



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104626911 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 20

(21) 申请号 201510053802. 3

(22) 申请日 2015. 02. 02

(71) 申请人 江苏大学

地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路  
301 号

(72) 发明人 杨晓峰 沈钰杰 杨军 刘雁玲  
汪若尘

(51) Int. Cl.

B60G 13/14(2006. 01)

B60G 17/015(2006. 01)

F16F 15/023(2006. 01)

F16F 15/03(2006. 01)

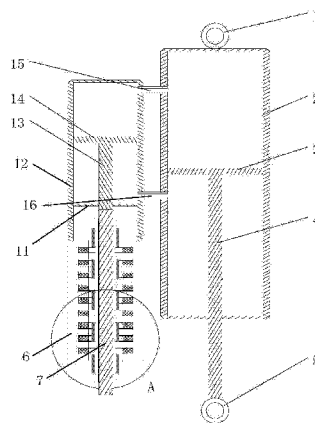
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

液电耦合式车辆悬架阻抗控制装置

(57) 摘要

本发明提供了一种液电耦合式车辆悬架阻抗控制装置,包括上吊耳、主液压缸、下吊耳、副液压缸、动子轴和电机定子,上吊耳连接主液压缸上端;主液压缸和副液压缸并排设置,且其上下腔分别通过连接管连通;主液压缸内部设置有配合连接的主液压缸活塞和主活塞杆,主活塞杆下端固定连接下吊耳;副液压缸内部设置有中间开孔的挡板、配合连接的副活塞杆和副液压缸活塞;副液压缸下端固定均布有绕组的电机定子,绕组与外端控制电路相连;设置有动子磁轭和动子磁极的动子轴贯穿电机工作腔,并与副活塞杆固定连接。本发明所述的阻抗控制装置,阻抗形式更为灵活,动态性能优越,受非线性因素影响较小;实现了阻抗控制装置的分体式结构,节省空间。



1. 一种液电耦合式车辆悬架阻抗控制装置,其特征在于,包括上吊耳(1)、主液压缸(2)、下吊耳(5)、副液压缸(12)、动子轴(7)和电机定子(6),所述上吊耳(1)固定连接在主液压缸(2)上端;所述主液压缸(2)和副液压缸(12)并排设置,且所述主液压缸(2)与副液压缸(12)的上下腔分别通过第一连接管(15)和第二连接管(16)对应连通;所述主液压缸(2)内部设置有配合连接的主液压缸活塞(3)和主活塞杆(4),所述主活塞杆(4)下端固定连接下吊耳(5);所述副液压缸(12)内部设置有开孔的挡板(11)、配合连接的副活塞杆(13)和副液压缸活塞(14),所述挡板(11)位于第二连接管(16)下部,且副活塞杆(13)的末端经开孔伸出挡板(11)外部;所述副液压缸(12)下端连接电机定子(6)的上端面,所述电机定子(6)内均布有绕组(9),所述绕组(9)与外端控制电路相连;所述动子轴(7)贯穿电机定子(6)中部,并与副活塞杆(13)固定连接;所述动子轴(7)上设置有动子磁轭(8)和动子磁极(10)。

2. 根据权利要求1所述的液电耦合式车辆悬架阻抗控制装置,其特征在于,所述上吊耳(1)与主液压缸(2)焊接为一体,下吊耳(5)与主活塞杆(4)焊接为一体。

3. 根据权利要求1或2所述的液电耦合式车辆悬架阻抗控制装置,其特征在于,所述动子轴(7)位于电机定子(6)的中心轴上。

4. 根据权利要求1或2所述的液电耦合式车辆悬架阻抗控制装置,其特征在于,所述副液压缸(12)下端面与所述电机定子(6)上端面焊接连成一体。

5. 根据权利要求1或2所述的液电耦合式车辆悬架阻抗控制装置,其特征在于,所述动子轴(7)与副活塞杆(13)焊接连成一体。

## 液电耦合式车辆悬架阻抗控制装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于汽车领域,尤其涉及一种液电耦合式车辆悬架阻抗控制装置。

### 背景技术

[0002] 2002年,剑桥大学学者 Smith 提出了惯容器的概念并给出了实现装置,和机械系统中的弹簧和阻尼器一样,是一种真正的两端点元件。它两端的受力与两端相应的加速度成正比,其比例常数称“惯质系数”,单位为千克。随着惯容器的提出,由惯容器、弹簧和阻尼3种基本元件构成的“惯容-弹簧-阻尼”(Inerter-Spring-Damper,简称 ISD) 车辆悬架改善了悬架的隔振性能。诸多学者对车辆 ISD 悬架的结构设计问题开展研究,针对被动机械网络结构运用鲁棒控制等算法,按照悬架性能指标得出目标传递函数,再通过网络综合得出具体悬架结构往往比较复杂,且容易得到包含杠杆元件的结构,实用性不足。

[0003] 由于工程作业空间有限,性能优良的复杂阻抗形式在机械式悬架中难以得到实现。因此,工程上迫切需要一种性能优良,结构简单的车辆悬架结构,可实现较为复杂的阻抗形式,以提升车辆悬架的性能。

### 发明内容

[0004] 针对机械式悬架阻抗不可变及通过网络综合得出具体悬架结构较复杂,容易包含杠杆元件的难题,本发明提出一种可实现复杂阻抗形式的车辆悬架阻抗控制装置。集成应用液力式惯容器与直线电机,液力式惯容器可产生惯性阻抗形式,直线电机可形成电学阻抗形式,通过改变直线电机的外接负载阻抗形式,获取较为复杂的悬架复合阻抗。

[0005] 本发明是通过以下技术手段实现上述技术目的的。

[0006] 一种液电耦合式车辆悬架阻抗控制装置,包括上吊耳、主液压缸、下吊耳、副液压缸、动子轴和电机定子,所述上吊耳固定连接在主液压缸上端;所述主液压缸和副液压缸并排设置,且所述主液压缸与副液压缸的上下腔分别通过第一连接管和第二连接管对应连通;所述主液压缸内部设置有配合连接的主液压缸活塞和主活塞杆,所述主活塞杆下端固定连接下吊耳;所述副液压缸内部设置有开孔的挡板、配合连接的副活塞杆和副液压缸活塞,所述挡板位于第二连接管下部,且副活塞杆的末端经开孔伸出挡板外部;所述副液压缸下端连接电机定子的上端面,所述电机定子内均布有绕组,所述绕组与外端控制电路相连;所述动子轴贯穿电机定子中部,并与副活塞杆固定连接;所述动子轴上设置有动子磁轭和动子磁极。

[0007] 进一步的,所述上吊耳与主液压缸焊接为一体,下吊耳与主活塞杆焊接为一体。

[0008] 进一步的,所述动子轴位于电机定子的中心轴上。

[0009] 进一步的,所述副液压缸下端面与所述电机定子上端面焊接连成一体。

[0010] 进一步的,所述动子轴与副活塞杆焊接连成一体。

[0011] 本发明的有益效果是:

[0012] (1) 本发明所述的液电耦合式车辆悬架阻抗控制装置的复合阻抗由机械阻抗与电

学阻抗共同组成,通过主液压缸和副液压缸的配合实现机械阻抗,通过电机定子、动子轴、外端控制电路等实现电学阻抗;由于机械阻抗固定不可变,可通过改变外端电路的负载阻抗,实现装置复合阻抗特性的改变。相较于旋转作用式机械元件及电机转子,本发明受非线性因素影响较小,且阻抗形式更为灵活,可实现更为复杂的复合阻抗形式。相较于主动、半主动悬架的参数调控机理,本发明提出的液电耦合式车辆悬架阻抗控制装置具有更优越的动态性能,且原理简单,结构性能稳定。

[0013] (2) 本发明所述装置结构简单,通过将主液压缸和副液压缸并排设置,副液压缸下端设置动子轴的设备,实现阻抗控制装置的分体式结构,增大电学阻抗的可调范围,安装过程中对原有结构的轴向安装空间影响较小。

### 附图说明

[0014] 下面结合附图对本发明作进一步说明。

[0015] 图 1 是液电耦合式车辆悬架阻抗控制装置示意图。

[0016] 图 2 是图 1 中 A 处的局部放大图。

[0017] 附图标记说明如下:

[0018] 1- 上吊耳,2- 主液压缸,3- 主液压缸活塞,4- 主活塞杆,5- 下吊耳,6- 电机定子,7- 动子轴,8- 动子磁轭,9- 绕组,10- 动子磁极,11- 挡板,12- 副液压缸,13- 副活塞杆,14- 副液压缸活塞,15- 第一连接管,16- 第二连接管。

### 具体实施方式

[0019] 下面结合附图以及具体实施例对本发明作进一步的说明,需要指出的是,下面仅以一种最优化的技术方案对本发明的技术方案以及设计原理进行详细阐述,但本发明的保护范围并不限于此。

[0020] 如图 1 和图 2 所示,一种液电耦合式车辆悬架阻抗控制装置,包括上吊耳 1、主液压缸 2、下吊耳 5、副液压缸 11、动子轴 7 和电机定子 6,其中,上吊耳 1 与主液压缸 2 焊接为一体,下吊耳 5 与主活塞杆 4 焊接为一体,所述上吊耳 1 与车身相铰接,下吊耳 5 与车轮相铰接。

[0021] 所述主液压缸 2 和副液压缸 12 并排设置,且副液压缸 12 位于主液压缸 2 左侧,所述第一连接管 15 和第二连接管 16 分别连通主液压缸 2 与副液压缸 12 的上下腔。主活塞杆 4 与主液压缸活塞 3 配合安装于主液压缸 2 中,副液压缸 12 内部设置有配合连接的副活塞杆 13 和副液压缸活塞 14,所述副液压缸 12 内部还设有中部开孔的挡板 11,所述挡板 11 位于第二连接管 16 的下部,副活塞杆 13 经所开孔伸出挡板 11;

[0022] 所述电机定子 6 与副液压缸 12 焊接固联,且电机定子 6 的内部均布有绕组 9,所述绕组 9 与外端控制电路相连。所述动子轴 7 从电机工作腔伸出与副活塞杆 13 焊接连成一体。动子磁轭 8 与动子磁极 10 均固定在动子轴 7 上。

[0023] 工作过程为:当上吊耳 1 与下吊耳 5 之间产生相对运动时,下吊耳 5 与主活塞杆 4 推动主液压缸活塞 3 向上或向下运动,主液压缸 2 上腔与副液压缸 12 上腔连通,主液压缸 2 下腔与副液压缸 12 下腔连通,由于主液压缸 2、副液压缸 12 工作腔内充满油液,因而油液进入副液压缸 12 推动副液压缸活塞 14 向上或向下运动,进而由副活塞杆 13 带动动子轴 7

上下移动,动子轴 7 上的动子磁轭 8 与动子磁极 10 在电机工作腔内与电机定子 6 中的绕组 9 产生相对运动,直线电机绕组 9 与外端电路相连,可产生感应电动势。

[0024] 由液压缸工作原理可知:

$$[0025] \quad (v_2 - v_1) S_1 = (v_a - v_1) S_2 \quad (1)$$

[0026] 式中,  $S_1$ 、 $S_2$  分别为主液压缸活塞 3 与副液压缸活塞 14 的面积,  $v_1$ 、 $v_2$  分别为上吊耳 1、下吊耳 5 的速度,  $v_a$  为动子轴 7 的速度。

[0027] 由能量守恒定律可得:

$$[0028] \quad f(v_2 - v_1) = m\dot{v}_a(v_a - v_1) \quad (2)$$

[0029] 其中,  $f$  为施加在上吊耳 1 与下吊耳 5 之间的作用力,  $m$  为动子轴 7 的质量,  $\dot{v}_a$  为动子轴 7 的加速度。

[0030] 对 (1) 式两边求导并代入 (2) 式可得:

$$[0031] \quad f = m \frac{S_1}{S_2} \left[ \frac{S_1}{S_2} (\dot{v}_2 - \dot{v}_1) + \dot{v}_1 \right] \quad (3)$$

[0032] 由于  $S_1/S_2$  一般远大于 1, 所以可近似表示为:

$$[0033] \quad f = m \left( \frac{S_1}{S_2} \right)^2 (\dot{v}_2 - \dot{v}_1) \quad (4)$$

[0034] 又因为直线电机的阻抗表达式为:

$$[0035] \quad \frac{I_a(s)}{V_g(s)} = \frac{1}{R_a + sL_a + Z} \quad (5)$$

[0036]  $V_g(s)$  为感应电动势的拉式变换,  $I_a(s)$  为感应电流的拉式变换,  $R_a$  为电机等效电阻,  $L_a$  为电机等效电感,  $Z$  为外接电路阻抗。

[0037] 根据直线电机产生的感应电流与感应电动势关系可得:

$$[0038] \quad V_g = k_e v_a \quad (6)$$

$$[0039] \quad F_e = k_t I_a \quad (7)$$

[0040] 对直线电机动子进行受力分析可得:

$$[0041] \quad F - F_e = m\dot{v}_a \quad (8)$$

[0042]  $F$  为施加在动子轴 7 上的作用力,  $F_e$  为电磁作用力,  $k_t$  为直线电机力矩常数,  $k_e$  为直线电机电动势常数,  $V_g$  表示感应电动势。

[0043] 根据前述方程,可以得到此液电一体式悬架阻抗控制装置的阻抗表达式为:

$$[0044] \quad ms \left( \frac{S_1}{S_2} \right)^2 v(s) \frac{S_2}{S_1} = f(s) \frac{S_2}{S_1} - \frac{k_t k_e}{R_a + L_a s + Z} v(s) \frac{S_1}{S_2}$$

[0045] 即:

$$[0046] \quad \frac{f(s)}{v(s)} = \left( \frac{S_1}{S_2} \right)^2 \left( ms + \frac{k_t k_e}{R_a + sL_a + Z} \right)$$

[0047] 由上可知,液电耦合式车辆悬架阻抗控制装置的阻抗是由机械阻抗与电学阻抗共同组合而成的复合阻抗。工程实际应用中,机械元件参数固定,难以通过改变机械阻抗改变

复合阻抗,然而电学元件易于改变,因此,可以通过改变电学阻抗形式实现任意形式的复合阻抗的控制,其作用机理简单,受非线性因素影响较小,性能稳定。

[0048] 所述实施例为本发明的优选的实施方式,但本发明并不限于上述实施方式,在不背离本发明的实质内容的情况下,本领域技术人员能够做出的任何显而易见的改进、替换或变型均属于本发明的保护范围。

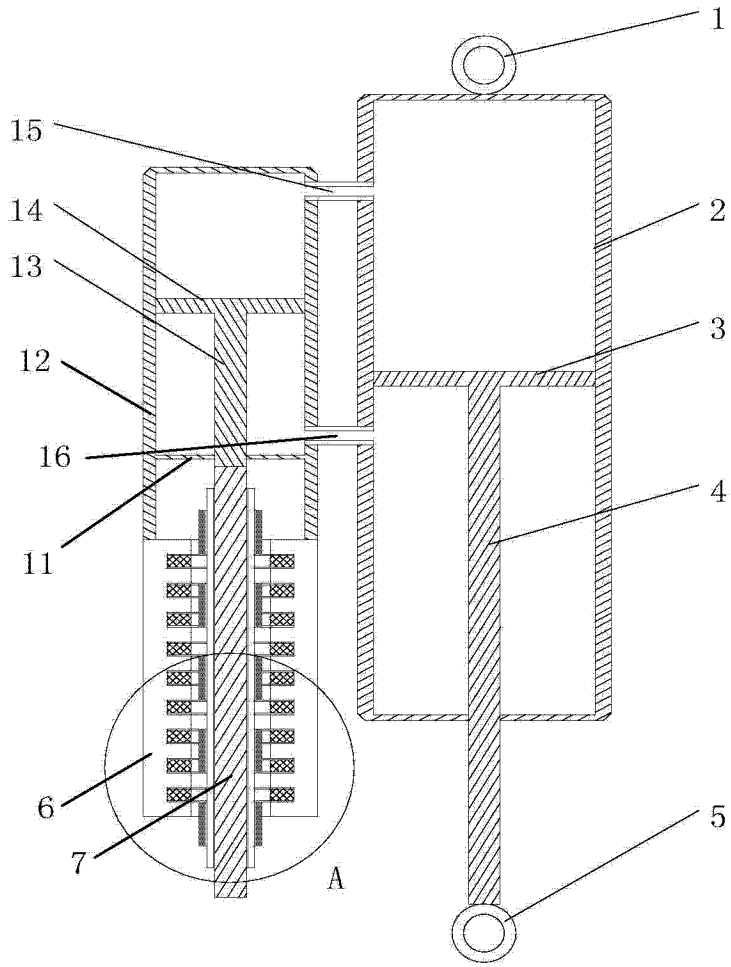


图 1

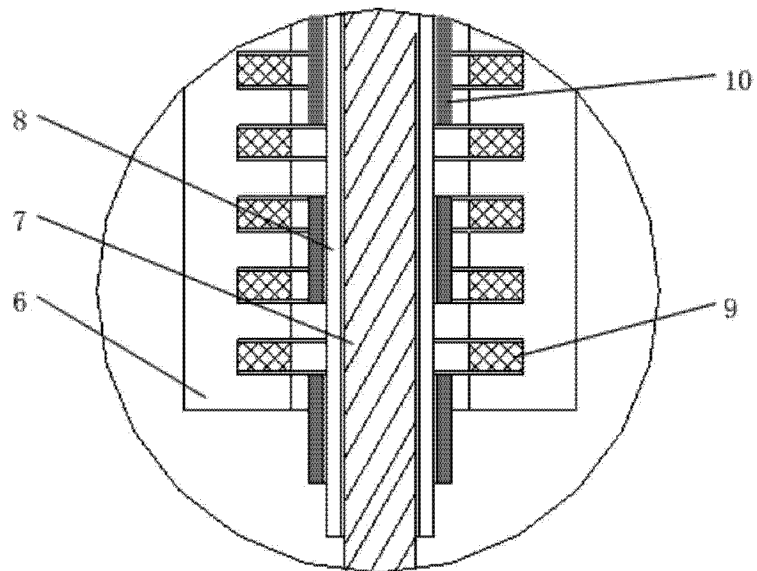


图 2