

振动监测技术在风力发电机组的应用

Application Research of Vibration Supervision Technology on Wind Power Generating Units

任玉亭

(神华国华能源投资有限公司,北京 100007)

[摘要] 随着风力发电机组投运规模的扩大和运行时间的增加,设备机械故障趋于常态化。在线状态监测技术可对风机设备进行故障监测和预防,有计划地对其进行维护,提高利用率。神华国华能源投资有限公司在呼伦贝尔、东台和荣成3个风电场安装了振动监测系统,对4种机型、11台风机进行监控,重点对主轴、齿轮箱、发电机等进行监测分析。监测结果:轴承情况良好,但在包络时域波形中有弱的杂乱冲击信号,应为润滑油中的杂质所产生,暂不影响设备的运行;齿轮箱有轻微不对中征兆,通过对发电机振动的分析,认为不对中征兆是由发电机振动引起,需要进行后续跟踪确认;发电机有机械松动的征兆,表明轴承存在一定的磨损,可继续运行,但要跟踪振动变化趋势。

[关键词] 振动监测技术;风力发电机;主轴承;齿轮箱

[文献标志码] B

[文章编号] 1008-6218(2010)02-0008-05

1 风力发电机组运行现状

神华国华能源投资有限公司(以下简称国华公司)是国内规模较大的风电投资商之一,截至2009-12,投运的风电场装机容量已经达到1.2 GW,已安装的风机容量超过1.40 GW,投运风机达850多台;出质保期的有105台,合计120.9 MW。目前,国华公司80%以上的风机仍由厂家维护,一旦这些风机交由国华公司自行维护,如何保证设备的正常运行,将成为一大难题。

最近对风电机组的故障进行了统计,统计结果:在停机次数上,风力发电机的变桨和变频控制、电气控制占62%;在故障次数上,发电机、主轴和齿轮箱占18%(见图1),但从停机的时间上统计已经占到了68.7%(见图2)。2006—2008年,国华公司风力发电机组的主要故障为变桨系统、控制系统、逆变器以及发电机故障;从2009年开始,陆续出现了7个齿轮箱损坏,其中6台是国产1.5 MW风机齿轮箱,1

台是750 kW风机齿轮箱。齿轮箱的损坏对于风电场发电量和维护成本影响很大。如何保证齿轮箱、发电机等机械零部件的可靠性,做到预防性维护,已经成为亟待解决的问题。

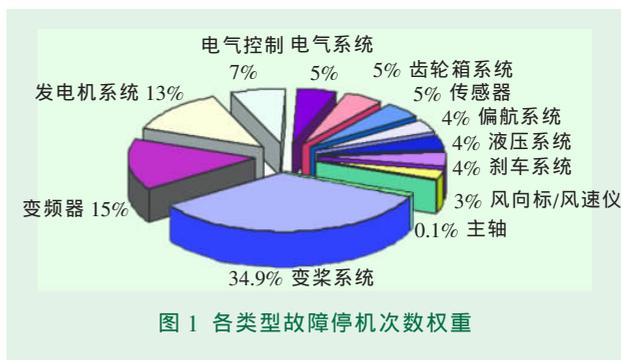


图1 各类型故障停机次数权重

2 安装状态监测系统的必要性

2.1 风力发电的特点

(1) 地理位置受限:受风资源分布的限制,风电

[收稿日期] 2010-02-09

[作者简介] 任玉亭(1966—),男,内蒙古人,硕士,高级工程师,从事风电专业生产技术管理工作。

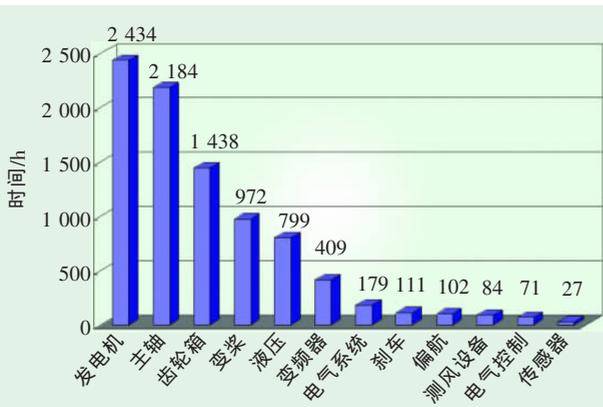


图2 各类型故障停机时数权重

场主要位于人迹罕至的草原、荒山、沙漠或者海边。

(2) 维修力量薄弱: 风力发电行业仍然处于起步阶段, 往往缺乏有经验的维修人员, 运行维修技术还不成熟, 有待进一步完善。

(3) 发电效益低: 受风况的限制, 年可发电时间往往比传统火力发电少得多。

(4) 运行和维修费用高: 由于没有成熟的运行和维修经验, 运行和维修成本高。据国外资料统计, 风力发电厂的运行和维修费用是传统火力发电厂的3倍。

2.2 在线监测的作用^[1]

随着风力发电机组单机容量的增加和在线监测技术的日益完善, 在线监测技术对提高风机设备的可利用率、有计划地进行设备维护、提高风能利用率等起到重要的作用。使用在线监测系统以后, 能增加风电场的正常运行时间、优化设备运行工况、降低风力发电设备的维修费用、提高风力发电机组的运行安全性。具体表现如下:

(1) 减少非计划性轴承和齿轮的维修工作, 可进行基于状态监测的维修;

(2) 为制定维修计划提供依据, 可在无风或枯风期安排维修;

(3) 减少现场日常巡视次数;

(4) 降低生产成本, 减少生产损失;

(5) 减少故障部件的二次损伤;

(6) 延长机组使用寿命;

(7) 减少备件数, 降低损耗率。

2.3 国内外使用监测系统情况

由于兆瓦以上风电机组的大量安装, 国外风电场陆续开始安装状态监测系统。特别是在2002年, 安联大众(ALLIANZ)等德国保险公司修改了保险条款, 将安装经过认证的状态监测系统作为投保的前

提条件, 德国各大风电场都将状态监测系统作为风电厂维修的重要组成部分, 维斯塔斯(Vestas)、瑞能(REpower)、苏司兰(Suzlon)等全球领先的各大风电设备供应商也将状态监测系统看作自身生存的保障, 在出厂前就在风电设备上安装了相应的状态监测系统。在国际上风力发电机组在线振动监测系统已得到广泛的应用。

在国内, 在线振动监测技术在风机上的应用还处于起步阶段。目前各大风机制造商开始在各自己的风机上试验性地开展工作, 但还没有批量安装在线振动监测设备。随着风机单机容量的增加和保险市场的成熟, 在兆瓦机上配置振动监测系统将成为一种必然趋势。

3 振动状态监测系统介绍

3.1 斯凯孚公司(SKF)在线振动监测系统

在风力发电机(主轴承座、齿轮箱、发电机)预先选定的位置共安装8个振动加速度传感器和1个转速计, 传感器将采集的信号通过编织屏蔽电缆接入1台智能采集单元iMU(IMx-W), iMU将处理后的数据通过无线网络发送到装有分析软件@ptitude Observer的服务器, 用户可通过多种方式登录服务器查看运行数据, 以便进行深入分析。在线振动监测系统连接示意图见图3。

3.1.1 系统配置

1台智能监测单元iMU(SKF在线监测单元IMx-W包括16个模拟通道、8个数字通道、4个继电器驱动输出); 1套分析软件@ptitude Observer(SKF@ptitude Observer无限制用户); 1套SKF振动监测系统的传感器和电缆等附件, 包括风力发电机专用普通加速度传感器5套(齿轮箱高速端径向3套和发电机转子轴承径向2套), 风力发电机专用低频加速度传感器3套(用于主轴轴承轴向和径向各1套, 齿轮箱低速端径向1套), 转速传感器IFM IG5533 1套(用于获取风机的高速轴转速)。

3.1.2 监测功能

可以监测动平衡, 对中情况, 轴承、齿轮啮合, 轴弯曲, 机械松动, 塔筒振动, 叶片振动, 电气故障, 共振等风机故障。

3.2 SKF离线式振动监测系统

IMx-P是SKF Multilog在线监测系统IMx的便携式系统(见图4), 该设计适用于各种状态监测。Multilog IMx-P与SKF@ptitude Observer软件配套

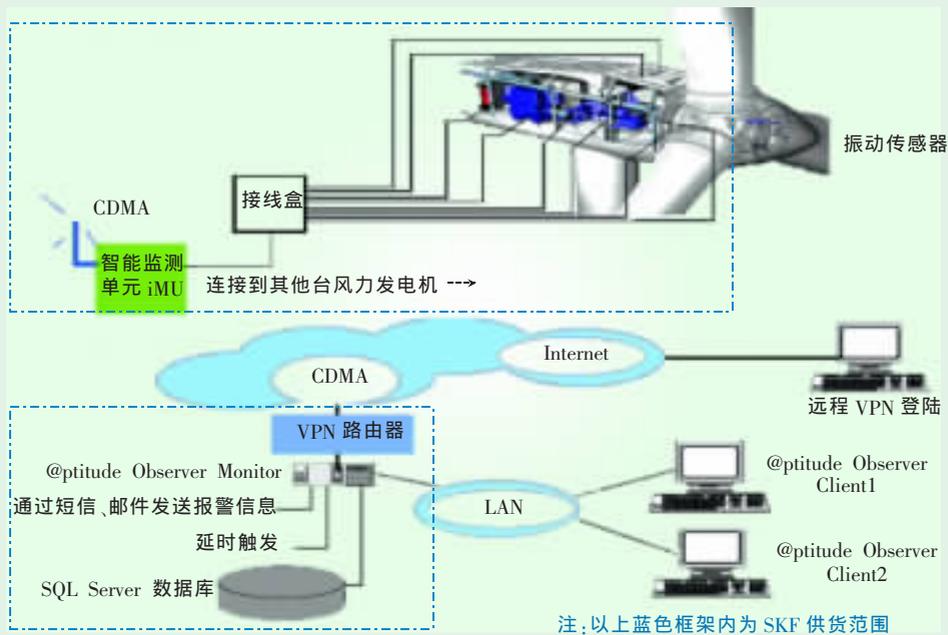


图3 在线振动监测系统连接示意图

使用,适用于早期的故障检测和预防。由于其多通道性和便携性,通过一次传感器的安装,可以获得整台风机的振动参数,而且分析软件与在线设备通用,有利于将在线和离线设备监测的数据进行统一的分析,拓宽了风机监测的范围。

(2) 对于低速部件的故障,实现更可靠准确的报警,减少错误报警;

(3) 针对风机专门制造的传感器,适用于所有的风机和现场情况;

(4) 已经获得劳氏认证和安联保险的认可。



图4 SKF 便携式在线监测系统 IMx-P

3.2.1 主要特性

(1) 16 通道模拟(动态或 DC)输入和 8 通道数字输入;

- (2) Multiple IMx-P 可以连接网络;
- (3) 所有通道同时测量;
- (4) 多参数门控制;
- (5) 数字包络峰值(DPE);
- (6) 设有自适应报警设置;
- (7) 电池寿命长达 4 h;
- (8) 系统运行停止,数据缓冲存储稳定;
- (9) 输出开关驱动量;
- (10) 全面支持 SKF @ptitude Observer。

3.3 SKF 振动监测系统的优点

- (1) 基于趋势分析,实现可靠的预测性维修,

4 国华公司风力发电机振动监测系统实施方案

国华公司是国内在风机上安装振动监测系统的第 1 家风电运营商,在呼伦贝尔、东台和荣成 3 个风电场对 4 种机型、11 台风机实施在线监控。

4.1 呼伦贝尔风电场实施方案

呼伦贝尔风电场安装了 33 台东方汽轮机厂生产的 FB70B-1500 型风力发电机组,发电机采用山西永济发电机厂和兰州电机厂电机,齿轮箱选用南高齿和重齿产品,主轴轴承选用 SKF 公司瓦轴轴承。为了能够将各厂家的产品均覆盖在内,在呼伦贝尔风电场 3 台风机上安装了在线振动监测系统,同时选用 1 套便携振动监测设备。呼伦贝尔风电场风机配套明细见表 1。

4.2 东台风电场实施方案

东台风电场安装了 41 台 GE1.5S 和 51 台华锐风力发电机,GE 公司的发电机、齿轮箱和主轴轴承都选用同一厂家的产品,华锐公司的风机齿轮箱由华锐公司生产,发电机采用山西永济发电机厂和大

表1 呼伦贝尔风电场风机配套明细

风机型号	发电机厂家	齿轮箱厂家	主轴轴承厂家
东汽 FB70B	兰州电机厂	南高齿 FD1660-0023	SKF C-664
东汽 FB70B	永济电机厂	重齿 F0611	ZWZ NL-7
东汽 FB70B	永济电机厂	南高齿 FD1660-0002	SKF 0007

连天元电机厂产品。为了覆盖到所有部件厂家产品,东台公司在 GE 和华锐的风机上各装 2 套在线振动监测系统(总共安装 4 套),同时选用 1 套离线振动监测设备。东台风电场风机配套明细见表 2。

表2 东台风电场风机配套明细

风机型号	发电机厂家	齿轮箱厂家	主轴轴承厂家
华锐 FL1500	大连天元电机厂	华锐公司	SKF C-664
	永济电机厂	华锐公司	ZWZ NL-7
GE1.5S	Winergy 公司	Winergy 公司	FAG

4.3 荣成风电场实施意见

荣成风电场安装有 39 台 Suzlon 的 1.25 MW 风机,其主轴轴承采用 SKF 公司双列滚子球轴承,齿轮箱及发电机采用 Winergy 公司产品,在 4 台风力发电机上安装了在线振动监测系统。

5 风力发电机振动监测系统实施效果

目前,荣成、东台、呼伦贝尔风电场在线振动监测系统已经安装调试完成,试运行近半年,完成了系统软件参数设置,如转速触发范围、加速度包络频谱的频宽范围、趋势数据和频谱图的保存时间间隔等;收集风机各部件(包括主轴、齿轮箱、发电机)振动的基础数据,了解风机在不同风况下运行时的振动数据趋势,为风机量身定做了振动预警和报警标准,达到逐步实现智能监测的目的^[2]。通过在线系统的监测,目前已发现个别风机存在一定的机械故障隐患。下面针对荣成风电场 30106 号风机的振动监测情况进行分析。

5.1 主轴轴承

主轴轴承加速度包络频谱见图 5 所示。主轴轴承加速度包络频谱显示运行时主轴轴承冲击能量平缓,未发现故障频率,轴承情况良好,但在包络时域波形中有很弱的杂乱的冲击信号,应为润滑油中的杂质所产生,暂不影响设备的运行,应注意润滑维护。

5.2 齿轮箱^[3]

齿轮箱高速轴输出端振动频谱见图 6 所示。分析振动速度频谱,发现有轻微不对中征兆,径向与轴向均存在较低 1 倍与 2 倍峰值,但通过对发电机振动的分析,认为高速轴不对中征兆是由发电机振动

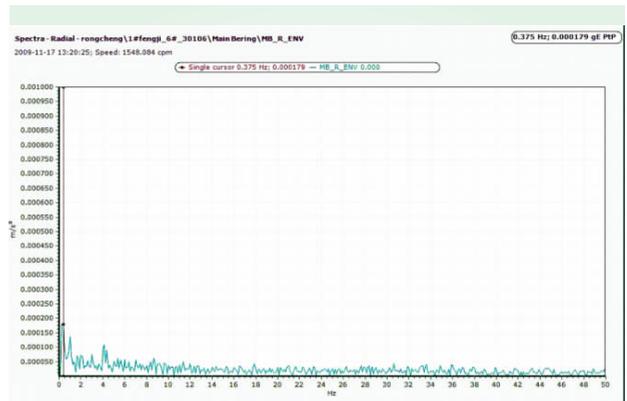


图5 主轴轴承加速度包络频谱

引起,需要进行后续跟踪确认。不对中对轴承状态影响较大,建议跟踪查看轴承的振动值趋势。

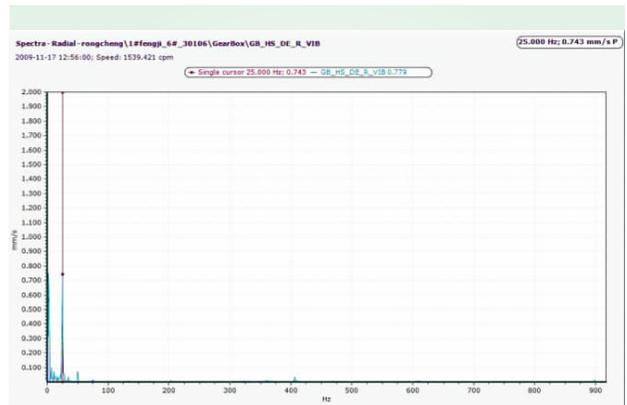


图6 齿轮箱高速轴输出端振动频谱

5.3 发电机

5.3.1 驱动端振动

发电机驱动端振动频谱见图 7 所示。从驱动端的振动频谱来看,1~6 倍发电机转频处均存在峰值,且峰值相对较高,符合机械松动的征兆,表明发电机驱动端轴承处存在一定的磨损,为轴磨损或者轴承座磨损。整体振动值处于黄色预警期,可继续运行,

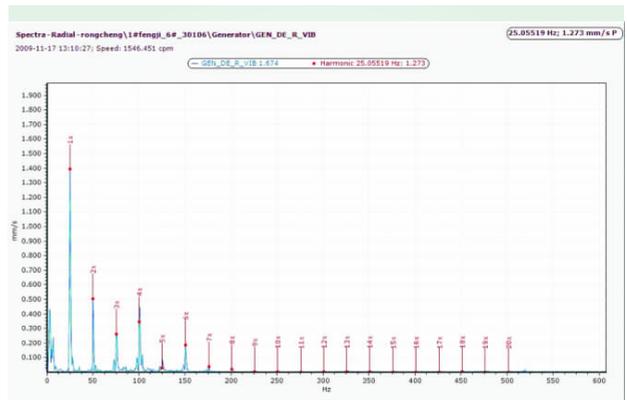


图7 发电机驱动端振动频谱

但要经常跟踪振动变化趋势,需要定期润滑维护。

5.3.2 非驱动端振动

发电机非驱动端振动频谱见图8所示。从非驱动端的振动频谱来看,存在与驱动端相同的征兆,1~6倍发电机转频处均存在峰值,符合机械松动的征兆,表明发电机驱动端轴承处存在一定的磨损,为轴磨损或者轴承座磨损。整体振动值处于黄色预警期,可继续运行,但要经常跟踪振动变化趋势,需要定期润滑维护。

6 结语

振动监测是一项技术与经验相结合的设备故障诊断方法,通过对数据的分析、运行状态的对比可提高状态监测的有效性。因此,建议从设备使用的初期开始,逐步做到熟练使用、培养人才、诊断分析、形成标准、推广使用,最终达到指导运行维护、提高设备可靠性和利用率的目的。

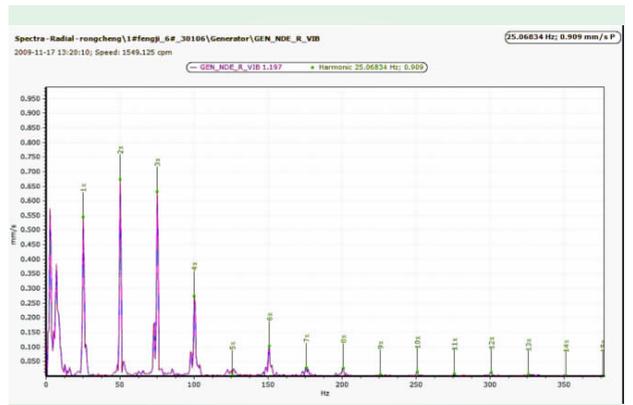


图8 发电机非驱动端振动频谱

[参考文献]

- [1] 苏杭. 机械设备状态检测与故障诊断[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [2] 杨国安. 机械设备故障诊断实用技术[M]. 北京: 中国石化出版社, 2007.
- [3] 丁康, 李巍华, 朱小勇, 等. 齿轮及齿轮箱故障诊断实用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.

编辑: 王金丽

(上接第7页)贡献也很小,因此没有必要投入一次调频功能。对于低负荷时一次调频的投入问题,有的电厂将“低负荷”设置为60%甚至80%额定负荷,这显然是不合适的。

建议经过专家充分研究探讨,在管理规定^[1]中增加相应条款,明确一次调频具体的投入规定。

5 其他类型机组的一次调频管理

管理规定^[1]中未包括抽水蓄能机组、燃气机组、超临界机组等的一次调频特性问题,需要补充完善。

大中型抽水蓄能机组在中国大规模建设始于20世纪80年代,以其快速的响应能力和调频、调相,尤其是黑启动功能,对保证电网稳定和安全运行起到重要作用。这类机组本身就具备比其他类型机组更好的调频能力,管理规定中应该对这种机组的一次调频技术指标提出更高的要求。

超临界机组使用直流炉,蓄热小,在阀位控制方式下响应一次调频速度很快。但是由于蓄热小,其负荷可能在1 min内即开始下降,甚至降至初始负荷。结合该类机组的特性制定相应的技术指标也是一次调频管理规定的制定者急需研究解决的问题。

6 结束语

并网机组的一次调频功能是保证电网以及发电机组安全稳定运行、提高电能质量及电网频率控制水平的不可或缺的重要工具^[6]。随着我国各地区电网的对一次调频管理工作的深入开展,有关发电机组一次调频的运行管理规定将会进一步完善,对电网和电厂的安全稳定运行会起到更好的作用。

[参考文献]

- [1] 华北电网有限公司. 华北电网发电机组一次调频运行管理规定[G]. 北京: 华北电网有限公司, 2006: 1.
- [2] 肖增弘, 徐丰. 汽轮机数字式电液调节系统[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003: 6-7.
- [3] 王爽心, 葛晓霞. 汽轮机数字电液控制系统[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004: 5-6.
- [4] 中华人民共和国国家经济贸易委员会. DL/T 711—1999 汽轮机调节系统控制试验导则[S]. 北京: 中国电力出版社, 2000: 3-10.
- [5] 华中电力调度(交易中心). 华中电网发电机组一次调频调度管理规定(试行)[G]. 武汉: 华中电网有限公司, 2005: 3.
- [6] 傅旭, 李海伟, 李冰寒. 大规模风电场并网对电网的影响及对策综述[J]. 陕西电力, 2010, 38(1): 53-57.

编辑: 董益华