

文章编号: 1001-4888(2019)05-0783-08

磁流变弹性体隔减振装置控制器的设计与试验^{*}

郭迎庆¹, 李阳^{1,2}, 蔡辉¹, 徐赵东³, 何冬青¹

(1. 南京林业大学 机械电子工程学院, 江苏南京 210037; 2. 中国计量大学 现代科技学院, 浙江杭州 310018;

3. 东南大学 土木工程学院, 江苏南京 211189)

摘要: 磁流变弹性体隔减振装置是一种智能隔振和减振装置, 其参数可随着外界磁场的变化而变化, 因此如何根据被控系统的动态特性准确产生磁流变弹性体装置的控制电流是其有效实现对被控系统隔振和减振的关键因素之一。为此, 本文以 STM32 微处理器为核心处理器, 研制了一种基于被控系统加速度响应的磁流变弹性体隔减振装置核心控制器, 并对该控制器进行了系列静态和动态试验。试验研究结果表明, 本文研制的基于被控系统加速度响应的磁流变弹性体隔减振装置的核心控制器, 能够准确地输出相应的控制电流。

关键词: 磁流变弹性体; 隔减振装置; 核心控制器; 加速度; STM32

中图分类号: TP342; TP273

文献标识码: A

DOI: 10.7520/1001-4888-19-301

0 引言

磁流变弹性体(Magnetorheological Elastomer, MRE)属于一种磁流变智能材料, 它的刚度和阻尼可通过调节外界磁场的大小进行调节和控制^[1,2], 根据此特性可以制作出用于机械机构、平台结构或建筑结构等领域的一种可控 MRE 隔减振装置^[3]。磁流变控制器是将磁流变隔减振技术真正推向实际应用必不可少的部分, 但是其硬件研发方面的文献仍较少。1994 年, 针对 Rheonetic 系列器件美国 Lord 公司根据磁流变液的流变特性研制了磁流变减振装置及其电流型控制器^[4]。2000 年, 摩托罗拉公司采用 MC68HC908GP32 处理器设计了磁流变减振装置的电流控制系统^[5]。美国 TEXAS 公司^[6]开发出以 16 位处理芯片为核心控制器的一款电流控制器, 该控制器能对电流进行精确控制, 但其研发比较复杂, 需要配合计算机工作, 不适合在工业现场对控制器输出电流进行调试。在国内, 许多大学都开始对磁流变减振系统的控制进行了探究。王莲花等^[7]通过外加磁场对磁流变弹性体吸振器进行控制, 并采用遗传算法对其控制优化, 经优化控制的吸振器减振效果达到 26dB。康存军等^[8]采用变步长寻优与反馈控制相结合的控制算法, 设计了以 TMS320F2812DSP 为核心的 MRE 主动式自调谐吸振器的控制器, 试验表明该控制器寻优时间小于 15s, 并且减振效果良好。刘涛等^[9]以 ATmega16 处理器为核心控制芯片制作了磁流变阻尼器智能控制器, 在该控制器中采用了分段式控制算法实现对被控系统的减震控制。赵晓妍^[10]以 DSP 为核心控制器设计了磁流变阻尼器控制系统, 该系统的阻尼器所输出的阻尼力较小, 控制电流不超过 1.4A。武晓楠等^[11]采用脉宽调制技术, 设计了一款输出电流为 0.15~2.01A 的电流控制器。王娟^[12]研发了一款旋转式磁流变阻尼器, 并对其配套的驱动器进行了研发, 经过大量试验表明, 驱动器输出电流与控制指令存在线性关系, 控制器与驱动器配合使用时, 输出功率最大为 116.66W。

^{*} 收稿日期: 2019-03-05; 修回日期: 2019-04-03

基金项目: 国家自然科学基金(51878355)资助

通讯作者: 郭迎庆(1975—), 女, 博士, 副教授。主要从事智能材料与结构及其振动控制研究。Email: gyingqing@njfu.edu.cn

目前已经研究出来的磁流变控制器,多数设计较为复杂,成本较高,难以大规模推广。针对上述问题,本文设计出一款针对磁流变弹性体的智能电流控制器,具有响应速度快、输出精度高、设计简单、成本较低等优点。本文简述了磁流变弹性体隔减振装置的力学模型,确定出隔减振装置力与控制电流之间的关系,并以 STM32 微处理器为核心处理器,研制了一种基于被控系统加速度响应的磁流变弹性体隔减振装置的核心控制器,并对该控制器进行了系列静态和动态试验。通过对比分析试验结果与理论结果得到:MRE 隔减振装置的核心控制器基于被控制系统的加速度响应,采用脉宽调制技术能够准确地输出相应的控制电流。

1 磁流变弹性体隔减振装置模型

本文被控系统 MRE 隔减振装置采用的是 Zhu 等研制的 MRE 隔减振装置^[13],其数学模型采用 Davis 提出的偶极子模型^[14]:

$$\Delta G_m = 36\phi\mu_f\mu_0\beta^2 H_0^2 \left(\frac{R}{d}\right)^3 \xi \quad (1)$$

式中, ΔG_m 为磁致剪切刚度; ϕ 为铁磁颗粒体积分数; μ_f 为隔减振装置基体材料的相对磁导率; μ_0 为真空状态下的磁导率; H_0 为外加磁场强度; R 为铁磁颗粒平均半径; d 为颗粒间平均间距; $\xi = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^3} \approx 1.202$; $\beta \approx 1$ 。

通过对 MRE 隔减振装置的磁路试验和分析,得到控制电流和磁感应强度之间的关系如表 1 所示^[15]。

表 1 电流和磁感应强度之间的关系

Tab. 1 The relationship between the current and magnetic induction intensity

电流 I/A	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
磁感应强度 H_0/T	0	0.069	0.139	0.208	0.278	0.347	0.416	0.486	0.555	0.625

由式(1)和表 1 可以得到, MRE 隔减振装置力与控制电流的关系为:

$$\Delta G_m = 2.78\phi\mu_f\mu_0\beta^2 I^2 \left(\frac{R}{d}\right)^3 \xi \times 10^{10} \quad (2)$$

式中, I 为控制器输出的控制电流。

2 磁流变弹性体隔减振装置的控制器的设计

根据上文中 MRE 隔减振装置力学模型分析可知,控制电流与 MRE 隔减振装置出力之间存在一定的关系,因此,控制电流是设计 MRE 隔减振装置控制器的关键,由于脉冲宽度调制(Pulse Width Modulation, PWM)技术被广泛应用于电流调节控制,并具有调节精度高、响应速度快等优点,因此本文采用

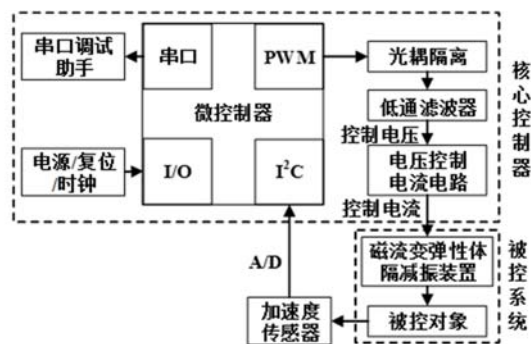


图 1 MRE 隔减振系统结构框图

Fig. 1 The MRE vibration isolation and mitigation system

构如图 1 所示。加速度传感器被用于实时采集被控制系统的振动加速度信号,采集到的加速度信号通过

PWM 技术,通过调整 PWM 波的占空比,从而实时修正 MRE 隔减振装置的控制电流。根据磁流变弹性体的磁致特性,MRE 隔减振装置的控制电流的控制范围通常设定为 $0 \sim 2A$ 。 $2A$ 的电流对于控制器内部的电路无疑是巨大的电流,若将外围电路与控制器直接相连,控制器内部的电路瞬间就会被烧坏。为了让控制器输出高精度的 PWM 波,同时保护控制器内部的电路,本文通过采用光耦隔离器对输出的 PWM 波进行整形并保护控制电路。根据以上分析,本文设计的 MRE 隔减振系统整体结

I²C 总线直接送入微处理器中,并在微处理器中根据事先写入的控制算法进行运算得到相应的 PWM 波;输出的 PWM 波先经过光耦隔离器进行隔离整形,再通过二阶 RC 低通滤波器进行滤波,得到相应的直流电压,最后通过压控电流电路转换处理,输出 MRE 隔减振装置的控制电流,以调整 MRE 隔减振装置的刚度和阻尼,最终实现对被控对象的振动控制。

2.1 控制系统硬件设计

由于 MRE 隔减振装置采用磁流变弹性体作为智能刚度和阻尼元件,其响应时间是毫秒量级的,这对控制器性能提出了很高的要求,因此选用性能强劲的 STM32 系列中的 STM32F407 作为本系统的核心控制处理器。STM32F407 的主频为 168MHz,芯片上集成了浮点运算单元(Float Point Unit,FPU)和数字信号处理(Digital Signal Processing,DSP)指令集。同时由于 STM32F407 浮点运算功能较强,信号处理速度快且功耗低,完全能够满足 MRE 隔减振控制系统对运算速度的要求。此外,它还具有 USB 串口通讯功能、I²C 通讯功能和 PWM 功能,正好符合 MRE 隔减振控制系统的设计要求。本设计为了实时采集被控系统的振动加速度信号,选取 ADXL345 数字式加速度传感器,其内部自带 A/D 转换模块,且可通过 I²C 通讯直接将振动加速度信号传输到 STM32 处理器中。

外界环境因素对 STM32 微处理器引脚输出的高低电平大小有着干扰,而这又直接影响到 STM32 输出的 PWM 波的稳定性和精确度;同时,外围电路中要求输出大电流,若 STM32 微处理器与外围电路直接连接必定会损坏微处理器。为了解决上述问题,本文选用 TLP521 芯片作为光耦隔离器,将由 STM32 输出的 PWM 信号整定为高低电平分别为 5V 和 0V 的 PWM 波,并对微处理器与外部电路进行隔离和保护。

为了得到稳定的直流电压,采用一个二阶 RC 低通滤波器对 PWM 波进行低通滤波,以滤除高频谐波;同时,由于电路的输出阻抗较大而降低了其负载能力,为了改善该性能,在低通滤波器后接入了一个运算放大器进行电压跟随和功率放大,如图 2 所示。输出电压 VOUT 的大小与 PWM 波的占空比 D 关系为:VOUT=D×VCCW5,其中 VCCW5 是大小为 5V 的电路外接电源。

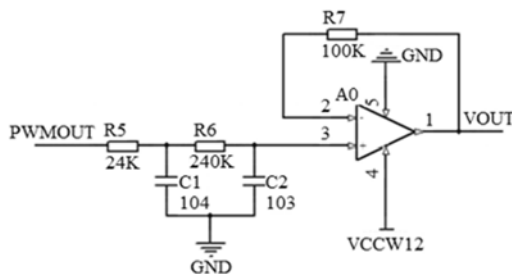


图 2 低通滤波器电路图

Fig. 2 The low-pass filter circuit

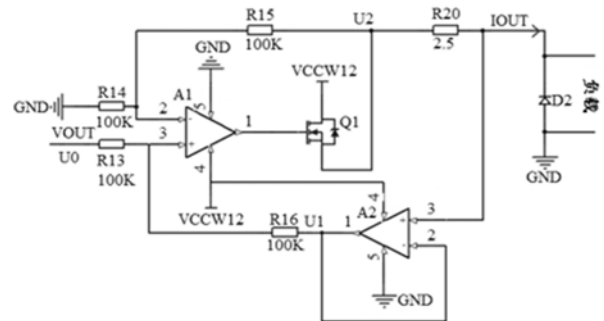


图 3 压控电流电路图

Fig. 3 The voltage controlled current

本文 MRE 隔减振装置内设有电磁线圈,通过改变电磁线圈的电流大小便可实现实时改变电磁线圈所产生的磁场,进而调节 MRE 隔减振装置输出的刚度和阻尼。上述 STM32 微控制器输出的是经整定处理后的 PWM 电压值,因此需将电压实时转换为电磁线圈的控制电流,这也是本核心控制器设计过程中重要的一个环节。为此,本文设计了电压控制电流电路以实现负载对大电流和较大调节范围的需求,如图 3 所示。图 3 中包含两个运算放大器 A1 和 A2, A1 主要实现对电压的放大功能;A2 的作用主要是稳定电压。经 A2 稳定后的电压 U₁ 再与 A1 的同相端连接,并与 VOUT(U₀)进行相加,可得同相端的电压为:

$$U_+ = \frac{R_{13}}{R_{13} + R_{16}} U_0 + \frac{R_{16}}{R_{13} + R_{16}} U_1 \quad (3)$$

A1 反相端电压为:

$$U_- = \frac{R_{14}}{R_{14} + R_{15}} U_2 \quad (4)$$

当 A1 处于深度负反馈状态时, A1 同相端电压与反相端电压接近相等, 即 $U_+ = U_-$ 。令 $R_{13} = R_{14} = R_{15} = R_{16}$, 则由式(3)和式(4)可计算出电阻 R_{20} 两端电压 U 为:

$$U = U_2 - U_1 = U_0 \quad (5)$$

进一步由式(5)可知电阻 R_{20} 两端电压等于低通滤波器的输出电压 $V_{OUT}(U_0)$ 。因此, 进一步可得 MRE 隔减振装置的控制电流 I_{OUT} 为:

$$I_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{R_{20}} \quad (6)$$

由式(6)可知, 控制电流 I_{OUT} 由输入的低通滤波器的输出电压 V_{OUT} 和电阻 R_{20} 的大小所决定。但在实际控制中需要输出较大电流, 而经 A1 得到的电流值偏小, 无法满足要求, 因此在 A1 后面又接入一个场效应管 Q1, 来增加输出电流、提高控制器负载能力。

图 4 为制作的 MRE 隔减振装置的核心控制器, 主要包括 STM32 微处理器、电源接口、USB 串口、加速度传感器模块和外部电路部分。为了便于核心控制器在 MRE 隔减振装置上的安装和使用, 其中微处理器部分与外部电路制作在同一块电路板上, 加速度传感器模块则是通过较长的引线与外部电路进行连接。

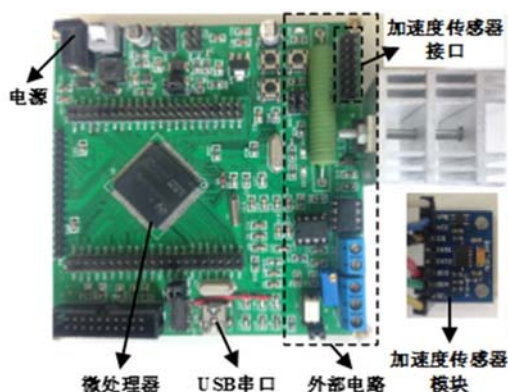


图 4 MRE 隔减振装置核心控制器

Fig. 4 The controller of the MRE vibration isolation and mitigation device

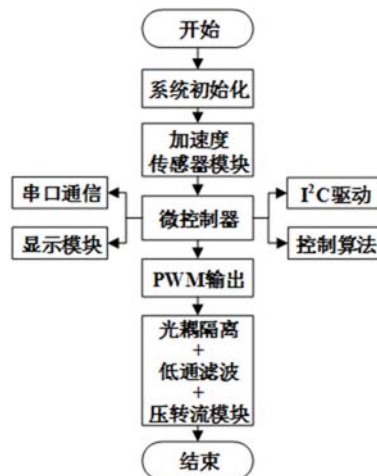


图 5 控制器软件系统工作流程图

Fig. 5 Controller software system flowchart

2.2 控制系统软件设计

控制系统软件部分工作流程(如图 5 所示):在核心控制器整体的初始化后, 加速度传感器模块开始实时采集被控系统的振动加速度信号; STM32 微处理器通过 I^2C 总线接收加速度信号, 并采用事先写入的控制算法分析和处理加速度信号, 进而输出不同占空比的 PWM 波信号; PWM 波信号经过光耦隔离、低通滤波和电压控制电流电路得到控制电流, 最终使得 MRE 隔减振装置产生不同的刚度和阻尼, 达到有效的减振效果。

核心控制器对整个系统的初始化主要包括: 基本时钟和相关引脚初始化、USB 接口初始化、加速度传感器引脚设置、 I^2C 总线初始化和基于被控系统加速度的 MRE 隔减振装置控制电流的模糊分数阶 PID 控制算法程序的初始化等。加速度传感器的初始化主要是量程、分辨率和传输速率的配置, 这些配置主要是通过 STM32 中的 I^2C 总线驱动函数实现的。此外, 由于在加速度信号采集过程中不可避免地有多种干扰因素, 为了消除采集到的加速度信号中的干扰信号, 在微处理器中采用中位值平均滤波法对其进行数字滤波。在微处理器中同时写入了模糊分数阶 PID 控制算法^[15], 该算法主要实现在不同外界加速度干扰情况下 MRE 隔减振装置控制电流的更新, 进而不断调整 MRE 隔减振装置的刚度和阻尼, 最终达到对被控对象隔振和减振的效果。图 5 中的显示模块是采用串口调试助手软件显示各个模块的

初始化状态、加速度传感器实时采集到的加速度值、由模糊分数阶 PID 控制算法确定的 PWM 波占空比和 MRE 隔减振装置的理论电流值等。

3 试验验证

3.1 控制系统的静态试验

将智能电流控制器与 MRE 隔减振装置连接,并通过手动调节控制器上的按钮调节控制器输出不同占空比的 PWM 波,频率均为 1kHz,静态试验如图 6 所示,电流理论值和实际测量值与占空比的关系曲线如图 7 所示。由图 7 可知:在 0~1.8A 电流范围内,随着占空比的增加,实测电流值与理论电流值吻合度很高。占空比在 90%~100% 范围内,电流基本稳定在 1.8A,而未能达到理论最大值 2A,这主要是由于芯片长时间工作在大电流状态下,芯片过热,输出能力达不到理论设计最大值。通过控制系统的静态试验可知,本文所设计的智能控制器在 0~1.8A 输出电流范围内,电流输出精度很高,能够满足 MRE 隔减振装置的工作需要。

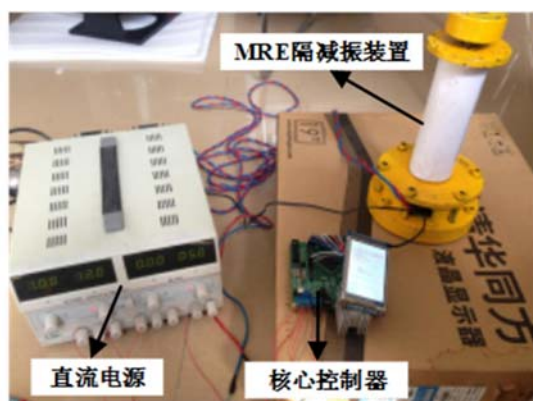


图 6 MRE 隔减振装置控制系统静态试验

Fig. 6 Static test of MRE vibration isolation and mitigation system

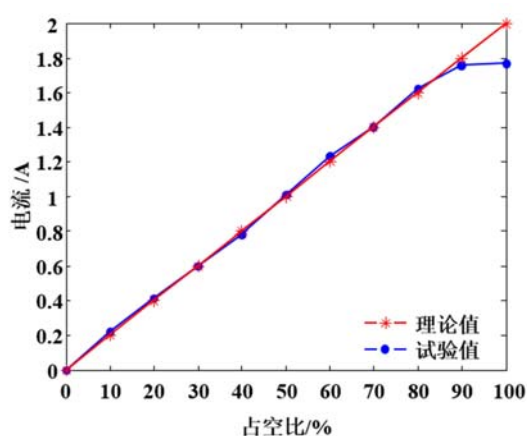


图 7 电流理论值和实测值与占空比的关系曲线

Fig. 7 The curve of relation between currents theoretical value and measured value with duty cycle

3.2 控制系统的动态试验

为了验证 MRE 隔减振装置核心控制器的动态性能,对该核心控制器在不同频率和振动幅值的情况下进行了动态试验,图 8 所示为 MRE 隔减振装置控制系统动态试验。在 MRE 隔减振装置控制系统动态试验过程中,采用 W+b 疲劳机作振动源,以产生不同频率和幅值的加速度信号;加速度传感器安装于疲劳机的作动头上,以采集疲劳机作动头实时产生的加速度信号;核心控制器根据加速度传感器采集的加速度信号不断输出对应的 PWM 波,进而通过外部电路转化为 MRE 隔减振装置的控制电流。为了验证核心控制器输出的电流是否准确,将采集到的加速度信号和产生的控制电流经过串口同时发送到 PC 机上。

W+b 疲劳机作动头能根据加载信号产生不同位移幅值、不同频率的正弦信号,其公式为:

$$u = A \sin(2\pi f t) \quad (7)$$

式中, u 、 A 分别为疲劳机作动头的位移和位移幅值; f 为

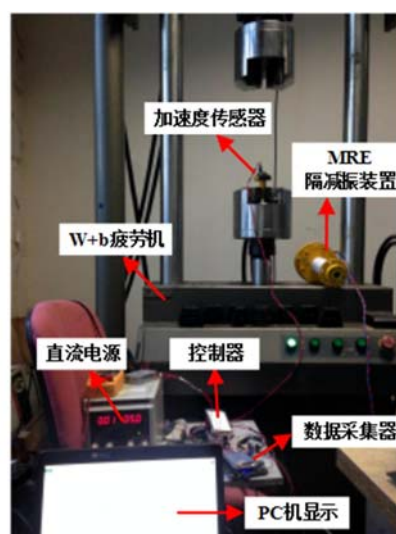


图 8 MRE 隔减振装置控制系统动态试验

Fig. 8 Dynamic test of MRE vibration isolation and mitigation system

试验机的加载频率; t 为加载时间。

则有作动头所对应的加速度信号为:

$$\ddot{u} = -4A\pi^2 f^2 \sin(2\pi ft) \quad (8)$$

通过改变试验机作动头的振动状态可实现对 MRE 隔减振系统在不同频率 f 和不同位移幅值 A 下的工作性能, 试验加载工况如表 2 所示^[15]。

表 2 试验加载工况

Tab. 2 The loading condition

频率 f/Hz	位移幅值 A/mm	循环圈数	加速度峰值/ (mm/s^2)
2	15	10	3553
3	10	10	5330
6	5	10	7099

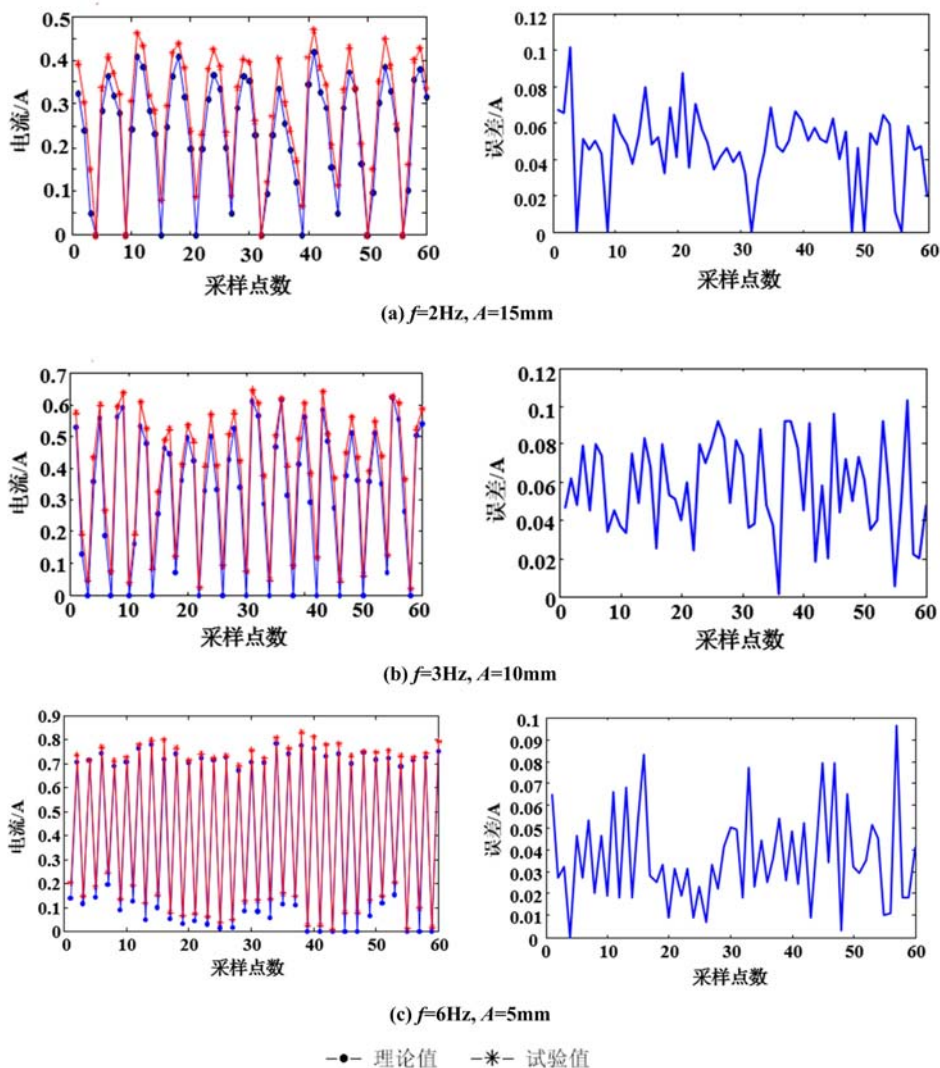


图 9 不同工况下 MRE 隔减振装置控制电流试验值与理论值的对比曲线及绝对误差曲线

Fig. 9 Under different working conditions the comparison curve between the experimental value and the theoretical value of control currents of the MRE device and absolute error curve

图 9 所示为三种不同工况下 MRE 隔减振装置控制电流的试验值与理论值的对比曲线及绝对误差曲线。从图 9 中可以得出, 三种工况下电流的试验值与理论值吻合较好。图 9(a) 中所示的工况 1 下, 电流试验值与理论值的最大绝对误差值为 0.101A, 相对误差为 24.5%; 图 9(b) 所示的工况 2 下, 电

试验值与理论值的最大绝对误差为 0.103A, 相对误差为 16.7%; 图 9(c) 中所示的工况 3 下, 电流试验值与理论值的最大绝对误差为 0.096A, 相对误差为 18.3%。对整个控制系统和试验过程分析可知, 误差的产生主要源于以下两个因素: ①本系统中采集的电流只用于显示, 并不用于实际控制, 而使得选取的电流采集器精度不够高, 抗干扰能力较差, 易受外界信号干扰, 最终导致在无电流通过时也会测得微小电流, 使得测得的控制器实际产生的电流值偏大; ②在整个动态试验过程中, 核心控制器过长时间工作在大电流输出状态, 使得部分芯片过热而影响了电流的输出精度。但总体来说, 在试验过程中 MRE 隔减振装置核心控制器的工作状态稳定, 能够根据加速度传感器所测得的加速度信号实时且准确地输出 MRE 隔减振装置的控制电流, 满足 MRE 隔减振装置系统的控制要求。

4 结论

本文以 STM32 微处理器为核心处理器, 研制了一种基于被控系统加速度响应的磁流变弹性体隔减振装置的核心控制器, 并对研制的核心控制器进行了静态试验和动态试验。静态试验表明: 所研制的核心控制器输出的控制电流可在 0~1.8A 电流范围内准确调节。动态试验表明: 所研制的核心控制器能够根据加速度传感器所测得的加速度信号实时且准确地输出 MRE 隔减振装置的控制电流, 误差控制在要求范围以内, 并且其工作性能稳定, 没有产生明显的坏点, 可靠性高。因此本文设计的智能电流控制器, 具有响应速度快、输出精度高、设计简单、成本较低等优点, 在实际应用中具有较高的推广价值。

参考文献:

- [1] Brigadnov I A, Dorfmann A. Mathematical modeling of magneto-sensitive elastomers[J]. International Journal of Solids and Structures, 2003, 40(18):4659—4674.
- [2] FENG Jiabin, XUAN Shouhu, LIU Taixiang, et al. The prestress-dependent mechanical response of magnetorheological elastomers[J]. Smart Materials and Structures, 2015, 24(8):085032.
- [3] Xu Zhaodong, Suo Si, Lu Yong. Vibration control of platform structures with magnetorheological elastomer isolators based on an improved SAVS law[J]. Smart Materials and Structures, 2016, 25(6):065002.
- [4] Carlson J D, Chrzan M J. Magnetorheological fluids damper[P]. U. S. Patent 5277281, 1994.
- [5] Choi S B, Lee H S. Control and response characteristics of a magnetorheological fluid damper for passenger vehicle[J]. SPIE, 2000, 3985:438—443.
- [6] 余森, 李传兵, 廖昌荣, 等. 基于 DSP 的磁流变阻尼器的控制方法[J]. 半导体技术, 2001(9):63—66, 72 (YU Miao, LI Chuanbing, LIAO Changrong, et al. Control method of magnetorheological damper based on DSP[J]. Semiconductor Technology, 2001(9):63—66, 72 (in Chinese))
- [7] 王莲花, 龚兴龙, 邓华夏, 等. 磁流变弹性体自调谐式吸振器及其优化控制[J]. 实验力学, 2007, 22(3-4):429—434 (WANG Lianhua, GONG Xinglong, DENG Huaxia, et al. Adaptive tuned vibration absorber based on magnetorheological elastomers and its optimal control[J]. Journal of Experimental Mechanics, 2007, 22(3-4):429—434 (in Chinese))
- [8] 康存军, 龚兴龙, 陈现敏, 等. 磁流变弹性体主动式自调谐吸振器控制系统研究[J]. 振动与冲击, 2012, 31(6):27—31 (KANG Cunjun, GONG Xinglong, CHEN Xianmin, et al. Control system for an adaptive-active tuned vibration absorber based on magnetorheological elastomers[J]. Journal of Vibration and Shock, 2012, 31(6):27—31 (in Chinese))
- [9] 刘涛, 郭迎庆, 陈勇, 等. 磁流变阻尼器智能控制器研制与试验分析[J]. 仪表技术与传感器, 2013(9):21—23, 31 (LIU Tao, GUO Yingqing, CHEN Yong, et al. Design and experiment analysis of intelligent controller for MR dampers[J]. Instrument Technique and Sensor, 2013(9):21—23, 31 (in Chinese))
- [10] 赵晓妍. 基于 DSP 的磁流变阻尼器小阻尼力控制系统的设计[J]. 煤矿机械, 2011(6):178—180 (ZHAO Xiaoyan. Design of control system of MR damper small damp power based on DSP[J]. Coal Mine Machinery, 2011(6):178—180 (in Chinese))
- [11] 武晓楠, 段元锋, 樊可清. 用于磁流变阻尼器的电流控制器[J]. 电子测量技术, 2013(5):32—37 (WU Xiaonan, DUAN Yuanfeng, FAN Keqing. Current controller for magneto-rheological dampers[J]. Electronic Measurement

- Technology, 2013(5):32–37 (in Chinese))
- [12] 王娟, 李军强, 杨冬, 等. 旋转式磁流变阻尼器及其驱动器研究[J]. 机械设计与研究, 2016, 32(6):32–35 (WANG Juan, LI Junqiang, YANG Dong, et al. Research on rotary magnetorheological brake and the brake driver[J]. Machine Design & Research, 2016, 32(6):32–35 (in Chinese))
- [13] ZHU Juntao, XU Zhaodong, GUO Yingqing. Magnetoviscoelasticity parametric model of an MR elastomer vibration mitigation device[J]. Smart Materials and Structures, 2012, 21(7):075034.
- [14] Davis L C. Model of magnetorheological elastomers[J]. Journal of Applied Physics, 1999, 85(6):3348–3351.
- [15] 何冬青. 基于 MRE 的精密平台隔减振控制系统的研究[D]. 南京林业大学, 2016 (HE Dongqing. Research of the control system of the precision platform vibration based on MRE[D]. Nanjing Forestry University, 2016 (in Chinese))

Design and testing of controller for magnetorheological elastomers vibration isolation and mitigation device

GUO Ying-qing¹, LI Yang^{1,2}, CAI Hui¹, XU Zhao-dong³, HE Dong-qing¹

(1. College of Mechanical and Electronic Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China; 2. College of Modern Science and Technology, China Jiliang University, Hangzhou 310018, Zhejiang, China; 3. College of Civil Engineering, Southeast University, Nanjing 211189, Jiangsu, China)

Abstract: The magnetorheological elastomer (MRE) vibration isolation and mitigation device is an intelligent vibration isolation and vibration mitigation device, whose parameters can change with the change of external magnetic field. Therefore, how to accurately generate the control current of the MRE device according to the dynamic characteristics of the controlled system is one of the key factors to realize the vibration isolation and vibration mitigation of the controlled system. In this work, STM32 microprocessor is adopted as the core processor, and a core controller for the MRE vibration isolation and mitigation device is developed based on the acceleration response of the controlled system. The static and multi-condition dynamic tests of the controller are carried out. The results show that the core controller of the MRE vibration isolation and mitigation device based on the acceleration responses of the controlled system can accurately output the corresponding control current.

Keywords: magnetorheological elastomers; vibration isolation and mitigation device; intelligent current controller; acceleration; STM32