



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111734773 B

(45) 授权公告日 2021.07.27

(21) 申请号 202010609881.2

(22) 申请日 2020.06.30

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111734773 A

(43) 申请公布日 2020.10.02

(73) 专利权人 福州大学

地址 350108 福建省福州市闽侯县福州大学城龙江北大道2号福州大学

(72) 发明人 陈淑梅 汤鸿剑 黄惠 李雨铮 李智超

(74) 专利代理机构 福州元创专利商标代理有限公司 35100

代理人 郭东亮 蔡学俊

(51) Int. Cl.

F16F 9/53 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 106286685 A, 2017.01.04

CN 108561486 A, 2018.09.21

US 2017175842 A1, 2017.06.22

CN 204424528 U, 2015.06.24

CN 110886810 A, 2020.03.17

CN 108571559 A, 2018.09.25

审查员 郑成洲

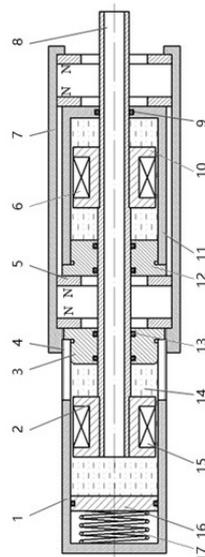
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

## (54) 发明名称

利用永磁机构的宽范围刚度阻尼可变的磁流变液吸振器

## (57) 摘要

本发明提出利用永磁机构的宽范围刚度阻尼可变的磁流变液吸振器,包括第二缸筒、第一缸筒和活塞杆;活塞杆的一端连接外部负载;另一端置于第二缸筒内;活塞杆上固定有带第一励磁线圈的第一活塞、带第二励磁线圈的第二活塞;第一活塞位于第一缸筒内,第二活塞位于第二缸筒内;所述第一缸筒、第二缸筒的筒腔内均储有磁流变液;所述第一缸筒滑置于外套筒内,第一缸筒端部与外套筒端部之间设有刚度可调的第一吸振结构;第二活塞滑置于第二缸筒内形成阻尼可变的第二吸振结构;本发明通过双缸分别控制吸振器的刚度和阻尼,可以实现吸振器的结构一体化,并且采用永磁体实现变刚度,可以更大范围地调节刚度变化,增大吸振器的最大出力 and 整体动力可调系数。



1. 利用永磁机构的宽范围刚度阻尼可变的磁流变液吸振器,其特征在于:所述磁流变液吸振器包括第二缸筒(1)、第一缸筒(11)和活塞杆(8);所述活塞杆的一端用于连接需吸振的外部负载;另一端置于第二缸筒(1)内;活塞杆上固定有带第一励磁线圈(6)的第一活塞(10)、带第二励磁线圈(15)的第二活塞(2);第一活塞位于第一缸筒内,第二活塞位于第二缸筒内;所述第一缸筒、第二缸筒的筒腔内均储有磁流变液;

所述第一缸筒滑置于外套筒(7)内,第一缸筒端部与外套筒端部之间设有刚度可调的第一吸振结构;所述第一缸筒内的磁流变液可由第一励磁线圈磁场驱动以推动活塞杆,改变第一缸筒在外套筒内的位置以调节第一吸振结构的刚度;

所述第二活塞滑置于第二缸筒内形成阻尼可变的第二吸振结构;所述第二吸振结构吸振时的阻尼力由第二活塞推动磁流变液流动时形成;第二吸振结构的阻尼力可通过调节第二励磁线圈对磁流变液施加的磁场来改变;

所述第一吸振结构由第一缸筒端部与外套筒端部之间的多组永磁体(5)组成;各组永磁体之间互相平行,形成可变刚度结构,当第一缸筒在外套筒内的位置改变时,第一缸筒端部的永磁体与外套筒端部的永磁体之间的间距改变,以永磁体互斥力的变化使可变刚度结构的刚度改变;

当活塞杆连接外部负载时,外部负载的振动经活塞杆驱动第一活塞对第一缸筒内的磁流变液施力,受力的磁流变液驱动第一缸筒在外套筒内移动以吸振,第一吸振结构以可变刚度结构的互斥磁力产生刚度回馈;

磁流变吸振器所产生的最大出力为第一缸筒的刚度与第二缸筒的阻尼力两部分并联;刚度出力由第一励磁线圈通电电流 $I_1$ 控制,阻尼力由第二励磁线圈通电电流 $I_2$ 控制,以增大吸振器最大输出力和整体的动力可调系数;

所述外套筒朝向第二缸体的一端设有带永磁体(5)的第一分隔端盖(3),第一缸体朝向第二缸体的一端处设有带永磁体(5)的第二分隔端盖(12);第一分隔端盖、第二分隔端盖相互平行;第一分隔端盖与外套筒之间以可调的螺纹结构连接;所述螺纹结构可调节第一分隔端盖、第二分隔端盖的间距以调整可变刚度结构的刚度。

2. 根据权利要求1所述的利用永磁机构的宽范围刚度阻尼可变的磁流变液吸振器,其特征在于:所述第一缸筒、第二缸筒、第一分隔端盖、第二分隔端盖、第一活塞、第二活塞均以高导磁材料成型以使第一励磁线圈的磁场形成一个闭合的磁回路,并且屏蔽第一吸振结构的永磁体磁场,使其不影响第一缸筒、第二缸筒内部的磁感应强度。

3. 根据权利要求2所述的利用永磁机构的宽范围刚度阻尼可变的磁流变液吸振器,其特征在于:所述高导磁材料为DT4电工纯铁。

4. 根据权利要求1所述的利用永磁机构的宽范围刚度阻尼可变的磁流变液吸振器,其特征在于:所述第二吸振结构处设有蓄能器来补偿磁流变液流动时的空间占用变化;所述蓄能器包括蓄能器挡板(16)和蓄能器弹簧(17);所述蓄能器位于第二缸筒的端部处;蓄能器挡板与第二缸筒内的磁流变液接触,蓄能器弹簧固定于第二缸筒的筒壁处。

5. 根据权利要求1所述的利用永磁机构的宽范围刚度阻尼可变的磁流变液吸振器,其特征在于:所述第一活塞、第二活塞和活塞杆经焊接连为一体。

6. 根据权利要求1所述的利用永磁机构的宽范围刚度阻尼可变的磁流变液吸振器,其特征在于:所述活塞杆为空心结构;活塞杆在第一活塞、第二活塞的位置处设有供电孔;所

述第一励磁线圈、第二励磁线圈由从活塞杆内腔和供电孔引入的电线供电。

7. 根据权利要求1所述的利用永磁机构的宽范围刚度阻尼可变的磁流变液吸振器, 其特征在于: 所述第二缸筒、第一缸筒上下活动连接; 第一缸筒为双出杆结构; 第二缸筒为单出杆结构; 第一缸筒以O型密封圈形成端部的液封结构; 第二缸筒以毡型密封圈形成活塞杆处的动密封结构。

## 利用永磁机构的宽范围刚度阻尼可变的磁流变液吸振器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及磁流变液设备技术领域,尤其是利用永磁机构的宽范围刚度阻尼可变的磁流变液吸振器。

### 背景技术

[0002] 磁流变液是一种可控流体智能材料,它可以在外加磁场的作用下,实现由流动性良好的液体状态变为粘弹性固体的毫秒级转变,并且这种转变可控、可逆、耗能低。磁流变吸振器正是基于磁流变效应制成的一种半主动控制装置,磁流变吸振器相比于传统的被动控制,具有对阻尼和刚度实时可控的好处,对比于完全主动控制,又有耗能低、结构简单的优势,因此广泛应用于桥梁振动的智能控制以及房屋抗震当中。

[0003] 但传统的磁流变液吸振器只能单一地改变阻尼的大小,而无法对刚度施加有效的控制,根据推导可以得知,动力吸振器的主系统振幅比是关于固有频率比和阻尼比的函数,可以选定一个特定的固有频率比和一个特定的阻尼比,使得主系统的振幅比最小。当磁流变液吸振器的刚度发生变化时,将会引起主系统的固有频率比发生变化,其刚度和阻尼的变化都会引起主系统的阻尼比发生变化。因此,若能实现磁流变液吸振器的刚度阻尼可调控,将会使得主系统可匹配的频率范围越宽,吸振频带也越宽,从而实现更好的减振效果。

[0004] 对于目前的磁流变吸振器,主要存在以下问题:

[0005] 1) 传统的磁流变液吸振器可以通过改变输入电流的大小,进而改变阻尼的大小,从而实现减振目的,但其不可改变刚度的大小,其初始刚度往往已被弹性元件提供的刚度所固定,要想在变阻尼的基础上实现变刚度,是需要条件的,一般的办法是将两个磁流变液阻尼器串联组成,在阻尼调节的基础上实现变刚度,但这种结构形式存在的缺点是一方面体积庞大,另一方面是这种吸振器不是一个独立的吸振结构,其控制精度差,难以实现工程化应用。

[0006] 2) 目前的变刚度和变阻尼设计,一般采用组合梁式或者空气弹簧来实现变刚度,对于组合梁式变刚度方法,其刚度变化响应慢,响应时间长;对于空气弹簧变刚度方法,其谐调速度慢,对于高频率的振动情况,不能很好地适用,并且以上两种方法都不能实现大范围的刚度变化。

### 发明内容

[0007] 本发明提出利用永磁机构的宽范围刚度阻尼可变的磁流变液吸振器,通过上下双缸的布局形式,分别控制吸振器的刚度和阻尼,可以实现吸振器的结构一体化,并且采用永磁体实现变刚度,可以更大范围地调节刚度变化,进而增大吸振器的最大出力和整体动力可调系数。

[0008] 本发明采用以下技术方案。

[0009] 利用永磁机构的宽范围刚度阻尼可变的磁流变液吸振器,所述磁流变液吸振器包

括第二缸筒(1)、第一缸筒(11)和活塞杆(8);所述活塞杆的一端用于连接需吸振的外部负载;另一端置于第二缸筒(1)内;活塞杆上固定有带第一励磁线圈(6)的第一活塞(10)、带第二励磁线圈(15)的第二活塞(2);第一活塞位于第一缸筒内,第二活塞位于第二缸筒内;所述第一缸筒、第二缸筒的筒腔内均储有磁流变液;

[0010] 所述第一缸筒滑置于外套筒(7)内,第一缸筒端部与外套筒端部之间设有刚度可调的第一吸振结构;所述第一缸筒内的磁流变液可由第一励磁线圈磁场驱动以推动活塞杆,改变第一缸筒在外套筒内的位置以调节第一吸振结构的刚度;

[0011] 所述第二活塞滑置于第二缸筒内形成阻尼可变的第二吸振结构;所述第二吸振结构吸振时的阻尼力由第二活塞推动磁流变液流动时形成;第二吸振结构的阻尼力可通过调节第二励磁线圈对磁流变液施加的磁场来改变。

[0012] 所述第一吸振结构由第一缸筒端部与外套筒端部之间的多组永磁体(5)组成;各组永磁体之间互相平行,形成可变刚度结构,当第一缸筒在外套筒内的位置改变时,第一缸筒端部的永磁体与外套筒端部的永磁体之间的间距改变,以永磁体互斥力的变化使可变刚度结构的刚度改变。

[0013] 当活塞杆连接外部负载时,外部负载的振动经活塞杆驱动第一活塞对第一缸筒内的磁流变液施力,受力的磁流变液驱动第一缸筒在外套筒内移动以吸振,第一吸振结构以可变刚度结构的互斥磁力产生刚度回馈。

[0014] 所述外套筒朝向第二缸体的一端设有带永磁体(5)的第一分隔端盖(3),第一缸体朝向第二缸体的一端处设有带永磁体(5)的第二分隔端盖(12);第一分隔端盖、第二分隔端盖相互平行;第一分隔端盖与外套筒之间以可调的螺纹结构连接;所述螺纹结构可调节第一分隔端盖、第二分隔端盖的间距以调整可变刚度结构的刚度。

[0015] 所述第一缸筒、第二缸筒、第一分隔端盖、第二分隔端盖、第一活塞、第二活塞均以高导磁材料成型以使第一励磁线圈的磁场形成一个闭合的磁回路,并且屏蔽第一吸振结构的永磁体磁场,使其不影响第一缸筒、第二缸筒内部的磁感应强度。

[0016] 所述高导磁材料为DT4电工纯铁。

[0017] 所述第二吸振结构处设有蓄能器来补偿磁流变液流动时的空间占用变化;所述蓄能器包括蓄能器挡板(16)和蓄能器弹簧(17);所述蓄能器位于第二缸筒的端部处;蓄能器挡板与第二缸筒内的磁流变液接触,蓄能器弹簧固定于第二缸筒的筒壁处。

[0018] 所述第一活塞、第二活塞和活塞杆经焊接连为一体。

[0019] 所述活塞杆为空心结构;活塞杆在第一活塞、第二活塞的位置处设有供电孔;所述第一励磁线圈、第二励磁线圈由从活塞杆内腔和供电孔引入的电线供电。

[0020] 所述第二缸筒、第一缸筒上下活动连接;第一缸筒为双出杆结构;第二缸筒为单出杆结构;第一缸筒以O型密封圈形成端部的液封结构;第二缸筒以毡型密封圈形成活塞杆处的动密封结构。

[0021] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0022] 1) 本发明结构简单、合理且紧凑,可应用于各种场合的半主动振动控制中。一方面采用上下双缸筒的布局形式,避免了内外缸筒布局导致两个缸筒内部的磁场互相影响的弊端,另一方面输出力由阻尼和刚度两部分并联,可以增大吸振器最大输出力和整体的动力可调系数。

[0023] 2) 本发明对比于其他变刚度结构,采用永磁体间相对距离的改变进而实现变刚度的方式可以产生更大的刚度变化。由于永磁体本身的结构特点,当永磁体间相对距离逐渐减小时,磁流变吸振器的刚度增长幅度也逐渐增大,从而使得本发明能够实现更大的刚度变化,产生更好的减振效果。

[0024] 3) 本发明阻尼和刚度分别由不同的电流控制,使得吸振器控制更精准、效果更明显,从而更好更易地对主系统振动施加有效控制。

## 附图说明

[0025] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进一步详细的说明:

[0026] 附图1是本发明的示意图;

[0027] 图中:1-第二缸筒;2-第二活塞;3-第一分隔端盖;4-螺纹结构;5-永磁体;6-第一励磁线圈;7-外套筒;8-活塞杆;9-O型密封圈;10-第一活塞;11-第一缸筒;12-第二分隔端盖;13-毡型密封圈;14-磁流变液;15-第二励磁线圈;16-蓄能器挡板;17-蓄能器弹簧。

## 具体实施方式

[0028] 如图1所示,利用永磁机构的宽范围刚度阻尼可变的磁流变液吸振器,所述磁流变液吸振器包括第二缸筒1、第一缸筒11和活塞杆8;所述活塞杆的一端用于连接需吸振的外部负载;另一端置于第二缸筒1内;活塞杆上固定有带第一励磁线圈6的第一活塞10、带第二励磁线圈15的第二活塞2;第一活塞位于第一缸筒内,第二活塞位于第二缸筒内;所述第一缸筒、第二缸筒的筒腔内均储有磁流变液14;

[0029] 所述第一缸筒滑置于外套筒7内,第一缸筒端部与外套筒端部之间设有刚度可调的第一吸振结构;所述第一缸筒内的磁流变液可由第一励磁线圈磁场驱动以推动活塞杆,改变第一缸筒在外套筒内的位置以调节第一吸振结构的刚度;

[0030] 所述第二活塞滑置于第二缸筒内形成阻尼可变的第二吸振结构;所述第二吸振结构吸振时的阻尼力由第二活塞推动磁流变液流动时形成;第二吸振结构的阻尼力可通过调节第二励磁线圈对磁流变液施加的磁场来改变。

[0031] 所述第一吸振结构由第一缸筒端部与外套筒端部之间的多组永磁体5组成;各组永磁体之间互相平行,形成可变刚度结构,当第一缸筒在外套筒内的位置改变时,第一缸筒端部的永磁体与外套筒端部的永磁体之间的间距改变,以永磁体互斥力的变化使可变刚度结构的刚度改变。

[0032] 当活塞杆连接外部负载时,外部负载的振动经活塞杆驱动第一活塞对第一缸筒内的磁流变液施力,受力的磁流变液驱动第一缸筒在外套筒内移动以吸振,第一吸振结构以可变刚度结构的互斥磁力产生刚度回馈。

[0033] 所述外套筒朝向第二缸体的一端设有带永磁体5的第一分隔端盖3,第一缸体朝向第二缸体的一端处设有带永磁体5的第二分隔端盖12;第一分隔端盖、第二分隔端盖相互平行;第一分隔端盖与外套筒之间以可调的螺纹结构4连接;所述螺纹结构可调节第一分隔端盖、第二分隔端盖的间距以调整可变刚度结构的刚度。

[0034] 所述第一缸筒、第二缸筒、第一分隔端盖、第二分隔端盖、第一活塞、第二活塞均以高导磁材料成型以使第一励磁线圈的磁场形成一个闭合的磁回路,并且屏蔽第一吸振结构

的永磁体磁场,使其不影响第一缸筒、第二缸筒内部的磁感应强度。

[0035] 所述高导磁材料为DT4电工纯铁。

[0036] 所述第二吸振结构处设有蓄能器来补偿磁流变液流动时的空间占用变化;所述蓄能器包括蓄能器挡板16和蓄能器弹簧17;所述蓄能器位于第二缸筒的端部处;蓄能器挡板与第二缸筒内的磁流变液接触,蓄能器弹簧固定于第二缸筒的筒壁处。

[0037] 所述第一活塞、第二活塞和活塞杆经焊接连为一体。

[0038] 所述活塞杆为空心结构;活塞杆在第一活塞、第二活塞的位置处设有供电孔;所述第一励磁线圈、第二励磁线圈由从活塞杆内腔和供电孔引入的电线供电。

[0039] 所述第二缸筒、第一缸筒上下活动连接;第一缸筒为双出杆结构;第二缸筒为单出杆结构;第一缸筒以O型密封圈9形成端部的液封结构;第二缸筒以毡型密封圈13形成活塞杆处的动密封结构。

[0040] 本例中,所述活塞杆8材料选用DT4电工纯铁+铝合金,所述励磁线圈6、15采用漆包铜线,所述蓄能器挡板16采用不锈钢材料。

[0041] 本例中,所述磁流变液吸振器上缸筒11、下缸筒1分别由不同的电流控制,所述上缸筒11由电流 $I_1$ 控制其刚度变化,所述下缸筒1由电流 $I_2$ 控制其阻尼变化。

[0042] 实施例:

[0043] 本产品工作时,活塞杆一端与外界负载相连,一端伸入磁流变吸振器中,当外界负载作用于活塞杆上时,带动活塞杆在上下缸筒内做往复横向运动,同时位于上下缸筒内的励磁线圈分别通上两股电流产生磁场进而使得其中的磁流变液产生磁流变效应,当上缸筒励磁线圈通电电流 $I_1$ 大于某一特定值时,磁流变液的剪切屈服应力大于永磁体变刚度机构的轴向力,上缸筒会随着活塞杆一同在套筒内滑动,固定于上缸筒两端的永磁体在此过程中与固定于套筒内部两端的永磁体间的相对距离会发生变化进而产生了刚度变化,其刚度变化可由上励磁线圈通电电流 $I_1$ 大小控制;当线圈活塞与活塞杆在下缸筒内做往复横向运动时,带动下缸筒腔室内的磁流变液流动进而形成以剪切阀为工作模式的磁流变效应并产生阻尼力,其阻尼力变化可由下励磁线圈通电电流 $I_2$ 大小控制。

[0044] 在以上描述中,磁流变吸振器所产生的最大出力由上缸筒(第一缸筒)产生的刚度与下缸筒(第二缸筒)产生的阻尼力两部分并联,在工作过程中仅需控制电流 $I_1$ 、 $I_2$ 大小便可控制吸振器刚度与阻尼的出力大小,不仅精准可靠,同时增大吸振器最大输出力和整体的动力可调系数,有效解决了需要大出力而传统磁流变吸振器无法胜任的问题。

[0045] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,凡依本发明申请专利范围所做的均等变化与修饰,皆应属本发明的涵盖范围。

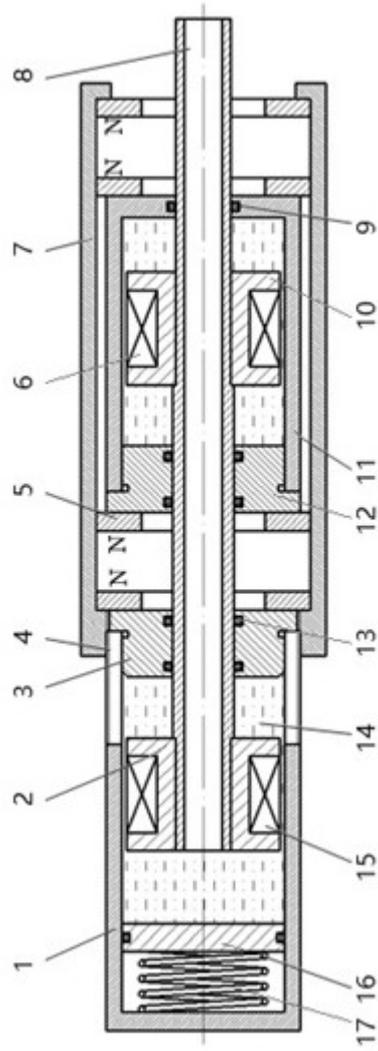


图1