



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103196547 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 02

(21) 申请号 201310076093. 1

(22) 申请日 2013. 03. 11

(73) 专利权人 安徽新力电业科技咨询有限责任公司

地址 230000 安徽省合肥市蜀山区金寨路73号

专利权人 安徽省电力科学研究院

(72) 发明人 汪江 杜晓峰 田万军 张本耀 高峰 徐晓峰 徐鹏程

(74) 专利代理机构 北京国林贸知识产权代理有限公司 11001

代理人 李桂玲 杜国庆

(51) Int. Cl.

G01H 17/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102269620 A, 2011. 12. 07, 说明书第

8-10 段、图 2.

JP 特开平 9-33334 A, 1997. 02. 07, 全文.

CN 102305712 A, 2012. 01. 04, 全文.

宋文健. 阶比分析方法的研究. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技 II 辑》. 2007, (第 2 期), 第 24-27 页、图 2-11.

陈向民等. 基于线调频小波路径追踪阶比循环平稳解调的齿轮故障诊断. 《机械工程学报》. 2012, 第 48 卷 (第 3 期), 全文.

审查员 张洁

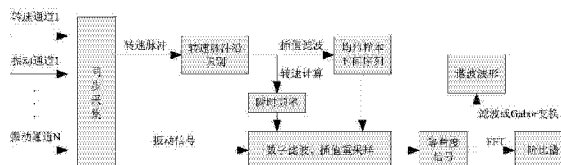
权利要求书1页 说明书3页 附图4页

(54) 发明名称

一种实现旋转机械振动信号同步阶比跟踪分析方法

(57) 摘要

本发明涉及一种实现旋转机械振动信号同步阶比跟踪分析方法,包括采用固定采样频率同步采集旋转机械振动信号和转速键相脉冲信号,选取一个振动阶比系数 M,利用插值滤波器对键相脉冲进行 2*M 倍插值,得到等角度信号样本的时间序列,然后对振动信号进行低通滤波和插值重采样,得到等角度振动采样信号,经过对等角度振动采样信号进行处理,最终得到振动阶比谱和各阶谐波波形。本发明实现了精确的等角度采样,不存在频率混乱现象,也就是转轴每转动一次,采样点对应于转轴上的角度差是一致的,在转轴上位置是固定的,从而实现准确的整周期同步采样。克服了硬件方式时,由于采样频率需要不断调整,采集得到的波形数据存在间隔,不连续的缺点,能够实现波形的连续不间断采集。



1. 一种实现旋转机械振动信号同步阶比跟踪分析方法,其特征在于,所述分析方法包括采用固定采样频率同步采集旋转机械振动信号和旋转一周出现一次的键相脉冲信号,选取一个振动阶比数 M ,利用插值滤波器对键相脉冲进行 $2 \times M$ 倍插值,得到等角度振动采样信号,经过对等角度振动采样信号进行处理,最终得到振动各阶谐波波形;其具体步骤是:

1) 由大于最大转速频率 \times 阶比数 M 的固定采样频率连续同步采集旋转机械振动信号和转速键相脉冲信号;

2) 根据一个阈值识别键相脉冲信号上升沿和下降沿的到达时间,通过到达时间计算每两个脉冲间的时间差,从而确定旋转机械每转动一周的转速和一周瞬时频率;

3) 采用级联积分梳状滤波器(CIC,Cascaded Integrator Comb filter)对键相脉冲进行 $2 \times M$ 倍插值,得到与振动均角信号对应的时间序列;

4) 由旋转机械瞬时频率和所述时间序列,对振动信号进行抗混叠数字滤波,由插值重采样算法得到对应时间序列的振动等角度采样信号;

5) 对等角度采样信号进行快速傅里叶变换得到连续的旋转机械振动阶比谱,对等角度采样信号进行恒带宽滤波或者 Gabor 变换,得到连续的各阶谐波波形;

所述阶比数 M 是 2 的 X 次方, X 是 4 或 4 以上的正整数。

2. 根据权利要求 1 所述的一种实现旋转机械振动信号同步阶比跟踪分析方法,其特征在于,所述的插值重采样算法是 sinc 插值算法。

3. 根据权利要求 1 所述的一种实现旋转机械振动信号同步阶比跟踪分析方法,其特征在于,所述数字滤波采用 Kaiser 窗 FIR 滤波器。

一种实现旋转机械振动信号同步阶比跟踪分析方法

技术领域

[0001] 本发明涉及机械振动分析测量领域,特别涉及一种实现旋转机械振动信号同步阶比跟踪分析方法。

背景技术

[0002] 传统的旋转机械振动阶比跟踪方法采用硬件方式来实现,需要有锁相环、倍频分频电路,并且还需要有截止频率实时可调的抗混叠跟踪滤波器等,电路复杂,成本高,特别是在等角度重新采样进行了重点研究。硬件实现方式主要问题在于:1) 采样频率需要由旋转机械上一次的转速进行预估计,估计存在误差,因此不能实现精确的整周期同步采样,从而导致 FFT 结果存在频谱泄露;2) 硬件方式所需的截止频率可调的抗混叠滤波器结构复杂,由于采样频率需要不断调整,采集得到的波形数据存在间隔,不连续的。公告号为 CN102175439 的中国专利,公开了一种“针对旋转机械的阶次分析实现方法”其对等角度重新采样是“根据更新频率的低速脉冲以及当前高速轴上的转速脉冲分别对采集卡输出信号进行等角度重采样”。此种方法在转动机械转速不变或变化小时相当有效,但当转速随时变化大时,此时的更新频率是由第一次采样时的频率计算得来;因此,当用此更新频率与当前高速轴上的转速脉冲进行等角度重采样,将带来更新频率与当前高速轴上的转速脉冲不同步,采样数据不准确。所以,传统的阶比跟踪方法用在变转速机械,特别是升、降速率较高时,由于瞬时频率无法跟踪只能采用预设,又由于等角度重采样是通过硬件的再次采样,因此,阶比跟踪会出现大的误差。

发明内容

[0003] 为解决现有技术的问题,本发明提出一种实现旋转机械振动信号同步阶比跟踪分析方法,通过由固定的采样频率实现精确的等角度采样,不存在频率混乱现象,也就是转轴每转动一次,采样点对应于转轴上的角度差是一致的,在转轴上位置是固定的,从而实现准确的整周期同步采样。

[0004] 本发明的目的是这样实现的:一种实现旋转机械振动信号同步阶比跟踪分析方法,其中,所述分析方法包括采用固定采样频率同步采集旋转机械振动信号和旋转一周出现一次的键相脉冲信号,选取一个振动阶比数 M ,利用插值滤波器对键相脉冲进行 $2 \times M$ 倍插值,得到等角度振动采样信号,经过对等角度振动采样信号进行处理,最终得到振动各阶谐波波形;其具体步骤是:

[0005] 1) 由大于最大转速频率 \times 阶比数 M 的固定采样频率连续同步采集旋转机械振动信号和转速键相脉冲信号;

[0006] 2) 根据一个阈值识别键相脉冲信号上升沿和下降沿的到达时间,通过到达时间计算每两个脉冲间的时间差,从而确定旋转机械每转动一周的转速和一周瞬时频率;

[0007] 3) 采用插值滤波器对键相脉冲进行 $2 \times M$ 倍插值,得到与振动均角信号对应的时间序列;

[0008] 4) 由旋转机械瞬时频率和所述时间序列,对振动信号进行抗混叠数字滤波,由插值重采样算法得到对应时间序列的振动等角度采样信号;

[0009] 5) 对等角度采样信号进行快速傅里叶变换得到连续的旋转机械振动阶比谱,对等角度采样信号进行恒带宽滤波或者 Gabor 变换,得到连续的各阶谐波波形。

[0010] 进一步,所述的插值重采样算法是线性插值、样条插值、拉格朗日插值或者 sinc 插值算法中的一种。

[0011] 进一步,所述阶比数 M 是 2 的 X 次方, X 是 4 或 4 以上的正整数。

[0012] 进一步,所述数字滤波采用 Kaiser 窗 FIR 滤波器。

[0013] 进一步,所述插值滤波器是级联积分梳状滤波器。

[0014] 本发明对现有技术的贡献是:

[0015] 1. 实现精确的等角度采样,不存在频率混乱现象,也就是转轴每转动一次,采样点对应于转轴上的角度差是一致的,在转轴上位置是固定的,从而实现准确的整周期同步采样。

[0016] 2. 本方法克服了硬件方式时,采样频率需要由旋转机械上一次的转速进行预估计,估计存在误差,因此不能实现精确的整周期同步采样,从而导致 FFT 结果存在频谱泄露;硬件方式所需的截止频率可调的抗混叠滤波器结构复杂,由于采样频率需要不断调整,采集得到的波形数据存在间隔,不连续的优点,本发明能够实现波形的连续不间断采集。

[0017] 下面结合实施例和附图对本发明做一详细描述。

附图说明

[0018] 图 1 是本发明方法的实现流程图;

[0019] 图 2 是本发明方法的基频为线性变化的模拟振动信号示意图;

[0020] 图 3 是模拟的键相脉冲信号示意图;

[0021] 图 4 是模拟振动信号的频谱示意图;

[0022] 图 5 是采用本发明方法计算得到的键相脉冲时间示意图;

[0023] 图 6 是采用本发明方法计算得到的转速曲线示意图;

[0024] 图 7 是采用本发明方法计算得到的振动均角信号示意图;

[0025] 图 8 是采用本发明方法计算得到的阶比谱示意图。

具体实施方式

[0026] 一种实现旋转机械振动信号同步阶比跟踪分析方法实施例,参见图 1 至图 8,所述方法包括采用固定采样频率同步采集旋转机械振动信号和旋转一周出现一次的键相脉冲信号,选取一个振动阶比数 M ,利用插值滤波器对键相脉冲进行 $2 \times M$ 倍插值,得到等角度信号样本的时间序列,然后对振动信号进行低通滤波和插值重采样,得到等角度振动采样信号,经过对等角度振动采样信号进行处理,最终得到振动阶比谱与各阶谐波波形;其具体步骤是:

[0027] 1) 由大于最大转速频率 \times 阶比数 M 的固定采样频率连续同步采集旋转机械振动信号和转速键相脉冲信号。

[0028] 2) 根据一个阈值识别键相脉冲信号上升沿和下降沿的到达时间,通过到达时间计

算每两个脉冲间的时间差,从而确定旋转机械每转动一周的转速和一周瞬时频率;

[0029] 3)采用级联积分梳状滤波器(CIC,Cascaded Integrator Comb filter)作为插值滤波器,对键相脉冲进行 N ($N=2\times M$)倍插值(即对两个键相脉冲之间的固定采样频率进行 $2\times M$ 倍插值滤波),得到与振动均角信号对应的时间序列;

[0030] 4)由旋转机械瞬时频率和所述时间序列,对振动信号进行抗混叠数字滤波,由插值(重采样算法)得到对应时间序列的振动等角度采样信号;

[0031] 5)对等角度采样信号进行快速傅里叶变换(FFT)得到连续的旋转机械振动阶比谱,对等角度采样信号进行恒带宽滤波或者 Gabor 变换,得到连续的各阶谐波波形。

[0032] 本实施例实时跟踪的实现:每采集 0.25 秒就进行一次信号分析,信号重采样频率是根据实际转动频率(因为信号已经完成采集,根据信号进行精确计算的)进行调整的,而非硬件方式下,由上一次转动频率值,对下一次转动频率进行预测,再对采样频率进行调整。

[0033] 实施例中,所述的插值重采样算法是线性插值、样条插值、拉格朗日插值或者 sinc 插值算法中的一种。最佳方案是采用线性插值,速度快,但精度略差一点。

[0034] 实施例中,所述阶比数 M 是2的 X 次方, X 是4或4以上的正整数。最佳 X 是6,速度快,精度已基本满足要求。

[0035] 实施例中,所述数字滤波采用 Kaiser 窗 FIR 滤波器。

[0036] 本实施例中:

[0037] 1)如附图1所示,按照某一固定的采样频率;如图3所示,同步采集旋转机械的一路转速键相脉冲信号;和如图2所示, N 路振动信号;

[0038] 2)对键相脉冲信号,根据上升(或下降)沿电压值大小人为指定阈值(threshold),或按照某一算法,由统计学规律,自动计算阈值大小。根据这一阈值,由检波算法,如图5所示,准确识别和记录键相脉冲信号上升沿(或下降沿)的到达时间 t_0 、 t_1 、 $t_2\cdots t_N$;

[0039] 3)如图6所示,由两个脉冲间的时间差, $dt_0=t_1-t_0$, $dt_1=t_2-t_1$, ..., $dt_{N-1}=t_N-t_{N-1}$,计算转速 rpm 和瞬时频率 f ;

[0040] 4)根据分析需要设定阶比数 M (可以取16、32、64、128、256等),采用CIC插值滤波器,对键相脉冲进行 N 倍插值($N=2\times M$),得到角域等角度振动信号每一样本对应的时间序列;

[0041] 5)由转子瞬时频率和重采样时间序列,对振动信号进行数字滤波,由插值重采样算法,如图7所示,得到等角度采样信号,其中,插值重采样算法可以采用线性插值、样条插值、拉格朗日插值或者 sinc 插值算法;

[0042] 6)对等角度采样信号进行快速傅里叶变换(FFT),得到图8所示的旋转机械振动阶比谱,对等角度采样信号进行恒带宽滤波或者 Gabor 变换,可以得到各阶谐波波形。

[0043] 采用本实施例方法,使用美国NI公司的24位数据采集卡-USB4432,无需添加任何其他硬件(如锁相环、倍频电路等),由1个光电传感器和4个振动传感器分别采集1路转速键相信号和4路振动信号,即构成了一个高精度振动信号采集分析系统,实现变转速振动信号阶比跟踪采集和阶比分析功能。

[0044] 本实施例方法目的是实现精确的等角度采样,也就是转轴每转动一次,采样点对应于转轴上的角度差是一致的,在转轴上位置是固定的,从而实现准确的整周期同步采样。

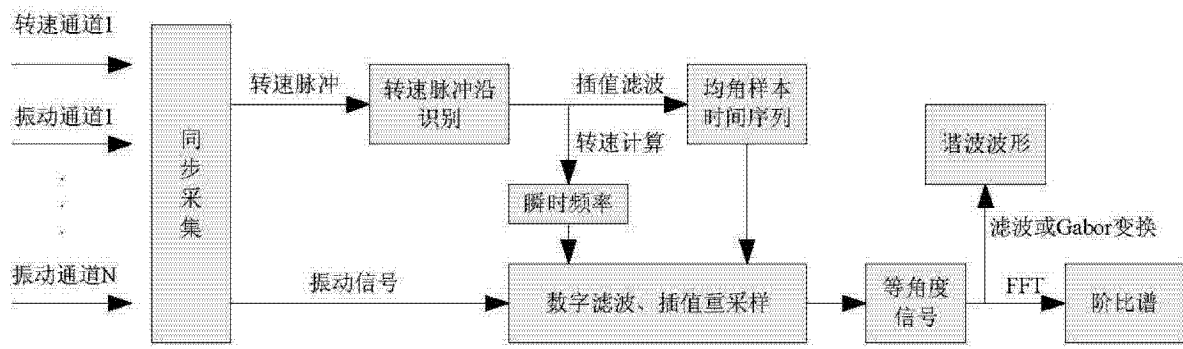


图 1

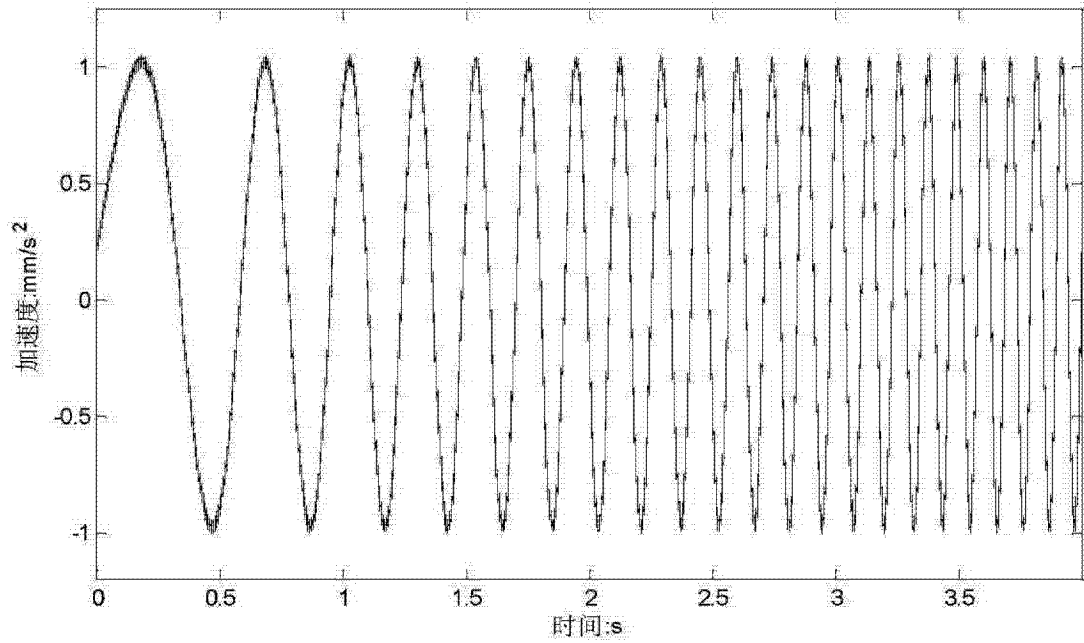


图 2

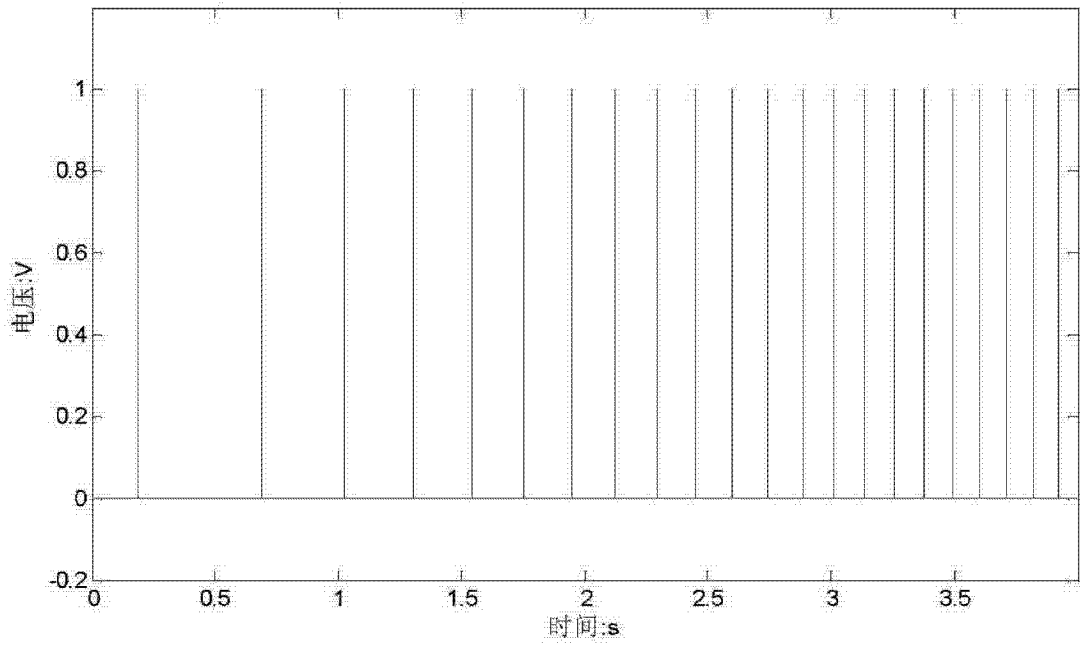


图 3

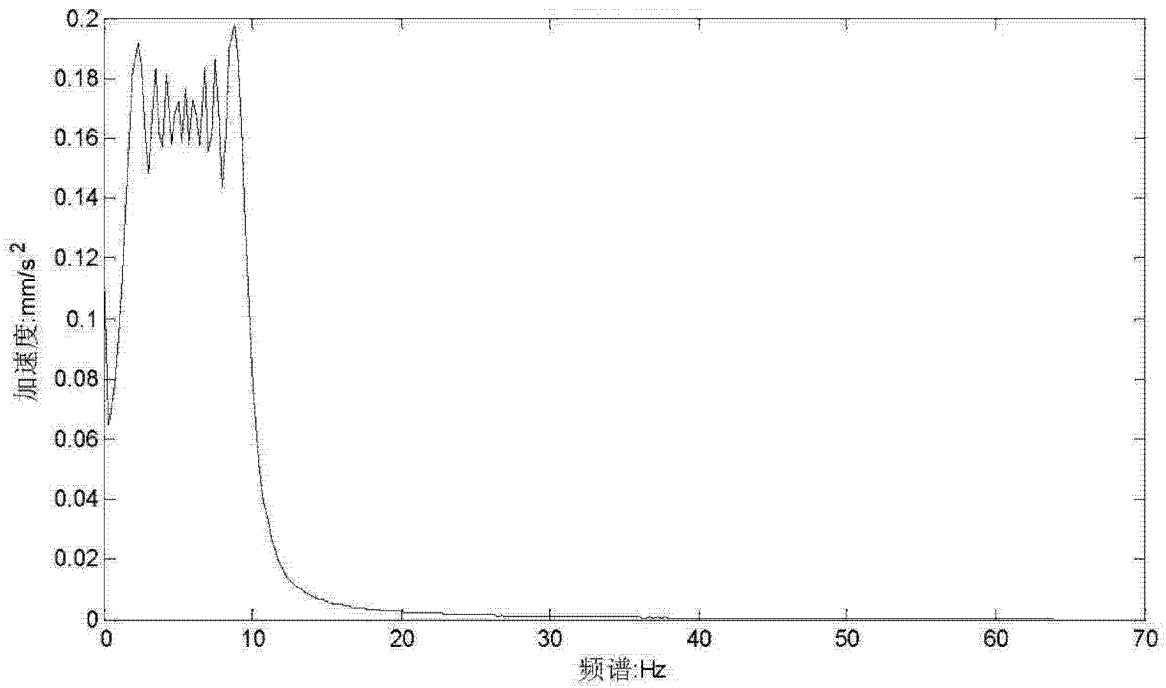


图 4

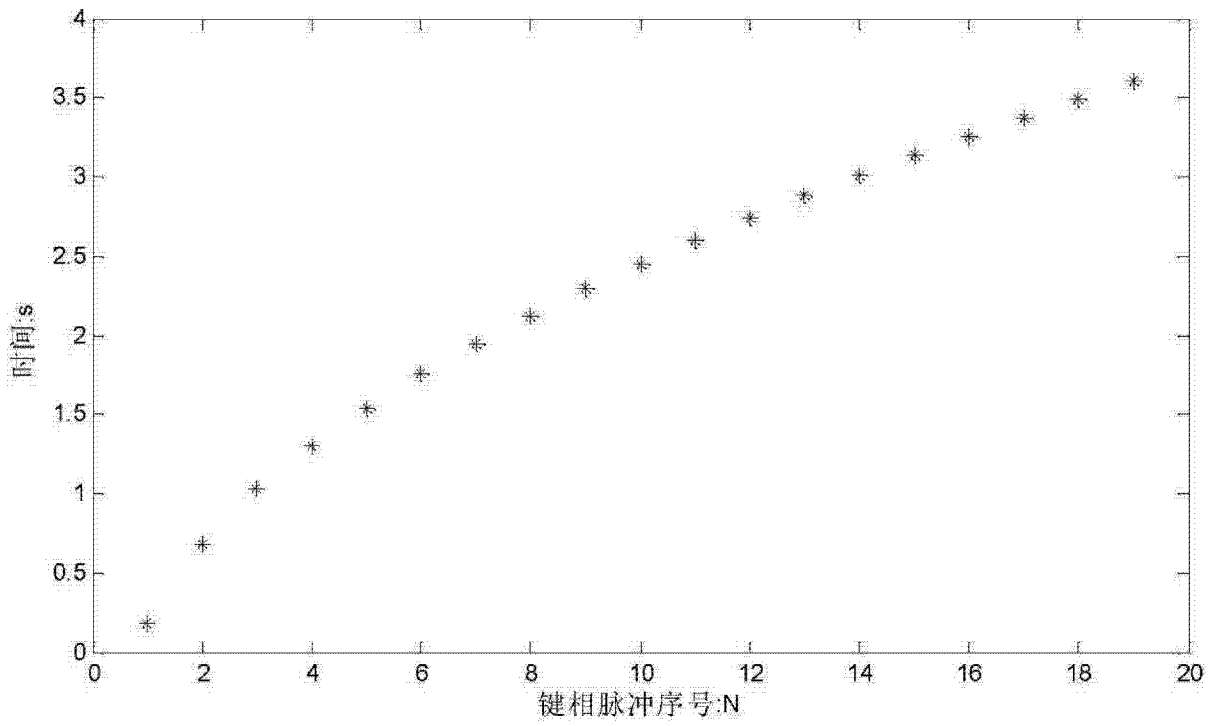


图 5

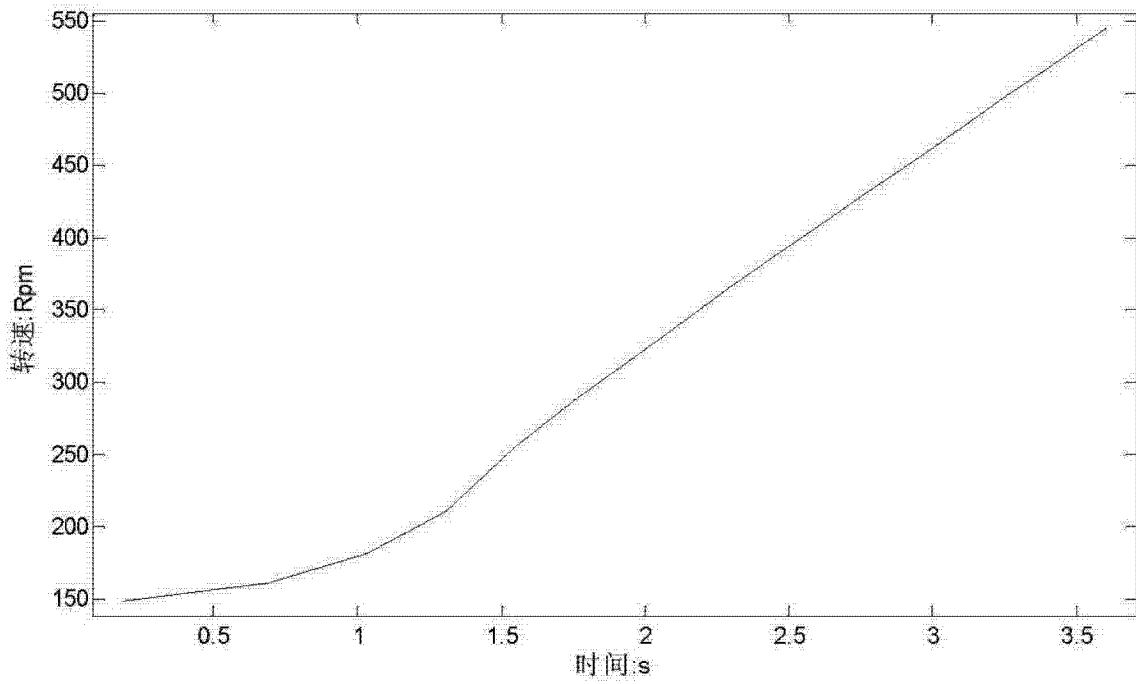


图 6

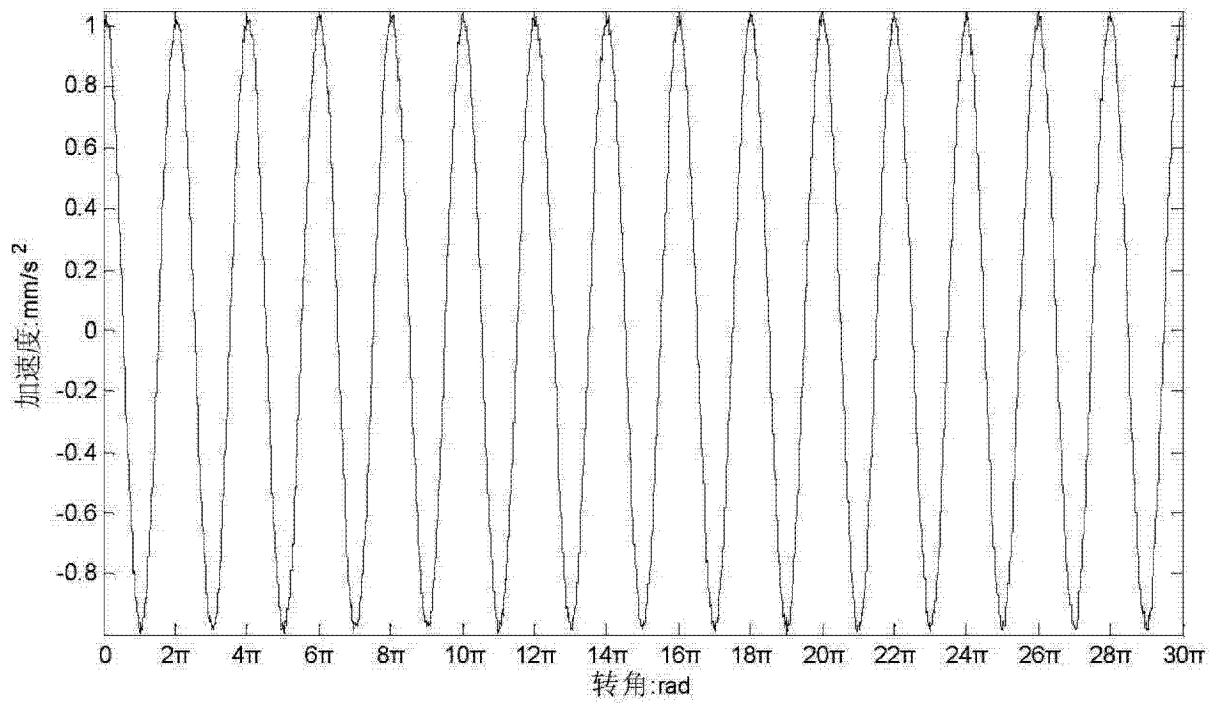


图 7

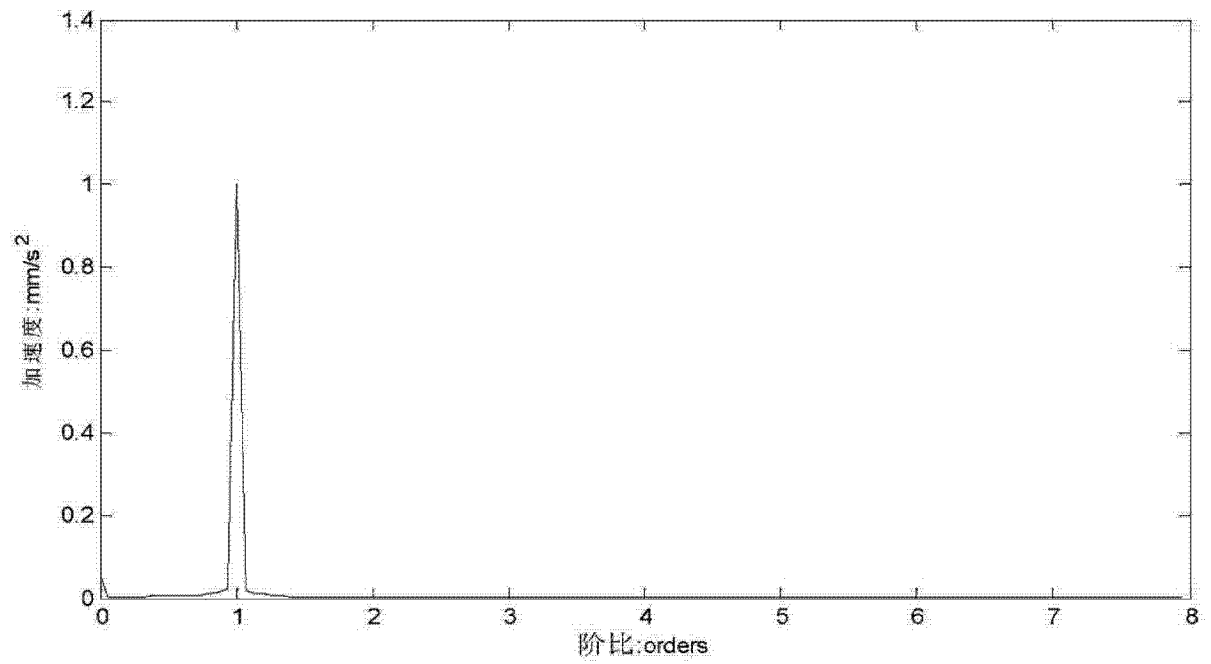


图 8