



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101296811 B

(45) 授权公告日 2010.05.19

(21) 申请号 200680040222.X

(22) 申请日 2006.10.25

(30) 优先权数据

311953/2005 2005.10.26 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008.04.28

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2006/321227 2006.10.25

(87) PCT申请的公布数据

W02007/049633 JA 2007.05.03

(73) 专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

专利权人 萱场工业株式会社

国立大学法人东京大学

(72) 发明人 井上博文 近藤卓宏 须田义大

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理

有限责任公司 11258

代理人 王安武

(51) Int. Cl.

B60G 17/00(2006.01)

B60G 21/02(2006.01)

B60G 21/10(2006.01)

(56) 对比文件

JP 63-263123 A, 1988.10.31, 全文.

CN 1146183 A, 1997.03.26, 全文.

US 5447332 A, 1995.09.05, 全文.

JP 2003-505297 A, 2003.02.12, 全文.

JP 2005-233347 A, 2005.09.02, 全文.

JP 2001-310736 A, 2001.11.06, 全文.

JP 2005-162021 A, 2005.06.23, 全文.

审查员 马雪松

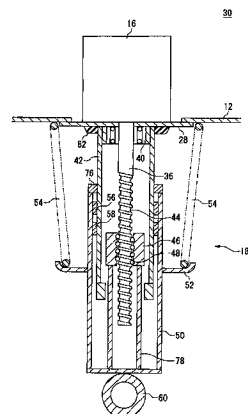
权利要求书 1 页 说明书 18 页 附图 11 页

(54) 发明名称

用于车辆的悬架系统

(57) 摘要

在配备有四个电磁减振器 (30) 的系统中, 四个电磁减振器 (30) 与前/后和左/右车轮相关联设置, 连接位于对角位置的两个电磁减振器中的电动机 (16) 的线圈以形成包括这两个线圈的闭环。结果, 所产生的阻尼力的大小随着位于对角位置的两个车轮相对于车身的操作在相同方向或者相对的方向上而不同。每个电磁减振器具有电阻器, 其设置成与线圈一起形成闭环, 并且选择性实现其中连接任何一个线圈和任何其它线圈以形成闭环的状态或者其中将任何一个线圈不与其它三个线圈中的任何一者连接的状态。结果, 选择性实现对关联运动具有适合阻尼作用的状态。



1. 一种用于车辆的悬架系统,包括

四个电磁减振器,所述四个电磁减振器分别对应于所述车辆的四个车轮,并且所述四个电磁减振器的每个均包括:(A)簧上侧构件,其连接到簧上部分;(B)簧下侧构件,其连接到簧下部分,并伴随所述簧上部分与所述簧下部分的相对运动可操作地相对于所述簧上侧构件运动;以及(C)阻尼力产生装置,其包括线圈和磁体,所述线圈和所述磁体伴随所述簧上侧构件与所述簧下侧构件的相对运动彼此相对运动,并取决于由所述线圈与所述磁体的相对运动产生的电动势可操作地产生对所述簧上侧构件与所述簧下侧构件的所述相对运动的阻尼力以及

线圈连接装置,其构造成电连接所述四个电磁减振器的相应的所述阻尼力产生装置的线圈以形成两个闭环,所述两个闭环分别对应于各自所述四个车轮中对角布置的两个车轮构成的两个车轮对,并且各自包括两个线圈,所述两个线圈分别为所述四个电磁减振器其中两个的各个阻尼力产生装置的线圈,为所述两个车轮对相应的一个设置两个电磁减振器,

所述悬架系统的特征在于:

所述线圈连接装置包括:两个第一连接路径和两个第二连接路径,所述两个第一连接路径在相应的所述两个闭环的每个中连接相应的所述两个线圈的第一端,并被彼此接合,所述两个第二连接路径在相应的所述两个闭环的每个中连接相应的所述两个线圈的第二端,并被彼此接合,所述第二端的每个与所述第一端的相应一个分别为相应的所述线圈的相反两端。

2. 根据权利要求1所述的悬架系统,其中,所述线圈连接装置构造成连接构成所述两个闭环中一者的所述两个线圈,使得当在其上设置所述两个电磁减振器中一者的所述簧上部分与所述簧下部分的所述相对运动的方向与在其上设置所述两个电磁减振器中另一者的所述簧上部分与所述簧下部分的所述相对运动的方向相同时,取决于在所述四个电磁减振器中对应两者的所述相应阻尼力产生装置中产生的所述电动势,使电流沿着彼此不同的方向在所述两个闭环中的所述一者中流动,所述两个电磁减震器分别与构成所述两个闭环中所述一者的所述两个线圈相对应。

3. 根据权利要求1或2所述的悬架系统,其中,所述连接装置还包括设置成将所述两个第一连接路径中至少一者与所述两个第二连接路径中至少一者彼此接合的电阻器。

## 用于车辆的悬架系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于车辆的悬架系统,更具体而言,涉及配备有电磁减振器的悬架系统。

### 背景技术

[0002] 用于机动车辆的悬架设备不仅支撑车辆的重量(簧上重量),而且减轻因道路表面的不平而引起的振动以提高车辆的驾乘的舒适性,并减小了施加到车体的各个部分的动载荷以提高车辆的行驶的稳定性。构成悬架设备的元件之一为减振器,并且已经研发了电磁减振器作为减振器,其基于电动机的力可工作地产生车辆的簧上部分和簧下部分相对运动的阻尼力。

[0003] 以上所述电磁减振器通过使电动机的线圈短路(换言之,通过电连接电动机外部的电动机端子)可工作地产生阻尼力。例如,日本专利申请公报 JP-A-2003-223220 描述了一种电磁悬架设备,其中当不能控制电磁悬架设备时,通过使电动机的线圈短路产生阻尼力。日本专利申请公报 JP-A-2001-310736 公开了一种与对电磁悬架设备控制有关的控制阻尼力的技术更具体地在所公开的技术中,将相应四个电磁减振器的四个线圈中的两个连接,并且取决于车辆姿势的变化而改变在相应两个线圈中的相应电流流动的方向,由此控制待产生的相应电磁力的方向。因而,对阻尼力进行控制。

### 发明内容

[0004] (A) 发明概要

[0005] 然而,在以上所述的公报 JP-A-2003-223220 公开的电磁悬架设备中,仅仅一个电磁减振器的线圈被单独地短路。因而,所公开的设备没有考虑车辆的关联运动。(此处,车辆的关联运动意思是诸如弹跳、侧倾、俯仰或者举起的运动,在这些运动中,在至少两个车轮部分处的车体的运动彼此相关或者影响。在这点上,关联运动可以称为“相关运动”)。因而,例如,所公开的悬架设备不能提供抑制或者限制振动的效果,这样的效果是由分别设置用于车辆的左右车轮的两个电磁减振器的协调动作来提供的。另一方面,在以上所述的公报 JP-A-2001-310736 中公开的电磁悬架设备中,尽管可以通过将设置用于左右车轮的两个线圈连接来处理其中左侧运动和右侧运动关联的关联运动,但是不能处理具有其中前侧运动和后侧运动关联的关联运动的振动。

[0006] 以上所述的问题仅仅是具有电磁悬架设备的系统(即,电磁悬架系统)所存在的问题的一部分。由于电磁悬架系统然在研发当中,该系统存在包括上述的各种其它问题。因而,可以通过处理这些问题的任何一个来提高系统的利用性。换言之,改进电磁悬架系统的余地很大。鉴于这种情况已经进行本发明。因而,本发明的目的是提供一种利用性高的用于车辆的悬架系统。

[0007] 本发明所应用到的用于车辆的悬架系统包括针对车辆的相应四个车轮设置的四个电磁减振器,更具体而言,四个减振器各包括线圈和磁体,并可操作地产生取决于线圈和

磁体的相对运动产生的电动势的阻尼力。根据本发明的第一方面的车辆悬架系统的特征在于包括连接四个电磁减振器中与由四个车轮中对角定位的两个车轮组成的车轮对相对应的两者的两个线圈的装置,更具体而言,包括线圈连接装置,其连接这两个线圈以形成包括这两个线圈的闭环。

[0008] 在根据以上所述的本发明的第一方面的车辆悬架系统中,将设置成对应于对角定位的两个车轮的两个线圈彼此连接。因而,可以使得待产生的阻尼力在其中相应两个车轮相对于车身的运动方向彼此相同的情况和这两个方向彼此相反的情况下不同。因而,根据以上,悬架系统能够对关联运动尤其是对伴随关联运动的振动(即,关联振动)具有适合的振动抑制作用。

[0009] 根据本发明的第二方面的车辆悬架系统的特征在于,每个电磁减振器包括与线圈协调以形成闭环的电阻器,悬架系统包括线圈连接装置,其选择性建立(a)其中一个线圈连接到其它三个线圈中任何一者以形成闭环的连接状态和(b)其中一个线圈不连接到其它三个线圈的任何一者的未连接状态之一。

[0010] 在根据以上所述的本发明的第二方面的车辆悬架系统,可以选择性建立其中仅仅一个电磁减振器产生阻尼力的状态和通过连接以上所述一个电磁减振器的线圈和其它三个电磁减振器的任何一者的线圈能够对伴随关联运动的振动具有适合振动抑制作用的状态。

[0011] (B) 发明形式

[0012] 将描述认为主张权利的本发明(以下适合地称为“主张权利的发明”)的各种形式。主张权利的发明的各个形式如同所附的权利要求那样编号,并适合地从属于其它形式。这为了更容易理解主张权利的发明,并可以理解到,构成本发明的构成要素的组合不限于在以下形式中所描述的那些。即,可以理解到,主张权利的发明应该根据以下对各种形式和优选实施例的描述来理解。还要理解到,一个或者多个要素添加到以下形式的任何一者中或者将其从以下形式的任何一者中删除的任何形式可以认为主张权利的发明的一个形式。

[0013] (1) 一种用于车辆的悬架系统,包括四个电磁减振器,四个电磁减振器分别对应于车辆的四个车轮,并且四个电磁减振器的每个包括:(A) 簧上侧构件,其连接到簧上部分;(B) 簧下侧构件,其连接到簧下部分,并伴随簧上部分和簧下部分的相对运动可操作地相对于簧上侧构件运动;以及(C) 阻尼力产生装置,其包括线圈和磁体,线圈和磁体伴随簧上侧构件和簧下侧构件的相对运动相对彼此运动,并取决于由线圈和磁体的相对运动产生的电动势可操作地产生对簧上侧构件和簧下侧构件的相对运动的阻尼力,

[0014] 悬架系统的特征在于还包括:

[0015] 线圈连接装置,其连接四个电磁减振器中与由四个车轮中对角定位的两个车轮组成的车轮对相对应的两者的阻尼力产生装置的两个线圈,使得形成包括两个线圈的闭环。

[0016] 在以上形式(1)中,将设置成对应于对角定位的两个车轮的两个线圈彼此连接,使得可以使得待产生的阻尼力在其中两个车轮之一相对于车身的运动方向与两个车轮中另一者相对于车身的运动方向相同的情况和这两个方向彼此相反的情况下不同。更具体而言,使得待产生的阻尼力在以下两个情况下不同,一个情况是两个车轮中一者和车身沿着弹跳方向(回弹方向)相对彼此运动,同时两个车轮的另一者和车身沿着弹跳方向(回弹方向)相对彼此运动,另一情况是两个车轮中一者和车身沿着弹跳方向(回弹方向)相对彼

此运动,同时两个车轮的另一者和车身沿着回弹方向(弹跳方向)相对彼此运动。因而,根据以上,根据形式(1)的系统能够对伴随关联运动的关联振动(即,相关振动)具有适合单独振动抑制效果。

[0017] 在以上形式(1)中,阻尼力产生装置例如可以主要由电动机(其是理解为包括“发电机”的概念)构成。在此情况下,电动机可以是旋转型或者线性型。将两个线圈彼此连接意思是例如将相应两个线圈的端子彼此连接。

[0018] (2) 根据形式(1)的悬架系统,其中,线圈连接装置构造成连接构成闭环的两个线圈以,当在其上设置分别对应于两个线圈的两个电磁减振器中一者的簧上部分和簧下部分的相对运动的方向与在其上设置两个电磁减振器中另一者的簧上部分和簧下部分的相对运动的方向相同时,取决于在两个电磁减振器的相应阻尼力产生装置中产生的电动势,使电流沿着彼此相反的方向在闭环中流动。

[0019] 在以上形式(2)中,限制相应两个电磁减振器的两个线圈的连接方位。根据形式(2),比较小的阻尼力可以在车身的弹跳运动时产生,而比较大的阻尼力可以在车身侧倾运动、俯仰运动等时产生。

[0020] (3) 根据形式(1)或(2)的悬架系统,其中,线圈连接装置包括第一连接路径和第二连接路径,第一连接路径连接构成闭环的相应两个线圈的一端,第二连接路径连接相应两个线圈的另一端。

[0021] 在以上形式(3)中,线圈连接装置的结构,更具体地,相应两个电磁减振器的两个线圈的连接结构受到限制。根据形式(3),线圈连接装置具有简化的结构。

[0022] (4) 根据形式(3)的悬架系统,其中,线圈连接装置还包括设置成将第一连接路径和第二连接路径彼此接合的电阻器。

[0023] 在以上形式(4)中,电阻器设置在闭环的中央部分处,以与两个线圈平行。通过调节电阻器的电阻值,两个电磁减振器的每个产生的阻尼力的大小可以被调节。在电阻器是可变电阻器的情况下,可以根据在车辆中正在实际产生的振动的状态灵活地改变两个电磁减振器的每个的阻尼力的大小。

[0024] (5) 根据形式(1)或(2)的悬架系统,其中,线圈连接装置构造成连接相应四个电磁减振器的阻尼力产生装置的线圈,以形成分别对应于两个车轮对的两个闭环,两个车轮对各由四个车轮中的对角定位的两个车轮组成,两个闭环各包括各作为线圈的两个线圈。

[0025] 车辆具有两个车轮对。在以上形式(5)中,将对应于两个车轮对的两对电磁减振器的每个的两个线圈彼此连接。根据形式(5),悬架系统对关联运动能够产生更适合的阻尼力。

[0026] (6) 根据形式(5)的悬架系统,其中,线圈连接装置包括:两个第一连接路径和两个第二连接路径,两个第一连接路径连接相应两个闭环中的相应两个线圈的一端,两个第二连接路径连接相应两个闭环中的相应两个线圈的另一端。

[0027] 在以上形式(6)中,在四个电磁减振器被连接的情况下线圈连接装置的结构受到限制。如同以上形式那样,形式(6)确保线圈连接装置的简化结构。

[0028] (7) 根据形式(6)的悬架系统,其中,两个第一连接路径彼此接合,并且两个第二连接路径彼此接合。

[0029] 在以上形式(7)中,将相应四个电磁减振器的四个线圈的每个连接到其它电磁减

振器的线圈的每个以形成相应的闭环。换言之,将相应四个电磁减振器的四个线圈连接成四个线圈的任何两个可以构成闭环。根据形式(7),悬架系统能够产生更适合的阻尼力。

[0030] (8) 根据形式(7)的悬架系统,其中,连接装置还包括设置成将两个第一连接路径中至少一者和两个第二连接路径中至少一者彼此接合的电阻器。

[0031] 在以上形式(8)中,以上所述电阻器设置在以上所述的的形式中,其中四个电磁减振器被连接。通过调节电阻器的电阻值,可以调节待由四个电磁减振器的每个产生的阻尼力的大小。在电阻器是可变电阻器的情况下,可以根据在车辆中实际产生的振动的状态灵活地改变四个电磁减振器的每个的阻尼力的大小。

[0032] (11) 一种用于车辆的悬架系统,包括四个电磁减振器,四个电磁减振器分别对应于车辆的四个车轮,并且四个电磁减振器的每个包括:(A) 簧上侧构件,其连接到簧上部分;(B) 簧下侧构件,其连接到簧下部分,并伴随簧上部分和簧下部分的相对运动可操作地相对于簧上侧构件运动;以及(C) 阻尼力产生装置,其包括线圈和磁体,线圈和磁体伴随簧上侧构件和簧下侧构件的相对运动相对彼此运动,并取决于由线圈和磁体的相对运动产生的电动势可操作地产生对簧上侧构件和簧下侧构件的相对运动的阻尼力,

[0033] 悬架系统的特征在于:

[0034] 四个电磁减振器包括各作为阻尼力产生装置的相应四个阻尼力产生装置,四个阻尼力产生装置的每个包括与四个阻尼力产生装置的每个的线圈协调以形成闭环的电阻器,并且

[0035] 悬架系统还包括线圈连接装置,由于对线圈连接的操作而针对四个阻尼力产生装置的每一者选择性建立(a) 其中由四个阻尼力产生装置中一者的线圈和除了四个阻尼力产生装置中的一者以外的其它三个阻尼力产生装置中的任何一者的线圈组成的两个线圈彼此连接形成包括两个线圈的闭环的连接状态和(b) 其中四个阻尼力产生装置中一者的线圈没有连接到其它三个阻尼力产生装置的任何一者的未连接状态之一。

[0036] 在以上形式(11)中,可以选择性建立其中仅仅一个电磁减振器可以产生阻尼力的状态和其中通过连接以上所述的一个电磁减振器的线圈和其它三个电磁减振器的任何一者的线圈能够对伴随关联运动的振动具有适合振动抑制作用的状态。

[0037] (12) 根据形式(9)的悬架系统,其中,线圈连接装置构造成连接构成闭环的两个线圈以使,当在其上设置分别对应于两个线圈的两个电磁减振器中一者的簧上部分和簧下部分的相对运动的方向与在其上设置两个电磁减振器中另一者的簧上部分和簧下部分的相对运动的方向相同时,取决于在两个电磁减振器的相应阻尼力产生装置中产生的电动势,电流沿着彼此相反的方向在闭环中流动。

[0038] 在以上形式(12)中,相应两个电磁减振器的两个线圈的连接方位受到限制。根据形式(12),可以在车身侧倾运动、俯仰运动等时产生比车身弹跳运动时更大的阻尼力。

[0039] (13) 根据形式(9)或(10)的悬架系统,还包括控制悬架系统的控制装置,

[0040] 其中,控制装置包括线圈连接装置控制部分,其控制线圈连接装置的操作,使得当在车辆中正在产生应该被抑制的振动时,将四个阻尼力产生装置中至少一者的线圈和其它阻尼力产生装置中任何一者的线圈彼此连接。

[0041] 在以上形式(13)中,以上所述的连接状态和未连接状态可以取决于对振动抑制的需要自动地选择性建立。

[0042] (14) 根据形式 (11) 的悬架系统,

[0043] 其中,控制装置还包括振动模式判定部分,其判定在车辆中正在产生的振动的模式,以及

[0044] 其中,线圈连接装置控制部分构造成基于振动模式判定部分进行的判定来改变其它三个阻尼力产生装置中待连接到四个阻尼力产生装置中一者的线圈的那一者的线圈。

[0045] 根据以上形式 (14),相应电磁减振器的线圈的连接的组合可以取决于振动的模式而改变,由此确保适合于振动模式的阻力特性。更具体地,可以有效地阻尼显著的模式振动。

[0046] (15) 根据形式 (12) 的悬架系统,其中,振动模式判定部分构造成将侧倾振动模式和俯仰振动模式中至少一者判定为振动的模式,在侧倾振动模式中正在产生应该被抑制的侧倾振动,在俯仰振动模式中正在产生应该被抑制的俯仰振动。

[0047] 根据以上形式 (15),可以适合地处理各作为基本的关联振动的侧倾振动和俯仰振动的至少一者。

[0048] (16) 根据形式 (13) 的悬架系统,

[0049] 其中,振动模式判定部分构造成至少将其中正在产生应该被抑制的侧倾振动的侧倾振动模式判定为振动的模式,以及

[0050] 其中,线圈连接装置控制部分构造成当振动的模式为侧倾振动模式时,在前车轮侧和后车轮侧中至少一者上,建立四个电磁减振器中分别针对左右车轮设置的两者的阻尼力产生装置的两个线圈被连接的状态,以形成包括两个线圈的闭环。

[0051] (17) 根据形式 (13) 或 (14) 的悬架系统,

[0052] 其中,振动模式判定部分构造成至少将其中正在产生应该被抑制的俯仰振动判定为振动的模式,并且

[0053] 其中,线圈连接装置控制部分构造成,当振动的模式为俯仰振动模式时,在左车轮侧和右车轮侧中至少一者上,建立四个电磁减振器中分别针对前后车轮设置的两者的阻尼力产生装置的两个线圈的连接状态,以形成包括两个线圈的闭环。

[0054] 在以上两个形式 (16) 和 (17) 中,分别限制电磁减振器的连接的方式以处理侧倾振动和俯仰振动。根据以上形式 (16) 和 (17),可以分别适合地处理侧倾运动和俯仰运动。

[0055] (18) 根据形式 (12)-(15) 中任一项的悬架系统,还包括运动状态指标量检测装置,其检测表示车辆或者车辆的一部分的运动的运动状态指标量,

[0056] 其中,振动模式判定部分构造成基于由运动状态指标量检测装置检测到的运动状态指标量判定振动的模式。

[0057] 在以上形式 (18) 中,限制判定振动模式的方式。在形式 (18) 中的“运动状态指标量”包括各种与车辆、车身、车轮等的行为有关的参数。在形式 (18) 中,振动的模式,更具体而言,振动的种类通过采用至少其中一个参数来判定。运动状态指标量不受具体的限制,但是可以采用以下其中一者。例如,运动状态指标量可以包括车辆的行驶速度、转向角度、横摆率、车辆的纵向加速度、车辆的横向加速度、侧倾力矩和俯仰力矩。此外,运动状态指标量可以包括在每个车轮位置处簧上部分和簧下部分的每个的竖向加速度、竖向运动的速度(速率)和竖向运动量。而且,运动状态指标量可以包括在每个车轮位置处簧上部分和簧下部分的竖向方向的相对加速度、相对速度(速率)、之间的距离和簧上部分和簧下部分的行

程量。

[0058] (19) 根据形式 (16) 的悬架系统,

[0059] 其中,运动状态指标量检测装置包括针对相应四个车轮设置的行程量检测器,以将四个车轮的每个的簧上部分和簧下部分的行程量检测为运动状态指标量,并且

[0060] 其中,振动模式判定部分构造成基于由对应的行程量检测器针对四个车轮的每个检测到的行程量来判定振动的模式。

[0061] (20) 根据形式 (16) 或 (17) 的悬架系统,

[0062] 其中,运动状态指标量检测装置包括针对相应四个车轮设置的加速度检测器,以将用于四个车轮中每个的簧上部分的竖向加速度和簧下部分的竖向加速度中至少一者检测为运动状态指标量,并且

[0063] 其中,振动模式判定部分构造成,基于对应的加速度检测器针对四个车轮的每个检测到的簧上部分的竖向加速度和簧下部分的竖向加速度中至少一者来判定振动的模式。

[0064] 在以上形式 (19) 和 (20) 中,以上所述的运动状态指标量受到具体的限制。根据这些形式,容易判定振动的模式。

[0065] (31) 一种用于车辆的悬架系统,包括四个电磁减振器,四个电磁减振器分别对应于车辆的四个车轮,并且四个电磁减振器的每个包括:(A) 簧上侧构件,其连接到簧上部分;(B) 簧下侧构件,其连接到簧下部分,并伴随簧上部分和簧下部分的相对运动可操作地相对于簧上侧构件运动;以及(C) 阻尼力产生装置,其包括线圈和磁体,线圈和磁体伴随簧上侧构件和簧下侧构件的相对运动相对彼此运动,并取决于由线圈和磁体的相对运动产生的电动势可操作地产生对簧上侧构件和簧下侧构件的相对运动的阻尼力,

[0066] 悬架系统的特征在于:

[0067] 四个电磁减振器包括各作为阻尼力产生装置的相应四个阻尼力产生装置,四个阻尼力产生装置的每个构造成可操作地执行电力接收操作,在电力接收操作中,在电力供应到四个阻尼力产生装置的每个的情况下,对簧上侧构件和簧下侧构件的相对运动产生阻尼力或推进力中至少一者,

[0068] 悬架系统还包括:(a) 电源;(b) 四个驱动电路,其分别针对四个阻尼力产生装置设置,并通过驱动电路将来自电源的电力供应到相应四个阻尼力产生装置以允许相应四个阻尼力产生装置执行电力接收操作;(c) 四个连接选择器,其分别针对四个阻尼力产生装置设置,并由于对其操作而分别将四个阻尼力产生装置连接到分别对应于四个阻尼力产生装置的四个驱动电路;以及(d) 控制悬架系统的控制装置,

[0069] 控制装置包括:连接选择器控制部分,其控制四个连接选择器的每个的操作;电力接收操作控制部分,其通过控制四个驱动电路中至少一者控制四个阻尼力产生装置中对应于四个驱动电路中至少一者的至少一者的电力接收操作;以及控制切换部分,其通过将指令发送到连接选择器控制部分和电力接收操作控制部分来选择性判定四个电磁减振器的每个的阻尼力产生装置的电力接收操作的执行和不执行之一。

[0070] 以上形式 (31) 涉及这样一种悬架系统,四个电磁减振器的每个的控制可在以下之间选择性地改变:其中主要利用每个电磁减振器的阻尼力产生装置中产生的电动势产生阻尼力的控制(所谓的“被动控制”);以及允许以上所述的电力接收操作(在该操作中,通过将电力从电源供应到每个电磁减振器的阻尼力产生装置而产生阻尼力或者推进力)的

控制（所谓的“主动控制”）。在主动控制中执行的电力接收操作允许待产生的阻尼力的大小比在被动控制中大。在形式 (31) 中，因而，通过将每个电磁减振器的控制在被动控制和主动控制之间切换，可以取决于诸如车身的振动模式的车辆的状态适合地控制阻尼力。由于推进力也可以在电力接收操作中产生，可以根据主动控制基于天钩阻力器理论控制阻尼力。在悬架系统构造成在不要求比较大的阻尼力的情况下执行被动控制的情况下，可以减小本悬架系统的电力消耗。

[0071] 注意，以上所述的电力接收操作控制部分进行的控制不被限制到其中阻尼力产生装置恒定地保持在电力接收操作下的控制。即，可以甚至暂时地执行电力接收操作。例如，当即使阻尼力产生装置连接到相应驱动电路仅仅要求比较小的阻尼力时，阻尼力产生装置可以被电力接收操作控制部分控制，以在没有电力从电源供应到阻尼力产生装置的情况下产生阻尼力。

[0072] (32) 根据形式 (31) 的悬架系统，还包括运动状态指标量检测装置，其检测表示车辆或者车辆的一部分的运动状态的运动状态指标量，

[0073] 其中，控制装置还包括振动状态判定部分，其基于运动状态指标量检测装置作出的判定来判定在车辆中正在产生的振动的状态，以及

[0074] 其中，控制切换部分构造成，当振动状态判定部分判定要求高响应性处理在车辆中正在产生的振动时，允许四个阻尼力产生装置中至少一者执行电力接收操作。

[0075] 如上所说明，电力接收操作允许产生比较大的阻尼力。以上形式 (32) 考虑到这一点。例如，在被动控制中由于阻尼力的不足而造成对振动的响应性不足的情况下，对每个电磁减振器的控制可以从被动控制切换到主动控制，由此提高了对振动的响应性。另一方面，在不要求比较大的阻尼力的情况下，保持执行被动控制，由此减小悬架系统的电力消耗。

[0076] (33) 根据形式 (31) 或者 (32) 的悬架系统，其中，控制切换部分构造成当电源的电压变得等于或者低于规定的阈值时，禁止所有四个阻尼力产生装置的电力接收操作。

[0077] 根据形式 (33)，即使当电源的电压由于对诸如电池的电源充电的电能耗小而稍微降低时，可以有效地减小或者避免由于连续执行主动控制而引起电压进一步下降所造成的不利影响，即对其它系统造成的不利影响。

[0078] (34) 根据形式 (31)-(33) 中任何一项的悬架系统，还包括控制选择开关，其被车辆操作者操纵以选择所有四个阻尼力产生装置的电力接收操作的执行和不执行之一，

[0079] 其中，控制切换部分构造成基于控制选择开关的指令选择性判定相应四个阻尼力产生装置的电力接收装置的执行和不执行之一。

[0080] 以上形式 (34) 允许取决于车辆操作者的喜好或者意图改变对电磁减振器的控制。

[0081] (35) 根据形式 (31)-(34) 中任何一项所述的悬架系统，

[0082] 其中，控制装置还包括异常监视部分，其监视在悬架系统中异常的发生，以及

[0083] 其中，控制切换部分构造成，当发生不能执行相应四个阻尼力产生装置的电力接收操作的异常时，强制性地禁止相应四个阻尼力产生装置的电力接收操作。

[0084] 根据以上形式 (35)，可以利用被动控制作为主动控制的支援，因而，实现了在故障安装方面优异的系统。此形式可以构造成在发生被动控制不能工作的异常的情况下，主动控制支援被动控制。

[0085] (36) 根据形式 (31)-(35) 中任一项所述的悬架系统,还包括线圈连接装置,其可操作地连接四个阻尼力产生装置的任何一者的线圈和其它三个阻尼力产生装置的任何一者的线圈,以形成包括这两个线圈的闭环,

[0086] 其中,四个连接选择器构成线圈连接装置的一部分。

[0087] 简言之,根据以上形式 (36) 的悬架系统等同于可操作地执行主动控制并在其中设置以上所说明的线圈连接装置的悬架系统。形式 (36) 享有与线圈连接装置有关的以上说明的各种优点。

## 附图说明

[0088] 图 1 是示出配备有根据本发明的第一实施例的悬架系统的车辆的示意图。

[0089] 图 2 是更详细示出第一实施例的车辆悬架系统的电磁减振器的结构的视图。

[0090] 图 3 是用于说明第一实施例的悬架系统的原理的视图。

[0091] 图 4 是表示当相应电磁减振器的线圈被连接时每个电磁减振器具有的特性的表。

[0092] 图 5 是示出了在第一实施例的悬架系统中相应电磁减振器的线圈的连接的方式。

[0093] 图 6 是示出配备有根据本发明第二实施例的悬架系统的车辆的示意视图。

[0094] 图 7 是示出关于第二实施例的悬架系统中的相应电磁减振器的线圈的连接的结构构造的视图。

[0095] 图 8 是以第二实施例的悬架系统的电子控制装置为焦点的功能框图。

[0096] 图 9 是示出其中在第二实施例的悬架系统中针对左前车轮设置的电磁减振器的线圈和针对左后车轮设置的电磁减振器的线圈被连接的状态下电路的视图。

[0097] 图 10 是示出与图 9 的电路等价的电路的视图。

[0098] 图 11 是表示在相应振动模式中振动的分量和为处理相应振动模式相应电磁减振器的线圈的连接布置的表。

[0099] 图 12 是示出配备有根据主张权利的本发明的第三实施例的悬架系统的车辆的示意图。

[0100] 图 13 是以第三实施例的悬架系统的电子控制装置为焦点的功能框图。

## 具体实施方式

[0101] 将参照附图将详细描述所要求保护的发明的一些实施例。然而,可以理解到,要求保护的发明不限于以下实施例,而是可以以诸如在本发明的形式中所描述的各种变化和修改来实施,这些变化和修改是本领域技术人员很容易想到的。

[0102] 第一实施例

[0103] 图 1 配备有根据第一实施例的悬架系统的车辆 10 的示意图。在车辆 10 的车体 12 和车轮 14FR、14FL、14RR、14RL 之间,相应地设置各作为悬架弹簧的螺旋弹簧 54FR、54FL、54RR 和 54RL 和电磁减振器 30FR、30FL、30RR 和 30RL。在各个电磁减振器 30FR、30FL、30RR 和 30RL 中,电动机 16FR、16FL、16RR 和 16RL 各用作伸缩构件,并串连设置。在以下描述中,车轮、螺旋弹簧、电动机、缸装置和电磁减振器可以适合地分别总称为“车轮 14”、“螺旋弹簧 54”、“电动机 16”、“缸装置 18”和“电磁减振器 30”。注意,参考标号“FR”、“FL”、“RR”和“RL”分别表示车辆 10 的右前部分、左前部分、右后部分和左后部分。

[0104] 尽管本车辆悬架系统通过包括四个螺旋弹簧 54 和四个电磁减振器 30 来构成,但是电磁减振器 30 可以以二维的方式图示在示意性示出该系统的图 1 中。在实际车辆中,每个电磁减振器 30 在悬架系统中布置成用于显示作为减振器的功能的适合的姿势。例如,每个电磁减振器 30 布置成与诸如车轴托架、拉杆、上臂、下臂等以本技术领域公知的方式组合。

[0105] 螺旋弹簧 54 阻止来自道路表面的振动从车轮 14 直接传递到车体 12。电磁减振器 30 基于电动机 16 产生的力产生对车辆的簧上部分相对于簧下部分运动的阻尼力。在本说明书中,车辆中由螺旋弹簧 54 支撑的部分称为“簧上部分”,而车辆中未由螺旋弹簧 54 支撑的部分称为“簧下部分”。简言之,簧上部分对应于车辆的车体侧部分,簧下部分对应于车辆的车轮侧部分。

[0106] 从节省空间的观点出发,优选地,螺旋弹簧 54 和电磁减振器 30 彼此一体构成。然而,螺旋弹簧 54 和电磁减振器 30 可以彼此独立地设置。将参照图 2 描述电磁减振器 30 的详细结构。

[0107] 在车体 12 上设置三个加速度传感器,用于分别检测车体 12 的竖向加速度、纵向加速度和横向加速度。这三个检测器在图 1 中集体表示为 G 传感器 102。G 传感器 102 检测到的车辆相应方向的加速度值被发送到电子控制单元 100(以下称为“ECU100”)。ECU100 用作控制本悬架系统的控制装置。更具体地,ECU100 基于由包括 G 传感器 102 并设置在车辆 10 的各个部分中的各种传感器获得的信息控制车辆 10 的行为。

[0108] 图 2 更详细地示出了由电动机 16 和缸装置 18 构成的电磁减振器 30 的结构。

[0109] 例如,电动机 16 是旋转 DC 电动机并主要包括以下来构成:由铁心和缠绕铁心的线圈形成的定子;以及具有圆柱表面并可旋转地与定子相对的转子,其中磁体安装在该圆柱表面上。连接到电动机 16 的转子的输出轴 36 与螺纹杆 44 一体,在螺纹杆 44 上形成螺纹槽。输出轴 36 和螺纹杆 44 可以经由联轴器同轴连接。输出轴 36 设置在内管 42 内,以可被内管 42 通过轴承 40 可旋转地支撑着。内管 42 是缸装置 18 的一个构成元件,并用作簧上侧构件。

[0110] 内管 42 插在外管 50,外管 50 是缸装置 18 的一个构成元件,并用作簧下侧构件。内管和外管 42、50 同轴设置,并且螺纹杆 44 相对于内管和外管同轴设置。外管 50 的内部,将螺母支撑构件 78 设置成从外管 50 的底部直立延伸。螺母 46 保持多个轴承滚珠 48 并与螺纹杆 44 配合,螺母 46 由螺母支撑构件 78 固定地支撑着。螺纹杆 44、螺母 46 和轴承滚珠 48 彼此协调构成滚珠丝杆机构。滚珠丝杆机构允许螺纹杆 44 的旋转和螺纹杆 44 和螺母 46 沿着其轴向方向相对线性运动之间的高效转换。

[0111] 轴套 56,58 置于在外管 50 的内表面和内管 42 的外表面之间,由此外管 50 和内管 42 相对于彼此沿着竖向方向可滑动地运动。

[0112] 防尘密封件 76 安装到外管 50 的上端,以密封外管和内管 50,42 之间的间隙,以防止诸如灰尘的异物进入外管 50。

[0113] 在外管 50 的下端,设置簧下侧连接部分 50 作为用于将电磁减振器 30 连接到下臂的功能部分,下臂未示出并从车轮 14 延伸。

[0114] 在内管 42 的上端,设置簧上侧连接部分 28 作为用于将电磁减振器 30 连接到簧上部分的功能部分。在簧上侧连接部分 28 和内管 42 之间的连接中,设置具有缓冲功能的环

形档块 82,以防止外管 50 的上端和簧上侧连接部分 28 的直接接触。外管 50 相对于内管 42 可运动的可动范围由防尘密封件 76 抵靠接触到挡块 82 来限定。

[0115] 凸缘状弹簧座 52 设置在外管 50 的外周部分上。在弹簧座 52 和车体 12 在簧上侧连接部分 28 的附近的一部分之间,设置螺旋弹簧 54,使其处于压缩状态且相对端支撑在它们之间。因而,给予螺旋弹簧 54 适合的预载荷。

[0116] 螺旋弹簧 54 支撑车辆 10 的簧上重量,并执行由于其弹性变形而防止来自道路表面的振动和冲击传递到车体 12 的功能。螺旋弹簧 54 的弹性力产生的车体 12 的竖向振动被由电磁减振器 30 产生的阻尼力阻尼。

[0117] 尽管在本实施例中螺纹杆 44 和螺母 46 分别设置在簧上部分和簧下部分,但是螺纹杆 44 可以设置在簧下部分,螺母 46 可以设置在簧上部分。在本实施例中,将电磁减振器 30 设置成电动机 16 伸入到车体 12 中,缸装置 18 向下伸入到车体的下部。电磁减振器 30 可以设置成电动机 16 从车体 12 向下伸入。

[0118] 接着将对电磁减振器 30 的功能进行说明。当车轮 14 和车体 12 因道路表面的凹凸不平而被外力沿着竖向方向彼此相对运动时,外管 50 和内管 42 沿着竖向彼此相对运动,使得螺旋弹簧 54 伸长和收缩。随着外管和内管 50,42 的相对运动,螺纹杆 44 和螺母沿着轴向方向彼此相对运动,由此螺纹杆 44 旋转,并且电动机 16 的输出轴 36 旋转。由于输出轴 36、转子和定子的旋转,即磁体和线圈相对彼此运动,使得在线圈中产生电动势。换言之,电动机 16 用作发电机。

[0119] 在线圈中产生的电动势与转子的运转速度(转子的旋转速度)成比例,并且转子的旋转速度与内管和外管 42,50 的相对运动速度成比例。因而,产生与内管和外管 42,50 的相对运动的速度(即,簧上部分和簧下部分沿着竖向方向的相对运动的速度)成比例的电动势,并产生与簧上部分和簧下部分的相对运动相逆且大小对应于相对运动的速度阻力(即,产生阻尼力)。阻尼力的大小取决于流经线圈的电流。因而,随着电流增大,阻尼力的大小变大。鉴于此,电磁减振器 30 可以认为具有主要由电动机 16 构成的阻尼力产生装置。

[0120] 可以通过将来自外部电源的电力供应到电动机 16 而使电动机 16 工作。当所供应的电力将旋转力给予输出轴 36 时,该旋转力给予螺母 46,并且在螺纹杆 44 和螺母 46 之间产生力以使螺纹杆 44 和螺母 46 相对彼此运动。结果,产生使外管和内管 50,42 相对于彼此运动的力,即使簧上部分和簧下部分相对彼此运动的力。因而,电磁减振器 30 构造成通过将电力供应到电动机 16 而工作产生对簧上部分和簧下部分的相对运动的阻尼力或者推进力。此外,在此电磁减振器的工作中,即在电力供应到电动机 16 的电动机 16 的电流接收操作工作中,通过调节供应到电动机 16 的电量(更严格而言流经电动机 16 的线圈的电量)可以调节阻尼力或者推进力。例如,通过利用电力接收工作,取决于车体 12(即,簧上部分)的竖向加速度来控制电流,由此基于天钩理论控制阻尼力。

[0121] 在电动机 16 用作发电机的情况下,不需要将电能施加到电磁减振器 30,从而造成电力消耗的降低。此外,通过振动能量的再生而对电池进行充电。此外,可以通过测量流经线圈的电流来测量电磁减振器 30 产生的电力。因而,电磁减振器 30 提供由传统的液压阻尼器(液压减振器)不能提供的各种优点和特性。

[0122] 接着参照图 3,将对本实施例的原理进行说明。在本实施例中,将设置用于相应四个车轮 14 的相应四个电磁减振器 30 的电动机 16 的线圈的任何两个连接以形成闭环。在

此状态下,产生阻尼力。

[0123] 图 3(a) 和 3(b) 各示出了在将外力从相应两个车轮沿着竖向方向分别施加到相应两个电磁减振器 30 时,在其中将相应四个电磁减振器 30 的四个线圈的任何两个连接的闭环中的状态。图 3(a) 示出了其中与两个线圈对应的两个缸装置 18 的行程方向(即,两个缸装置 18 的伸缩运动的方向)具有相同相位(诸如在弹跳运动时)的情况,即其中施加相同方向的外力的情况。图 3(b) 示出了其中两个缸装置 18 的行程方向具有彼此相对的相位(诸如在俯仰运动或者侧倾运动时),即其中施加相反方向外力的情况。在图 3(a) 和图 3(b) 中,每个空白箭头表示施加外力的方向(即,运动的方向)。“ $e_1$ ”和“ $e_2$ ”各表示线圈的电动势,“ $t$ ”表示每个线圈的内阻。“ $T$ ”表示与两个线圈并联设置的电阻器,“ $i_1$ ”、“ $i_2$ ”和“ $i_3$ ”各表示流经电路的电流。

[0124] 如图 3(a) 所示,当两个缸装置 18 的行程方向具有相同的相位,即行程方向相同时,电动势  $e_1, e_2$  具有图 3(a) 表示的相应的方向。为了简化起见,在  $T \gg t$  的情况下,认为  $i_3$  等于 0,即  $i_3 = 0$ 。因而,以下公式成立:

$$[0125] \quad i_1 = i_2 = (e_1 - e_2) / 2t$$

[0126] 从图 3(a) 明显可见,当两个缸装置 18 的行程方向具有相同相位时,通过包括两个线圈构成的闭环中的相应两个线圈的电动势  $e_1, e_2$  的方向彼此相反,并且电流  $i_1, i_2$  比较小。因而,由相应两个电磁减振器 30 产生的力比较小。在两个电磁减振器中对应的缸装置 18 的伸缩运动的速度较大的一者中,产生抑制该运动的阻尼力。相反,在两个电磁减振器 30 中对应的缸装置 18 的伸缩运动的速度较小的另一者中,产生使该运动加速的力。结果,两个电磁减振器 30 彼此协调施加力以使在其中设置两个减振器 30 之一的车轮位置处的车体和车轮的相对运动速度和在设置两个减振器 30 的另一者的车轮位置处的车轮和车体的相对运动速度平均。更具体而言,在两个线圈之一属于针对车辆左侧的车轮设置的电磁减振器 30,两个线圈的另一者属于针对车辆右侧的车轮设置电磁减振器 30 的情况下,一定大小的力施加至车体以抑制车体的侧倾运动。

[0127] 另一方面,如图 3(b) 所示,当两个缸装置 18 的行程方向具有彼此相反的相位时,即行程方向相反时,电动势  $e_1, e_2$  具有图 3(b) 所示的相应方向。在此情况下,类似于行程方向具有相同相位的情况,以下公式成立:

$$[0128] \quad i_1 = i_2 = (e_1 + e_2) / 2t$$

[0129] 从图 3(b) 可见,当两个缸装置 18 的行程方向具有彼此相反的相位时,通过包括两个线圈构成的闭环中的相应两个线圈的电动势  $e_1, e_2$  的方向彼此相同,并且电流  $i_1, i_2$  比较大。因而,由相应两个电磁减振器 30 产生的阻尼力比较大。即,在设置电磁减振器 30 的对应车轮位置处,两个电磁减振器 30 各产生对车轮和车体的相对运动比较大的阻尼力。更具体而言,在两个线圈之一属于针对车辆左侧的车轮设置的电磁减振器 30 并且两个线圈的另一者属于针对车辆右侧的车轮设置的电磁减振器 30 的情况下,大小比较大的力施加到车体以抑制车体的侧倾运动。

[0130] 一般,要求提高悬架系统的转向稳定性和驾乘的舒适性两者。例如,在车辆的弹跳运动中,为了防止来自道路表面的振动传递到簧上部分要求通过产生小的阻尼力来提高驾乘舒适性。另一方面,在车辆的侧倾运动和俯仰运动中,为了使车辆姿势变化最小,要求产生大的阻尼力。在存在这些彼此冲突的要求时,在悬架系统构造成针对相应四个车轮设置

的电磁减振器彼此独立工作的情况下,以上所述特性中任意一者不能充分得到实现。将针对相应车轮设置的相应电磁减振器的线圈的任何一者连接是满足以上所述的彼此冲突的要求的无效方式。例如在将相应两个电磁减振器的两个线圈连接以形成包括该两个线圈的闭环的情况下,可以实现在侧倾或者俯仰方向具有刚性在弹跳方向具有非刚性的悬架系统。

[0131] 图 4 的表示出了当将相应电磁减振器 30 的线圈的任何一者连接时电磁减振器 30 的特性。通过利用取决于外力是沿着相同方向还是沿着相反方向施加到相应两个电磁减振器而变化的两个电磁减振器 30 的特性,将根据本实施例的悬架系统构造成处理以上所述的彼此冲突的要求。

[0132] 在如上所述利用电动机 16 作为发电机的情况下,产生阻力,并且电流流经线圈。电动机 16 产生的力与电流量成比例。因而,电动势与电动机 16 的旋转速度成比例。因而,阻力与电动机 16 的旋转速度成比例,即与簧上部分和簧下部分的相对运动速度成比例。因而,阻力用作阻尼力。由于阻尼力与流经定子的线圈的电流量成比例,调节流经线圈的电流量以改变阻尼力。如上所说明,电阻器 T 设置在将两个线圈连接的电路中,并且通过改变电阻器 T 的电阻值可以根据需要调节阻尼力。

[0133] 图 5 示出了根据第一实施例的旋转系统中线圈连接的方式或者布置。在图 5 中,“FR”、“FL”、“RR”和“RL”分别表示在车轮 14FR、14FL、14RR 和 14RL 车轮处的线圈。各个“M”表示电动机 16,各个“t”表示每个线圈的内阻。在本悬架系统中,线圈 FR 和 RL 设置成与作为一个车轮对的车辆的对角定位的车轮相对应,并连接形成包括线圈 FR 和 RL 的闭环,线圈 FL 和 RR 设置成与作为另一车轮对的另一两个对角定位的车轮相对应,并连接形成包括线圈 FL 和 RR 的另一闭环。

[0134] 更具体而言,一个闭环是由第一连接路径 90 和第二连接路径 92 形成,第一连接路径 90 连接线圈 FR 的一端和线圈 RL 的另一端,第二连接路径 92 连接线圈 FR 的另一端和线圈 RL 的另一端。此外,另一闭环由另一第一连接路径 94 和另一第二连接路径 96 形成,第一连接路径 94 连接线圈 FL 的一端和线圈 RR 的一端,第二连接路径 96 连接线圈 FL 的另一端和线圈 RR 的另一端。两个第一连接路径 90,94 彼此接合,两个第二连接路径 92,96 彼此接合。电阻器 T 为两个闭环共用,并设置成将第一连接路径 90,94 和第二连接路径 92,96 彼此接合。换言之,本悬架系统配备有线圈连接装置 88,该线圈连接装置 88 具有以上所述电路结构,该电路结构包括两个第一连接路径 90,94,两个第二连接路径 92,96 和电阻器 T。

[0135] 由于以上所述构造的线圈连接装置 88,在车辆的弹跳运动时,外力沿着相同方向施加到相应四个电磁减振器 30。因而,每个电磁减振器 30 产生的阻尼力如上所述比较小。相反,在发生俯仰运动和侧倾运动的复合运动时(即,发生俯仰运动和侧倾运动的关联运动时),外力沿着彼此相反的方向分别施加到用于由相应两个对角定位的车轮组成的每个车轮对的两个电磁减振器 30。在此情况下,由每个电磁减振器 30 产生的阻尼力比较大。在本悬架系统中,将用于由对应的两个对角定位的车轮组成每个车轮对的线圈连接以形成包括这些线圈的闭环,由此可以产生适合的阻尼力,甚至与侧倾运动和俯仰运动的复合运动相抗。

[0136] 在本悬架系统中,还形成:包括前轮侧的相应两个电磁减振器 30FL 和 30FR 的线圈 FL 和 FR 的闭环;和包括后轮侧的相应两个电磁减振器 30RL 和 30RR 的线圈 RL 和 RR 的

闭环。此外,形成:包括左车轮侧的相应两个电磁减振器 30FL 和 30RL 的线圈 FL 和 RL 的闭环;和包括右车轮侧的相应两个电磁减振器 30FR 和 30RR 的线圈 FR 和 RR 的闭环。因而,每个电磁减振器 30 能够不仅对以上所述的复合运动而且对简单的侧倾运动或者俯仰运动的比较大的阻尼力。因而,本悬架系统可以有效地处理侧倾运动和俯仰运动。

[0137] 本悬架系统可以修改成所具有的线圈连接装置构造成包括线圈 FR 和 RL 的闭环不连接到包括线圈 FL 和 RR 的闭环,由此形成两个彼此独立的闭环。此外,悬架系统可以修改成所具有的线圈连接装置构造成形成两个闭环中仅仅一者。在这些布置中,还可以产生对侧倾运动和俯仰运动比较大的阻尼力。此外,该系统可以修改成所具有的线圈连接装置中不设置电阻器 T。即使不设置电阻器 T,也可以获得一定程度的效果。

[0138] 在本悬架系统中,电阻器 T 是可变电容器。在采用可变电阻器的情况下,可以取决于环境基于在车辆中正产生的振动的状态、预期产生的振动的状态等改变每个电磁减振器 30 产生的阻尼力的大小、系统作为一个整体的阻尼特性等。例如,可变电阻器可以由以上所述 ECU100 控制。在此情况下,可以基于由 G 传感器 102 检测到的车体的竖向加速度、纵向加速度、横向加速度等执行 ECU100 的控制。

[0139] 如上所说明,在根据第一实施例的车辆悬架系统中,与由对应的两个对角定位的车轮组成的每个车轮对相对应的相应两个电磁减振器 30 的两个线圈连接形成闭环,可以使抑制车辆的弹跳振动的效果和抑制车辆的侧倾振动和俯仰振动的效果彼此不同。

[0140] 第二实施例

[0141] 在根据第二实施例的车辆悬架系统中,通过将以上所述的一个电磁减振器的线圈和其它三个电磁减振器的任何一者的线圈连接可以选择性建立其中仅仅一个电磁减振器可以产生阻尼力的状态和其中对关联运动的振动具有适合的振动抑制作用的状态。

[0142] 图 6 是配备有根据第二实施例的悬架系统的车辆 10 的示意图。车轮 14、各包括电动机 16 和缸装置 18 的电磁减振器 30、G 传感器 102 等的构造与图示第一实施例的相应部件的构造相同,并通过使用与第一实施例中使用的相同的参考标号以省去其详细描述。

[0143] 在本悬架系统中,电磁减振器 30 设置在相应四个车轮位置处并包括行程传感器 112FR、112FL、112RR 和 112RL,这些行程传感器各作为行程量检测器以检测作为外管 50 和内管 42 的相对运动的量(其对应于缸装置 18 的长度的变化量)的行程量。以下,行程传感器 112FR、112FL、112RR 和 112RL 可以适合地总称为“行程传感器 112”。由行程传感器 112 检测到的信号发送到 ECU100。在此情况下,行程量表示簧上部分和簧下部分的相对运动的量,并是一种表示车辆的一部分的运动的运动状态的指标量。因而,行程传感器 112 用作运动状态指标量检测装置。

[0144] ECU100 构造成基于由相应行程传感器 112 检测到的信号判定诸如弹跳振动、侧倾振动、俯仰振动和侧倾振动与俯仰振动的复合振动的振动模式。更具体地,ECU100 构造成判定那些振动在振动频率的谐振方位内。

[0145] 图 7 示出了关于根据第二实施例的悬架系统中相应电磁减振器 30 的线圈的连接的构造。在图 7 中,“FR”、“FL”、“RR”和“RL”分别表示在相应车轮 14FR、14FL、14RR 和 14RL 处电磁减振器 30FR、30FL、30RR 和 30RL 的线圈。如图 7 所示,电阻器 T 与线圈 FR、FL、RR 和 RL 并联。每个电磁减振器 30 中的线圈与电阻器 T 彼此协调以形成闭环。在本悬架系统中,每个电磁减振器 30 构造成包括具有电阻器 T 的阻尼力产生装置。

[0146] 闭环的相对端（更具体地，每个线圈 FR、FL、RR 和 RL 的相对端）连接到用作线圈连接装置的切换电路 152。该切换电路 152 构造成线圈中的任何一者可连接到其它三个线圈的任何一者。例如，切换电路 152 允许线圈 FR 连接到线圈 FL、RL 和 RR 中任何一者，以形成包括所连接的两个线圈的闭环。此外，可以形成两个闭环。例如，切换电路 152 可以构造成将线圈 FR 和线圈 RL 连接形成一个包括线圈 FR、RL 的闭环，同时，将线圈 FL 和线圈 RR 连接形成另一包括线圈 FL、RR 的闭环。

[0147] 图 8 是示出以本悬架系统中 ECU100 为焦点的功能框图。ECU100 中的每个框图由作为硬件的诸如 CPU 和存储器的计算机的机械装置或者元件和作为软件的计算机程序等来实现。此处，ECU100 中每个框图示出为由这些组合来实现的功能框图。因而，本领域的技术人员可以理解到，通过组合适合的硬件和适合的软件而以各种形式来实现每个功能框图。

[0148] 振动模式判定部分 124 构造成基于由在相应四个车轮位置处的行程传感器 112 检测到的信号判定在车体 12 中显著的振动模式。在本悬架系统中，待抑制的振动包括：俯仰振动；侧倾振动；第一对角振动（其中，左前轮的簧上部分和簧下部分的相对运动的方向与右后轮的簧上部分和簧下部分的相对运动的方向相反）；以及第二对角振动（其中右前轮的簧上部分和簧下部分的相对运动的方向与左后轮的簧上部分和簧下部分的相对运动的方向相反）。在振动模式判定部分 124 判定这些振动各在谐振频率中或者在谐振频率的附近的频率中的情况下，振动模式判定部分 124 判定正产生在俯仰振动模式、侧倾振动模式、第一对角振动模式或者第二对角振动模式中的振动。

[0149] 振动模式判定部分 124 根据以下公式计算在车辆中产生的每个振动的分量，即俯仰量、侧倾量、第一对角差量（其等于左前轮的簧上部分和簧下部分的相对运动的量和右后轮的簧上部分和簧下部分的相对运动的量之间的差值），以及第二对角差量（其等于右前轮的簧上部分和簧下部分的相对运动的量与左后轮的簧上部分和簧下部分的相对运动的量之间的差值）：

$$[0150] \quad \text{俯仰量} = (X_{FL} + X_{FR}) / 2 - (X_{RL} + X_{RR}) / 2$$

$$[0151] \quad \text{侧倾量} = (X_{FL} + X_{RL}) / 2 - (X_{FR} + X_{RR}) / 2$$

$$[0152] \quad \text{第一对角差量} = (X_{FL} - X_{RR})$$

$$[0153] \quad \text{第二对角差量} = (X_{FR} - X_{RL})$$

[0154] 其中，“X”表示由行程传感器 112 检测到的行程量，并且下标表示相应四个车轮位置。第一对角差量和第二对角差量的每个可以认为是与俯仰运动和侧倾运动的复合运动相对应的运动量。更具体而言，第一对角差量表示在包括连接车辆的左前（FL）部分和右前（RR）部分的直线的垂直平面中的摆动量，而第二对角差量表示在包括连接车辆的右前（FR）部分和左后（RL）部分的线的垂直平面中的摆动量。

[0155] 振动模式判定部分 124 基于所计算的俯仰量、侧倾量、对角差量或者第二对角差量随时间的变化来判定是否正在产生以上所述的俯仰振动模式、侧倾振动模式、第一对角振动模式或者第二对角振动模式中的振动。

[0156] 在根据第二实施例的悬架系统中，基于每个车轮位置的行程量判定振动模式。可以以其它方式判定振动模式。例如，加速度检测器可以设置在每个车轮位置处以检测簧上部分的竖向加速度和簧下部分的竖向加速度中至少一者。基于由加速度传感器检测到的簧

上部分的竖向加速度和簧下部分的竖向加速度中至少一者随时间的变化,振动模式判定部分 124 可以判定是否正在产生俯仰振动模式、侧倾振动模式、第一对角振动模式和第二对角振动模式中任何一者中的振动。簧上部分的竖向加速度和簧下部分的竖向加速度的每个是一种以上所述的运动状态指标量。采用这种判定方法的布置是一种其中基于运动状态指标量判定振动模式的布置。

[0157] 切换电路控制部分 126 是用于控制以上所述的切换电路 152 的工作的功能部分,并用作线圈连接装置控制部分。当正在产生以上所述的振动模式中任何一者的振动时,切换电路控制部分 126 基于以上所述的振动模式判定部分 124 的判定结果控制切换电路 152 以将特定电磁减振器 30 的线圈连接,使得产生对正在产生的振动比较大的阻尼力。

[0158] 切换电路 152 通常保持在其中任何一个线圈不连接到其它三个线圈的任何一者,并且每个线圈和与线圈并联的对应电阻器 T 一起独立地形成闭环的状态中。例如,当正在产生俯仰振动模式中的振动时,切换电路控制部分 126 将线圈 FL 和 RL 和线圈 FR 和 RR 连接。图 9 示出了其中针对左侧车轮设置的相应两个电磁减振器 30FL 和 30RL 的线圈 FL 和 RL 被连接的电路。图 9 所示的电路等同于图 10 所示的电路。因而,设置在图 10 的电路中的电阻器的电阻值是与相应电磁减振器 30 的线圈的每个并联设置的电阻器 T 的电阻值的一半。

[0159] 在每个线圈的内阻是  $t$ ,与每个线圈并联设置的电阻器的电阻值为  $T$ ,并且待由每个电动机产生的电动势为  $e$  的情况下,当切换电路 152 是通常的状态下(即,当线圈没有被连接时),流经每个线圈的电流  $i$  是由以下公式表示的值:

$$[0160] \quad i = e / (t + T)$$

[0161] 另一方面,在相应两个电磁减振器 30FL 和 30RL 的线圈 FL 和 RL 被连接的状态下,当大小彼此相同的外力沿着相同方向分别施加到两个电磁减振器 30FL 和 30RL 时,流经每个线圈的电流  $i$  等于由以上公式确定的值(即与其中线圈 FL 和 RL 没有被连接的状态下的值相同)。相反,当大小彼此相同的外力沿着彼此相反的方向分别施加到两个电磁减振器 30FL 和 30RL 时,流经每个线圈 FL, RL 的电流  $i$  是由以下公式表示的值:

$$[0162] \quad i = e / t$$

[0163] 因而,当线圈被连接时,流经线圈的电流量增大,并且在沿着相反方向施加外力时由两个具有线圈的电磁减振器 30 的每个产生的阻尼力变得大于在通常状态下的阻尼力。据此,取决于振动模式将线圈如图 11 的表所示连接以处理各种模式中的振动。更具体而言,在振动是在俯仰振动模式中的情况下,将针对左侧车轮设置的相应两个电磁减振器 30FL 和 30RL 的线圈 FL 和 RL 连接,并且同时将针对右侧车轮设置的相应两个电磁减振器 30FR 和 30RR 的线圈 FR 和 RR 连接。在振动是在侧倾振动模式中的情况下,将针对前侧车轮设置的相应两个电磁减振器 30FR 和 30FL 的线圈 FR 和 FL 连接,同时将针对后侧车轮设置的相应两个电磁减振器 30RL 和 30RR 的线圈 RL 和 RR 连接。在振动是在第一对角振动模式中的情况下,将针对左前轮设置的电磁减振器 30FL 的线圈 FL 连接到针对右后轮设置的电磁减振器 30RR 的线圈 RR。在振动是在第二对角振动模式中的情况下,将针对右前轮设置的电磁减振器 30FR 的线圈 FR 连接到设置左后轮设置的电磁减振器 30RL 的线圈 RL。

[0164] 作为本悬架系统的修改示例,可以构造这样一种系统,其中切换电路 152 被构造成所有的线圈通常置于连接状态,并且当判定正在产生任何一种振动模式中的振动时,与

所判定的振动模式相对应的线圈的连接被保持,而其它线圈的连接被切断。更具体而言,例如,在判定正在产生第一对角振动模式中的振动的情况下,修改的悬架系统中的切换电路 152 构造成切断与线圈 FR 相关的连接和与线圈 RL 相关的连接,并仅仅维持线圈 FL 和 RR 的连接,由此增大了流经那两个线圈 FL 和 RR 的电流。

[0165] 如上所说明,在根据第二实施例的悬架系统中,判定正在车体中显著产生的振动的模式,并将电磁减振器 30 的线圈以适合的组合来连接以抑制所判定模式中的振动。这样构造的悬架系统能够有效地阻尼在车体中产生的振动。

[0166] 第三实施例

[0167] 在根据第三实施例的悬架系统中,四个电磁减振器的每个的控制模式在以下两个控制之间选择性地改变:其中主要通过利用由电动机 16 产生的电动势产生阻尼力的控制(所谓的“被动控制”)和允许以上所述电力接收工作的控制(所谓的“主动控制”),在电力接收工作中通过将来自电源的电力供应到电动机 16 来产生阻尼力或者推进力。

[0168] 图 12 是配备有根据第三实施例的悬架系统的车辆 10 的示意图。车轮 14、各包括电动机 16 和缸装置 18 的电磁减振器 30、G 传感器 102、行程传感器 112 等的构造与图示第一或者第二实施例的相应部件的构造相同,因而通过使用与在第一或者第二实施例中所使用参考标号相同的参考标号来省去其详细描述。

[0169] 本悬架系统包括驱动器 20FR、20FL、20RR、20RL(以下适合地总称为“驱动器 20”),这些驱动器各为驱动电路并对应于相应的电磁减振器 30FR、30FL、30RR、30RL。驱动器 20 通过包括以下来构成:存储用于驱动电动机的控制程序、表示在驱动器 20 执行的控制中所使用的各种常数的数据等的 ROM;控制电磁减振器 30(具体地,通过执行存储在 ROM 中的控制程序执行电动机 16 的驱动)并执行与 ECU100 的通信控制的 CPU;暂时存储 CPU 的计算结果的 RAM;以及用于驱动电动机的信号产生器。

[0170] 电源 98 将用于驱动电动机 16 的电力供应到驱动器 20。电源 98 是设置在车体 12 中的 36V 电池。

[0171] 每个驱动器 20 经由通信总线 116 可通信地连接到 ECU100,并构造成调节信号产生器使得相应电动机 16 根据从 ECU100 发送的电动机驱动信号工作,并构造成将来自电源 98 的电流供应到电动机 16。ECU100 和每个驱动器 20 构造成在两者之间以一定的时间间隔重复地进行双向通信。

[0172] 本悬架系统包括四个选择器开关 22FR、22FL、22RR、22RL(以下适合地总称为“选择器开关 22”),这些选择器开关对应于各自电磁减振器 30FR、30FL、30RR、30RL。每个选择器开关 22 用作连接选择器,其构造成允许对应一个电磁减振器 30 的电动机 16 的线圈独立于其它线圈而形成闭环,或者允许将线圈连接到对应一个驱动器 20。每个选择器开关 22 经由通信总线 116 可通信地连接到 ECU100,并构造成根据从 ECU100 发送的信号工作。

[0173] 设置在本悬架系统中的控制选择开关 114 设置在车室内以允许车辆操作者基于车辆操作者的喜好(即,意图)选择以上所述的被动控制和主动控制中一者。操纵控制选择开关 114 的信息发送到 ECU100。

[0174] 车体 12 还配备有用于检测车辆的运动状态和安装在车辆上的各种装置和设备的工作状态的传感器 118。尽管传感器 118 集体地表示在图 11 中,传感器 118 包括用于检测作为电源 98 的电池余量的电压检测电路、用于检测车辆 10 的行驶速度(车速)的车辆速

度传感器、用于检测车辆 10 的转向角度的转向角度传感器。在此情况下,车辆速度和转向速度中的每一者是一种表示车辆运动状态的运动状态指标量,因而,车辆速度传感器和转向角度传感器各用作运动状态指标量检测装置。

[0175] ECU100 基于从传感器 118 的检测结果估计的车辆的运动状态或者车辆操作者对控制选择开关 114 的操纵状态判定电磁减振器 30 的控制模式为被动控制和主动控制中一者。根据此判定,ECU100 将信号发送到驱动器 20 和选择器开关 22。当执行主动控制时,ECU100 基于由诸如行程传感器 112 的各种传感器检测到的信号判定车辆 10 的状态(具体地,在车辆中正在产生的振动的状态),并确定待由针对相应四个车轮设置的各个电磁减振器 30 产生的力,以抑制车辆的振动、车辆姿势的改变和车辆的不稳定的行为,以在车辆操作者进行的转向操作、加速操作、制动操作等方面稳定车辆。(可以确定每个缸装置 18 的伸缩运动的量代替待由每个电磁减振器 30 产生的力)。此外,ECU100 将用于驱动电动机 16 的驱动信号发送到相应的驱动器 20。

[0176] 图 13 是以 ECU100 为焦点的控制系统的功能框图。振动模式判定部分 130 作为振动状态判定部分基于由行程传感器 112 或者 G 传感器 102 检测到的信号判定在车辆中显著产生的振动模式,其方式类似于根据图示的第二实施例的悬架系统中的方式。

[0177] 异常监视部分 132 基于来自各种传感器 118 的信号监视会妨碍执行主动控制或者被动控制的任何异常的发生。

[0178] 控制切换部分 134 基于异常监视部分 132 的监视结果操作电力接收操作控制部分的切换控制部分 136 和主动控制部分 138,由此在被动控制和主动控制之间改变电磁减振器 30 的控制模式。此外,控制切换部分 134 接收来自控制选择开关 114 的信号,并将控制模式改变成由车辆操作者选择的两个控制模式中任一者,只要异常监视部分 132 没有检测到异常即可。

[0179] 在其中各个电磁减振器 30 接收到来自电源 98 的电力的状态下,主动控制部分 138 控制各个电磁减振器 30 产生对簧上部分和簧下部分的相对运动的推进力或者阻尼力。即,主动控制部分 138 是可工作控制各个电磁减振器 30 的电力接收操作的功能部分。更具体而言,主动控制部分 138 从振动模式判定部分 130 接收显著的振动模式中的振动的量,计算应该由设置在相应四个车轮位置处的各个电磁减振器 30 产生的推进力或者阻尼力以抑制显著的模式中的振动,并将驱动信号发送到相应驱动器以阻尼车体的振动并在车辆操作者对车辆的转向的方面稳定了车辆。

[0180] 切换控制部分 136 作为连接选择器控制部分取决于控制模式控制连接开关 22,使得在被动控制和主动控制的之一中各个电磁减振器 30 的操作基于控制切换部分 134 的判定来实现。更详细而言,当控制模式由控制切换部分 134 改变到被动模式时,切换控制部分 136 控制连接开关 22,使得设置在相应车轮位置处的相应电磁减振器 30 的线圈的每个独立地形成闭环,即,使得每个电磁减振器 30 独立地产生阻尼力,并处于其中没有电力从电源 98 供应的状态中。当控制模式由控制切换部分 134 改变到主动控制时,切换控制部分 136 控制连接开关 22,使得相应电磁减振器 30 的线圈分别连接到相应驱动器 20。

[0181] 控制切换部分 134 可以构造成相应电磁减振器 30 的电动机 16 的线圈的每个通常连接到对应的驱动器 20。在此情况下,每个电磁减振器 30 执行主动控制。当由于断线等不能执行主动控制时,控制模式从主动控制改变到被动控制,由此每个电磁减振器 30 可以至

少独立地产生阻尼力。此外,当异常监视部分 132 检测电源 98 的电压的降低时,更具体地,当电源电压变得低于规定的阈值电压时,控制模式被改变成被动模式以禁止每个电磁减振器 30 的电力接收操作,由此避免由于电压下降而导致的电动机 16 的响应性的降低和阻尼力的不足。

[0182] 当执行被动模式时,即在其中相应电磁减振器 30 的线圈的每个独立形成闭环的状态中,电动机 16 作为发电机工作并产生大小与行程速度(即,簧上部分和簧下部分的相对运动的速度)大致成比例的阻尼力。当异常监视部分 132 检测到在被动控制过程中在车体中正在产生降低车轮对道路表面的附着性的过大振动时,控制切换部分 134 控制切换控制部分 136 将控制模式从被动控制改变到主动控制。以此方式,车辆的振动可以被主动控制有效地阻尼,由此恢复车轮的附着性。

[0183] 如上所说明,在根据第三实施例的悬架系统中,每个电磁减振器 30 的控制模式可以在以下控制之间改变:其中电磁减振器 30 的电动机 16 主要用作发电机以产生阻尼力的被动控制和其中通过将电力供应到电动机 16 来驱动电动机 16 由此使缸装置主动工作的主动控制。因而,本悬架系统能够取决于车辆的状态具有适合的振动阻尼性能。

[0184] 修改示例

[0185] 尽管为了图示已经基于一些实施例描述了主张权利要求的发明,但是本领域的技术人员应该理解到可以在各种构成元件的组合和各种处理的组合中采用各种其它修改,并且该修改在本发明的范围内。以下,将描述该修改。

[0186] 在根据图示第三实施例的悬架系统中,选择器开关 22 可以构造成允许相应四个电磁减振器 30 的线圈的任何一者连接到其它电磁减振器 30 的线圈的任何一者以形成闭环。

[0187] 在根据各个图示的实施例的悬架系统中,已经对具有采用旋转型的电动机 16 的阻尼力产生装置的电磁减振器进行了说明。本发明可应用到具有采用线性型电动机的阻尼力产生装置的电磁减振器。例如,在采用线性电动机的情况下,电磁减振器可以构造如下。多个线圈设置在外管的内表面上,以沿着外管的轴向方向布置在适合的轴向长度,多个永久磁体设置在内管的外表面上以沿着内管的轴向方向布置在适合的轴向长度上。外管和内管被支撑成外管和内管可相对彼此沿着竖向方向彼此不接触地运动。

[0188] 在这样构造的电磁减振器中,当外管和内管(即,线圈和永久磁体)相对彼此运动时,线圈中的磁通量改变,使得产生电流,即,线性电动机作为发电机工作,因而在线圈和永久磁体之间产生阻尼力。

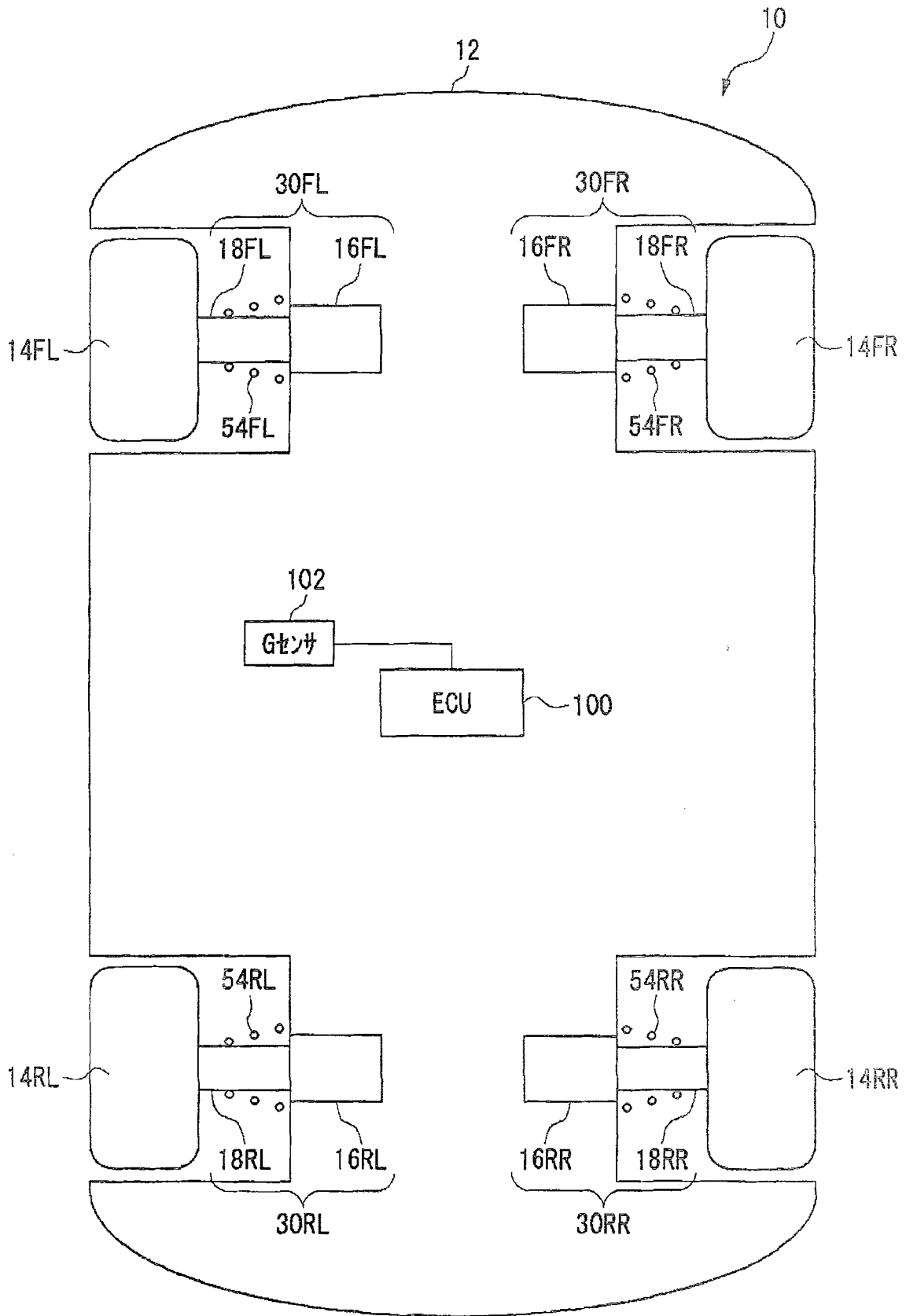


图 1

30

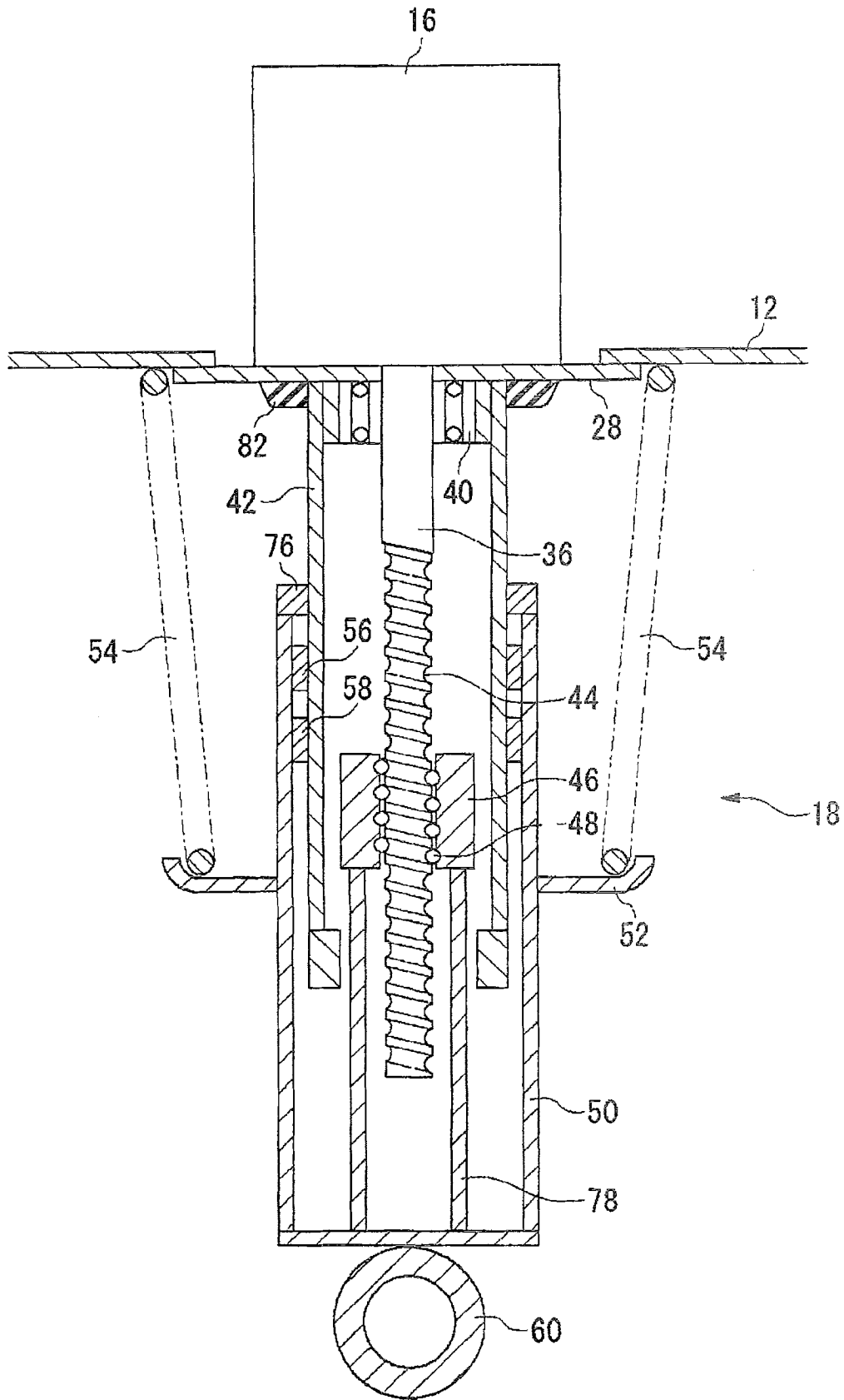


图 2

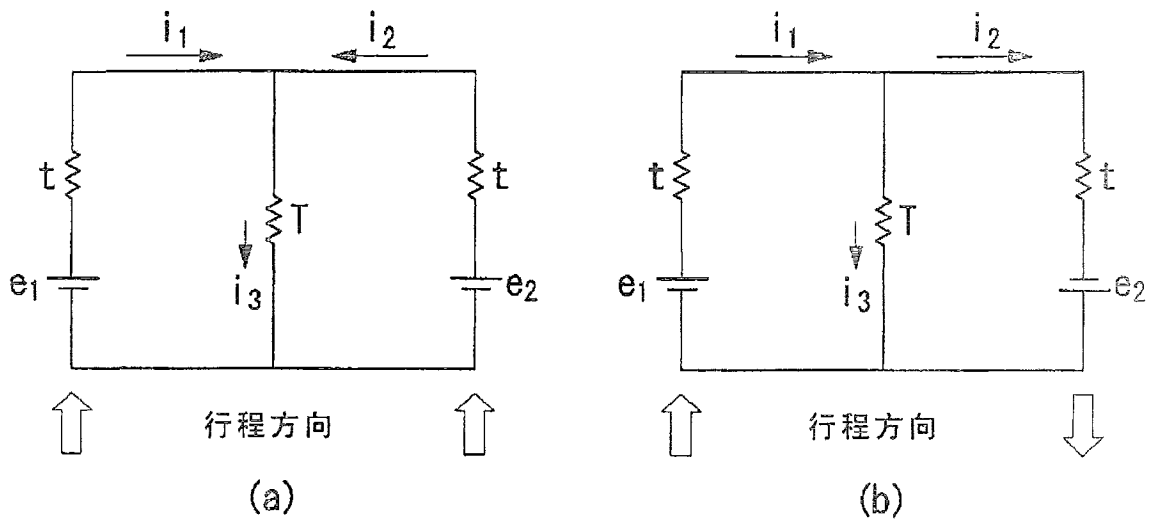


图 3

	在相同的相位 施加外力	在相反的相位 施加外力
电流	更小可能地 流动	更可能地 流动
阻尼力	小	大

图 4

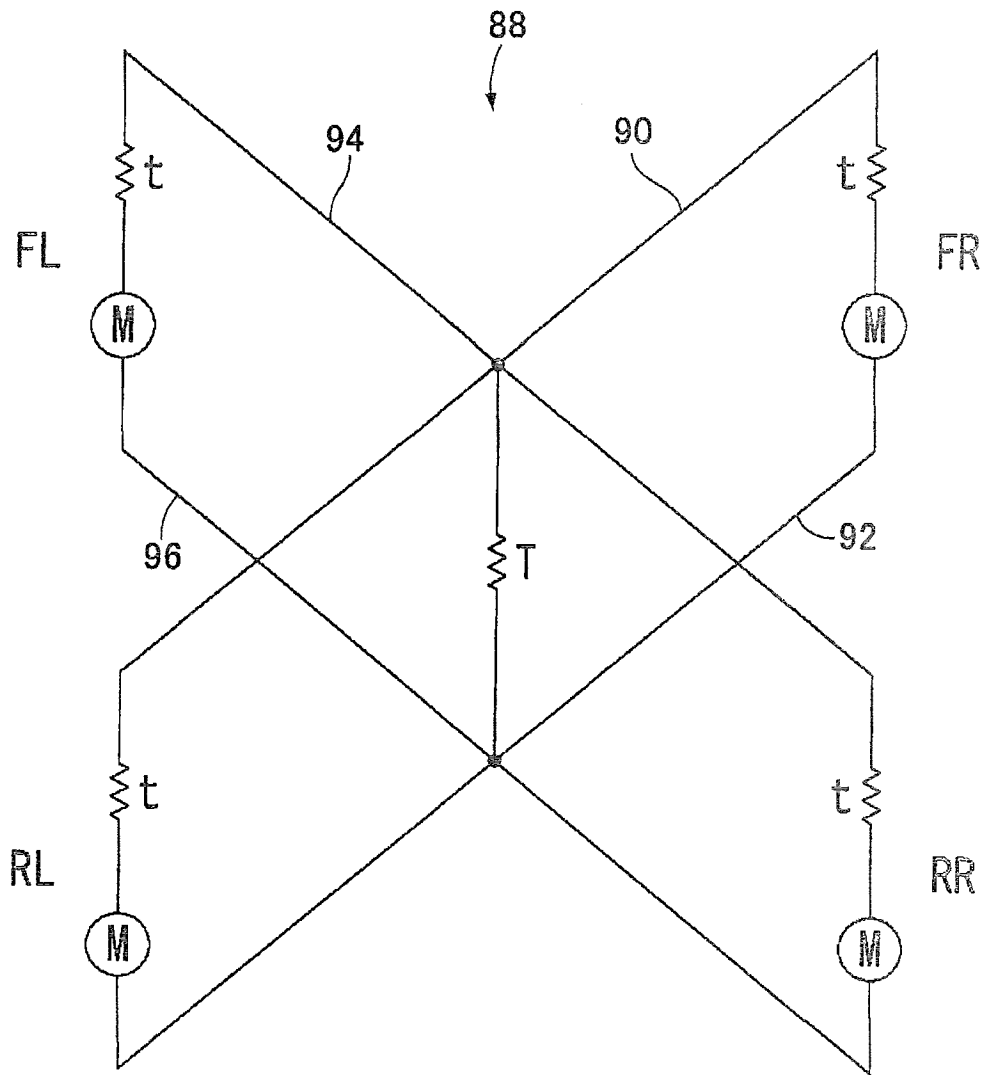


图 5

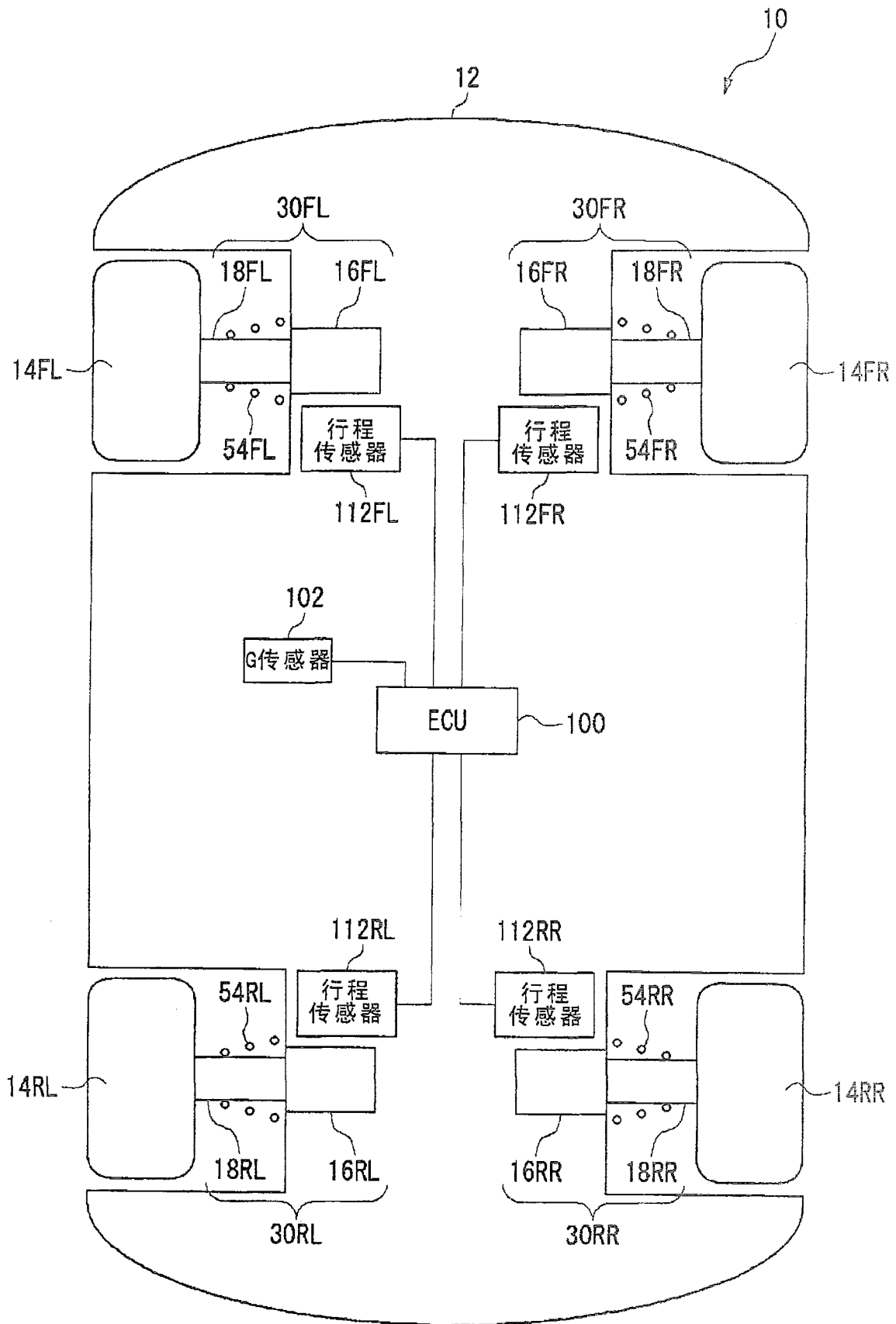


图 6

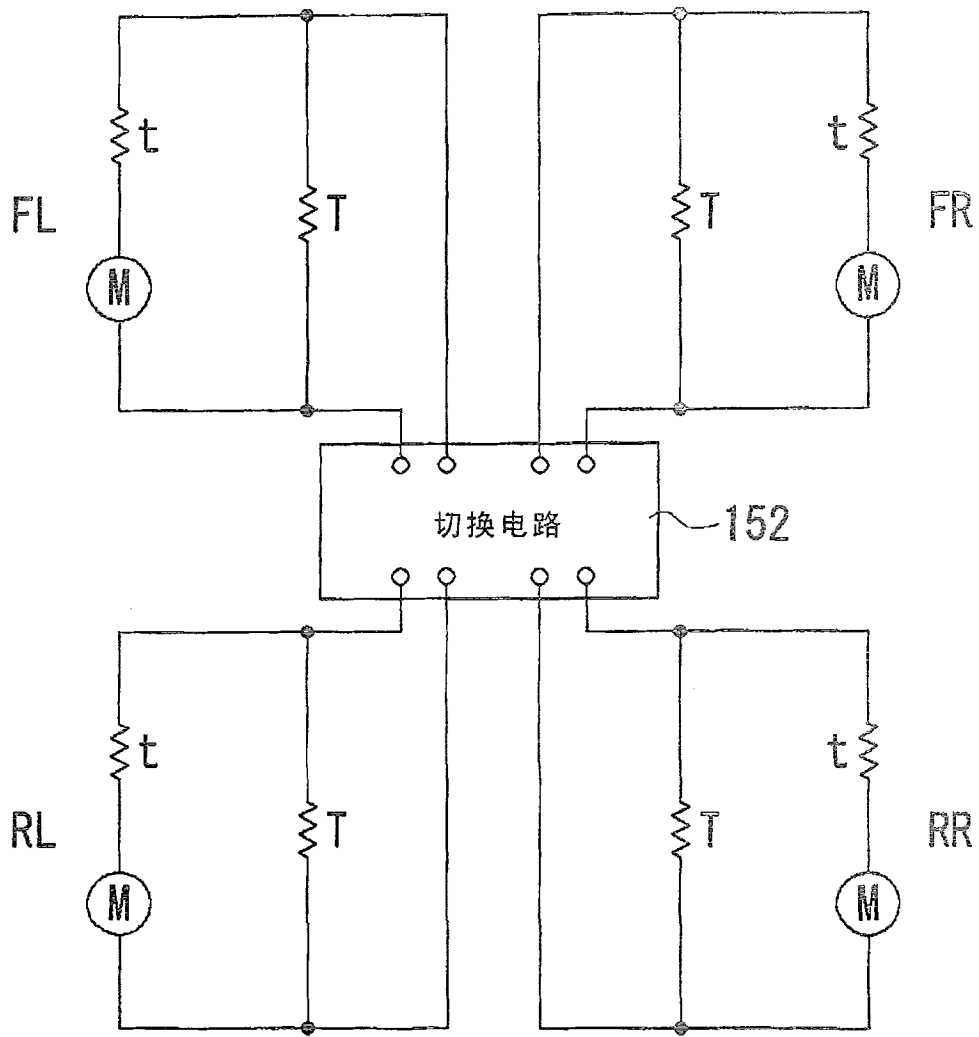


图 7

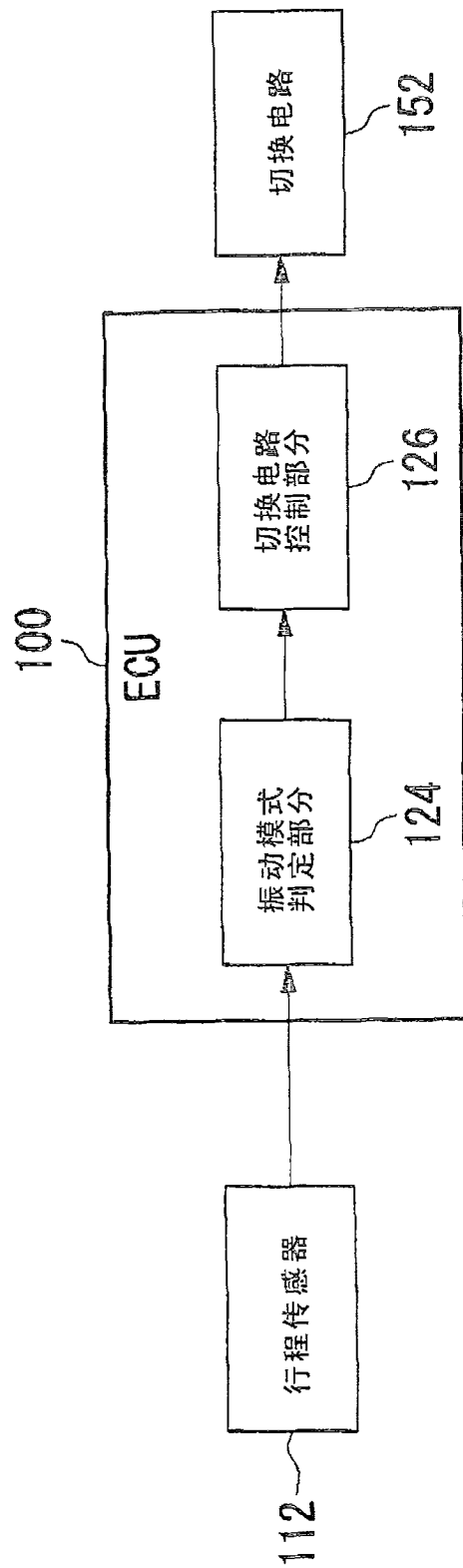


图 8

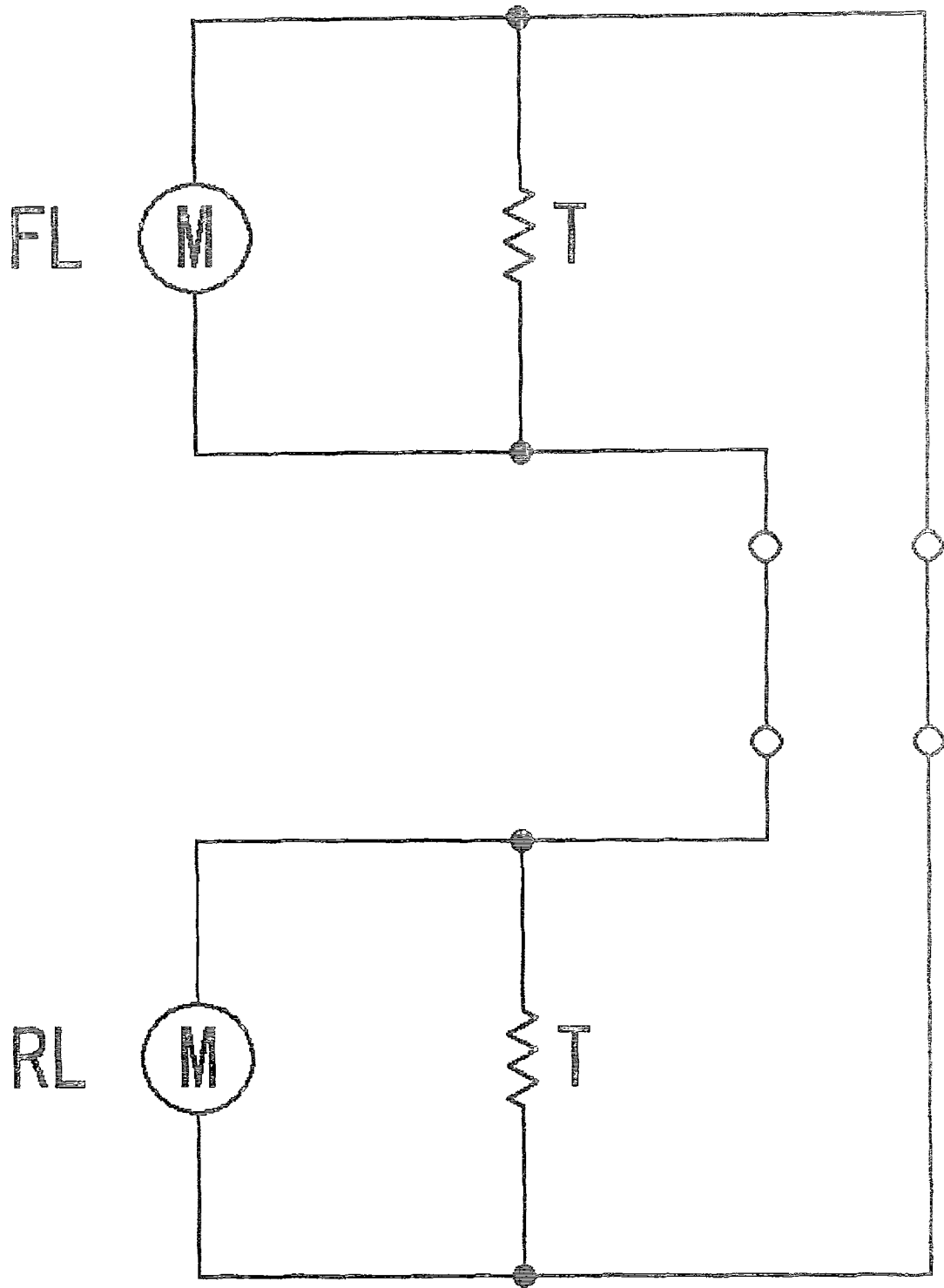


图 9

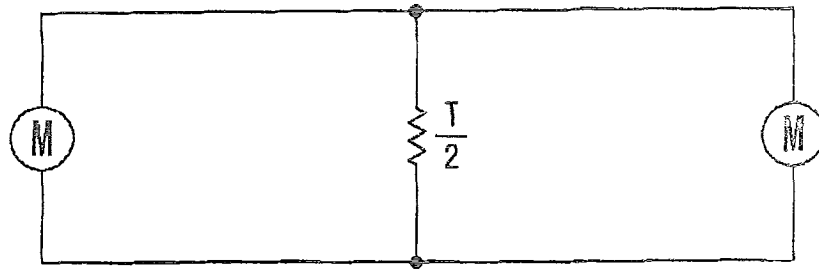


图 10

振动模式	振动分量	连接布置
俯仰	$(X_{FL}+X_{FR})/2-(X_{RL}+X_{RR})/2$	FL和RL, FR和RR
侧倾	$(X_{FL}+X_{RL})/2-(X_{FR}+X_{RR})/2$	FL和FR, RL和RR
第一对角差量	$X_{FL}-X_{RR}$	FL和RR
第二对角差量	$X_{FR}-X_{RL}$	FR和RL

图 11

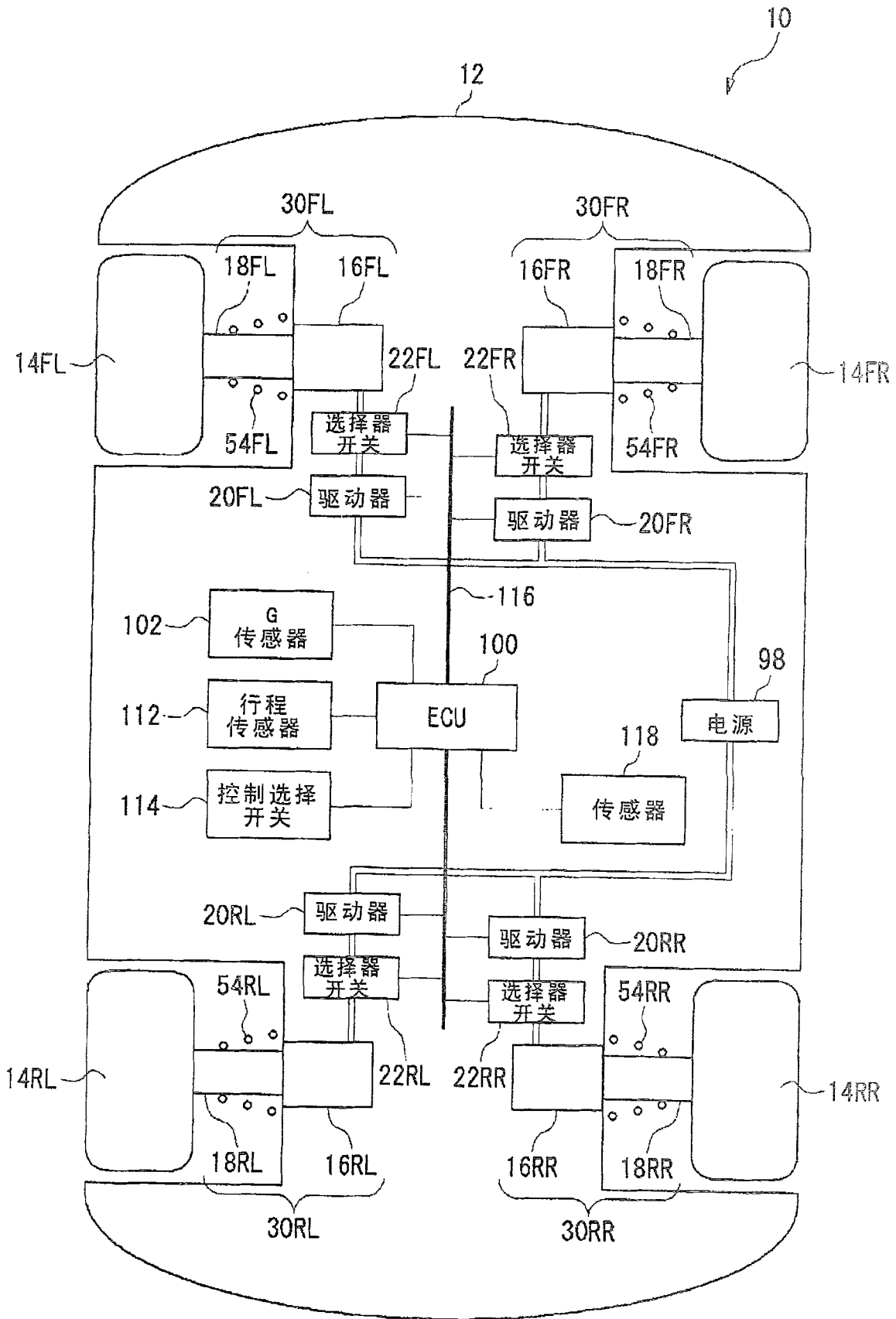


图 12

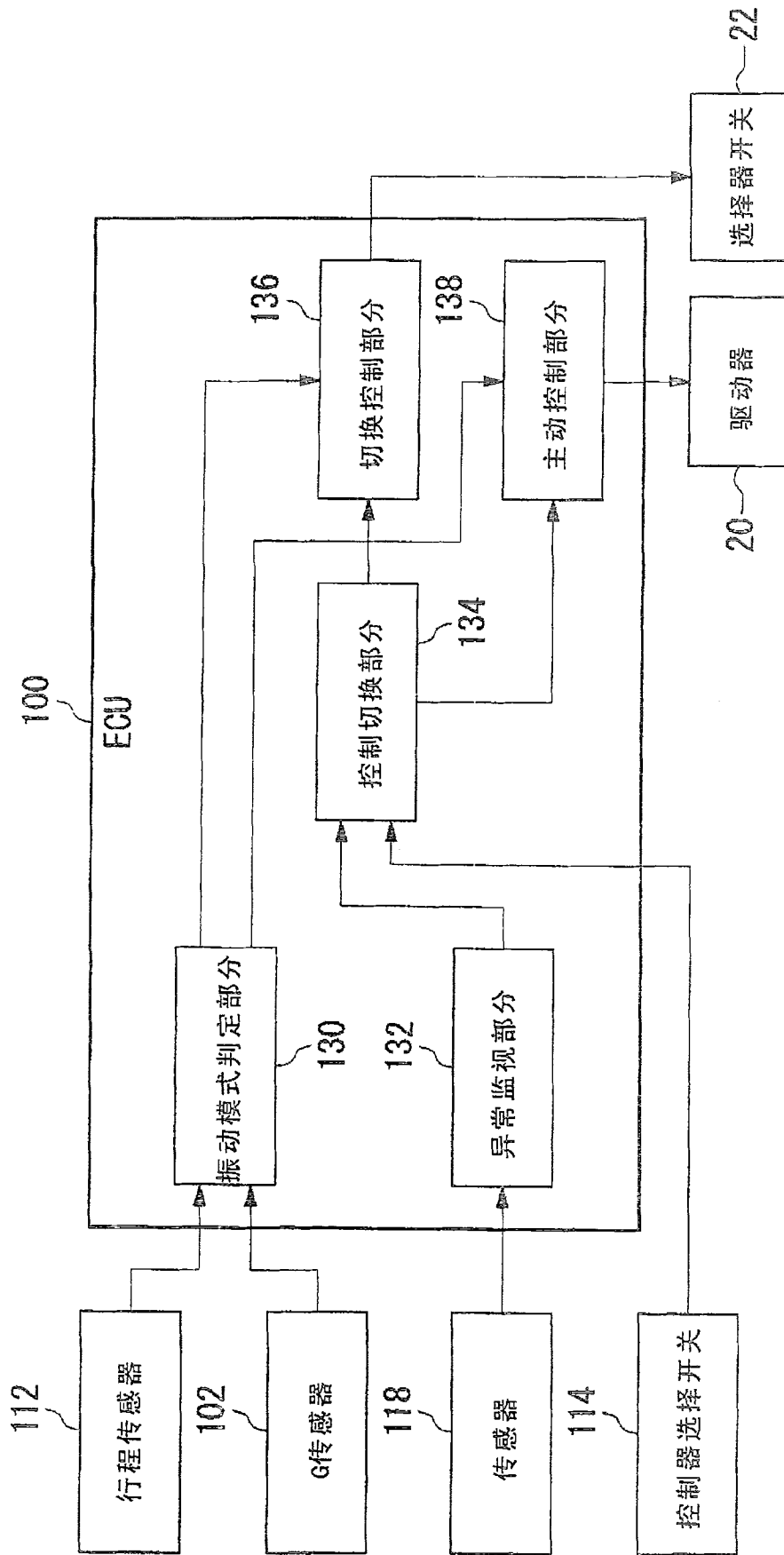


图 13