

# 散热风扇质量检测分析系统

李学聪, 华伦次, 万 频, 李 军

LI Xue-cong, HUA Lun-ci, WAN Pin, LI Jun

广东工业大学 自动化学院, 广州 510006

Faculty of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China

LI Xue-cong, HUA Lun-ci, WAN Pin, et al. Test and analysis system of cooling fan quality. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(36): 219-221.

**Abstract:** A general microphone and PC sound card is used to acquire fan noise; FFT power spectrum is used for fan noise analysis on frequency domain, and a conclusion of the attributes and varying trend of fan noises is made.

**Key words:** Fast Fourier Transform(FFT); power spectrum; fan noise; LabVIEW; unbalanced vibration

**摘 要:** 利用普通麦克风及声卡对散热风扇振动噪音进行采集, 并利用 FFT 功率谱对风扇振动噪音进行频域分析; 通过实验总结了风扇振动噪音的幅频特性及其变化规律。

**关键词:** 快速傅里叶变换(FFT); 功率谱; 风扇噪音; LabVIEW; 不平衡振动

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.36.062 文章编号: 1002-8331(2009)36-0219-03 文献标识码: A 中图分类号: TP273

## 1 课题背景及研究内容

近年来, 散热风扇噪音问题随着家用电脑的迅速普及和高功耗芯片的大量使用而逐渐体现出来。风扇的噪音源主要包括了扇叶旋转时自身产生的旋转噪音、涡流噪音和共振噪音<sup>[1]</sup>, 以及因扇叶重量不等而造成的风扇体不平衡振动。扇叶旋转产生的三种噪音程度主要取决于风扇的最初设计, 但风扇体的不平衡振动则源于生产过程中的模具精度及缺陷。这种风扇体的不平衡振动传导到机箱或散热片上时, 会使机箱或散热片产生稳态振动, 产生更大的振动噪音<sup>[1]</sup>。因此, 有必要对风扇在出厂之前进行不平衡振动的检测。

该文课题的系统是基于 LabVIEW 开发平台, 使用普通 PC 声卡及麦克风对风扇运行时产生的振动噪音进行实时采集分析, 可以检测风扇的转速、噪音分布及振动强弱, 为风扇制造商提供有利用价值的参考。

## 2 系统平台介绍

### 2.1 系统硬件介绍

实验中, 麦克风录音音量调节为最大; 设置麦克风增益为 0 dB; 取消其他麦克风声音处理功能, 以减少因声卡对输入的噪音信号进行额外处理而引入失真。

为了采集风扇产生的振动噪音, 实验使用一个薄空心薄塑料体作为风扇振动放大器。薄塑料体能起到振动传导及放大作用, 可用于模拟风扇装在机箱上产生的振动, 也便于进行振动噪音收集, 见图 1。

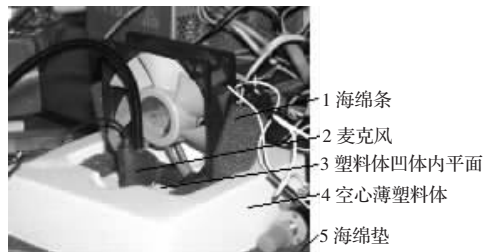
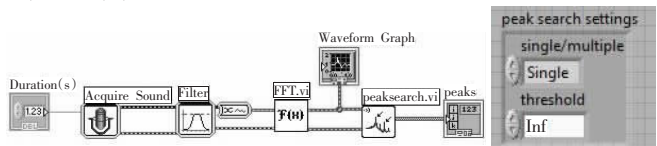


图1 风扇振动噪音测试平台

### 2.2 实验软件介绍

LabVIEW 8.5 中的声音采集模块“Acquire Sound”参数设置为: 16 位 Mono 单声道输入, 采样率为 22 050 Hz, 采样时间为 5 s。在采集模块后连入 Butterworth 滤波器, 对原始信号进行平滑滤波处理, 消除高次谐波失真及噪音干扰, 提高信噪比<sup>[2]</sup>。利用 FFT 功率谱变换对风扇振动噪音进行频域分析。在 FFT 功率谱处理前对数据进行加海宁窗处理, 减少变换过程中的频谱泄漏<sup>[3]</sup>。利用 Sound & Vibration Toolkit 中的 Peak Search 工具, 拾取功率频谱中的主频, 见图 2(a); PeakSearch 属性设置, 见图 2(b)。



(a) 振动噪音拾取模块

(b) 属性设置对话框

图2 振动噪音功率谱主频拾取

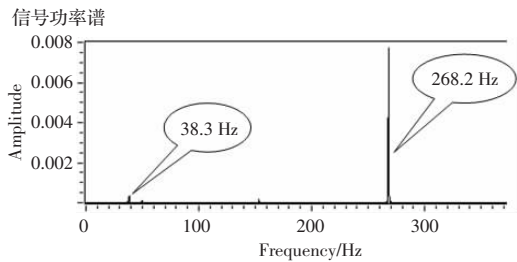
基金项目: 广东省自然科学基金(the Natural Science Foundation of Guangdong Province of China under Grant No.5001818); 广东省科技计划项目(the Science and Technology Projects of Guangdong Province of China under Grant No.2005B10101074)。

作者简介: 李学聪(1978-), 男, 博士研究生, 教师, 研究方向: 数据采集、机器视觉、自动化装置。

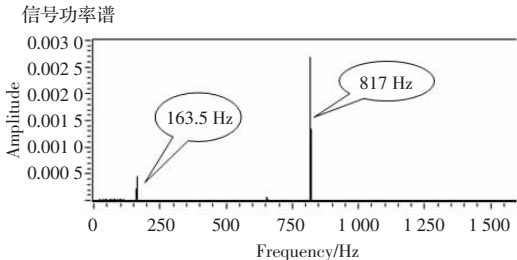
收稿日期: 2008-12-23 修回日期: 2009-04-01

3 风扇噪音特性分析及总结

3.1 风扇在额定转速下的振动噪音功率频谱



(a)冰雨 8025(额定转速 2 500 r/min,扇叶数 7 片)



(b)Delta FFB0412VHN(额定转速 9 500 r/min,扇叶数 5 片)

图 3 两种不同风扇振动噪音功率频谱

3.2 风扇振动噪音主频及基频分析

由风扇噪音理论可知,风扇旋转噪音频率为<sup>[1]</sup>:

f\_i = \frac{niz}{60} \tag{1}

式中, $n$  为叶轮每分钟转速; $z$  为叶片数; $i$  为谐波序号,1、2、3。由此可得表 1。

表 1 风扇转速及旋转噪音频率

风扇序号	实际转速/ (r·min <sup>-1</sup> )	每秒转速/ (r·s <sup>-1</sup> )	叶片数/片	f <sub>i</sub> /Hz	测得主频/Hz	误差/(%)
1	2 300	38.3	7	268.3	268.2	0.037
2	9 810	163.5	5	817.5	817.3	0.024

在表 1 中,当风扇运行时,旋转噪音一次谐波  $f_1$  与功率谱中测得的风扇振动噪音主频(功率谱中幅值最大的频率)在一定误差范围内近似相等。图 3 中的功率谱,除了振动噪音主频外,还有一个频率较低的峰值。这里,假设此峰值与风扇旋转的频率相关,并利用公式(2)计算风扇的旋转频率,并得出表 2。

f = \frac{n}{60} \tag{2}

式中, $n$  为叶轮每分钟转速。

表 2 风扇转速及基频

风扇序号	实际转速/(r·min <sup>-1</sup> )	计算所得基频(转动频率)/Hz	测得峰值/Hz
1	2 300	38.3	38.3
2	9 810	163.5	163.5

综合上述分析,可以得出以下结论:

- (1)风扇振动噪音的主要频率与其真实转速相关,且主频等于风扇旋转噪音频率的一次谐波;
- (2)风扇噪音频率中还夹杂有少量风扇的旋转频率,称此频率为风扇基频。

3.3 风扇旋转不平衡振动噪音分析

(1)单叶片重量过重时的功率谱分析

在该实验中,使用冰雨 8025 作为实验对象。在某一片扇叶上依次贴上重量及尺寸相等的薄加重片(见图 4),用于模拟生产过程中可能因磨具缺陷造成的某片扇叶重量不等的情况。图 5(a)为原始状态下(无加重片)的风扇振动噪音功率谱;图 5(b)为贴上 18 片加重片之后的风扇振动噪音功率谱。

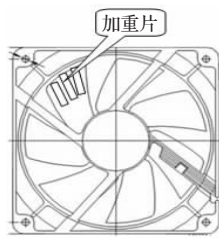
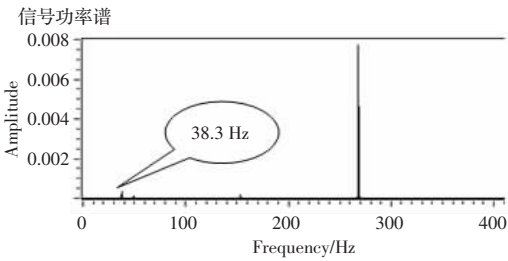
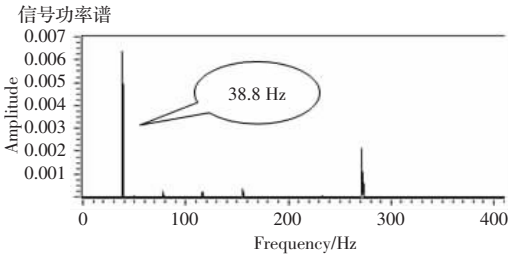


图 4 风扇不平衡测试



(a)原始状态下风扇振动噪音功率谱



(b)贴上加重片后风扇振动噪音功率谱

图 5 扇叶不同程度偏转的振动功率谱

利用 LabVIEW 绘制振动噪音功率谱的基频幅值的各次样本的拟合曲线,见图 6。

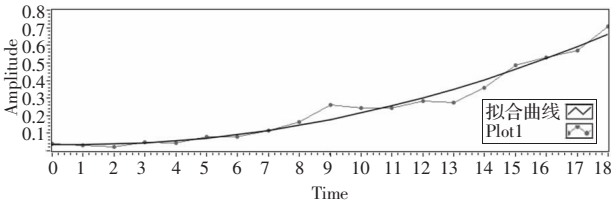


图 6 各次样本的基频幅值拟合曲线

注 横坐标为增加加重片的次数;纵坐标为基频幅值,纵坐标基频幅值=原始幅值×100。

从图 6 的各次基频幅值样本拟合的曲线可以了解到,随着加重片粘贴的次数增多,此扇叶的重量也随之增加;导致风扇旋转时的扇叶旋转不平衡也越趋严重,从而造成风扇运转的不平衡振动增强。不平衡振动越趋严重的同时,在功率谱中的振动噪音基频幅值也随之呈指数形式增加。

(2)多叶片重量不平衡时的功率谱分析

为了对风扇的多个叶片在不同重量下运转时产生的不平衡振动进行概括性分析,将风扇的多个扇叶粘贴加重片进行测试。

图 7 为一典型多扇叶不平衡振动噪音功率谱, 对功率谱上主要的峰值频率进行标号并取出各标号所在的频率值, 利用公式(3)进行计算, 得出表 3:

$$f = \frac{kn}{60} \quad (3)$$

式中,  $n$  为风扇转速;  $k$  为 1, 2, 3, ..., 扇叶数。

表 3 功率谱主要峰值的频率

标号	1	2	3	4	5	6	7
峰值频率/Hz	38.26	76.46	114.72	152.91	191.19	229.35	267.68
计算所得频率 $f$ /Hz	38.28	76.56	114.84	153.12	191.40	229.68	267.96

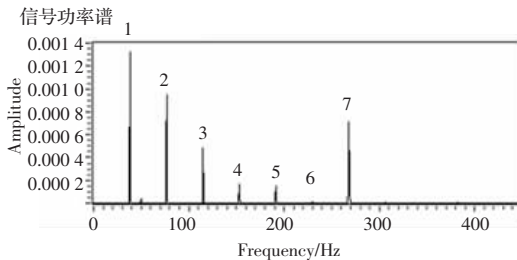


图 7 典型扇叶不平衡振动噪音功率谱

根据表 3 中的测得峰值频率及计算所得频率可以得出以下结论:

(1) 风扇各叶片因重量不均时, 会引起旋转时的不平衡振动, 且不平衡振动造成的振动噪音频谱与扇叶的不同重量组合有关;

(2) 无论重量组合如何, 其不平衡振动造成的振动噪音频率都表现在频率  $f = \frac{kn}{60}$  ( $k$  为 1, 2, 3, ..., 扇叶数;  $n$  为风扇转速)

上, 即风扇旋转的基频及其倍频上(为了区分基频的倍频及旋转噪音主频, 该文所描述的基频的倍频不包括旋转噪音主频在内);

(3) 当  $k$  为扇叶数时, 其频率等于风扇旋转噪音主频。

## 4 风扇质量检测系统设计

(1) 通过对噪音主频频率进行检测, 可反求出风扇的实际转速。因此, 系统具有基本的风扇转速检测功能。通过检测风扇转速来判断风扇转速是否达到出厂标准。

(2) 对风扇不平衡振动噪音的几个特征频率(基频及其倍频)进行幅值检测, 用于判断被测风扇旋转时扇叶的不平衡振动程度是否在规定范围之内。

## 5 结语

通过 LabVIEW 设计程序检测及分析程序, 对风扇运转时产生的振动频率特征进行了分析; 通过实验及数据处理分析, 总结出风扇在制造过程中可能出现的缺陷而造成的振动噪音功率谱变化规律。利用风扇振动噪音功率谱变化规律, 设计基于 LabVIEW 的风扇质量检测系统。

## 参考文献:

- [1] 噪声控制新技术与消声器设计选用及质量检测标准规范实用手册[M]. 西安: 北方工业出版社, 2006.
- [2] 曾山, 王思华. 基于声卡声音信号分析仪的设计[J]. 医疗设备信息, 2007, 22(1).
- [3] Dinga. 加窗处理[EB/OL]. (2006-11). <http://www.dinga.cn/article.asp?id=135>.
- [4] conditions[C]//Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Control and Automation, China, June 15-19, 2004: 5287-5291.
- [5] Hawas Y E. A fuzzy-based system for incident detection in urban street networks[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2007, 15(2): 69-95.
- [6] Zeng R, Li G. Adaptive traffic signals control by using fuzzy logic[C]//Second International Conference on Innovative Computing, Information and Control, Japan, 2007: 527-530.
- [7] Pappis C P, Mamdani E H. A fuzzy logic controller for a traffic junction [J]. IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetics, 1977 (10): 707-717.
- [8] 徐冬玲, 方建安. 交通系统的模糊控制及其神经网络实现[J]. 信息与控制, 1992, 21(2): 74-79.
- [9] 陈洪, 陈森发. 单路口交通实时模糊控制的一种方法[J]. 信息与控制, 1997(3): 227-233.
- [10] Nair B M, Cai J. A fuzzy logic controller for isolated signalized intersection with traffic abnormality considered[C]//Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Turkey, 2007: 1229-1233.
- [11] Liu Hsing-Han, Hsu Pau-Lo. Design and simulation of adaptive fuzzy control on the traffic network[C]//SICE-ICASE International Joint Conference, Korea, 2006: 4961-4966.
- [12] 臧利林, 贾磊, 杨立才, 等. 基于改进 GA 的城市交通模糊控制研究[J]. 系统工程理论与实践, 2006(10): 113-118.
- [13] 王立新. 模糊系统与模糊控制教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [14] 王殿海. 交通流理论[M]. 北京: 人民交通出版社, 2002.
- [15] 张飞舟, 范耀祖. 交通控制工程——智能交通系统(ITS)系列丛书[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2005.
- [16] Gao Jun-xia, Li Jian-geng, Zhao Xiao-hua, et al. Two-stage fuzzy control of urban isolated intersection signal for complex traffic

(上接 195 页)

差别不大。随着交通流量的增加, 采用感应控制方法的车辆平均延误也明显增大。模糊控制方法则能很好地适应交通流量的变化, 因此延误明显减小。该文的模糊控制方法综合考虑的交通因素比较多, 更能客观地描述各相位交通通行需求的紧急程度, 因此相对于直接采用车辆排队长度作为输入的模糊控制方式, 控制效果得到了进一步提高。

## 6 结论

研究了一个典型的四相位交叉口交通信号的控制方法, 采用交叉口车辆平均延误作为交叉口信号控制的性能评价指标。以交通强度描述各相位交通通行需求的紧急程度。基于交通强度的单交叉口交通信号模糊控制策略综合考虑了各相位上下游检测器之间的车辆数、红灯持续时间和绿灯相位比率等因素, 更客观地描述了各相位交通通行需求的紧急程度, 因此相对于感应控制方法和直接采用车辆排队长度作为输入的模糊控制方法, 效果更好。

## 参考文献: