



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115263964 B

(45) 授权公告日 2025. 03. 21

(21) 申请号 202210649657.5

B60G 13/14 (2006.01)

(22) 申请日 2022.06.10

F03G 7/08 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115263964 A

(56) 对比文件

CN 105782332 A, 2016.07.20

(43) 申请公布日 2022.11.01

审查员 郑成洲

(73) 专利权人 燕山大学

地址 066004 河北省秦皇岛市河北大街西
段438号

(72) 发明人 李昊 程鹏 宋健 湛永全

(74) 专利代理机构 北京市诚辉律师事务所

11430

专利代理师 刘婷 朱伟军

(51) Int. Cl.

F16F 7/00 (2006.01)

F16F 6/00 (2006.01)

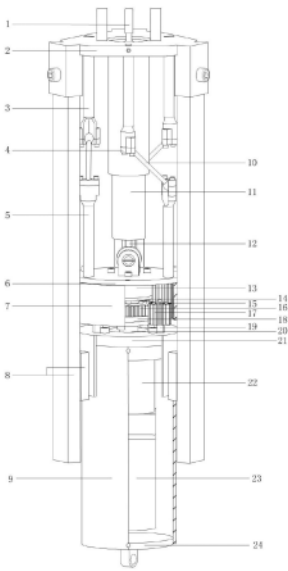
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种减振器及其控制系统

(57) 摘要

本申请属于车辆技术领域,特别是涉及一种减振器及其控制系统。现有的减振器结构复杂,制造成本高,难以广泛推广;发电机输入转速低,振动能量转化效率不够,且刚度及运载能力有待提高。本申请提供了一种减振器,包括依次连接的第一吊环、第一盖体、连杆机构、第一盘体、第二盘体、第二盖体和第二吊环,第一盘体上设置有中心轴,中心轴与增速器连接,增速器设置于第二盘体上,增速器与直线电机连接,中心轴与限位组件连接,第二盘体上设置有滑块,第一盘体上设置有滑轨,滑块在滑轨上滑动,第一盖体与第一盘体之间设置有阻尼器,阻尼器一端穿过第一盖体,阻尼器另一端与第一盘体连接。体积小、结构简单、发电效率高、刚度大、承载能力强。



1. 一种减振器,其特征在于:包括依次连接的第一吊环、第一盖体、连杆机构、第一盘体、第二盘体、第二盖体和第二吊环,所述第一盘体上设置有中心轴,所述中心轴与增速器连接,所述增速器设置于所述第二盘体上,所述增速器与直线电机连接,所述中心轴与限位组件连接,所述第二盘体上设置有滑块,所述第一盘体上设置有滑轨,所述滑块在所述滑轨上滑动,所述第一盖体与所述第一盘体之间设置有阻尼器,所述阻尼器一端穿过所述第一盖体,所述阻尼器另一端与所述第一盘体连接;

所述连杆机构为3组,所述阻尼器设置于所述连杆机构之间,所述连杆机构包括依次连接的第一杆体、第二杆体和第三杆体,所述第一杆体一端与所述第一盖体固定连接,所述第一杆体另一端设置有第一球形凹槽,所述第二杆体一端为第一球端,所述第二杆体另一端为第二球端,所述第三杆体一端与所述第一盘体固定连接,所述第三杆体另一端设置有第二球形凹槽,所述第一球端与所述第一球形凹槽铰接,所述第二球端与所述第二球形凹槽铰接;

所述中心轴通过中心轴连接套与所述第一盘体连接,所述中心轴一端通过第一单向轴承与所述中心轴连接套连接,所述第一单向轴承设置于所述中心轴连接套内,所述中心轴、所述第一单向轴承与所述中心轴连接套由内到外依次设置;所述中心轴另一端与第二单向轴承连接,所述第二单向轴承与内侧齿轮连接,所述第一盘体与外侧齿圈连接,所述中心轴、所述第二单向轴承、所述内侧齿轮、行星轮与所述外侧齿圈由内到外依次设置,所述内侧齿轮、所述行星轮与所述外侧齿圈依次啮合,所述第一单向轴承与所述第二单向轴承转动方向相同;

所述增速器通过增速器连接套与所述中心轴连接,所述增速器与所述第二盘体固定连接,所述增速器与所述直线电机固定连接;

当第一盖体与第一盘体相向运动时,连接在第一盘体上的中心轴连接套和外侧齿圈同步沿逆时针方向转动,第一单向轴承自锁,第二单向轴承自由转动,由中心轴连接套带动中心轴逆时针转动,带动直线电机输入轴转动完成电量输出;

当第一盖体与第一盘体反向运动时,连接在第一盘体上的中心轴连接套和外侧齿圈同步沿顺时针方向转动,第一单向轴承自由转动,第二单向轴承自锁,由内侧齿轮带动中心轴逆时针转动,带动直线电机输入轴转动完成电量输出。

2. 如权利要求1所述的减振器,其特征在于:所述第二盖体与筒体一端连接,所述筒体另一端与所述第二盘体连接,所述增速器设置于所述筒体内,所述直线电机设置于所述筒体内。

3. 如权利要求1所述的减振器,其特征在于:所述中心轴连接套与挡盖连接。

4. 如权利要求1所述的减振器,其特征在于:3组所述连杆机构并联。

5. 如权利要求1所述的减振器,其特征在于:所述行星轮、轴承与行星轴由外到内依次设置,所述行星轴与所述第二盘体固定连接。

6. 一种如权利要求1~5中任一项所述减振器的控制系统,其特征在于:所述减振器一端与簧载质量连接,所述簧载质量上设置有簧载质量加速度传感器,所述减振器另一端与非簧载质量连接,所述非簧载质量上设置有非簧载质量加速度传感器,所述簧载质量加速度传感器与控制器连接,所述非簧载质量加速度传感器与所述控制器连接,所述控制器与电能回收电路连接。

7. 如权利要求6所述的控制系统,其特征在于:所述电能回收电路包括依次连接的电流传感器、整流器、变换器、超级电容、蓄电池组和可控恒流源电路,所述电流传感器与所述控制器连接,所述变换器与所述控制器连接,所述可控恒流源电路与所述控制器连接,所述整流器与所述直线电机连接,所述可控恒流源电路与所述直线电机连接。

一种减振器及其控制系统

技术领域

[0001] 本申请属于车辆技术领域,特别是涉及一种减振器及其控制系统。

背景技术

[0002] 车辆减振器安置于车体与车轮之间,用以消除由颠簸路面产生的振动冲击对车身的舒适性能的不利影响,可以改善乘坐舒适性。随着社会科技文明的高速发展,汽车工业正在朝着科技化、智能化的方向发展,这也对主动悬架系统提出了更高的要求,尤其是能量方面。作为悬架系统的主要部件之一,传统减振器将振动产生的能量以热能的形式散播到空气中。然而最近的研究证实这部分能量完全可以收集起来用于汽车的驱动,甚至是悬架的控制。

[0003] 现有的减振器结构复杂,作为主动悬架减振器时控制响应相对较慢;制造成本高,难以广泛推广;发电机输入转速低,振动能量转化效率不够,且刚度及运载能力有待提高。

发明内容

[0004] 1.要解决的技术问题

[0005] 基于现有的减振器结构复杂,作为主动悬架减振器时控制响应相对较慢;制造成本高,难以广泛推广;发电机输入转速低,振动能量转化效率不够,且刚度及运载能力有待提高的问题,本申请提供了一种减振器及其控制系统。

[0006] 2.技术方案

[0007] 为了达到上述的目的,本申请提供了一种减振器,包括依次连接的第一吊环、第一盖体、连杆机构、第一盘体、第二盘体、第二盖体和第二吊环,所述第一盘体上设置有中心轴,所述中心轴与增速器连接,所述增速器设置于所述第二盘体上,所述增速器与直线电机连接,所述中心轴与限位组件连接,所述第二盘体上设置有滑块,所述第一盘体上设置有滑轨,所述滑块在所述滑轨上滑动,所述第一盖体与所述第一盘体之间设置有阻尼器,所述阻尼器一端穿过所述第一盖体,所述阻尼器另一端与所述第一盘体连接。

[0008] 本申请提供的另一种实施方式为:所述第二盖体与筒体一端连接,所述筒体另一端与所述第二盘体连接,所述增速器设置于所述筒体内,所述直线电机设置于所述筒体内。

[0009] 本申请提供的另一种实施方式为:所述连杆机构为3组,所述阻尼器设置于所述连杆机构之间,所述连杆机构包括依次连接的第一杆体、第二杆体和第三杆体,所述第一杆体一端与所述第一盖体固定连接,所述第一杆体另一端设置有第一球形凹槽,所述第二杆体一端为第一球端,所述第二杆体另一端为第二球端,所述第三杆体一端与所述第一盘体固定连接,所述第三杆体另一端设置有第二球形凹槽,所述第一球端与所述第一球形凹槽铰接,所述第二球端与所述第二球形凹槽铰接。

[0010] 本申请提供的另一种实施方式为:所述中心轴通过中心轴连接套与所述第一盘体连接,所述中心轴一端通过第一单向轴承与所述中心轴连接套连接,所述第一单向轴承设置于所述中心轴连接套内,所述中心轴、所述第一单向轴承与所述中心轴连接套由内到外

依次设置;所述中心轴另一端与第二单向轴承连接,所述第二单向轴承与内侧齿轮连接,所述第一盘体与外侧齿圈连接,所述中心轴、所述第二单向轴承、所述内侧齿轮、所述行星轮与所述外侧齿圈由内到外依次设置,所述内侧齿轮、所述行星轮与所述外侧齿圈依次啮合,所述第一单向轴承与所述第二单向轴承转动方向相同。

[0011] 本申请提供的另一种实施方式为:所述增速器通过增速器连接套与所述中心轴连接,所述增速器与所述第二盘体固定连接,所述增速器与所述直线电机固定连接。

[0012] 本申请提供的另一种实施方式为:所述中心轴连接套与挡盖连接。

[0013] 本申请提供的另一种实施方式为:3组所述连杆机构并联。

[0014] 本申请提供的另一种实施方式为:所述行星轮、轴承与行星轴由外到内依次设置,所述行星轴与所述第二盘体固定连接。

[0015] 本申请还提供一种所述减振器的控制系统,所述减振器一端与簧载质量连接,所述簧载质量上设置有簧载质量加速度传感器,所述减振器另一端与非簧载质量连接,所述非簧载质量上设置有非簧载质量加速度传感器,所述簧载质量加速度传感器与控制器连接,所述非簧载质量加速度传感器与所述控制器连接,所述控制器与电能回收电路连接。

[0016] 本申请提供的另一种实施方式为:所述电能回收电路包括依次连接的电流传感器、整流器、变换器、超级电容、蓄电池组和可控恒流源电路,所述电流传感器与所述控制器连接,所述变换器与所述控制器连接,所述可控恒流源电路与所述控制器连接,所述整流器与所述直线电机连接,所述可控恒流源电路与所述直线电机连接。

[0017] 3.有益效果

[0018] 与现有技术相比,本申请提供的减振器及其控制系统的有益效果在于:

[0019] 本申请提供的减振器,为一种复合行星齿轮传动的少自由度串联馈能减振器,为将车辆行驶过程产生的振动能量转变为电能的馈能式减振器。

[0020] 本申请提供的减振器,为体积小、结构简单、发电效率高、刚度大、承载能力强和运动精度高、普遍适用的汽车馈能减振器。

[0021] 本申请提供的减振器,能够将汽车悬架震动时的机械能转化为电能,给汽车的电池进行充电或作用于车辆的其他方面的功能,提高电动汽车的续航能力,对能源的利用效率;还能调节悬架的阻尼特性以提升车辆的舒适性。

[0022] 本申请提供的减振器,实现振动能量的转化与对外输出;还能根据路况的不同采用不同的控制模式使悬架在主动悬架、半主动悬架和被动悬架之间切换,以实现阻尼适应路况的功能。

[0023] 本申请提供的减振器,通过第一杆体、第三杆体及第二杆体组成的多连杆机构、第一盖体、第一盘体的使用,实现了将竖直方向的上下运动转化为旋转运动的功能;由于单向轴承可以在一个方向可以自由转动,在另一个方向锁死,单向轴承一和单向轴承二的布置使得中心轴连接套与内侧齿轮在运动的过程中一个能带动中心轴转动,另一个只能空转,且中心轴连接套与内侧齿轮的旋转方向始终相反,使得增速器输入轴能始终沿单一方向的旋转,进而保证了直线电机的旋转方向不变,避免了由于转换旋转方向带来的能量损失,同时延长电机的使用寿命。

[0024] 本申请提供的减振器,采用天一地棚混合控制策略,能够将汽车悬架振动时的机械能转化为电能,给汽车的充电电池进行充电或者储存起来作为他用,提高电动汽车的续

航能力和舒适性,以及对能源的利用效率。

附图说明

- [0025] 图1是本申请的减振器结构示意图;
[0026] 图2是本申请的减振器剖视结构示意图;
[0027] 图3是本申请的减振器局部第一结构示意图;
[0028] 图4是本申请的减振器局部第二结构示意图;
[0029] 图5是本申请的作为半主动悬架的减振器时的控制原理示意图。

具体实施方式

[0030] 在下文中,将参考附图对本申请的具体实施例进行详细地描述,依照这些详细的描述,所属领域技术人员能够清楚地理解本申请,并能够实施本申请。在不违背本申请原理的情况下,各个不同的实施例中的特征可以进行组合以获得新的实施方式,或者替代某些实施例中的某些特征,获得其它优选的实施方式。

[0031] 参见图1~5,本申请提供一种减振器,包括依次连接的第一吊环、第一盖体2、连杆机构、第一盘体6、第二盘体21、第二盖体24和第二吊环,所述第一盘体6上设置有中心轴18,所述中心轴18与增速器22连接,所述增速器22设置于所述第二盘体21上,所述增速器22与直线电机23连接,所述中心轴18与限位组件连接,所述第二盘体21上设置有滑块8,所述第一盘体6上设置有滑轨,所述滑块8在所述滑轨上滑动,所述第一盖体2与所述第一盘体6之间设置有阻尼器11,所述阻尼器11一端穿过所述第一盖体2,所述阻尼器11另一端与所述第一盘体6连接。

[0032] 通过第一吊环和第二吊环固定在车架与车桥之间;第二盘体21带动负责能量转换的增速器22与直线电机23在滑轨上做竖直方向上的滑动并对连杆机构进行压缩或者拉伸,连杆机构将运动转化为第一盘体6的旋转,第一盘体6直接带动中心轴18在限位组件限位下只能带动中心轴18往一个方向运动,中心轴18通过增速器22进而带动直线电机23单向转动并持续发电。缓和路面的冲击由阻尼器11来完成,阻尼器11的上吊环1与第一盖体2的两个吊环同轴固定于车架,阻尼器11的下吊环12与第一盘体6通过销连接。

[0033] 三条滑轨与滑块8通过螺栓固定于第一盖体2的三个侧面,第二盘体21是一个带变径裙部的圆盘,第二盘体通过侧面的三个延伸板分别与三个滑块8固定,筒体9通过螺栓固定于第二盘体21的裙部,第二盖体24是一个带吊环的圆盘,第二盖体24通过螺栓固定于筒体9的内壁,第二盖体上的吊环用于连接车桥,还有用于布置线束的圆孔。

[0034] 进一步地,所述第二盖体24与筒体9一端连接,所述筒体9另一端与所述第二盘体21连接,所述增速器22设置于所述筒体9内,所述直线电机23设置于所述筒体9内。

[0035] 汽车行驶过程中由于路面颠簸造成悬架上下振动,因为本申请的使用状态是阻尼器11上吊环1与第一盖体吊环同轴心的跟汽车车身销轴连接,筒体9第二盖体的吊环与车桥销轴连接,筒体9则固定在第二盘体21上,第二盘体21通过与滑块8的连接实现了将悬架震动时的筒体9相对于第一盖体2的上下运动先转化为第二盘体21在滑轨上的滑动,这样就限制住整个阻尼器11的运动方向,便于阻尼器11的安装与能量转化部分的设计布置;再通过增速器22与第二盘体21的固定,增速器22、增速器连接套20、中心轴18及第一盘体6之间的

连接与固定,进而将悬架的振动转变为了第一盖体2相对于第一盘体6的竖直上下运动,还有转动。

[0036] 进一步地,所述连杆机构为3组,所述阻尼器11设置于所述连杆机构之间,所述连杆机构包括依次连接的第一杆体3、第二杆体10和第三杆体5,所述第一杆体3一端与所述第一盖体2固定连接,所述第一杆体3另一端设置有第一球形凹槽,所述第二杆体10一端为第一球端,所述第二杆体10另一端为第二球端,所述第三杆体5一端与所述第一盘体6固定连接,所述第三杆体5另一端设置有第二球形凹槽,所述第一球端与所述第一球形凹槽铰接,所述第二球端与所述第二球形凹槽铰接。

[0037] 进一步地,所述中心轴18通过中心轴连接套13与所述第一盘体6连接,所述中心轴18一端通过第一单向轴承25与所述中心轴连接套13连接,所述第一单向轴承25设置于所述中心轴连接套13内,所述中心轴18、所述第一单向轴承25与所述中心轴连接套13由内到外依次设置;所述中心轴18另一端与第二单向轴承27连接,所述第二单向轴承27与内侧齿轮16连接,所述第一盘体6与外侧齿圈7连接,所述中心轴18、所述第二单向轴承27、所述内侧齿轮16、所述行星轮17与所述外侧齿圈7由内到外依次设置,所述内侧齿轮16、所述行星轮17与所述外侧齿圈7依次啮合,所述第一单向轴承25与所述第二单向轴承27转动方向相同。

[0038] 传动部分有三根第一杆体3分别固定于第一盖体2的三个长圆孔内,并通过第一盖体2侧面的螺栓锁紧,同样形状的三根第三杆体5分别固定于第一盘体6的三个长圆孔内,并通过第一盘体6侧面的螺栓锁紧,三根第二杆体的两个球端分别嵌入第一杆体、第三杆体与底杆4形成的球形凹槽内形成铰接,这9根杆共同构成3路并联的连杆机构;中心轴连接套13与外侧齿圈7都通过螺栓与第一盘体6同轴心的固定在一起,在中心轴连接套内有一第一单向轴承25,第一单向轴承25外圈和内圈都通过平键分别与中心轴连接套13和中心轴18固定实现同步转动,中心轴连接套13下通过螺栓固定有挡盖14防止单向轴承一脱落;中心轴18下半部分还与第二单向轴承27的内圈通过平键保持固定和同步转动,第二单向轴承27的外圈通过平键与内侧齿轮16固定并保持同步转动,在外侧齿圈7与内侧齿轮16中间有三根均布的下端自带螺纹的行星轮轴19,三根行星轮轴19分别固定于第二盘体21的三个螺纹孔内,三根行星轴19上从里向外都依次套有轴承26和行星轮17,行星轮轴顶部还有螺栓固定的行星轮挡盖14;中心轴18的法兰盘与增速器连接套20的法兰盘通过螺栓连接保持同步转动。

[0039] 进一步地,所述增速器22通过增速器连接套13与所述中心轴18连接,所述增速器22与所述第二盘体24固定连接,所述增速器22与所述直线电机23固定连接。

[0040] 能量转化部分中增速器22的输入轴与增速器连接套20通过平键固定实现同步,同时通过增速器21的法兰盘用螺栓固定于第二盘体21上,增速器22下部与直线电机23通过螺栓固定。

[0041] 进一步地,所述行星轮17、轴承26与行星轴19由外到内依次设置,所述行星轴19与所述第二盘体24固定连接。

[0042] 第一盖体2与第一盘体6相向运动过程:

[0043] 当第一盖体2与第一盘体6相向运动时,由于第一盘体6固定,在多连杆机构的作用下第一盘体6会有逆时针方向的转动,连接在第一盘体6上的中心轴连接套13和外侧齿圈7同步沿逆时针方向转动,但通过行星轮17的传动,内侧齿轮16会变为顺时针方向的转动,第

一单向轴承25自锁,第二单向轴承27自由转动,由中心轴连接套13带动中心轴18逆时针转动,增速器22连接套跟随中心轴18逆时针转动的同时,驱动增速器22输入轴旋转,从而带动直线电机23输入轴转动完成电量输出。此过程中第二杆体10趋于水平。

[0044] 第一盖体2与第一盘体6反向运动过程:

[0045] 当第一盖体2与第一盘体6反向运动时,由于第一盘体6固定,在多连杆机构的作用下第一盘体6会有顺时针方向的转动,连接在第一盘体6上的中心轴连接套13和外侧齿圈7同步沿顺时针方向转动,但通过行星轮17的传动,内侧齿轮16会变为逆时针方向的转动,第一单向轴承25自由转动,第二单向轴承27自锁,由内侧齿轮16带动中心轴18逆时针转动,增速器连接套13跟随中心轴18逆时针转动的同时,驱动增速器22输入轴旋转,从而带动直线电机23输入轴转动完成电量输出。此过程中第二杆体20趋于竖直。

[0046] 如此往复,而双连杆倾斜偏向始终保持不变,直线电机23始终向同一方向旋转,连续输出电量。

[0047] 本申请还提供一种所述减振器的控制系统,所述减振器一端与簧载质量30连接,所述簧载质量30上设置有簧载质量加速度传感器28,所述减振器另一端与非簧载质量31连接,所述非簧载质量31上设置有非簧载质量加速度传感器29,所述簧载质量加速度传感器28与控制器32连接,所述非簧载质量加速度传感器29与所述控制器32连接,所述控制器32与电能回收电路连接。控制系统还能实现主动、半主动、被动三种减振模式的转换,以获得最佳的舒适性和最大的能量回收。本减振器具有减震性能好、发电效率高、结构简单、刚度大、承载能力强和运动精度高等优点。

[0048] 进一步地,所述电能回收电路包括依次连接的电流传感器33、整流器34、变换器35、超级电容36、蓄电池组37和可控恒流源电路38,所述电流传感器33与所述控制器32连接,所述变换器35与所述控制器32连接,所述可控恒流源电路38与所述控制器32连接,所述整流器34与所述直线电机23连接,所述可控恒流源电路38与所述直线电机23连接。

[0049] 控制器32输入端接有用于监测簧载质量30加速度的簧载质量加速度传感器28,用于监测非簧载质量31加速度的非簧载质量加速度传感器29和用于监测整流器34中的电流大小的电流传感器33,控制器32的输出端分别用于控制DC-DC变换器35和可控恒源电路38,电能回收电路的起点始于直线电机23,经整流器34整流,DC-DC变换器35变压,暂时将电能储存在超级电容36中,超级电容输出端接有蓄电池组37,蓄电池组38给可控恒源电路供电。

[0050] 直线电机23的应用,减振器不仅可以用于发电,还可以产生一定的阻尼力来调节悬架的舒适度。其控制原理如下,簧载质量加速度传感器28和非簧载质量加速度传感器29采集悬架振动过程中簧载质量的加速度和非簧载质量的加速度并将信息传送给控制器进行处理,得到簧载质量30的速度 $\dot{x}_1$ 和非簧载质量31的速度 $\dot{x}_2$; 控制器根据这两个参数判断悬架的工作模式,当 $\dot{x}_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) < 0$ 时,此时悬架为主动悬架,直线电机23需要额外的电能来维持一定大小的阻尼; 当 $\dot{x}_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \geq 0$ 时,若直线电机23所提供的阻尼力 U 能满足理想天一地棚混合控制所需的阻尼力 u , 此时悬架处于半主动模式,不需要额外的能量,还能输出一部分电能; 当 $\dot{x}_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) < 0$ 且 $\dot{x}_2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) > 0$ 时,或者当 $\dot{x}_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \geq 0$ 且直线电机23所提供的阻尼力 U 不能满足理想天一地棚混合控制策略所需的阻尼力 u 时,此时悬架处于被动模式,不需要额外的能量,同时还能输出一部分电能。

[0051] 实施例

[0052] 整套馈能减振器包括整体支撑、运动转换机构及能量转换部分构成；整个减振器通过第一盖体2与第二盖体24的吊环及轴销固定在汽车中，第二盘体21下部固定的能量转换部分与上面的运动转换部分通过滑轨与滑块8的作用在三条导轨围成的空间做竖直上下的运动；运动转换机构中的底杆都是通过孔座配合并用螺栓固定，只有第二杆体10是铰接，而且在运转时始终达不到竖直和水平的极限，中心轴连接套13和内侧齿轮16与中心轴都通过单向轴承及平键连接固定，行星轮轴19通过自带的螺纹旋转固定在第二盘体对应的螺纹孔中，为了防止运动的过程中出现脱节地情况，每根行星轮轴、中心轴地顶部及内侧齿轮16的底部都设有阻挡功能地部件，并用螺栓固定；能量转换机构的增速器22与直线电机23串联地通过螺栓固定在第二盘体上、隐藏在筒体9中。

[0053] 第一盖体2与第一盘体6相向运动过程：实际使用时为悬架压缩行程；

[0054] 这种情况下由于第一盘体6是固定的，第二盘体21便会带动能量转换机构沿滑轨向上运动压缩运动转换机构的空间，从而使连杆发生扭动变形带动第一盘体6逆时针转动，连接在第一盘体6上的中心轴连接套13和外侧齿圈7同步沿逆时针方向转动，但通过行星轮17的传动，内侧齿轮16会变为顺时针方向的转动，第一单向轴承25自锁，第二单向轴承27自由转动，由中心轴连接套13带动中心轴18逆时针转动，增速器连接套20跟随中心轴18逆时针转动的同时，驱动增速器22输入轴旋转，从而带动直线电机23输入轴转动完成电量输出。此过程中第二杆体趋于水平。

[0055] 第一盖体2与第一盘体6反向运动过程：实际使用时为悬架伸张行程；

[0056] 这种情况下由于第一盘体6是固定的，第二盘体21便会带动能量转换机构沿滑轨向下运动拉伸运动转换机构的空间使其变大，从而使连杆发生扭动变形带动第一盘体6顺时针转动，连接在第一盘体6上的中心轴连接套13和外侧齿圈7同步沿顺时针方向转动，但通过行星轮17的传动，内侧齿轮16会变为逆时针方向的转动，第一单向轴承25自由转动，第二单向轴承27自锁，由内侧齿轮16带动中心轴18逆时针转动，增速器连接套20跟随中心轴18逆时针转动的同时，驱动增速器22输入轴旋转，从而带动直线电机23输入轴转动完成电量输出。此过程中第二杆体趋于竖直。

[0057] 如此往复，而双连杆倾斜偏向始终保持不变，直线电机23始终向同一方向旋转，连续输出电量。此过程中直线电机23不仅会随着悬架的振动而产生一定的电能，还有一定的电磁阻尼力用来调节悬架的舒适度，其工作过程如下：

[0058] 步骤1簧载质量加速度传感器和非簧载质量加速度传感器采集悬架振动过程中簧载质量30的加速度和非簧载质量31的加速度并将信息传送给控制器32进行处理，得到簧载质量的速度 $\dot{x}_1$ 和非簧载质量的速度 $\dot{x}_2$ ；

[0059] 步骤2控制器根据簧载质量30的绝对速度 $\dot{x}_1$ 和簧载质量30与非簧载质量31之间的相对速度 $\dot{x}_1 - \dot{x}_2$ 辨识出车辆的运动状态，决定悬架的工况：

[0060] a) 当 a) $\dot{x}_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) < 0$ 时，此时悬架为主动悬架，需要额外的能量来实现理想的阻尼力以保证舒适性。

[0061] 基于天一地棚混合控制策略，上述条件可转化为：

[0062] $u = -(1 - \mu)C_{ground}\dot{x}_2$, $\dot{x}_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) < 0$ 且 $\dot{x}_2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \leq 0$

[0063] u 表示基于天一地棚混合控制策略的理想阻尼力, μ 表示基于天一地棚混合控制策略的加权系数, C_{ground} 表示地棚阻尼系数。

[0064] 此工作模式下, 控制器32控制可控恒源电路38为直线电机23供电, 可控恒源电路38的电来自蓄电池组37。根据天地棚混合控制策略, 直线电机23需要的理想电流 i_d 的大小为:

$$[0065] \quad i_d = \frac{-(1-\mu)C_{ground}\dot{x}_2}{k}$$

[0066] 其中 k 为直线电机的推力系数。

[0067] 同时控制器32还接收来自电流传感器33的电流信号, 这是直线电机23的绕组电流 i_r , 控制器通过比较实际电流 i_r 与理想电流 i_d 之差, 给可控恒源电路38发送控制命令将直线电机23的电流控制在 i_r , 从而使直线电机23能够提供足够的阻尼力 u , $u = -(1-\mu)C_{ground}\dot{x}_2$, 这种主动控制模式下需消耗能量。

[0068] b) 当 b) $\dot{x}_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \geq 0$ 时, 若直线电机所提供的阻尼力 c) U 能满足理想天一地棚混合控制所需的阻尼力 d) u , 此时悬架处于半主动模式, 不需要额外的能量, 还能输出一部分电能。

[0069] 基于天一地棚混合控制策略, 上述条件可转化为以下两种情况:

$$[0070] \quad ① \mu C_{sky}\dot{x}_1 \leq B_f(\dot{x}_1 - \dot{x}_2), \dot{x}_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \geq 0 \text{ 且 } \dot{x}_2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) > 0$$

$$[0071] \quad ② \mu C_{sky}\dot{x}_1 - (1-\mu)C_{ground}\dot{x}_2 \leq B_f(\dot{x}_1 - \dot{x}_2), \dot{x}_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \geq 0 \text{ 且 } \dot{x}_2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \leq 0$$

[0072] 其中 C_{sky} 表示基于天一地棚混合控制策略的天棚阻尼系数, B_f 表示直线电机的等效阻尼系数。

[0073] 此时的理想阻尼力 $u = \mu C_{sky}\dot{x}_1 - (1-\mu)C_{ground}\dot{x}_2$ 或者 $u = \mu C_{sky}\dot{x}_1$, 控制器32根据理想阻尼力计算出直线电机23所需的理想电流 $i_d = \frac{u}{k}$, 再经过与直线电机23的绕组电流 i_r 的对比, 控制器32给DC—DC变换器35发送指令, 通过DC—DC变换器35里面的智能开关来调节直线电机23绕组中的实际电流 i_r 跟踪控制器32计算出的理想电流 i_d 变化, 从而达到理想的阻尼来衰减振动。同时直线电机23中的绕组电流 i_r 经过整流器34的整流及DC—DC变换器35的变压最终将电能储存在超级电容36中, 当超级电容36达到设定电压时便会将电能充给蓄电池组37, 完成半主动模式下悬架的馈能功能。

[0074] c) 当 e) $\dot{x}_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) < 0$ 且 f) $\dot{x}_2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) > 0$ 时, 或者当 g) $\dot{x}_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \geq 0$, 且直线电机23所提供的阻尼力 h) U 不能满足理想天一地棚混合控制策略所需的阻尼力 i) u 时, 此时悬架处于被动模式, 不需要额外的能量, 同时还能输出一部分电能。

[0075] 基于天一地棚混合控制策略, 上述条件可转化为以下三种情况:

$$[0076] \quad ① \dot{x}_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) < 0 \text{ 且 } \dot{x}_2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) > 0$$

$$[0077] \quad ② \mu C_{sky}\dot{x}_1 \geq B_f(\dot{x}_1 - \dot{x}_2), \dot{x}_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \geq 0 \text{ 且 } \dot{x}_2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) > 0$$

$$[0078] \quad ③ \mu C_{sky}\dot{x}_1 - (1-\mu)C_{ground}\dot{x}_2 \geq B_f(\dot{x}_1 - \dot{x}_2), \dot{x}_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \geq 0 \text{ 且 } \dot{x}_2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \leq 0$$

[0079] 这种情况下控制器32不会对直线电机23的绕组电流 i_r 施加影响,直线电机所提供的阻尼力 U 也由其自身的绕组电流 i_r 决定, $U = ki_r$,同时随着直线电机23的转动,其中的绕组电流 i_r 经过整流器34的整流及DC—DC变换器35的变压最终将电能储存在超级电容36中,当超级电容36达到设定电压时便会将电能充给蓄电池组37,完成被动模式下悬架的馈能功能。

[0080] 通过以上的结构与控制实现减振器的最大发电量与最佳减振效果,满足馈能悬架系统性能要求。

[0081] 尽管在上文中参考特定的实施例对本申请进行了描述,但是所属领域技术人员应当理解,在本申请公开的原理和范围内,可以针对本申请公开的配置和细节做出许多修改。本申请的保护范围由所附的权利要求来确定,并且权利要求意在涵盖权利要求中技术特征的等同物文字意义或范围所包含的全部修改。

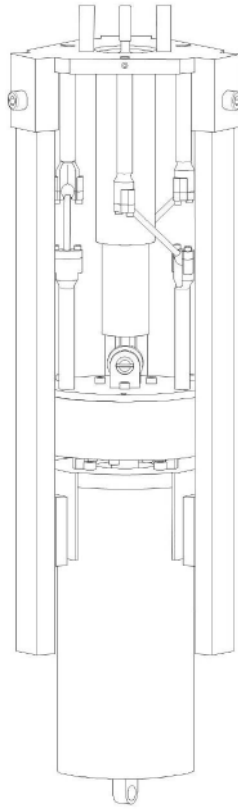


图1

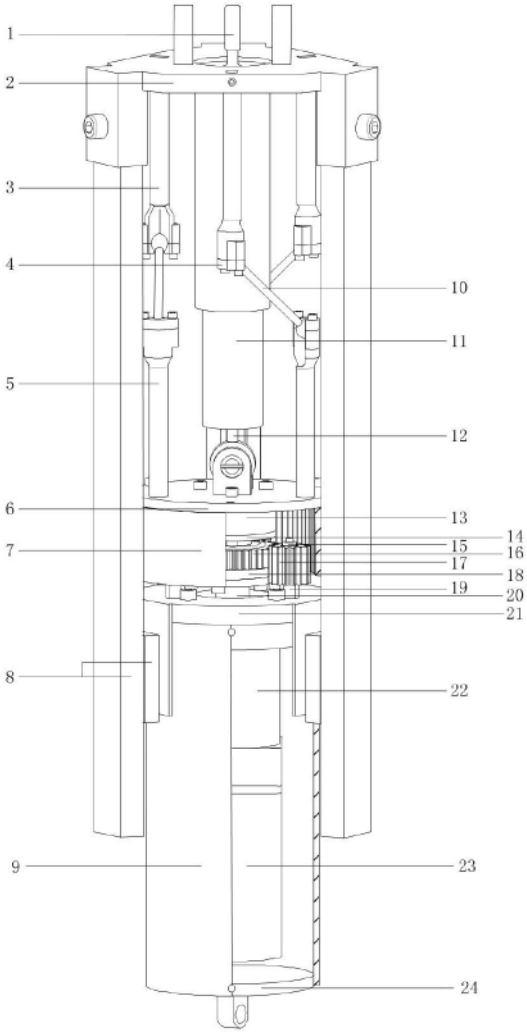


图2

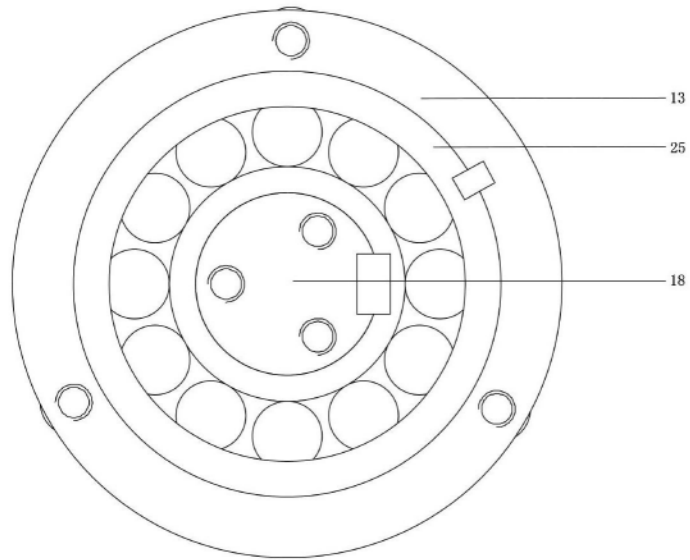


图3

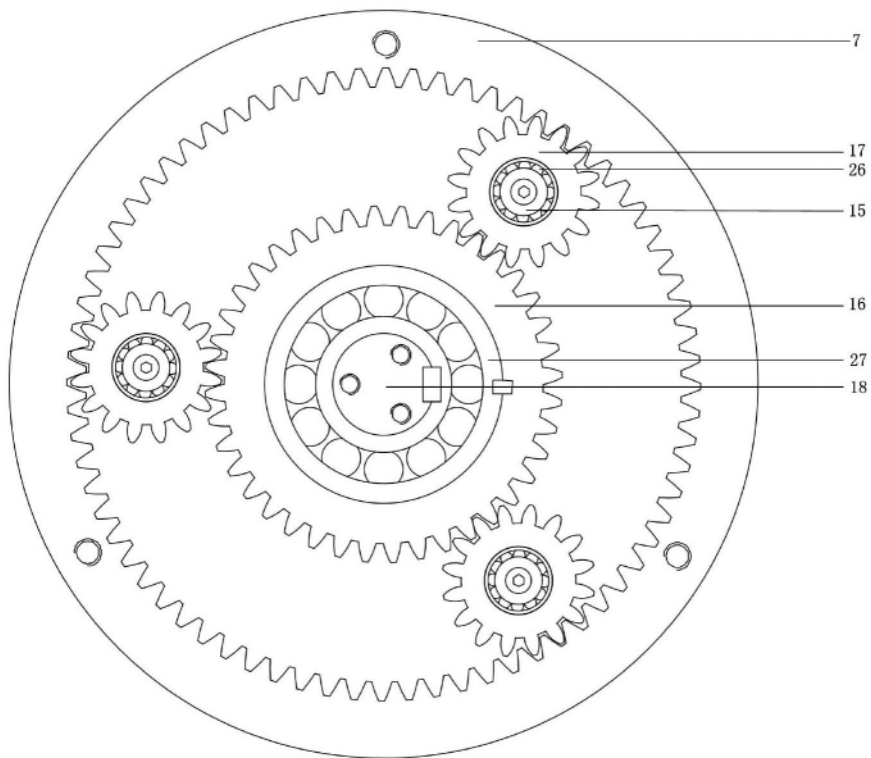


图4

