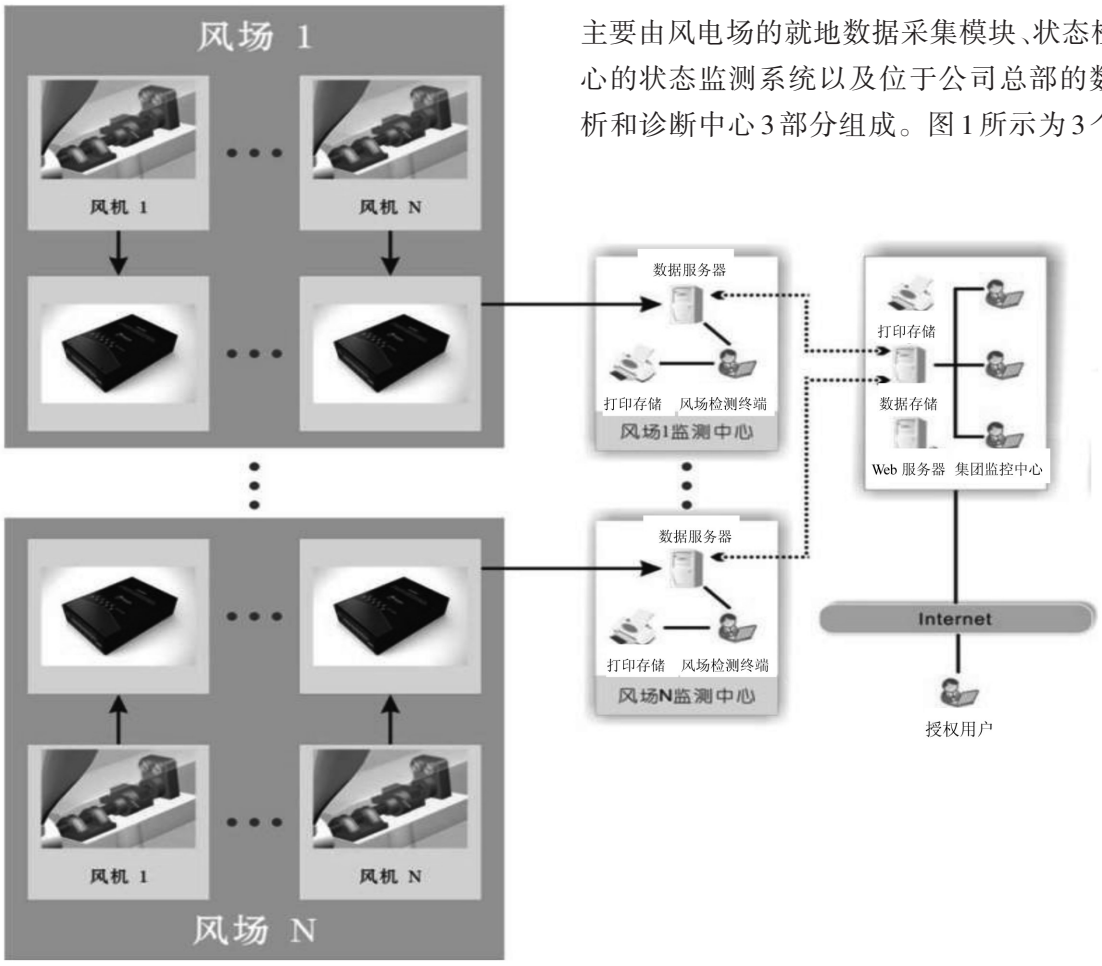

图1　宁东风电场风电机组在线远程故障诊断系统构成

统的构成关系。系统可远程实时检测风电机组振动、风速、发电机功率等参数，对照历史数据、标准功率曲线等技术数据，进行故障综合诊断分析（相当于专家会诊系统）及评估，自动告警风电机组存在的问题和设备缺陷，在事故发生之前及时通知运行检修人员处理，保证风电机组的安全可靠运行。

2.1　就地数据采集模块

该模块是诊断系统的核心模块，主要完成风电机组状态监测数据的采集和处理，并将数据传输到风电场状态监测系统。数据采集模块前端使用的传感器为专门针对风电场的特殊性而研发的压电式加速度传感器，具有极高的抗干扰特性以及良好的频响特性。数据采集模块以高性能嵌入式CPU为核心处理单元，以嵌入式C语言为工具，集中了信号处理、AD转换、通讯协议等一系列功能。由于硬件设备性能优越，使得数据采集模块能够在风电机组的各种特殊运行工况条件下正常工作，具有很高的可靠性。

2.2　状态监测系统

风电场状态监测系统主要进行数据汇总，实现数据的存储、分析处理和故障诊断，对分析诊断结果进行显示，并将数据传输到远程数据分析和诊断中心。

2.3　远程数据分析和诊断系统

远程数据分析和诊断系统主要完成数据分析、数据挖掘、远程诊断，Web发布等工作。

2.3.1　数据存储

系统针对开关动作特点，设计了日常存储和事件存储相结合的数据存储机制，实现了风电机组运行数据的存储。

（1）日常存储：连续不断存储采集器传送到监测中心的数据，采用先进先出方式存储最近一个月的数据。

（2）事件存储：当开关动作时，将开关动作时刻前后10 min的数据存储到该特定区域。

以上2种存储方式同时进行，当开关动作时，一个月内，其数据可在历史数据库和事件数据库中同时找到，一个月以外的，只能在事件数据库中找到。

2.3.2　监测画面

系统提供日常监测功能，显示每个振动测点的当前峰值。

2.3.3　数据分析

数据分析是整个诊断系统的核心功能软件，对于整个系统能否有效预报风电机组的早期故障起到了至关重要的作用。系统提供多种先进的信号分析功能，对采集到的运行数据进行高效、全面的综合分析诊断，综合各种分析方法的优势，实现故障早期的准确诊断和精确定位。

（1）趋势分析：系统的趋势分析功能可显示振动通道的峰峰值（或其他特征值）在一段时间内的变化趋势。

（2）频谱分析：频谱分析通过采集设备振动的基本信息，对设备故障发生、发展以及变化进行分析诊断处理，是一种新的诊断方法[6]。系统软件可以将不同部位的频谱显示在同一界面中，直观显示不同部位的对比性频谱。拖动历史趋势图框，显示不同时间的频谱变化。

（3）细化频谱分析：系统的细化频谱分析功能可动态显示振动的原始频谱和细化频谱图。从细化频率中可以得到某频段附近真实频率的幅值，消除FFT所带来的栅栏效应。

（4）包络分析：齿轮和轴承的振动信号，往往呈现出调幅、调频现象，包络分析可以从信号中提取调制信号，根据调幅和调频程度确定设备损伤情况[7]。系统软件将历史趋势与包络分析组态在一起，方便振动分析师观察不同时间段的包络谱图，同时软件有着智能滤波功能，可以显示在不同频段设备的包络成分。

（5）小波分析：小波分析方法可有效应用于非平稳信号的的分析[8]。小波变换与通常的窗口傅里叶变换相比，其优势在于：小波函数能随着尺度的变化而变宽或变窄。频率高时，时窗自动变窄，频窗加宽；频率低时，时窗自动变宽，频窗变窄。选取不同的尺度参数和小波频率窗的中心，可以突显某一频率范围的波形。

3　应用效果

在线振动故障诊断系统投用前，风电场不具备在线振动故障诊断能力，无法对风电机组设备

的故障进行早期判断和预防。系统投用后，其振动监测及故障诊断功能实现了对风电机组齿轮箱、发电机等风电机组重要部件运行状况的实时在线监测，通过对这些监测参数的深入分析处理，结合故障数据库的相关知识和监测参数的发展趋势，经过综合评估后对机组设备出现的故障状态做出判断，进行自动报警，有效地防止了重大事故的发生，提高风电场运行可靠性和经济性。

2012年10月2日，在线振动故障诊断系统的监测画面显示1台风电机组发电机出现异常，发电机转子前后端支撑轴承处的振动峰值、有效值以及峭度等主要特征指标均严重超标，运行人员分析认为继续运行可能会造成发电机严重损坏。10月3日公司派出技术人员对发电机进行了对中调整。维修工作完成后，系统显示该风电机组发电机各项参数恢复正常，避免了发电机损坏，节约了设备检修费用近70万元，减少电量损失约3.36万kW·h。该系统的功能在实际生产工作得到验证。

4　结论

（1）风电机组故障远程在线诊断系统基于Windows系统平台，综合多种现代振动分析技术对风电机组运行状态进行在线监测，实现了风电机组早期故障的判断和预防，风电机组运行的安全可靠性较系统投用前大幅提高。

（2）系统在风电场投入使用后，成功监测到风电机组发电机的故障隐患，根据系统的诊断结果，对故障进行及时有效的处理，避免了发电机损坏，节约了设备检修费用近70万元。

（3）风电机组远程故障诊断系统的投用可以减少设备运行维护人员的现场日常巡视工作量，降低了风电场的运行维护成本，同时也为实现风电场无人值守、集中远程监控的管理模式提供了良好的技术支持。

参考文献：

[1] 任淮辉，陶刚正，张海涛等. NTK300型风电机组主轴疲劳断裂失效分析[J].工程与试验，2011(12)：5-8.
[2] 赵惠康.某风电机组齿轮箱主轴断裂原因分析[J].技术，2012，52(3)：72-75.
[3] 于良峰，赵登利，吴树梁. 风电机组齿轮箱故障分析及改进措施[J].技术，2011，(10)：86-89.
[4] 师秀川.基于粗糙集——神经网络的电站风机故障诊断专家决策系统[D].太原：太原理工大学，2011.
[5] 辛卫东，马志勇，滕伟等.振动监测技术在风电机组齿轮箱故障诊断中的应用[J].中国电力，2012，45(5)，77-80.
[6] 王阳，刘红彦.频谱分析在齿轮故障诊断中的应用[J].石油与化工设备，2010(13)：31-33.
[7] 唐贵基，蔡伟.应用小波包和包络分析的滚动轴承故障诊断[J].振动、测试与诊断，2009，29(2)：201-204.
[8] 张仁辉，杜民。小波分析在信号去噪中的应用[J].计算机仿真，2005，22(8)：69-72.

（上接第22页）

次谐波对结果的干扰。

（2）在此类试验过程中，初试及复测多次试验数据若表现不规则或漂移变化，可通过尝试改善试验电源的途径来消除串级式电压互感器铁磁谐振的影响，而采用便捷式发电机为试验仪器供电便是一种简单且有效方法。

参考文献：

[1] 张晓惠.国网生产技能人员职业能力培训专用教材电气试验[M].北京：中国电力出版社，2010.
[2] DL/T 474.1—2006，现场绝缘试验实施导则[S].
[3] DL/T 596—1996，电气设备预防性试验规程[S].