



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117642296 A

(43) 申请公布日 2024. 03. 01

(21) 申请号 202280032912.X

(22) 申请日 2022.05.05

(30) 优先权数据

2106495.1 2021.05.06 GB

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.11.03

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/GB2022/051149 2022.05.05

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/234285 EN 2022.11.10

(71) 申请人 多明流体动力有限公司

地址 英国布里斯托尔

(72) 发明人 A·柯林斯 T·桑丁

(74) 专利代理机构 北京彩和律师事务所 11688

专利代理师 张红春

(51) Int.Cl.

B60G 11/26 (2006.01)

F16F 9/096 (2006.01)

F16F 9/06 (2006.01)

F15B 1/00 (2006.01)

B60G 17/056 (2006.01)

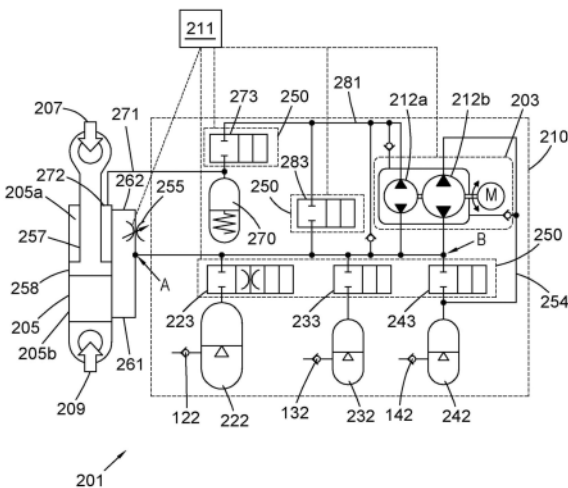
权利要求书4页 说明书20页 附图15页

(54) 发明名称

用于机动车辆的悬架系统

(57) 摘要

一种用于机动车辆的悬架系统 (201), 其包括用于安装在机动车辆的车轮组件 (209) 和车身 (207) 之间的液压执行器 (205)。所述系统还包括配置成向液压执行器提供流体供应的液压系统 (210)。液压系统配置为在正常操作期间向液压执行器提供静压大于7MPa (70Bar) 的流体。在本申请的实施方案中, 液压系统包括多个气体蓄能器 (222, 232, 242), 其中所述系统被配置为在液压执行器、公共流动路径和气体蓄能器之间传送流体压力的变化, 使得液压执行器当液压系统处于第一构型时具有第一刚度, 并且当液压系统处于第二构型时具有不同的第二刚度。



1. 一种用于机动车辆的悬架系统,所述悬架系统包括:
液压执行器,其用于安装在机动车辆的车轮组件和车身之间,以及
液压系统,其配置成向液压执行器提供流体供应,其中所述液压系统配置为在正常操作期间向所述液压执行器提供总压力大于7MPa(70Bar)的流体。
2. 根据权利要求1所述的悬架系统,其中所述悬架系统是主动悬架系统。
3. 根据权利要求1或2所述的悬架系统,其中所述液压系统包括:多个气体蓄能器,将所述液压系统连接到所述液压执行器的公共流动路径,以及一个或多个阀;每个气体蓄能器经由相关联的阀连接到所述公共流动路径,使得在使用中,当所述相关联的阀打开时,所述公共流动路径中的压力变化被传送到所述蓄能器中的气体,并且其中所述液压系统布置成在第一构型和第二构型之间切换,其中在第一构型中,与第一气体蓄能器相关联的阀处于打开位置,并且与不同的第二气体蓄能器相关联的阀处于关闭位置,而在第二构型中,与第一气体蓄能器相关联的阀处于关闭位置,和/或与第二气体蓄能器相关联的阀处于打开位置。
4. 根据权利要求3所述的悬架系统,其中所述系统配置成在所述液压执行器、公共流动路径和气体蓄能器之间传送流体压力的变化,使得当所述液压系统处于所述第一构型时所述液压执行器具有第一刚度,并且当所述液压系统处于所述第二构型时所述液压执行器具有不同的第二刚度。
5. 根据权利要求3或4所述的悬架系统,其中所述多个气体蓄能器包括第三蓄能器,并且所述液压系统布置成通过打开或关闭与第三蓄能器相关联的阀在其他构型之间进行切换。
6. 根据权利要求5所述的悬架系统,其中所述第三蓄能器是可变蓄能器,并且可选地,其中所述可变蓄能器连接到液压回路的泵,并且所述液压系统配置成使得流体能够在所述泵和所述液压蓄能器之间在两个方向流动。
7. 根据权利要求3至6中任一项所述的悬架系统,其中单个阀与所述第一蓄能器、第二蓄能器和/或第三蓄能器中的每一个相关联。
8. 根据权利要求7所述的悬架系统,其中每个阀,其中所述单个阀包括被安装用于相对于套筒运动的阀芯,并且所述阀芯相对于所述套筒的位置针对所述第一蓄能器和第二(以及可选地第三)蓄能器中的每一个确定所述蓄能器是否与公共流动路径流体连通。
9. 根据权利要求3至8中任一项所述的悬架系统,其中比例阀位于所述蓄能器中的至少一个与所述公共流动路径之间的流动路径上,并且所述系统配置成使得改变所述比例阀的非零位置会改变所述液压执行器的阻尼比。
10. 根据权利要求3至9中任一项所述的悬架系统,其中所述液压执行器包括:
活塞,其包括杆和安装在所述杆上的活塞头;以及
活塞外壳,
其中所述活塞安装成在形成于所述活塞外壳内的空腔内运动,并且
所述活塞头的第一侧和第二侧将所述空腔分成第一室和第二室。
11. 根据权利要求10所述的悬架系统,其中所述活塞头的第一侧的有效表面积大于所述活塞头的第二侧的有效表面积。
12. 根据权利要求9至11中任一项所述的悬架系统,其中所述第一室经由至少一个第一

活塞流动路径连接到所述公共流动路径,并且所述第二室经由至少一个第二活塞流动路径连接到所述公共流动路径,使得所述公共流动路径中的压力变化被传送到所述第一室和所述第二室,并且可选地,其中所述公共流动路径中的压力增加导致所述第一室和所述第二室中的压力增加。

13. 根据权利要求12所述的悬架系统,其中所述悬架系统包括可变阻力阀,其位于:(i) 所述第一活塞流动路径或每个第一活塞流动路径,或(ii) 所述至少一个第二活塞流动路径或每个至少一个第二活塞流动路径上,使得改变所述可变阻力阀的阻力会改变所述液压执行器的阻尼率。

14. 根据权利要求10至13中任一项所述的悬架系统,其中所述杆的第一部分位于所述第一室内或所述第二室内,所述杆的第二部分位于所述活塞外壳的外部,并且所述活塞外壳包括:密封区域,所述密封区域是位于所述第一室或第二室与所述外壳的外部之间的外壳区域,所述杆延伸穿过该区域;至少一个密封件,其位于所述密封区域中并布置成在所述活塞外壳和所述杆之间形成密封;以及至少一个排泄口,所述至少一个排泄口位于密封区域中并且位于所述至少一个密封件与第一活塞室或第二活塞室之间,使得在使用中,从活塞室进入所述密封区域的流体能够经由所述至少一个排泄口排出所述密封区域。

15. 根据权利要求14所述的悬架系统,其还包括连接到所述至少一个排泄口和所述公共流动路径的排泄蓄能器,使得流体能够从所述排泄口经由所述排泄蓄能器流到所述公共流动路径。

16. 根据权利要求3至15中任一项所述的悬架系统,其中所述液压系统包括连接到所述公共流动路径的泵,例如可变排量泵。

17. 一种用于机动车辆的悬架系统,所述悬架系统包括:

液压执行器,用于安装在机动车辆的车轮组件和车身之间,以及

液压系统,其被配置成向所述液压执行器提供流体供应,并由此控制所述液压执行器的长度、力、刚度和/或阻尼特性;

所述悬架系统包括公共流动路径,其将所述液压系统连接到所述液压执行器;并且

所述液压系统包括第一气体蓄能器和第二气体蓄能器,每个蓄能器经由相关联的阀连接到所述公共流动路径,使得在使用中,当所述相关联的阀打开时,流体可以经由所述公共流动路径从每个蓄能器流到所述液压执行器,并且其中所述液压系统被配置成在以下操作模式之间切换:

第一操作模式,其中阀被配置成使得流体能够在第一气体蓄能器和所述公共流动路径之间流动,并且流体无法在第二气体蓄能器与所述公共流动路径之间流动;以及

第二操作模式,其中阀被配置成使得流体能够在第一气体蓄能器和所述公共流动路径之间流动,并且流体能够在第二气体蓄能器和所述公共流动路径之间流动。

18. 一种用于机动车辆的悬架系统,所述悬架系统包括用于安装在机动车辆的车轮组件和车身之间的液压执行器,其中所述液压执行器包括:

活塞外壳,以及

活塞,其包括杆和安装在所述杆上的活塞头,所述活塞被安装成在形成于所述活塞外壳内的空腔内运动,并且所述活塞头的第一侧和第二侧将所述空腔分成第一室和第二室;

所述活塞外壳还包括:

密封区域,其是位于所述第一室或第二室与所述外壳的外部之间的外壳区域,所述杆延伸穿过该区域;

至少一个密封件,其位于所述密封区域中并布置成在所述活塞外壳和所述杆之间形成密封;以及

至少一个排泄口,其位于所述至少一个密封件与第一活塞室或第二活塞室之间的密封区域中,使得在使用中,从所述室进入所述密封区域的流体能够经由所述排泄口排出所述密封区域。

19.一种用于安装在机动车辆的车轮组件和车身之间的悬架单元,所述悬架单元包括根据权利要求1至18中任一项所述的悬架系统,其中所述液压系统容纳在所述单元的外壳内,并且至少所述液压执行器的一部分,例如所述液压执行器的杆,部分地位于所述单元的外壳内。

20.根据权利要求19所述的悬架单元,其中(i)当所述液压执行器完全缩回时,所述单元的长度小于400mm,例如300mm或更小,和/或(ii)所述单元的重量小于7kg,例如4kg或更小。

21.根据权利要求19或20所述的悬架单元,其中所述液压执行器包括被安装为在所述外壳内轴向移动并且平行于所述单元的纵轴延伸的杆,并且所述液压系统包括第一气体蓄能器、第二气体蓄能器和第三气体蓄能器,所述蓄能器沿着所述单元的长度的一部分布置成排。

22.根据权利要求21所述的悬架单元,所述液压系统还包括泵,所述泵沿着所述单元的长度的一部分与所述蓄能器布置成排。

23.根据权利要求19至22中任一项所述的悬架单元,其中所述液压系统包括至少一个蓄能器,并且所述至少一个蓄能器是模块化蓄能器。

24.根据权利要求23所述的悬架单元,其中所述悬架单元包括限定了泵位于其内的空腔的泵歧管,所述泵歧管包括多个流道,每个流道在所述歧管的入口端口或出口端口与所述空腔之间延伸以形成流动路径,流体经由所述流动路径流入或流出泵,每个所述流道都是曲线流道,并且所述泵歧管是单件式结构并且使用增材制造形成。

25.一种使用悬架系统控制机动车辆的车轮组件和车身的相对运动的方法,所述悬架系统包括:连接车轮组件和车身的液压执行器,以及配置成向所述液压执行器提供流体供应的液压系统;并且其中所述液压系统在第一时间段以等于或大于7MPa(70Bar)的总压力向所述液压执行器提供流体。

26.根据权利要求25所述的方法,其中所述液压系统包括连接到公共流动路径的第一蓄能器和第二蓄能器,并且其中所述第一蓄能器容纳在参考压力下的第一体积的气体,所述第二蓄能器容纳在参考压力下的不同的第二体积的气体,并且在所述第一时间段期间,所述第一蓄能器和第二蓄能器中的一个或两个与所述公共流动路径之间的流体流动被停止或开始,从而改变暴露于所述公共流动路径中的流体作用的可压缩气体的量,并相应地改变所述液压执行器的刚度。

27.根据权利要求26所述的方法,其中所述方法包括,在子周期期间,改变位于将所述公共流动路径连接到活塞室的活塞流动路径上的可变阻力阀的非零位置,以改变所述液压执行器的阻尼率,并且可选地,所述第一时间段包括多个子周期,当向一个或多个蓄能器的

流体流动停止或开始时,一个子周期结束而另一个子周期开始,并且所述方法包括在子周期期间改变所述阀的非零位置。

28.根据权利要求26或27所述的方法,其中所述方法包括操作泵以改变所述公共流动路径中的总压力,从而改变所述液压执行器的长度,可选地,在所述第一时间段的子周期期间,所述第一时间段包括多个这样的子周期,当向一个或多个蓄能器的流体流动停止或开始时,一个子周期结束而另一子周期开始。

29.根据权利要求28所述的方法,其中所述液压执行器包括活塞,所述活塞具有位于活塞头的一侧上的第一活塞室和位于所述活塞头的另一侧上的第二活塞室,其中所述第一活塞室一侧的活塞头第一侧的有效表面积大于所述第二活塞室一侧的活塞头第二侧的有效表面积,所述第一室和所述第二室通过不同的活塞流动路径连接到公共流动路径,其中增加所述公共流动路径中的压力导致所述第一室和所述第二室中的压力增加,有效表面积的差异导致所述活塞头上的净力使得所述活塞头运动远离所述第一室,导致流体从所述公共流动路径流入所述第一室并导致流体流出所述第二室,并且其中所述公共流动路径中的压力的降低导致所述第一室和所述第二室中的压力降低,有效表面积的差异导致所述活塞头上的净力使得所述活塞头运动远离所述第二室,导致流体流出所述第一室并导致流体从所述公共流动路径流入所述第二室。

30.根据权利要求26或27所述的方法,其中当泵运行以增加或降低所述公共流动路径中的总压力时,所述泵与所述可变蓄能器交换流体,和/或当所述泵运行以增加或降低所述公共流动路径中的总压力时,所述泵与所述排泄蓄能器交换流体。

31.根据权利要求26或27所述的方法,其中轮胎安装在所述车轮组件上,并且其中所述排泄蓄能器连接到所述公共流动路径,所述公共流动路径与所述液压执行器流体连通,并且在所述第一时间段期间,所述排泄蓄能器和所述公共流动路径之间的流体流动开始,从而从所述液压执行器去除高压流体,使得所述液压执行器长度减小,轮胎减压,并且所述车轮组件和车身加速朝向彼此,并且其中所述轮胎的减压导致所述车轮组件朝向所述车身的加速度大于所述车身朝向所述车轮组件的加速度。

32.一种机动车辆,其包括权利要求1至18中任一项所述的悬架系统或权利要求19至24中任一项所述的悬架单元,其中所述机动车辆包括:连接至底盘的多个车轮,以及多个所述悬架系统或所述悬架单元;其中每个车轮与一个悬架系统或一个悬架单元相关联。

用于机动车辆的悬架系统

技术领域

[0001] 本申请涉及一种用于机动车辆的悬架系统。更具体地,但非排他地,本申请涉及具有高压液压执行器的悬架系统、操作这种悬架系统的方法以及包括这种悬架系统的机动车辆。

背景技术

[0002] 机动车辆的悬架系统允许车轮相对于车身位移,并且必须平衡乘客舒适度和道路操控性的竞争要求,以提供既安全又使用舒适的车辆。

[0003] 历史上,每个车轮都设有弹簧和阻尼器,从而提供具有固定特性的悬架。最近,已经提供了可以改变阻尼和/或弹簧刚度的悬架系统—例如通过并联使用不同的机械弹簧并锁定一个或多个所述弹簧以改变刚度或使用磁流变(MR)流体改变悬架系统的阻尼特性。这种系统可称为被动控制悬架系统或半主动悬架系统。

[0004] 主动悬架系统使用执行器在每个车轮上独立地相对于车身运动车轮组件。因此,主动悬架系统基于执行器操作,并且不仅仅改变弹簧或阻尼系统的属性。

[0005] 主动悬架系统用于多种机动车辆,但尚未广泛商业应用。

[0006] 主动悬架系统的一个关键挑战是在车辆遇到更严重的道路事件(例如道路颠簸(如减速带))时,在短时间内提供所需的高功率输出,特别是在不对驾驶体验产生不利影响(例如从发动机中消耗过多动力)和/或不需要大阀/泵的情况下做到这一点,因此需要车辆上的大量空间。

[0007] 现在的主动悬架系统通常依赖于机电执行器,例如线性机电执行器。具有机电或电液控制的悬架系统可能需要大量的功率,以便提供悬架系统所需的移动范围。他们还可能需要前方道路的预测算法和/或地图数据。

[0008] 另外,现有的电动液压系统通常具有相对较慢的响应时间。虽然这可以通过使用前向传感来提供即将发生的道路事件的指示来稍微抵消,但它限制了系统的响应能力;前向传感增加了系统的复杂性,并限制了主动悬架系统可以响应的道路事件或驾驶员输入的类型。

[0009] 更一般地,期望提供空间更大和/或功率效率更高和/或机械复杂度更低(具有成本和/或可靠性方面的附带好处)的主动悬架系统。

[0010] 本申请旨在缓解上述问题。替代地或附加地,本申请寻求提供一种改进的悬架系统和/或一种控制主动悬架系统的液压执行器的长度和/或反作用力的改进的方法。

[0011] 发明概述

[0012] 在本申请的第一方面中,提供了一种用于机动车辆的悬架系统,所述悬架系统包括:用于安装在机动车辆的车轮组件和车身之间的液压执行器,以及配置成向液压执行器提供流体供应的液压系统,并且例如由此控制液压执行器的长度、刚度和/或阻尼特性或由液压执行器施加的力,其中所述液压系统配置为在正常操作期间向所述液压执行器提供静压大于7MPa(70Bar)的流体。

[0013] 因此,与现有技术的机动车辆悬架系统相比,本申请使用“高压”(例如在正常操作中大于7MPa (70Bar,或约1000PSI)的压力)液压系统来控制“高压”液压执行器。使用这种高压液压悬架系统意味着与具有相当功率的低压系统相比,系统内必须运动的流体量较小(流体功率与压力乘以流体流量成正比)——例如,峰值功率输出时流量可能低于每分钟20升。减少需要在系统周围运动的流体量可以允许更紧凑的悬架系统和/或更灵敏的系统。另外或替代地,“高压”系统降低了空化效应的风险。

[0014] 液压系统可配置成在正常操作中以大于10MPa (100Bar)、例如大于15MPa (150Bar)、例如大于18MPa (180Bar)的总压力提供流体。压力越高,悬架系统中需要的流体越少。

[0015] 用于车辆的主动悬架系统可以被定义为其中将能量提供给执行器(例如液压执行器)以便响应于路况来控制车轮和底盘的相对运动的系统。执行器能够在第一方向和/或相反的第二方向上施加力。执行器能够增加和/或减少长度。因此,可以如下定义控制的四个象限:在第一方向上施加力时长度增加、在第二方向上施加力时长度增加、在第一方向上施加力时长度减少并在第二方向施加力时长度减少。主动悬架系统可以定义为一种可以在三个或更多象限控制下运行的系统。例如,主动悬架系统可以在四个控制象限中运行。这与被动系统相反,被动系统只能以两种方式操作:在第一方向上施加力时增加长度,以及在第二方向上施加力时减少长度。不希望受到理论的束缚,这是因为主动系统既可以将能量输入到液压执行器中又可以取出能量。

[0016] 悬架系统可以包括将液压系统连接到液压执行器的公共流动路径,例如使得流体可以经由公共流动路径在液压系统和液压执行器之间流动。公共流动路径可以是双向流动路径。

[0017] 液压系统可包括多个气体蓄能器。每个气体蓄能器可包括气体储存器(用于容纳可压缩气体)和流体储存器(用于容纳不可压缩流体)。气体储存器和流体储存器可以通过屏障分开,使得压力可以在气体储存器和流体储存器之间传送。在使用中,气体储存器可以包含可压缩气体。在使用中,流体储存器可以包含不可压缩流体,如在公共流动路径和液压系统的其余部分中使用的那样。每个蓄能器可以包括至少一个空气填充阀,其被配置为连接至可压缩气体源。在本说明书中,气体蓄能器有时简称为“蓄能器”。

[0018] 每个所述气体蓄能器(例如每个蓄能器的流体储存器)可以连接到公共流动路径,例如使得公共流动路径中的流体压力的变化被传送到所述蓄能器中的气体。公共流动路径可以将液压系统连接至液压执行器,例如使得每个气体蓄能器经由公共流动路径连接至执行器。每个气体蓄能器可以独立地连接到公共流动路径,例如使得流体可以在蓄能器和公共流动路径之间流动,而与流体是否在另一个蓄能器和公共流动路径之间流动无关。液压系统可包括一个或多个阀。阀可以与多个气体蓄能器中的每一个相关联。当打开或关闭所述阀确定流体是否可以从气体蓄能器流到公共流动路径时,阀可以被称为与蓄能器相关联。阀可以与多个蓄能器相关联。应当理解,如这里所使用的,“连接”意味着存在流体在连接的元件之间流动的潜在路径。应当理解,流体是否沿着所述潜在路径流动将取决于沿着所述路径的任何阀的位置(例如打开或关闭)。

[0019] 液压系统可以包括例如经由公共流动路径连接到气体蓄能器或每个气体蓄能器的泵。

[0020] 公共流动路径可包括流动路径的一部分(连接部或公共部分),通过该部分流体流向或从多个气体蓄能器和/或泵流至液压执行器通路,例如使得液压系统在任意时间点向液压执行器提供的压力可以被定义为所述公共部分中的流体的压力。

[0021] 悬架系统可以配置成使得当相关联的阀打开时,公共流动路径中的压力被传送至蓄能器的气体储存器中的气体。这样,当公共流动路径中的压力增加时蓄能器中的气体可能被压缩,和/或当公共流动路径中的压力降低时蓄能器中的气体膨胀。因此,当被系统中的流体压缩时,每个蓄能器的气体可以充当可压缩弹簧。换句话说,与公共流动路径流体连通的气体蓄能器中的可压缩气体的体积可以确定液压系统的刚度(并且因此确定液压执行器的刚度)。该系统可以被配置成使得蓄能器可以被切换成与公共流动路径流体连通和脱离与公共流动路径流体连通,以改变与公共流动路径连通的气体的体积,并且从而改变执行器的刚度。

[0022] 多个气体蓄能器可以在沿着流动路径的长度间隔开的位置处连接到公共流动路径。公共部分可以位于多个气体蓄能器(在一侧)和液压执行器(在另一侧)之间的流动路径上。

[0023] 多个蓄能器可以包括被配置成容纳处于参考压力的第一体积的气体的第一蓄能器,以及被配置成容纳处于相同参考压力的第二体积的气体的第二蓄能器,其中所述第一体积和第二体积不同。第一体积可以低于第二体积(在这种情况下,第一蓄能器和第二蓄能器可以分别被称为更小体积蓄能器和更大体积蓄能器)。

[0024] 对于提供给液压执行器的给定总压力,使用多个蓄能器允许在液压回路中使用更小的泵,因为加压流体可以随着时间的推移在一些蓄能器中累积,而不是立即提供。另外或替代地,该方法可导致更有效的悬架系统和/或通过避免泵所需功率的峰值和低谷来减少对驾驶所经历的影响。使用蓄能器可以允许以空间有效且机械简单的方式实现这一点。另外或替代地,为蓄能器提供连接到公共流动路径的不同体积的可压缩气体可以允许可变刚度主动悬架系统和响应更快的主动悬架系统,因为不同的蓄能器可以快速地连接和断开,从而允许悬架系统的特性的快速变化。与例如通过使用执行器等通过改变液压系统中泵的泵送速率或者增加或减少系统的刚度来改变弹簧比率的液压系统相比,使用多个蓄能器可以提供更灵敏的系统。这在主动悬架系统中可能特别有利,其中快速响应时间对于能够对前方道路上存在的路面状况做出反应至关重要。

[0025] 优选地,主动系统具有小于10ms的响应时间,并且甚至更优选地具有小于5ms的响应时间。响应时间可以定义为控制系统开始改变液压执行器的特性(例如,刚度、力、长度或阻尼)和实现改变之间所需的时间。

[0026] 悬架系统可以被配置为使得公共流动路径中的液压被传送至液压执行器,使得液压执行器的刚度(弹簧比率 k)通过与公共流动路径流体连通的可压缩气体的总体积被确定(至少部分地,例如主要或基本上确定)。

[0027] 该系统可以被配置为在液压执行器、公共流动路径和气体蓄能器之间传送流体压力的变化,使得当液压系统处于第一构型时液压执行器具有第一刚度,并且当液压系统处于第二构型时液压执行器具有不同的第二刚度。悬架系统可配置成使得公共流动路径中的流体压力被传送到液压执行器的至少一个室,例如除了正常管道流动损失之外没有显著的压力损失。

[0028] 多个气体蓄能器中的每个蓄能器可具有与其相关联的弹簧比率或弹簧常数。例如,与被配置成在参考压力下保持较大体积的气体的气体蓄能器相比,被配置成在相同参考压力下保持较小体积的气体的气体蓄能器可能具有与其相关联的更高的弹簧比率。悬架系统可以被配置成使得改变多个气体蓄能器中的哪个气体蓄能器与公共流动路径流体连通(即,相关联的阀部分或完全打开)会改变液压执行器的弹簧比率。公共流动路径可以被配置成使得气体蓄能器与公共流动路径的连接允许气体蓄能器的弹簧比率的总和(即,类似于串联连接弹簧)。每个气体蓄能器可以被配置为在参考压力下容纳与任何其他蓄能器不同体积的气体。因此,多个气体蓄能器中的每一个可以具有与其相关联的不同弹簧常数。

[0029] 液压系统可以布置成在第一构型和第二构型之间切换,在第一构型中,与第一气体蓄能器相关联的阀处于打开位置,并且与不同的第二气体蓄能器相关联的阀处于关闭位置,在第二构型中,与第一气体蓄能器相关联的阀处于关闭位置,和/或与第二气体蓄能器相关联的阀处于打开位置。与第一蓄能器相关联的阀可以在第二构型中处于打开位置。

[0030] 液压系统还可以布置成切换到(第三或另外)构型,其中与第一气体蓄能器相关联的阀关闭并且与第二气体蓄能器相关联的阀打开。液压系统还可布置成切换至(第四或另外)构型,其中与第一气体蓄能器相关联的阀和与第二气体蓄能器相关联的阀处于关闭位置。

[0031] 液压系统可以配置成在第一构型、第二构型、第三构型和第四构型中的任意构型之间切换。

[0032] 多个气体蓄能器还可以包括第三蓄能器,例如可变蓄能器。可变蓄能器可以被配置成使得在参考压力下容纳在气体储存器中的可压缩气体的体积是可变的。例如,可以通过例如响应于控制信号改变气体储存器和流体储存器之间的屏障的相对位置来增加或减少气体储存器的体积。可变蓄能器可以具有与其相关联的可变代表性弹簧比率。可变蓄能器可以连接到公共液压路径。可以有与可变蓄能器相关联的阀以控制蓄能器和公共液压路径之间的流体流动。可变蓄能器可以连接至泵。例如,液压系统可以被配置成使得流体可以在泵和可变蓄能器之间沿两个方向(即,流向和流出泵)流动。应当理解,取决于与蓄能器相关联的阀是打开还是关闭,提供另一蓄能器引起附加的操作模式/构型。

[0033] 提供可变蓄能器可以允许调节液压执行器的刚度,例如考虑到可能影响由固定体积(例如,第一和/或第二)蓄能器实现的液压执行器刚度的温度或其他影响。因此,提供可变蓄能器可以允许系统在大范围的环境条件下和/或在很长一段时间内实现液压执行器的目标特性(例如,补偿由于长期使用中对系统的磨损而导致的任何“漂移”)。另外或替代地,提供可变蓄能器作为泵的加压流体源可以允许泵更有效地运行和/或通过允许保存否则可能损失的流体中的压力来提高系统的功率效率。另外或替代地,可变蓄能器可用于根据操作模式容纳不同体积的气体,从而减少所需的固定体积蓄能器的数量。可变蓄能器中的气体体积可以通过增加或减少压入可变蓄能器中的流体量来(间接)控制。替代地或附加地,可变蓄能器中的气体体积可以通过增加或减少通过空气填充物供给至可变蓄能器的气体音量来控制。

[0034] 多个气体蓄能器中的不同气体蓄能器(例如每一个)可以与一个或多个不同的阀相关联。一个或多个阀可以是多个单独的阀。例如,单独的阀可以定位在每个蓄能器和公共流动路径之间。每个所述单独的阀可以是伺服阀的一部分,如下所述。

[0035] 另外或替代地,液压系统可包括与多于一个蓄能器相关联的(主)阀。例如,液压系统可以包括与多个蓄能器中的每一个相关联的(单个)阀,使得相同阀控制来自第一蓄能器、第二蓄能器、第三蓄能器(如果存在)和/或任何另外的蓄能器的流体的流动。因此,系统可以通过所述阀在第一构型和第二构型(以及可选地第三构型、第四构型和任何另外的构型)之间切换。因此,单个阀可以与多于一个蓄能器相关联。使用单个阀可以允许更紧凑和/或机械上更简单的悬架系统。在单个阀包括安装成相对于套筒运动的阀芯的情况下(例如,如果单个阀是伺服阀,如下所述),阀芯相对于套筒的位置可以针对第一蓄能器、第二蓄能器和/或第三蓄能器中的每一个确定所述蓄能器是否与公共流动路径流体连通。

[0036] 该阀或每个阀可以是伺服阀。因此,多个单独的阀可以(机械地)包括在伺服阀中。伺服阀可包括安装成相对于套筒运动的阀芯。伺服阀可以配置成使得阀芯相对于套筒的运动控制通过阀的流体的流动。例如,一个或多个入口端口和一个或多个出口端口可形成在套筒中,并且阀芯的运动可确定所述端口之间的流动路径。阀芯可以具有形成于其中的一个或多个凸台或凹槽,并且在使用中,流体经由所述凸台或凹槽在入口端口和出口端口之间流动。伺服阀可配置成使得阀芯的位置确定多个蓄能器中的蓄能器是否与公共流动路径流体连通以及哪个蓄能器与公共流动路径流体连通。伺服阀可以是多路(例如六路)伺服阀。以这种方式,单个伺服阀可以控制液压系统的操作状态,并因此确定沿公共流动路径的多个蓄能器中的哪些蓄能器与公共流动路径流体连通。使用单个伺服阀可以提供更紧凑和/或机械上更简单的悬架系统。另外或替代地,伺服阀的使用可以提供响应更灵敏的悬架系统,因为伺服阀允许在构型之间快速切换。另外或替代地,使用这样的阀可以提高系统的功率效率,因为仅需要少量的功率来在不同状态之间运动阀(并且从而改变液压执行器的阻尼、长度和/或刚度)。伺服阀的套筒可以与主动悬架系统的歧管或外壳一体形成。伺服阀的套筒可以使用增材制造技术形成。

[0037] 伺服阀可以是旋转伺服阀,其中阀芯安装成相对于套筒旋转。伺服阀可以是线性伺服阀,其中阀芯安装成相对于套筒轴向移动。阀芯可相对于蓄能器安装,使得蓄能器基本上平行于阀芯的轴向长度串联布置。

[0038] 伺服阀可以允许多个蓄能器中的给定蓄能器独立地自公共液压管线包含和排除(即,它可以允许流体连通,或不允许流体连通)。

[0039] 伺服阀可以是直接驱动阀。因此,伺服阀可包括配置成相对于套筒移动阀芯的电机。使用直接驱动阀(即,阀芯由执行器直接驱动的阀)可以允许系统进一步小型化,并且可以允许以高频率和快速响应时间在操作状态之间进行精确切换。

[0040] 液压系统可以包括一个或多个比例阀,例如位于一个或多个蓄能器(例如第一和/或第二蓄能器)与公共流动路径之间和/或在公共流动路径和液压执行器的一个或两个室之间的流动路径上的比例阀。比例阀可以被定义为一种可以占据多个打开位置的阀,使得通过该阀的流体的非零流速可以改变。悬架系统可以配置成使得改变所述比例阀的位置会改变液压执行器的阻尼比。应当理解,穿过这种阀的压降或损失对应于液压动力的耗散,并且因此这种阀可以耗散执行器的振荡。比例阀可以是可变孔口阀。改变通过比例阀的流量也可以改变液压执行器的弹簧比率。悬架系统可以配置成使得改变所述比例阀的位置会改变液压执行器的弹簧比率。

[0041] 使用这种比例阀允许悬架系统提供的阻尼响应于路况而变化,从而提高机动车辆

的性能。另外或替代地,使用比例阀来提供这种阻尼允许以最小的功率输出改变阻尼特性(因为仅需要主动改变阀的位置),从而提高系统的功率效率。这是与可能需要在系统周围泵送大量流体以改变阻尼特性的其他系统相比。另外或替代地,使用比例阀来提供这种阻尼允许阻尼特性快速改变(因为仅需要改变阀的位置,这与必须在回路中移动大量流体相比,可以更快地完成操作)。另外或替代地,比例阀的使用可以允许以省空间的和/或机械简单的方式提供可变阻尼(可能唯一需要的附加机械元件是比例阀)。

[0042] 液压系统可包括与一个或多个蓄能器相关联的阀和/或是如上所述的比例控制阀(或多个阀)。也就是说,同一阀(单个阀)可以提供对一个或多个蓄能器与公共流动路径之间的流体流动的控制(开/关和/或成比例),和/或提供对液压执行器和公共流动路径之间的流动的比例控制。该阀可以是如上所述的伺服阀。使用单个阀来完成液压系统中的大部分或全部切换可以降低机械复杂性和/或提供更具成本和/或空间效率的系统。因此,在该阀或每个阀是伺服阀的情况下,伺服阀可以包括一个或多个比例阀以允许独立的比例控制(即,它可以允许相对大量的流体连通,或者相对少量的流体连通)来自公共液压管路的多个蓄能器中的给定蓄能器。

[0043] 液压执行器可以包括活塞和活塞外壳,活塞包括杆和安装在杆上的活塞头。活塞可以被安装成在形成于所述活塞外壳内的空腔内运动。活塞头的第一侧和第二侧可以将空腔分成第一室和第二室。活塞头的第一侧的有效表面积可以大于活塞头的第二侧的有效表面积。有效表面积是指压力分量平行于活塞杆纵轴作用在活塞头上的表面积。对于垂直于杆的纵轴的表面,有效表面积将等于暴露于流体压力的表面积。对于相对于杆的纵轴倾斜的表面,有效表面积将是表面角度和暴露于流体压力的表面积的函数。对于平行于杆的纵轴的表面,有效表面积为零。液压执行器可配置成使得在使用中,活塞头的第一侧至少部分地限定第一室,并且活塞头的第二侧至少部分地限定第二室。杆可配置成使得杆相对于套筒在第一方向的运动导致执行器长度的增加(即,执行器的延伸),并且杆相对于套筒在相反的第二方向的运动导致执行器长度减小(即执行器缩回)。

[0044] 第一室可以经由至少一个第一活塞流动路径连接到公共流动路径。第二室可以经由至少一个第二活塞流动路径连接到公共流动路径。该系统可配置成使得流体可沿着第一活塞流动路径和第二活塞流动路径在两个方向上流动。该系统可以被配置成使得公共流动路径中的压力变化,例如分别经由第一活塞流动路径和第二活塞流动路径被传送到第一室和第二室,例如使得相同的压力变化被施加到第一室和第二室。因此,公共流动路径中压力的增加可能导致第一室和第二室中压力的增加,和/或公共流动路径中压力的降低可能导致第一室和第二室中压力的降低。这意味着,当公共流动路径中的压力增加(或减少)时,例如通过增加(或减少)电机的流量输出,相等的压力变化(压力下降或压力增加)会施加到第一室和第二室中的流体中。该系统可以被配置成使得由操作泵引起的压力的增加沿着公共流动路径同时传送到第一室和第二室。

[0045] 活塞头的第一侧的有效表面积可以不同于活塞头的第二侧的有效表面积,使得向第一室和第二室施加相同的压力变化将导致活塞头上的净力。这是因为 $F=P \times A$,其中F是力,P是压力,A是有效面积。因此,在第一有效面积大于第二有效面积的情况下,活塞头的第一侧将比活塞头的第二侧感受到更大的力。因此,通过增加或减少公共流动路径中(特别是公共部分处)的压力,可以控制合力的大小和方向,并且可以增加或减少液压执行器的长

度。与现有技术的系统不同,不需要一系列复杂的止回阀(一个方向阀或单向阀)来升高或降低液压执行器。

[0046] 悬架系统可以包括一个或多个可变阻力阀(例如一个或多个比例阀—阀打开的程度与其阻力成反比),其位于(i)第一活塞流动路径或每个第一活塞流动路径上的路径,或(ii)至少一个第二活塞流动路径或每个至少一个第二活塞流动路径上。该系统可以配置成使得改变可变阻力阀的阻力会改变液压执行器的阻尼率。第二流动路径上可能没有可变阻力阀,或者存在这样的阀但保持在恒定位置,或者这样的阀的位置改变,但是以与第一流动路径不同的方式改变。可变阻力阀可以是双向阀,被配置为在两个方向上提供阻尼。可变阻力阀可以被配置成使得穿过阀的阻尼在两个方向上基本上相同。公共流动路径和液压执行器之间,例如沿着第一和/或第二活塞流动路径,可能不存在止回阀(一个方向阀或单向阀)。

[0047] 活塞头可以装配在外壳的内部,使得围绕活塞头的第一室和第二室之间基本上没有流动(基本上没有流动可以定义为小于0.5升每分钟)。活塞头和套筒之间的最大直径间隙可为0.030mm。第一室和/或第二室可以被配置为将流体保持在7MPa (70Bar) 或更大的总压力下。第一室和/或第二室可以被配置成将流体保持在10MPa (100Bar) 或更大的总压力下。

[0048] 杆的第一部分可以位于第一或第二室内,而杆的第二部分可以位于活塞外壳的外部。因此,杆可以部分地位于活塞外壳内。活塞外壳可以包括密封区域,该密封区域是位于所述第一室或第二室与外壳的外部之间的外壳区域,所述杆延伸穿过该区域。例如,活塞外壳可包括具有通孔的端部区域,活塞延伸穿过该通孔。活塞外壳可包括至少一个密封件,其位于密封区域中,例如在通孔中,并且布置成在活塞外壳与杆之间形成密封。活塞外壳可以包括至少一个排泄口,例如多个排泄口,所述排泄口位于所述密封区域中。排泄口可位于至少一个密封件与第一活塞室或第二活塞室之间的密封区域中,使得在使用中,从活塞室进入密封区域的流体可经由排泄口排出密封区域。

[0049] 在杆离开腔室的孔口和防止流体从活塞外壳内部泄漏到活塞外壳的外部(例如从液压系统泄露)的密封件之间设置一个或多个排泄口可以减少密封件需要承受的压力,从而减少密封件和杆之间的摩擦(必须承受更高压力的密封件需要比额定压力更低的密封件更紧密地安装在杆周围)。这可以减少克服该摩擦而损失的能量和/或减少杆运动中的滞后。该至少一个密封件或每个至少一个密封件可以被配置成承受0.2MPa (2Bar) 或更小的压力。合适的密封件的示例包括Trelleborg Glyd Ring Hz和/或Trelleborg Double Delta,它们可以组合使用。杆和密封区域之间的最大直径间隙可以为0.01mm或更小。该密封件或每个密封件与杆的操作摩擦可以在20N至30N的范围内。

[0050] 悬架系统可包括例如经由排泄流动路径连接至至少一个排泄口的排泄储存器,使得在使用中,流体可从排泄口流动至排泄储存器。排泄储存器可以是蓄能器,并且可以被称作排泄蓄能器。排泄储存器可被配置成容纳总压力为0.2MPa (2Bar) 或更小的流体。因此,悬架系统可包括第一气体蓄能器、第二气体蓄能器和排泄蓄能器。排泄储存器可以连接到公共流动路径和/或泵。因此,在使用中,从杆周围的活塞室泄漏的流体可以经由排泄口和储存器以及可选地泵返回到液压系统(例如,公共路径)。这种布置可以以机械上简单且紧凑的方式防止液压流体从系统损失。附加地或替代地,除了减少系统的流体损失之外,排泄储

存器还可以经由公共管线向液压执行器提供阻尼和/或加压流体,从而增加对液压执行器的特性(例如刚度、力、阻尼和/或长度)的控制程度。因此,本文描述的排泄系统可以经由同一储存器提供两种功能。悬架系统可包括位于排泄蓄能器和/或泵之间的流动路径上的阀,以控制其间的流体流动。

[0051] 液压系统可包括泵。泵可以连接到公共流动路径,使得在使用中,流体可以在泵和公共流动路径之间流动,例如沿两个方向流动。泵可以连接到该蓄能器或每个蓄能器和/或排泄储存器,使得在使用中,流体可以在泵和蓄能器之间流动,例如沿两个方向流动。一个或多个阀可与泵相关联以控制流体流入或流出泵和/或在泵与公共管线、蓄能器和排泄储存器之间的流动。悬架系统可以被配置成使得公共流动路径中的总压力的增加或减少可以被传送到液压执行器。液压系统可配置成使得泵可增加或降低公共流动路径中的压力。泵可以被配置为向前和向后运行。泵可以直接连接至公共流动路径。泵可以被配置为提供总压力为10MPa(100Bar)或更高的加压流体。

[0052] 泵可以是可变排量泵。可变排量泵可以被配置为在不同时间并且根据控制信号以不同流速和/或总压力输出流体。提供可变排量泵可以提供功率效率更高的悬架系统。可变排量泵可以包括由齿轮电动机控制的一系列固定排量泵(例如两个或更多个固定排量泵),使得可以控制可变排量泵的排量。

[0053] 泵可以是径向活塞泵。泵可以是径向活塞泵,其包括具有多个泵活塞室的转子;第一组活塞和/或第二组活塞容纳在所述泵活塞室中。径向活塞泵还可包括第一凸轮表面和/或第二凸轮表面。转子可安装成相对于第一凸轮表面(如果存在)和第二凸轮表面(如果存在)旋转,第一凸轮表面布置成控制第一组活塞的径向运动,第二凸轮表面布置成控制第二组活塞的径向运动。径向活塞泵可包括阀,该阀配置成控制流向第一组活塞和/或第二组活塞的流体流。径向活塞泵可包括阀,该阀配置成控制流向和/或来自第一组活塞和第二组活塞的流体流动。该阀或每个阀可配置成通过独立于第一组活塞改变流向或来自第二组活塞的流体流动而将径向活塞泵从第一构型切换到第二构型。

[0054] 因此,在径向活塞泵中,同一阀可以独立地切换流向或来自两组活塞的流动(例如,将流动切换至一组活塞而基本上不改变流向或来自另一组活塞的流动)。与其他可变排量泵相比,对于给定流量,使用单个阀来控制与各个不同层相关的流动可以提供具有减少的部件数量(并且因此降低了机械复杂性)的可变排量泵和/或允许更紧凑的可变排量泵。

[0055] 泵可以是双排量泵,其包括第一泵组件和第二泵组件,每个泵组件被配置成以不同的流速和/或总压力提供流体。第一组活塞可以形成第一泵组件的一部分,第二组活塞可以形成第二泵组件的一部分。

[0056] 泵可以包括配置成驱动泵的电机。电机可包括定子和安装成相对于泵旋转的转子。泵的活塞可容纳在形成于电机的转子中的活塞室中。

[0057] 同一(主)阀可以控制流体流入或流出活塞(在不同构型之间切换泵并与蓄能器、排泄储存器(如果存在)相关联)。因此,液压系统可以包括与第一、第二、第三(如果存在)蓄能器和排泄储存器(如果存在)相关联并且被配置成控制可变排量泵的输出阀。

[0058] 液压系统可以包括设置在公共流动路径和排泄储存器之间的流动路径上的回流阀(例如,主阀也可以是回流阀),使得当回流阀和与排泄储存器相关联的阀都打开时,来自公共流动路径的流体流至排泄储存器。提供这样的回流阀可以允许公共路径中的总压力快

速降低,从而增加悬架系统的多功能性并且使得执行器能够快速缩回。

[0059] 流体可以是液压流体,例如不可压缩流体。

[0060] 悬架系统可包括配置成操作系统的该阀或每个阀的控制系统。控制系统可被配置为打开或关闭每个阀,或控制每个阀的非零位置。控制系统可被配置为控制泵的操作,例如控制电机来驱动泵。控制系统可以被配置为接收一个或多个输入,例如传感器输入的用户,并且根据如此接收到的输入,改变一个或多个阀的位置或驱动泵,以便实现一组期望的液压执行器的特性(刚度、力、长度和/或阻尼)。控制系统可包括提供关于液压执行器的特性的一个或多个指示的反馈系统。

[0061] 在本申请的第二方面,提供了一种用于机动车辆的悬架系统,所述悬架系统包括:

[0062] 用于安装在机动车辆的车轮组件和车身之间的液压执行器,以及

[0063] 液压系统,其被配置成向所述液压执行器提供流体供应并由此控制所述液压执行器的长度、力、刚度和/或阻尼特性;

[0064] 所述悬架系统包括将所述液压系统连接到所述液压执行器的公共流动路径;并且

[0065] 所述液压系统包括第一气体蓄能器和第二气体蓄能器,每个蓄能器经由相关联的阀连接到所述公共流动路径,使得在使用中,当所述相关联的阀打开时,流体可以经由所述公共流动路径从每个蓄能器流到所述液压执行器(反之亦然),并且其中所述液压系统被配置成在以下操作模式之间切换:

[0066] 第一操作模式,其中阀被配置成使得流体能够在第一气体蓄能器和所述公共流动路径之间流动,并且流体无法在第二气体蓄能器与所述公共流动路径之间流动;以及

[0067] 第二操作模式,其中阀被配置成使得流体能够在第一气体蓄能器和所述公共流动路径之间流动,并且流体能够在第二气体蓄能器和所述公共流动路径之间流动。

[0068] 第二方面的悬架系统可以具有上面参考第一方面描述的悬架系统的任何其他特征,或者方法或装置的任何其他方面。

[0069] 在本申请的第三方面,提供了一种用于机动车辆的悬架系统,所述悬架系统包括用于安装在机动车辆的车轮组件和车身之间的液压执行器,其中所述液压执行器包括:

[0070] 活塞外壳,以及

[0071] 活塞,其包括杆和安装在所述杆上的活塞头,所述活塞被安装成在形成于所述活塞外壳内的腔室内运动,并且所述活塞头的第一侧和第二侧将所述腔室分成第一室和第二室;

[0072] 所述活塞外壳还包括:

[0073] 密封区域,其是所述外壳的位于所述第一室或第二室与所述外壳的外部之间的区域,所述杆延伸穿过该区域;

[0074] 至少一个密封件,其位于所述密封区域中并布置成在所述活塞外壳和所述杆之间形成密封;以及

[0075] 至少一个排泄口,其位于所述至少一个密封件与所述第一活塞室或第二活塞室之间的所述密封区域中,使得在使用中,从所述室进入所述密封区域的流体能够经由所述排泄口排出所述密封区域。

[0076] 第三方面的悬架系统可以具有上面参考第一方面描述的悬架系统的任何其他特征,或者方法或装置的任何其他方面。

[0077] 在本申请的第四方面,提供了一种包括任何其他方面的悬架系统的悬架单元。该单元可以是独立的分立单元。液压系统可以容纳在单元的外壳内,并且液压执行器的至少一部分(例如液压执行器的杆)部分地位于单元的外壳内。

[0078] 在独立单元中提供主动悬架系统可以有利于将主动悬架系统安装至车辆和/或降低与利用中央或分布式液压系统的悬架系统相关的泄漏/压力损失的风险。当液压执行器完全缩回时,该单元的长度(单元的最长尺寸)可以小于400mm,例如300mm或更小。该单元的重量(包括液压流体)可以小于7kg,例如4kg或更小。

[0079] 液压执行器可以包括安装为在外壳内轴向移动并且平行于单元的纵轴延伸的杆。液压系统可以包括第一气体蓄能器、第二气体蓄能器和(可选地)第三气体蓄能器,蓄能器沿着单元长度的一部分布置成排。相邻的蓄能器可以共享公共壁。杆可以沿着单元的第一侧延伸并邻近单元的第一侧。蓄积器可以与单元的第一侧间隔开。蓄能器可以邻近单元的第二侧间隔开,第二侧与第一侧相对。活塞外壳或套筒以及一个或多个蓄能器可共用公共壁。这样的布局可以特别节省空间和/或允许限定不同元件的结构整体形成,从而节省重量和/或成本。

[0080] 泵和/或(主)阀可以与第一、第二和(如果存在)第三气体蓄能器布置成排。例如,阀可以与泵的转子同轴地(例如与泵的转子同心和/或在转子内)布置,并且泵/阀组件可以沿着单元的长度例如在装置与杆相对的一侧,与蓄能器布置成排。同样,这种布局在空间和结构方面可能特别有效。

[0081] 悬架单元可包括泵歧管,所述泵歧管包括布置成容纳泵的腔。泵歧管可包括多个流道,每个流道在泵歧管的入口端口或出口端口之间延伸以形成流动路径,流体经由所述流动路径流入或流出泵。一个或多个所述流道可以是曲线流动的流道。曲线流道可以被定义为沿着其大部分长度(例如从入口或出口端口到空腔)弯曲的流道,所述曲率在两个平面中,使得流道在所有三个维度遵循非线性路径。使用这种曲线流道可以允许流道以更节省空间的方式布置在泵歧管内。泵歧管可以是单件式结构。泵歧管(包括曲线流道)可以使用增材制造形成成为单件。使用增材制造可以促进包括具有复杂几何形状的曲线流道的歧管的成本有效的生产。

[0082] 泵和/或(主)阀可以位于悬架单元的泵和控制单元内。泵和控制单元还可包括泵歧管。泵和控制单元可包括一个或多个端口(例如入口端口和/或出口端口),流体可经由这些端口在蓄能器和泵之间流动。泵和控制单元可以是被配置为附接到悬架单元的其余部分的模块化单元。

[0083] 悬架单元可包括至少一个蓄能器,例如多个蓄能器。每个蓄能器可以是模块化蓄能器。模块化蓄能器可以是限定气体储存器和流体储存器并且包括屏障的独立单元。每个蓄能器可包括蓄能器外壳和所述外壳中的端口,液压流体可经由该端口进入和离开蓄能器。多个模块化蓄能器可被配置成使得蓄能器能够堆叠在一起,例如其中一个所述蓄能器的一部分容纳在形成于另一个所述蓄能器的表面中的凹部中。例如,所述蓄能器的一个的端部可容纳在形成于所述蓄能器中的另一个的端表面中的凹部中。液压系统可以包括第一气体蓄能器、第二气体蓄能器和第三气体蓄能器,并且第一气体蓄能器、第二气体蓄能器和第三气体蓄能器中的每一个都是模块化蓄能器。第一气体蓄能器、第二气体蓄能器和(如果存在)第三气体蓄能器可以是成排堆叠在一起的模块化蓄能器。在悬架单元中使用模块化

蓄能器可以降低制造成本和/或能够生产更广泛的悬架单元作为不同尺寸的模块化蓄能器,其可以轻松地以不同的组合包含在悬架单元中,以提供所需的液压系统性能。

[0084] 泵和控制单元可以布置在该排模块化蓄能器的一端。

[0085] 单元还可以包括一个或多个管,例如直线管道,该直线管道被布置成在泵和控制单元的入口或出口端口与蓄能器的端口之间提供流体连接。泵歧管中的增材制造与悬架单元其余部分中的传统管道的组合可以实现高性能悬架单元的成本有效的制造。相对更昂贵的增材制造可用于生产节省空间的泵歧管所需的复杂流动路径,而更传统的部件(例如直线管)则用于悬架单元的其他地方,例如将泵和控制单元连接到模块化蓄能器。

[0086] 根据本申请的第五方面,提供了一种使用悬架系统来控制机动车辆的车轮组件和车身的相对运动的方法,所述悬架系统包括连接车轮组件和车身的液压执行器以及配置成向所述液压执行器提供流体供应的液压系统,并且其中所述液压系统在第一时间段以等于或大于7MPa(70Bar)的总压力向所述液压执行器提供流体。

[0087] 液压系统可以包括连接到公共流动路径的第一蓄能器和/或第二蓄能器。液压执行器的刚度可以由在参考压力下与主流动路径流体连通的可压缩气体的总体积确定。可以是,在第一时间段期间,第一蓄能器保留第一数量的气体(对应于参考压力下的第一体积的气体),并且第二蓄能器保留不同的第二数量的气体(对应于参考压力下的第二体积的气体)。在第一时间段期间,第一蓄能器和第二蓄能器中的一个或两个与公共管线之间的流体流动可以被停止或开始,从而改变与公共流动路径流体连通的可压缩气体的量,并且相应地改变液压执行器的刚度。应当理解,在第一时间段,虽然公共流动路径中的总压力可能会改变,但它仍然大于7MPa(70Bar)。

[0088] 应当理解,一定量气体占据的体积将根据压力而变化。每个蓄能器中气体的相对量可以通过比较在给定参考压力下每个蓄能器中的气体所占据的体积来确定。

[0089] 蓄能器的特定组合与公共流动路径流体连通(即,与那些蓄能器相关联的阀打开)的时间段可以被称为子周期。因此,第一时间段可以包括多个子周期,当流体到一个或多个蓄能器的流动停止或开始时,一个子周期结束并且下一个子周期开始。

[0090] 该方法可以包括在第一时间段期间(例如在第一时间段的子周期期间)改变位于活塞流动路径上的可变阻力阀的非零位置,以改变液压执行器的阻尼率。该方法可以包括在子周期期间改变阀的非零位置。

[0091] 该方法可包括,在第一时间段期间,例如在第一时间段的子周期期间,操作泵以改变公共流动路径中的总压力,从而改变液压执行器的长度。这可选地是在第一时间段的子周期期间,第一时间段包括多个这样的子周期,当流体到一个或多个蓄能器的流动停止或开始时,一个子周期结束并且另一个子周期开始。

[0092] 液压执行器可以包括活塞,该活塞具有在活塞头的一侧上的第一活塞室和在活塞头的另一侧上的第二活塞室,其中第一活塞室一侧的活塞头的第一侧的有效表面积大于所述第二活塞室一侧的活塞头的第二侧的有效表面积,第一室和第二室通过不同的活塞流动路径连接到公共流动路径。公共流动路径中压力的增加可以导致第一室和第二室中的压力增加,有效表面面积的差异导致活塞头上产生净力,使得活塞头运动远离第一室,导致流体从公共流动路径流入第一室并导致流体流出所述第二室。公共流动路径中的压力的降低导致第一室和所述第二室中的压力降低,有效表面面积的差异导致活塞头上的净力,使得活塞头

运动远离第二室,导致流体流出第一室并导致流体从公共流动路径流入第二室。因此,改变公共流动路径中的压力导致液压执行器的长度增加和减少。

[0093] 因此,根据本申请的方法可以通过改变公共流动路径中的总压力来改变液压执行器的长度。换句话说,改变公共流动路径中的总压力允许改变执行器的平均长度。然而,在稳定状态下,执行器的长度与公共流动路径中的压力无关。因此,当安装到车上时,这种系统允许调节车的平均行驶高度,同时仍然允许液压执行器从平均位置上下运动以充当悬架。因此,此类方法可以提供主动悬架系统。泵和公共流动路径的这种布置与液压执行器的两个室流体连通,并且液压执行器内的活塞的表面积的差异与公共流动路径中的高总压力相结合,允许以低功率和/或快速实现执行器的大运动,因为不需要在回路周围泵送大量流体,而是公共流动路径中总压力的微小变化驱动位移。

[0094] 该方法可包括在泵运行以增加或降低公共流动路径中的总压力时,例如在第一时间段或其子周期期间,泵与可变蓄能器交换流体。该方法可包括在泵运行以增加或降低公共流动路径中的总压力时,泵与排泄储存器交换流体。就这一点而言,操作泵还可以包括将收集在排泄储存器中的流体返回到公共流动路径。

[0095] 车轮组件上可以安装有轮胎。排泄蓄能器可以连接到公共流动路径,所述公共流动路径与液压执行器流体连通。该方法可以包括在第一时间段期间,在排泄蓄能器和公共流动路径之间的流体流动开始,从而从液压执行器快速排出高压流体,使得液压执行器长度减小,轮胎减压,并且车轮组件和车身加速朝向彼此。轮胎的减压可能导致车轮组件朝向车身的加速度的大小大于车身朝向车轮组件的加速度的大小。例如,车轮组件朝向车身的加速度的大小可以是大约7g或更大。车组件朝向车轮的加速度大小可以约为1g (其中g为 9.81m s^{-2})。因为轮胎减压,车轮组件的加速度可以比车身的加速度大。当液压执行器减压时,轮胎的减压导致力快速施加到车轮组件上。流体从液压执行器的快速去除可以导致压缩轮胎的力去除,导致轮胎快速减压,并且这样做将车轮组件推离地面。

[0096] 操作泵和/或改变可变阻力阀的非零位置的步骤可以在第一时间段内或者在其子周期期间执行多次。操作泵和/或改变可变阻力阀的非零位置的步骤可以在不同的子周期中执行。操作泵和/或改变可变阻力阀的非零位置的步骤可以同时执行和/或在子周期或时间段期间的不同时间执行。

[0097] 操作泵、改变与公共管线流体连通的蓄能器和/或改变可变阻力阀的非零位置的步骤可以由悬架系统的控制系统响应于一个或多个输入来执行。输入可以包括来自车辆驾驶员的输入,例如驾驶员选择不同的悬架模式(例如,从“经济”驾驶模式改变为“运动”驾驶模式)或以特定的方式操作方向盘、加速器和/或制动器。输入可包括来自车辆上的一个或多个传感器的传感器输入,例如加速器、速度传感器和/或配置为检测即将到来的道路危险的远程感测装置。

[0098] 该方法可包括液压系统在第二时间段内以等于或大于7MPa (70Bar) 的总压力向液压执行器提供流体。第二时间段可以发生在第一时间段之前或之后。第二时间段可以包括一个或多个如上所述的子周期。该方法可以包括在第二时间段或其子周期期间执行上面讨论的任何步骤。第一时间段或每个时间段可以具有超过1分钟(例如超过10分钟)的持续时间。

[0099] 该方法可以包括,在第三时间段内,回流阀打开并且与排泄储存器相关联的阀打

开,使得来自公共流动路径的流体流至排泄储存器,从而降低公共管线中的总压力并导致液压执行器缩回。与蓄能器或每个蓄能器相关联的阀可以在整个第三时间段内关闭。泵可以在第三时间段期间停止。就在第三时间段之前,排泄储存器中的总压力可以小于蓄能器中的压力,例如排泄储存器中的压力可以小于2Bar。可变阻力阀可以在整个第三时间段完全打开。该方法的这个方面可以导致液压执行器快速缩回,例如响应于感测到道路上即将出现的坑洞或隆起物。在第三时间段将阀切换到适当位置的步骤可以由悬架系统的控制系统响应于如上所述的一个或多个输入来执行。第三时间段可以发生在第一时间段之前或之后。第三时间段可以发生在第一时间段和第二时间段之间。

[0100] 该方法可包括在第四时间段操作泵以将可变蓄能器加压至比第一蓄能器和第二蓄能器更高的压力,然后打开与可变蓄能器相关联的阀以增加公共路径中的压力,同时与第一蓄能器和第二蓄能器相关联的阀被关闭,从而导致液压执行器延伸。可变阻力阀可以在整个第四时间段完全打开。该方法的这个方面可能导致液压执行器快速延伸,例如导致车身“跳跃”。液压执行器可以在小于15毫秒,例如小于10毫秒内完全缩回。在第四时间段将阀切换至合适位置的步骤可以由悬架系统的控制系统响应于如上所述的一个或多个输入来执行。第四时间段可以发生在第一时间段之前或之后。第四时间段可以发生在第一时间段和第二时间段之间。

[0101] 在第一时间段和/或第二时间段期间,该方法可以包括流体从液压执行器的腔室泄漏到活塞外壳的密封区域中(如上面参考设备描述的)。该方法可包括流体经由位于密封区域中的一个或多个排泄出口从密封区域流至排泄储存器。由此,密封区域中的压力可以保持小于5Bar。该方法可包括周期性地打开与排泄储存器相关联的阀,并操作泵以将流体从排泄储存器返回到公共路径。因此,根据本申请的这个方面的方法可以降低活塞外壳的密封件所经历的压力,从而允许使用更柔性的密封件并减少密封摩擦。

[0102] 根据本申请的第六方面,提供了一种机动车辆,其包括根据本文描述的本申请的任何其他方面的悬架系统。

[0103] 机动车辆可以包括连接至底盘的多个车轮。车辆可以包括多个所述悬架系统或所述悬架单元,所述悬架系统或所述悬架单元与每个车轮相关联,例如安装在每个车轮组件上。每个车轮组件可包括车轮。机动车辆可以是客运车辆,例如配置成容纳不超过10名乘客的机动车辆。鉴于需要提供良好的乘坐质量,主动悬架系统可能在客车中得到特殊应用。

[0104] 当然应当理解,关于本申请的一方面描述的特征可以并入本申请的其他方面。例如,本申请的方法可以结合参考本申请的装置描述的任何特征,反之亦然。

附图说明

[0105] 现仅参考附图以示例的方式描述本申请的实施方案,其中:

[0106] 图1显示了根据本申请第一实施方案的主动悬架系统的液压示意图。

[0107] 图2显示了图1的主动悬架系统的四分之一车模型的机械示意图。

[0108] 图3显示了当系统处于“快速延伸”操作模式时图1的主动悬架系统周围的流动路径。

[0109] 图4显示了当系统处于“高刚度”操作模式时图1的主动悬架系统周围的流动路径。

[0110] 图5显示了当系统处于“低刚度”操作模式时图1的主动悬架系统周围的流动路径。

[0111] 图6显示了当系统处于“液压平衡”操作模式时图1的主动悬架系统周围的流动路径。

[0112] 图7显示了当系统处于“快速缩回”操作模式时图1的主动悬架系统周围的流动路径。

[0113] 图8显示了适用于图1系统的液压执行器。

[0114] 图9显示了图8的执行器的一部分的特写图。

[0115] 图10显示了结合图1的系统的示例主动悬架单元的剖视图。

[0116] 图11显示了图10的单元的一部分的特写。

[0117] 图12显示了图10的单元的一部分的流道。

[0118] 图13显示了结合图1的系统的示例主动悬架单元的剖视图。

[0119] 图14(a) 显示了图13的悬架单元的泵和控制单元的一部分。

[0120] 图14(b) 显示了图13的悬架单元的泵和控制单元的泵歧管内的流道的内部体积。

[0121] 图15显示了图13的悬架单元的分解图。

[0122] 发明详述

[0123] 图1显示了根据第一示例实施方案的主动悬架系统的示意图。主动悬架系统201包括经由主流道AB(即,限定图1中的参考字母A和参考字母B之间的流动路径的流道)连接的液压回路210和液压执行器205。从液压回路210到液压执行器205的所有流体输出都经过公共点A。连接到主流道AB的是较高体积蓄能器222、较低体积蓄能器232和可变体积蓄能器242。泵203也连接至主流道AB。应当理解,如这里所使用的,“连接”意味着存在流体在连接的元件之间流动的潜在路径。应当理解,流体是否沿着所述潜在路径流动将取决于沿着所述路径的任何阀的位置(例如打开或关闭)。因此,流体可以从较高体积蓄能器222、较低体积蓄能器232、可变体积蓄能器242和泵203中的每一个流到主流道AB。每个蓄能器(222、232、242)分别经由止回阀122、132和142与压缩空气源(未显示)流体连通。

[0124] 第一独立开关阀223位于较高体积蓄能器222和主流道AB之间的流动路径上。开关阀223是可变阻力阀,其可以占据全打开位置、全关闭位置和多个中间位置。第二独立开关阀233位于较低体积蓄能器232和主流道AB之间的流动路径上,并具有打开位置和关闭位置。第三开关阀243位于可变体积蓄能器242和主流道AB之间的流动路径上。较高体积蓄能器222在位于点A与较低体积蓄能器232连接到流道AB的点之间的点处连接到主流道AB。可变蓄能器242在点B处连接至主流道AB,该点位于较低体积蓄能器232连接至流道AB的点的另一侧。

[0125] 在本实施方案中,泵203包括低排量级212a和高排量级212b。在其他实施方案中,这两个级可以由单独的泵或使用可变排量泵来提供。可变蓄能器242通过直接流动路径254直接连接至高排量级212b。高排量级212a的另一侧在B点(即,与可变压力蓄能器相同的点)处连接至主流道AB。低排量级212a的一侧在点B与较低体积蓄能器232连接至流道AB的点之间直接连接至主流道AB。低排量级212a的另一侧经由排泄流道281连接至排泄蓄能器270。

[0126] 第四开关阀273位于排泄流道上。排泄流道271将液压执行器205的排泄入口272连接至第四开关阀273和排泄储存器270之间的流动路径上的点。第五开关阀283位于回流道282上,其在主流道AB(在与较高体积蓄能器222和较低体积蓄能器232的连接之间的点处)和排泄流道281(在泵203和第四阀273之间)之间延伸。

[0127] 液压执行器205的一端(图1中的上端)连接至车身207(见图2),而另一端连接至车轮组件209(见图2)。液压执行器205包括杆257,杆257在其远端处连接至车身并且在其另一端处具有活塞头258。活塞头258容纳在执行器205的气缸(参见图8和图9)中,从而将气缸的内部分成两个室;上室205a和下室205b。由于杆257存在于上室205a的侧面,所以与下室205b接界的活塞头258的有效表面积大于与上室205a接界的活塞头258的有效表面积,从而减小了暴露于上室205a中的流体压力的面积。

[0128] 第一流道262将主流道AB上的点A连接至上室205a。第二流道261将点A连接至下室205b。可变阻力阀255位于A点和上室205a之间的第一流道上。

[0129] 图2显示了本申请第一实施方案的主动悬架系统201的四分之一车模型的机械示意图,其利用图1中的液压示意图来描绘。

[0130] 四分之一车模型显示了表示为与车身207的质量和位于地面202上的车轮组件209之间的低排量级212a串联的弹簧的蓄能器(222、232、242)。车轮组件209的轮胎204在图2中被表示为弹簧和阻尼器。对应于第三开关阀223的阻尼器和开关被显示为与代表较高体积蓄能器222的弹簧并联。高排量级212b被显示为与代表阀243的开关和代表可变蓄能器242的弹簧并联。代表阀233的开关与代表较低体积蓄能器232的弹簧并联。代表回流阀283的开关被显示为与低排量级212a并联。可变阻力阀255被显示为与代表所有三个蓄能器232、242、222的弹簧并联。

[0131] 从图1和图2中可以明显看出,当与蓄能器相关联的阀关闭时,蓄能器中的气体在公共流动路径AB中不会经历任何压力变化,从机械角度来说,这相当于锁定图2图中相应的弹簧。因此,通过改变图1和图2的系统的阀的位置,可以改变液压执行器205的刚度和阻尼特性。因此,根据本实施方案的悬架系统可以提供在不同时间具有不同特性的悬架。

[0132] 在本实施方案中,开关阀223、233、243、273和283形成作为旋转直接驱动伺服阀的单个主阀250的一部分。在其他实施方案中,可以使用单独的阀。主阀250具有由电机(图1中未显示)直接驱动的阀芯(图1中未显示)。这种阀的实例如图11所示。使用单个阀来控制流体流向系统中的各种不同部件可以允许更紧凑和/或更轻的主动悬架系统。它还可以导致系统响应速度更快。

[0133] 较高体积蓄能器222比较低体积蓄能器232包含更大量的气体(在参考压力下可压缩气体的体积更大)。较低体积蓄能器232包含比较高体积蓄能器222更少量的气体(在参考压力下的可压缩气体的体积更小)。包含在可变蓄能器242中的气体量(参考压力下的气体体积)可以改变。

[0134] 低排量级212a提供比高排量级212b更低的流速。例如,在一些实施方案中,低排量级和高排量级可分别提供每分钟0.5升至每分钟5升的流速。

[0135] 控制系统211控制主阀250、可变阻力阀255和可变排量泵203。控制系统211是传统类型的,并且能够接收用户和/或传感器输入,传感器输入包括加速器和速度传感器。控制系统可以向主阀250、可变阻力阀255和可变排量泵203输出命令,使得可以控制由液压执行器205施加的长度、刚度、阻尼和力。

[0136] 现在将参考多种不同的构型或操作模式来描述图1和图2的主动悬架系统201的操作。

[0137] 图3显示了当本申请的第一实施方案的主动悬架系统用于“快速延伸”操作模式时

图1的主动悬架系统周围的流动路径。在切换到“快速延伸”模式之前,可变蓄能器242由高排量级212b填充加压流体。在“快速延伸”模式中,较高体积蓄能器222、较低体积蓄能器232和排泄储存器270的开关阀(223、233、273)全部完全关闭。泵的高排量级212a和低排量级212a都停止(在其他实施方案中,它们可以是与主流道和可变蓄能器242一起再循环流体)。在切换到“快速延伸”之前,车身207的重量由活塞杆256上的反作用力支撑。在该初始平衡状态下,室中的压力等于沿着主流动路径AB的压力。当“快速延伸”开始时,与可变蓄能器242相关联的开关阀243被切换到其完全打开位置,导致流道AB中的压力变化被传送到液压执行器205。压力变化最初在上室205a和下室205b中是相同的。然而,活塞头258与下室205b内的流体接触的有效表面积大于活塞头258与上室205a内的流体接触的有效表面积。这导致它们对活塞头258产生向上的净力。当活塞上升时,上室205a的减小的体积迫使流体从上室经由流道262运动到下室205b,从而导致液压执行器205快速延伸。

[0138] 图4显示了当本申请第一实施方案的主动悬架系统用于“高刚度”操作模式时,主动悬架系统周围的流动路径。

[0139] 在“高刚度”模式中,较高体积蓄能器222、可变蓄能器242和排泄储存器270的开关阀(223、243、273)全部完全关闭。回流阀283完全打开,使得流体在低排量级212a和主流动路径AB之间再循环。与较低体积蓄能器232相关联的开关阀233完全打开。开关阀243关闭,使得来自可变蓄能器242的流体经由高排量级212b流入或流出主流动路径AB。可变阻力阀255部分打开。当系统处于“高刚度”模式时,A点的总压力大于10MPa(100Bar),例如,在此模式下弹簧比率可以在30N/mm到90N/mm之间变化。

[0140] 在“高刚度”模式中,仅较低体积蓄能器232中的气体暴露于主流动路径AB中的压力变化,其他蓄能器由相关开关阀隔离。由于液压系统中不可压缩流体的作用只能压缩相对少量的气体,因此液压系统相对较硬,这转化为执行器205的相对高的刚度。通过驱动高排量级212a可以进一步增加刚度。驱动高排量级212a还可以用于通过改变主流动路径AB中的压力来升高或降低车身的平均行驶高度。当主流动路径AB中的压力增加(例如通过驱动高排量级212a)时,引起的上室205a和下室205b中的压力的增加导致活塞头258的运动,从而导致执行器如上所述。当流体在上室和下室之间运动时,由阀255提供的附加阻力对活塞的运动产生阻尼效应。这种阻尼效果可以通过改变可变孔的直径来改变。因此,在根据本实施方案的“高刚度”模式系统中,提供具有高刚度、可变阻尼(通过改变阀255提供的阻力)和行驶高度控制的主动悬架。

[0141] 当控制系统例如响应于驾驶员对方向盘的运动而预测出高加速度(即,大于 $2-4\text{m/s}^2$ 的侧倾)时,可以选择高刚度操作模式。

[0142] 图5显示了当主动悬架系统处于“低刚度”操作模式时主动悬架系统周围的流动路径。

[0143] 在“低刚度”模式中,可变蓄能器242和排泄储存器270的开关阀(243、273)全部完全关闭。回流阀283完全打开,使得流体在低排量级212a和主流动路径AB之间再循环。与较低体积蓄能器232相关联的开关阀233完全打开。与较高容量蓄能器222相关联的开关阀223部分地打开。开关阀243关闭,使得来自可变蓄能器242的流体经由高排量级212b流入或流出主流动路径AB。可变阻力阀255部分打开。当系统处于“低刚度”模式时,A点的总压力大于7MPa(70Bar)。例如,该模式下的刚度可以在5N/mm至50N/mm之间变化。

[0144] 在“低刚度”模式中,较低体积蓄能器232和较高体积蓄能器222与主流动路径AB的连接意味着与“高刚度”模式相比,更大量的气体暴露于流动路径AB中的压力变化。由于更多的气体可以通过液压系统中的不可压缩流体的作用被压缩,因此液压系统的刚度比处于“高刚度”模式时的刚度小,这转化为执行器的相对较低的刚度。当主流动路径AB中的压力从稳态增加(例如通过驱动高排量级212a)时,活塞杆257上的车重量与沿主流动路径AB的压力增加之间的压差导致流体流入液压执行器205。在上室205a和下室205b中经历相同的压力变化,并且活塞头258的不同侧上的有效表面积的差异再次导致如上所述执行器的运动。类似地,当主流动路径AB中的压力减小时(例如,通过运行高排量泵212a,使得沿着公共流动路径AB的流体的压力减小),上室205a和下室205b中的每一个中的压力的降低导致执行器沿另一个方向的运动。

[0145] 同样,当流体在上室和下室之间运动时,阀255提供附加阻力,这对活塞的运动产生阻尼效果。这种阻尼效果可以通过改变可变孔的直径来改变。因此,在“低刚度”模式下,根据本实施方案的系统提供具有较低刚度、可变阻尼(通过改变由阀255和阀223提供的阻力)和行驶高度控制的主动悬架。

[0146] “低刚度”模式是一种用于一般驾驶、加速度水平相对较低的模式。系统的刚度相对较低(与高刚度设置相比)。

[0147] 图6显示了当本申请第一实施方案的主动悬架系统用于“液压平衡”操作模式时主动悬架系统中的流动,在该操作模式中,收集在排泄储存器270中的流体返回到液压回路210。

[0148] 在“液压平衡”模式中,可变蓄能器242和排泄储存器270的开关阀(243、273)全部完全打开。回流阀283完全打开,使得流体在低排量级212a和主流动路径AB之间再循环。与较低体积蓄能器232相关联的开关阀233和与可变蓄能器相关联的开关阀243完全打开。与较高容量蓄能器222相关联的开关阀223部分地打开。开关阀243打开,使得来自高排量级212b的流体经由点B和可变排量蓄能器242再循环。可变阻力阀255部分打开。A点的总压力与低刚度模式相似,该模式下A点的压力大于7MPa(70Bar)。液压执行器205的刚度与“低刚度”模式的刚度类似,例如刚度可以在5N/mm和50N/mm之间变化。

[0149] 在“液压平衡”模式下,暴露于液压流体作用的气体量与“低刚度”模式下相同,这会导致类似的刚度,并且主流动路径AB中的压力变化会导致执行器205以类似方式移动。与“低刚度”模式相反,在“液压平衡”模式中,低排量级212a被驱动以使流体从排泄储存器270返回到主流动路径AB。因此,在“液压平衡”模式系统中,系统的性能相似,但该模式允许从蓄能器泄漏的流体通过排泄系统返回到液压回路。在液压平衡模式中,执行器205的长度可以调节(例如,被驱动以将流体从排泄储存器270返回至主流动路径AB的低排量级212a可以用于升高液压执行器)。当切换出“液压平衡”模式时,不需要额外的或持续的能量供应来维持改变的执行器长度。

[0150] 图7显示了当主动悬架系统用于“快速缩回”操作模式(例如响应道路上的坑洞或颠簸)时,主动悬架系统周围的流动路径。

[0151] 在“快速缩回”模式中,较高体积蓄能器222、较低体积蓄能器232和可变蓄能器242的开关阀(223、233、243)全部切换至其关闭位置。高排量级212a和低排量级212a都停止(尽管在其他实施方案中它们可以经由主流动路径AB再循环流体)。当启动时,“快速缩回”回流

阀283和开关阀273完全打开,使得主流道AB中的压力随着流体流至低压排泄储存器271而快速下降。假定车身207用于压缩执行器205,并且稳定状态下液压执行器205中的流体具有高压,这导致流体从液压执行器205快速排出,液压回路210中的流体体积相对较小意味着从液压执行器205的流体排出在功能上是瞬时的。执行器205中的压力损失允许车身207和车轮组件209朝向彼此运动。从安装在车轮组件209上的轮胎(未显示)上的液压执行器快速移除向下的力,导致该类型的轮胎快速膨胀,并从地面推出。这导致车轮组件209以大于重力的加速度(例如大约7g)朝向液压执行器(并且因此朝向车身207)加速。同时,车身207在重力作用下(即,以g的加速度)向液压执行器(并且因此向地面202)运动。因此,这些加速度差异的净效应意味着当快速缩回模式被激活时,车轮安装点209将向着车身迅速缩回。因此,处于“快速缩回”模式的液压执行器205可用于将车轮组件209快速升高离开地面202,以避免坑洼等。

[0152] 图8更详细地显示了适合在本申请的第一实施方案中使用的示例液压执行器。

[0153] 杆257位于液压执行器205的套筒256内。杆257的上端(图8中)是用于连接到车身207的第一连接点。活塞头258位于杆257的下端。用于支撑车轮组件209的第二连接点位于液压执行器205的套筒256的下端(图8中)。

[0154] 图9显示了图8的执行器的套筒的上端区域的特写视图。该图中仅显示了杆257的最外表面。在套筒256的端部处是在上室260的远端和套筒256的远端之间延伸的密封区域280。两个密封件281位于密封区域280的远端附近,沿着杆257的纵轴间隔开并且围绕套筒256的内表面周向延伸。多个排泄入口272形成在密封区域280中的套筒256的内表面中,并且连接到排泄流道271。

[0155] 在使用中,一定量的流体可以从上室260泄漏到密封区域中,然后经由排泄剂入口272离开该区域到达排泄流道271。结果,密封区域中的任何流体的压力减小,并且因此密封件281必须承受的压力也减小(例如,在一些实施方案中,密封件281、282在正常操作期间经受不了超过30N的力)。因此,与没有排泄入口的系统相比,密封件281和282之间的配合不那么紧密,并且杆257所经历的摩擦力相应地减小,并且克服所述摩擦所需的功率同样减小。因此,根据本实施方案的包括密封区域和排泄出口的悬架系统可以比可比较的现有技术悬架系统更有效。本实施方案的包括排泄入口的密封区域的使用可以在包括如本文所述的泵的悬架系统中找到特定的应用,该泵可以用于使通过排泄区域的流体再循环,从而维持和保存液压回路内的液压流体的供应。

[0156] 图10显示了示例性主动悬架单元的剖视图,例如适合用作图1的系统的单元。液压回路210包含在该单元的套290中。杆257部分位于套290内,邻近图10中的单元的套290的左侧并与其平行延伸。在杆257的右侧成排布置有(按从杆突出的套290的端部开始并向内工作的顺序)较低体积蓄能器232、可变蓄能器242、较高体积蓄能器222和排泄储存器270。较低体积蓄能器232邻近套290的端部,其他蓄能器/储存器沿着杆的长度并排,排泄储存器270靠近杆257的最内端。套筒256形成壁291,壁291部分地限定每个蓄能器(222、232、242)和排泄储存器270。可变排量泵230位于排泄储存器270附近。主阀250同心地位于泵230内。

[0157] 根据图10的实施方案布置主动悬架系统的元件可以提供特别紧凑和/或轻质的主动悬架系统。例如,在一些实施方案中,单元可以具有30cm的长度,同时当完全伸展时在杆上提供15cm的行程。另外或替代地,提供这样的紧凑单元可以有利于在车辆的空间限制内

使用主动悬架系统,和/或导致液压流体的流动路径较短,从而减少压力损失并提高效率。

[0158] 图11显示了泵230和主阀250的特写图,主阀250安装在泵230内并与泵230同心。主阀250具有主阀芯293,主阀芯293具有沿阀芯的长度间隔开的多个平坦区域,每个平坦区域对应于阀开关(223、233、243、273、283)之一。泵230包括安装在电机定子299内并相对于电机定子299旋转的电机转子297。泵是径向活塞泵,其包括容纳在形成于电机转子297内的活塞室中的第一排活塞和沿着泵的旋转轴线与第一排活塞间隔开的第二排活塞。第一组活塞是第一泵组件212a的一部分,第二排活塞是第二泵组件212b的一部分。在使用中,主阀250控制第一排活塞和/或第二排活塞(或泵组件)中的哪一个正在使用中,从而改变从泵输出的流体的流速。

[0159] 因此,以这种方式布置的主阀以及高排量泵和低排量泵允许以紧凑的布置为主阀相对大量的切换状态提供流体。这有助于主动悬架单元保持紧凑。另外,插板阀的使用,特别是如图11所示的直接驱动阀,允许在大量状态之间快速切换。这允许根据本实施方案的主动悬架系统比现有技术的悬架系统更快地响应道路和/或驾驶条件,和/或提供附加的操作模式,从而通过提供在不同时间点具有不同特性的系统来提高阀的效率。

[0160] 图12显示了形成在套290内的主动悬架系统201的多个流道1200,其连接上述的各种部件。流道1200是曲线形状的,并且可以使用增材制造技术来制造。流道的曲线性质允许更紧凑的主动悬架单元。

[0161] 图13显示了第二示例性主动悬架单元的剖视图,例如适合用作图1的系统的单元。液压回路包含在单元的套290内。这里将仅讨论图13的单元与图10的单元不同的那些方面。图13的单元的布局与图10的单元基本相同,其中较低体积蓄能器232、可变蓄能器242、较高体积蓄能器222和排泄储存器270在杆257的右侧布置成排。然而,与图10的单元相反,图13的单元已经以模块化方式构造。较低体积蓄能器232、可变蓄能器242、较高体积蓄能器222和排泄储存器270中的每一个形成为独立的模块化蓄能器,其包括限定气体和流体储存器以及它们之间的屏障的壁。然后,这些模块化蓄能器沿着杆257所在的套筒256堆叠成排。端板287(参见图15)封闭该单元并限定凹部287a,较低体积蓄能器232的远端位于该凹部287a中。端板287包括孔隙285,杆257延伸穿过该孔隙285。泵和控制单元296位于排泄储存器270附近,位于该单元与端板287相对的一端。泵和控制单元296包括同心地位于泵230内的主阀250,泵230本身位于使用增材制造形成成为单件的泵歧管298内。图14a显示了泵和控制单元296内的泵230的外部。泵歧管298包括多个曲线流道1200,并且这些流道的内部体积在图14b中更详细地显示。蓄能器232、242、222和排泄储存器中的每一个被设置成经由一个或多个直线管289与泵和控制模块296流体连通,该直线管289沿着悬架单元基本上平行于杆257的纵轴延伸并且在近端连接至泵的曲线流道1200和控制单元296。图15显示了图13的单元的分解图,其中蓄能器的模块化性质是显而易见的。

[0162] 泵和控制单元与模块化蓄能器的结合使用可以提供更容易制造的主动悬架系统。标准泵和控制模块可以与即插即用系统中不同尺寸的模块化蓄能器结合,以生产各种不同容量的液压系统。使用标准泵和控制模块可以减少必须维护的零件数量。此外,使用增材制造来生产泵歧管的复杂流道允许使用直接制造和/或保持为标准库存的直线管来提供悬架单元其余部分中的流体连接。以这种方式将增材制造与模块化零件的使用相结合还可以降低制造成本,因为(相对昂贵的)增材制造可能仅限于泵和控制单元,而悬架单元的其余部

分可以通过组装标准部件来完成。

[0163] 虽然已经参考特定实施方案描述和说明了本申请,但本领域普通技术人员将理解,本申请有本文未具体说明的许多不同变型。仅通过示例的方式,现在将描述某些可能的变型。

[0164] 在上述实施方案中,液压执行器205在一端(图1中的上端)连接至车身(见图2),并且在相对端连接至车轮组件(见图2)。虽然本实施方案已经关于以这种方式定向的液压致动器进行了描述,但是应当理解,本实施方案中显示的连接到车身的端部可以替代地连接到车轮组件,反之亦然。

[0165] 在上述实施方案中,主阀被描述为旋转直接驱动阀,但在一些实施方案中可以是线性直接驱动阀。虽然本实施方案已经关于单个主阀的使用进行了描述,但是应当理解,可以使用不同类型和数量的阀。例如,可以使用多个不同的阀来代替主阀。

[0166] 在上述实施方案中,系统包括布置成与主流动路径AB流体连通的三个蓄能器,但是应当理解,可以替代地使用更少的蓄能器(例如两个蓄能器)或者可以使用更多的蓄能器。

[0167] 在上述实施方案中,系统包括具有活塞头的杆,但是应当理解,在本申请的一些实施方案中不需要活塞头,其中可以替代地使用不具有活塞头的杆。这是可能的,因为系统不需要活塞头上(或液压执行器的上室和下室之间)的压差即可工作。

[0168] 在上述实施方案中,仅大容量蓄能器222被显示为具有开关阀223,开关阀223具有比例或可变流量设置,但是应当理解,任何蓄能器的任何开关阀可以具有比例或可变流量设置,以及/或者代替。

[0169] 在上述实施方案中,使用具有两级的单个可变排量泵,应当理解,可以使用两个或更多个固定排量泵,或者也可以使用不是双排量泵的可变排量泵,和/或者代替。

[0170] 虽然上述实施方案包括排泄系统,但在其他实施方案中可以不存在排泄系统。

[0171] 虽然在上述实施方案中,排泄系统被显示为具有两个密封件(281、282),但是在其他实施方案中排泄系统可以仅具有一个密封件。

[0172] 上述实施方案描述了主动悬架系统,但显然本文公开的教导可同样适用于在这个意义上不是主动的并且仅控制悬架系统的刚度和/或阻尼特性的悬架系统。

[0173] 当在前面的描述中提到具有已知的、明显的或可预见的等同物的整体或元件时,则这些等同物被并入本文,如同单独阐述一样。应参考权利要求来确定本申请的真实范围,其应被解释为涵盖任何此类等同物。读者还应当理解,被描述为优选的、有利的、方便的等的本申请的整体或特征是可选的并且不限制独立权利要求的范围。此外,应当理解,这样的可选整体或特征虽然在本申请的一些实施方案中可能有益,但在其他实施方案中可能不是期望的,并且因此可能不存在。

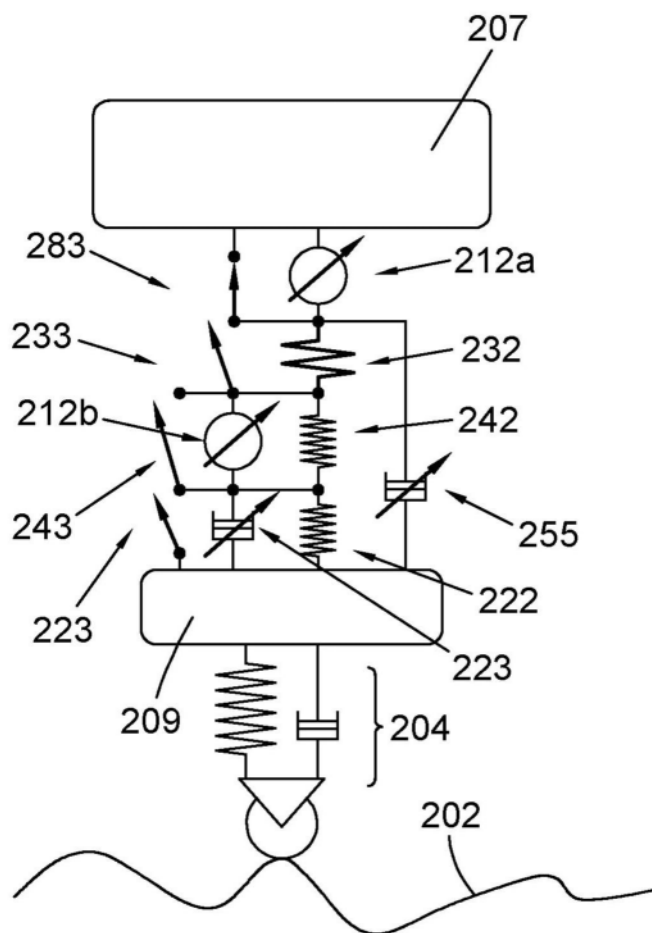


图2

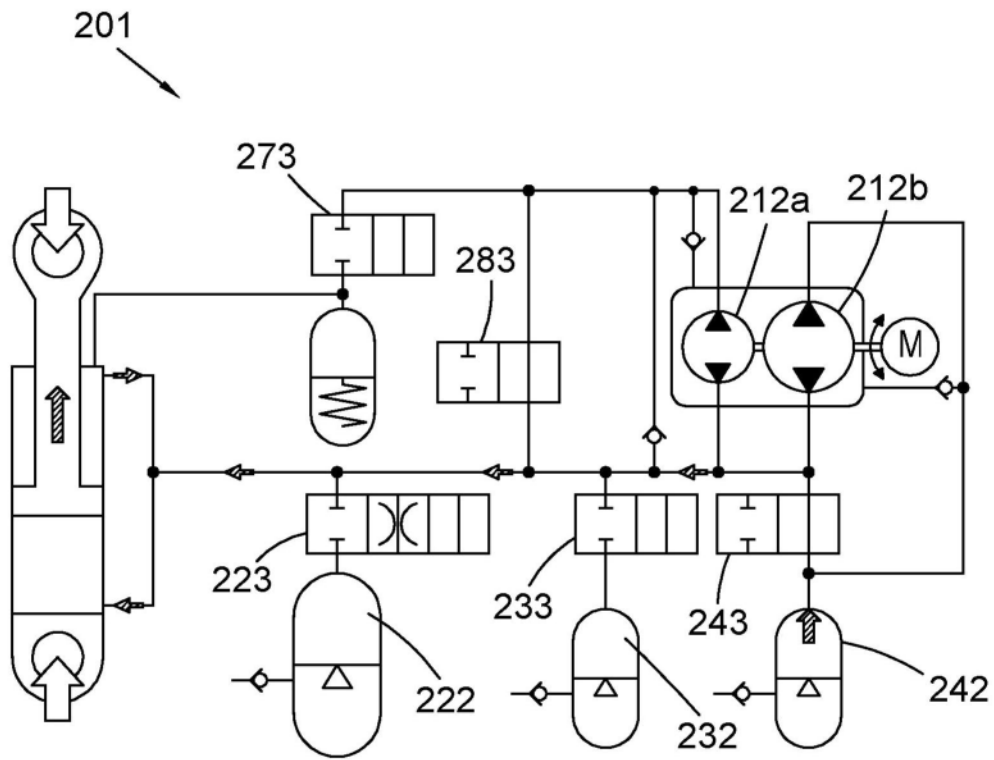


图3

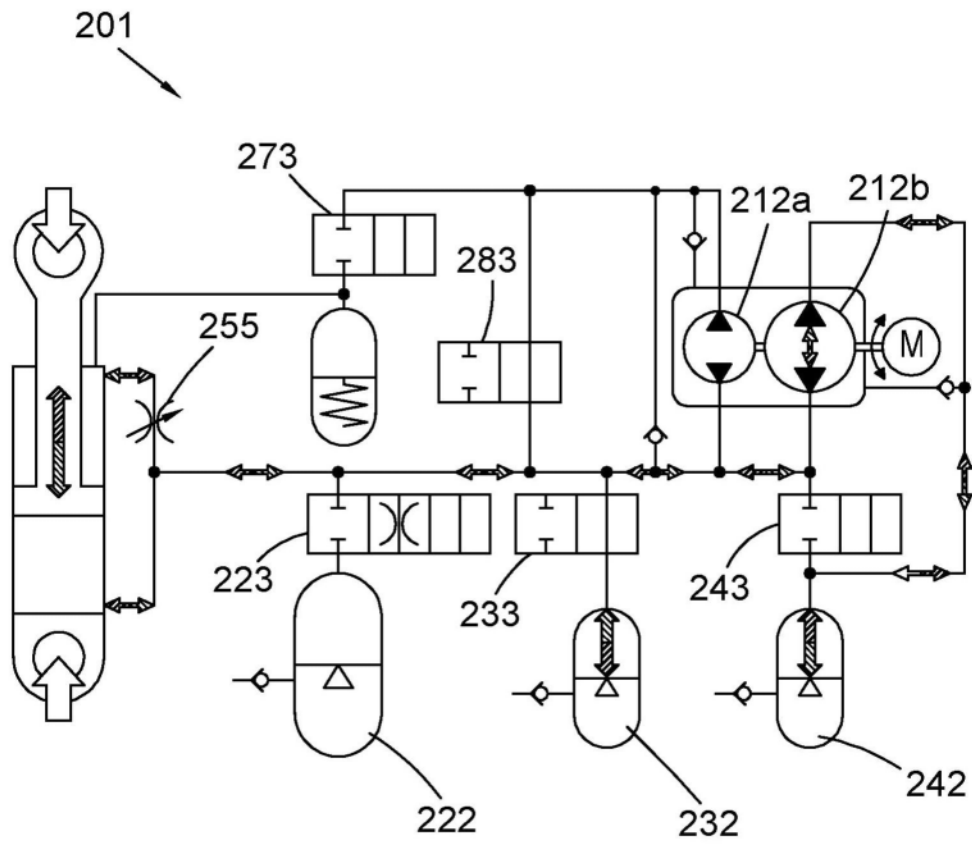


图4

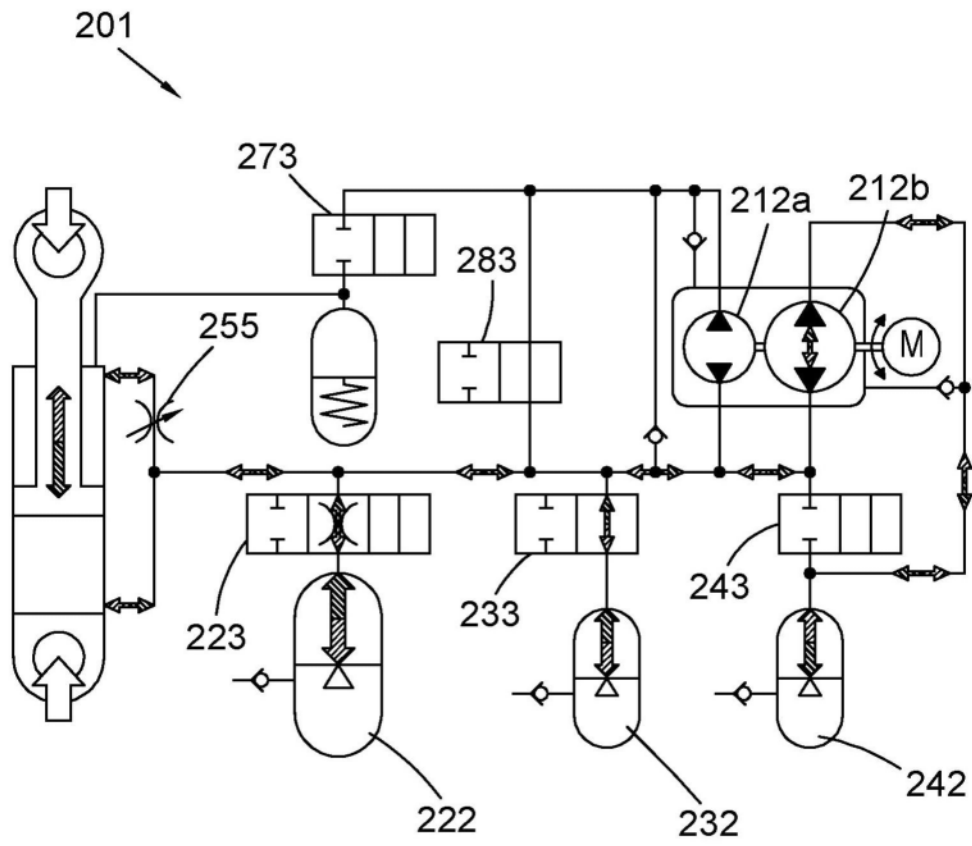


图5

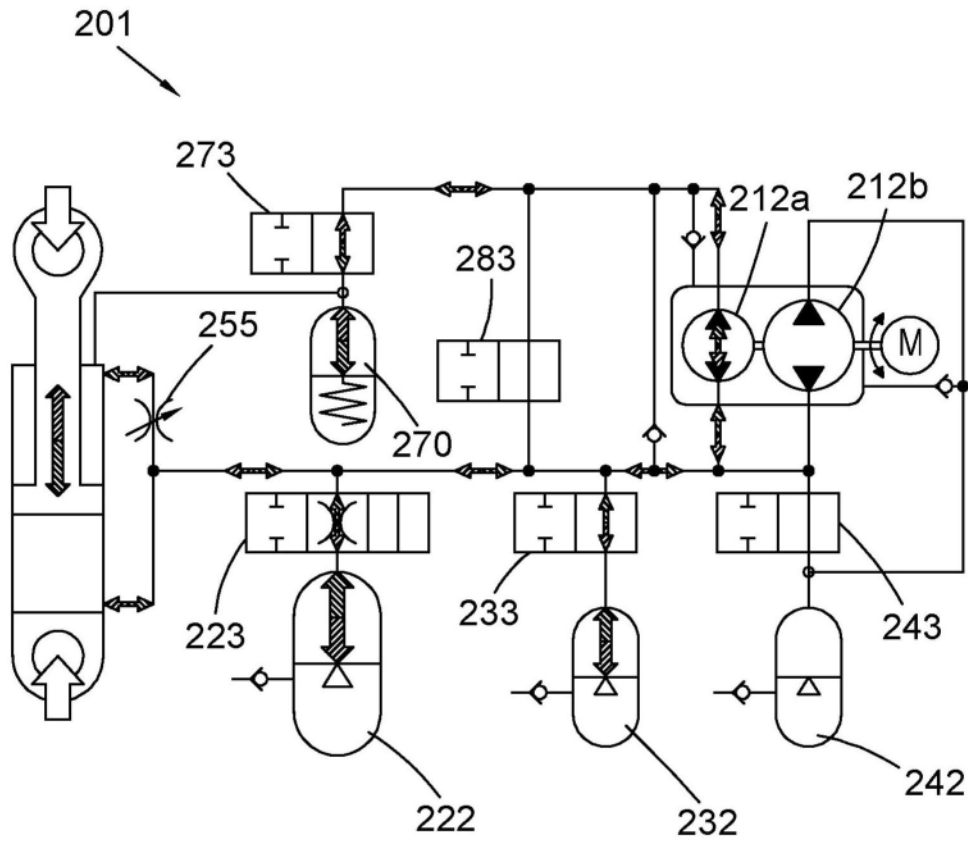


图6

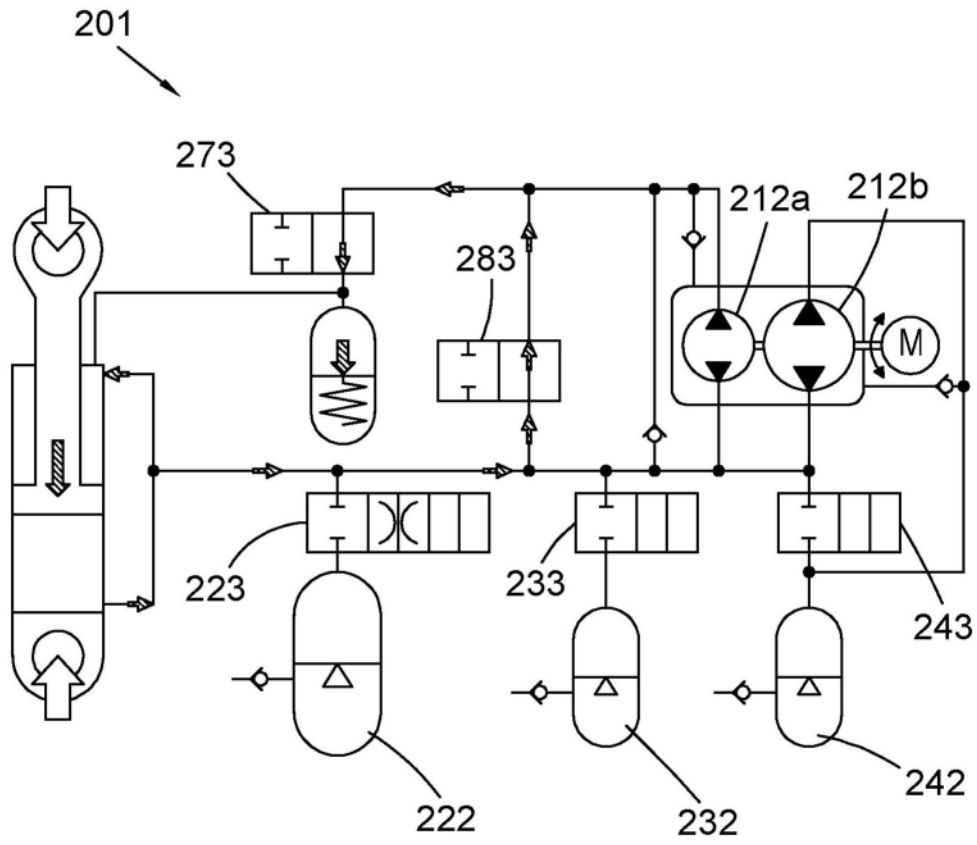


图7

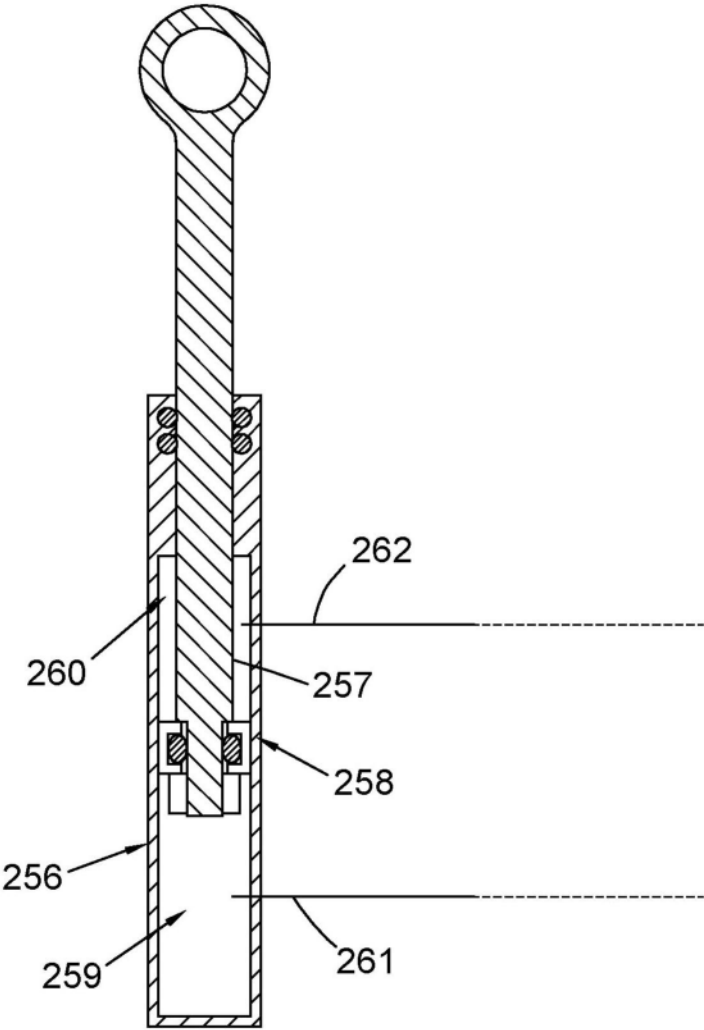


图8

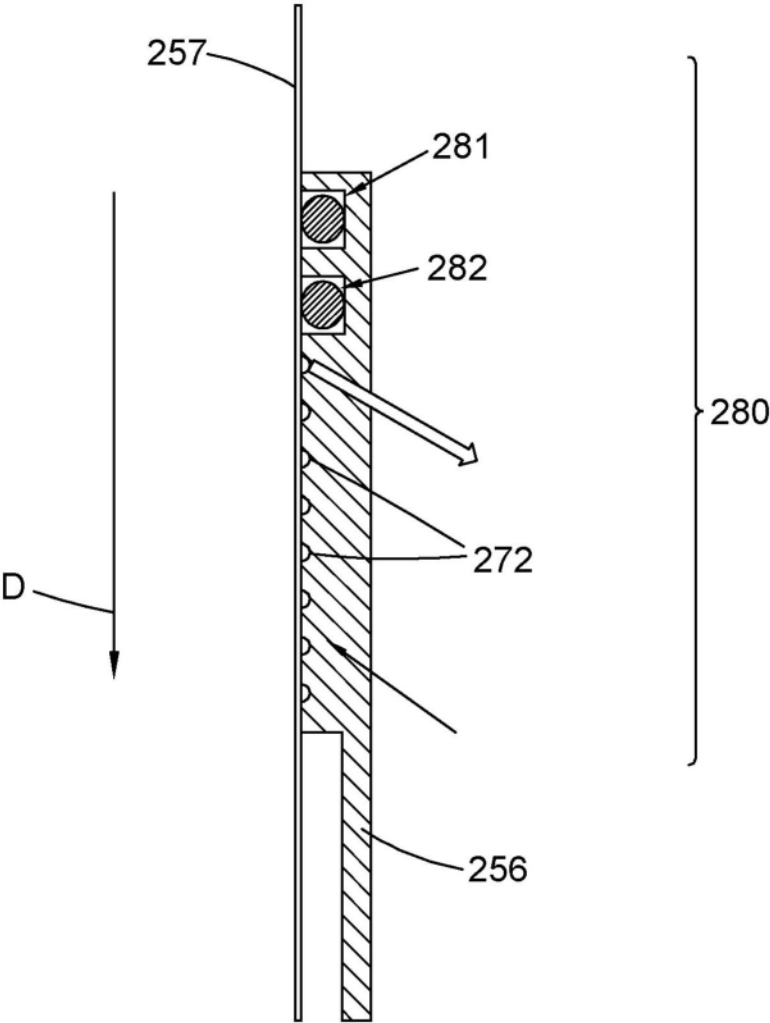


图9

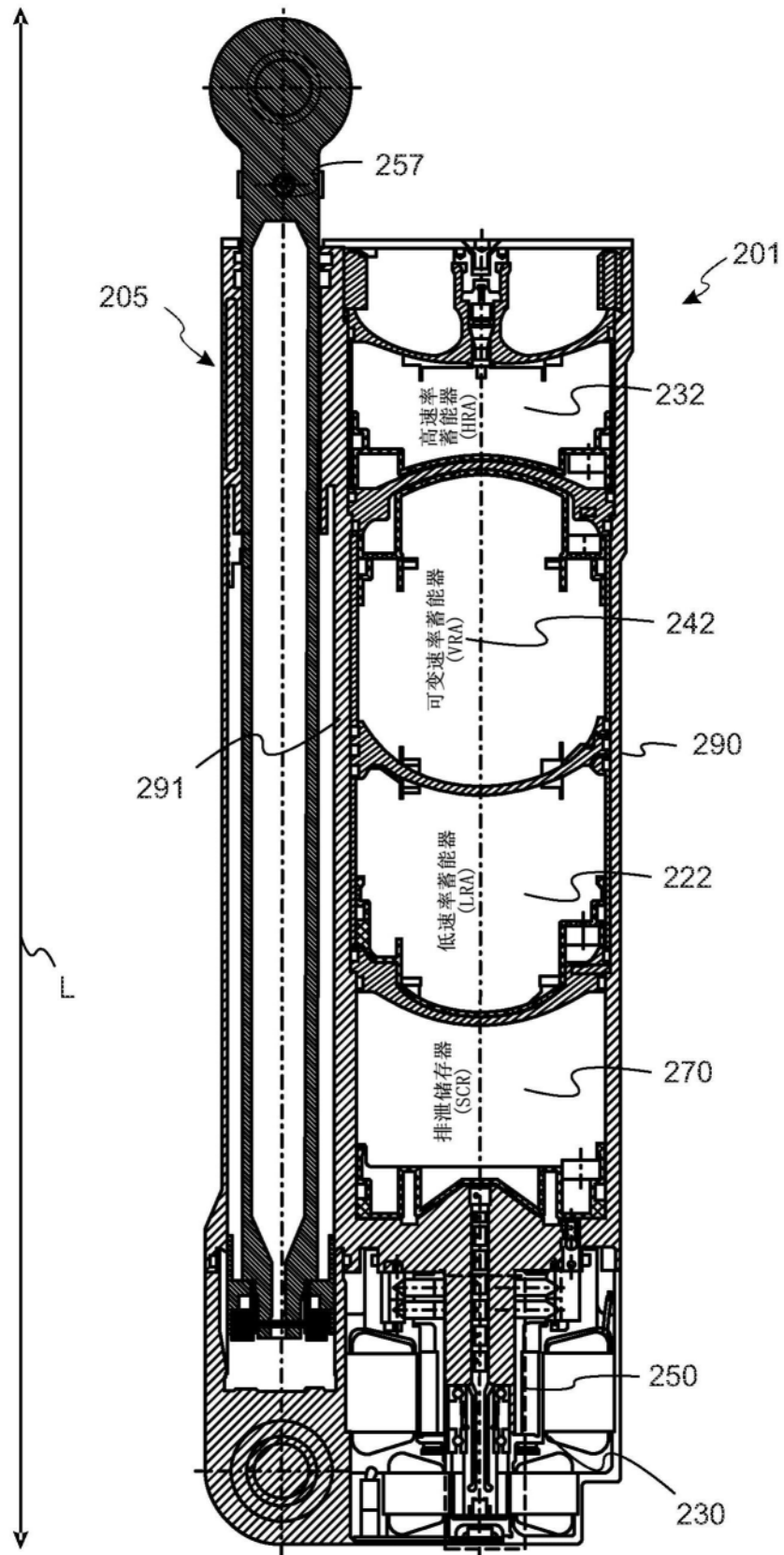


图10

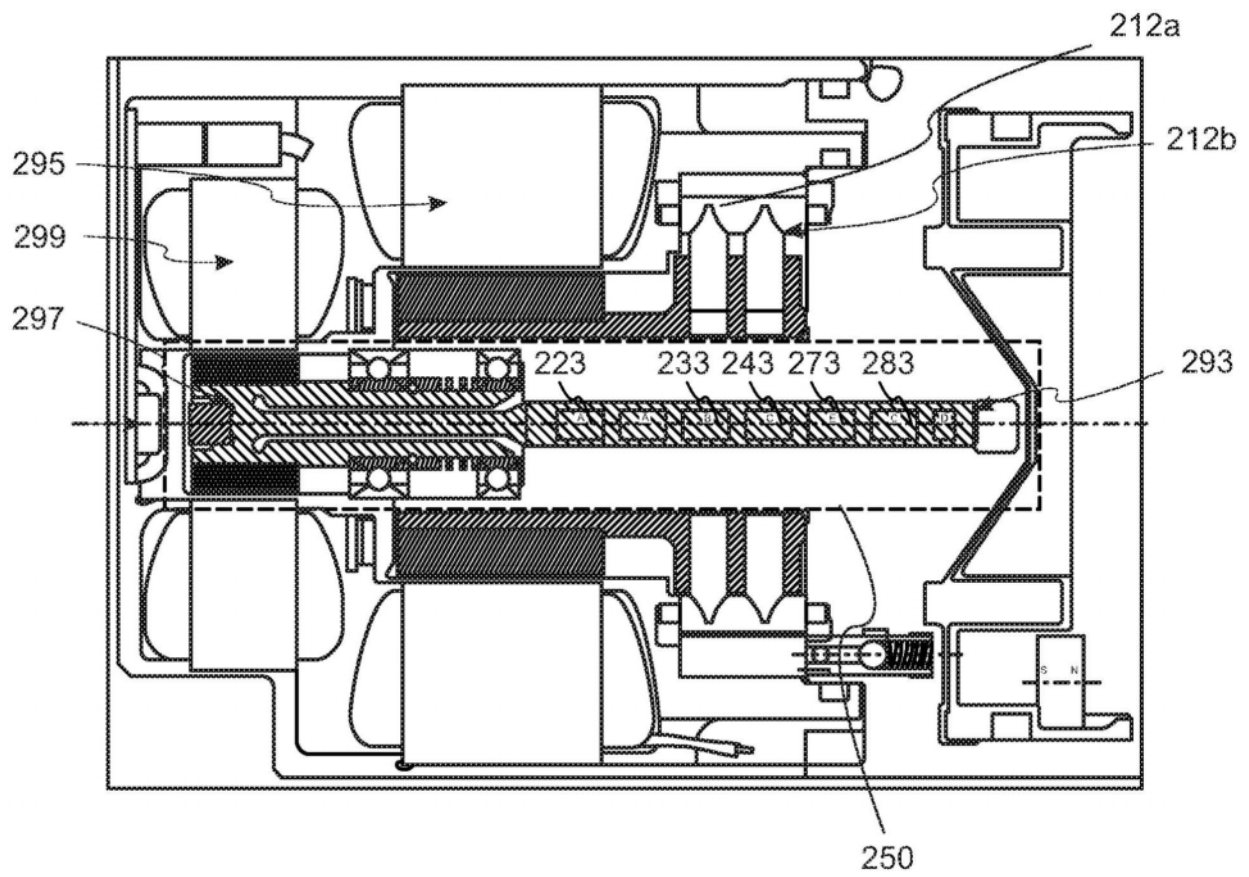


图11

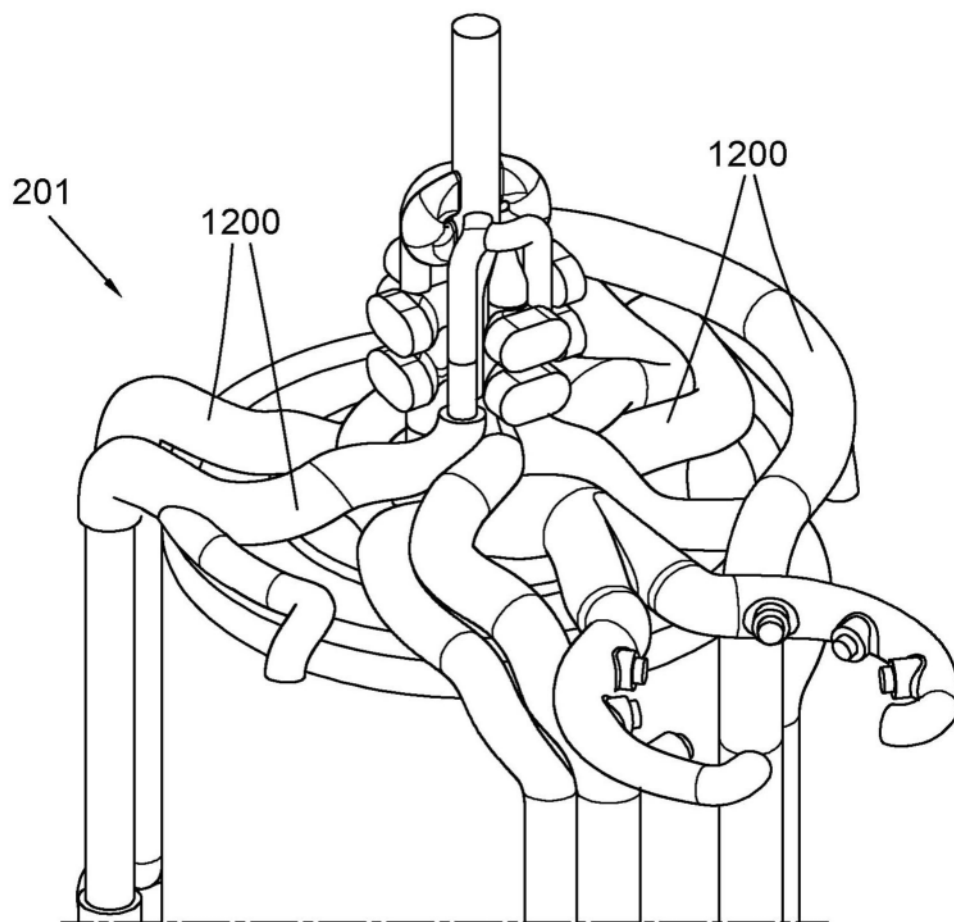


图12

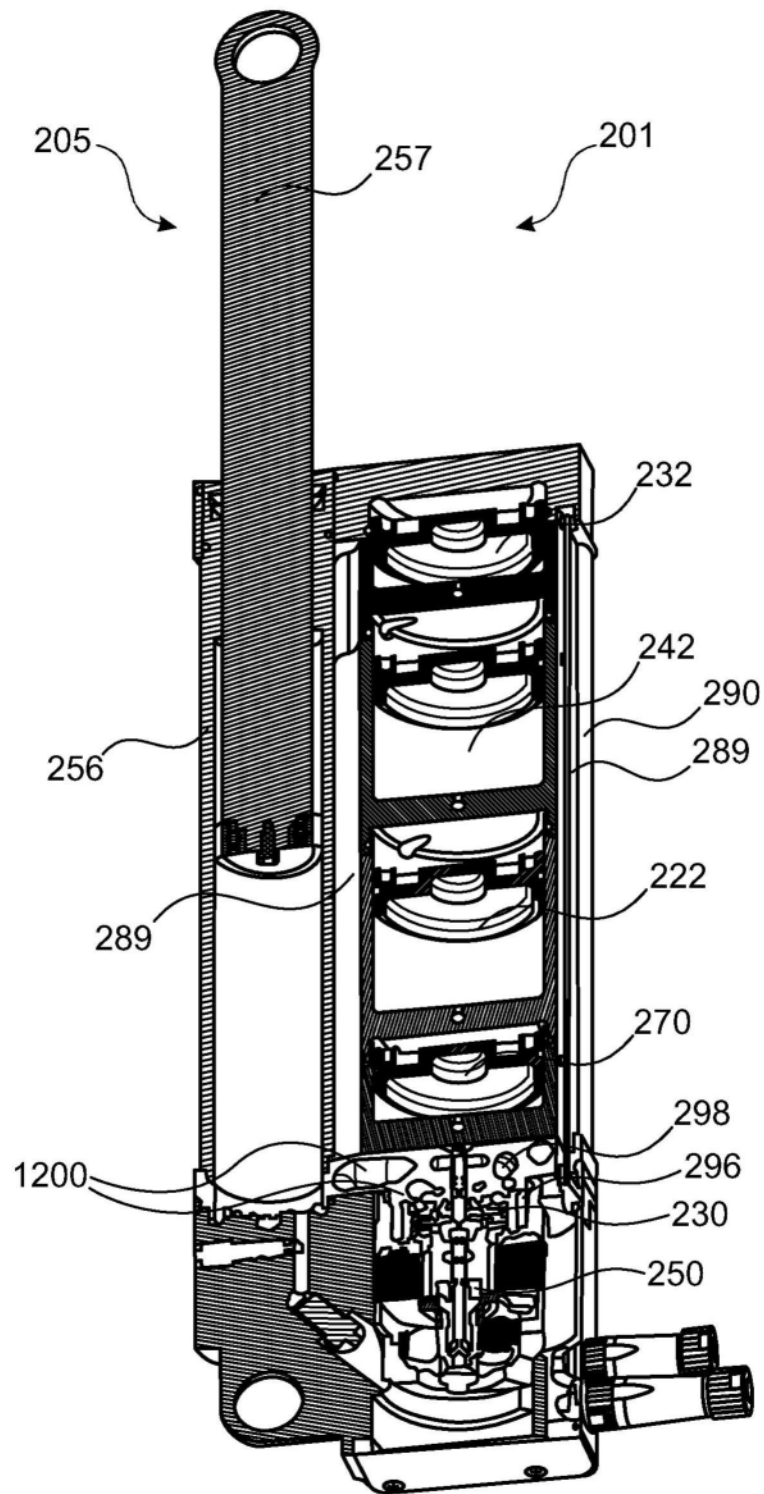


图13

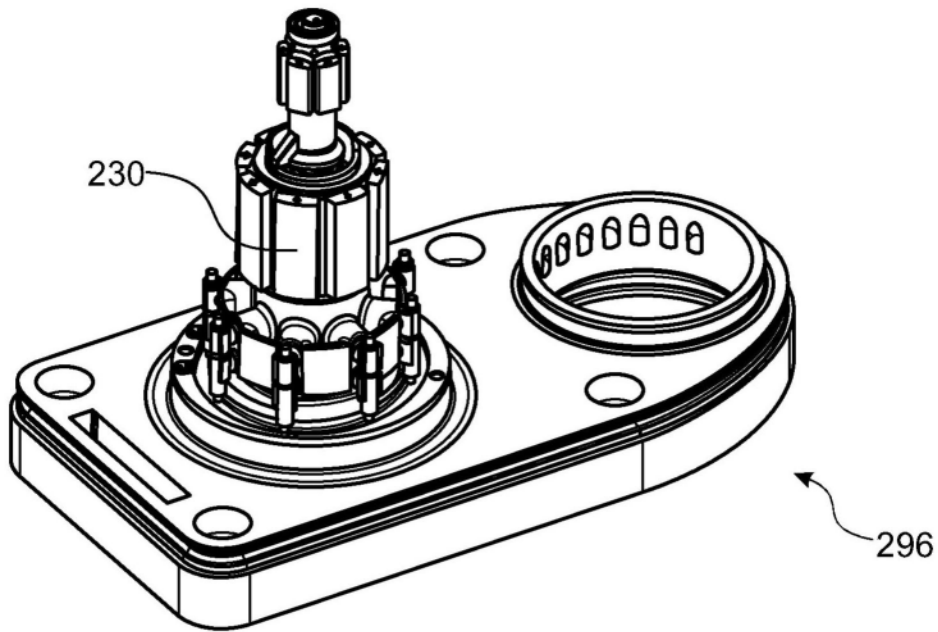


图14a

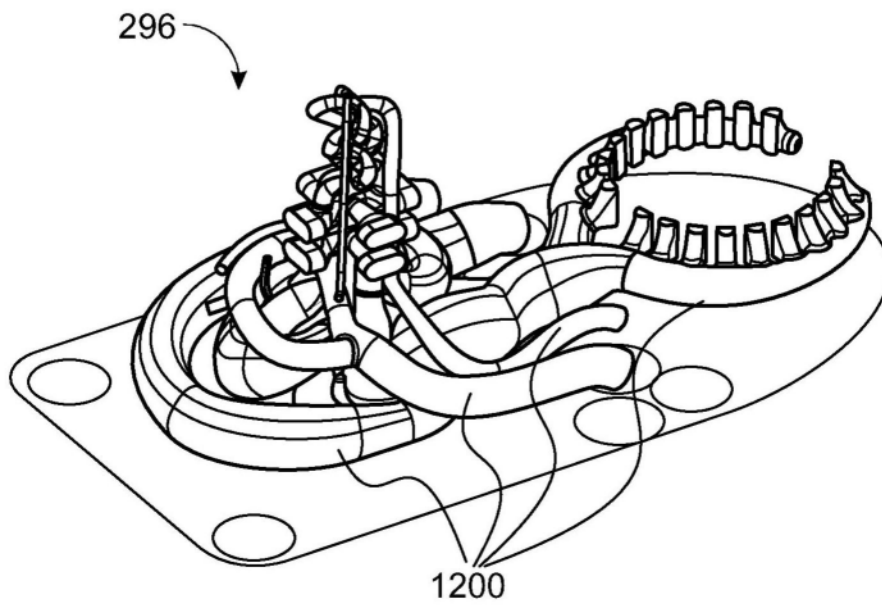


图14b

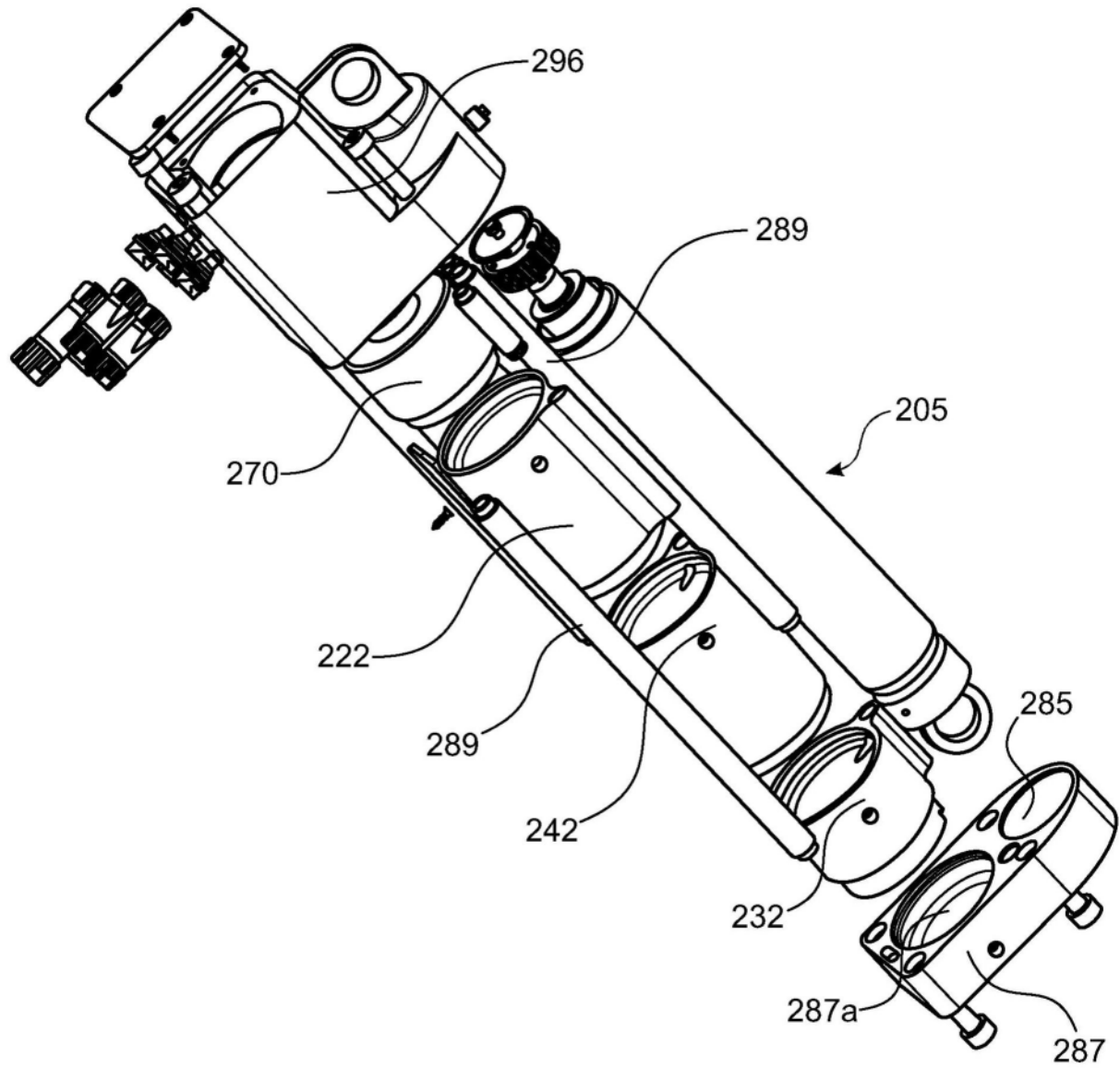


图15