



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103534112 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 11

(21) 申请号 201280021317. 2

(22) 申请日 2012. 02. 08

(30) 优先权数据

1103463. 4 2011. 03. 01 GB

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 10. 31

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2012/050570 2012. 02. 08

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/117305 EN 2012. 09. 07

(73) 专利权人 普罗蒂恩电子有限公司

地址 英国萨里

(72) 发明人 C·希尔顿

(74) 专利代理机构 北京泛华伟业知识产权代理

有限公司 11280

代理人 蔡民军 谭彦闻

(51) Int. Cl.

B60G 17/08(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101716954 A, 2010. 06. 02,

CN 101973307 A, 2011. 02. 16,

US 2010191423 A1, 2010. 07. 29,

US 5376868 A, 1994. 12. 27,

US 2007272458 A1, 2007. 11. 29,

审查员 董克

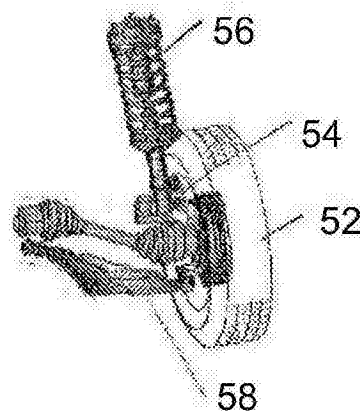
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

悬架控制系统

(57) 摘要

一种用于车辆的悬架控制系统, 该车辆具有通过安装到车身上的安装点的悬架装置而安装到该车辆上的车轮 (52), 其中电动机布置成能给所述车轮施加转矩来驱动车轮, 该悬架控制系统包括控制器, 该控制器配置成基于车轮相对于车辆上的安装点的相对纵向运动来调节通过该电动机施加到该车轮的转矩。



1. 一种用于车辆的悬架控制系统, 该车辆具有车身、车轮和悬架装置, 其中该车轮安装到该悬架装置, 并且该悬架装置在该车身上的安装点处安装到该车身, 其中电动机配置成能给该车轮施加转矩来驱动所述车轮, 该悬架控制系统包括控制器, 该控制器配置成调节通过该电动机施加到车轮上的转矩, 以基于所述车轮相对于该车身上的该安装点的相对纵向或竖向运动来阻尼该车轮相对于该车身上的该安装点的纵向运动。

2. 根据权利要求 1 所述的悬架控制系统, 其中, 该控制器配置能调节施加到车轮上的转矩, 以增加该车轮相对于该车身上的该安装点的运动。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的悬架控制系统, 其中, 该控制器配置成基于 $b_2(\dot{x}_s - \dot{x}_u)r$ 调节施加到该车轮的转矩, 其中 b_2 为阻尼系数, \dot{x}_s 为该车辆的簧上质量的速度, \dot{x}_u 为该车辆的簧下质量的速度, r 为该车轮的滚动半径。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的悬架控制系统, 其中, 该控制器配置成在该车轮相对于所述安装点的纵向加速度的变化率超过预定值的情况下调节施加到该车轮的转矩。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的悬架控制系统, 其中, 该控制器配置成基于该车轮相对于该车身上的所述安装点的纵向加速度的变化率来调节施加该车轮的转矩。

6. 根据权利要求 1 或 2 所述的悬架控制系统, 其中, 该控制器配置成基于该车轮相对于该车身上的所述安装点的纵向速度变化率来调节施加到该车轮的转矩。

7. 一种车辆, 其包括根据前述权利要求中任一项所述的悬架控制系统。

8. 根据权利要求 7 所述的车辆, 还包括用于确定该车轮相对于所述安装点的相对纵向运动的传感器。

9. 根据权利要求 7 或 8 所述的车辆, 其中, 该电动机为轮内电动机。

10. 根据权利要求 7 或 8 所述的车辆, 还包括多个车轮, 所述车轮通过安装到在该车身上的安装点的相应的悬架装置安装到该车辆, 其中至少两个所述车轮布置成由相应的电动机驱动, 并且该控制器配置成基于由相应的电动机驱动的车轮相对于该车身上的相应安装点的相对纵向运动来调节所述相应的电动机的转矩。

悬架控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及悬架控制系统,尤其是用于具有由电动机驱动的车轮的车辆的悬架控制系统。

背景技术

[0002] 车辆的悬架系统有两个主要功能,第一是将车身并因此将车辆的乘客与路面输入隔离,第二是通过减小车轮和地面之间的载荷变动来改善车辆行驶性能。

[0003] 车辆悬架系统的特性可用悬架系统的竖向和纵向柔性来表征。

[0004] 车辆悬架系统的竖向柔性通常由弹簧减振系统产生,弹簧减振系统被调节以提供在乘客舒适性和操控性之间的良好折衷。弹簧选择成具有在约 0.7Hz 和 2Hz 之间的簧上质量共振频率。较低的共振频率引起晕车,而较高的共振频率降低了对路面输入的抑制。硬阻尼导致刚性的乘坐,而软阻尼随着车轮和路面之间的干扰和大载荷变化会导致持续长时间的车身运动。

[0005] 相比之下,为了保持良好的车轮控制,车辆的纵向柔性通常明显硬过车辆的竖向柔性。否则,由制动器或传动装置提供的转矩通过软悬架系统作用在车身上,从而降低了驾驶员保持车辆控制的能力。因此,车辆悬架系统的纵向柔性通常主要由衬套提供。

[0006] 如悬架系统的竖向柔性一样,对于纵向柔性而言,在通过软阻尼增加的乘客舒适性和抑制座舱内的振动以保持良好的车辆控制的需求之间也采取折衷办法。

[0007] 例如,路面扰动、如坑洞引起在车辆的车轮上纵向力冲击,其中该纵向力带来由车辆乘坐者感觉到的初次冲击,进而产生摇动。增加的纵向刚度增强了这种初次冲击,但对于一定的路面扰动减少了随后产生的摇摆持续时间。

[0008] 悬架系统的纵向性态可以图 1 中示出的简化的四分之一车辆的两自由度模型进行说明。 m_u 表示簧下质量,例如车轮及相关部件,和 m_s 表示簧上质量,四分之一车身。悬架的纵向柔性由具有弹簧常数 k 和阻尼常数 b 的弹簧减振系统表示。簧下质量和簧上质量在纵向上的位置分别用 x_u 和 x_s 示出。由路面施加到簧下质量上的力的纵向分量用 $F_r(t)$ 示出。

[0009] 响应于不平路面的簧上质量运动总体决定了车辆乘客的舒适性。与乘客不舒适性相关的运动的主要特征是由路面不平引起的、被称作车辆加加速度的加速度变化率的大小和持续时间。

[0010] 响应于冲击,诸如由车辆的车轮碰撞路面上的坑洞引起的冲击,出现了初始大幅度加加速度,继而产生振动。这些特征对车辆的乘客来说均是不舒适的。然而,用于最小化初始加加速度的最优手段需要弱阻尼,与此对比,用于最小化随后的振动的最优手段需要强阻尼。

[0011] 图 2 示出了就被动式悬架系统的纵向柔性而言在强阻尼和弱阻尼需求之间的冲突,其中图 2 中左手侧图表反映了强阻尼系统的加速度变化率与时间的关系,图 2 中右手侧图表反映了弱阻尼系统的加速度变化率与时间的关系。对图 2 中示出的图表来

说,这些图表是基于图 1 中示出的简化的四分之一车辆的两自由度模型,使用以下参数: $m_u=50\text{kg}$, $m_s=400\text{kg}$, $k=444\text{N/mm}$ 。对于强阻尼图表, $b=1.5\text{Ns/mm}$,且对于弱阻尼图表, $b=0.3\text{Ns/mm}$ 。两质量最初以 15m/s 的速度移动,并且坑洞冲击通过构建 $F_r(t)$ 作为持续时间为 5s 且幅度为 10000N 的半正弦曲线来仿真。这给簧下系统、即车轮赋予了约 200m/s/s 的初始加速度。在图 2 中绘制的图表示出了作为时间函数的簧上质量即车身中引起的加加速度。

[0012] 图 2 中示出的上图表示出了弱阻尼系统导致车身的持续长时间的纵向振动,而强阻尼系统快速抑制初始冲击后的振动。下图表在扩大的时间比例上示出了相同的数据,以显示出在冲击时间之后不久的车身加速度变化率。在强阻尼情况下的加加速度的最大量值是约 1100m/s/s/s ,而在弱阻尼情况下,加加速度的最大量值为约 700m/s/s/s 。该图表示了由车辆乘客感觉到的初始冲击。

[0013] 因而,具有由强阻尼或弱阻尼系统限定的纵向柔性的悬架系统不能提供最优的车辆控制和车辆乘客的乘坐舒适性。

[0014] 希望改善这种情况。

发明内容

[0015] 根据本发明的一个方案,提供一种根据后附权利要求书的悬架控制系统。

[0016] 这种悬架控制系统提供这样的优点,使纵向柔性阻尼特性被有效地改变,其中施加车辆车轮的纵向阻尼力可通过基于车轮的相对运动改变由电动机施加到车轮的转矩而变化。例如,弱阻尼力可在纵向抖动最初发生时开始施加,其中阻尼力通过改变施加到车轮的转矩而逐渐增加,以进一步施加阻尼到随后发生的振动。因此,本发明使得强阻尼的振动抑制与弱阻尼情况的初始冲击柔性相结合。

[0017] 因此,车辆可设有柔性阻尼纵向被动悬架系统,其用来将车辆乘客由于路面扰动感觉到初始冲击减至最低程度,其中电动机被用来调节施加到车辆车轮上的转矩,以加强初始冲击后的纵向阻尼以使随后发生的振动最小化。

附图说明

[0018] 现在将参考附图通过示例来描述本发明,其中:

[0019] 图 1 示出了用于悬架系统的纵向特性的模型;

[0020] 图 2 示出了纵向外力在具有强阻尼和弱阻尼的悬架系统上的作用效果;

[0021] 图 3 示出了根据本发明的一个实施例的车辆;

[0022] 图 4 示出了用在本发明的一个实施例中的电动机的分解视图;

[0023] 图 5 示出了被动悬架装置的一个实例;

[0024] 图 6 从另一个角度示出了图 2 所示的电动机的分解视图;

[0025] 图 7 示出了根据本发明的电动机的线圈组的示例配置;

[0026] 图 8 示出了用于根据本发明的一个实施例的悬架系统的纵向特性的模型;

[0027] 图 9 示出了由施加到根据本发明的一个实施例的主动阻尼悬架上的纵向加速度所获得的加速度变化图表。

具体实施方式

[0028] 图 3 示出了诸如汽车或卡车的车辆 100, 其具有四个车轮 101, 其中两个车轮分别位于车辆头部的左侧和右侧位置。类似地, 另外两个车轮分别位于车辆尾部的左侧和右侧位置, 如典型的传统汽车配置那样。然而, 本领域技术人员应当理解, 车辆可具有任意数目的车轮。

[0029] 如下文所详细描述, 在每个车轮 101 内整合有轮内电动机。虽然本实施例描述了一种具有与每个车轮 101 相关联的轮内电动机的车辆, 如本领域技术人员理解的那样, 仅有一个子组的车轮 101 可具有相关联的轮内电动机。例如, 对于四轮车辆, 仅前面两车轮可具有相关联的轮内电动机, 或者仅后面两车轮或者仅单个车轮可具有相关联的轮内电动机。尽管本实施例描述了车轮通过相应的轮内电动机来驱动, 但相应的电动机可布置在车辆内的任何位置。

[0030] 每个车轮和相关联的轮内电动机被连接到悬架装置, 例如悬架臂, 而该悬架臂又被连接到主车身的一部分例如车辆底盘上的固定安装点处。悬架装置在车身和施加到车轮的路面输入之间提供隔离, 其中车轮和电动机对应于车辆簧下质量, 车身对应于车辆簧上质量。

[0031] 图 5 示出了悬架装置的一个例子, 其中车轮 52 及其相关轴承被附接到立式构件 54, 该立式构件被附接到弹簧阻尼装置 56 和悬架控制臂 58。悬架控制臂 58 和弹簧阻尼装置 56 如螺旋弹簧均被附接到主车身。

[0032] 车辆控制器 102 连接到每个轮内电动机, 用于控制轮内电动机的操作, 例如控制由轮内电动机产生的转矩。

[0033] 另外, 车辆包括为轮内电动机提供电源的电池组。

[0034] 为了便于说明, 轮内电动机是具有一组线圈的电动机类型, 这些线圈是定子的一部分, 用于附接到车辆, 该定子由转子径向环绕, 该转子带有一组磁体, 用于附接到车轮。然而, 本领域技术人员将会理解, 本发明也适用于其它类型的电动机。

[0035] 如图 4 所示, 轮内电动机 40 包括具有形成组件壳体的第一部分的后部 230 的定子 252, 和具有多个线圈和驱动这些线圈的电子器件的散热和驱动装置 231。线圈驱动装置 231 被固定到该后部 230 以形成定子 252, 该定子则可被固定到车辆并在使用过程中不会旋转。这些线圈自身绕在齿形迭片结构上, 这些齿形迭片结构与驱动装置 231 和后部 230 一起形成所述定子 252。

[0036] 转子 240 包括前部 220 和形成罩盖的圆筒形部分 221, 其基本环绕定子 252。该转子包括围绕圆筒形部分 221 的、内部布置的多个磁体 242。这些磁体因此处于靠近在组件 231 上的线圈的位置, 从而由组件 231 中的线圈产生的磁场与围绕转子 240 的圆筒形部分 221 的内部布置的磁体 242 相配合, 使转子 240 发生旋转。

[0037] 转子 240 通过轴承座 223 附接到定子 252。该轴承座 223 可以是用在车辆中的标准轴承座, 该电动机组件适合装配到该轴承座, 其中轴承座安装到悬架装置, 例如上文所述。该轴承座包括两部分, 第一部分固定到定子, 第二部分固定到转子。轴承座固定到定子 252 的壁 230 的中心部分 233 并且也还固定到转子 240 的壳体壁 220 的中心部分 225。该转子 240 因此可转动地安装到车辆, 借助于在转子 240 的中心部分 225 处的轴承座 223 来将转子用于车辆。这具有如下优点, 轮辋和轮胎能使用标准轮螺栓在中心部分 225 处固定到转子 240, 以将轮辋固定到转子的中心部分, 从而牢固地固定到轴承座 223 的可旋转侧上。这些

轮螺栓可通过其自身穿入轴承座而装配穿过转子的中心部分 225。随着转子 240 和车轮安装到轴承座 223, 在转子和车轮的旋转角度之间有一一对应关系。

[0038] 图 6 示出了与图 4 所示相同的组件从相反侧看的分解视图, 其中示出了定子 252 包括后定子壁 230、线圈和电子组件 231。转子 240 包括外转子壁 220 和圆周壁 221, 多个磁体 242 沿圆周布置在该圆周壁内。如前所述, 定子 252 通过轴承座在转子和定子壁的中心部分连接到转子 240。

[0039] 另外, 图 4 中还示出了带有控制电子器件的电路板 80, 或者称为电动机驱动控制器或逆变器。

[0040] 在转子的圆周壁 221 和定子壳体 230 的外边缘之间设有 V 形密封件 350。

[0041] 该转子还包括用于检测转子位置的聚焦环和磁体 227, 其与安装在定子上的多个传感器一起使得能确定转子相对于定子的精确位置。

[0042] 图 7 示意性地示出了根据本发明的一个实施例的电动机 40 的一个实例。在这个实例中, 转子大致呈圆形。然而, 应当理解, 本发明的这些实施例可采用其它布局。例如, 可以想到用于产生线性运动的线圈的线性配置。

[0043] 在这个实例中, 电动机 40 包括 8 个线圈组 60, 其中每个线圈组 60 具有三个子线圈组 61, 62, 63, 这些子线圈组被偶联到相应的控制装置 64, 其中每个控制装置 64 和相应的线圈组形成三相逻辑电动机或子电动机, 所述电动机可独立于其它子电动机进行控制。控制装置 64 以三相电源驱动它们相应的子电动机, 因而使得相应的子线圈组能产生旋转磁场。虽然本实施例描述了每个线圈组 60 具有三个子线圈组 61, 62, 63, 但本发明并不局限于此, 需要明确的是, 每个线圈组 60 可具有两个或更多个线圈组。同样, 尽管本实施例描述电动机具有八个线圈组 60 (即, 八个子电动机), 但所述电动机可具有两个或多个与控制装置相关联的线圈组 (即, 两个或多个子电动机)。

[0044] 每个控制装置包括三相桥式逆变器, 如本领域所熟知的那样, 该三相桥式逆变器包括六个开关。该三相桥式逆变器被偶联到线圈组 60 的三个线圈组, 以形成一个三相电动机配置。相应地, 如上所示, 该电动机包括八个三相子电动机, 其中每个三相子电动机包括一个控制装置 64, 该控制装置偶联到线圈组的三个子线圈组。

[0045] 在车辆控制器 102 的控制下, 每个三相桥式逆变器被布置成为相应的线圈组 61, 62, 63 两端提供脉宽调制 (PWM) 电压控制, 以提供相应的子电动机所需的转矩。

[0046] 对于给定的线圈组, 控制装置 64 的三相桥式开关被布置成将单相电压施加到每个线圈组 61, 62, 63 的两端。

[0047] 虽然在本实施例中描述的轮内电动机包括多个逻辑子电动机, 所述电动机可以是不使用逻辑子电动机的传统设计的电动机。

[0048] 在这个实施例中, 每个控制装置 80 基本是楔形的。这种形状允许多个控制装置 80 彼此相邻地布置在电动机内, 形成扇形配置。

[0049] 控制装置 80 的开关可包括诸如 MOSFET 或 IGBT 的半导体装置。在该实例中, 这些开关包括 IGBT。然而, 任何合适的已知的开关电路都可被应用于控制电流。这样的开关电路的一个熟知的例子是三相桥式电路, 该电路具有六个开关, 被配置成驱动三相电动机。这六个开关被配置成三组平行的双开关, 其中每对开关串联布置, 并形成该三相桥接电路的一条引腿。

[0050] 响应于车辆驾驶员的加速或制动需求,车辆控制器 102 配置成通过相应的控制装置 80 控制相应的电动机中的电流,从而控制由相应的电动机产生的转矩。此外,车辆控制器 102 配置成根据车轮 101 相对于相应安装点的纵向或竖向相对运动或位移来调节由相应电动机施加的转矩,在所述安装点处,相应的悬架装置安装到车辆 100。换句话说,车辆控制器 102 布置成根据车辆的簧下质量和簧上质量的相对纵向或竖向运动或位移来调节由相应电动机施加的转矩。

[0051] 车辆的簧下质量和簧上质量的相对运动或位移可以由任何合适的手段,例如通过使用加速度计,或速度、力、位置或偏转传感器来确定。

[0052] 基于车辆的簧下质量和簧上质量的相对运动或位移,车辆控制器 102 配置成改变由相应的轮内电动机施加到相应车轮的转矩,从而在车轮处产生纵向力 $F_t(t)$,而该纵向力又改变悬架装置的纵向特性。

[0053] 例如,对于沿正 x 方向移动的车辆来说,当车辆 100 的车轮 101 遇上坑洞时,在车轮和车身之间产生位移。当车轮 101 开始朝向车身退缩时,车辆控制器 102 从传感器识别出这样的信息,即在车轮 101 和车身之间存在相对运动(也就是,已经发生位移),并且车辆控制器 102 布置成适于由相应的轮内电动机施加正转矩,从而在车轮处施加正阻尼力。

[0054] 另外,车辆的竖向运动可用作车辆车轮纵向运动的指示,并因此可用来确定用于在车轮处产生纵向力的合适转矩,用于改变悬架的纵向特性。

[0055] 类似于图 1,图 7 示出了简化的四分之一车辆的两自由度模型,其包括由相应的电动机在车轮 101 处产生的附加纵向力 $F_t(t)$,其中 m_u 表示簧下质量和 m_s 表示簧上质量。悬架的纵向柔性由具有弹簧常数 k 和阻尼常数 b 的弹簧减振系统表示。簧下质量和簧上质量在纵向方向上的位置分别用 x_u 和 x_s 所示。由路面施加在簧上质量的力的纵向分量用 $F_r(t)$ 表示。

[0056] 优选地,由相应的轮内电动机产生的转矩使用控制算法确定,该控制算法基于车辆 100 的簧下质量和簧上质量的相应纵向运动计算出转矩,从而由悬架装置提供的阻尼效果根据优选的阻尼特性发生变化。可以使用任何合适的手段来确定簧下质量和簧上质量的相对运动,例如这可以是速度的变化,位移的变化或者加速度的变化。对于本发明的实施例来说,所使用的控制算法基于 Sky-Hook 方法,其中施加到车轮的转矩由方程式 $T = b_2(\dot{x}_s - \dot{x}_u)r$ 确定,其中 b_2 是值为 1.2Ns/mm 的主动阻尼系数, \dot{x}_s 是簧上质量的速度, \dot{x}_u 是簧下质量的速度, r 是车轮的滚动半径。该控制算法确定的转矩在由轮内电动机产生的现有转矩基础上调整,该现有转矩由车辆 100 的驾驶员产生的马力需求引起。

[0057] 尽管本实施例使用基于 Sky-Hook 方法的控制算法,但可以使用任何合适的控制算法,例如可以使用 PID (比例积分微分) 控制,其中簧下质量和簧上质量的相对速度、加速度或位移通过施加一转矩控制到目标值,该转矩是分别与目标值的偏差、目标值的偏差的积分以及该目标值的偏差的微分相关的三个条件的线性和。

[0058] 或者,可以使用其它手段确定转矩值,例如车辆控制器 102 可以访问一表,该表使簧上质量和簧下质量之间的比转矩值与比相对运动相等。

[0059] 图 9 示出了由施加到根据本发明的一个实施例的主动阻尼悬架的纵向加速度所获得的加速度变化图。

[0060] 在图 9 中示出的加速度图中的变化是基于这样一种悬架系统,其中被动悬架部件

的阻尼常数 $b=0.3\text{Ns/mm}$ ，车辆控制器 102 配置成调节相应的轮内电动机来增加初始冲击后的阻尼，从而将强阻尼悬架的性能与弱阻尼被动悬架的初始冲击柔性相结合。主动悬架系统的阻尼特性相当于 $b=1.5\text{Ns/mm}$ 的被动悬架的阻尼特性，这是被动阻尼系数和等效 Sky-Hook 阻尼系数 b_2 之和。然而，传递到车身的初始冲击相当于阻尼常数 $b=0.3\text{Ns/mm}$ 的软被动悬架系统的初始冲击。

[0061] 理想地，由电动机施加的转矩应当即时响应于簧上质量和簧下质量的相对速度、加速度或位移的变化。然而，在实际的系统中，会由传感器、车辆控制器 102 和电动机、以及这些部件之间的通信时引起延迟，这导致系统的总的延迟响应。优选总延迟应当不超过几毫秒。

[0062] 在没有路面扰动的情况下，车辆的簧上质量和簧下质量的相对速度将由于应驾驶员需求施加的转矩的变化而变化。为了避免主动悬架系统妨碍车辆 100 的驾驶员的转矩需求，优选车辆控制器 102 配置成避免产生对抗驾驶员转矩需求的转矩。然而，由于驾驶员的转矩需求是已知的，并且车轮的纵向柔性的特征将是已知的，主动阻尼转矩从而可被修正。

[0063] 优选车辆控制器 102 配置成仅响应于车轮和主体的大相对速度或位移的主动悬架转矩，该大相对速度或位移为急剧冲击的表现，但不在正常加速度或减速度时出现。换句话说，车辆控制器 102 配置成仅当簧上质量和簧下质量的相对速度、加速度或位移超出预定值时调节电动机的转矩。

[0064] 尽管上面的实施例是基于车辆控制器 102，该车辆控制器用来在初始纵向冲击已经施加到车辆车轮后增加悬架系统的阻尼系数，在另一实施例中，作为基础的强阻尼被动悬架可与高阻尼系数一起使用。在这个实施例中，车辆控制器 102 将被配置成在受到初始纵向冲击时通过在冲击过程中对抗加速度的最大值而降低阻尼系数。在初始冲击已经发生后，电动机所造成的阻尼效果降低，从而依赖由作为基础的被动悬架提供的强阻尼系数。

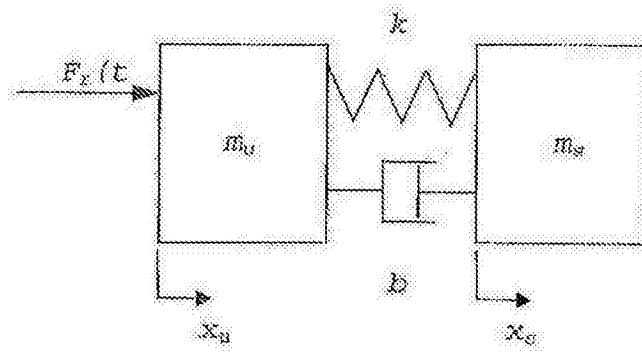


图 1

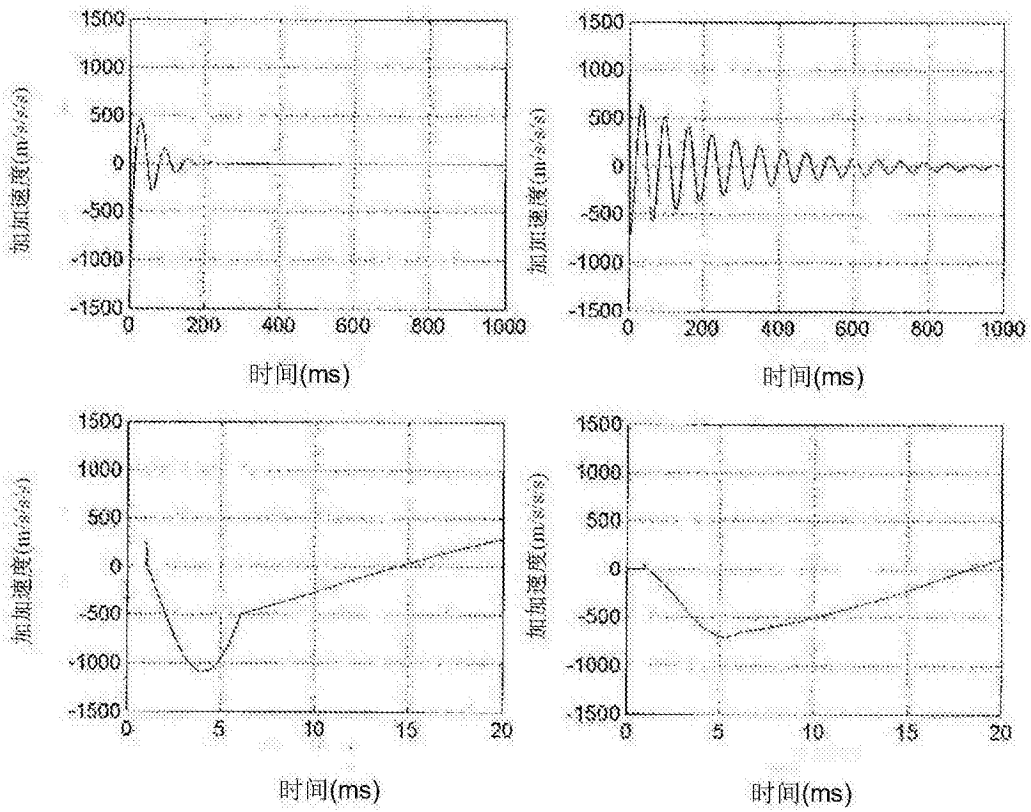


图 2

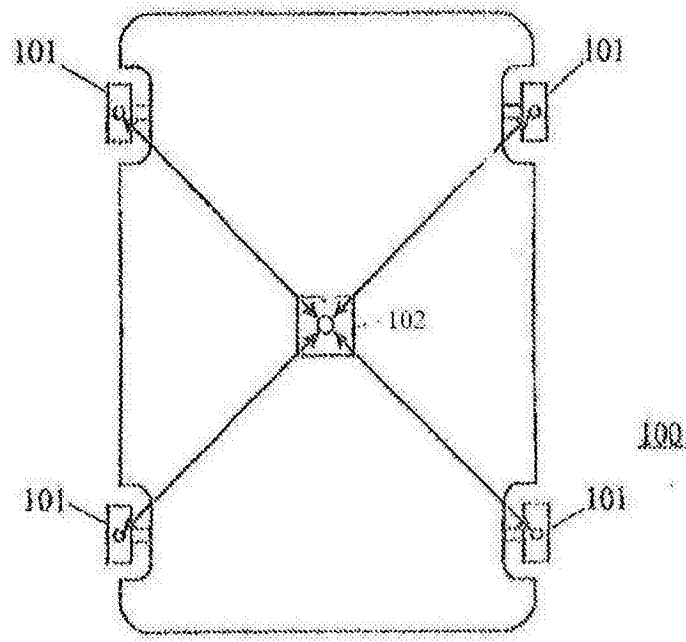


图 3

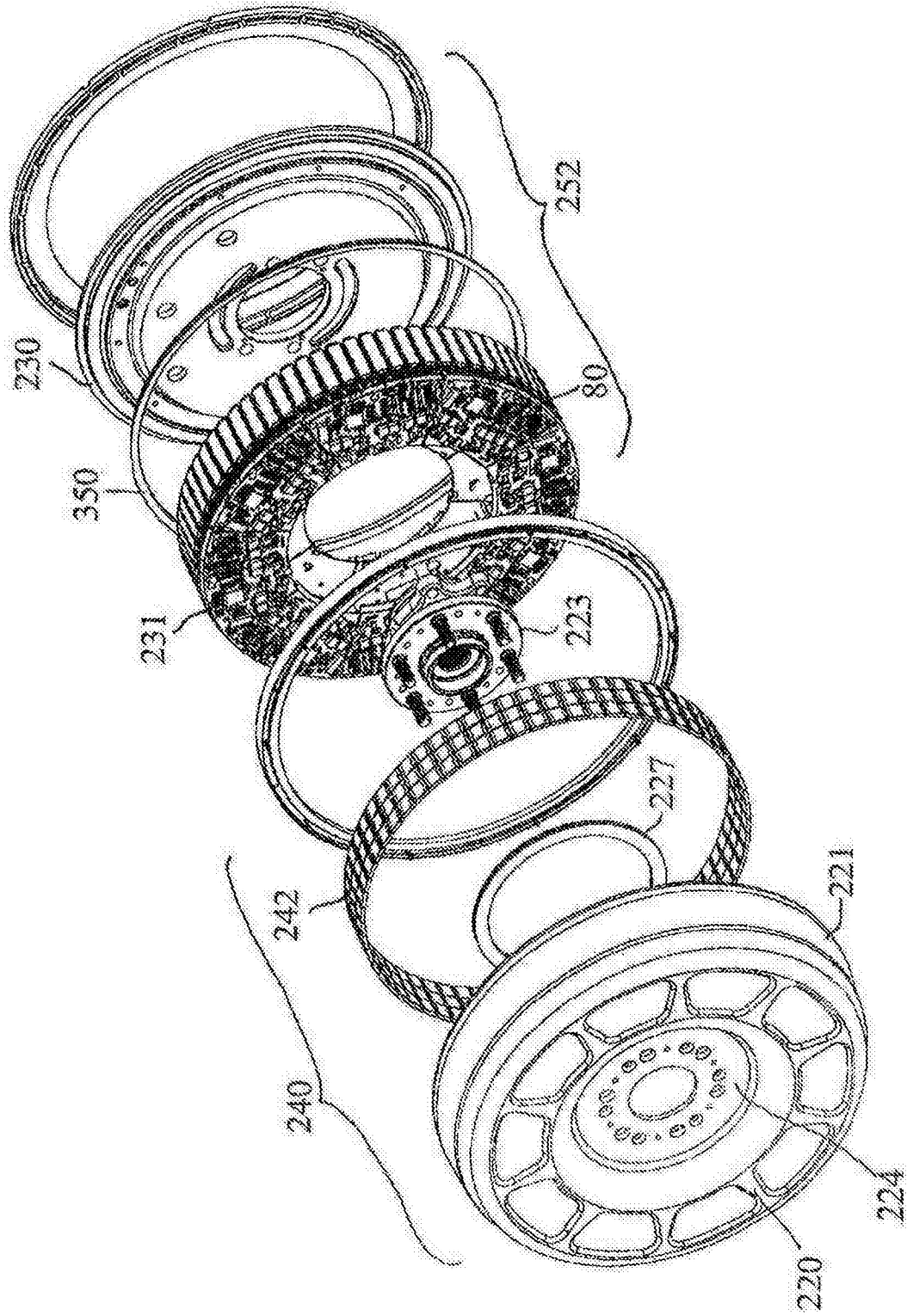


图 4

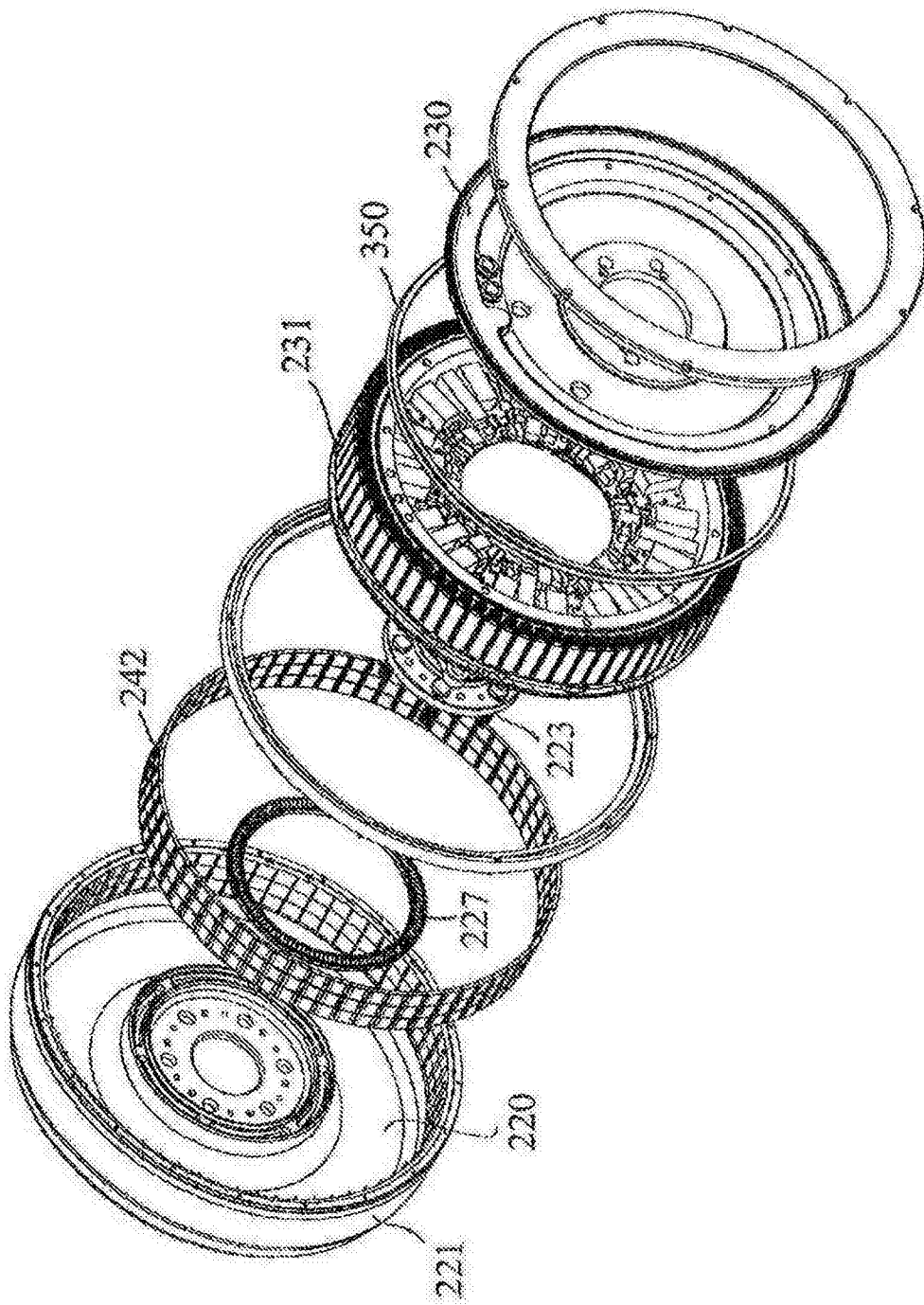


图 6

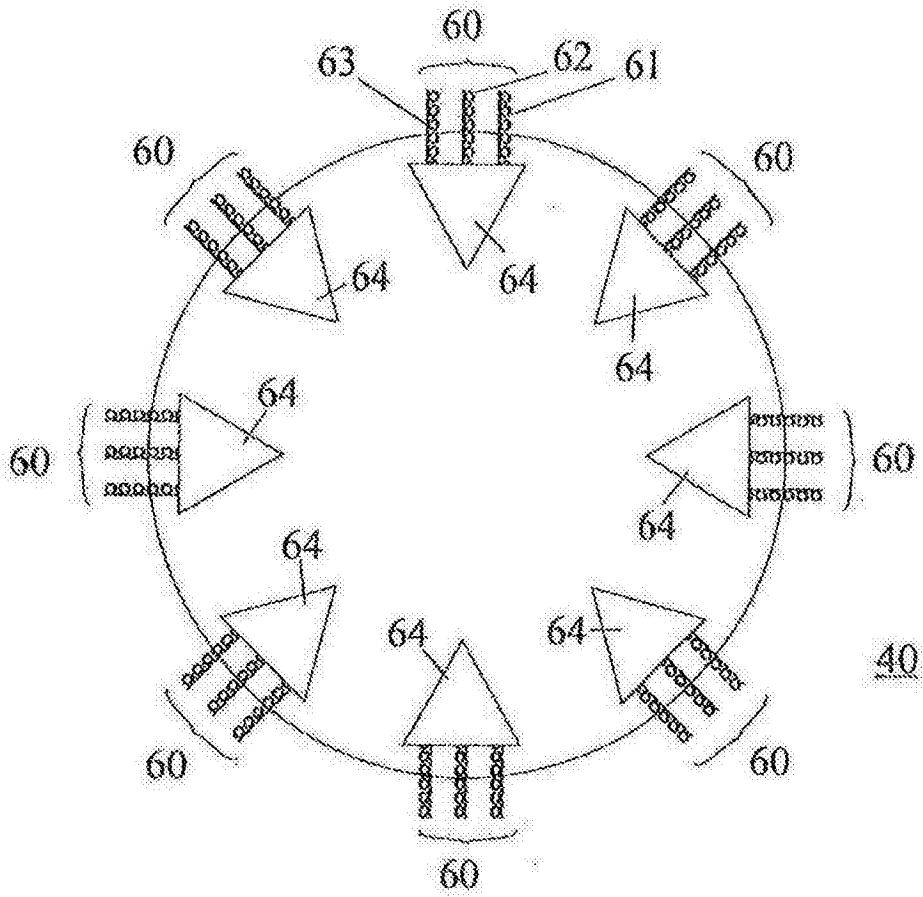


图 7

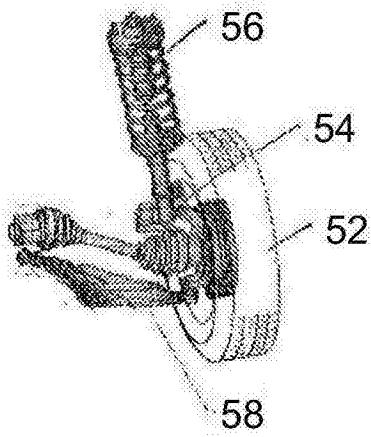


图 5

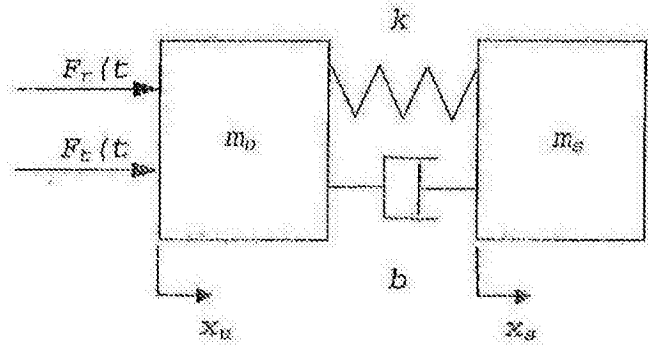


图 8

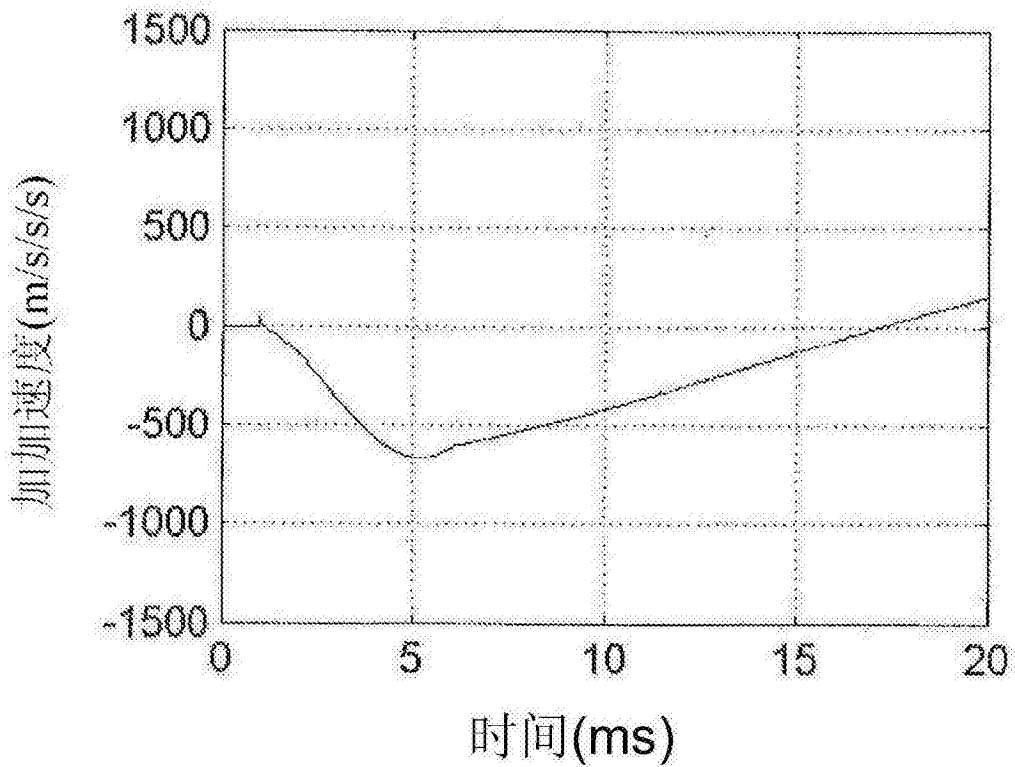
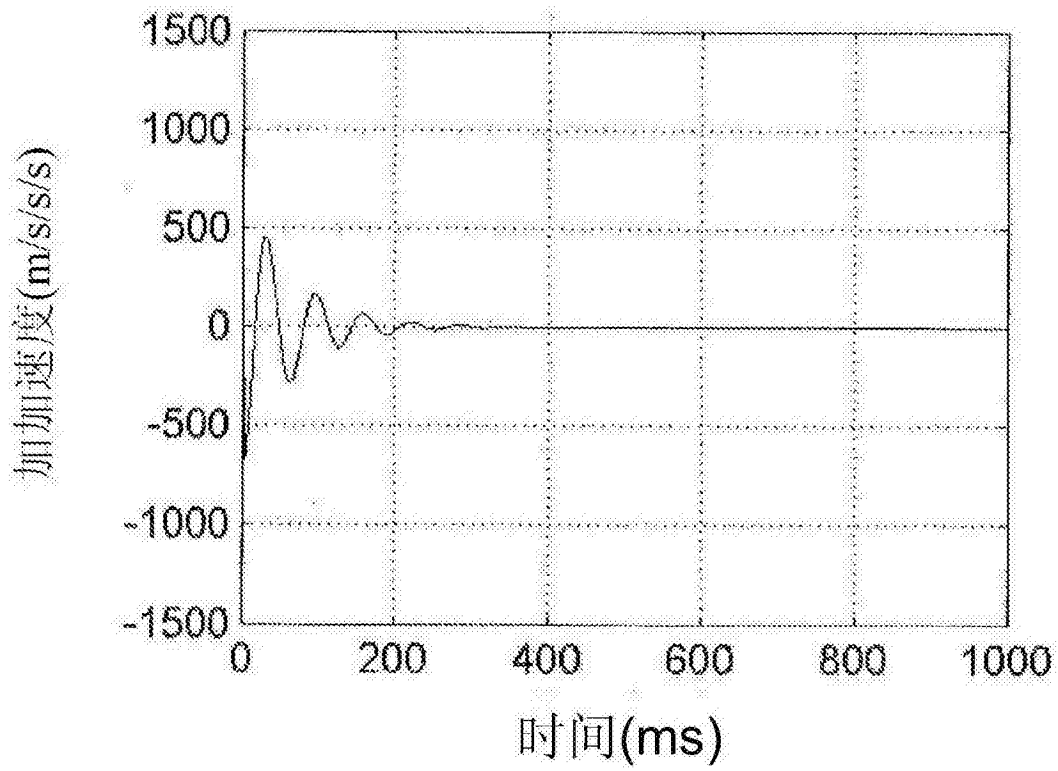


图 9