



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101666677 B

(45) 授权公告日 2011.05.11

(21) 申请号 200910093658.0

(22) 申请日 2009.09.25

(73) 专利权人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园 100 号

(72) 发明人 胥永刚 赵元喜 高立新 张建宇

崔玲丽 张玉奎 马海龙 陈建华

肖永刚 罗辉

(74) 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理

有限公司 11203

代理人 张慧

(51) Int. Cl.

G01H 17/00 (2006.01)

审查员 杨建坤

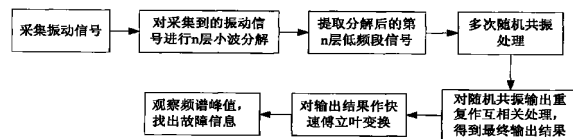
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 5 页

(54) 发明名称

一种用于提取低速重载设备微弱故障特征信息的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于提取低速重载设备微弱故障特征信息的方法,可用于提取设备低频微弱故障信号。通过安装在设备轴承座上的加速度传感器采集设备工作状态下的振动信号,对采集到的振动信号进行小波分解,对分解后得到的低频信号作随机共振处理和互相关处理,再对互相关结果作快速傅立叶变换,从而提取出设备的低频微弱故障特征。该方法能有效提取出低速重载设备的微弱故障特征信息,对设备故障诊断提供了有效依据。



1. 一种用于提取低速重载设备微弱故障特征信息的方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

1) 将振动加速度传感器安装在设备需要检测的位置,通过与振动加速度传感器相连接的振动数据采集仪采集设备在工作状态下的振动信号;

2) 采用 Daubechies 小波族中的 db10 小波对步骤 1) 中采集到的振动信号进行 n 层分解, n 的选取范围为

$$\log_2 \frac{f}{20} \leq n \leq \log_2 \frac{f}{10}$$

上式中 f 为振动数据采集仪的采样频率,对 n 取整数;

3) 设定随机共振系统结构参数,将步骤 2) 中经过小波分解后得到的第 n 层的低频信号 A_n 输入随机共振系统,经随机共振处理后得到一个输出结果 x_1 ;重新设定不同的随机共振系统结构参数,将低频信号 A_n 再次输入随机共振系统进行处理,得到另一个输出结果 x_2 ,以上随机共振处理的过程重复多次,每次输入前设定的随机共振系统结构参数不同,得到不同的输出信号,处理的次数要选择 2^m 次,进行 2^m 次的随机共振处理后,得到输出信号 $x_1, x_2, x_3 \dots x_{2^m}$;

4) 对步骤 3) 中经过随机共振处理后的 2^m 个互相关输入信号两个作为一组,每组进行互相关处理,得到 2^{m-1} 个结果;

互相关函数为

$$R_x(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x_1(t)x_2(t+\tau)dt$$

其中, $x_1(t)$ 、 $x_2(t)$ 为互相关输入信号, T 为信号 $x(t)$ 的观测时间;

5) 对步骤 4) 得到的 2^{m-1} 个互相关输出结果,重复步骤 4) 中的处理方法,再两个作为一组,每组进行互相关处理,直到得出最终的单个互相关结果;

6) 对步骤 5) 的最后输出结果作快速傅立叶变换,得到频谱图,通过观察频谱图中的峰值点找出设备的故障特征频率。

一种用于提取低速重载设备微弱故障特征信息的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于提取设备故障特征信息的方法,特别是一种用于提取低速重载设备微弱故障特征信息的方法。

背景技术

[0002] 低速重载大型设备是现代钢铁生产企业的命脉,若发生突发事故有可能会产生生产瘫痪,使企业蒙受巨大的经济损失,甚至还会造成人员伤亡。为了及时的发现设备的故障隐患以保证生产的顺利进行,对低速重载设备微弱故障特征提取的研究工作显得尤为迫切。

[0003] 低速重载设备的转速在每分钟 300 转以下,设备出现故障时,故障产生的冲击响应频率较低,频率范围在零点几赫兹到五赫兹之间,这些低频的微弱特征信号容易被强烈的环境噪声所淹没,通过现有的信号处理方法难以有效的将这些故障特征信息提取出来,从而无法进行故障诊断。

发明内容

[0004] 本发明提出了一种用于提取低速重载设备微弱故障特征信息的方法,该方法可以提取低速重载设备中频率低于 5Hz 的微弱故障特征信息。

[0005] 本发明的基本原理是将采集到的振动信号经小波分解后分别进行多次的随机共振处理,将几次随机共振处理的输出作互相关,再对互相关结果作快速傅立叶变换,从而提取出低速重载设备的微弱故障特征信息。

[0006] 本发明具体包括以下步骤:

[0007] 1) 将振动加速度传感器安装在设备需要检测的位置上,通过与振动加速度传感器相连接的振动数据采集仪采集设备在工作状态下的振动信号;

[0008] 2) 采用 Daubechies 小波族中的 db10 小波对步骤 1) 中采集到的振动信号进行 n 层分解, n 的选取范围为

$$[0009] \quad \log_2 \frac{f}{20} \leq n \leq \log_2 \frac{f}{10}$$

[0010] 式中 f 为振动数据采集仪的采样频率,对 n 取整数;

[0011] 小波分解可以将原始信号在不同尺度上展开,提取信号在不同频带的特征。每层小波分解都对信号的低频部分进行分解,高频部分保留不动,因此可以利用小波分解对信号低频部分做详细观察;

[0012] 3) 设定随机共振系统结构参数,将步骤 2) 中经过小波分解后得到的第 n 层的低频信号 A_n 输入随机共振系统,经随机共振处理后得到一个输出结果 x_1 ;重新设定不同的随机共振系统结构参数,将低频信号 A_n 再次输入随机共振系统进行处理,可以得到另一个输出结果 x_2 。以上随机共振处理的过程可以重复多次,每次输入前设定的随机共振系统的结构参数都不同,处理的次数应选择 2^n 次(即选择 2, 4, 8, 16...次)。

[0013] 根据随机共振理论,随机共振系统采用受外力和高斯白噪声驱动的非线性双稳系统,其数学模型为:

$$[0014] \quad \frac{dx}{dt} = ax - bx^3 + s(t) + n(t)$$

[0015] 式中 x 为随机共振系统输出, a 、 b 为随机共振系统结构参数, $s(t)+n(t)$ 为随机共振系统输入信号, $s(t) = A\sin(2\pi f_0 t)$ 为被检测弱周期信号, $n(t)$ 为均值为 0、噪声强度为 D 的白噪声。设定不同的随机共振系统结构参数 a 、 b , 可以得到不同的输出信号 x 。进行 2^m 次的随机共振处理后, 可以得到输出信号 $x_1, x_2, x_3 \dots x_{2^m}$;

[0016] 4) 对步骤 3) 中经过随机共振处理后的各输出结果两两作互相关处理;

[0017] 互相关函数为

$$[0018] \quad R_x(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x_1(t)x_2(t+\tau)dt$$

[0019] 其中, $x_1(t)$ 、 $x_2(t)$ 为互相关输入信号, T 为信号 $x(t)$ 的观测时间。

[0020] 5) 对步骤 4) 得到的互相关处理的输出结果重复进行两两互相关处理, 直到得出最终的单个互相关结果;

[0021] 6) 对步骤 5) 的最后输出结果作快速傅立叶变换, 得到频谱图, 通过观察频谱图中的峰值点就可以找出设备的故障特征频率。

[0022] 与现有技术相比, 本发明方法具有以下优点:

[0023] 能有效的将低速重载设备中转频低于 5Hz 的微弱故障特征信息从背景信号中提取出来, 便于早期发现设备故障隐患, 保障设备的正常运行。

附图说明

[0024] 图 1 为本发明方法流程图

[0025] 图 2 为某钢厂棒材粗轧机减速箱传动简图

[0026] 图 3(a) 为原始振动信号的波形图

[0027] 图 3(b) 为原始振动信号的频谱图

[0028] 图 4 为小波分解原理图

[0029] 图 5 为原始信号作小波分解后各频段的波形图

[0030] 图 6 为原始信号作小波分解后各频段的频谱图

[0031] 图 7 为 4 次随机共振和互相关处理原理图

[0032] 图 8 为多次随机共振和互相关处理后的波形图

[0033] 图 9 为多次随机共振和互相关处理后的频谱图

具体实施方式

[0034] 本发明方法实施例以钢铁生产企业中常见的棒材粗轧机减速箱为例, 下面结合附图对本发明作进一步说明:

[0035] 1) 将振动加速度传感器安装在轧机减速箱轴承座上, 通过与振动加速度传感器相连接的振动数据采集仪采集轧机在工作状态下的振动信号, 轧机减速箱传动简图如图 2 所示, 图 2 中数字 1 指示的是振动加速度传感器的安装位置; 图 3(a)、图 3(b) 所示分别为所

采集到轧机减速箱原始振动信号的波形图和频谱图。

[0036] 2) 对步骤 1) 中采集到的振动信号进行小波分解, 原理如图 4 所示。

[0037] 本实例中设置振动数据采集仪的采样频率为 1000Hz, 因此 n 的选取范围为

$$[0038] \quad \log_2 \frac{1000}{20} \leq n \leq \log_2 \frac{1000}{10}$$

[0039] 计算结果为 $5.64 \leq n \leq 6.64$, n 取整数 6。

[0040] 对采集到的原始振动信号进行 6 层小波分解, 将信号逐层分解到 $[0, 250]$, $[0, 125]$, $[0, 62.5]$, $[0, 31.25]$, $[0, 15.625]$, $[0, 7.8125]$ 6 个频段。小波分解后各频段的波形图和频谱图如图 5、图 6 所示。

[0041] 3) 将步骤 2) 中经过小波分解后得到的第 6 层的低频信号 A6 进行多次的随机共振处理 (本实例中处理次数选择 4) ;

[0042] 每次随机共振处理的系统结构参数不同, 使得输入信号 A6 产生不同的输出信号 x_n , 通过 4 次随机共振处理后分别得到输出信号 x_1, x_2, x_3, x_4 。

[0043] 4) 对于步骤 3) 中经 4 次随机共振处理后得到的四个输出信号 x_1, x_2, x_3, x_4 , 对 x_1 和 x_2 作互相关处理, 对 x_3 和 x_4 作互相关处理。互相关函数为 :

$$[0044] \quad R_{x_1}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x_1(t)x_2(t+\tau)dt$$

$$[0045] \quad R_{x_2}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x_3(t)x_4(t+\tau)dt$$

[0046] 对信号 x_1, x_2, x_3, x_4 两两作互相关处理后, 得到输出结果为 $R_{x_1}(\tau), R_{x_2}(\tau)$ 。

[0047] 5) 将步骤 4) 得到的两组互相关结果 $R_{x_1}(\tau), R_{x_2}(\tau)$ 再进行一次互相关处理, 得到一个输出结果。图 7 为 4 次随机共振和互相关处理的原理图。

[0048] 6) 对步骤 5) 的输出结果作快速傅立叶变换, 得到频谱图, 通过观察频谱图中的峰值点可以找出设备的故障特征频率。

[0049] 图 8、图 9 是对棒材粗轧机振动信号进行小波分解和多次随机共振加互相关处理后的波形图和频谱图。从频谱图中可以明显看到, 峰值点处 3.418Hz 的低频故障特征信息被提取出来, 通过该故障特征信息就可以判断出有故障隐患的零部件, 实现设备故障的早期诊断。

[0050] 本发明利用小波分解将原始信号分解到低频段, 再进行多次随机共振处理, 而后对处理结果作互相关, 有效的提取出设备的低频故障特征信息, 解决了低速重载设备中微弱故障特征信息难以提取的问题。

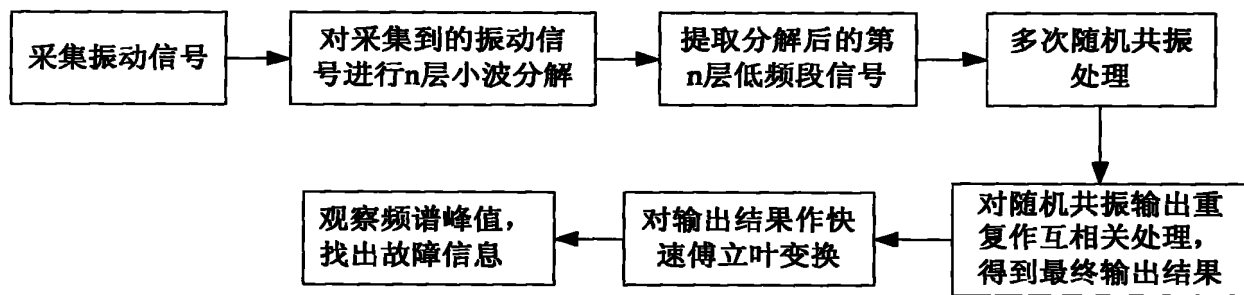


图 1

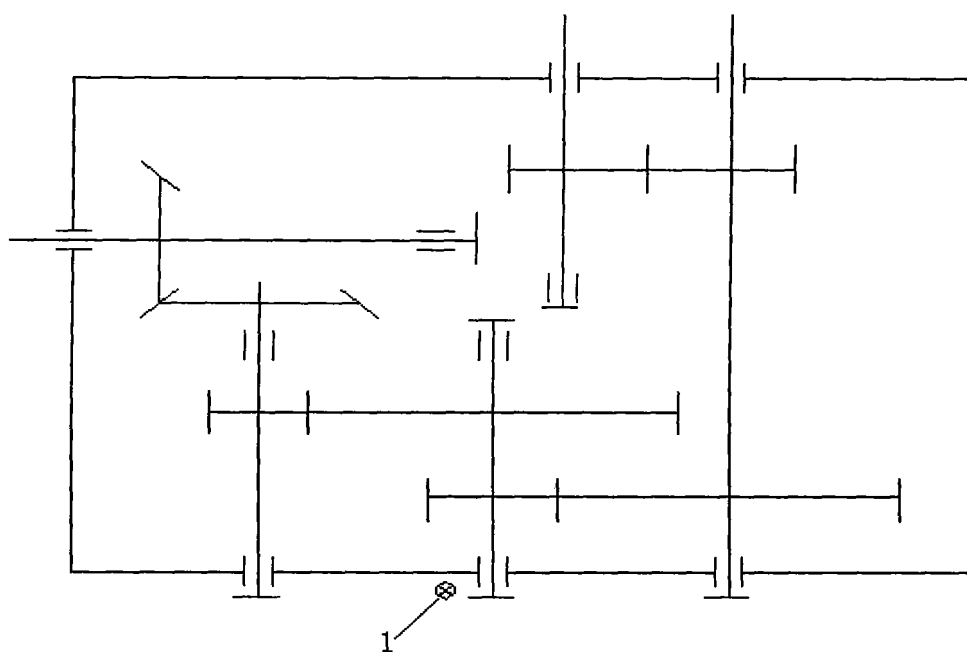


图 2

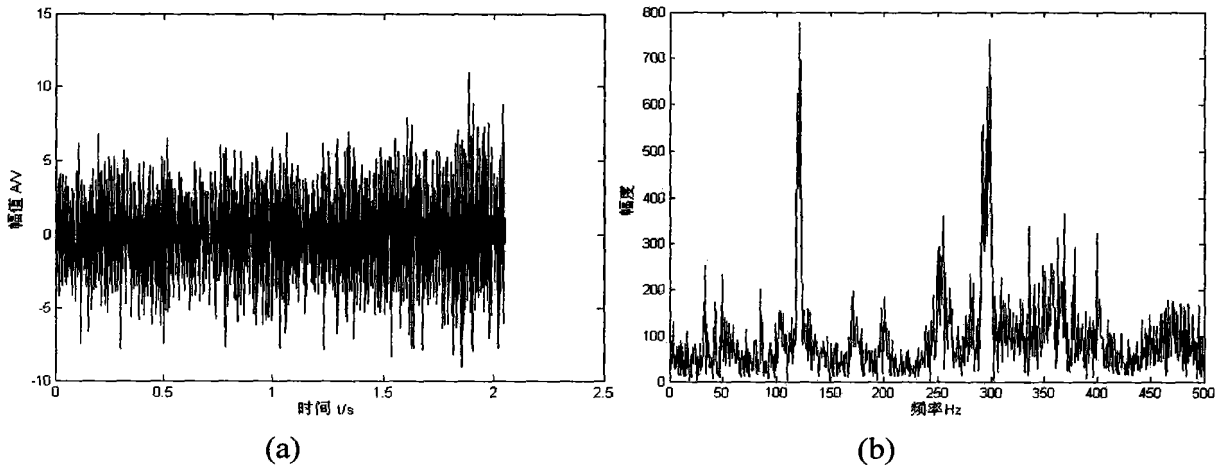


图 3

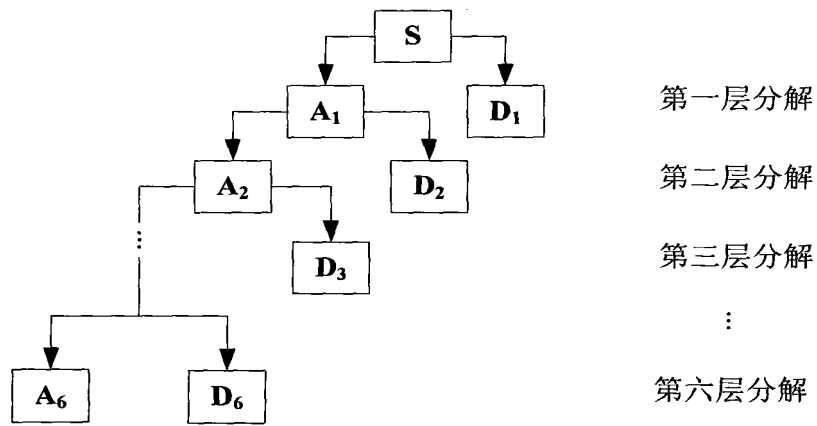


图 4

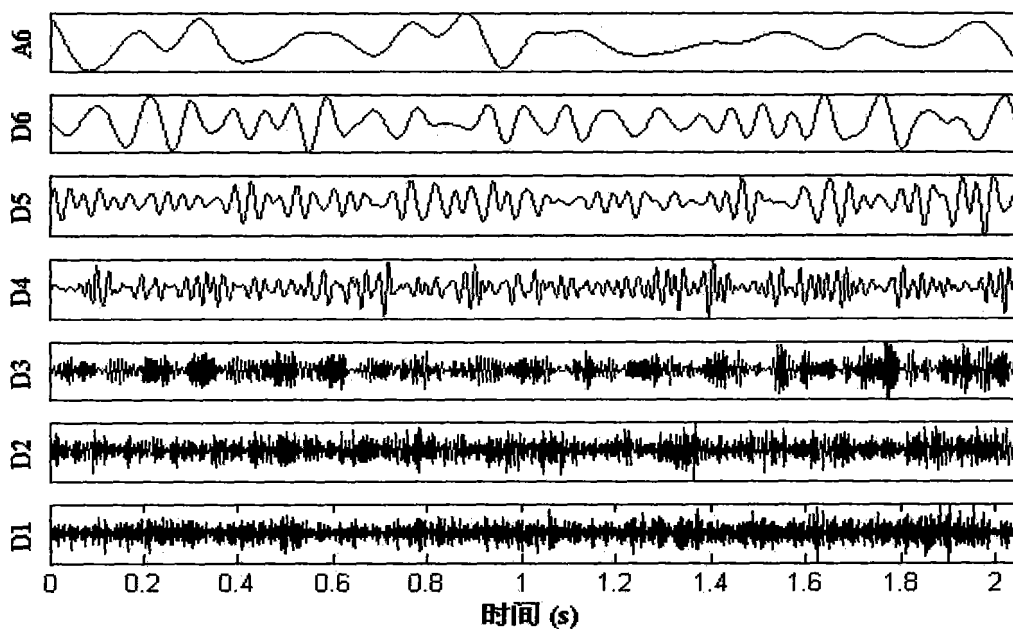


图 5

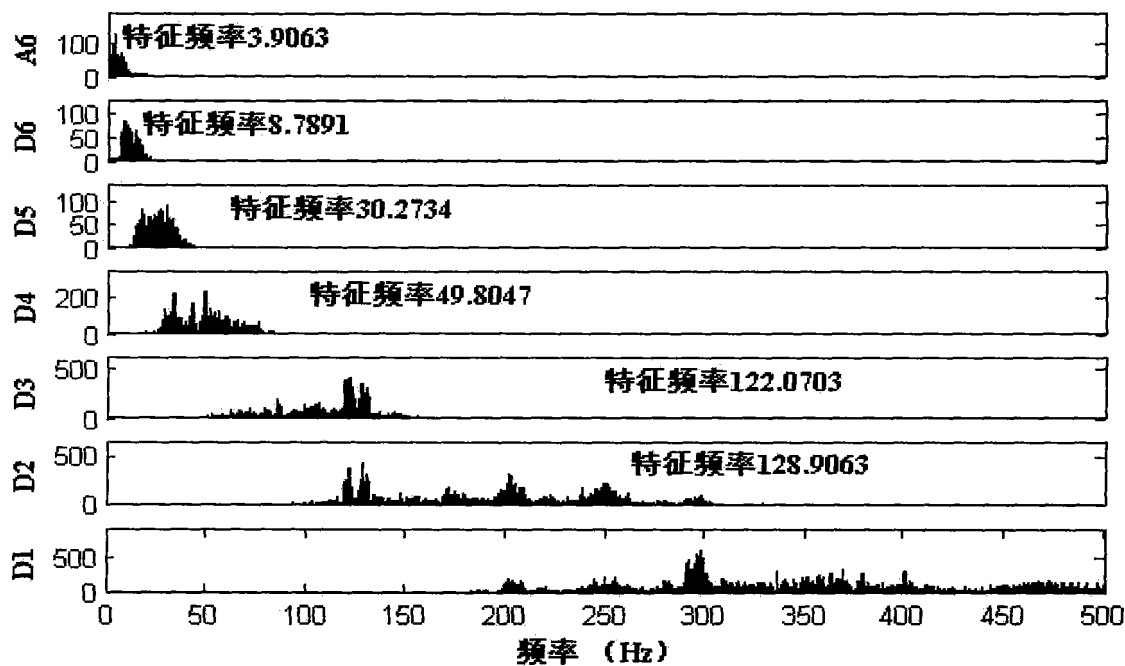


图 6

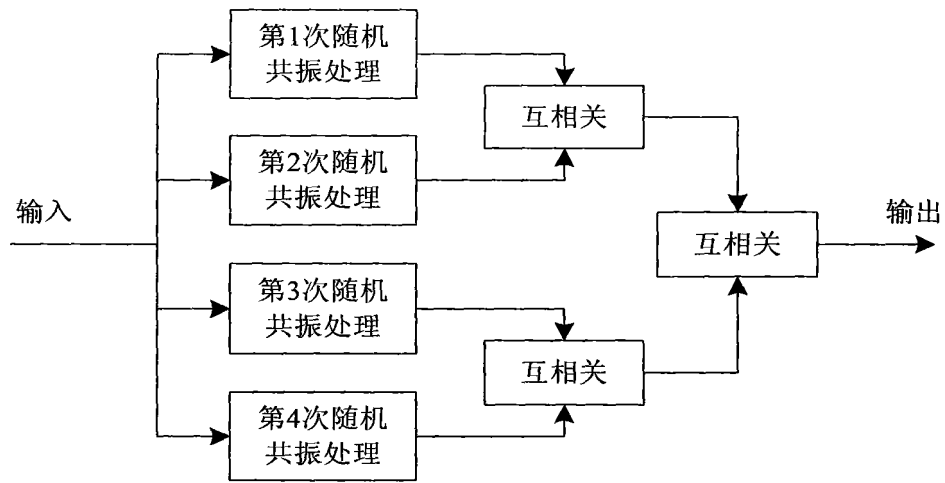


图 7

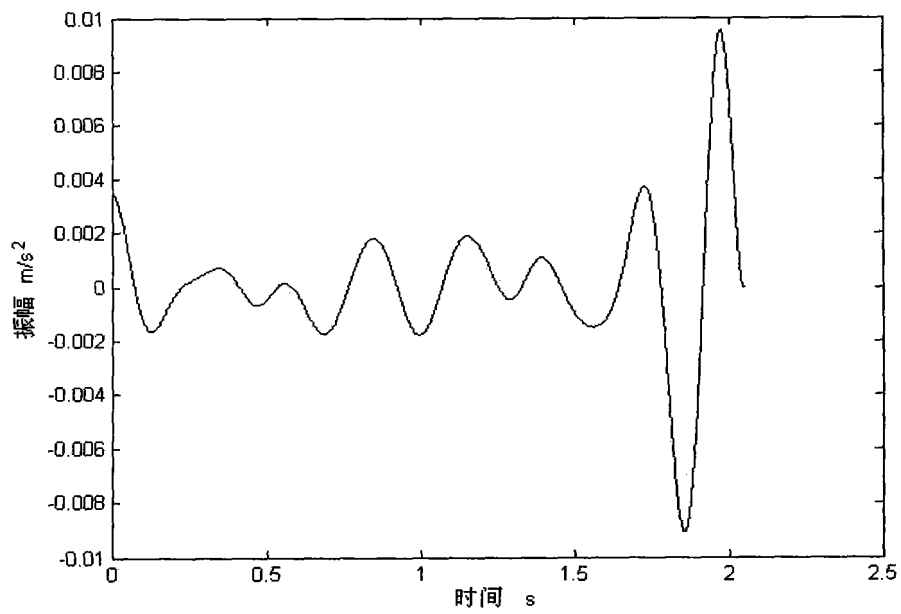


图 8

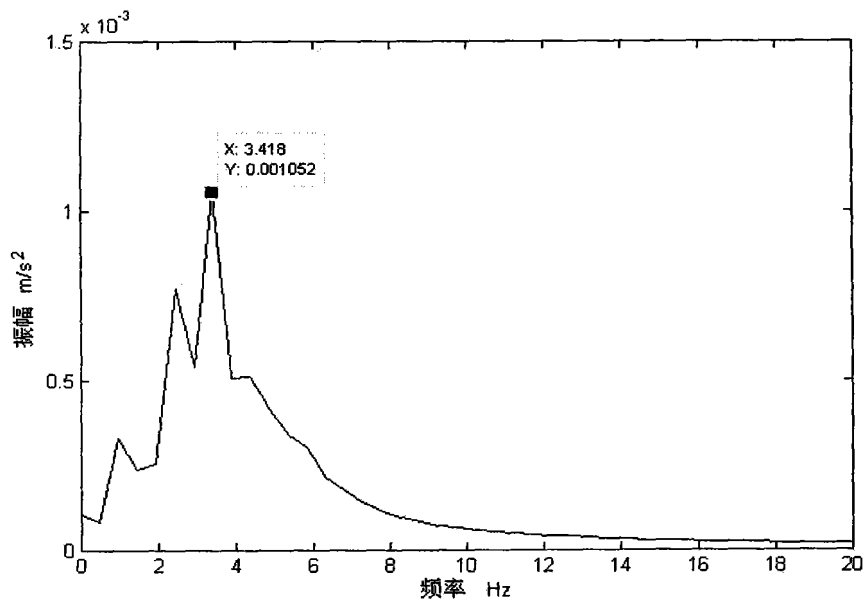


图 9