



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103488204 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 21

(21) 申请号 201310354639. 5

(22) 申请日 2013. 08. 14

(73) 专利权人 西北工业大学

地址 710072 陕西省西安市友谊西路 127 号

(72) 发明人 杨智春 丁允停

(74) 专利代理机构 西北工业大学专利中心

61204

代理人 陈星

(51) Int. Cl.

G05D 19/02(2006. 01)

G01M 7/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101299004 A, 2008. 11. 05, 全文.

CN 1241721 A, 2010. 01. 19, 全文.

CN 1292511 A, 2001. 04. 25, 全文.

US 005862894 A, 1999. 01. 26, 全文.

A. M. Karshenas. Adaptive inverse control algorithm for shock testing. 《Control Theory APPL. 》. 2000, 第 147 卷 (第 3 期), 267-276.

Samir Mittal. Hysteresis Compensation in Electromagnetic Actuators Through Preisach Model Inversion. 《IEEE/ASME TRANSACTIONS ON MECHATRONICS 》. 2000, 第 5 卷 (第 4 期), 394-408.

审查员 郜琳琳

权利要求书1页 说明书4页 附图8页

(54) 发明名称

一种基于系统辨识的电磁激振系统的逆控制方法

(57) 摘要

本发明提出了一种基于系统辨识的电磁激振系统的逆控制方法, 首先利用系统辨识方法获得整个激振系统的动力学逆模型, 然后在此基础上利用逆控制法进行控制器的设计, 对电磁激振器输出的激振力进行精确控制, 使得电磁激振器对输入信号在工作频带内只起增益放大作用且没有相位移动。



1. 一种基于系统辨识的电磁激振系统的逆控制方法,其特征在于:采用以下步骤:

步骤1:选择信号源,所选择的信号源为包含电磁激振系统中待激励结构前若干阶固定频率的正弦扫频信号;

步骤2:采用步骤1中选择的信号源对电磁激振系统中的“激振器-待激励结构”进行激励,得到激振器的输出力信号;

步骤3:以步骤2中的激振器输出力信号为输入信号,以步骤2中信号源输出的正弦扫频信号为输出信号,并选择需要控制的信号频率范围所对应的时域信号数据段,利用子空间辨识法进行模型辨识,获得“激振器-待激励结构”的逆模型;

步骤4:将信号源产生的目标信号输入步骤3建立的“激振器-待激励结构”的逆模型,得到控制电压信号,再用控制电压信号激励“激振器-待激励结构”,实现激励力在需要的频率范围内有效跟踪目标信号。

一种基于系统辨识的电磁激振系统的逆控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及动态加载技术领域,用于电磁激振系统,具体为一种基于系统辨识的电磁激振系统的逆控制方法。

背景技术

[0002] 在结构振动试验中,需要用电磁激振器给结构施加一个所需的激振力,从激振器输出的激振力实际上是经过整个激振系统动态特性“调制”后的,已经发生了一定程度的失真,使得实际施加在被激励对象上的激励力与期望的激励力在幅值和相位上都产生了改变。如果输入的信号源具有一个较宽的频率范围,则这种偏离现象会更加突出,激振力的失真更加严重。为了解决这个问题,国内外现有的技术主要集中在电磁激振器交变电磁力的控制,主要采用电压波驱动以及自适应逆控制等方法。但自适应逆控制方法需要进行自适应建模、逆建模和自适应逆控制等过程,整个阶段需要进行两次对象建模多次试验才能达到对激振器的精确控制,每次建模过程中都会存在误差且算法运算量大。

发明内容

[0003] 要解决的技术问题

[0004] 为了解决现有技术存在的问题,在保证控制精度的前提下,以信号源产生的输入信号为目标激振力信号,实现电磁激振器实际输出的激振力能够精确的跟踪其目标信号,本发明提出了一种基于系统辨识的电磁激振系统的逆控制方法,首先利用系统辨识方法获得整个激振系统的动力学逆模型,然后在此基础上利用逆控制法进行控制器的设计,对电磁激振器输出的激振力进行精确控制,使得电磁激振器对输入信号在工作频带内只起增益放大作用且没有相位移动。

[0005] 技术方案

[0006] 本发明的技术方案为:

[0007] 所述一种基于系统辨识的电磁激振系统的逆控制方法,其特征在于:采用以下步骤:

[0008] 步骤1:选择信号源,所选择的的信号源为包含电磁激振系统中待激励结构前若干阶固定频率的正弦扫频信号;

[0009] 步骤2:采用步骤1中选择的信号源对电磁激振系统中的“激振器-待激励结构”进行激励,得到激振器的输出力信号;

[0010] 步骤3:以步骤2中的激振器输出力信号为输入信号,以步骤2中信号源输出的正弦扫频信号为输出信号,并选择需要控制的信号频率范围所对应的时域信号数据段,利用子空间辨识法进行模型辨识,获得“激振器-待激励结构”的逆模型;

[0011] 步骤4:将信号源产生的目标信号输入步骤3建立的“激振器-待激励结构”的逆模型,得到控制电压信号,再用控制电压信号激励“激振器-待激励结构”,实现激励力在需要的频率范围内有效跟踪目标信号。

[0012] 有益效果

[0013] 本发明提出的基于系统辨识的激振力逆控制方法应用于对电磁激振力的精确控制,特别是应用于对激振力精度要求较高的振动试验系统或振动控制系统,在关心的频率范围内,通过逆模型对激振系统进行逆控制,控制后的电磁激振器输出的力信号能够准确的跟踪其目标激振力信号,在幅值和相位上都能够很好的吻合,从而实现对电磁激振器激振力的精确控制。

附图说明

[0014] 图 1 :试验原理框图 ;

[0015] 图 2 :逆控制原理图 ;

[0016] 图 3 :控制前后输出信号与输入信号对比图 ;

[0017] 图 4 :图 3 中信号局部放大图 1 ;

[0018] 图 5 :图 3 中信号局部放大图 2 ;

[0019] 图 6 :图 3 中信号局部放大图 3 ;

[0020] 图 7 :频域内控制效果图 ;

[0021] 图 8 :图 7 中信号局部放大图 1 ;

[0022] 图 9 :图 7 中信号局部放大图 2 ;

具体实施方式

[0023] 下面结合具体实施例描述本发明 :

[0024] 参照附图 1,本实施例中的电磁激振系统由激振系统、控制系统和信号采集系统组成。激振系统包括电磁激振器、功率放大器和传感器等,控制系统采用 dSPACE 实时仿真系统,信号采集系统采用 LMS 数据采集系统。具体激振对象为一边固定的铝板,尺寸为 510mm×400mm×5mm。

[0025] 为了保证控制精度的前提下,以信号源产生的输入信号为目标激振力信号,实现电磁激振器实际输出的激振力能够精确的跟踪其目标信号,下面实施例在系统辨识的基础上,通过建立逆模型对电磁激振器进行激振力准确控制,具体的步骤如下 :

[0026] 步骤 1 :选择信号源 :试验中选择合适的信号源用于振动环境试验,信号源产生的输入信号一方面用于激励激振器,另一方面用于模型辨识,由于实验过程中难免会存在一些噪声的干扰,为了尽量消除由于噪声所引起的相对误差,试验中并没有选择白噪声信号作为信号源,另外,考虑到信号源应具有一定的频率带宽,所以,试验中信号源选择为包含电磁激振系统中待激励结构前若干阶固定频率的正弦扫频信号。

[0027] 本实施例中信号源产生的输入信号为 0 ~ 100Hz 的正弦扫频信号,信号的幅值为 1V,采样时间间隔为 $T_s=0.00125s$,采样时间为 100s。

[0028] 步骤 2 :响应测试 :采用步骤 1 中选择的信号源对电磁激振系统中的“激振器 - 待激励结构”进行激励,得到激振器的输出力信号,为下一步即将进行的逆模型的辨识做数据储备。

[0029] 步骤 3 :系统辨识建立逆模型 :以步骤 2 测试得到的输入输出数据,以激振器输出力信号为输入信号,以步骤 2 中信号源输出的正弦扫频信号为输出信号,将电磁激振器视

作“黑箱”，并选择需要控制的信号频率范围所对应的时域信号数据段，利用子空间辨识法进行模型辨识，获得“激振器-待激励结构”的逆模型。

[0030] 本实施例据试验得到的输入输出信号数据，选取 22.3Hz ~ 42.3Hz 频段内对应的时域信号数据，利用系统辨识理论，根据辨识精度和稳定性等因素，对该频段数据进行辨识，最终确定模型阶次为 30 阶状态空间模型，辨识得到“激振器-待激励结构”的逆模型。

[0031] 步骤 4：将信号源产生的目标信号输入步骤 3 建立的“激振器-待激励结构”的逆模型，得到控制电压信号，再用控制电压信号激励“激振器-待激励结构”，实现激励力在需要的频率范围内有效跟踪目标信号。

[0032] 逆控制的基本思想就是用一个控制器的输出信号去驱动被激励对象，而控制器的传递函数就是该对象本身的逆，即控制器与对象传递函数的级联应是一个增益为 1 的组合传递函数。所以，参照附图 2 将信号源产生的目标信号首先输入给步骤 3 获得的逆模型，经过逆模型后的信号变为控制电压信号，利用该控制电压信号激励“激振器-待激励结构”系统，即可保证激励力在设定的频率范围内有效跟踪目标信号。

[0033] 本实施例中，对试验获得的 22.3Hz ~ 42.3Hz 内的输入输出信号进行分析，分析利用本发明进行的逆建模方法是否有效以及逆控制后的效果如何。

[0034] 时域内控制前后输出信号与输入信号对比图如图 3 所示，为了便于观察，对图 3 中的信号在 1(22.3Hz-22.36Hz)、2(37Hz-37.05Hz)和 3(41.96Hz-42Hz) 频段内进行局部放大，如图 4 ~ 图 6 所示；而频域内控制效果图如图 7 所示，图 8 和图 9 分别为图 7 中 1、2 处的局部放大图。

[0035] 分别从时域和频域对控制效果进行分析：在时域内，由图 3、图 4、图 5 和图 6 可以看出，经本发明的方法进行控制后，输出信号对输入信号的跟踪精度较控制前明显得到提高。在频域内，由图 7、图 8 和图 9 可以看出，在 3.5Hz ~ 13.5Hz 内，输出信号与输入信号幅值之比基本上保持为 1，相位差基本保持在 0° 附近，实现了对电磁激振器激振力的精确控制。

[0036] 下面从误差的角度在频域内对控制前后的信号进行误差分析，结果如表 1 所示：

[0037] 表 1：控制前后误差分析对比结果

[0038]

	幅值		相位	
	最大相对误差 (%)	平均相对误差 (%)	最大绝对误差 (1°)	平均绝对误差 (1°)

[0039]

控制前误差	128.85	90.15	179.7495	152.1702
控制后误差	16.81	2.97	4.1770	1.7585

[0040] 由以上实例可以看出,经本发明提出的方法进行控制之后,输出信号对输入信号的跟踪能力得到显著提高,误差明显减小,无论是时域内还是频域内,控制后的输出信号都能够准确的跟踪其目标激振力信号,实现了对电磁激振器激振力的精确控制。

[0041] 该实例充分证明了本发明提出的方法可以在所关心的频段内对电磁激振器的激振力进行精确的控制。

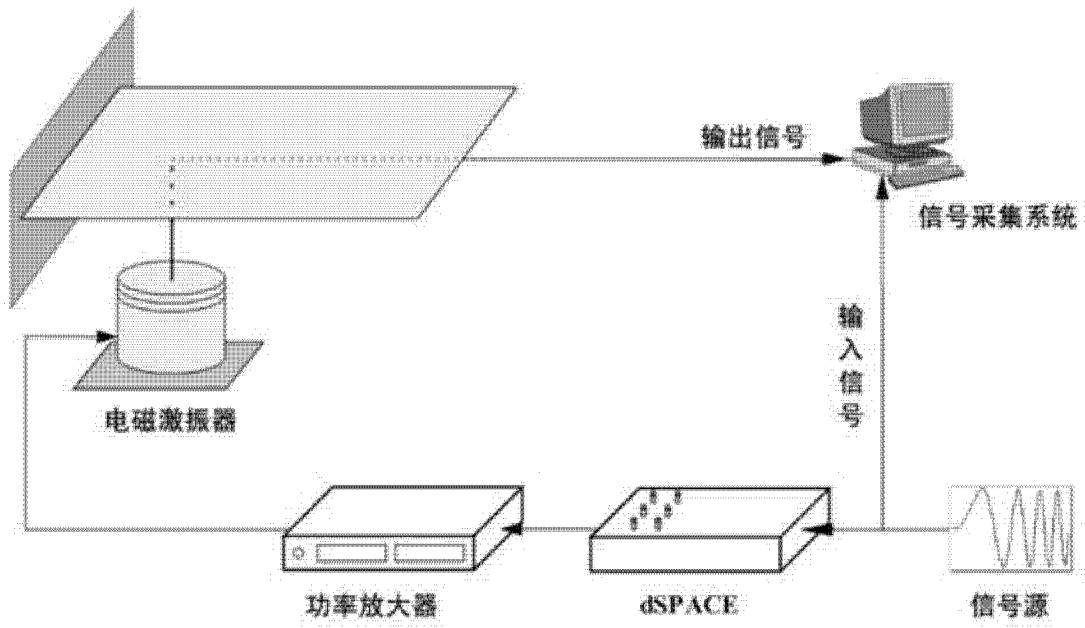


图 1

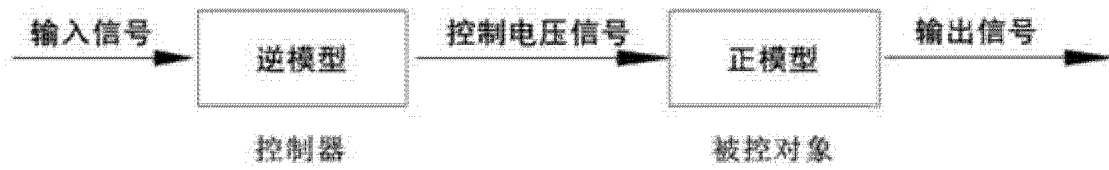


图 2

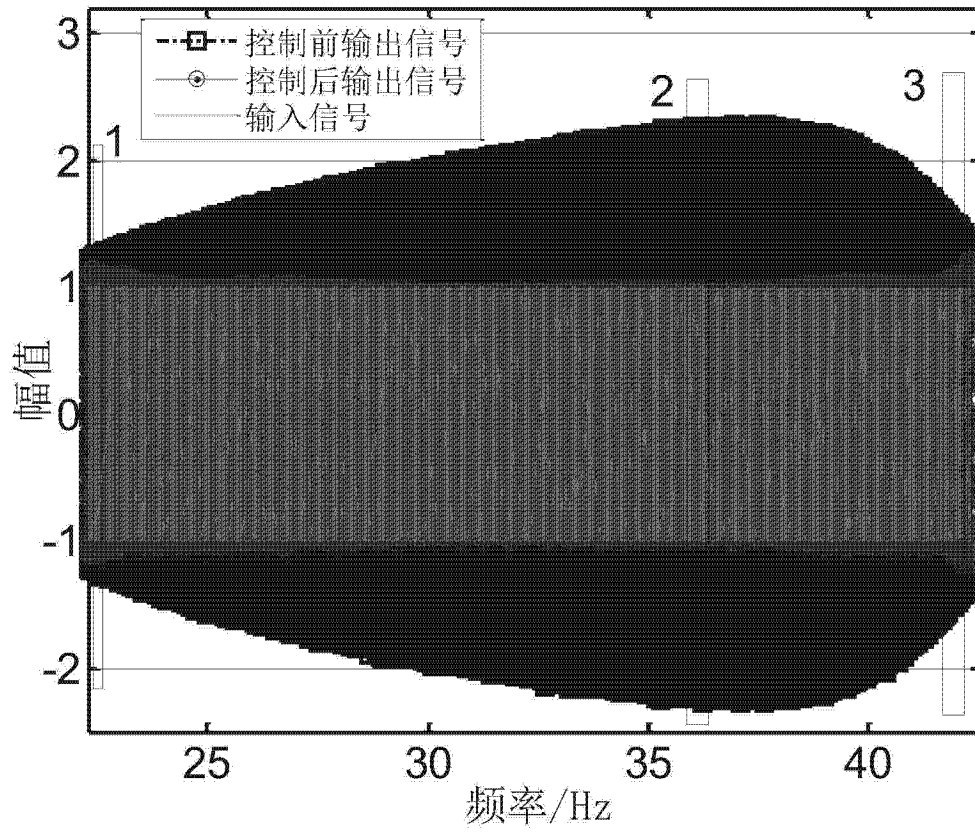


图 3

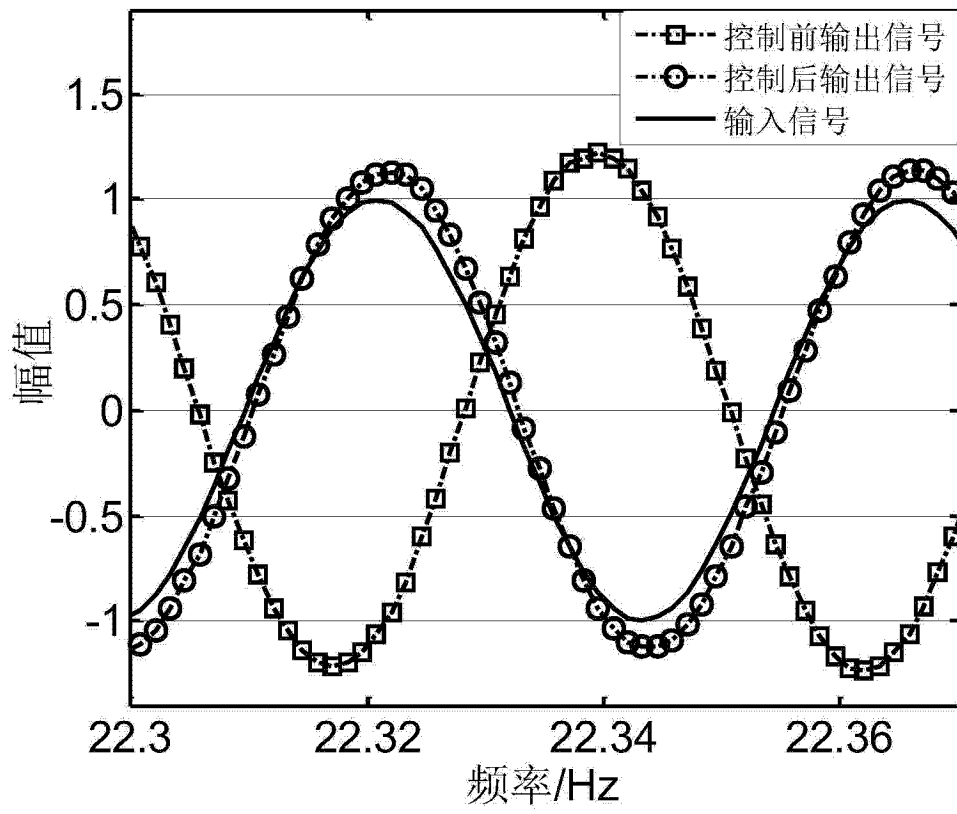


图 4

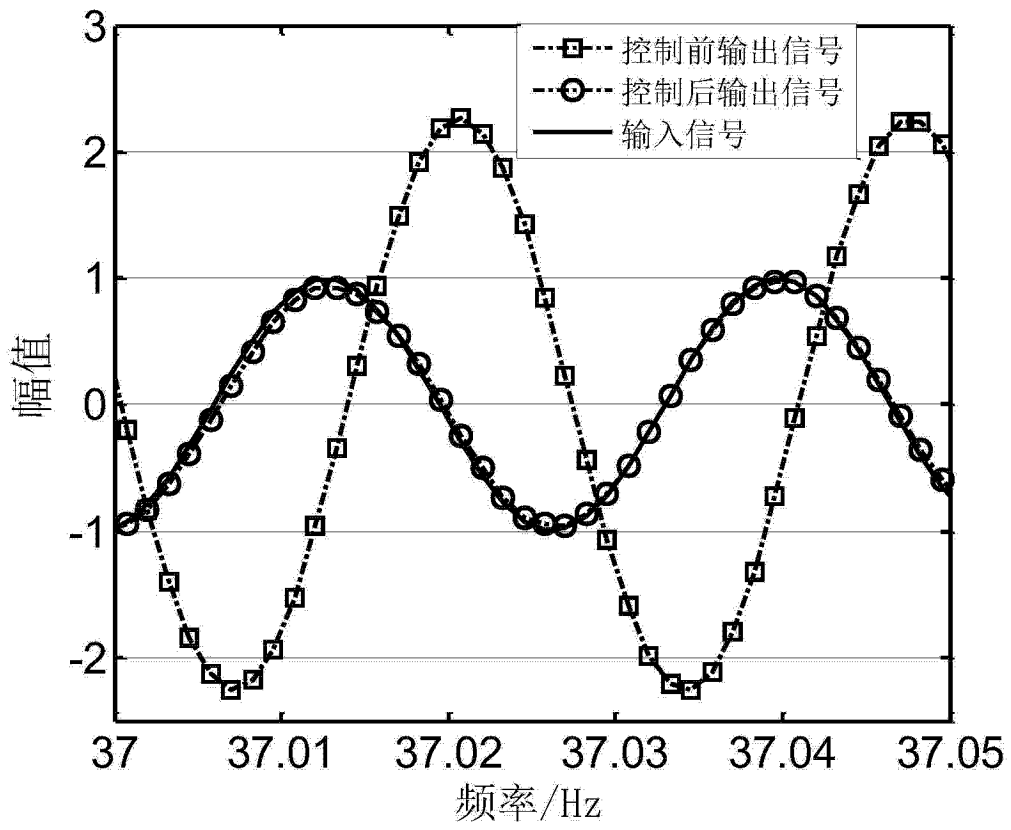


图 5

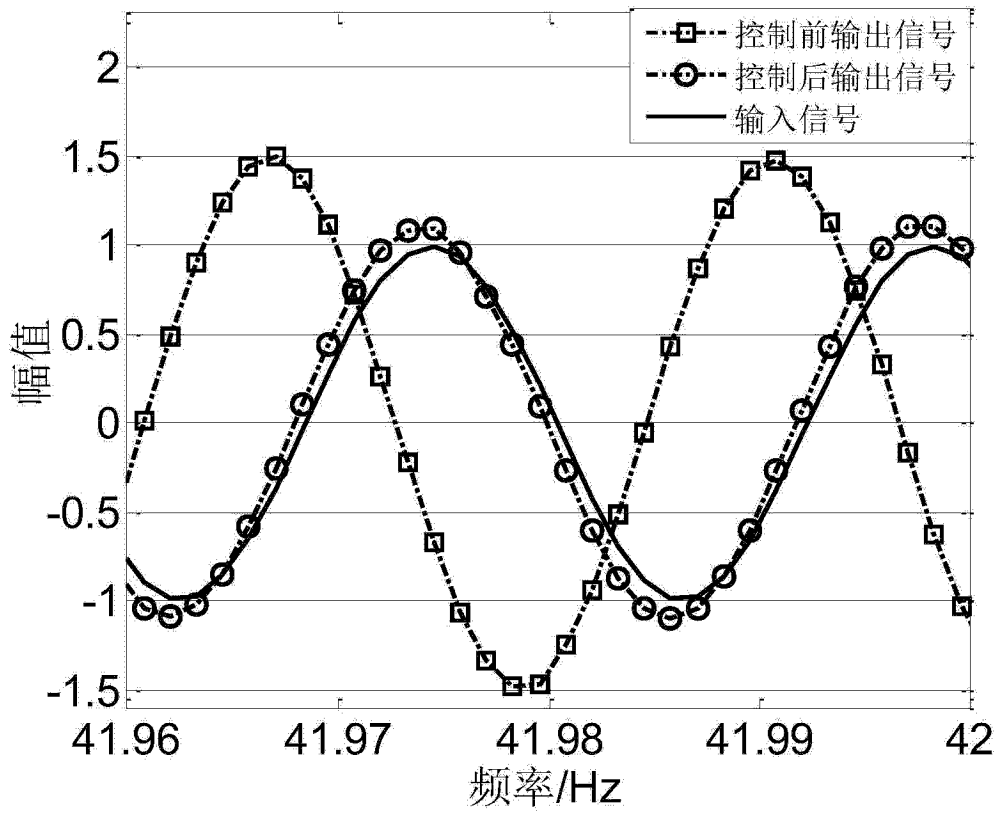


图 6

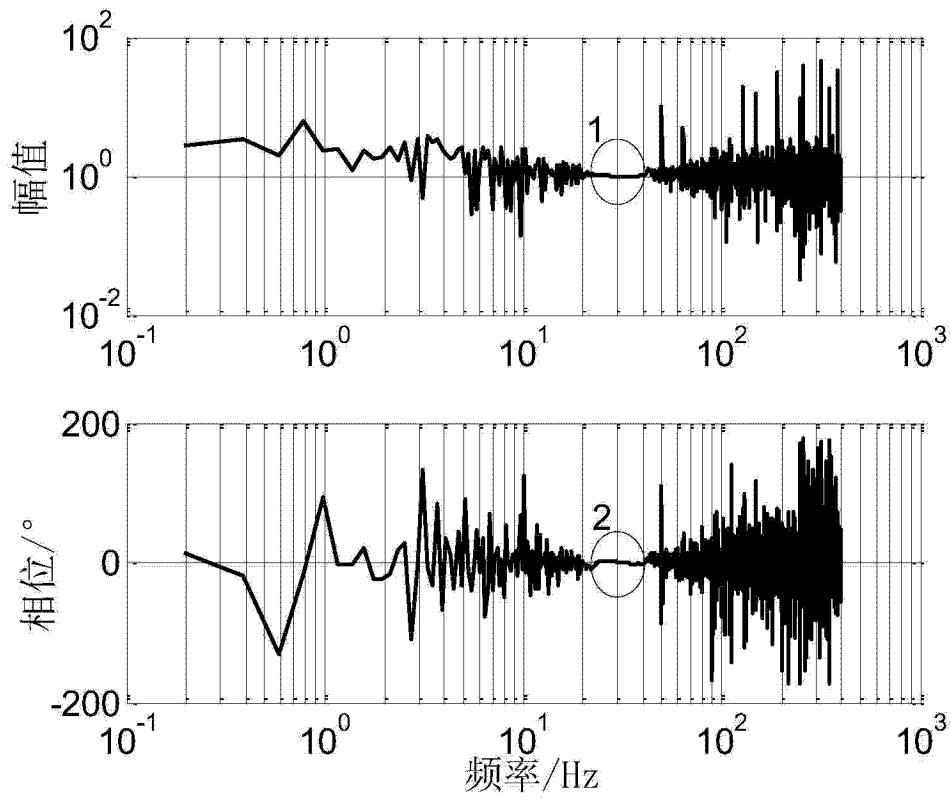


图 7

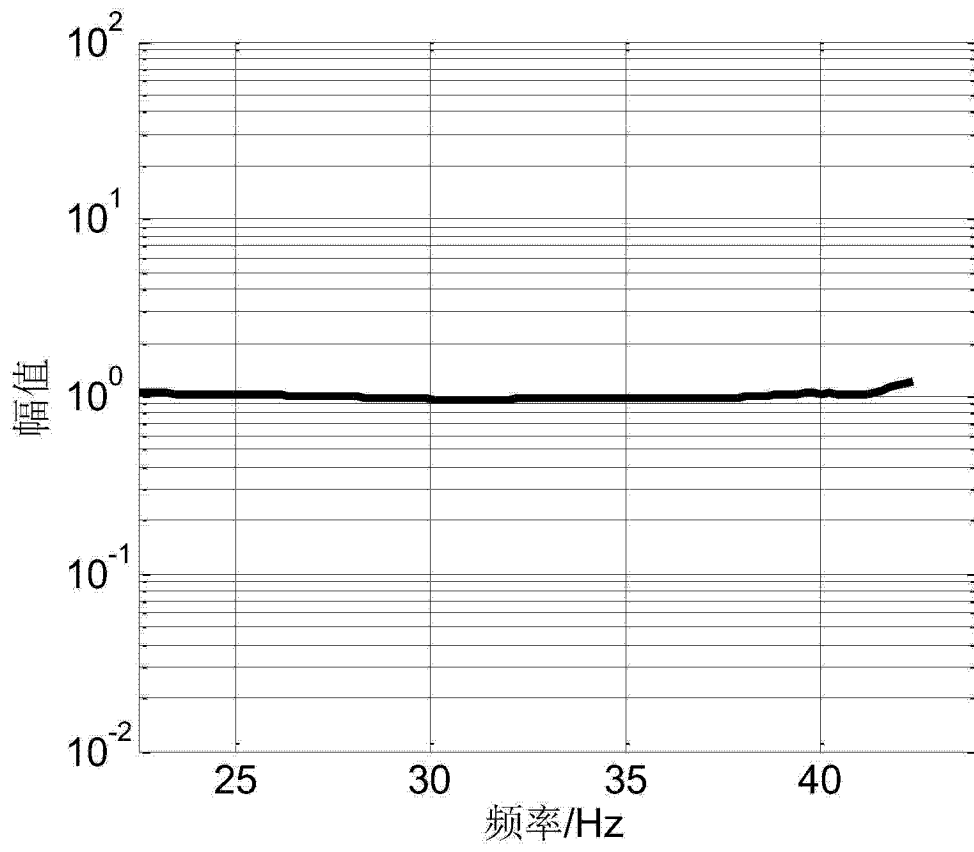


图 8

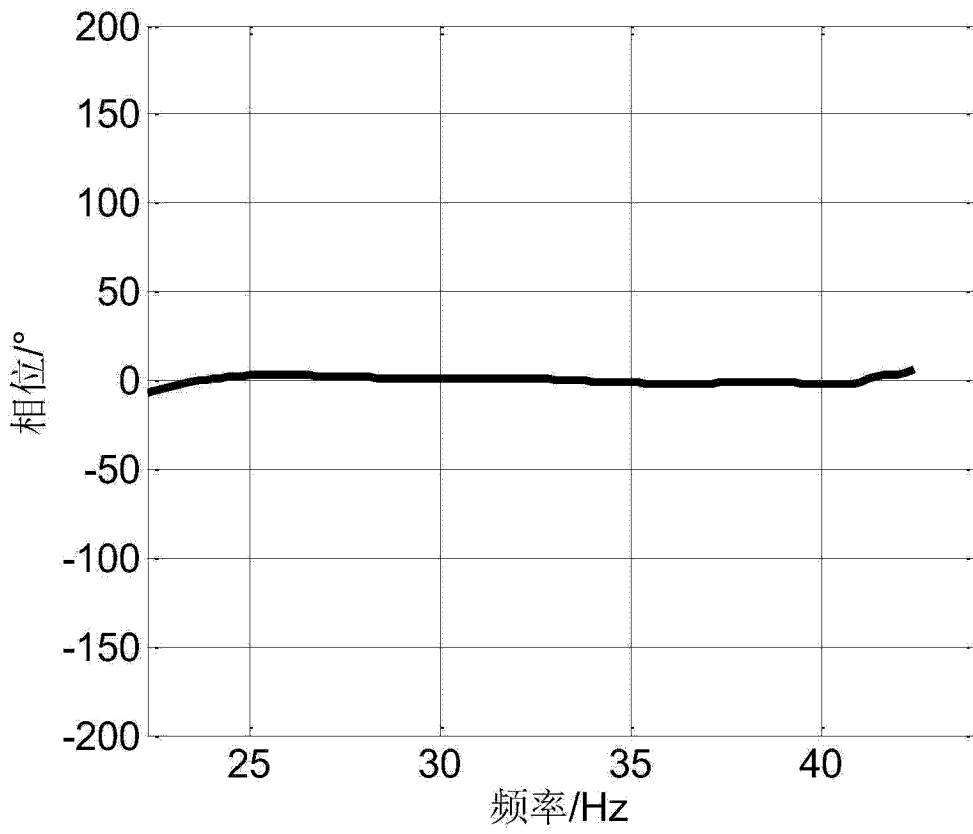


图 9