



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110712488 A

(43)申请公布日 2020.01.21

(21)申请号 201910983295.1

B60K 7/00(2006.01)

(22)申请日 2019.10.16

(71)申请人 湖南大学

地址 410082 湖南省长沙市岳麓区麓山南路麓山门

(72)发明人 张邦基 丁飞 龙贵民 秦安

胡文 章杰 李达 黎乾龙

(74)专利代理机构 湖南兆弘专利事务所(普通合伙) 43008

代理人 谭武艺

(51)Int.Cl.

B60G 17/015(2006.01)

B60K 25/10(2006.01)

B60G 15/06(2006.01)

B60G 17/08(2006.01)

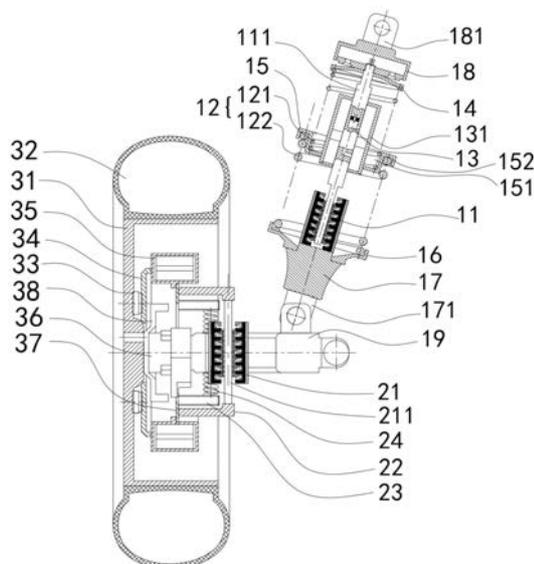
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统及汽车

(57)摘要

本发明公开了一种全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统及汽车,包括主悬架单元和用于安装在车轮中的轮毂电机单元,所述主悬架单元包括第一直线电磁作动器、减振弹簧,所述直线电磁作动器与减振弹簧并行连接,所述轮毂电机单元包括用于安装在车轮上作为减震阻尼器的第二直线电磁作动器,所述第二直线电磁作动器的定子或动子与主悬架单元相连,所述第一直线电磁作动器、第二直线电磁作动器之间相互电连接形成回路。本发明能够解决主动悬架能量消耗过大的问题,实现主动悬架所需的能量自供给,具有控制可塑性强及节能的优点,能够适应各种复杂工况条件,可根据需要进一步通过在减振发电和主动控制之间切换以维持车辆的乘坐舒适性。



1. 一种全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统,其特征在于:包括主悬架单元(1)和用于安装在车轮中的轮毂电机单元(2),所述主悬架单元(1)包括第一直线电磁作动器(11)、减振弹簧(12),所述直线电磁作动器(11)与减振弹簧(12)并行连接,所述轮毂电机单元(2)包括用于安装在车轮上作为减震阻尼器的第二直线电磁作动器(21),所述第二直线电磁作动器(21)的定子或动子与主悬架单元(1)相连,所述第一直线电磁作动器(11)、第二直线电磁作动器(21)之间相互电连接形成回路。

2. 根据权利要求1所述的全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统,其特征在于:所述主悬架单元(1)还包括液压阻尼器(13),所述液压阻尼器(13)和直线电磁作动器(11)串行连接,所述液压阻尼器(13)为具有大、小阻尼两种工作状态的两位可调节流孔阻尼器。

3. 根据权利要求2所述的全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统,其特征在于:所述减振弹簧(12)包括上弹簧(121)和下弹簧(122),所述第一直线电磁作动器(11)的动子上连接有活塞杆(111),所述液压阻尼器(13)安装在活塞杆(111)的内腔中,所述活塞杆(111)的端部连接有上支座(14),所述液压阻尼器(13)的液压缸(131)与活塞杆(111)同轴布置,所述液压缸(131)的外壁上设有中支座(15),所述第一直线电磁作动器(11)的定子上安装有下支座(16),所述上弹簧(121)抵触在上支座(14)、中支座(15)之间,所述下弹簧(122)抵触在中支座(15)、下支座(16)之间。

4. 根据权利要求3所述的全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统,其特征在于:所述中支座(15)为与液压缸(131)同轴、且被液压缸(131)贯穿布置的杯状结构,且杯状结构的内壁和液压缸(131)的外壁之间形成第一定位槽(151),且杯口外翻形成第二定位槽(152),所述上弹簧(121)的下端插设布置在第一定位槽(151)中,所述下弹簧(122)的上端插设布置在第二定位槽(152)中。

5. 根据权利要求3所述的全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统,其特征在于:所述第一直线电磁作动器(11)的定子上还安装有定子底座(17),所述定子底座(17)的底部安装有下吊耳(171),所述活塞杆(111)的端部设有保护罩(18),所述保护罩(18)的顶部安装有上吊耳(181)。

6. 根据权利要求5所述的全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统,其特征在于:所述主悬架单元(1)上铰接连接有主悬挂底座(19),所述主悬挂底座(19)与第二直线电磁作动器(21)的定子相连,所述第二直线电磁作动器(21)的动子和车轮相连。

7. 根据权利要求1所述的全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统,其特征在于:所述轮毂电机单元(2)还包括用于安装固定在车轮上的电机支撑座(22)和弹簧支撑(23),所述第二直线电磁作动器(21)的动子上设有一对沿竖直方向布置的中心轴(211),所述中心轴(211)的两端各固定在一个电机支撑座(22)上,所述第二直线电磁作动器(21)的定子和弹簧支撑(23)之间连接有至少一个减震弹簧(24)。

8. 根据权利要求7所述的全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统,其特征在于:所述减震弹簧(24)的数量为4个,且两个减震弹簧(24)沿竖直方向装在第二直线电磁作动器(21)的定子顶部,两个减震弹簧(24)沿竖直方向装在第二直线电磁作动器(21)的定子底部。

9. 一种汽车,其特征在于,所述汽车的车轮(3)上安装有权利要求1~8中任意一项所述的全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统。

10. 根据权利要求9所述的汽车,其特征在于,所述车轮(3)包括轮毂(31)和安装在轮毂

(31)上的轮胎(32),所述轮毂(31)内设有横向导向装置(33)、挠性联轴节(34)、轮毂电机(35)和轴承座(36),所述轮毂(31)通过横向导向装置(33)与挠性联轴节(34)的一端相连,所述挠性联轴节(34)的另一端与轮毂电机(35)的输出轴固连,所述轴承座(36)中设有悬挂固定盘(37),所述轮毂电机单元(2)安装在悬挂固定盘(37)上,所述轮毂(31)和轴承座(36)之间设有制动器(38)。

一种全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统及汽车

技术领域

[0001] 本发明涉及车辆主动悬架技术领域,具体涉及一种全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统及汽车。

背景技术

[0002] 车辆悬架包括被动悬架、半主动悬架以及主动悬架。

[0003] 传统的被动悬架由于悬架刚度和阻尼无法调节,只能在特定的情况下达到最优的减振效果,对于不同的道路和使用情况,无法满足其要求。同时,被动悬架需要在操纵稳定性和乘坐舒适性之间做出选择,无法同时兼顾二者。

[0004] 半主动悬架由特性可以改变的弹簧和减振器共同组成半主动悬架系统,但是因为缺少动力源为半主动悬架提供能量输入,所以半主动悬架不能针对外界输入进行最优控制。

[0005] 主动悬架能对控制器实施控制,调节控制力的大小,而且还能随着外界输入,对主动悬架进行最优控制和调节。不过,主动悬架的能耗极大,以及成本问题限制了它的普及。

发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题:针对现有技术的上述问题,提供一种全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统及汽车,本发明能够解决主动悬架能量消耗过大的问题,实现主动悬架所需的能量自供给,具有控制可塑性强及节能的优点,能够适应各种复杂工况条件,可根据需要进一步通过在减振发电和主动控制之间切换以维持车辆的乘坐舒适性。

[0007] 为了解决上述技术问题,本发明采用的技术方案为:

本发明提供一种全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统,包括主悬架单元和用于安装在车轮中的轮毂电机单元,所述主悬架单元包括第一直线电磁作动器、减振弹簧,所述直线电磁作动器与减振弹簧并行连接,所述轮毂电机单元包括用于安装在车轮上作为减震阻尼器的第二直线电磁作动器,所述第二直线电磁作动器的定子或动子与主悬架单元相连,所述第一直线电磁作动器、第二直线电磁作动器之间相互电连接形成回路。

[0008] 可选地,所述主悬架单元还包括液压阻尼器,所述液压阻尼器和直线电磁作动器串行连接,所述液压阻尼器为具有大、小阻尼两种工作状态的两位可调节流孔阻尼器。

[0009] 可选地,所述减振弹簧包括上弹簧和下弹簧,所述第一直线电磁作动器的动子上连接有活塞杆,所述液压阻尼器安装在活塞杆的内腔中,所述活塞杆的端部连接有上支座,所述液压阻尼器的液压缸与活塞杆同轴布置,所述液压缸的外壁上设有中支座,所述第一直线电磁作动器的定子上安装有下支座,所述上弹簧抵触在上支座、中支座之间,所述下弹簧抵触在中支座、下支座之间。

[0010] 可选地,所述中支座为与液压缸同轴、且被液压缸贯穿布置的杯状结构,且杯状结构的内壁和液压缸的外壁之间形成第一定位槽,且杯口外翻形成第二定位槽,所述上弹簧

的下端插设布置在第一定位槽中,所述下弹簧的上端插设布置在第二定位槽中。

[0011] 可选地,所述第一直线电磁作动器的定子上还安装有定子底座,所述定子底座的底部安装有下吊耳,所述活塞杆的端部设有保护罩,所述保护罩的顶部安装有上吊耳。

[0012] 可选地,所述主悬架单元上铰接连接有主悬挂底座,所述主悬挂底座与第二直线电磁作动器的定子相连,所述第二直线电磁作动器的动子和车轮相连。

[0013] 可选地,所述轮毂电机单元还包括用于安装固定在车轮上的电机支撑座和弹簧支撑,所述第二直线电磁作动器的动子上设有一对沿竖直方向布置的中心轴,所述中心轴的两端各固定在一个电机支撑座上,所述第二直线电磁作动器的定子和弹簧支撑之间连接有至少一个减震弹簧。

[0014] 可选地,所述减震弹簧的数量为4个,且两个减震弹簧沿竖直方向装在第二直线电磁作动器的定子顶部,两个减震弹簧沿竖直方向装在第二直线电磁作动器的定子底部。

[0015] 本发明提供一种汽车,所述汽车的车轮上安装有前述的全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统。

[0016] 可选地,所述车轮包括轮毂和安装在轮毂上的轮胎,所述轮毂内设有横向导向装置、挠性联轴节、轮毂电机和轴承座,所述轮毂通过横向导向装置与挠性联轴节的一端相连,所述挠性联轴节的另一端与轮毂电机的输出轴固连,所述轴承座中设有悬挂固定盘,所述轮毂电机单元安装在悬挂固定盘上,所述轮毂和轴承座之间设有制动器。

[0017] 和现有技术相比,本发明具有下述优点:本发明包括主悬架单元和用于安装在车轮中的轮毂电机单元,主悬架单元包括第一直线电磁作动器、减振弹簧、液压阻尼器,第一直线电磁作动器、第二直线电磁作动器之间相互电连接形成回路,轮毂电机单元中的第二直线电磁作动器可回收振动能量,并供给通过主悬架单元中的直线电磁作动器用于悬架主动控制,从而实现主动悬架能量完全自供给;在主悬架单元出现问题时,液压阻尼器也能及时调整进入被动悬架状态,能够解决主动悬架能量消耗过大的问题,实现主动悬架所需的能量自供给,能够适应各种复杂工况条件。且本发明第一直线电磁作动器、第二直线电磁作动器之间相互电连接形成回路,第一直线电磁作动器、第二直线电磁作动器均可实现主动控制、半主动控制、模拟被动控制。主动控制需要外部输入能量,半主动控制与模拟被动控制可实现系统能量回收,二者组合最多可实现9种工作状态,具有控制可塑性强及节能的特点,可根据需要进一步通过在减振发电和主动控制之间切换以维持车辆的乘坐舒适性。

附图说明

[0018] 图1为本发明实施例的主视结构示意图。

[0019] 图2为本发明实施例中主悬架单元的立体结构示意图。

[0020] 图3为图1的A-A剖视结构示意图。

[0021] 图4是发明实施例的工作原理图。

[0022] 图例说明:1、主悬架单元;11、直线电磁作动器;111、活塞杆;12、减振弹簧;121、上弹簧;122、下弹簧;13、液压阻尼器;131、液压缸;14、上支座;15、中支座;151、第一定位槽;152、第二定位槽;16、下支座;17、定子底座;171、下吊耳;18、保护罩;181、上吊耳;19、主悬挂底座;2、轮毂电机单元;21、第二直线电磁作动器;211、中心轴;22、电机支撑座;23、弹簧支撑;24、减震弹簧;3、车轮;31、轮毂;32、轮胎;33、横向导向装置;34、挠性联轴节;35、轮毂

电机;36、轴承座;37、悬挂固定盘;13、制动器。

具体实施方式

[0023] 如图1、图2和图3所示,本实施例提供一种全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统,包括主悬架单元1和用于安装在车轮中的轮毂电机单元2,主悬架单元1包括第一直线电磁作动器11、减振弹簧12,直线电磁作动器11与减振弹簧12并行连接,轮毂电机单元2包括用于安装在车轮上作为减震阻尼器的第二直线电磁作动器21,第二直线电磁作动器21的定子(或动子)与主悬架单元1相连,第一直线电磁作动器11、第二直线电磁作动器21之间相互电连接形成回路。本实施例轮毂电机单元2中的第二直线电磁作动器21可作为发电机回收振动能量,并供给通过主悬架单元1中的直线电磁作动器11用于悬架主动控制,从而实现主动悬架能量完全自供给;在主悬架单元1出现问题时,液压阻尼器13也能及时调整进入被动悬架状态。本实施例中第一直线电磁作动器11用于进行发电或者提供主动控制;第二直线电磁作动器21安装在车轮上作为减震阻尼器,与轮毂电机35悬挂连接,用于振动控制与能量回收,依靠回收振动能量供给直线电磁作动器11,为全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统的能量自供给提供保障。

[0024] 第一直线电磁作动器11、第二直线电磁作动器21均可实现主动控制、半主动控制、模拟被动控制。主动控制需要外部输入能量,半主动控制与模拟被动控制可实现系统能量回收,二者组合最多可实现9种工作状态,具有控制可塑性强及节能的特点。较好工况下,第一直线电磁作动器11和第二直线电磁作动器21均通过模拟阻尼特性可以共同处于发电状态,此时,悬架系统可以向车辆提供更多的能量。一般工况下,第二直线电磁作动器21通过模拟阻尼,可以一直处于发电状态,第一直线电磁作动器11采用振动主动控制以获取更优的车辆舒适性。此时,第一直线电磁作动器11交替工作于电动机状态与发电机状态,整个系统不仅可实现完全自供能,还具又产生多余可回收能量的潜力,有效提高车辆经济性。极限工况下,第二直线电磁作动器21采用半主动控制策略,实现驱动电机的振动抑制,第一直线电磁作动器11采用减少轮胎力波动的主动控制策略,有效保证车辆的操纵稳定性。此时B交替处于无输出力的待机状态及发电状态,第一直线电磁作动器11交替工作于电动机状态与发电机状态,整个系统处于完全自供能状态。

[0025] 本实施例中馈能部分包括第一直线电磁作动器11和第二直线电磁作动器21,二者均可以模拟被动悬架、半主动悬架、主动悬架状态。当模拟被动悬架与半主动状态时,第一直线电磁作动器11和第二直线电磁作动器21均可以利用悬架振动进行发电,向系统输出能量;二者区别在于第二直线电磁作动器21只需减振发电,为悬架系统供能或者将多余能量输出到动力电池之中,而第一直线电磁作动器11需要更多的关注车辆信息,随时在减振发电和主动控制之间切换,以维持车辆的乘坐舒适性。

[0026] 其中,第一直线电磁作动器11和第二直线电磁作动器21二者组合最多可实现9种工作状态如下:(1)第一直线电磁作动器11模拟被动悬架状态,第二直线电磁作动器21模拟被动悬架状态:此时路面状况极佳,2个直线电磁作动器只需负责将振动能量转化为电能输出到车辆动力电池中,而无需关注车辆的各项性能。(2)第一直线电磁作动器11模拟半主动悬架状态,第二直线电磁作动器21模拟被动悬架状态:此时路面状况一般,只需第一直线电磁作动器11模拟半主动悬架状态,无需耗能,第二直线电磁作动器21则将振动能量转化为

电能,输出到动力电池之中。(3)第一直线电磁作动器11模拟主动悬架状态,第二直线电磁作动器21模拟被动悬架状态:此时路面状况较差,第一直线电磁作动器11处于主动悬架状态来维持车辆的操纵稳定性和乘坐舒适性,第二直线电磁作动器21可以处于发电状态,悬架系统可以保证全自馈能,且有多余能量输出到动力电池之中。(4)第一直线电磁作动器11模拟主动悬架状态,第二直线电磁作动器21模拟半主动悬架状态:此时路面状况极差,需要第一直线电磁作动器11处于主动悬架状态来维持车辆的操纵稳定性和乘坐舒适性,不过,第二直线电磁作动器21仍然可以一半耗能,一半发电状态此时,悬架系统可以保持全自供能。(5)第一直线电磁作动器11模拟主动悬架状态,第二直线电磁作动器21模拟主动悬架状态:为保障系统判定准确性以及减少判定步骤以提高判定效率,此种情况暂不考虑。(6)第一直线电磁作动器11模拟被动悬架状态,第二直线电磁作动器21模拟半主动悬架状态:为保障系统判定准确性以及减少判定步骤以提高判定效率,此种情况暂不考虑。(7)第一直线电磁作动器11模拟被动悬架状态,第二直线电磁作动器21模拟主动悬架状态:为保障系统判定准确性以及减少判定步骤以提高判定效率,此种情况暂不考虑。(8)第一直线电磁作动器11模拟半主动悬架状态,第二直线电磁作动器21模拟半主动悬架状态:为保障系统判定准确性以及减少判定步骤以提高判定效率,此种情况暂不考虑。(9)第一直线电磁作动器11模拟半主动悬架状态,第二直线电磁作动器21模拟主动悬架状态:为保障系统判定准确性以及减少判定步骤以提高判定效率,此种情况暂不考虑。

[0027] 如图2和图3所示,主悬架单元1还包括液压阻尼器13,液压阻尼器13和直线电磁作动器11串行连接,液压阻尼器13为具有大、小阻尼两种工作状态的两位可调节流孔阻尼器。液压阻尼器13用于调节被动悬架状态的液压阻尼,只有主动悬架出现故障时,才会启用液压阻尼器13来保障车辆行驶安全,直线电磁作动器11正常工作时,液压阻尼器13工作在小阻状态,减少对系统的影响。当直线电磁作动器11发生故障时,液压阻尼器13切换至大阻尼状态,确保车辆安全。

[0028] 如图2和图3所示,减振弹簧12包括上弹簧121和下弹簧122,上弹簧121和下弹簧122均起到减震的作用,第一直线电磁作动器11的动子上连接有活塞杆111,活塞杆111用于安装第一直线电磁作动器11的动子部分同时进行活塞运动发电或者提供主动控制,液压阻尼器13安装在活塞杆111的内腔中,活塞杆111的端部连接有上支座14,液压阻尼器13的液压缸131与活塞杆111同轴布置,液压缸131用于提供被动悬架状态下的液压力,液压缸131的外壁上设有中支座15,第一直线电磁作动器11的定子上安装有下支座16,上弹簧121抵触在上支座14、中支座15之间,下弹簧122抵触在中支座15、下支座16之间,上支座14用于为上弹簧121提供支撑,中支座15同时为上弹簧121和下弹簧122提供支撑,下支座16用于为下弹簧122提供支撑。上支座14、中支座15、下支座16均通过焊接固定。上弹簧121和液压缸131部分并联,在第一直线电磁作动器11正常时,并不工作,一旦第一直线电磁作动器11出现故障,可以切换为上弹簧121和液压缸131部分共同作用,充当液压被动悬架。上弹簧121和下弹簧122的刚度不可调节,但是,下弹簧122和第一直线电磁作动器11并联,再与上弹簧121串联后,可以通过主动控制第一直线电磁作动器11的阻抗输出力实现悬架阻尼的主动控制。第一直线电磁作动器11也可以利用悬架振动能量进行发电,此时悬架处于被动控制状态。

[0029] 如图2和图3所示,中支座15为与液压缸131同轴、且被液压缸131贯穿布置的杯状

结构,且杯状结构的内壁和液压缸131的外壁之间形成第一定位槽151,且杯口外翻形成第二定位槽152,上弹簧121的下端插设布置在第一定位槽151中,下弹簧122的上端插设布置在第二定位槽152中。

[0030] 如图2和图3所示,第一直线电磁作动器11的定子上还安装有定子底座17,定子底座17用于固定主悬架单元1,定子底座17的底部安装有下吊耳171,下吊耳171用于连接簧下部分,活塞杆111的端部设有保护罩18,保护罩18用于保护第一直线电磁作动器11,保护罩18的顶部安装有上吊耳181。上吊耳181固定在保护罩18上,用于与簧上部分(车身)铰接,下吊耳171固定(铰接)在定子底座17上且与车轮连接。

[0031] 如图1、图2和图3所示,主悬架单元1上铰接连接有主悬挂底座19,主悬挂底座19用于连接主悬架单元1和车轮以及轮毂电机单元2,主悬挂底座19与第二直线电磁作动器21的定子相连,第二直线电磁作动器21的动子和车轮相连。

[0032] 本实施例中,主悬挂底座19上设有内凹形成的圆形安装孔,第二直线电磁作动器21设计为柱体状,从而方便地实现主悬挂底座19、第二直线电磁作动器21之间的安装配合。

[0033] 如图1、图2和图3所示,轮毂电机单元2还包括用于安装固定在车轮上的电机支撑座22和弹簧支撑23,第二直线电磁作动器21的动子上设有一对沿竖直方向布置的中心轴211,中心轴211的两端各固定在一个电机支撑座22上,第二直线电磁作动器21的定子和弹簧支撑23之间连接有至少一个减震弹簧24。电机支撑座22用于为第二直线电磁作动器21提供支撑功能,弹簧支撑23用于为减震弹簧24提供支撑功能,减震弹簧24用于减震。

[0034] 本实施例中,第二直线电磁作动器21的中心轴211通过2个电机支撑座22固定在主悬挂底座37上,4个弹簧支撑23一端分别连接4个减震弹簧24,另一端固定在悬挂固定盘37上,4个减震弹簧24则共同承担主悬挂底座19的减震作用。

[0035] 如图1、图2和图3所示,为获取足够的刚度与良好稳定性,减震弹簧24的数量为4个,且两个减震弹簧24沿竖直方向装在第二直线电磁作动器21的定子顶部,两个减震弹簧24沿竖直方向装在第二直线电磁作动器21的定子底部。

[0036] 如图1、图2和图3所示,本实施例提供一种汽车,汽车的车轮3上安装有前述的全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统。

[0037] 如图1、图2和图3所示,本实施例中车轮3包括轮毂31和安装在轮毂31上的轮胎32,轮毂31内设有横向导向装置33、挠性联轴节34、轮毂电机35和轴承座36,轮毂31通过横向导向装置33与挠性联轴节34的一端相连,挠性联轴节34的另一端与轮毂电机35的输出轴固连,轴承座36中设有悬挂固定盘37,轮毂电机单元2安装在悬挂固定盘37上,轮毂31和轴承座36之间设有制动器38。本实施例中,前述轮毂31、制动器38、轴承座36、挠性联轴节34、轮毂电机35等均为同轴布置。

[0038] 其中,轮毂31用于安装轮毂电机35;轮胎32与地面接触,提供摩擦力;横向导向装置33用于对轮毂电机35振动进行导向;挠性联轴节34用于连接轮毂电机35与轮毂31并传递扭矩;轮毂电机35用于为车轮提供动力;轴承座36为轮毂31与悬挂的底座的转动副;悬挂固定盘37用于连接和固定轮毂电机35和第二直线电磁作动器21部分;制动器38即刹车盘,用于为汽车提供制动力。

[0039] 本实施例中,轮胎32安装在轮毂31上,通过螺栓将轮毂31、制动器38以及轴承座36串联。挠性联轴节34、横向导向装置33、轮毂31也通过螺栓进行连接。轮毂电机35的外壳通

过螺栓同轴固定在挠性联轴节34上。减震弹簧24一端固定在悬挂固定盘37上,另一端固定在主悬挂底座19上,第二直线电磁作动器21电机轴两端与悬挂固定盘37固定连接,外壳与主悬挂底座19固连,悬挂固定盘37与轮毂电机35定子采用类花键连接并用螺栓进行轴向紧固。电机支撑座22和弹簧支撑23均通过焊接固定在悬挂固定盘37上,4个弹簧支撑23和2个电机支撑座22关于过悬挂固定盘37圆心和第二直线电磁作动器21电机轴垂直的平面对称分布。第二直线电磁作动器21中心轴固定在2个电机支撑座22上,同时贯通固定在主悬挂底座19的第二直线电磁作动器21定子。4个减震弹簧24分别将一端焊接固定在弹簧支撑23上,另一端通过弹簧卡槽固定在悬挂固定盘37上。主悬挂底座19与主悬架通过下吊耳171采用铰接,主悬挂底座19的一端加工出小凸台与轴承座36连接,且悬挂固定盘37为环状,内壁凸台部分与第二直线电磁作动器21定子外壳通过螺栓连接。

[0040] 本实施例全自供能轮毂电机馈能电磁悬架系统的减震原理等效图如图4所示,其中 a 表示车身的簧载质量, b 表示车轮的簧下质量, c 表示轮毂电机35的电机质量。 K_A 表示上弹簧121的刚度, K_B 表示下弹簧122的刚度, K_C 表示减震弹簧24的刚度, C_s 表示液压阻尼器13的阻尼, M_1 表示第一直线电磁作动器11, M_2 表示第二直线电磁作动器21。参见图4可知,在车轮和车身之间,第一直线电磁作动器11形成单独的一路主动支撑,可实现发电或者减震;上弹簧121、液压阻尼器13两者并联后再与下弹簧122串联形成一路被动支撑,可实现减震;车轮的簧下部分和轮毂电机35之间,则有减震弹簧24、第二直线电磁作动器21两路独立支撑,均起到减震功能,区别在于第二直线电磁作动器21可实现能量回馈。

[0041] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,本发明的保护范围并不局限于上述实施例,凡属于本发明思路下的技术方案均属于本发明的保护范围。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理前提下的若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

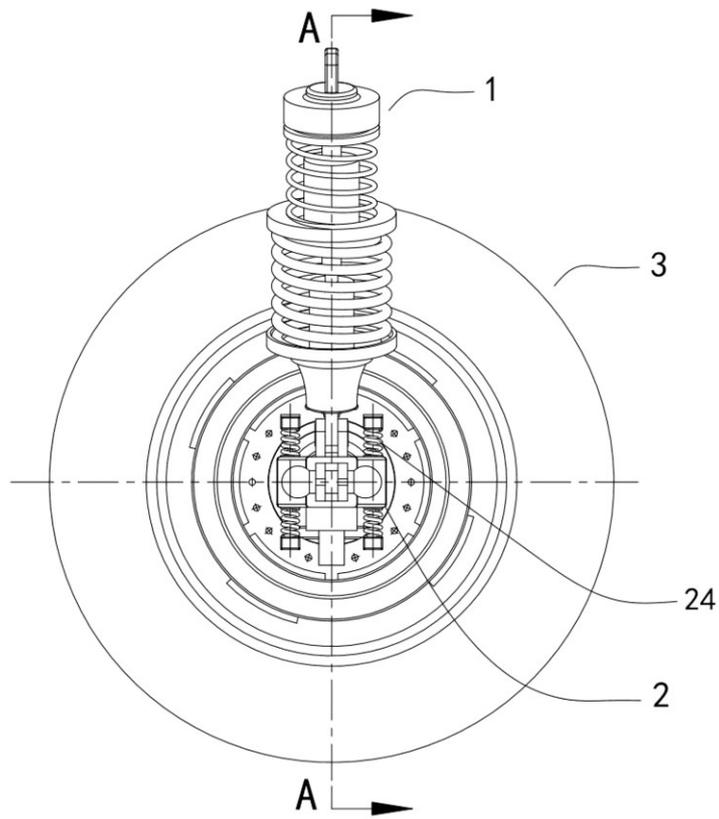


图 1

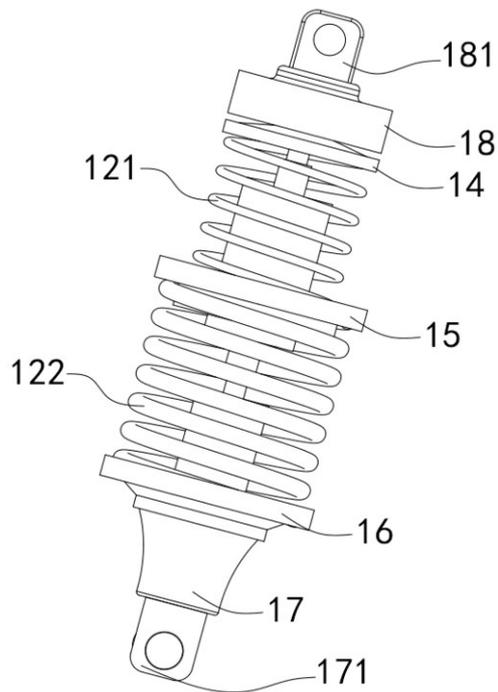


图 2

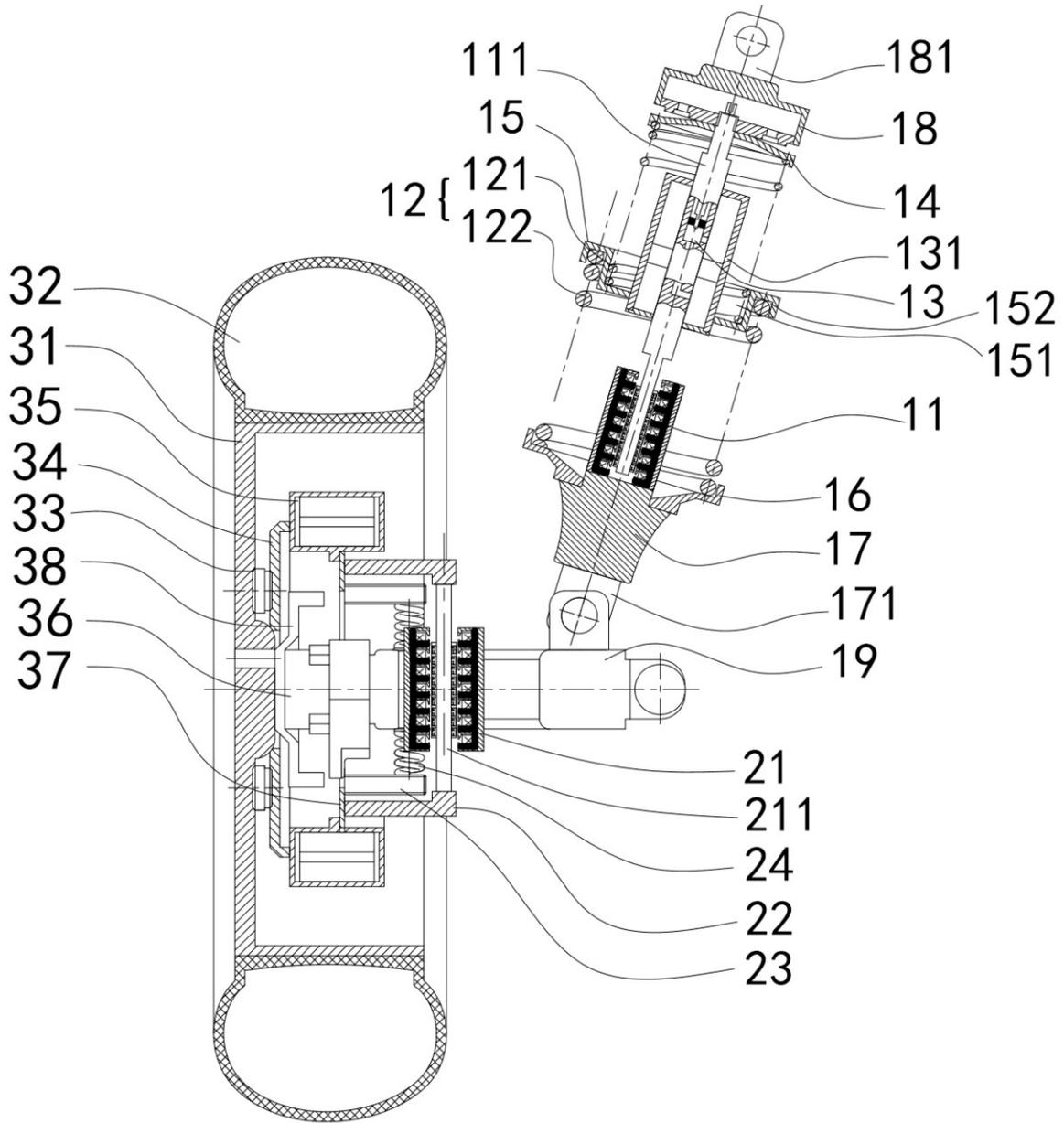


图 3

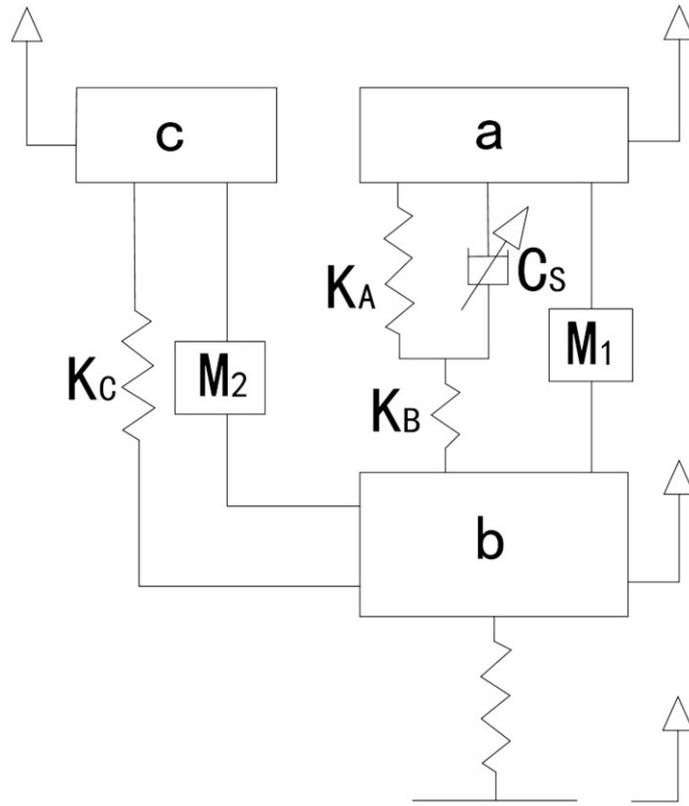


图 4