(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110014836 B
(45)授权公告日 2022.08.23

(21)申请号 201811466185.X
(22)申请日 2014.03.15
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110014836 A
(43)申请公布日 2019.07.16
(30)优先权数据
61/789,600 2013.03.15 US
61/815,251 2013.04.23 US
14/212,431 2014.03.14 US
14/212,491 2014.03.14 US
(62)分案原申请数据
201480021474.2 2014.03.15
(73)专利权人 动态清晰公司
地址 美国马萨诸塞州
(72)发明人 乔纳森·R·利海
弗拉迪米尔·戈雷利克
扎卡里·M·安德森
威廉·G·尼尔
(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
专利代理师 唐京桥 刘雯鑫
(51)Int.Cl.
B60L 1/00(2006.01)
审查员 刘晓鸣

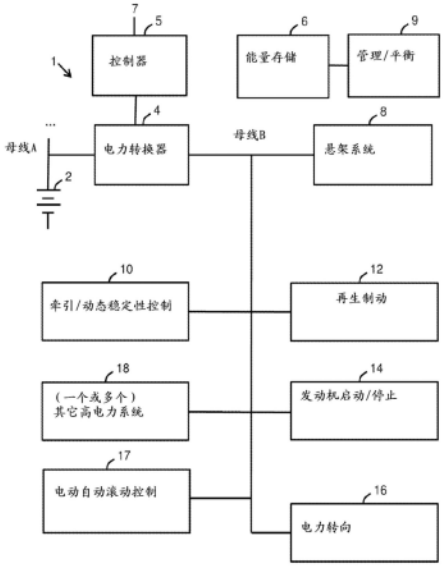
权利要求书2页 说明书18页 附图14页

(54)发明名称

一种用于车辆的电气系统

(57)摘要

公开了一种用于车辆的电气系统。该电气系统包括:电力转换器,其被配置成将第一电气母线处的车辆电池电压转换成第二电气母线处的第二电压,所述第二电压至少与所述车辆电池电压一样高;以及能量存储设备,其耦接至所述第二电气母线;其中,至少一个负载耦接至所述第二电气母线,并且其中,所述电力转换器被配置成将来自所述第一电气母线的电力提供给所述至少一个负载,并且被配置成将从所述第一电气母线汲取的电力限制成不高于最大电力,并且其中,当所述至少一个负载汲取比所述最大电力更多的电力时,所述至少一个负载至少部分地从所述能量存储设备汲取电力。



CN 110014836 B

1.一种车辆中的预测能量管理的方法,所述车辆包括主动悬架系统,所述方法包括如下步骤:

(a)确定所述车辆的期望路径;

(b)获得关于沿着所述车辆的期望路径定位的驾驶表面的特征的信息;

(c)至少部分地基于所获得的信息估计所述主动悬架系统用于穿越包括所述驾驶表面的特征的所述期望路径的至少一部分需要的未来能量;以及

(d)在所述车辆的车轮遇到所述期望路径的一部分之前,至少部分地基于所估计的能量增加存储在第一能量存储设备中的能量的量,所述第一能量存储设备与所述主动悬架系统电气通信。

2.根据权利要求1所述的方法,其中,所述步骤(a)还包括检测施加到所述车辆的转向输入。

3.根据权利要求1所述的方法,其中,所述步骤(a)还包括使用车辆导航系统来确定所述车辆的当前位置以及确定所述车辆的速度;并且其中,至少部分地基于所述车辆的当前位置和速度来确定所述期望路径。

4.根据权利要求1所述的方法,其中,所述步骤(a)还包括:

确定所述车辆的当前位置;

接收期望目的地;以及

确定从所述当前位置到所述期望目的地的路线,并且

其中,至少部分地基于所述当前位置和所述路线来确定所述车辆的期望路径。

5.根据权利要求1所述的方法,其中,所述步骤(d)还包括在第二能量存储设备和所述第一能量存储设备之间转移电能,其中,所述第一能量存储设备是超级电容器并且所述第二能量存储设备是电池。

6.根据权利要求1所述的方法,其中,所述步骤(d)还包括:经由DC/DC转换器将来自具有第一电压的第一电气母线的能量转移至具有第二电压的第二电气母线,并且其中,所述第一能量存储设备与所述第二电气母线电气通信。

7.一种操作车辆的电气系统的方法,所述车辆包括第一主动悬架系统,所述方法包括如下步骤:

(a)确定所述车辆的期望路径;

(b)获得关于沿着所述车辆的期望路径定位的驾驶表面的特征的信息;

(c)至少部分地基于所获得的信息估计与所述第一主动悬架系统相关的用于穿越所述驾驶表面的特征的能量的量;以及

(d)在所述车辆的车轮遇到所述驾驶表面的特征之前,至少部分地基于所估计的能量的量增加存储在第一电气能量存储设备中的能量的量,所述第一电气能量存储设备电气连接至所述第一主动悬架系统。

8.根据权利要求7所述的方法,其中,所述车辆的电气系统包括第二主动悬架系统。

9.根据权利要求7所述的方法,其中,所述第一电气能量存储设备选自由电池、电容器和超级电容器组成的组。

10.根据权利要求7所述的方法,还包括第一直流电气母线、第二直流电气母线以及电气连接至所述第二直流电气母线的第二电气能量存储设备,其中,所述第一电气能量存储

设备和所述第一主动悬架系统电气连接至所述第一直流电气母线。

11.根据权利要求10所述的方法，还包括车辆电池，其中，所述第二直流电气母线电气连接至所述车辆电池的第一端子。

12.根据权利要求11所述的方法，还包括电力转换器，其操作地插入在所述第一直流电气母线和所述第二直流电气母线之间。

13.根据权利要求12所述的方法，还包括以与所述第二直流电气母线不同的电压操作所述第一直流电气母线。

14.根据权利要求13所述的方法，其中，增加存储在所述第一电气能量存储设备中的能量的量包括将来自所述第二电气能量存储设备的能量转移至所述第一电气能量存储设备。

15.根据权利要求11所述的方法，其中，所述第二电气能量存储设备电气地插入在所述第一直流电气母线与所述第二直流电气母线之间。

16.根据权利要求15所述的方法，其中，所述第二电气能量存储设备与转换器电气并联。

17.根据权利要求15所述的方法，其中，所述车辆电池是12伏特电池。

18.根据权利要求17所述的方法，其中，至少一个额外的负载电气连接至所述第一直流电气母线，其中，所述额外的负载选择由稳定性控制系统、制动系统和电力转向系统组成的组。

19.根据权利要求18所述的方法，其中，所述第一主动悬架系统和至少一个额外的负载是再生的。

一种用于车辆的电气系统

[0001] 本申请为于2015年10月15日提交、申请号为201480021474.2、发明名称为“车载高电力电气系统和用于使用电压母线水平来示意系统状况的系统及方法”的中国专利申请的分案申请。所述母案申请的国际申请日为2014年3月15日，国际申请号为PCT/US2014/029942，优先权日为2013年3月15日。

技术领域

[0002] 本文所描述的技术总体上涉及车辆电气系统，并且具体涉及具有多个电气母线的车辆电气系统。

[0003] 描述了用于例如经由高电力电气母线供给如主动悬架系统的一个或更多个高电力负载的技术。

背景技术

[0004] 已经提出了具有高电力42V或48V母线以及连接至标准车辆电池的低电力14V母线的双电压汽车电气系统。

[0005] 已经提出了用于车辆的各种类型的主动悬架系统。这样的系统通常具有液压致动器泵，其连续地运行，从而从车辆电气系统汲取大量的电力。

发明内容

[0006] 一些实施方式涉及一种用于车辆的电气系统。该电气系统包括被配置成将第一电气母线处的车辆电池电压转换成第二电气母线处的第二电压的电力转换器。第二电压至少与车辆电池电压一样高。电气系统还包括耦接至第二电气母线的能量存储设备。至少一个负载耦接至第二电气母线。电力转换器被配置成将来自第一电气母线的电力提供至至少一个负载，并且被配置成将从第一电气母线汲取的电力限制成不高于最大电力。当至少一个负载汲取比最大电力更多的电力时，至少一个负载至少部分地从能量存储设备汲取电力。

[0007] 一些实施方式涉及一种用于车辆的电气系统。该电气系统包括被配置成将第一电气母线处的车辆电池电压转换成第二电气母线处的第二电压的电力转换器。第二电压至少与车辆电池电压一样高。电力转换器被配置成将来自第一电气母线的电力提供给耦接至第二电气母线的负载，并且被被配置成基于在一定时间间隔内从第一电气母线汲取的能量总量将从第一电气母线汲取的电力限制成不高于最大电力。

[0008] 一些实施方式涉及一种用于车辆的电气系统。电气系统包括被配置成将第一电气母线处的车辆电池电压转换成第二电气母线处的第二电压的电力转换器。第二电压至少与车辆电池电压一样高。电力转换器被配置成接收指示车辆状态的信号。车辆状态表示对从第一电气母线可用的能量的量度。至少一个负载耦接至第二电气母线。电力转换器被配置成将来自第一电气母线的电力提供给至少一个负载，并且被配置成基于车辆状态来限制从第一电气母线汲取的电力。

[0009] 一些实施方式涉及一种用于车辆的电气系统。电气系统包括被配置成将第一电气

母线处的车辆电池电压转换成第二电气母线处的第二电压的电力转换器。电力转换器被配置成允许第二电压响应于耦接至第二电气母线的电源和/或电力接收器而变化。第二电压被允许在第一阈值与第二阈值之间波动。

[0010] 一些实施方式涉及一种用于电动车辆的电气系统。该电气系统包括在第一电压处工作并且驱动电动车辆的驱动电机的第一电气母线。电气系统包括耦接至第一电气母线的能量存储设备。电气系统还包括在低于第一电压的第二电压处工作的第二电气母线。电气系统还包括被配置成在第一电气母线与第二电气母线之间传输电力的电力转换器。电气系统还包括连接至电子控制器并由电子控制器控制的至少一个电气负载。至少一个电气负载由第二电气母线供电。至少一个电气负载包括主动悬架致动器。

[0011] 一些实施方式涉及一种用于车辆的电气系统。该电气系统包括被配置成向多个连接的负载递送电力的电气母线。该电气系统还包括耦接至电气母线的能量存储设备。能量存储设备具有充电状态。能量存储设备被配置成向多个连接的负载递送电力。电气系统还包括被配置成向能量存储设备提供电力并且调整能量存储设备的充电状态的电力转换器。电气系统还包括获取关于预计的未来驾驶状况的信息的至少一个装置。电力转换器基于该预计的未来驾驶状况来调整能量存储设备的充电状态。

[0012] 一些实施方式涉及一种用于车辆的电气系统。该电气系统包括被配置成将第一电气母线处的车辆电池电压转换成第二电气母线处的第二电压的电力转换器。第二电压至少与车辆电池电压一样高。该电气系统还包括跨越电力转换器而连接的能量存储设备。能量存储设备的第一端子连接至第一电气母线，而能量存储设备的第二端子连接至第二电气母线。至少一个负载耦接在第二电气母线。电力转换器被配置成将来自第一电气母线的电力提供给至少一个负载，并且被配置成将从第一电气母线汲取的净电力限制成不高于最大电力。从第一电气母线汲取的净电力包括通过电力转换器和能量存储设备的电力的组合。

[0013] 一些实施方式涉及一种用于车辆的电气系统，在该电气系统中，电力转换器被配置成将第一电气母线处的车辆电池电压转换成第二电气母线处的第二电压。该电气系统包括被配置成对耦接至第二电气母线的至少一个负载进行控制的至少一个控制器。至少一个控制器被配置成测量第二电压，并且被配置成基于第二电压来确定车辆状态。至少一个控制器被配置成基于车辆状态来控制至少一个负载。

[0014] 一些实施方式涉及一种用于车辆的电气系统，在该电气系统中，电力转换器被配置成将第一电气母线处的车辆电池电压转换成第二电气母线处的第二电压。该电气系统包括被配置成对耦接至第二电气母线的至少一个主动悬架致动器进行控制的至少一个控制器。至少一个控制器被配置成测量第二电压，并且被配置成基于第二电压来确定车辆状态。至少一个控制器被配置成基于车辆状态来控制至少一个主动悬架致动器。

[0015] 一些实施方式涉及一种用于对车辆的至少一个负载进行操作的方法。该车辆具有电气系统，在该电气系统中，电力转换器被配置成将第一电气母线处的车辆电池电压转换成第二电气母线处的第二电压。至少一个负载耦接至第二电气母线。该方法包括：测量第二电压；基于第二电压来确定车辆状态；以及基于车辆状态来控制至少一个负载。

[0016] 一些实施方式涉及方法、装置(例如控制器)和/或在其上存储有下述指令的计算机可读存储介质，所述指令当由处理器执行时执行本文所描述的任何技术。

[0017] 通过说明的方式来提供前述概述，而并非旨在限制。

附图说明

[0018] 在附图中，在不同图中示出的每个相同或几乎相同的部件由相同的附图标记来表示。出于清楚的目的，不是每个部件都可以被标记在每个附图中。附图不一定按比例绘制，而是将重点放在示出本文所描述的技术的各个方面。

[0019] 图1示出了根据一些实施方式的具有两个电气母线的车辆电气系统。

[0020] 图2示出了根据一些实施方式的具有连接至母线B的能量存储设备的车辆电气系统。

[0021] 图3示出了根据一些实施方式的具有连接至母线A的能量存储设备的车辆电气系统。

[0022] 图4示出了根据一些实施方式的具有连接至母线A和母线B的能量存储设备的车辆电气系统。

[0023] 图5示出了根据一些实施方式的可以基于在一定时间段内从车辆电池汲取的能量总量来设置的最大电力的示例性曲线图。

[0024] 图6A、图6B和图6C图示了根据一些实施方式的通过电力转换器和能量存储设备的电流流动。

[0025] 图7图示了根据一些实施方式的电力转换器的滞环控制。

[0026] 图8A、图8B、图8C、图8D、图8E和图8F图示了根据一些实施方式的示例性电力转换和能量存储拓扑。

[0027] 图9A、图9B、图9C、图9D、图9E、图9F、图9G、图9H、图9I、图9J、图9K、图9L、图9M和图9N图示了根据一些实施方式的另一示例性电力转换和能量存储拓扑。

[0028] 图10A图示了根据一些实施方式的主动悬架致动器和角控制器。

[0029] 图10B图示了根据一些实施方式的具有连接至母线B的多个负载(例如角控制器和主动悬架致动器)的车辆电气系统。

[0030] 图11图示了根据一些实施方式的用于母线B的示例性操作范围。

[0031] 图12是控制器的说明性计算装置的框图。

具体实施方式

[0032] 在一些实施方式中，车辆电气系统可以包括独立于连接至车辆电池的电气母线而被控制的高电力电气母线。高电力电气母线可以至少部分地由电力转换器(例如，DC/DC转换器)来供给，该电力转换器从车辆电池汲取电力并且可以至少部分地将高电力电气母线与车辆电池解耦。诸如主动悬架系统之类的高电力电气负载例如可以由高电力电气母线来供电。

[0033] 本文所描述的技术涉及对高电力电气母线以及耦接至其的一个或更多个负载进行控制。本文所描述的技术可以有助于向例如连接至高电力电气母线的高电力电气负载(例如主动悬架系统)快速地供给大量电力，该技术在本文中被称为供给“按需能量”。在一些实施方式中，能量存储设备耦接至高电力电气母线，以有助于供给按需能量。在限制从车辆电池汲取的电力量的同时，大量的电力可以被提供给连接至高电力电气母线的负载，从而减轻提供按需能量对车辆电气系统的其余部分的影响。

[0034] 在一些实施方式中，例如，诸如再生悬架系统或再生制动系统之类的一个或更多

个再生系统可以耦接至高电力电气母线，并且可以向高电力电气母线供给电力。在一些实施方式中，就在执行再生时随时间所产生的能量总量可以基本上等于主动地驱动主动悬架致动器时所消耗的电力量而言，主动悬架系统可以是“能量平衡”的。

[0035] 图1示出了根据一些实施方式的车辆电气系统1。如图1所示，车辆电气系统1具有两个电气母线：母线A和母线B。母线A和母线B可以具有相同的电压或不同的电压。在一些实施方式中，母线A和母线B是提供DC电压的DC母线。母线A可以连接至车辆电池2的正极端子。车辆电池2的负极端子可以连接至“地”(例如车辆底盘)。在典型的车辆电气系统中，车辆电池2(和母线A)具有12V的标称电压。在一些实施方式中，母线B的电压可以比母线A的电压高(以“地”为参考)。在一些实施方式中，通过示例的方式，母线B可以具有24V、42V或48V的标称电压。然而，本文所描述的技术在这个方面不受限，因为母线A和母线B可以具有任何合适的电压。如下面进一步所讨论的，母线A和母线B的电压可以在车辆的操作期间变化。如在常规的汽车电气系统中那样，车辆电池2可以向连接至母线A的一个或更多个车辆系统(未示出)提供电力。

[0036] 车辆电气系统1包括在母线A与母线B之间传输电力的电力转换器4。电力转换器4可以是由一个或更多个开关来控制的切换电力转换器。在一些实施方式中，电力转换器4可以是DC/DC转换器。电力转换器4可以是单向的或者双向的。如果电力转换器4是单向的，则它可以被配置成从母线A向母线B提供电力。如果电力转换器4是双向的，则它可以被配置成从母线B向母线A提供电力以及从母线A向母线B提供电力。例如，如以上所提及的，在一些实施方式中，母线B上的一个或更多个负载可以是再生的，例如再生悬架系统或再生制动系统。如果电力转换器4是双向的，则来自耦接至母线B的再生系统的电力可以经由电力转换器4从母线B提供至母线A，并且可以对车辆电池2进行充电。电力转换器4可以具有任何合适的电力转换拓扑，因为本文所描述的技术在这个方面不受限。

[0037] 在一些实施方式中，双向电力转换器4允许能量在两个方向上流动。对于不同方向的电力流，电力转换器4的电力传输能力可以相同或不同。例如，在包括方向上相反的降压转换器和升压转换器的配置的情况下，可以使每个转换器的大小为用于处理相同的电力量或不同的电力量。作为示例，在不同方向上具有不同电力转换能力的12V至46V系统中，从12V到46V的连续电力转换能力可能是1千瓦，而在相反方向上从46V到12V，电力转换能力可能仅是100瓦。这样的不对称大小可以节省成本、复杂性和空间。这些因素在汽车应用中尤其重要。在一些实施方式中，电力转换器4可以用作无需升高或降低电压并且输入和输出电压可以大致相等的能量缓冲器/电力管理系统(例如，12V至12V的转换器)。在一些实施方式中，电力转换器4可以连接至具有例如在24V与60V之间或者在300V与450V之间(例如针对电动车辆)波动的电压的DC母线。

[0038] 车辆电气系统1可以包括被配置成以电力转换器4执行电力转换的方式来进行控制的控制器5(例如电子控制器)。电子控制器5可以是任何类型的控制器，并且可以包括控制电路和/或执行指令的处理器。如下面进一步所讨论的，控制器5可以控制电力转换器4中电力流的方向和/或大小。控制器5可以与电力转换器4集成(例如在同一板上)或者独立于电力转换器5。本文所描述的技术的另一方面在于外部能量管理控制信号的调节电力的能力。为此，控制器5可以经由通信网络7接收可以由控制器5使用以控制电力转换器4的信息(例如最大电力和/或电流)和/或指令。网络7可以是任何合适类型的通信网络。例如，在一

些实施方式中，网络7可以是允许在车辆的不同系统之间通信的有线通信总线或无线通信总线。如果信息经由有线连接提供至控制器5，则该信息可以经由导线或通信总线(例如CAN总线)而被提供。在一些实施方式中，来自车辆的外部CAN总线信号能够向控制器5发送命令，以便动态地管理和改变在每个方向上的定向电力限制，或者以便下载电压限制或充电曲线。在一些实施方式中，控制器5可以与电力转换器4处于同一模块内，并且经由导线和/或另一类型的通信总线耦接至电力转换器4。

[0039] 如图1所示，一个或更多个车辆系统可以连接至母线B。在一些实施方式中，母线B可以是高电力电气母线。如以上所提及的，连接至母线B的车辆系统可以是电源或电力接收器(例如负载)。一些车辆系统可以在一些时候充当电源，而在另一些时候充当电力接收器。

[0040] 可以连接至母线B的车辆系统的非限制性示例包括悬架系统8、牵引/动态稳定性控制系统10、再生制动系统12、发动机启动/停止系统14、电力转向系统16以及电动自动滚动控制系统17。其它系统18可以连接至母线B。任何一个或更多个系统可以连接至母线B，以向母线B供给电力和/或从母线B接收电力。

[0041] 如以上所提及的，连接至母线B的一个或更多个系统可以充当电源。例如，悬架系统8可以是被配置成响应于车轮和/或车辆移动而产生电力的再生悬架系统。再生制动系统12可以被配置成当施加车辆制动时产生电力。

[0042] 连接至母线B的一个或更多个系统可以充当电力接收器。例如，牵引/动态稳定性控制系统10和/或电力转向系统16可以是高电力负载。作为另一示例，悬架系统8可以是主动悬架系统，其使由母线B提供的电力向主动悬架致动器供电。

[0043] 连接至母线B的一个或更多个系统可以在不同的时候充当电源以及充当电力接收器。例如，悬架系统8可以是响应于车轮事件而产生电力并且当主动悬架致动器被主动驱动时汲取电力的主动/再生悬架系统。

[0044] 在一些实施方式中，车辆电气系统1可以具有能量存储设备6。能量存储设备6可以直接地或间接地耦接至母线B，以向连接至母线B的一个或更多个车辆系统20提供电力。例如，如图2所示，能量存储设备6的端子可以直接地连接至母线B(即通过导电连接使得能量存储设备6的端子与母线B处于相同的电气节点)。替选地或另外地，能量存储设备6可以间接地连接至母线B。例如，如图3所示，能量存储设备6可以直接地连接至母线A(即通过导电连接使得能量存储设备6的端子与母线A处于相同的电气节点)，并且经由电力转换器4间接地连接至母线B。如图4所示，在一些实施方式中，能量存储设备6可以连接至母线A和母线B两者。如在图4中所示，能量存储设备6的第一端子可以直接地连接至母线B，而能量存储设备6的第二端子可以直接地连接至母线A。然而，能量存储设备6可以以任何合适的配置进行连接，因为本文所描述的技术在这个方面不受限。

[0045] 在一些实施方式中，替代由车辆电池2提供电力或者除了由车辆电池2提供电力以外，能量存储设备6也可以向耦接至母线B的负载提供电力。在一些实施方式中，能量存储设备6可以响应于负载而供给电力，从而响应于负载而减小需要从车辆电池2汲取的电力量。响应于较大负载而由能量存储设备6提供电力的至少一部分可以避免从车辆电池2汲取大量的电力。从车辆电池2汲取过量的电力可能会使母线A的电压下降到无法接受的低电压或者可能会降低车辆电池2的充电状态。因此，存在对可以从车辆电池2汲取的电力量的限制。响应于负载而从能量存储设备6提供电力可以使得能够向负载提供的电力量高于在缺少能

量存储设备6的情况下可能提供的电力量。

[0046] 能量存储设备6可以包括用于存储能量的任何合适的设备，例如电池、电容器或超级电容器等。合适的电池的示例包括铅酸电池(例如吸收式玻璃纤维隔板(AGM)电池)和锂离子电池(例如磷酸锂铁电池)。然而，也可以使用任何合适类型的电池、电容器或其它能量存储设备。在一些实施方式中，能量存储设备6可以包括多个能量存储设备(例如多个电池、电容器和/或超级电容器)。在一些实施方式中，能量存储设备6可以包括不同类型的能量存储设备的组合(例如电池和超级电容器的组合)。在一些实施方式中，能量存储设备6可以包括装置，其可以向耦接至母线B的至少一个系统20快速地提供大量的电力。例如，在一些实施方式中，能量存储设备6可以能够提供大于0.5kW、大于1kW或大于2kW的电力。在一些实施方式中，能量存储设备6可以具有1kJ至数百kJ(例如100kJ至200kJ或更多)的能量存储容量。如果能量存储设备6包括一个或更多个超级电容器，(一个或更多个)超级电容器可以具有1kJ与10kK之间或者大于10kJ的能量存储容量。超级电容器能够处理非常高的峰值电力。通过说明的方式，具有1kJ的能量存储的超级电容器串可以提供大于1kW的峰值电力。如果能量存储设备包括一个或更多个电池，则一个或更多个电池可以具有10kJ至200kJ之间或者大于200kJ的能量存储容量。与超级电容器相比，10kJ电池串可以被限制至大约1kW的峰值电力。在一些实施方式中，能量存储设备6可以使用并联连接的电池串和/或使用电池和超级电容器的组合来实现高容量能量存储和高峰值电力二者。

[0047] 在一些实施方式中，能量存储设备6设置有电池管理系统和/或平衡电路9。电池管理系统和/或平衡电路9可以使能量存储设备6的电池和/或超级电容器之间的电荷平衡。

[0048] 在示例实施方式中，悬架系统8可以是用于车辆的主动悬架系统，其可以主动地控制主动悬架致动器(例如，用于控制车轮的移动)。可以预期地和/或响应于由驾驶表面施加在车辆的车轮上的力来执行对主动悬架致动器的主动控制。主动悬架系统可以包括由从母线B供给的电力所驱动的一个或更多个致动器。例如，致动器可以包括电动机，其可以驱动流体泵来致动液压阻尼器。致动器控制器可以响应于车辆和/或车轮的运动来控制致动器。例如，主动悬架致动器可以预期地或响应于隆起物而抬高车轮，以减小力到车辆的剩余部分的传输。作为另一示例，主动悬架致动器可以在车轮遇到坑洞时将车轮降低到坑洞中，以使车辆的剩余部分的移动最小化。在一些情形下，致动器控制器可以要求从母线B快速地提供大量电力(例如500W)，以驱动主动悬架致动器。耦接至母线B的能量存储设备6可以提供致动器所要求的电力的至少一部分。

[0049] 在一些实施方式中，控制器500和/或电力转换器4可以被配置成将从母线A(例如从车辆电池2)提供到母线B的电力量限制成不高于最大电力。设置可以从母线A汲取的最大电力例如可以防止从车辆电池2汲取过量的能量总量，并且避免引起母线A的电压降。如下面进一步所讨论的，可以取决于车辆和诸如车辆电池2的能量存储容量和/或充电状态之类的因素或者其它因素来选择最大电力的任何合适值。控制器5可以基于最大电力来控制电力转换器4。控制器5可以将表示最大电力的信息存储在合适的数据存储装置中。

[0050] 当连接至母线B的系统要求电力时，该电力可以由车辆电池2(例如经由母线A和电力转换器4)、能量存储设备6或者车辆电池2和能量存储设备6的组合来供给。当从母线A汲取的电力低于最大电力时，电力转换器4可以允许从母线A汲取电力。然而，电力转换器4可以被控制成防止从母线A汲取的电力量超过最大值。当从母线A要求的电力量超过最大值

时，电力转换器4可以被控制成将提供给母线B的电力量限制到最大电力。

[0051] 作为示例，如果电力转换器4被配置成将从车辆电池2汲取的电力限制成不超过最大电力1kW，并且母线B从车辆电池2要求的电力量是0.5kW，则电力转换器4可以向母线B提供所需的0.5kW。然而，如果需要的电力量多于1kW，则电力转换器4可以向母线B提供最大电力(例如，在该示例中为1kW)，而所需的额外的电力可以从能量存储设备6汲取。例如，如果可以从车辆电池汲取并且供给母线B的最大电力为1kW，而耦接至母线B的负载要求2kW，则1kW电力可以由车辆电池2来提供，而剩余的1kW电力可以由能量存储设备6来提供。

[0052] 电力转换器4可以以任何合适的方式来限制从母线A向母线B提供的电力。在一些实施方式中，电力转换器可以通过限制从车辆电池2汲取的电流来限制从母线A向母线B提供的电力。在一些实施方式中，电力转换器4可以限制电力转换器4(在母线A侧)的输入电流。最大电流和/或电力值可以被存储在耦接至控制器5的任何合适的数据存储设备中。在一些实施方式中，控制器5可以设置电力转换器4的一个或更多个操作参数(例如占空比、切换频率等)，以将流过电力转换器5的电力量限制到最大电力。

[0053] 在一些实施方式中，可以基于在一段时间内从母线A传输至母线B的能量总量和/或平均电力来限制可以从母线A向母线B提供的最大电力。在一些实施方式中，在一段时间内从母线A向母线B提供的能量总量和/或电力量可以被限制以避免从车辆电池2汲取大量的能量，这可能会引起母线A的电压降和/或降低车辆电池2的充电状态。

[0054] 图5示出了针对不同时间段可以从车辆电池2汲取的最大电力的示例性曲线图。在图5的示例中，如果在相对小的时间段(例如一秒)内从车辆电池2汲取电力，则可以允许由电力转换器4从母线A向母线B传输相对高的最大电力。然而，在相对长的时间段内传输大量的电力可能会从车辆电池2汲取大量的能量，从而潜在地使母线A的电压下降。因此，当在较长的时间段内从车辆电池汲取电力时可以设置较低的最大电力。最大电力可以在较长的时间段内逐渐减小。例如，在从车辆电池2汲取电力已经超过一秒之后，可以减小最大电力，以避免使车辆电池2过度放电。这可以防止以下情形：车辆怠速以及由于在相当长时间段内从母线A到母线B汲取大量的电力而使电池变为完全放电。如果在较长的时间段内(例如100秒内)从车辆电池汲取电力，则甚至可能会进一步减小最大电力。可以在这样的时间段内减小最大电力，以将车辆效率维持在可接受的水平。从母线A向母线B提供电流的时间越长，则最大电力可能会因此改变(例如被减小)。如果耦接至母线B的负载需要的电力多于最大电力，则在一些实施方式中，对于满足负载所需的额外的电力可以由能量存储设备6来提供。

[0055] 图5所示的曲线图是以下方式的一个示例：其中可以从母线A提供至母线B的最大电力和/或能量可以由电力转换器4基于从母线A向母线B提供电力的时间量来设置。任何合适的最大电力和/或能量可以基于电力被汲取的时间量来选择，并且不限于图5所示的示例性曲线。在一些实施方式中，最大电力和/或能量可以使用映射图例如由控制器5存储的曲线或查找表来设置。

[0056] 在一些实施方式中，可以从母线A提供至母线B的最大电力可以基于车辆状态来设置。车辆状态可以是对从母线A可用的能量的量度。例如，车辆状态可以包括以下信息：关于车辆电池2的充电状态的信息、关于发动机RPM(例如其可以指示车辆是否处于怠速)的信息或者关于连接至母线A的从车辆电池2汲取电力的一个或更多个负载的状态的信息。如果车辆电池2的充电状态为低、发动机RPM为低和/或连接至母线A的一个或更多个负载处于其从

车辆电池2汲取大量电力的状态，则可以减小可从母线A提供给母线B的最大电力。作为另一示例，车辆状态可以包括连接至母线A的动态稳定性控制(DSC)系统的状态。如果动态稳定性控制系统当前正在操作以使车辆稳定，并且经由母线A汲取电力，则可以减小可从母线A提供至母线B的最大电力，使得对于连接至母线A的动态稳定性控制系统而言能够在车辆电池2中得到足够的能量。作为另一示例，当车辆前灯或空调被打开时，它们可能从车辆电池2汲取大量电力。因此，可以在前灯和/或空调被打开时减小可从母线A提供至母线B的最大电力，以避免使车辆电池2耗尽。最大电力可以基于表示能够在母线A上得到的能量总量的任何合适的车辆状态来设置。

[0057] 如上所述，电力转换器4可以基于最大电力来限制从母线A传输至母线B的电力。关于最大电力和/或车辆状态的信息可以通过耦接至通信网络7的系统来提供给控制器5。例如，关于车辆状态的信息可以由发动机控制单元或者具有关于车辆状态的信息的任何其它合适的车辆控制系统来提供。

[0058] 典型的切换DC/DC转换器被设计成将DC输入电压转换成基本上恒定的DC输出电压。尽管切换DC/DC转换器具有输出电压纹波，但一般情况下典型的切换DC/DC转换器被设计成使输出电压纹波最小化，以尽可能产生恒定的DC输出电压。在常规的切换DC/DC转换器中，输出电压纹波可能占DC输出电压的非常小的部分(例如<1%)。

[0059] 本发明者已经认识到并且了解到：允许母线B的电压与其标称电压不同可以使得能够减小能量存储设备6的能量存储容量的总量。在一些实施方式中，母线B是可以响应于母线B上的再生电力和/或负载而具有大幅电压摆幅的宽松调整的母线。替代试图将母线B的电压固定成尽可能接近标称电压(例如48V或42V)，电力转换器4可以被配置成允许母线B处的输出电压在相对宽的范围内与标称电压不同。在一些实施方式中，可以允许母线B的电压在大于母线B的标称电压的5%、最高达母线B的标称电压的10%或者最高达母线B的标称电压的20%的范围内变化(例如，母线B的平均电压或最大电压阈值与最小电压阈值的平均值)。在一些实施方式中，可以将母线B的电压保持在第一阈值与第二阈值之间(例如在最小电压值与最大电压值之间)。作为示例，在一些实施方式中，如果母线B是标称48V DC母线，则可以允许母线B的电压在40V与50V之间变化。然而，本文所描述的技术不限于电压母线B所容许的特定电压范围。

[0060] 在一些实施方式中，本文所描述的技术可以应用于电动车辆。在电动车辆中，车辆电池2可以具有相对高的容量，以使得能够驱动牵引电机来推进车辆。例如，在一些实施方式中，车辆电池2可以是组电压为300V至400V或更高的电池组。因此，在电动车辆中，母线A可以是用于驱动推进车辆的牵引电机的高电压母线，而母线B可以具有较低的电压。电力转换器4可以是将母线A的高电压转换成母线B处的较低电压的DC/DC转换器。在一些实施方式中，如上所述，母线B可以具有48V的标称电压。然而，本文所描述的技术关于母线B的电压不受限。

[0061] 如以上所讨论的，悬架系统8可以连接至母线B。在一些实施方式中，电动车辆的悬架系统8可以是主动悬架系统和/或再生悬架系统。如果悬架系统8被配置成作为主动悬架系统来操作，则主动悬架系统可以经由电力转换器4从车辆电池2汲取电力。如果悬架系统8被配置成作为再生悬架系统来操作，则由再生悬架系统产生的能量可以被存储在能量存储设备6中，并且/或者可以经由电力转换器4而被传输至车辆电池2。如以上所讨论的，电力转

换器4可以是双向的，以允许能量从母线B传输至母线A。

[0062] 如以上所讨论的，耦接至母线B的负载可以能够要求大量的电力。发明者已经认识到并且了解到：将期望的是预测未来驾驶状况，以预测耦接至母线B的负载将需要的能量总量。预测将需要的能量可以允许车辆电气系统通过使足够能量可用以满足预期的负载来预先进行制备。例如，如果预测到在不久的将来将需要向母线B上的负载供给大量的电力，则车辆电气系统可以通过对能量存储设备6进行充电以增加可用来满足需求的能量总量来预先进行制备。电力转换器4可以控制电力在母线A与母线B之间的流动，以基于预测的未来驾驶状况来调整能量存储设备6的充电状态。

[0063] 预测的未来驾驶状况可以基于来自传感器或其它装置(其确定了关于指示未来驾驶状况的车辆的信息)的信息来确定。

[0064] 作为示例，前视传感器可以安装在车辆上，并且可以感测驾驶表面的特征例如隆起物或坑洞。前视传感器可以是任何合适类型的传感器，例如感测和处理关于电磁波(例如红外波、可见波和/或RADAR波)的信息的传感器。来自前视传感器的信息可以被提供给控制器(例如控制器5)，该控制器可以预料到当预计车辆在隆起物或坑洞上行驶时要从主动悬架系统汲取大负载而确定应当向能量存储设备6供给的额外能量。

[0065] 感测可指示未来驾驶状况的信息的装置的另一示例是转向动作传感器。转向动作传感器可以检测正在被施加以使车辆转向的转向量。这样的信息可以被提供给控制器(例如控制器5)，该控制器可以预料到要从主动悬架系统汲取负载以对抗预计的转向操纵的滚动力而确定应当向能量存储设备6供给的额外能量。

[0066] 指示未来驾驶状况的信息可以由任何合适的车辆系统来提供。在一些实施方式中，这样的信息可以由通过母线B或母线A供电的车辆系统来提供。

[0067] 感测可以指示未来驾驶状况的信息的装置的示例是悬架系统。例如，在包括四个车轮的车辆中，两个前车轮可以具有可响应于驾驶表面的特征如坑洞、隆起物等而移位的主动悬架致动器。这样的制动器可以检测由(一个或多个)前车轮处的这样的事件产生的移位量。关于该事件的信息可以被提供给控制器(例如控制器5)，该控制器可以预料到当后车轮在相同特征的驾驶表面上行驶时要从主动悬架系统汲取负载而确定应当向能量存储设备6提供额外的能量。

[0068] 可指示未来驾驶状况的信息例如可以从耦接至母线A或母线B的任何合适的系统(例如电力转向系统、防抱死制动系统或电子稳定性控制系统)中获得。

[0069] 感测可指示未来驾驶状况的信息的装置的另一示例是车辆导航系统。车辆导航系统可以包括确定车辆位置的装置，例如全球定位系统(GPS)接收器。可以从车辆导航系统来获得其它相关类型的信息，例如车辆的速度。车辆导航系统可以被编程为具有目的地，并且可以提示驾驶员跟随合适的路线以到达该目的地。因此，车辆导航系统可以具有指示未来驾驶状况的信息，例如道路中即将到来的弯道、交通和/或期望车辆停止的位置(例如十字路口、最终目的地等)。这样的信息可以被提供给控制器(例如控制器5)，该控制器确定是否应当向能量存储设备6提供额外的能量。控制器5可以基于这样的信息来控制电力转换器4，以调整能量存储设备6的充电状态。例如，如果导航系统预测到即将发生转弯，则预料到要从主动悬架系统汲取大电气负载以对抗转向的滚动力，可以提供额外的能量以对能量存储设备6进行充电。

[0070] 如图4所示，在一些实施方式中，能量存储设备6可以具有连接至母线A的第一端子和连接至母线B的第二端子。相比于将能量存储设备6连接在母线B与地(例如车辆底盘)之间的情况，将能量存储设备6连接在母线A与母线B之间可以减小跨越能量存储设备6的电压。能量存储设备6可以包括多个能量存储装置如电池或超级电容器，其被串联堆叠在一起以承受跨越能量存储设备6的电压，因为每个电池单元或超级电容器各自可能仅能够承受小于2.5V至4.2V的电压。减小跨越能量存储设备6的电压可以减小需要串联堆叠的电池或超级电容器的数目，并且因此可以减小能量存储设备6的成本。

[0071] 图6A图示了其中电力转换器4包括双向DC/DC转换器的系统，该系统可以从母线B向母线A提供电力，以基于由耦接至母线B的电源(例如，再生悬架系统或再生制动系统)所产生的电力来对车辆电池2进行再充电。在图6A的示例中，母线B向DC/DC转换器提供了20A的电流。由于母线B与母线A之间的4:1的电压比，母线B上的电流被转换成母线A处的80A的电流，以对车辆电池2进行充电。

[0072] 图6B示出了其中能量存储设备6与电力转换器4并联地连接至母线A和母线B的系统。如图6B所示，存在两条用于电流从母线B流向母线A的电气路径：通过DC/DC转换器；以及通过能量存储设备6。流过母线B与母线A之间的电气路径的电流和/或电力的大小和方向可以由电力转换器4来控制，这可以设置电力转换器4和/或能量存储设备6的相对阻抗。在图6B的示例中，电力转换器4被操作成使得电力通过电力转换器4从母线B流向母线A。在该示例中，10A的电流从母线B流入电力转换器4，10A的电流从母线B流经能量存储设备6，并且40A的电流从电力转换器4流入母线A，从而提供总共50A的电流，以对车辆电池2进行充电。

[0073] 图6C示出了与图6B中的系统一样的系统，在图6C中，电力转换器4被操作成在相反的方向上传输电力，使得电力通过电力转换器4从母线A流向母线B，同时利用较低的电力量对车辆电池2进行充电。在该示例中，20A的电流从母线A流入电力转换器4，以及5A的电流从电力转换器4流出至母线B。由母线B供给的20A的电流与来自电力转换器4的5A的电流进行组合，使得25A的电流流过能量存储设备6。作为结果，提供5A的电流对车辆电池2进行充电。因此，通过控制流过电力转换器4的电力的大小和/或方向，可以控制能量存储设备6的有效阻抗和/或被提供以对车辆电池2和/或能量存储设备6进行充电/放电的电力量。这样的控制可以由控制器5基于诸如车辆状态(例如在母线A和/或母线B上可用的电力量)、预测的未来驾驶状况或其它任何合适的信息之类的因素根据任何合适的控制算法来实行。

[0074] 在一些实施方式中，可以将电子受控切断开关11与能量存储设备6串联连接，以使电流通过能量存储设备6的流动停止。电子受控切断开关可以由控制器5来控制。

[0075] 如以上所讨论，能量存储设备6可以包括一个或更多个电容器(例如超级电容器)。然而，能够存储大量能量同时提供标称+48V的超级电容器非常大并且昂贵。为了提供标称48V，可能需要可以处理多达60V的电容器，这甚至进一步增加了尺寸和成本。

[0076] 跨越母线A和母线B连接超级电容器的优点可以包括减小超级电容器中的单元的数目，这减小了成本和尺寸，并且减轻了电容器的阻抗要求，因为超级电容器的阻抗与串联单元的数目成比例。因此，对超级电容器更有效地进行充电和放电。使用这样的拓扑可以避免浪涌电流，因为电力转换器4可以使用受控电流来控制对超级电容器的初始充电。

[0077] 在一些实施方式中，控制器5可以使用多级滞环控制算法来控制电力转换器4。本文所描述的多级滞环控制使超级电容器中所存储的能量最大化，通过在必要时仅使用电力

转换器4而使电力转换器4中的电力损失最小化，以及将车辆电池2的电流保持成尽可能低。与两次通过电力转换器4传送能量以暂时将能量存储在车辆电池中相比，将能量存储在超级电容器中更高效。

[0078] 本文所描述的滞环控制方法使用两级滞环控制，其中准比例增益高于第二级。作为基本的滞环，它对于参数改变(例如超级电容器和等效串联电阻(ESR)、电池电压等)而言是稳健、稳定和不敏感。

[0079] 滞环控制方法不需要关于母线B上的负载的瞬时电力需求的任何实时知识。因此，它可以在除了经由DC母线电压以外无需与系统的剩余部分进行通信的任何装置的情况下独立地操作。额外的信息——例如道路状况、车辆速度、交流发电机设置点以及主动悬架设置(例如“生态”、“舒适”、“运动”)——可以用于调节滞环控制器的各种设置点，以用于甚至更佳的效率。

[0080] 图7图示了在如图4、图6B和图6C所示的能量存储设备6跨越母线A和母线B而连接的实施方式中，执行对电力转换器4的多级滞环电流控制的实施方式。车辆电池2中的总电流是通过电力转换器6的电流加上通过能量存储设备6的电流之和。图7的曲线图示出了通过电力转换器4的电流(Iconverter)，其为DC母线电压(Vbus)和母线电压的改变方向的函数。它使用多个电压阈值：Vhh、Vhi、(Vhi-滞环)、(Vlo+滞环)、Vlo和Vll，以及用于最佳地将电流控制在限制+Iactive_max与-Iregen_max内的两个滑动阈值：Vmax和Vmin。

[0081] 对于大多数时间，母线电压保持在Vhh与Vll之间，并且转换器电流被限制成+Iactive和-Iregen。例如，当母线电压上升到Vhi以上时，转换器使Iregen电流再生以进入电池，并且转换器保持使母线耗尽并再生，直到母线电压下降到(Vhi-滞环)以下为止，此时，转换器电流变为零。当母线电压通过从电池拉Iactive电流而下降到Vlo以下时，转换器以类似的方式进行操作。

[0082] 然而，当Iregen电流已经流入电池，并且母线电压继续上升进而高于Vhh时，转换器以与(Vbus-Vhh)成正比的方式使高达限制Iregen_max的电流再生。对于低于Vll的母线电压而言，存在类似的过载区域。在这些过载区域中，所达到的最高电压或最低电压分别变为滑动设置点Vmax和Vmin。保持所达到的最高电流大小，直到母线电压下降到(Vmax-滞环)以下或者上升到(Vmin+滞环)以上为止，此时，电流分别返回到Iregen水平或Iactive水平。转换器则返回到上述正常的非过载操作。所有的电流设置点和电压阈值可以(在一定范围内)被调节，以优化应用。尽管图7中仅示出一个滞环，但可以具有多达四个用于四个区域的不同滞环值：正常-主动、正常-再生、过载-主动和过载-再生。

[0083] 图8A至图8F示出了包括电力转换器4和能量存储设备6的拓扑的示例。可以使用本文所描述的任何拓扑或者任何其它合适的拓扑。

[0084] 图8A示出了连接至母线B的超级电容器串，其中电压顺度较大但跨越该串的电压也较高。这样的实施方式可以使用串联连接的具有2.5V/电池的大量数目(例如20)的电池。

[0085] 图8B示出了在母线A上与车辆电池2并联连接的超级电容器串，其中电压顺度由车辆交流发电机、电池和负载来限定，并且因此较低，但跨越该串的电压也较低。与图8A的实施方式相比，这样的实施方式可以使用串联的6个至7个电池，但电池可以具有非常大的电容和较低的等效串联电阻(ESR)。

[0086] 图8C示出了与车辆电池2串联的超级电容器串。该拓扑可以具有较大的电压顺度，

但通常在超级电容器中的电流平均为零的应用中起作用。否则的话则未被校正，超级电容器串电压可以朝向零或过电压漂移。此外，超级电容器需要处理比图8A的实施方式更高的电流，并且电力转换器4需要处理母线B的全峰值电力需求。

[0087] 图8D示出了与DC/DC转换器的输出串联的超级电容器串。该拓扑可以在其中超级电容器串中的电流平均为零的应用中起作用。

[0088] 图8E示出了跨越DC/DC转换器连接在母线A与母线B之间的超级电容器串。该拓扑在功能上与图8A的拓扑相似，但它通过使超级电容器串以母线A为参考而非以底盘地为参考而使对于满足电压需求所需的电池数目从20降低至16，从而将串电压需求减小了至少10V(最小电池电压)。

[0089] 图8F的拓扑通过以下方式来解决图8D的实施方式的平均超级电容器电流限制：添加辅助DC/DC转换器81，以确保即使当DC母线电流平均不为零时超级电容器串电流也平均为零。

[0090] 也可以使用这些实施方式的其它组合，例如向图8C的实施方式添加辅助DC/DC转换器81。用于特定应用的最佳拓扑主要取决于超级电容器相比于电力电子器件的成本以及可用的安装空间。另外，可以在与本文所公开的配置相同的或相似的配置中使用除了超级电容器以外的替选能量存储装置，例如电池。

[0091] 图9A至图9F分别示出了与图8A至图8F的拓扑相似的拓扑，其中利用电池替代超级电容器。

[0092] 图9G示出了具有双电力转换器4A和4B的拓扑。电力转换器4A连接在母线A与母线B之间。电力转换器4B与能量存储设备6串联连接而连接在能量存储设备6与母线B之间。在一些实施方式中，电力转换器4A和4B可以允许独立地控制从能量存储设备6和车辆电池2汲取电力。

[0093] 图9H示出了双输入或“分离”转换器拓扑，其中，电力转换器4具有三个端子：连接至母线A的端子、连接至母线B的端子以及连接至能量存储设备6的端子。能量存储设备6的第二端子可以连接至地。

[0094] 图9I示出了类似于图9H的实施方式的分离转换器拓扑，其中第三能量存储设备(例如超级电容器)连接至母线B。第三能量存储设备的第二端子可以连接至地。

[0095] 图9J示出了类似于图9H的实施方式的分离转换器拓扑，其中第三能量存储设备跨越母线B和能量存储设备6的正极端子而连接。

[0096] 与使用两个单独的转换器相比，双输入或“分离”转换器拓扑的优点之一在于仅具有单组转换器输出部件例如低阻抗电容器的尺寸、成本和复杂度节省。分离转换器拓扑还允许两个输入部中的切换装置不同相地进行切换，从而导致用于低阻抗输出电容器的低纹波电流处理需求。

[0097] 图9K至图9N示出了各种双转换器拓扑，其中除了车辆电池2以外的一个或更多个能量存储设备可以采用各种配置进行连接。

[0098] 在本文所描述的实施方式中，在合适的情况下，电容器可以由电池来替换，并且在合适的情况下，电池可以由超级电容器来替换。

[0099] 如上所讨论的，可以允许母线B的电压响应于负载和/或耦接至母线B的系统所产生的电力而波动。因为母线B的电压与在耦接至母线B的能量存储设备6中可用的能量总量

有关，所以母线B的电压可以指示车辆状态。在一些实施方式中，对耦接至母线B的一个或更多个系统的控制和/或对电力转换器4的控制可以基于母线B的电压来执行。例如，如果母线B的电压下降，则它可以指示能量存储设备6中的低能量可用状态。耦接至母线B的一个或更多个系统可以测量母线B的电压，并且可以确定车辆处于母线B上的低能量可用状态。作为响应，耦接至母线B的不是安全关键的一个或更多个系统可以减小其可从母线B汲取的电力量。例如，诸如电力转向系统或主动悬架系统之类的系统可以减小其可以从母线B汲取的电力量。当母线B的电压升高时，指示在能量存储设备6中可用的能量总量已经升高到可接受水平，这样的系统可以在正常或高能量可用状态的水平处恢复从母线B汲取电力。

[0100] 在一些实施方式中，这样的技术可以应用于对主动悬架系统的控制。如以上所讨论的，因为悬架系统对电力的需求可以基本上基于速度、道路状况、悬架执行目标等而变化，所以车辆的主动悬架系统可以由可与主要车辆电压母线(例如母线A)隔离而被控制的电压母线(例如母线B)来供电，以有助于减轻对连接至主要电压母线(例如母线A)的车辆系统的影响。当母线B上的需求变化时，母线B的电压电平通常也可以以如下方式变化：当需求低时或在再生系统的情况下当再生水平高时，电压电平增加；以及当需求高时，电压降低。通过监视母线B的电压电平，可以确定或者至少粗略估计车辆的状态，因为其与母线B上可用的能量有关。母线B上可用的能量可能受负载和/或耦接至母线B的(一个或多个)系统所产生的再生电力的影响。例如，母线B上的可用能量可以反映悬架系统状态。如以上所指出的，母线B上减小的电压电平可以指示悬架系统响应于车轮事件而对电力的高需求。该信息可以进而允许确定或粗略估计关于车辆的其它信息；例如，由于车轮事件而对电力的高需求可以进而指示道路表面是粗糙的或明显不平坦的，指示驾驶员正在进行倾向于引起这样的车轮事件的驾驶行为等等。

[0101] 如以上所讨论的，主动悬架系统可以具有由用于车辆的每个车轮的角控制器28控制的主动悬架致动器22，如图10A和图10B所示。图10A示出了主动悬架致动器22和角控制器28的框图。主动悬架致动器22可以机械地耦接至车辆的车轮，并且可以抑制车轮移动。主动悬架致动器22可以主动地控制车轮移动，从母线B汲取电力以驱动电机24(例如可选地三相无刷电机)，其致动泵26以对机械地耦接至车轮的液压阻尼器中流体的压力进行移位和/或改变。响应于车轮和/或车辆移动，主动悬架致动器22可以基于移动和/或阻尼器中流体的压力的改变来产生电力，从而致动泵26并且允许电机24产生可以供给母线B的再生电力。角控制器28控制主动悬架致动器22，并且可以控制从母线B施加于主动悬架致动器22的电力量和/或从主动悬架致动器22向母线B提供的电力量。角控制器28可以包括DC/AC逆变器32，其将母线B处的DC电压转换成AC电压以驱动电机24。DC/AC逆变器32可以是双向的，并且可以当电机24作为发电机来工作时使得能够从电机24向母线B提供电力。在这个意义上，电机24可以是取决于角控制器28控制的方式而能够作为电动机或发电机来工作的电机。

[0102] 角控制器28包括确定如何控制DC/AC逆变器32和/或主动悬架致动器22的控制器30。控制器30可以从主动悬架致动器22、电机24和/或泵26的一个或更多个传感器接收关于主动悬架致动器22的操作参数的信息。这样的信息可以包括关于阻尼器的移动、阻尼器上的力、阻尼器的液压压力、电机24的电机速度等的信息。在一些实施方式中，控制器30可以从通信总线34接收来自另一角控制器28和/或可选的集中车辆动态处理器(例如，其例如可以由控制器5来实现)的信息。通信总线34可以与(以上结合图1所讨论的)通信总线7相同或

不同。控制器30可以测量母线B的电压和/或母线B的电压的变化率，以获得关于车辆状态的信息，因为其与来自母线B的可用能量有关。控制器30可以处理这样的信息中的任何信息或所有信息，并且确定如何控制主动悬架致动器22和/或DC/AC逆变器32。例如，角控制器28可以通过基于母线B电压下降到阈值以下，并且/或者母线B的电压的变化率下降到阈值以下(例如快速减小)，减小主动悬架致动器22的电力和/或最大电力，来“调节”至主动悬架致动器22的电力。当电压恢复时，角控制器28可以通过基于母线B的电压上升到阈值以上，并且/或者母线B的电压的变化率上升到阈值以上(例如快速增加到足以示意恢复)，增加主动悬架致动器22的电力和/或最大电力，来调节至主动悬架致动器22的电力。

[0103] 在一些实施方式中，如在图10B的示例性系统图中可以看到的，母线B可以在角控制器28和电力转换器4之间传输能量。每个角控制器28可以独立地监视母线B以确定整个系统状况，用于基于这些系统状况来采取适当的行动以及监视对于与角控制器28关联的车轮25而言局部正在经历的任何车轮事件。替选地或另外地，控制器5可以集中监视母线B以确定整个系统状况，并且可以向一个或更多个角控制器28发送命令。在这个意义上，对主动悬架致动器22的控制可以是分布的(例如，在角控制器28处执行)或者集中的(例如，在控制器5处执行)，或者可以使用分布式控制和集中式控制的组合。

[0104] 图11示出了根据一些实施方式的用于母线B的电压的示例性操作区域，其可以指示用于连接至母线B的系统(例如，角控制器或除了主动悬架系统以外的系统)的不同操作状况。在图11中示出了可以根据母线B的电压来确定的示例性系统状况，图11示出了母线B的通过各种阈值被划分成操作状况范围的电压范围。在一些实施方式中，角控制器28和/或控制器5可以测量母线B的电压，并且基于一个或更多个阈值来确定操作状况。

[0105] 在图11的示例中，当母线B的电压低于阈值UV时，母线可能处于与欠电压关机操作状况关联的操作状况范围。当母线B的电压处于阈值UV与阈值V_{Low}之间时，母线可能处于与故障处理和恢复操作状况关联的操作状况范围。当母线B的电压处于阈值V_{Low}与阈值V_{Nom}之间时，母线可能处于与偏低能量存储状况关联的操作状况范围。当母线B的电压处于阈值VNom与VHi_gh之间时，母线可能处于与净再生操作状况关联的操作状况范围。当母线B的电压处于阈值VHi_gh与阈值0V之间时，母线可能处于与负载突降操作状况关联的操作状况范围。然而，本文所描述的技术不限于图11所示的操作模式和/或范围，因为可以使用其它合适的操作范围或状况。

[0106] 如图11所示，正常操作范围状况可以包括净再生和偏低能量。当母线B的电压电平示意系统处于净再生的状态时，耦接至母线B的悬架控制系统可以测量电压以确定母线B的状态，并且当确定该状态为净再生时，悬架控制系统可以激活诸如向母线A供给电力之类的功能。偏低能量状况可以向主动悬架系统指示可用能量储备正在被重负，因此可以激活保存能量消耗的初步措施。在初步能量消耗减缓措施的示例中，可以使车轮事件响应阈值偏向于减小能量需求。替选地或另外地，当检测到偏低能量系统状况时，可以由电力转换器4从母线A请求能量，以补充来自悬架系统的可用电力。正常操作范围以上的电压可以指示负载突降状况。这可以指示悬架系统或再生制动系统再生出在很大程度上无法被完全地或部分地传递给母线A的过剩能量，使得需要对能量中的至少一部分进行分流。悬架系统控制器如用于车轮25的角控制器28可以检测该系统状况，并且相应地作出响应，以减小由控制器的主动悬架致动器22再生的能量总量。一个这样的响应可以是要耗散主动悬架致动器22中

的电动机24的绕组中的能量。正常操作范围以下的操作状态可以包括故障处理和恢复状态以及欠电压关机状态。在一些实施方式中，故障处理和恢复状态中的操作可以示意单个角控制器28，以采取行动来大幅减小能量需求。就每个角控制器28可以经历不同车轮事件、所存储的能量状态和电压状况而言，由每个角控制器28采取的行动可以变化，而在实施方式中，不同的角控制器28可以在任何给定的时间在不同的操作状态下操作。欠电压关机状况可以指示系统中的不可恢复状况(例如车辆电力的损耗)、独立的角控制器中的一个角控制器中的故障或者车辆具有更严峻的问题(例如车轮已经脱落)等。在一些实施方式中，欠电压关机状态可以使角控制器28控制主动悬架致动器22，以仅用作被动或半主动阻尼器，而不是全主动系统。

[0107] 如以上所指出的，母线B的DC电压电平可以限定系统状况。它还可以限定系统的能量容量。通过监视母线B的电压，可以向耦接至母线B的每个系统如角控制器28和/或控制器5通知以下：有多少能量可用于响应车轮事件和操纵。与单独的电力和通信总线相比，使用母线B向悬架系统和/或车辆能量系统传达容量还可以提供安全优点。通过使用母线B的电压电平来表示操作状况和电力容量，每个角控制器28可以在无需担心角控制器28错过正在通过单独的通信总线提供给其它角控制器的重要命令的情况下进行操作。另外，它可以消除对信令母线的需求(其可以包括另外的布线)或者减小通信总线带宽需求。

[0108] 通过向所有角控制器28或多个角控制器28提供公共母线B，每个角控制器28可以安全地与可能经历故障的其它角控制器28解耦。在示例中，如果角控制器28经历将使电力母线电压电平大幅降低的故障时，其它角控制器28可以感测到被降低的电力母线电压作为有问题的系统状况的指示，并且采取适当措施以避免安全问题。同样地，利用每个角控制器能够独立地操作以及耐受完全电力故障，即使在恶劣的供电故障下，角控制器28仍采取适当的行动以确保可接受的悬架操作。

[0109] 如以上所讨论的，如图1所示，多个系统可以耦接至母线B。在一些实施方式中，耦接至母线B的每个系统可以被分配有优先级别。与车辆安全有关的系统(例如，防抱死制动系统)可以被给予高优先级，而次关键系统可以被给予较低优先级。耦接至母线B的系统可以具有与母线B的电压和/或母线B的电压的变化率相比较的阈值，以用于基于可用能量来确定合适的操作状态。例如，当电压下降到阈值以下时，负载可以减小其要求的来自母线B的电力。在一些实施方式中，具有高优先级别的系统可以将电压阈值设置成低于较低优先级系统的电压阈值。因此，高优先级系统可以在低能量可用的状况下汲取电力，而低优先级系统在低能量可用的时间段期间可能不汲取电力或者可以汲取降低的电力，并且可以等待直到母线电压恢复到较高水平为止。不同的优先级别的使用可以有利于确保能量对于高优先级系统而言可用。

[0110] 宽松调整的母线B可以有助于有效的能量存储架构。能量存储设备6可以耦接至母线B，并且母线电压可以限定能量存储设备6中的可用能量总量。例如，通过读取母线B的电压电平，主动悬架系统的每个角控制器28可以确定存储在能量存储设备6中的能量总量，并且可以基于该知识来调整悬架控制动态特性。通过说明的方式，对于允许在38V与50V之间波动的DC母线，包括具有总存储电容C的电容器或超级电容器的能量存储设备，(忽略损失的)可用能量总量为：

[0111] 能量＝1/2*C*(50)^2-1/2*C*(38)^2＝528*C

[0112] 使用该计算或类似计算，角控制器28能够调整算法，以考虑受限的存储容量以及中央电力转换器的静态电流容量，从而供给连续的能量。

[0113] 在一些实施方式中，可以基于车辆状态或其它信息而动态地更新母线B的操作阈值(例如图11所示的操作阈值)。例如，在车辆的启动期间，可以允许电压阈值变低。

[0114] 下面对与悬架有关的术语“被动”、“半主动”和“主动”进行描述。被动悬架(例如阻尼器)产生与阻尼器的速率处于相反方向上的阻尼力，并且无法产生与阻尼器的速率处于相同方向上的力。半主动悬架致动器可以被控制成改变所产生的阻尼力的量。然而，与被动悬架一样，半主动悬架致动器产生与阻尼器的速率处于相反方向上的阻尼力，并且无法产生与阻尼器的速率处于相同方向上的力。主动悬架致动器可以在致动器上产生与致动器的速率处于相同方向或相反方向上的力。在这个意义上，主动悬架致动器可以在力-速率曲线图中的全部四个象限中操作。被动或半主动致动器仅可以在用于阻尼器的力-速率曲线图的两个象限中操作。

[0115] 本文中所使用的术语“车辆”是指任何类型的移动车辆，例如4轮车辆(例如汽车、卡车、运动型多用途车辆等)以及具有多于或少于四个车轮的车辆(包括摩托车、轻型卡车、厢式货车、商用卡车、货物拖车、火车、船、多轮的履带式军用车辆以及其它移动车辆)。本文所描述的技术可以应用于电动车辆、混合车辆、燃烧驱动车辆或者任何其它合适类型的车辆。

[0116] 本文所描述的实施方式可以有利地与诸如混合电动车辆、插电式混合电动车辆、电池供电车辆等车辆架构进行组合。合适的负载还可以包括由以下进行的驱动：导线系统、制动力放大、制动辅助和助推器、电动AC压缩机、鼓风机、液压燃料水和真空泵、启动/停止功能、滚动稳定、音频系统、电动散热器风扇、窗户除霜器和主动转向系统。

[0117] 在一些实施方式中，用于车辆的主电源(例如车辆交流发电机)可以电连接至母线B。在这样的实施方式中，电力转换器(例如DC/DC转换器)可以被布置成将来自母线B的能量转换至母线A，然而，在一些情况下，双向转换器可能是可取的。在这样的实施方式中，交流发电机充电算法或控制系统可以被配置成允许电压母线波动，以便利用电压母线信令、能量存储容量和系统的其它特征。在一些情况下，交流发电机可以连接至母线B，并且在例如轻度混合车辆上的制动事件期间提供额外的能量。交流发电机控制器和辅助可控负载可以用于防止在当交流发电机处于高电流输出状态时母线上的负载突然下降的情况下母线B上的瞬时过电压状况。

[0118] 在许多实施方式中，母线A和母线B可以共有公共地。然而，在一些实施方式中，电力转换器(例如DC/DC电力转换器)可以将母线B与母线A电隔离。这样的系统可以利用基于变压器的DC/DC转换器来实现。在一些情况下，数字通信也可以例如通过光隔离器来隔离。

[0119] 另一方面

[0120] 在一些实施方式中，本文所描述的技术可以使用一个或更多个计算装置来实行。实施方式不限于利用任何特定类型的计算装置来操作。

[0121] 图12是可以用于实现本文所描述的控制器(例如控制器5和/或30)的说明性计算装置1000的框图。替选地或另外地，控制器可以通过模拟电路或数字电路来实现。

[0122] 计算装置1000可以包括一个或更多个处理器1001以及一个或更多个有形的非瞬态计算机可读存储介质(例如，存储器1003)。存储器1003可以在有形的非瞬态计算机可读

存储介质中存储以下计算机程序指令：该计算机程序指令在被执行时实现上述功能中的任何功能。(一个或多个)处理器1001可以耦接至存储器1003，并且可以执行这样的计算机程序指令，以使功能被实现和执行。

[0123] 计算装置1000还可以包括计算装置可以经由其(例如通过网络)与其它计算装置进行通信的网络输入/输出(I/O)接口1005，并且还可以包括计算装置可以经由其向用户提供输出以及从用户接收输入的一个或更多个用户I/O接口1007。

[0124] 上述实施方式可以以许多方式中的任何方式来实现。例如，实施方式可以使用硬件、软件或者其组合来实现。当以软件的方式来实现时，无论所述处理器被设置在单个计算装置中还是分布在多个计算装置中，软件代码都可以在任何合适的处理器(例如微处理器)或处理器集合上被执行。应当认识到，执行上述功能的任何部件或部件的集合通常可以被认为是控制以上所讨论的功能的一个或更多个控制器。一个或更多个控制器可以以许多方式来实现，例如利用专用硬件或者利用使用微代码或软件进行编程以执行上述功能的通用硬件(例如一个或更多个处理器)。

[0125] 在这个方面上，应当认识到，本文所描述的实施方式的一个实现包括至少一个计算机可读存储介质(例如，RAM、ROM、EEPROM、快闪存储器或其它存储器技术、CD-ROM、数字多功能盘(DVD)或其它光盘存储器、磁带盒、磁带、磁盘存储器或其它磁存储装置或者其它有形的非瞬态计算机可读存储介质)，其编码有当在一个或更多个处理器上执行时执行一个或更多个实施方式的以上所讨论的功能的计算机程序(即多个可执行指令)。计算机可读介质可以是可移植的，使得存储在其上的程序可以被加载到任何计算装置上，以实现本文所讨论的技术的多个方面。另外，应当认识到，涉及当被执行时执行以上所讨论的功能中的任何功能的计算机程序不限于在主计算机上运行的应用程序。相反，本文所使用的术语计算机程序和软件在一般意义上涉及可用于对一个或更多个处理器进行编程以实现本文所讨论的技术的多个方面的任何类型的计算机代码(例如，应用软件、固件、微代码或任何其它形式的计算机指令)。

[0126] 可以单独地、以组合的方式或者采用前文中所描述的实施方式中未具体讨论的各种布置来使用本发明的各个方面，并且因此在其应用方面不限于前述描述中所阐述的或附图中所示出的部件的细节和布置。例如，在一个实施方式中所描述的方面可以以任何方式与其它实施方式中所描述的方面进行组合。

[0127] 此外，本发明可以被实施为方法，已经提供了该方法的示例。作为方法的一部分而被执行的动作可以以任何合适的方式来排序。因此，可以构造出其中动作以不同于所示出的次序被执行的实施方式，这可以包括同时执行一些动作，尽管这些动作在说明性实施方式中被示出为顺序动作。

[0128] 在权利要求中使用次序术语例如“第一”、“第二”、“第三”等来修饰要求保护的要素并不通过其自身来暗示一个要求保护的要素相对于另一个要求保护的要素的任何优先权、优先级或次序或者方法的动作被执行的时间次序，而仅用作标记来区分具有某些名称的一个要求保护的要素与具有相同名称(但使用次序术语的)的另一要素，以用于区分要求保护的要素。

[0129] 此外，本文所使用的措辞和术语是出于描述的目的，而不应当被认为是进行限制。在本文中使用“包括”、“包含”或“具有”、“含有”、“涉及”及其变型意在包括此后列出的项及

其等同物以及另外的项。

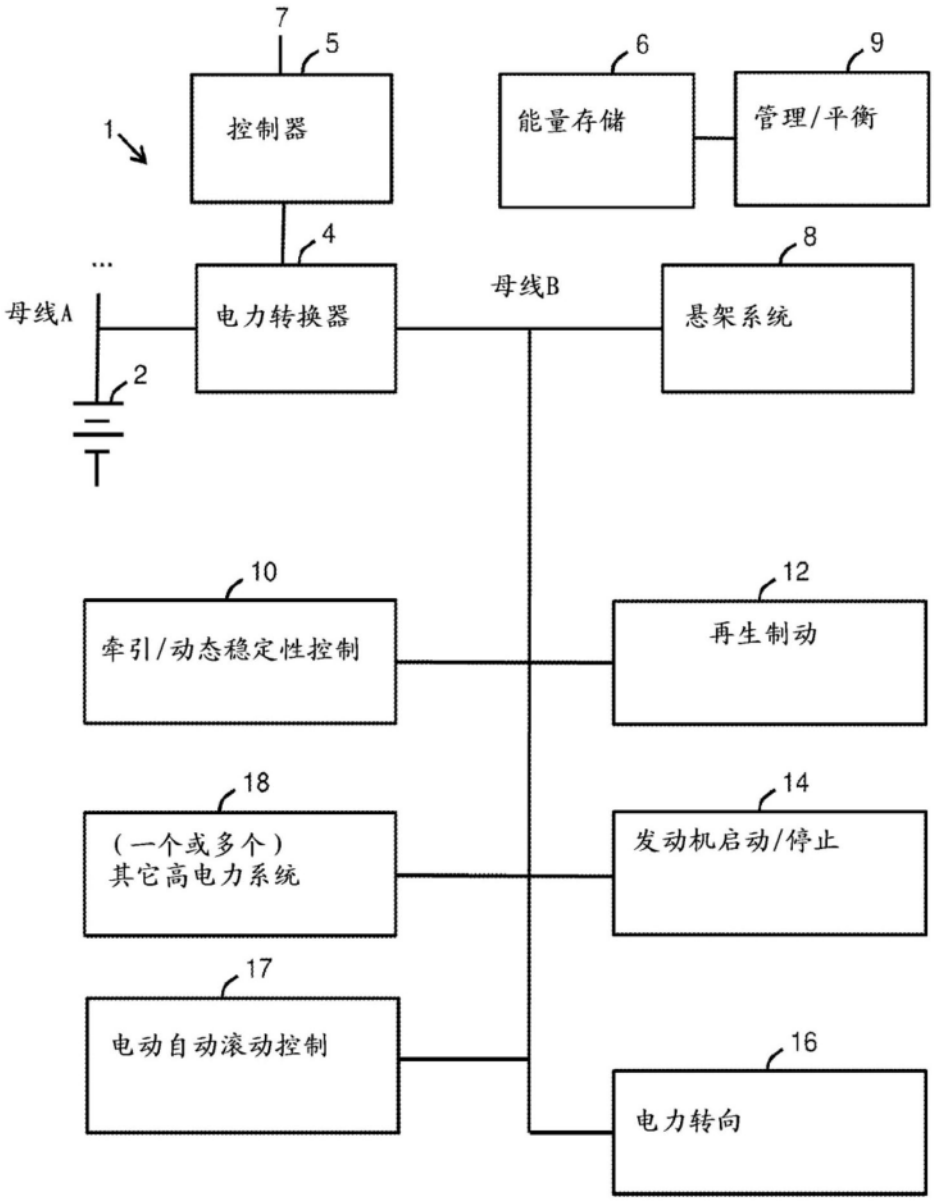

7
5
控制器
6
能量存储
9
管理/平衡
1
4
电力转换器
母线A
2
母线B
8
悬架系统
10
牵引/动态稳定性控制
12
再生制动
18
(一个或多个)
其它高电力系统
14
发动机启动/停止
17
电动自动滚动控制
16
电力转向

图1

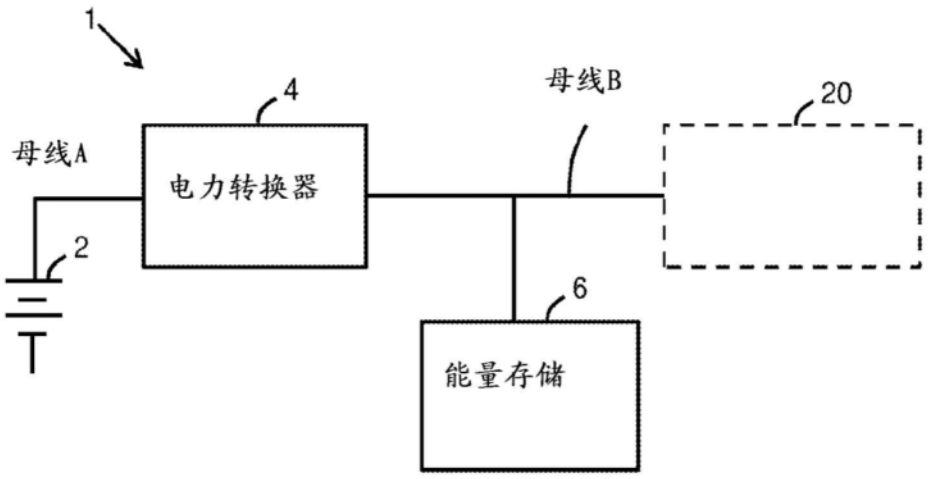

1
4
母线B
20
母线A
电力转换器
2
6
能量存储

图2

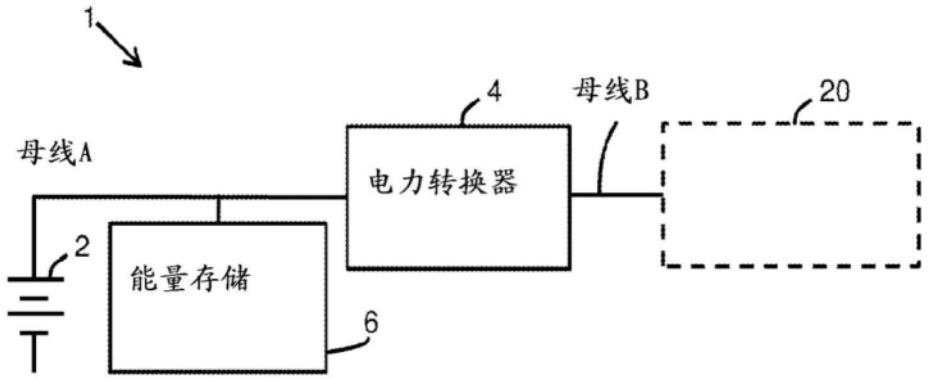

1
4
母线B
20
母线A
电力转换器
2
能量存储
6

图3

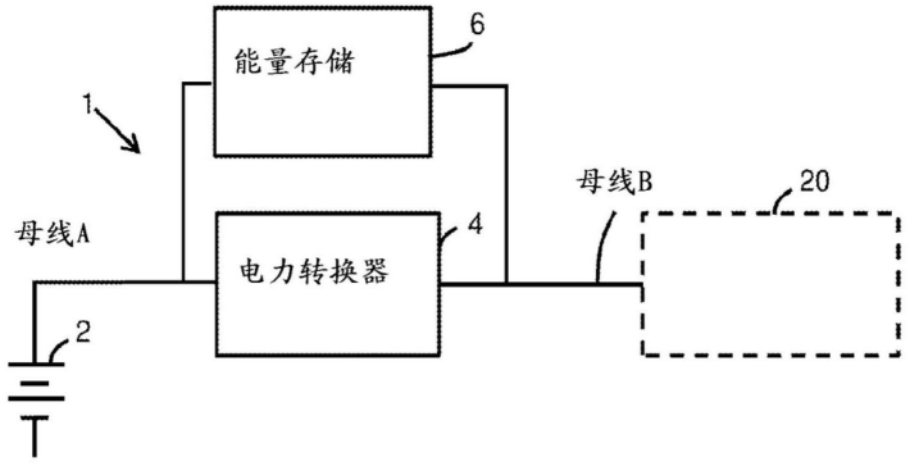

能量存储
6
1
母线B
20
母线A
4
电力转换器
2

图4

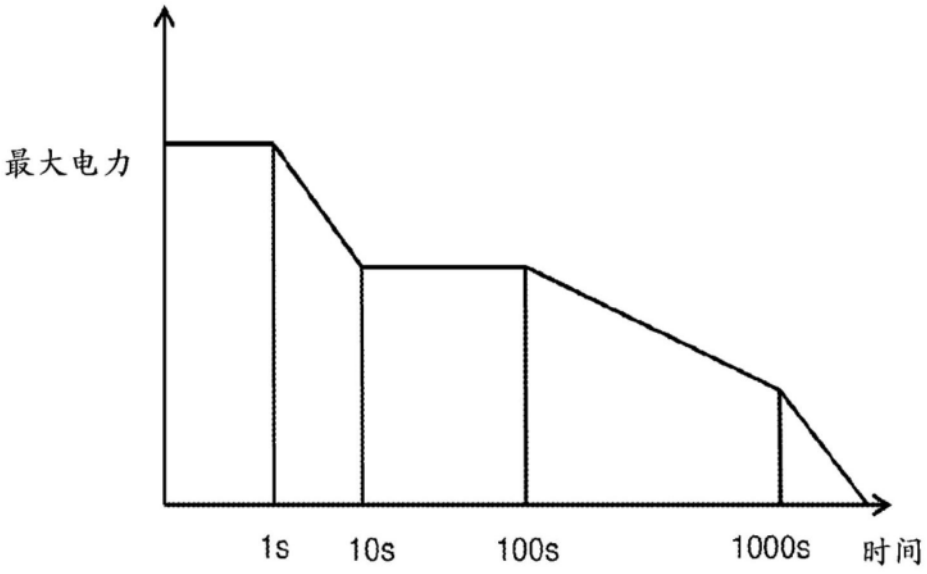

最大电力
1s
10s
100s
1000s
时间

图5

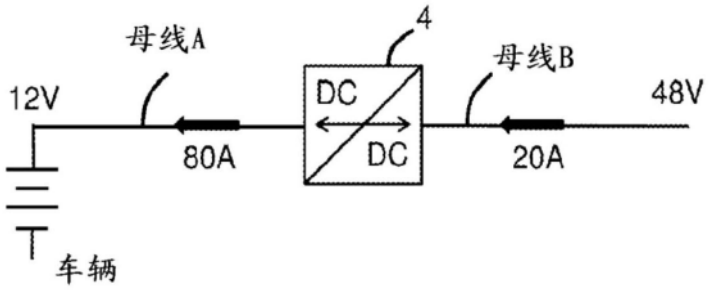

母线A
4
母线B
12V
DC
DC
48V
80A
20A
车辆

图6A

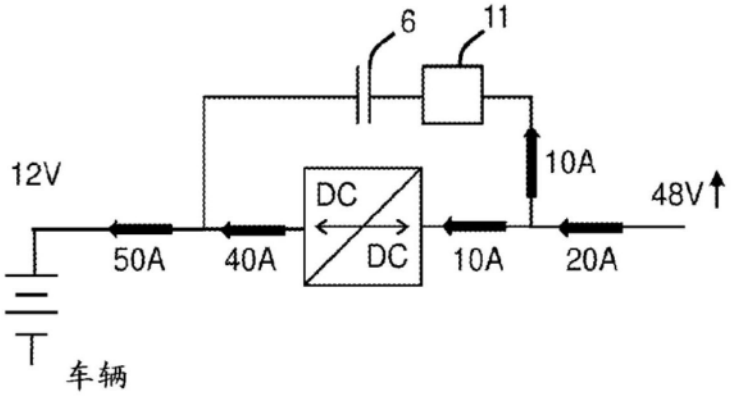

6
11
10A
12V
DC
DC
48V
50A
40A
10A
20A
车辆

图6B

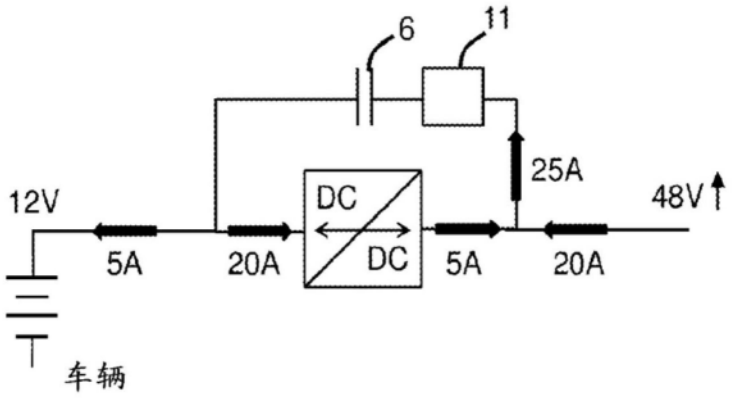

6
11
25A
12V
DC
DC
48V
5A
20A
5A
20A
车辆

图6C

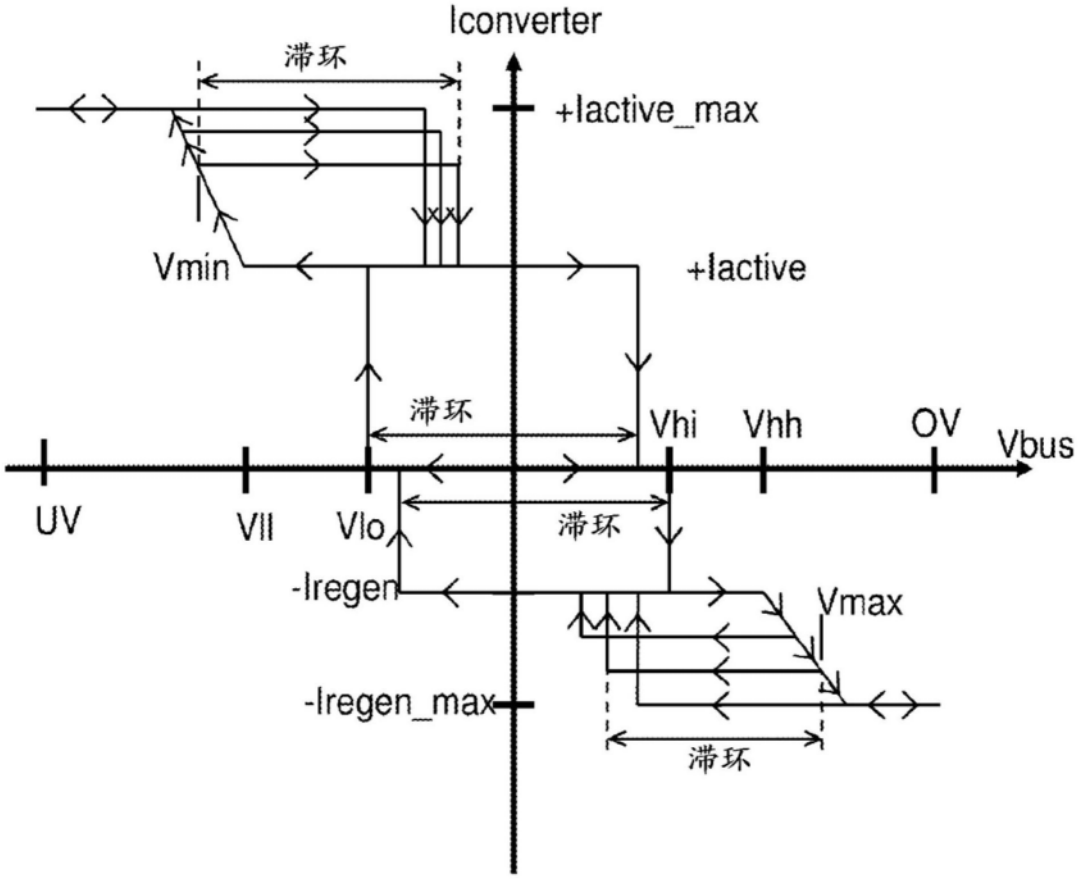

Iconverter
滞环
+Iactive_max
Vmin
+Iactive
滞环
Vhi
Vhh
OV
Vbus
UV
Vll
Vlo
滞环
-Iregen
Vmax
-Iregen_max
滞环

图7

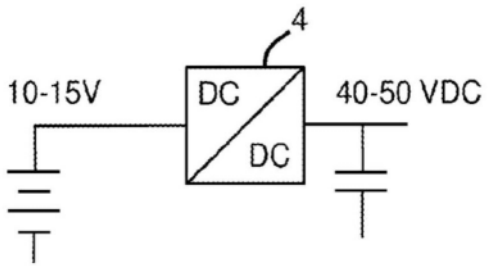


图8A

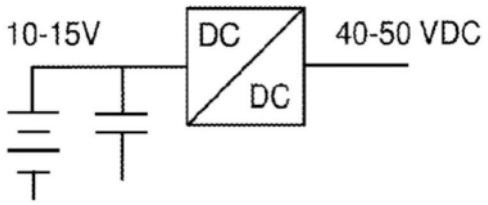


图8B

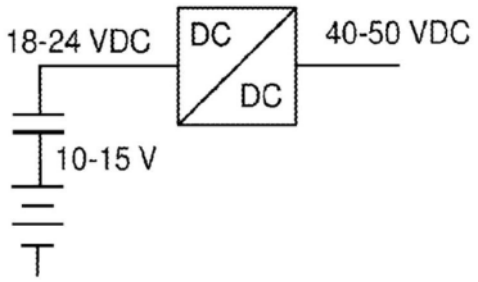


图8C

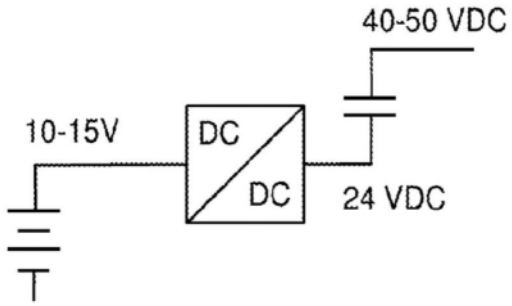


图8D

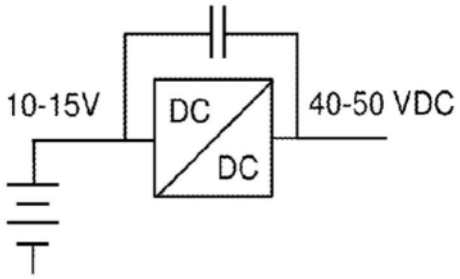


图8E

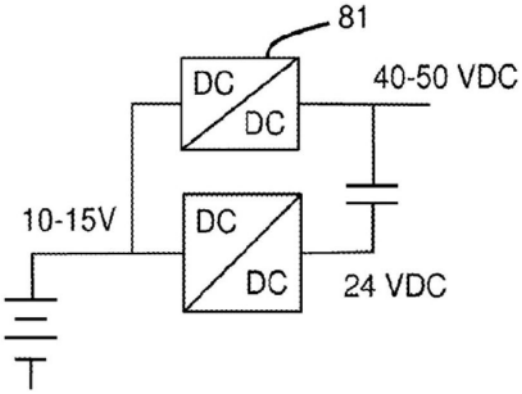


图8F

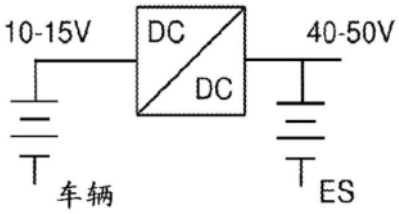


图9A

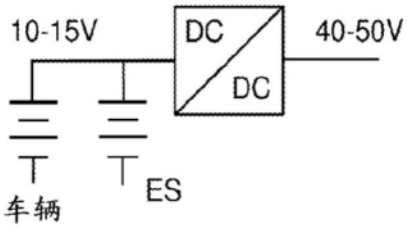


图9B

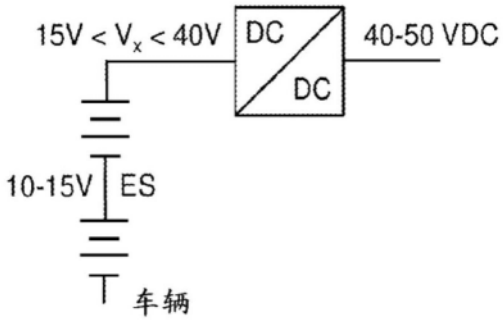

15V < Vx < 40V
DC
DC
40-50 VDC
10-15V
ES
车辆

图9C

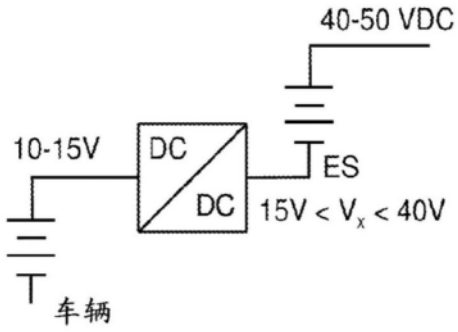

40-50 VDC
10-15V
DC
DC
ES
15V < Vx < 40V
车辆

图9D

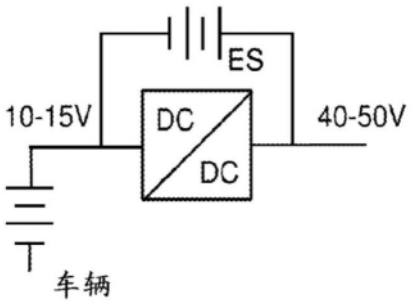

ES
10-15V
DC
DC
40-50V
车辆

图9E

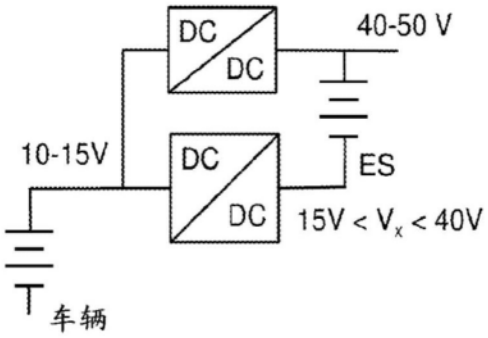

DC
DC
40-50 V
10-15V
DC
DC
ES
15V < Vx < 40V
车辆

图9F

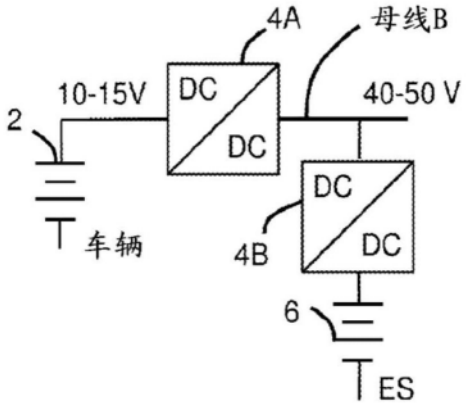

4A
母线B
10-15V
DC
DC
40-50 V
2
车辆
DC
DC
4B
6
ES

图9G

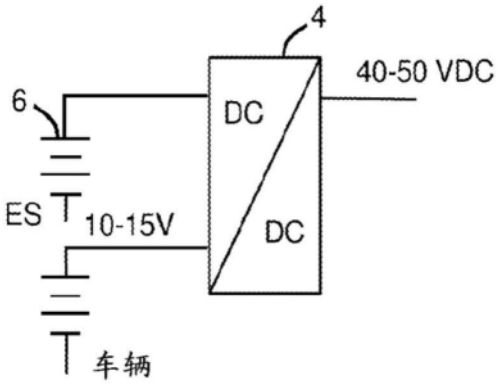

4
40-50 VDC
6
DC
ES
10-15V
DC
车辆

图9H

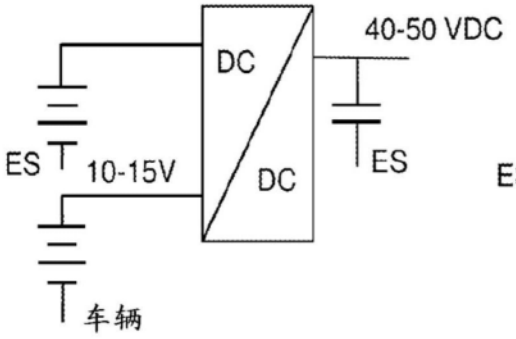


图9I

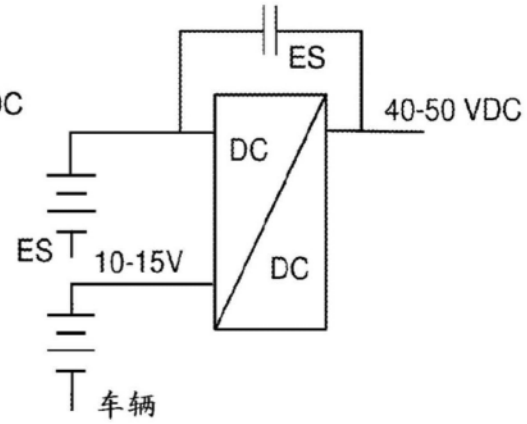


图9J

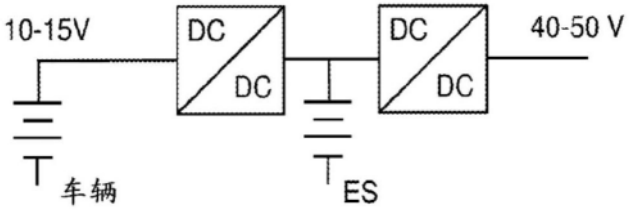


图9K

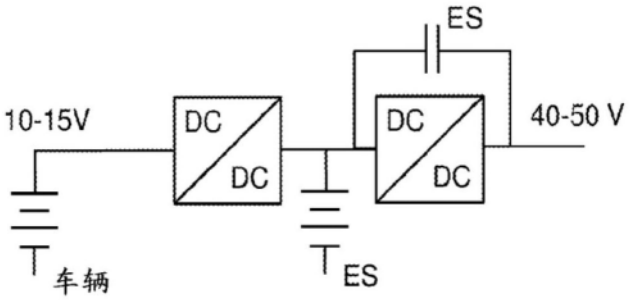


图9L

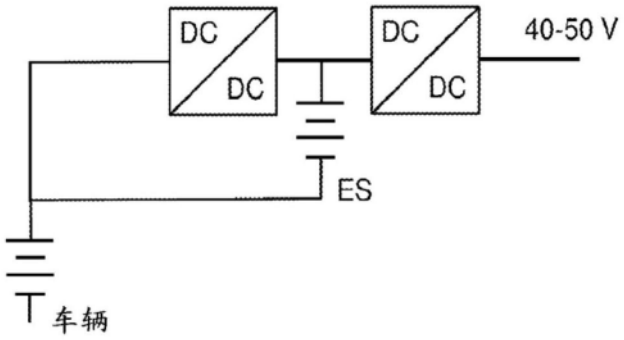


图9M

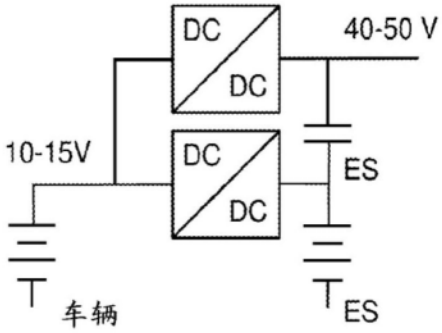


图9N

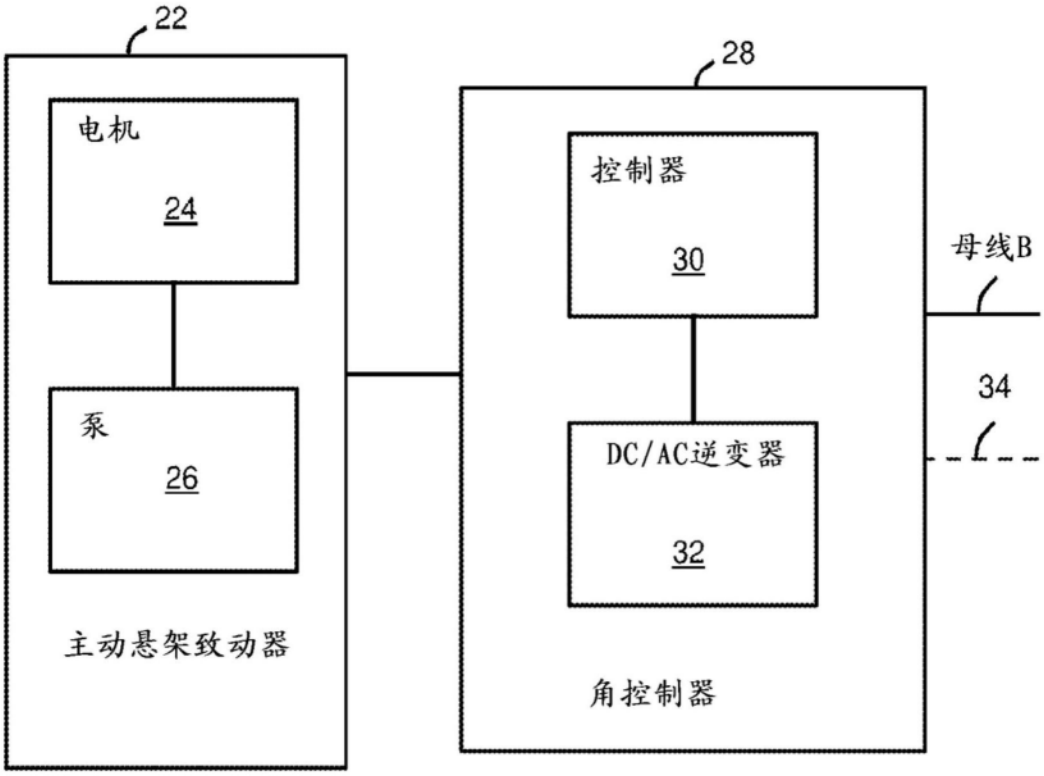


图10A

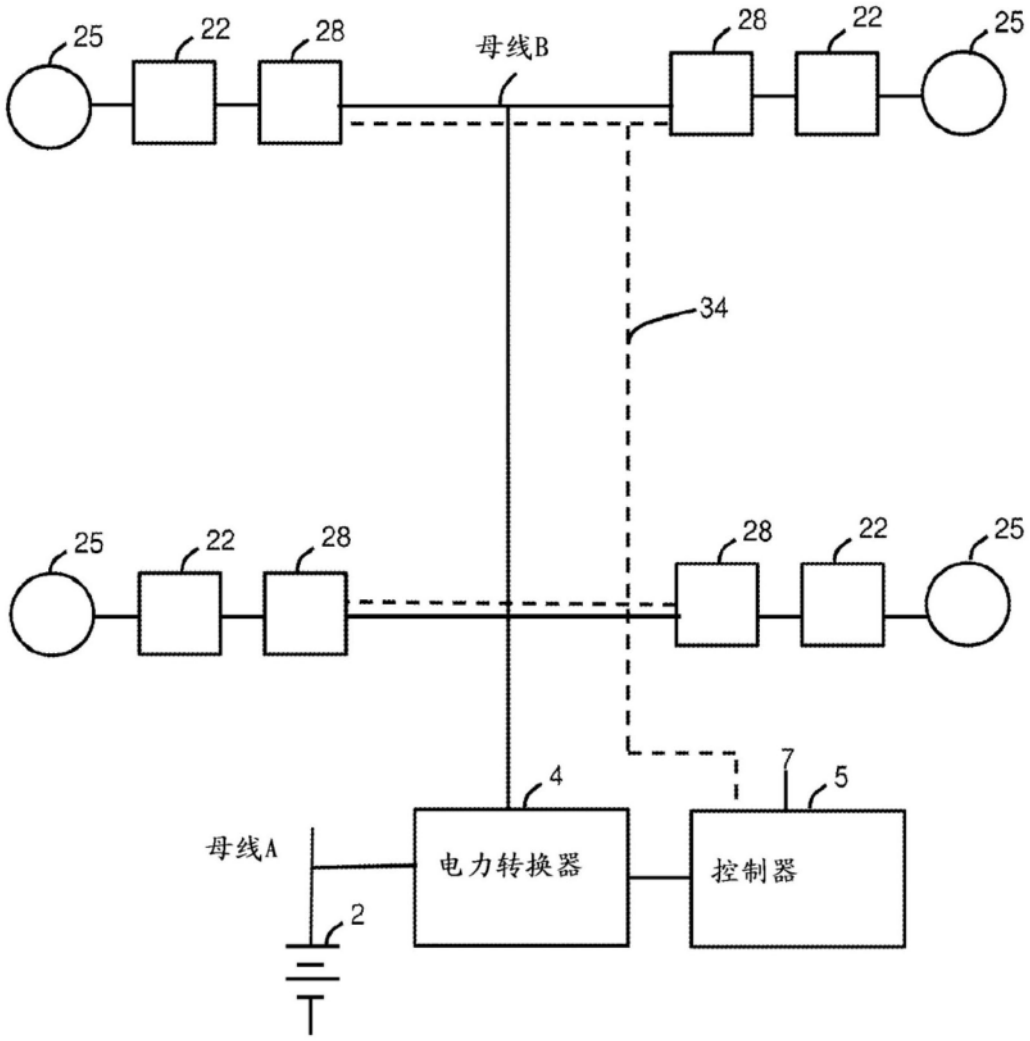


图10B

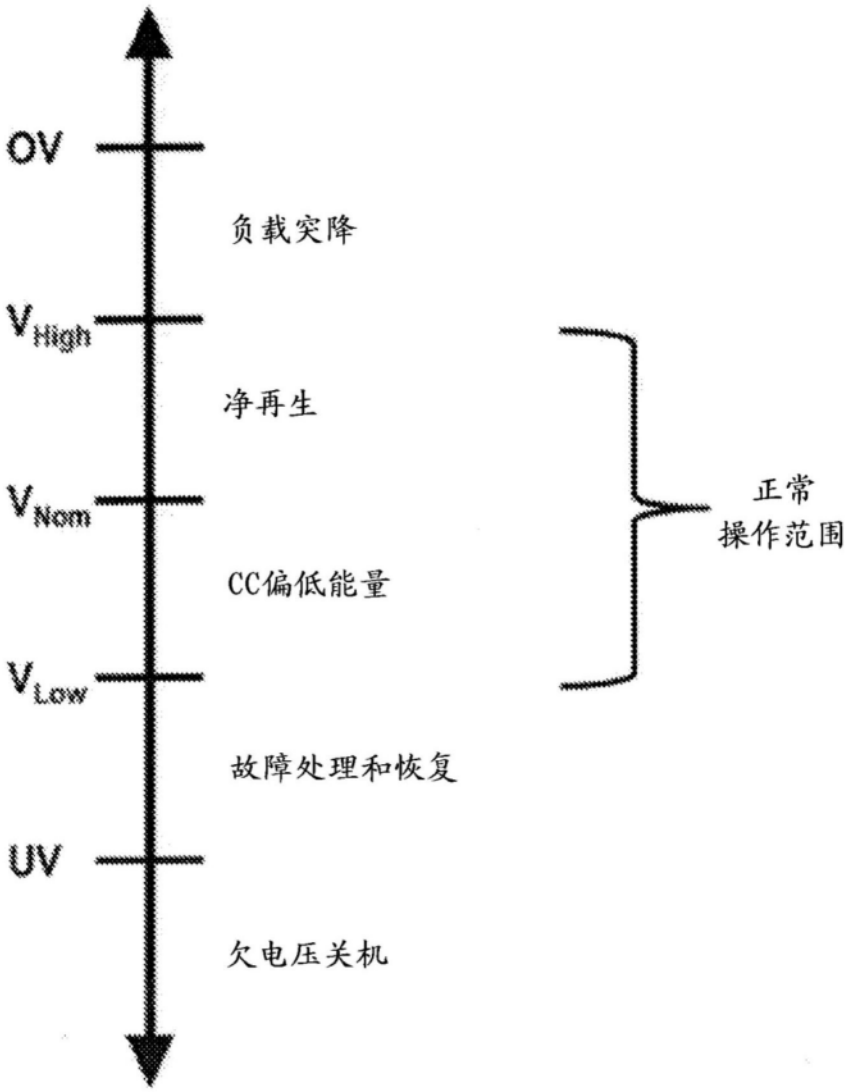


图11

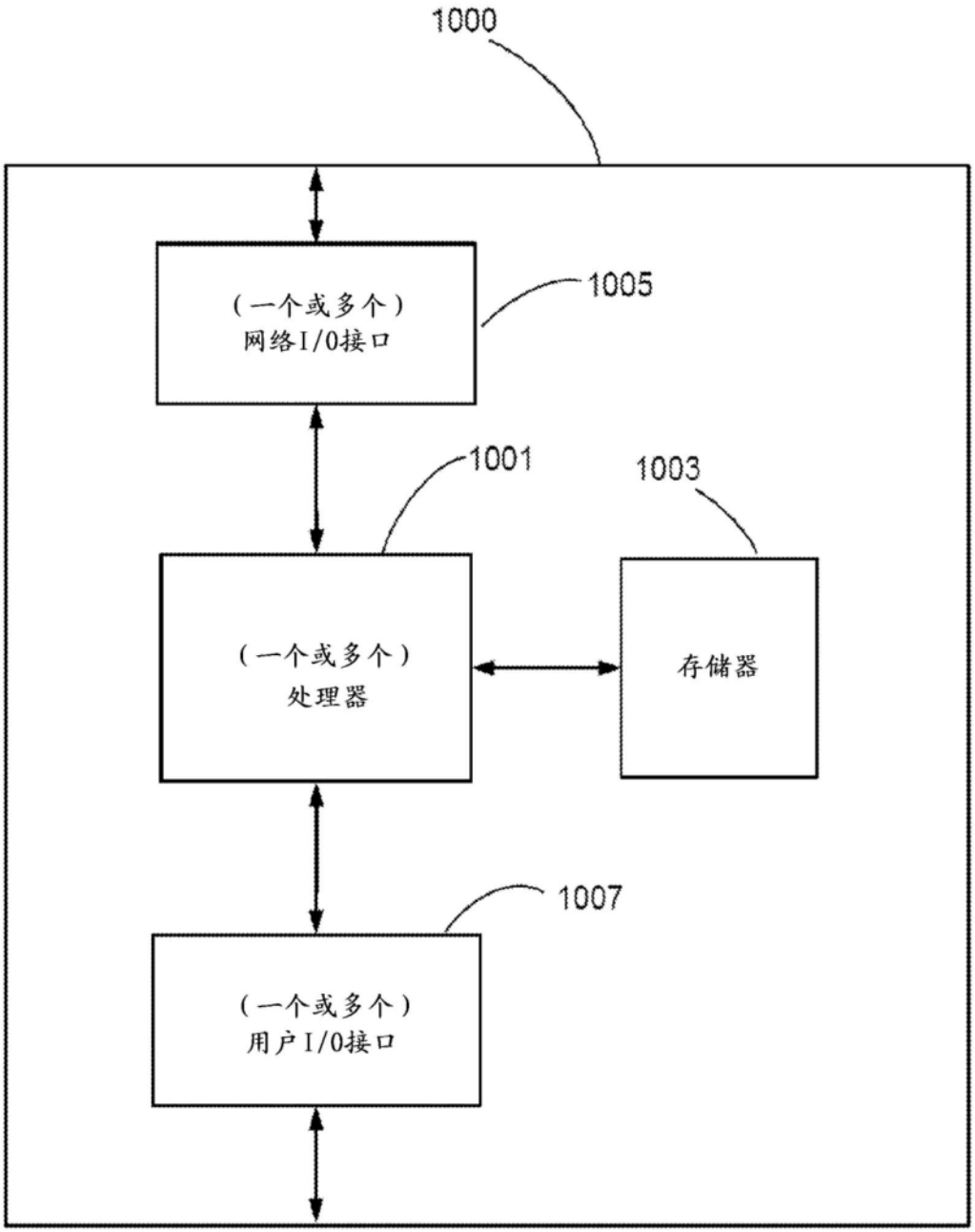

1000
（一个或多个）
网络I/O接口
1005
1001
1003
（一个或多个）
处理器
存储器
1007
（一个或多个）
用户I/O接口

图12