



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102649406 B

(45) 授权公告日 2015. 01. 28

(21) 申请号 201210155388. 3

B60N 2/54 (2006. 01)

(22) 申请日 2005. 10. 27

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

10/978, 105 2004. 10. 29 US

US 4981309 A, 1991. 01. 01,

US 5975508 A, 1999. 11. 02,

US 6059253 A, 2000. 05. 09,

(62) 分案原申请数据

200510118494. 4 2005. 10. 27

WO 03/075715 A2, 2003. 09. 18,

DE 10258020 B3, 2004. 06. 09,

(73) 专利权人 伯斯有限公司

地址 美国马萨诸塞州

审查员 裴博文

(72) 发明人 厄潘德拉·V·乌梅萨拉

詹姆斯·A·帕里森

托马斯·C·施罗德

丹尼尔·F·奥皮拉

琳达·伊斯图塔 罗曼·利托夫斯基

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 苏娟

(51) Int. Cl.

B60N 2/50 (2006. 01)

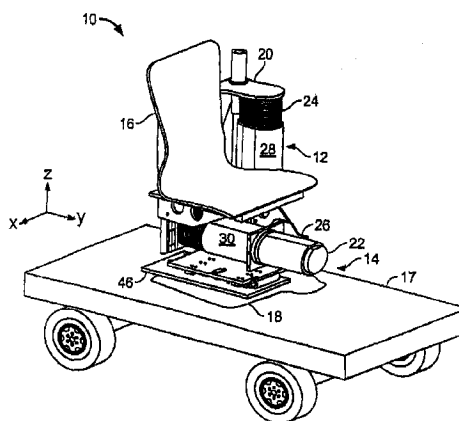
权利要求书1页 说明书16页 附图14页

(54) 发明名称

用于控制车辆中被主动悬挂的设备的装置

(57) 摘要

一种用于控制车辆中被主动悬挂的设备的装置,包括:主动悬挂(14),该主动悬挂(14)包括耦合到车辆中设备(16)的电磁执行器(28,30);耦合到所述设备(16)的力偏压消除器(86),用于使得所述执行器(28,30)经历零平均值的负载;其特征在于:隔振模块(52),用于基于标称设备对被主动悬挂的设备的所测量干扰的响应来生成控制信号;以及补偿系统(64),用于响应于所述标称设备对所述控制信号的响应与所述被主动悬挂的设备对所述控制信号的被测量响应之间的差别来修改所述控制信号。



1. 一种用于控制车辆中被主动悬挂的设备的装置,包括:
主动悬挂(14),该主动悬挂(14)包括耦合到车辆中设备(16)的电磁执行器(28,30);
耦合到所述设备(16)的力偏压消除器(86),用于使得所述执行器(28,30)经历零平均值的负载;其特征在于:
隔振模块(52),用于基于标称设备对被主动悬挂的设备的所测量干扰的响应来生成控制信号;以及
补偿系统(64),用于响应于所述标称设备对所述控制信号的响应与所述被主动悬挂的设备对所述控制信号的被测量响应之间的差别来修改所述控制信号。
2. 根据权利要求1所述的装置,进一步包括传感器(24,26),用于提供指示所述设备(16)的状态的信息。
3. 根据权利要求1所述的装置,进一步包括重量传感器,用于测量与所述设备(16)相关联的重量。
4. 根据权利要求1所述的装置,其中所述力偏压消除器(86)包括气压系统。
5. 根据权利要求1所述的装置,其中所述主动悬挂(14)配置为具有多个操作模式,包括主动模式和被动模式。
6. 根据权利要求5所述的装置,其中所述装置配置为响应于检测到事件而在所述主动模式与被动模式之间自动地切换。
7. 根据权利要求5所述的装置,其中所述装置配置为响应于用户选择而在所述主动模式与被动模式之间切换。
8. 根据权利要求1所述的装置,其中所述设备(16)包括座椅,并且其中所述电磁执行器(28,30)耦合到所述座椅以对所述座椅施加力。
9. 根据权利要求8所述的装置,其中
所述补偿系统(64)配置为响应于所述座椅的不同乘客的重量的差别来修改所述控制信号。
10. 根据权利要求8所述的装置,其中
所述补偿系统(64)包括反馈环路,其携带指示设备加速的反馈信号;并且
其中所述补偿系统(64)配置为保持所述反馈环路的恒定带宽。
11. 根据权利要求1、3、4、8或9所述的装置,其中所述补偿系统(64)配置为响应于所述设备(16)的重量的快速改变来修改所述控制信号。
12. 根据权利要求11所述的装置,其中所述设备(16)的重量的快速改变是由于装载或者卸载所述设备(16)而引起的。
13. 根据权利要求11所述的装置,其中所述控制信号被修改,从而在所述力偏压消除器(86)被允许适应于新的设备重量时,所施加的最大执行器力降低。
14. 根据权利要求1或8所述的装置,其中所述补偿系统(64)设置为独立于设备差异而保持恒定的开环加速传递函数。
15. 根据权利要求1所述的装置,其中如果所述控制信号将使得所述执行器施加大小处于摩擦力级别上的力,则所述补偿系统(64)不修改所述控制信号。
16. 根据权利要求1或15所述的装置,其中如果所述控制信号将使得所述设备的加速小于预定阈值,则所述补偿系统(64)不修改所述控制信号。

用于控制车辆中被主动悬挂的设备的装置

[0001] 本申请是申请号为 200510118494.4、申请日为 2005 年 10 月 27 日、发明创造名称为“主动悬挂”的中国专利申请的分案申请。

[0002] 技术领域

[0003] 本发明涉及主动悬挂。

[0004] 背景技术

[0005] 在所需方向上移动的车辆不可避免地会受到其他方向移动的影响。这种不希望出现的移动常常来自车辆行驶所处介质中的扰动。例如,不论乘坐汽车、轮船或者飞机,人都可能遇到颠簸、波动和气泡等。

[0006] 最好情况下,这种偶然的加速会导致乘客感觉不舒服和厌烦。对于一些易受影响的人来说,这些偶然的加速会导致眩晕恶心。不过,在一些情况下,特别猛烈的加速会致使操作人员短暂地对车辆失去控制。

[0007] 即使车辆静止不动时,也存在一些与车辆发动机有关的残余振动。在移动过程中,即使道路平坦,该残余振动也会使人感到压抑和疲劳。

[0008] 发明内容

[0009] 通常在一个方面,本发明涉及一种主动悬挂车辆中的实际装置的方法,该方法包括根据实际装置的属性以及名义装置的属性之间的差异对控制信号进行改进,实际装置的属性由实际装置对该控制信号的响应进行表示。

[0010] 本发明的实施方法可包括下述特征的一个或多个。该实际装置包括车辆座位。该实际装置被被动地支撑从而使连接于该实际装置的主动悬挂经受零均值负载。主动悬挂该实际装置包括使用电磁致动器主动悬挂该实际装置。

[0011] 通常在另一个方面,本发明涉及主动悬挂车辆中实际装置的方法,该方法包括:检测该实际装置中特性的变化,该变化表示异常状态;并且响应于所检测到的变化而缓冲该实际装置的移动。

[0012] 本发明的实施方法可包括下述特征的一个或多个。检测变化包括检测传感器的故障状态。缓冲该实际装置的移动包括夹住连接于该实际装置的电磁马达的马达引线。

[0013] 一般情况下,在另一方面内容中,本发明涉及主动悬挂车辆中实际装置的控制系統,该控制系统包括:该装置的参考模型;确定该实际装置的属性和该实际装置的参考模型的属性之间的差异的装置估测器;以及装置补偿器,该补偿器响应于该差异而对抑制该实际装置振动的控制信号进行改进。

[0014] 本发明的实施方法可包括下述特征的一个或多个。重量传感器测量与该装置相关的重量。

[0015] 一般情况下,在另一方面内容中,本发明涉及用于车辆中装置的主动悬挂系統,该系统包括:电磁致动器;放大器,该放大器具有接收控制信号的控制输入,与该致动器电连通的输出,以及接收由该控制信号调制的电源的能量输入;有源电源,该电源与该放大器的能量输入电连通,该有源电源具有向该放大器提供恒定能量的饱和运转状态以及向该放大器提供可变能量的不饱和运转状态;以及无源电源,该电源与该放大器的能量输入电连通,

当该有源电源运转于该饱和状态时该无源电源向该放大器提供能量,当该有源电源运转于该非饱和状态时该无源电源存储该有源电源的能量。

[0016] 本发明的实施方式可包括下述特征的一个或多个。该无源电源包括电容。该电容设置成使该放大器基本上在 55 毫秒内停止工作。

[0017] 一般情况下,在另一方面内容中,本发明的特征包括:主动悬挂,该主动悬挂包含连接于车辆中装置的电磁致动器;以及连接于该装置的力偏差消除器,用于使该致动器经受零均值负载。

[0018] 本发明的实施方式可包括下述特征的一个或多个。该电磁致动器包括多相致动器。传感器提供表示该装置的状态的信息。MEM 传感器提供表示该装置的状态的信息。冗余传感器提供表示该装置的状态的信息。该力偏差消除器包括气动系统。该力偏差消除器包括液压系统。电源连接于该电磁致动器,该电源包括响应于最高能源需求的能量存储元件。该电源包括向该致动器提供能量的有源电源;以及在最高能量需求期间补充由该有源电源提供的能量的无源电源。该无源电源包括在最高能量需求时间段之间由该有源电源重新充电的电容。该能量存储元件包括电容。该力偏差消除器设置成能够对该装置的位置进行调节。

[0019] 还存在一种被动悬挂,该主动悬挂和该被动悬挂相互平行地连接于该装置。该设备还包括被动悬挂,并且其中该主动悬挂和该被动悬挂相互串联地连接于该装置。该主动悬挂设置成抑制该装置沿一个轴线的振动,并且该被动中止系统设置成抑制该装置沿多个轴线的振动。该主动悬挂设置成抑制该装置沿多个轴线的振动。该多个轴线包括垂直轴线以及沿前后方向延伸的轴线。

[0020] 一般情况下,在另一方面内容中,本发明涉及一种设备,包括:主动悬挂,该悬挂包括连接于车辆中装置的电磁致动器;以及连接于该装置的力偏差消除器,用于使该致动器经受零均值负载;该主动悬挂设置成具有多个运转模式,包括主动模式和被动模式。

[0021] 本发明的实施方式可包括下述特征的一个或多个。该设备设置成响应于对事件的检测而在该主动模式和该被动模式之间进行自动转换。该设备设置成响应于用户的选择而在主动模式和被动模式之间进行自动转换。该电磁致动器具有在被动模式中被短路的端子引线。该力偏差消除器包括连接于该装置的被动组件,该被动组件具有可变的弹性件特性。该被动组件在主动模式中具有第一弹性件特性,在被动模式中具有第二弹性件特性。该电磁致动器设置成在主动模式中调节该装置的位置。该被动组件设置成在被动模式中调节该装置的位置。该第一弹性件特性受到控制,从而使该被动组件在被动模式中调节该装置的位置,并且其中该第二弹性件特性被选择成当与该致动器共同运转以在主动模式中调节该装置的位置时,该被动组件移除控制该致动器的控制信号中的力偏差。

[0022] 一般情况下,在另一方面内容中,本发明涉及主动悬挂设备,包括:座位;用于向该座位施加力的电磁致动器;以及连接于该座位的力偏差消除器,用于使该电磁致动器经受零均值负载。

[0023] 一般情况下,在另一方面内容中,本发明涉及一种悬挂座位的设备,该设备包括:悬挂该座位的主动悬挂系统;以及故障-安全系统,用于响应于对触发事件的检测而控制该座位的悬挂。

[0024] 本发明的实施方式可包括下述特征的一个或多个。该悬挂系统包括具有端子引线

的电磁致动器,该故障-安全系统响应于对触发事件的检测而使该电磁致动器的端子引线短路。该故障-安全系统响应于触发事件使该主动悬挂处于被动运转模式。该故障-安全系统设置成响应于检测到的传感器故障而对该座位的悬挂进行控制,在运转中,该故障提供表示该座位的状态的信息。该故障-安全系统设置成响应于检测到该悬挂系统中的故障而对该座位的悬挂进行控制。该故障-安全系统设置成响应于检测到用户的选择而对该座位的悬挂进行控制。

[0025] 一般情况下,在另一方面内容中,本发明涉及一种控制车辆中被主动悬挂的装置的设备,该设备包括:包含电磁致动器的主动悬挂;振动隔离块,用于响应于该被主动悬挂的装置的测得特性而产生控制信号;连接于该装置的力偏差消除器,用于使该电磁致动器经受零均值负载。

[0026] 本发明的实施方法可包括下述特征的一个或多个。补偿系统响应于该被主动悬挂的装置的测得特性与名义装置之间的差异而改进该控制信号。该装置包括座位和乘客,并且该补偿系统设置成响应于由所述装置的质量变化所导致的差异而改进控制信号。该补偿系统包括反馈回路,该回路传送表示装置加速度的反馈信号;该补偿系统设置成保持该反馈回路的常数带宽。

[0027] 一般情况下,在另一方面内容中,本发明涉及一种设备,包括:包含电磁致动器的被主动悬挂的座位;与该座位相关联的特征,从而使该被主动悬挂的座位的移动与该特征的运动相匹配。

[0028] 本发明的实施方法可包括下述特征的一个或多个。该特征从下述组中选定,该组包括饮料托座、浏览设备、显示器、控制单元、数据输入/取回设备、插座和踏板。连接于该装置的支撑件,该支撑件可响应于由该主动悬挂系统施加的力而进行移动。该支撑件包含剪式支撑件。该支撑件包含四杆连接件。该支撑件包含电磁致动器。该支撑件设置成使响应于沿第一轴线施加的力而进行的移动独立于响应于沿第二轴线施加的力而进行的移动。该支撑件设置成使响应于沿第一轴线施加的力而进行的移动依赖于响应于沿第二轴线施加的力而进行的移动。该车辆从下述组中选出,该组包括拖拉机、载重拖车、娱乐车辆(RV)、飞行器、汽车、武器平台、机床隔离工作台、电梯、船、卡车、轮椅、救护车、婴儿车、滚轮车、建筑设备以及农用机械,该装置包括座位。

[0029] 一般情况下,在另一方面内容中,本发明涉及一种设备,包括车辆中的装置,该装置可沿多个方向移动;以及用于支撑该装置的主动悬挂系统,该主动悬挂系统包括多个电磁致动器,用于沿该多个方向中的每一个方向施加抑制该装置振动的力;控制系统,用于响应于表示该装置的状态的信息而控制该多个致动器;该控制系统包括多个控制器,每个控制器的带宽设计成适应沿该多个方向中的每一个方向的振动特性。

[0030] 本发明的实施方法可包括下述特征的一个或多个。该多个方向包括垂直方向和前后方向,其中与该垂直方向相关联的带宽小于与该前后方向相关联的带宽。

[0031] 一般情况下,在另一方面内容中,本发明涉及一种设备,连接于座位的主动悬挂;用于控制该主动悬挂系统的控制系统;以及设置于该座位上的坐垫,该坐垫的谐振根据该控制系统的特性进行选择。

[0032] 本发明的实施方法可包括下述特征的一个或多个。该特性包括与该控制系统相关联的带宽,其中该坐垫选择为具有带宽外部的谐振频率。该特性包括与该控制系统相关联

的带宽,其中该坐垫选择为具有所述带宽之上的谐振频率。

[0033] 一般情况下,在另一方面内容中,本发明涉及一种使用包括电磁致动器的主动悬挂系统悬挂座位的方法,该方法包括在主动模式和被动模式之间选择性地转换主动悬挂的运转。

[0034] 本发明的实施方法可包括下述特征的一个或多个。选择性地转换包括响应于对事件的检测而自动地进行转换。该事件包括该主动悬挂系统的故障。该事件包括用户选择。

[0035] 一般情况下,在另一方面内容中,本发明涉及一种主动悬挂车辆中装置的方法,该方法包括使用主动悬挂系统向该装置施加力,该主动悬挂系统包括电磁致动器;并且激发故障-安全系统从而响应于触发事件而悬挂该装置。

[0036] 本发明的实施方法可包括下述特征的一个或多个。该触发事件还包括传感器中的故障,在运转过程中,该故障提供表示该装置的状态信息。该触发事件还包括该主动悬挂系统中的故障。

[0037] 本发明的其他特征和优点将通过随后的详细说明和权利要求而变得清楚了。

附图说明

[0038] 图 1 和图 4-7 示出了被主动悬挂的装置;

[0039] 图 2 和 3 示出了与被主动悬挂的装置的平行和串连的连接;

[0040] 图 8 示出了控制图 1 以及图 4-7 所示的被主动悬挂的装置的控制系统;

[0041] 图 9 示出了图 8 所示控制系统的实施例;

[0042] 图 10 示出了振动隔离模块;

[0043] 图 11-12 示出了具有不同类型的装置估测器的控制系统;

[0044] 图 13 是由力偏差消除器使用的算法的流程图;

[0045] 图 14 示出了示例性的力偏差消除器;

[0046] 图 15 是示出了力偏差消除器所进行处理的方框图;

[0047] 图 16 示出了测量装置重量的控制系统;

[0048] 图 17 示出了故障-安全系统的算法;

[0049] 图 18 示出了一般情况下的能量需求;

[0050] 图 19 示出了电源;

[0051] 图 20 示出了用于座位的支撑装置,该装置使沿不同轴的移动之间实现耦合;

[0052] 图 21 示出了改进成适应沿不同轴的移动所进行的耦合的控制系统。

具体实施方式

[0053] 被主动悬挂的装置包括连接于一个或多个主动悬挂元件的座位,或者其他平台,每个主动悬挂元件沿轴线提供主动悬挂。在许多情况下,沿一个或多个轴线使用与主动悬挂元件共同运转的被动元件是有用的,但并不是必须的。在这种情况下,主动悬挂元件可与被动悬挂元件串连安装或者平行安装。

[0054] 在下述说明中,将对装置的位置和移动进行大量的指代。可以理解,为了便于在所公开的实施例中进行讨论,“位置”表示装置相对于车辆的位置,“移动”表示装置相对于惯性参考基准的移动。因此,对位置信号进行的指代表示具有关于装置相对于车辆的位置的

信息的信号。对移动信号进行的指代表示具有关于装置相对于惯性参考基准的移动的信息的信号,诸如加速度。

[0055] 下述说明中的实施例表示装置沿笛卡儿坐标系的三个坐标轴中的任何一个或者多个进行的移动。然而,控制系统的运转并不需要任何特定的坐标系。例如,装置可设置成沿两个轴的任何或者多个进行移动。此外,装置可设置成沿一个或多个非正交轴和正交轴进行移动。

[0056] 下述控制系统也并不局限于对装置移动的控制。控制系统也可用于控制旋转移动,诸如倾斜(pitch)、转动或者偏转。或者,控制系统可用于控制旋转移动和平移移动的任何结合。

[0057] 图 1 示出了被主动悬挂的装置 10,该装置具有影响装置 16 沿垂直轴 z 的移动的垂直主动悬挂元件 12,诸如压缩,还具有影响装置 16 沿纵向轴 y 的移动的纵向主动悬挂元件 14。装置 16 沿横向轴 x 的移动受被动悬挂元件 18 的影响,诸如弹性件或者基于弹性件/缓冲件的系统。在装置 16 包括座位的情况下,如图 1 所示,使用主动悬挂元件 14 抑制纵向移动而不使用纯被动悬挂装置是尤其有用的,因为在力施加于外部环境上时主动悬挂元件允许座位仍然保持静止。这一技术特征在例如防止座位在驾驶员压下脚踏板时向后移动的情况下是有用的。

[0058] 如用于本说明书中那样,主动悬挂是一种使用致动器作为其整体部分的悬挂。这种致动器能够产生大小和方向都可独立于悬挂的位置和移动进行控制的力。在一些实施例中,致动器是电磁致动器,或者 电磁马达,线性的或者旋转的,单相的或者多相的。

[0059] 术语“装置”是用来包括接收控制信号并且其位置和移动都将被控制的系统。该装置可包括座位、乘客、任何与座位相关联的固定物、座位的支撑结构、电源电子设备,以及主动和/或被动悬挂元件的数学模型,只要是影响待控制系统的动态属性的元件都处于该范围内。

[0060] 被主动悬挂的装置可用于各种应用中。例如,被主动悬挂的装置可以是发动机的固定件,船上的平台,座位,床,或者用于任何移动车辆的驾驶室中,诸如轿车、卡车、游船或者其他水运工具、火车、公共汽车、娱乐车辆、救护车、拖拉机、载货汽车挂车、农用车辆、建筑车辆、武器平台、飞机、直升机或者其他飞行器,诸如轮椅或者婴儿床的个人交通设备。被主动悬挂的装置的其他实例包括车床隔离台、干涉仪工作台、光刻法工作台等。

[0061] 装置并不需要包括座位。该装置也可以是例如货车驾驶室中或者火车的卧室舱中睡觉用的床。而且,该装置也不一定是载人装置。例如,需要非常仔细运输的易碎品(例如,陶瓷和水晶)或者易爆品(例如,爆炸物)。被主动悬挂的装置可提供合适的方式运输这种货物。

[0062] 而且,该装置可用于很多地方。例如,在豪华游船上,该装置可用于理发室或者晕船恢复休息室,从而即使在游船倾斜和转动的情况下也可保持固定。这种装置能够使人在海上暴风雨时幸免遇难。

[0063] 每个悬挂元件,不论是主动悬挂元件还是被动悬挂元件,都可抑制沿至少一个轴的移动。在一些实施例中,所有的轴线上设置有主动悬挂元件,在这种情况下不需要使用被动悬挂元件。不过,其他的实施例包括下述情况:一个轴,最好是垂直轴上,设置有主动悬挂;垂直轴以外的轴上设置有被动悬挂元件。另外一种方案是将一个轴,最好是横向轴,设

置被动悬挂,并在横向轴以外的轴上设置主动悬挂。在其他实施例中,诸如倾斜、转动以及偏转的旋转移动可被控制。在这种情况下,主动悬挂可设置成促进装置的倾斜、转动、偏转或者它们的组合。

[0064] 没有设置主动悬挂的轴也不需要设置被动悬挂。但是,如果在其他轴上不设置被动悬挂,那么乘客就会感到不舒服。由于这个原因,理想情况是将一个或多个轴上设置主动和被动悬挂。在这种情况下,主动和被动悬挂可串连于主动悬挂或者位于被动悬挂下方,如图 2 所示,或者在被动悬挂上方(未示出)。可选择地,主动和被动悬挂可平行设置,如图 3 所示。

[0065] 在一些实施例中,主动悬挂可被不定时地或者时时地打开和关闭,可以一次作用于所有轴上或者可一个轴一个轴地进行。在一些情况下,如果与某轴相关联的主动悬挂元件没有起到作用,那么设置与该主动悬挂元件有关的故障-安全系统以缓冲沿着该轴线的装置的移动将是有益的。

[0066] 可选择地,如果主动和被动悬挂是串联的,那么主动悬挂的电源可被切断。在这种情况下,任何与主动悬挂相关联的移动部件都被夹住。一旦主动悬挂的移动部件被夹住,那么只有被动悬挂会影响装置的移动。在其他情况下,主动悬挂的移动部件仍然可响应于被动悬挂元件的作用而保持自由移动。

[0067] 垂直主动悬挂元件 12 包括:垂直加速度计 20;垂直位置传感器 24;以及垂直致动器 28,该致动器在所示实施例中与垂直位置传感器 24 平行并且最好尽可能地接近垂直加速度计 20。相似地,纵向主动悬挂元件 14 包括:纵向加速度计 22;纵向位置传感器 26;以及纵向致动器 30,该致动器与纵向位置传感器 26 平行并且最好尽可能地接近纵向加速度计 22。

[0068] 可用于主动悬挂元件 12、14 的致动器 28、30 包括单相或者多相的电磁致动器,诸如三相线性致动器、单相线性致动器、旋转致动器和可变磁阻致动器。一个合适的致动器是一种诸如美国专利 No. 4,981,309 公开的电磁线性致动器,其内容在这里以参考的方式引用。

[0069] 任何具有足够分辨度和精度的位置传感器 24、26 都可以使用。合适的位置传感器 24、26 的实例包括具有电位计的传感器、利用霍尔效应的传感器以及使用磁致伸缩的传感器。具有电位计的位置传感器的实例包括来自于德国 Ostfildern 的 Novotechnik Inc 公司的传感器。其他可与主动悬挂元件共同使用的位置传感器 24、26 包括具有编码器的传感器,并有限制开关以确定绝对位置。这种类型的各种位置传感器在固定于参考基准上时可用于获得相对于参考基准的加速度。适合的加速度计 20 的实例包括基于 MEM(微电子机械)的加速度计,诸如由纽约 Ithaca 的 Kionix, Inc. 制造的 KXM60 系列中的加速度计。

[0070] 为了帮助抑制垂直移动,被主动悬挂的装置 10 包括移除致动器命令力信号中的偏置力的元件,从而使致动器经受零均值负载。在一些实施例中,该元件具有可变低刚度弹性件的动态特性。低刚度弹性件的特性确保致动器在进行主动隔离时不与弹性件“斗争”。这可减少能量损失。这种元件,称之为“力偏差消除器系统”,可实施为具有相关联贮存器的汽缸,如图 14 所示。力偏差消除器系统提供偏置力,由此使致动器不提供力。这种偏置可由诸如装置 16 重量的因素而得到。因为力偏差消除器系统提供了偏置力,所以垂直致动器 28 只需要抑制偏离于预定平衡位置的偏移。在优选实施例中,汽缸和相关联的贮存器设置

成使致动器保持零均值负载。如下所述,力偏差消除器系统也可在使用或不使用附加缓冲的情况下提供被动悬挂。

[0071] 如图 4 所示,被主动悬挂的装置 16 的另一实施例提供用于抑制装置 16 沿垂直轴移动的单轴主动悬挂元件 34。在这种情况下,主动悬挂元件 34 与多轴被动悬挂元件 36 串联安装。如图 4 所示,多轴被动悬挂元件 36 安装于主动悬挂元件 34 和装置 16 之间。但是,被动悬挂元件 36 也可安装于装置 16 和车辆地板 37 之间,如图 5 所示。

[0072] 如图 6 所示,装置 16 可包括除了座位 40 和其乘坐者以外的其他各种特征或者结构。这些附加特征或者结构属于通过相对于装置 16 保持固定而极大受益的类型。示例性结构包括水杯托架 42,该托架中常放有在车辆随机加速作用下易于洒落的饮料,书写表面、数据输入/取回设备、烟灰缸或者其他容器 44、诸如浏览显示的显示器以及控制器 47,尤其是不需要与车辆进行直接机械连接的控制器。示例性控制器包括操作重型装置的电子控制器,诸如踏板或杠杆的用于制动和加速的控制器。虽然所示的特征或结构装接于装置 16,但是应该注意,这些特征或结构可位于远离装置 16(未示出)的位置处,但是受装置 16 移动的“控制”。

[0073] 图 1 和图 4-7 所示的被主动悬挂的装置 16 包括基部 46,该基部设置成可通过螺栓固定于各种马达车辆和其模型的标准螺栓孔中。但是,被主动悬挂的装置 16 可被各种支撑结构中的任何结构支撑,包括图 7 所示的将在致动器冲程与行程的比率小于 1 时所使用的剪式机构 51、改进的剪式机构、四杆连接件以及改进的四杆连接件。而且,致动器本身可设计为支撑结构的一部分。

[0074] 主动悬挂元件 12、14 与控制系统 48 进行数据交换,如图 8 详细所示。控制系统 48 接收传感器 24、26 的数据信号,诸如装置加速度 a_n 和装置 16 相对于车辆的位置 p_r 。然后,控制系统 48 经由控制器 49 提供控制信号 u_r 用于使相应的致动器 28、30(见图 1)施加力,从而使装置 16 恢复至平衡位置;最大程度地减小装置 16 所受的加速度。数据信号表示装置 16 的位置和加速度,以及装置 16 属性的数据指标。与装置 16 交换数据的力偏差消除器模块 60 从致动器力控制信号 u_r 中移除偏差,从而保持零均值负载作用于致动器。

[0075] 在实际情况下,实际装置 16 的相应特性可能不会被精确地得知。因此,一般情况下,任何控制器 49 的设计以及控制器 49 所输出的控制信号 (u_r) 会以关于这些特性的假设为基础。因此,用于控制实际装置 16(real plant) 的控制信号可能不会实现预期的效果。因此,控制系统 48 估测出有关实际装置 16 的假设中的错误并且对这些错误进行补偿。在这些实施例中,如下文所述,所述估测和假设使用同一参考模型。

[0076] 图 9 示出了示例性控制系统 48,在该系统中参考模型包括名义装置的数学参考模型 50,其形式为名义装置对复合频率输入 s 的响应 $P_n(s)$ 。为了表述的简洁起见,名义装置的该数学模型 50 将简单地指代为“名义装置 50”。名义装置的响应与实际装置的位置和移动的数据指标由振动隔离模型 52 使用从而计算出名义控制信号 u_n 。

[0077] 因此,名义装置 50 是用于实际装置 16 的参考模型。这种模型可定义为包括一个或多个参数,包括:理想的性能特性、频率响应、极点/零点或者这些参数的结合。例如,在实际装置 16 包括车辆座椅的情况下,表示名义司机重量的参数可定义为大量典型司机的平均体重。

[0078] 可使用各种方法实现振动隔离模块 52。例如,图 10 示出了包括位置和加速度反馈

信号的振动隔离模块 52。在一些实现方法中,具有位置反馈回路的位置控制器将相对位置信号 pr 作为输入并促使实际装置 16 保持预定的平衡位置 r 。在一些情况中,平衡位置可对应于致动器冲程的中点。在其他实施方法中,具有加速度反馈回路的加速度控制器将加速度信号 ar 作为输入并控制实际装置 16 所受的加速度。

[0079] 为了方便讨论,下述描述以双回路控制结构为基础。不过,一般来讲,控制器使用实际装置 16 的位置和加速度作为输入并提供控制信号作为输出。实现方法不需要为双回路控制器结构。例如,控制器可具有单回路。其他实施例包括具有 $2n$ 个输入和 n 个输出的控制器,其中 n 是被主动控制的轴线的数量。

[0080] 位置回路的带宽可根据乘客所感受到的不舒服而进行设计的。所进行的设计随着实际装置 16 的待控制移动所沿的特定轴线进行变化。例如,大多数乘客可在垂直方向上承受比前后方向上更大的振动。此外,一般情况下,在前后方向上振动的光谱具有比垂直方向上振动的光谱大的高频分量。因此,在一些实施例中,用于抑制垂直方向上振动的位置回路具有比用于抑制水平方向上振动的位置回路更小的带宽。当多于一个轴线被主动控制时,每个主动轴的位置回路可具有适应于沿着该轴的振动特性的带宽。

[0081] 在图 10 所示的实施方法中,所测量的位置信号 pr 表示实际装置 16 和车辆框架之间的相对位移,该信号被从装置 16 的理想平衡位置 r 中减去。所得的差值输入振动隔离模块 52。测得的加速度信号 ar 从理想的加速度中减去,该理想加速度在所实施例中是零加速度。所得的差值输入振动隔离模块 52。振动隔离模块 52 的输出是名义控制信号 un 。合适的振动隔离模块 52 包括美国专利 3,701,499 和 6,460,803 中记载的模块,其内容在这里以参考的方式加以引用。

[0082] 在一些情况中,理想的是在对装置 16 进行主动控制的同时改变实际装置 16 的理想平衡位置 r 。例如,当实际装置 16 包括座位时,希望调节座位的高度以适应不同的乘客。这一点可通过改变理想平衡位置 r 得以实现。对于图 9 所示的控制系统 48 来说,理想平衡位置 r 中的变化将会引起控制信号 ur 中的偏差力分量。偏差力分量由力偏差消除器模块 60 移除。

[0083] 如上所述,振动隔离模块 52 产生名义控制信号,该信号在名义装置 50 受到由测得位置和加速度信号表示的特定扰动时可用于控制名义装置 50 的移动。为了使振动隔离模块 52 产生名义控制信号,将表示这些扰动的信号 ar 、 pr 输入振动隔离模块 52 中。不过,一般来讲,名义装置 50 具有与实际装置 16 不同的动态特性。因此,振动隔离模块 52 的输出一般不会被优化以控制经受那些相同扰动的实际装置 16 的移动。

[0084] 但是,在大多数情况下,名义装置 50 和实际装置 16 具有足够相似的动态特性,从而使控制实际装置 16 的控制信号,这里称之为“实际控制信号”与名义控制信号相似。

[0085] 不存在任何的正经受任何实际物理移动的实际名义装置 50,注意到这一点是很重要的。只存在名义装置的模型。该模型被选择成以与实际装置 16 相同的响应方式进行响应。

[0086] 实际上,控制系统 48 使用名义装置 50 模拟实际装置 16 对控制信号的响应。控制系统 48 可自由地使用名义装置 50 对控制信号的假设响应以及实际装置 16 对该控制信号的实际测得响应。根据假设响应和实际测得响应之间的不同,控制系统 48 对控制信号进行调整。

[0087] 为了补偿实际装置 16 和名义装置 50 之间的差异,控制系统 48 使用装置估测器 62 至少部分根据表示实际装置 16 移动的信号对该差值进行估测。然后,装置估测器 62 向装置补偿器 64 提供表示该差异的误差信号 $e(s)$ 。然后,装置补偿器 64 通过在名义控制信号 u_n 输入实际装置 16 之前对其进行改进而对该差异进行补偿。装置估测器 62 和装置补偿器 64 的结合使用即被称为“补偿系统 65”。虽然装置估测器 62 和补偿器 64 相互分离,但是将其进行分离只是为了示出它们各自的功能。在实际使用中,装置估测器 62 和补偿器 64 的功能可通过嵌入在单独硬件元件或者软件中的电路得以实现。

[0088] 实际上,装置补偿器 64 使用误差信号干扰名义控制信号 u_n 。该干扰可得到实际控制信号 u_r ,该控制信号输入实际装置 16 中。如图 11 所示,装置补偿器 64 包括放大器。但是,装置补偿器 64 也可包括过滤器。注意,如这里所使用的那样,“实际”表示控制信号将输入实际装置 16 中。而不表示其常用的数学含义,即信号没有虚数分量。

[0089] 在图 9 中,装置估测器 62 示出为接收各种输入,其中包括:表示实际装置 16 所受扰动的实际扰动信号,例如位置和加速度信号 a_r 、 p_r 以及表示由名义控制信号 u_n 控制的名义装置 50 所受的相应扰动的名义扰动信号 51。可选择地,从控制系统 48 外部获得的其他信息可用于估测所述差异,如下所述。这些输入表示装置估测器 62 可用于产生误差信号的信息的可能来源。装置估测器 62 的实施例并不需要实际接收或者使用如图 9 所示的所有信息来源,而是可替代地接收或者使用这些信息来源的子集。

[0090] 设计补偿系统 65 的细节取决于将要实现的控制目标。在一项实施例中,如图 11 所示,补偿系统 65 的控制目的是保持开环加速度回路传递函数的常数带宽,该带宽是通过开环加速度回路传递函数的幅值与 0db 线相交处的频率确定的,而不取决于由乘客体重所导致的任何装置差异。补偿系统 65 是通过下述方式实现这一点的,即响应于在相同条件下实际装置 16 所受的实际加速度和名义装置 50 将要经受的名义加速度之间的差异而适应性调整加速度回路传递函数的增益。

[0091] 在这种情况下,合适的补偿系统 65 是模型参考适应性控制器。在这种情况下,装置估测器 62 根据实际装置 16 的实际加速度信号 a_r 以及表示名义装置 50 将要经受的加速度的名义加速度信号 u_n 产生误差信号 $e(s)$ 。在这种情况下,装置补偿器 64 是放大器,将名义控制信号 u_n 与误差信号 e 相乘从而获得实际控制信号 u_r 。

[0092] 如图 12 所示,使用模型参考适应性控制器所实现的补偿系统 65 包括过滤名义装置 50 在相同情况下将会经受的名义加速度 a_n 的第一过滤器 66,以及过滤实际装置 16 经受的实际加速度 a_r 的第二过滤器 68。当使用名义控制信号 u_n 作为输入时,可获得名义加速度 a_n 作为名义装置 50 的输出。

[0093] 第一过滤器 66 的输出是经过滤的名义加速度 a_{jn} ,第二过滤器 68 的输出是经过滤的实际加速度 a_{fr} 。第一和第二过滤器 66、68 主要处理理想的相交频率(即,0db 处的频率)。

[0094] 经过滤的名义加速度在减法器 70 中从经过滤的实际加速度减去从而产生误差信号。该误差信号可进一步以多种方式进行处理从而最大限度地减小误差 e 的某些量化指标。

[0095] 在图 12 所示的实施例中,将要被最小化的误差的量化指标是误差 e 的最小均方根(LMS)。这是通过在放大器 72 中将误差信号乘以经过滤的名义加速度 a_{fn} 而实现的。这

一过程的结果,即补偿信号的导数,随后被输入积分器 74。积分器 74 的输出然后与名义控制信号相乘从而产生实际控制信号。

[0096] 补偿系统 65 的可选特征使积分器 74 在特殊情况下提供单位输出。在这些特殊情况下,当积分器 74 的输出与名义控制信号相乘时,名义控制信号将保持不变。因此,实际控制信号将与名义控制信号相同。示例性特殊情况包括对名义控制信号进行检测,该名义控制信号将使致动器施加非常小的力,大约为摩擦力。其他的特殊情况包括检测低于阈值的加速度,或者任何其他特殊情况的结合。

[0097] 图 12 示出补偿系统 65 的特定实施例,该系统可只补偿许多因素中的一个因素,在这种情况下,该因素为实际装置 16 的动态属性的变化。例如,这种变化来自于乘客重量的变化,而乘客重量的变化会导致实际装置 16 和名义装置 50 的动态属性之间的差异。不过,补偿系统 65 可指定为补偿其他的这类因素。这类因素中的一个包括电源电子设备 (power electronics) 参数中的偏差 (drift)。

[0098] 控制系统 48 是使用连续时间信号的模拟系统。但是,控制系统 48 也可实现为使用离散时间,在这种情况下,积分器 74 变为加法块,低通过滤器 66、68 变为适当定义的数字过滤器。

[0099] 如上所述,抑制垂直方向上移动的垂直主动悬挂元件 12 包括垂直致动器 28,该致动器施加必要的力以将装置 16 保持在平衡垂直位置。不过,在垂直方向上,装置 16 一直受到重力的作用。因此,致动器 28 消耗大量的能量以支撑装置 16 的重量。

[0100] 在一项实施方法中,力偏差消除器系统用于在垂直方向上施加偏置力,该力足够抵消实际控制信号 ur 中的力偏差分量,由此保持垂直致动器 28 的零均值负载。使用由此得到的力偏差消除器系统,垂直致动器 28 备用于施加一个将装置 16 保持于平衡位置处的力。而垂直致动器 28 只需要施加力以补偿离开平衡位置的较小偏移。

[0101] 如上所述的力偏差消除器系统并不是严格必须的。原则上,仅需使垂直致动器 28 施加一适当的偏差力。如果室温超导体适用于传送产生这种力所需的电流,那么这种结构是有实际用处的。不过,对于已知的电磁致动器,对装置 16 进行支撑所需的电流将会是非常的大,并会产生显著的废热。

[0102] 力偏差消除器系统可以是比较简单的系统,诸如可调节弹性件或者具有低刚度可调节弹性件的机械特性的装置。

[0103] 不论车辆是否行进,适当的力偏差消除器系统最好都进行运转。这将在所有能源都关闭的情况下使车辆的乘客能够舒服地乘坐。这一特征对于保证安全来说也是重要的。如果在以高速行驶的车辆中,失去动力的车辆上的所有座位的位置都突然下降,那么乘客会不安的。

[0104] 为了对这一力偏差消除器系统进行控制,控制系统 48 也包括力偏差消除器模块 60(见图 11),其功能是使力偏差消除器系统在各种变化的环境中提供适当的偏置力。如图 9 所示,力偏差消除器模块 60 从实际装置 16 中接收加速度和位置数据,从补偿系统 65 中接收实际控制信号 ur 。根据该数据,力偏差消除器模块 60 向力偏差消除器系统提供偏差控制信号,这将在下文中结合图 13 进行讨论。

[0105] 如下所述,主动悬挂系统设置成以多种模式进行运转:安全(被动/故障安全)模式、主动(力偏差消除)模式和颠簸停止(bump stop)模式。如图 13 所示,该系统经由力

偏差消除器模块 60 或者分离的故障 - 安全系统（见下文详细内容）首先检测是否出现触发事件。触发事件响应于装置 16 的特性的任何变化而产生，该变化可能表示异常状态。示例性触发事件包括主动悬挂元件出现故障、严重的电缆故障或者传感器故障（步骤 76）。通过对触发事件的检测，力偏差消除器模块 60 使力偏差消除器系统 86 以下述模式运转，即包括“被动模式”、“安全模式”或者“故障 - 安全模式”（步骤 78）。在这种模式中，装置 16 的位置经由力偏差消除器模块 60 进行调节，如下文结合图 14 和 15 所述。在一些实施例中，转换至“被动模式”的操作可实现为可由用户选择的技术特征。主动悬挂元件是否在工作可容易地通过例如检测输入其中的能量而得以确定。如果系统确定主动悬挂元件正在工作，那么就可使用实际装置 16 的加速度和位置信号确定垂直致动器 28 是否可能到达其行程的末端，即垂直致动器 28 是否可能碰到其两个颠簸停止件中的一个（步骤 80）。如果这样，那么力偏差消除器模块 60 使力偏差消除器系统以“颠簸停止”模式（步骤 82）运转。否则，力偏差消除器模块 60 使力偏差消除器系统以正常模式或者“主动模式”（步骤 84）运转，如下结合图 14 和 15 所述，其中装置 16 的位置通过控制一个或多个致动器而进行调节。

[0106] 示例性力偏差消除器系统 86 是气动力偏差消除器（如图 14 所示），该消除器包括支撑有装置 16 的缸 88 和匹配活塞 90。活塞头部下方的缸体，即“下缸腔”（lower cylinder chamber）通过供给气门 92 连接于压缩气源（未示出）上，或者通过放气气门 94 连接于周围的空气。可选择地，下缸腔可通过操作三向手动调节气门 96 连接于压缩气源（未示出）或者周围的空气。压缩气源可容易地使用机载气源，例如通过泵而保持于高压的压缩空气储存器。座位结构的中空部分也可用作空气储存器，由此将空气储存器结合或者集成于座位结构本身。可选择地，力偏差消除器系统可以是液压系统。

[0107] 缸 88 可包括响应于气压和装置重量而进行移动的活塞 90。或者，缸 88 可响应于压力和重量而简单地膨胀与收缩，橡胶轮胎也以颇为相同的方式膨胀与收缩。与汽缸 88 液体连通的膨胀腔 98 可以是外部空气存储器。可选择地，膨胀腔 98 可构建于座位结构本身，由此节省车辆内部的空间。

[0108] 在正常模式或者“主动模式”中，力偏差消除器模块 60 根据例如控制信号 ur 确定压力是否需要增加或者减小，如图 11 所示。如果压力需要增加，那么力偏差消除器模块 60 使供给气门 92 开启，并使放气气门 94 关闭，由此使低缸腔充满压缩空气。相反地，如果压力需要减小，那么控制器使供给气门 92 关闭，放气气门 94 开启。这可放出下缸腔中的高压空气。

[0109] 图 15 示出了通过使用实际控制信号 ur 作为以主动模式运转的力偏差消除器模块 60 对实际控制信号的偏差分量进行检测和移除的过程。实际控制信号 ur 首先通过低通过滤波器 100 移除高频偏差，该高频偏差很可能是消除随机加速度时所得的结果。因此，低通过滤波器 100 隔离很可能是装置 16 中实际重量变化所得结果的低频变化。合适的低通过滤波器 100 具有大约 0.5 赫兹的转角频率。

[0110] 然后，力偏差消除器模块 60 使用实际控制信号的低频分量的符号或者相角确定是否施加偏置力以抵消 ur 中的偏差信号分量。对于图 15 中的实施方法，使用实际控制信号 ur 作为输入的力偏差消除器模块 60 确定对抗活塞 90 的压力是否需要增加或者减小。然后，力偏差消除器模块 60 向对供给气门 92 进行控制的供给气门中继器（未示出）以及对放气气门 94 进行控制的放气气门中继器（未示出）发送适当的气门致动信号 V 。如果压力

需要增加,那么力偏差消除器模块 60 向供给气门 92 中继器发送信号以开启供给气门并向放气气门中继器发送信号以关闭放气气门 94。相反地,如果压力需要减小,那么力偏差消除器模块 60 向放气气门 94 中继器发送气门致动信号 V 以开启放气气门并向供给气门中继器发送信号以关闭供给气门 92。在一些实施例中,具有“间隙 (backlash)” (磁滞) 的中继器可防止围绕中继器定点的开启 - 关闭气门的振动。

[0111] 力偏差消除器系统 86 也包括上、下颠簸停止气门 102、104,所述气门用于“颠簸停止”模式从而防止下述情况下的移动,即在垂直致动器 28 不可能防止装置 16 突然达到其行程末端的情况下。

[0112] 上颠簸停止气门 102 提供了在活塞头部上方的缸体 (“上缸体”) 和周围空气之间的通路。在正常运转中,该上颠簸停止气门 102 是开启的,从而使空气可自由地进出上缸腔。但是,如果力偏差消除器模块 60 检测到垂直致动器 28 不可能使装置 16 停止达到其行程的顶端,那么该模块关闭上颠簸停止气门 102。这就防止空气在活塞 90 向上移动的同时从上缸体溢出。因此,空气随着活塞 90 的上升而被压缩,由此施加一个防止活塞 90 进一步向上移动的力 (因此也就作用于装置 16 上)。

[0113] 下颠簸停止气门 104 根据放气气门 94 和供给气门 92 是否开关提供了下缸腔与周围空气或者压缩气源之间的通路。在正常运转中,下颠簸停止气门 104 是开启的。这就允许力偏差消除器模块 60 通过选择性地开启和关闭放气气门和供给气门 92 而自由地控制装置高度。但是,如果力偏差消除器模块 60 检测到垂直致动器 28 不可能停止装置 16 达到其行程的底部,那么该模块即关闭下颠簸停止气门 104。这就会防止空气随着活塞 90 的向下移动而从下缸腔中溢出,由此施加一个防止活塞 90 进一步向下移动的力 (因此也就作用于装置 16 上)。

[0114] 当力偏差消除器模块 60 确定主动悬挂元件已经不起作用,该模块发送气门致动信号 V 以通过同时关闭上和下颠簸停止气门 102、104 而密封上下腔室。这就使力偏差消除器系统 86 以“安全模式”运转,该模式中力偏差消除器系统 86 起到弹性件的功能。当以安全模式运转时,空气进入和离开缸 88 的唯一通道是通过三向手动调节气门 96。该三向手动调节气门 96 具有:闭合位置,在该位置处没有空气可以进入或者离开下腔室;放气位置,在该位置处下腔室连接于周围空气;以及填充位置,在该位置处下腔室连接于压缩气源 (未示出)。

[0115] 在安全模式中,装置 16 的高度通过操作调节气门 96 进行控制。升高装置 16 时,调节气门 96 使压缩气源与下腔室连接。降低装置 16 时,调节气门 96 使周围空气与下缸腔连接。当装置 16 处于理想位置时,调节气门 96 密封下缸腔。

[0116] 下表总结了图 14 所示的各种气门在各种运转模式下的设置:

[0117]

	安全模式	力偏差消除模式	上颠簸停止	下颠簸停止
下颠簸停止气门 104	关闭	开启	开启	关闭
放气气门 94	开启或关闭	开启以下降 关闭以上升	关闭	关闭
供给气门 92	关闭	开启以上升 关闭以下降	关闭	关闭
上颠簸停止气门 102	关闭	开启	关闭	开启
三向气门 96	三向	关闭	关闭	开启

[0118] 如上所述,在力偏差消除模式下,压缩气源可与缸 88 的下腔室连通。如果垂直致动器 28 需要短暂地降低装置 16,那么就会发现比较困难,因为压缩气源会防止装置 16 的向下移动。为了使垂直致动器 28 更加容易地使装置 16 下降,那么力偏差消除器系统包括设置于供给气门 86 和下颠簸停止气门 104 之间的膨胀腔 98。膨胀腔 98 起到弱弹性件的作用,从而如果垂直致动器 28 使装置 16 下降时,装置 16 经受压缩气源的最小阻力。

[0119] 当装置参数突然变化时,例如当乘客坐下或者站起时,或者货物 卸下或者装载时,致动器需要施加的最大力可以被减小,由此减小所用的能量。这是通过使控制系统等待力偏差消除器系统适于新的负载而实现的。在力偏差消除器系统已经适应之后,致动器可施加正常运转所需的减小的力。例如,当坐下的乘客站起时,实现为空气弹性件的力偏差消除器系统将快速卸载压力。如果该系统完成了压力卸载,那么致动器将施加所需的力以适应性主动悬挂无人使用的座位。因此,当乘客站起时,座位高度大致上保持恒定。相比之下,由常规弹性件支撑的座位在乘客站起时会向后弹回至未装载的位置。

[0120] 结合图 14 所公开的力偏差消除器系统 86 是气动系统,该系统实现有气动逻辑从而进行运转。不过,其他类型的力偏差消除器系统,诸如液压系统,也可用于向装置 16 施加偏置力。

[0121] 上述气动力偏差消除器 86 可用于实现装置估测器 62 的实施例,该估测器直接测量装置 16 的质量。在这种实施例中,如图 16 所示,偏置压力由压力传感器 108 进行测量,偏置压力的振幅在适当的过滤后表示装置 16 的重量。偏置压力是对名义装置 50 进行支撑所得的压力。该压力可在工厂中或者在座椅安装之后进行测量,并可编程进入装置估测器 62。压力传感器 108 测量气动系统中任何点处的压力,在这些点处存在取决于装置 16 重量的可测量压力。由压力传感器 108 测量的压力然后通过低通过滤器 119 传输以消除任何的不稳定。然后,将结果提供给装置估测器 62,该估测器确定出用于干扰名义控制信号的错误信号。

[0122] 上述说明集中于图 9 所示的基于参考模型的控制设计。但是,其他的实施例包括如 8 所示的常用控制系统,其中控制器可使用或者不使用参考模型经由适当的线性或非线

性控制方法进行设计。例如,图 9 中的振动隔离模块可代替图 8 中的控制器模块 52,而不需要提供名义装置 50、补偿系统 65 或者力偏差消除器模块 60。

[0123] 主动悬挂元件中,尤其是垂直主动悬挂元件 12 中的故障可能会导致装置位置和移动中出现突然的以及可能引起令人担忧的变化。为了避免这种情况的发生,控制系统 48 可设置有由图 9 所示的故障-监测器 112 控制的故障-安全系统。故障-安全系统连接于致动器的选择性激发缓冲器。该缓冲器可以是分离的元件。可选择地,缓冲器可通过改变主动悬挂元件的变化特征得以实现。在正常情况下,缓冲器没有被激活,因此没有产生缓冲力。但是,如果故障检测器 112 检测出特定状态的存在,那么该检测器激发缓冲器,由此引发阻止装置 16 移动的缓冲力。这可使装置 16 优雅地下降至下颠簸停止件。可选择地,故障-安全系统可包括弹性件或者具有弹性件功能的结构。这种结构是早先描述过的力偏差消除器系统。在这种情况下,装置 16 将下降至下颠簸停止件上方的平衡位置。

[0124] 如图 9 所示,故障检测器 112 被提供有表示实际装置 16 状态的信息。该信息可包括,例如,位置和加速度信号。根据该信息,故障检测器 112 确定是否有必要缓冲装置 16 的移动。与致动器 12 结合使用的适当的缓冲器记载于美国专利 4,981,309 中,其内容通过参考结合于此。

[0125] 主动悬挂系统的故障并不是激发故障-安全系统的唯一原因。装置 16 的特性的改变都可表示异常状态,这也可以是激发故障-安全系统的原因。例如,大于预定阈值的传感器信号,或者任何收集表示装置状态信息的传感器中的故障都是激发故障-安全系统的原因。传感器或者系统的故障可通过注意这种信号是否存在或者是否不断变动而进行检测,或者通过提供信息的传感器信号与装置上的物理约束不一致而进行检测。例如,如果传感器表示汽车现在正在以超音速移动,那么该传感器的可靠性就很可能出现了问题,在这种情况下故障-安全系统将被激发。可选择地,当检测到传感器已经到达了其可用范围的端部时也可激发故障-安全系统。在一些实施例中,导致从主动模式向故障-安全模式或者“被动模式”进行转变的特定激发事件也可实现为可由用户选择的技术特征。

[0126] 在电磁致动器的情况下,具有线圈的定子围绕安装有实际装置 16 的电枢。定子和电枢共同形成“电磁致动器”,电枢的位置可通过定子线圈中的电流进行控制。在正常的运转中,通过线圈的电流产生控制电枢位置的磁场。通过检测故障,线圈的引线被缩短,或者夹在一起。在这些情况下,楞次定律将起作用而引发线圈中的电流,从而产生防止电枢移动的磁场。因此,电磁致动器起到缓冲器的功能。

[0127] 图 17 是故障监测器 112 使用的示例性算法,用于确定在检测到传感器故障时是否激发缓冲器。故障检测器 112 检测加速度信号(步骤 114)。如果加速度信号处于预先选定的范围内时(步骤 116),故障检测器 112 假定主动悬挂元件在正常地运转。在这些情况下,缓冲器仍然未被激发。然后,故障检测器 112 等待(步骤 118)并再次检测加速度(步骤 114)。但是,如果故障检测器 112 检测到加速度信号超过阈值幅度的持续时间比预定的长(步骤 116),那么故障检测器 112 假定主动悬挂已失败,并且准备补救措施。在这些情况下,故障检测器 112 激发缓冲器(步骤 120)。然后,故障检测器 112 停止进一步的执行(步骤 122)直到被重新设定。

[0128] 结合图 7 所述的算法仅仅取决于对加速度传感器的故障所进行的检测。但是,其他算法可使用位置信号或者位置和加速度信号的组合,或者表示实际装置 16 的状态的信

息。控制故障 - 安全系统的其他算法使用表示包括主动悬挂和相关元件的各种元件的状态信息；诸如电源供给、电源放大器、控制器本身等。示例性信息包括输入传感器的电子偏差信号，以及由致动器产生的电动力。而且，冗余的传感器可用于改善系统的可靠性。

[0129] 实际装置控制信号最终用于调制放大器 106 的输出电流，如图 18 所示。该输出电流最终提供给电磁致动器 28。控制信号的波动会导致该输出电流的波动。

[0130] 放大器 106 中调制的电流（如图 19 所示）由电源 107 提供。在上述类型的主动悬挂系统中，在正常运转中，行驶于平坦道路上时，放大器 106 需要相对较小量的能量。但是，为了补偿诸如路面较大颠簸的状态，放大器 106 需要突然间的高能源。图 18 示出了对于具有偶然的坑洞和其他不规则路面的典型城市街道来说所需的作为时间函数的能量。

[0131] 如图 18 所示，在正常运转中，放大器 106 使用平均的能量。但是，偶尔地，放大器 106 在短时需要明显较多的能量。为了提供突然间的高能量，为放大器 106 提供电源 107 是有用的，该电源具有能够突然间提供大量能量的能量存储元件，不直接在诸如电池的能量源上取得。

[0132] 如图 19 所示，适当的电源 107 包括 DC/DC 转换器 109，该转换器具有连接于电池 113 的输入和连接于电容 110 的输出。DC/DC 转换器 109 的功能将名义上为 12 伏的电池电压转换为较高的输出电压。转换器 109 的其他作用是当放大器对于电流的需求超过转换器 109 可以提供的电流时，通过饱和来限定从电池 113 中获得的电流的量。在这些情况下，转换器 109 对于放大器 106 来说作为提供饱和电流的常数电流源。

[0133] 一般来讲，响应于转换器电路供给电源的参数变化（诸如输出电流，输入电源），额外电源可通过无源电源，诸如电容元件，进行供给以满足最大的能源需求。合适的电源供给电路公开于 2004 年 6 月 18 日提交的美国专利申请 No. 10/872040，其内容以参考的方式引用。

[0134] 在正常运转中，转换器 109 满足放大器自身对电源的需求。当放大器 106 需要的电流超过转换器 109 可以提供的电流时，放大器从与转换器 109 的输出平行连接的电容 110 中获取不足的部分。由于只在相对较短的期间内需要大量的电流，所以在电容 110 中存储的电荷足够满足放大器 106 的需要。如图 18 所示，由于对大量电流的需要间隔有相对较长的期间，所以转换器 109 可对电容 110 进行重新充电。

[0135] 与图 19 所示的部件相关的特定数值取决于与每个应用相关联的详细方案。这种详细方案包括放大器 106 的平均耗电量、最大耗电量、大耗电需求之间的平均时间、运转电压范围、与电容的各种结构或者其他用于形成电容 110 的能量存储元件相关联的转换器的饱和电流和寄生电阻。

[0136] 电容 110 不需要设置单独一个电容。在一些情况下，将电容组装入具有适当等量电容 110 并能够在所需压降的范围中运转的电路是更加经济的。例如，电路可包括许多串联的电容，每个电容具有小于施加于放大器 106 电源电压的额定电压。在一项实施例中，串联有 62 个电容以形成所需的电容，每个电容为 17.3 法并可在 2.5 伏压降的范围内运转。

[0137] 如果出现功能故障或者不稳定，那么由致动器施加的力就趋向于变得非常大并且在长时段内保持较大值。长时间保持较大力所需的电源将耗尽电容 110 并且使放大器 106 的电压“下降”。这会导致放大器 106 自己停止工作。因此，在不稳定期间，电源 107 施加一电源限制，使其足够低从而使过量的热可被快速消散，由此避免放大器 106 的热损

坏。采用这种方式,当故障或者不稳定的情况出现时,所示的电源 107 可限制致动器的电源损耗。在一项实施例中,电容选择成当故障或者不稳定的情况出现时使存储的能量耗尽从而在 55 毫秒内使放大器停止工作。

[0138] 在该装置包括座位的那些实施例中,由于坐垫的存在会引发困难。如上所述,加速度计和位置传感器安装在座椅上。因此,加速度计和位置传感器检测座位的移动。在这种情况下,假设坐在该座位上的乘客将经受与座位相同的移动。但是,在大多数情况下,乘客并不是直接坐在座位上的。相反,乘客坐在坐垫上。坐垫相当于额外的被动悬挂元件,并具有其自身的传递函数。

[0139] 在实际情况中,坐垫引入具有两个零点的传递函数。这些零点减小了加速度回路的增益并由此减小了控制系统对相对于这些零点的频率处的振动进行抑制的能力。

[0140] 为了处理这一困难,与两个零点相关联的频率超过了加速度回路控制器 58 的带宽。这可通过增加坐垫中弹性件的有效刚度而实现,例如将坐垫放置于硬的衬垫上。

[0141] 因此,控制系统 48 的各种模块的输入和输出目前被认为是标量。这是因为对于许多的座位底座,抑制沿一个轴线的振动所需的力很大程度上独立于抑制沿另一个轴线的振动所需的力。在这种情况下,装置 16 的特征在于基本上是对角线矩阵传递函数,其中只有非常少的非对角线分量。加速度回路传递方程和位置回路传递方程的特征还在于基本上是对角线矩阵。在这些情况下,考虑抑制沿一个轴线的振动而不考虑抑制沿另一个轴线的振动是合适的。

[0142] 不过,对于特定类型的座位底座,用于抑制沿一个轴线的振动的力可能会影响同时的、抑制沿另一个轴的移动的尝试。当处于这种情况时,装置传递函数不再会被视为对角线矩阵。

[0143] 例如,图 20 示出了包括由四杆连接件支撑的座位。显然,座位的向上移动也会导致向后移动,这两者之间的关系取决于座位的垂直位置。

[0144] 在图 21 中,各个方框的输入和输出是二维的矢量。因此,提供给实际装置 16 的控制信号包括用于控制两个不同力致动器的分量。在输入实际装置 16 之前,控制信号进入相似分离转换矩阵 R。该过程的详细说明记载于 IEEE 出版社出版的“控制系统手册”的 3.3 部分“矢量空间”。(section 3.3 “vector spaces” of “Control System Handbook”)

[0145] 对于图 20 所示的情况,耦合是纯动态的,相似性转换用于使动态交叉耦合装置分离。在这种情况下,分离矩阵的元素是实值常数。这些元素的值可通过考虑支撑件的几何结构而直接获得。

[0146] 在其他情况下,两个方向移动之间的耦合包括动力的 (dynamic), 以及动态的 (kinematic) 分量。在这种情况下,分离矩阵的元素是频率的复值函数。一般来讲,这种矩阵不会产生适于控制器实施的低阶可实现传递函数矩阵。

[0147] 另一种抑制装置在两个方向上的振动的方法是将完全填充数值的控制器矩阵而不是对角线矩阵用于加速度回路控制器。在这种情况下,加速度回路控制器矩阵的元素计算成这样,即与加速度回路相关联的闭环矩阵传递函数是对角线矩阵或者具有可忽略的非对角线元素。

[0148] 其他的实施方式也处于所附的权利要求的范围内。

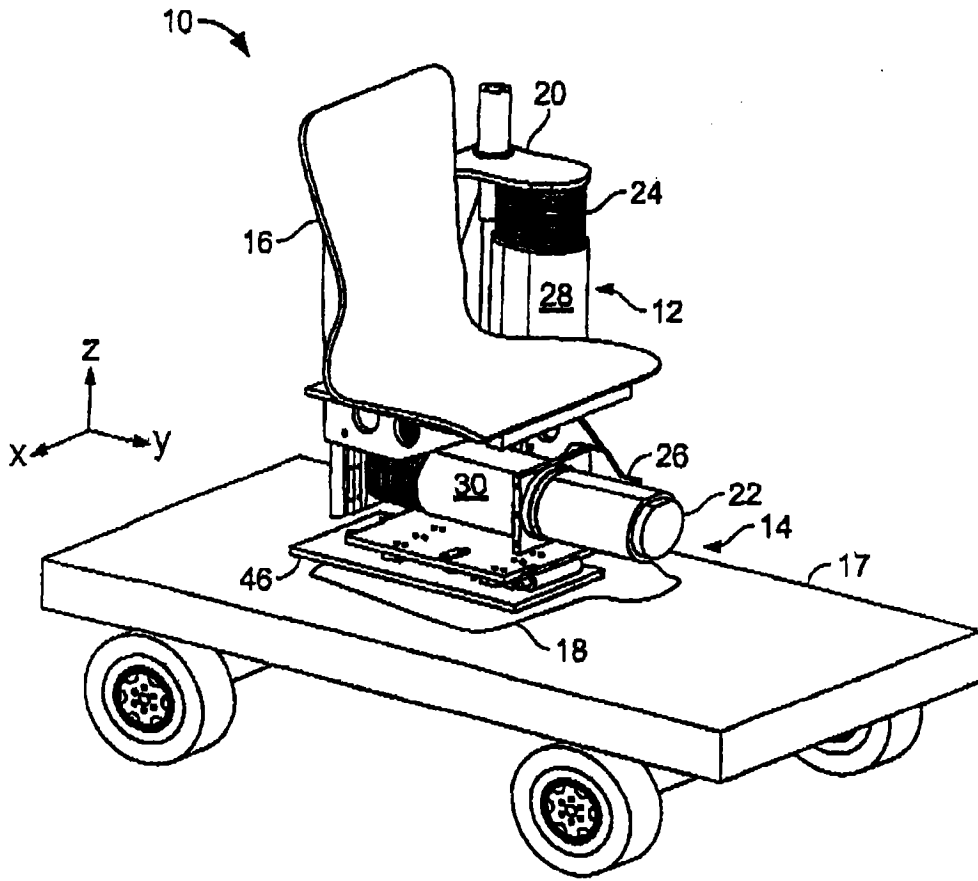


图 1

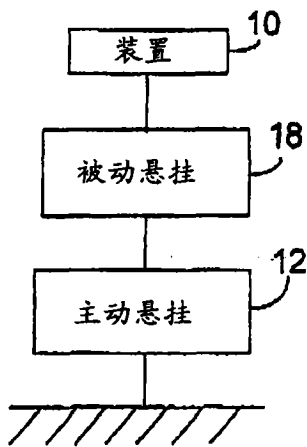


图 2

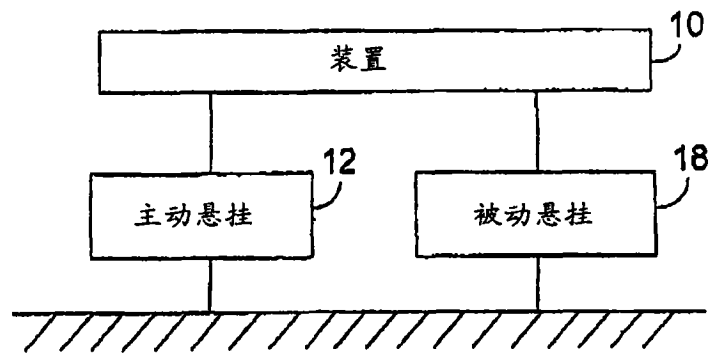


图 3

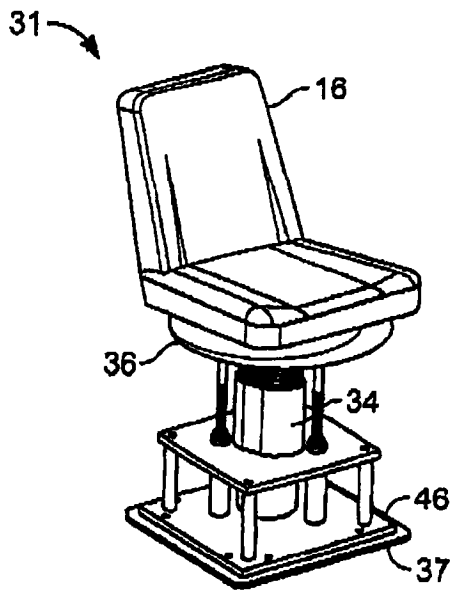


图 4

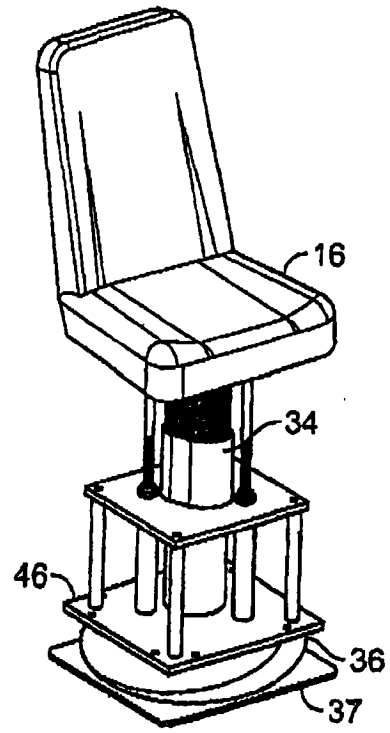


图 5

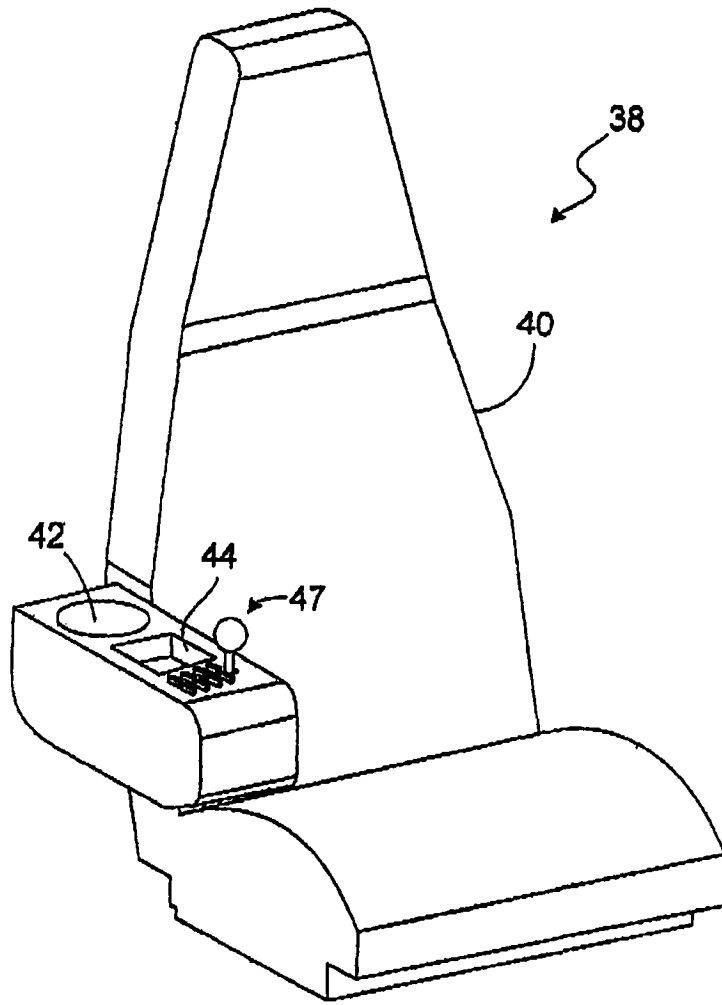


图 6

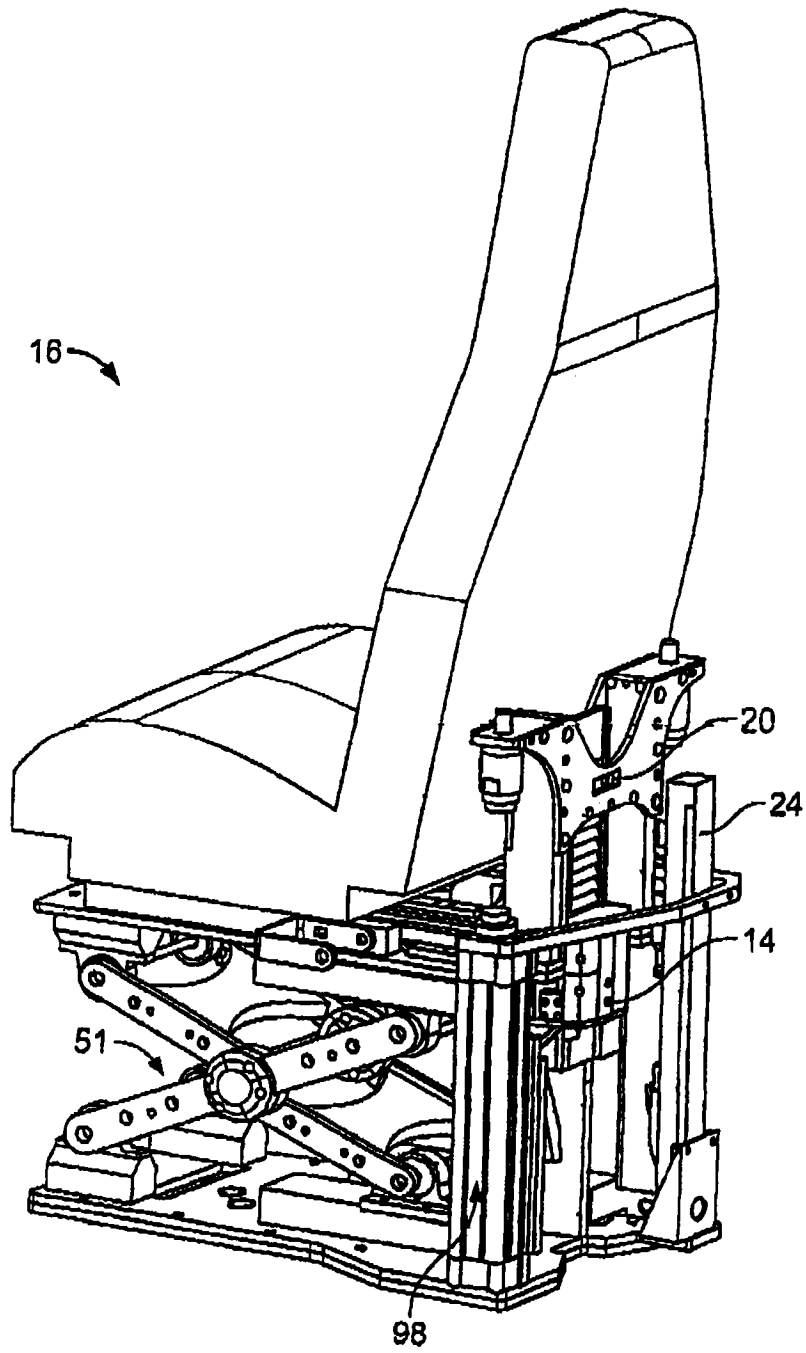


图 7

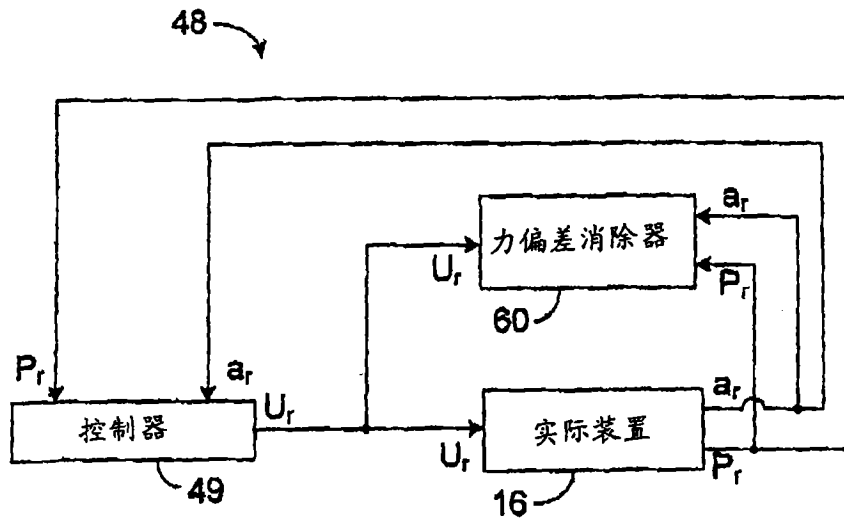


图 8

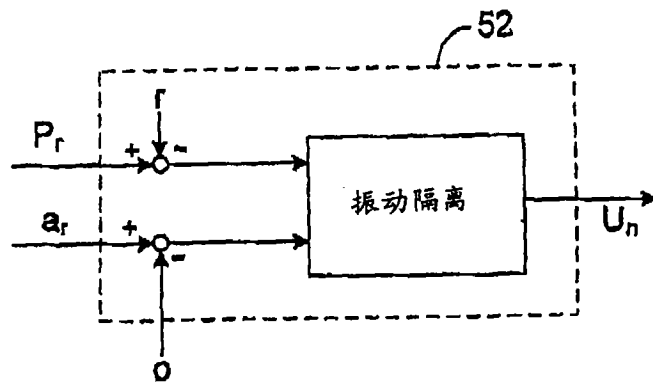


图 10

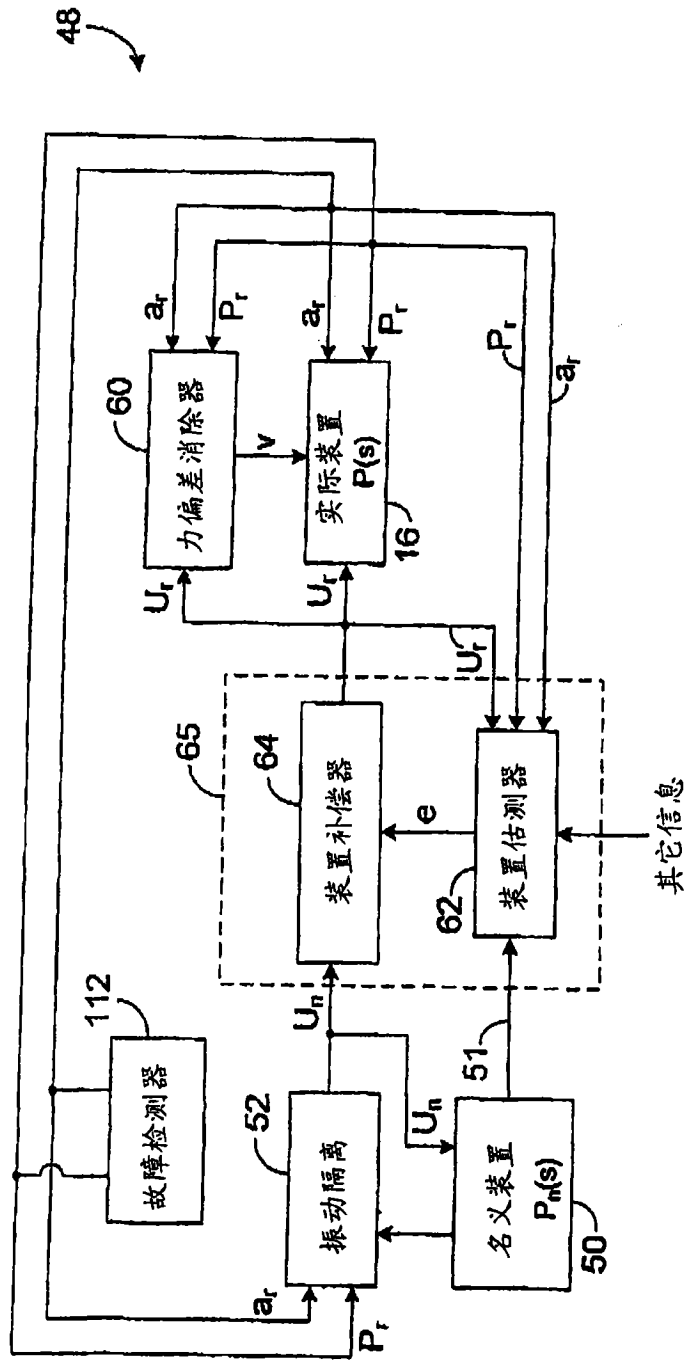


图 9

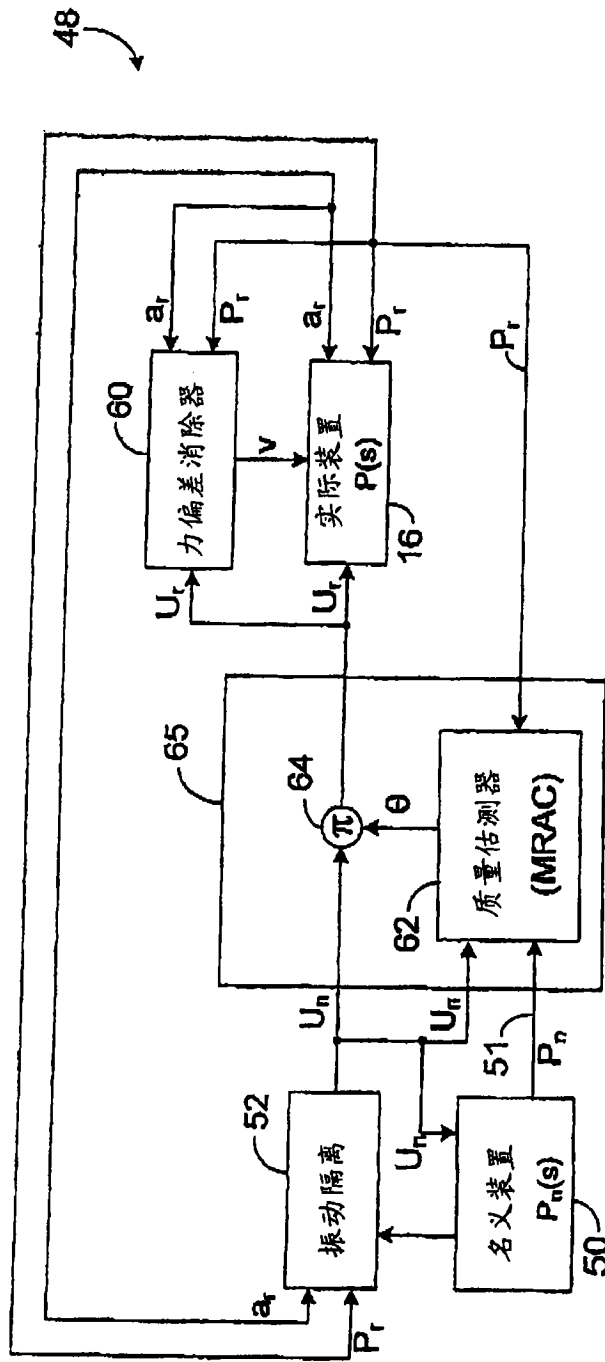


图 11

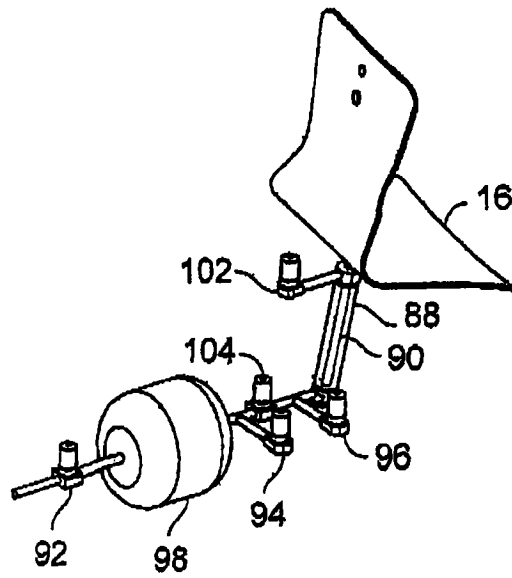


图 14

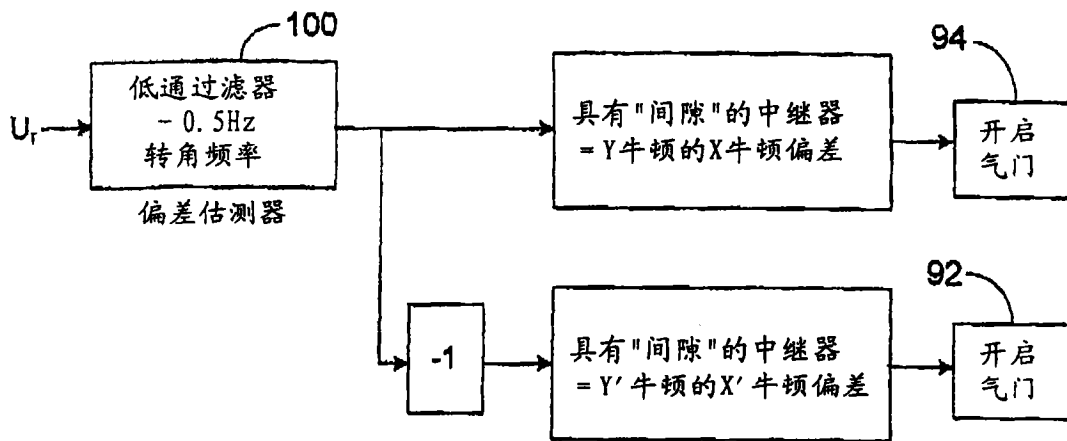


图 15

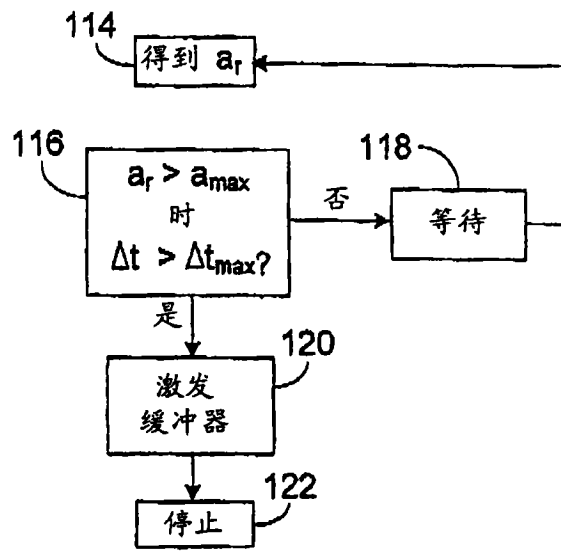


图 17

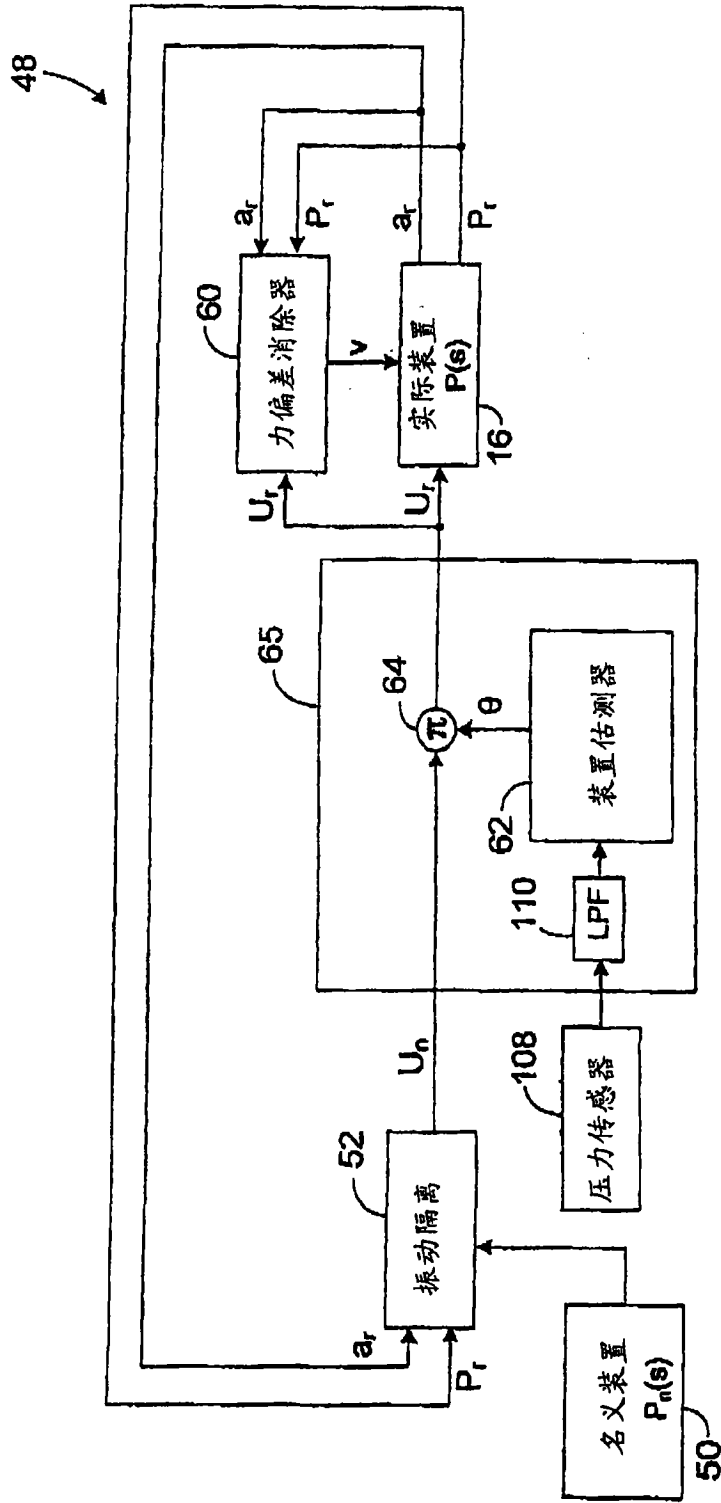


图 16

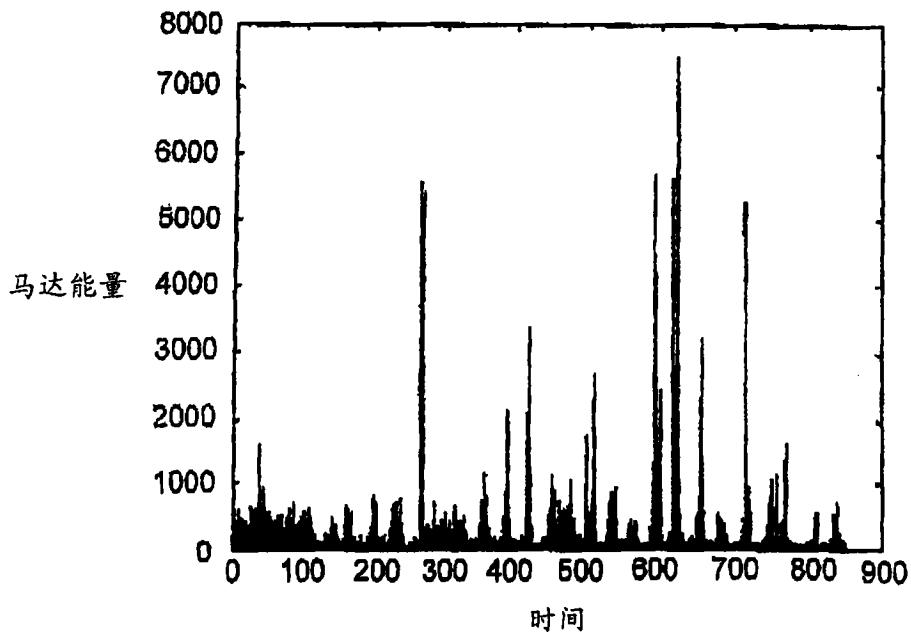


图 18

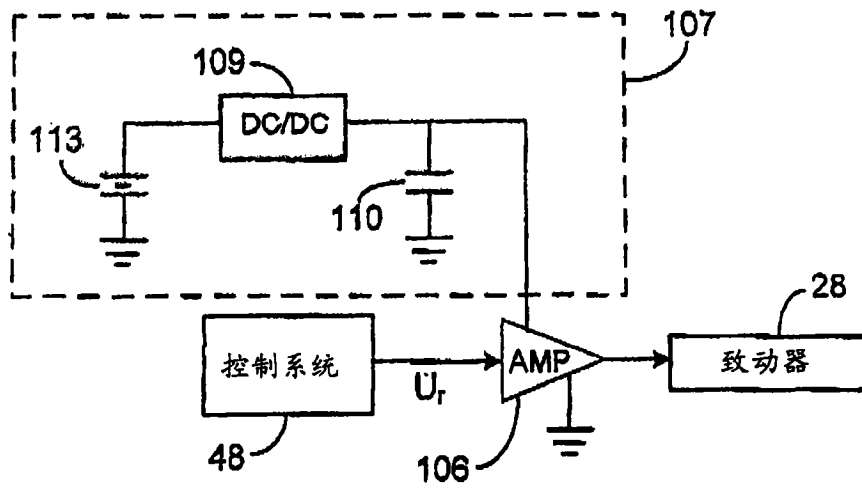


图 19

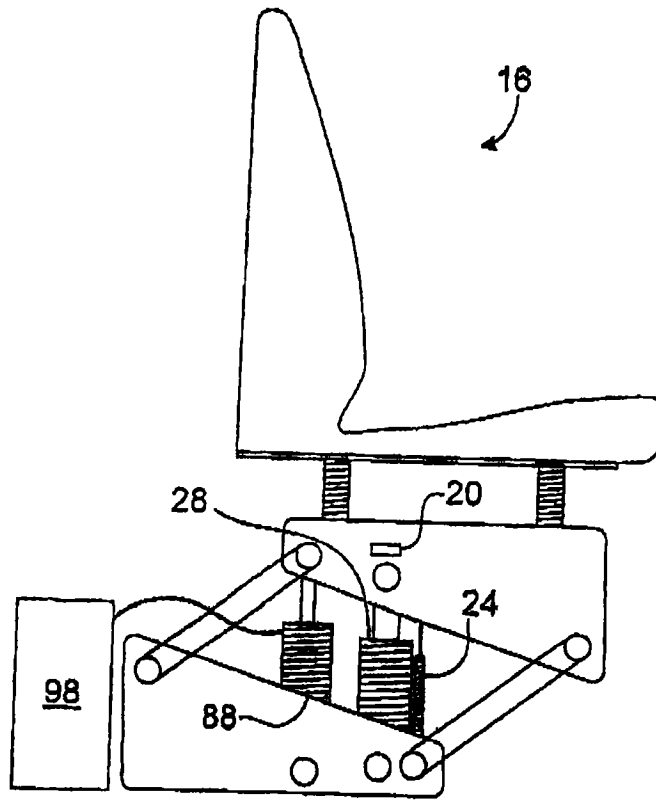


图 20

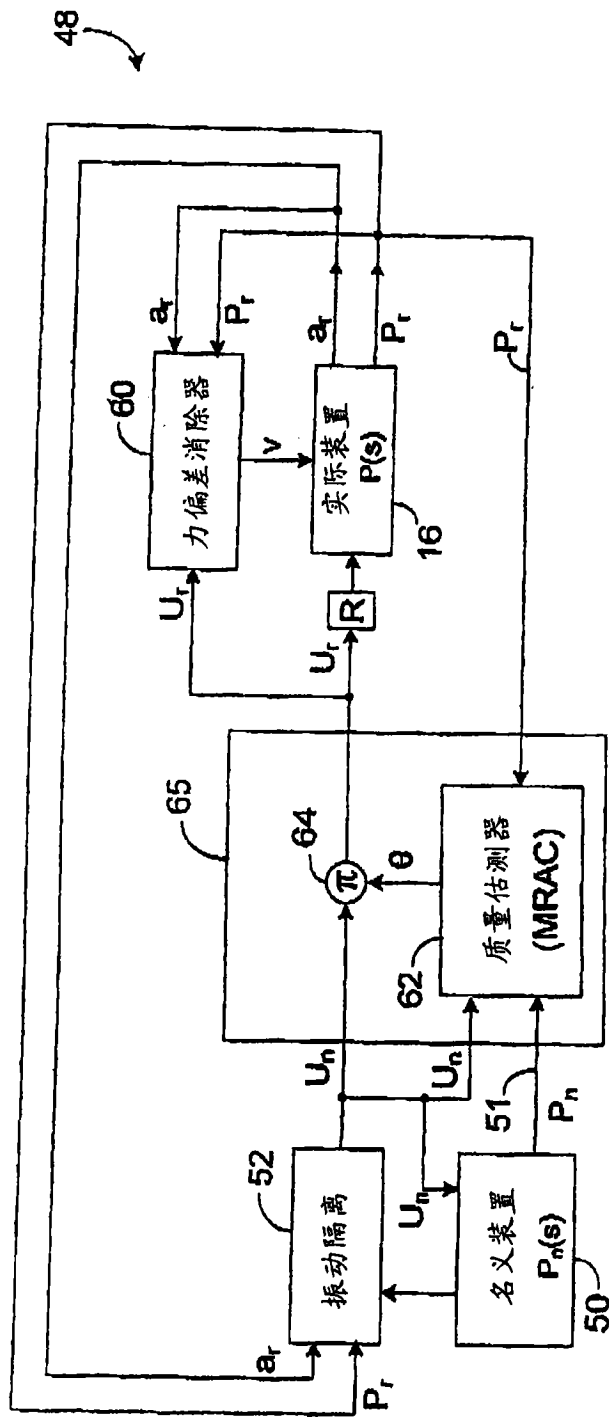


图 21